



Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 636.2.034:575:591

© 2021

ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ЧЕРВОНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ЗА КОМПЛЕКСОМ ГЕНОТИПІВ GH, CSN3 ТА BLG

І.Д. Мітіогло¹, В.В. Дзіцюк², Н.Б. Мохначова³, М.Л. Добрянська⁴

² доктор сільськогосподарських наук

^{3,4} кандидати сільськогосподарських наук

Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН
вул. Погребняка, 1, с. Чубинське Бориспільського р-ну Київської обл.,
08321, Україна

e-mail: ¹ilia.mitioglo77@gmail.com, ²valentynadzitsiuk@gmail.com,

³nm82@i.ua, ⁴mahadobra@gmail.com

ORCID: ²0000-0001-9697-4165, ³0000-0001-5982-6542, ⁴0000-0001-9216-0527

Надійшла 22.03.2021

Мета. Вивчити вплив комплексних генетичних варіантів GH, CSN3 та BLG на рівень надою і склад молока у корів української червоно-рябої молочної породи. **Методи.** Об'єктом досліджень були корови-первістки української червоно-рябої молочної породи із Державного підприємства «Дослідне господарство «Нива» Інституту розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН». Однонуклеотидний поліморфізм за генами GH, CSN3 та BLG досліджували методом ПЛР-ПДРФ з використанням специфічних праймерів і рестриктаз. Геномну ДНК виділяли із лейкоцитів крові за стандартною методикою. ПЛР проводили на ампліфікаторі «Терцик». Кількість і довжину отриманих фрагментів рестрикції визначали за допомогою електрофорезу у 3%-му агарозному гелі. **Результати.** Встановлено поліморфізм генів GH, CSN3 та BLG в українській червоно-рябій молочній породі великої рогатої худоби. Генотип CH^{LL} виявили у 80 % досліджених корів, генотип CH^{LV} — у 13% і CH^{VV} — у 3%. 53% корів мали генотип $CSN3^{AA}$, 46% — гетерозиготний генотип $CSN3^{AB}$, гомозиготний генотип $CSN3^{BB}$ не виявлено у жодної із досліджених тварин. Частота генотипу BLG^{AA} становила 25,1 %, BLG^{AB} — 36,6, BLG^{BB} — 38,3%. У сумі майже 75% корів мали бажаний алель В. Із 18 теоретично можливих комплексних генотипів у дослідженого поголів'я виявлено 7 варіантів. Проведено пошук асоціативного зв'язку комплексних поліморфних варіантів цих генів з параметрами молочної продуктивності. Високий рівень надою спостерігався у групи тварин із комплексним генотипом $GH^{LV}/CSN3^{AB}/BLG^{BB}$. Більша частка жиру в молоці була у первісток

з комплексним генотипом $GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB}$ — 3,80%, білка — у корів з генотипом $GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{AA}$ — 3,57%. Висновки. Результати дослідження молочної продуктивності свідчать, що найпродуктивнішими тваринами є носії комплексних генотипів: $GH^{LV}/CSN3^{AB}/BLG^{BB}$ за надоєм, $GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB}$ за часткою жиру у молоці, $GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{AA}$ за часткою білка у молоці.

Ключові слова: корови-первістки, молочна продуктивність, генотип, гени гормону росту, *k*-казеїну, β -лактоглобуліну.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-07>

Для об'єктивної оцінки молочної продуктивності корів слід враховувати поліморфний вклад багатьох генів, серед яких можна виділити кілька з найбільшим внеском у формування і функціонування цієї кількісної ознаки. До таких генетичних маркерів належать гени: ген гормону росту (GH), який є регулятором соматичного росту тварин і водночас лактогенної і жиromобілізувальної дії; *k*-казеїн (CSN3), що відповідає за технологічні властивості молока; β -лактоглобулін (BLG), що відповідає за білковомолочність. Активна участь цих генів у формуванні ознак молочної продуктивності є передумовою для пошуку бажаних для селекціонера комплексних варіантів генотипів, які є позитивним маркером і не залежать від змін зовнішнього середовища, годівлі і стану організму.

Однак питанню комплексного впливу генів на господарсько-корисні ознаки великої рогатої худоби присвячено невелику кількість наукових публікацій. О.П. Пліванчук і Т.М. Димань досліджували комплексні генотипи *k*-казеїну, β -лактоглобуліну та пролактину у корів української червоно-рябої молочної породи [1], А. Michalčová, Z. Krupová дослідили фенотипові комбінації генетичних варіантів *k*-казеїну і β -лактоглобуліну у корів словацької рябої худоби [2], М.В. Позовникова та ін. проаналізували 13 виявлених комплексних генотипів β -лактоглобуліну, пролактину і гена гормону росту із 27-ми теоретичних можливих у корів айрширської породи [3]. Комплексні генотипи за генами β -глобуліну, пролактину і гормону росту у корів білоруської чорно-рябої молочної породи досліджували вітчизняні вчені [4]. Іноземні дослідники вивчали комбінацію генотипів *k*-казеїну і β -лактоглобуліну у виробництві твердих сирів [5].

І зовсім мало публікацій, в яких дослідження присвячені вивченню комплексу генотипів, які складаються з генів казеїнового та сироваткового білків молока та гормону, що впливає на лактогенну дію.

Мета досліджень — вивчення впливу комплексних генетичних варіантів GH, CSN3 та BLG на рівень надою і склад молока у корів української червоно-рябої молочної породи.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження виконані у відділі генетики і біотехнології тварин Інституту розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН. Об'єктом досліджень були корови-первістки української червоно-рябої молочної породи із ДП «ДГ «Нива» Інституту розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН». Однонуклеотидний поліморфізм за генами GH, CSN3 та BLG досліджували методом ПЛР-ПДРФ з використанням специфічних праймерів і рестриктаз.

Геному ДНК виділяли із лейкоцитів крові за стандартною методикою з використанням набору «ДНК-сорб-В» («Амплі-Сенс», РФ). Полімеразну ланцюгову реакцію (ПЛР) проводили на ампліфікаторі «Терцик» (РФ) відповідно до умов (табл. 1).

ПЛР-суміш (10 мкл) у своєму складі містила: буфер для ДНК-полімерази — 2 мкл, ДНК-полімеразу (Fermentas, Литва) — 0,2 мкл, трифосфати — 1 мкл, праймер — 0,8 мкл, деіонізовану воду — 4 мкл, ДНК — 2 мкл. Температурний режим ПЛР-ампліфікації для гена гормону росту такий: початкова денатурація — 4 хв при 95 °С; 35 циклів: денатурація — 30 с при 95 °С, випал праймерів — 15 с при 65 °С, синтез — 60 с при 72 °С, термінальна елонгація — 5 хв при 72 °С.

Продукти ампліфікації розщеплювали специфічними ендонуклеазами рестрикції.

1. Умови дослідження генотипів генів гормону росту (GH), к-казеїну (CSN3) і β-лактоглобуліну (BLG)

Ген	Праймери	Ампліфікат, п.н.	Рестрик- таза	Гено- тип	Довжина фрагментів рестрикції, п.н.
GH	5' – GCTGCTCCTGAGGGCCCTTC -3'; 5' – GCGGCGGCACTTCATGACCC-3'	223	Alu I	LL	171, 52
				LV	223, 171, 52
				VV	223
CSN3	5' – GAAATCCCTACCATCAATACC-3'; 5' – CCATCTACCTAGTTTAGATG-3'	273	Hinf I	AA	133, 91, 49
				AB	224, 133, 91, 49
				BB	224, 49
BLG	5' – TGTGCTGGACACCGACTACAAAAG-3'; 5' – GCTCCCGGTATATGACCACCCTCT-3'	247	Hae III	AA	148, 99
				AB	148, 99, 74
				BB	99, 74

Кількість і довжину отриманих фрагментів рестрикції визначали електрофорезом у 3%-му агарозному гелі в буфері 1xTBE. Візуалізацію результатів проводили в УФ-світлі після фарбування бромистим етидієм. Частоту генотипів розраховували за формулою:

$$P = n/N,$$

де P — частота окремого генотипу; n — кількість тварин, що мають цей генотип; N — загальна кількість тварин.

Частоту окремих алелів визначали за формулою Є.К. Меркур'євої [6]:

$$P_A = (2nAA + nAB)/2N,$$

$$q_B = (2nBB + nAB)/2N,$$

де P_A — частота алеля A; q_B — частота алеля B.

Молочну продуктивність корів-первісток визначали щомісяця способом контрольних доїнь.

Статистичну обробку отриманих результатів досліджень виконано за допомогою комп'ютерної програми Excel.

Результати досліджень і їх обговорення. Аналіз результатів дослідження генетичної структури української червоно-рябої молочної породи свідчить про високий рівень поліморфізму за генами гормону росту (GH), к-казеїну (CSN3) та β-лактоглобуліну (BLG). Ген GH є ключовим у контролі засвоєння тваринами поживних речовин кормів [7], регулятором соматичного росту тварини, впливає на розвиток молочної залози [8], ріст і формування будови тіла [9], а також модулює метаболізм та імунні реакції

[10]. Вважають, що генотип GH^{LL} пов'язаний із високим рівнем надою і виходу молочного жиру і білка у корів (рис. 1).

У результаті аналізу поліморфізму GH методом ПЛР-ПДРФ виявлено ампліфікат розміром 223 п.н. і після рестрикції рестриктазою AluI такі фрагменти рестрикції: 171 та 52 п.н. для генотипу LL; 223, 171 та 52 п.н. для LV та 223 для VV. Найпоширенішим у групі досліджених тварин був генотип LL: його виявили у понад 80% корів, 13% тварин мали гетерозиготний генотип LV і лише 3% — генотип VV (табл. 2).

Частота генотипу GH^{LL} 0,83 у дослідженій групі тварин є дещо вищою від частот GH^{LL}, отриманих іншими авторами для молочної худоби [3].

CSN3 є одним із генів, який безпосередньо зв'язаний із білковомолочністю і технологічними властивостями молока. Вважається, що у розведенні великої рогатої худоби перевагу віддають збільшенню частоти алеля B гена CSN3, оскільки доведено, що достовірно вищим (P<0,01) вміст білка був у корів української чорно-рябої молочної породи, у генотипі яких є саме цей алель (рис. 2).

Більше половини (53%) із досліджених нами корів мали генотип CSN3^{AA} і 46% — гетерозиготний генотип AB. Гомозиготний генотип CSN3^{BB} не виявлено у жодній із досліджених тварин. Алель A траплявся втричі частіше (0,766), ніж алель B (0,233).

Ідентифікація генетичних варіантів гена BLG має значення у селекції великої рогатої

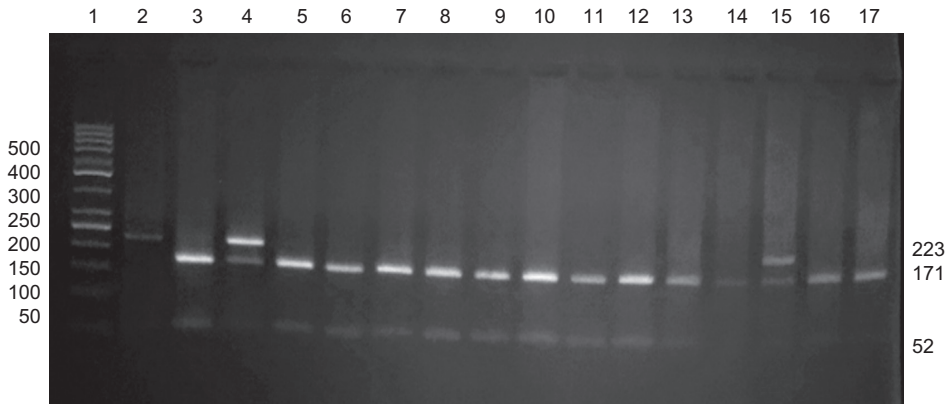


Рис. 1. Електрофореграма продуктів рестрикції ампліфікованих фрагментів локусу GH: 1 — маркер молекулярних мас; 2 — продукт ампліфікації гена; 3, 5–14, 16, 17 — генотипи LL; 4, 15 — генотипи LV

худоби з огляду на встановлений асоціативний зв'язок поліморфів цього сироваткового білка із рівнем молочної продуктивності. При цьому ефект різних алелів гена різний і, згідно з даними наукової літератури, залежить від багатьох чинників, тому головна роль у поліпшенні біохімічних і технологічних характеристик молока належить або алелю А, або В. Так, варіант А характеризується високим вмістом сироваткових білків і сумарним вмістом білків молока, варіант В пов'язаний із високим вмістом у молоці казеїнових білків і жиру [11, 12]. Бажаним варіантом за технологічними властивостями молока є алель В гена BLG (рис. 3).

У наших дослідженнях частота генотипу BLG^{AA} становила 25,1 %, BLG^{AB} — 36,6, BLG^{BB} — 38,3%. У сумі майже 75% корів мали бажаний алель В, причому більше половини у гомозиготному вигляді. У результаті частота алеля В гена BLG становить 0,616, а частота алеля А — 0,366.

ДНК-діагностика поліморфізму генів, які асоційовані з однією і тією самою ознакою молочної продуктивності, в комплексі може бути ефективнішою, ніж дослідження кожного гена окремо. З огляду на це проведено аналіз варіабельності поєднань генотипів за дослідженими генами гормону росту, к-казеїну і β -лактоглобуліну та вивчено зв'язок

2. Алелі та генотипи за локусами генів GH, CSN3, BLG

Ген	Генотип	Частота		H_o	H_e	χ^2	F_{is}
		генотипів	алелів				
GH	LL	0,83	L – 0,9	0,133	0,180	1,41	0,216
	LV	0,13	V – 0,1				
	VV	0,03	–				
CSN3	AA	0,533	A – 0,766	0,466	0,359	4,87	–0,298
	AB	0,466	B – 0,233				
	BB	–	–				
BLG	AA	0,251	A – 0,383	0,366	0,474	24,66	0,227
	AB	0,366	B – 0,616				
	BB	0,383	–				

Примітка. H_o — експериментальна (фактична) гетерозиготність; H_e — очікувана гетерозиготність; F — фіксаційний індекс

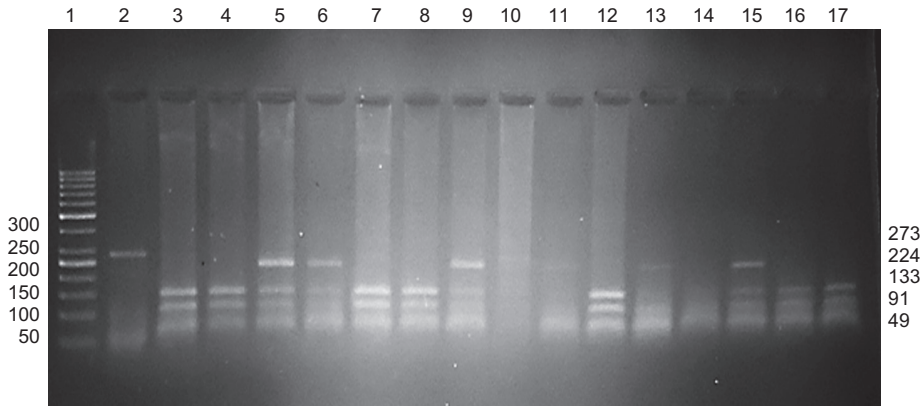


Рис. 2. Електрофореграма продуктів рестрикції ампліфікованих фрагментів локусу CSN3: 1 – маркер молекулярних мас; 2 – продукт ампліфікації гена; 3, 4, 7, 8, 12, 16, 17 – генотипи AA; 5, 6, 9, 13, 15 – генотипи AB

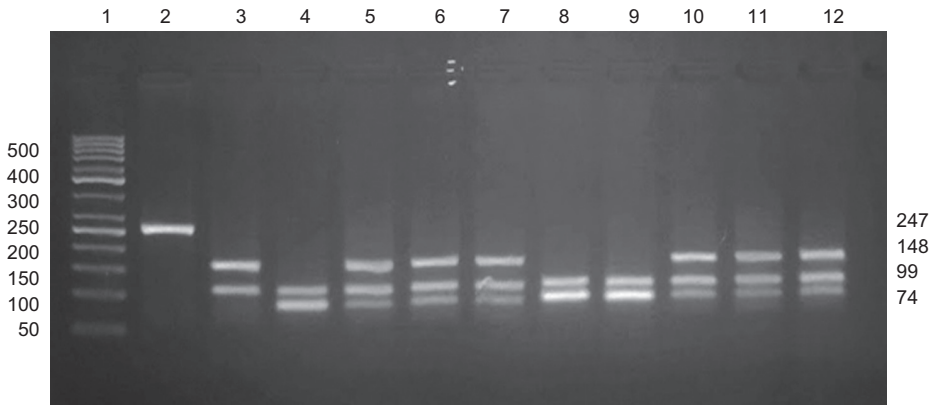


Рис. 3. Електрофореграма продуктів рестрикції ампліфікованих фрагментів локусу BLG: 1 – маркер молекулярних мас; 2 – продукт ампліфікації гена; 3 – генотип AA; 4, 8, 9 – генотипи BB; 5–7, 10–12 – генотипи AB

комплексних генотипів цих генів із молочною продуктивністю.

Із 18-ти теоретично можливих комплексних генотипів у дослідженого поголів'я виявлено 7 варіантів (табл. 3).

Найрозповсюдженішими виявилися 3 комплексних генотипи: $GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB}$, $GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{BB}$, $GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{BB}$, вони були у 60% тварин. Друге місце за чисельністю займали тварини з комплексним генотипом LL/AB/AB (16,7%), надій у яких становив 6501 кг. Іноді траплявся генотип $GH^{LV}/CSN3^{AB}/BLG^{BB}$ (6,6%).

Щодо молочної продуктивності, то вищою вона була у корів з гетерозиготними генотипами GH^{LV} і $CSN3^{AB}$ та гомозиготним

3. Частоти комплексних генотипів GH, CSN3, BLG у корів української червоно-рябої молочної породи

№ групи тварин	Комплексні гени GH/CSN3/BLG	Кількість корів (n=60)	
		n	%
1	LL/AA/AA	6	10
2	LL/AA/AB	12	20
3	LL/AA/BB	12	20
4	LL/AB/AA	4	6,7
5	LL/AB/AB	10	16,7
6	LV/AB/BB	4	6,6
7	LL/AB/BB	12	20

4. Молочна продуктивність корів української червоно-рябої молочної породи з різними комплексними генотипами

Показник	Комплексні генетичні варіанти						
	LL/AA/AA	LL/AA/AB	LL/AA/BB	LL/AB/AA	LL/AB/AB	LV/AB/BB	LL/AB/BB
Надій, кг	6102±207	5997±335	6535±391	6651±121	6501±399	6930±280	6682±129
Частка жиру, %	3,76±0,11	3,80±0,06	3,69±0,02	3,73±0,02	3,71±0,02	3,69±0,03	3,78±0,05
Частка білка, %	3,30±0,02	3,46±0,08	3,48±0,14	3,57±0,18	3,34±0,18	3,55±0,20	3,42±0,01

ВВ генотипом за геном β -лактоглобуліну (табл. 4). На думку К.В. Копилової зі співавт. гетерозиготні тварини за геном κ -казеїну, ймовірно, мають природні переваги перед гомозиготами, оскільки отримують можливість кращої адаптованості до зміни умов годівлі й утримання [13].

У первісток із генотипами GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{BB} надій виявився на рівні середнього по стаду, у всіх інших груп корів показники продуктивності були нижчими за середні по стаду. У цих тварин у складі комплексного генотипу є гомозиготний за алелем L ген гормону росту (GH^{LL}), ген CSN3 представлений алелем A у гомозиготному чи гетерозиготному стані. Генотип BLG гомозиготний за алелем B у корів з вищим надоем і гетерозиготний у корів з нижчим за середній по стаду надоем. Показники надоев нижчі від середніх по стаду ($P < 0,01$) виявлено у групи тварин із генотипами GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AA} (10%).

Високий рівень надою спостерігався у групи тварин із комплексним генотипом GH^{LV}/CSN3^{AB}/BLG^{BB}, які вирізнялися наявністю у ньому гетерозиготного варіанта гена GH^{LV}.

Деякі інші результати отримали вчені, які досліджували комплексні генотипи великої рогатої худоби (К.В. Копилов, 2011). За їх даними, найвищий надій у корів голштинської і української чорно-рябої молочної порід виявлено у тварин з комплексним генотипом, до складу якого входили генотипи GH^{LL} і BLG^{AA}, а найвища жирномолочність — за наявності генотипів BLG^{AB} і GH^{LV}.

Переважання масової частки жиру в молоці у нашому дослідженні виявлено у первісток з комплексним генотипом GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB} (3,80%), а масової частки білка — у первісток з генотипом GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{AA} (3,57%) Найнижчі значення вмісту жиру у молоці виявлено у корів з комплексним генотипом GH^{LV}/CSN3^{AA}/BLG^{AA} (3,31%)

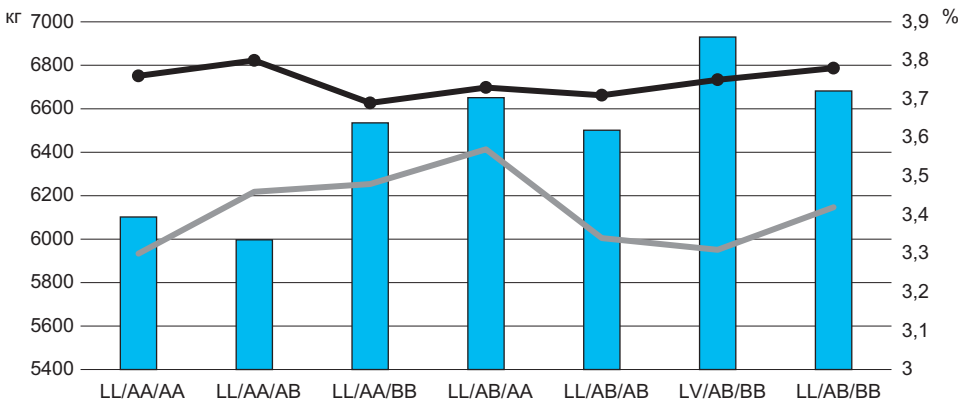


Рис. 4. Асоціація комплексних генотипів з надоем і вмістом жиру та білка у молоці корів-первісток: ■ — надій, кг; ● — частка жиру, %; — частка білка, %

і білка — у корів з генотипом GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AA} (3,30%) (рис. 4).

Різниця між найбільшим і найменшим значеннями надою становила 933 кг, або 13,5% ($P < 0,05$). Найвищий показник вмісту жиру у молоці групи корів з комплексним

генотипом GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB} переважає з недостовірною різницею найнижчий у корів з генотипом GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{BB} на 0,11%, показник вмісту білка (корови з генотипами GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{AA} і GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AA}) — на 0,27%.

Висновки

У корів української червоно-рябої молочної породи ідентифіковано 7 комплексних варіантів генотипів гена гормону росту, *k*-казеїну і β-лактоглобуліну із 18-ти теоретично можливих. Серед дослідженого поголів'я корів переважали тварини з комплексними поєднаннями у генотипах GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB}, GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{BB},

GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{BB}. Результати дослідження молочної продуктивності свідчать, що найпродуктивнішими тваринами є носії комплексних генотипів гормону росту, *k*-казеїну і β-лактоглобуліну: GH^{LV}/CSN3^{AB}/BLG^{BB} за надоєм, GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB} за часткою жиру у молоці, GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{AA} за часткою білка у молоці.

Mitioglo I.¹, Dzitsiuk V.², Mokhnachova N.³, Dobrianska M.⁴

M. Zubets Institute of animal breeding and genetics of NAAS, 1, Pogrebniaka Str., vil. Chubinske, Boryspil region, Kyiv oblast, 08321, Ukraine; e-mail: ¹ilia.mitioglo77@gmail.com, ²valentynadzitsiuk@gmail.com, ³nm82@i.ua, ⁴mahadobra@gmail.com; ORCID: ²0000-0001-9697-4165, ³0000-0001-5982-6542, ⁴0000-0001-9216-0527

Genetic structure of cows of Ukrainian red-speckled dairy breed according to the GH, CSN3, and BLG genotypes complex

Goal. To study the influence of complex genetic variants (GH, CSN3, and BLG) on the level of the milk yield and the composition of milk in the cows of the Ukrainian red-speckled dairy breed.

Methods. The object of research was the cows of the firstborn of the Ukrainian red-speckled dairy breed from the state enterprise "Research farm "Niva" of M. Zubets Institute of animal breeding and genetics of NAAS". Mono-nucleotide polymorphism on GH, CSN3, and VLG genes was studied by PCR-PDRF using specific primers and restrictases. Genomic DNA was isolated from blood leukocytes according to the standard technique. PCR was carried out on the amplifier "Tercik". The number and length of the restriction fragments were determined by electrophoresis in a 3% agarose gel. **Results.** Polymorphism of GH, CSN3, and BLG genes in

the Ukrainian red-speckled dairy breed is determined. CH^{LL} genotype was found in 80% of the tested cows, CH^{LV} — in 13%, and CH^{VV} — in 3%. 53% of cows had genotype CSN3^{AA}, 46% — heterozygous genotype CSN3^{AB}, while homozygous genotype CSN3^{BB} was not detected in any of the animals studied. The frequency of the BLG^{AA} genotype was 25.1%, BLG^{AV} — 36.6, BLG^{VV} — 38.3%. In the sum, almost 75% of cows had the desired Allele B. 7 variants of 18 theoretically possible comprehensive genotypes were revealed in the investigated livestock. The search for the associative link of complex polymorphic variants of these genes with parameters of dairy productivity was carried out. A high level of milk yield was observed in a group of animals with a comprehensive GH^{LV}/CSN3^{AB}/BLG^{BB} genotype. A larger share of fat in milk was in the firstborn with a complex genotype GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB} — 3.80%, of protein — in cows with genotype GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{AA} — 3.57%. **Conclusions.** The results of the study of dairy productivity indicate that the most productive animals are the carriers of complex genotypes: GH^{LV}/CSN3^{AB}/BLG^{BB} — on milk yield, GH^{LL}/CSN3^{AA}/BLG^{AB} — on the share of fat in milk, GH^{LL}/CSN3^{AB}/BLG^{AA} — on the share of protein in milk.

Key words: cow-firstborns, dairy productivity, genotype, growth hormone genes, *K*-casein, β-lactoglobulin.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-07>

Бібліографія

1. Пліванчук О.П., Димань Т.М. Вплив комплексних генотипів каппа-казеїну, бета-лакто-

глобуліну та пролактину на склад та технологічні властивості молока корів української чорно-

рябої молочної породи. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». 2016. Вип. 5 (29). С. 85–89.

2. Michalcová A., Krupová Z. Influence of composite κ -casein and β -lactoglobulin genotypes on composition, rennetability and the at stability of milk of cows of Slovak Pied breed. *Czech J. Anim. Sci.* 2007. V. 52. P. 292–298.

3. Позовникова М.В., Тулинова О.В., Погорельский И.Ф., Сердюк Г.Н. Генетическая структура айширского скота по однонуклеотидным ДНК-маркерам и влияние их генотипов на молочную продуктивность. *Генетика и разведение животных.* 2015. № 2. С. 22–27.

4. Епишко О.А., Пешко Н.Н., Кузьмина Т.И., Пешко В.В. Влияние комплексных генотипов по генам бета-лактоглобулина, пролактина и гормона роста на молочную продуктивность коров белорусской черно-пестрой породы. *Генетика и разведение животных.* 2017. № 3. С. 58–68.

5. Choi J.W., Ng-Kwai-Hang K.F. Effects of genetic variants of κ -casein and β -lactoglobulin and heattre at mentof milk on cheese and whey compositions. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2002. V. 5. P. 732–739.

6. Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии. Москва: Колос. 1983. 400 с.

7. Vauman D.E. Bovine somatotropin: review of an emerging animal technology. *J. Dairy Sci.* 1992.

V. 75. P. 3432–3451. doi:10.3168/jds.S0022-0302(92)78119-3

8. Sejrsen K., Foldager J., Sorensen M.T. et al. Effect of exogenous bovine somatotropin on pubertal mammary development in heifers. *J. Dairy Sci.* 1986. V. 69. P. 1528–1535. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80569-0

9. Breier B.H., Giuckman P.D. The regulation of postnatal growth: nutritional influences on endocrine pathways and function of the somatotrophic axis. *Livst. Prod. Sci.* 1991. V. 27. P. 77–94. doi: 10.1016/0301-6226(91)90047-T

10. Bialock J. E. The syntax of immuno-neuroendocrine communication. *Immun. Today.* 1994. V. 15. P. 504–511. doi: 10.1016/0167-5699(94)90205-4

11. Boleckova J., Matejickova J., Stipkova M. et al. The association of five polymorphism with milk production traits in Czech Fleckvieh cattle. *Czech J. Anim. Sci.* 2012. V. 57 (2). P. 45–53. doi: 10.17221/5131-CJAS

12. Dybus A., Grzesiak W., Kamieniecki H. et al. Association of genetic variants of bovine prolactin with milk production traits of Black-and-White and Jersey cattle. *Archiv fur Tierzucht.* 2005. V. 48. P. 149–156. doi:10.5194/aab-48-149-2005

13. Копилова К.В., Копилов К.В., Полупан Ю.П. та ін. Генетична структура української червоної молочної породи за локусами кількісних ознак (QTL). *Вісник аграрної науки.* 2010. № 2. С. 40–45.