



IMPACT OF THE USE OF FANS ON THE MICROCLIMATE OF COW HOUSES, BEHAVIOR AND CLINICAL INDICATORS OF COWS

**M.M. Fedorchenko, O.V. Borshch, Y.O. Balatskyi,
M.V. Malina, L.V. Bondarenko, V.A. Grishko, O.O. Borshch**
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

ORCID

M.M. Fedorchenko: <https://orcid.org/0009-0006-8687-5896>

O.V. Borshch: <https://orcid.org/0000-0001-5174-1309>

Y.O. Balatskyi: <https://orcid.org/0000-0002-3117-9467>

M.V. Malina: <https://orcid.org/0000-0002-1319-9026>

L.V. Bondarenko: <https://orcid.org/0000-0003-3751-9140>

V.A. Grishko: <https://orcid.org/0000-0002-0340-513X>

O.O. Borshch: <https://orcid.org/0000-0002-8450-2109>

E-mail: borshcha@outlook.com

Abstract. The aim of the study was to study the effect of using fans during periods of high temperatures on the microclimate in cow housing, as well as on the behavior and main clinical indicators of the animals. The study was conducted on a commercial dairy farm in the central part of Ukraine (Kyiv region, 49°51'27"N, 30°6'36"E). Holstein dairy cows were kept loose in two identical easily assembled barns, designed for 300 heads each. Fans (20 units) were used in one building, and they were not used in the other. Multifan fans (Vostermans Ventilation, Netherlands) were placed above the feed and manure aisles. The operating hours of the fans in the barn were from 10:00 to 18:00. On the farm, cows were milked three times a day using the Parallel installation (DeLaval 2×16, Sweden). Cows are milked at 06.00; 12.00 and 18.00. The study was conducted during July 2025 during the hot (average daily temperature 27.46 °C, 14 days) period. It was found that an increase in the average daily air temperature was a significant stress factor for lactating cows when kept in a cowshed without ventilation. The use of fans during the hot period had a positive effect on microclimate parameters (air temperature and relative humidity), as well as on the values of climate indices (THI₁, THI₂ and IET). The average daily rectal temperature when kept in a cowshed with fans was 0.43 °C lower compared to a similar cowshed without fans. In addition, the use of fans affected the respiratory rate and the assessment of respiratory difficulty in cows, which were lower by 6.44 movements/min and 0.85 points, respectively. As for the adaptability coefficient, it was also lower in the cowshed with fans (by 0.48). In addition, animals in the room with fans spent 36 minutes more time lying down and consumed feed for 19 minutes longer. At the same time, in cows without ventilation, the duration of walking and standing was significantly higher – by 28 and 12 minutes, respectively. In this variant, the animals also spent 7 minutes more time at the drinkers, consuming water.

Keywords: *dairy cows, easily assembled premises, high temperature, fans, behavior, microclimate, comfort.*

**ВПЛИВ ВИКОРИСТАННЯ ВЕНТИЛЯТОРІВ НА МІКРОКЛІМАТ КОРІВНИКІВ,
ПОВЕДІНКУ ТА КЛІНІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОРІВ**

**М.М. Федорченко, О.В. Борщ, Ю.О. Балацький,
В.В. Малина, Л.В. Бондаренко, В.А. Гришко, О.О. Борщ**
Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна
E-mail: borshcha@outlook.com

Анотація. Метою дослідження було вивчити вплив застосування вентиляторів у періоди високих температур на мікроклімат у приміщеннях для утримання корів, а також на поведінку та основні клінічні показники тварин. Дослідження проводили на комерційній молочній фермі в центральній частині України (Київська область, 49°51'27"N, 30°6'36"E). Дійні корови голштинської породи утримувалися безприв'язним способом у двох ідентичних легкозбірних корівниках, розрахованих на 300 голів кожен. В одному приміщенні використовували вентилятори (20 одиниць), в іншому – їх не застосовували. Вентилятори марки *Multifan (Vostermans Ventilation, Нідерланди)* були розміщені над кормовим і гнойовим проходами. Години роботи вентиляторів у корівнику із 10.00 по 18.00. На фермі триразове доїння корів на установці «*Паралель*» (*DeLaval 2×16, Швеція*). Доять корів о 06.00; 12.00 та 18.00 годинах. Дослідження проводили упродовж липня 2025 року в спекотний (середньодобова температура 27.46 °С, 14 днів) період. Встановлено, що підвищення середньодобової температури повітря виявилось значним стрес-фактором для лактуючих корів за умови утримання у корівнику без вентиляції. Застосування вентиляторів протягом спекотного періоду позитивно вплинуло на параметри мікроклімату (температуру повітря та відносну вологість), а також на значення кліматичних індексів (ТВІ₁, ТВІ₂ та ІТН). Показник середньодобової ректальної температури за утримання у корівнику з використанням вентиляторів був на 0,43 °С нижчим порівняно з аналогічним корівником без вентиляторів. До того ж використання вентиляторів вплинуло на частоту дихання та оцінку важкості дихання у корів, котрі були нижчими на 6,44 рухів/хв та 0,85 бали відповідно. Щодо коефіцієнту адаптивності, то він також був нижчим у корівнику із використанням вентиляторів (на 0,48). Крім того, тварини в приміщенні з вентиляторами проводили на 36 хвилин більше часу в положенні лежачи та на 19 хвилин довше споживали корм. Водночас у корів без вентиляції тривалість ходьби та стояння була значно вищою – на 28 і 12 хвилин відповідно. У цьому варіанті тварини також проводили на 7 хвилин більше часу біля напувалок, споживаючи воду.

Ключові слова: молочні корови, легкозбірні приміщення, висока температура, вентилятори, поведінка, мікроклімат, комфорт.

Вступ. *Актуальність теми.* Упродовж останніх десятиліть молочна худоба дедалі частіше зазнає впливу високих температур, особливо в регіонах із помірним кліматом Центральної та Східної Європи (Ruban et al., 2020). Для високопродуктивних молочних стад негативний вплив підвищеної температури повітря необхідно оцінювати в комплексі з іншими метеорологічними показниками, такими як відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність сонячної радіації та атмосферний тиск (Borshch et al., 2019). Поєднана дія цих кліматичних факторів суттєво позначається на поведінці, відтворній функції, продуктивності та клінічному стані молочних корів (Gunn et al., 2019; Matvieiev et al., 2025).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення температури повітря до +30 °С і вище супроводжується зниженням молочної продуктивності корів у межах від 8 до 35 %. Крім того, у тварин під час періодів теплового навантаження відбувається підвищення температури тіла, частоти дихання та ступеня затруднення дихання (Ruban et al., 2025).

Ступінь впливу теплового стресу на продуктивність корів значною мірою залежить від фази лактації. Найбільш вразливими є тварини на ранніх стадіях лактації, коли їхня здатність протистояти тепловому стресу є найнижчою (Lutsenko et al., 2021; Ying et al., 2025). Найсильніший негативний вплив високих температур на молочну продуктивність проявляється протягом перших 60 днів лактації (Vorshch et al., 2021). Також встановлено негативний вплив теплового стресу на хімічний склад молока, зокрема на вміст жиру, білка та лактози (Lastovska et al., 2025).

Для пом'якшення негативних наслідків теплового стресу на продуктивність, відтворні функції, здоров'я та добробут корів на сучасних фермах застосовують різноманітні технологічні рішення. Серед них – системи примусової вентиляції та охолодження тварин (вентилятори в поєднанні із системами зрошення), охолоджувальні матраци з циркуляцією холодної води, затінені фідлоти (майданчики для відпочинку та годівлі) та їхні комбінації. Вентиляторні системи, які посилюють рух повітря та конвективний теплообмін, дозволяють знижувати температуру навколишнього середовища, зменшувати частоту дихання та ректальну температуру тварин, а також підвищувати споживання сухої речовини кормів (Atkins et al., 2018).

Більшість наукових робіт у цій галузі присвячено вивченню ефективності вентиляторів у поєднанні з водним зрошенням. Таке комплексне застосування дає змогу зменшити негативний вплив спеки на організм корів до 84 %, що супроводжується достовірним зниженням частоти дихання та ректальної температури (D'Emilio et al., 2019; Vorshch et al., 2022; Jiang et al., 2025).

Метою даної роботи було дослідити вплив використання вентиляторів у періоди високотемпературного навантаження на мікроклімат у приміщенні для утримання корів, а також на поведінку та основні клінічні показники тварин.

Для виконання мети було сформовано наступні завдання дослідження:

- вивчити вплив використання вентиляторів на показники мікроклімату у легкозбірних приміщеннях;
- провести порівняння характеру добової поведінки корів у приміщеннях з та без використання вентиляторів;
- вивчити вплив використання вентиляторів на клінічні показники тварин упродовж періоду високотемпературного навантаження.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводили на комерційній молочній фермі у центральній частині України (Київська область 49°51'27"N, 30° 6'36"E). Дійних корів голштинської породи утримували безприв'язно у двох ідентичних легкозбірних корівниках на 300 гол. Одне з яких з використанням вентиляторів (20 на приміщення), а інше – без вентиляторів. Вентилятори (*Multifan, Vostermans Ventilation*, Нідерланди; виробнича потужність до 48000 м³/Год) розташовані над кормовим та гнойовим проходами (рис. 1).

Години роботи вентиляторів у корівнику становили з 10.00 по 18.00. На фермі запроваджено триразове доїння корів на установці «Паралель» (*DeLaval 2×16*, Швеція). Доїть корів о 06.00; 12.00 та 18.00 годинах. Дослідження проводили упродовж липня 2025 р. в спекотний (середньодобова температура 27.46 °С, 14 днів) період. Годували корів загальнозмішаним раціоном. Роздача корму відбувалась двічі на добу (о 09.00 та 19.00).

Етологічні дослідження застосовували для біологічної та технологічної оцінки реакції корів на умови їх утримання та годівлі упродовж періоду високих температур. Спостереження проводили впродовж двох суміжних діб з інтервалом у 10 хв. У піддослідних групах фіксували кількість корів, які на момент спостереження активно або пасивно споживали корм, відпочивали (стоячи чи лежачи) біля годівниці або на підстилці, рухалися, пили воду, жували жуйку тощо. Показники поведінки реєстрували через кожні 10 хв. у заздалегідь підготовлені журнали чи етограми за допомогою спеціальних символів. Після розрахунку відносної кількості тварин, які перебували впродовж доби у певному стані або зоні ферми, визначали абсолютний час, витрачений кожною твариною на окремі

види поведінки (споживання корму, відпочинок, жуйку тощо). Для цього тривалість доби (24 год.) приймали за 100 %, після чого на основі отриманих показників вираховували відповідний абсолютний час у хв. або год.

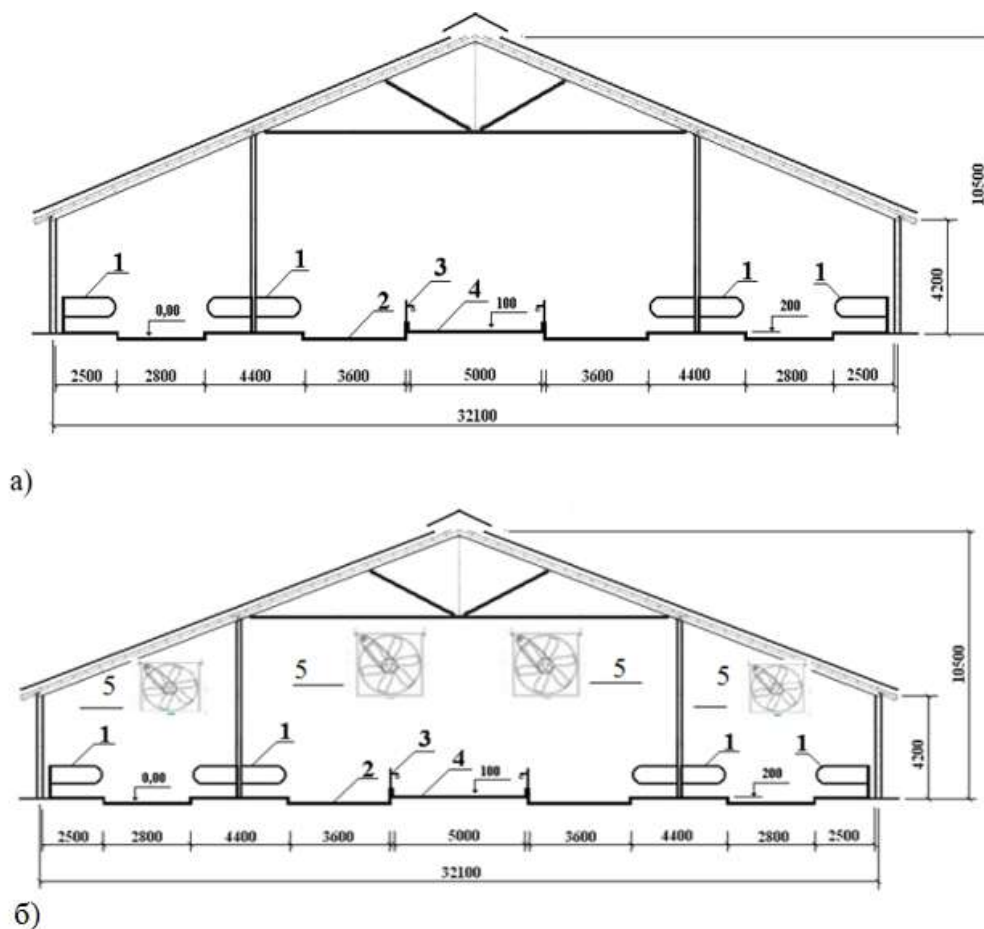


Рис. 1. Легкозбірні корівники без (а) та з (б) вентиляторами. 1 – бокси для відпочинку корів; 2 – кормовий та гнойовий прохід; 3 – огорожі кормового проходу; 4 – кормовий стіл; 5 – вентилятори

Ректальну температуру корів та частоту дихання визначали двічі на день після ранкового та денного доїння. Ректальну температуру корів визначали за допомогою ветеринарного термометру *MicroLife VT1831* (Швейцарія). Важкість дихання корів у період високотемпературного навантаження визначали за шкалою від 0 до 4,5 балів (Gaughan et al., 2008). Температурно-вологісні індекси (ТНІ₁ та ТНІ₂), індекс температурного навантаження (ІТН, °С), коефіцієнт теплової чутливості організму корів розраховували відповідно до загальноприйнятих методик (цит. за Борщ та ін., 2024).

Всі дані представлені як середнє значення \pm стандартна похибка середнього. Для оцінки статистичної значущості отриманих значень використовувався t-критерій Стьюдента. Дані вважалися вірогідними при * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$. T-критерій Стьюдента використовували для порівняння середнього значення між приміщеннями з та без використання вентиляторів. Ці розрахунки були виконані за допомогою програмного забезпечення STATISTICA (версія 11.0, 2012).

Результати та їх обговорення. Використання вентиляторів у корівниках в періоди високотемпературного навантаження позитивно вплинуло на показники мікроклімату та значення трьох температурних індексів (табл. 1). Значення середньої температури і відносної вологості повітря у корівнику із застосуванням вентиляторів були на 4,27 °С та 4,03% нижчими порівняно з корівником без вентиляторів. Також спостерігали і нижчі

значення показників температурно-вологісних індексів (ТВІ₁ та ТВІ₂) на 3,49 і 5,16 та індексу температурного навантаження (ІТН) на 4,66 °С.

Таблиця 1

Показники мікроклімату та клінічних ознак корів у приміщеннях з вентиляторами та без них

Показники	Приміщення з вентиляторами	Приміщення без вентиляторів
Температура, °С	22,27 ± 0,38***	26,54 ± 0,31
Відносна вологість, %	66,18 ± 0,78**	70,21 ± 0,85
Швидкість руху повітря, м/с	1,03 ± 0,05*	0,79 ± 0,06
ТВІ ₁	67,81 ± 0,88*	71,40 ± 1,12
ТВІ ₂	70,78 ± 1,52*	75,84 ± 1,77
ІТН, °С	24,33 ± 0,42*	28,99 ± 0,31

Примітки: порівняно з приміщенням без вентиляторів *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.

Результати наших досліджень співпадають із даними West (2003), в котрих вказано, що використання вентиляторів вплинуло на зниження температури і ТВІ у корівниках.

Одним із основних фізіологічних механізмів природної резистентності живих організмів є температура тіла. У великої рогатої худоби вона становить 38,2-39,5 °С. За такої температури тіла розвивається незначна кількість патогенних мікробів та інших організмів, які у великій кількості знаходяться в навколишньому середовищі (Giannone et al., 2023). Показник середньодобової ректальної температури за утримання у корівнику з використанням вентиляторів був на 0,43 °С нижчим порівняно з аналогічним корівником без вентиляторів (табл. 2). До того ж, використання вентиляторів вплинуло на частоту дихання та оцінку важкості дихання у корів, котрі були нижчими на 6,44 рухів/хв. та 0,85 бали відповідно. Щодо коефіцієнту адаптивності, то він також був нижчим у корівнику із використанням вентиляторів (на 0,48).

Таблиця 2

Клінічні показники та оцінка важкості дихання корів упродовж спекотного періоду

Показники	Приміщення з вентиляторами	Приміщення без вентиляторів
Ректальна температура, °С	38,41 ± 0,10*	38,84 ± 0,09
Частота дихання, разів/хв	35,63 ± 0,47***	42,07 ± 0,63
Оцінка важкості дихання, балів	1,34 ± 0,07***	2,19 ± 0,06
Коефіцієнт адаптивності	2,41 ± 0,12*	2,89 ± 0,18

Примітки: порівняно з приміщенням без вентиляторів * - P < 0,05; *** - P < 0,001.

Застосування вентиляторів сприяє зниженню температури тіла у корів протягом спекотних періодів (Muunda et al., 2025). Аналогічні результати були отримані й у роботі Mondaca (2019). Ortiz et al. (2010) зафіксували суттєве зниження ректальної температури тіла у лактуючих корів на комерційній фермі в Саудівській Аравії завдяки використанню вентиляторних систем. Отримані нами дані частково узгоджуються з результатами Zhao et al. (2021), які показали зменшення частоти дихальних рухів у лактуючих корів при утриманні їх у приміщеннях, обладнаних вентиляторами над кормовим столом. Крім того, Calegari et al. (2014) у дослідженнях, проведених в Італії, встановили, що комбіноване застосування вентиляторів і систем водяного зрошення повітря в корівниках під час високих температур дозволяє ефективно знижувати частоту дихання у тварин. Ці висновки добре кореспондуються з нашими результатами щодо впливу вентиляції на респіраторні показники корів.

Встановлено, що використання вентиляторів у приміщеннях вплинуло на тривалість основних поведінкових реакцій (табл. 3).

Тривалість основних поведінкових реакцій корів упродовж спекотного періоду

Поведінкові реакції, хв/добу	Приміщення	
	з вентиляторів	без вентиляторів
Лежать	748±7,8*	712±7,2
Їдять	260±3,1*	249±3,6
Рухаються	52±1,4***	80±1,8
Стоять	173±4,8*	185±7,9
П'ють воду	42±0,9***	49±0,6

Примітки: порівняно з приміщенням без вентиляторів *P<0.05; ***P<0.001.

Так, тривалість відпочинку лежачи та споживання корму були на 36 та 19 хв. довшими відповідно. При цьому, тривалість ходьби та стояння були довшими за утримання корів у приміщенні без використання вентиляторів – на 28 та 12 хв. відповідно. Також за такого варіанту утримання тварини на 7 хв. довше проводили споживаючи воду.

Висновки

1. Підвищення середньодобової температури повітря стало суттєвим стрес-фактором для лактуючих корів за утримання у корівнику без використання вентиляторів. Використання вентиляторів у корівниках упродовж спекотного періоду позитивно вплинуло на показники мікроклімату (температура та відносна вологість) та кліматичних індексів (ТВІ₁, ТВІ₂ та ІТН).

2. Використання вентиляторів вплинуло на ректальну температуру, частоту дихання та оцінку важкості дихання у корів, котрі були нижчими на: 0,43 °С; 6,44 рухів/хв. та 0,85 бали відповідно. При цьому тварини, які утримувалися в приміщенні з вентиляторів, проводили на 36 хв. більше часу у положенні лежачи та споживали корм на 19 хв. Довше, порівняно з контролем. Водночас у корів без використання вентиляції тривалість ходьби та стояння була значно вищою – на 28 та 12 хв. відповідно. Крім того, у цьому варіанті утримання тварини на 7 хв. довше проводили час біля напувалок, споживаючи воду.

References

- Борщ, О. О., Засуха, Ю. В., Соболев, О. І., Кельвич, Л. М. *Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: навчальний посібник*. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2024. 310 с.
- Atkins, I. K., Cook, N. B., Mondaca, M. R., & Choi, C. Y. (2018). Continuous respiration rate measurement of heat-stressed dairy cows and relation to environment, body temperature, and lying time. *Transactions of the ASABE*, 61, 1475-1485. <https://doi.org/10.13031/trans.12451>
- Borshch, A.A., Ruban, S., Borshch, A.V., & Babenko, O.I. (2019). Effect of three bedding materials on the microclimate conditions, cows behavior and milk yield. *Polish Journal of Natural Sciences*, 34(1), 19-31.
- Borshch, O. O., Ruban, S., & Borshch, O. V. (2021). Review: The influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus*, 32(1), 25-34. <https://doi.org/10.15159/jas.21.12>
- Borshch, O. V., Ruban, S., Kostenko, V., Borshch, O. O., Cherniavskiy, O., Korol-Bezpal, L., Fedorchenko, M., & Matvieiev, M. (2022). Effects of different cooling systems on cows' behaviour and comfort during the hot period. *Veterinarija ir Zootechnika*, 80(2), 10-15.
- Calegari, F., Calamari, L., & Frazzi, E. (2014). Fan cooling of the resting area in a free stall dairy barn. *International Journal of Biometeorology*, 58, 1225-1236. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0716-1>
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., & Lisle, A. (2008). A new heat load index for feedlotcattle. *Faculty Papers and Publications in Animal Science*, 1, 226-234. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305>
- Giannone, C., Bovo, M., Ceccarelli, M., Torreggiani, D., & Tassinari, P. (2023). Review of the heat stress-induced responses in dairy cattle. *Animals*, 13(22), 3451. <https://doi.org/10.3390/ani13223451>

- Gunn, K. M., Holly, M. A., Veith, T. L., Buda, A. R., Prasad, R., Rotz, C. A., Soder, K. J. & Stoner, A. M. K. (2019). Projected heat stress challenges abatement opportunities for U.S. milk production. *PLoS ONE*, 14, e0214665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214665>
- Jannat, A., Johnson, A., & Manriquez, D. (2025). Air quality monitoring in dairy farms: Description of air quality dynamics in a tunnel-ventilated housing barn and milking parlor of a commercial dairy farm. *Journal of Dairy Science*, 108(8), 8567-8581. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26372>
- Jiang, L., Ly, N., & Akdeniz, N. (2025). Assessing ventilation design of dairy buildings equipped with automated milking systems using computational fluid dynamics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 239, 110904. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110904>
- Lastovska, I., Matvieiev, M., Borshch, O. V., Getya, A., Ruban, S., Babenko, O., Borshch, O. O., Chumachenko, I., & Ostrovskiy, D. (2025). The Influence of Somatic Cell Count in Milk on Its Composition During the Summer Period. *Poljoprivreda*, 31(2), 46-52. <https://doi.org/10.18047/poljo.31.2.6>
- Lutsenko, M., Halai, O., Legkodu, V., Lastovska, I., Borshch, O., & Nadochii, V. (2021). Milk production process, quality and technological properties of milk for the use of various types of milking machines. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 43, e51336. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.51336>
- Matvieiev, M., Getya, A., Nehrey, M., Yakubets, T., Ruban, S., Nazarko, O., Borshch, O.O., Lastovska, I., Baban, V., & Mashkin, M. (2025). Optimisation of dairy farming in Ukraine: Integrating modern information technologies for genetic improvement and sustainable herd management. *Agronomy Research*, 23(1), 435-447. <https://doi.org/10.15159/AR.25.010>
- Mauger, G., Bauman, Y., Nennich, T. & Salathé, E. (2015). Impacts of climate change on milk production in the United States. *The Professional Geographer*, 67(1), 121-131.
- Mondaca, M. R. (2019). Ventilation systems for adult dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35, 139-156. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.006>
- Muunda, E., Ceballos, M. C., Ritter, C., VanLeeuwen, J., Rao, E. J. O., & Hall, D. C. (2025). Economic evaluations of cow comfort interventions in dairy production systems: A systematic review protocol. <https://dx.doi.org/10.11575/PRISM/50815>
- Ortiz, X.A., Smith, J.F., Bradford, B.J., Harner, J.P., & Oddy, A. (2010). Effects of running time of a cattle-cooling system on core body temperature of cows on dairy farms in an arid environment. *Journal of Dairy Science*, 93(10), 4949-4954. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3119>
- Ruban, S., Borshch, O. O., Borshch, O. V., Getya, A., Matvieiev, M., Getya, A., Matvieiev, M., Korol-Bezpal, L., Lastovka, I., & Baban, V. (2025). Implementing fan cooling in barn to improve microclimate and milk yield of dairy cows. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 36, e28927. <https://doi.org/10.15381/rivep.v36i3.28927>
- Ruban, S., Borshch, O.O., Borshch, O.V., Orischuk, O., Balatskiy, Y., Fedorchenko, M., Kachan, A. & Zlochevskiy, M. (2020). The impact of high temperatures on respiration rate, breathing condition and productivity of dairy cows in different production systems. *Animal Science Papers and Reports*, 38(1), 61-72.
- Yadav, B., Singh, G., & Wankar, A. (2019). Acclimatization dynamics to extreme heat stress in crossbred cattle. *Biological Rhythm Research*, 52(10), 1589-1603. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1610627>
- Ying, Z., Xie, S., Xiu, Z. Sun, Y., Yang, Q., Gao, H., Fan, W., & Wu, Y. (2025). Under heat stress conditions, selenium nanoparticles promote lactation through modulation of rumen microbiota and metabolic processes in dairy goats. *Scientific Reports*, 15(1), 9063. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93710-1>
- Zhao, W., Choi, C., Li, D., Yan, G., Li, H., & Shi, Z. (2021). Effects of airspeed on the respiratory rate, rectal temperature, and immunity parameters of dairy calves housed individually in an axial-fan-ventilated barn. *Animals*, 11(2), 354. <https://doi.org/10.3390/ani11020354>