



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-a10035

<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 636.52/58. 053.09.087.72

## Effect of cuprum proteinate on blood parameters in broiler chickens

M. S. Zakharchuk, V. S. Bomko✉, Y. V. Syvachenko

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

### Article info

Received 18.03.2024

Received in revised form

22.04.2024

Accepted 23.04.2024

Bila Tserkva National Agrarian  
University, pl. Soborna, 8/1  
Bila Tserkva, 09117, Ukraine.  
Tel.: +38-067-526-19-87  
E-mail: godivlya@ukr.net

**Zakharchuk, M. S., Bomko, V. S., & Syvachenko, Y. V. (2024). Effect of cuprum proteinate on blood parameters in broiler chickens. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 26(100), 224–228. doi: 10.32718/nvlvet-a10035**

The data obtained during the scientific and economic experiment show that the replacement of copper sulfate with copper proteinate in broiler chickens, even in smaller doses, did not significantly affect hematological and biochemical blood parameters. Some increase in the total level of albumins and globulins, the activity of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase, and the content of calcium, phosphorus and copper in blood serum was noted. Introduction of cuprum proteinate to compound feed to broiler chickens of the third experimental group in doses of 13.9; 12.6 and 9.0 g/t (on average for 42 days – 12.5 g/t) contributed to a probable increase in total protein by 14.2 % ( $P < 0.05$ ) on the 30th day of the experiment and by 12.3 % ( $P < 0.05$ ) on the 42nd day of the experiment compared to the control group. At the same time, the level of albumins increased by 11.9 % ( $P < 0.05$ ) and 15.8 % ( $P < 0.05$ ), and globulins by 12.0 % ( $P < 0.05$ ) and 10.7 %, respectively. This fact shows that reducing the dose of cuprum proteinate has a positive effect on protein synthesis, activation of albumin and globulin synthesis occurs, which reduces the load on the immune system of broiler chickens and has a positive effect on protein metabolism. On the 42nd day of the experiment, the calcium content in the blood of all groups increased, but in the experimental groups it was higher than the control indicator in the second group by 4.8 % and by 5.6 % in the third experimental group. Regarding the level of Phosphorus in the blood serum of experimental groups of broiler chickens, its amount increased to 1.85–1.96 mmol/l on the 42nd day. The content of cuprum in the blood of broiler chickens, which were fed cuprum proteinate as part of compound feed, was probably higher than the indicator of the control group. Chickens of the second experimental group, which were fed cuprum proteinate in quantities of 18.2; 16.8 and 12.0 g/t of compound feed exceeded their counterparts by 14.0–16.3 % ( $P < 0.05$ ). Broiler chickens of the third experimental group, which were added to compound feed with cuprum proteinate in doses of 13.9, 12.6 and 30 g/t, prevailed on day 30 of the experiment by 18.8 % ( $P < 0.01$ ), and on day 42 day by 18.9 % ( $P < 0.01$ ). A higher level of Calcium and Phosphorus in the blood serum of experimental broiler chickens indicates an increase in the resistance of the bird to infections and better mineralization of bone tissue. Feeding of cuprum proteinate to broiler chickens makes it possible to reduce the dose of the trace element in compound feed, which reduces the burden on the bird's body and increases the biological availability of mineral compounds.

**Key words:** broiler chickens, premix, trace elements, cuprum sulfate salts, cuprum proteinate, blood, blood serum, total protein, albumin, globulin.

## Вплив протеїнату купруму на показники крові у курчат-бройлерів

M. С. Захарчук, В. С. Бомко✉, Є. В. Сиваченко

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

Дані, отримані під час проведення науково-господарського дослідження, свідчать, що заміна курчат-бройлерам сірчанокислого купруму на протеїнат купруму навіть в менших дозах суттєво не вплинула на гематологічні та біохімічні показники крові. Виявлено деяке підвищення загального рівню альбумінів і глобулінів, активності аспаратамінотрансферази та аланінамінотрансферази, вмісту Кальцію, Фосфору та Купруму у сироватці крові. Введення до комбікорму протеїнату купруму курчат-бройлерам

третьої дослідної групи у дозах 13,9; 12,6 та 9,0 г/т (в середньому за 42 дні – 12,5 г/т) сприяло вірогідному збільшенню загального білка на 14,2 % ( $P < 0,05$ ) на 30 день досліді і на 12,3 % ( $P < 0,05$ ) на 42 день досліді порівняно з контрольною групою. Рівень альбумінів при цьому підвищився на 11,9 % ( $P < 0,05$ ) та 15,8 % ( $P < 0,05$ ), а глобулінів на 12,0 % ( $P < 0,05$ ) та 10,7 % відповідно. Цей факт свідчить, що зменшення дози протеїнату купруму позитивно впливає на синтез білка, відбувається активація синтезу альбуміну і глобуліну, що зменшує навантаження на імунну систему курчат-бройлерів та позитивно впливає на білковий обмін. На 42-у добу досліді вміст Кальцію в крові усіх груп підвищився, проте у дослідних групах був вищим за контрольний показник у другій групі на 4,8 % та на 5,6 % у третій дослідній групі. Щодо рівня Фосфору в сироватці крові дослідних груп курчат-бройлерів, то його кількість на 42-у добу зросла до 1,85–1,96 ммоль/л. Вміст Купруму у крові курчат-бройлерів, яким згодовували у складі комбікорму протеїнат купруму, вірогідно був вищий за показник контрольної групи. Курчата другої дослідної групи, яким згодовували протеїнат купруму у кількостях 18,2; 16,8 і 12,0 г/т комбікорму, переважали своїх аналогів на 14,0–16,3 % ( $P < 0,05$ ). Курчата-бройлери третьої дослідної групи, яким додавали до комбікорму протеїнат купруму у дозах 13,9, 12,6 та 30 г/т, переважали на 30 добу досліді контрольних аналогів на 18,8 % ( $P < 0,01$ ), а на 42 добу на 18,9 % ( $P < 0,01$ ). Вищий рівень Кальцію та Фосфору в сироватці крові дослідних курчат-бройлерів свідчить про підвищення резистентності птиці до інфекцій та кращу мінералізацію кісткової тканини. Згодовування протеїнату купруму курчатам-бройлерам дає змогу зменшити дозу мікроелемента в комбікормах, що знижує навантаження на організм птиці та підвищує біологічну доступність мінеральних сполук.

**Ключові слова:** курчата-бройлери, премікс, мікроелементи, сірчаноокислі солі купруму, протеїнат купруму, кров, сироватка крові, загальний білок, альбумін, глобулін.

## Вступ

Сучасне птахівництво – перспективна галузь, що здатна за порівняно невеликий проміжок часу забезпечити населення нашої країни продуктами харчування – м'ясом та яйцями. На сьогоднішній день актуальним питанням є використання при вирощуванні птиці екологічно-безпечних технологій (Nazarenko et al., 2019), застосування яких зменшувало б як кормові, так і трудові витрати. В зв'язку з цим підприємства роблять ставку на використання високопродуктивних кросів курей, які мають високий генетичний потенціал продуктивності та відрізняються від раніш відомих кросів високою інтенсивністю росту (Levchenko et al., 2002). Для максимальної реалізації генетичного потенціалу високопродуктивних кросів необхідно створювати комфортні умови їх вирощування та забезпечувати птицю насамперед високоякісними кормами в складі повнораціонного комбікорму (Sahac'kyj, 2006).

В даний час у годівлі птиці часто спостерігається дефіцит багатьох мінеральних і біологічно активних речовин, у тому числі й мікроелементів.

Незважаючи на те, що мікроелементи не беруть участі в процесах енергетичного обміну в організмі птиці, саме їм відводиться одна з головних ролей у керуванні процесами обміну речовин. Мікроелементи беруть активну участь у підтриманні фізичної і хімічної цілісності тканинних і клітинних складових організму за рахунок збереження біоелектричних потенціалів. Саме вони виконують основну роль в активізації необхідних для життя ферментних процесів. Тому недостатня кількість мікроелементів негативно позначається на здоров'ї птиці (Pesti & Bakalli, 1996).

Одним із важливих мікроелементів у годівлі птиці є Купрум, який використовували в раціонах птиці як протимікробний засіб та стимулятор росту (Paik, 2001; Ibatullin, 2003), а також як компонент різних внутрішньоклітинних та позаклітинних ферментів. До ферментів, які в своєму складі містять Купрум, належать: цитохромоксидаза, лізилоксидаза, церулоплазмін та супероксиддисмутаза (Pesti & Bakalli, 1996).

Доведено, що добавки Купруму при 125–250 мг/кг поліпшують швидкість росту та коефіцієнт перетравлення корму у курчат-бройлерів (Pesti & Bakalli, 1996; Bomko et al., 2020) та знижують рівень холестерину у

яєчному жовтку (Tarasenko et al., 2014). Також було виявлено, що такий рівень добавки Купруму (від 125 до 250 мг/кг) збільшує концентрацію його у фекаліях, що може перешкоджати нормальному процесу бродіння, а його накопичення в ґрунті є причиною екологічного занепокоєння (Hahn & Baker, 1993).

Використання неорганічного Купруму в повнораціонних комбікормах, як показала практика годівлі птиці, недостатньо ефективні, тому що призводить до перевитрати кормових засобів та до забруднення навколишнього середовища через низьку його біодоступність (Koval'ova & Antonenko, 2018; Bomko et al., 2020).

За даними науковців (Tymoshenko et al., 2018), суттєва перевага органічних форм Купруму, Мангану та Цинку над неорганічними полягають в тому, що їх хелатні форми володіють значно вищою здатністю до засвоєння в організмі, сприяють підвищенню продуктивності птиці, поліпшують якість яйця та м'яса курчат.

Значне збільшення приросту маси тіла, відкладення мінеральних речовин у тканині та імунітету поряд з поліпшенням коефіцієнту перетравлення корму спостерігалось у курчат з добавкою хелатних мікроелементів, порівняно з курчатами, які отримували неорганічні мікроелементи у подібній дозі (Borshch et al., 2021).

Тому перспективним методом є розробка біотехнології виробництва хелатних форм Купруму та використання його у годівлі курчат-бройлерів.

Протягом останніх років мінеральні хелати були предметом більшої кількості досліджень, результати яких показали чітку тенденцію до кращого їх використання організмом тварин і птиці завдяки їх вищій біодоступності. Тому для сільськогосподарської птиці перспективним напрямком є використання в комбікормах різних форм і сполук хелатних мікроелементів. При надходженні з кормом в шлунок і кишечник птиці хелатних сполук вони адсорбуються в організмі птиці і переходять у сполуки, що мають легку проникність через стінку кишечника, а саме протеїнатів-хелатів з двовалентними металами (Hahn & Baker, 1993; Rao et al., 2016).

Також виявлена відмінність хелатних форм мікроелементів від неорганічних в тому, що їх необхідно

вводити до повнораціонного комбікорму у менших дозах при більш ефективному їх використанні (Tarasenko et al., 2014; Nazarenko et al., 2019).

### Мета дослідження

Метою досліджень було вивчення впливу добавки різних доз Купруму у формі протеїнату в складі комбікорму на біохімічні показники крові курчат-бройлерів.

**Таблиця 1**

Схема науково-господарського дослідіду

Група	Вік, діб			
	5–21	22–35	36–42	5–42
1 контрольна	Добавка Купруму (г) на 1 т комбікорму за рахунок сульфату			
	18,2	16,8	12	16,5
2 дослідна	Добавка Купруму (г) на 1 т комбікорму за рахунок протеїнату			
	18,2	16,8	12	16,5
3 дослідна	13,9	12,6	9,0	12,5

Впродовж дослідіду курчат-бройлерів усіх піддослідних груп годували повнораціонними комбікормами відповідно до їх вікових періодів росту (5–21, 22–35, 36–42 діб). Напували курчат водою за допомогою ніпельних напувалок. Під час дослідіду тривалість світлового дня становила 24 год за інтенсивності освітлення 5 лк, температура в приміщенні, яку фіксували щоденно, була в межах норми впродовж всього дослідіду.

**Таблиця 2**

Біохімічні показники сироватки крові курчат-бройлерів (M ± m; n = 3)

Показники	Доба	Група		
		1 контрольна	2 дослідна	3 дослідна
Загальний білок, г/л	30	33,01 ± 0,473	34,86 ± 0,933	37,69 ± 0,847*
	42	34,20 ± 0,686	35,36 ± 0,767	38,75 ± 0,937*
Альбумін, г/л	30	10,43 ± 0,318	10,96 ± 0,343	11,67 ± 0,279*
	42	10,67 ± 0,328	11,94 ± 0,355	12,36 ± 0,408*
Глобулін, г/л	30	23,26 ± 0,636	23,91 ± 0,832	25,75 ± 0,624*
	42	23,52 ± 0,749	24,00 ± 0,516	25,93 ± 0,718
Сечова кислота, мкмоль/л	30	324,8 ± 15,16	325,1 ± 25,82	329,2 ± 18,73
	42	346,2 ± 30,24	330,5 ± 27,48	341,9 ± 21,09
АлАТ, ммоль/л	30	0,43 ± 0,018	0,45 ± 0,023	0,44 ± 0,022
	42	0,44 ± 0,028	0,47 ± 0,023	0,47 ± 0,024
АсАТ, ммоль/л	30	0,79 ± 0,020	0,83 ± 0,022	0,85 ± 0,010
	42	0,81 ± 0,032	0,87 ± 0,021	0,90 ± 0,023
Са, ммоль/л	30	2,48 ± 0,103	2,52 ± 0,103	2,60 ± 0,088
	42	2,50 ± 0,093	2,63 ± 0,104	2,64 ± 0,111
Р, ммоль/л	30	1,63 ± 0,147	1,74 ± 0,087	1,85 ± 0,121
	42	1,72 ± 0,151	1,83 ± 0,150	1,96 ± 0,164
Си, мкмоль/л	30	6,28 ± 0,733	7,16 ± 0,569*	7,46 ± 0,501*
	42	6,41 ± 0,579	7,46 ± 0,572*	7,62 ± 0,554**

Примітка: \*P < 0,05 порівняно з контрольною групою

Згодовування протеїнату купруму у кількостях 18,2; 16,8 і 12,0 г/т або 16,5 г/т комбікорму в середньому за дослідіду другій дослідній групі сприяло підвищенню загального білка на 5,6 % на 30 день дослідіду та на 3,4 % на 42 день дослідіду порівняно з контрольною групою. Рівень альбумінів на 30 та 42 добу дослідіду в цій групі є вищим на 5,4 та 7,0 %, а глобулінів – на 2,8 та 1,9 % щодо контролю.

### Матеріал і методи досліджень

Науково-господарський дослідіду був проведений на курчатах-бройлерах кросу “Кобб-500”. Для дослідіду було відібрано 150 голів курчат-бройлерів, яких розподілили на 3 групи по 50 голів у кожній з однаковою кількістю півників і курочок. Схема дослідіду наведена в таблиці 1.

### Результати та їх обговорення

Результати біохімічних змін сироватки крові курчат-бройлерів контрольної і дослідних груп наведено в таблиці 2, з яких видно, що рівень загального білка та його фракцій (альбуміну і глобуліну) у дослідних групах є вищим порівняно з контрольною групою.

Введення до комбікорму протеїнату купруму третій дослідній групі у дозах 13,9, 12,6 та 9 г/т (в середньому за 42 дні 12,5 г/т) сприяло вірогідному збільшенню загального білка на 14,2 % (P < 0,05) на 30 день дослідіду і на 12,3 % (P < 0,05) на 42 день дослідіду порівняно з контрольною групою, рівень альбумінів підвищився на 11,9 % (P < 0,05) та 15,8 % (P < 0,05), а глобулінів на 12,0 % (P < 0,05) та 10,7 % відповідно.

Таким чином, на основі отриманих даних встановлено, що зменшення дози протеїнату купруму позитивно впливає на синтез білка за рахунок активації синтезу альбуміну і глобуліну та приводить до зменшення навантаження на імунну систему курчат-бройлерів, що позитивно вплинуло на білковий обмін.

Таким чином, за результатами біохімічного дослідження крові було встановлено, що у курчат-бройлерів третьої дослідної групи вірогідно зріс вміст загального білка за рахунок концентрації фракції альбумінів. Таке збільшення сприяло зростанню альбумінів в сироватці крові за рахунок поліпшення альбумінсинтезувальної функції печінки.

Сечова кислота у птиці є основним продуктом метаболізму азотовмісних сполук і її кількість у крові курчат-бройлерів за згодовування протеїнату купруму як у дозах 18,2; 16,8 і 12 г/т, так і у кількості 13,9; 12,6 та 9,0 г/т комбікорму зменшується, на 42 добу досліді на 4,5 % у другій та на 1,2 % у третій дослідних групах.

Використання в годівлі курчат-бройлерів протеїнату купруму сприяє незначному підвищенню активності аспартатамінотрансферази в межах 3,9–7,8 % на 30-у добу та 2,6–7,7 % – на 42-у добу досліді. Активність аланінамінотрансферази теж зросла в межах 4,8–7,3 % на 30-у добу та 7,0–11,8 % – на 42-у добу досліді, проте вірогідної різниці не встановлено.

Отже проаналізувавши активність ферментів АлАТ та АсАТ, можна зробити висновок, що згодовування протеїнату купруму не справляє негативного впливу на печінку у курчат-бройлерів, а навпаки – поліпшує її стан.

Вміст Кальцію у сироватці крові піддослідних курчат-бройлерів 2-ї та 3-ї дослідних груп на 30-у добу досліді був вищим відповідно на 0,4 та 0,13 ммоль/л, або на 1,6, 5,2 %, порівняно з курчатами контрольної групи. На 42-у добу досліді вміст Кальцію в крові усіх груп підвищився, проте у дослідних групах був вищим за контрольний показник у другій групі на 4,8 % та на 5,6 % у третій дослідній групі.

На 30-у добу досліді вміст Фосфору в сироватці крові дослідних груп курчат-бройлерів був вищий на 0,11 ммоль/л у другій групі та на 0,11 ммоль/л у третій дослідній групі, тимчасом як на 42-у добу кількість Фосфору в крові зросла до 1,85–1,96 ммоль/л, що більше від показника контролю на 13,4 % та 13,9 % у другій та третій дослідних групах відповідно, проте вірогідної різниці не встановлено.

Вміст Купруму у крові курчат-бройлерів, яким згодовували у складі комбікорму протеїнат купруму, вірогідно був вищий за показник контрольної групи. Курчата другої дослідної групи, яким згодовування протеїнат купруму у кількостях 18,2; 16,8 і 12,0 г/т комбікорму, переважали своїх аналогів на 14,0–16,3 % ( $P < 0,05$ ). Курчата-бройлери третьої дослідної групи, яким додавали до комбікорму протеїнат купруму в дозах 13,9, 12,6 та 30 г/т, переважали на 30 добу досліді контрольних аналогів на 18,8 % ( $P < 0,01$ ), а на 42 добу – на 18,9 % ( $P < 0,01$ ).

Отже, вищий рівень Кальцію та Фосфору в сироватці крові дослідних курчат-бройлерів свідчить про підвищення резистентності птиці до інфекцій та кра-

шу мінералізацію кісткової тканини. Згодовування протеїнату купруму курчатам-бройлерам дає змогу зменшити дозу мікроелемента в комбікормах, що знижує навантаження на організм птиці та підвищує біологічну доступність мінеральних сполук.

## Висновки

Згідно з отриманими результатами досліджень, було встановлено позитивний вплив згодовування курчатам-бройлерам протеїнату купруму в дозах 13,9; 12,6 та 9,0 г/т комбікорму на їх білковий обмін, про що свідчить вірогідно більший вміст загального білка в сироватці крові третьої дослідної групи порівняно з контрольною групою відповідно на 14,2 % ( $P < 0,01$ ) на 30 добу досліді та на 12,3 % ( $P < 0,01$ ) на 42 добу досліді і сприяє незначному підвищенню активності АлАТ і АсАТ. Одночасно у сироватці крові дослідних курчат встановлено зростання в межах фізіологічних норм вмісту Кальцію, Фосфору та Купруму, що свідчить про краще засвоєння поживних речовин раціону та позитивний вплив досліджуваного комплексу на обмін речовин курчат-бройлерів.

## Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

## References

- Aksu, T., Özsoy, B., Aksu, D. S., Yörük, M. A., & Gül, M. (2011). The effects of lower levels of organically complexed zinc, copper and manganese in broiler diets on performance, mineral concentration of tibia and mineral excretion. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 17(1), 141–146. DOI:10.9775/kvfd.2010.2735.
- Bomko, V. S., Kropyvka, Ju. G., & Bomko, L. G. (2020). Обмін Цинку, Кобальту і Селену у високодуктивних корів в перші 100 днів лактації за згодовування і'м змішанолігандних комплексів. *Tavrjjs'kyj naukovyj visnyk*, 114, 156–163. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.114.18 (in Ukrainian).
- Bomko, V. S., Slomchyns'kyj, M. M., Chernjavs'kyj, O. O., & Red'ka, A. I. (2018). Absolutnyj pryrist kurchat-brojleriv za zgodovuvannja kombikormiv z zmishanoligandnym kompleksom Cynku. *Agrarna nauka ta harchovi tehnologii*. *Zbirnyk naukovyh prac' Vinnyckogo nacional'nogo agrarnogo universytetu*, 3(102), 3–10. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/2224> (in Ukrainian).
- Borshch, O. O., Liskovich, V. A., Verkholiuk, M. M., Petryszak, O. Y., Kulibaba, O. V., Golodiuk, I. P., Naumjuk, O. S., Petryszak, R. A., & Dutka, H. I. (2021). Modeling the effect of different dose of selenium additives in compound feed on the efficiency of broiler chicken growth. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 292–299. DOI: 10.15421/2021\_113.
- Hahn, M., Baker, D. H. (1993). Growth and plasma zinc response of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. *Journal of Animal Science*, 71(11), 3020–3024. DOI: 10.2527/1993.71113020x.

- Ibatullin, I. I. (2003). *Praktykum z godivli sil's'kogospodars'kyh tvaryn*. Kyiv: Vyshha osvita (in Ukrainian).
- Ibatullin, I. I. (2007). *Godivlja sil's'kogospodars'kyh tvaryn*. Vinnycja: Nova knyga (in Ukrainian).
- Koval'ova, I. V., & Antonenko, P. P. (2018). *Ekologigigijenichna bezpeka ptahivnychych gospodarstv Odes'koi' oblasti*. *Naukovyj visnyk Nacional'nogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukraïny*, 285, 141–148. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/items/b9528f03-cece-4ff5-be62-e6d5323eeb62> (in Ukrainian).
- Kropyvka, Ju. G., & Bomko, V. S. (2020). *Pokazyky jakosti moloka, vidtvorennja, krovi ta rubcevoi' ridyny u vysokoproduktyvnyh koriv v pershyj period laktacii' za zgodovuvannja zmishanoligandnyh kompleksiv Cynku, Manganu ta Kobal'tu*. *Naukovo-tehnichnyj bjuletën' Derzhavnogo naukovo-doslidnogo kontrol'nogo instytutu veterynarnyh preparativ ta kormovyh dobavok i Instytutu biologii' tvaryn*, 21(1), 105–112. DOI: 10.36359/scivp.2020-21-1.12 (in Ukrainian).
- Levchenko, V. I., Vlizlo, V. V., Kondrahin, I. P. ta in. (2002). *Veterynarna klinichna biohimija*. Bila Cerkva: BDAU (in Ukrainian).
- Nazarenko, S. M., Tymoshenko, R. Ju., Fotina, T. I. (2019). *Veterynarno-sanitarna ocinka m'jasa kurchat-brojleriv za umov vykorystannja v racionah helatnyh mikroelementiv*. *Veterynarna biotehnologija*, 34, 154–160. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vbtb\\_2019\\_34\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vbtb_2019_34_21) (in Ukrainian).
- Paik, I. K. (2001). *Management of excretion of phosphorus, nitrogen and pharmacological level minerals to reduce environmental pollution from animal production Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 14(3), 384–394. DOI: 10.5713/ajas.2001.384.
- Paik, I. K., Seo, S. H., Um, J. S., Chang, M. B., & Lee, B. H. (1999). *Effect of supplementary copper-chelate on the performance and cholesterol level in plasma and breast muscle of broiler chickens Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 12(5), 794–798. DOI: 10.5713/ajas.1999.794.
- Pesti, G. M., & Bakalli, R. I. (1996). *Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens*. *Poult. Sci.*, 75(9), 1086–1091. DOI: 10.3382/ps.0751086.
- Rao, S. R., Prakash, B., Raju, M. V., Panda, A. K., Kumari, R. K., & Reddy, E. P. (2016). *Effect of supplementing organic forms of zinc, selenium and chromium on performance, antioxidant and immune responses in broiler chicken reared in tropical summer*. *Biol. Trace Elem. Res.*, 172(2), 511–520. DOI: 10.1007/s12011-015-0587-x.
- Sahac'kyj, M. I. (2006). *Tehnologija vyrobnyctva produkcii' ptahivnyctva*. Vinnycja: Nova Knyga (in Ukrainian).
- Sychov, M. (2017). *Fazova godivlja brojleriv*. *Nashe ptahivnyctvo*, 5, 66–68 (in Ukrainian).
- Tarasenko, L., Selina, V., & Lizogub, L. (2014). *Bezpeka produkcii' ptahivnyctva*. *Tvarynyctvo Ukraïny*, 7, 3–5. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/TvUkr\\_2014\\_7\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/TvUkr_2014_7_4) (in Ukrainian).
- Tymoshenko, R. V., Opanasenko, Ju. M., & Vijevs'kyj, G. S. (2018). *Vplyv organichnyh mikroelementiv na zberezhenist' ta produktyvnist' ptyci*. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Serija "Veterynarna medycyna"*, 1(42), 50–53. URL: <https://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/6497> (in Ukrainian).
- Weizelin, G. N., & Levosko, M. Yu. (2011). *Feeding and Meat Quality of Chicken Broilers Using Innovative Technologies*. *Feeding of farm animals and forage production*, 7, 32–42.