



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.15421/nvlvet8401
<http://nvlvet.com.ua/>

UDC 636.22.28.082.262

The use of entropy analysis to evaluate the development of characteristics in dairy cattle of Holstein breed

T.V. Pidpala, A.S. Kramarenko, E.N. Zaitsev

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine

Article info

Received 4.01.2018

Received in revised form

8.02.2018

Accepted 15.02.2018

Mykolayiv National Agrarian
University, G. Gongadze Str., 9,
Mykolayiv, 54020, Ukraine
Tel.: +38-050-807-99-94
E-mail: pidpala@mnau.edu.ua

Pidpala, T.V., Kramarenko, A.S., & Zaitsev, E.N. (2018). The use of entropy analysis to evaluate the development of characteristics in dairy cattle of Holstein breed. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. 20(84), 3–8. doi: 10.15421/nvlvet8401

The article presents the results of research on the evaluation of the development of dairy cattle characteristics in Holstein breed of different selection using entropy-information analysis (EIA). According to the studied indicators of dairy productivity their determinism is low, because there are many factors which influence the development of the signs. The degree of organization and informative content for Holstein breed cows of German and Ukrainian selection in adjacent generations has been established according to the basis characteristics of productivity, reproductive and adaptive ability of animals. The highest level of prevalence was characterized by signs of fat and protein content in milk as in the firstborn Holstein cows of German and Ukrainian breeding. Comparing to mothers, daughters have not only the highest level of informative content, but also have a bigger number of determinism. The probable influence of the «generation» factor was established only on the content of fat in milk. The smallest values of absolute organization the system were characterized by signs, the development of which is largely due to factors of environment. Signs which characterize reproductive and adaptive abilities of cows generally have lower entropy evaluations. This indicates their higher determinism and, consequently, biological importance. Especially it is true for the duration of the dry period in cows of the Holstein breed of German breeding. It is known that it causes physiological processes in the transitional period between two lactations and, accordingly to this, it influences the milk productivity of cows, especially, in the next lactation. Typically, according to the two signs (the duration of the first lactation and the duration of the given-birth period), we determined the probable effect of background (breeding) on the degree of their determinism (in both cases: $P < 0.05$). At the same time, according to these features in animals of German breeding the level of organization was higher than for Ukrainian selection of cows, regardless of generation. Thus, the use of EIA allows determining the effect of selection on the development of signs in dairy cattle.

Key words: Holstein breed, entropy-information analysis, cows, milk productivity, a sign, reproductive ability.

Використання ентропійного аналізу для оцінки розвитку ознак молочної худоби голштинської породи

Т.В. Підпала, О.С. Крамаренко, Є.М. Зайцев

Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна

У статті викладено результати дослідження щодо оцінки розвитку ознак молочної худоби голштинської породи різної селекції з використанням ентропійно-інформаційного аналізу (EIA). За оцінюваними показниками молочної продуктивності їхня детермінованість невисока, оскільки на розвиток ознак впливають багато факторів. Встановлено ступінь організованості та інформативності для корів голштинської породи німецької та української селекції суміжних поколінь за ознаками продуктивності, відтворювальної та адаптаційної здатності тварин. Вищим рівнем детермінованості характеризувалися ознаки: вміст жиру і білка в молоці як голштинських корів-первісток німецької, так і української селекції. Порівняно з матерями у дочок не лише вищий рівень інформативності, а й більша детермінованість цих ознак. Вірогідний вплив фактору «генерація» було встановлено лише для вмісту жиру в молоці. Найменшими значеннями абсолютної організованості системи характеризувалися ознаки, розвиток

яких у значній мірі обумовлено факторами середовища. Ознаки, що характеризують відтворювальні та адаптаційні здатності корів, загалом мають нижчі оцінки ентропії, що свідчить про їх вищу детермінованість і відповідно біологічну важливість. Особливо це стосується тривалості сухостійного періоду в корів голштинської породи німецької селекції. Як відомо, він обумовлює фізіологічні процеси у перехідний період між двома лактаціями й відповідно в значній мірі впливає на молочну продуктивність корів, особливо в наступну лактацію. Характерно, що відносно двох ознак (тривалість першої лактації та тривалість міжотельного періоду) нами було відмічено вірогідний вплив походження (селекції) на ступінь їхньої детермінованості (в обох випадках: $P < 0,05$). При цьому, у тварин німецької селекції рівень організованості за цими ознаками був вищим, ніж для корів української селекції, незалежно від генерації. Таким чином, використання EIA дозволяє визначити вплив селекції на розвиток ознак молочної худоби.

Ключові слова: голштинська порода, ентропійно-інформаційний аналіз, корови, молочна продуктивність, ознака, відтворювальна здатність.

Вступ

У процесі формування високопродуктивних конкурентоспроможних стад молочної худоби використовуються як вітчизняні племінні ресурси, так і генофонд порід зарубіжної селекції. Це своєю чергою зумовлює зміну генетичної структури популяції, що є результатом комбінування генотипів і змін в технології виробництва продукції. Тому, важливим є визначення зміни балансу спадковості та розкриття процесів, що при цьому відбуваються (Zubec, 1997; Pidpala et al., 2012; Pidpala et al., 2016; Babik and Fedorovych, 2017; Golova et al., 2017; Kulibaba et al., 2017; Levitskaya, 2017; Ferenz, 2017; Pelekhaty et al., 2017).

Останнім часом почали використовувати інформаційно-статистичні методи, які надають змогу отримати більш детальні дані про рівень організації біологічних систем, гетерогенність популяцій, динаміку їхньої генетичної структури в процесі селекції. Ряд вчених (Merkur'eva and Bertazin, 1989; Palazzolo et al., 1998; Kramarenko, 2005; Patrieva and Kramarenko, 2007; Hyl, 2008; Grzesiak and Zaborski, 2012; Kramarenko et al., 2017; Gu et al., 2017) схиляються до думки, що перспективним тут є ентропійно-інформаційний аналіз (EIA).

Досліджуючи стан конкретної біологічної системи методом ентропійного аналізу, О.С. Милько (Mil'ko, 1993) одержав об'єктивні дані щодо впливу різних предків на розвиток породи і характер їх генетичної дії на нащадків, що дозволило довести значення глибокого генеалогічного аналізу в селекції.

На основі оцінки результатів EIA ознак молочної продуктивності корів голштинської породи встановлено рівень їх ентропії, а використання цих даних дозволило підвищити точність оцінки тварин і можливості різних варіантів відбору тварин для подальшого розведення (Smetana, 2009). Вважають, що фактичний ступінь вираженості значення H і O може бути доказом специфічно встановленої незмінної організованості полігенів (як результат комбінативної мінливості), а зміна прояву самих ознак у власному онтогенезі тварини – це є ефект експресії полігенів та їхньої взаємодії з впливом паратипових факторів (Hoeschele, 1988; Hyl and Kovalenko, 2010).

Ентропійно-інформаційний аналіз (EIA) ознак відтворювальної здатності корів суміжних поколінь показав їхню високу детермінованість. Збільшення оцінок безумовної ентропії для тривалості сервіс-періоду в дочірньому поколінні кожної з досліджуваних порід свідчить про існування протиріччя між продуктивни-

ми та відтворювальними якостями у молочних корів (Pidpala et al., 2016; Kozyr and Barabash, 2017).

Враховуючи, що для порід, типів, ліній, стад молочної худоби характерний популяційний рівень організації систем, відповідно рівень ентропії необхідно визначити в суміжних поколіннях тварин. Це своєю чергою дозволить пояснити механізм прогресивного розвитку системи (породи, типу, стада, лінії, родини) з урахуванням її стану, тобто складності, упорядкованості та організованості.

Метою дослідження є оцінка розвитку ознак у тварин молочної худоби голштинської породи різної селекції у суміжних поколіннях з використанням ентропійно-інформаційного аналізу. Для досягнення зазначеної мети вирішувалися такі завдання: визначити ступінь організованості та інформативності продуктивних ознак корів голштинської породи; встановити значення ентропії для ознак відтворювальної здатності тварин; оцінити стан системи (стада) за адаптаційною здатністю молочної худоби голштинської породи різної селекції.

Матеріал і методи дослідження

У племінному заводі великої рогатої худоби СТОВ «Промінь» Арбузинського району Миколаївської області було сформовано дослідні групи з корів-первісток голштинської породи: перша – імпортовані тварини з Німеччини ($n = 181$); друга – їхні дочки, тобто тварини власної репродукції ($n = 181$); третя – тварини української селекції ($n = 175$) і четверта – їхні дочки ($n = 175$). Впроваджена технологія виробництва забезпечує комфортність експлуатації молочної худоби і реалізацію генетичного потенціалу голштинської породи за подібних умов цілорічно стійлового безприв'язного боксового утримання і однотипної годівлі повнораціонними моносумішами. Середній надій на одну корову в 2016 році становив 10722 кг молока.

Матеріалом для дослідження були дані молочної продуктивності корів-первісток голштинської породи. Відтворювальну здатність піддослідних тварин оцінювали за тривалістю сервіс-, міжотельного, сухостійного періодів та за коефіцієнтом відтворювальної здатності (КВЗ = 365/МОП). Індекс адаптації (Siratskyi et al., 2005) визначали за формулою:

$$I = \frac{365 - \text{МОП}}{\text{МЖ}} \times 27,40, \quad (1)$$

де I – індекс адаптації; МОП – міжотельний період, тобто інтервал між останім і попереднім отеленням, дн.; 365 – кількість днів у році; МЖ – молочна

продуктивність корови за закінчену, укорочену або за 305 днів лактації, виражена в кг молочного жиру; 27,40 – постійний коефіцієнт. Максимальне значення індексу становить +37,0, мінімальне – -192,0, а в ідеалі (МОП = 365 дн.) індекс дорівнює нулю.

Оцінку безумовної ентропії в суміжних поколіннях корів голштинської породи різної селекції проводили за формулою:

$$H = - \sum_{i=1}^k (p_i * \log p_i), \quad (2)$$

де p_i – частота того, що система приймає становище з k можливих.

Максимально можливо, теоретично визначальну ентропію для даної системи розраховували за формулою:

$$H_{\max} = \log_2 k = \log_2 10 = 3,322 \quad (3)$$

Максимально можлива ентропія для окремої системи залежить від лімітів точності. У нашому дослідженні кількість таких лімітів дорівнює десяти. Відповідно до їхньої кількості максимальне значення ентропії становить 3,322.

Рівень абсолютної організації системи суміжних поколінь оцінювали за формулою:

$$O = H_{\max} - H \quad (4)$$

Організованість або упорядкованість системи вимірювалась ступенем відхилення від максимально неупорядкованого стану системи ознаки, що знаходиться в термодинамічній рівновазі, за формулою:

$$R = 1 - \frac{H}{H_{\max}} \quad (5)$$

Ентропійно-інформаційний аналіз проведено з використанням модифікації для кількісних ознак, запропонованої С.С. Крамаренко (Kramarenko, 2005).

Результати та їх обговорення

Серед молочної худоби голштинська порода набула найбільшого поширення в багатьох країнах світу, а

тому її схрещували з різними місцевими породами. Це й пояснює складність голштинської породи як біосистеми, що підпорядкована дії різних цілеспрямованих методів селекції, технологічних та природно-кліматичних умов. За оцінюваними показниками молочної продуктивності їхня детермінованість невисока, оскільки на розвиток ознак впливають багато факторів. Встановлено відмінності за рівнем інформативності у корів голштинської породи німецької та української селекції. Вищим рівнем детермінованості характеризуються ознаки: вміст жиру і білка в молоці як голштинських корів-перівсток німецької, так й української селекції. Порівняно з матерями у дочок не лише вищий рівень інформативності, а й більша детермінованість цих ознак (табл. 1). Хоча вірогідний вплив фактору «генерація» було встановлено лише для вмісту жиру в молоці (двофакторний дисперсійний аналіз без повторюваностей: $p = 0,030$).

Найменшими значеннями абсолютної організованості системи характеризувалися ознаки, розвиток яких у значній мірі обумовлено факторами середовища (надій, кількість молочного жиру, кількість молочного білка, кількість молочного жиру за добу).

Згідно з існуючою класифікацією С. Біра (Bir, 1963), система є ймовірнісною (стохастичною), якщо значення відносної організованості системи $R \leq 0,1$; система вважається детермінованою, якщо $R > 0,3$ і система є квазидетермінованою (ймовірнісно-детермінованою), для якої $0,1 < R \leq 0,3$.

Більшість досліджуваних ознак, враховуючи рівень відносної організованості (R), можна розглядати як ймовірнісні (стохастичні) системи, за винятком ознаки «вміст білка в молоці», систему якої згідно з класифікацією за R можна вважати квазидетермінованою (ймовірнісно-детермінованою).

У таблиці 2 наведено ЕІА ознак відтворювальної та адаптаційної здатності корів голштинської породи.

Таблиця 1

Стан системи (стада) за ознаками продуктивності у корів суміжних поколінь голштинської породи різної селекції

Порода, селекція	Покоління	n	Параметри ЕІА			
			$H \pm SE_H$, біт	H_{\max} , біт	O, біт	R
Надій за 305 дів першої лактації						
Голштинська, німецька	Дочки	181	$3,30 \pm 0,014$	3,322	0,025	0,007
	Матері	181	$3,31 \pm 0,011$		0,014	0,004
Голштинська, українська	Дочки	175	$3,29 \pm 0,016$	3,322	0,030	0,009
	Матері	175	$3,32 \pm 0,007$		0,007	0,002
Вміст жиру в молоці						
Голштинська, німецька	Дочки	181	$2,53 \pm 0,063$	3,322	0,791	0,238
	Матері	181	$3,03 \pm 0,039$		0,292	0,088
Голштинська, українська	Дочки	175	$2,27 \pm 0,074$	3,322	1,056	0,318
	Матері	175	$2,82 \pm 0,054$		0,507	0,152
Кількість молочного жиру						
Голштинська, німецька	Дочки	181	$3,30 \pm 0,013$	3,322	0,021	0,006
	Матері	181	$3,30 \pm 0,013$		0,020	0,006
Голштинська, українська	Дочки	175	$3,26 \pm 0,022$	3,322	0,062	0,019
	Матері	175	$3,30 \pm 0,013$		0,020	0,006

Вміст білка в молоці						
Голштинська, німецька	Дочки	181	2,78 ± 0,061	3,322	0,541	0,163
	Матері	181	2,73 ± 0,058		0,596	0,180
Голштинська, українська	Дочки	175	2,53 ± 0,068		0,794	0,239
	Матері	175	2,74 ± 0,063		0,584	0,176
Кількість молочного білка						
Голштинська, німецька	Дочки	181	3,29 ± 0,016	3,322	0,031	0,009
	Матері	182	3,31 ± 0,012		0,016	0,005
Голштинська, українська	Дочки	175	3,31 ± 0,011		0,016	0,005
	Матері	175	3,31 ± 0,010		0,011	0,003
Надій за першу лактацію						
Голштинська, німецька	Дочки	181	3,20 ± 0,028	3,322	0,121	0,037
	Матері	181	3,13 ± 0,033		0,190	0,057
Голштинська, українська	Дочки	175	3,11 ± 0,032		0,210	0,063
	Матері	175	3,24 ± 0,024		0,086	0,026
Кількість молочного жиру за лактацію						
Голштинська, німецька	Дочки	181	3,20 ± 0,028	3,322	0,117	0,035
	Матері	181	3,11 ± 0,036		0,213	0,064
Голштинська, українська	Дочки	175	3,14 ± 0,032		0,184	0,055
	Матері	175	3,18 ± 0,030		0,141	0,042
Кількість молочного жиру за добу (А)						
Голштинська, німецька	Дочки	181	3,31 ± 0,011	3,322	0,016	0,005
	Матері	181	3,30 ± 0,012		0,018	0,006
Голштинська, українська	Дочки	175	3,30 ± 0,013		0,022	0,007
	Матері	175	3,30 ± 0,013		0,021	0,006

Таблиця 2

Стан системи (стада) за ознаками відтворювальної та адаптаційної здатності у корів суміжних поколінь голштинської породи різної селекції

Порода, селекція	Покоління	n	Параметри EIA			
			$H \pm SE_H$, біт	H_{max} , біт	O, біт	R
Тривалість першої лактації						
Голштинська, німецька	Дочки	181	2,79 ± 0,057	3,322	0,536	0,161
	Матері	181	2,70 ± 0,055		0,618	0,186
Голштинська, українська	Дочки	175	3,00 ± 0,036		0,320	0,096
	Матері	175	2,93 ± 0,041		0,389	0,117
Сервіс-період						
Голштинська, німецька	Дочки	181	2,75 ± 0,054	3,322	0,568	0,171
	Матері	181	2,61 ± 0,063		0,707	0,213
Голштинська, українська	Дочки	175	2,96 ± 0,043		0,364	0,110
	Матері	175	2,90 ± 0,046		0,423	0,127
Сухостійний період						
Голштинська, німецька	Дочки	181	2,34 ± 0,073	3,322	0,978	0,294
	Матері	181	1,74 ± 0,064		1,580	0,476
Голштинська, українська	Дочки	175	2,94 ± 0,048		0,382	0,115
	Матері	175	2,84 ± 0,057		0,477	0,144
Міжотельний період						
Голштинська, німецька	Дочки	181	2,84 ± 0,054	3,322	0,482	0,145
	Матері	181	2,82 ± 0,053		0,506	0,152
Голштинська, українська	Дочки	175	2,94 ± 0,046		0,382	0,115
	Матері	175	2,93 ± 0,057		0,394	0,119
Коефіцієнт відтворювальної здатності						
Голштинська, німецька	Дочки	181	3,05 ± 0,040	3,322	0,275	0,083
	Матері	182	2,97 ± 0,053		0,348	0,105
Голштинська, українська	Дочки	175	3,13 ± 0,039		0,196	0,059
	Матері	175	3,15 ± 0,038		0,172	0,052
Індекс адаптації						
Голштинська, німецька	Дочки	181	3,13 ± 0,039	3,322	0,194	0,058
	Матері	181	3,07 ± 0,044		0,255	0,077
Голштинська, українська	Дочки	175	3,11 ± 0,037		0,207	0,062
	Матері	175	3,16 ± 0,036		0,159	0,048

Ознаки, що характеризують відтворювальні та адаптаційні здатності корів, загалом мають нижчі оцінки ентропії, що свідчить про їхню вищу детермінованість і відповідно біологічну цінність. Особливо це стосується тривалості сухостійного періоду в корів голштинської породи німецької селекції ($H = 1,74$ і $2,34$ біт). Відомо, що він обумовлює фізіологічні процеси у перехідний період між двома лактаціями й відповідно в деякій мірі впливає на молочну продуктивність корів і, особливо, в наступну лактацію.

Характерно, що відносно двох ознак (тривалість першої лактації та тривалість міжотельного періоду) нами було відмічено вірогідний вплив походження (селекції) на ступінь їхньої детермінованості (в обох випадках: $P < 0,05$). При цьому у тварин німецької селекції рівень організованості за цими ознаками був вищим, ніж для корів української селекції, незалежно від генерації.

Висновки

Вищим рівнем детермінованості характеризувалися вміст жиру і білка в молоці як у голштинських корів-перівсток німецької, так й української селекції. Порівняно з матерями у дочок не лише вищий рівень інформативності, а й більша детермінованість цих ознак. Вірогідний вплив фактору «генерація» було встановлено лише для рівня детермінованості вмісту жиру в молоці ($p = 0,030$).

На ступінь детермінованості тривалості першої лактації та тривалості міжотельного періоду вірогідно впливає походження (селекція). У тварин німецької селекції рівень організованості за цими ознаками був вищим, ніж для корів української селекції, незалежно від генерації. Ознаки, що характеризують відтворювальні та адаптаційні здатності корів, загалом мають нижчі оцінки ентропії.

References

Babik, N.P., & Fedorovych, Ye.I. (2017). Influence of outbreeding and inbreeding on the productive longevity of dairy cows. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 19(79), 3–8. doi:10.15421/nvlvet7901

Bir, S. (1963). *Kibernetika i upravlenie*. M.: IL (in Russian).

Hoeschele, I. (1988). Statistical techniques for detection of major genes in animal breeding data. *Theoretical and applied genetics*. 76(2), 311–319. doi:10.1007/BF00257861

Grzesiak, W., & Zaborski, D. (2012). Examples of the Use of Data Mining Methods in Animal Breeding. *Data Mining Applications in Engineering and Medicine*. 13, 303–324. doi: 10.5772/50893

Ferenz, L.V. (2017). Reproductive ability and milk productivity of cows depending on breeding value of their progenitors. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 19(74), 48–51. doi:10.15421/nvlvet7411

Golova, N.V., Gultiaeva, O.V., Hudyma, V.Yu., Pakholkiv, N.I., Vudmaska, I.V., & Petruk, A.P. (2017). Effect of

dietary propylene glycol or anti-ketosis supplement on biochemical parameters of cows blood plasma. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 19(79), 22–26. doi:10.15421/nvlvet7905

Gu, J.Q., Wang, Z.H., Gao, R.H., & Wu, H.R. (2017). Cow behavior recognition based on image analysis and activities. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 10(3), 165–174. doi:10.3965/j.ijabe.20171003.3080

Hyl, M.I. (2008). Systemnyi henetychnyi analiz polihennno zumovlenykh oznak khudoby molochnykh porid : monohrafiia. Mykolaiv: MDAU (in Ukrainian).

Hyl, M.I., & Kovalenko, V.V. (2010). Efektyvnist vykorystannia entropiino-informatsiinoho analizu v otsyntsi stupenia minlyvosti oznak koriv ukrainskoi chervonoi molochnoi porody riznoi intensyvnosti formuvannia yikh orhanizmu. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynnystva: zb. nauk. prats. Bila Tserkva*. 3(72), 41–46 (in Ukrainian).

Kramarenko, S.S. (2005). Osobennosti ispol'zovaniia jentropijno-informacionnogo analiza dlja kolichestvennykh priznakov biologicheskikh objektov. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoi akademii nauk*. 7(1), 242–247 (in Russian).

Kramarenko, S., Kuzmicheva, N., & Kramarenko, A. (2017). Principal component analysis of the exterior traits in dairy cows. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 19(79), 48–52 doi:10.15421/nvlvet7910

Kulibaba, S.V., Dolgaya, M.M., & Ionov, I.A. (2017). Effect of feeding chelate complexes of trace elements on the average daily balance of Cu, Zn and Mn in the organism of cows during the period of lactation. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 19(79), 58–61. doi:10.15421/nvlvet7912

Kozyr, V.S. & Barabash, V.I. (2017). Influence of natural selection on the reproductive function of bulls. *Agricultural Science and Practice*. 4(1), 20–27. doi:10.15407/agrisp4.01.020

Levitskaya, L.G. (2017). The needs and characteristics of feeding dairy cows. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 19(79), 62–67. doi:10.15421/nvlvet7913

Merkur'eva, E.K., & Bertazin, A.B. (1989). Primenenie jentropijnogo analiza i koeficienta informativnosti pri ocenke selekcionnykh priznakov v molochnom skotovodstve. *Doklady VASHNIL*. M. 2, 21–23 (in Russian).

Mil'ko, O.S. (1993). Jentropijnij analiz kak novyj metod izuchenija geneticheskogo vlijaniia predkov na porodu. *Mat. I Mezhdunarodnoj konferencii po chastnoj genetike sel's'kohozjajstvennykh zhivotnyh*. (Askanija-Nova, 18–20 maja 1993 g.): Nauchnyj sovet po problemam genetiki i selekcii Rossijskoi akademii nauk, UAAN, Institut obshhej genetiki im. N. I. Vavilova RAN, Institut zhivotnovodstva stepnykh rajonov «Askanija-Nova». Askaniya-Nova, 85 (in Russian).

Patrieva, L.S., & Kramarenko, S.S. (2007). Entropiinyi analiz kilkisnykh oznak dlja selektsiinoi otsinky

- batkivskoho stada miasnykh kurei. Rozvedennia i henetyka tvaryn: mizhvid. temat. zb. K.: Ahrarna nauka. 41, 149–153 (in Ukrainian).
- Palazzolo, J.A., Estafanous, F.G., & Murray, P.A. (1998). Entropy measures of heart rate variation in conscious dogs. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 274(4), H1099-H1105. doi: 10.1152/ajpheart.1998.274.4.H1099
- Pelekhaty, M., Piddubna, L., Kochuk-Yashchenko, A. & Kucher, D. (2017). Comparative characteristics of first-calf cows productivity of modern dairy breeds under the condition of one farm. *Biologia Tvarin*, 19(3), 69–76. doi: 10.15407/animbiol19.03.069
- Pidpala, T.V., Kramarenko, S.S., & Bondar, S.O. (2016). Zastosuvannia entropiinoho analizu dlia otsinky selektsiinykh oznak molochnoi khudoby. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: naukovo-metodychnyi zhurnal: seriia «Tvarynnytstvo»*. 7(30), 89–93 (in Ukrainian).
- Pidpala, T.V., Voinalovych, S.A., Nazarenko, V.H., Herasemenko, V.V., Strikha, L.O., & Tskhvitava, O.K. (2012). Seleksiia molochnoi khudoby i svynei: navch. Posibnyk. Mykolaiv: MNAU (in Ukrainian).
- Siratskyi, Y.Z., Merkusyn, V.V., Fedorovych, Ye.I., & Danylkiv, Ya.N. (2005). *Metody otsinky adaptatsiinoi zdatnosti tvaryn. Metodyky naukovykh doslidzhen iz selektsii, henetyky ta biotekhnolohii u tvarynnytstvi*. K.: Ahrarna nauka, 74–77 (in Ukrainian).
- Smetana, O.Yu. (2009). Stupin orhanizovanosti polihenno zumovlenykh oznak holshtynskoi khudoby za riznykh effektiv vplyvu na nykh stabilizuiuchoho vidboru. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. Kherson: Ailant. 64(3), 110–118 (in Ukrainian).
- Zubec, M.V. (1997). *Genetika, selekcija i biotekhnologija v skotovodstve*. Kiev: «BMT» (in Russian).