



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print

ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet10902

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

UDC 638.12: 577.118:591.615

The content of micro elements in the tissues of honey bees fed with magnesium citrate

I. I. Kovalchuk¹✉, M. M. Tsap², R. L. Androshulik², A. Z. Pylypets², G. G. Denys²

¹Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

²Institute of Animal Biology NAAS, Lviv, Ukraine

Article info

Received 11.01.2023

Received in revised form

13.02.2023

Accepted 14.02.2023

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel: +38-050-983-35-93
E-mail: irenakovalchuk@ukr.net

Institute of Animal Biology NAAS,
V. Stusa Str., 38, Lviv,
79034, Ukraine.

Kovalchuk, I. I., Tsap, M. M., Androshulik, R. L., Pylypets, A. Z., & Denys, G. G. (2023). The content of micro elements in the tissues of honey bees fed with magnesium citrate. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 25(109), 8–12. doi: 10.32718/nvlvet10902

The article presents experimental data on the mineral composition of tissues of honey bees under the conditions of magnesium citrate feeding. The research was conducted in two stages on bees of the Carpathian breed. The first stage was carried out on five groups of bees, 196–249 in each, under a laboratory thermostat. Bees of the control (I) group received daily 1 ml of 50 % sugar syrup (SS) and 1 ml of H₂O; II group (experimental) – 1 ml of SS with the addition of 1 ml of Mg citrate containing 0.4 mg Mg/l; III group (experimental) – similarly to II with the addition of 1 ml of Mg citrate (2 mg Mg/l); IV group (experimental) – similarly to II with the addition of 1 ml of Mg citrate (3 mg Mg/l); Group V (experimental) is similar to II with the addition of 1 ml of Mg citrate (4 mg Mg/l). The bees of the control and experimental groups were kept in identical conditions of a laboratory thermostat TS-80M-3 with micro ventilation at a relative humidity of 75 % and a temperature of 30.0 °C during 20 days of the research. The following II stages of the study were conducted on four groups of bees, 25–30 in each. Bees of the control (I) group received daily 1 ml of 50 % SS and 1 ml of H₂O; II group (experimental) – 1 ml of SS with the addition of 1 ml of Mg citrate containing 0.04 mg Mg/l; III group (experimental) – similarly to II with the addition of 1 ml of Mg citrate (0.02 mg Mg/l); IV group (experimental) – similarly to II with the addition of 1 ml of Mg citrate (0.01 mg Mg/l). Bees of the control and experimental groups were kept in the same conditions of the TS-80M-3 laboratory thermostat as in the I stage. The study duration was 20 days in the I stage and 30 days in the II stage. Bees were selected from all groups to determine the content of microelements in tissue homogenates of their entire body. The results were processed statistically using the Microsoft Excel computer program. According to the study results, the Fe, Zn, Cu, and Mn content in the body tissues of bees differed between groups. Decreased content of Ferrum, Zinc, and Manganese was found in the bees of III and V experimental groups (I stage). According to the results of the II stage of research on the determination of the content of Fe, Zn, Cu, and Mn in the tissues of the entire body of bees, the inhibitory effect of lower doses of Mg citrate on the accumulation of these elements in their body was observed. The established changes in the bee tissues of the experimental groups compared to the control group indicate certain physiological features of the accumulation and distribution of the studied trace elements in the body of the bees during their feeding with nanotechnological magnesium citrate.

Key words: mineral elements, sugar syrup, magnesium citrate, bee's body, nanotechnology and nanomaterials.

Вміст мікроелементів у тканинах організму медоносних бджіл за підгодівлі магнієм цитрату

I. I. Ковальчук¹✉, М. М. Цап², Р. Л. Андрoшулік², А. З. Пилипець², Г. Г. Денис²

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

²Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна

У статті подано експериментальні дані мінерального складу тканин організму медоносних бджіл за умов підгодівлі магнієм цитрату. Дослідження проведені у два етапи на бджолах карпатської породи. I етап проведений на 5 групах бджіл по 196–249 у кожній, в умовах лабораторного термостату. Ізольовані у садках бджоли контрольної (I) групи отримували щодобово 1 мл 50 % цукрового сиропу (ЦС) і 1 мл H₂O; II група (дослідна) – 1 мл ЦС з додаванням 1 мл Mg цитрату, що містив 0,4 мг Mg/л; III група (дослідна) – аналогічно II з додаванням 1 мл Mg цитрату (2 мг Mg/л); IV група (дослідна) – аналогічно II з додаванням 1 мл Mg цитрату (3 мг Mg/л); V група (дослідна) – аналогічно II з додаванням 1 мл Mg цитрату (4 мг Mg/л). Бджоли контрольної та дослідних груп утримувалися в аналогічних умовах лабораторного термостату ТС-80М-3 з мікровентиляцією за відносною вологості 75 %, температури 30,0 °С упродовж 20 діб досліджень. Наступний II етап дослідження проведений на 4 групах бджіл, по 25–30 у кожній. Ізольовані у садках бджоли контрольної (I) групи отримували щодобово 1 мл 50 % цукрового сиропу (ЦС) і 1 мл H₂O; II група (дослідна) – 1 мл ЦС з додаванням 1 мл Mg цитрату, що містив 0,04 мг Mg/л; III група (дослідна) – аналогічно II з додаванням 1 мл Mg цитрату (0,02 мг Mg/л); IV група (дослідна) – аналогічно II з додаванням 1 мл Mg цитрату (0,01 мг Mg/л). Бджоли контрольної та дослідних груп утримувалися в таких же умовах лабораторного термостату ТС-80М-3, як на I етапі. Тривалість дослідження I етапу – 20 діб, II етапу – 30 діб. Для дослідження відбирали бджіл з усіх груп для визначення вмісту мікроелементів у гомогенатах тканин всього їхнього організму. Результати опрацьовані статистично з використанням комп'ютерної програми Microsoft Excel. За результатами дослідження встановлено міжгрупові різниці вмісту Fe, Zn, Cu, Mn у тканинах організму бджіл. Виявлено вірогідно нижчий вміст Феруму, Цинку і Мангану у бджіл III і V дослідних груп (I етап). За результатами II етапу досліджень визначення вмісту Fe, Zn, Cu, Mn у тканинах всього організму бджіл спостерігали інгібуючий вплив нижчих доз Mg цитрату на кумуляцію цих елементів в їх організмі. Встановлені зміни у тканинах організму бджіл дослідних груп порівняно з контрольною вказують на певні фізіологічні особливості кумуляції та розподілу досліджених мікроелементів у тканинах організму бджіл період підгодівлі нанотехнологічним цитратом Магнію.

Ключові слова: мінеральні елементи, цукровий сироп, магнію цитрат, організм бджіл, нанотехнології та наноматеріали

Вступ

Мінеральне живлення медоносних бджіл забезпечується з пилку і нектару надходженням життєвоважливих елементів, фізіологічна роль яких встановлена для організму (Mg, Ca, Fe, Zn, Cr, Cu, Mn, I, Se) (Kovalchuk et al., 2021). Разом з тим дослідження показують, що бджоли регулюють споживання мінеральних речовин, як і інші тварини, залежно від певних пропорцій мікро- та макроелементів в компонентах живлення. Ця форма регулювання здійснюється як окремими особинами, так і на рівні бджолоїної сім'ї (Wright et al., 2018). Доведено, що дефіцит надходження окремих мінеральних елементів в організм бджіл у критичні весняний і осінньо-зимовий періоди їхньої життєдіяльності зумовлює порушення обмінних процесів і знижує стійкість до захворювань (Yang et al., 2017; Kovalchuk et al., 2019; Kovalskyi et al., 2021). Порушення обміну речовин в організмі бджіл, неповноцінний розвиток розплоду та ослаблення сімей, неефективне використання природного корму пов'язані з недостатнім забезпеченням бджіл поживними і біологічно активними речовинами.

Мінеральні компоненти кормової рослини відіграють важливу роль у функціонуванні карбонатно-бікарбонатної буферної системи регуляції кислотноружної рівноваги в органах травлення і калій-гістидин-глутамінової системи в гемолімфі бджіл (Şapcalıu et al., 2010; Brodschneider & Crailsheim, 2010). Формування цих систем значною мірою залежить від нормального їхнього забезпечення мінеральними елементами з корму. Порушення роботи буферних систем унаслідок нестачі мінеральних речовин у кормі знижує життєздатність організму, оскільки приводить до виникнення некомпенсованого ацидозу. Зміни хімічного складу рослин за цими параметрами чи перехід на нову кормову рослину супроводжуються зсувом ферментативної діяльності кишечника і, таким чином, пригнічують ріст і розвиток комах (Oskay, 2021).

Відомо, що мінеральні елементи (Ca, Mg, Co, Zn, Fe і інші) беруть участь у біохімічних реакціях і входять до низки ензимів, вітамінів, гормонів як структурні елементи та каталізатори. Кальцій (Ca) і Магній (Mg) забезпечують скорочення-розслаблення м'язів і беруть участь у внутрішньоклітинній комунікації та метаболізмі АТФ відповідно (Wu et al., 2020). У дрозофіл Ca необхідний для активації яйця (Sartain & Wolfner, 2013), а Mg покращує функцію пам'яті (Dow, 2017). Магній бере активну участь у багатьох фізіологічних процесах: регулює стан клітинної мембрани, трансмембранне перенесення іонів Кальцію (Ca²⁺) і Натрію (Na⁺). Особливості його метаболізму полягають у тому, що він не тільки підтримує життєдіяльність, а й забезпечує ріст і розвиток організму загалом (Klitynska & Stishkovsky, 2020).

На сьогодні в Україні налагоджене унікальне екологічне виробництво нанотехнологічних карбоксилатів на основі макро- і мікроелементів, безпечність для людей і тварин яких підтверджена низкою досліджень у провідних наукових центрах (Hulich et al., 2014; Kaplunenko et al., 2017). Дія низьких доз мінеральних елементів у складі нанотехнологічних цитратів визначається їхнім регуляторним впливом на окисно-відновні та анаболічно-катаболічні процеси в окремих системах, органах, тканинах організму (Kovalchuk et al., 2021). Саме тому важливим напрямком досліджень цих сполук у різних формах є застосування їх для підвищення життєздатності бджіл, вивчення процесів їх засвоєння та впливу на фізіолого-біохімічні показники.

Отже, вивчення впливу цитратів мінеральних елементів на організм медоносних бджіл є актуальним і дасть змогу поліпшити їхнє живлення в критичні періоди життєдіяльності, вдосконалити склад і схеми підгодівлі бджіл, що підвищить резистентність організму.

Мета дослідження

Мета дослідження – вивчити вплив цитрату магнію на мінеральний склад тканин організму медоносних бджіл.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені на медоносних бджолах карпатської породи в Інституті біології тварин НААН, що відібрані для дослідів з лабораторної пасіки-віварію у 2 етапи.

I етап проведений на 5 групах бджіл. Ізольовані у садках бджоли контрольної (I) групи одержували підгодівлю щодобово з 1 мл 50 % цукрового сиропу (ЦС) і 1мл H₂O; II група (дослідна) – 1 мл цукрового сиропу з додаванням 1 мл Mg цитрату нанотехнологічного (Mg ЦНТ), що містив 0,4 мг Mg/л; III група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (2 мг Mg/л); IV група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (3 мг Mg/л); V група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (4 мг Mg/л). Бджоли контрольної та дослідних груп утримувалися в аналогічних умовах лабораторного термостату ТС-80М-3 з мікрорегуляцією за відносної вологості 75 % і температури 30,0 °С упродовж 20 діб досліджень.

Наступний II етап дослідження проведений на чотирьох групах бджіл. Ізольовані у садках бджоли контрольної (I) групи одержували підгодівлю щодобово 1 мл 50 % цукрового сиропу (ЦС) і 1мл H₂O; II група (дослідна) – 1 мл цукрового сиропу з додаванням 1 мл Mg цитрату, що містив 0,04 мг Mg /л; III група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (0,02 мг Mg/л); IV група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (0,01 мг Mg/л); Бджоли контрольної та дослідних груп утримувалися в аналогічних умовах лабораторного термостату ТС-80М-3 з мікрорегуляцією за температури 30,0 °С упродовж 30 діб досліджень.

На 20 (I етап) і 30 (II етап) доби досліджень відбирали по 10 бджіл з кожної групи для визначення вмісту мікроелементів у мінералізаті тканин їхнього організму. Мінералізацію проб проводили методом сухого озолення у муфельній печі при $t_{max} = 450$ °С, одержані зразки золи розводили в 6 н HCl і визначали вміст окремих мікроелементів (Fe, Zn, Cu, Mn) на атомно-абсорбційному спектрофотометрі СФ-115 ПК, абсолютні концентрації вмісту виражали у міліграмах на кілограм натуральної маси (мг/кг) (Vizlo et al., 2012).

Отримані цифрові дані за етапами досліджень статистично опрацьовували за допомогою стандартного пакету статистичних програм *Microsoft EXCEL* з визначенням середніх величин M , їх відхилень $\pm m$ і ступеня вірогідності міжгрупових різниць із використанням коефіцієнта Стьюдента (P).

Результати та їх обговорення

Відомо, що Cu, Fe та Mn є металами, що беруть участь у окисно-відновних процесах і можуть викликати окислювальний стрес та порушувати стабільність біологічних систем, а рівень мінерального живлення може впливати на антиоксидантний статус медоносних бджіл. Магній бере участь в усіх основних метаболічних і фізіологічних процесах у клітині та відповідає за численні функції в організмі, включаючи нервово-м'язову, сигнальні шляхи, накопичення та передачу енергії, метаболізм глюкози, ліпідів і білків, стабільність ДНК та РНК і проліферацію клітин (Wu et al., 2020).

Визначення вмісту Fe, Zn, Cu, і Mn у тканинах бджіл вказує на відмінності впливу застосованих концентрацій Mg цитрату у першому етапі дослідження на рівень цих елементів в їх організмі. За результатами дослідження у тканинах цілого організму бджіл за умов додавання до стимулюючої підгодівлі Mg цитрату у різних розведеннях спостерігали зниження вмісту Феруму, Цинку, Купруму та Мангану в зразках тканин дослідних груп порівняно з контрольною (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст окремих мікроелементів у тканинах організму медоносних бджіл за підгодівлі Mg цитрату вищої концентрації, ($M \pm m$, $n = 10$), мг/кг

Мікро-елементи	Групи медоносних бджіл				
	Контрольна	Дослідні			
		I ЦС	II 0,04 мг Mg/л	III 2 мг Mg/л	IV 3 мг Mg/л
Fe	187,73 ± 12,15	150,10 ± 9,27	119,31 ± 9,38*	165,29 ± 3,70	135,32 ± 2,73*
Zn	132,91 ± 13,69	89,88 ± 5,17*	86,43 ± 3,21*	108,73 ± 2,37	81,26 ± 5,48*
Cu	16,20 ± 0,49	11,10 ± 0,51**	8,53 ± 0,09***	13,32 ± 0,19**	12,33 ± 0,92**
Mn	49,98 ± 4,81	40,82 ± 3,79	33,70 ± 2,60*	41,78 ± 3,13	31,58 ± 0,28*

Примітка: у цій та наступних таблицях * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$ – вірогідні різниці між контрольною та дослідними групами

Відомо, що такі мікроелементи, як Цинк і Манган, є структурними компонентами багатьох ферментів. Вони беруть участь у енергетичному обміні, клітинному диханні, метаболізмі нуклеїнових кислот, вуглеводів, білків і жирів, а також необхідні для функціо-

нування імунної системи, входять до складу багатьох гормонів, підтримують антиоксидантний статус, регулюють активність розщеплення і всмоктування поживних речовин (Bulat et al., 2012).

Характерно, що найнижчий вірогідний ($P < 0,05$) вміст Феруму і Мангану встановлено у бджіл III і V дослідних груп. Рівень Цинку характеризувався нижчим вмістом ($P < 0,05$) у зразках тканин організму II, III та V дослідних груп порівняно з контролем. Вміст Купруму вірогідно знижувався у тканинах бджіл всіх дослідних груп. Зокрема, в 1,5 рази ($P < 0,01$) – II група; 1,9 рази ($P < 0,001$) – III; 1,2 рази ($P < 0,01$) – IV; 1,3 рази ($P < 0,01$) – V порівняно з контролем. Встановлені коливання можуть свідчити про міжгрупові різниці надходження Cu з трофічного ланцюга, нагромадження її в окремих тканинах організму, оскільки цей елемент бере участь в різноманітних процесах метаболізму. Відомо, що від рівня Cu в організмі медоносних бджіл залежить інтенсивність синтезу амі-

нокислот, а значна кількість цього елемента виділяється з особливим секретом заглоткових залоз молодих бджіл – маточним молочком. Основна кількість Cu в організмі бджіл міститься в кутикулі – зовнішньому скелеті, який покриває тіло бджоли, і хітинових утвореннях, що формують внутрішній скелет (Kovalchuk et al., 2021).

За результатами II етапу досліджень вмісту Fe, Zn, Cu, Mn у тканинах організму бджіл спостерігали менш виражений вплив нижчих доз Mg цитрату на нагромадження цих елементів в їхньому організмі. За згодовування застосованих концентрацій Mg цитрату вірогідних відмінностей вмісту Fe, Zn, Cu у тканинах бджіл II, III, V дослідних груп не встановлено (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст окремих мікроелементів у тканинах організму медоносних бджіл за підгодівлі Mg цитрату нижчої концентрації, ($M \pm m$, $n = 10$), мг/кг

Мікроелементи	Групи медоносних бджіл			
	Контрольна I ЦС	Дослідні		
		II 0,04 мг Mg/л	III 0,02 мг Mg/л	IV 0,01 мг Mg/л
Fe	51.02 ± 4.15	51.12 ± 3.57	50.22 ± 5.02	59.78 ± 2.89
Zn	25.24 ± 3.01	27.27 ± 4.11	26.15 ± 4.58	29.20 ± 3.29
Cu	3.47 ± 0.78	3.34 ± 0.91	3.29 ± 0.84	3.88 ± 0.63
Mn	8.69 ± 0.20	13.19 ± 0.75**	11.55 ± 0.72*	9.27 ± 0.86

Проте спостерігали підвищення рівня Mn у тканинах бджіл II ($P < 0,01$) і III ($P < 0,05$) дослідних груп на тлі невірогідного зростання у IV дослідній групі порівняно з контролем. Відсутність вірогідних різниць вмісту цих елементів у тканинах бджіл II–IV груп порівняно з контролем може вказувати на достатній рівень їх забезпечення в організмі з природного корму до початку експерименту.

Варто зазначити, що потреба бджіл у мікро- і макроелементах забезпечується їхнім надходженням з пилком рослин, водою і нектаром, проте залежить значною мірою від синергічних або антагоністичних зв'язків між різними, у т. ч. недостатньо вивченими елементами. Важлива роль окремих елементів (Fe, Zn, Cu) в організмі бджіл визначає їхню потребу в кормах для функціонування окремих систем та органів. Стимулююча підгодівля Mg цитрату впливала як на вміст окремих досліджених елементів у тканинах, так і на весь мінеральний обмін в організмі медоносних бджіл.

Висновки

Підгодівля медоносних бджіл цукровим сиропом з додаванням нанотехнологічного цитрату магнію впродовж 20 (I етап) і 30 діб (II етап) в умовах термостату зумовлює зміни вмісту Fe, Zn, Cu, Mn у тканинах їхнього організму. Застосування вищих доз Mg цитрату характеризувалось зниженням вмісту Феруму, Цинку, Купруму і Мангану у тканинах організму бджіл III і V дослідних груп (I етап). За результатами II етапу досліджень визначення вмісту Fe, Zn, Cu, Mn у тканинах організму бджіл спостерігали стимулюючий вплив

нижчих – 0,02 ($P < 0,05$) і 0,04 мг Mg/л ($P < 0,01$) та не вірогідно – 0,01 мг Mg/л доз Mg цитрату на нагромадження Mn в їх організмі. Вміст Fe, Zn, Cu не зазнавав суттєвих відмінностей порівняно з їхнім рівнем у тканинах організму бджіл контрольної групи.

Перспективи подальших досліджень. Доцільним є комплексне вивчення впливу магнію цитрату на ліпідний обмін в організмі медоносних бджіл, їхню продуктивність та життєздатність.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів у даній роботі.

References

- Brodshneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41, 278–294. DOI: 10.1051/apido/2010012.
- Bulat, Z., Đukić-Cosić, D., Antonijević, B., Bulat, P., Vujanović D., Buha A., & Matović V. (2012). Effect of Magnesium Supplementation on the Distribution Patterns of Zinc, Copper, and Magnesium in Rabbits Exposed to Prolonged Cadmium Intoxication. *Scientific World Journal*, 2012, 514–572. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3373183>.
- Dow, J. A. (2017). The essential roles of metal ions in insect homeostasis and physiology. *Curr. Opin. Insect Sci.*, 23, 43–50. DOI: 10.1016/j.cois.2017.07.001.
- Fedoruk, R. S., Kykish, I. B., Tsap, M. M., & Denys, H. H. (2021). Vplyv nanotekhnologichnykh preparativ zakhystu roslyn na zhyttiezdarnist bdzhil i vmist mikroelementiv u yikh tkanynakh. *Naukovyi visnyk*

- LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho, 23(104), 102–109. DOI: 10.32718/nvlvet10417 (in Ukrainian).
- Hulich, M. P., Kharchenko, O. O., Yermolenko, V. P., & Moiseienko, I. Ye. (2014). Tsytraty mahniuu, otrymani za akvananotekhnolohiieiu: khimichna ta biolohichna kharakterystyky. *Dovkillia ta zdorovia*, 4, 14–18. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dtz_2014_4_4 (in Ukrainian).
- Kaplunenko, V. H., Fedoruk, R. S., Kovalchuk, I. I., Pashchenko, A. H., Romaniv, L. I., Dvylyuk, I. I., & Kykish, I. B. (2017). Biologic action of citrates of the microelements in melliferous bees in different periods of their lives. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 41(S1), 64.
- Klitynska, O. V., & Stishkovsky, A. V. (2020). Magnesium in the body and its role in the formation of dental disease. *Ukraine. The health of the nation*, 3(60), 130–137. DOI: 10.24144/2077-6594.3.2020.208661.
- Kovalchuk, I. I., Kykish, I. B., Fedoruk, R. S., & Tsap, M. M. (2021). Mikroelementy tkanyh orhanizmu bdzhil za pidhodivli nanotekhnolohichnymy tsytratamy kobaltu i hermaniiu. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 3(54), 31–38. DOI: 10.32845/bsnau.vet.2021.3.5.
- Kovalchuk, I., Dvylyuk, I., Leczyk, Y., Dvylyuk, I., & Gutyj, B. (2019). Physiological relationship between content of certain microelements in the tissues of different anatomic sections of the organism of honey bees exposed to citrates of argentum and cuprum. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(2), 177–181. DOI: 10.15421/021926.
- Kovalchuk, I., Fedoruk, R., Kikish, I., Tsap, M., & Denys, G. (2021). The influence of nanotechnological preparations of plant protection on the viability of bees and the content of microelements in their tissues. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23(104), 102–109. DOI: 10.32718/nvlvet10417.
- Kovalskyi, Y., Gutyj, B., Fedak, V., Kovalska, L., & Druzhibiak, A. (2021). The influence of feed quality on the development and productivity of bee queens. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 23(95), 71–75. DOI: 10.32718/nvlvet-a9510.
- Kovalchuk, I. I., Fedoruk, R. S., Spivak, M. Ya., Romanovych, M. M., & Iskra, R. Ya. (2021). Influence of immunobiotics B-7280 on the viability of honeybees and the content of essential and toxic microelements in the tissues of the organism. *Microbiological Journal*, 83(2), 12–20. DOI: 10.15407/microbiolj83.02.042.
- Oskay, D. (2021). Effects of diet composition on consumption, live body weight and life span of worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 19, 4421–4430. DOI: 10.15666/aecer/1906_44214430.
- Şapcaliu, A., Pavel, C., Savu, V., Matei, M., & Rădoi, I. (2010). Biochemical and Cytological Investigations on Haemolymph of *Apis Mellifera* Carpathica Bee in Stressful Conditions. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 67(1–2), 313–320. DOI: 10.15835/buasvmcn-asb:67:1-2:5317.
- Sartain, C. V., & Wolfner, M. F. (2013). Calcium and egg activation in *Drosophila*. *Cell Calcium*, 53, 10–15. DOI: 10.1016/j.ceca.2012.11.008.
- Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., & Ratych, I. B. (2012). *Laboratorni metody doslidzen u biolohii, tvarynnytstvi ta veterynarii medytsyni: dovidnyk*, Lviv: SPOLOM (in Ukrainian).
- Wright, G. A., Nicolson, S. W., & Shafir, S. (2018). Nutritional Physiology and ecology of honey bees. *Annual review of entomology*, 63, 327–344. DOI: 10.1146/annurev-ento-020117-043423.
- Wu, Y., Funato, Y., Meschi, E., Jovanoski, K. D., Miki, H., & Waddell, S. (2020). Magnesium efflux from *Drosophila* Kenyon cells is critical for normal and diet-enhanced long-term memory. *eLife*, 9, 1339. DOI: 10.7554/eLife.61339.
- Yang, W., Tian, Y., Han, M., & Miao, X. (2017). Longevity extension of worker honey bees (*Apis mellifera*) by royal jelly optimaldose and active ingredient, 5, 3118. DOI: 10.7717/peerj.3118.