



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707–5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10219
<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 636.4.053.084:661.155.3:612.3

The effect of Zinc and Copper proteinate on the hematological parameters of growing pigs and the digestibility of nutrients in compound feed

V. S. Bomko¹, D. S. Shapovalov¹, Yu. G. Kropyvka²✉

¹Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 10.02.2025

Received in revised form

10.03.2025

Accepted 11.03.2025

Bila Tserkva National Agrarian
University, 8/1, Soborna Sq.,
Bila Tserkva, 09117, Ukraine.

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary
Medicine and Biotechnologies,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-097-431-88-30
E-mail: sy-kropyvka@ukr.net

Bomko, V. S., Shapovalov, D. S., & Kropyvka, Yu. G. (2025). The effect of Zinc and Copper proteinate on the hematological parameters of growing pigs and the digestibility of nutrients in compound feed. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(102), 127–132. doi: 10.32718/nvlvet-a10219

The article presents the results of a scientific and economic study on the effects of different levels of zinc and copper proteinate in the diets of four-breed hybrid piglets during fattening on hematological parameters and feed nutrient digestibility coefficients. The study confirms the importance of balanced feeding for achieving high productivity in hybrid pigs, particularly in ensuring their bodies receive essential trace elements such as zinc and copper. These elements play a key role in enzymatic activity, metabolism, and immune system function. The use of organic trace elements promotes better absorption and bioavailability compared to inorganic salts, such as sulfates. Feeding zinc and copper proteinates improved metabolic processes in the body without negatively affecting biochemical and morphological blood parameters. Hemoglobin levels in pigs of the 3rd experimental group exceeded the control by 6.1 % ($P \leq 0.001$), while in the 2nd, 4th, and 5th groups, they were higher by 1.7 %, 4.6 %, and 3.1 %, respectively. The total protein concentration in the blood serum of pigs in the 3rd group was higher by 9.3 % ($P \leq 0.001$), in the 4th group by 8.8 % ($P \leq 0.001$), and in the 5th group by 7.1 % ($P \leq 0.001$) compared to the control. Regarding trace element levels, zinc concentration in the experimental groups was higher than in the control by 8.9 % ($P \leq 0.001$), 17.8 % ($P \leq 0.001$), 12.5 % ($P \leq 0.001$), and 2.3 %, respectively, while copper concentration was higher by 6.6 %, 20.0 %, and 13.3 % in the 2nd, 3rd, and 4th groups, respectively. The inclusion of zinc and copper proteinates in the diet enhanced nutrient digestibility. The highest values were observed in pigs of the 3rd group when zinc proteinate was added at 332.9 g/t and copper proteinate at 10.9 g/t of compound feed. The overall digestibility of organic matter in the experimental groups ranged from 81.6 % to 85.6 %. The digestibility coefficients in the 2nd, 3rd, 4th, and 5th groups exceeded the control by 1.6%, 4.0 % ($P \leq 0.05$), 3.2 % ($P \leq 0.05$), and 3.0 % ($P \leq 0.05$), respectively. The digestibility of crude protein in the experimental groups was higher than in the control by 0.6 %, 3.5 % ($P \leq 0.05$), 2.4 % ($P \leq 0.05$), and 1.3 % ($P \leq 0.05$), while crude fat digestibility increased by 0.5 %, 2.6 % ($P \leq 0.05$), 1.5 %, and 0.6 %, respectively. The digestibility of crude fiber in the 3rd group exceeded the control by 2.7 % ($P \leq 0.01$), in the 4th group by 2.2 % ($P \leq 0.05$), and in the 5th group by 1.4 % ($P \leq 0.05$). The digestibility coefficients of nitrogen-free extractives in the 2nd, 3rd, 4th, and 5th groups were higher than in the control by 4.2 %, 6.1 % ($P \leq 0.05$), 5.1% ($P \leq 0.05$), and 4.5 %, respectively.

Key words: pigs, zinc proteinate, copper proteinate, compound feed, biochemical and morphological blood parameters, digestibility, digestibility coefficients.

Вплив протеїнатів Цинку і Купруму на гематологічні показники молодняку свиней на відгодівлі та на перетравність ними поживних речовин комбікорму

В. С. Бомко¹, Д. С. Шаповалов¹, Ю. Г. Кропивка²✉

¹Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

У статті представлено результати науково-господарського дослідження щодо вивчення впливу різних рівнів протеїнатів Цинку та Купруму в раціонах чотирипородних гібридних поросят на відгодівлі на гематологічні показники та коефіцієнти перетравності поживних речовин комбікорму. Дослідження підтверджує важливість збалансованої годівлі для досягнення високої продуктивності гібридних свиней, зокрема у забезпеченні їхнього організму мікроелементами, такими як Цинк і Купрум. Ці елементи відіграють ключову роль у ферментативній активності, метаболізмі та функціонуванні імунної системи. Використання органічних мікроелементів сприяє кращому засвоєнню та біодоступності цих речовин порівняно з неорганічними солями, такими як сульфати. Згодовування протеїнатів Цинку та Купруму сприяло покращенню обмінних процесів в організмі, не погіршуючи біохімічних та морфологічних показників крові. Вміст гемоглобіну у свиней 3-ї дослідної групи перевищував контрольний на 6,1 % ($P \leq 0,001$), у 2-ї, 4-ї та 5-ї – на 1,7 %, 4,6 % і 3,1 % відповідно. Концентрація загального білка в сироватці крові свиней 3-ї групи була вищою на 9,3 % ($P \leq 0,001$), 4-ї – на 8,8 % ($P \leq 0,001$), 5-ї – на 7,1 % ($P \leq 0,001$) порівняно з контролем. Щодо вмісту мікроелементів, рівень Цинку у тварин дослідних груп був вищим за контрольний на 8,9 % ($P \leq 0,001$), 17,8 % ($P \leq 0,001$), 12,5 % ($P \leq 0,001$) та 2,3 % відповідно, а рівень Купруму – на 6,6 %, 20,0 % і 13,3 % у 2-ї, 3-ї і 4-ї групах відповідно. Введення протеїнатів Цинку та Купруму сприяло підвищенню перетравності поживних речовин. Найвищі показники спостерігалися у свиней 3-ї групи за введення протеїнату Цинку 332,9 г/т і протеїнату Купруму 10,9 г/т комбікорму. Загальна перетравність органічної речовини у дослідних групах становила 81,6–85,6 %. Показники 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї груп перевищували контрольні відповідно на 1,6 %, 4,0 % ($P \leq 0,05$), 3,2 % ($P \leq 0,05$) і 3,0 % ($P \leq 0,05$). Перетравність сирого протеїну у свиней дослідних груп була вищою за контроль на 0,6 %, 3,5 % ($P \leq 0,05$), 2,4 % ($P \leq 0,05$) і 1,3 % ($P \leq 0,05$), сирого жиру – на 0,5 %, 2,6 % ($P \leq 0,05$), 1,5 % і 0,6 % відповідно. Перетравність сирової клітковини у 3-ї групі перевищувала контроль на 2,7 % ($P \leq 0,01$), у 4-ї – на 2,2 % ($P \leq 0,05$), у 5-ї – на 1,4 % ($P \leq 0,05$). Коефіцієнти перетравності безазотистих екстрактивних речовин у 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї групах були вищими за контрольні на 4,2 %, 6,1 % ($P \leq 0,05$), 5,1 % ($P \leq 0,05$) і 4,5 % відповідно.

Ключові слова: свині, протеїнат Цинку, протеїнат Купруму, комбікорм, біохімічні та морфологічні показники крові, перетравність, коефіцієнти перетравності.

Вступ

Основою успішного ведення свинарства є повноцінна і збалансована годівля, яка враховує сучасні теоретичні та практичні дані щодо обміну речовин і енергії в організмі тварин, а також вплив поживних і біологічно активних речовин на ефективність використання кормів, синтез продукції та здоров'я кожної статевовікової групи. Важливим є також урахування фактичної поживності кормів (Hutsol & Biliavtseva, 2016; Lykhach & Lykhach, 2020; Mykhalko, 2021; Provatorov et al., 2007; Voloshchuk, 2014; Ibatullin et al., 2015; Kozenko et al., 2022).

На сьогодні породи свиней в Україні мають високий генетичний потенціал, який широко використовується в системі гібридизації для отримання молодняку, призначеного для м'ясної відгодівлі. Для гібридних поросят питання повноцінної збалансованої годівлі набуває ще більшої актуальності, оскільки такі помісі дуже чутливі до незбалансованого раціону. Навіть незначні, але систематичні недоліки в їх годівлі можуть призвести до зниження резистентності, значних порушень в організмі та підвищення рівня смертності (Provatorov & Provatorova, 2004; Provatorov et al., 2007; Mykhalko, 2021; Vyslotska et al., 2021; Gutj et al., 2023; Smychok et al., 2023).

При організації повноцінної годівлі відгодівельного молодняку свиней важливе місце відводиться мінеральним речовинам, які є ключовими компонентами поживної цінності раціону поросят (Burlaka et al., 2012; Hrushanska et al., 2018). Завдяки своїм біологічним властивостям свині мають підвищену потребу в мінеральних елементах живлення. Недостатня кількість окремих мінеральних речовин у раціоні негативно позначається на загальному стані здоров'я тварин і засвоюваності корму (Klitsenko et al., 2001).

Мінеральні речовини необхідні для нормального функціонування різних органів, росту та розвитку

організму. Вони беруть участь у процесах обміну речовин, створюють необхідні умови для функціонування ферментів, гормонів і вітамінів, стабілізують кислотно-лужну рівновагу та осмотичний тиск (Popsui, 2012; Kropyvka et al., 2024).

Відсутність або нестача окремих мінеральних елементів, а також порушення їхнього співвідношення в кормах для свиней призводить до зниження ефективності використання поживних речовин корму, а отже – до зниження продуктивності та виникнення захворювань (Opара, 2012; Leskiv et al., 2023).

Основною передумовою профілактики порушень обміну мінеральних речовин в організмі тварин та підвищення їхньої продуктивності є забезпечення раціонів свиней макро- та мікроелементами. Відомо, що корми задовольняють потреби тварин у мінеральних елементах лише на 50–80 %, тому їхню нестачу компенсують мінеральними добавками (Klitsenko et al., 2001; Povod et al., 2024; Mykhalko et al., 2024; Krempa et al., 2025).

Проблема мінерального живлення тварин досить широко висвітлена у працях вітчизняних і зарубіжних учених (Klitsenko et al., 2001; Provatorov & Provatorova, 2004; Hasanuzzaman et al., 2010; Honcharuk, 2016; Broom et al., 2021; Byrne & Murphy, 2022; Brugger et al., 2022). Встановлено норми згодовування мінеральних речовин залежно від виду, віку, статі, фізіологічного стану, продуктивності та інтенсивності використання тварин. Проте зміна хімічного складу кормів з роками та виведення більш високопродуктивних порід свиней вимагає удосконалення форм і норм мінеральних елементів у годівлі, особливо мікроелементів (Bomko & Danylenko, 2015; Bomko et al., 2022).

Оптимальний вміст і співвідношення мікроелементів у раціоні стабілізують перебіг багатьох метаболічних реакцій, що забезпечує нормальний стан здоров'я та високу продуктивність тварин. Нестача, над-

лишок або дисбаланс мікроелементів в організмі спричиняє різні захворювання, зниження продуктивності та скорочення тривалості використання тварин. Для компенсації дефіциту мікроелементів у раціонах застосовують різноманітні неорганічні сполуки, зокрема сульфати, хлориди та оксиди як у чистому вигляді, так і у складі преміксів (Zasiekin, 2002; Bomko & Danylenko, 2015; Kropyvka et al., 2024). Проте рівень засвоєння цих сполук організмом тварин становить лише 15–20 %, що зумовлено їхньою низькою біодоступністю та призводить до підвищеного виділення мінеральних речовин у довкілля.

Засвоєння мікроелементів значно поліпшується за використання органічних сполук. Особливий інтерес становлять хелатні комплекси – сполуки металів з амінокислотами, такими як метіонін або лізин. Вони добре абсорбуються в кишечнику, депонуються в тканинах без дисоціації, легко включаються в метаболічно активні форми і в менших дозах забезпечують фізіологічну потребу свиней у мікроелементах (Opara, 2012; Popsui, 2012). Застосування хелатних сполук усуває антагоністичні взаємодії між окремими мікроелементами, сприяє ефективному транспортуванню до місця абсорбції та перетворенню в організмі на метаболічно активні форми (Iaremchuk et al., 2022).

Мета дослідження

Метою досліджень було вивчення впливу протеїнатів Цинку і Купруму на гематологічні показники крові та коефіцієнти перетравності поживних речовин у годівлі чотирипородного гібридного молодняку свиней за вирощування на м'ясо.

Матеріал і методи досліджень

Наукові дослідження проводилися в умовах ТДВ “Терезіне” Київської області. Для дослідів сформували п'ять груп чотирипородних гібридних поросят по 12 голів у кожній із середньою живою масою 35 кг. Ма-

теринська лінія – двопородні свинки (велика біла × ландрас), батьківська лінія – двопородний кнур (дюрок × п'єстрен).

Поросяттам контрольної групи (1-а група) згодовували комбікорм із преміксом, до складу якого входили сульфатні солі Цинку і Купруму. У раціонах поросят дослідних груп (2-а, 3-я, 4-а і 5-а групи) сульфати Цинку і Купруму замінили на протеїнати цих мікроелементів.

Повнораціонний комбікорм (ПК), який використовували для першої контрольної групи, містив в одній тонні 355 г сульфату Цинку та 15,1 г сульфату Купруму. Для другої дослідної групи ПК містив 665,8 г протеїнату Цинку та 15,1 г протеїнату Купруму, для третьої групи – ПК із 332,9 г протеїнату Цинку та 10,9 г протеїнату Купруму, для четвертої – ПК із 166,4 г протеїнату Цинку та 5,45 г протеїнату Купруму, а для п'ятої – ПК із 83,2 г протеїнату Цинку та 2,72 г протеїнату Купруму.

Протягом доби поросята всіх груп мали вільний доступ до корму і води, що забезпечувало оптимальне споживання корму. Тварини споживали корм з апетитом без змін у поведінці.

Результати та їх обговорення

Споживання різних рівнів і форм Цинку та Купруму в повнораціонному комбікормі позначилося на показниках крові поросят.

Відомо, що склад крові як показника внутрішнього середовища не є постійним, оскільки змінюється під впливом різних факторів, зокрема рівня та форми мікроелементного забезпечення. Якісний і кількісний склад крові визначає інтенсивність усіх обмінних процесів в організмі.

Для оцінки функціонального стану організму після згодовування різних доз та використання різних джерел Цинку і Купруму визначали основні показники крові свиней, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Морфологічні показники крові піддослідних свиней, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$, (n = 3)

Показник	Група				
	контрольна		дослідні		
	1	2	3	4	5
Еритроцити, Т/л	7,6 ± 0,85	7,6 ± 0,98	7,8 ± 0,63	7,7 ± 0,91	7,7 ± 0,56
Лейкоцити, Г/л	12,4 ± 0,86	12,2 ± 1,39	11,7 ± 1,08	11,8 ± 1,12	12,0 ± 1,24

Результати дослідження морфологічного складу крові піддослідних свиней показали, що у тварин дослідних груп під впливом досліджуваного фактора спостерігалася тенденція до збільшення кількості еритроцитів і зниження вмісту лейкоцитів порівняно з контрольними аналогами. Водночас показники крові всіх піддослідних тварин відповідали фізіологічній нормі.

З наведених даних видно, що найвища концентрація еритроцитів визначалася у крові свиней 3-ї дослідної групи, які отримували комбікорм із вмістом про-

теїнату Цинку та протеїнату Купруму відповідно 332,9 г/т і 10,9 г/т. У крові поросят 3-ї групи кількість еритроцитів перевищувала показник контрольної групи на 2,6 %. У тварин 4-ї та 5-ї груп цей показник був на 1,3 % вищим порівняно з 1-ю контрольною і 2-ю дослідною групами.

Лейкоцити беруть участь у захисті організму, тому їхня кількість є важливим показником здоров'я поросят. Концентрація лейкоцитів у крові змінювалася залежно від рівня Цинку та Купруму в раціоні. Так, у крові тварин 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї дослідних груп спостері-

галася тенденція до зниження їх вмісту на 1,6 %, 5,6 %, 4,8 % і 3,2 % відповідно порівняно з контролем. Однак показники лейкоцитів у крові тварин усіх груп залишалися в межах фізіологічної норми, що свідчить про нормальний перебіг фізіолого-біохімічних процесів.

Крім морфологічних, були визначені деякі біохімічні показники крові свиней, що характеризують інтенсивність обміну речовин та фізіологічний стан піддослідних тварин (табл. 2).

Таблиця 2

Основні біохімічні показники крові піддослідних свиней, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$, (n = 3)

Показник	Група				
	контрольна		дослідні		
	1	2	3	4	5
Гемоглобін, г/л	117,6 ± 1,34	119,6 ± 1,65	124,8 ± 1,39***	123,1 ± 1,25*	121,3 ± 1,66*
Загальний білок, г/л	76,1 ± 2,12	77,6 ± 2,07	83,2 ± 1,96***	82,8 ± 1,62 ***	81,5 ± 1,77***
Цинк, мкмоль/л	16,8 ± 1,07	18,3 ± 1,25***	19,8 ± 0,68***	18,9 ± 0,90***	17,2 ± 1,39
Купруму, мг/л	1,5 ± 0,47	1,6 ± 0,25***	1,8 ± 0,38***	1,7 ± 0,32***	1,7 ± 0,39***

Примітка: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ порівняно з контрольною групою

Наприкінці досліду було виявлено підвищення вмісту гемоглобіну в крові підсвинків усіх дослідних груп, що пов'язано зі збільшенням кількості еритроцитів. Показники гемоглобіну у крові свиней 3-ї дослідної групи перевищували контрольні значення на 6,1 % ($P \leq 0,001$), у 4-ї – на 4,7 % ($P \leq 0,05$), у 5-ї – на 3,1 % ($P \leq 0,05$), а у 2-ї – на 1,7 %. Це свідчить про інтенсифікацію обміну речовин у тканинах організму.

Одним із важливих показників обміну речовин є вміст загального білка у сироватці крові. Уведення до комбікорму протеїнатів Цинку і Купруму сприяло підвищенню його концентрації. У тварин 3-ї дослідної групи вміст загального білка був вищим порівняно з

контролем на 9,3 % ($P \leq 0,001$), у 4-ї – на 8,8 % ($P \leq 0,001$), у 5-ї – на 7,1 % ($P \leq 0,001$), а у 2-ї – на 2,0 %.

Щодо вмісту Цинку і Купруму в крові, то рівень Цинку у тварин дослідних груп перевищував контрольні значення: у 2-й групі – на 8,9 % ($P \leq 0,001$), у 3-й – на 17,9 % ($P \leq 0,001$), у 4-й – на 12,5 % ($P \leq 0,001$), у 5-й – на 2,4 %. Вміст Купруму у крові поросят 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї груп був вищим за контрольний відповідно на 6,7 % ($P \leq 0,001$), 20,0 % ($P \leq 0,001$), 13,3 % ($P \leq 0,001$) і 13,3 % ($P \leq 0,001$).

Аналіз перетравності поживних речовин показав, що коефіцієнти їхньої перетравності у поросят дослідних груп були вищими порівняно з контрольною (табл. 3).

Таблиця 3

Перетравність поживних речовин комбікормів у молодняку свиней, %, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$, (n = 3)

Показник	Група				
	контрольна		дослідні		
	1	2	3	4	5
Органічна речовина	81,6 ± 1,17	83,2 ± 1,11	85,6 ± 1,32*	84,8 ± 1,18*	84,6 ± 1,44*
Сирий протеїн	79,1 ± 0,55	79,7 ± 1,32	82,6 ± 0,95*	81,5 ± 1,02*	80,4 ± 0,68
Сирий жир	65,2 ± 1,22	65,7 ± 1,13	67,8 ± 1,12*	66,7 ± 1,21	65,8 ± 0,89
Сира клітковина	38,4 ± 1,56	38,8 ± 1,58	41,1 ± 1,14**	40,6 ± 1,21*	39,8 ± 1,33*
БЕР	85,3 ± 1,34	89,5 ± 1,40	91,4 ± 1,09*	90,4 ± 1,27*	89,8 ± 0,84

Примітка: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ порівняно з контрольною групою

За даними балансового досліду, перетравність органічної речовини у свиней усіх дослідних груп була на високому рівні й становила 81,6–85,6 %. У тварин дослідних груп, порівняно з контрольними аналогами, показники перетравності поживних речовин були вищими.

Так, за коефіцієнтами перетравності органічної речовини контрольний показник переважали тварини 2-ї дослідної групи на 1,6 %; 3-ї – на 4,0 % ($P \leq 0,05$); 4-ї – на 3,2 % ($P \leq 0,05$) і 5-ї дослідної групи – на 3,0 % ($P \leq 0,05$).

Перетравність сирого протеїну у тварин 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї дослідних груп порівняно з контролем була вищою відповідно на 0,6 %; 3,5 % ($P \leq 0,05$); 2,4 % ($P \leq 0,05$) і 1,3 %. Найвищий коефіцієнт перетравності сирого протеїну спостерігався у підсвинків 3-ї дослідної групи, яким згодовували комбікорм із протеїнатом

Цинку в кількості 332,9 г/т та протеїнатом Купруму 10,9 г/т.

У свиней 3-ї дослідної групи порівняно з контролем спостерігалася вища перетравність сирого жиру на 2,6 % ($P \leq 0,05$), у 4-ї – на 1,5 %, а в 2-ї та 5-ї груп – на 0,5 % та 0,6 % відповідно.

Додавання до комбікормів різних доз протеїнатів Цинку і Купруму позитивно вплинуло на перетравність сирого клітковини. Так, свині 2-ї дослідної групи за коефіцієнтом перетравності сирого клітковини перевищували контрольних аналогів на 0,4 %, 3-ї – на 2,7 % ($P \leq 0,01$), 4-ї – на 2,2 % ($P \leq 0,05$), а 5-ї – на 1,4 % ($P \leq 0,05$).

Коефіцієнти перетравності безазотистих екстрактних речовин (БЕР) у тварин 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї дослідних груп були вищими, ніж у контрольних аналогів відповідно на 4,2 %; 6,1 % ($P \leq 0,05$); 5,1 % ($P \leq 0,05$) та 4,5 %.

Висновки

Отже, введення до комбікормів для свиней на відгодівлі протеїнатів Цинку і Купруму сприяло підвищенню в їхній крові вмісту гемоглобіну, загального білка, Цинку та Купруму, а також поліпшенню перетравності поживних речовин. Встановлено, що у тварин дослідних груп порівняно з контролем зросли коефіцієнти перетравності органічної речовини, сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини та безазотистих екстрактивних речовин, що підтверджено результатами фізіологічного дослідю. Оптимальною дозою для молодняку гібридних поросят на відгодівлі є протеїнат Цинку в кількості 332,9 г/т та протеїнат Купруму – 10,9 г/т комбікорму.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Bomko, V. S., & Danylenko, V. P. (2015). Rezultaty doslidzhen vmistu tsynku, kuprumu, manhanu, kobaltu, yodu i seleni v kormakh zony Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 6(28), 87–90. (in Ukrainian).
- Bomko, V.S., Kropyvka, Yu. H., & Sivachenko, Ye.V. (2022). Proteinat Tsynku dlia silskohospodarskykh tvaryn. *Tekhnichni umovy TU U 10.9-00493712-003:2022* (in Ukrainian)
- Broom, L. J., Monteiro, A., & Piñon, A. (2021). Recent Advances in Understanding the Influence of Zinc, Copper, and Manganese on the Gastrointestinal Environment of Pigs and Poultry. *Animals*, 11(5), 1276. DOI: 10.3390/ani11051276.
- Brugger, D., Wagner, B., Windisch, W. M., Schenkel, H., Schulz, K., Südekum, K.-H., Berk, A., Pieper, R., Kowalczyk, J., & Spolders, M. (2022). Review: Bioavailability of trace elements in farm animals: definition and practical considerations for improved assessment of efficacy and safety. *Animal*, 16(8), 100598. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100598.
- Burlaka, V., Verbelchuk, S., & Verbelchuk, T. (2012). Vplyv netradytsiinykh mineralnykh dobavok na yakist svynyny. *Tvarynytstvo Ukrainy*, 9, 32–35 (in Ukrainian).
- Byrne, L., & Murphy, R. A. (2022). Relative Bioavailability of Trace Minerals in Production Animal Nutrition: A Review. *Animals*, 12(15), 1981. DOI: 10.3390/ani12151981.
- Gutyj, B., Martyshuk, T., Khalak, V., Zezekalo, M., Omelchenko, O., Todoriuk, V., Khymynets, P., Vyslotska, L., Vus, U., & Prysiashniuk, V. (2023). The influence of feed additive “Sylymevit” on indicators of the immune system of piglets at weaning. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 25(110), 104–109. DOI: 10.32718/nvlvet11017.
- Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., & Fujita, M. (2010). Selenium in Higher Plants Physiological Role, Antioxidant Metabolism and Abiotic Stress Tolerance. *Journal of Plant Sciences*, 5(4), 354–375. DOI: 10.3923/jps.2010.354.375.
- Honcharenko, V. (2013). Formula zdorovia tvaryn. *Ahrarnyi tyzhden*, 8–9, 20 (in Ukrainian).
- Honcharuk, A. P. (2016). BVMD “Intermiks” u ratsionakh vidhodivli svynei. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho*, 18(67), 52–56 (in Ukrainian)
- Hrushanska, N. H., Yakymchuk, O. M., & Tsvilikhovskyi, M. I. (2018). Pokaznyky obminu mineralnykh rehovyn v orhanizmi svynomatok za profilaktyky mikroelementoziv. *Veterynarna medytsyna, yakist i bezpeka produktsii tvarynytstva. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 1 (71). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_1_29 (in Ukrainian)
- Hutsol, A. V., & Biliavtseva, V. V. (2016). Pokaznyky zaboju svynei pry hodivli BVMD Enervik karnitynom. *Naukovyi visnyk Sumskoho natsionalnoho universytetu*, 5(29), 128–131 (in Ukrainian)
- Iaremchuk, O. S., Farionik, T. V., & Shpakovska, H. I. (2022). Veterynarno-sanitarna ekspertyza yalovychny za vykorystannia dobavok mineralnoho pokhodzhennia. *Vinnytskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet: Monohrafiia*. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/32146.pdf> (in Ukrainian).
- Ibatullin, I. I., Melnyk, Yu. F., Otchenashko, V. V., ta in. (2015). *Praktykum z hodivli silskohospodarskykh tvaryn: navchalnyi posibnyk*. Kyiv. (in Ukrainian).
- Klitsenko, H. T., Kulyk, M. F., Kosenko, M. V. ta in. (2001). *Mineralne zhyvlennia tvaryn*. Kyiv: SvIt (in Ukrainian).
- Kozenko, O., Krempa, N., Gutyj, B., Chorny, M., Shkromada O., Zhylina, V., & Martyshuk, T. (2022). Dynamics of morphological and biochemical indicators of blood of young pigs using Globigen® Pig Doser and Globigen® Jump Start with different methods of their keeping. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24(107), 100–109. DOI: 10.32718/nvlvet10717.
- Krempa, N., Kozenko, O., Gutyj, B., Dvyliuk, I., Magrelo, N., Klym, H., Martyshuk, T., Vus, U., & Vysotskyi, A. (2025). Bioethical aspects of ensuring the well-being of pigs under intensive farming technologies. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 27(117), 59–65. DOI: 10.32718/nvlvet11708.
- Kropyvka, Y., Bomko, V., Tytariova, O., & Smetanina, O. (2024). Effectiveness of using mixed ligand complexes of Zinc, Manganese and Cobalt in feeding dry stable cows. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 47(1), e69275. DOI: 10.4025/actascianimsci.v47i1.69275.
- Kropyvka, Yu., Bomko, V., & Tytariova, O. (2024). Efficiency of using different levels of mixed ligand complexes of Zinc, Manganese, and Cobalt in cow feeding. *Animal Science and Food Technology*, 15(1), 29–41. DOI: 10.31548/animal.1.2024.29.
- Leskiv, K. Y., Gutyj, B. V., Khalak, V. I., Bordun, O. M., Todoriuk, V. B., Khymynets, P. S., Vus, U. M., Binkevych, V. Y., & Solomon, A. M. (2023). The ef-

- fect of methionin, phenaron, and metiphen in different doses on the activity of the enzymatic link of the antioxidant protection of the piglets' bodies. *Agrology*, 6(3), 67–70. DOI: 10.32819/021111.
- Lykhach, V. Ya., & Lykhach, A. V. (2020). *Tekhnologichni innovatsii u svynarstvi*. Kyiv: FOP Yamchynskiy O. V. (in Ukrainian).
- Mykhalko, O. H. (2021). *Suchasnyi stan ta shliakhy rozvytku svynarstva v sviti ta Ukraini*. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya "Tvarynnytstvo"*, 3(46), 61–78. URL: <http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/9537/1/6.pdf> (in Ukrainian).
- Mykhalko, O., Povod, M., Gutyj, B., Korzh, O., Mironenko, O., Karunna, T., Bilokopytov, V., & Krempa, N. (2024). The influence of the ventilation system in the room for rearing pigs and the type of feeding on the indicators of microclimate and productivity of pigs. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 24(1), 635–652. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_1/Art65.pdf.
- Opara, V. (2012). Optymizatsiia mineralnoho zhyvlennia silskohospodarskykh tvaryn. *Propozytsiia*, 10, 120–123 (in Ukrainian).
- Popsui, V. (2012). *Mineralna zabezpechenist ratsioniv syvnei*. *Propozytsiia* (in Ukrainian).
- Povod, M., Mykhalko, O., Gutyj, B., Borshchenko, V., Verbelchuk, T., Lavryniuk, O., Shostia, H., & Shpyrna, I. (2024). Growth intensity and feeding efficiency of surgically and immunologically castrated male pigs on a liquid type of feeding. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 24(1), 799–810. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_1/Art80.pdf.
- Povod, M., Mykhalko, O., Gutyj, B., Verbelchuk, T., Kalynychenko, H., Vyslotska, L., & Ivakhiv, M. (2024). The dependence of piglet productivity on the method of feed preparation and the feeding of piglets. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 24(1), 787–798. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_1/Art79.pdf.
- Provatorov, H. V., & Provatorova, V. O. (2004). *Hodivlia silskohospodarskykh tvaryn: Pidruchnyk*. Sumy: VTD "Universytetska knyha" (in Ukrainian).
- Provatorov, H. V., Ladyka, V. I., Bondarchuk, L. V., Provatorova, V. O., & Opara, V. O. (2007). *Normy, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn: Dovidnyk*. Sumy (in Ukrainian).
- Smychok, T., Gutyj, B., Kozenko, O., Todoriuk, V., Martyshuk, T., Kushnir, V., Krempa, N., Vus, U., Rudenko, O., Vozna, O., & Senechyn, V. (2023). The influence of the feed additive "Metisevit" on the activity of the antioxidant defense system of piglets under conditions of nitrate-nitrite load. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 25(99), 176–181. DOI: 10.32718/nvlvet-a9929.
- Voloshchuk, V. M. (2014). *Svynarstvo: Monohrafiia*. Kyiv: Ahrar. nauka (in Ukrainian).
- Vyslotska, L., Gutyj, B., Kozenko, O., Khalak, V., Chornyj, M., Martyshuk, T., Krempa, N., Vozna, O., & Todoriuk, V. (2021). System of antioxidant protection of the body of piglets under the action of feed additive "Sylymevit". *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23(104), 10–17. DOI: 10.32718/nvlvet10402.
- Vyslotska, L., Gutyj, B., Khalak, V., Martyshuk, T., Todoriuk, V., Stadnytska, O., Magrelo, N., Sus, H., Vysotskyi, A., Vus, U., & Magrelo, V. (2021). The level of products of lipid peroxidation in the blood of piglets at the action feed additive "Sylymevit". *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 23(95), 154–159. DOI: 10.32718/nvlvet-a9523.
- Zasiekin, D. A. (2002). *Monitorynh vazhkykh metaliv u dovkilli ta sposoby yikh znyzhennia v orhanizmi tvaryn: Dys... d-ra vet. nauk: 16.00.06*. Natsionalnyi ahrarnyi universytet. Kyiv (in Ukrainian).