

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН У ЖИВЛЕНІ КРОЛІВ

Юзьвяк М. О., Лесик Я. В., Салига Ю. Т.

ВСТУП

Мінеральні речовини в організмі кролів виконують низку фізіологічно важливих функцій^{1,2,3}. Забезпеченість збалансованого мінерального живлення біодоступними макро-і мікроелементами позитивно впливає на ріст і розвиток організму та біологічну цінність їхньої продукції^{4,5}. Відповідно до прогнозів Всесвітньої продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), в найближчі роки м'ясо кролів буде важливим продуктом харчування людини, завдяки високим поживним цінностям, що часто використовуються з дієтичною та лікувально-профілактичною метою^{6,7,8,9,10,11,12}. Порівняно з іншими

¹Chipo M. M., Mango L., Kugedera A. T., Lovemore M. Challenges and opportunities to rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) production and marketing. *Int J Agric Agribus*. 2019. 5. P. 37 – 44.

²Corino C., Modina S., Di Giancamillo A., Chiapparini S., Rossi, R. Seaweeds in pig nutrition. *Animals*. 2019. 9 (12). P. 11 – 26. DOI: [10.3390/ani9121126](https://doi.org/10.3390/ani9121126).

³Haque A., Rahman M., Bora J. Effect of breed, weaning age and feeding regime on chemical composition of rabbit meat. *Int J Vet Sci Anim Husb*. 2016. 1 (1). P. 12 – 13.

⁴Lesyk Y. V., Dychok-Niedzielska A. Z., Boiko O. V., Honchar O. F., Bashchenko M. I., Kovalchuk I. L., Gutyj, B. V. Hematological and biochemical parameters and resistance of the organism rabbits for feeding sulfur compounds. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13 (1). P. 60 – 66.

⁵Lesyk Ya., Dychok A. Prospects of using sulfur in the rabbits feeding. 13 Human health: realities and prospects. Health and nutrition. Monographic series, 3; edited by Nadiya Skotna, Drohobych: Posvit. 2018. P. 130 – 142

⁶Башенко М. І., Бойко О. В., Гончар О. Ф. Концепції розвитку кролівництва в Україні у повоєний період. Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН. 2022. С. 4, 8.

⁷Abd El-Hack M. E., Mahrose K. M., Arif M., Chaudhry M. T., Saadeldin I. M., Saeed M., Soomro R. N., Abbasi I. H. R., Rehman Z. U. Alleviating the environmental heat burden on laying hens by feeding on diet s enriched with certain antioxidants (vitamin E and selenium) individually or combined. *Environ. Sci. Pollut. Res*. 2017. 24. P. 10708 – 10717. DOI: [10.1007/s11356-017-8690-5](https://doi.org/10.1007/s11356-017-8690-5).

⁸Cullere M., Zotte A. D., Tasoniero G., Giaccone V., Szendrő, Z., Szin M., Odermatt D., Gerencser Z., Dal Bosco A., Matics Z. Effect of diet and packaging system on the microbial status, pH, color and sensory traits of rabbit meat evaluated during chilled storage. *Meat Sci*. 2018. 141. P. 36 – 43. DOI: [10.1016/j.meatsci.2018.03.014](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.014).

⁹Dalle Zotte A. Rabbit farming for meat purposes. *Anim Front*. 2014. 4. P. 62 – 67.

¹⁰El-Medany S. A., El-Refaei W. H. M. Evaluation canola meal on growing rabbits; nutritionally and on their nutritional meat quality. *J Food Nut Res*. 2015.3 (4). P. 220 – 234. DOI: [10.12691/jfnr-3-4-](https://doi.org/10.12691/jfnr-3-4-)

¹¹Pogány Simonová, M., Chrastinová L., Lauková A. Enterocin 7420 and Sage in Rabbit Diet and Their Effect on Meat Mineral Content and Physico-Chemical Properties. *Microorganisms*. 2022. 10(6). P. 10. DOI: [10.3390/microorganisms10061094](https://doi.org/10.3390/microorganisms10061094).

¹²Tufarelli V., Tateo A., Schiavitto M., Mazzei D., Calzaretti G., Laudadio V. Evaluating productive performance, meat quality and oxidation products of Italian White breed rabbits under free-range and cage rearing system. *Anim. Biosci*. 2022. 35. P. 884–889. DOI: [10.5713/ab.21.0327](https://doi.org/10.5713/ab.21.0327).

видами сільськогосподарських тварин м'ясо кролів, характеризується високою біологічною цінністю, містить вищий відсоток протеїну, легкозасвоюваного жиру, багате на поліненасичені та ненасичені жирні кислоти, особливо ω -3 і ω -6, з низьким рівнем холестеролу та Натрію^{13,14,15,16,17}. М'ясо кролів містить цінні амінокислоти, зокрема лізин (2,12 г на 100 г), треонін (2,01 г на 100 г), лейцин (1,73 г на 100 г), фенілаланін (1,04 г на 100 г) та сульфурвмісні амінокислоти (1,10 г на 100 г). Крім того, воно не має сечової кислоти і містить низький рівень пуринів^{18,19}. Для отримання бажаного ефекту у промисловому кролівництві необхідно дотримання усіх технологічних складових утримання та збалансованого за поживними цінностями, й особливо біодоступними та мінеральними речовинами раціону кролів, що забезпечить високу рентабельність ведення галузі.

1. Біологічне значення мінеральних речовин для організму кролів

За останні роки для повноцінного живлення кролів м'ясних спеціалізованих порід, застосовують різноманітні біологічно активні добавки. Використання вітамінів, амінокислот та особливо макро-і мікроелементів є необхідними для кролів за промислового утримання, оскільки це забезпечує перебіг метаболічних процесів їхнього організму²⁰. Недостатність або надлишок мінеральних речовин та вітамінів, призводить до порушень фізіологічних процесів організму. На потребу тварин у мінеральних речовинах може впливати багато чинників, а саме: вид, вік, фізіологічний стан та продуктивність²¹.

¹³ Alves dos Santos J. J., Fonseca Pascoal L. A., Brandão Grisi C. V., da Costa Santos V., de Santana Neto D. C., Filho, J. J., Ferreira Herminio M. P., Fabricio Dantas, A. Soybean oil and selenium yeast levels in the diet of rabbits on performance, fatty acid profile, enzyme activity and oxidative stability of meat. *Livest. Sci.* 2022. P. 263. DOI: 10.1016/j.livsci.2022.105021.

¹⁴ Luo G., Zhu T., Ren Z. METTL3 Regulated the Meat Quality of Rex Rabbits by Controlling PCK2 Expression via a YTHDF2–N6–Methyladenosine Axis. *Foods.* 2022. (11). P. 1549. DOI: 10.3390/foods11111549.

¹⁵ Pedro D., Saldana E., Lorenzo J. M., Pateiro M., Dominguez R., Dos Santos, A. B., Campagnol C. B. P. Low-sodium dry-cured rabbit leg: A novel meat product with healthier properties. *Meat Sci.* 2021. 173. P. 108 – 372. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108372.

¹⁶ Shahida Anusha Siddiqui, Francesca Gerini, Ali Ikram, Farhan Saeed, Xi Feng, Yanping Chen. *Sustainability.* 2023. 15 (3). DOI:10.3390/su15032008.

¹⁷ Szabó-Szentgróti E., Szigeti O. Consumers. Attitude to Consumption of Rabbit Meat in Eight Countries Depending on the Production Method and Its Purchase Form. *Foods.* 2020. 9 (5). P. 654. DOI:10.3390/foods9050654.

¹⁸ Hernández P. Carne de conejo, ideal para dietas bajas en ácido úrico. *Revista Científica de Nutrición.* N° 8 Septiembre. *Boletín de cunicultura.* 2007. 154. P. 33 – 36.

¹⁹ Hernández P., Dalle Zotte A. Influence of diet on rabbit meat quality. In: de Blas C, Wiseman J (eds) *The nutrition of the rabbit.* CABI-Publishing, Oxon. 2010. P. 163 – 178.

²⁰ Carlos de Blas, Wiseman J. *Nutrition of the Rabbit.* 3rd Edition. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. 2020. P. 370.

²¹ Luciano Pinotti, Michele Manoni, Luca Ferrari, Marco Tretola, Roberta Cazzola, Ian Givens *The Contribution of Dietary Magnesium in Farm Animals and Human Nutrition.* *Nutrients.* 2021. 13 (2). P. 509. DOI: 10.3390/nu13020509.

Необхідними із макроелементів для організму кролів є Кальцій, Фосфор, Магній, Натрій і Калій. З мікроелементів Ферум, Манган, Купрум, Кобальт, Цинк, Йод, Хром, Сульфур²². Кальцій входить до складу скелету тварини і необхідний для формування кісток та зубів. Він є потрібним для регулювання кислотного та лужного балансу в організмі, стабілізації функції м'язів, нервової системи, зсіданні крові, а також забезпечує нормальну роботу міокарду²³. Недостатність Кальцію призводить до уповільнення росту молодяку кролів, порушення розвитку зубів та формування кісток скелету²⁴.

Магній виконує важливі функції в клітинному метаболізмі та розвитку кісток. Міститься в кістках у вигляді бікарбонатів та фосфатів. Включає в своєму складі металопротеїди. Є кофактором ензимів, таких як ацетил-КоА-синтетаза, гексокіназа, аміноацил-т-РНК-синтетаза. У рослинних кормах Магній зв'язаний з протеїном та органічними речовинами²⁵. Бере участь у формуванні кісток і зубів, роботі м'язів та нервовому збудженні. Іони Магнію задіяні у аеробному розпаді вуглеводів та ліпідів.

Фосфор міститься в кістковій тканині, крові та ядрі клітини, займає важливе місце в обміні речовин організму кролів. За дефіциту Фосфору порушується репродуктивна функція та знижується продуктивність тварин. Фосфор необхідний для забезпечення нормального розвитку скелету кролика та міцності емалі зубів. Важливо забезпечити раціон для кролів кормами, які містять Фосфор та Кальцій у співвідношенні 2:1.

Натрій входить до складу крові та лімфи, регулює осмотичний тиск в клітинах та тканинах, створює необхідне рН крові, стимулює серцево-судинну систему та впливає на передачу нервових імпульсів. Бере участь у поглинанні та транспортуванні поживних речовин через мембрану клітини, регулює кількість позаклітинної рідини та процеси водно-сольового обміну в організмі.

Калій входить до складу клітин організму тварини і відповідає за регуляцію водного та кислотного-лужного балансу, м'язової активності, регуляції серцевого ритму, сприяє зниженню кров'яного тиску, зменшує ризик виникнення серцево-судинних захворювань²⁶. Калій є важливим

²² Лесик Я. В. Федорук Р. П, Кирилів Я. І, Дубинка І. А. Технологія виробництва продукції кролівництва: науково – практичний посібник. Львів. 2013. С. 54.

²³ Mattioli S., Dal Bosco A., Duarte J. M. M., D'Amato R., Castellini C., Beone G. M., Fontanella M. C., Beghelli D., Regni L., Businelli D., et al. Use of Selenium-enriched olive leaves in the feed of growing rabbits: Effect on oxidative status, mineral profile and Selenium speciation of Longissimus dorsi meat. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2019. 51. P. 98 – 105. DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.10.004.

²⁴ Башенко М. І, Гончар О. Ф., Шевченко Є. А. Кролівництво: Монографія. Черкаси. Черкаський інститут АПВ. 2011. С. 35, 37, 82, 83.

²⁵ Федак Н. М. Мінеральні речовини в годівлі сільськогосподарських тварин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2012. Вип. 54. С. 128 – 135.

²⁶ Simonová M. P., Chrastinová L., Chrenková M., Formelová Z., Kandričáková A., Bino E., Lauková A. Benefits of enterocin M and sage combination on the physico-chemical traits, fatty

для фізіологічної функції скелетних м'язів, бере участь у передачі нервових імпульсів, забезпечує зв'язок між нервовою системою та м'язовими волокнами.

Ферум необхідний для синтезу гемоглобіну, входить до складу міоглобіну, що забезпечує перенесення кисню у м'язових волокнах^{27,28}. Сполуки феруму накопичуються в тканинах селезінки та печінки. Недостатня кількість цього мікроелементу призводить до сухості шкіри, анемії, порушень еритропоезу та синтезу гемоглобіну²⁹.

Манган необхідний для формування кісток та біохімічних процесів організму. Цей мікроелемент важливий як кофактор і активатор багатьох ензимів, зокрема, галактозилтрансферази, глутамінсинтетази, аргінази, піруваткарбоксилази та супероксиддисмутази, а також для забезпечення інтенсивного росту й розвитку організму, особливо швидкоростучих м'ясних порід кролів.

Купрум є есенціальним елементом низки металоензимів. Необхідний в окисно-відновних реакціях, транспорті кисню та електронів, захисті від окисдатовного стресу, рецеркуляції жовчних кислот, ненасичених жирних кислот і сприяє нейтралізації ксенобіотиків у тканинах печінки та загалом організму кролів. Купрум бере активну участь в метаболічних реакціях, включаючи клітинне дихання, пігментацію тканин, утворення гемоглобіну, активізуючи Ферум у тканині печінки^{30 31}.

Кобальт виконує важливу роль у регуляції гемопоезу, обміну протеїну, входить до структури мієлінової оболонки нервових клітин. Цей елемент бере участь у синтезі амінокислот, ліпідів, протеїну, вуглеводів та синтезу інсуліну. Організм кролика потребує Кобальту для синтезу вітаміну В₁₂, який необхідний для функціонування нервової системи, регуляції метаболізму, синтезу гемоглобіну та еритропоезу. Кобальт потрапляє в організм з кормами раціону у формі вітаміну В₁₂. Недостатність Кобальту в

acid, amino acid, and mineral content of rabbit meat. *Probiotics Antimicro.* 2020. 12. P. 1235–1245. DOI: 10.1007/s12602-019-09627-5.

²⁷ Wang Y., Jiang M., Zhang Z., Sun H. Effects of over-load iron on nutrient digestibility, haemato-biochemistry, rumen fermentation and bacterial communities in sheep. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2020. 104. P. 32–43. DOI:10.1111/jpn.132255.

²⁸ Wessling-Resnick M. Iron. Basic nutritional aspects. In *Molecular, Genetic, and Nutritional Aspects of Major and Trace Minerals*. 2017. P. 161–173. DOI: 10.1016/B978-0-12-802168-2.00014-2.

²⁹ Mohammad Asadi, Abdolhakim Toghory, Maryam Hatami, Jalil Ghassemi Nejad. Milk Supplemented with Organic Iron Improves Performance, Blood Hematology, Iron Metabolism Parameters, Biochemical and Immunological Parameters in Suckling Dalagh Lambs. *Animals*. 2022. 12 (4). P. 510. DOI: 10.3390/ani12040510.

³⁰ Деркач Є. А., Шепельова І. А., Моторюк А. В., Мельникова Н. М. Вплив наноаквахелатів і макродисперсної форми купруму на концентрацію церулоплазміну в крові кролів. *Біологія тварин*. 2012. 14 (1–2). С. 80–84.

³¹ Manto M. Abnormal copper homeostasis: mechanisms and roles in neurodegeneration. *Toxics*. 2014. 2 (2). P. 327–345. DOI: 10.3390/toxics2020327.

організмі кролів, може призвести до розвитку анемії, оскільки кролик не може синтезувати достатню кількість вітаміну В₁₂.

Цинк є компонентом понад 300 ензимів і понад 2000 транскрипційних факторів, що бере активну участь у біосинтезі нуклеїнових кислот та процесах поділу клітин^{32,33}. Цинк необхідний у системі антиоксидантного захисту, для зниження негативної дії вільних радикалів, які утворюються у результаті перебігу біохімічних реакцій в статевих та соматичних клітинах³⁴. У період статевого дозрівання в організмі кролів Цинк відіграє важливу роль в стимулюванні репродуктивної функції. Недостатня кількість Цинку в організмі призводить до безпліддя³⁵.

Йод є незамінним елементом, що необхідний для функціонування всіх систем організму³⁶. Він необхідний для синтезу гормонів щитоподібної залози, тироксину (Т₄) і трийодтироніну (Т₃), що регулюють енергетичний обмін в організмі тварин³⁷. Йод через гормони щитоподібної залози відіграє важливу роль у терморегуляції, що є важливим у кролівництві, особливо у літню пору року. Йод і гормони щитоподібної залози стимулюють процес лактації, функцію м'язів, імунобіологічного захисту та відтворну здатність³⁸.

Хром необхідний мікроелемент для вуглеводного, ліпідного та протеїнового обміну^{39,40}. Хром здатний сприяти переносу транспортера глюкози з цитоплазми на клітинну мембрану, через активацію рецепторів інсуліну, що в свою чергу забезпечує надходження глюкози

³² Chasapis C. T., Ntoupa P. A., Spiliopoulou C. A., Stefanidou, M. E. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Arch. Toxicol.* 2020. 94. P. 1443 – 1460. DOI: 10.1007/s00204-020-02702-9.

³³ Mateos G. G., Garia-Rebollar P. de Blas C. Minerals, vitamins and additives. In *Nutrition of the Rabbits*, 3rd ed. 2020. P. 126 – 133. DOI:10.3390/ani11030756.

³⁴ Zhao C. Y., Tan S. X., Xiao X. Y., Qiu X. S., Pan J. Q., Tang Z. X. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biol Trace Elem Res.* 2014.160. P. 1 – 7. DOI:10.1007/s12011-014-0052-2.

³⁵ May Bin-Jumah, Mohamed E Abd El-Hack, Sameh A Abdelnour, Yasmeeen A Hendy et. al Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Sci Total Environ.* 2020. 707. P. 135996 – 135996. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135996

³⁶ Mahmood Y. Bilal1, Svetlana Dambaeva, Joanne Kwak-Kim, Alice Gilman-Sachs, Kenneth D Beaman. A Role for Iodide and Thyroglobulin in Modulating the Function of Human Immune Cells. 2017. 8. DOI: 10.3389/fimmu.2017.01573.

³⁷ Rashmi Mullur, Yan-Yun Liu, Gregory A. Brent. Thyroid Hormone Regulation of Metabolism. *Physiol Rev.* 2014. 94 (2). P. 355 – 382. DOI:10.1152/physrev.00030.2013.

³⁸ Zimmermann M. B. Iodine deficiency. *Endocr. Rev.* 2009. 30.P. 376 – 408. DOI:10.1210/er.2009-0011.

³⁹ El-Kholy M. S., El-Hindawy M. M., Alagawany M., Abd El-Hack M. E, El-Sayed S.A. Use of acetylsalicylic acid as an allostatic modulator in the diets of growing Japanese quails exposed to heat stress. *J Therm Biol.* 2018.74. P. 6 – 13. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.02.011.

⁴⁰ El-Kholy M. S., El-Hindawy M. M., Alagawany M., Abd El-Hack M. E, El-Sayed S.A. Use of acetylsalicylic acid as an allostatic modulator in the diets of growing Japanese quails exposed to heat stress. *J Therm Biol.* 2018.74. P. 6 – 13. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.02.011.

до клітини⁴¹. Встановлено, що органічний хром може значно збільшити добовий приріст і споживання корму у раціоні кролів, які страждають від теплового стресу. Додавання до корму органічного хрому в кількості 0,4 мг/кг корму, підвищувало ріст і розвиток організму кролів, а застосування 1,6 мг/кг корму активувало функцію клітинного імунітету⁴². Сульфур бере участь у процесах метилювання та відновлення ДНК, метаболізмі ензимів, гормонів та вітамінів. Є важливим структурним компонентом протеїну, оскільки входить до структури амінокислот, зокрема метіоніну та цистеїну.

2. Фізіологічні особливості розвитку системи травлення кролів

Система травлення кролів формується до трьохмісячного віку⁴³. У новонароджених кроленят 16 зубів у дорослих особин 26 – 28 зубів. На верхній щелепі – 16 (14), на нижній щелепі – 12 зубів. Зуби ростуть безперервно протягом усього життя тварини. Цей ріст становить 2 мм за тиждень на верхній та 2,4 мм на нижній щелепі⁴⁴. Під час подрібнення корму у ротовій порожнині корм змочується слинними залозами та під дією ензимів: діастази та птіаліну, розщеплює крохмаль до глюкози. Подрібнений та частково перетравлений корм, через стравохід потрапляє до шлунку. Стравохід забезпечує пересування харчового комка до шлунку перистальтичними скороченнями м'язів⁴⁵.

Шлунок у кролів однокамерний. Має вигляд витягнутого підковоподібного мішка об'ємом 180 – 200 мл³. «Сліпа» частина шлунка називається – дно, а протилежна ділянка – антральний відділ, що закінчується в області пілоруса, де відбувається регулювання відтоку хімусу в тонкий кишечник, завдяки розвиненому сфінктеру. За фізіологічних умов у кролика шлунок ніколи не порожній. Його вміст, складається з їжі або цекотрофів, що знаходиться на дні шлунка та становить від 90 до 120 г. Вміст сухої речовини коливається від 16 до 21 %. Залози шлунку виділяються шлунковий сік, що містить соляну кислоту, пепсин та деякі іони Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ . Соляна кислота підтримує рівень рН на рівні від 1,5 до 2,0 (дуже кислий). За дії пепсину відбувається гідроліз складних протеїнів, які розщеплюються до амінокислот. Загальна кислотність шлункового соку становить від 0,18 –

⁴¹ Vincent J. B. Is the pharmacological mode of action of chromium (III) as a second messenger. *Biol Trace Elem Res.* 2015. 166. P. 7 – 12. DOI: 10.1007/s12011-015-0231-9.

⁴² Huang C. B., Tang L., Guo Z. Q., Yan J. Y., Xie X. H., Lei, M. Effects of organic chromium on the production performance and immune function of heat-stressed rabbits. *Chin J Anim Husb.* 2017. 53. P. 93. DOI: 10.19556/j.0258-7033.2017-03-093.

⁴³ Garreau H., Theau-Clement M. Anatomie, taxonomie, origine, évolution et domestication. in: *Le lapin : de la biologie à l'élevage. Quae Edition.* 2015. P. 1437. ISBN 978-2-84444-347-2.

⁴⁴ Lebas F. Alimentation et santé digestive chez le lapin. Une journée de Formation organisée par l'ASFCA et l'AFTAA. *Cuniculture.* 2006. 33. P. 63 – 70.

⁴⁵ Suckow M., Stevens K., Wilson R. P. The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents. *Academic Press, Amsterdam.* 2012. P. 157. ISBN 978-0-12-380920-9.1.

0,35 %⁴⁶. Корм у шлунку кролика знаходиться від 3 до 10 год. Після того, як тварина поїдає корми, частина потрапляє до шлунка, а інша завдяки скороченню м'язів шлунка пересувається до кишечника. Клітковина у шлунку кролів не перетравлюється і надходить у дванадцятипалу кишку.

Кишечник кролів має вигляд численних звивистих петель, що поділяється на тонкий і товстий відділи. Тонкий відділ кишечника має довжину від 3,2 до 4,5 м з діаметром 0,8 – 1 см і складається з дванадцятипалої кишки, де виділяються соки підшлункової залози та жовч. Порожня та клубова відділи кишечника – це місце, де поживні речовини всмоктуються у кров. Їжа проходить через тонкий кишечник приблизно за 1 годину 30 хвилин⁴⁷. Вміст тонкого кишечника рідкий, особливо в дванадцятипалій кишці. На стінках тонкого кишечника розташовані поодинокі ділянки лімфатичних вузлів – Пейєрові пляшки, що виконують імунну функцію. Залози стінки тонкого кишечника виділяють ензими: карбоксипептидазу, дисахаридазу, які разом з секретом підшлункової залози (ліпаза, амілаза, трипсин, хімотрипсин тощо), розщеплюють складні речовини до простих з дальшим всмоктуванням у кров та лімфу. Рівень рН у передньому відділі кишечника лужне (рН 7,2 – 7,5) і поступово стає більш кислим, досягаючи рН 6,2 – 6,5 у клубовій кишці.

У печінці відбувається обмін азотистих сполук, вуглеводів та ліпідів. Вона виконує роль детоксикації продуктів обміну речовин. У печінці виробляється жовч, яка накопичившись потрапляє у дванадцятипалу кишку через жовчну протоку.

Товстий відділ кишечника представлений сліпою, ободовою та прямою кишками, що закінчується анусом. Сліпа кишка, довжиною 40 – 45 см і діаметром 3 – 4 см. Вміст сліпої кишки становить близько 50 % всього вмісту травного тракту. Внутрішній вміст сліпої кишки пастоподібний (20 – 23 % сухої речовини) і однорідний з рН 6. Стінка сліпої кишки має вигляд спіралі із 22 – 25 витків. У порожнині сліпої кишки інтенсивно проходять мікробіологічні процеси. Під дією ензимів мікроорганізмів відбувається розщеплення й перетравлення клітковини та бродильні процеси у сліпій та ободових відділах кишечника. На кінці сліпої кишки є відросток (10 – 12 см), апендикс, який має значно менший діаметр. Його товста стінка складається з лімфоїдної тканини. Мікрофлора товстого кишечника функціонує залежно від складових та поживних характеристик раціону, а також вікових особливостей тварини.

При народженні молодняк кролів не має необхідних мікроорганізмів у шлунку, і вони отримують їх з молоком кролематки. При відлученні молодняку кролів від кролематок, спостерігається зниження ефективності перетравлення їжі травними соками. Зниження цієї

⁴⁶ Gidenne T. Recent Advances in Rabbit Nutrition : Emphasis on Fibre Requirements. A Review. *World rabbit Sci.* 2000. 8. P. 23 – 32. DOI: 10.4995/wrs.2000.414.

⁴⁷ Gidenne T. Physiologie. in: *Le lapin : de la biologie à l'.* *Quaepubl.* 2015. P. 33 – 76.

ефективності особливо помітне, якщо відлучення відбувається в ранньому віці (28 – 30 днів). Якщо відлучення відбувається пізніше (40 – 45 днів), зниження ефективності перетравлення є менш помітним, при відлученні молодняку на 60 день, зниження ефективності травлення не спостерігається.

За раннього відлучення молодняку кролів від кролематки спостерігається зниження кількості споживання кормів на перший та другий день, але потім споживання різко зростає. Це може призвести до проблем з органами травлення у кролів. Тому, у раціоні молодняку важливо протягом 7 – 10 днів після відлучення від кролематки обмежити споживання грубих кормів⁴⁸.

На слизовій оболонці товстого кишечника є поглиблення – крипти, що містять багато слизу. У товстій кишці всмоктується до 95 % води та деякі мінеральні речовини. Однак, основна частина засвоєння мінеральних речовин відбувається в тонкому відділі кишечника⁴⁹. Перистальтичні скорочення м'язів товстої кишки допомагають переміщенню хімусу через ободову до прямої кишки, де утворюється та накопичується кал.

Специфічність та унікальність травної системи у кролів полягає в подвійній функції проксимального відділу товстої кишки. Якщо вміст сліпої кишки потрапляє в товсту кишку рано-вранці, він зазнає незначних біохімічних змін. Стінка товстої кишки виділяє слиз, який поступово обволікає гранули, що утворилися внаслідок її скорочень. Ці гранули збираються у видовжені скупчення і називаються цекотрофи (м'який кал). Циклотрофія – біологічний процес поїдання м'якого калу, який виділяється зазвичай у ночі.

Якщо вміст сліпої кишки потрапляє до товстого кишечника у інший час доби, то активність проксимального відділу товстої кишки зовсім інша. Починають діяти послідовні скорочення, що чергуються у різних напрямках: перші – для нормального виведення вмісту, другі – для повернення його назад у сліпу кишку. Більша частина рідкої фракції виштовхується назад у сліпу кишку. Товстий відділ кишечника у кролів продукує утворення двох типів калу: твердого та м'якого. М'який кал містить більше протеїну, бактеріального походження, а також вітаміни групи В і К. Твердий кал виводяться з організму, а м'який проковтуються кроликом безпосередньо після виведення з анального отвору.

Дослідженнями встановлено, що циклотрофія є важливою складовою раціону кролів, здатною збільшити загальне споживання протеїну до

⁴⁸ Gutiérrez I., A. Espinosa Garcia R. Carabano J. C. De Blas. Effects of starch and protein sources, heat processing and exogenous enzymes in starter diets for early-weaned rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2002. 98 (3). P. 175 – 186. DOI: 10.1016/S0377-8401(02)00028-7.

⁴⁹ Jesse P., Goff. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid–base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *J. Dairy Sci.* 2018. 101. P. 2763 – 2813. DOI: org/10.3168/jds.2017-13112.

38 % у молодянку^{50 51}. Циклотрофія допомагає уникнути втрат ендogenousного азоту та забезпечує надходження лізину до 23 % для лактуючих кролематок, збільшуючи засвоєння незамінних амінокислот^{52,53}. Циклотрофія корисна для гомеостазу кишкової мікрофлори. Доведено, що циклотрофія має суттєвий вплив на мікроорганізми сліпої кишки, що призводить до збільшення їхньої різноманітності та впливає на живлення й енергетичний гомеостаз^{54,55,56,57,58}.

Нічний кал відрізняється від денного за формою та складом хімічних речовин. Він має м'яку овальну форму, покриту зверху слизю, і містить до 70 % води. Кульки калу злипаються в грона по 35 – 40 штук і потрапляють до шлунка. У шлунку під дією мікроорганізмів, що містяться у калі, починається перетравлювання поживних речовин, включаючи клітковину. Кульки калу всмоктують воду, стають круглими, і після близько шести годин вони лопаються. Засвоєння мікробного протеїну в шлунку сприяє утворенню вітаміну В₁₂. Кролі поїдають нічний кал прямо з ануса, що є їхнім природним способом забезпечення вітамінами та поживними речовинами. У кролівничих господарствах застосовують різні раціони годівлі, які залежать від технології утримання та розведення кролів.

⁵⁰ Belenguer Á., Balcells J., Guada J. A., Decoux M., Milne, E. Protein Recycling in Growing Rabbits: Contribution of Microbial Lysine to Amino Acid Metabolism. *Br. J. Nutr.* 2005. 94 (5). P. 763 – 770. DOI: 10.1079/bjn20051508.

⁵¹ Liu Q.-S., Li J.-Y., Wang D.-H. Ultradian Rhythms and the Nutritional Importance of Caecotrophy in Captive Brandt's Voles (*Lasiopodomys Brandtii*). *J. Comp. Physiol. B.* 2007. 177. P. 423 – 432. DOI: 10.1007/s00360-006-0141-4.

⁵² Abecia L., Balcells J., Fondevila M., Belenguer A., Holtrop G., Lobley G. E. Contribution of Gut Microbial Lysine to Liver and Milk Amino Acids in Lactating Does. *Br. J. Nutr.* 2008. 100. P. 977 – 983. DOI: 10.1017/S0007114508957986.

⁵³ García A. I., De Bias J. C., Carabaño R. Effect of Type of Diet (Casein-based or Protein-free) and Caecotrophy on Ileal Endogenous Nitrogen and Amino Acid Flow in Rabbits. *Anim. Sci.* 2004. 79 (2). P. 231 – 240. DOI: 10.1017/S1357729800090093.

⁵⁴ Klaasen H. L. B. M., Koopman J. P., Scholten P. M., Van Den Brink M. E., Theeuwes A. G. M. Effect of Preventing Coprophagy on Colonisation by Segmented Filamentous Bacteria in the Small Bowel of Mice. *Microb. Ecol. Health Dis.* 2009. 3. P. 99 – 103. DOI: 10.3109/08910609009140123.

⁵⁵ Kobayashi A., Tsuchida S., Ueda A., Yamada T., Murata K., Nakamura H., et al. Role of Coprophagy in the Cecal Microbiome Development of an Herbivorous Bird Japanese Rock Ptarmigan. *J. Veterinary Med. Sci.* 2019. 81.P. 1389 – 1399. DOI: 10.1292/jvms.19-0014.

⁵⁶ Li R., Li X., Huang T., Wang Y., Xue M., Sun S., et al. Influence of Cecotrophy on Fat Metabolism Mediated by Caecal Microorganisms in New Zealand White Rabbits. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2020. 104. P. 749 – 757. DOI: 10.1111/jpn.13309.

⁵⁷ Tremaroli V., Bäckhed F. Functional Interactions between the Gut Microbiota and Host Metabolism. *Nature* . 2012. 489. P. 242 – 249. DOI: 10.1038/nature11552.

⁵⁸ Ziętak M., Kovatcheva-Datchary P., Markiewicz L. H., Ståhlman M., Kozak L. P., Bäckhed F. Altered Microbiota Contributes to Reduced Diet-Induced Obesity upon Cold Exposure. *Cell Metab.* 2016. 23. P. 1216 – 1223. DOI: 10.1016/j.cmet.2016.05.001.

3. Зміни в організмі кролів за дії теплового стресу

Глобальне потепління є важливою проблемою у тваринництві, оскільки підвищена температура навколишнього середовища негативно впливає на організм тварин. У порівнянні з іншими сільськогосподарськими тваринами, кролі більш чутливі до теплового стресу, оскільки здатні регулювати температуру тіла у вузькому діапазоні, через відсутність потових залоз. Підвищення температури довілля негативно впливає на здоров'я кролів, зокрема порушується ендокринна регуляція, імунна та репродуктивна функція, що призводить до зниження продуктивності та збільшення загибелі тварин^{59,60,61,62}. Прогнозується, що глобальне потепління зростатиме протягом наступних кількох десятиліть, якщо викиди парникових газів продовжуватимуть збільшуватися⁶³. Тепловий стрес є головною проблемою у кролівництві, особливо в тропіках і під час літньої спеки в регіонах з помірним кліматом⁶⁴.

Реакція тварин на підвищену температуру навколишнього середовища, яка перевищує зону теплового комфорту, викликає тепловий стрес^{65,66}. Тепловий стрес виникає, коли тепло, що виробляють тварини, перевищує їхню здатність розсіювати додаткове тепло в

⁵⁹ El-Badawi A. Y., El-Wardany I., Abd El-Moez S. I., et al. Impact of dietary *Moringa oleifera* leaves on intestinal pathogenic load and histological structure of growing rabbits raised under heat-stress conditions. *Anim Prod Sci.* 2017. 58 (10). P. 1901 – 1907. DOI: 10.1071/AN16540.

⁶⁰ El-Badawi A. Y., El-Wardany I., Abd El-Moez S. I., et al. Impact of dietary *Moringa oleifera* leaves on intestinal pathogenic load and histological structure of growing rabbits raised under heat-stress conditions. *Anim Prod Sci.* 2017. 58 (10). P. 1901 – 1907. DOI: 10.1071/AN16540.

⁶¹ Oladimeji A.M., Johnson T.G., Metwally K., Farghly M., Mahrose K.M. Environmental heat stress in rabbits: implications and ameliorations. *Int J Biometeorol.* 2022. 66 (1). P. 1 – 11. DOI: 10.1007/s00484-021-02191-0.

⁶² Zi-Long Liang, Fan Chen, Sungkwon Park, Balamuralikrishnan Balasubramanian, Wen-Chao Liu. Impacts of Heat Stress on Rabbit Immune Function, Endocrine, Blood Biochemical Changes, Antioxidant Capacity and Production Performance, and the Potential Mitigation Strategies of Nutritional Intervention. *Front Vet Sci.* 2022. 9. DOI: 10.3389/fvets.2022.906084.

⁶³ Wang F., Zhang J. Heat stress response to national-committed emission reductions under the Paris agreement. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health.* 2019. 16 (12). P. 2202. DOI:10.3390/ijerph16122202.

⁶⁴ El – Kholy M. S., El – Hindawy M. M., Alagawany M., Abd El –Hack M. E., El –Sayed S. A. Use of acetylsalicylic acid as an allostatic modulator in the diets of growing Japanese quails exposed to heat stress. *J Therm Biol.* 2018. 74. P. 6 – 13. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.02.011.

⁶⁵ Kang S., Da-Hye Kim., Lee S., Lee T., Kyung-Woo L., Hong-Hee C., Moon B., Ayasan T., Choi Y. H. An acute, rather than progressive, increase in temperature-humidity index has severe effects on mortality in laying hens. *Front. Vet. Sci.* 2020.7. DOI: 10.3389/fvets.2020.568093.

⁶⁶ Saracila M., Panaite T., Tabuc C., Soica C., Untea A., Ayasan T., Criste R. D. Dietary ascorbic acid and chromium supplementation for broilers reared under thermoneutral conditions vs. high heat stress. *Sci Paper-Anim Sci Series: Lucrări Științifice – Seria Zootehnie.* 2023. 73. P. 41 – 47 DOI: 10.3390/agriculture13030698.

навколишнє середовище. Існує дав види теплового стресу: хронічний і гострий^{67,68,69}.

Хронічний тепловий стрес виникає внаслідок високих температур довкілля протягом тривалого періоду. Гострий тепловий стрес виникає внаслідок швидкого зростання температури навколишнього середовища протягом короткого періоду і має багато негативних фізіологічних наслідків для організму кролика. При гострому тепловому стресі підвищується температура тіла та прямої кишки, зменшується споживання корму, порушується імунна, репродуктивна, ендокринна функції, змінюється електролітний баланс та рН крові⁷⁰. Тепловий стрес призводить до зниження продуктивності та збільшення смертності тварин, що впливає на рентабельність утримання кролів.

Кролі – гомеотермні тварини. Вони здатні регулювати температуру тіла у вузькому діапазоні та є чутливими до теплового стресу^{71,72}. Термонеутральна зона для кролів становить від 18 до 21°C. При підвищенні температури навколишнього середовища, яка є вищою термонеутральної зони у кролів, активується гіпоталамо-гіпофізарно-надниркова система. Синтез і секреція гіпоталамічного адренокортикотропного рилізінг-гормону значно посилюється. Рилізінг-гормон впливає на передню долю гіпофізу, щоб викликати вивільнення адренокортикотропного гормону, що діє на надниркові залози, щоб сприяти синтезу та секретії глюкокортикоїдів. Глюкокортикоїди забезпечують функцію антиімунної відповіді⁷³. Збільшення глюкокортикоїдів пригнічує клітинний і гуморальний імунітет, синтез

⁶⁷ Alagawany M., Farag M. R., Abd El-Hack M. E., Patra A. Heat stress: effects on productive and reproductive performance of quail. *World's Poult Sci J.* 2017. 73(4). P. 747 – 756. DOI: 10.1017/S0043933917000782.

⁶⁸ El-Kholy M. S., El-Hindawy M. M., Alagawany M., Abd El-Hack M. E., El El-Sayed S. A. A. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing Japanese quail. *Biol Trace Element Res.* 2017.179 (1). P. 148 – 157. DOI: 10.1007/s12011-017-0936-z.

⁶⁹ Farghly M. F., Abd El-Hack M. E., Alagawany M., Saadeldin I. M., Swelum A. A. Ameliorating deleterious effects of heat stress on growing Muscovy ducklings using feed withdrawal and cold water. *Poult Sci.* 2018.98 (1). P. 251 –259. DOI: 10.3382/ps/pey396.

⁷⁰ Loyau T., Bedrani L., Berri C., Métayer-Coustard S., Praud C., Coustham V. Cyclic variations in incubation conditions induce adaptive responses to later heat exposure in chickens: a review. *Animal.* 2015. 9. P. 76 – 85. DOI: 10.1017/S1751731114001931.

⁷¹ Marai I. F. M., Ayyat M. S., Abd El-Monem, U. M. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. *Trop Anim Health Prod.* 2001. 33 (6). P. 51 – 62. DOI: 10.1023/a:1012772311177.

⁷² Szendrő Z., Papp Z., Kustos K. Effect of ambient temperature and restricted feeding on the production of rabbit does and their kits. *Acta Agraria Kaposvariensis.*2018. 22. P. 1 – 17. DOI:10.31914/aak.2272.

⁷³ Bellavance M. A., Rivest S. The HPA – immune axis and the immunomodulatory actions of glucocorticoids in the brain. *Front Immunol.* 2014. 5 (136). P. 136. DOI: 10.3389/fimmu.2014.00136.

протеїну в лімфоїдній тканині та імунних органах, що призводить до значного зниження загальної імунної функції. Дослідженнями встановлено температурно-вологісний індекс, для кролів, де значення температури: < 27,8°C – відсутність теплового стресу, 27,8 – 28,9°C – помірний тепловий стрес, 29,0 – 30,0°C – сильний тепловий стрес, > 30,0°C – дуже сильний тепловий стрес⁷⁴.

Постійний вплив екстремальних температур на організм кролів призводить до порушення гомеостатичних механізмів, та як наслідок ураження тканини окремих органів. Висока температура довкілля призводить до зниження секреції гормонів щитоподібної залози (трийодтиронін, тироксин), впливає на синтез протеїну (загального протеїну крові, альбумінів та глобулінів), викликає порушення обміну вуглеводів, ліпідів, окисного балансу та мінеральних речовин у кролів^{75,76,77}. Зменшення споживання корму призводить до меншої кількості надходження поживних речовин, зниження маси тіла, інтенсивності росту. Встановлено, що тепловий стрес спричиняє зниження добового приросту маси тіла на 20 – 25 %, коефіцієнта конверсії корму на 8 – 15 %, збільшення загибелі кролів на 9 – 12 % та зниження відтворювальної функції на 6 – 10 %, а також негативно впливає на якість м'яса^{78,79,80}. Підвищена температура навколишнього середовища призводить до порушень антиоксидантного захисту, зменшення відкладень жиру та білка, інтенсивності росту та

⁷⁴ Marai I. F. M., Habeeb A. A. M., Gad A. E. Rabbit's productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. *Livest Prod Sci.* 2002. 78. P. 71 – 90. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00091-X.

⁷⁵ Abdel-Hamid T. M., El-Tarabany M. S. Effect of bee pollen on growth performance, carcass traits, blood parameters, and the levels of metabolic hormones in New Zealand White and Rex rabbits. *Trop Anim Health Prod.* 2019. 51 (8). P. 2421 – 2429. DOI:10.1007/s11250-019-01961-8.

⁷⁶ Harkness J. E., Turner P. V., VandeWoude S., Wheler C. L. Haematology, clinical chemistry, and urinalysis. In: *Biology and medicine of rabbits and rodents.* 2012. P. 116 – 131. DOI: 10.1016/B978-0-12-380920-9.00003-1.

⁷⁷ Kenessey A., Ojamaa K. Thyroid hormone stimulates protein synthesis in the cardiomyocyte by activating the Akt-mTOR and p70S6K pathways. *J Biol Chem.* 2006.281. P. 66 – 72. DOI:10.1074/jbc.M512671200.

⁷⁸ Marai I. F. M., Haebe A. A. M., Gad A. E. Biological functions in young pregnant rabbit does as affected by heat stress and lighting regime under subtropical conditions of Egypt. *Trop Subtrop Agroecosyst.* 2007. 7 (3). P.165 – 176.

⁷⁹ Song Z., Zhao G., Zhang Y. The effect of heat stress on rabbits and its nutrition regulation. *Feed Res.* 2006. 7. P. 19 – 22. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0084.2006.07.007.

⁸⁰ Yan Y., Li M. *Feeding Management Technology of Breeding Rabbit in Hot Climate. Qingdao Kanada Food Company Limited Kanada Group.* 2008. P. 25 – 27. Available online at: <http://hostcambodia.com/mekarn/prorab/yan.htm>.

розмноження, знижує виробництво м'яса та шерсті у кроликів^{81,82,83,84}. За високих температур навколишнього середовища у передній долі гіпофіза знижується синтез гіпоталамічно-тиреотропного гормону, що призводить до меншої секреції гормону щитоподібної залози у кролів⁸⁵.

Тепловий стрес збільшує утворення активних форм кисню (АФК) і створює окисно-відновний дисбаланс⁸⁶. Термін «оксидативний стрес» використовується для опису стану, при якому в клітинах і тканинах організму порушується баланс між синтезом і детоксикацією⁸⁷. Вільні радикали утворюються в клітинах, приймаючи або втрачаючи один електрон, що робить їх високореактивними через наявність неспарених електронів. Виробництво АФК аеробними клітинами сприяє процесу старіння та супутнім захворюванням⁸⁸.

Репродуктивна функція кролів впливає на економічну доцільність кролівництва⁸⁹. Оптимальна температура для розмноження кролів коливається від 15 до 20°C. Якщо температура навколишнього середовища перевищує цей діапазон, кролики схильні до теплового стресу та хвороб, що негативно впливає на їх репродуктивну здатність⁹⁰. Встановлено негативний вплив теплового стресу на ембріогенез.

⁸¹ Ayyat M. S., Al-Sagheer A. A., Abd El-Latif K. M. Organic selenium, probiotics, and prebiotics effects on growth, blood biochemistry, and carcass traits of growing rabbits during summer and winter seasons. *Biol Trace Elem Res.* 2018. 186 (1). P. 162 – 73. DOI: 10.1007/s12011-018-1293-2.

⁸² Jimoh O. A., Ewuola E. O., Balogun, A. S. Маркери окисного стресу в екзотичних породах кроликів під час піку теплового стресу в Ібудані. *Nig J Adv Biol Biotechn.* 2017. 12. P. 1 – 9.

⁸³ Jimoh O. A., Oyeyemi B. F., Oyeyemi W. A. Soursop juice enhanced seminal antioxidant defence and semen quality of rabbit bucks in extremely dry climatic condition of Southwestern Nigeria. *J Therm Biol.* 2021. 8. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103034.

⁸⁴ Yang L. P., Gao S. X., Bai L. Y., Zhang X. L., Sun H. T., Wang W. Z., et al. Comparative study on hair production performance of long-haired rabbits in different seasons. *China Rabbit Rais.* 2016. 5. P. 4 – 6. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6327.2016.05.001.

⁸⁵ Garcia M. L., Argente M. J. Exposure to high ambient temperatures alters embryology in rabbits. *Int J Biometeorol.* 2017. 61. P. 1555 – 1560. DOI: 10.1007/s00484-017-1334-0.

⁸⁶ Shahnawaz Kumbhar, Alam Z Khan, Fahmida Parveen, Zaheer A Nizamani, Farman A Siyal, Mohamed E Abd El-Hack, Fang Gan, Yunhuan Liu, Muhammad Hamid, Sonia A Nido, Kehe Huang. Impacts of selenium and vitamin E supplementation on mRNA of heat shock proteins, selenoproteins and antioxidants in broilers exposed to high temperature. *AMB Express.* 2018. 8. P. 112. DOI: 10.1186/s13568-018-0641-0.

⁸⁷ Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M., Pallio G., Mannino F., Arcoraci V., et al. Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxid Med Cell.* 2017. DOI: 10.1155/2017/8416763.

⁸⁸ Phaniendra A., Jestadi D. B., Periyasamy L. Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian J Clin Biochem.* 2015.30 (1). P. 11 – 26. DOI: 10.1007/s12291-014-0446-0.

⁸⁹ Omeje V. I. Effect of Dietary Supplementation of Organic Selenium at Different Levels on Reproductive Performance of Rabbit Does. *Front Vet Sci.* 2016. P. 5. DOI: 10.3389/fvets.2020.00290.

⁹⁰ Marco-Jiménez F., García-Diego F. J., Vicente J. S. Effect of gestational and lactational exposure to heat stress on performance in rabbits. *World Rabbit Sci.* 2017. 25. P. 17 – 25. DOI: 10.4995/wrs.2017.5728.

Дослідники виявили, що тепловий стрес призводить до зниження швидкості овуляції та розвитку ембріона у кролематок. Висока температура доквілля значно знижує секрецію естрогену та спричиняє нерегулярну половоюліцію, що може викликати аномальну морфологію яйцеклітин. Наприклад, скорочення цитоплазми та розрив прозорої мембрани, що робить яйцеклітини нездатними до запліднення та впливає на відтворну здатність кролиць. Вплив теплового стресу на кролів знижує гомеостаз і якість сперми, що призводить до тимчасової неплідності⁹¹⁻⁹². Об'єм еякуляту в молодих кроликів зменшується на 80 %, життєздатність сперми знижується на 75 %, а кількість сперматозоїдів на 1 мл сперми зменшується на 92 %. Під час теплового стресу на 51-денний цикл сперми і 8 – 13 днів зберігання сперми в придатку сім'яника⁹³. Безплідність кролів під час теплового стресу триває від 45 до 70 днів, що є однією з причин ускладнень відтворення самців восени⁹⁴. Тепловий стрес впливає на якість сперми через накопичення вільних радикалів у статевих залозах самців кроликів, що призводить до пошкодження антиоксидантної системи захисту організму⁹⁵. При тепловому стресі порушується процес сперматогенезу та репродуктивної здатності кролів. Цілісність ДНК руйнується, що індукуює зміни конформації хроматину сперми та метилювання ДНК⁹⁶.

4. Особливості впливу наносполук мінеральних речовин на організм кролів за дії теплового стресу

Економіка багатьох країн залежить від сільського господарства, а методи нанотехнології важливі для майбутнього тваринництва та корекції

⁹¹ Durairajanayagam D., Agarwal A., Ong C. Causes, effects and molecular mechanisms of testicular heat stress. *Reprod Biomed Online*. 2015. 30 (1). P. 14 – 27. DOI: 10.1016/j.rbmo.2014.09.018.

⁹² El-Desoky N. I., Hashem N. M., Elkomy A., Abo-elezz Z. R. Physiological response and semen quality of rabbit bucks supplemented with Moringa leaves ethanolic extract during summer season. *Animal* 2017. 11. P. 1549 – 1557. DOI: 10.1017/S1751731117000088.

⁹³ El-Desoky N. I., Hashem N. M., Elkomy A., Abo-elezz Z. R. Physiological response and semen quality of rabbit bucks supplemented with Moringa leaves ethanolic extract during summer season. *Animal* 2017. 11. P. 1549 – 1557. DOI: 10.1017/S1751731117000088.

⁹⁴ Jie Z., Chao Y., Min L., Li T., Zhang X. Y., Xie, X. H. The effect of heat stress on the reproductive performance of rabbits and the research progress of related heat shock proteins. *Rabbit Rais China*. 2020. 235. P. 19 – 22. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6327.2020.01.005.

⁹⁵ Kuang L. D. Li. C. Y., Guo Z. Q., Ren Y. J., Zheng J., Mei X. L., et al. Effects of heat stress on reproductive performance, serum biochemical indexes and reproductive hormones in female rabbit of Qixing. *Southwest China J Agric Sci*. 2021. 34. 1323 – 1329. DOI:10.16213/j.cnki.scjas.2021.6.027.

⁹⁶ Zheng J., Xie X. H., Lei M., Tang L., Zhang X. Y., Yang C. Research progress on the effect of heat stress on the semen quality of male rabbits and its mechanism. *China Rabbit Rais*. 2018. 6. P. 24 DOI: 10.3969/j.issn.1005-6327.2018.06.008.

мінерального живлення⁹⁷. Застосування високих доз мінеральних кормових добавок у вигляді неорганічних солей підвищує продуктивність тварин, але водночас через їх низьку біодоступність може забруднювати довкілля⁹⁸. Наночастинки елементів можуть збільшити біодоступність мінеральних речовин для тварин⁹⁹, завдяки нанорозміру, великій площі поверхні та фізичній реактивності^{100,101}. Кормові добавки мікроелементів у формі наночастинок використовують для покращення продуктивних та відтворних показників сільськогосподарських тварин¹⁰².

Дослідженнями встановлено, що використання наночастинок оксиду цинку може пом'якшити несприятливий вплив теплового стресу на здоров'я тварин завдяки захисту клітин від АФК шляхом зниження рівня вільних радикалів та інгібування перекисного окиснення ліпідів. Цинк діє як антиоксидантний стресовий агент, пригнічуючи окиснення макромолекул ДНК і протеїну, а також пригнічуючи негативну реакцію, що призводить до зниження утворення активних форм кисню¹⁰³. Застосування наночастинок оксиду цинку покращило характеристику сперми (об'єм сперми, рухливість сперми, життєздатність та морфологія) та концентрацію тестостерону. Наночастинки оксиду цинку можуть стимулювати клітини Лейдіга для синтезу тестостерону. Потреба в Цинку для кролів становить 30 – 170 мг/кг сухої речовини¹⁰⁴. Наночастинки оксиду цинку можуть забезпечити кращий результат, ніж

⁹⁷ Sri Sindhura K., Selvam P. P., Prasad T. N. V. K. V., Hussain O. M. Synthesis, characterization and evaluation of effect of phyto-genic zinc nanoparticles on soil exo-enzymes. *Appl Nanosci.* 2014. 4 (7). P. 819 – 827. DOI: 10.1007/s13204-013-0263-4.

⁹⁸ Izabela Michalak, Katarzyna Dziergowska, Mahmoud Alagawany, Mayada, R., Farag, Nahed, A., El-Shall, Hardeep Singh Tuli, Talha Bin Emran Kuldeep Dhama. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production of livestock animals and poultry. *Veterinary Quarterly.* 2022. 42 (1). P. 68 – 94. DOI: 10.1080/01652176.2022.2073399.

⁹⁹ Hidayat C., Sumiati S., Jayanegara A., Wina E. Supplementation of dietary nano Zn-phyto-genic on performance, antioxidant activity, and population of intestinal pathogenic bacteria in broiler chicken. *Trop Anim Sci J.* 2021.44 (1). P. 90 – 99. DOI: 10.5398/tasj.2021.44.1.90.

¹⁰⁰ Ouyang Z., Ren P., Zheng D., Huang L., Wei T., Yang C., Kong X., Yin Y., He S., He Q. Hydrothermal synthesis of a new porous zinc oxide and its antimicrobial evaluation in weanling piglets. *Livestock Sci.* 2021. 248. P. 104. DOI:10.1016/j.livsci.2021.104499.

¹⁰¹ Scott A., Vadalasetty K. P., Chwalibog A., Sawosz E. Copper nanoparticles as an alternative feed additive in poultry diet: a review. *Nanotechnol Rev.* 2017. 7(1). P. 69 – 93. DOI:10.1515/ntrev-2017-0159.

¹⁰² Tsai Y. H., Mao S. Y., Li M. Z., Huang J. T., Lien T. F. Effects of nanosize zinc oxide on zinc retention, eggshell quality, immune response and serum parameters of aged laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2016. 213.P. 99 – 107. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2016.01.009.

¹⁰³ Prasad A. S., Bao B. Review, Molecular Mechanisms of Zinc as a Pro-Antioxidant Mediator: Clinical Therapeutic Implications. *Antioxidants.* 2019. 8. P. 164. DOI: 10.3390/antiox8060164.

¹⁰⁴ Chrastinová E., Čobanová K., Chrenková M., Poláčiková M., Formelová Z., Lauková, A., Ondruška, L., Simonová, P.M., Stropňová, V., Mlyneková, Z., et al. Effect of dietary zinc supplementation on nutrients digestibility and fermentation characteristics of caecal content in physiological experiment with young rabbits. *Slovak J. Anim. Sci.* 2016. 49. P. 23 – 31.

звичайні джерела Zn, а також запобігати забрудненню навколишнього середовища^{105,106}.

Додавання біосинтезованого наноселену до корму підвищило масу тіла та середньодобовий приріст кролів в умовах теплового стресу і відіграло важливе значення для антиоксидантної та імунної функції організму кролів. Додавання біосинтезованого наноселену у кількості 25 та 50 мкг/кг маси корму підвищувало масу тіла та середньодобовий приріст кролів в умовах теплового стресу¹⁰⁷. Селен є важливим для функції імунної системи, особливо під час несприятливих стресових чинників навколишнього середовища. Бере участь у багатьох ключових фізіологічних процесах, таких як розмноження, імунітет і ріст та є важливим елементом для тварин¹⁰⁸. Селен виконує свої біологічні функції головним чином через селенопротеїни¹⁰⁹. Він є невід’ємним компонентом щонайменше 25 селенопротеїнів і виступає в якості важливого кофактора в системі антиоксидантних ензимів. Споживання Se впливає на антиоксидантний захист, репродуктивну функцію, гормональний метаболізм та імунну систему тварини^{110,111,112}.

¹⁰⁵ Swain P. S., Somu B. N. Rao., Duraisamy Rajendran, George Dominic, Sellappan Selvaraju. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. *Animal Nutrition*. 2016. P. 134 – 141. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.06.003.

¹⁰⁶ Swain P. S., Rajendran D., Rao S.B.N., Dominic G. Preparation and effects of nano mineral particle feeding in livestock: a review. *Vet World*. 2015. 8 (7). P. 888 – 891. DOI: 10.14202/vetworld.2015.888-891.

¹⁰⁷ Sheiha A. M., Abdelnour S. A., Abd El-Hack M. E., Khafaga A. F., Metwally K. A., El-Saadony M. T. Effects of dietary biological or chemicalsynthesized nano-selenium supplementation on growing rabbits exposed to thermal stress. *Animals*. 2020.10 (3). P. 43. DOI:10.3390/ani10030430.

¹⁰⁸ Qazi I.H., Angel C., Yang H., Zoidis E., Pan B., Wu Z., et al. Role of selenium and selenoproteins in male reproductive function: a review of past and present evidences. *Antioxidants*. 2019. 8. P. 268 – 304. DOI: 10.3390/antiox8080268.

¹⁰⁹Jang I. S, Ko Y. H, Moon Y. S, Sohn S. H. Effects of vitamin C or E on the pro-inflammatory cytokines, heat shock protein 70 and antioxidant status in broiler chicks under summer conditions. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2014. 27 (5). P. 749 – 756. DOI: 10.5713/ajas.2013.13852.

¹¹⁰ Cardoso B. R., Roberts B. R., Bush A. I., Hare D. J. Selenium, selenoproteins and neurodegenerative diseases. *Metallomics* 2015. 7 (8). P. 1213 – 1228. DOI: 10.1039/c5mt00075k.

¹¹¹ Li M., Zhang Y., Li S. Effects of selenium deficiency on testis development and autophagy in chicks. *Ital. J. Anim. Sci.* 2020. 19 (1). P. 753 – 761. DOI:10.1080/1828051X.2020.1786739.

¹¹² Zoidis E., Seremelis I., Kontopoulos N., Danezis G. P. Selenium-dependent antioxidant enzymes: Actions and properties of selenoproteins. A review. *Antioxidants*. 2018 7 (5). P. 66. DOI: 10.3390/antiox7050066.

Молочнокислий цитрат германію гальмує перекисне окиснення ліпідів та посилює імунну функцію як «імуностимулятор»^{113,114,115}. Випоювання у раціоні кролів хрому цитрату підвищує гемопоетичну функцію та зменшує вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів. Хром запобігає перекисному окисненню ліпідів, спричиненого тепловим стресом, завдяки активному антиоксидантному впливу^{116,117}. Він покращує дію інсуліну та метаболізм поживних речовин (ліпідів, протеїнів, нуклеїнових кислот і вуглеводів) шляхом активації ензимів.

Встановлено, що додавання наночастинок Купруму з розрахунку 50 мг/кг раціону підвищило масу тіла кролів на 4,6 % у порівнянні з групою без добавок. Наночастинок Купруму, додані до раціону кролів, покращують коефіцієнт конверсії корму, індекс продуктивності, збільшують активність супероксиддисмутази, покращують різноманітність кишкової мікрофлори¹¹⁸. Встановлено що кролі, яких годували раціоном з додатковим уведенням нанокупруму, підвищило економічну ефективність виробництва м'яса порівняно з іншими тваринами, яких годували раціоном, що містив солі Купруму¹¹⁹.

Встановлено, що застосування наночастинок срібла у раціоні кролів у кількості 0,5 мг/кг маси тіла знижує загальний рівень холестеролу і триацилгліцеролів¹²⁰. Випоювання сульфур цитрату в кількості 8 мкг S/кг маси тіла, для кролиць за 14 днів до осіменіння та до 20 днів

¹¹³ Abdulrashid M., Juniper D. T. Effect of dietary protein, selenium and temperature humidity index on reproductive traits of male rabbits in a tropical environment. *J Ani Prod Res.* 2016. 28. P. 61 – 75.

¹¹⁴ Li L. J., Ruan T., Lyu Y. and Wu B. Y. Advances in Effect of Germanium or Germanium Compounds on Animals—A Review. *Journal of Biosciences and Medicines.* 2017. 5. P. 56 – 73. DOI: 10.4236/jbm.2017.57006.

¹¹⁵ Zheng H. P. Physiological Function of Organic Germanium and Its Application in Food. *Studies of Trace Elements and Health.* 2011. 28. P. 65 – 67.

¹¹⁶ Лесик Я. В., Федорук Р. С., Кропивка С. Й. Гематологічні показники та антиоксидантний статус організму кролів за випоювання цитрату і хлориду хрому. *Біологія тварин.* 2013. 15 (3). С. 54 – 62

¹¹⁷ May Bin-Jumah. M. E., Abd El-Hack, Abdelnour S. A., et al., Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review, *Science of the Total Environment* 2019. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.135996.

¹¹⁸ Refaie Amira M., Mervat N Ghazal., Fadila M Easa., Safaa A Barakat, Morsy W.A., Younan G. E, Eisa W.H. Nano-copper as a new growth promoter in the diet of growing New Zealand White rabbits. *Egyptian Journal of Rabbit Science.* 2015. 25 (1). P. 39 – 57. DOI:10.21608/ejrs.2015.46697.

¹¹⁹ Abd-El Ghany Fatma T. F., Zawrah M. F. and Mohamed M. Y. Influence of some trace minerals in form of normal and nano particles as feed supplementation on growing rabbit diets. *Egypt. J. Nutr. and Feeds.* 2016. 19 (3). P. 497 – 509.

¹²⁰ Abdelsalam M., Al-Homidan I., Ebeid T., Abou-Emera O., Mostafa M., Abd El-Razik, M., Shehab-El-Deen M., Abdel Ghani S., Fathi M. Effect of silver nanoparticle administration on productive performance, blood parameters, antioxidative status, and silver residues in growing rabbits under hot climate. *Animals.* 2019. 9 (10). P. 845. DOI:10.3390/ani9100845.

лактації показали більшу масу гнізда та одного кроленяти на 20 та 40 день від народження та вищі показники збереження на 6,4 % на 40 день життя^{121,122}.

Отже, аналізом джерел літератури відзначено, що фізіологічно-обґрунтована кількість органічних та неорганічних сполук мінеральних речовин в організмі кролів є необхідною для забезпечення здоров'я та нормального росту й розвитку їхнього організму за умов промислового ведення та дії теплового стресу.

ВИСНОВКИ

Мінеральні речовини є необхідними у забезпеченні повноцінного функціонування організму кролів, оскільки є компонентами багатьох фізіологічних процесів. Недостатнє або надлишкове споживання мікро-і макроелементів є причиною різних захворювань тварин. Фізіологічно обґрунтована кількість мінеральних речовин в організмі необхідна для формування скелету, регулювання метаболізму, функціонування нервової системи, м'язів та інших органів кролів у постнатальний період розвитку.

Дослідженнями встановлено негативний вплив теплового стресу на фізіологічні процеси в організмі кролів, що в свою чергу спричиняє економічні збитки та низькорентабельне їх утримання. Наночастинки мікроелементів знижують рівень окисного стресу в організмі та відтворюють здатність кролів. Застосування наночастинок мінеральних речовин для корекції мінерального живлення кролів, сприяє нормалізації фізіологічних функцій їхнього організму за дії теплового стресу.

Отже, аналізом літературних джерел щодо біологічних особливостей розвитку системи травлення кролів, впливу й потреби мінеральних речовин для організму кролів за умов інтенсивного росту й розвитку та у період дії теплового стресу показано необхідність застосування фізіологічно обґрунтованих їх кількостей.

АНОТАЦІЯ

У статті наведено дані щодо біологічних особливостей та значення мінеральних речовин для організму й живлення кролів. Охарактеризовано анатоμο-фізіологічні особливості травної системи кролів. Проведено аналіз літературних джерел з вивчення проблеми теплового стресу в промисловому кролівництві. З'ясовано особливості дії теплового стресу на фізіологічні параметри організму тварин.

¹²¹ Дичок А. З., Лесик Я. В., Цап М. М. Резистентність організму кролів за дії сполук сульфору. *Біологія тварин*. 2018. 20 (3). С. 16 – 24.

¹²² Lesyk Ya., Dychock-Nidzelska A., Boiko O., Bachenko M., Honchar O. Reproductive Ability of Doe-Rabbits and Growth and Preservation of the Offspring by Feeding Sulfur Compounds. *Scientific Horizons*. 2021. 24 (8). P. 9 – 14. DOI: 10.48077/scihor.

Описано особливості дії різних кількостей та наносполук мінеральних речовин на організм кролів. Висвітлено перспективу застосування наносполук мінеральних елементів у промисловому кролівництві.

Література

1. Chipo M. M., Mango L., Kugedera A. T., Lovemore M. Challenges and opportunities to rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) production and marketing. *Int J Agric Agribus.* 2019. 5. P. 37 – 44.
2. Corino C., Modina S., Di Giancamillo A., Chiapparini S., Rossi, R. Seaweeds in pig nutrition. *Animals.* 2019. 9 (12). P. 11 – 26. DOI: 10.3390/ani9121126.
3. Haque A., Rahman M., Bora J. Effect of breed, weaning age and feeding regime on chemical composition of rabbit meat. *Int J Vet Sci Anim Husb.* 2016. 1 (1). P. 12 – 13.
4. Lesyk Y. V., Dychok-Niedzielska A. Z., Boiko O. V., Honchar O. F., Bashchenko M. I., Kovalchuk I. I., Gutyj, B. V. Hematological and biochemical parameters and resistance of the organism rabbits for feeding sulfur compounds. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.* 2022. 13 (1). P. 60 – 66.
5. Lesyk Ya., Dychok A. Prospects of using sulfur in the rabbits feeding. 13 Human health: realities and prospects. Health and nutrition. Monographic series, 3; edited by Nadiya Skotna, Drohobych: Posvit. 2018. P. 130 – 142.
6. Башченко М. І., Бойко О. В., Гончар О. Ф. Концепції розвитку кролівництва в Україні у повоєнний період. Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН. 2022. С. 4, 8.
7. Abd El-Hack M. E., Mahrose K. M., Arif M., Chaudhry M. T., Saadeldin I. M., Saeed M., Soomro R. N., Abbasi I. H. R., Rehman Z. U. Alleviating the environmental heat burden on laying hens by feeding on diet s enriched with certain antioxidants (vitamin E and selenium) individually or combined. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2017. 24. P. 10708 – 10717. DOI: 10.1007/s11356-017-8690-5.
8. Cullere M., Zotte A. D., Tasoniero G., Giaccone V., Szendrő, Z., Szin M., Odermatt D., Gerencser Z., Dal Bosco A., Matics Z. Effect of diet and packaging system on the microbial status, pH, color and sensory traits of rabbit meat evaluated during chilled storage. *Meat Sci.* 2018. 141. P. 36 – 43. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.03.014.
9. Dalle Zotte A. Rabbit farming for meat purposes. *Anim Front.* 2014. 4. P. 62 – 67.
10. El-Medany S. A., El-Refaei W. H. M. Evaluation canola meal on growing rabbits; nutritionally and on their nutritional meat quality. *J Food Nut Res.* 2015.3 (4). P. 220 – 234. DOI: 10.12691/jfnr-3-4-

11. Pogány Simonová, M., Chrastinová L., Lauková A. Enterocin 7420 and Sage in Rabbit Diet and Their Effect on Meat Mineral Content and Physico-Chemical Properties. *Microorganisms*. 2022. 10(6). P. 10. DOI: 10.3390/microorganisms10061094.
12. Tufarelli V., Tateo A., Schiavitto M., Mazzei D., Calzaretti G., Laudadio V. Evaluating productive performance, meat quality and oxidation products of Italian White breed rabbits under free-range and cage rearing system. *Anim. Biosci*. 2022. 35. P. 884 – 889. DOI: 10.5713/ab.21.0327.
13. Alves dos Santos J. J., Fonseca Pascoal L. A., Brandão Grisi C. V., da Costa Santos V., de Santana Neto D. C., Filho, J. J., Ferreira Herminio M. P., Fabricio Dantas, A. Soybean oil and selenium yeast levels in the diet of rabbits on performance, fatty acid profile, enzyme activity and oxidative stability of meat. *Livest. Sci*. 2022. P. 263. DOI: 10.1016/j.livsci.2022.105021.
14. Luo G., Zhu T., Ren Z. METTL3 Regulated the Meat Quality of Rex Rabbits by Controlling PCK2 Expression via a YTHDF2–N6–Methyladenosine Axis. *Foods*. 2022. (11). P. 1549. DOI: 10.3390/foods11111549.
15. Pedro D., Saldana E., Lorenzo J. M., Pateiro M., Dominguez R., Dos Santos, A. B., Campagnol C. B. P. Low-sodium dry-cured rabbit leg: A novel meat product with healthier properties. *Meat Sci*. 2021. 173. P. 108 – 372. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108372.
16. Shahida Anusha Siddiqui, Francesca Gerini, Ali Ikram, Farhan Saeed, Xi Feng, Yanping Chen. *Sustainability*. 2023. 15 (3). DOI:10.3390/su15032008.
17. Szabó-Szentgróti E., Szigeti O. Consumers. Attitude to Consumption of Rabbit Meat in Eight Countries Depending on the Production Method and Its Purchase Form. *Foods*. 2020. 9 (5). P. 654. DOI:10.3390/foods9050654.
18. Hernández P. Carne de conejo, ideal para dietasbajas en ácidoúrico. Revista Científica de Nutrición. N° 8 Septiembre. *Boletín de cunicultura*. 2007. 154. P. 33 – 36.
19. Hernández P., Dalle Zotte A. Influence of diet on rabbit meat quality. In: de Blas C, Wiseman J (eds) The nutrition of the rabbit. *CABI-Publishing, Oxon*. 2010. P. 163 – 178.
20. Carlos de Blas, Wiseman J. Nutrition of the Rabbit. 3rd Edition. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. 2020. P. 370.
21. Luciano Pinotti, Michele Manoni, Luca Ferrari, Marco Tretola, Roberta Cazzola, Ian Givens The Contribution of Dietary Magnesium in Farm Animals and Human Nutrition. *Nutrients*. 2021. 13 (2). P. 509. DOI: 10.3390/nu13020509.

22. Лесик Я. В., Федорук Р. П., Кирилів Я. І., Дубинка І. А. Технологія виробництва продукції кролівництва: науково – практичний посібник. Львів. 2013. С. 54.

23. Mattioli S., Dal Bosco A., Duarte J. M. M., D'Amato R., Castellini C., Beone G. M., Fontanella M. C., Beghelli D., Regni L., Businelli D., et al. Use of Selenium-enriched olive leaves in the feed of growing rabbits: Effect on oxidative status, mineral profile and Selenium speciation of Longissimus dorsi meat. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2019. 51. P. 98 – 105. DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.10.004.

24. Башченко М. І., Гончар О. Ф., Шевченко Є. А. Кролівництво: Монографія. Черкаси. Черкаський інститут АПВ. 2011. С. 35, 37, 82, 83.

25. Федак Н. М. Мінеральні речовини в годівлі сільськогосподарських тварин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2012. Вип. 54. С. 128 – 135.

26. Simonová M. P., Chrastinová L., Chrenková M., Formelová Z., Kandřáková A., Bino E., Lauková A. Benefits of enterocin M and sage combination on the physico-chemical traits, fatty acid, amino acid, and mineral content of rabbit meat. *Probiotics Antimicro.* 2020. 12. P 1235 – 1245. DOI: 10.1007/s12602-019-09627-5.

27. Wang Y., Jiang M., Zhang Z., Sun H. Effects of over-load iron on nutrient digestibility, haemato-biochemistry, rumen fermentation and bacterial communities in sheep. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2020. 104. P. 32 – 43. DOI:10.1111/jpn.132255.

28. Wessling-Resnick M. Iron. Basic nutritional aspects. In *Molecular, Genetic, and Nutritional Aspects of Major and Trace Minerals*. 2017. P. 161 – 173. DOI: 10.1016/B978-0-12-802168-2.00014-2.

29. Mohammad Asadi, Abdolhakim Toghdory, Maryam Hatami, Jalil Ghassemi Nejad. Milk Supplemented with Organic Iron Improves Performance, Blood Hematology, Iron Metabolism Parameters, Biochemical and Immunological Parameters in Suckling Dalagh Lambs. *Animals*. 2022. 12 (4). P. 510. DOI: 10.3390/ani12040510.

30. Деркач Є. А., Шепельова І. А., Моторнюк А. В., Мельникова Н. М. Вплив наноаквахелатів і макродисперсної форми купруму на концентрацію церулоплазміну в крові кролів. *Біологія тварин*. 2012. 14 (1 – 2). С. 80 – 84.

31. Manto M. Abnormal copper homeostasis: mechanisms and roles in neurodegeneration. *Toxics*. 2014. 2 (2). P. 327 – 345. DOI: 10.3390/toxics2020327.

32. Chasapis C. T., Ntoupa P. A., Spiliopoulou C. A., Stefanidou, M. E. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Arch. Toxicol.* 2020. 94. P. 1443 – 1460. DOI: 10.1007/s00204-020-02702-9.

33. Mateos G. G., Garia-Rebollar P. de Blas C. Minerals, vitamins and additives. In *Nutrition of the Rabbits*, 3rd ed. 2020. P. 126 – 133. DOI:10.3390/ani11030756.
34. Zhao C. Y., Tan S. X., Xiao X. Y., Qiu X. S., Pan J. Q., Tang Z. X. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biol Trace Elem Res*. 2014.160. P. 1 – 7. DOI:10.1007/s12011-014-0052-2.
35. May Bin-Jumah, Mohamed E Abd El-Hack, Sameh A Abdelnour, Yasmeen A Hendy et. al Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Sci Total Environ*. 2020. 707. P. 135996 – 135996. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135996.
36. Mahmood Y. Bilal1, Svetlana Dambaeva, Joanne Kwak-Kim, Alice Gilman-Sachs, Kenneth D Beaman. A Role for Iodide and Thyroglobulin in Modulating the Function of Human Immune Cells. 2017. 8. DOI: 10.3389/fimmu.2017.01573.
37. Rashmi Mullur, Yan-Yun Liu, Gregory A. Brent. Thyroid Hormone Regulation of Metabolism. *Physiol Rev*. 2014. 94 (2). P. 355 – 382. DOI:10.1152/physrev.00030.2013.
38. Zimmermann M. B. Iodine deficiency. *Endocr. Rev*. 2009. 30. P. 376 – 408. DOI:10.1210/er.2009-0011.
39. El-Kholy M. S., El-Hindawy M. M., Alagawany M., Abd El-Hack M. E, El-Sayed S.A. Use of acetylsalicylic acid as an allostatic modulator in the diets of growing Japanese quails exposed to heat stress. *J Therm Biol*. 2018.74. P. 6 – 13. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.02.011.
40. El-Kholy M. S., El-Hindawy M. M., Alagawany M., Abd El-Hack M. E, El-Sayed S.A. Use of acetylsalicylic acid as an allostatic modulator in the diets of growing Japanese quails exposed to heat stress. *J Therm Biol*. 2018.74. P. 6 – 13. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.02.011.
41. Vincent J. B. Is the pharmacological mode of action of chromium (III) as a second messenger. *Biol Trace Elem Res*. 2015. 166. P. 7 – 12. DOI: 10.1007/s12011-015-0231-9.
42. Huang C. B., Tang L., Guo Z. Q., Yan J. Y., Xie X. H., Lei, M. Effects of organic chromium on the production performance and immune function of heat-stressed rabbits. *Chin J Anim Husb*. 2017. 53. P. 93. DOI: 10.19556/j.0258-7033.2017-03-093.
43. Garreau H., Theau-Clement M. Anatomie, taxonomie, origine, évolution et domestication. in:Le lapin : de la biologie à l'élevage. *Quae Edition*. 2015. P. 1437. ISBN 978-2-84444-347-2.
44. Lebas F. Alimentation et santé digestive chez le lapin. Une journée de Formation organisée par l'ASFC et l'AFTAA. *Cuniculture*. 2006. 33. P. 63 – 70.

45. Suckow M., Stevens K., Wilson R. P. The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents. *Academic Press, Amsterdam*. 2012. P. 157. ISBN 978-0-12-380920-9.1.
46. Gidenne T. Recent Advances in Rabbit Nutrition : Emphasis on Fibre Requirements. A Review. *World rabbit Sci*. 2000. 8. P. 23 – 32. DOI: 10.4995/wrs.2000.414.
47. Gidenne T. Physiologie. in: Le lapin : de la biologie à l'. *Quaepubl*. 2015. P. 33 – 76.
48. Gutiérrez I., A. Espinosa Garcia R. Carabano J. C. De Blas. Effects of starch and protein sources, heat processing and exogenous enzymes in starter diets for early-weaned rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol*. 2002. 98 (3). P. 175 – 186. DOI: 10.1016/S0377-8401(02)00028-7.
49. Jesse P., Goff. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid–base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *J. Dairy Sci*. 2018. 101. P. 2763 – 2813. DOI: org/10.3168/jds.2017-13112.
50. Belenguer Á., Balcells J., Guada J. A., Decoux M., Milne, E. Protein Recycling in Growing Rabbits: Contribution of Microbial Lysine to Amino Acid Metabolism. *Br. J. Nutr*. 2005. 94 (5). P. 763 – 770. DOI: 10.1079/bjn20051508.
51. Liu Q.-S., Li J.-Y., Wang D.-H. Ultradian Rhythms and the Nutritional Importance of Caecotrophy in Captive Brandt's Voles (*Lasiopodomys Brandtii*). *J. Comp. Physiol. B*. 2007. 177. P. 423 – 432. DOI: 10.1007/s00360-006-0141-4.
52. Abecia L., Balcells J., Fondevila M., Belenguer A., Holtrop G., Lobley G. E. Contribution of Gut Microbial Lysine to Liver and Milk Amino Acids in Lactating Does. *Br. J. Nutr*. 2008. 100. P. 977 – 983. DOI: 10.1017/S0007114508957986.
53. García A. I., De Bias J. C., Carabaño R. Effect of Type of Diet (Casein-based or Protein-free) and Caecotrophy on Ileal Endogenous Nitrogen and Amino Acid Flow in Rabbits. *Anim. Sci*. 2004. 79 (2). P. 231 – 240. DOI:10.1017/S1357729800090093.
54. Klaasen H. L. B. M., Koopman J. P., Scholten P. M., Van Den Brink M. E., Theeuwes A. G. M. Effect of Preventing Coprophagy on Colonisation by Segmented Filamentous Bacteria in the Small Bowel of Mice. *Microb. Ecol. Health Dis*. 2009. 3. P. 99 – 103. DOI: 10.3109/08910609009140123.
55. Kobayashi A., Tsuchida S., Ueda A., Yamada T., Murata K., Nakamura H., et al. Role of Coprophagy in the Cecal Microbiome Development of an Herbivorous Bird Japanese Rock Ptarmigan. *J. Veterinary Med. Sci*. 2019. 81.P. 1389 – 1399. DOI: 10.1292/jvms.19-0014.
56. Li R., Li X., Huang T., Wang Y., Xue M., Sun S., et al. Influence of Cecotrophy on Fat Metabolism Mediated by Caecal Microorganisms in New

Zealand White Rabbits. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2020. 104. P. 749 – 757. DOI: 10.1111/jpn.13309.

57. Tremaroli V., Bäckhed F. Functional Interactions between the Gut Microbiota and Host Metabolism. *Nature*. 2012. 489. P. 242 – 249. DOI: 10.1038/nature11552.

58. Ziętak M., Kovatcheva-Datchary P., Markiewicz L. H., Ståhlman M., Kozak L. P., Bäckhed F. Altered Microbiota Contributes to Reduced Diet-Induced Obesity upon Cold Exposure. *Cell Metab.* 2016. 23. P. 1216 – 1223. DOI: 10.1016/j.cmet.2016.05.001.

59. El-Badawi A. Y., El-Wardany I., Abd El-Moez S. I., et al. Impact of dietary *Moringa oleifera* leaves on intestinal pathogenic load and histological structure of growing rabbits raised under heat-stress conditions. *Anim Prod Sci.* 2017. 58 (10). P. 1901 – 1907. DOI: 10.1071/AN16540.

60. El-Badawi A. Y., El-Wardany I., Abd El-Moez S. I., et al. Impact of dietary *Moringa oleifera* leaves on intestinal pathogenic load and histological structure of growing rabbits raised under heat-stress conditions. *Anim Prod Sci.* 2017. 58 (10). P. 1901 – 1907. DOI: 10.1071/AN16540.

61. Oladimeji A.M., Johnson T.G., Metwally K., Farghly M., Mahrose K.M. Environmental heat stress in rabbits: implications and ameliorations. *Int J Biometeorol.* 2022. 66 (1). P. 1 – 11. DOI: 10.1007/s00484-021-02191-0.

62. Zi-Long Liang, Fan Chen, Sungkwon Park, Balamuralikrishnan Balasubramanian, Wen-Chao Liu. Impacts of Heat Stress on Rabbit Immune Function, Endocrine, Blood Biochemical Changes, Antioxidant Capacity and Production Performance, and the Potential Mitigation Strategies of Nutritional Intervention. *Front Vet Sci.* 2022. 9. DOI: 10.3389/fvets.2022.906084.

63. Wang F., Zhang J. Heat stress response to national-committed emission reductions under the Paris agreement. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health.* 2019. 16 (12). P. 2202. DOI:10.3390/ijerph16122202.

64. El – Kholy M. S., El – Hindawy M. M., Alagawany M., Abd El – Hack M. E., El – Sayed S. A. Use of acetylsalicylic acid as an allostatic modulator in the diets of growing Japanese quails exposed to heat stress. *J Therm Biol.* 2018. 74. P. 6 –13. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.02.011.

65. Kang S., Da-Hye Kim., Lee S., Lee T., Kyung-Woo L., Hong-Hee C., Moon B., Ayasan T., Choi Y. H. An acute, rather than progressive, increase in temperature-humidity index has severe effects on mortality in laying hens. *Front. Vet. Sci.* 2020.7. DOI: 10.3389/fvets.2020.568093.

66. Saracila M., Panaite T., Tabuc C., Soica C., Untea A., Ayasan T., Criste R. D. Dietary ascorbic acid and chromium supplementation for broilers reared under thermoneutral conditions vs. high heat stress. *Sci Paper-Anim Sci Series: Lucrări Științifice – Seria Zootehnie.* 2023. 73. P. 41 – 47 DOI: 10.3390/agriculture13030698.

67. Alagawany M., Farag M. R., Abd El-Hack M. E., Patra A. Heat stress: effects on productive and reproductive performance of quail. *World's Poult Sci J.* 2017. 73(4). P. 747 – 756. DOI: 10.1017/S0043933917000782.

68. El-Kholy M. S., El-Hindawy M. M., Alagawany M., Abd El-Hack M. E., El El-Sayed S. A. A. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing Japanese quail. *Biol Trace Element Res.* 2017.179 (1). P .148 – 157. DOI: 10.1007/s12011-017-0936-z.

69. Farghly M. F., Abd El-Hack M. E., Alagawany M., Saadeldin I. M., Swelum A. A. Ameliorating deleterious effects of heat stress on growing Muscovy ducklings using feed withdrawal and cold water. *Poult Sci.* 2018.98 (1). P. 251 –259. DOI: 10.3382/ps/pey396.

70. Loyau T., Bedrani L., Berri C., Métayer-Coustard S., Praud C., Coustham V. Cyclic variations in incubation conditions induce adaptive responses to later heat exposure in chickens: a review. *Animal.* 2015. 9. P. 76 – 85. DOI: 10.1017/S1751731114001931.

71. Marai I. F. M., Ayyat M. S., Abd El-Monem, U. M. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. *Trop Anim Health Prod.* 2001. 33 (6). P. 51 – 62. DOI: 10.1023/a:1012772311177.

72. Szendrő Z., Papp Z., Kustos K. Effect of ambient temperature and restricted feeding on the production of rabbit does and their kits. *Acta Agraria Kaposvariensis.*2018. 22. P. 1 – 17. DOI:10.31914/aak.2272.

73. Bellavance M. A., Rivest S. The HPA – immune axis and the immunomodulatory actions of glucocorticoids in the brain. *Front Immunol.* 2014. 5 (136). P. 136. DOI: 10.3389/fimmu.2014.00136.

74. Marai I. F. M., Habeeb A. A. M., Gad A. E. Rabbit's productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. *Livest Prod Sci.* 2002. 78. P. 71 – 90. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00091-X.

75. Abdel-Hamid T. M., El-Tarabany M. S. Effect of bee pollen on growth performance, carcass traits, blood parameters, and the levels of metabolic hormones in New Zealand White and Rex rabbits. *Trop Anim Health Prod.* 2019. 51 (8). P. 2421 – 2429. DOI:10.1007/s11250-019-01961-8.

76. Harkness J. E., Turner P. V., VandeWoude S., Wheler C. L. Haematology, clinical chemistry, and urinalysis. In: *Biology and medicine of rabbits and rodents.* 2012. P. 116 – 131. DOI: 10.1016/B978-0-12-380920-9.00003-1.

77. Kenessey A., Ojamaa K. Thyroid hormone stimulates protein synthesis in the cardiomyocyte by activating the Akt-mTOR and p70S6K pathways. *J Biol Chem.* 2006.281. P. 66 – 72. DOI:10.1074/jbc.M512671200.
78. Marai I. F. M., Haebe A. A. M., Gad A. E. Biological functions in young pregnant rabbit does as affected by heat stress and lighting regime under subtropical conditions of Egypt. *Trop Subtrop Agroecosyst.* 2007. 7 (3). P. 165 – 176.
79. Song Z., Zhao G., Zhang Y. The effect of heat stress on rabbits and its nutrition regulation. *Feed Res.* 2006. 7. P. 19 – 22. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0084.2006.07.007.
80. Yan Y., Li M. *Feeding Management Technology of Breeding Rabbit in Hot Climate.* Qingdao Kanada Food Company Limited Kanada Group. 2008. P. 25 – 27. Available online at: <http://hostcambodia.com/mekarn/prorab/yan.htm>.
81. Ayyat M. S., Al-Sagheer A. A., Abd El-Latif K. M. Organic selenium, probiotics, and prebiotics effects on growth, blood biochemistry, and carcass traits of growing rabbits during summer and winter seasons. *Biol Trace Elem Res.* 2018. 186 (1). P. 162 – 73. DOI: 10.1007/s12011-018-1293-2.
82. Jimoh O. A., Ewuola E. O., Balogun, A. S. Маркери окисного стресу в екзотичних породах кроликів під час піку теплового стресу в Ібадані. *Nig J Adv Biol Biotechn.* 2017. 12. P. 1 – 9.
83. Jimoh O. A., Oyeyemi B. F., Oyeyemi W. A. Soursop juice enhanced seminal antioxidant defence and semen quality of rabbit bucks in extremely dry climatic condition of Southwestern Nigeria. *J Therm Biol.* 2021. 8. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103034.
84. Yang L. P., Gao S. X., Bai L. Y., Zhang X. L., Sun H. T., Wang W. Z., et al. Comparative study on hair production performance of long-haired rabbits in different seasons. *China Rabbit Rais.* 2016. 5. P. 4 – 6. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6327.2016.05.001.
85. Garcia M. L., Argente M. J. Exposure to high ambient temperatures alters embryology in rabbits. *Int J Biometeorol.* 2017. 61. P. 1555 – 1560. DOI: 10.1007/s00484-017-1334-0.
86. Shahnawaz Kumbhar, Alam Z Khan, Fahmida Parveen, Zaheer A Nizamani, Farman A Siyal, Mohamed E Abd El-Hack, Fang Gan, Yunhuan Liu, Muhammad Hamid, Sonia A Nido, Kehe Huang. Impacts of selenium and vitamin E supplementation on mRNA of heat shock proteins, selenoproteins and antioxidants in broilers exposed to high temperature. *AMB Express.* 2018. 8. P. 112. DOI: 10.1186/s13568-018-0641-0.
87. Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M., Pallio G., Mannino F., Arcoraci V., et al. Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxid Med Cell.* 2017. DOI: 10.1155/2017/8416763.

88. Phaniendra A., Jestadi D. B., Periyasamy L. Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian J Clin Biochem.* 2015.30 (1). P. 11 – 26. DOI: 10.1007/s12291-014-0446-0.
89. Omeje V. I. Effect of Dietary Supplementation of Organic Selenium at Different Levels on Reproductive Performance of Rabbit Does. *Front Vet Sci.* 2016. P. 5. DOI: 10.3389/fvets.2020.00290.
90. Marco-Jiménez F., García-Diego F. J., Vicente J. S. Effect of gestational and lactational exposure to heat stress on performance in rabbits. *World Rabbit Sci.* 2017. 25. P. 17 – 25. DOI: 10.4995/wrs.2017.5728.
91. Durairajanayagam D., Agarwal A., Ong C. Causes, effects and molecular mechanisms of testicular heat stress. *Reprod Biomed Online.* 2015. 30 (1). P. 14 – 27. DOI: 10.1016/j.rbmo.2014.09.018.
92. El-Desoky N. I., Hashem N. M., Elkomy A., Abo-elezz Z. R. Physiological response and semen quality of rabbit bucks supplemented with Moringa leaves ethanolic extract during summer season. *Animal* 2017. 11. P. 1549 – 1557. DOI: 10.1017/S1751731117000088.
93. El-Desoky N. I., Hashem N. M., Elkomy A., Abo-elezz Z. R. Physiological response and semen quality of rabbit bucks supplemented with Moringa leaves ethanolic extract during summer season. *Animal* 2017. 11. P. 1549 – 1557. DOI: 10.1017/S1751731117000088.
94. Jie Z., Chao Y., Min L., Li T., Zhang X. Y., Xie, X. H. The effect of heat stress on the reproductive performance of rabbits and the research progress of related heat shock proteins. *Rabbit Rais China.* 2020. 235. P. 19 – 22. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6327.2020.01.005.
95. Kuang L. D. Li. C. Y., Guo Z. Q., Ren Y. J., Zheng J., Mei X. L., et al. Effects of heat stress on reproductive performance, serum biochemical indexes and reproductive hormones in female rabbit of Qixing. *Southwest China J Agric Sci.* 2021. 34. 1323 – 1329. DOI:10.16213/j.cnki.scjas.2021.6.027.
96. Zheng J., Xie X. H., Lei M., Tang L., Zhang X. Y., Yang C. Research progress on the effect of heat stress on the semen quality of male rabbits and its mechanism. *China Rabbit Rais.* 2018. 6. P. 24 DOI: 10.3969/j.issn.1005-6327.2018.06.008.
97. Sri Sindhura K., Selvam P. P., Prasad T. N. V. K. V., Hussain O. M. Synthesis, characterization and evaluation of effect of phyto-genic zinc nanoparticles on soil exo-enzymes. *Appl Nanosci.* 2014. 4 (7). P. 819 – 827. DOI: 10.1007/s13204-013-0263-4.
98. Izabela Michalak, Katarzyna Dziergowska, Mahmoud Alagawany, Mayada, R., Farag, Nahed, A., El-Shall, Hardeep Singh Tuli, Talha Bin Emran Kuldeep Dhama. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production of livestock animals and poultry. *Veterinary Quarterly.* 2022. 42 (1). P. 68 – 94. DOI: 10.1080/01652176.2022.2073399.

99. Hidayat C., Sumiati S., Jayanegara A., Wina E. Supplementation of dietary nano Zn-phytogenic on performance, antioxidant activity, and population of intestinal pathogenic bacteria in broiler chicken. *Trop Anim Sci J.* 2021.44 (1). P. 90 – 99. DOI: 10.5398/tasj.2021.44.1.90.
100. Ouyang Z., Ren P., Zheng D., Huang L., Wei T., Yang C., Kong X., Yin Y., He S., He Q. Hydrothermal synthesis of a new porous zinc oxide and its antimicrobial evaluation in weanling piglets. *Livestock Sci.* 2021. 248. P. 104. DOI:10.1016/j.livsci.2021.104499.
101. Scott A., Vadalasetty K. P., Chwalibog A., Sawosz E. Copper nanoparticles as an alternative feed additive in poultry diet: a review. *Nanotechnol Rev.* 2017. 7(1). P. 69 – 93. DOI:10.1515/ntrev-2017-0159.
102. Tsai Y. H., Mao S. Y., Li M. Z., Huang J. T., Lien T. F. Effects of nanosize zinc oxide on zinc retention, eggshell quality, immune response and serum parameters of aged laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2016. 213.P. 99 – 107. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2016.01.009.
103. Prasad A. S., Bao B. Review, Molecular Mechanisms of Zinc as a Pro-Antioxidant Mediator: Clinical Therapeutic Implications. *Antioxidants.* 2019. 8. P. 164. DOI: 10.3390/antiox8060164.
104. Chrastinová L., Čobanová K., Chrenková M., Poláčíková M., Formelová Z., Lauková, A., Ondruška, L., Simonová, P.M., Stropmfová, V., Mlyneková, Z., et al. Effect of dietary zinc supplementation on nutrients digestibility and fermentation characteristics of caecal content in physiological experiment with young rabbits. *Slovak J. Anim. Sci.* 2016. 49. P. 23 – 31.
105. Swain P. S., Somu B. N. Rao., Duraisamy Rajendran, George Dominic, Sellappan Selvaraju. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. *Animal Nutrition.* 2016. P. 134 – 141. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.06.003.
106. Swain P. S., Rajendran D., Rao S.B.N., Dominic G. Preparation and effects of nano mineral particle feeding in livestock: a review. *Vet World.* 2015. 8 (7). P. 888 – 891. DOI: 10.14202/vetworld.2015.888-891.
107. Sheiha A. M., Abdelnour S. A., Abd El-Hack M. E., Khafaga A. F., Metwally K. A., El-Saadony M. T. Effects of dietary biological or chemical synthesized nano-selenium supplementation on growing rabbits exposed to thermal stress. *Animals.* 2020.10 (3) . P. 43. DOI:10.3390/ani10030430.
108. Qazi I.H., Angel C., Yang H., Zoidis E., Pan B., Wu Z., et al. Role of selenium and selenoproteins in male reproductive function: a review of past and present evidences. *Antioxidants.* 2019. 8. P. 268 – 304. DOI: 10.3390/antiox8080268.
109. Jang I. S., Ko Y. H., Moon Y. S., Sohn S. H. Effects of vitamin C or E on the pro-inflammatory cytokines, heat shock protein 70 and antioxidant

status in broiler chicks under summer conditions. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2014. 27 (5). P. 749 – 756. DOI: 10.5713/ajas.2013.13852.

110. Cardoso B. R., Roberts B. R., Bush A. I., Hare D. J. Selenium, selenoproteins and neurodegenerative diseases. *Metallomics* 2015. 7 (8). P. 1213 – 1228. DOI: 10.1039/c5mt00075k.

111. Li M., Zhang Y., Li S. Effects of selenium deficiency on testis development and autophagy in chicks. *Ital. J. Anim. Sci.* 2020. 19 (1). P. 753 – 761. DOI:10.1080/1828051X.2020.1786739.

112. Zoidis E., Seremelis I., Kontopoulos N., Danezis G. P. Selenium-dependent antioxidant enzymes: Actions and properties of selenoproteins. A review. *Antioxidants.* 2018 7 (5). P. 66. DOI:10.3390/antiox7050066.

113. Abdurashid M., Juniper D. T. Effect of dietary protein, selenium and temperature humidity index on reproductive traits of male rabbits in a tropical environment. *J Ani Prod Res.* 2016. 28. P. 61 – 75.

114. Li L. J., Ruan T., Lyu Y. and Wu B. Y. Advances in Effect of Germanium or Germanium Compounds on Animals – A Review. *Journal of Biosciences and Medicines.* 2017. 5. P. 56 – 73. DOI: 10.4236/jbm.2017.57006.

115. Zheng H. P. Physiological Function of Organic Germanium and Its Application in Food. *Studies of Trace Elements and Health.* 2011. 28. P. 65 – 67.

116. Лесик Я. В., Федорук Р. С., Кропивка С. Й.. Гематологічні показники та антиоксидантний статус організму кролів за випоювання цитрату і хлориду хрому. *Біологія тварин.* 2013. 15 (3). С. 54 – 62.

117. May Bin-Jumah. M. E., Abd El-Hack, Abdelnour S. A., et al., Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review, *Science of the Total Environment* 2019. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.135996.

118. Refaie Amira M., Mervat N Ghazal., Fadila M Easa., Safaa A Barakat, Morsy W.A., Younan G. E, Eisa W.H. Nano-copper as a new growth promoter in the diet of growing New Zealand White rabbits. *Egyptian Journal of Rabbit Science.* 2015. 25 (1). P. 39 – 57. DOI:10.21608/ejrs.2015.46697.

119. Abd-El Ghany Fatma T. F., Zawrah M. F. and Mohamed M. Y. Influence of some trace minerals in form of normal and nano particles as feed supplementation on growing rabbit diets. *Egypt. J. Nutr. and Feeds.* 2016. 19 (3). P. 497 – 509.

120. Abdelsalam M., Al-Homidan I., Ebeid T., Abou-Emera O., Mostafa M., Abd El-Razik, M., Shehab-El-Deen M., Abdel Ghani S., Fathi M. Effect of silver nanoparticle administration on productive performance, blood parameters, antioxidative status, and silver residues in growing rabbits under hot climate. *Animals.* 2019. 9 (10). P. 845. DOI:10.3390/ani9100845.

121. Дичок А. З., Лесик Я. В., Цап М. М. Резистентність організму кролів за дії сполук сульфуру. *Біологія тварин*. 2018. 20 (3). С. 16 – 24.

122. Lesyk Ya., Dyshok-Nidzelska A., Boiko O., Vachenko M., Honchar O. Reproductive Ability of Doe-Rabbits and Growth and Preservation of the Offspring by Feeding Sulfur Compounds. *Scientific Horizons*. 2021. 24 (8). P. 9 – 14. DOI: 10.48077/scihor.

Information about the authors:

Yuzviak Marian Osyrovych,

Postgraduate Student

Institute of Animal Biology of the National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine

38, Vasylia Stusa str, Lviv, 79034, Ukraine

Lesyk Yaroslav Vasyliovych,

Doctor of Veterinary Sciences, Senior Researcher,

Professor at the Department of Biology and Chemistry

Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University

24, I. Franka str., Drohobych, Lviv region, 82100, Ukraine

Salyha Yuriy Tarasovych,

Doctor of Biological Sciences,

Director

Institute of Animal Biology of the National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine

38, Vasylia Stusa str, Lviv, 79034, Ukraine