

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТВАРИН

ДВИЛЮК ІВАННА ІВАНІВНА

УДК 591.1:638.12:577.118:591.615:661.857:661.856

**ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗМІ БДЖІЛ ТА
РЕПРОДУКТИВНА ФУНКЦІЯ БДЖОЛИНИХ МАТОК ЗА ПІДГОДІВЛІ
ЦИТРАТАМИ Ag I Cu**

03.00.13– фізіологія людини і тварин

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Львів - 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті біології тварин Національної академії аграрних наук України.

Науковий керівник – доктор ветеринарних наук,
старший науковий співробітник
Ковальчук Ірина Іванівна,
Львівський національний університет
ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького,
в. о. завідувача кафедри нормальної та
патологічної фізіології імені С. В. Стояновського

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Трокоз Віктор Олександрович,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
професор кафедри біохімії і фізіології тварин
імені академіка М. Ф. Гулого;

доктор ветеринарних наук, доцент
Данчук Олексій Володимирович,
Одеський державний аграрний університет,
проректор з наукової роботи та міжнародних
зв'язків

Захист відбудеться «26» квітня 2021 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.368.01 Інституту біології тварин НААН за адресою: 79034, м. Львів, вул. В. Стуса, 38

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту біології тварин НААН за адресою: 79034, м. Львів, вул. В. Стуса, 38.

Автореферат розісланий «26» березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради _____ **Д. І. Мудрак**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

На сучасному етапі розвитку бджільництва проводиться пошук нових ефективних способів і засобів корекції фізіолого-біохімічних процесів у організмі медоносних бджіл для підвищення їх життєздатності, резистентності, безпечності та якості отриманої продукції (Еськов Е. К., 2016; Федорук Р. С., Романів Л. І., 2016; Ковальчук І. І., 2016).

У працях багатьох авторів відзначається щорічне послаблення природної стійкості бджіл до умов середовища, зниження показників відтворної здатності та продуктивних якостей сімей (Amiri E., Strand M., Rueppell O., 2018; Souza D., Huang M., Tarpy D., 2019; Rangel J., Fisher A., 2019). Одним із перспективних і ефективних методів підвищення резистентності бджолиних сімей є використання органічних карбоксилатних комплексів, а саме цитратів біотичних мікроелементів (Федорук Р. С., Пащенко А. Г., 2015; 2016; Ковальчук І. І., Кикіш І. Б., Романів Л. І., 2017, Abou-Shaara H. F., Staron M., Staroňová D., 2020).

Важливо зазначити широкий спектр корисних біологічних ефектів у разі використання карбоксилатів таких елементів, як Cu, Fe, Zn, Mg, Co, Ge, Se, Ag та інших, отриманих нанотехнологічним методом М. В. Косінова і В. Г. Каплуненка (2009). Такі органічні сполуки володіють високою біологічною дією, ліпше засвоюються організмом і беруть активну участь у процесах обміну речовин (Пащенко А. Г., 2018; Данчук О. В., 2018; Трокоз В. О., 2019). Дослідження підтверджують значні антибактеріальні, противірусні й антисептичні властивості цитратів Ag і Cu. Відомо, що Cu навіть у мінімальних дозах значно посилює властивості Ag. Це вказує на каталітичні властивості Cu щодо Ag в біохімічних реакціях, де ці метали виступають як синергісти. Йони Cu є кофактором більшості ензиматичних реакцій, що забезпечують основні процеси життєдіяльності й резистентності організму, беруть участь у процесах тканинного дихання, прискорюють окиснення глюкози та сповільнюють розпад глікогену (Singh Surya, Nalwa Hari Singh, 2007; Чекман І. С., 2009; Korolenko T., Dmytrukha N., Marchenko M., 2010).

Однак фізіологічні та біохімічні особливості впливу цитратів Ag і Cu та їх поєднаної дії на організм медоносних бджіл не з'ясовано. Також бракує відомостей щодо закономірностей мінерального й ліпідного обміну в організмі медоносних бджіл, їх резистентності, розмноження та продуктивності за впливу цитратів Ag і Cu. Це спонукає до проведення додаткових досліджень у цьому напрямі, що дозволить оцінити стан організму медоносних бджіл за дії цитратів Ag і Cu, стимулювати яйцекладку бджолиних маток, підвищити життєздатність бджіл, біологічну цінність і якість їх продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, що увійшли до дисертації, є частиною науково-дослідної роботи лабораторії екологічної фізіології та якості продукції Інституту біології тварин НААН за завданнями: 29.00.01.06 Ф. «Вивчити біохімічні особливості тканин бджіл та біологічну цінність їх продукції залежно від агроекологічних умов утримання» (ДР № 0111U006161) і 28.00.01.02 Ф. «Вивчити фізіолого-біохімічні процеси в організмі тварин за дії нанокарбоксилатів біотичних елементів» (ДР № 0116U001398). Здобувачка досліджувала вміст мікроелементів і ліпідів у тканинах, продукції медоносних бджіл та репродуктивну здатність бджолиних маток.

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження – з’ясувати фізіологічні та біохімічні особливості впливу цитратів Ag і Cu на рівень мінеральних і ліпідних компонентів живлення у тканинах різних анатомічних відділів і всього організму та продукції бджіл, розробити способи підвищення репродуктивної функції бджолиних маток.

Для реалізації поставленої мети в роботі визначено такі завдання:

- дослідити вміст окремих мікроелементів у тканинах організму бджіл та їх життєздатність за підгодівлі цитратами Ag і Cu з утриманням в ентомологічних садках;
- проаналізувати вміст окремих мікроелементів, загальних ліпідів і їх класів у тканинах організму та продукції бджіл у весняний період;
- визначити мінеральний і ліпідний склад тканин організму бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu в літньо-осінній період;
- дослідити інтенсивність яйцекладки, функціональну активність репродуктивної системи, особливості гістологічної структури яєчників та перебігу оогенезу бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період;
- експериментально обґрунтувати й розробити способи підвищення репродуктивної функції маток бджіл, їх життєздатності за підгодівлі цитратами Ag та Cu у весняний період;
- з’ясувати вплив підгодівлі цитратами Ag і Cu на продуктивність бджолиних сімей.

Об’єкт дослідження – фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл, їх мінеральне і ліпідне живлення та якість продукції, репродуктивна здатність бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu.

Предмет дослідження — вміст мікроелементів, загальних ліпідів та їх класів у гомогенатах тканин і продукції медоносних бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu, продуктивність і якість їх продукції, плодючість маток.

Методи дослідження – фізіологічні (дослідження репродуктивної функції бджолиних маток), біохімічні (загальні ліпіди та їх окремі фракції, мікроелементи тканин і продукції), морфо-гістологічні (дослідження структури яєчників бджолиних маток), фізико-хімічні, статистичні (середні величини та їх відхилення, вірогідність міжгрупових різниць).

Наукова новизна отриманих результатів. Уперше доведено стимулювальний вплив цитратів Ag і Cu, отриманих методом нанотехнології, що характеризувався покращенням показників мінерального і білкового обміну, підвищенням життєздатності бджолиних сімей, на фізіологічні та біохімічні процеси в організмі медоносних бджіл у різні періоди життєдіяльності й медозбору. На основі порівняльного визначення вмісту деяких біотичних мінеральних елементів і фракцій ліпідів у тканинах окремих анатомічних відділів організму бджіл і їх продукції у весняний та літньо-осінній періоди з’ясовано особливості дії цитратів Ag і Cu на мінеральний та ліпідний обмін і встановлено дози їх застосування. Уперше підтверджено посилення життєздатності бджіл і репродуктивної функції маток за внесення у компоненти підгодівлі цитратів Ag і Cu.

Уперше доведено стимулювальний вплив підгодівлі цитратів Ag і Cu з цукровим сиропом у весняний період на інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками. Результати досліджень доповнюють новими науковими даними відомостей про вплив цитратів мікроелементів на життєздатність медоносних бджіл, їх резистентність, фізіологічну активність репродуктивної системи та перебіг оогенезу у бджолиних маток.

Встановлені відмінності функціональної активності репродуктивної системи бджолиних маток за дії цитратів Ag і Cu, що підтверджується підвищенням інтенсивності яйцекладки маток і силу бджолої сім'ї. Підгодівля бджіл цитратами Ag і Cu у весняний період спричиняла стимулювальний вплив на перебіг оогенезу у бджолиних маток, що характеризувалось підвищенням у яєчниках інтенсивності росту ооцитів із нагромадженням ооцитарної маси та вищою трофоцитарною активністю.

Наукова новизна результатів досліджень підтверджена двома деклараційними патентами України на корисну модель.

Практичне значення отриманих результатів. Обґрунтовано доцільність застосування цитратів Ag і Cu у підгодівлі медоносних бджіл для підвищення життєздатності, резистентності, продуктивності й репродуктивної функції бджолиних маток.

Розроблено «Спосіб фотометрії запечатаного розплоду» (Деклараційний патент України на корисну модель № 122394 від 10.01.2018 р.), що дозволяє автоматизовано за допомогою комп'ютерної програми опрацювати отримані знімки рамок із розплодом і визначити кількість запечатаних чарунок.

На основі отриманих результатів запропоновано «Спосіб стимуляції яйцекладки бджолиних маток» (Деклараційний патент України на корисну модель № 126794 від 10.07.2018р.). Обґрунтовано та впроваджено спосіб підвищення плодючості бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu, що викладений у методичних рекомендаціях «Підгодівля бджіл і методи оцінки її ефективності».

Основні положення дисертаційної роботи використовуються в науковій і практичній роботі Національного наукового центру «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції, Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, а також впроваджені у навчальний процес Національного університету біоресурсів і природокористування України, Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького, Харківської державної зооветеринарної академії, Дніпровського державного аграрно-економічного університету, Одеського державного аграрного університету.

Особистий внесок здобувача. Обґрунтування теми дисертаційної роботи, патентний пошук і аналіз наукової літератури здобувачка здійснила особисто. Формування плану роботи, постановку мети і завдань, обговорення результатів проведено спільно з науковим керівником. Здобувачка освоїла методичні підходи до розв'язання поставлених завдань та необхідні методи досліджень, виконала експериментальну частину роботи, здійснила аналіз і статистичне опрацювання отриманих результатів, їх публікацію у співавторстві, підготувала до захисту дисертаційну роботу.

Апробація результатів: Основні результати дисертаційної роботи були представлені на міжнародних і всеукраїнських конференціях: «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем у біології, тваринництві та ветеринарній медицині» (Львів, 2015, 2016, 2017, 2018), «Актуальні проблеми фізіології тварин» (Одеса, 2016; Харків, 2017), «Ветеринарні препарати: розробка, контроль якості та застосування» (Львів, 2017), Joint Annual Meeting of the German Society for Minerals and Trace Elements (GMS) with Zinc-UK (Aachen, Germany, 2017); «Еколого-регіональні проблеми ветеринарної медицини в забезпеченні здоров'я тварин» (Житомир, 2017); «Сучасні аспекти збереження здоров'я людини» (Ужгород, 2018); Central and Eastern European Conference on Health and the Environment (Krakow, 2018); «Актуальні питання сучасної мікроелементології», присвяченій пам'яті академіка Ю. І. Кундієва (Київ, 2018); на IX з'їзді Українського ентомологічного товариства (Харків, 2018); III Міжнародному форумі «Медова осінь на Львівщині. Прикордонні зустрічі» (Львів, 2018).

Публікації: Основні положення дисертаційної роботи й отримані результати досліджень опубліковані у 28 публікаціях, із них 15 статей у фахових наукових виданнях, з них 7 включено до міжнародних наукометричних баз даних (у тому числі 1 – із цитуванням у Web of Science), 1 стаття апробаційного характеру, 1 методичні рекомендації, 2 патенти на корисну модель, а також 9 тез доповідей на вітчизняних та міжнародних конференціях.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота викладена на 231 сторінці комп'ютерного тексту, з яких 161 займає основна частина, сформована зі вступу, огляду літератури, матеріалів і методів досліджень, результатів власних досліджень, аналізу та узагальнення одержаних результатів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел, який налічує 576 найменувань, із них 241 латиницею, та 12 додатків. Робота містить 36 таблиць і 7 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Огляд літератури. У розділі проаналізовано сучасні літературні дані про роль окремих мінеральних елементів у життєдіяльності медоносних бджіл, сезонні особливості їх розмноження та живлення, значення мінеральних і ліпідних компонентів природного та штучного корму. Розкрито сучасні тенденції вдосконалення підгодівлі бджолиних сімей. Висвітлено особливості функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за різного рівня мінерального живлення та сезону року.

Матеріали і методи дослідження. Дисертаційна робота виконана в 2015–2019 рр. у лабораторії екологічної фізіології та якості продукції Інституту біології тварин НААН. Під час виконання дисертаційної роботи проведено чотири серії досліджень за схемою, наведеною в таблиці.

Дослідження проводили на медоносних бджолах карпатської породи, яких утримували у багатокорпусних 8-рамкових вуликах із розміром рамки 435×230 мм. Бджолосім'ї перевіряли на інфекційні та інвазійні захворювання і визнали їх благополучними щодо захворювань.

ЗАГАЛЬНА СХЕМА ДОСЛІДЖЕНЬ

| Група медоносних бджіл | Період дослідження | Тривалість досліду, діб |
|---|--|-------------------------|
| ДОСЛІД I (МОДЕЛЬНИЙ) | | |
| I Контрольна | 1 мл (50%) цукровий сироп (ЦС) + 1 мл H ₂ O | 10 |
| II Дослідна | 1 мл (50%) ЦС+1 мл «Шумерське срібло» (ШС) 1:10 | 10 |
| III Дослідна | 1 мл (50%) ЦС + 1мл ШС 1:100 | 10 |
| IV Дослідна | 1 мл (50%) ЦС + 1 мл ШС 1:200 | 10 |
| V Дослідна | 1 мл (50%) ЦС + 1 мл ШС 1:500 | 10 |
| ДОСЛІД II (ВЕСНЯНИЙ ПЕРІОД) | | |
| I Контрольна | ЦС – 1000 мл/тиждень/бджолосім'ю | 28 |
| II Дослідна | ЦС + цитрат Ag – 0,5 мг/л | 28 |
| III Дослідна | ЦС+ цитрат Ag – 1 мг/л | 28 |
| IV Дослідна | ЦС + цитрат Cu – 0,5 мг/л | 28 |
| V Дослідна | ЦС + цитрат Cu – 1 мг/л | 28 |
| ДОСЛІД III (ЛІТНЬО-ОСІННІЙ ПЕРІОД) | | |
| I Контрольна | ЦС – 1000 мл/тиждень/бджолосім'ю | 28 |
| II Дослідна | ЦС + цитрат Ag – 0,5 мг/л | 28 |
| III Дослідна | ЦС + цитрат Ag – 1 мг/л | 28 |
| IV Дослідна | ЦС + цитрат Cu – 0,5 мг/л | 28 |
| V Дослідна | ЦС + цитрат Cu – 1 мг/л | 28 |
| ДОСЛІД IV (ВЕСНЯНИЙ ПЕРІОД) | | |
| I Контрольна | ЦС – 1000 мл/тиждень/бджолосім'ю | 36 |
| II Дослідна | ЦС+ цитрат Ag – 0,2 мг/л + цитрат Cu – 0,2 мг/л | 36 |
| III Дослідна | ЦС+ цитрат Ag – 0,5 мг/л + цитрат Cu – 0,5 мг/л | 36 |

Дослід I проведено в умовах ізольованого утримання бджіл у садках у лабораторії екологічної фізіології та якості продукції Інституту біології тварин НААН за температури 27 °С, з підгодівлею їх препаратом «Шумерське срібло» (ШС) з 50% цукровим сиропом (ЦС) упродовж 10 діб досліджень. Бджіл контрольної і дослідних груп утримували в садках за аналогічних умов лабораторного термостату з мікровентиляцією. Препарат «Шумерське срібло» являє собою розчин цитратів Ag і Cu з концентрацією активного Ag і Cu по 250 мг/л кожного, виготовлений з використанням нанотехнологій, (виробник ТОВ «Наноматеріали та нанотехнології», м. Київ). У період досліджень проводили щодобовий контроль кількості живих і мертвих бджіл, їх рухової та кормової активності.

Подальші дослідження проведено на базі навчальної пасіки Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Ґжицького у весняний і літньо-осінній періоди на бджолах карпатської породи.

Дослід II проведено на п'яти групах клінічно здорових бджолиних сімей, по три в кожній групі. Вивчали вплив згодовування бджолиним сім'ям цитратів Ag і Cu, на організм бджіл, їх продукцію у весняний період та інтенсивність яйцекладки бджолиних маток.

Дослід III виконано на п'яти групах клінічно здорових бджолиних сімей, по три бджолосім'ї у кожній. Мета досліджень полягала у вивченні впливу цитратів Ag і Cu, що їх вводили до підгодівлі з цукровим сиропом у літньо-осінній період, на організм медоносних бджіл та їх продукцію.

Дослід IV проведено на трьох групах клінічно здорових бджолиних сімей, по три у кожній. Вивчали вплив згодовування бджолиним сім'ям у весняний період комплексної вуглеводної добавки з цитратами Ag і Cu на організм медоносних бджіл, їх продукцію та репродуктивну систему бджолиних маток.

Для дослідження використовували тканини організму бджіл, пергу, свіжозбудовані бджолині стільники («язики») та запечатаний поліфлорний квітковий мед. Із кожної сім'ї відібрано 90–100 робочих бджіл, пергу (заповнені ділянки кормових стільників площею 20–25 см²), 100–150 г меду та збудовані по краю рамки стільники («язики») методом безпосереднього вирізування їх із гніздових надбудов масою 10–15 г з кожного вулика. У лабораторних умовах зі зразків окремих анатомічних відділів і цілого організму бджіл готували гомогенати. Вміст мінеральних елементів у досліджуваному біологічному матеріалі (гомогенаті тканин організму бджіл, перзі, стільниках і медах) визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі СФ-115 ПК (ГОСТ 30178-96) (дослід I–IV). Фізико-хімічні та якісні показники меду (пролін, діастазне число, масова частка води, рН) досліджували згідно з ДСТУ 4497:2005 (дослід II–IV). Вміст загальних ліпідів визначали за методом Фолча (Folch J. A., 1957) (дослід II–IV). Відносний вміст окремих фракцій ліпідів досліджували за допомогою тонкошарової хроматографії (Кейтс М., 1975) із використанням силікагелевих пластин Sorbfil (ПТСХ-П-А) із подальшим вимірюванням показників оптичної густини у дослідних зразках тканин на спектрофотометрі СФ-46 за довжини хвилі 440 нм (дослід II–IV). Показники інтенсивності яйцекладки бджолиних маток визначали підрахунком кількості запечатаного розплоду з використанням рамки-сітки з квадратами 5×5 см (дослід II). Активність репродуктивної системи бджолиних маток досліджували за показником інтенсивності середньодобової яйцекладки, застосовуючи розроблений фотометричний метод підрахунку запечатаного розплоду (Двилюк І. В., Ковальчук І. І., Двилюк І. І., Червінка К. А., 2018) (дослід IV). Підрахунки проводили через кожні 12 діб. На 36-ту добу здійснювали відбір дослідних бджолиних маток для гістологічного дослідження їх яєчників. Зважування 12-годинних яєць, отриманих з бджолиних чарунок, проводили на лабораторній електронній вазі серії ANG.C виробництва фірми AXIS (Польща).

Статистичний аналіз отриманих цифрових даних здійснювали за допомогою програми Statistica. Для порівняння досліджуваних показників і їх міжгрупових різниць застосовували t-критерій Стьюдента, результат вважали вірогідним за $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Життєздатність бджіл і вміст мінеральних елементів у тканинах їх організму за підгодівлі препаратом «Шумерське срібло» (дослід I). За результатами дослідження згодовування бджолам із цукровим сиропом препарату «Шумерське срібло» у різних розведеннях спостерігали дозозалежний вплив на тривалість їх життя.

За результатами дослідження констатовано найвищу збереженість за 10 діб дослід у бджіл IV групи, нижчими показниками збереженості характеризувалися бджоли III і V груп. Згодовування ШС високої концентрації у розведенні 1:10 зумовило найнижчу збереженість бджіл.

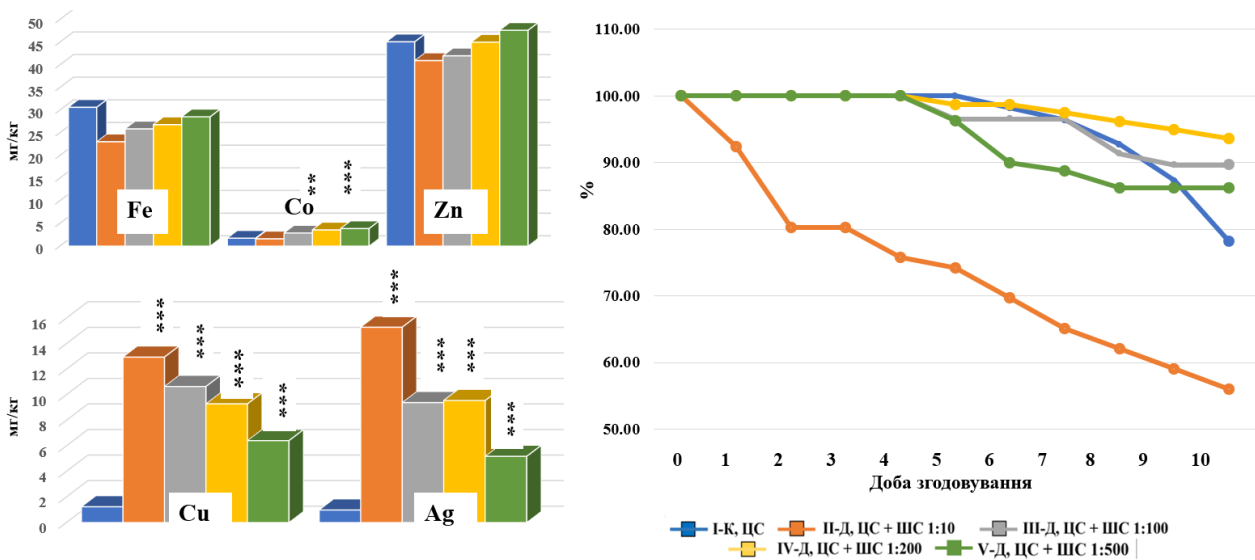


Рис.1. Вміст мінеральних елементів у тканинах медоносних бджіл та їх життєздатність

Примітки: 1) на цьому і наступних рисунках вірогідні різниці між контрольною (I) і дослідними (II, III, IV і V) групами: *— $p<0,05$; **— $p<0,01$; ***— $p<0,001$. 2) ЦС – цукровий сироп, ШС – Шумерське срібло.

Результати дослідження впливу ШС на бджіл за утримання в ентомологічних садках показали різниці за вмістом Ag ($p<0,001$), Cu ($p<0,001$) і Co ($p<0,001$) й не вірогідно – Fe і Zn у тканинах їх організму. Отже, застосування медоносним бджолам 1:100, 1:200, 1:500 ШС вказує на відсутність токсичного впливу на їх організм упродовж 10 діб згодовування, а також коригувальну дію на вміст Ag, Cu, Fe, Zn і Co у тканинах організму.

Вміст мінеральних елементів у тканинах бджіл та їх продукції за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період (дослід II). Згодовування з цукровим сиропом різної кількості цитратів Ag і Cu зумовлювало вищі рівні Cu ($p<0,05$ – $0,001$) і Cr ($p<0,05$) в гомогенатах тканин цілого організму бджіл. Характерно, що вміст Pb і Cd був нижчим у зразках гомогенату тканин бджіл дослідних груп порівняно з контролем. Вірогідно нижчий вміст мікроелементів відзначено для IV і V груп: для Pb на – 17,4 та 27,8 %, для Cd – на 19,4 і 32,2 % відповідно. Встановлено нижчий вміст Pb і Cd ($p<0,05$ – $0,001$) у перзі та меді на тлі вищого вмісту Fe ($p<0,05$), Zn ($p<0,05$ – $0,001$) і Co ($p<0,001$). Підгодівля бджіл цитратами Ag і Cu зумовлювала зміни якісних і фізико-хімічних показників меду дослідних груп. Зокрема, спостерігали вищий вміст проліну у меді дослідних груп ($p<0,001$) порівняно з контролем. Водночас у зразках меду II, III і IV груп відзначено вірогідно вищий рівень йонів водню, що свідчить про стимулювальний вплив цитратів Ag і Cu на мікробіологічні процеси в меді та його ферментативну активність у період дозрівання.

Отже, підгодівля бджіл цукровим сиропом із додаванням цитратів Ag і Cu стимулювала мінеральний обмін у організмі бджіл, синтез і збагачення меду проліном.

Вміст загальних ліпідів та їх класів у тканинах і продукції медоносних бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період (дослід II). За результатами досліджень загальних ліпідів у тканинах цілого організму спостерігали незначні зміни загальних ліпідів і їх фракцій у зразках дослідних груп порівняно з контролем (рис. 2). Більш виражені зміни встановлені щодо вмісту окремих класів ліпідів, вірогідні різниці яких були відзначені у всіх дослідних групах порівняно з показниками контролю.

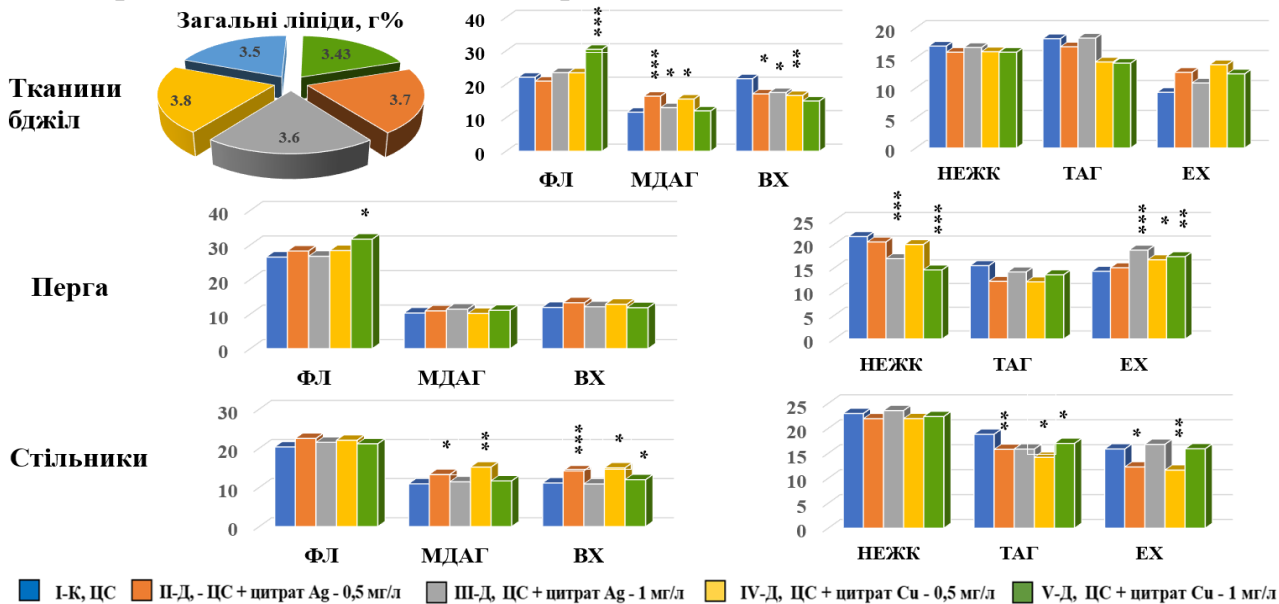


Рис. 2. Вміст загальних ліпідів (г%) і їх класів (%) у тканинах і продукції бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період

Так, уміст фосфоліпідів зростає у III, IV і V ($p < 0,001$) групах, моно- і диацилгліцеролів – у II ($p < 0,001$), III ($p < 0,05$) і IV ($p < 0,05$) групах на тлі зниження триацилгліцеролів у II, IV і V групах порівняно з контролем. Компоненти підгодівлі зумовили підвищення вмісту естерифікованого холестеролу ($p < 0,01-0,001$) у ліпідах тканин бджіл II–V груп на тлі зниження вмісту вільного холестеролу ($p < 0,05-0,01$) у гомогенатах тканин бджіл цих груп. Це може свідчити про важливу регуляційну функцію добавок цитратів мікроелементів щодо обміну окремих класів ліпідів залежно від рівня Ag і Cu в компонентах живлення організму бджіл. Результати дослідження вмісту загальних ліпідів у перзі показали вищий їх вміст у зразках бджіл III групи ($p < 0,05$) на тлі вірогідних змін відносного вмісту їх окремих класів. Зокрема, зазначено зростання вмісту фосфоліпідів у перзі бджіл V ($p < 0,05$), естерифікованого холестеролу – III ($p < 0,001$), IV ($p < 0,05$) і V ($p < 0,01$) груп на тлі нижчого вмісту НЕЖК III – у 1,3 разу ($p < 0,001$) і V – у 1,5 разу ($p < 0,001$) порівняно з контролем. Відмінності фракційного розподілу ліпідів перги можуть більшою мірою зумовлюватися безпосереднім впливом згодовування добавок цитратів Ag і Cu на обмін і співвідношення окремих класів ліпідів у організмі бджіл, а також біотрансформацією цих компонентів у продукцію через воскові залози бджіл.

Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі бджіл цитратами Ag і Cu у весняний період (дослід II). Середньодобова та загальна

кількість відкладених яєць бджолиними матками дослідних груп за підгодівлі цитратами Ag і Cu була вірогідно більша порівняно з контролем. Інтенсивність яйцекладки маток за 12-добовий підготовчий період коливалася від 38169 у III групі до 38885 яєць у V групі. За наступний 12-добовий період дослідження кількість відкладених яєць зросла з 41138 до 43712 у дослідних групах проти 40520 яєць у контрольній. Такі зміни спостерігали й у III періоді дослідження. Кількість відкладених яєць зросла у II групі на 2,9 %, III – на 5,7 %, IV – 9,3 % і V – 11,5 % порівняно з контролем і становила відповідно 43660, 44836, 46396 і 47302 штук. Очевидно, вищий рівень яйцекладки маток дослідних груп може підтримуватися як збільшенням вмісту біологічно активних компонентів у маточному молочку бджіл-годувальниць, так і збереженням високої активності репродуктивної системи маток за безпосереднього впливу цих сполук на організм.

Вміст мікроелементів у тканинах і продукції медоносних бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період (дослід III). Уведення цитратів Ag і Cu у літньо-осінній період зумовлювало вірогідні зміни вмісту мінеральних елементів у гомогенаті тканин бджіл (рис. 3). Зокрема, спостерігали підвищення вмісту Fe ($p < 0,05$) і Cu ($p < 0,01$) в гомогенаті тканин голови, грудного і черевного відділів бджіл дослідних груп на тлі нижчого вмісту Pb і Cd ($p < 0,05-0,001$).

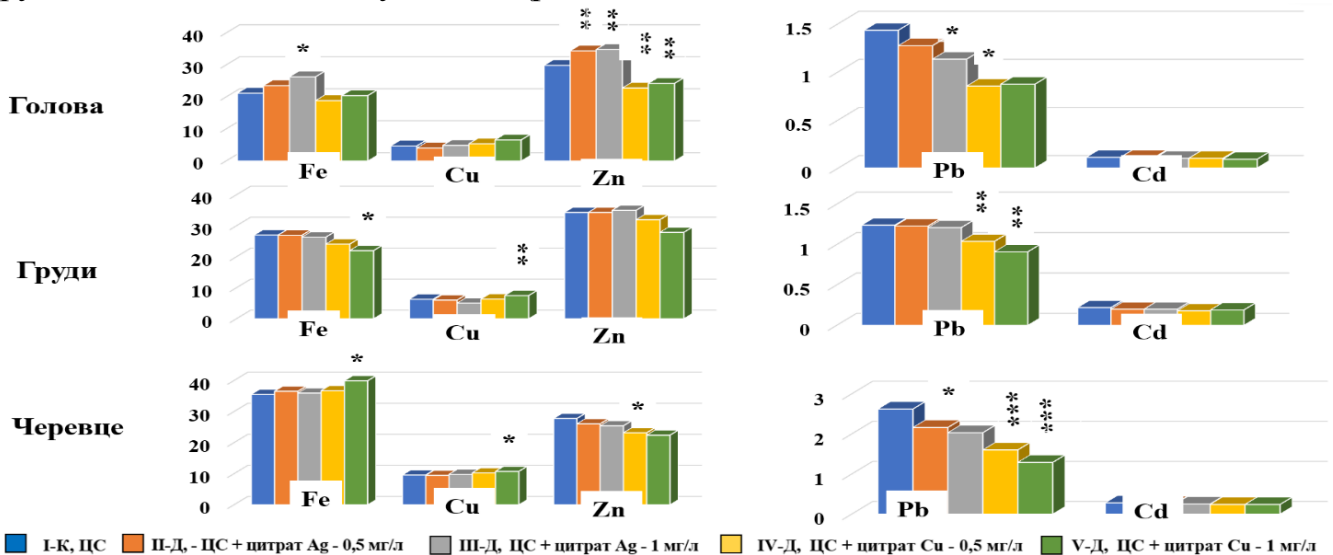


Рис. 3. Вміст мінеральних елементів у гомогенаті тканин голови, грудного та черевного відділів організму бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період, мг/кг натуральної маси

Виявлено вищий вміст Fe, Zn, Cu, Co у зразках меду дослідних груп на тлі зниження Cr, Pb та Cd ($p < 0,05$). За результатами дослідження фізико-хімічних показників меду відзначено вищий вміст проліну ($p < 0,05-0,001$) і діастазного числа ($p < 0,01-0,001$) за однакової масової частки води.

Отже, експериментальні дослідження свідчать про взаємозв'язок вмісту Ag і Cu в організмі бджіл з іншими мікроелементами – Fe, Zn, Co, Pb. Зміни вмісту мікроелементів у організмі бджіл залежать від дози згодовуваних добавок цитратів Ag і Cu.

Особливості розподілу ліпідних компонентів у тканинах організму бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період (дослід III). Аналіз результатів досліджень свідчить про зміни вмісту загальних ліпідів у гомогенаті тканин цілого

організму бджіл дослідних груп порівняно з контролем. Зокрема, виявлено вищий вміст загальних ліпідів, що свідчить про стимулювальний вплив застосованих добавок на обмін ліпідів і їх синтез. У гомогенаті тканин організму бджіл дослідних груп спостерігали вищий вміст фосфоліпідів і триацилгліцеролів ($p < 0,05$) на тлі зниження вмісту вільного холестеролу ($p < 0,05-0,01$) і НЕЖК. Виявлено вищий вміст загальних ліпідів у гомогенаті тканин голови, грудного ($p < 0,05$) і черевного відділів бджіл, яким згодовували 0,5 мг Ag і Cu, і нижчий у тканинах голови і черевного відділу бджіл, які отримували 1 мг Ag. Високий рівень фосфоліпідів, моно- і диацилгліцеролів та триацилгліцеролів у гомогенаті тканин організму бджіл дослідних груп супроводжувався зниженням відносного вмісту НЕЖК та вільного холестеролу.

Результати дослідження гомогенату тканин черевного відділу показали найбільш значні зміни структури ліпідів бджіл усіх груп, що свідчать про важливу роль Ag і Cu в обміні ліпідів, функціонуванні органів черевного відділу та їх життєздатності.

Отже, підгодівля бджіл цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період зумовлювала нагромадження фосфоліпідів, НЕЖК та естерифікованого холестеролу, а також посилювала його естерифікацію під час синтезу компонентів воску.

Мінеральний склад тканин і продукції медоносних бджіл за комплексної підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період (дослід IV). Підгодівля бджіл цукровим сиропом і цитратами Ag та Cu приводила до зниження вмісту Zn (III група; $p < 0,05$), Pb (II група, $p < 0,001$; III група, $p < 0,05$) у гомогенаті тканин організму бджіл. Це підтверджує наявність антагонізму між указаними мінеральними речовинами та підвищення вмісту Fe (III група), Co (II і III група); Cr (III група, $p < 0,05$) на можливий синергізм з цими елементами. У гомогенаті тканин голови бджіл спостерігали збільшення концентрації Zn і Co на тлі зниження Fe, Cr, Pb ($p < 0,001$) і Cd ($p < 0,001$) в усіх дослідних зразках. У гомогенаті тканин грудного і черевного відділів бджіл дослідних груп фіксували зниження рівня Zn, Pb ($p < 0,01$), Cd, а також зростання Co ($p < 0,01$) і Cr. Згодовування з цукровим сиропом різної кількості цитратів Ag і Cu відзначається їх синергічним і антагоністичним впливом на рівень окремих мінеральних елементів у продукції бджіл, у т.ч. перзі, стільниках і меді (рис. 4).

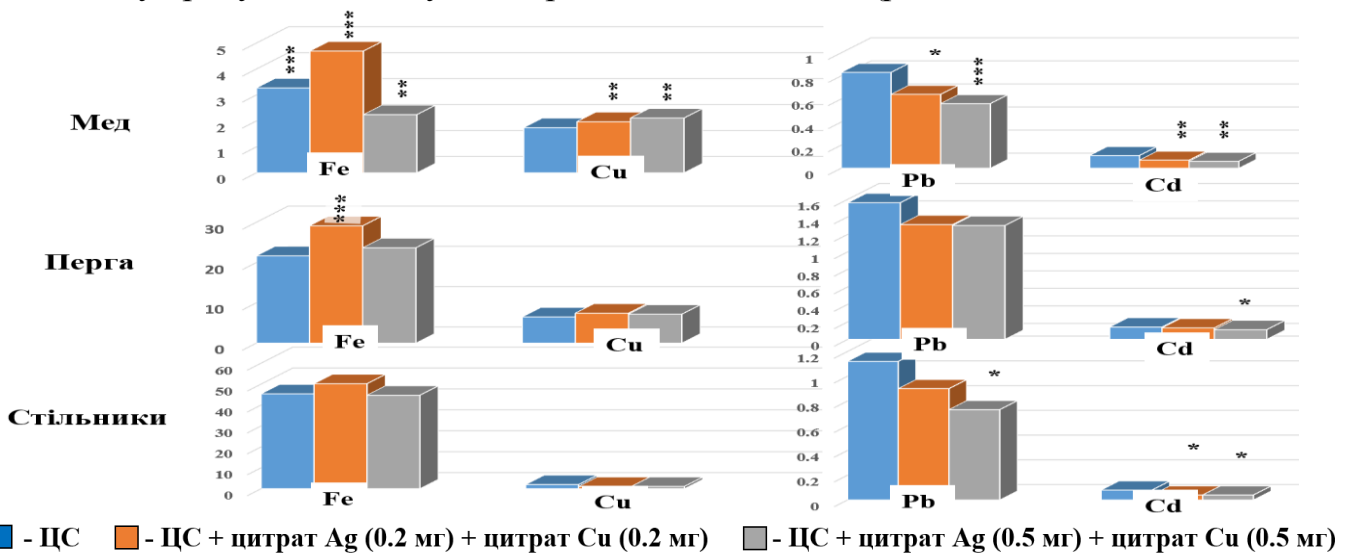


Рис. 4. Вміст мінеральних елементів у продукції бджіл за згодовування цитратів Ag і Cu у весняний період, мг/кг

Виявлено зниження вмісту Pb і Cd на тлі вищого вмісту Fe, Cu у меді дослідних груп ($p < 0,05-0,001$). Біологічна дія цитратів Ag і Cu у бджіл характеризувалася поліпшенням харчової цінності меду та його збереженості зі збільшенням вмісту проліну та концентрації водневих іонів.

Особливості метаболізму ліпідів у тканинах організму та вміст їх у продукції бджіл за комплексної підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період (дослід IV). Результати досліджень відображають вірогідні різниці вмісту як загальних ліпідів, так і їх окремих класів у гомогенатах тканин організму бджіл. У ліпідах тканин цілого організму бджіл II і III груп встановлено вищий вміст фосфоліпідів, естерифікованого холестеролу та зниження вмісту вільного холестеролу, моно- і диацилгліцеролів та триацилгліцеролів. У гомогенатах тканин окремих анатомічних відділів організму бджіл дослідних груп фіксували зниження вмісту моно- і диацилгліцеролів ($p < 0,01$), вільного холестеролу ($p < 0,05-0,001$), триацилгліцеролів ($p < 0,05-0,01$) на тлі вищого вмісту фосфоліпідів ($p < 0,05-0,01$), естерифікованого холестеролу ($p < 0,01-0,001$), НЕЖК ($p < 0,05-0,001$). За введення цитратів Ag і Cu до компонентів підгодівлі бджіл у перзі зростав рівень фосфоліпідів ($p < 0,01$), моно- і диацилгліцеролів (III група), триацилгліцеролів на тлі зменшення вмісту вільного ($p < 0,05$) і естерифікованого холестеролу ($p < 0,01$).

Особливості функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період (дослід IV). Аналіз результатів підрахунку запечатаного бджолиного розплоду свідчить про вірогідне зростання кількості відкладених яєць за добу у II (на 11,3 %) і III (на 12,6 %) дослідних групах бджіл за другий 12-добовий етап порівняно з контролем. Водночас різниця відповідно до I етапу дослідження вказує, що інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками була вища в усіх групах і становила 532 яйця у контролі, 592 – у II та 599 – у III групах. Різниця до підготовчого періоду була вища у II і III дослідних групах відповідно на 26,3 і 25,3 %. Аналіз метричних показників яєць бджолиних маток вказує на збільшення середньої маси яйця на 1,4, 2,9 і 5,9 % відповідно на II, III та IV дослідних етапах порівняно з контролем. Окрім цього, морфометричні показники 12-годинних яєць характеризувалися збільшенням їх лінійних розмірів, зокрема, довжини яйця на 1,2 % і ширини – на 1,8 % у дослідній групі порівняно з контролем.

Слід зазначити, що гістологічний аналіз яєчників плідних бджолиних маток за згодовування цитратів Ag і Cu після формування диференційованих цистоцитів показав активний ріст ооцитів. Вплив цитратів Ag і Cu проявлявся різким нагромадженням цистоцитами ооплазми, а також збільшенням самої яєчної камери з вираженою поляризацією цистоцитів і центральним розташуванням ядра в ооцитах (рис. 5). На відміну від дослідної, у бджолиних маток контрольної групи після утворення диференційованих цистоцитів превітелогенез був уповільнений. Інтенсивність визрівання ооцитів і формування яйцеклітин у сагітальних гістологічних зрізах вітеллярної зони плідних бджолиних маток дослідної групи була значно вища, ніж у контрольній. Окрім цього, в дослідній групі спостерігали підвищення трофоплазматичної активності, що проявлялася нарощуванням жовткової маси в ооцитах.

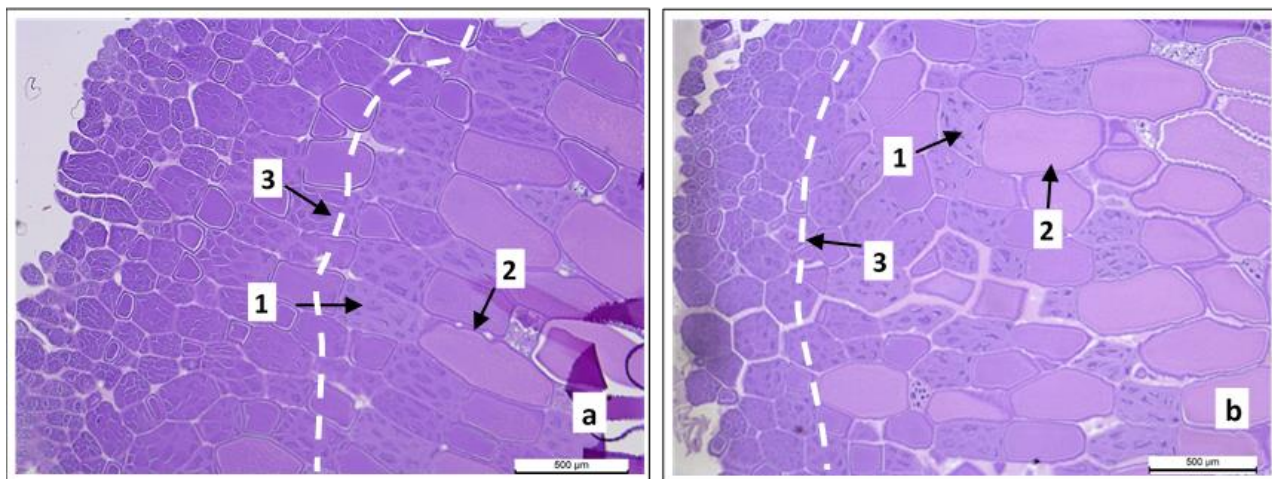


Рис. 5. Інтенсивність визрівання ооцитів: Сагітальний зріз яєчника вітеллярної зони плідної бджолої матки, Г+Е, $\times 50$

Примітки: а) контрольна група; б) дослідна група; 1 – трофоцит, 2 – ооцит, 3 – зона завершального періоду вітелогенезу ооциту

Відповідно перебіг оваріальних циклів у бджоломаток дослідної групи характеризувався більшою активністю, що відобразалося швидшим визріванням ооцитів.

У обох групах спостерігалася дегенерація допоміжних клітин, що супроводжувалася формуванням апоптичних тілець. Проте надмірну вираженість цих деструктивних процесів найбільше спостерігали в контрольній групі. Це проявлялося передчасним розвитком апоптозу трофоцитів на середній стадії оогенезу і, як наслідок, зрілі ооцити нагромаджували меншу кількість поживних речовин і відповідно сформоване яйце має нижчі ознаки життєздатності.

ВИСНОВКИ

У дисертації з'ясовано вплив цитратів Ag і Cu на фізіологічні процеси в організмі медоносних бджіл за рівнем мінеральних і ліпідних компонентів живлення в різних анатомічних відділах і всьому організмі та продукції у весняний та літньо-осінній періоди. З використанням сучасних методів фізіологічних і біохімічних досліджень доведено стимулювальний вплив цитратів Ag і Cu у весняний період на функціональну активність репродуктивної системи, особливості гістологічної структури яєчників та перебігу оогенезу у бджололиних маток. Обґрунтовано введення в підгодівлю медоносним бджолам фізіологічно активних доз цитратів Ag і Cu, одержаних із використанням методів нанотехнології.

1. За підгодівлі медоносних бджіл препаратом «Шумерське срібло» у різних розведеннях (1:10–1:500) підвищується вміст Ag, Cu, Co ($p < 0,01$ – $0,001$) на тлі зниження вмісту Fe і Zn в гомогенаті тканин організму бджіл. Розведення 1:200 забезпечує найвищу збереженість бджіл (93,7 %) за 10 діб дослідження. Згодовування препарату в розведенні 1:10 зумовлює найнижчу (56,1 %) збереженість бджіл (92,4–56,1 %) та вищу їх загибель (43,9 %) порівняно з контролем 21,8 %.

2. Згодовування бджолам із цукровим сиропом цитратів Ag і Cu підвищується вміст Cu і Cr ($p < 0,05$ – $0,01$) в усьому організмі бджіл на тлі нижчого рівня Pb і Cd ($p < 0,05$ – $0,001$). Ця добавка поліпшує якість бджолопродукції: знижує вміст Pb та Cd ($p < 0,05$ – $0,001$) у перзі та меді на тлі вищого вмісту Fe ($p < 0,05$), Zn

($p < 0,05-0,001$) і Co ($p < 0,001$), що більше виражено в групах, які отримували 0,5 мг Ag і Cu.

3. Згодовування із цукровим сиропом різної кількості цитратів Ag і Cu у весняний період змінює співвідношення класів загальних ліпідів ($p < 0,05-0,001$) у цілому організмі медоносних бджіл. У перзі та стільниках зростає рівень фосфоліпідів, моно- і диацилгліцеролів ($p < 0,05-0,001$), вільного холестеролу, але знижується вміст НЕЖК ($p < 0,001$) і триацилгліцеролів.

4. Підгодівля бджолиних сімей цитратами Ag і Cu у весняний період стимулює репродуктивну функцію їх маток – зростає середньодобова та загальна кількість відкладених яєць ($p < 0,05-0,001$). Цитрат Cu характеризується стимулювальним впливом на яйцекладку маток у дозах 0,5 та 1 мг/1000 мл сиропу, а цитрат Ag – 1 мг/1000 мл сиропу.

5. Фізіологічний вплив цитрату Ag за згодовування у літньо-осінній період полягає у підвищенні вмісту Fe і Zn ($p < 0,05$) у головному та зниженні рівня Pb ($p < 0,05$) у черевному відділі тіла медоносних бджіл. За дії цитрату 0,5 і 1 мг/л цукрового сиропу Cu вміст Fe зростає ($p < 0,05$) у грудному та черевному відділах, Cu – у черевному відділі ($p < 0,05$), а Zn, Pb і Cd – знижується ($p < 0,05$) в усіх анатомічних відділах тіла медоносних бджіл. У меді виявлено вищі концентрації Fe, Cu, Co, проліну ($p < 0,05-0,01$) та вищу діастазну активність ($p < 0,01-0,001$).

6. Роздільна підгодівля бджіл у літньо-осінній період цитратами Ag і Cu підвищує вміст загальних ліпідів, фосфоліпідів, триацилгліцеролів ($p < 0,05$), естерифікованого холестеролу на тлі зниження вмісту вільного холестеролу ($p < 0,05-0,01$), моно- і диацилгліцеролів ($p < 0,05$) і НЕЖК у цілому організмі. Встановлено вищий вміст загальних ліпідів у головному, грудному ($p < 0,05$) і черевному відділах тіла медоносних бджіл, яким згодовували 0,5 мг Ag і Cu, та нижчий – у головному й черевному відділах за згодовування 1 мг Ag /1000 мл сиропу.

7. Комплексна підгодівля бджіл цитратами Ag та Cu у весняний період знижує вміст Zn (III група; $p < 0,05$), Pb (II група; $p < 0,001$, III група, $p < 0,05$) в організмі бджіл, що підтверджує антагонізм між вказаними мінеральними речовинами та синергічне підвищення Fe (III група), Co (II і III групи); Cu (II група), Cr (III група; $p < 0,05$). У головному відділі концентрація Zn і Co зросла на тлі зниження вмісту Fe, Cr, Pb ($p < 0,001$) і Cd ($p < 0,001$) в усіх досліджених зразках тіла бджіл. У тканинах грудного та черевного відділів бджіл відзначено зниження рівня Zn, Pb ($p < 0,01$), Cd, а також зростання вмісту Co ($p < 0,01$) і Cr. Виявлено нижчий вміст Zn, Pb і Cd на тлі вищого вмісту Fe, Cu і Cr у меді бджіл дослідних груп ($p < 0,05-0,001$). Біологічна дія цитратів Ag і Cu характеризується поліпшенням харчової цінності меду і його збереженості зі збільшенням вмісту проліну та концентрації водневих іонів.

8. Згодовування з цукровим сиропом цитратів Ag і Cu підвищується вміст загальних ліпідів, фосфоліпідів, естерифікованого холестеролу ($p < 0,05$) за зниження вільного холестеролу ($p < 0,05$), моно- і диацилгліцеролів ($p < 0,001$) й триацилгліцеролів у гомогенаті тканин організму бджіл. У тканинах окремих анатомічних відділів організму медоносних бджіл спостерігали різноспрямовані зміни ліпідних показників: зниження вмісту моно- і диацилгліцеролів ($p < 0,01$),

вільного холестеролу ($p < 0,05-0,001$), триацилгліцеролів ($p < 0,05-0,01$) на тлі підвищення вмісту фосфоліпідів ($p < 0,05-0,01$), естерифікованого холестеролу ($p < 0,01-0,001$), НЕЖК ($p < 0,05-0,001$). У перзі зростає рівень фосфоліпідів ($p < 0,01$), моно і диацилгліцеролів (III група), триацилгліцеролів і знижується – вільного ($p < 0,05$) і естерифікованого ($p < 0,01$) холестеролу.

9. За згодовування цитратів Ag і Cu підвищується інтенсивність функціонування репродуктивної системи бджолиних маток: збільшується загальна кількість яєць на 17,1 %; їх середня маса – на 1,4–5,9 %. Водночас у яєчниках бджолиних маток підвищується інтенсивність росту ооцитів із нагромадженням ооцитарної маси та підвищеною трофоцитарною активністю. У дистальному відділі оваріол бджолиних маток дослідної групи відбувається посилений розвиток клітин гермарію у формі їх множинного проростання. У бджоломаток із другої до четвертої стадії розвитку ооцитів рідше зустрічаються апоптично змінені трофоцити порівняно з контролем.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою корекції мінерального та ліпідного обміну в організмі медоносних бджіл, поліпшення якості та біологічної цінності їх продукції, стимулювання репродуктивної функції бджолиних маток рекомендується використовувати у підгодівлі цитрати Ag і Cu у кількості 0,5 мг кожного на 1000 мл цукрового сиропу у весняно-літній період, що забезпечує в тканинах організму і продукції оптимальний вміст мінеральних і ліпідних компонентів та високу інтенсивність яйцекладки бджолиними матками.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових наукових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз даних

1. Двилюк І. І., Ковальчук І. І., Ковальська Л. М. Мінеральний склад та якісні показники продукції бджільництва за умов згодовування цитратів Аргентуму та Купруму. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2016, 18. 4(72). 149–153. (Здобувачка провела визначення вмісту мікроелементів у зразках, проаналізувала та узагальнила результати, брала участь у написанні статті).

2. Ковальчук І. І. Двилюк І. І. Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі цитратами Аргентуму і Купруму. *Біологія тварин*. 2017. 19(2). 30–36. (Здобувачка провела дослідження особливостей репродуктивної здатності бджолиних маток у сезонній динаміці, статистично опрацювала результати, брала участь у написанні статті).

3. Двилюк І. І. Мінеральний і ліпідний склад тканин організму медоносних бджіл та біологічна цінність меду в літньо-осінній період за підгодівлі цитратами Ag і Cu. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького*. 2018. 20 (89). 89–94.

4. Ковальчук І. І., Двилюк І. І., Пащенко А. Г. Вміст мінеральних елементів у меді та його біологічна цінність за умов згодовування бджолам цитратів Co, Ni, Ag і Cu. *Вісник аграрної науки*. 2018. 8. 38–43. (Здобувачка виконала

дослідження мікроелементного складу меду, брала участь у аналізі результатів, написанні статті).

5. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Вплив цитратів Ag і Cu на ліпідний склад тканин організму бджіл та перги за умов їх введення до підгодівлі у весняний період. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2019. 21(91). 123–127. (Здобувачка провела дослідження ліпідного складу тканин бджіл і взяла участь у аналізі результатів і написанні статті).

6. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І., Двилюк І. В. Особливості функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за умов згодовування цитратів аргентуму та купруму. *Біологія тварин*. 2019. 21(3). 33–41. (Здобувачка провела дослідження особливостей функціонування репродуктивної системи бджолиних маток, брала участь у написанні статті).

Статті в електронних фахових наукових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз даних

7. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Вплив препарату «Шумерське срібло» на життєздатність медоносних бджіл та вміст окремих мікроелементів в їх організмі. Електронне наукове фахове видання. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. 11 (1–2). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/issue/view/486> (Здобувачка виконала експериментальну частину досліджень і брала участь у написанні статті).

Статті у фахових наукових виданнях України

8. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І., Романів Л. І. Вміст загальних ліпідів і співвідношення їхніх класів у тканинах медоносних бджіл і продукції за умов підгодівлі цитратами Аргентуму та Купруму. *Збірник наукових праць Подільського аграрно-технічного університету*. 2016. 24 (1). 55–61. (Здобувачка провела дослідження ліпідного складу, брала участь в аналізі даних, написанні та оформленні статті).

9. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин НААН*. 2016. 17 (2). 101–107. (Здобувачка здійснила комплексну експериментальну оцінку репродуктивної здатності бджолиних маток, брала участь у написанні статті).

10. Ковальчук І. І., **Двилюк І. І.** Мінеральний склад тканин організму медоносних бджіл і стільників за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. *Збірник наукових праць Харківської державної зооветеринарної академії*. 2017. 34 (2). 38–42. (Здобувачка провела визначення мінерального складу тканин організму бджіл, проаналізувала результати, брала участь у написанні статті).

11. Ковальчук І. І., **Двилюк І. І.,** Романів Л. І. Репродуктивна здатність бджолиних маток за підгодівлі цитратами мікроелементів. *Бджільництво України*. 2017. 2. 140–146. (Здобувачка здійснила комплексну оцінку репродуктивної здатності бджолиних маток та брала участь у написанні статті).

12. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Вміст мікроелементів у тканинах організму медоносних бджіл за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок*. 2017. 18 (2). 83–

88. *(Здобувачка дослідила вміст мікроелементів, узагальнила отримані результати, написала та підготувала статтю до друку).*

13. **Двилюк І. І.** Мінеральний склад тканин організму медоносних бджіл та їх продукції за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. 2 (63). 3, 49–54.

14. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І., Романів Л. І. Вміст ліпідів у тканинах організму медоносних бджіл за умов підгодівлі цитратами Аргентуму і Купруму. *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок*. 2018. 19 (2). 58–64. *(Здобувачка провела дослідження ліпідного складу тканин бджіл, спільно зі співавторами написала та підготувала статтю до друку).*

Статті у науковому фаховому виданні України, що входять до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science

15. Kovalchuk I., **Dvylyuk I.**, Lecyk Y., Dvylyk I., Gutyj V. 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 Mechanism in Biosystems*. 2019. 10(2). 177–181. doi.org/10.15421/021926 *(Здобувачка провела дослідження вмісту мікроелементів у тканинах бджіл, спільно зі співавторами написала й підготувала статтю до друку).*

Стаття апробаційного характеру

16. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І., Романів Л. І. Вплив цитратів аргентуму та купруму на рівень ліпідних компонентів в організмі медоносних бджіл. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини: зб. праць XI міжнар. міждисциплінарної наук.-практ. конф. (м. Ужгород, 13–14 квіт. 2018 р.). 2018. 212–217. (Здобувачка провела дослідження ліпідного складу, взяла участь у аналізі даних, написанні та оформленні статті).*

Методичні рекомендації

17. Федорук Р. С., Ковальчук І. І., Романів Л. І., Пащенко А. Г., **Двилюк І. І.,** Кикиш І. Б. Підгодівля бджіл і методи оцінки її ефективності: *метод. рекомендації*. Львів, 2016. 31. *(Здобувачка брала участь у аналізі даних, написанні та оформленні методичних рекомендацій).*

Патенти України на корисну модель

18. Патент на корисну модель № 126794 Україна А 23 К 50/90. Спосіб стимуляції яйцекладки бджолиних маток / Ковальчук І. І., **Двилюк І. І.**; заявник і власник Інститут біології тварин НААН. — № у 201713149; заявл. 29.12.2017; опубл. 10.07.2018; Бюл. № 13. *(Здобувачка узагальнила результати дослідження та оформила документи на патент).*

19. Патент на корисну модель № 122394 Україна А 01 К 49/00. Спосіб фотометрії запечатаного розплоду бджіл /Двилюк І. В., Ковальчук І. І., **Двилюк І. І.,** Червінка К. А.; заявник і власник Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. — № у 201705492; заявл. 02.06.2017; опубл. 10.01.2018; Бюл. № 1. *(Здобувачка брала участь у розробці принципу корисної моделі, дослідженнях, підготовці матеріалів патентування).*

Тези наукових доповідей

20. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Якісні показники меду за умов згодовування наноаквацитратів срібла і міді. *Біологія тварин*. 2015. 17 (3). 162. (Здобувачка брала участь у проведенні досліджень, узагальненні та аналізі отриманих даних, написанні тез).

21. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток за підгодівлі наноаквацитратами Ag і Cu. *Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Актуальні проблеми фізіології тварин»*. м. Одеса, 2016. (23-25 червня 2016 р.). (Здобувачка провела дослідження особливостей репродуктивної здатності бджолиних маток, написала тези).

22. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Мінеральний склад продукції бджільництва за умов підгодівлі цитратами аргентуму і купруму. *Біологія тварин*. 2017. 19 (4). 105. (Здобувачка провела визначення мінерального складу продукції бджільництва, брала участь у написанні тез).

23. Kovalchuk I. I., Kaplunenko V. G. , Pashchenko A. G., **Dvylyuk I. I.,** Kykish I. B. Trace elements of bees tissues after feeding by citrate-based mineral and hydrocarbon complexes. 33. *Joint Annual Meeting of the German Society for Minerals and Trace Elements (GMS) with Zinc-UK. Zinc and other Transition Metals in Health and Disease*. 2017. 35. (Здобувачка провела аналіз даних і узагальнила результати, підготувала тези до друку).

24. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Вміст мінеральних елементів у тканинах організму і продукції медоносних бджіл за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. 36. *матеріалів конф. III Медового форуму «Медова осінь на Львівщині. Прикордонні зустрічі»*, (м. Львів, 17–23 верес. 2018 р.). м. Львів, 2018. 21–23. (Здобувачка проаналізувала й узагальнила результати досліджень, написала тези).

25. **Dvylyuk I. I.,** Kovalchuk I. I. Investagation of the content of some trase elements in the tissues of the honey bees and their products under conditions of feeding by Ag and Cu citrates. *Central and Eastern European Conference on Health and the Environment, 10-14 June. Krakow*. 2018. 122. (Здобувачка провела визначення мікроелементів у тканинах і продукції бджіл, взяла участь у написанні тез).

26. Ковальчук І. І., **Двилюк І. І.** Мікроелементи тканин різних анатомічних відділів організму медоносних бджіл за дії цитратів аргентуму і купруму. *Матеріали наук.-практ. конф. з міжнародною участю «Актуальні питання сучасної мікроелементології»*, присвяченої пам'яті академіка Ю. І. Кундієва, (м. Київ, 4-5 жовт. 2018 р.). Київ, 2018. 55–56. (Здобувачка провела дослідження вмісту мікроелементів, проаналізувала отримані дані, підготувала тези до друку).

27. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І., Романів Л. І. Ліпідний склад тканин і продукції бджіл за умов згодовування цитратів Ag і Cu. *IX з'їзд Українського ентомологічного товариства. Тези доп.* (м. Харків, 20-23 серп. 2018 р.). Харків, 2018. 37–38. (Здобувачка взяла участь у проведенні досліджень ліпідного складу тканин та продукції бджіл і написанні тез).

28. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І., Романів Л. І., Двилюк І. В. Вплив вживання препарату «Шумерське срібло» медоносним бджолам на їх життєздатність. *Біологія тварин*. 2018. 20 (3). 108. (Здобувачка проаналізувала й узагальнила результати досліджень, написала тези).

АНОТАЦІЯ

Двилюк І. І. Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.13 – фізіологія людини і тварин. Інститут біології тварин НААН, Львів, 2021.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню впливу Ag і Cu, отриманих методом нанотехнології, на фізіологічні й біохімічні процеси в організмі бджіл у різні періоди життєдіяльності й медозбору, а також на репродуктивну функцію бджолиних маток та інтенсивність відкладання яєць. З'ясовано механізми стимулювального впливу цитратів Ag і Cu на життєздатність медоносних бджіл, сезонні особливості метаболізму мікроелементів і ліпідів у тканинах їх організму.

Уперше вивчено особливості гістологічної структури яєчників і перебігу оогенезу у бджолиних маток за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період. З'ясовано відмінності функціональної активності репродуктивної системи бджолиних маток, теоретично обґрунтовано і визначено нові способи стимулювання інтенсивності яйцекладки маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu.

Встановлено, що застосування з цукровим сиропом цитратів Ag і Cu у живленні бджолиних сімей посилює метаболізм ліпідів і підвищує вміст мікроелементів у тканинах організму бджіл та їх продукції. Отримані результати використано для корекції компонентного складу підгодівлі бджіл і вдосконалення способу підвищення репродуктивної функції бджолиних маток у весняний період.

Ключові слова: бджоли, бджолина матка, мікроелементи, ліпіди, нанотехнології, біологічні тканини, стільники, перга, мед, яйцекладка.

АННОТАЦИЯ

Двилюк И. И. Физиолого-биохимические процессы в организме пчел и репродуктивная функция пчелиных маток при подкормке цитратами Ag и Cu. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.13 – физиология человека и животных. Институт биологии животных НААН, Львов, 2021.

Диссертационная работа посвящена исследованию влияния Ag и Cu, полученных методом нанотехнологии, на физиологические и биохимические процессы в организме пчел в разные периоды жизнедеятельности и медосбора, а также на репродуктивную функцию пчелиных маток и интенсивность яйцекладки. Выявлены механизмы стимулирующего влияния цитратов Ag и Cu на жизнеспособность медоносных пчел, сезонные особенности метаболизма микроэлементов и липидов в тканях их организма.

Впервые исследованы особенности гистологической структуры яичников и течения оогенеза у пчелиных маток при подкормке цитратами Ag и Cu в весенний период. Выявлены различия функциональной активности репродуктивной системы пчелиных маток, теоретически обоснованы новые способы стимулирования интенсивности яйцекладки маток в условиях подкормки цитратами Ag и Cu.

Установлено, что применение с сахарным сиропом цитратов Ag и Cu в питании пчелиных семей усиливает метаболизм липидов и повышает содержание микроэлементов в тканях организма пчел и их продукции. Полученные результаты использованы для коррекции компонентного состава подкормки пчел и усовершенствования способа повышения репродуктивной функции пчелиных маток в весенний период.

Ключевые слова: пчелы, пчелиная матка, микроэлементы, липиды, нанотехнологии, биологические ткани, соты, перга, мед, яйцекладка.

SUMMARY

Dvylyuk I.I. Physiological - biochemical processes in the body of bees and reproductive function of queens when fed with citrates Ag and Cu. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences (doctor of philosophy) on a specialty 03.00.13 – human and animals physiology – Institute of Animal Biology NAAS, Lviv, 2021.

The dissertation work is devoted to the study of the influence of Ag and Cu citrates obtained by nanotechnology on the level of mineral and lipid components of nutrition in the tissues of various anatomical departments and the whole organism and honey products, elucidation of mechanisms of stimulating effect on reproductive function of queens.

The scheme of adding Ag and Cu citrates to sugar syrup as components of feeding honey bees was determined for the first time. These compounds have been shown to activate the metabolism of trace elements and lipids in body tissues, improve the quality of bee production and increase the intensity of egg laying by queen bees.

It is determined that the feeding of Ag and Cu citrates is characterized by a complex biological action in certain critical periods of bee colonies. Differences in the functional activity of the reproductive system, the peculiarities of the histological structure of the ovaries and the course of oogenesis in queen bees when feeding bees with Ag and Cu citrates in the spring were found. The obtained results are used to optimize the components of feeding honey bees and improve the method of increasing the reproductive function of their queens in the spring.

Feeding of honey bees with the drug "Sumerian silver" in different dilutions caused differences in the content of Ag, Cu, Co ($p < 0,01-0,001$) and provided the highest safety - (93.7 %) at a dilution of 1:200 for 10 days of the experiment. Feeding the drug at a dilution of 1:10 caused the lowest (56.1 %) survival of bees (for 1 and 10 days – 92.4 and 56.1%) and higher death - 43.9 % compared to 21.8 % in the control.

The introduction to bees with sugar syrup citrates Ag and Cu caused a higher content of Cu and Cr ($p < 0,05-0,01$) in the tissues of the whole body of bees against the background of lower concentrations of Pb and Cd ($p < 0,05-0,001$), as well as changes in the ratio of classes of total lipids ($p < 0,05-0,001$). The use of Ag and Cu citrates in the spring corrects the metabolism of minerals in the tissues of their body and activates the synthesis of proline and enrichment of honey. The levels of phospholipids, mono- and diacylglycerols ($p < 0,05-0,001$), free cholesterol increased in thoracic department and honeycombs, but the content of NEFA ($p < 0,001$) and triacylglycerols decreased.

It was found that the introduction of bee colonies of citrates Ag and Cu to the spring feeding syrup caused an increase in the intensity of egg laying of queen bees of the

experimental groups. Characteristically, the largest increase in egg-laying intensity was observed in queen bees fed Cu citrate in doses of 0.5 mg and 1 mg/1000 ml of syrup, and Ag citrate in the amount of 1 mg/1000 ml of syrup.

Feeding with sugar syrup of different amounts of Ag and Cu citrates in the summer-autumn period was marked by their synergistic and antagonistic effect on the level of individual mineral elements in body tissues and honey bee products. In particular, probable differences of lower content of Zn, Pb and Cd against the background of higher content of Fe and Cu were established. The obtained results indicate positive changes in physicochemical parameters and quality of honey with increasing proline content in the samples of experimental groups.

Feeding honey bees with sugar syrup with the addition of citrates Ag and Cu caused a corrective effect on the distribution and transformation of lipids in bees. In the tissues of the body of honey bees of the experimental groups, the relative content of phospholipids, triacylglycerols ($p < 0.05$), esterified cholesterol increased against the background of lower free cholesterol.

Complex feeding of bees with Ag and Cu citrates in the spring led to a decrease in the content of Zn, Pb and an increase in Fe (III), Co (II, III); Cu (II), Cr (III; $p < 0.05$), which confirms the phenomenon of antagonism and synergism between these minerals. The lower content of Zn, Pb and Cd was found against the background of higher content of Fe, Cu and Cr in the honey of bees of the experimental groups ($p < 0.05-0.001$). The biological effect of Ag and Cu citrates was characterized by an improvement in the nutritional value of honey and its preservation with an increase in the content of proline and the concentration of hydrogen ions.

In the tissues of individual anatomical parts of the body of honey bees of the experimental groups found multidirectional changes in lipid parameters: a decrease in the content of mono- and diacylglycerols ($p < 0.01$), free cholesterol ($p < 0.05-0.001$), triacylglycerols ($p < 0.05-0.01$), against the background of higher content of phospholipids ($p < 0.05-0.01$), esterified cholesterol ($p < 0.01-0.001$), NEFA ($p < 0.05-0.001$). In thorax, the level of phospholipids ($p < 0.01$), mono and diacylglycerols (group III), triacylglycerols increased, and free ($p < 0.05$) and esterified ($p < 0.01$) cholesterol decreased.

It was found that the introduction of bee colonies of Ag and Cu citrates to the spring feeding syrup caused an increase in the intensity of egg laying of queen bees of the experimental groups with an increase in the total number of eggs and their average weight. Histological features of queen ovaries were characterized by more intensive growth of oocytes with accumulation of oocyte mass and increased nurse cells activity.

Key words: honeybees, honey bee queen, microelements, lipids, nanotechnologies, fabrics, honeycombs, beebread, honey, oviposition.