



## Взаємозв'язок поліморфізму генетико-біохімічних систем з показниками молочної продуктивності сучасних українських порід великої рогатої худоби

Ю. В. Грицієнко\*  
gricienko1988@gmail.com



Миколаївський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, вул. 1 Воєнна, 2-А, м. Миколаїв, 54009, Україна

### ORCID:

Yu. Gritsienko <https://orcid.org/0000-0003-0099-9312>

### Authors' Contributions:

**GY:** Conceptualization; Methodology; Data curation; Investigation; Formal analysis; Visualisation; Writing — original draft, review & editing.

### Declaration of Conflict of Interests:

None to declare.

### Ethical approval:

The study used an invasive method (blood sampling) in a humane way in accordance with all international, national and/or institutional guidelines for the use of experimental animals.

### Acknowledgements:

The author expresses his gratitude to the management and employees of PSP "Kolos" for the cooperation.



Attribution 4.0 International  
(CC BY 4.0)

Використання як маркерних систем поліморфних нуклеотидних послідовностей ДНК дозволяє тестувати генетичний поліморфізм безпосередньо на рівні генів, а не на рівні їхніх продуктів. Досить поширеними є дослідження з використанням ДНК-маркерів на основі ПЛР із праймерами, що мають множину локалізацію в геномі із застосуванням спеціальних праймерів. Розробка специфічних для породи SNP необхідна для генотипування та картування асоціацій з ознаками молочної продуктивності, що дасть змогу виявити найбільш цінні генотипи для їх подальшого використання в селекційно-плеєнній роботі. Мета дослідження — визначення алельних і генотипових частот, генетичної різноманітності та поліморфізму гемоглобіну (*HB*), церулоплазміну (*CP*), посттрансферину (*pTf*), амілази (*Am-1*) та рецептору до вітаміну D (кальцитріолу) (*GC*) для виявлення взаємозв'язку породоспецифічних особливостей їх генетичної структури. Результати досліджень вказують, що виявлено вплив породної належності корів на їхню генетичну структуру за генетико-біохімічними системами *pTf*, *GC*, *HB*, *CP* та *Am-1*. Спостерігали чіткий вплив фактора генотипу за локусом посттрансферину серед досліджуваних порід корів на прояв вмісту та кількості білка в молоці. Окрім того, встановлено вірогідний вплив церулоплазміну на показники вмісту жиру та білка в молоці залежно від породної належності корів. Оцінка генетико-біохімічної системи за локусом амілази встановила чіткий вплив генотипу на прояв надюю, молочного жиру та кількості білка в молоці. Тож застосування поліморфізму окремих локусів білків та ферментів крові при веденні селекційно-плеєнної роботи сприятиме не тільки покращенню плеєнної роботи, а й вдосконаленню молочної худобою загалом. Тому перспективою селекційної роботи з породами вітчизняної селекції повинна стати оцінка різноманітності алелофонду за поліморфними системами білків та ферментів, що дозволить виявити кращі генотипи не тільки в продуктивному, а й в генетичному аспекті.

**Ключові слова:** генетико-біохімічні системи, гемоглобін (*HB*), церулоплазмін (*CP*), посттрансферин (*pTf*), амілаза (*Am-1*), рецептор до вітаміну D (кальцитріолу) (*GC*), поліморфізм

\* Науковий керівник — доктор с.-г. наук, професор М. І. Гиль.

## Вступ

Селекційно-плеємінна робота на високу продуктивність молочних корів охоплює закріплення генетичного потенціалу наявних сучасних порід української селекції та моніторинг накопичення змін і особливостей їхньої генетичної структури, збереження та покращення генів, які можуть зумовлювати і бути нерозривно пов'язаними з процесом обміну речовин. Це, зі свого боку, асоціює їх з показниками високої молочної продуктивності [4, 20].

Оцінка поліморфізму ферментів та білків крові дає підставу стверджувати, що генетична структура породи чи популяції може бути тісно пов'язаною з видозміною генетичних біохімічних систем крові та слугувати показником внутрішньоклітинного енергетичного метаболізму [6, 13]. Процес удосконалення породи тісно пов'язаний з трансформацією генетико-біохімічних систем крові, їх локальною біохімічною адаптацією. Індивідуальні показники продуктивності зумовлені швидкістю перебігу ферментативних реакцій обміну. Тому біохімічні показники крові дають уявлення про інтенсивність процесу обміну речовин тварин, а отже, і про рівень їх молочної продуктивності [12].

Оцінка поліморфізму білків крові худоби необхідна для визначення рівня генетичного різноманіття, яке можна використовувати як молекулярні маркери тієї чи іншої господарсько корисної ознаки. Виявлено, що кододомінантно успадковані алелі типів білків крові забезпечують оптимальний підбір батьківських пар з метою покращення генетичного потенціалу продуктивності їхніх нащадків.

Популяційні параметри разом із біологічними показниками надають можливість поглибленіше і з більшою обґрунтованістю виявляти біологічні закономірності, які відбуваються в популяціях свійських тварин під впливом селекції, та здійснювати цілеспрямоване керування процесом перетворень згідно з сучасними вимогами [23].

Поліморфною є та частина генетичної різноманітності популяції, яка сформувалася в процесі еволюції, в досить стабільній формі увійшла в генофонд виду і здатна відображати спадкову специфіку популяції. Генетико-біохімічні системи крові є довічними генетичними маркерами, адже вони незмінні протягом всього життя.

Дослідження зв'язку поліморфізму генетико-біохімічних систем та показників молочної продуктивності в молочному скотарстві сприятиме вдосконаленню селекційної роботи та дасть можливість вже на етапах раннього постембріонального періоду тварин спрогнозувати потенційну молочну продуктивність корів [1, 19].

Як вказують S. Sutiyono, S. Sutopo, Y. S. Ondho та інші, важливими біохімічними системами крові корів, які мають вагоме практичне значення в селекції, є сироваткові білки — альбумін, амілаза, трансферин, посттрансферин, церулоплазмін тощо. Ці білки беруть участь в обмінних процесах організму, регулюють

осмотичний та онкотичний тиск, забезпечують кислотно-лужну рівновагу. Крім того, сироваткові білки виконують транспортну функцію та беруть безпосередню участь у процесах синтезу основних компонентів молока [26]. Альбуміни виступають попередниками білків молока, бета-глобуліни синтезують жири, а гама-глобуліни є носіями антитіл і відповідають за захисні функції організму. Церулоплазмін бере участь в окисно-відновлювальних реакціях, захищає організм від шкідливих факторів та виконує функцію транспорту іонів міді в організмі, крім того, підвищує стабільність клітинних мембран. Амілаза є ферментом, який сприяє гідролізу крохмалю. Гемоглобін входить до групи складних білків-хромопroteїнів, які беруть участь в газообміні (транспортують кисень). Посттрансферин — транспортний білок. Обмін кальцію та фосфатів кісткової тканини регулюється за участі вітаміну D взаємодією його гормонально-активної форми кальцитроалу з рецепторами клітин.

Доведено їхню залежність від генотипу, породи, продуктивності тощо [8, 13].

За використання в селекційно-плеємінній роботі біохімічних показників крові варто зазначити, що кореляційна залежність між ознаками продуктивності корів та компонентами крові ґрунтується на специфічній і значущій дії генів у синтезі білків. Оскільки господарсько корисні ознаки тварин безпосередньо пов'язані з підсиленням конкретного напрямку обмінного процесу, то значний інтерес становить дослідження генетичної структури ферментів та білків крові [1, 8, 12].

Використання біохімічних показників крові в генетичному удосконаленні порід, природа кореляційних зв'язків між компонентами крові і ознаками продуктивності тварин є перспективним напрямом та базується на визначальній ролі генів у синтезі білків [8].

Метою наших досліджень було встановити зв'язок породоспецифічних особливостей генетичної структури і розмаху внутрішньопородної мінливості корів української червоної молочної, української чорно-рябої молочної та української червоно-рябої молочної з показниками їх молочної продуктивності.

## Матеріали і методи

Об'єктом досліджень виступала генетична структура, яку оцінювали за генетично детермінованим поліморфізмом груп генетико-біохімічних систем. Сюди входили транспортні білки: гемоглобін (*HB*), церулоплазмін (*CP*), посттрансферин (*pTf*), амілаза (*Am-1*) та рецептор до вітаміну D (кальцитріолу) (*GC*).

Дослідження проведені у ПСП «Колос-2011» Очаківського р-ну Миколаївської обл. на коровах української червоної молочної (УЧМ, n=32), української чорно-рябої молочної (УЧорРМ, n=32) та української червоно-рябої молочної (УЧерРМ, n=28) порід.

Кров для досліджень брали з яремної вени з подальшою консервацією гепарином з розрахунку

25 МО на 1 мл крові. Досліди проводили на еритроцитах (гемоглобін) та плазмі крові (амілаза, посттрансферин, церулоплазмін, рецептор до вітаміну D). Еритроцити від плазми відокремлювали центрифугуванням, тричі відмиваючи фізіологічним розчином, і руйнували заморожуванням-розморожуванням за загальноновживаною методикою [2, 21]. Генетичну структуру оцінювали за генетично детермінованим поліморфізмом груп генетико-біохімічних систем. Поліморфізм білків та ферментів оцінювали із застосуванням методу електрофоретичного розділення білків у 13% крохмальному гелі в горизонтальних камерах з подальшим гістохімічним фарбуванням [14, 16].

До групи досліджуваних генетико-біохімічних систем входили транспортні білки: гемоглобін (*HB*), церулоплазмін (*CP*), посттрансферин (*pTf*), амілаза (*Am-1*) та рецептор до вітаміну D (кальцитріолу) (*GC*). Під час аналізу генетичної структури груп тварин за дослідженими групами генетико-біохімічними системами використовували такі показники: частота алелів та генотипів, рівень фактичної ( $H_o$ ) та очікуваної гетерозиготності ( $H_e$ ), індекс поліморфізму (*PIC*). Оцінку відповідності частот генотипів рівновазі Кастла-Гарді-Вайнберга проводили за критерієм Пірсона ( $\chi^2$ ) [17]. Для оцінки генетичної диференціації дослідних популяцій використовували індивідуальний індекс фіксації Райта ( $F_{is}$ ). Генетико-популяційний та біометричний аналіз отриманих результатів проводили з використанням методів математичної статистики ( $\chi^2$ , критерій Стьюдента, Фішера) [17, 25].

Статистичне опрацювання даних проведено в стандартному пакеті *Microsoft Excel 2013* з використанням власних програм та інтегрованої надбудови *GenAIEx 6.5* [8] для розрахунків статистики Райта. Аналіз за іншими показниками виконано в стандартному пакеті *IBM SPSS Statistics V24.0*.

## Результати й обговорення

Підвищення ефективності галузі молочного скотарства значною мірою зумовлено використанням сучасних досягнень генетики, біотехнології і кібернетики. Це дозволить прискорити темпи селекційного прогресу в лініях, популяціях, створити більш високопродуктивні генотипи [24].

За останні десятиліття було опубліковано чимало досліджень для встановлення QTL-генів, які є маркерами ознак молочної продуктивності худоби. Виявлення асоціативних генів для складних поліморфних ознак дає можливість відображати асоціації великих інтервалів генних ділянок.

Впровадження молекулярно-генетичних методів у тваринництві, пов'язане з розвитком ПЛР-технологій, дозволяє провести швидкий аналіз зв'язку між алельними варіантами генів з ознаками продуктивності. Розвиток технологій маркерів на основі ДНК дає можливість ідентифікувати ділянки геному (тобто локуси

кількісних ознак, QTL), пов'язані зі складними ознаками. Використання виявлених QTL в генетичній оцінці відкриває широкі можливості у вивченні генів, пов'язаних з ознаками молочної продуктивності худоби, дозволяє чітко підвищити точність відбору, тим самим прискорюючи генетичне вдосконалення продуктивних якостей тварин, що підтверджують вітчизняні та іноземні дослідження [3, 11, 18, 27, 28].

Продуктивність тварин пов'язана з обмінними процесами організму і в цьому плані значний інтерес представляють собою ферменти крові.

Всі компоненти молока створюються із крові, яка надходить до молочної залози. Кров в організмі відіграє винятково важливу роль, оскільки через неї здійснюється обмін речовин. Вона доставляє до клітин органів тіла поживні речовини і кисень, видаляє продукти обміну і вуглекислоту. Через кров забезпечується гормональна регуляція, завдяки їй працюють захисні функції і підтримується рівновага електролітів в організмі тварин. Кров — це внутрішнє середовище, в якому відбувається розвиток і життєдіяльність організму. Вона характеризує як загальний стан організму, його конституціональні особливості, так і фізіологічний стан, пов'язаний з перебігом основних необхідних функцій і умовами життя тварини [7].

Склад крові і молока помітно відрізняється. Цукру в молоці в 90 разів більше, ніж в крові, жиру — в 9 разів, калію — в 5, кальцію — в 13, фосфору — в 10 разів. Водночас білка в ньому в двічі менше, а натрію — в 7 разів [10].

У секретції молока молочною залозою розрізняють два важливих процеси. Перший — фільтрація певних складових частин молока із кров'яного русла. Із крові в молоко без змін переходять вітаміни, гормони, пігменти, деякі білки, ферменти, мінеральні речовини. В цьому процесі клітини секреторного епітелію проводять важку роботу відбору щодо плазми крові. Одним речовинам вони перегороджують шлях у молочну залозу, а інші збирають у таких кількостях, що в молоці їх стає більше, ніж в крові. Другий процес — синтез компонентів молока в процесі міжклітинного обміну в альвеолах. Через перебудовування хімічних речовин, які надходять з кров'ю, в молочній залозі синтезуються такі основні компоненти, як казеїн і лактоза, які у крові зовсім відсутні.

Наприклад, білки молока синтезуються у вимені внаслідок як фільтрації, так і синтезу. Казеїн, лактоальбумін, лактоглобулін молока в крові відсутній, вони синтезуються в молочній залозі із амінокислот, доставлених з кров'ю. Таким чином, попередниками 80–90% білків молока є вільні амінокислоти крові. Інші 10–20% білків молока, тобто імуноглобуліни і сироваткові альбуміни, є ідентичними цим білкам у крові, оскільки потрапляють в молоко з кров'яного русла в незмінному вигляді через дифузію.

Найбільшу кількість попередників має молочний жир. Важливим джерелом для синтезу молочного жиру є жир корму, який підлягає гідролізу в шлунку

корови на гліцерин і жирні кислоти, що надходять у кров і потім використовуються молочною залозою.

Основними попередниками молочного жиру є жирні кислоти, які потрапляють в кров, синтезуються із проміжних продуктів розпаду білка і вуглеводів корму. Клітковина в рубці проходить процес бродіння, утворюючи оцтову, пропіонову і масляну кислоти, які є джерелом летких жирних кислот молочного жиру. В крові корів може міститися до 1,5 л оцтової кислоти, 80% якої поглинає молочно залоза. Окрім цього, молочний жир синтезується безпосередньо з вуглеводів корму (глюкоза крові), які використовуються для синтезу гліцеринової частини молочного жиру. Тонко-емульговані жири корму можуть всмоктуватися в кров без попереднього гідролізу.

Лактоза (молочний цукор) синтезується в молочній залозі. Її попередником є глюкоза крові. Вуглеводи молока частково синтезуються із продуктів, утворених з амінокислот, та із низькомолекулярних жирних кислот з коротким ланцюгом [5].

У дослідженнях М. І. Когут на тваринах молочно-го та комбінованого екстер'єрного типу встановлено наявність кореляційного зв'язку між білком сироватки крові (його фракціями) та надоем. Наявність позитивного кореляційного зв'язку між вмістом білків у сироватці крові і молочною продуктивністю вказує на активну роль білків у процесах молокоутворення. Про це свідчить і позитивна кореляція між вмістом білків у сироватці крові і загальним виходом молочного жиру [15].

У дослідженнях Л. В. Пешук виявлено залежність поліморфізму церулоплазміну та продуктивності корів жирномолочного типу червоної молочної породи. Встановлено, що корови-гетерозиготи *AB* за локусом церулоплазміну мали перевагу за якісними показниками молочної продуктивності над тваринами гомозиготами — *AA* та *BB* [22].

Будь-яка порода характеризується наявністю своєї специфічної генетичної структури, тобто розподілом алельних та генотипових частот за певними генетико-біохімічними системами. Для виявлення породоспецифічних характеристик виконано порівняльний аналіз поліморфізму генетико-біохімічних систем білків крові корів вітчизняної селекції. За результатами досліджень, поліморфізм було виявлено в п'яти локусах — *pTF*, *GC*, *HB*, *CP*, *Am-1* (табл. 1).

Простежували породну відмінність між частотою алелів досліджуваних локусів, при чому найбільшу відмінність серед досліджуваних порід за локусом посттрансферину спостерігали у представниць української чорно-рябої молочної породи ( $F = 0,629$  та  $S = 0,371$ ) порівняно з породами, які походять від корів червоних порід: УЧМ —  $F = 0,571$  та  $S = 0,429$ ; УЧерМ —  $F = 0,538$  та  $S = 0,462$ . Подібний розподіл алелів спостерігали і за локусом амілази, де найвища частота одного з алелів була у корів УЧорМ. За локусом гемоглобіну більш-менш подібними виявилися корови української червоної молочної та української чорно-рябої молочної порід, що вказує

**Таблиця 1.** Розподіл алельних частот за генетико-біохімічними системами *pTf*, *GC*, *HB*, *CP* та *Am-1*

Локус, алель	Порода		
	українська червона молочна	українська чорно-ряба молочна	українська червоно-ряба молочна
<i>pTf(n)</i>	35	31	26
<i>F</i>	0,571	0,629	0,538
<i>S</i>	0,429	0,371	0,462
<i>GC(n)</i>	35	31	26
<i>A</i>	0,543	0,613	0,635
<i>B</i>	0,457	0,387	0,365
<i>HB(n)</i>	35	31	28
<i>A</i>	0,957	0,984	1,000
<i>B</i>	0,043	0,016	—
<i>CP(n)</i>	35	31	26
<i>A</i>	0,515	0,452	0,462
<i>B</i>	0,485	0,548	0,538
<i>Am-1(n)</i>	35	31	26
<i>B</i>	0,500	0,613	0,558
<i>C</i>	0,500	0,387	0,442

на певний рівень подібності їх генетичної структури. Однак корови української червоно-рябої молочної породи кардинально відрізнялися від корів двох інших порід української селекції за локусом *HB*. Алель *B* у їхньому генотипі був відсутній, а на алель *A* припало 100%. Ймовірно, це пов'язано з індивідуальними особливостями їх генотипу.

Оскільки вчені поки що не виявили тісного взаємозв'язку між генами поліморфних ознак і продуктивністю, ми зробили спробу простежити взаємозв'язок поліморфізму біохімічних систем з господарсько корисними ознаками з метою подальшого моделювання генотипів найбільш продуктивних груп. Проведені дослідження асоціацій між показниками продуктивності і різними генотипами за генетико-біохімічними системами дали змогу встановити відмінність взаємозв'язку окремих генотипів та продуктивних ознак селекції худоби — надій, вміст жиру та білка в молоці залежно від породної належності корів (табл. 2–6).

Аналізуючи показники мінливості ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічною системою — *pTF*, чіткого впливу генотипу за локусом посттрансферину на надій та вміст і кількість жиру в молоці за I, II, III та вищу лактації у корів дослідних груп не виявили (табл. 2). Водночас встановлено вірогідний вплив породи на показники вмісту білка в молоці ( $P < 0,005$ ), що підтверджують і результати дисперсійного аналізу (табл. 3). Крім того, встановлено також вірогідний вплив генотипу досліджуваних порід за вмістом білка в молоці ( $P < 0,005$ ) та кількістю молочного білка ( $P < 0,05$ ). Корови української червоної молочної породи вірогідно перевищували ровесниць за вмістом білка за показниками першої, другої, третьої та вищої лактації (рис. 1).

□ середні значення / mean      □ середні значення ± стандартна похибка / mean ± SE      I середні значення ± 1,96\*стандартна похибка / mean ± 1.96\*SE

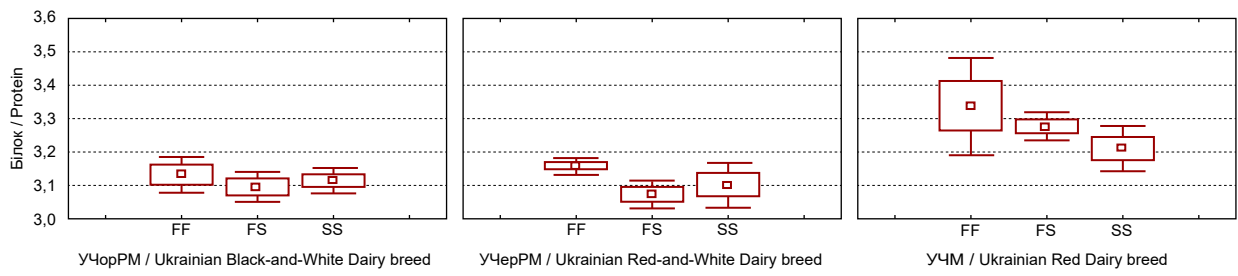


Рис. 1. Вміст білка в молоці корів різних генотипів за локусом *pTF*  
 Fig. 1. Protein content in milk from cows of different genotypes by *pTF* locus

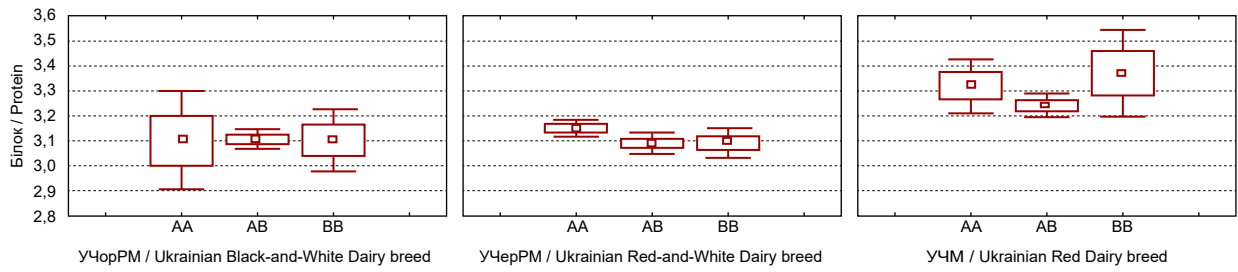


Рис. 2. Вміст білка в молоці корів різних генотипів за локусом *CP*  
 Fig. 2. Protein content in milk from cows of different genotypes by *CP* locus

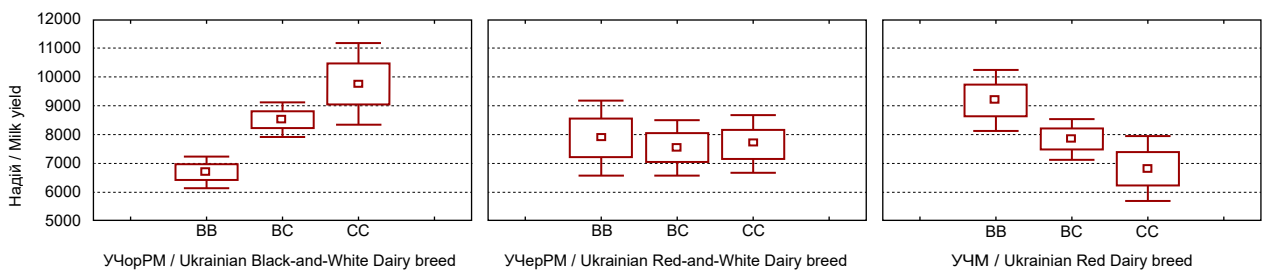


Рис. 3. Надій корів різних генотипів за локусом *Am1*  
 Fig. 3. Milk yield from cows of different genotypes by *Am1* locus

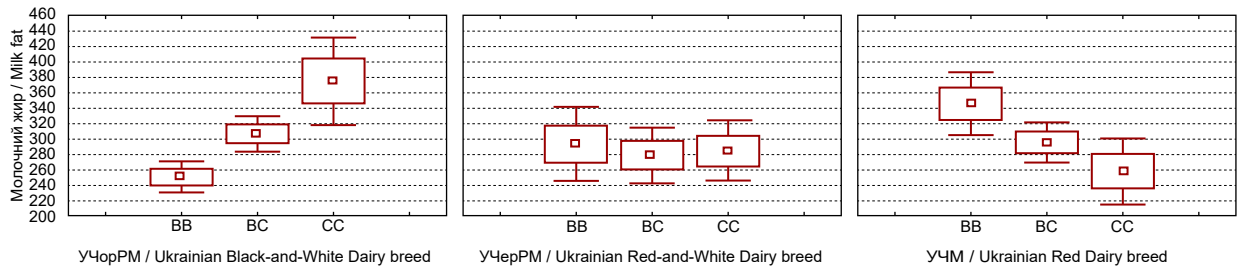


Рис. 4. Кількість молочного жиру корів різних генотипів за локусом *Am1*  
 Fig. 4. Milk fat content in cows of different genotypes by *Am1* locus

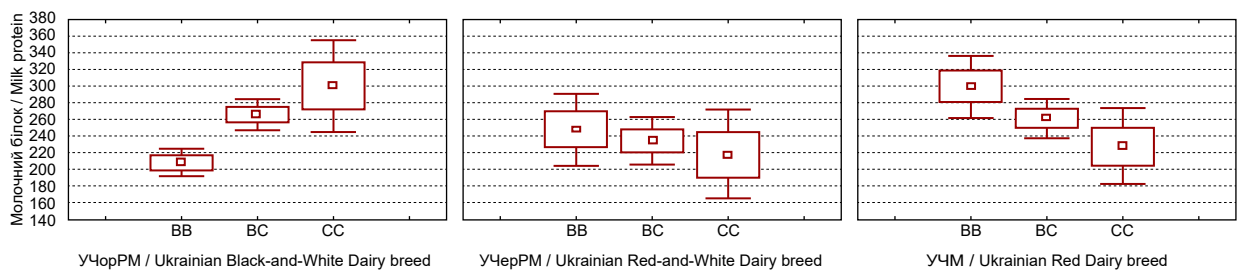


Рис. 5. Кількість молочного білка корів різних генотипів за локусом *Am1*  
 Fig. 5. Milk protein content in cows of different genotypes by *Am1* locus

При цьому тварини з гомозиготним генотипом *FF* серед всіх трьох досліджуваних груп УЧМ, УЧорРМ та УЧерРМ мали стабільно вищий показник вмісту білка в молоці і його кількості з вірогідною перевагою над коровами з генотипом *FS* і *SS*. Ми здійснили пошук взаємозв'язку між рецептором до вітаміну D (кальцитріолу) (*GC*) та ознаками молочної продуктивності залежно від породи корів (табл. 4). Вірогідну різницю за продуктивними якостями всіх досліджуваних порід корів залежно від алельного стану *GC* не виявлено, оскільки в розрізі як лактацій, так і породної належності спостерігали стрибкоподібну динаміку на користь того чи іншого генотипу за тією чи іншою ознакою. Але водночас встановлено таку особливість, що більшості піддослідних тварин була притаманна наявність алеля *A* в генотипі, а частота алеля *B* була незначною, що відобразилося на генетичній структурі порід за рецептором до вітаміну D.

Тобто гомозиготні за алелем *A* (*AA*) тварини траплялися серед всіх досліджуваних порід, гетерозиготи (*AB*) були притаманними лише для УЧМ та УЧорРМ. Характерним виявилось те, що гомозиготних тварин за алелем *B* серед всіх досліджуваних порід не виявлено. Тож в наших дослідженнях впливу стану гомо- чи гетерозиготності генотипу за локусом *GC* на ознаки молочної продуктивності (надій, вміст та кількість жиру і білка в молоці) не виявлено. Водночас простежили більшу частку серед всіх досліджуваних порід корів, які були носіями алеля *A* у варіаціях або *AA* або *AB*.

Проведений аналіз впливу транспортного білка крові гемоглобіну на ознаки молочної продуктивності корів довів, що суттєву різницю за продуктивними якостями у корів всіх трьох порід залежно від типів *Hb* встановити неможливо (табл. 5). Проте ми виявили особливість, що більшість досліджуваних тварин були гомозиготними за алелем *AA*. При цьому серед корів української червоно-рябої молочної породи були відсутні тварини-носії гетерозиготного генотипу *AB*, а гомозиготний генотип (*BB*) за алелем *B* зовсім не прослідковувався серед всіх трьох досліджуваних порід.

Якщо говорити про вплив генотипу на ознаки молочної продуктивності корів, то тут варто зауважити, що здебільшого корови, які є носіями гомозиготного генотипу *AA*, мали кращі показники продуктивності за надоем та вмістом жиру в молоці незалежно від породи. Оскільки виявлена перевага не була вірогідною, можна лише припускати про вплив білка гемоглобіну на молочну продуктивність корів.

Аналізуючи показники мінливості ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами *CP*, було встановлено певну залежність надою від стану гомо- чи гетерозиготного локусу церулоплазміну. Так коровам УЧерРМ, які мали гомозиготний генотип *AA*, була притаманна вища молочна продуктивність за надоем та кількістю молочного жиру. Аналогічну тенденцію простежували

і серед корів іншої породи — УЧорРМ, де гомозиготні корови *AA* мали вищий надій та кількість молочно-го жиру за більшістю лактацій. Проте ця перевага не мала вірогідного характеру. Водночас встановлено вірогідний вплив породи на показники надою ( $P < 0,005$ ), кількість молочного жиру ( $P < 0,005$ ), вміст молочного жиру ( $P < 0,05$ ) та вмісту білка ( $P < 0,005$ ), що підтверджено дисперсійним аналізом (табл. 7). Дві породи УЧерРМ та УЧорРМ мали вищі значення цих господарсько цінних ознак.

Також встановлено генотипу в дослідних породах за вмістом білка (табл. 6). Корови порід УЧМ та УЧорРМ, які були носіями гомозиготних генотипів *AA* та *BB*, мали кращий прояв вмісту білка в молоці (рис. 2), ніж їхні гетерозиготні аналоги.

Корови породи УЧерРМ дещо відрізнялися за цією ознакою, у них вплив генотипу локусу церулоплазміну був не настільки вираженим. Але серед цих корів кращими за вмістом білка у молоці виявилися гомозиготні генотипи *AA*.

Аналізуючи показники мінливості ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічною системою амілази (табл. 8), встановили вищу молочну продуктивність за надоем серед УЧМ та УЧерРМ у корів, які є носіями генотипів *BB* або *BC*, водночас корови УЧорРМ з гомозиготним генотипом *CC* характеризувались вищими надоями ( $P < 0,005$ ) (рис. 3).

Дисперсійним аналізом встановлено вірогідний вплив породи на рівень надою ( $P < 0,01$ ) та вплив генотипу та кількість молочного білка у тварин ( $P < 0,005$ ) (табл. 8–9). Корови української червоної молочної та української чорно-рябої молочних порід, які були носіями гомозиготного генотипу *CC*, характеризувались вищим вмістом жиру в молоці.

Гомозиготні корови української червоно-рябої молочної породи за алелем *B* мали вищі показники молочного жиру, а за алелем *C* — дещо нижчі порівняно з гетерозиготними тваринами за алелями *BC*.

В ході досліджень було встановлено і вірогідний вплив генотипу за локусом амілази на кількість молочного білка ( $P < 0,005$ ) (рис. 5).

Корови української чорно-рябої молочної породи, які були носіями гомозиготного генотипу *CC*, характеризувались вищим показником молочного білка. Серед корів української червоної молочної породи спостерігали зворотну динаміку, корови-носії генотипу *CC* характеризувались нижчим показником молочного білка, ніж корови гомозиготи *BB*.

Корови української червоної молочної та української чорно-рябої молочних порід, які були носіями гомозиготного генотипу *CC*, характеризувались вищим вмістом жиру в молоці.

Гомозиготні корови української червоно-рябої молочної породи за алелем *B* мали вищі значення кількості молочного жиру у молоці, а за алелем *C* — нижчі порівняно з гетерозиготними тваринами за алелями *BC*.

**Таблиця 2.** Показники мінливості ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами крові — *pTF*

Ознака, показник	Генотип ( $X \pm S_x$ )								
	FF			FS			SS		
	УЧМ	УЧерРМ	УЧорРМ	УЧМ	УЧерРМ	УЧорРМ	УЧМ	УЧерРМ	УЧорРМ
<i>1-а лактація</i>	n=11	n=9	n=9	n=18	n=10	n=21	n=6	n=7	n=1
Надій, кг	5632,10±1197,72	6081,88±1274,16	6638,56±947,16*	5741,71±1066,90	5105,90±1163,68	6504,25±788,13	5466,25±1028,38	5612,00±1244,00	6589,92±914,74
Жир, %	3,81±0,10	3,68±0,22	3,86±0,05*	3,87±0,10	3,70±0,10	3,82±0,07	3,86±0,15	3,75±0,13	3,81±0,08
Молочний жир, кг	215,84±49,70	231,26±48,74	255,91±36,52*	222,53±41,85	189,54±46,43	248,02±29,55	211,72±41,97	209,66±44,73	251,24±35,23
Білок, %	3,32±0,13*	3,15±0,04	3,17±0,09**	3,33±0,07*	3,12±0,07	3,10±0,10	3,28±0,13*	3,15±0,03	3,13±0,09
Молочний білок, кг	186,40±36,02	191,50±39,97	210,40±31,65	191,86±37,24	159,15±35,35	201,71±24,20	180,75±41,28	177,20±40,10	206,60±30,37
<i>2-а лактація</i>	n=11	n=9	n=9	n=18	n=10	n=21	n=6	n=7	n=1
Надій, кг	6360,40±1410,40	6813,40±1897,12	6948,00±1201,25	6501,14±1256,73	6187,75±1984,75	6950,29±911,84	6530,75±1404,75	7667,20±1749,44	7207,10±1172,39
Жир, %	3,69±0,09	3,67±0,07	3,80±0,08	3,71±0,14	3,77±0,06	3,80±0,11	3,79±0,09	3,73±0,07	3,75±0,13
Молочний жир, кг	233,55±47,06	247,87±66,53	263,95±43,16	240,63±41,97	232,80±72,79	263,31±33,86	246,13±48,21	284,97±59,82	269,53±41,82
Білок, %	3,31±0,14*	3,10±0,06	3,15±0,08	3,24±0,16*	3,11±0,08	3,10±0,09	3,25±0,13*	3,13±0,04	3,13±0,09
Молочний білок, кг	210,42±41,45	211,99±59,09	218,64±36,90	211,35±44,89	191,69±60,00	214,94±26,56	212,69±47,89	240,71±56,48	225,07±35,84
<i>3-я лактація</i>	n=11	n=9	n=9	n=18	n=10	n=21	n=6	n=7	n=1
Надій, кг	7573,38±1565,38	4871,00	8348,00±1901,50	7617,08±1748,74	6130,00±499,00	6594,27±1280,79	7442,75±1780,75	6356,75±2027,88	7661,73±1758,61
Жир, %	3,84±0,07	3,95*	3,68±0,11	3,72±0,12	3,82±0,14*	3,73±0,12	3,73±0,12	3,97±0,08*	3,78±0,10
Молочний жир, кг	290,05±59,66	192,40	308,22±74,32	283,32±63,20	234,95±25,57	246,94±52,13	277,41±64,21	250,74±78,08	290,89±72,60
Білок, %	3,34±0,15***	3,10	3,12±0,07	3,26±0,09*	3,08±0,08	3,10±0,07	3,18±0,04*	3,11±0,02	3,15±0,07
Молочний білок, кг	254,20±57,86**	151,00	259,56±57,94**	249,19±58,65	188,74±17,37	203,41±36,46	237,41±59,05	197,35±62,43	240,39±52,00
<i>Вища лактація</i>	n=11	n=9	n=9	n=18	n=10	n=21	n=6	n=7	n=1
Надій, кг	7889,50±1403,50	7468,89±840,32	8538,56±1624,27	7906,71±1119,65	7636,10±1108,32	7671,50±1008,15	8088,50±1430,75	8782,17±1624,17	8027,63±1362,88
Жир, %	3,81±0,08	3,67±0,07	3,70±0,12	3,73±0,10	3,73±0,08	3,73±0,10	3,72±0,11	3,70±0,09	3,72±0,10
Молочний жир, кг	299,89±49,99	274,13±30,24	315,77±60,71	294,56±39,37	284,95±39,25	279,62±33,84	302,29±60,71	324,89±59,87	293,36±50,18
Білок, %	3,34±0,17*	3,14±0,03	3,13±0,07	3,28±0,05*	3,07±0,07	3,09±0,09	3,21±0,06*	3,10±0,07	3,11±0,08
Молочний білок, кг	263,38±49,97	235,55±27,02	266,99±52,04	259,55±39,43	234,45±36,03	237,19±31,67	260,62±49,82	272,06±47,92	250,23±44,47

Примітка. \* —  $P < 0,005$ ; \*\* —  $P < 0,05$ ; \*\*\* —  $P < 0,001$ .

**Таблиця 3.** Дисперсійний аналіз ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами крові — *pTF*

Показник продуктивності	Надій, кг		Вміст жиру в молоці, %		Кількість молочного жиру, кг		Вміст білка в молоці, %		Кількість молочного білка, кг	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Джерело мінливості										
Генотип (А)	0,729942	0,484565	0,313053	0,731947	0,612525	0,544064	6,08324	0,003244	0,594364	0,553911
Порода (В)	0,018994	0,981189	1,456360	0,238134	0,163098	0,849740	25,20054	—	0,947152	0,391401
А×В	0,950725	0,438258	0,867515	0,486398	1,094670	0,363619	0,65087	0,627631	0,822189	0,514128

Таблиця 4. Показники мінливості ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами крові — GC

Ознака, показник	Генотип ( $X \pm S_x$ )								
	AA			AB			BB		
	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM
<b>1-а лактація</b>	n=8	n=7	n=10	n=22	n=19	n=18	n=5	—	n=3
Надій, кг	5493,43±1051,63	5204,14±1546,49	6516,90±800,68	5655,89±1248,77	5703,35±1212,96	6461,24±626,16	5412,60±787,92	—	7138,00±2070,67
Жир, %	3,82±0,10	3,79±0,08	3,82±0,05	3,85±0,12	3,67±0,17	3,84±0,07	3,84±0,10	—	3,82±0,10
Молочний жир, кг	210,35±42,48	197,07±57,96	249,36±31,92	218,47±49,68	213,18±47,31	247,99±24,42	208,55±35,61	—	270,03±69,94
Білок, %	3,33±0,11	3,14±0,05	3,17±0,07	3,29±0,11	3,13±0,05	3,08±0,10	3,37±0,09	—	3,23±0,04
Молочний білок, кг	183,72±38,77	163,50±47,63	206,47±25,42	186,84±41,99	178,95±39,60	199,01±20,04	181,80±24,61	—	230,23±65,05
<b>2-а лактація</b>	n=8	n=7	n=10	n=22	n=19	n=18	n=5	—	n=3
Надій, кг	6471,71±1442,24	5887,40±1565,12	8023,71±951,47	6577,44±1352,16	7112,92±1981,92	6639,47±979,86	5647,60±618,32	—	5940,50±417,50
Жир, %	3,76±0,15	3,70±0,07	3,82±0,14	3,70±0,13	3,74±0,08	3,78±0,10	3,77±0,07	—	3,83±0,03
Молочний жир, кг	243,46±50,84	216,73±54,11	305,67±30,25	241,84±43,28	264,84±69,34	250,25±34,67	213,12±27,44	—	227,37±18,05
Білок, %	3,29±0,10	3,15±0,06	3,16±0,07	3,28±0,11	3,10±0,05	3,09±0,10	3,16±0,36	—	3,20±0,00
Молочний білок, кг	212,13±43,50	185,31±49,47	253,50±26,70	216,14±44,46	220,81±62,31	204,62±26,68	179,00±32,79	—	190,10±13,36
<b>3-я лактація</b>	n=8	n=7	n=10	n=22	n=19	n=18	n=5	—	n=3
Надій, кг	6932,83±1591,83	6797,50±626,50	6739,40±2033,68	7785,88±1759,52	5942,56±1296,72	7916,67±1448,72	7093,33±745,78	—	7104,00±503,00
Жир, %	3,68±0,12	3,95±0,01	3,69±0,15	3,77±0,09	3,88±0,13	3,72±0,11	3,82±0,13	—	3,70±0,06
Молочний жир, кг	254,90±56,48	268,44±24,07	249,68±77,52	293,51±67,97	229,80±51,97	295,04±57,05	270,06±18,69	—	263,15±22,87
Білок, %	3,23±0,10	3,10±0,10	3,13±0,06	3,25±0,11	3,09±0,04	3,10±0,08	3,39±0,08	—	3,15±0,05
Молочний білок, кг	225,11±54,45	211,35±26,22	209,49±58,56	254,44±63,82	183,35±39,78	245,37±44,97	240,07±19,52	—	223,52±12,29
<b>Вища лактація</b>	n=8	n=7	n=10	n=22	n=19	n=18	n=5	—	n=3
Надій, кг	7919,71±416,33	7755,14±937,02	7766,40±1306,40	8239,44±1520,88	7888,22±1316,69	8212,59±1173,02	6744,60±974,72	—	8150,67±1395,56
Жир, %	3,71±0,11	3,72±0,07	3,71±0,12	3,76±0,09	3,70±0,09	3,71±0,10	3,82±0,09	—	3,69±0,05
Молочний жир, кг	293,75±12,62	288,56±34,39	287,20±43,01	309,47±58,17	291,45±46,73	297,76±45,40	257,11±33,28	—	300,43±49,71
Білок, %	3,26±0,07	3,10±0,06	3,16±0,06	3,28±0,12	3,10±0,07	3,05±0,07	3,32±0,05	—	3,17±0,04
Молочний білок, кг	258,13±18,77	240,00±27,82	244,85±40,00	270,41±52,93	245,95±41,45	250,92±37,86	224,11±35,56	—	258,29±46,35

Таблиця 5. Показники мінливості ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами крові — HB

Ознака, показник	Генотип ( $X \pm S_x$ )								
	AA			AB			BB		
	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM
<b>1-а лактація</b>	n=32	n=28	n=30	n=3	—	n=1	—	—	—
Надій, кг	5732,81±1104,84	5481,44±1298,69	6507,27±851,92	4333,00±160,00	—	6055,00±0,0	—	—	—
Жир, %	3,86±0,10	3,70±0,15	3,83±0,07	3,65±0,08	—	3,84±0,0	—	—	—
Молочний жир, кг	221,89±44,16	205,41±50,32	248,95±32,60	157,82±2,58	—	232,51±0,0	—	—	—
Білок, %	3,32±0,10	3,13±0,06	3,12±0,10	3,48±0,02	—	3,00±0,0	—	—	—
Молочний білок, кг	190,40±37,73	171,72±41,09	203,41±27,07	150,61±6,64	—	181,65±0,0	—	—	—
<b>2-а лактація</b>	n=32	n=28	n=30	n=3	—	n=1	—	—	—
Надій, кг	6483,59±1351,28	6666,70±1782,40	6960,08±1053,47	5453,50±435,50	—	6123,00±0,0	—	—	—
Жир, %	3,72±0,13	3,74±0,08	3,79±0,12	3,78±0,03	—	3,85±0,0	—	—	—
Молочний жир, кг	240,15±45,26	247,99±63,03	262,96±38,29	206,02±18,35	—	235,74±0,0	—	—	—
Білок, %	3,25±0,13	3,11±0,06	3,12±0,10	3,50±0,05	—	3,00±0,0	—	—	—
Молочний білок, кг	211,45±45,46	207,27±55,80	216,72±31,01	191,09±17,97	—	183,69±0,0	—	—	—



3-я лактація	n=32	n=28	n=30	n=3	—	n=1	—	—	—
Надій, кг	7538,78±1788,14	5998,85±1180,34	7482,00±1634,67	7299,00±486,00	—	8229,00±0,0	—	—	—
Жир, %	3,74±0,12	3,87±0,12	3,72±0,11	3,88±0,01	—	3,53±0,0	—	—	—
Молочний жир, кг	281,94±66,36	231,91±46,75	279,15±64,17	283,15±18,13	—	290,48±0,0	—	—	—
Білок, %	3,24±0,08	3,08±0,05	3,12±0,08	3,65±0,20	—	3,00±0,0	—	—	—
Молочний білок, кг	245,40±60,55	184,96±36,06	232,89±49,52	267,39±32,34	—	246,87±0,0	—	—	—
Вища лактація	n=32	n=28	n=30	n=3	—	n=1	—	—	—
Надій, кг	7927,00±1307,70	7821,65±1189,45	7988,93±1295,27	7749,50±35,50	—	8229,00±0,0	—	—	—
Жир, %	3,75±0,10	3,70±0,08	3,71±0,10	3,88±0,00	—	3,53±0,0	—	—	—
Молочний жир, кг	297,13±47,94	289,32±42,60	292,29±46,18	300,29±0,99	—	290,48±0,0	—	—	—
Білок, %	3,26±0,07	3,09±0,07	3,10±0,09	3,65±0,20	—	3,00±0,0	—	—	—
Молочний білок, кг	258,92±45,01	242,56±37,53	247,57±40,89	282,93±16,79	—	246,87±0,0	—	—	—

Таблиця 6. Показники мінливості ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами крові — CP

Ознака, показник	Генотип (X±S <sub>x</sub> )								
	AA			AB			BB		
	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM
<b>1-а лактація</b>	n=9	n=5	n=2	n=17	n=14	n=24	n=8	n=7	n=5
Надій, кг	5656,29±1144,90	6001,80±1057,92	7283,00±271,00**	5630,07±1108,47	5598,85±1304,73	6400,17±685,31**	5629,57±1100,94	5228,00±1202,86	6819,60±1294,32**
Жир, %	3,90±0,10*	3,62±0,31	3,77±0,07	3,83±0,09	3,71±0,12	3,83±0,07	3,84±0,12	3,79±0,10	3,88±0,02
Молочний жир, кг	221,07±46,98	229,44±41,53	274,38±5,12***	216,02±43,78	207,83±50,00	244,90±26,08***	216,98±46,18	198,37±47,21	264,46±49,57***
Білок, %	3,36±0,11	3,16±0,02	3,10±0,10	3,30±0,10	3,14±0,04	3,12±0,10	3,35±0,11	3,11±0,08	3,17±0,14
Молочний білок, кг	190,51±39,66	189,67±33,79	226,04±15,68*	186,39±38,44	176,02±41,27	199,97±22,25*	187,50±33,90	162,74±38,46	215,98±38,51*
<b>2-а лактація</b>	n=9	n=5	n=2	n=17	n=14	n=24	n=8	n=7	n=5
Надій, кг	5827,71±664,73	8082,67±200,89	6361,00±1639,00	6571,27±1545,35	6703,90±1874,28	7168,70±856,27	6657,29±1098,24	6441,17±2106,78	6059,80±1519,76
Жир, %	3,82±0,05	3,61±0,05	3,69±0,06	3,65±0,14	3,75±0,08	3,79±0,10	3,77±0,11	3,73±0,08	3,81±0,16
Молочний жир, кг	222,58±26,01	292,05±6,64****	233,74±56,66	239,30±52,11	250,07±66,44	271,89±31,71	249,78±37,15	239,13±76,69	228,76±52,89
Білок, %	3,21±0,29*	3,13±0,02	3,10±0,10	3,27±0,08*	3,13±0,06	3,11±0,10	3,33±0,12*	3,08±0,08	3,20±0,08
Молочний білок, кг	187,23±33,25	253,27±7,22	195,55±44,45	215,82±51,48	209,12±57,28	222,64±25,80	220,50±29,09	199,16±67,15	194,01±45,79
<b>3-я лактація</b>	n=9	n=5	n=2	n=17	n=14	n=24	n=8	n=7	n=5
Надій, кг	6609,50±990,33	7378,20±845,36	9523,00±1523,00	8087,85±2211,55	6786,71±972,33	7494,50±1606,43	7198,50±694,50	4892,75±1306,75	6579,60±591,52
Жир, %	3,69±0,12	3,69±0,09	3,77±0,14	3,79±0,08	3,87±0,10**	3,69±0,11	3,73±0,15	3,93±0,12**	3,73±0,07
Молочний жир, кг	242,33±28,99	271,32±24,80****	361,50±70,50	306,58±82,75	263,50±41,97	277,37±62,32	268,58±22,63	190,13±47,78	244,83±19,33
Білок, %	3,25±0,10***	3,15±0,02	3,10±0,10	3,24±0,09***	3,11±0,04	3,10±0,08	3,37±0,19***	3,06±0,06	3,20±0,08
Молочний білок, кг	214,95±33,53	232,22±25,25	296,74±56,74****	263,89±75,39	211,05±31,50	231,35±47,19	243,12±27,61	148,86±38,19	210,87±21,68
<b>Вища лактація</b>	n=9	n=5	n=2	n=17	n=14	n=24	n=8	n=7	n=5
Надій, кг	7144,57±1014,20	7378,20±845,36	9523,00±1523,00	8275,60±1791,31	8185,50±1480,29	7836,46±1137,33	7911,71±393,88	7545,00±768,00	8114,20±1701,76
Жир, %	3,70±0,13	3,69±0,09	3,77±0,14	3,78±0,05	3,70±0,09	3,71±0,10	3,77±0,14	3,69±0,06	3,69±0,08
Молочний жир, кг	264,12±34,06	271,32±24,80	361,50±70,50	312,76±66,73	303,19±54,50	290,25±40,19	297,56±9,17	278,54±30,16	274,06±51,16
Білок, %	3,32±0,11	3,15±0,02	3,10±0,10	3,24±0,08	3,09±0,07	3,11±0,08	3,37±0,16	3,09±0,06	3,10±0,12
Молочний білок, кг	237,06±32,78	232,22±25,25	296,74±56,74	268,94±60,98	252,58±43,74	243,30±35,31	266,15±18,67	235,47±28,31	250,60±49,64

Примітка. Тут і далі \* — P&lt;0,005; \*\* — P&lt;0,05; \*\*\* — P&lt;0,01, \*\*\*\* — P&lt;0,095.

Таблиця 7. Дисперсійний аналіз ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами крові — CP

Показник продуктивності	Надій, кг		Вміст жиру в молоці, %		Кількість молочного жиру, кг		Вміст білка в молоці, %		Кількість молочного білка, кг		
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	
Джерело мінливості											
Генотип (A)	0,551234	0,578525	0,150015	0,860949	0,869023	0,423486	4,16899	0,019144	0,180175	0,835479	
Порода (B)	0,006918	0,993106	2,530521	0,086308	0,233371	0,792425	22,01808	—	0,904240	0,409160	
A×B	1,208821	0,314072	0,547701	0,701229	1,562737	0,192878	1,07564	0,374544	1,067614	0,378478	

Таблиця 8. Показники мінливості ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами крові — Am1

Ознака, показник	Генотип (X±S <sub>x</sub> )								
	BB			BC			CC		
	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM	УЧМ	УЧерPM	УЧорPM
<b>1-а лактація</b>	n=6	n=9	n=10	n=23	n=11	n=18	n=6	n=6	n=13
Надій, кг	6521,17±1126,50*	6294,00±1149,43	6061,70±565,18***	5548,28±1047,75	5570,11±1085,46	6808,88±935,27***	4824,83±681,44	4280,67±598,89	6685,33±581,56***
Жир, %	3,91±0,07***	3,75±0,11	3,83±0,06	3,82±0,12	3,65±0,23	3,85±0,04	3,83±0,12***	3,74±0,09	3,70±0,11
Молочний жир, кг	255,41±46,47	235,20±40,44	232,35±23,15	212,46±42,18	210,59±45,51	262,09±35,79*	185,05±27,97	159,97±22,62	246,82±21,79*
Білок, %	3,27±0,07	3,14±0,06	3,11±0,09	3,34±0,12	3,15±0,03	3,12±0,10	3,36±0,08	3,13±0,06	3,17±0,11
Молочний білок, кг	213,22±35,91*	197,76±37,66*	188,31±16,07*	185,95±36,00	175,68±33,99	213,00±32,30*	162,13±24,51	133,72±18,69	211,41±20,21*
<b>2-а лактація</b>	n=6	n=9	n=10	n=23	n=11	n=18	n=6	n=6	n=13
Надій, кг	7749,83±742,11	8441,50±2168,50	6515,86±1206,73	6372,00±1235,67	6441,86±1908,16	7347,88±938,61	5109,67±843,67	6273,17±1292,06	5913,67±1127,56
Жир, %	3,57±0,14	3,74±0,05	3,76±0,12****	3,76±0,08	3,70±0,10	3,80±0,11****	3,78±0,12	3,74±0,07	3,85±0,07****
Молочний жир, кг	276,85±31,54	314,97±79,39	243,50±42,09	238,63±42,21	236,76±64,69	278,75±33,32	194,00±36,06	233,72±47,24	228,09±43,14
Білок, %	3,24±0,07*	3,11±0,06	3,10±0,09	3,27±0,17*	3,13±0,07	3,12±0,09	3,34±0,09*	3,09±0,06	3,17±0,11
Молочний білок, кг	250,72±24,56	263,70±73,43	201,31±32,49	209,29±42,46	200,88±58,56	229,14±30,07	171,47±32,99	194,75±40,95	185,97±28,12
<b>3-я лактація</b>	n=6	n=9	n=10	n=23	n=11	n=18	n=6	n=6	n=13
Надій, кг	8701,50±1331,83	6211,00±17,00	5975,50±312,75	7528,57±1737,86	6661,25±913,25	7613,08±1557,92	6361,00±1091,67	4879,25±1293,25	9215,33±1220,44
Жир, %	3,80±0,08	3,82±0,14	3,70±0,10	3,78±0,11	3,82±0,14	3,68±0,10	3,66±0,07	3,97±0,07*	3,83±0,12
Молочний жир, кг	330,33±52,10	236,93±7,74	221,22±11,56	283,65±61,12	255,51±39,07	280,63±58,87	233,19±44,33	192,56±49,08	354,22±51,79
Білок, %	3,26±0,06*	3,05±0,05	3,15±0,10	3,31±0,13*	3,11±0,06	3,10±0,06	3,31±0,18	3,09±0,04	3,13±0,11
Молочний білок, кг	284,31±48,44****	189,43±2,59	188,48±15,50	249,87±60,03	207,48±31,04	235,04±46,47	212,44±48,07	150,18±38,85	288,17±36,17****
<b>Вища лактація</b>	n=6	n=9	n=10	n=23	n=11	n=18	n=6	n=6	n=13
Надій, кг	9177,83±1086,56	7910,50±1431,38	6724,40±724,60	7850,61±1088,17	7561,44±1141,60	8540,24±1009,43	6822,50±1109,00	7710,50±855,33	9767,33±852,44
Жир, %	3,77±0,11	3,73±0,06	3,73±0,09	3,76±0,09	3,69±0,11	3,67±0,09	3,77±0,09	3,71±0,07	3,84±0,12
Молочний жир, кг	345,99±40,88	294,39±51,63	250,40±26,79	294,65±39,53	279,19±39,29	306,30±37,72	257,46±44,11	285,96±33,65	374,72±38,19
Білок, %	3,26±0,07	3,13±0,07	3,10±0,08	3,32±0,11	3,100,06	3,10±0,09	3,31±0,18	3,09±0,07	3,07±0,09
Молочний білок, кг	299,30±37,32	247,68±46,65	208,14±20,80	261,00±38,92	233,86±33,65	265,08±33,78	227,07±45,34	241,10±27,67	300,38±35,39

Таблиця 9. Дисперсійний аналіз ознак молочної продуктивності корів різних генотипів за генетико-біохімічними системами крові — Am1

Показник продуктивності	Надій, кг		Вміст жиру в молоці, %		Кількість молочного жиру, кг		Вміст білку в молоці, %		Кількість молочного білка, кг	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Джерело мінливості										
Генотип (A)	0,516148	0,598948	1,073347	0,347124	0,144311	0,865861	2,420657	0,095870	1,090686	0,341325
Порода (B)	0,284547	0,753174	2,724717	0,072146	0,259136	0,772416	0,956545	0,388917	1,690178	0,191530
A×B	5,892911	0,000358	0,888039	0,475461	6,019751	0,000300	1,706342	0,157645	4,690157	0,001985

Встановлено, вплив породної належності корів на їх генетичну структуру за генетико-біохімічними системами *pTf*, *GC*, *HB*, *CP* та *Am-1*. За локусами посттрансферину та амілази простежувалася подібність між коровами порід УЧМ та УЧерРМ, водночас за локусами церулоплазміну та рецептору до вітаміну D встановлена схожість між УЧорРМ та УЧерРМ. Локус гемоглобіну виявився достатньо подібним за розподілом алелей у корів порід УЧМ та УЧорРМ.

Також встановлено вплив посттрансферину на показники вмісту білка та кількість білка в молоці всіх трьох досліджуваних груп. Корови з гомозиготним генотипом *FF* мали вищий показник вмісту білка в молоці та його кількості з вірогідною перевагою над коровами з генотипом *FS* і *SS*.

Крім того, встановлено вірогідний вплив церулоплазміну на показники вмісту жиру та білка в молоці залежно від породи корів. Гомозиготним коровам порід УЧМ та УЧорРМ за алелями *A* та *B* був притаманний вищий вміст жиру в молоці. А для гомозиготних за алелем *B* корів породи УЧерРМ характерним був вищий вміст білка в молоці. Щодо локусу амілази, встановлено чіткий вплив генотипу на прояв надою, молочного жиру та кількості білка в молоці: здебільшого ці ознаки, незалежно від породи корів, були значно вищими у представниць-носіїв гомозиготних генотипів *SS*.

Таким чином, використання окремих локусів за поліморфними системами білків крові у відборі та підборі тварин сприятиме підвищенню ефективності племінної роботи з худобою. А тому в подальшій племінній роботі з вітчизняними породами варто враховувати різноманітність алелофонду за поліморфними системами білків, що особливо важливо в умовах південного степу України — виявляти найбільш адаптованих тварин з достатньою високою молочною продуктивністю.

## Джерела

- Abbas Z, Hu L, Fang H, Sammad A, Kang L, Brito LF, Xu Q, Wang Y. Association analysis of polymorphisms in the 5' flanking region of the HSP70 gene with blood biochemical parameters of lactating Holstein cows under heat and cold stress. *Animals*. 2020; 10 (11): 2016. DOI: 10.3390/ani10112016.
- Alexander G, Juvancz Z, Szejtli J. Cyclodextrins and their derivatives as stationary phases in GC capillary columns. *J High Res Chromatogr*. 1988; 11 (1): 110–113. DOI: 10.1002/jhrc.1240110128.
- Arora R, Bhatia S. Genetic structure of Muzzafamagri sheep based on microsatellite analysis. *Small Rum Res*. 2004; 54 (3): 227–230. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2003.11.015.
- Bodnaruk V, Shchebatyj Z, Muzyka L, Zhmur A, Orikhivskiy T. Genofond of some breed of cattle. *Sci Mess LNUVMBT Ser Agricult sci*. 2017; 19 (74): 131–134. DOI: 10.15421/nvlvet7429. (in Ukrainian)
- Bogatova OV, Dogaryova NG. *Chemistry and Physics of Milk*. A textbook. Orenburg, State Educational Institution OSU, 2004: 137 p.
- Chernenko O, Gubarenko N. Influence of genotypes for GH and RIT-1 genes on milk yield of Holstein cows. *Anim Husb Ukraine*. 2014; 11: 31–35.
- Eidrigovich EV, Raevskaya VV. *Interior of Farm Animals*. Moscow, Kolos, 1978: 225 p.
- Fedota O, Puzik N, Skrypina I, Babalyan V, Mitiohlo L, Ruban S, Belyaev S, Borshch OO, Borshch OV. Single nucleotide polymorphism C994g of the cytochrome P450 gene possess pleiotropic effects in *Bos taurus*, L. *Acta Biol Szegediensis*. 2022; 66 (1): 7–15. DOI: 10.14232/abs.2022.1.7-15.
- GenAIEx 6.5 website. Available at: <http://biology-assets.anu.edu.au/GenAIEx/Download.html>
- Gorbatova KK. *Biochemistry of Milk and Dairy Products*. Moscow, 1984:118–140 p.
- Gritsenko Y, Gill M, Karatieieva O. Connection between gene markers with milk production traits of Ukrainian dairy cows. *Online J Anim Feed Res*. 2022; 12 (5): 302–313. DOI: 10.51227/ojaf.2022.41.
- Gritsenko YV, Gill MI, Kosenko MS. Polymorphism of genetic and biochemical systems of modern Ukrainian breeds of dairy cattle in the direction of productivity. *Herald Agr Sci Black Sea Region*. 2019; 4: 71–79. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)-8.
- Gritsnyak II, Nagomyuk TA, Tarasyuk SI. Genetic structure of breeds and breed groups of carp according to separate genetic and biochemical systems. *Fish Sci Ukraine*. 2008; 1 (3): 29–33. Available at: <https://fsu.ua/index.php/uk/2008/1-2008-3/2008-01-029-033> (in Ukrainian)
- Harris H, Hopkinson DA. Handbook of enzyme electrophoresis in human genetics. *Am J Hum Genet*. 1977; 29 (1): 115. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1685231>
- Kohut MI. Blood proteins and their relationship with milk productivity in cows of different exterior types. *Anim Breed Genet*. 2011; 45: 94–100.
- Kostyunina OV, Abdel'manova AS, Martynova EU, Zinovieva NA. Search for genomic regions carrying the lethal genetic variants in the Duroc pigs. *Agricult Biol*. 2020; 55 (2): 275–284. DOI: 10.15389/agrobiol.2020.2.275eng.
- Kramarenko SS, Lugovyi SI, Lykhach AV, Kramarenko OS. *Analysis of Biometric Data in Animal Breeding and Selection*. A tutorial. Mykolaiv, 2019: 211 p. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/335611924>
- Kusza S, Sziszkosz N, Nagy K, Masala A, Kukovics S, András J. Preliminary result of a genetic polymorphism of  $\beta$ -lactoglobulin gene and the phylogenetic study of ten balkan and central european indigenous sheep breeds. *Acta Biochim Polonica*. 2015; 62 (1): 109–112. DOI: 10.18388/abp.2014\_846.
- Lestari DA, Sutopo S, Setiaji A, Kumianto E. Genetic diversity and phylogenetic study of Ongole Grade cattle population in Central Java based on blood protein polymorphism. *Biodiversitas J Biol Divers*. 2023; 24 (1): 13053. DOI: 10.13057/biodiv/d240170.
- Mariutsa A, Oleksiienko O, Oborskyi V. Comparative analysis of the genetic structure of Ukrainian carp of antoninsky-zozulenets breeds. Conference Proceedings: Modern technologies of propagation and restocking of native fish species International Scientific and Practical Conference, 2019; 37. [https://www.researchgate.net/profile/Mariya-Simon/publication/370673998\\_Biological\\_value\\_and\\_toxic\\_effect\\_of\\_FE\\_ZN\\_CU\\_on\\_sturgeons\\_Acipenseridae/links/645cf4d6f43b8a29ba44d49d/Biological-value-and-toxic-effect-of-FE-ZN-CU-on-sturgeons-Acipenseridae.pdf#page=38](https://www.researchgate.net/profile/Mariya-Simon/publication/370673998_Biological_value_and_toxic_effect_of_FE_ZN_CU_on_sturgeons_Acipenseridae/links/645cf4d6f43b8a29ba44d49d/Biological-value-and-toxic-effect-of-FE-ZN-CU-on-sturgeons-Acipenseridae.pdf#page=38)
- Pedrosa VB, Schenkel FS, Chen SY, Oliveira HR, Casey TM, Melka MG, Brito LF. Genomewide association analyses of lactation persistency and milk production traits in Holstein cattle based on imputed whole-genome sequence data. *Genes*. 2021; 12 (11): 1830. DOI: 10.3390/genes12111830.
- Peshuk L. Immunogenetic features of microevolutionary processes in herds of fat-milk type of red dairy cattle. *Taurian Sci Bull*. 1999; 11 (1): 173–176.
- Pidpala TV, Voinalovich SA, Nazarenko VG. *Selection of Dairy Cattle and Pigs: Training*. A manual. Mykolaiv: MNAU, 2012: 297 p.
- Polupan YP. Intra-breed types and consolidation of the created red dairy breed. *Anim Breed Genet*. 1999; 31 (32): 196–198.

25. Shebanin VS, Melnyk SI, Kramarenko SS, Ganganov VM. *Analysis of Population Structure*. Mykolaiv, 2008: 240 p.
26. Sutiyono S, Sutopo S, Ondho YS, Setiatin S, Samsudewa D, Suryawijaya A, Lestari DA, Kurnianto E. Genetic diversity of Ongole Grade cattle of Rembang District, Central Java, Indonesia, based on blood protein polymorphism. *Biodiversitas J Biol Diversity*. 2018; 19 (4): 1429–1433. DOI: 10.13057/biodiv/d190432.
27. Wang H, Jiang L, Wang W, Zhang S, Yin Z, Zhang Q, Liu JF. Associations between variants of the *HAL* gene and milk production traits in Chinese Holstein cows. *BMC genet*. 2014; 15 (1): 125. DOI: 10.1186/s12863-014-0125-4.
28. Zhou J, Liu L, Chen CJ, Zhang M, Lu X, Zhang Z, Shi Y. Genome-wide association study of milk and reproductive traits in dual-purpose Xinjiang Brown cattle. *BMC genom*. 2019; 20 (1): 827. DOI: 10.1186/s12864-019-6224-x.

## Relationship of polymorphism of genetic and biochemical systems with indicators of milk productivity of modern Ukrainian cattle breeds

Yu. Gritsienko

gricienko1988@gmail.com

Mykolaiv Research and Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 2A 1 Voyenna str., Mykolaiv, 54009, Ukraine

DNA typing technologies make it possible to detect alleles and their frequencies in biochemical systems of proteins and enzymes, including specific PCR sequences, restriction enzymes and actually single nucleotide polymorphisms. The development of breed-specific SNPs is necessary for genotyping and mapping of associations with milk productivity traits, which will make it possible to identify the most valuable genotypes for their further use in selection and breeding work. The purpose of the study is to determine the allelic and genotypic frequencies, genetic diversity and polymorphism of hemoglobin (*HB*), ceruloplasmin (*CP*), posttransferrin (*pTf*), amylase (*Am-1*) and the receptor for vitamin D (calcitriol) (*GS*) to identify the relationship breed-specific features of their genetic structure. The results of the research revealed the influence of the breed of cows on their genetic structure according to the genetic-biochemical systems *pTf*, *GS*, *HB*, *CP* and *Am-1*. A clear influence of the genotype factor at the posttransferrin locus was observed, among the studied breeds of cows, on the manifestation of the content and amount of protein in milk. In addition, a probable effect of ceruloplasmin on the parameters of fat and protein in milk was established, depending on the breed of cows. The assessment of the genetic-biochemical system based on the amylase locus established a clear influence of the genotype on the manifestation of milk yield, milk fat and the amount of protein in milk. Thus, the use of polymorphism of individual loci of proteins and blood enzymes in the conduct of selection and breeding work will not only contribute to the improvement of breeding work, but also to the improvement of dairy cattle in general. Therefore, the perspective of breeding work with Holstein cattle should be the assessment of the diversity of the allelogen according to the polymorphic system of proteins and enzymes, which will allow to identify the best genotypes not only in terms of productivity, but also in genetic terms.

**Key words:** genetic and biochemical systems, hemoglobin (*HB*), ceruloplasmin (*CP*), posttransferrin (*pTf*), amylase (*Am-1*), receptor for vitamin D (calcitriol) (*GS*), polymorphism