


БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

УДК: 602.4:598.115.2: 546.73

Вплив концентрації Кобальту в поживному середовищі на ріст біомаси каліфорнійських черв'яків і накопичення у ній металу

Машкін Ю.О. , Мерзлов С.В. , Каркач П.М. , Фесенко В.Ф. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Машкін Ю.О. E-mail: yura-mashkin@mail.ru

Машкін Ю.О., Мерзлов С.В., Каркач П.М., Фесенко В.Ф. Вплив концентрації Кобальту в поживному середовищі на ріст біомаси каліфорнійських черв'яків і накопичення у ній металу. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2021. № 2. С. 101–106.

Mashkin Yu., Merzlov S., Karkach P., Fesenko V. The influence of cobalt concentration in nutrient medium on growth of California worm biomass and metal accumulation in it. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2021. № 2. PP. 101–106.

Рукопис отримано: 27.09.2021 р.
Прийнято: 11.10.2021 р.
Затверджено до друку: 09.12.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2021-166-2-101-106

Біомаса гібрида червоних каліфорнійських черв'яків – біологічно цінна кормова добавка для сільськогосподарських тварин, птиці та риби. У тілі черв'яків міститься значна кількість білка, ліпідів, вітамінів та мікроелементів. Хімічний склад біомаси черв'яків залежить від поживного середовища, на якому їх вирощували. Черв'яки здатні акумулювати у своєму тілі мікроелементи із поживного середовища. Зважаючи на таку властивість, було проведено дослідження щодо одержання біомаси черв'яків, збагаченої Кобальтом, з перспективою подальшого використання її у годівлі птиці та риб.

Виявлено, що нарощування кількості і маси черв'яків залежить від умісту Кобальту у поживному середовищі. Внесення 20 мг/кг Кобальту у поживне середовище сприяло підвищенню кількості і маси черв'яків з вагою 0,4–0,8 г, відповідно, на 38,0 та 40,4 %. Виявлено збільшення кількості нестатевозрілих черв'яків на 32,2 %. За додавання 40 мг/кг Кобальту до поживного середовища кількість і маса черв'яків збільшуються відповідно на 45,9 та 51,1 %. Внесення Кобальту у кількості 160 мг/кг призвело до зменшення кількості черв'яків масою 0,4–0,8 г порівняно із дослідним групами на 6,5–27,7 %. Встановлено, що за дози Кобальту 160 мг/кг кількість малих черв'яків знизилась проти дослідних груп на 24,0–50,7 %. Виявлено також зменшення маси молодих черв'яків проти контролю на 22,4 %.

Встановлено закономірність, що із підвищенням вмісту Кобальту у поживному середовищі збільшується його концентрація у біомасі черв'яків. Найвищий вміст Кобальту було виявлено у сухій речовині біомаси черв'яків, яких вирощували на поживному середовищі, до якого додавали досліджуванний метал у кількості 160 мг/кг.

Біомаса черв'яків, вирощена на поживному середовищі, до якого додавали 40 мг/кг досліджуваного металу, може використовуватись як білкова добавка із підвищеним умістом Кобальту в годівлі риби.

Ключові слова: вермикультура, біомаса черв'яків, накопичення металів, поживне середовище, Кобальт, атомно-абсорбційна спектроскопія.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Земляні черв'яки здатні щодня пропускати через свій шлунок ґрунт, до 60 % від маси тіла, роблячи його родючішим та органічним, що сприяє сталому сільському господарству. Завдяки цим властивостям черв'яки є важливими елементами екосистеми ґрунту та мають важливе значення у природному житті домашньої птиці. Отже, черв'яки покращують добробут птиці та забезпечують її дешевим протеїном, а ефект захисту навколишнього середовища може бути досягнутий завдяки пере-

робленню відходів тваринного та рослинного походження [2, 9].

Земляні черв'яки – повноцінний білок, який можливо використовувати як корм для птиці та риб, однак практичне використання сухої черв'ячної біомаси впливає на економіку. Технологія вермикультивування доступна для широкомасштабного виробництва черв'яків, однак відокремлення їх від органічних відходів, у яких вони ростуть, є трудомістким процесом, що перешкоджає використанню сухої черв'ячної біомаси в розвинутих країнах. По-

тенціал більший для виробництва черв'яка в країнах, що розвиваються, де вартість робочої сили нижча [5, 6].

Нині світова наука і практика довели, що перспективною і майже безвідходною технологією переробки органічних відходів сільського господарства є їх біоконверсія за допомогою вермикультури (гібрид червоних каліфорнійських черв'яків). Біотехнологія вермикультивування є нескладною конверсією з утилізації рослинних решток. Продуктом вермикультивування є біомаса черв'яків – цінна білково-вітамінно-мінеральна кормова добавка до комбікормів сільськогосподарських тварин, риби та птиці [1, 3, 10, 12]. Крім того, черв'яки продукують біогумус – екологічно чисте органічне добриво для рослин [15, 17].

Біомаса каліфорнійських черв'яків містить, відповідно, 45–65 і 8,0–10,5 % білка і ліпідів від їх сухої маси. У черв'ячній біомасі знаходиться 17,0–23,0 % сухої речовини, понад 60,0 % якої становить сирий протеїн [4, 7, 16]. Ліпідна фракція черв'ячної біомаси багата фосфоліпідами, де мажорним компонентом є фосфатидилхолін. Вона містить C_{27} -стерини, убіхінони, каротиноїди, тригліцериди, насичені жирні кислоти (47–54 %), ненасичені (до 23 %) і полієнові жирні кислоти (до 13 %). Біомаса черв'яків містить тіамін (B_1), нікотинову кислоту, рибофлавін (B_2), піридоксин (B_6), ціакобаламін (B_{12}), фолієву кислоту та біотин. До складу біомаси черв'яків входить значна кількість стимулювальних речовин: стиролів (0,16–0,73 %), провітаміну D (0,04–0,073 % від живої маси) [8].

Мікроелементи є важливими складниками багатьох фізіологічних процесів, таких як енергообмін, ферментативна активність, синтез гормонів, колагену, вітамінів і тканин, транспортування кисню та інших фізіологічних процесів, пов'язаних з ростом, розмноженням та здоров'ям тварин; їх дефіцит призводить до різноманітних патологічних наслідків, як серцеві захворювання, імунологічні та гормональні дисфункції, та розладів метаболізму [11, 14].

У біомасі висушених черв'яків виявлено Феруму – 680–1070 мг/кг, Магнію – 660–842, Цинку – 72–80, Купруму – 7–8 і Кобальту – 1,5–2,5 мг/кг сухої речовини [13, 18, 20]. За даними A. J. Bhorgin Lourdumary and K. Uma, у сухій біомасі дощового червяка *Lampito mauritii* містяться білка – 31,7 %, Заліза – 241,1 мг/кг, Цинку – 32,34, Марганцю – 17,2 та Міді – 4,501 мг/кг разом зі значними кількостями калію, кальцію, магнію, фосфору та вуглеводів [1, 19].

Отже, дослідженнями вітчизняних і зарубіжних авторів доведено, що біомаса черв'яків

є цінною добавкою для використання в годівлі тварин.

Слід зазначити, що хімічний склад організму черв'яків значною мірою залежить від характеру поживного середовища, на якому вони ростуть. Із збільшенням умісту мікроелементів у поживному середовищі збільшується їх концентрація у біомасі черв'яків [11].

Мета дослідження – вивчити розмноження та ріст біомаси вермикультури (як кормової добавки) і накопичення у ній Кобальту залежно від умісту цього елемента у поживному середовищі.

Матеріал і методи дослідження. Досліди проводили в умовах віварію Білоцерківського національного аграрного університету на гібриді червоних каліфорнійських черв'яків. Для проведення досліду було сформовано 54 мікроложі розміром 0,5 x 0,7 м. У кожне мікроложе було внесено по 11,0 кг поживного середовища (ферментований гній великої рогатої худоби та солома злакових) для черв'яків з умістом вологи 65,0 %. Мікроложі було поділено на 6 груп по 9 у кожній. У контрольній групі до поживного середовища не додавали Кобальт. У I дослідній групі до поживного середовища у мікроложах додавали по 10 мг/кг Кобальту у вигляді солі $CoSO_4 \cdot 7H_2O$. До поживного середовища II дослідної групи вносили по 20 мг/кг Кобальту. Поживне середовище III дослідної групи збагачували Кобальтом із розрахунку 40 мг/кг. У IV і V дослідних групах до поживного середовища у мікроложах додавали по 80 та 160 мг/кг Кобальту. На початок досліду у кожне ложе було заселено по 80 статевозрілих черв'яків.

Після завершення досліду, який тривав 110 діб, у кожному мікроложі визначали кількість черв'яків та відбирали середні проби черв'яків для визначення у їх тілі вмісту Кобальту. Відібраних черв'яків витримували 60 годин на зволоженних шматочках фільтрувального паперу для звільнення шлунково-кишкового каналу від копролітів, присутність яких може спричинити похибки під час дослідження. Після витримання черв'яків попередньо висушували, потім озоляли у муфельних печах, поступово доводячи температуру до 450 °C. Вміст Кобальту в біомасі черв'яків визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі Shimadzu AA-6650.

Математичний аналіз результатів експерименту проводили в Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Відмінності між середніми значеннями вважали статистично значущими за $P < 0,05$ (ANOVA).

Результати дослідження та обговорення. Наприкінці досліду у контрольних мікроложах

в середньому було зафіксовано по 134,9 шт. статевозрілих черв'яків та по 130,0 шт. нестатевозрілих з масою тіла до 0,39 г (табл. 1).

За вирощування черв'яків на поживному середовищі з додаванням 10 мг/кг Кобальту у вигляді солі $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ збільшується кількість особин із масою тіла 0,4–0,8 г на 19,5 %. Кількість нестатевозрілих черв'яків у цій групі була вищою проти контролю на 6,7 %, а маса – на 1,3 г.

отриманих у III дослідній групі, меншою на 8,8 %. Внесення Кобальту у кількості 160 мг/кг (V дослідна група) призвело до зменшення кількості черв'яків масою 0,4–0,8 г порівняно із іншими дослідними групами на 6,5–27,7 %. Встановлено, що за такої самої дози Кобальту кількість малих черв'яків знизилась проти дослідних груп на 24,0–50,7 % та проти контролю – на 18,9 %. Виявлено також зменшення маси молодих черв'яків проти контролю на 22,4 %.

Таблиця 1 – Кількість черв'яків та їх маса у мікроложках залежно від концентрації Кобальту у поживному середовищі, n=9

Групи мікролож	Черв'яки у мікроложі масою 0,4–0,8 г		Черв'яки у мікроложі масою 0,01–0,39 г	
	кількість, шт.	маса, г	кількість, шт.	маса, г
Контрольна	134,9±3,94	81,3±2,37	130,0±3,59	27,7±0,76
I дослідна	161,3±8,51*	98,1±5,18*	138,7±3,64	29,0±0,76
II дослідна	186,2±5,17***	114,2±3,17***	171,9±4,13***	36,4±0,87***
III дослідна	196,9±4,18***	122,9±2,61***	213,8±4,57***	46,2±0,99***
IV дослідна	208,6±5,24***	129,5±3,25***	195,0±4,56***	42,5±1,00***
V дослідна	150,8±7,84	90,9±4,73	105,4±5,39**	21,5±1,10**

Примітки: * – p≤0,05, ** – p≤0,01, *** – p≤0,001

Внесення 20 мг/кг Кобальту у поживне середовище сприяло підвищенню кількості і маси черв'яків із вагою 0,4–0,8 г, відповідно, на 38,0 та 40,4 %. У II дослідній групі нестатевозрілих черв'яків було більше, ніж у контролі, на 32,2 %. Спостерігається збільшення кількості дорослих черв'яків і у III дослідній групі. За кількістю особин показник був вищим проти контролю на 45,9 %. Маса черв'яків теж була вищою проти контролю на 51,1 %. Кількість черв'яків із масою 0,01–0,39 г у III дослідній групі була більшою порівняно із контролем на 64,4 %. Підвищення дози Кобальту до 80 мг/кг супроводжувалось зростанням кількості дорослих особин проти контролю на 54,6 %. Кількість черв'яків із масою 0,01–0,39 г була вищою за показник контролю на 50,0 %, однак щодо показників,

Було також проведено дослідження щодо накопичення Кобальту у тілі черв'яків за різних доз цього металу у поживному середовищі (табл. 2). Уразі вирощування черв'яків на поживному середовищі без додавання Кобальту (контрольні мікроложі) вміст металу у їх тілі був на рівні 2,49 мг/кг сухої біомаси. Вміст Кобальту у сухій біомасі черв'яків, яких вирощували на поживному середовищі з додаванням 10 мг/кг Кобальту у вигляді солі $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, становив 24,91 мг/кг сухої маси, що у 10,0 разів вище, ніж у контролі. Внесення Кобальту 20 мг/кг поживного середовища для вермикюльтури у II дослідній групі супроводжувалось зростанням вмісту цього металу в сухій речовині біомаси черв'яків у 12,3 раза порівняно з варіантом, де додатково не вносили Кобальт.

Таблиця 2 – Вміст Кобальту у сухій біомасі гібрида червоних каліфорнійських черв'яків, n=9

Групи мікролож	Масова частка Кобальту, мг/кг
Контрольна	2,49±0,222
I дослідна	24,91±1,092***
II дослідна	30,60±1,367***
III дослідна	37,13±1,408***
IV дослідна	42,63±1,165***
V дослідна	46,71±1,599***

Примітки: *** – p≤0,001

Встановлено, що вирощування вермикультури на поживному середовищі, де додатково додавали Кобальт у кількості 40 мг/кг, підвищувало вміст цього елемента в тілі черв'яків у 14,9 рази щодо контролю. Порівняно з II дослідною групою концентрація Кобальту у біомасі черв'яків була вищою на 21,3 %. У черв'яків із IV дослідної групи вміст Кобальту переважав аналогічний показник у контролі у 17,1 рази, і у I–III дослідних групах – на 14,8–71,1 %. Найвищий вміст Кобальту було виявлено у сухій речовині біомаси черв'яків із V дослідної групи, концентрація металу була вищою проти контролю у 18,7 рази. Кількість Кобальту в тілі черв'яків V дослідної групи, була вищою на 9,6 % порівняно з IV, де вносили удвічі меншу кількість досліджуваного металу.

У разі додавання Кобальту до поживного середовища вміст цього металу у біомасі черв'яків зростає. Крім того, встановлено закономірність: чим вищий вміст Кобальту у поживному середовищі, тим вища масова частка елемента у тілі черв'яків, що підтверджує здатність останніх акумулювати метали у своєму тілі.

Висновки. Низькі дози Кобальту (до 40 мг/кг) у поживному середовищі сприяють народжуванню молодих особин черв'яків і збільшенню загальної маси вермикультури. За додаткового внесення Кобальту у поживне середовище у кількості 160 мг/кг репродуктивні властивості черв'яків знижуються. Використання Кобальту у кількості 40 мг/кг сприяло підвищенню кількості молодих особин черв'яків на 64,4 % і зростанню вмісту металу у біомасі вермикультури у 14,9 рази. Збільшення вмісту Кобальту у поживному середовищі зумовлювало підвищення концентрації цього металу у тілі черв'яків. Наступні дослідження буде спрямовано на використання біомаси вермикультури, збагаченої Кобальтом, у годівлі риби.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. The effect of earthworm (*Eisenia foetida*) meal with vermi-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microbiota, carcass characteristics, and meat quality of broiler chickens/ Z. Bahadori et al. *Livestock Science*. 2017. 202. P. 74–81. DOI:10.1016/j.livsci.2017.05.010
2. Bhat S. A., Singh J., Vig A. P. Earth worms as organic waste managers and biofertilizer producers. *Waste and Biomass Valorization*. 2017. 9. P. 1073–1086. DOI:10.1007/S12649-017-9899-8
3. Bhorgin Lourdummy A.J., Uma K. Nutritional Evaluation of Earthworm Powder (*Lampito mauritii*). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2012. Vol. 3 (03). P. 82–84. DOI:10.7324/JAPS.2013.30316
4. Fate and O-methylating detoxification of Tetrabromobisphenol A (TBBPA) in two earthworms (*Metaphire guillelmi* and *Eisenia foetida*)/X. Chen et al. *Environmental Pollution* (Barking, Essex: 1987). 2017. 227. P. 526–533 DOI:10.1016/j.envpol.2017.04.090
5. Das A.K., Dach M.C. Earthworms meal as a protein concentrator for broilers. *Indonesian J. of Tropical Agriculture*. 1990. 67(4). P. 342–344.
6. Hasanuzzaman A.F.Md., Hossain Sk.Z., Das M. Nutritional potentiality of earthworm (*Perionyx excavatus*) for substituting fishmeal used in local feed company in Bangladesh. *Mesopot. J. Mar. Sci.* 2010. 25 (2). P. 134–139.
7. Jacob J. Use of Earthworms in Poultry Diets. *Small and Backyard Flocks*. 2015. URL:http://articles.extension.org/pages/67349/use-of-earthworms-in-poultry-diets
8. Kholodova U.D., Povhan M.F., Morozova R.P. Fabric worms *Eisenia foetida* as a raw material source for the production of pharmaceuticals. *Bioconversion of organic waste of the economy and the environment*. Ivano-Frankivsk. 1992. P. 138–139.
9. Khan S.H. Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition, *J. Appl. Anim. Res.* 2018. 46. P. 1144–1157. DOI:10.1080/09712119.2018.1474743
10. Köse B., Öztürk E. Evaluation of Worms as a Source of Protein in Poultry. *Selcuk J Agr Food Sci*. 2017. 31 (2). P. 107-111. DOI:10.15316/SJAFS.2017.27
11. Kostecka J. (2006). Possible use of earthworm *Eisenia foetida* (Sav.) biomass for breeding aquarium fish. *European Journal of Soil Biology*. 2006. 42. P. 231–S33. DOI:10.1016/j.ejsobi.2006.07.029
12. Mason W.T., Rottmann R.W., Dequine J.F. Culture of earthworms for bait or fish food. *Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida*. 1992. 1053. P. 1–4.
13. Мерзлов С.В., Машкін Ю.О. Вміст Феруму та Магнію у біомасі вермикультури в залежності від складу субстрату. Розвиток національної економіки: теорія і практика: міжнар. науково-практ. конференція. Ч. 1, 3-4 квітня 2015 р., м. Івано-Франківськ. С. 18–19.
14. Ndelekwute E.K., Essien E.B., Assam E.D., Ekanem N.J. Potentials of earthworm and its by-products in animal agriculture and waste management - A review *Bangladesh Journal of Animal Science*. 2016. 45(2). P. 1–9. DOI:10.3329/bjas.v45i2.29801
15. Prayogi H. S. The effect of earthworm meal supplementation in the diet on quail's growth performance in attempt to replace the usage of fish meal. *International Journal of Poultry Science*. 2011. 10. P. 804–806. DOI:10.3923/ijps.2011.804.806
16. Arable fields as potential reservoirs of biodiversity: earthworm populations increase in new leys/ M. Prendergast-Miller et al. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 789. 147880. DOI:10.1016/j.scitotenv.2021.147880
17. Richardson J.B., Gorres J.H., Jackson B.P., Friedland A.J. Trace metals and metalloids in forest soils and exotic earthworms in northern New England, USA, *Soil Biol. Biochem.* 2015. 85. P. 190–198. DOI:10.1016/j.soilbio.2015.03.001.
18. Impact of the earthworm *Lumbricus terrestris* (L.) on As, Cu, Pb and Zn mobility and speciation in contaminated soils/T. Sizmur et al. *Environmental Pollution*. 2011. 159. P. 742–748. DOI:10.1016/j.envpol.2010.11.033

19. Suttle N. F. The Mineral Nutrition of Livestock, CABI Publishing, London, UK, 4th edition. 2010. 587 p.

20. Differences in the bioaccumulation of selenium by two earthworm species (*Pheretima guillemi* and *Eisenia fetida*)/K. Xiao et al. Chemosphere. 2018. 202. P. 560–566. DOI:10.1016/j.chemosphere.2018.03.094

REFERENCES

1. Bahadori, Z., Esmailzadeh, L., Karimi-Torshizi, M. A., Seidavi, A., Olivares, J., Rojas, S., Saleme, A. Z. M., Lopez, S. (2017). The effect of earthworm (*Eisenia foetida*) meal with vermi-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microbiota, carcass characteristics, and meat quality of broiler chickens. Livestock Science. 202. pp. 74–81. DOI:10.1016/j.livsci.2017.05.010

2. Bhat, S.A., Singh, J., Vig, A.P. (2017). Earthworms as organic waste managers and biofertilizer producers. Waste and Biomass Valorization. 9. pp. 1073–1086. DOI:10.1007/S12649-017-9899-8

3. Bhorgin Lourdummy, A.J., Uma, K. (2012). Nutritional Evaluation of Earthworm Powder (*Lampito mauritii*). Journal of Applied Pharmaceutical Science. Vol. 3 (03), pp. 82–84. DOI:10.7324/JAPS.2013.30316

4. Chen, X., Gu, J., Wang, Y., Gu, X., Zhao, X., Wang, X., Ji, R. (2017). Fate and O-methylating detoxification of Tetrabromobisphenol A (TBBPA) in two earthworms (*Metaphire guillemi* and *Eisenia fetida*). Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987). 227. pp. 526–533. DOI:10.1016/j.envpol.2017.04.090

5. Das, A.K., Dach, M.C. (1990). Earthworms meal as a protein concetratic for broilers. Indonesion J. of Tropical Agriculture. 67(4), pp. 342–344.

6. Hasanuzzaman, A.F.Md., Hossian, Sk.Z., Das, M. (2010). Nutritional potentiality of earthworm (*Perionyx excavatus*) for substituting fishmeal used in local feed company in Bangladesh. Mesopot. J. Mar. Sci. 25 (2), pp. 134–139.

7. Jacob, J. (2015). Use of Earthworms in Poultry Diets. Small and Backyard Flocks. Available at: <http://articles.extension.org/pages/67349/use-of-earthworms-in-poultry-diets>

8. Kholodova, U.D., Povhan, M.F., Morozova, R.P. (1992). Fabrics worms *Eisenia foetida* as a raw material source for the production of pharmaceuticals. Bioconversion of organic waste of the economy and the environment. Ivano-Frankivsk. pp 138–139.

9. Khan, S.H., (2018). Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition, J. Appl. Anim. Res. 46. pp. 1144–1157. DOI:10.1080/09712119.2018.1474743

10. Köse, B., Öztürk, E. (2017). Evaluation of Worms as a Source of Protein in Poultry. Selcuk J Agr Food Sci. 31 (2), pp. 107–111. DOI:10.15316/SJAIFS.2017.27

11. Kostecka, J. (2006). Possible use of earthworm *Eisenia foetida* (Sav.) biomass for breeding aquarium fish. European Journal of Soil Biology. 42, pp. 231–233. DOI:10.1016/j.ejsobi.2006.07.029

12. Mason, W.T., Rottmann, R.W., Dequine, J.F. (1992). Culture of earthworms for bait or fish food. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 1053, pp. 1–4.

13. Merzlov, S.V., Mashkin, Yu.O. (2015). Vmist Ferumu ta Magniju u biomasi vermykul'tury v zalezhnosti

vid skladu substratu [The content of iron and magnesium in the biomass of vermiculture depending on the composition of the substrate]. Rozvytok nacional'noi' ekonomiky: teorija i praktyka: mizhnar. naukovoprakt. konferencija Ch. 1, 3-4 kvitnja [Development of the national economy: theory and practice: international scientific-practical conference Part 1, April 3-4]. Ivano-Frankivsk, pp. 18–19.

14. Ndelekwute, E.K., Essien, E.B., Assam, E.D., Ekanem, N.J. (2016). Potentials of earthworm and its by-products in animal agriculture and waste management - A review Bangladesh Journal of Animal Science. 45(2), pp. 1–9. DOI:10.3329/bjas.v45i2.29801

15. Prayogi, H. S. (2011). The effect of earthworm meal supplementation in the diet on quail's growth performance in attempt to replace the usage of fish meal. International Journal of Poultry Science. 10. pp. 804–806. DOI:10.3923/ijps.2011.804.806

16. Prendergast-Miller, M., Jones, D., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P.J., Firbank, L., Grayson, R., Helgason, T., Holden, J., Lappage, M., Leake, J., Hodson, M.E. (2021). Arable fields as potential reservoirs of biodiversity: earthworm populations increase in new leys. Science of the Total Environment. Vol. 789, 147880. DOI:10.1016/j.scitotenv.2021.147880

17. Richardson, J.B., Gorres, J.H., Jackson, B.P., Friedland, A.J. (2015). Trace metals and metalloids in forest soils and exotic earthworms in northern New England, USA, Soil Biol. Biochem. 85. pp. 190–198. DOI:10.1016/j.soilbio.2015.03.001.

18. Sizmur, T., Palumbo-Roe, B., Watts, M. J., Hodson, M. E. (2011). Impact of the earthworm *Lumbricus terrestris* (L.) on As, Cu, Pb and Zn mobility and speciation in contaminated soils. Environmental Pollution. 159. pp. 742–748. DOI:10.1016/j.envpol.2010.11.033

19. Suttle, N. F. (2010). The Mineral Nutrition of Livestock, CABI Publishing, London, UK, 4th edition. 587 p.

20. Xiao, K., Song, M., Liu, J., H. Chen, H., Li, D., Wang, K. (2018). Differences in the bioaccumulation of selenium by two earthworm species (*Pheretima guillemi* and *Eisenia fetida*), Chemosphere. 202. pp. 560–566. DOI:10.1016/j.chemosphere.2018.03.094

Влияние концентрации Кобальта в питательной среде на рост биомассы калифорнийских червей и накопление в ней металла

Машкин Ю.А., Мерзлов С.В., Каркач П.Н., Фесенко В.Ф.

Биомасса гибрида красных калифорнийских червей является биологически ценной кормовой добавкой для сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы. В теле червей содержится значительное количество белка, липидов, витаминов и микроэлементов. Химический состав биомассы червей зависит от питательной среды, на которой их выращивали. Черви способны аккумулировать в своем теле микроэлементы из питательной среды. Пользуясь таким свойством, были проведены исследования по получению биомассы червей, обогащенной Кобальтом, с перспективой дальнейшего использования ее в кормлении рыбы.

Выявлено, что наращивание количества и массы червей зависит от содержания Кобальта в питательной среде. Внесение 20 мг/кг Кобальта в питательную среду способ-

ствovalo підвищенню кількості та маси червей з вагою 0,4–0,8 г, відповідно, на 38,0 і 40,4 %. Виявлено збільшення кількості неплідних червей на 32,2%. При додаванні 40 мг/кг Кобальта в поживну середу кількість та маса червей збільшуються, відповідно, на 45,9 і 51,1 %. Внесення Кобальта в кількості 160 мг/кг привело до зменшення кількості червей масою 0,4–0,8 г порівняно з дослідницькими групами на 6,5–27,7 %. Установлено, що при дозі Кобальта 160 мг/кг кількість малих червей знизилось відносно дослідницьких груп на 24,0–50,7 %. Виявлено зменшення та маси молодих червей відносно контролю на 22,4 %.

Установлено закономірність, що з підвищенням вмісту Кобальта в поживній середі збільшується його концентрація в біомасі червей. Високий вміст Кобальта було виявлено в суходо біомаси червей, яких вирощували на поживній середі, в яку додавали досліджувані метал в кількості 160 мг/кг.

Біомаса червей, вирощена на поживній середі, до якої додавали 40 мг/кг досліджуваного металу, може використовуватися як білковий доповнювальний корм з підвищеним вмістом Кобальта в годівлі риби.

Ключові слова: вермикюльтура, біомаса червей, накоплення металів, поживна середа, Кобальт, атомно-абсорбційна спектроскопія.

The Influence of cobalt concentration in nutrient medium on growth of California worm biomass and metal accumulation in it

Mashkin Yu., Merzlov S., Karkach P., Fesenko V.

The biomass of the California redworm hybrid is a biologically valuable feed additive for farm animals, poultry and fish. Worms contain a large amount of protein, lipids,

vitamins and trace elements. The chemical composition of worm biomass depends on the nutrient medium on which it was grown. Worms are able to accumulate trace elements from the nutrient medium in their body. Using this property, we conducted research on the biomass of worms enriched with Cobalt with the prospect of its further use in fish feeding. It was found that increasing the number and weight of worms depends on the content of Cobalt in the nutrient medium. The introduction of 20 mg/kg of Cobalt in to the nutrient medium increased the number and weight of worms weighing 0.4–0.8 g, respectively, by 38.0% and 40.4%. An increase in the number of immature worms by 32.2% was detected. By adding 40 mg/kg of Cobalt to the nutrient medium, the number and weight of worms increase by 45.9 and 51.1%, respectively. The introduction of Cobalt in the amount of 160 mg/kg resulted in a decrease in the number of worms weighing 0.4–0.8 g compared to the experimental groups by 6.5–27.7%. It was found that at a dose of Cobalt 160 mg/kg, the number of small worms decreased relative to the experimental groups by 24.0–50.7%. There was a decrease and weight of young worms relative to control by 22.4%.

It is established that with increasing cobalt content in the nutrient medium increases its concentration in the biomass of worms. The highest content of Cobalt was found in the dry matter of the biomass of worms grown on a nutrient medium to which was added the test metal in the amount of 160 mg/kg.

The biomass of worms grown on a nutrient medium to which was added 40 mg/kg of the investigated metal can be used as a protein supplement with high cobalt content in fish feeding.

Key words: vermiculture, worm biomass, metal accumulation, nutrient medium, Cobalt, atomic absorption spectroscopy.



Copyright: Машкін Ю.О., Мерзлов С.В., Каркач П.М., Фесенко В.Ф. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Машкін Ю.О.

Каркач П.М.

<https://orcid.org/0000-0001-7401-6732>

<https://orcid.org/0000-0003-3315-3508>