

УДК 636.237.082:575.113.2(477)

DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.69.07>

ОСОБЛИВОСТІ ГЕНЕТИЧНИХ ДЕТЕРМІНАНТ В УКРАЇНСЬКИХ ПОПУЛЯЦІЯХ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ СИМЕНТАЛЬСЬКОЇ ПОРОДИ

Ю. В. ЛЯШЕНКО*Інституту тваринництва НААН (Харків, Україна)*<https://orcid.org/0000-0003-2747-476X> – Ю. В. Ляшенкоyurij23032@gmail.com

У статті наведені результати ретроспективного аналізу генетичної структури стад інтродукованих порід великої рогатої худоби симентальської породи за використання імуногенетичних маркерів. Встановлено відмінності в генетичній структурі популяції симентальської породи ПрАТ «Племзавод «Червоний Велетень», яка тривалий час перебувала в системі відтворення української селекції, з популяцією створеною на основі імпортованих сименталів з країн походження цієї породи (племрепродуктор ТОВ «Крамагросвіт», Донецька обл., австрійська селекція). Імуногенетичну атестацію ВРХ проводили за 9 системами груп крові та 60 антигенами. В обстежених групах тварин з різною частотою виявлено 49 («Червоний Велетень») та 35 («Крамагросвіт») антигенів систем груп крові. Зафіксовано 27 випадків відмінностей у частотах еритроцитарних антигенів, що характеризують розбіжності між дослідними популяціями симентальської породи. Найбільша кількість відмінностей виявлена у системах груп крові ЕАВ (16 антигенів) та ЕАС (5 антигенів). У системі ЕАВ виявлено 13 еритроцитарних антигенів, які відсутні у дослідній групі племрепродуктору «Крамагросвіт». Із них антигени B_2 , G_2 та O_2 спостерігались у 23–27% племінних тварин симентальської худоби «Червоного Велетня», A_2' , D' – у 14–18%, а решта – у 2–10%. У межах системи ЕАС варто відзначити антигенний фактор С, що траплявся у 13,6% сименталів. До переліку втрачених у популяції «Червоного Велетня» можна віднести антигенні фактори ЕАВ-Q, ЕАВ- I_1 , ЕАС- R_1 , ЕАС- X_1 та ЕАС- U'' . Окрім того, спостерігається значне зниження частот антигенів ЕАВ- O_1 (0,01 у худоби «Червоного Велетня» порівняно з 0,23 у «Крамагросвіт») та ЕАС- S_1 (0,14 проти 0,49 відповідно). Зміни у наборі еритроцитарних антигенів симентальської худоби племзаводу «Червоний Велетень» свідчать про поступове відхилення від початкового генофонду породи. Ретроспективний аналіз груп крові дослідних популяцій тварин підтверджує необхідність генетичного моніторингу та важливість збереження балансу між удосконаленням продуктивності та підтриманням генетичної ідентичності порід.

Ключові слова: симентальська порода, імуногенетичні маркери, еритроцитарні антигенні фактори, групи крові, популяція, генетична структура, алель

FEATURES OF GENETIC DETERMINANTS IN UKRAINIAN POPULATIONS OF SIMMENTAL CATTLE

Yu. V. Liashenko*Livestock farming institute of NAAS (Kharkiv, Ukraine)*

This article presents the results of a retrospective analysis of the genetic structure of herds of the introduced Simmental cattle breed using immunogenetic markers. Differences were established in the genetic structure between the Simmental breed population at PJSC “Chervonyi Veleten” Breeding Plant, which has been a part of the Ukrainian selection system for a long time, and the created population based on imported Simmentals from the breed’s countries of origin (LLC “Kramahrosvit” Breeding Reproduser, Donetsk region, Austrian selection). Immunogenetic testing of

the cattle was conducted using 9 blood group systems and 60 antigens. In the studied groups of animals, 49 (“Chervonyi Veleten”) and 35 (“Kramahrosvit”) blood group system antigens were detected with varying frequencies. Twenty-seven instances of differences in erythrocyte antigen frequencies were recorded, characterizing the divergence between the studied Simmental breed populations. The largest number of differences was found in the EAB (16 antigens) and EAC (5 antigens) blood group systems. Within the EAB system, 13 erythrocyte antigens were detected that were absent in the study group from the “Kramahrosvit” breeding reproducer. Among these, antigens B₂, G₂, and O₂ were observed in 23–27% of the breeding Simmental cattle at “Chervonyi Veleten”, A₂ and D' in 14–18%, and the remainder in 2–10%. Within the EAC system, the antigenic factor C, occurring in 13.6% of Simmentals, is noteworthy. Antigenic factors EAB-Q, EAB-I₁, EAC-R₁, EAC-X₁, and EAS-U^{II} can be classified as lost in the “Chervonyi Veleten” population. Additionally, a significant decrease in the frequencies of antigens EAB-O₁ (0.01 in “Chervonyi Veleten” cattle compared to 0.23 in “Kramahrosvit”) and EAS-S₁ (0.14 versus 0.49, respectively) is observed. The changes in the set of erythrocyte antigens in the Simmental cattle at the “Chervonyi Veleten” breeding plant indicate a gradual deviation from the breed’s original gene pool. The retrospective analysis of blood groups in the studied animal populations confirms the necessity of genetic monitoring and the importance of maintaining a balance between improving productivity and preserving the genetic identity of breeds.

Keywords: Simmental breed, immunogenetic markers, erythrocyte antigenic factors, blood groups, population, genetic structure, allele

Вступ. Сьогодні дедалі гостріше стоїть питання збереження генофонду навіть тих порід, які поки що є широко розповсюдженими (Buiuklu et al., 2012; Podobas et al., 2007). Дослідження свідчать, що в останні роки, під впливом негативних факторів зовнішнього середовища, активного використання генетичних ресурсів імпортованих порід та ряду інших чинників, генетична мінливість окремих порід значно знижується.

У зв'язку з цим нагальною необхідністю є підтримка генетичної різноманітності популяцій сільськогосподарських тварин. Інтенсифікація селекційного процесу нерідко призводить до скорочення генофонду порід та втрати цінних алелів, які можуть мати значення для майбутньої селекції (Podobas et al., 2007; Kovtun et al., 2019). Навіть із впровадженням геномної селекції, яка дозволяє точніше визначити племінну цінність, зберігається ризик надто швидкого збільшення частоти бажаних алелів та пов'язаної з цим втрати загального різноманіття, якщо не застосовувати стратегії управління інбридингом (Meuwissen et al., 2016).

Симентальська порода ВРХ є однією з найбільш поширених в світі. На території України її генезис розпочався з імпорту чистопорідних тварин з Швейцарії та Австрії, а розквіт припав на середину 90 років минулого сторіччя, коли кількість тварин цієї породи складала 39,2% загального поголів'я усіх порід в Україні (Pochukalin et al., 2017). За наступні 20 років чисельність цієї породи скоротилась більше ніж в 10 разів. За даними Державного реєстру суб'єктів племінної справи у тваринництві на початок 2019 року в Україні налічувалось 17 спеціалізованих господарств (4 племзаводи і 13 племрепродукторів, Romanova et al., 2020a) із загальною кількістю 10559 голів симентальської худоби (у тому числі 4713 корів, Romanova et al., 2020b) молочно-м'ясного напрямку продуктивності. Причиною цього могла бути малоприсаєднаність цієї та інших класичних порід для використання в умовах високотехнологічних комплексів з виробництва молока (Orikhivskiy et al., 2022).

Однак, враховуючи універсальність (високу молочну і м'ясну продуктивність), чудові адаптаційні та відтворювальні якості, тривалість господарського використання симентальської породи залишається цінним джерелом господарсько корисних ознак, які варто зберегти як для ефективного використання в селекційному процесі, так і вирішення проблеми збереження генетичного різноманіття сільськогосподарських тварин.

На сучасному етапі розвитку скотарства в Україні аналіз генофонду місцевих порід набуває особливого значення. Зокрема, залишається актуальним питання оцінки генетичного

різноманіття популяцій великої рогатої худоби (Hladii et al., 2018; Ladyka et al., 2018; Ladyka et al., 2023). Систематичне проведення селекційної роботи під постійним генетичним контролем у стадах різних порід сприяє підтриманню високого рівня різноманіття генів і генетичних комплексів. Інтенсивна селекція без належного контролю може призводити до втрати різноманіття, тому впровадження стратегій управління генетичними ресурсами в рамках селекційних програм дозволяє збалансувати генетичний прогрес та збереження варіації. Серед сучасних стратегій на основі генетико-селекційних методів можна назвати OCS (Optimal Contribution Selection) – стратегію основувану на теорії оптимального внеску, яка дозволяє максимізувати генетичний прогрес для заданого (бажаного) рівня інбридингу (Woolliams et al., 2015).

Для оцінки та моніторингу генетичного різноманіття сільськогосподарських тварин існують різні класи генетичних маркерів, які дозволяють аналізувати успадковані особливості, ідентифікувати породи та оцінювати рівень генетичної мінливості. Основні класи маркерів включають: біохімічні, імуногенетичні, ДНК-маркери, цитогенетичні, епігенетичні маркери. Вони дозволяють проводити комплексну оцінку генофонду, покращувати селекційні програми та зберігати генетичне різноманіття сільськогосподарських тварин. Найбільш широке використання у вітчизняному скотарстві набули імуногенетичні маркери. Систематична діяльність із проведення імуногенетичної експертизи ВРХ була започаткована в Українському науково-дослідному інституті розведення та штучного осіменіння великої рогатої худоби (нині Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН) з 1987 року (Podoba & Metlytska, 2018).

Імуногенетична інформація, з одного боку, забезпечила перевірку походження племінних тварин, а з іншого – створила передумови для використання генетичних маркерів з метою поглибленого аналізу племінних ресурсів скотарства (Podoba et al., 2018). Необхідно зазначити, що країни з високорозвиненим тваринництвом вже давно перейшли на використання ДНК-маркерів для генетичної експертизи походження сільськогосподарських тварин (ВРХ, коні, свині, вівці). В Україні положення про племінну справу в тваринництві визначає можливість проведення атестації тварин на основі імуногенетичних досліджень груп крові, ДНК-маркерів і досліджень генетичних аномалій (положення). На практиці ж видача свідоцтва племінних тварин в Україні обмежується інформацією про походження за імуногенетичними маркерами.

Дослідження поліморфізму еритроцитарних антигенів (групи крові) симентальської породи в Україні проводились на базі Інституту розведення і генетики тварин (Podoba et al., 2018) та Інституту тваринництва (Rossokha et al., 2019; Rossokha et al., 2020). Зокрема в роботі (Podoba et al., 2018) представлені результати аналізу поголів'я симентальської худоби племзаводу «Тростянець» (Сумська обл.) до 1978 і після 1981 року за найбільш поліморфною системою В груп крові. Дослідження Rossokha et al. (2019, 2020) присвячені змінам, які відбулися в структурі популяції симентальської породи, яка утримувалась в племрепродукторі «Червоний Велетень» (Харківська обл.) з 1998 по 2018 р. з урахуванням лінійної належності тварин. Однак, дослідження особливостей змін генетичної структури популяції симентальської породи за імуногенетичними маркерами порівняно з алелофондом тварин з країн походження цієї породи не проводились.

За даними Pochukalin et al. (2017) генеалогічна структура симентальської породи в Україні представлена двома породами – власне симентальською та голштинською червоною масті. Саме в племзаводі «Червоний Велетень» значну частку маточного поголів'я займали бугаї голштинської породи. Закордонна селекція симентальської породи в основному була зосереджена в Житомирській і Донецькій обл. Зокрема в племрепродукторі «Крамагросвіт» маточне поголів'я було створене на основі чистопорідних сименталів, імпортованих з Австрії.

Мета дослідження. Дослідні групи тварин симентальської породи були сформовані таким чином, щоб можна було проаналізувати зміни у частотах алелів і генотипів інтродукова-

них тварин цієї породи, які тривалий час перебували в системі відтворення української селекції (популяція симентальської породи племрепродуктору ПАТ «Червоний Велетень» Харківської обл.). Порівнювати її будемо з популяцією, створеною на основі імпортованих сименталів із країн походження цієї породи (племрепродуктор ТОВ «Крамагросвіт» Донецької обл.). Тому метою наших досліджень було проаналізувати, що відбувається з алелофондом еритроцитарних антигенних факторів (групи крові) симентальської породи на прикладі популяції тварин, яка тривалий час була задіяна в системі племінного тваринництва України.

Матеріали та методи досліджень. Об'єкт дослідження – популяції ВРХ симентальської породи з двох племінних господарств – ПрАТ «Племінний завод «Червоний Велетень» Харківської області та племрепродуктора ТОВ «Крамагросвіт» Донецької області. Для аналізу дослідних популяцій були використані результати атестації тварин (імунологічні тести), зразки крові яких надходили продовж 2009–2017 років з племзаводу «Червоний Велетень» ($n = 118$) та племрепродуктору «Крамагросвіт» за 2016 рік ($n = 57$).

Дослідження імуногенетичних маркерів ВРХ проведені співробітниками Інституту тваринництва НААН з використанням моноспецифічних сироваток-реагентів для визначення 60 еритроцитарних антигенів ВРХ, які об'єднані в 9 генетичних систем груп крові (A, B, C, F, J, L, M, S і Z). Генетико-статистичний аналіз алелофонду дослідних популяцій проведено згідно рекомендацій (Burkat et al., 2010; Rossokha et al., 2016). Достовірність відмінностей між частотами антигенів визначали з використанням тесту Хі-квадрат (χ^2) Пірсона.

Результати досліджень. Проведений аналіз поголів'я дослідних популяцій ВРХ симентальської породи показав, що в обстежених групах тварин з різною частотою виявлено 49 антигенів систем груп крові в популяції племзаводу «Червоний Велетень» та 35 антигенів в поголів'ї племрепродуктору «Крамагросвіт». Для загального уявлення щодо імуногенетичного профілю дослідних популяцій тварин розглянемо рисунок 1.

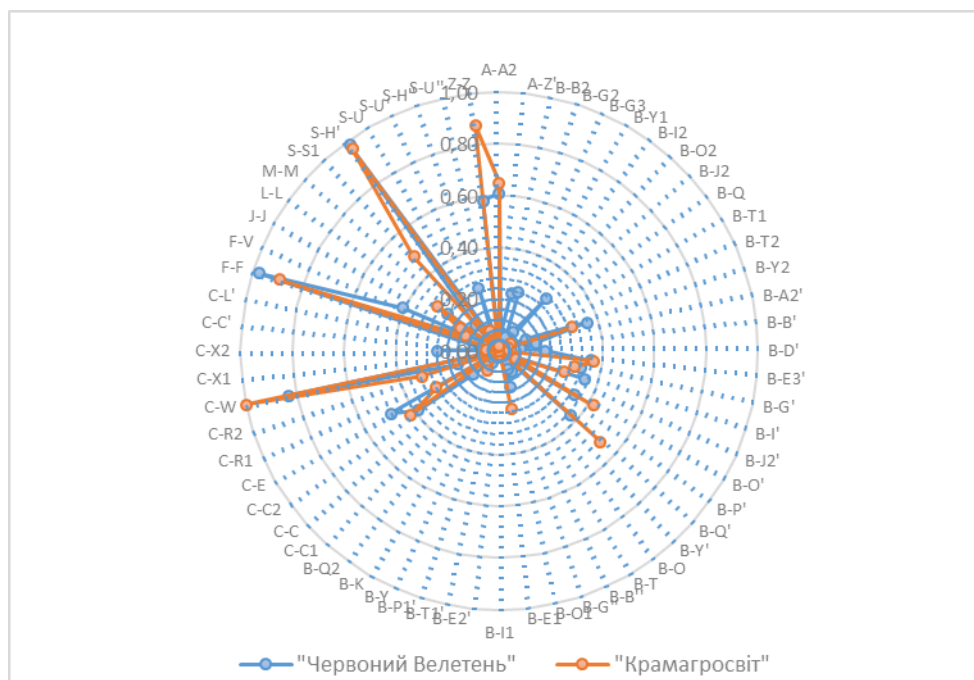


Рис. 1. Імуногенетичний профіль дослідних популяцій симентальської породи

Найменший внесок в генетичну мінливість обох популяцій симентальської худоби мали антигени EAS-H' (частоти 0,98 «Червоний Велетень» і 0,97 «Крамагросвіт»), EAF-F (0,97 і 0,90), EAC-W (0,83 і 1,0), EAZ-Z (0,59 і 0,88) та EAA-A₂ (0,61 і 0,65). В цілому ж генофонд популяції племзаводу «Червоний Велетень» мав вищу антигенонасиченість ($A_n = 0,183$) та був більше диференційований порівняно з популяцією племрепродуктору «Крамагросвіт» ($A_n = 0,158$). Серед найбільш поліморфних систем групи крові середня частота поширення

антигенів для ЕАВ складала 0,116 для «Червоного Велетня» (27 антигенів) і 0,078 для «Крамагросвіт» (15 антигенів), для ЕАС – 0,223 (9 антигенів,) і 0,078 (8 антигенів) та ЕАС – 0,251 (5 антигенів) і 0,266 (6 антигенів) відповідно.

В таблиці 1 приведені антигенні фактори, за якими відрізняються дослідні популяції тварин.

1. Частоти еритроцитарних антигенів у дослідних популяціях симентальської породи

Еритроцитарні антигени	Господарства		χ^2	Еритроцитарні антигени	Господарства		χ^2
	ПРАТ «Червоний Велетень» (n = 118)	ТОВ «Крамагросвіт» (n = 57)			ПРАТ «Червоний Велетень» (n = 118)	ТОВ «Крамагросвіт» (n = 57)	
ЕАА-Z'	0,068	0	0,051	ЕАВ-I ₁	0	0,018	0,010
ЕАВ-B ₂	0,229	0	1,767	ЕАВ-E ₂ '	0,017	0	0,010
ЕАВ-G ₂	0,237	0	1,901	ЕАВ-Q ₂	0,009	0	0,002
ЕАВ-G ₃	0,059	0	0,118	ЕАС-C ₁	0,076	0	0,196
ЕАВ-O ₂	0,27	0	2,480	ЕАС-C	0,136	0	0,621
ЕАВ-Q	0	0,053	0,093	ЕАС-R ₁	0	0,018	0,010
ЕАВ-T ₁	0,025	0	0,022	ЕАС-X ₁	0	0,018	0,010
ЕАВ-A ₂ '	0,144	0	0,700	ЕАС-L'	0,068	0	0,155
ЕАВ-D'	0,178	0	1,070	ЕАВ-V	0,407	0,140	2,397
ЕАВ-P'	0,034	0	0,039	ЕАМ-M	0,009	0	0,002
ЕАВ-Y'	0,017	0	0,010	ЕАС-S ₁	0,136	0,491	4,270*
ЕАВ-O	0,051	0	0,087	ЕАС-U''	0	0,018	0,010
ЕАВ-T	0,093	0	0,293	ЕАЗ-Z	0,585	0,877	2,888
ЕАВ-O ₁	0,009	0,228	1,628				

Примітка: * – $P \leq 0,05$

Аналіз отриманих результатів дозволив виявити 27 випадків відмінностей в частотах антигенних факторів, за якими відрізнялись дослідні популяції симентальської породи. В першу чергу це стосується систем груп крові ЕАВ (16 антигенів) і ЕАС (5 антигенів). В системі ЕАВ ідентифіковано 13 еритроцитарних антигенів, які не зустрічаються в дослідній групі тварин з племрепродуктору «Крамагросвіт» (B₂, G₂, G₃, O₂, T₁, A₂', D', P', Y', O, T, E₂', Q₂). Серед них B₂, G₂, і O₂ виявлені у 23–27%, A₂', D' – у 14–18%, решта – у 2–10% племінної симентальської худоби «Червоного Велетня». Для системи ЕАС необхідно відмітити фактор С, який зустрічався у 13,6% сименталів.

Умовно втраченими для популяції «Червоного Велетня» можна вважати еритроцитарні антигенні фактори ЕАВ-Q, ЕАВ-I₁, ЕАС-R₁, ЕАС-X₁ і ЕАС-U'', а також значне зниження частот антигенів ЕАВ-O₁ (0,01 проти 0,23 у «Крамагросвіт») і ЕАС-S₁ (0,14 проти 0,49).

Серед зазначених відмінностей в частотах еритроцитарних антигенних факторів достовірними на 0,05 рівні значущості можна вважати лише зміни в частотах ЕАС-S₁ (табл. 1). Для решти випадків використаний для аналізу критерій χ^2 говорить, що отриманий результат, більшою мірою, є випадковим, враховуючи різний обсяг вибірок. При бажанні можна було б використати більш потужний статистичний критерій, щоб визнати вірогідними ще деякі відмінності. Однак, для розуміння процесів, які відбуваються з однією із інтродукованих порід ВРХ, яка тривалий час була задіяна в селекційному процесі відтворювальних схрещувань, достатньо і виявлених тенденцій.

Якщо говорити про збереження генетичного різноманіття ВРХ та прийняти твердження, що худоба, яка розводиться в досліджених племінних господарствах України відноситься до симентальської породи, можна зробити висновок, що популяція сименталів з «Червоного Велетня» має більш різноманітний генетичний потенціал. З іншого боку, виникає питання,

що відбувається з частотами алелів, які були притаманні чистопорідним тваринам цієї породи, яка славилась універсальною продуктивністю, високими адаптаційними і відтворювальними якостями. Звісно, що це питання дискусійне в силу ряду факторів, одним з яких є відсутність інформації щодо кровності тварин, які імпортувалися з країн походження симентальської породи. Для порівняння нами була використана вибірка з популяції племрепродуктору «Крамагросвіт», створена на основі тварин симентальської породи, імпортованих з Австрії. Отримані результати аналізу антигенних факторів груп крові дослідних популяцій підтверджують літературні дані щодо тих селекційних підходів, які були задіяні в програмах поліпшення симентальської породи в умовах України. Зокрема, на маточному поголів'ї симентальської породи в Харківській обл. використовували прилиття крові плідників червонорябої голштинської, айрширської і монбельярдської порід з наступним розведенням «у собі» тварин бажаного генотипу (Bashchenko et al., 2018). Непрямим підтвердженням цього є наявність 18 еритроцитарних антигенів, виявлених в популяції симентальської худоби племзаводу «Червоний Велетень», які не зустрічаються в популяції сименталів австрійського походження («Крамагросвіт»). Натомість, ряд алелів з «австрійської» популяції повністю втрачені (EAB-Q, EAB-I₁, EAC-R₁, EAC-X₁ і EAS-U^{//}) або істотно зменшили свою частоту зустрічальності (EAB-O₁, EAS-S₁).

Прилиття крові інших порід у селекційній роботі із симентальською породою ВРХ мало на меті удосконалення продуктивних характеристик відповідно до сучасних потреб тваринництва. У випадку, коли такі зміни незначні, говорять про внутрішньопородні типи або лінії. Однак, якщо прилиття крові було настільки значним, що змінилася не лише продуктивність, а й сам генотип та фенотип тварин, то постає питання про доцільність збереження первинної назви породи.

Отримані нами результати дають підстави вважати, що в дослідженій популяції симентальської худоби племзаводу «Червоний Велетень» мають місце певні елементи зміни генетичної структури за групами крові, що свідчить про генетичне «віддалення» від оригінальної породи. Це означає, що в процесі прилиття крові інших порід, певні гени, які відповідали за характерні для сименталів групи крові, були втрачені або заміщені іншими.

Збереження генетичного різноманіття порід, зокрема симентальської, у контексті постійного «поліпшення» через прилиття крові інших порід – це складне завдання, яке потребує балансу між удосконаленням продуктивності та підтриманням генетичної ідентичності. Безконтрольне насичувальне схрещування може призвести до зникнення тварин, які несуть оригінальний генотип, що може робити породу більш вразливою до змін довкілля, хвороб, змін раціонів тощо. І це стосується не тільки сименталів, а й інших, в першу чергу, малочисельних автохтонних порід, які ще залишились в Україні.

З метою запобігання звуженню генетичного різноманіття та збереженню унікальних та самотутніх особливостей порід сільськогосподарських тварин, необхідною умовою є використання різних класів генетичних маркерів для оцінки генетичної мінливості. На прикладі імуногенетичних маркерів показана важливість їх використання для поглибленого аналізу племінних ресурсів симентальської худоби та ідентифікації генетичних факторів, що потенційно можуть впливати на продуктивність і стійкість тварин. Проведений ретроспективний аналіз груп крові дослідних популяцій тварин доводить важливість застосування генетичного моніторингу в стадах ВРХ з метою оптимізації племінної роботи, збереження генетичної різноманітності, ідентичності та забезпечення сталого розвитку порід.

Висновки. Встановлено відмінності в генетичній структурі популяції симентальської породи ПрАТ «Племзавод «Червоний Велетень», яка тривалий час перебувала в системі відтворення української селекції, з популяцією, створеною на основі імпортованих сименталів з країн походження цієї породи (племрепродуктор ТОВ «Крамагросвіт», Донецька обл., австрійська селекція). В обстежених групах тварин з різною частотою виявлено 49 («Червоний Велетень») та 35 («Крамагросвіт») антигенів систем груп крові. В генетичному профілі симентальської худоби племзаводу «Червоний Велетень» відбулися певні зрушення у складі

антигенів груп крові (27 випадків відмінностей в частотах антигенних факторів), що вказує на поступове відхилення від первинного генофонду породи. Ймовірно, унаслідок введення крові інших порід, частина типових для сименталів алелів, що визначають специфічні групи крові, були заміщені іншими (13 еритроцитарних антигенів), або суттєво зменшили свою частку зустрічаємості (2 антигена), та навіть зникли (5 антигенів). Ретроспективний аналіз груп крові дослідних популяцій тварин підтверджує необхідність генетичного моніторингу та важливість збереження балансу між удосконаленням продуктивності та підтриманням генетичної ідентичності порід.

Подяка. Висловлюється вдячність колишнім співробітникам лабораторії генетики тварин Інституту тваринництва: В. І. Россохі, О. В. Дробязко, Г. М. Тур, співробітникам лабораторії генетичного контролю О. А. Задеришін, О. В. Бровку, які сприяли організації та проведенню наукових досліджень з імуногенетичної атестації дослідних груп тварин.

REFERENCES

- Bashchenko, M. I., Melnyk, Yu. F., Kruhliak, A. P., Biriukova, O. D., Polupan, Yu. P., & Kruhliak, T. O. (2018). *Porodoutvoriuvalni protsesy u molochnomu skotarstvi Ukrainy* [Breeding processes in dairy cattle breeding in Ukraine]. In M. V. Hladii, Yu. P. Polupan (Eds.), *Selektsiini, henetychni ta biotekhnologichni metody udoskonalennia i zberezhenia henofondu porid silskohospodarskykh tvaryn* [Breeding, genetic and biotechnological methods for improving and preserving the gene pool of farm animal breeds] (209–253). Tekhservis. [In Ukrainian]. file:///C:/Users/user/Downloads/070818.pdf.
- Buiuklu, H. I., & Pysarenko, H. I. (2012). Stan zberezhenia henofondu chervonoї stepovoi porody na suchasnomu etapi [The current state of conservation of the gene pool of the red steppe breed]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Taurida Scientific Herald*. Kherson, 78, 20–24. [In Ukrainian]. http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/78-2-1_2012/7.pdf.
- Burkat, V. P., Huziev, I. V., Borodai, I. S., Kopylov, K. V., & Bodriashova, K. V. (2010). *Rekomendatsii iz vykorystannia spadkovoho polimorfizmu v pleminnomu tvarynnytstvi Ukrainy* [Recommendations for the use of hereditary polymorphism in breeding livestock of Ukraine]. [In Ukrainian].
- Hladii, M. V., & Polupan, Yu. P. (Eds.) (2018). *Selektsiini, henetychni ta biotekhnologichni metody udoskonalennia i zberezhenia henofondu porid silskohospodarskykh tvaryn* [Breeding, genetic and biotechnological methods for improving and preserving the gene pool of farm animal breeds]. 791. Tekhservis. [In Ukrainian]. file:///C:/Users/user/Downloads/070818.pdf.
- Hyl, M. I., & Kovalenko, V. P. (2016). Monitorynh henofondu molochnoho skotarstva Ukrainy ta metody pryskorennia porodoutvorennia v nomu [Monitoring the gene pool of dairy cattle breeding in Ukraine and methods for accelerating breed formation in it]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy – Bulletin Institute of agriculture of steppe zone NAAS of Ukraine*. Dnipro, 11, 127–133. [In Ukrainian]. http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2016_11_30.
- Konovalov, V. S., Huziev, I. V., & Kopylov, K. V. (2011). Mekhanizmy formuvannia prykhovanoi henetychnoi minlyvosti u henofondi velykoi rohatoi khudoby [Mechanisms of formation of latent genetic variability in the cattle gene pool]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva. – Scientific Herald of NULES of Ukraine. Technology of production and processing of livestock products*. Kyiv, 160 (1), 311–316. [In Ukrainian].
- Kovtun, S. I., & Borodai, I. S. (2019). Rozvytok teoretychnykh osnov zberezhenia henofondu silskohospodarskykh tvaryn unaukovomu spadkuprofesora M. A. Kravchenka [Development of theoretical basis for conservation of the gene fund of farm animals in the scientific heritage of professor M. A. Kravchenko]. *Tvarynnytstvo ta tekhnolohii kharchovykh produktiv – Animal science and food technology*. Kyiv, 10 (2), 29–35. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/animal2019.02.029>.

- Ladyka, V. I., Skliarenko, Yu. I., & Pavlenko, Yu. M. (2018). Perspektyvy zberezhenia lebedynskoi porody [Prospects for the preservation of the Lebedyn breed]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn – Animal breeding and genetics*. Kyiv, 55, 225–234. [In Ukrainian]. http://digest.iabg.org.ua/images/digest/55/Animal_breeding_and_genetics_55.pdf.
- Ladyka, V. I., Zhukorskyi, O. M., & Hrytsyniak, I. I. (2023). *Henetychni resursy vitchyznianykh porid silskohospodarskykh tvaryn* [Genetic resources of domestic breeds of farm animals]. Odesa: Oldi+. [In Ukrainian].
- Meuwissen, T., Hayes, B., & Goddard, M. (2016). Genomic selection: A paradigm shift in animal breeding. *Animal Frontiers*, 6 (1), 6–14. <https://doi.org/10.2527/af.2016-0002>.
- Orikhivskyi, T., Fedorovych, Y., Mazur, N., & Kryshchal, O. (2022). Breeding and genetic features of simmental animals of different production types. *Naukovyi visnyk LNU veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Silskohospodarski nauky – Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Agricultural Science*, 24 (97), 191–202. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9732>.
- Pochukalin, A. Ye., Rizun, O. V., & Pryima, S. V. (2017). Monitorynh symental'skoi porody v Ukraini [Monitoring of the Simmental breed in Ukraine]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn – Animal breeding and genetics*. Kyiv, 53, 179–184. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/abg.53.24>.
- Podoba, B. E., Yeifmenko, M. Ya., & Biriukova, O. D. (2018). *Imunohenetychni markery v selektsii velykoi rohatoi khudoby* [Immunogenetic markers in cattle breeding]. In M. V. Hladii, Yu. P. Polupan (Eds.), *Selektsiini, henetychni ta biotekhnolohichni metody udoskonalennia i zberezhenia henofondu porid silskohospodarskykh tvaryn* [Breeding, genetic and biotechnological methods for improving and preserving the gene pool of farm animal breeds] (576–598). Tekhservis. [In Ukrainian]. <file:///C:/Users/user/Downloads/070818.pdf>.
- Podoba, B. Ye., & Metlytska, O. I. (2018). *Henetychna ekspertyza pokhodzhennia plemynnykh tvaryn* [Genetic examination of the origin of breeding animals]. In M. V. Hladii, Yu. P. Polupan (Eds.), *Selektsiini, henetychni ta biotekhnolohichni metody udoskonalennia i zberezhenia henofondu porid silskohospodarskykh tvaryn* [Breeding, genetic and biotechnological methods for improving and preserving the gene pool of farm animal breeds]. (573–576). Tekhservis. [In Ukrainian] [file:///C:/Users/user/Downloads/070818%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/070818%20(1).pdf).
- Podoba, B. Ye., Borodai, I. S., & Ovcharuk, S. V. (2007). Imunohenetychnyi monitorynh u selektsiinykh protsesakh stvorennia ta vdoskonalennia porid silskohospodarskykh tvaryn [Immunogenetic monitoring in breeding processes for the creation and improvement of farm animal breeds]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn – Animal breeding and genetics*. Kyiv, 41, 171–180. [In Ukrainian]. http://nbuv.gov.ua/UJRN/rgt_2007_41_27.
- Romanova, O. V., Pryima, S. V., Polupan, Yu. P., & Basovskyi, D. M. (2020a). *Derzhavnyi reiestr sub'ektiv plemynnoi spravy u tvarynnytstvi za 2019 rik* [State Register of Breeding Entities in Animal Husbandry for 2019]. T. 1. [In Ukrainian].
- Romanova, O. V., Pryima, S. V., Polupan, Yu. P., & Basovskyi, D. M. (2020b). *Derzhavnyi reiestr sub'ektiv plemynnoi spravy u tvarynnytstvi za 2019 rik* [State Register of Breeding Entities in Animal Husbandry for 2019]. T. 2. [In Ukrainian].
- Rossokha, O. V., Drobiazko, Y. A., Boyko, G. N., Tur, Y. K., Oliinychenko, O. A., Zaderikhina, & O. V. Brovko. (2020). Genetic diversity of simmental cattle lines by polymorphic blood group systems. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and technical bulletin of Livestock farming Institute of NAAS of Ukraine*, 124, 15–23. DOI:10.32900/2312-8402-2020-124-15-23.
- Rossokha, V. I., Tur, H. M., Zaderykhina, O. A., Kovalova, T. M., Drobiazko, O. V., & Pomitun, I. A. (Eds.). (2016). *Metodychni rekomendatsii po henetychnii otsyntsi bioriznomanittia ta formuvannia henotypovoi struktury malochyselnykh porid silskohospodarskykh tvaryn* [Guidelines for genetic assessment of biodiversity and formation of genotypic structure of small breeds of farm animals]. Instytut tvarynnytstva. [In Ukrainian].

- Rossokha, V. I., Drobyazko, O. V., & Boyko, O. A. (2019). Dynamyka zmin genetychnoi' struktury populjacii' velykoi' rogatoi' hudoby symental's'koi' porody za imunogenetychnymy kryterijamy [Dynamics of changes in the genetic structure of the Simmental breed by the immunogenetic criteria]. *Naukovo-tekhichniyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and technical bulletin of Livestock farming Institute of NAAS of Ukraine*. Kharkiv122, 155–162. [In Ukrainian]. DOI:10.32900/2312-8402-2019-122-155-162.
- Woolliams, J. A., Berg, P., Dagnachew, B. S., & Meuwissen, T. H. E. (2015). Genetic contributions and their optimization. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 132 (2), 89–99. doi:10.1111/jbg.12148.

Одержано редколегією 08.04.2025 р.

Прийнято до друку 14.05.2025 р.