

ПОЛІМОРФІЗМ ГЕНЕТИКО-БІОХІМІЧНИХ СИСТЕМ СУЧАСНИХ УКРАЇНСЬКИХ ПОРІД ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ МОЛОЧНОГО НАПРЯМКУ ПРОДУКТИВНОСТІ

Ю. В. Грицієнко, аспірант

Миколаївський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС
України

М. І. Гиль, доктор сільськогосподарських наук, професор

Миколаївський національний аграрний університет

ORCID ID: 0000-0001-7353-9865

М. С. Косенко, завідувач відділу

Миколаївський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС
України

У статті представлено результати дослідження породоспецифічних особливостей генетичної структури і розмаху внутрішньопородної мінливості корів трьох порід вітчизняної селекції: української червоної молочної, української чорно-рябої молочної, української червоно-рябої молочної за генетично детермінованим поліморфізмом груп генетико-біохімічних систем транспортних білків: гемоглобіну (Hb), церулоплазміну (CP), трансферину (Tf), посттрансферину (pTf), амілази (Am-1) та рецептора до вітаміну D (кальцитріолу) (GC).

Ключові слова: алель, генетична структура, генетичні маркери, амілаза, гемоглобін, трансферин, посттрансферин, церулоплазмін, рецептор до вітаміну D.

Постановка проблеми. Можливість застосування контролю процесу передачі генів батьківських пар у ряді поколінь та визначення фактичного індексу генетичної подібності шляхом використання поліморфних генетико-біохімічних систем та нуклеотидних повторів ДНК для маркування генотипів забезпечує перспективність прогнозування ефективності відбору й підбору в тваринництві [1–3].

Для кожної породи, популяції тварин характерний особливий, тільки їй властивий, спектр частот зустрічаємості поліморфних систем, тому генетична характеристика порід, проведена у період їх відносно стабільного стану, може слугувати своєрідним імуногенетичним паспортом і можливою точкою відліку в подальших моніторингових дослідженнях якісних та кількісних змін параметрів генофондів, що проходять під впливом факторів зовнішнього середовища і специфіки селекційної роботи [4,5].

До біохімічних систем організму, що мають практичне значення в селекції, належать білки сироватки крові. Вони беруть участь у регуляції осмотичного і онкотичного тиску, кислотно-лужної рівноваги, відіграють важливу роль у процесах обміну речовин. Виконуючи

транспортну функцію, сироваткові білки мають велике значення і у процесах синтезу компонентів молока. Так, сироваткові альбуміни є попередниками білків молока, бета-глобуліни – жиру, гама-глобуліни є носіями антитіл і відображають захисні властивості організму. Встановлено їхню залежність від годівлі, породи, продуктивності, генотипу [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найперспективнішим напрямком удосконалення порід великої рогатої худоби молочною напрямку продуктивності шляхом селекційних маніпуляцій є використання молекулярно-генетичних маркерів. Породи великої рогатої худоби вітчизняної селекції характеризуються різноманітністю генетичної структури, а саме різними цінними алельними варіантами, які мають також зв'язок з ознаками їх продуктивності [7–10].

Молочна продуктивність є однією з основних груп господарсько корисних ознак молочної худоби, формування якої зумовлено величезною кількістю генетичних локусів. Аналіз кореляційних зв'язків засвідчує можливість їх використання для подальшого вдосконалення селекційного процесу та отримання

високопродуктивних тварин. Відбір корів за генотипами алелів, які асоційовані з кількісними та якісними показниками молочної продуктивності, буде ефективним для подальшого розвитку стада [11–15].

Висока продуктивність молочних корів обумовлена і нерозривно пов'язана з інтенсивним перебігом процесів обміну речовин в органах і системах та функціональною діяльністю цих органів. Оптимальний перебіг цих процесів дозволяє детально отримувати максимум генетично зумовленої біологічно повноцінної молочної продукції [16,17]. Порівняльний аналіз поліморфізму різних ферментів забезпечує здатність зробити важливий висновок про те, що видоутворення може бути тісно пов'язано з реорганізацією генетико-біохімічних систем контролю внутрішньоклітинного енергетичного метаболізму. Тим часом породоутворення асоціюється з перетворенням генетико-біохімічних систем локальної біохімічної адаптації, контролюючи зв'язки між внутрішнім і зовнішнім середовищем організму [18].

З підвищенням рівня показників продуктивності все складніше досягти селекційних зрушень [19, 20]. Пояснити це явище можна тим, що інтенсивна селекція, спрямована на підвищення продуктивності, призводить до нагромадження генетичного вантажу та зниження генетичного розмаїття. Зниження показника генетичної мінливості може призвести до зниження рівня адаптивних якостей тварин та сприяти неефективній роботі в селекції. Підходи до вдосконалення порід засновані на використанні маркер-допоміжної селекції, контролю походження й інтрогресії (міжвидовий перенос генів) із застосуванням оцінки геному тварин і генетичної різноманітності популяцій за допомогою маркерних технологій [21].

Такі генотипові маркери, як ізоферменти, є важливими при аналізі перенесення генетичного матеріалу. Вони ефективно застосовуються при проведенні маніпуляцій з генетичним матеріалом, які потребують контролю ефективності інтродукції генетичного матеріалу [22, 23].

Білкові маркери забезпечують можливість ідентифікації генотипів за багатьма генами та вивчення динамічних змін частот алелів у процесі селекції та дозволяють контролювати племінну справу. Спроби прискорити селекційний процес включенням у роботу простих біохімічних ознак тварин, як і простих генетичних систем, що пов'язані зі складними ознаками продуктивності шляхом використання генетичних маркерів у генетиці і селекції теоретично обґрунтовані О. Серебровським у публікації «Генетичний аналіз» [24].

Генетика ізоферментів дає можливість виконувати пошук закономірностей функціонування генів в онтогенезі, вивчає роль цих пептидів при проходженні морфогенетичних процесів, клітинній диференціації, при тому виявляються генетичні механізми регуляції експресії спектру ізоферментів і рівень їх використання, аналізується роль у регуляції процесів метаболізму [25]. Цікавими і перспективними напрямками застосування даних про мінливість ізоферментів є: оцінка внутрішньо- і міжвидової генетичної мінливості [26], оцінка кількості генетичних змін при видоутворенні, дослідження генетичних основ мікроеволюційних процесів, виявлення зв'язків філогенезу між різними таксономічними групами, виявлення розмаху і механізмів підтримки генетичної мінливості. Чисельні дослідження поліморфізму білків, ферментів і систем крові [27] підтвердили існування внутрішньовидової різноманітності за рядом локусів структурних генів.

Білковий поліморфізм – оптимальний показник для вивчення і контролю генетичної диференціації груп тварин у зв'язку з їх відтворенням у різних еколого-географічних умовах. Високий рівень поліморфності локусів характерний для нативних популяцій, що пристосовані до існування в природних умовах.

Біохімічні маркери є зв'язуючою ланкою між генетичними і фенотиповими рівнями мінливості [28]. Дослідження з їх використанням проводяться при вивченні: зчеплення та хромосомної локалізації генів, тканинної і внутрішньоклітинної специфічності їх експресії, ролі взаємодії алельних і неалельних генів, онтогенезу, впливу на генетичну структуру популяції різних форм відбору [29].

Ізоферменти є корисними генетичними маркерами, оскільки при їх використанні можна отримати генетичну інформацію про стан генофондів природних та штучних популяцій. При дослідженні генетико-біохімічного поліморфізму у досліджуваних популяціях при тотожних методичних умовах наявні мономорфні локуси [30].

Постановка завдання. Використання морфологічних моногенно успадкованих ознак не забезпечує вирішення практичних проблем генетики, розведення та селекції. Тому при вирішенні різноманітних, залежно від мети, завдань у різних галузях тваринництва на перший план виходить відбір ознак, що підконтрольні як окремим генам, так і їх комплексам, які відносно легко ідентифікуються за допомогою даних молекулярно-генетичного аналізу.

Відповідно, метою нашого дослідження є виявлення наявності особливостей генетичної структури порід та встановлення розмаху внутрішньопородної мінливості мікропопуляцій корів трьох сучасних порід вітчизняної селекції молочного напрямку продуктивності шляхом аналізу генотипів і алелів за електрофоретичним розподілом окремих варіантів генетико-біохімічних систем.

Матеріали і методи дослідження. Досліджували репрезентативні вибірки з порід великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності – українська червона молочна (УЧМ, $n=35$ гол.), українська чорно-ряба молочна (УЧорРМ, $n=31$ гол.), українська червоно-ряба молочна (УЧерРМ, $n=25$ гол.) племінного стада ПСП «Колос-2011» Очаківського району Миколаївської області.

Кров для досліджень брали з яремної вени з наступним висушуванням в лабораторних умовах. Досліди проводили на еритроцитах і плазмі крові. Оцінку генетичної структури проводили за генетично детермінованим поліморфізмом груп генетико-біохімічних систем. Білковий поліморфізм та поліморфізм ферментів виявляли за допомогою використання методу електрофоретичного розділення білків у 13% крохмальному гелі у горизонтальних камерах з подальшим гістохімічним фарбуванням (Harris, H., & Hopkinson, D.A. (1976)) [31].

До групи досліджуваних генетико-біохімічних систем входили транспортні білки: гемоглобін (HB), церулоплазмін (CP), трансферин (Tf), посттрансферин (pTf), амілаза (Am-I) та рецептор до вітаміну D (кальцитріолу) (GC).

Під час аналізу генетичної структури груп тварин за 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 (χ^2). Для оцінки генетичної диференціації дослідних популяцій використовували індивідуальний індекс фіксації Райта (F_{IS}).

Генетико-популяційний та біометричний аналіз результатів, отриманих в процесі проведення дослідження, здійснили за використання методів математичної статистики (χ^2 , критерій Стьюдента, Фішера).

Статистичний обробіток даних проведено у стандартному пакеті «Microsoft Excel 2013» з використанням власних програм та інтегрованої надбудови GenAlEx 6.5 (<http://biology-assets.anu.edu.au/GenAlEx/Download.html>) для розрахунків статистики Райта. Аналіз за іншими показниками виконано у стандартному пакеті IBM SPSS Statistics V24.0 (https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/S/SLVMB_24.0.0/spss/product_landmg.html).

Результати досліджень та обговорення. Наявність особливостей генетичної структури для кожної породи зумовлена специфічним розподілом алельних та генотипових частот за окремими генетико-біохімічними системами. З метою підтвердження існування породоспецифічних характеристик проведено порівняльний аналіз поліморфізму генетико-біохімічних систем крові, а саме – виявлено поліморфізм шести локусів – Tf, pTf, GC, HB, CP, Am-I.

Було розраховано алельні частоти на локус, які представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл генотипів та алельних частот за генетико-біохімічними системами Tf, pTf, GC, HB, CP та Am-1

Локус, алель	Порода		
	українська червона молочна	українська чорно-ряба молочна	українська червоно-ряба молочна
1	2	3	4
Tf(n)	35	31	25
A	0,414	0,516	0,260
D1	0,371	0,290	0,520
D2	0,157	0,177	0,180
E	0,057	0,016	0,040
pTf(n)	35	31	26
F	0,571	0,629	0,538
S	0,429	0,371	0,462
GC(n)	35	31	26
A	0,543	0,613	0,635
B	0,457	0,387	0,365
HB(n)	35	31	28
A	0,957	0,984	1,000

Продовження табл. 1

1	2	3	4
<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

Tf (трансферин) – транспортний білок, який виконує транспортування заліза з центрів поглинання дванадцятипалої кишки до всіх тканин. До даного класу відносять трансферин, овотрансферин, лактоферин, меланотрансферин – регулюють обмін заліза між тканинами і запасними депо, що знаходяться в печінці та впливають на вміст жиру й кількість Ca, P, Fe, Cu; становить 3-6% усіх білків сироватки крові.

Відомо, що варіант *A* асоційований з підвищеним вмістом аспаргінової кислоти в плазмі крові. Варіант *D* асоціюється з жирністю молока та підвищеними надоями. У тварин з генотипом *DD* – вміст гемоглобіну і активність

каталази вище (високий рівень каталази сприяє збільшенню надоїв), спостерігається більша кількість β -глобулінів (глобуліни попередники жиру). Варіант *E-DE* характеризується підвищеним вмістом лізину, ізолейцину, тирозину в плазмі крові [32].

Локус трансферину є найбільш інформативним за рівнем поліморфізму білків та ферментів крові. Так, дослідженнями було встановлено наявність восьми варіантів фенотипів локусів трансферину (з 10 можливих): *AA*, *AD1*, *AD2*, *AE*, *D1D1*, *D1D2*, *D2D2*, зумовлені чотирма алельними генами – *A*, *D1*, *D2*, *E* (табл. 2).

Таблиця 2

Поліморфізм локусів біохімічних систем крові *Tf* корів різних порід української селекції

Порода	<i>n</i>	Частота генотипу																			
		<i>AA</i>		<i>AD1</i>		<i>AD2</i>		<i>AE</i>		<i>D1D1</i>		<i>D1D2</i>		<i>D1E</i>		<i>D2 D2</i>		<i>D2E</i>		<i>EE</i>	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
УЧМ	35	6	17,1	10	28,6	5	14,3	2	5,7	5	14,3	4	11,4	2	5,7	1	2,9	-	-	-	-
УЧерРМ	25	-	-	10	40,0	3	12,0	-	-	4	16,0	6	24,0	2	8,0	-	-	-	-	-	-
УЧорРМ	31	10	32,3	6	19,4	5	16,1	1	3,2	4	12,9	4	12,9	-	-	1	3,2	-	-	-	-
Порода	<i>n</i>	Частота алеля <i>A/D1/D2/E</i>						Гетерозиготність				χ^2	<i>PIC</i>	<i>F_{IS}</i>							
		<i>H_o</i>		<i>H_e</i>		<i>H_o</i>		<i>H_e</i>													
УЧМ	35	0,414/0,371/0,157/0,057						0,657		0,672		27,40		0,662		0,022					
УЧерРМ	25	0,260/0,520/0,180/0,040						0,840		0,641		32,92		0,628		-0,311					
УЧорРМ	31	0,516/0,290/0,177/0,016						0,516		0,628		27,71		0,618		0,178					

Варто відмітити, що за даним локусом спостерігається виражена міжпородна диференціація комбінацій алелей. Для кожної з порід властиві свої особливості будови генетичної структури. Так, за локусом трансферину породи можна розділити на такі групи: з домінуванням алельного варіанту *TfA* (українська чорно-ряба молочна) та *TfD1* (українська червоно-ряба молочна). У тварин української червоної молочної породи частота саме цих (не інших) генетичних комплексів приблизно рівна – *TfA* - 0,414, й *TfD1*-0,371. В той час як українська червоно-ряба молочна порода характеризується наявністю п'яти генотипів; при цьому повністю відсутні тварини, гомозиготні за алелем *TfA* й *TfE*, *TfD2* та взагалі не виявлено генотипів *TfAE*, *TfD2E*, але показник фактичної гетерозиготності складає 0,840 (найбільший з усіх

оцінених порід тварин) і значно перевищує рівень очікуваної – 0,641.

Худоба української червоної молочної породи є найбільш поліморфною, бо встановлено наявність восьми варіантів локусу – *TfAA*, *TfAD1*, *TfAD2*, *TfAE*, *TfD1D1*, *TfD1D2*, *TfD1E* та *TfD2D2*, а рівень очікуваного й фактичного поліморфізмів мав майже тотожні значення – 0,672 й 0,657 відповідно. Одночасно у ровесниць української чорно-рябої молочної породи при високому фактичному ступені представлених фенотипів локусу *Tf* (*AA*, *AD1*, *AD2*, *AE*, *D1D1*, *D1D2*, *D1E*) й, незрозуміло чому меншому з усіх порід тварин значенні *H_o* – 0,516, розрахунково очікувана гетерозиготність була близькою до таких значень однолітків інших порід – 0,628.

У результаті дослідження встановлено, що поєднання алелів варіанту *TfEE* в усіх групах тварин не було виявлено зовсім; низька і частота

зустрічаємості його з-поміж усіх досліджених порід худоби – 0,016-0,057. Дане явище можна пояснити специфікою вжитих попередньо породотворних процесів із сучасними українськими породами великої рогатої худоби.

Параметри *PIC* та *H_o* показали, що всі алелі локусу *Tf* в оцінених породах худоби є високополіморфними – 0,618-0,662.

Інша генетико-біохімічна ситема, що контролюється одним локусом з двома алелями *F* та *S* – посттрансферин, також виявила у тварин певне різноманіття його типів (табл. 3).

Таблиця 3

Поліморфізм локусів біохімічних систем крові *pTf* корів різних порід української селекції

Порода	n	Частота генотипу						Часто та алеля F/S	Гетерозиготність		χ^2	PIC	FIS
		FF		FS		SS			H _o	H _e			
		n	%	n	%	n	%						
УЧМ	35	11	31,4	18	51,4	6	17,2	0,571/0,429	0,514	0,497	0,088	0,490	-0,035
УЧерРМ	26	9	34,6	10	38,5	7	26,9	0,538/0,462	0,384	0,507	1,330	0,497	0,241
УЧорРМ	31	9	29,0	21	67,7	1	3,3	0,629/0,371	0,677	0,474	6,320	0,467	-0,428

Встановлено, що за локусом *pTf* наявні суттєві міжпородні відмінності, що явно виражені у тварин української чорно-рябої молочної породи. Варто зазначити, що в даній мікропопуляції рівень фактичної гетерозиготності – 0,677 значно перевищує очікувану – 0,474. Таке співвідношення генотипів обумовлене різницею в частотах алелей. Спостерігається найнижча з поміж інших порід худоби частота тварин-гомозигот за алелем *pTfS* – 0,371.

Рівень фактичної гетерозиготності в оціненій мікропопуляції української червоно-рябої молочної породи значно нижчий за показник очікуваної, хоча частота алеля *F* переважає над такою *S*, як і в аналогів УЧорРМ, але не суттєво – 0,538 та 0,462, відповідно.

У групі тварин української червоної молочної породи вірогідного відхилення значень фактич-

них частот від очікуваних відповідно до закону Кастанла-Гарді-Вайнберга не спостерігається.

Рівень поліморфізму за значенням індекса *PIC* був значущим та мав за локусом *pTf* в усіх спостережуваних породах великої рогатої худоби близькі значення – 0,467-0,497.

Обмін кальцію та фосфатів кісткової тканини регулюється за участі вітаміну D шляхом взаємодії його гормонально-активної форми кальцитроалуз рецепторами клітин. Останні за своєю приналежністю відносяться до ядерних транскрипційних білків і беруть участь не лише в процесі транскрипції, але й у механізмі посттранскрипції, контрольованому мікроРНК [33].

При проведенні електрофоретичних досліджень за локусом рецептора до вітаміну D нами було ідентифіковано два алельні варіанти – *GC A* і *GC B* (табл. 4).

Таблиця 4

Поліморфізм локусів біохімічних систем крові *GC* корів різних порід української селекції

Порода	n	Частота генотипу						Часто та алеля A/B	Гетерозиготність		χ^2	PIC	FIS
		AA		AB		BB			H _o	H _e			
		n	%	n	%	n	%						
УЧМ	35	8	22,8	22	62,8	5	14,4	0,543/0,457	0,628	0,504	2,485	0,496	-0,248
УЧерРМ	26	7	26,9	19	73,1	0	-	0,635/0,365	0,730	0,473	8,619	0,464	-0,545
УЧорРМ	31	10	32,3	18	58,0	3	9,7	0,613/0,387	0,580	0,482	1,551	0,475	-0,204

Необхідно зауважити, що за локусом рецептора до вітаміну D серед тварин усіх трьох порід спостерігається високе статистично достовірне значення гетерозигот; визначене їх число у групі української червоної молочної породи становить – 0,730, а очікуване – 0,473 ($P > 0,99$).

У мікропопуляціях української червоно-рябої молочної та української чорно-рябої молочної порід встановлена висока частота алеля *A* – 0,635 та 0,613 відповідно. Проте, в українській червоно-

рябої молочної ідентифіковано наявність двох фенівариантів локусів рецептора до вітаміну D: гомозиготний тип *GC AA* і гетерозиготний варіант *GC AB*, та повністю відсутні гомозиготи за локусом *GC BB*.

Параметри *PIC* та *H_o* показали, що всі алелі локусу *GC* в оцінених породах худоби є відчутно поліморфними – 0,475-0,500.

Гемоглобін – складний залізовмісний білок еритроцитів, головною функцією якого є

транспортування кисню та газів, а також буферна функція [34].

При проведенні електрофоретичних досліджень у тварин двох порід української червоної молочної та української чорно-рябої

молочної нами було встановлено два алельні варіанти гемоглобіну – А і В (табл. 5), тим часом, як усі ровесниці УчЕРМ були гомозиготними – *НВ АА*.

Таблиця 5

Поліморфізм локусів біохімічних систем крові *НВ* корів різних порід української селекції

Порода	n	Частота генотипу						Частота алеля А/В	Гетерозиготність		χ^2	PIC	F_{IS}
		AA		AB		BB			H_o	H_e			
		n	%	n	%	n	%						
УЧМ	35	32	91,4	3	8,6	0	-	0,957/0,043	0,085	0,083	0,070	0,082	-0,030
УЧерМ	28	28	100	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-
УЧорМ	31	30	96,8	1	3,1	0	-	0,984/0,016	0,032	0,032	0,008	0,032	0,000

У вищезазначених досліджених порід ідентифіковано наявність двох фенотипів локусів гемоглобіну: гомозиготний тип *НВ АА* і гетерозиготний варіант *НВ АВ*, що кодуються двома кодомінантними алелями *НВ А* і *НВ В*. Наявність гомозигот за локусом *НВ ВВ* у жодній тварини з трьох українських порід худоби при проведенні досліджень не ідентифіковано.

Частота прояву алельного варіанту *НВ А* у тварин української червоної молочної породи становить 0,957, а відповідно алеля *НВ В* – лише 0,043, а для української чорно-рябої молочної, відповідно 0,984 та 0,016. Висока концентрація алелю *НВ А* спостерігається за рахунок високого відсотку наявності гомозигот *НВ АА* – 91,4% у тварин української червоної молочної породи, та 96,8% – однолітків української чорно-рябої молочної відповідно.

За локусом гемоглобіну спостерігається збіг фактичного і очікуваного значень гетерозиготності, що можливо є проявом індіферентності по відношенню до адаптаційних та інших біологічних якостей власників різних генотипів.

Оцінка індексу поліморфізму корів за локусом *НВ* дозволила підтвердити її мінімальну присутність (0,082 та 0,032) лише в українській червоній молочної та українській чорно-рябій молочної породах, проте ровесниці української чорно-рябої молочної породи були мономорфні.

З огляду на дані літературних джерел [35–37] і власних досліджень, можна зробити висновок, що у великої рогатої худоби частота прояву алельного варіанту *НВ В* є дуже низькою. За локусом цього білкового комплексу в досліджуваній групі тварин української чорно-рябої молочної породи не виявлено поліморфізму; всі тварини мали гомозиготний тип *НВ АА* (див. табл.5).

Ср – транспортний білок, основна біохімічна роль якого полягає в транспортуванні міді, а також виконує ферментативну роль – каталізує окислення поліфенолів і поліамінів. Пептид є глобуліном, точніше α -глобуліном, що регулює окислювально-відновні реакції в клітинах, контролює кількість заліза, а відповідно характеризується активним перебігом процесу переносу білками крові жирних кислот. При цьому ліпиди плазми крові утворюють високомолекулярні жирні кислоти. Варіант *А* асоційований з жирністю молока, оскільки в крові присутня більша кількість міді, що безпосередньо впливає на вищу кількість ферменту оксидази [38].

Різноманіття типів церулоплазміну, як відомо, також контролюється одним локусом з двома алелями *А* та *В* (табл. 6), що і підтверджено нашими дослідженнями для сучасної вітчизняної худоби молочно-напрямок продуктивності.

При цьому встановлено, що за локусом церулоплазміну суттєвих міжпородних відмінностей між худобою української червоної молочної та української чорно-рябої молочної порід не виявлено. Варто зазначити, що в даних мікропопуляціях рівень очікуваної та фактичної гетерозиготності майже тотожний та значущого відхилення від стану генетичної рівноваги, згідно закону Кастла-Гарді-Вайнберга, не спостерігається. Аналізуючи результати проведеного популяційно-генетичного аналізу поліморфних локусів білків та ферментів крові дослідних груп, встановлено, що фактична гетерозиготність тварин української чорно-рябої молочної породи за локусом церулоплазміну складає 77,4% ($P > 0,999$), що статистично вірогідно вказує на перевагу над очікуваним таким значенням.

Рівень поліморфізму за значенням індекса-*PIC* був значущий та мав за локусом *СР* в усіх спостережуваних породах великої рогатої худоби майже тотожні значення – 0,495-0,500.

Таблиця 6

Поліморфізм локусів біохімічних систем крові CP корів різних порід української селекції

Порода	n	Частота генотипу						Часто та алейя A/B	Гетерозиготність		χ^2	PIC	F_{IS}
		AA		AB		BB			H_o	H_e			
		n	%	n	%	n	%						
УЧМ	35	35	9	26,5	17	50	8	23,5	0,515/	35	9	26,5	17
УЧерРМ	28	0,485	0,500	0,507	0,000	0,500	0,014			0,485	0,500	0,507	0,000
УЧорРМ	31	26	5	19,2	14	53,8	7	27,0	0,462/	26	5	19,2	14

Рівень поліморфізму за значенням індекса-*PIC* був значущим та мав за локусом *CP* в усіх спостережуваних породах великої рогатої худоби майже тотожні значення – 0,495-0,500.

Амілаза – фермент класу гідролаз, каталізує гідроліз крохмалю, глікогену і полісахаридів, декстрину; є транспортним білком. Він негативно корелює з лужною фосфатазою, а фізіологічна роль полягає у мобілізації запасів полісахаридів у клітинах та в каталізі обміну крохмалю і

глікогену; впливає на кількість Ca, P, Fe, Cu та на рівень надоювміст жиру в молоці [39].

У досліджуваних нами мікропопуляціях амілаза також контролюється добре збалансованою двоалельною системою – *Am-1B* і *Am-1C* (табл 7). За даним локусом спостережується більш помітна міжпородна відмінність, ймовірно, зумовлена конкретними особливостями в екологічних умовах ареалу розповсюдження попередників створюваних порід.

Таблиця 7

Поліморфізм локусів біохімічних систем крові Am-1 корів різних порід української селекції

Порода	n	Частота генотипу						Часто та алейя B/C	Гетерозиготність		χ^2	PIC	F_{IS}
		BB		BC		CC			H_o	H_e			
		n	%	n	%	n	%						
УЧМ	35	6	17,1	23	65,8	6	17,1	0,500/	35	6	17,1	23	65,8
УЧерРМ	0,500	0,657	0,507	3,457	0,500	-0,296			0,500	0,657	0,507	3,457	0,500
УЧорРМ	26	9	34,6	11	42,3	6	23,1	0,558/	26	9	34,6	11	42,3

За локусом амілази українські червоні молочні та українські чорно-рябі молочні корови характеризуються більшим відсотком гетерозигот *Am-1 BC* (65,8 і 58,1%, відповідно). Частота зустрічаємості алейя С найменша в представниць українських чорно-рябих молочних тварин – 0,387, при цьому частота гомозигот *Am-1 CC* складає в них лише 9,6%. Очікуване та фактичне значення гетерозиготності співпало у худоби УЧМ породи, проте як у ровесниць інших досліджуваних порід є своя, не тотожня поміж ними специфіка.

Значення індексу поліморфізму (*PIC*) засвідчили значущу варіабельність локусу *Am-1*, причому в усіх досліджених порід корів української селекції.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень генетико-біохімічних систем та його статистичного аналізу встановлено наявність генетичних породоспецифічних особливостей у сучасних українських порід молочного напрямку продуктивності.

За локусами *Tf*, *pTf*, *GC*, *HB*, *CP* та *Am-1* виявлено той чи інший ступінь поліморфізму генетико-біохімічних систем. Причому високу частоту зустрічальності алельних варіантів вірогідно ідентифіковано в усіх трьох породах вітчизняної селекції за локусами *Tf* – AD1; *pTf* – FS; *GC* – AB; *HB* – AA; *CP* – AB; *Am-1* – BC. Найбільш поліморфною (61,8-66,2%) генетико-біохімічною системою в корів порід української селекції встановлено локус *Tf*, проте як за іншими – *pTf*, *GC*, *CP* та *Am-1* індекс поліморфізму мав ліміт мінливості породних середніх значень від 0,464 до 0,500, а оцінювання локусу *HB* встановило його рівень лише від 0,000 до 0,082.

Таким чином, алельні варіанти досліджених поліморфних генетико-біохімічних систем можуть бути використані для оцінки генетичної структури порід і внутрішньопородних груп, що дуже важливо для організації плеємної справи і ведення селекційної роботи в тваринництві та дає можливість практичного застосування генетико-математичних методів прогнозування рівня молочної продуктивності корів.

Можливо основними причинами подібності розподілу між різними породами таких генетичних породоспецифічних характеристик є спільність походження, вплив факторів штучного відбору, а також закономірності внутрішньопородної диференціації.

Список використаних джерел:

1. Mohammadabadi M.R., Torabi A., Tahmourespoor M. Analysis of bovine euro with hormone gene polymorphism of local and Holstein cattle breeds in Kerman province of Iran using polymerase chain reaction restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP). *African Journal of Biotechnology*. 2010. Vol. 9(41). P.6848–6852.
2. Gurcan E.K. Association between milk protein polymorphism and milk production traits in Black and White dairy cattle in Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 2011. Vol. 10(6). P. 1044–1048.
3. Caetano-Anolles G. МААР: a versatile and universal tool for genome analysis. *Plant Molecular Biology*. 1994. Vol. 25. P.1011–1026.
4. Ольховская Л.В., Силкина С.Ф., Марутянц Н.Г., Шумаенко С.Н., Скокова А.В. Закономерности наследования высокой продуктивности овец по генетическим параметрам крови. *Ветеринарная патология*. 2013. №1 (43). С.68–70.
5. Селионова М.И., Чижова Л.Н., Скокова А.В. Иммуногенетический анализ популяций овец тонкорунных пород. *Инновации и современные технологии в сельском хозяйстве: сборник научных статей по материалам международной Интернет-конференции*. 2015. С. 33–37.
6. Рубан Ю.Д. Скотарство і технологія виробництва молока і яловичини. Х.: Еспада, 2002. 571 с.
7. Боднарук В.Е., Щербатый З.Е., Кропывка Ю.Г., Боднар П.В., Жмур А.И. Влияние родительских пород на формирование генетической структуры полесской мясной породы. *Научно практический журнал «Ученые записки Учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2015. Т. 51. №1(2). С. 23–27.
8. Щербатый З.Е., Боднарук В.Е., Боднар П.В., Музыка Л.И., Жмур А.И., Орхівський Т.В. Порівняльний аналіз близьких видів великої рогатої худоби. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2015. Т. 17. №1(61), З. С.293–299.
9. Bodnaruk V.Y., Muzyka L.I., Bodnar P.V., Zhmur A.J. & Orihivskiy T.V. New possibilities of effective breeding in cattle based on the study of the genome. *Scientific Messenger Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj*. 2017. Vol. 9(79). P. 32–37. doi:10.15421/nvlvet7907.
10. Bodnaruk V., Shchebatyj Z., Muzyka L., Zhmur A. & Orihivskiy T. Genofond of some breed of cattle. *Scientific Messenger Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj*. 2017. Vol. 19 (74). P.131–134. doi:10.15421/nvlvet7429.
11. Черненко О., Губаренко Н. Вплив генотипів за генами GH і PIT-1 на молочність голштинських корів. *Тваринництво України*. 2014. №11. С.31–35.
12. Babik N., Fedorovych Y. & Fedorovych V. The influence of live weight of holstein cows on the duration and effectiveness of their economic use during the period of breeding. *Scientific Messenger Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj*. 2017. Vol. 19(74).P. 71–75. doi: 10.15421/nvlvet7416.
13. Fedorovych V. Dairy productivity of Simmental breed cows depending on their live weight during growing period. *Scientific Messenger Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj*. 2017. Vol. 19(79). P. 93–99. doi: 10.15421/nvlvet7919.
14. Fedorovych V. The impact of reproductive capacity indicators of simmental cattle on their milk productivity. *Scientific Messenger Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj*. 2017. Vol. 19(74). P. 52–56. doi: 10.15421/nvlvet7412.
15. Fedorovych V., Orihivskyy T., Babik N., Fedorovych E. & Oseredchuk R. The characteristics of simmentals by their economically useful traits in the conditions of Lviv region. *Scientific Messenger Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj*. 2016. Vol. 18(2(67)). P. 255–260. doi: 10.15421/nvlvet6756.
16. Самохин В.Т. Профилактика нарушения обмена микроэлементов у животных. Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2003. 136 с.
17. Алиев А.А. Профилактика нарушения обмена веществ у сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1986. 384 с.
18. Глазко В.И. Молекулярно-генетические маркеры животных. К.: Аграрна наука, 1996. 120 с.
19. Грициняк І.І., Нагорнюк Т.А., Тарасюк С.І. Генетична структура порід і породних груп коропів за окремими генетико-біохімічними системами. *Рибогосподарська наука України*. 2008. № 1. С. 29–33.
20. David L., Blum S., Feldman M. W. Recent duplication of the common carp as revealed by analyses of microsatellite loci. *Molecular Biology and Evolution*. 2003. Vol. 20 (9). P. 1425–1434.
21. Глик В., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология: Принципы и применение. М.: Мир, 2002. 589 с.
22. Sulowska M.K., Ghowsi In K. Isoenzyme Analyses Tools Used Long Time in Forest Science. *Electrophoresis*. 2012. P. 157–172.
23. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. М.: Академкнига, 2003. 431 с.
24. Серебровский А.С. Генетический анализ. М.: Наука, 1970. 342 с.
25. Корочкин А.И., Серов О.Л., Пудовкин А.И. Генетика изоферментов. М.: Наука, 1977. 275 с.
26. Кирпичников В.С. Биохимические основы рыбководства: проблемы генетики и селекции. Л.: Наука, 1983. 200 с.
27. Глазко В.И., Дымань Т.Н., Тарасюк С.И. Полиморфизм белков, RAPD-PCR и ISSR-PCR маркеров у зубров, бизонов и крупного рогатого скота. *Цитология и генетика*. 1999. Т.33. № 6. С. 30–38.
28. Глазко В.И. Созинова А.А. Генетика изоферментов животных и растений. К.: Урожай, 1993. 528 с.
29. Тарасюк С.І., Грициняк І.І. Молекулярно-генетичні дослідження в рибистві: монографія. К.: Аграрна наука, 2013. 312 с.
30. Паавер Т. Биохимическая генетика карпа (*Cyprinus carpio* L.). Таллин: Валгус, 1983. 122 с.

31. Harris H., & Hopkinson D.A. Handbook of enzyme electrophoresis in human genetics. Amsterdam, 1976. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1685231>.
32. Бердичевский Н.С. Генетический анализ популяции крупного рогатого скота зоны западных областей УССР по полиморфным белковым системам в связи с селекцией. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд.биол. наук. 1979.
33. Мальцев С.В., Мансурова Г.Ш. Метаболизм витамина D и пути реализации его основных функций. *Практическая медицина*. 2014.Т. 9. №85. С. 12-18.
34. Ленинжер А. Основы биохимии. М.: Мир, 1985. Т. 1. С. 27-123.
35. Боднарук В.Є., Кропивка Ю.Г., Музика Л.І., Жмур А.Й. Особливості генетичної структури поліської м'ясної породи великої рогатої худоби. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2014. Т.16. № 3 (60), 3. С. 21-25
36. Боднарук В.Є., Боднар П.В., Жмур А.Й., Музика Л.І., Кропивка Ю.Г., Орхівський Т.В., Пославська Ю.В. Варіанти генетико-біохімічних маркерів у зв'язку з молочною продуктивністю. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2018. Т. 20. № 84. С. 98-103. doi: 10.15421/nvlvet8418.
37. Боднарук В.Є., Щербатий З.Є., Музика Л.І., Жмур А.Й., Орхівський Т.В. Генотип деяких порід великої рогатої худоби. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. Т. 19. № 74.С. 131-134. doi:10.15421/nvlvet7429.
38. Любимова З.П., Кузнецов В.М. Изучение связи племенной ценности быков-производителей с биологическими полиморфными системами белков крови. *Использование интерьерных показателей в селекционно-племенной работе*: Сб. науч. трудов ВНИИ разведения и генетики с.-х. животных. 1982. С. 67-74.
39. Кудрин А.Г. Ферменты крови и прогнозирование продуктивности молочного скота: науч. издание. Мичуринск-наукоград, 2006. 142с.

Ю. В. Грициенко, М. И. Гиль, Н. С. Косенко. Полиморфизм генетико-биохимических систем современных украинских пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности

В статье представлены результаты исследования породоспецифичных особенностей генетической структуры и размаха внутривидовой изменчивости коров трех пород отечественной селекции: украинской красной молочной, украинской черно-пестрой молочной, украинской красно-пестрой молочной по генетически детерминированному полиморфизму групп генетико-биохимических систем транспортных белков: гемоглобина (HB), церулоплазмину (CP), трансферрина (Tf), посттрансферина (pTf), амилазы (Am-1) и рецептора к витамину D (кальцитриолу) (GC).

Ключевые слова: аллель, генетическая структура, генетические маркеры, амилаза, гемоглобин, трансферрин, посттрансферин, церулоплазмин, рецептор к витамину D.

Yu. Gritsienko, M. Gill, M. Kosenko. Polymorphism of the genetic-biochemical systems of modern Ukrainian breeds of milk livestock productivity

The article presents the results of the study of breed-specific features of the genetic structure and extent of intrinsic variability of cows of three breeds of domestic breeding: Ukrainian red-breasted milk, Ukrainian red-breasted milk according to genetically determined polymorphisms of groups of HB-bioglycemic systems, ceruloplasmin (CP), transferrin (Tf), posttransferrin (pTf), amylase (Am-1), and vitamin D (calcitriol) receptor (GC).

Keywords: allele, genetic structure, genetic markers, amylase, hemoglobin, transferrin, posttransferrin, ceruloplasmin, vitamin D receptor.



Ця робота ліцензована Creative Commons Attribution 4.0 International License