

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРобКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION,
STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 636.2.082 / 57.087.01

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.24>

ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ДЛЯ МІЖПОРОДНОЇ ДИФЕРЕНЦІЇ МОЛОЧНОЇ ХУДОБИ НА ПІДСТАВІ МАСО-МЕТРИЧНИХ ОЗНАК

Каратєєва О.І. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0652-1240

Крамаренко О.С. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-2635-526X

Крамаренко С.С. – д.б.н., професор,
професор кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5658-1244

Головною метою даної роботи була оцінка ефективності використання багатовимірних методів аналізу для міжпородної диференціації молочної худоби на підставі масо-метричних ознак. Отримані результати свідчать про наявність вірогідних відмінностей між оцінками живої маси тварин різних порід молочної худоби у різному віці. Для всіх вікових груп відмічено вірогідне переважання тварин української чорно-рябої молочної породи, яким поступалися тварини української червоної молочної породи і, нарешті, найнижчі оцінки живої маси в різні вікові періоди було відмічено для тварин червоної степової породи.

Аналогічну ситуацію було відмічено і у відношенні промірів будови тіла первісток – для всіх використаних у аналізі ознак було відмічено суттєвий вплив породної належності тварин; особливо, він мав місце для висоти у холці, глибини грудей, ширини у маклоках та



© Каратєєва О.І., Крамаренко О.С., Крамаренко С.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

обхвату грудей. Для деяких промірів було відмічено суттєве переважання тварин української червоної молочної породи (висота у холці, глибина і обхват грудей, ширина в маклоках), у той час як для інших – найвищі оцінки було відмічено для тварин української чорно-рябої молочної породи. Отже, при аналізі міжпородної диференціації треба враховувати не лише прояв окремих промірів будови тіла первісток, але й характер зв'язку між ними.

Тварини української чорно-рябої молочної породи формують компактний кластер, який чітко відокремлюється від інших двох порід на підставі значень першої Головної Компоненти (PC1) матриці ознак живої маси від народження до 18-місячного віку. Тварини червоної степової породи та української червоної молочної породи гірше диференціюються між собою. І границя диференціації між ними формується значеннями як по PC1, так і по PC2. Тобто, відмінності між телицями червоної степової породи та української червоної молочної породи базуються як на відмінностях загальної живої маси нетелів, так і враховують приріст живої маси від народження до 3-міс. віку.

Тварини української чорно-рябої молочної породи та української червоної молочної породи формують більш-менш компактні та відокремлені один від одного кластери у просторі PC1 та PC2 матриці промірів будови тіла. В проекції PC1 vs PC3 тварини всіх трьох порід молочної худоби чітко відокремлюються одна від одної і формують свої власні відокремлені кластери. При цьому, тварини української червоної молочної породи чітко відокремлюються від тварин української чорно-рябої молочної породи, насамперед, вздовж PC3 (тобто, за обхватом п'ястка), а від тварин червоної степової породи вздовж PC1 (тобто, за загальними розмірами тіла).

В проекції PC2 vs PC3 також є певні скупчення первісток окремих порід; в цілому, ступінь міжпородної диференціації при одночасному використанні PC2 та PC3 була найгіршою. В найбільшому ступені інтрогресія із іншими породами в просторі PC2 та PC3 притаманна первісткам червоної степової породи.

Ключові слова: масо-метричні ознаки, Аналіз Головних Компонент, молочна худоба.

Karatieieva O.I., Kramarenko O.S., Kramarenko S.S. Use of multivariate analysis methods for interbreed differentiation of dairy cattle based on body weight and metric traits

The primary objective of this study was to assess the effectiveness of multivariate analysis methods for interbreed differentiation of dairy cattle based on body weight and metric traits. The results indicate significant differences in body weight estimates among animals of different dairy cattle breeds at various ages. Across all age groups, heifers of the Ukrainian Black-and-White dairy breed showed significantly higher values, followed by the Ukrainian Red dairy breed, while the lowest body weight estimates at various ages were observed in the Red Steppe breed.

A similar pattern was observed for the exterior traits of primiparous cows. For all traits included in the analysis, breed had a significant effect, particularly for withers height, chest depth, hip width, and chest girth. For certain measurements, the Ukrainian Red dairy breed showed a clear advantage (withers height, chest depth and girth, hip width), whereas for other traits, the highest values were observed in the Ukrainian Black-and-White dairy breed. Thus, interbreed differentiation should consider not only individual exterior traits of primiparous cows but also the relationships among these traits.

Animals of the Ukrainian Black-and-White dairy breed formed a compact cluster, clearly separated from the other two breeds based on the values of the first principal component (PC1) of the body weight matrix from birth to 18 months of age. In contrast, the Red Steppe and Ukrainian Red dairy breeds were less distinctly differentiated, with boundaries between them interpreted using both PC1 and PC2. In other words, differences between Red Steppe and Ukrainian Red primiparous cows were determined both by overall body weight and by body weight gain from birth to 3 months of age.

The Ukrainian Black-and-White and Ukrainian Red dairy breeds formed relatively compact and mutually separated clusters in the PC1-PC2 space of exterior traits. In the PC1 vs. PC3 projection, animals of all three dairy breeds were clearly separated from each other, forming distinct clusters. In this projection, the Ukrainian Red dairy breed was clearly differentiated from the Ukrainian Black-and-White breed primarily along PC3, representing metacarpal girth, and from the Red Steppe breed along PC1, representing overall body size.

In the PC2 vs. PC3 projection, certain clustering of primiparous cows by breed was also observed. Overall, interbreed differentiation was the least distinct when using PC2 and PC3 simultaneously. The greatest degree of introgression with other breeds in the PC2-PC3 space was observed in Red Steppe primiparous cows.

Key words: body metric traits, Principal Component Analysis, dairy cattle.

Постановка проблеми. У селекційній роботі, спрямованій на підвищення молочної продуктивності, важливе значення має рання діагностика господарсько-корисних ознак молочної худоби. Для ефективного регулювання процесів розвитку сільськогосподарських тварин необхідно передусім встановити закономірності морфо-функціонального росту та формування специфічних властивостей організму на різних періодах, етапах і стадіях онтогенезу. У зв'язку з цим особливого значення набуває визначення критеріїв оцінки інтенсивності росту корів у ранньому онтогенезі та встановлення його зв'язку з подальшим формуванням високопродуктивних тварин. Зміни живої маси тварин у процесі росту відбуваються неоднаково і значною мірою залежать від спадкових особливостей, що визначають послідовність темпів росту в різні періоди онтогенезу, а також від умов утримання та годівлі [2].

Постановка завдання. Вирощування ремонтного молодняка є одним із ключових факторів, що визначає рівень продуктивності молочної худоби. Інтенсивність росту ремонтних телиць забезпечує реалізацію їхнього генетичного потенціалу, впливає на тривалість господарського використання та значною мірою визначає економічну ефективність виробництва молока. Невідповідність живої маси тварин стандартам вагового та лінійного росту в різні періоди вирощування може призводити до зниження молочної продуктивності й подовження сервіс-періоду після першого отелення. Крім того, жива маса телиць у різні вікові періоди може слугувати одним із найбільш ранніх критеріїв прогнозування ефективності довічного використання корів дійного стада [1].

Рівень вирощування молодняка може порушувати закономірну послідовність формування структурних елементів органів і пов'язаних із ними функціональних можливостей організму на різних етапах онтогенезу. Дослідники відзначають, що вища жива маса при народженні зазвичай супроводжується більш інтенсивним ростом у період вирощування, зменшенням віку першого осіменіння та підвищенням молочної продуктивності корів у подальшому. Водночас численні дослідження свідчать, що недостатній розвиток ремонтних телиць, які не досягають цільових стандартів вагового та лінійного росту до моменту першого плідного осіменіння і, відповідно, першого отелення, можуть призводити до істотного зниження рівня їхньої молочної продуктивності [3].

У роботі [4] показано, що найвищою молочною продуктивністю характеризувалися корови, які у період від народження до 6-місячного віку мали середньодобові прирости на рівні 708...815 г. За таких умов забезпечувалося отримання найбільшої кількості молока базисної жирності. Найвищі показники надою, вмісту молочного жиру та білка в молоці також було відмічено у тварин із середньодобовими приростами у вікові періоди 6-12 та 12-18 міс. на рівні 778 г і більше.

У дослідженні [5] встановлено, що аналіз показників росту та подальшої молочної продуктивності підтверджував доцільність прогнозування продуктивності корів на основі кривих росту. Про це свідчили середні та високі коефіцієнти кореляції між інтенсивністю формування організму та рівнем їх продуктивності. Крім того, показники енергії спаду росту та типу зниження відносної швидкості росту також вірогідно корелювало із продуктивністю [6].

У роботі [7] було встановлено наявність зв'язку між надоєм первісток та їх живою масою при народженні. Разом з тим встановлено, що найбільше значення для формування високої молочної продуктивності мала жива маса телиць у 3-місячному віці. У старші вікові періоди вплив інтенсивності вирощування на формування молочної продуктивності зменшувався, а оптимальна жива маса та швидкість росту відповідали середнім значенням по стаду.

Отже, між надоем та показниками лінійної оцінки у більшості випадків було встановлено позитивний кореляційний зв'язок, що свідчить про можливість цілеспрямованого ведення селекційно-племінної роботи з удосконалення стада за молочною продуктивністю та екстер'єрними ознаками [8].

При цьому, у дослідженнях екстер'єрних ознак молочних корів дедалі ширше застосовуються багатовимірні статистичні методи, серед яких важливе місце займає *Аналіз головних компонент* (Principal Component Analysis, PCA). Цей метод дозволяє трансформувати значну кількість взаємопов'язаних морфометричних ознак у меншу кількість незалежних (*латентних*) змінних, що відображають основні закономірності будови тіла тварин. Основною перевагою PCA є можливість суттєвого зменшення розмірності даних без значної втрати інформації, що особливо важливо при аналізі екстер'єрних ознак, що характеризуються високим рівнем фенотипової кореляції між собою [9].

Іншим важливим напрямом застосування PCA є визначення ключових морфологічних ознак, що мають найбільше значення для продуктивності корів. Наприклад, при дослідженні голштинських корів було встановлено, що такі показники, як глибина грудей, глибина тулуба та глибина вимені мають найбільші факторні навантаження для перших Головних Компонент і можуть розглядатися, як важливі селекційні критерії, пов'язані із молочною продуктивністю тварин [13].

PCA також широко використовується для дослідження морфологічної структури вимені, яка має важливе значення для молочної продуктивності та стійкості корів до маститу. Наприклад, у генетичних дослідженнях типових ознак вимені було встановлено, що перша Головна Компонента (PC1), що характеризувалася загальним розміром і формою вимені, пояснювала біля 41,0% фенотипової дисперсії цих ознак і використовувалася як інтегральний показник у геномних асоціативних дослідженнях [11].

Крім того, PCA застосовується для інтеграції морфологічних та продуктивних показників у єдину систему оцінки тварин. Використання цього методу дозволяє визначити періоди росту або групи ознак, що найбільшою мірою пов'язані з майбутньою продуктивністю корів. Так, у дослідженні росту телиць червоної степової породи було показано, що перші три головні компоненти показників живої маси пояснювали 79,7% загальної дисперсії, а окремі компоненти були пов'язані з подальшою молочною продуктивністю первісток [10].

Отже, *головною метою* даної роботи була оцінка ефективності використання багатовимірних методів аналізу для міжпородної диференціації молочної худоби на підставі масо-метричних ознак.

Матеріали і методи досліджень. В дослідженні було використано матеріали первинного зоотехнічного обліку тварин молочної худоби трьох порід: червоної степової породи (ДП «Племрепродуктор «Степовий» Миколаївської області; $n = 88$), української чорно-рябої молочної породи (ДП «Племрепродуктор «Степовий» Миколаївської області; $n = 52$) та української червоної молочної породи (ПСГП «Козирське» Миколаївської області; $n = 49$).

Для кожної особини було визначено живу масу (у кг) при народженні та у віці 3, 6, 9, 12, 15, 18 та 24 міс. Крім того, під час 2-3 місяців першої лактації для кожної з них було виміряні основні проміри будови тіла (у см): висота у холці, коса довжина тулуба, глибина, ширина та обхват грудей, обхват п'ястка та ширина у маклоках.

Для визначення рівня міжпородної диференціації у відношенні всіх використаних в аналізі масо-метричних ознак було використано алгоритм однофакторного

дисперсійного аналізу Р.Фішера (з фіксованими факторами). Крім того, *post-hoc*-аналіз у форматі множинних попарних порівнянь оцінок середніх арифметичних різних порід молочної худоби було проведено з використанням LSD-тесту Р.Фішера (при $P < 0,05$).

Між ознаками живої маси у різному віці та промірів будови тіла тварин кожної породи було розраховано оцінки коефіцієнту фенотипової кореляції. Візуалізацію кореляційних матриць проведено з використанням «теплових карт» (*heat maps*), що було побудовано за допомогою програми JAMOVI v. 2.6.19 [12]. Даний тип представлення результатів вказує як напрямок кореляції (зелений колір використовується для позитивних оцінок коефіцієнту кореляції, а червоний – для негативних), так і ступінь прояву кореляції (чим інтенсивніше колір, тим ближче оцінка коефіцієнту кореляції до +1 чи -1, відповідно).

Багатовимірний Аналіз Головних Компонент було проведено окремо для варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць трьох порід молочної худоби від народження до 18-місячного віку та для варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби. В першому випадку для подальшого аналізу було виділено перші дві Головні Компоненти (PC1 та PC2), у другому – перші три Головні Компоненти (PC1, PC2 та PC3). Інтерпретацію Головних Компонент було проведено на підставі оцінок факторних навантажень, що представляють собою значення коефіцієнту кореляції між значеннями вихідних ознак та відповідних Головних Компонент. Для візуалізації міжпородної диференціації було використано ординацію особин кожної породи в просторі кожної пари Головних Компонент – PC1 vs PC2, PC1 vs PC3 та PC2 vs PC3, що було розраховано та побудовано за допомогою програми STATISTICA v. 7.0 (StatSoft Inc.).

Виклад основного матеріалу дослідження. Отримані результати свідчать про наявність вірогідних відмінностей між оцінками живої маси тварин різних порід молочної худоби у різному віці (табл. 1).

Для всіх вікових груп відмічено вірогідне переважання тварин української чорно-рябої молочної породи, яким поступалися тварини української червоної молочної породи і, нарешті, найнижчі оцінки живої маси в різні вікові періоди було відмічено для тварин червоної степової породи. Найвища міжпородна різниця за живою масою відмічалася у віці 12, 15, 18 та 24 міс.

Аналогічну ситуацію було відмічено і у відношенні промірів будови тіла первісток – для всіх використаних у аналізі ознак було відмічено суттєвий вплив породної належності тварин; особливо, він мав місце для висоти у холці, глибини грудей, ширині у маклоках та обхвату грудей (табл. 2).

Для деяких промірів спостерігалася суттєва перевага тварин української червоної молочної породи (висота у холці, глибина і обхват грудей, ширина в маклоках), у той час як для інших – найвищі оцінки було відмічено для тварин української чорно-рябої молочної породи. Отже, при аналізі міжпородної диференціації треба враховувати не лише прояв окремих промірів будови тіла первісток, але й характер зв'язку між ними.

На рис. 1 наведено «теплові карти» кореляційної матриці між значеннями живої маси особин різних порід молочної худоби в різному віці.

Таблиця 1
Показники мінливості ($Mean \pm SE$) живої маси молочної худоби у різному віці, кг

| Жива маса у віці | Порода | | | $F_{2; 186} (P)$ |
|------------------|------------------------------|--|---|---------------------------|
| | червона степова ($n = 88$) | українська чорно-ряба молочна ($n = 52$) | українська червона молочна ($n = 49$) | |
| при народженні | 28,8±0,16a | 29,8±0,12b | 29,0±0,15a | 11,31 ($P < 0,001$) |
| 3 міс. | 72,3±1,32a | 97,5±1,19c | 92,7±0,41b | 134,46 ($P < 0,001$) |
| 6 міс. | 148,6±1,49a | 168,6±0,44c | 160,1± 0,38b | 71,39 ($P < 0,001$) |
| 9 міс. | 201,5±1,51a | 227,0±0,73c | 214,8±0,39b | 105,55 ($P < 0,001$) |
| 12 міс. | 251,5±1,39a | 282,3±0,45c | 261,4±0,45b | 183,60 ($P < 0,001$) |
| 15 міс. | 302,0±1,37a | 331,3±0,45c | 309,8±0,41b | 171,77 ($P < 0,001$) |
| 18 міс. | 351,3±1,27a | 378,0±0,39c | 354,6±0,41b | 177,63 ($P < 0,001$) |
| 24 міс. | 401,2±1,08a | 460,3±1,90c | 444,6±0,86b | 600,89 ($P < 0,001$) |

Примітка: Оцінки середніх арифметичних, між якими відмічено вірогідні відмінності ($P < 0,05$) на підставі LSD-тесту Фішера, позначено різними літерами.

Таблиця 2
Показники мінливості ($Mean \pm SE$) екстер'єрних ознак первісток різних порід молочної худоби, см

| Ознака | Порода | | | $F_{2; 186} (P)$ |
|---------------------|------------------------------|--|---|---------------------------|
| | червона степова ($n = 88$) | українська чорно-ряба молочна ($n = 52$) | українська червона молочна ($n = 49$) | |
| висота у холці | 128,9 ± 0,39a | 130,4 ± 0,28b | 134,9 ± 0,27c | 68,13 ($P < 0,001$) |
| коса довжина тулуба | 155,6 ± 0,72b | 155,4 ± 0,34b | 150,2 ± 0,34a | 20,74 ($P < 0,001$) |
| глибина грудей | 67,4 ± 0,36a | 71,9 ± 0,46b | 73,8 ± 0,23c | 83,70 ($P < 0,001$) |
| ширина грудей | 45,2 ± 0,42b | 46,3 ± 0,35c | 41,9 ± 0,24a | 27,11 ($P < 0,001$) |
| обхват грудей | 181,4 ± 0,75a | 189,5 ± 0,60b | 199,8 ± 0,25c | 186,61 ($P < 0,001$) |
| обхват п'ястка | 18,5 ± 0,14a | 19,8 ± 0,15c | 19,1 ± 0,13b | 19,02 ($P < 0,001$) |
| ширина в маклоках | 52,8 ± 0,30a | 52,3 ± 0,35a | 57,7 ± 0,25b | 75,16 ($P < 0,001$) |

Примітка: Оцінки середніх арифметичних, між якими відмічено вірогідні відмінності ($P < 0,05$) на підставі LSD-тесту Фішера, позначено різними літерами.

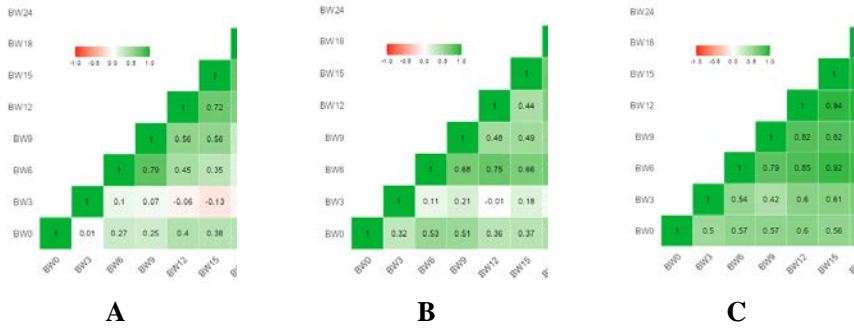


Рис. 1. «Теплові карти» (heat maps) кореляційної матриці між значеннями живої маси телиць та корів молочної худоби в різному віці: А – червона степова порода; В – українська чорно-ряба молочна порода; С – українська червона молочна порода

Оскільки для тварин української червоної молочної породи всі отримані оцінки було забарвлено у інтенсивний зелений колір, можна відмітити, що для них мала місце висока та позитивна інтеркореляція між живою масою в різному віці. Для тварин червоної степової породи та української чорно-рябої молочної породи відмічалася низька (а інколи навіть від’ємна) кореляція між оцінками живої маси у віці 3 та 24 міс., з одного боку, та рештою вікових інтервалів, з іншого.

Близьку картину відмічено і у відношенні величини оцінок коефіцієнту кореляції між промірами будови тіла (рис. 2). Для тварин української червоної молочної породи всі відповідні оцінки коефіцієнту кореляції мали позитивний знак та відносно високі значення, для тварин української чорно-рябої молочної породи ступінь взаємозв’язку був нижче (але при позитивних оцінках коефіцієнту кореляції) і, нарешті, для первісток червоної степової породи більшість оцінок коефіцієнту кореляції були низькими, а деякі навіть мали від’ємний знак.

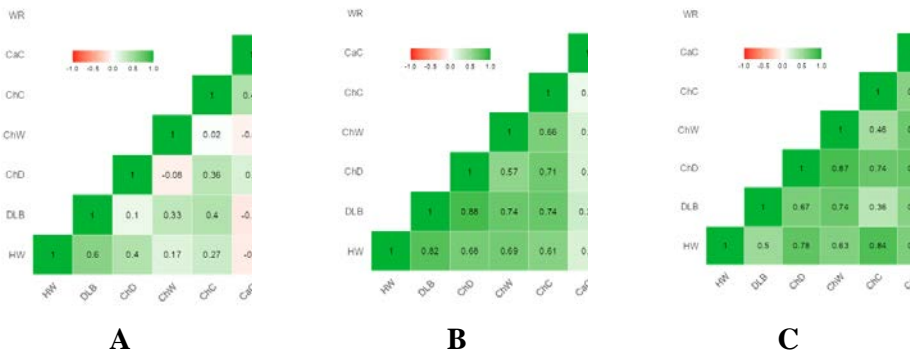


Рис. 2. «Теплові карти» (heat maps) кореляційної матриці між промірами будови тіла молочної худоби: А – червона степова порода; В – українська чорно-ряба молочна порода; С – українська червона молочна порода

Отримані попередні результати свідчать про необхідність використання для аналізу міжпородної диференціації молочної худоби багатовимірних методів

аналізу (насамперед, Аналіз Головних Компонент), що враховують як ступінь варіабельності ознак, так і міру інтеркореляції між ними.

В табл. 3 наведено оцінки факторних навантажень перших двох Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси від народження до 18-місячного віку телиць трьох порід молочної худоби.

Перша Головна Компонента (PC1) описувала 68,5 % загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць від народження до 18-місячного віку. Високі (по модулю) оцінки факторних навантажень для PC1 було відмічено для живої маси телиць у віці 6, 9, 12, 15 та 18 міс. Отже, дану Головну Компоненту можна інтерпретувати, як «*загальна жива маса нетелів*» і вона відокремлює нетелів із низькою та високою живою масою на момент першого осіменіння.

Таблиця 3

Оцінки факторних навантажень перших двох Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць трьох порід молочної худоби від народження до 18-місячного віку

| Жива маса у віці | Головна Компонентна | |
|----------------------|---------------------|---------------|
| | PC1 | PC2 |
| при народженні | -0,573 | -0,661 |
| 3 міс. | -0,663 | 0,457 |
| 6 міс. | -0,838 | 0,242 |
| 9 міс. | -0,904 | 0,207 |
| 12 міс. | -0,939 | -0,051 |
| 15 міс. | -0,928 | -0,102 |
| 18 міс. | -0,873 | -0,197 |
| Частка мінливості, % | 68,5 | 11,4 |

Примітка: Напівжирним курсивом виділено оцінки факторних навантажень ознак, що вносять найбільший внесок в інтерпретацію Головних Компонент.

Друга Головна Компонента (PC2) описувала додатково ще 11,4 % загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць від народження до 18-місячного вік. Вона мала високу позитивну оцінку факторного навантаження для живої маси у віці 3 міс. (+0,467) та високу негативну оцінку факторного навантаження для живої маси при народженні (-0,661). Отже, дану Головну Компоненту можна інтерпретувати, як «*приріст живої маси від народження до 3-міс. віку*» і вона відокремлює телиць із низькою живою масою при народженні, але високою у віці 3 міс. (високий приріст) та із високою живою масою при народженні, але низькою у віці 3 міс. (низький приріст).

На рис. 3 наведено ординацію в просторі першої (PC1) та другої (PC2) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць від народження до 18-місячного віку для трьох порід молочної худоби.

Як бачимо, тварини української чорно-рябої молочної породи формують компактний кластер, який чітко відокремлюється (блакитна лінія на рис. 3) від інших двох порід на підставі значень Першої Головної Компоненти (PC1).

Від'ємні оцінки щодо PC1 свідчать, знову ж, про дуже високі оцінки живої маси цих тварин у віці нетелів. Тварини червоної степової породи та української червоної молочної породи диференціюються між собою гірше. І границя диференціації між ними (червона лінія на рис. 3) інтерпретується значеннями як PC1,

так і PC2. Тобто, диференціація між телицями червоної степової породи та української червоної молочної породи базуються як на відмінностях загальної живої маси нетелів, так і враховує приріст живої маси від народження до 3-міс. віку.

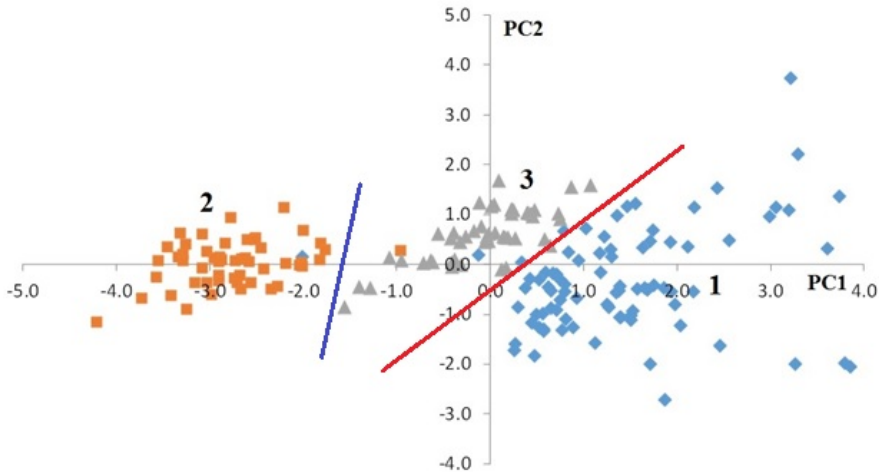


Рис. 3. Ординація телиць в просторі першої (PC1) та другої (PC2) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць від народження до 18-місячного віку для трьох порід молочної худоби:
1 – червона степова порода; 2 – українська чорно-ряба молочна порода;
3 – українська червона молочна порода

В роботі [10] нами було виділено три перші Головні Компоненти варіаційно-коваріаційної матриці ознак живої маси телиць червоної степової породи від народження до 18-місячного віку, що разом описували біля 80 % загальної варіації. Перша Головна Компонента, як і у нашому випадку, була пов'язана із живою масою телиць у віці 9-15 міс., друга Головна Компонента описувала мінливість живої маси у віці 3-6 міс., і, нарешті, третя Головна Компонента характеризувала живу масу телиць при народженні.

В табл. 4 наведено оцінки факторних навантажень перших трьох Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби.

Перша Головна Компонента (PC1) описувала 41,7% загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби. Високі позитивні оцінки факторних навантажень для PC1 було відмічено для висоти у холці, глибини грудей, обхвату грудей, ширини в маклоках первісток та живої маси у 2-річному віці. Отже, дану Головну Компоненту можна інтерпретувати, як «*загальні розміри тіла*» і вона відокремлює первісток із великими та малими розмірами тіла.

Друга Головна Компонента (PC2) описувала додаткові 19,9% загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби. Для неї характерні високі позитивні оцінки факторних навантажень для косої довжини тулуба та ширини грудей. Отже, її можна інтерпретувати, як «*форма тіла*». Вона відокремлює тварин із широким і довгим тулубом та вузьким і коротким тулубом.

Таблиця 4

Оцінки факторних навантажень перших трьох головних компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби

| Ознака | Головна Компонентна | | |
|--------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | PC1 | PC2 | PC3 |
| жива маса у віці 24 міс. | <i>0,668</i> | -0,235 | -0,396 |
| висота у холці | <i>0,828</i> | 0,267 | 0,303 |
| коса довжина тулуба | -0,049 | <i>0,872</i> | -0,117 |
| глибина грудей | <i>0,878</i> | -0,029 | -0,100 |
| ширина грудей | -0,122 | <i>0,744</i> | -0,465 |
| обхват грудей | <i>0,901</i> | -0,095 | 0,031 |
| обхват п'ястка | 0,437 | -0,122 | <i>-0,732</i> |
| ширина в маклоках | <i>0,645</i> | 0,360 | 0,513 |
| Частка мінливості, % | 41,7 | 19,9 | 16,1 |

Примітка: Напівжирним курсивом виділено оцінки факторних навантажень ознак, що вносять найбільший внесок в інтерпретацію Головних Компонент.

Нарешті, третя Головна Компонента (PC3) описувала ще додаткові 16,1% загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби. Вона пов'язана, у першу чергу, із обхватом п'ястка.

На рис. 4 наведено ординацію первісток трьох порід молочної худоби у просторі першої (PC1) та другої (PC2) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла.

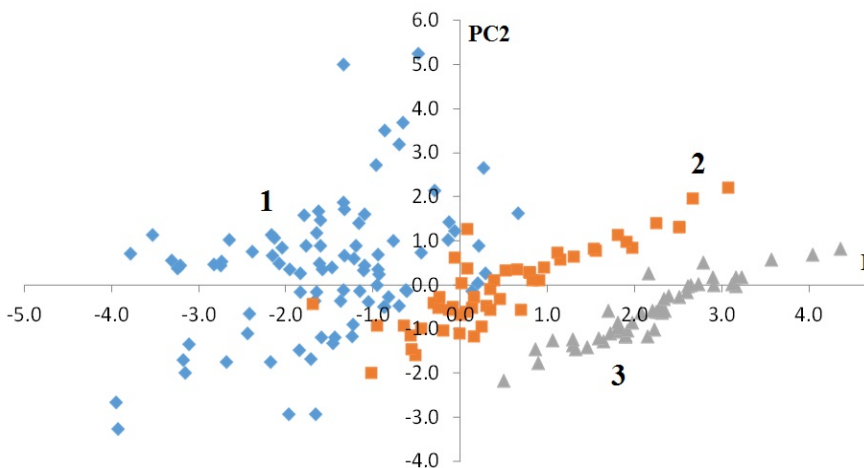


Рис. 4. Ординація первісток трьох порід молочної худоби у просторі першої (PC1) та другої (PC2) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла: 1 – червона степова порода; 2 – українська чорно-ряба молочно порода; 3 – українська червона молочно порода

Тварини української чорно-рябої молочної породи та української червоної молочної породи формують більш-менш компактні та відокремлені одна від одної кластери

у просторі PC1 та PC2. При цьому, в їх диференціацію вносять внесок як PC1, так і PC2, тобто, як загальні розміри, так і форма тіла тварин. Це ще раз підкреслює високий рівень інтеркореляції між екстер'єрними ознаками первісток цих двох порід.

Тварини червоної степової породи, навпаки, формують дуже неоднорідне скупчення особи, які мають низькі значення для PC1 (тобто, характеризуються низькими загальними промірами тіла) і широкий спектр значень для PC2 (тобто, характеризуються як вузько-, так і широкотілим екстер'єром).

На рис. 5 наведено ординацію первісток трьох порід молочної худоби у просторі першої (PC1) та третьої (PC3) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла.

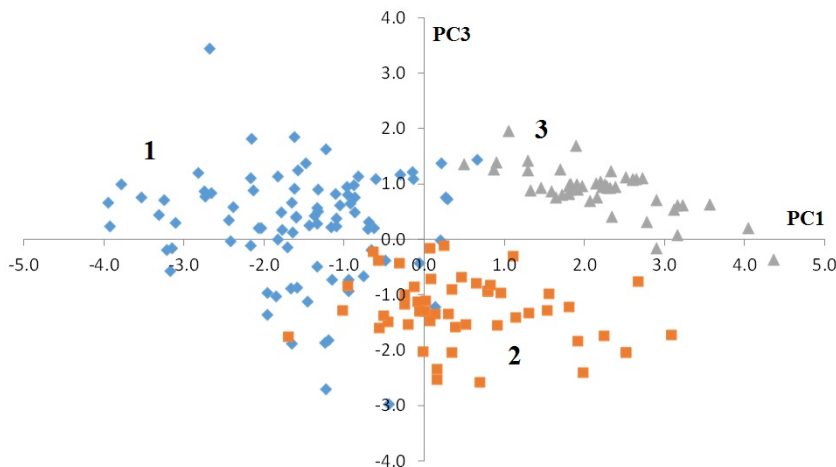


Рис. 5. Ординація первісток трьох порід молочної худоби у просторі першої (PC1) та третьої (PC3) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла: 1 – червона степова порода; 2 – українська чорно-ряба молочна порода; 3 – українська червона молочна порода

В цій проекції тварини всіх трьох порід молочної худоби чітко відокремлюються одна від одної і формують свої власні відокремлені кластери. При цьому, первістки української червоної молочної породи чітко відокремлюються від тварин української чорно-рябої молочної породи, насамперед, вздовж третьої Головної Компоненті (тобто, за обхватом п'ястка), а від тварин червоної степової породи – вздовж першої Головної Компоненті, (тобто, за загальними розмірами тіла).

На фоні цього, все ж таки проглядається деяка інтрогресія між первістками червоної степової та української чорно-рябої молочної породи.

Нарешті, на рис. 6 наведено ординацію первісток трьох порід молочної худоби у просторі другої (PC2) та третьої (PC3) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла. І хоча в цій проекції також є певні скупчення первісток окремих порід, в цілому, ступінь міжпородної диференціації при одночасному використанні PC2 та PC3 була найгіршою. В найбільшому ступені інтрогресія із іншими породами в просторі PC2 та PC3 притаманна первісткам червоної степової породи.

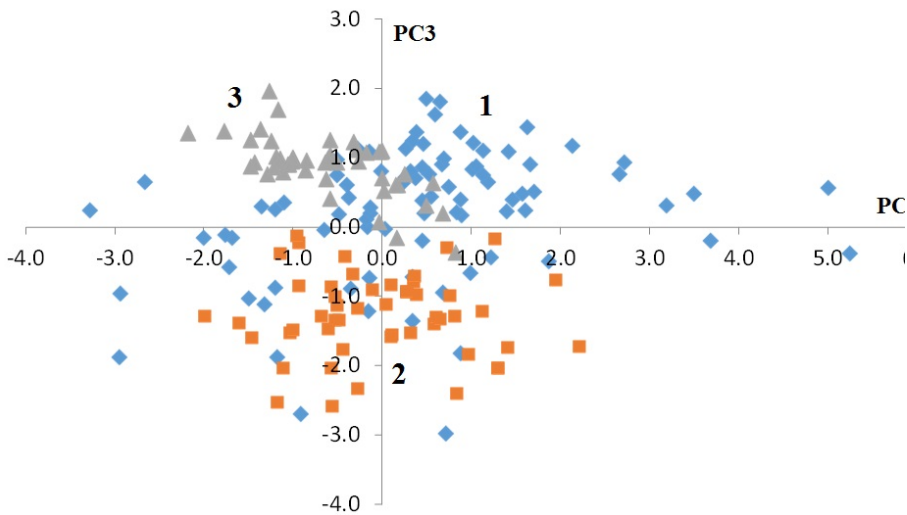


Рис. 6. Ординація первісток трьох порід молочної худоби у просторі другої (PC2) та третьої (PC3) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла: 1 – червона степова порода; 2 – українська чорно-ряба молочна порода; 3 – українська червона молочна порода

У попередньому нашому дослідженні [9] при аналізі 109 первісток червоної степової породи з використанням Аналізу Головних Компонент було виділено дві латентні змінні. Перша Головна Компонента (PC1) відображала загальні розміри тіла телиць і пояснювала 33,5 % загальної дисперсії досліджуваних ознак. Друга Головна Компонента (PC2) пояснювала ще додаткові 15,0 % дисперсії та інтерпретувалася як показник форми тіла (*ендоморфний vs екторморфний* тип). Вона характеризувалася високими від’ємними факторними навантаженнями для висоти в холці, висоти в крижах і косої довжини тулуба, а також високими додатними навантаженнями для ширини грудей, глибини грудей, обхвату грудей і обхвату п’ястка.

Отже, результати численних досліджень свідчать, що Аналіз Головних Компонент є ефективним інструментом для узагальнення великої кількості екстер’єрних ознак молочних корів. Його використання дозволяє виділяти латентні фактори морфологічної структури тіла, зменшувати кількість змінних у статистичних моделях та підвищувати точність селекційної оцінки тварин.

Висновки

1. Багатовимірні статистичні методи аналізу є ефективним інструментом для оцінки міжпородної диференціації молочної худоби за масо-метричними ознаками.

2. Встановлено наявність вірогідних міжпородних відмінностей за живою масою у всі досліджувані вікові періоди. Найвищі показники характерні для тварин української чорно-рябої молочної породи, дещо нижчі – для української червоної молочної, у той час як найменші значення відмічено у телиць червоної степової породи.

3. Породна належність істотно впливає і на проміри будови тіла первісток. Найбільш чутливими до породних відмінностей виявилися висота в холці, глибина грудей, ширина в маклоках та обхват грудей. При цьому для окремих промірів перевагу мали тварини української червоної молочної породи, у той час як за низкою показників вищі значення спостерігалися у корів української чорно-рябої молочної породи. Це свідчить про необхідність врахування не лише окремих промірів будови тіла, але і взаємозв'язків між ними.

4. За результатами Аналізу Головних Компонент встановлено чітке кластерування тварин української чорно-рябої молочної породи у просторі PC1 за показниками живої маси від народження до 18-місячного віку. Телиці української червоної молочної та червоної степової порід диференціюються між собою менш виразно, причому їх відмінності обумовлені як загальною живою масою (PC1), так і особливостями росту у ранньому віці (PC2).

5. У просторі Головних Компонент матриці промірів будови тіла тварини української чорно-рябої та української червоної молочної порід формують відносно компактні та відокремлені кластери. Найчіткіша міжпородна диференціація спостерігається у проекції PC1 vs PC3, де всі три породи утворюють окремі групи: українська червона молочна порода відокремлюється від української чорно-рябої переважно за показником обхвату п'ястка (PC3), а від червоної степової – за загальними розмірами тіла (PC1).

6. Найменша міжпородна диференціація відмічена у просторі PC2 vs PC3, де спостерігається певне перекривання кластерів, особливо для первісток червоної степової породи, що свідчить про більший рівень інтеграції або подібності цих тварин з іншими породами за відповідними морфологічними характеристиками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабік Н. П., Федорович Є. І., Федорович В. В. Вплив живої маси корів голштинської породи у період вирощування на тривалість та ефективність їх господарського використання. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2017. № 19. С. 71–75.
2. Баркарь Є. В., Кириченко В. А. Вплив класової приналежності на показники молочної продуктивності корів. *Молодий вчений*. 2015. № 5(20), Ч. 1. С. 66–68.
3. Боднар П. В., Щербатий З. Є., Павлів Б. А. Ріст телиць та прояв молочної продуктивності корів-первісток української чорно-рябої молочної породи при використанні голштинів. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка: Ветеринарні науки*. 2020. Вип. 35. С. 76–81.
4. Ведмеденко О. В. Швидкість росту телиць української чорно-рябої молочної породи як передумова високої продуктивності. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 120. С. 169–175.
5. Каратєєва О. І. Математичне моделювання росту корів різних типів формування організму та їх наступна молочна продуктивність. *Науково-технічний бюлетень Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. Т. 4. № 1. С. 98–101.
6. Каратєєва О. І. Розвиток лінійних промірів худоби різних порід молочною напрямку продуктивності. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 78(2-1). С. 72–76.
7. Климковецький А. А., Носевич Д. К. Продуктивність первісток української чорно-рябої молочної породи за різного вагового росту телиць. *Тваринництво та технології харчових продуктів*. 2020в. Т. 11. № 3. С. 22–33.

8. Когут М. І., Братюк В. М., Даньків В. Я. Зв'язок екстер'єру і молочної продуктивності у корів симентальської породи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. № 59. С. 199–204.

9. Крамаренко С. С., Кузьмічова Н. І., Крамаренко О. С. Аналіз головних компонент екстер'єрних ознак молочних корів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2017. №19. № 79.С. 48–52.

10. Kramarenko A. S., Kalynychenko H. I., Suso, R. L., Papakina N. S., Kramarenko S. S. Principal component analysis of body weight traits and subsequent milk production in red steppe breed heifers. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*. 2022. Vol. 76(2). P. 307–313.

11. Miles A. M., Posbergh C. J., Huson H. J. Direct phenotyping and principal component analysis of type traits implicate novel QTL in bovine mastitis through genome-wide association. *Animals*. 2021. Vol. 11(4). #1147.

12. Navarro D. Foxcroft, D. R. *Learning Statistics with JAMOVI : A Tutorial for Beginners in Statistical Analysis*. Cambridge, UK : Open Book Publishers, 2025, 492 p.

13. Prabowo S., Garip M. Identifying the most important linear body depth traits associated with milk yield in dairy cattle. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 2023. Vol. 22(3). P. 453–460.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026