

ВПЛИВ НЕОРГАНІЧНИХ ТА ХЕЛАТНИХ ФОРМ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА ПРОДУКТИВНІ ЯКОСТІ КУРЕЙ ЛОМАН БРАУН

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

Дані дослідження було проведено з метою вивчення впливу неорганічних та хелатних форм мікроелементів в раціоні на продуктивні якості курей Ломан Браун. Експеримент проводився в господарстві Сумського району Сумської області, де застосовується традиційна кліткова система утримання курей-несучок. У рамках експерименту було використано сто двадцять курей Ломан Браун із середнім віком від сорока восьми тижнів. Місткість клітки розрахована на п'ять курей-несучок. Перегородка кліток виконана з дроту. Питома площа посадки на одну голову становила п'ятсот п'ятдесят сантиметрів. Фронт поїння – дві ніпельні поїлки на одну клітку, фронт годівлі на одну голову – десять сантиметрів. Температуру підтримували на рівні 20°C. Годівля птиці забезпечувалася за допомогою ланцюгових кормороздавачів, які переміщують корм по жолобу, що розташовані за кліткою. Видалення посліду здійснювалося стрічковим транспортером. Світловий день протягом періоду дослідження становив 16 годин. Інтенсивність освітленості – 20-25 Лк. Провітрювання та прибирання здійснювалося щодня. Середня кількість корму на одну птицю становила 110 г на добу. Здійснювалося дозування добової даванки корму шляхом скорочення часу доступу до корму для запобігання переїданню птицею. Запроваджено раціон 1 (негативний контроль), пов'язаний з використанням цинку, заліза, селену, міді, марганцю у вигляді неорганічної форми; раціон 2 (позитивний контроль), що включав Mn, Se, Cu, Fe і Zn у вигляді хелатної форми. Як свідчать результати проведених досліджень, найвищі показники у курей Ломан Браун спостерігалися при використанні раціону 2 (позитивний контроль). Завдяки використанню хелатних форм мікроелементів за весь період досліджень збільшилася кількість дозріваючих яєць, а також зменшилася кількість яєць з тонкою шкаралупою, двома жовтками, дрібних, битих тощо ($p < 0,05$). Середня маса яйця за весь період не зазнала істотних змін ($p > 0,05$). Використання у раціоні хелатної форми мікроелементів сприяло покращенню продуктивних властивостей, зокрема, маси яйця, порівняно з мінеральною формою.

Ключові слова: кури; хелати, якість яєць, раціони, мікроелементи.

DOI <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2025.1.1>

Даний експеримент було проведено з метою вивчення впливу неорганічних та хелатних форм мікроелементів в раціоні на продуктивні якості курей Ломан Браун. Було здійснено проведення таких досліджень: раціон 1 (негативний контроль), пов'язана з використанням цинку, заліза, селену, міді, марганцю у вигляді неорганічної форми; раціон 2 (позитивний контроль), що включала Mn, Se, Cu, Fe і Zn у вигляді хелатної форми.

Як свідчать результати проведених досліджень, найвищі рівні спостерігалися при використанні дієти 2 (позитивний контроль). Завдяки використанню хелатних форм мікроелементів за весь період досліджень збільшилася кількість дозріваючих яєць, а також зменшилася кількість яєць з тонкою шкаралупою, двома жовтками, дрібних, битих тощо. ($p < 0,05$). Середня маса яйця за весь період не зазнала істотних змін ($p > 0,05$). Використання у раціоні хелатної форми мікроелементів сприяло покращенню продуктивних властивостей, зокрема, маси яйця, порівняно з мінеральною формою.

Вступ. Розведення кур-несучок та отримання якісної продукції є одним з ключових компонентів птахівничої галузі, відіграючи значну роль в забезпеченні потреб людини в білку. Щоб отримати високі результати, для цієї птиці необхідно використовувати раціони з найвищою поживною цінністю. Особливе місце мають в раціонах займати такі мікроелементи, як цинк, залізо, селен (Hong et al., 2023), мідь, марганець, йод (Bakhshalinejad et al., 2018; Damaziak et al. 2018), молібден (Leach et al., 1962; Nell & Annison, 1980), магній (Karasek et al., 2016; Kim et al., 2013; Yang et al., 2012; Toson et al., 2024), бор (Bozkurt & Küçükyılmaz, 2015; Bozkurt & Küçükyılmaz, 2015). Однак, дані мікроелементи не завжди представлені в достатній мірі в раціонах птиці, розроблених на основі сої й кукурудзи. Також наявність в раціонах фітатів (Azarajouh, 2023; Sloboda et al., 2014; Zhou et al., 2021) ще більше загострює проблему. Для її розв'язання в раціонах запроваджують використання мінеральних солей у формі оксидів, карбонатів, сульфатів. Але це веде до забруднення навколишнього середовища

через їх низьке біопоглинання (Бао Y.M. et al., 2007). Вирішенню завдання зниження фітотоксичності відходів і ґрунту може сприяти використання хелатних форми мікроелементів, що підвищують біодоступність (Kong J. et al., 2022).

Метою даного дослідження було вивчення впливу неорганічних та хелатних форм мікроелементів цинка, заліза, селена, міді, марганцю на продуктивні якості курей Ломан Браун.

Раціони для курей-несучок мають забезпечувати високу рентабельність й максимальну продуктивність (Hafeez et al., 2016). Проведені дослідження свідчать, що хелатна форма мінералів в раціоні птиці порівняно з неорганічною сприяє збільшенню маси яєць та продуктивності потомства, веде до збільшення несучості птиці, яка утримується в курниках (Gravemeyer & Rothstein 2023). Вивчення хелатної форми таких мікроелементів, як Zn, Fe, Cu, Se і Mn має велике практичне значення. Висока швидкість всмоктування в кишечнику та біодоступність роблять використання мікроелементів в органічних формах (хелатних) необхідною складовою в раціонах курей.

Матеріали і методи досліджень. Експеримент проводився в господарстві Сумського району Сумської області, де застосовується традиційна кліткова система утримання курей-несучок. У рамках експерименту було використано сто двадцять курей Ломан Браун із середнім віком від сорока восьми тижнів. Місткість клітки розрахована на п'ять курей-несучок. Перегородка кліток виконана з дроту. Питома площа посадки на одну голову становила п'ятсот п'ятдесят сантиметрів. Фронт поїння – дві ніпельні поїлки на одну клітку, фронт годівлі на одну голову – десять сантиметрів. Температуру підтримували на рівні 20°C. Годівля птиці забезпечувалася за допомогою ланцюгових кормороздавачів, які розміщують корм по жолобу, що розташований за кліткою. Видалення посліду здійснювалося стрічковим транспортером. Світловий день протягом періоду дослідження становив 16 годин. Інтенсивність освітленості – 20-25 лк. Провітрювання та прибирання здійснювалося щодня. Середня кількість корму на одну птицю становила 110 г на добу. Здійснювалося дозування добової даванки корму шляхом скорочення часу доступу до корму для запобігання переїданню птицею.

Спостереження за птицею здійснювалося щодня, реєстрації підлягали усі відхилення від норми, за потреби проводилося лікування. Експериментальні групи отримували однакову кількість води та корму на птицю. Смертності птиці за цей період не було зареєстровано.

Під час дослідження було використано схему у вигляді двох процедур з п'ятьма повтореннями протягом 8 тижнів (з 48 по 55-й тиждень). Основний раціон складався з повнораціонного комбікорму для курей Ломан Браун. Також до раціону птиці було включено органічні (хелатовані амінокислотами) та мінеральні елементи, до складу яких входили цинк, марганець, селен, мідь, залізо. Мінеральна форма складалася з сульфатів марганцю, цинку, міді, заліза, селену. Органічні форми мікроелементів були представлені у вигляді міді-метіоніну,

заліза-метіоніну, цинк-метіоніну, марганцю-метіоніну та селен-метіоніну.

Таблиця 1

Кількість мікроелементів в експериментальних раціонах, мг/к

Тип мінеральних слідів	Джерело	Дісти	
		1 нега- тивний контроль	2 пози- тивний контроль
Цинк	Хелатна форма	0	111
	Нехелатна форма	111	0
Мідь	Хелатна форма	0	11
	Нехелатна форма	11	0
Залізо	Хелатна форма	0	51
	Нехелатна форма	51	0
Магній	Хелатна форма	0	121
	Нехелатна форма	121	0
Селен	Хелатна форма	0	0,31
	Нехелатна форма	0,31	0

Результати досліджень. Було використано такі експериментальні раціони: перший (негативний контроль), де вищезазначені елементи були представлені у мінеральній формі; другий (позитивний контроль), де органічні форми мікроелементів мали хелатну форму.

Таблиця 2

Склад експериментального раціону (негативний контроль)

Склад	Кількість, %
Кукурудза	72
Пшеничні висівки	3
Соєвий шрот	14,3
Карбонат кальцію	6,1
Вапнякове борошно	1,2
Монофосфат	0,84
Мінеральна добавка, мг/кг (Zn: 109; Cu: 11; Fe: 49; Mn: 121; Se: 0,30; I: 2)	0,6
Вітамінна добавка (вітаміни A, D ₃ , K ₃ , B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , біотин, B ₉ , B ₁₂)	0,24
Кухонна сіль	0,2
Бікарбонат натрію	0,15
DL-метіонін	0,14
L-теронін	0,03
Холіну хлорид	0,7
МусоGuard Total	0,1
Мікосорб А+	0,1
Масляна кислота інкапсульована	0,1
Лізіну хлорид	0,2
Всього	100

Під час проведення експерименту реєстрацію кількості яєць здійснювали два рази на день. Для зважування птахів використовували ваги ВАТ1 для точного вимірювання маси та аналізу статистики. Відсоток несучості (яйця/птиця на добу), маси яйця (р/птиця на добу), середньої ваги яйця (г/яйце) розраховували для кожного тижня і за весь період.

Кількість дозріваючих яєць, придатних для вилуплення, реєстрували щодня. Вони зберігалися в прохолодному приміщенні, температура якого становила 11°C при відносній вологості 73%. До категорії інших включали яйця з двома жовтками, деформовані, з тонкою шкаралупою, розбиті й маленькі яйця. Отримані дані фіксували кожного тижня.

Експериментальний раціон 2 (позитивний) мав суттєвий вплив на відсоток виробництва яєць ($p < 0,05$), спостерігалася достовірна різниця ($p < 0,05$). При раціоні 1 (негативному) маса яйця була нижчою у порівнянні з показниками в умовах раціону 2 (позитивного).

Статистичний аналіз здійснювався з використанням програмного забезпечення Biostat, $p < 0,05$ вважався статистично значущим.

Обговорення. Економічні показники щодо утримання курей Ломан Браун тісно пов'язані з таким фактором, як виробництво яєць. Одним з першочергових завдань господарств є покращення якісних та кількісних характе-

ристик яйця. У даному контексті важливою є роль мінералів, зокрема у метаболічних процесах організму, а також виробництві яєць (Pinotti et al., 2021). Використання мікроелементів у раціонах відкриває широкі можливості для підвищення продуктивності птиці (Elnesr et al., 2024). Крім того, ряд факторів, таких як генотип, (Hafeez et al., 2016) вік курей, оточуюче середовище, ведуть до якісних й кількісних змін характеристики яйця. Мікроелементи в раціонах можуть бути представлені в неорганічній та хелатній формах (Zhang et al., 2017). Засвоєння мікроелементів, представлених в нехелатній формі, є значно нижчим, ніж у хелатній формі (Bakhshalinejad et al., 2018). Проведені дослідження розкривають користь в раціоні харчування мікроелементів у хелатній формі (Rao et al., 2016). Установлено, що хелатні мікроелементи сприяють поліпшенню виробничих показників курей-несучок, ведуть до збільшення маси яєць (Bhagwat et al., 2021), зокрема й курей Ломан Браун (Romanuk & Fedorovych, 2020).

Отримані дослідниками результати щодо якісних і кількісних показників яєць показують, що наявність хелатованих мікроелементів у раціоні не веде до статистично значущої різниці у відсотках яєць із тонкою шкаралупою, дрібних і розбитих (Prabakar et al., 2021). У той же час у курей, раціон яких не містить хелатних мінеральних елементів, відсоток яєць із тонкою шкаралупою є більшим (Dawoodi & Al-Dalawi, 2024).

Зі збільшенням віку відсоток дрібних і розбитих яєць зростає. Також спостерігаються й зміни в продуктивності, що веде до економічних збитків та екологічних проблем в галузі виробництва яєць (Lázaro et al., 2003). Частка розбитих яєць може бути зменшена завдяки укріпленню міцності яєчної шкаралупи, яка утворюється шляхом взаємодії карбонату кальцію й органічної матриці (Kpodo & Proszkowiec-Weglarz, 2023). Установлена залежність механічних та фізичних властивостей, у тому числі й еластичність шкаралупи яйця, від її мікроструктури (Li et al., 2019). Проведені дослідження показали, що додавання мікроелементів до раціонів курей впливає на мікроструктуру шкаралупи яйця, змінюючи її механічні властивості (Liu et al., 2007). Важливого значення набувають мікроелементи, такі як марганець, мідь, цинк, селен у складі ферментів, що беруть участь у процесі формування яєчної шкаралупи, її структурних компонентів чи мембран (Xiao et al., 2014).

Мідь в організмі курей виступає активатором у складі ферменту лизил оксидази й впливає на вироблення еластину, який має велике значення щодо запобігання утворенню яйцеклітин, забарвлених кров'ю. Мідь також сприяє укріпленню міцності оболонки (Sun et al., 2012).

Таблиця 3

Розрахунковий склад корму

Склад	Розрахунок
Енергія, що метаболізується, з поправкою на азот (ккал/кг)	2699
Cu (мг/кг)	38,21
Fe (мг/кг)	143,17
Mn (мг/кг)	142,50
Йодат (мг/кг)	2,30
Zn (мг/кг)	134,74
Селен (мг/кг)	0,42
Na (%)	0,14
Ефірний екстракт (%)	2,89
Загальна зольність (%)	10,97
Загальний фосфор (%)	0,60
K (%)	0,59
Кальцій (%)	3,44
Крохмаль (%)	46,62
Лізін (%)	0,60
Mg (%)	0,16
Метіонін (%)	0,35
Метіонін + цистин (%)	0,47
Сира клітковина (%)	2,80
Сирий протеїн (%)	12,50
Треонін (%)	0,50 маси яєць для кожної птиці (підрахунок здійснювався протягом тижня)

Таблиця 4

Вплив мінеральних та органічних елементів на кількісні характеристики яєць

Раціон	Маса яйця, г	Середня маса яйця, г/яйце	Яйцєносність, %	Кількість дозріваючих яєць (яйця/птаха/тиждень)	Кількість інших яєць (яйця/птаха/тиждень)
1 негативний	45.024	65.256	68.927	4.687	0.133
2 позитивний	47.084	65.259	72.171	4.948	0.109
P-значення	0.014	0.371	0.012	0.004	0.025

Установлено, що цинк відіграє значну роль у процесі формування яєчної шкаралупи, її основної мембрани. Дефіцит цинку негативно впливає на структуру епітелію, а також на епітеліальні виділення у процесі синтезу мембрани яєчної шкаралупи. Використання вітамінізованої форми цинку надає можливість отримувати яйця, що мають кращу якість шкаралупи (Zhang et al., 2017).

Марганець має значний вплив на формування оболонок з яєчної шкаралупи, що забезпечує її твердість та міцність шляхом утворення з мінералів компактної форми. Проведені дослідження свідчать, що комбіноване годування птиці хелатованим марганцем та цинком позитивно впливає на міцність й товщину шкаралупи яйця (Dawoodi & Al-Dalawi 2024; Bai et al., 2019).

Вивчення якості яєць курей, зокрема, Ломан Браун, (Mobasher & Ahmed, 2022) за умови заміни мінеральних добавок, різних у процентному відношенні, хелатною

формою показало, що міцність яєчної шкаралупи на розрив зростає зі збільшенням кількості заміни мінералів в хелатну форму (Kong et al., 2022). Але такі фактори, як вік птиці, генотип курей, тривалість експерименту, а також структура хелатної форми порівняно з неорганічною, також мають певний вплив.

Висновки. Результати даного дослідження показали, що такі мінеральні елементи, як цинк, залізо, мідь, селен, марганець відіграють важливу роль у функціонуванні організму птиці, зростанню продуктивності. Однак, неорганічні форми мікроелементів мають менший вплив на якість яєць та яйценосність у порівнянні з хелатними сполуками, що свідчить про потребу оптимізації форм введення мікроелементів у раціон птиці. Результати дослідження свідчать про те, що використання хелатних форм мікроелементів у раціонах курей Ломан Браун є ефективним способом підвищення їх яйценосності, поліпшення якості яєць.

Бібліографічні посилання:

1. Azarpajouh, S. (2023, October 27). *Dietary supplementation of phytase for piglets and broilers*. All About Feed. <https://www.allaboutfeed.net/>
2. Bai, S., Zhang, K., Ding, X., Wang, J., Zeng, Q., Peng, H., Bai, J., Xuan, Y., Su, Z., & Wu, B. (2019). Uptake of manganese from the manganese-lysine complex in primary chicken intestinal epithelial cells. *Animals*, 9(8), 559. <https://doi.org/10.3390/ani9080559>
3. Bakhshalinejad, R., Hassanabadi, A., Nassiri-Moghaddam, H., & Zarghi, H. (2018). The effects of dietary calcium iodate on productive performance, egg quality and iodine accumulation in eggs of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(3), 746–754. <https://doi.org/10.1111/jpn.12873>
4. Bao, Y. M., Choct, M., Iji, P. A., & Bruerton, K. (2007, October). Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(3), 448–455. <https://doi.org/10.1093/japr/16.3.448>
5. Bhagwat, V. G., Balamurugan, E., & Rangesh, P. (2021). Cocktail of chelated minerals and phytochemical feed additives in the poultry industry: A review. *Veterinary World*, 14(2), 364–371. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.364-371>
6. Blanco, A. E., Icken, W., Ould-Ali, D., Cavero, D., & Schmutz, M. (2014). Genetic parameters of egg quality traits on different pedigree layers with special focus on dynamic stiffness. *Poultry Science*, 93(10), 2457–2463. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04132>
7. Bozkurt, M., & Küçükyılmaz, K. (2015). An evaluation on the potential role of boron in poultry nutrition. Part I: Production performance. *World's Poultry Science Journal*, 71(2), 327–338. <https://doi.org/10.1017/S0043933915000331>
8. Bozkurt, M., & Küçükyılmaz, K. (2015). The role of boron in poultry nutrition Part II: Compositional and mechanical properties of bone and egg quality. *World's Poultry Science Journal*, 71(3), 483–492. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002184>
9. Damaziak, K., Marzec, A., Riedel, J., Szeliga, J., et al. (2018). Effect of dietary canthaxanthin and iodine on the production performance and egg quality of laying hens. *Poultry Science*, 97(11), 4008–4019. <https://doi.org/10.3382/ps/pey264>
10. Dawoodi, E. T., & Al-Dalawi, R. H. (2024, July). The effect of adding different levels of dried chicken eggshell powder on the qualitative and sensory qualities of the Lohmann layer chicken eggs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1371(7), 072035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/7/072035>
11. Dos Santos, E. O., Freitas, E. R., Nepomuceno, R. C., Watanabe, P. H., Souza, D. H., Fernandes, D. R., de Abreu Freitas, C., do Nascimento, G. A. J., Aguiar, G. C., & de Melo, M. C. A. (2021). Organic zinc and manganese and 25-hydroxycholecalciferol improve eggshell thickness in late-phase laying hens. *Tropical Animal Health and Production*, 53(6), 529. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02959-x>
12. Bao Y., Choct M., Iji P., Bruerton K. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. (2007). *The Journal of Applied Poultry Research*, 16(3), 448–455. <https://doi.org/10.1093/japr/16.3.448>
13. Kong J., Qiu T., Yan X., Wang L., Chen Z., Xiao G., Feng G., Zhang H. Effect of replacing inorganic minerals with small peptide chelated minerals on production performance, some biochemical parameters and antioxidant status in broiler chickens. (2022). *Frontiers in Physiology*, 13, 1027834. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1027834>
14. Elnesr, S. S., Mahmoud, B. Y., da Silva Pires, P. G., Moraes, P., Elwan, H. A. M., El-Shall, N. A., El-Kholy, M. S., & Alagawany, M. (2024). Trace Minerals in Laying Hen Diets and Their Effects on Egg Quality. *Biological Trace Element Research*, 202(12), 5664–5679. <https://doi.org/10.1007/s12011-024-04121-8>
15. Gravemeyer, S., & Rothstein, S. (2023, February 24). *Helatni mikroelementy pokrashchuyut produktyvnist, zahal'nyy stan zdorov'ya i tryvalist' zhyttya ptytsi*. AgroTimes. <https://agrotimes.ua/article/helatni-mikroelementy-pokrashchuyut-produktyvnist-zagalnyj-stan-zdorovya-i-tryvalist-zhyttya-ptyczi>

16. Hafeez, A., Mader, A., Ruhnke, I., Männer, K., & Zentek, J. (2016). Effect of feed grinding methods with and without expansion on prececal and total tract mineral digestibility as well as on interior and exterior egg quality in laying hens. *Poultry Science*, 95(1), 62–69. <https://doi.org/10.3382/ps/pev316>
17. Hong, W., Liu, Y., Liang, J., Jiang, C., Yu, M., Sun, W., Huang, B., Dong, N., Kang, L., & Tang, Y. (2023). Molecular Mechanisms of Selenium Mitigating Lead Toxicity in Chickens via Mitochondrial Pathway: Selenoproteins, Oxidative Stress, HSPs, and Apoptosis. *Toxics*, 11(9), 734. <https://doi.org/10.3390/toxics11090734>
18. Karasek, F., Stenclova, H., Stastnik, O., Mrkvicova, E., Pavlata, L., & Zeman, L. (2016). The effect of various dietary magnesium levels on growth performance and carcass yield of broiler chickens. *MendelNet 2016*, 225.
19. Kim, C. H., Paik, I. K., & Kil, D. Y. (2013). Effects of increasing supplementation of magnesium in diets on productive performance and eggshell quality of aged laying hens. *Biological Trace Element Research*, 151(1), 38–42. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9537-z>
20. Kong, J., Qiu, T., Yan, X., Wang, L., Chen, Z., Xiao, G., Feng, X., & Zhang, H. (2022, October 18). Effect of replacing inorganic minerals with small peptide chelated minerals on production performance, some biochemical parameters and antioxidant status in broiler chickens. *Frontiers in Physiology*, 13, 1027834. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1027834>
21. Kpodo, K. R., & Proszkowiec-Weglarz, M. (2023). Physiological effects of in ovo delivery of bioactive substances in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1124007. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1124007>
22. Lázaro, R., García, M., Aranibar, M. J., & Mateos, G. G. (2003). Effect of enzyme addition to wheat-, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *British Poultry Science*, 44(2), 256–265. <https://doi.org/10.1080/0007166031000085616>
23. Leach, R. M., Jr., Turk, D. E., Zeigler, T. R., & Norris, L. C. (1962, January). Studies on the role of molybdenum in chick nutrition. *Poultry Science*, 41(1), 300–304. <https://doi.org/10.3382/ps.0410300>
24. Li, L. L., Gong, Y. J., Zhan, H. Q., Zheng, Y. X., & Zou, X. T. (2019). Effects of dietary Zn-methionine supplementation on the laying performance, egg quality, antioxidant capacity, and serum parameters of laying hens. *Poultry Science*, 98(2), 923–931. <https://doi.org/10.3382/ps/pey440>
25. Liu, Y. X., Guo, Y. M., & Wang, Z. (2007). Effect of magnesium on reactive oxygen species production in the thigh muscles of broiler chickens. *British Poultry Science*, 48(1), 84–89. <https://doi.org/10.1080/00071660601148187>
26. Mobasher, E., & Ahmed, M. (2022, June). Productive performance and qualitative egg characteristics of two local lines chickens and laying brown Lohmann. (*Journal of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences*), 6(2), 109–116. <https://doi.org/10.26389/AJSRP.S060122>
27. Nell, J. A., & Annison, E. F. (1980). Molybdenum requirements of chickens. *British poultry science*, 21(3), 183–191. <https://doi.org/10.1080/00071668008416656>
28. Pinotti, L., Manoni, M., Ferrari, L., Tretola, M., Cazzola, R., & Givens, I. (2021). The Contribution of Dietary Magnesium in Farm Animals and Human Nutrition. *Nutrients*, 13(2), 509. <https://doi.org/10.3390/nu13020509>
29. Prabakar, G., Gopi, M., Kolluri, G., Rokade, J. J., Khillare, G., Pearlin, B. V., Jadhav, S. E., Tyagi, J. S., & Mohan, J. (2021). Effect of supplementation of zinc-methionine on egg production, semen quality, reproductive hormones, and hatchability in broiler breeders. *Biological Trace Element Research*, 199(12), 4721–4730. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02590-9>
30. Rao, S. V., 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, Anti-Oxidant and Immune Responses in Broiler Chicken Reared in Tropical Summer. *Biological Trace Element Research*, 172, 511–520.
31. Romanyk, H. M., & Fedorovych, V. V. (2020, June). Quality indicators of eggs of Lohmann Brown and Lohmann Sandy crossbreeds. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 21(1), 162–167. <https://doi.org/10.36359/scivp.2020-21-1.21>
32. Sloboda, O. M., Sloboda, L. Ya., & Salivonchik, N. I. (2014). Biolo-ho-hospodars'ki aspekty vykorystannya fitazy pry hodivli kurey-nesuchok. *Naukovyy visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Hzhysts'koho*, 16(2), 59–64.
33. Sun, Q., Guo, Y., Li, J., Zhang, T., & Wen, J. (2012). Effects of methionine hydroxy analog chelated Cu/Mn/Zn on laying performance, egg quality, enzyme activity and mineral retention of laying hens. *The Journal of Poultry Science*, 49(1), 20–25. <https://doi.org/10.2141/jpsa.011055>
34. Toson, M. A., Abd El-Latif, S. A., Elwan, H. A., & Helbawi, E. S. (2024). Effect of dietary magnesium supplementation forms and levels on broiler chicks performance and some carcass characteristics. *Minia Journal of Agricultural Research & Development*, 44(1), 59–72.
35. Xiao, J. F., Zhang, Y. N., Wu, S. G., Zhang, H. J., Yue, H. Y., & Qi, G. H. (2014). Manganese supplementation enhances the synthesis of glycosaminoglycan in eggshell membrane: a strategy to improve eggshell quality in laying hens. *Poultry Science*, 93(2), 380–388. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03354>
36. Yang, Y., Gao, M., Nie, W., Yuan, J., Zhang, B., Wang, Z., & Wu, Z. (2012). Dietary magnesium sulfate supplementation protects heat stress-induced oxidative damage by restoring the activities of anti-oxidative enzymes in broilers. *Biological Trace Element Research*, 146(1), 53–58. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9210-y>
37. 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>
38. Zhang, Y. N., Wang, J., Zhang, H. J., Wu, S. G., & Qi, G. H. (2017). Effect of dietary supplementation of organic or inorganic manganese on eggshell quality, ultrastructure, and components in laying hens. *Poultry Science*, 96(7), 2184–2193. <https://doi.org/10.3382/ps/pex106>

39. Zhou, D., Zhao, Y., Li, J., Ravichandran, V., Wang, L., Huang, Q., Chen, C., Ni, H., & Yin, J. (2021). Effects of Phytic Acid-Degrading Bacteria on Mineral Element Content in Mice. *Frontiers in Microbiology*, 12, 753195. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.753195>

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

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

Impact of inorganic and chelate forms of trace elements on productive qualities of Loman Brown chickens

This study was conducted to study the influence of inorganic and chelated forms of trace elements in the diet on the productive qualities of Lohman Brown chickens. The experiment was conducted in a farm in the Sumy district of the Sumy region, where a traditional cage system for keeping laying hens is used. One hundred and twenty Lohman Brown chickens with an average age of forty-eight weeks were used in the experiment. The capacity of the cage is designed for five laying hens. The cage partition is made of wire. The specific landing area per head was five hundred and fifty centimeters. The drinking front was two nipple drinkers per cage, the feeding front per head was ten centimeters. The temperature was maintained at 20°C. The birds were fed using chain feeders that move feed along a chute located behind the cage. The removal of droppings was carried out by a belt conveyor. The daylight hours during the study period were 16 hours. Light intensity – 20-25 lx. Ventilation and cleaning were carried out daily. The average amount of feed per bird was 110 g per day. The daily feed ration was dosed by reducing the time of access to feed to prevent overeating by the bird. Diet 1 (negative control) was introduced, associated with the use of zinc, iron, selenium, copper, manganese in the form of inorganic forms; diet 2 (positive control), which included Mn, Se, Cu, Fe and Zn in the form of chelated forms. As shown by the results of the conducted studies, the highest indicators in Loman Brown chickens were observed when using diet 2 (positive control). Due to the use of chelated forms of trace elements, the number of maturing eggs increased over the entire period of the study, and the number of eggs with a thin shell, two yolks, small, broken, etc. decreased ($p < 0.05$). The average egg weight for the entire period did not undergo significant changes ($p > 0.05$). The use of the chelated form of trace elements in the diet contributed to the improvement of productive properties, in particular, egg weight, compared to the mineral form.

Key words: chickens; chelates, egg quality, diets, micronutrients.