

РОЛЬ ОРГАНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ МІДІ, МАРГАНЦЮ, ЦИНКУ В ПІДВИЩЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ КУРЕЙ**Борковський Руслан Олександрович,**

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0009-0007-9340-2592

super_sil_ver@ukr.net

Березовський Андрій Володимирович

доктор ветеринарних наук, професор

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-5825-9504

bav13@meta.ua

Концентрації міді та марганцю в інгредієнтах, які зазвичай використовуються в кормах для бройлерів, є низькими та зазвичай недостатніми для задоволення потреб у харчуванні. Джерела неорганічних мінералів, таких як сульфати та оксиди, широко використовуються завдяки їх високій комерційній доступності та низькій ціні. Однак відомо, що сульфати мають низьку біодоступність через їх високу розчинність у водному середовищі та антагоністичні взаємодії з іншими мінералами та поживними речовинами в раціоні. Це дослідження присвячено визначенню впливу хелатних металів на продуктивність курчат.

З числа методів дослідження використовувалися абстрагування, аналіз і синтез, моделювання, а також методи емпіричного дослідження, зокрема, спостереження за птицею та порівняння результатів, вимірювання показників, експеримент.

У рамках проведеного дослідження в період перших семи днів не було зафіксовано суттєвих розбіжностей щодо споживання корму птицею контрольної та експериментальної груп. На восьмий день у птиці, яка перебувала на контрольному раціоні, що включав мікроелементи Zn, Mn, Cu у незначній кількості, почало відбуватися зниження рівня споживання кормів, що в подальшому привело до зменшення показників росту тіла, тобто з'явилися симптоми дефіциту мікроелементів.

На приріст живої маси та коефіцієнт конверсії корму позитивно впливали органічні добавки, однак, не було виявлено істотної різниці ($P > 0,05$) щодо приросту маси тіла між органічними мікроелементами та неорганічним контролем. У середньоорганічному раціоні коефіцієнт конверсії корму ($P < 0,01$) був вищим, ніж при контрольному раціоні завдяки відносно меншому споживанню корму. В умовах надання високоорганічного раціону не було отримано додаткових даних щодо приросту живої маси та коефіцієнту конверсії корму.

Щодо виділення мікроелементів, то екскреція Zn, Mn, Cu мала тенденцію до зростання ($P < 0,001$) відповідно до збільшення споживання вищезазначених мікроелементів. Птиця, яка перебувала на середньоорганічному раціоні виявляла нижчу ($P < 0,001$) екскрецію мікроелементів порівняно з птицею, яка була на високоорганічному раціоні.

Результати дослідження показали, що добавка з 4 мг Cu та 40 мг Mn та Zn з органічних джерел може бути достатньою для нормального росту птиці у двадцятиденному періоді. Використання у кілька разів меншої кількості органічних мікроелементів у раціонах птиці дозволить уникати високого рівня екскреції мікроелементів в навколишнє середовище.

Ключові слова: кури, органічна мідь, марганець, цинк, хелатні сполуки, виділення мікроелементів, продуктивність.

DOI <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2024.3.1>

Вступ. Для протікання біосинтетичних, фізіологічних процесів та процесів травлення у курей необхідний ряд мікроелементів, зокрема, Mn, Cu, Zn (Aparecida Martins et al., 2024). Ці мікроелементи виступають у ролі каталізаторів певної частини ферментів або у якості каталізаторів ферментної системи клітини. Mn, Cu, Zn входять до складу білків, задіяних у секреції гормонів, беруть участь у здійсненні проміжного метаболізму, а також у забезпеченні імунного захисту організму (Wen et al., 2019).

Вищезазначені елементи можуть використовуватися в годівлі у вигляді оксидів, карбонатів, сульфатів, тобто неорганічних солей для забезпечення високої продуктивності птиці та зменшення клінічних проявів, пов'язаних з мікромінеральним живленням. Поступове зростання

кількості мікроелементів у складі корму у зв'язку з потребами мінерального живлення привело до збільшення рівня їх виведення та завдання шкоди навколишньому середовищу. Так, пташиний послід, що використовується в багатьох країнах як добриво, включає Cu, Zn у концентраціях, які в сотні разів перевищують потреби в них сільськогосподарських рослин. Світова спільнота закликає використовувати більш низькі рівні мікроелементів, оскільки про потрапляння їх до землі відбувається накопичення важких металів. Науковці вирішення даного питання пов'язують з використанням органічних комплексів мікроелементів, що сприяє зменшенню їх виведення та вирішенню ряду екологічних проблем (Hu et al., 2024).

Все більшого значення починають набувати органічні комплекси мікроелементів, які сприяють покращенню хімічних процесів в організмі, ведуть до підвищення продуктивності птиці, не завдають шкоди навколишньому середовищу, дозволяють виробникам отримувати екологічно чисту продукцію (Jarosz et al., 2022).

Повноцінна годівля є одним з ключових питань на шляху зростання продуктивності тварин, оскільки незбалансованість раціонів за основними і біологічно активними речовинами викликає порушення обмінних процесів, веде до зниження природного імунітету, зростання рівня захворюваності (Aparecida Martins et al., 2014). У даному аспекті роль мікроелементів важко переоцінити, бо вони мають вплив як на захисні реакції організму, так і на процеси кровотворення, роботу ендокринної системи, шлунково-кишкового тракту, обмін речовин тощо (Geng et al., 2022; Zhu et al., 2019).

Нестача мінеральних елементів може провокувати масові захворювання тварин, що завдає суттєвих економічних збитків виробникам. Ефективність використання мінеральних речовин в раціоні визначається не лише складовою органічної частини, а саме, кількістю жирів, білків та вуглеводів, вітамінів, а і їх співвідношенням з іншими біологічно активними речовинами (Bakhshalinejad et al., 2024). Раціони необхідно розробляти відповідно до потреб тварин у макро- та мікроелементах (Ciszewski et al., 2024; Huang et al., 2019).

Форма, у якій містяться макро- та мікроелементи в кормах, їх взаємодія з іншими речовинами, здатність до утворення комплексних сполук та показників їх розчинності й стабільності має значний вплив на їх засвоєння в організмі тварин. Також слід зазначити, що на рівень засвоєння мікроелементів птицею має вплив хімічних форм сполук, до складу яких належать дані мікроелементи. У раціонах птиці мінеральні елементи можуть бути у вигляді органічних сполук чи солей різних кислот (Martins et al., 2023; Zhang et al., 2017).

Проведені дослідження показали, що при тривалому утриманні тварин у виробничих приміщеннях, наявності теплового стресу у птиці, обмеженості активного руху, браку сонячного світла, інтенсивного обміну речовин потреба у мікроелементах зростає (Abdel-Moneim et al. 2021; Ansari, 2024;).

Такий мікроелемент, як цинк (Zn) має щоденно надходити до організму (Bonaventura et al., 2015).

Він є основним структурним та каталітичним компонентом для понад трьохсот ферментів, задіяний на всіх рівнях клітинної сигнальної трансдукції, має суттєвий вплив на формування зв'язків між клітинами, їх проліферацію, диференціацію, виживання. Проведені дослідження показали, що додавання Zn у базовий раціон сприяло покращенню продуктивних та репродуктивних показників, підвищенню антиоксидантного статусу у курей (Olukosi et al., 2018; Zarghi, 2022).

Марганець в організмі птиці виступає у якості стимулятора таких процесів, як обмін речовин, діяльність ферментів. Здійснює певний вплив на ріст і розвиток тварин, їх статеву діяльність. Потреба у марганці залежить від породи і лінії курей та становить у середньому від трид-

цяти до шестидесяти міліграмів на кілограм. Оптимальною дозою вважається надходження в організм 60 мг/кг. У великих дозах має позитивний вплив на товщину шкаралупи. Марганець бере участь у в жировому та вуглеводному обміні, у діяльності нервової системи, у формуванні скелету. Оскільки корми як рослинного, так і тваринного походження бідні на марганець, то раціони птиці додають його солі. Дефіцит марганцю викликає у молодняка птиці ряд хвороб, таких як деформація кісток, перозис, зниження продуктивності, зменшення товщини шкаралупи у несучок (Hedlund et al., 2021).

Такі фактори, як відхилення від природних умов утримання птиці, постійний пошук шляхів підвищення її продуктивності, зростання вмісту важких металів у навколишньому середовищі, визначають потребу щодо використання більш ефективних джерел мікроелементів (Van Poucke et al., 2023).

Додавання у великій кількості мікроелементів до раціонів птиці веде у свою чергу до значного рівня виведення мінералів та забруднення навколишнього середовища.

Органічні комплекси мікроелементів, насамперед, хелатні сполуки, мають більшу біодоступність, відіграють важливу роль на рівні харчової матриці, зокрема розщеплення їжі в травному тракті, мають кращу засвоюваність (Abd El-Hack et al., 2018; Saleh et al., 2017).

Так, використання протеїнату міді для курчат дозволяє зменшити навантаження на організм птиці й сприяє підвищенню біологічної доступності мінеральних сполук через зменшення дози Cu (Leeson, 2019).

А заміна при годівлі курчат мідного купоросу мідним протеїнатом, який був представлений меншими дозами, не впливала на гематологічні й біохімічні показники крові (Dai et al., 2020).

Отже, подальшого вивчення потребує питання визначення ролі органічних комплексів міді, марганцю, цинку в підвищенні продуктивності курей, надання кількісної оцінки відмінності органічних й неорганічних джерел мікроелементів щодо швидкості виділення.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися в птаховничому господарстві Сумського району Сумської області на курях породи ломан, хай-лайн у 2024 році.

Протягом перших чотирнадцяти днів вісімдесят одностадійних курчат рандомним методом обрано й розміщено в двадцяти багатокімнатних клітках, розташованих у двох кімнатах з температурою, яка контролювалася, з чотирма екземплярами птиці (по два курчати в одній клітці). Годівницю й напувалку з водою було встановлено у кожній клітці. Підтримання температури в кімнаті протягом перших трьох днів здійснювалося в межах 34°C і відбувалося поступове зниження до 28°C на чотирнадцятий день. Щотижня здійснювалася реєстрація змін маси тіла та вживання корму. Зважування усіх груп з двох курчат у віці двох тижнів здійснювалося індивідуально з послідовним розміщенням в метаболічних клітках.

По закінченню чотирьох днів адаптаційного періоду всі екскременти було зібрано та протягом чотирьох днів здійснено аналіз з метою оцінки виведення мікроелементів.

Усього в рамках експерименту було здійснено п'ять обробок. В рамках однієї обробки використовувалися чотири клітки. Годівля птиці включала: контрольний раціон (табл. 1), який відповідав потребам в поживних речовинах чи перевищував їх, виняток становили лише Zn, Mn, Cu, що додавалися до експериментальних раціонів окремо (табл. 2).

Раціони з низьким, середнім і високим вмістом органічних речовин і неорганічний раціон базувалися на контрольному раціоні. Було використано такі органічні раціони: низькоорганічний, доповнений 2 мг Cu/кг раціону та 20 мг/кг раціону Mn, Zn; середньоорганічний, доповнений 4 мг Cu/кг раціону та 40 мг/кг раціону Mn і Zn; високоорганічний, доповнений 8 мг Cu/кг раціону та 80 мг/кг раціону Mn і Zn; а також неорганічний раціон, доповнений 5 мг Cu, 80 мг Mn і 50 мг Zn (сульфатна форма) на кілограм раціону (табл. 3). Органічні комплекси Cu, Mn і Zn були надані у хелатованій формі. Вітамінно-мінеральний премікс, що згодували птиці, не включав Cu, Mn, Zn.

Було проведено вимірювання маси окремо кожної птиці на початку експерименту, у подальшому кожного тижня, а також по закінченню експерименту. У кожній клітці здійснювався контроль споживання корму.

Усі птахи у віці двох тижнів були зважені та розміщені у клітках метаболізму. Починаючи з дев'ятнадцятого й до двадцяти дводенного віку, щодня з кожної клітини забиралася загальна кількість екскрементів у вигляді як свіжої, так сухої маси, які підлягали сушінню при 80°C у печі з примусовою тягою. Було проведено дослідження екскреції мікроелементів у птиці, яку годували різними раціонами (табл. 4).

Статистичний аналіз було проведено з використанням програмного забезпечення Biostat.

Результати досліджень. Отримані результати викладені та проаналізовані в таблицях 1, 2, 3, 4.

Вітамінно-мінеральний премікс містив вітаміни А, D3, Е, рибофлавін, ніацин, тіамін, пантотенат D-кальцію, піридоксин, біотин, ціанокобаламін, кобальт, молібден.

Середні значення з різними верхніми індексами суттєво відрізняються ($P < 0,005$).

Контрольний раціон містив мікроелементи Zn, Mn, Cu у мінімальних кількостях, тому птиця на контрольному раціоні мала низькі показники росту, однак, зберігала життєздатність упродовж експериментального періоду. За умов нестачі Zn, Mn, Cu у межах контрольного раціону значно знизилася споживання корму, а відповідно і прирост маси тіла птиці.

Таблиця 1

Склад контрольного раціону

Складники	Сумарно, г/кг
DL-метіонін	2.38
Вітамінно-мінеральний премікс	1.00
Карбонат кальцію	12.40
Лізину хлорид	1.006
Натрію хлорид	2.48
Фосфат кальцію	18.22
Холіну хлорид	0.52
Соняшниковий шрот	178.0
Ріпакова олія	17.00
Кукурудза	781.0
Усього	1.014
Розрахунковий аналіз поживних речовин	
Манган, мг/кг (у кормі, розрахунково)	14.80
Мідь, мг/кг (у кормі, розрахунково)	4.26
Цинк, мг/кг (у кормі, розрахунково)	20.32
Метаболічна енергія, ккал/кг	3.120
Доступний фосфор P, %	0.41
Кальцій, %	0.80
Лізін, %	1.10
Протеїн, %	22.6

Таблиця 2

Раціони харчування для курей

Раціон	Контрольний	Малоорганічний	Середньо-органічний	Високоорганічний	Неорганічний
Доданий Cu, мг/кг	0	2	4	8	5
Доданий Mn, мг/кг	0	20	40	80	80
Доданий Zn, мг/кг	0	20	40	80	50

Вплив різних раціонів на споживання корму, ріст тіла та коефіцієнт конверсії корму (від 0 до 29 днів)

Вид раціону	Контрольний	Мало-органічний	Середньо-органічний	Високо-органічний	Неорганічний	Значення P
Споживання, 0 до 7 днів (г/птицю)	145	146.5	145.4	150.0	154.6	0.70
Споживання (г/птицю)	1.567.2 ^b	2.075.4 ^a	2098.1 ^a	2135.0 ^a	2.208.0 ^a	<0.001
Коефіцієнт конверсії корму (споживання/приріст)	1.591±0.094 ^a	1.508±0.092 ^b	1.401±0.065 ^c	1.430±0.050 ^{bc}	1.490±0.69 ^b	<0.001
Набір маси (г/птицю)	978.7 ^c	1.3878.7 ^b	1.498.2 ^a	1.492.1 ^a	1.482.6 ^a	<0.001

Екскреція мікроелементів у птиці, яку годували різними раціонами (мг/птицю на день; 18–21 день)

Вид раціону	Контрольний	Мало-органічний	Середньо-органічний	Високо-органічний	Неорганічний	Значення P
Споживання 0 до 7 днів (г/птицю)	145	146.5	145.4	150.0	154.6	0.70
Споживання (г/птицю)	1.567.2 ^b	2.075.4 ^a	2098.1 ^a	2135.0 ^a	2.208.0 ^a	<0.001
Коефіцієнт конверсії корму (споживання/приріст)	1.591±0.094 ^a	1.508±0.092 ^b	1.401±0.065 ^c	1.430±0.050 ^{bc}	1.490±0.69 ^b	<0.001
Набір маси (г/птицю)	978.7 ^c	1.3878.7 ^b	1.498.2 ^a	1.492.1 ^a	1.482.6 ^a	<0.001

Середні значення з різними верхніми індексами значно відрізняються (P <0,005).

Обговорення. За умов нестачі Zn, Mn, Cu у раціоні птиці значно знижується споживання корму, а відповідно і приріст маси тіла. Як свідчать результати ряду наукових досліджень, суттєве зниження харчового Zn веде до зменшення споживання їжі і, як наслідок, затримки росту (Alizadeh et al., 2020; Franklin et al., 2022).

Механізм впливу дефіциту Zn на приріст живої маси є недостатньо вивченим, але зменшення споживання їжі можна розглядати як захисну реакцію для забезпечення виживання та підтримування відносно нормального, хоча й дещо зниженого метаболічного рівня цього мікроелемента, що і зазначають інші дослідники.

Результати проведеного експерименту показали, що птиця на середньоорганічному раціоні мала оптимальний приріст маси тіла та була на 52 % важчою у порівнянні з птицею, яка перебувала на контрольному раціоні. У той же час в умовах високоорганічного раціону не було виявлено збільшення коефіцієнту конверсії корму та ваги птиці.

Отже, мікроелементи, що входять до складу високоорганічного раціону, не мають впливу на приріст живої маси птиці, а виводяться з організму, що і доводять науковці (Dunislawska et al., 2017). Учені наголошують, що зміни в поглинанні мікроелементів і виведенні через шлунково-кишковий тракт становлять основні механізми підтримки мікромінерального гомеостазу (Wu et al., 2020).

Суттєве зменшення екскреції вищезазначених мікроелементів можливе за умови використання середньоорганічного раціону, що і підтверджується науковими роботами (da Cruz Ferreira Júnior et al., 2022).

У цілому, оцінка мікромінерального статусу доволі складна і залишається важливим питанням, яке потребує подальшого вивчення.

Висновки. Як свідчать результати проведених досліджень, висока кількість органічних мікроелементів Zn, Mn, Cu в раціоні не забезпечує зростання продуктивності курей. Використання меншої кількості органічних мікроелементів Zn, Mn, Cu (середньоорганічного раціону) не сповільнює приріст живої маси птиці.

Органічні комплекси Cu, Mn і Zn сприяють зменшенню екскреції вищезазначених мікроелементів.

Бібліографічні посилання:

1. Abd El-Hack, M. E., Alagawany, M., Amer, S. A., Arif, M., Wahdan, K. M. M., & El-Kholy, M. S. (2018). Effect of dietary supplementation of organic zinc on laying performance, egg quality and some biochemical parameters of laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(2), e542-e549. <https://doi.org/10.1111/jpn.12793>
2. Abdel-Moneim, E.-M., Shehata, A. M., Khidr, R. E., Paswan, V. K., Ibrahim, N. S., El-Ghoul, A. A., Aldhumri, S. A., Gabr, S. A., Mesalam, N. M., Elbaz, A. M., Elsayed, M. A., Wakwak, M. M., & Ebeid, T. A. (2021). Nutritional manipulation to combat heat stress in poultry – A comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*, 98, 102915. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102915>

3. Alizadeh, M., Shojadoost, B., Astill, J., Taha-Abdelaziz, K., Karimi, S. H., Bavananthasivam, J., Kulkarni, R. R., & Sharif, S. (2020). Effects of in ovo Inoculation of Multi-Strain Lactobacilli on Cytokine Gene Expression and Antibody-Mediated Immune Responses in Chickens. *Frontiers in veterinary science*, 7, 105. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00105>
4. Ammerman, C. B. (1995). Methods for estimation of mineral bioavailability. In C. B. Ammerman, D. H. Baker, & A. J. Lewis (Eds.), *Bioavailability of nutrients for animals: Amino acids, minerals, and vitamins* (pp. 83–94). Academic Press.
5. Ansari, M. (2024). Recent strategies to mitigate reproductive aging in male broiler breeders: A review. *Animal Reproduction Science*, 268, 107570. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107570>
6. Aparecida Martins, R., de Almeida Assunção, A. S., Cavalcante Souza Vieira, J., Campos Rocha, L., Michelin Groff Urayama, P., Afonso Rabelo Buzalaf, M., Roberto Sartori, J., & de Magalhães Padilha, P. (2024). Metalloproteomic analysis of liver proteins isolated from broilers fed with different sources and levels of copper and manganese. *Scientific reports*, 14(1), 4883. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55478-8>
7. Bakhshalinejad, R., Torrey, S., & Kiarie, E. G. (2024). Comparative efficacy of hydroxychloride and organic sources of zinc, copper, and manganese on egg production and concentration of trace minerals in eggs, plasma, and excreta in female broiler breeders from 42 to 63 weeks of age. *Poultry science*, 103(4), 103522. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103522>
8. Bonaventura, P., Benedetti, G., Albarède, F., & Miossec, P. (2015). Zinc and its role in immunity and inflammation. *Autoimmunity Reviews*, 14(4), 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2014.11.008>
9. Burrell, A. L., Dozier, W. A., Davis, A. J., Compton, M. M., Freeman, M. E., Vendrell, P. F., & Ward, T. L. (2004). Responses of broilers to dietary zinc concentrations and sources in relation to environmental implications. *British Poultry Science*, 45(2), 225–263. <https://doi.org/10.1080/00071660410001715867>
10. Ciszewski, A., Jarosz, Ł. S., Michalak, K., Marek, A., Grądzki, Z., Wawrzykowski, J., Szymczak, B., & Rysiak, A. (2024). Proteome and Peptidome Changes and Zn Concentration in Chicken after In Ovo Stimulation with a Multi-Strain Probiotic and Zn-Gly Chelate: Preliminary Research. *Current issues in molecular biology*, 46(2), 1259–1280. <https://doi.org/10.3390/cimb46020080>
11. da Cruz Ferreira Júnior, H., da Silva, D. L., de Carvalho, B. R., de Oliveira, H. C., Cunha Lima Muniz, J., Junior Alves, W., Eugene Pettigrew, J., Eliza Facione Guimarães, S., da Silva Viana, G., & Hannas, M. I. (2022). Broiler responses to copper levels and sources: growth, tissue mineral content, antioxidant status and mRNA expression of genes involved in lipid and protein metabolism. *BMC veterinary research*, 18(1), 223. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03286-5>
12. Dai, D., Wu, S. G., Zhang, H. J., Qi, G. H., & Wang, J. (2020). Dynamic alterations in early intestinal development, microbiota and metabolome induced by in ovo feeding of L-arginine in a layer chick model. *Journal of animal science and biotechnology*, 11, 19. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-0427-5>
13. Dozier, W. A., Davis, A. J., Freeman, M. E., & Ward, T. L. (2003). Early growth and environmental implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks. *British Poultry Science*, 44(6), 726–731.
14. Dunisławska, A., Ślawinska, A., Stadnicka, K., Bednarczyk, M., Gulewicz, P., Jozefiak, D., & Siwek, M. (2017). Synbiotics for Broiler Chickens-In Vitro Design and Evaluation of the Influence on Host and Selected Microbiota Populations following In Ovo Delivery. *PloS one*, 12(1), e0168587. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168587>
15. Franklin, S. B., Young, M. B., & Ciacciariello, M. (2022). The Impact of Different Sources of Zinc, Manganese, and Copper on Broiler Performance and Excreta Output. *Animals : an open access journal from MDPI*, 12(9), 1067. <https://doi.org/10.3390/ani12091067>
16. Geng, Y., Sun, X., Lu, L., Lin, X., Liao, X., Zhang, L., Wang, R., & Luo, X. (2022). Effect of in ovo manganese injection on the embryonic development, antioxidation, hatchability, and performances of offspring broilers under normal and high temperatures. *Poultry science*, 101(8), 101936. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101936>
17. Hedlund, L., Palazon, T., & Jensen, P. (2021). Stress during Commercial Hatchery Processing Induces Long-Time Negative Cognitive Judgement Bias in Chickens. *Animals : an open access journal from MDPI*, 11(4), 1083. <https://doi.org/10.3390/ani11041083>
18. Hu, Y., Chen, Z., Lu, L., Zhang, L., Liu, T., Luo, X., & Liao, X. (2022). Determination of dietary copper requirement by the monoamine oxidase activity in kidney of broilers from 1 to 21 days of age. *Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)*, 8(1), 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.05.013>
19. Huang, L., Li, X., Wang, W., Yang, L., & Zhu, Y. (2019). The Role of Zinc in Poultry Breeder and Hen Nutrition: an Update. *Biological trace element research*, 192(2), 308–318. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-1659-0>
20. Jarosz, Ł. S., Michalak, K., Marek, A., Hejdysz, M., Ciszewski, A., Kaczmarek, S., Kwiecień, M., & Grądzki, Z. (2022). The effect of feed supplementation with zinc glycine chelate and zinc sulphate on hepatic proteome profiles in chickens. *Livestock Science*, 262, 104983. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104983>
21. King, J. C., Shames, D. M., & Woodhouse, L. R. (2000). Zinc homeostasis in humans. *Journal of Nutrition*, 130(5), 1360S–1366S.
22. Kucuk, O., Sahin, N., & Sahin, K. (2003). Supplemental zinc and vitamin A can alleviate negative effects of heat stress in broiler chickens. *Biological Trace Element Research*, 94, 225–235. <https://doi.org/10.1385/BTER:94:3:225>
23. Martins, R. A., Assunção, A. S. A., Vieira, J. C. S., Rocha, L. C., Urayama, P. M. G., Buzalaf, M. A. R., Sartori, J. R., & Padilha, P. M. (2023). Proteomic Study of Broiler Plasma Supplemented with Different Levels of Copper and Manganese from Different Sources. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(24), 8155. <https://doi.org/10.3390/molecules28248155>
24. Olukosi, O. A., van Kuijk, S., & Han, Y. (2018). Copper and zinc sources and levels of zinc inclusion influence growth performance, tissue trace mineral content, and carcass yield of broiler chickens. *Poultry science*, 97(11), 3891–3898. <https://doi.org/10.3382/ps/pey247>
25. Saleh, A. A., Ragab, M. M., Ahmed, E. A. M., Abudabos, A. M., & Ebeid, T. A. (2017). Effect of dietary zinc-methionine supplementation on growth performance, nutrient utilization, antioxidative properties and immune response in

broiler chickens under high ambient temperature. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 820–827. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1407768>

26. Salim, H. M., Lee, H. R., Jo, C., Lee, S. K., & Lee, B. D. (2012). Effect of dietary zinc proteinate supplementation on growth performance, and skin and meat quality of male and female broiler chicks. *British Poultry Science*, 53(1), 116–124. <https://doi.org/10.1080/00071668.2012.658757>

27. Van Poucke, E., Suchánková, H., & Jensen, P. (2023). Commercial hatchery processing may affect susceptibility to stress in laying hens. *PloS one*, 18(9), e0291324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291324>

28. Wen, A., Dai, S., Wu, X., & Cai, Z. (2019). Copper bioavailability, mineral utilization, and lipid metabolism in broilers. *Czech Journal of Animal Science*, 64(12). <https://cjas.agriculturejournals.cz/pdfs/cjs/2019/12/02.pdf>

29. Wu, X., Zhu, M., Jiang, Q., & Wang, L. (2020). Effects of Copper Sources and Levels on Lipid Profiles, Immune Parameters, Antioxidant Defenses, and Trace Element Residues in Broilers. *Biological trace element research*, 194(1), 251–258. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01753-z>

30. Zarghi, H., Golian, A., Hassanabadi, A., & Khaligh, F. (2022). Effect of zinc and phytase supplementation on performance, immune response, digestibility and intestinal features in broilers fed a wheat-soybean meal diet. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 430–444. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2034061>

31. Zhang, L., Wang, Y. X., Xiao, X., & et al. (2017). Effects of zinc glycinate on productive and reproductive performance, zinc concentration, and antioxidant status in broiler breeders. *Biological Trace Element Research*, 178(2), 320–326. <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0928-4>

32. Zhu, Z., Yan, L., Hu, S., An, S., Lv, Z., Wang, Z., ... Zhang, A. (2019). Effects of the different levels of dietary trace elements from organic or inorganic sources on growth performance, carcass traits, meat quality, and faecal mineral excretion of broilers. *Archives of Animal Nutrition*, 73(4), 324–337. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2019.1620050>

Borkovskiy R. O., Postgraduate, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Berezovsky A. V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

The role of organic complexes of copper, manganese, zinc in increasing the productivity of chickens

The concentrations of copper and manganese in the ingredients used in broiler feed are low and usually insufficient to meet nutritional requirements. Inorganic mineral sources such as sulfates and oxides are widely used due to their high commercial availability and low cost. However, sulfates are known to have low bioavailability due to their high aqueous solubility and antagonistic interactions with other minerals and nutrients in the diet. This study is devoted to determining the effect of chelated metals on the performance of chickens. Among the research methods used were abstraction, analysis and synthesis, modeling, as well as methods of empirical research, in particular, poultry observation and comparison of results, measurement of indicators, experiment.

Within the framework of the conducted research, no significant differences were recorded in the feed consumption of poultry of the control and experimental groups during the first seven days. On the eighth day, the poultry, which was on the control diet with included microelements Zn, Mn, Cu in small quantities, began to decrease the level of feed consumption, which subsequently led to a decrease in body growth indicators, that is, symptoms of microelement deficiency appeared.

Live weight gain and feed conversion ratio were positively affected by organic supplements, however, no significant difference ($P > 0.05$) was found in body weight gain between organic micronutrients and inorganic control. In the medium organic diet, the feed conversion ratio ($P < 0.01$) was higher than in the control diet due to relatively lower feed intake. In the conditions of providing a highly organic diet, no additional data were obtained regarding live weight gain and feed conversion ratio.

As for the excretion of trace elements, the excretion of Zn, Mn, Cu had a tendency to increase ($P < 0.001$) in accordance with the increase in the consumption of the above-mentioned trace elements. Poultry fed a medium organic diet had lower ($P < 0.001$) trace element excretion compared to poultry fed a high organic diet.

The results of the study showed that a supplement of 4 mg of Cu and 40 mg of Mn and Zn from organic sources may be sufficient for normal growth of poultry in a twenty-day period. The use of several times less amount of organic microelements in poultry diets will avoid a high level of excretion of microelements into the environment.

Key words: chickens, organic copper, manganese, zinc, chelating compounds, allocation of trace elements, productivity.