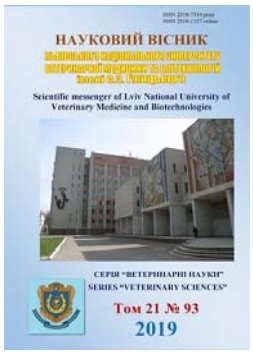
View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk

brought to you by CORE



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. 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/nvlvet9311
http://nvlvet.com.ua

UDC 638.12:612.392:57.014:664.48

Mineral composition of the organism tissues and honeycombs of melliferous bees under the conditions of feeding them soybean flour and citrates of Cobalt and Nickel

A.G. Pashchenko[1], I.I. Kovalchuk[2], R.S. Fedoruk[2]

[1]*National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine*
[2]*Institute of Animal Biology, Lviv, Ukraine*

Article info

Received 24.01.2019
Received in revised form 05.03.2019
Accepted 06.03.2019

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroyiv Oborony st., 15, Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-050-387-46-10
E-mail: nanopag@gmail.com

Institute of Animal Biology of NAAS, Stusa Str., 38, Lviv, 79000, Ukraine.

Pashchenko, A.G., Kovalchuk, I.I., & Fedoruk, R.S. (2019). Mineral composition of the organism tissues and honeycombs of melliferous bees under the conditions of feeding them soybean flour and citrates of Cobalt and Nickel. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 21(93), 60–64. doi: 10.32718/nvlvet9311

The inadequacy of mineral nutrition leads to inhibition of physiological and metabolic reactions in the body of honeybees. It is known that Cobalt chloride is used to activate oviposition of the queen bee. It was established that Cobalt and Nickel citrate, obtained by the method of nanotechnology, corrects the mineral metabolism and affects the metabolism of bees. It is known that Cobalt plays an important role in the work of enzymes; synthesis of vitamin B_{12}, promotes assimilation of vitamins A, E, C; increases protein metabolism, participates in hematopoiesis. Nickel also has a pronounced effect on hemopoiesis, namely on the morphological composition of blood. But its effect on the cell and subcellular level is not well understood. The results of studies of the effect of soybean flour with the addition of Cobalt and Nickel citrates on the content of mineral elements in the tissues of the body of bees and honeycombs are given. The research was carried out in the farms in the Lviv region, in April-May at the bees of the Carpathian breed. It was established that the content of Ferrum, Cuprum and Germanium in the tissues of bees increases with the addition of soybean flour with Cobalt citrate at a dose of 2 mg per 500 g of soy flour. When Nickel citrate was added to the feed at a dose of 1 mg per 500 g of soy flour, the content of Ferrum and Cuprum increased in honeycombs. The complex combination of Citrits Co and Ni, soy flour with sugar syrup was characterized by a decrease in the level of Zn in the tissues of the bees compared to its contents in the control group samples. In samples of biological material, the content of Cobalt, Nickel and the essential elements Cuprum, Zink, Ferrum, Selenium, Germanium was determined by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma. Citrates of the microelements were produced by the method of M. Kosinov and V. Kaplunenko.

Key words: *trace elements, nanotechnology, Cobalt citrate, Nickel citrate, soy flour, honey bees, honeycomb.*

Мінеральний склад тканин організму і стільників медоносних бджіл за умов підгодівлі борошном сої і цитратами Кобальту та Нікелю

А.Г. Пащенко[1], І.І. Ковальчук[2], Р.С. Федорук[2]

[1]*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна*
[2]*Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна*

Неповноцінне мінеральне живлення призводить до пригнічення фізіологічних і метаболічних реакцій в організмі медоносних бджіл. Відомо, що хлорид кобальту використовується для активації яйцекладки бджоломатки. Встановлено, що цитрат кобальту і нікелю, отримані з використанням методів нанотехнологій, коригують мінеральний обмін і впливають на метаболізм бджіл.

Відомо, що кобальт відіграє важливу роль у роботі ферментів; синтезі вітаміну B_{12}, сприяє засвоєнню вітамінів А, Е, С; активізує білковий обмін, бере участь у кровотворенні. Нікель також має виражену дію на гемопоез, а саме на морфологічний склад крові. Але його вплив на клітинному і субклітинному рівні недостатньо вивчений. У роботі наведено результати дослідження впливу соєвого борошна з додаванням цитратів Кобальту та Нікелю на вміст мінеральних елементів у тканинах організму бджіл та стільників. Дослідження проводилися у фермерських господарствах Львівської області у квітні–травні на бджолах карпатської породи. Встановлено, що вміст Заліза, Міді і Германію в тканинах бджіл збільшується з додаванням соєвого борошна з цитратом Кобальту в дозі 2 мг на 500 г соєвого борошна. Коли цитрат нікелю додавали до корму в дозі 1 мг на 500 г соєвого борошна, вміст Заліза і Міді збільшувався в стільниках. Комплексне поєднання згодовування цитратів Кобальту і Нікелю, соєвого борошна з цукровим сиропом характеризувалося зниженням рівня Цинку в тканинах бджіл порівняно з його вмістом у контрольній групі зразків. У зразках біологічного матеріалу вміст Кобальту, Нікелю та мінеральних елементів Міді, Цинку, Заліза, Селену, Германію визначали атомно-емісійною спектрометрією з індуктивно зв'язаною плазмою. Цитрати мікроелементів, що використовувалися у дослідженнях, отримано за методом М. Косинова і В. Каплуненка.

***Ключові слова**: мінеральні елементи, цитрат Кобальту, цитрат Нікелю, соєве борошно, бджоли, стільники.*

Вступ

Недостатній рівень ліпідного і мінерального живлення, що може виникати у весняний та осінній періоди за умов збіднення природної кормової бази, зумовлює виснаження енергетичних та пластичних запасів в організмі бджіл і впливає на репродуктивну здатність їхніх маток (Taranov, 1986; Lebedev & Bilash, 1991; Polishhuk & Lokutova, 2002; Fedoruk & Romaniv, 2013; Vishchur et al., 2016). Встановлено, що переробка бджолами великої кількості цукрового сиропу призводить до зношування організму, прискорює його старіння і зменшує тривалість життя робочих бджіл (Brandorf & Ivojlova, 2011). Тому виникає необхідність стабілізувати живлення бджіл і обмін речовин у їхньому організмі, де макро- та мікроелементи відіграють провідну роль (Buranbaev, 2004; Brodschneider & Crailsheim, 2010; Kovalskyi et al., 2018).

Серед численної групи хімічних елементів, які регулюють різні функції в тканинах тварин та бджіл, є біометали. Вони надходять в організм тварин різними шляхами у вигляді добавок, профілактичних та лікувальних засобів (Bondareva, 2005) Переважна більшість перерахованих сполук є солями мікроелементів з неорганічними кислотами, застосування яких як джерел мікроелементів у годівлі тварин буває малоефективним. Значно кращі результати досягаються при застосуванні комплексних сполук металів з амінокислотами, органічними кислотами тощо (Losev et al., 2013).

Мінерали, що є в біологічних системах, фізіологічну функцію виконують у вигляді іонів і комплексів. Експерименти і ветеринарна практика показують, що вони легко засвоюються організмом і тварини можуть переносити досить великі дози мікроелементів, які при задаванні у формі неорганічних солей є токсичними. Експериментально доведено позитивний вплив біогенних металів на організм бджіл, який суттєво залежить не лише від кількості мікроелементів у раціоні, але й від хімічної структури сполук, з якими ці мікроелементи утворюють комплекси, що беруть участь в підтримці цілісності клітини. Це пояснює множинність біологічних ефектів таких комплексів (Buranbaev, 2004; Groh et al., 2004; Losev et al., 2013). Встановлено важливість для бджіл таких мінеральних елементів як Кобальт (Co), Магній (Mg), Марганець (Mn), Калій (K), Йод (I) (Zaharenko, 2004).

Сьогодні відомо, що Кобальт відіграє важливу роль у роботі ферментів; синтезі вітаміну B_{12}; пригнічує діяльність ряду патогенних мікробів; сприяє засвоєнню вітамінів А, Е, С; підсилює білковий обмін (Jakovlev, 1969; Zolfaghari & Ross, 2003). Згодовування хлористого кобальту в осінній період викликало збільшення розплоду в сімях на 12,5%, вихід меду – на 34% порівняно з показниками сімей, які отримували тільки цукровий сироп. Кобальт підвищує захисні властивості організму, активує в організмі комахи ферменти: каталазу, протеазу і інвертазу (Grigorjan, 1969; Morgulis & Hlebopros, 2010).

За механізмом своєї біологічного дії Нікель виявляє помітну схожість з іншими 3d-елементами – Залізом і Кобальтом. Дія Нікелю реалізується в основному на клітинному і субклітинному рівні. Препарати Нікелю виявляють виражений вплив на гемопоез, впливаючи на морфологічний склад крові, збільшуючи кількість юних форм білих і червоних кров'яних тілець. Відтворна функція тварин при дефіциті Нікелю змінюється в меншій мірі, ніж при дефіциті інших життєво необхідних мікроелементів. Все ж недостатня кількість Нікелю призводить до істотного зниження ефективності першого осіменіння, запліднення, зростання числа ялових тварин, викиднів. Нікель є активатором таких ферментів, як аргіназа, карбоксилаза, та ін. Нікель бере безпосередню участь у регуляції синтезу і секреції гормонів аденогипофізу (Beleckij et al., 2012).

Додавання до корму бджіл сполук окремих мікроелементів як стимуляторів метаболізму впливає на корекцію фізіолого-біохімічних процесів і значно підвищує життєдіяльність, репродуктивну здатність та резистентність медоносних бджіл. Альтернативним напрямком у вирішенні проблеми збагачення кормів для бджіл ессенціальними біометалами є використання їх у формі нетоксичних органічних сполук – карбоксилатів харчових кислот, що отримані нанотехнологічними методам. Вивчення впливу на організм медоносних бджіл цитратів Co і Ni є актуальним і дає змогу поліпшити їхнє живлення в критичні періоди життєдіяльності, вдосконалити склад і схему весняної підгодівлі медоносних бджіл.

Мета дослідження – вивчити вплив згодовування медоносним бджолам у весняно-літній період білково-ліпідної добавки і цитратів кобальту та нікелю на вміст мікроелементів у їхніх тканинах та продукції.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження були проведені у фермерському господарстві "Карпатська бджола" Перемишлянського району Львівської області з 8 квітня 2014 року по 8 травня 2014 року. Для проведення досліджень було сформовано п'ять груп бджолиних сімей, по три бджолосім'ї в кожній. I група контрольна – умови стаціонарного утримання, II група – за аналогічних умов з підгодівлею цукровим сиропом (60% 500 мл) і борошном натуральної сої (500 г/тиждень/бджолосім'ю), III група – за аналогічних умов з підгодівлею цукровим сиропом (60% 500 мл) і борошном натуральної сої (500 г/тиждень/бджолосім'ю) з додаванням цитрату Кобальту в дозі 2 мг Co; IV група – за аналогічних умов з підгодівлею цукровим сиропом (60% 500 мл) і борошном натуральної сої (500 г/тиждень/бджолосім'ю) з додаванням цитрату Нікелю в дозі 1 мг Ni, V група – за аналогічних умов з підгодівлею цукровим сиропом (60% 500 мл) і борошном натуральної сої (500 г/тиждень/бджолосім'ю) з додаванням цитратів Кобальту в дозі 2 мг та Нікелю – в дозі 1 мг. Відібрані для досліду робочі медоносні бджоли утримувалися у вуликах-лежаках, бджолосім'ї були благополучні щодо інфекційних та інвазійних хвороб.

У дослідний період були відібрані зразки стільників та тканин цілого організму медоносних бджіл. У зразках біологічного матеріалу було визначено вміст Co, Ni та і есенціальних елементів Cu, Zn, Fe, Se, Ge методом атомно-емісіонної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (АЕС-ИСП) на приладі Optima 210 DV. Цитрати мікроелементів виготовлені за методом М. Косінова і В. Каплуненка (Kosinov et al., 2009).

Цифрові дані опрацьовані статистично з використанням комп'ютерної програми Microsoft EXCEL з визначенням середніх величин M, їхніх відхилень ± m і ступеня вірогідності міжгрупових різниць з використанням коефіцієнта Стьюдента (P).

Результати та їх обговорення

За даних літератури (Taranov, 1986), відомо про коливання концентрацій мінеральних речовин як в організмі медоносних бджіл, так і відповідно у продукції бджільництва, а також стільниках.

Таблиця 1

Вміст окремих мінеральних елементів у стільниках бджіл за дії компонентів борошна сої та цитратів Co і Ni, мкг/кг маси (M ± m, n = 3)

ME	Групи медоносних бджіл				
	I (Контрольна)	II (Дослідна) Соя	III (Дослідна) Соя + Co	IV (Дослідна) Соя + Ni	V (Дослідна) Соя + Co + Ni
Co	0,40 ± 0,025	6,0 ± 0,11***	11,13 ± 0,64***	0,36 ± 0,01	6,0 ± 0,46***
Ni	0,20 ± 0,025	0,21 ± 0,0065***	0,24 ± 0,022***	0,76 ± 0,009***	0,74 ± 0,009***
Se	0,24 ± 0,01	0,10 ± 0,006***	0,12 ± 0,006***	0,18 ± 0,005**	0,09 ± 0,003***
Ge	0,14 ± 0,06	0,18 ± 0,006***	0,08 ± 0,006***	0,030 ± 0,001***	0,059 ± 0,001***
Cu	0,019 ± 0,0006	0,013 ± 0,0006**	0,51 ± 0,015***	0,85 ± 0,015***	0,06 ± 0,006***
Zn	2,02 ± 0,04	4,29 ± 0,05***	1,83 ± 0,03*	2,73 ± 0,06***	1,69 ± 0,05*
Fe	5,95 ± 0,03	5,20 ± 0,06***	10,77 ± 0,23***	15,3 ± 0,06***	16,04 ± 0,33***

Примітка: у цій і наступній таблиці вірогідні різниці за вмістом мікроелементів у тканинах усього організму медоносних бджіл II, III, IV та V – дослідних груп порівняно до Контрольної групи; * – P < 0,05–0,02; ** P < 0,01; *** P <0,001.

У результаті проведених досліджень встановлені вірогідні різниці вмісту Кобальту у вощині бджіл при згодовуванні цитрату Co (табл.1). Зокрема вміст Co у вощині III групи збільшувався на 2,8%, в V – на 1,5% (P < 0,001), що вказує на суттєвий рівень трансформації Co з його цитрату в організмі через восковидільні залози. Однак збереження вмісту Co у вощині бджіл II і V груп на однаковому рівні може вказувати на інтенсивне засвоєння цього елементу з борошна сої та інгібуючий вплив на цей процес йонів Ni.

Згодовування сої та цитрату Ni сприяло вірогідному збільшенню Ni у IV та V групах відповідно у 3,8 та 3,7 разу порівняно з контролем. Проте вміст Селену вірогідно зменшувався в II, III та V групах у 2,4 та у 2,0 рази щодо контролю. За результатами дослідження відзначено, що згодовування борошна натуральної сої та цитрату Co в III групі з додаванням до цих компонентів Ni у V групі зумовлювало вірогідне зменшення Цинку у вощині цих груп на 10,5 та 16,4% (P < 0,05). Тимчасом як додавання до сої цитрату Ni зумовлювало підвищення вмісту Zn у вощині бджіл IV групи (P < 0,001). Вірогідно вищий вміст Fe у 1,8, 2,5 та 2,7 разу спостерігається у вощині III, IV та V груп, що вказує на синергічний вплив цитрату Ni і в меншій мірі Co на рівень трансформації Fe у секрет восковидільних залоз бджіл. Нижчий вміст Fe у вощині бджіл II групи підтверджує відомості щодо інгібуючого впливу антипоживних речовин сої на засвоєння Fe з корму.

Встановлені характерні зміни щодо вмісту Ge і Cu у стільниках бджіл дослідних груп вказують на інгібуючий вплив цитратів Co і Ni на рівень трансформації Ge у вощині та синергічну дію цих мікроелементів на вміст Cu у вощині бджіл III–V груп.

Відомо, що вміст мінеральних елементів у тканинах організму бджіл порівняно до їхньої кількості в рослинах, з яких були зібрані нектар і пилок, закономірно зростає з віком або залишається таким як у

рослин. Характерно, що вміст окремих мінеральних елементів у тканинах медоносних бджіл значно коливається. Певний вплив зумовлює також фізіологічне значення окремих елементів для їхнього організму, оскільки медоносні бджоли здатні селективно нагромаджувати в тканинах організму мікроелементи. Зокрема, встановлено нижчі концентрації Zn у тканинах бджіл III (47,9%) та IV (80,4%) дослідних груп на тлі зростання вмісту Ge у III (50,0%) та та IV (28,6%) групах порівняно з контрольною групою (табл. 2). Суттєве зниження вмісту Zn в тканинах бджіл дослідних груп можна пов'язувати з особливостями метаболізму цих біогенних елементів у формі фітатних сполук соєвих бобів, що проявляють здатність до зниження рівнів засвоєння Zn на тлі їхнього абсорбційного інгібування. Встановлено вірогідно вищий рівень Se ($P < 0,001$) у тканинах цілого організму медоносних бджіл за умов підгодівлі як борошном сої, так і з цитратом Ni на тлі нижчого вмісту ($P < 0,001$) з цитратом Co.

Таблиця 2

Вміст окремих мінеральних елементів у тканинах організму бджіл за дії компонентів борошна сої та цитратів Co і Ni, мг/кг маси ($M \pm m$, $n = 3$)

ME	Групи медоносних бджіл				
	I (Контрольна)	II (Дослідна) Соя	III (Дослідна) Соя + Co	IV (Дослідна) Соя + Ni	V (Дослідна) Соя + Co + Ni
Co	0,15 ± 0,0003	0,19 ± 0,0004	0,64 ± 0,013	0,17 ± 0,0003	0,34 ± 0,007
Ni	0,11 ± 0,002	0,25 ± 0,005***	0,64 ± 0,013***	0,19 ± 0,004***	0,85 ± 0,0017
Se	0,29 ± 0,006	0,35 ± 0,007**	0,14 ± 0,004***	0,32 ± 0,006*	0,48 ± 0,0096
Ge	0,14 ± 0,003	0,10 ± 0,002***	0,21 ± 0,004***	0,18 ± 0,004***	0,14 ± 0,003
Cu	3,02 ± 0,06	3,18 ± 0,006	3,30 ± 0,07*	2,83 ± 0,008*	4,45 ± 0,089
Zn	18,72 ± 0,37	18,21 ± 0,36	9,74 ± 0,19***	3,56 ± 0,14***	17,68 ± 0,354
Fe	37,32 ± 0,76	30,64 ± 0,61*	44,35 ± 0,89*	53,83 ± 0,90***	47,12 ± 094

Аналіз одержаних результатів вказує на вірогідне зростання Ni у тканинах цілого організму бджіл II ($P < 0,001$), III ($P < 0,001$), IV ($P < 0,001$) та V дослідних груп порівняно з контролем. Нагромадження Fe в процесі онтогенезу медоносних бджіл проходить нерівномірно, і найбільша його кількість депонується на 7–9 добу личинкової стадії. За нормального перебігу фізіологічних процесів, зокрема мінерального обміну в організмі робочих бджіл, концентрація Fe в середньому становить 80,36–174,33 мкг/г сухої речовини. Важливо також зазначити, що серед усіх досліджених мікроелементів найбільша кількість у тканинах різних анатомічних відділів тіла бджіл припадає саме на вміст Fe з коливаннями від 37,5 до 68,2 мг/кг. Аналогічні зміни відзначені щодо вірогідного зростання вмісту Fe у тканинах бджіл як III (18,8%; $P < 0,05$), так і IV (44,2%; $P < 0,001$) дослідних груп на тлі нижчого вмісту у II групі ($P < 0,05$), порівняно з його вмістом у зразках тканин бджіл контрольної групи.

До демінералізуючих чинників, що здатні інгібуюче впливати на засвоєння окремих мінеральних елементів з кормів відноситься фітинова кислота, яка міститься в значній кількості у бобах сої. Механізм такої дії фітинової кислоти пов'язаний із її сильними хелатоутворюючими властивостями, що сприяють утворенню міцних важкорозчинних (хелатних) комплексів з важливими для амінокислотами. Доведено, що включення соєвого борошна до раціону тварин знижує доступність та засвоюваність більшості макро- і мікроелементів, що нормуються у живленні тварин. Не менш важливим елементом, необхідним для нормального перебігу фізіолого-біохімічних процесів в організмі медоносних бджіл, є Cu. За результатами досліджень вміст Cu в тканинах II, III ($P < 0,05$) та V дослідних груп був вищим на тлі нищого вмісту у зразках IV групи ($P < 0,05$) порівняно з показниками її вмісту у тканинах бджіл контрольної групи. Встановлені коливання можуть свідчити про міжгрупові різниці надходження Cu із трофічного ланцюга, нагромадження її в окремих тканинах організму під впливом цитратів кобальту і нікелю, оскільки Cu бере участь в різноманітних процесах метаболізму.

Варто зазначити, що внесення цитрату кобальту до цукрового сиропу зумовлювало зростання вмісту Co у III (4,2 разу) і V (2,3 разу) дослідних групах, проте різниці були невірогідними. Однак включення соєвого борошна і в поєднанні з цитратом Ni до цукрового сиропу зберігало вищі різниці концентрації Co у тканинах цілого організму медоносних бджіл, може вказувати на безпосередню інгібувальну дію білків сої на засвоюваність цього елементу в організмі медоносних бджіл.

Висновки

Підгодівля бджіл у весняно-літній період компонентів борошна сої та цитратів Co і Ni зумовлювало вірогідне збільшення Ni у IV та V дослідних групах на тлі зменшення ($P < 0,001$) вмісту Zn у стільниках бджіл. Встановлено вірогідне зменшення Se у вощині II, III, IV і V груп на тлі зростання Fe у III, IV і V дослідних груп ($P < 0,001$) порівняно з контрольною групою.

За умов підгодівлі медоносних бджіл борошном сої, а також додатковим введенням цитратів Co і Ni відзначено зростання вмісту Co у III і V дослідних групах. Вміст Cu та Ni в тканинах II, III ($P < 0,05$) та V дослідних груп був вищим на тлі нижчого вмісту

Cu у зразках IV групи (P < 0,05) порівняно з показниками їх вмісту у тканинах бджіл контрольної групи.

Комплексне поєднання цитратів Co і Ni, борошна сої з цукровим сиропом характеризувалось не вірогідним підвищенням Co, Ni, Cu, Fe на тлі зниження рівня Zn порівняно з вмістом у тканинах бджіл контрольної групи.

Введення цитратів кобальту та нікелю до компонентів підгодівлі медоносних бджіл корегує обмін мінеральних речовин в їхньому організмі і потребує додаткових досліджень щодо з'ясування механізмів синергічної та антагоністичної їх дії в організмі комах.

Перспективи подальших досліджень. Доцільним є вивчення фізіологічного впливу компонентів борошна сої та цитратів Co і Ni на репродуктивну здатність бджолиних маток у весняний період і на якісні показники бджолопродукції.

References

Beleckij, E.M., Kulibaba, R.A., & Vladykin, K.P. (2012). Nikel'. Pol'za i vred dlja zhivyh organizmov. Visnyk CNZ APV Harkivs'koi' oblasti, 12, 263–283 (in Russian).

Bondareva, N.V. (2005). Ispol'zovanie medonosnyh pchel kak bioindikatorov zagrjaznenija okruzhajushhej sredy tjazhelymi metallami. Uspehi sovremennogo estestvoznanija, 10, 5–6 (in Russian).

Brandorf, A.Z., & Ivojlova, M.M. (2011). Ocenka zimostojkosti pchelinyh semej pri podkormke saharnym siropom. Pchelovodstvo, 10, 15–17 (in Russian).

Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. Apidologie, 41(3), 278–294. doi: 10.1051/apido/2010012.

Buranbaev, I.I. (2004). Vlijanie stimulirujushhih podkormok na hozjajstvenno poleznye priznaki pchelinyh semej v razlichnyh uslovijah soderzhanija: avtoref. dis. na soiskanie uch. stepeni kand. s.–h. nauk: spec. 06.02.04 "Chastnaja zootehnija, tehnologija proizvodstva produktov zhivotnovodstva". Ufa, 21 (in Russian).

Fedoruk, R.S., & Romaniv, L.I. (2013). Reproduktyvna zdatnist' bdzholynyh matok za umov pidgodivli bdzhil boroshnom z bobiv soi natyvnogo ta transgennogo sortiv. Biologija tvaryn, 15(3), 140–149 (in Ukrainian).

Grigorjan, G.A. (1969). Vlijanie kobal'ta na pchel. Pchelovodstvo, Moskva 12, 18–20 (in Russian).

Groh, C., Tautz, J., & Rössler, W. (2004). Synaptic organization in the adult honey bee brain is influenced by brood-temperature control during pupal development. Proc Natl Acad Sci., 101(12), 4268−4273. doi: 10.1073/pnas.0400773101.

Jakovlev, A.S. (1969). Ispol'zovanie kobal'ta kak stimuljatora pri vyrashhivanii rasploda. Doklady sovetskih uchenyh i specialistov na XXII Mezhdunarodnom kongresse po pchelovodstvu, 159–163 (in Russian).

Kosinov, M.V., & Kaplunenko, V.G. (2009). Patent Ukrainy na korysnu model' №39392. Sposib otrymannja karboksylativ harchovyh kyslot z vykorystannjam nanotehnologii. MPK:SO7S 51/41, SO7F 5/00, SO7F 15/00, V82V 3/00. Opubl. 25.02.2009. http://uapatents.com/3-39392-sposib-otrimannya-karboksilativ-kharchovikh-kislot-z-vikoristannyam-nanotekhnologi.html (in Ukrainian).

Kovalskyi, Yu., Gucol, A., Gutyj, B., Sobolev, O., Kovalska, L., & Mironovych, A. (2018). Features of histolism and hystogenesis in the vital temperature range in the organism of honey bee (*Apis mellifera* L.) in the postembrional period. Ukrainian Journal of Ecology, 8(2), 301–307. doi: 10.15421/2018_342

Lebedev, V.I., & Bilash, N.G. (1991). Biologija medonosnoj pchely. M. Agropromizdat (in Russian).

Losev, O., Shevchenko, L., Grishko, S. (2013). Fiziologichni aspekty vykorystannja helatnyh spoluk u zhyvlenni bdzhil. Elektronnij resurs http://www.beeschool.kiev.ua/helatny_spolyku.html (in Ukrainian).

Morgulis, I.I., & Hlebopros, R.G. (2010). Biologicheskaja rol' kobal'ta. Jelektronnyj resurs: http://modernproblems.org.ru/ecology/25-hlebopos10.html (in Russian).

Polishhuk, V.P., & Lokutova, O.A. (2002). Biologichni osoblyvosti zhivlennja bdzhil i zbyrannja kvitkovogo pylku v umovah poliflornogo vzjatku. Biologija tvaryn, L'viv, 4(1–2), 236–242 (in Ukrainian).

Taranov, G.F. (1986). Korma i kormlenie pchel. M. Rossel'hozizdat (in Russian).

Vishchur, V.Y., Saranchuk, I.I., & Gutyj, B.V. (2016). Fatty acid content of honeycombs depending on the level of technogenic loading on the environment. Visn. Dnipropetr. Unìv. Ser. Bìol. Ekol., 24(1), 182–187. doi:10.15421/011622.

Zaharenko, M.O., Shevchenko, L.V., Mihal's'ka, V.M., Maljuga, L.V., & Skiba, O.V. (2004). Rol' mikroelementiv u zhittedijal'nosti tvaryn. Veterynarna medytsyna Ukrainy, 2, 13–16 (in Ukrainian).

Zolfaghari, R., & Ross, A. (2003). Recent advances in molecular cloning of fatty acid desaturase genes and the regulation of their expression by dietary vitamin A and retinoic acid. Prostagland., Leukotrien. and Essential Fatty Acids, 68(2), 171–179. doi: 10.1016/S0952-3278(02)00267-3.