

**ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТВАРИН
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ДВИЛЮК ІВАННА ІВАНІВНА

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

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

03.00.13 – фізіологія людини і тварин
(сільськогосподарські науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата
сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

Науковий керівник – **Ковальчук Ірина Іванівна**
доктор ветеринарних наук, старший науковий співробітник

Львів – 2021

АНОТАЦІЯ

Двилюк І.І. Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu. – Кваліфікаційна наукова праця 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 цитратів Ag і Cu, отриманих методом нанотехнології, на рівень мінеральних і ліпідних компонентів живлення в тканинах різних анатомічних відділів і цілого організму та продукції медоносних бджіл, з'ясуванню механізмів стимулюючого впливу на репродуктивну функцію бджолиних маток та життєздатності їхнього розплоду.

Уперше визначено схему додавання цитратів Ag і Cu до цукрового сиропу як компонентів підгодівлі медоносних бджіл. Доведено, що ці сполуки активізують метаболізм мікроелементів і ліпідів у тканинах організму, поліпшують якісні показники бджолопродукції та підвищують інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками.

Встановлено, що підгодівля цитратів Ag і Cu характеризується комплексною біологічною дією у певні критичні періоди утримання бджолиних сімей. З'ясовано відмінності функціональної активності репродуктивної системи, особливості гістологічної структури яєчників та перебігу оогенезу у бджолиних маток за підгодівлі бджіл цитратами Ag і Cu у весняний період. Отримані результати використані для оптимізації компонентів підгодівлі медоносних бджіл і вдосконалення способу підвищення репродуктивної

функції їх маток у весняний період.

Підгодівля медоносних бджіл препаратом «Шумерське срібло» у різних розведеннях спричинила різниці за вмістом Ag, Cu, Co ($p < 0,01-0,001$) та забезпечувала найвищу збереженість – (93,7%) у розведенні 1:200 за 10 діб досліду. Згодовування препарату у розведенні 1:10 зумовило найнижчу (56,1%) збереженість бджіл (на 1 і 10 доби - 92,4% - 56,1 %) та вищу загибель – 43,9% порівняно з 21,8 % у контролі.

Введення бджолам з цукровим сиропом цитратів Ag і Cu зумовлювало вищий вміст Cu та Cr ($p < 0,05-0,01$) в тканинах цілого організму бджіл на тлі нижчих концентрацій Pb і Cd ($p < 0,05-0,001$), а також зміни співвідношення класів загальних ліпідів ($p < 0,05-0,001$). Застосування цитратів Ag і Cu у весняний період корегує обмін мінеральних речовин у тканинах їх організму і активізує синтез проліну та збагачення ним меду. У перзі та стільниках зростав рівень фосфоліпідів, моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,05-0,001$), вільного холестеролу, але знижувався вміст НЕЖК ($p < 0,001$) і триацилгліцеролів.

Встановлено, що введення бджолиним сім'ям цитратів Ag і Cu до сиропу весняної підгодівлі викликало підвищення інтенсивності яйцекладки бджолиних маток дослідних груп. Характерно, що найбільший приріст інтенсивності яйцекладки відзначений у бджолиних маток, яким згодовували цитрат Cu в дозах 0,5 мг та 1 мг / 1000 мл сиропу, а цитрат Ag – в кількості 1 мг/1000 мл сиропу.

Згодовування з цукровим сиропом різної кількості цитратів Ag і Cu у літньо-осінній період, відзначалося їхнім синергічним та антагоністичним впливом на рівень окремих мінеральних елементів у тканинах організму та продукції медоносних бджіл. Зокрема, встановлено вірогідні різниці нижчого вмісту Zn, Pb та Cd на тлі вищого вмісту Fe та Cu . Отримані результати свідчать про позитивні зміни фізико-хімічних показників і якості меду з підвищенням вмісту проліну у зразках дослідних груп. Це підтверджує

доцільність використання цитратів Ag і Cu з цукровим сиропом для підгодівлі медоносним бджолам з метою корекції процесів мінерального живлення медоносних бджіл та якості їх продукції.

Підгодівля медоносних бджіл цукровим сиропом з додаванням цитратів Ag і Cu зумовлювала коригуючий вплив на розподіл і трансформацію ліпідів в організмі бджіл. У тканинах організму медоносних бджіл дослідних груп зростав відносний вміст фосфоліпідів, триацилгліцеролів ($p < 0,05$), естерифікованого холестеролу на фоні зниження вільного холестеролу.

Комплексна підгодівля бджіл цитратами Ag та Cu у весняний період призвела до зниження вмісту Zn, Pb та підвищення Fe (III), Co (II, III); Cu (II), Cr (III; $p < 0,05$), що підтверджує явище антагонізму і синергізму між вказаними мінеральними речовинами. Встановлено нижчий вміст Zn, Pb та Cd на тлі вищого вмісту Fe, Cu та Cr у меді бджіл дослідних груп ($p < 0,05-0,001$). Біологічна дія цитратів Ag і Cu характеризувалася покращенням харчової цінності меду і його збереженості зі збільшенням вмісту проліну та концентрації водневих іонів.

У тканинах окремих анатомічних відділів організму медоносних бджіл дослідних груп встановлено 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 вищого вмісту фосфоліпідів ($p < 0,05-0,01$), естерифікованого холестеролу ($p < 0,01-0,001$), НЕЖК ($p < 0,05 - 0,001$). У перзі зростав рівень фосфоліпідів ($p < 0,01$), моно і диацилгліцеролів (III група), триацилгліцеролів і зменшувався вільний ($p < 0,05$) і естерифікований ($p < 0,01$) холестерол.

Встановлено, що введення бджолиним сім'ям цитратів Ag у і Cu до сиропу весняної підгодівлі викликало підвищення інтенсивності яйцекладки бджолиних маток дослідних груп зі збільшенням загальної кількості яєць і середньої їх маси. Гістологічні особливості яєчників бджолиних маток

характеризувалися інтенсивнішим ростом ооцитів з накопиченням ооцитарної маси та підвищеною трофоцитарною активністю.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше досліджено фізіологічний вплив цитратів Ag і Cu, отриманих методом нанотехнології, на фізіологічні і біохімічні процеси в організмі медоносних бджіл у різні періоди життєздатності та медозбору. З'ясовано зв'язок вмісту окремих біотичних мінеральних елементів, а також токсичних металів (Pb, Cd) та фракцій ліпідів у тканинах, окремих анатомічних відділів організму і продукції бджіл у весняний та літньо-осінній періоди. Досліджено життєздатність бджіл та репродуктивну функцію маток за внесення у компоненти підгодівлі цитрати Ag і Cu.

Уперше експериментально доведено стимулюючий вплив підгодівлі цитратів Ag і Cu з цукровим сиропом у весняний період на інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками. Результати проведених досліджень доповнюють сучасні наукові дані щодо впливу цитратів мікроелементів на життєздатність медоносних бджіл, їх резистентність, фізіологічну активність репродуктивної системи та перебіг оогенезу бджолиних маток.

Наукова новизна проведених 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 та репродуктивної функції бджолиних маток. Застосування цитратів Ag і Cu у живленні бджолиних сімей посилює метаболізм ліпідів і коригує або оптимізує вміст і співвідношення окремих біотичних мікроелементів у тканинах організму бджіл та їх продукції. Результати досліджень використані для обґрунтування способу підгодівлі бджіл, інтерпретації фізіологічних механізмів впливу Ag і Cu на репродуктивну функцію та інтенсивність відкладання яєць бджолиними матками.

Розроблено «Спосіб фотометрії запечатаного розплоду» (Деклараційний патент України на корисну модель № 122394 від 10.01.2018р.), що включає визначення на рамці ділянки розміщення бджолиного розплоду, розрахунок площі ділянки та її перерахунок на кількість запечатаних комірок. Розроблений спосіб дозволяє за допомогою комп'ютерної програми обробити отримані знімки рамок із розплодом згідно з заданим алгоритмом, що автоматично розраховує відсоток площі, яку займає запечатаний розплід.

На основі одержаних результатів запропоновано «Спосіб стимуляції яйцекладки бджолиних маток» (Деклараційний патент України на корисну модель № 126794 від 10.07.2018р.). Обґрунтовано і 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», «Буковинській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України», а також впроваджені у навчальний процес Національного університету біоресурсів і природокористування України, Харківської державної зооветеринарної академії, Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету, Одеського державного аграрного університету з дисциплін «Фізіологія тварин» у розділі «Фізіологія обміну речовин і травлення» та спеціалізації «Бджільництво».

Ключові слова: бджоли, бджолина матка, мікроелементи, ліпіди, нанотехнології, біологічні тканини, стільники, 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. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences on a specialty 03.00.13 – physiology of the person and animals – 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 and brood.

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% - 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 Persian 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. This confirms the feasibility of using Ag and Cu citrates with sugar syrup for feeding honey bees in order to correct the processes of mineral nutrition of honey bees and the quality of their products.

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 Persia, 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 trophocyte activity.

Scientific novelty of the obtained results. The physiological influence of Ag and Cu citrates obtained by nanotechnology on physiological and biochemical processes in the body of honey bees in different periods of viability and honey collection was studied for the first time. The relationship between the content of certain biotic mineral elements, as well as toxic metals (Pb, Cd) and lipid fractions in tissues, individual anatomical parts of the body and bee production in spring and summer-autumn periods has been clarified. The viability of bees and the reproductive function of queens for the introduction of Ag and Cu citrates into the feeding components were studied.

For the first time, the stimulating effect of feeding Ag and Cu citrates with sugar syrup in the spring on the intensity of egg laying by queens was experimentally proved. The results of the research complement the current scientific data on the effect of trace element citrates on the viability of honey bees, their resistance, physiological activity of the reproductive system and the course of oogenesis of queen bees.

The scientific novelty of the research is confirmed by two declaratory patents of Ukraine for a utility model.

The practical significance of the results. The expediency of using Ag and Cu citrates in feeding honey bees to increase the viability, resistance, productivity and reproductive function of queen bees is substantiated. The use of citrates Ag and Cu in the diet of bee colonies enhances lipid metabolism and corrects or optimizes the content and ratio of individual biotic trace elements in the tissues of bees and their products. The results of the research were used to substantiate the method of feeding bees, interpretation of physiological mechanisms of Ag and Cu influence on reproductive function and intensity of egg laying by queens.

"Method of photometry of sealed brood" (Declarative patent of Ukraine for utility model № 122394 from 10.01.2018) was developed, which includes determining the location of the bee brood on the frame, calculating the area and

recalculating the number of sealed cells. The developed method allows using a computer program to process the obtained images of frames with brood according to a given algorithm that automatically calculates the percentage of the area occupied by the sealed brood.

"Method of stimulating the laying of queen bees" (Declaratory patent of Ukraine for a utility model № 126794 dated 10.07.2018) was proposed, based on the obtained results. The method of increasing the fertility of queen bees by feeding citrate Ag and Cu, which is set out in the guidelines "Feeding bees and methods for assessing its effectiveness".

The main provisions of the dissertation are used in the scientific and practical work of the National Research Center, Institute of Beekeeping named after P. I. Prokopovych, Bukovynian State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS of Ukraine, as well as introduced into the educational process of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kharkiv State Veterinary Academy, Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University "Animal physiology" in the section "Physiology of metabolism and digestion" and specialization "Beekeeping".

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

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 B. 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.**, Кикіш 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. — № u 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. — № u 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., Kaplunen 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. Investigation of the content of some trace 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).

ЗМІСТ

АНОТАЦІЇ	2
ЗМІСТ	19
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І	21
ТЕРМІНІВ	
ВСТУП	22
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	28
1.1. Роль окремих мінеральних елементів у життєдіяльності медоносних бджіл	28
1.2. Сезонні особливості розмноження та живлення медоносних бджіл	33
1.3. Значення ліпідних компонентів природного та штучного корму у формуванні бджолої сім'ї	36
1.4. Підгодівля бджолиних сімей і сучасні тенденції її вдосконалення з використанням нанобіотехнологічних матеріалів	42
1.5. Функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за різного рівня мінерального живлення та сезону року	45
1.6. Висновок до Розділу 1	51
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	53
2.1. Загальна методика та схема проведення дослідження	53
2.2. Основні методи досліджень	58
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	65
3.1. Життєздатність бджіл та вміст мінеральних елементів у їх організмі за підгодівлі препаратом "Шумерське срібло" (утримання в ентомологічних садках)	65
3.2. Вміст мінеральних елементів у тканинах бджіл та їх продукції за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період	70
3.3. Вміст загальних ліпідів та їх класів у тканинах і продукції медоносних бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний	76

період	
3.4. Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період	80
3.5. Вміст мікроелементів у організмі та продукції медоносних бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період	84
3.6. Особливості розподілу ліпідних компонентів у організмі бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період	92
3.7. Мінеральний склад анатомічних відділів тіла та продукції медоносних бджіл за комплексної підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період	97
3.8. Особливості метаболізму ліпідів у організмі та вміст їх у продукції бджіл за комплексної підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період	105
3.9. Особливості функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період	111
3.10. Економічна ефективність впровадження результатів досліджень	123
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	126
ВИСНОВКИ	158
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	161
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ	162
ДОДАТКИ	212

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ШС – препарат «Шумерське срібло»

ЦС – цукровий сироп

МЕ – мінеральні елементи

ЗЛ – загальні ліпіди

ФЛ – фосфоліпіди

МДАГ – монодіацилгліцероли

ВХ – вільний холестерол

НЕЖК – неестерифіковані жирні кислоти

ТАГ – триацилгліцероли

ЕХ – естерифікований холестерол

У.М.О. – умовна медова одиниця

ВСТУП

Актуальність теми. 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 [319, 429, 298].

У працях багатьох авторів відзначається щорічне послаблення природної стійкості бджіл до умов середовища, зниження показників відтворної здатності та продуктивних якостей сімей [15, 185, 205].

Одним із перспективних і ефективних методів підвищення резистентності бджолиних сімей є використання органічних карбоксилатних комплексів, а саме цитратів біотичних мікроелементів [3, 360, 420, 460]. 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 [295, 420, 453]. 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 [122, 201, 472].

Глікоген – полісахарид, синтезується організмом і депонується у всіх його органах і тканинах, він є одним з важливих тестів у виявленні енергетичного ресурсу організму бджіл. Його кількість коливається залежно від фізіологічного стану організму медоносних бджіл. Основною функцією

глікогену є відновлення структурних пошкоджень в клітинах і тканинах, забезпечення мікровібрацій грудних м'язів при підтримці температурного режиму в зоні виховання розплоду [12].

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 та 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 бджолиної 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 Γ 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 $\text{F } 126794$ 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. Гжицького, 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.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Роль окремих мінеральних елементів у життєдіяльності медоносних бджіл

Мінеральні речовини входять до складу тіла тварин, як структурний матеріал і як компоненти багатьох вітамінів, гормонів, забезпечуючи їх фізіологічну функцію та необхідну інтенсивність обміну речовин [27, 71, 208, 365]. Від наявності тих чи інших макро- та мікроелементів залежить інтенсивність перетворення корму в енергію і використання поживних речовин для побудови тканин [113, 247, 444]. За вмісту у ґрунті в надмірній кількості, мікроелементи накопичуються в рослинах, від яких по трофічному ланцюгу накопичуються в організмі медоносних бджіл і – потрапляють у продукти бджільництва (мед, пергу, віск) тощо [30, 202, 253, 261, 364, 369, 435, 461]. За порушення співвідношення мікроелементів в організмі змінюються відповідні процеси метаболізму, головним чином пов'язані з порушенням функцій ензимів, до складу яких вони входять, або їх активують [241, 405, 409, 441, 446, 464].

Фізіолого-біохімічні системи клітин живих організмів за природою своїх хімічних зв'язків слабоактивні. Для активування цих процесів необхідне втручання ензимів, в активних центрах яких в більшості випадків, містяться макро- та мікроелементи. Такі елементи є біохімічними активаторами, що беруть участь у зниженні величини енергії активування системи. Йони металу впливають на густину електронних оболонок, комплексоутворення і згущення електронної густини, що зумовлюють їх дію. Зниження енергії активації біологічних систем відбувається за зміщення (або згущення) їх електронної густини за допомогою індукційного ефекту. При цьому молекули, що реагують, переходять у збуджений стан. У комплексних сполуках з мікроелементами

виникає індукційний ефект, який передається по всьому ланцюгу суміжних зв'язків. Це збільшує потенціал системи, створюючи рівномірне збудження всіх ланок складних органосполук [203, 242, 409, 440, 442, 443, 469].

Основна фізіолого-біохімічна дія йонів мікроелементів, як каталізаторів в комплексах, полягає в тому, що вони переводять у збуджений стан електрони комплексної системи. Остання утворюється в результаті від'ємного індукційного ефекту. Ці фізико-хімічні реакції знижують енергію активації, що дає можливість для інтенсивнішого перебігу в природних умовах надзвичайно складних біохімічних процесів. Що стосується дії малих концентрацій мікроелементів, які вони беруть участь у біохімічних реакціях, то є підстави вважати, що мікроелементи у формі внутрішніх комплексів ініціюють ланцюговий процес послідовних реакцій. При цьому утворюється ряд вільних радикалів, з яких тільки перший утворюється під впливом мікроелементів, а в подальших стадіях реакції мікроелементи участі вже не беруть, оскільки ланцюгова реакція сама створює умови, необхідні для участі мікроелементу [409, 440–443, 469].

Відомо, що іони Ag беруть участь в обмінних процесах організму. Аргентум бере участь у синтезі деяких ензимів, вітамінів та гормонів, і, залежно від концентрації, його катіони можуть як стимулювати, так і пригнічувати активність вказаних сполук. Під впливом Ag у 2 рази посилюється інтенсивність окисного фосфорилування в мітохондріях головного мозку. За результатами дослідженнями було доведено, що дози Ag 50–250 мкг /л є фізіологічними і не роблять шкідливого впливу на організм за тривалого застосування [74, 121, 223, 260, 314, 410].

До такого ж висновку прийшли ряд дослідників, вивчаючи вплив Ag у дозах, які значно перевищують гранично допустимі, на органи і системи людини та тварин. Так, патогістологічні дослідження органів і систем піддослідних тварин, які отримували з питною водою Ag в концентраціях 20000–50000 мкг/л, показали, що за тривалого введення в організм йонів срібла відбувається накопичення його в тканинах організму. Однак, це не

супроводжувалося запальними та деструктивними змінами внутрішніх органів, проте збільшувався вміст нуклеїнових кислот, що покращувало функцію головного мозку [62, 64, 82, 153, 260, 314]. Отже, дослідження підтверджують, що Ag – мікроелемент, необхідний для нормального функціонування внутрішніх органів і систем, а також має імуномодуючу дію. Він впливає на хвороботворні бактерії та віруси, забезпечуючи бактерицидний та фунгіцидний ефект [69, 117, 158, 162, 192, 209, 225, 232, 314, 380, 381].

Широкий антибактеріальний і антимікотичний спектр дії йонів Аргентуму зумовив його застосування в якості пестицидів [17, 19, 56, 59, 67, 79, 88, 182, 197, 282]. Дія Аргентуму пояснюється тим, що його іони проникають всередину клітини-збудника захворювання та блокують ензими останнього. Крім того, йони Аргентуму можуть взаємодіяти з тиміном і гуаніном в молекулі ДНК бактерій, грибів і вірусів, що викликає порушення функцій ДНК, гальмує ріст і розмноження патогену [8, 110, 116, 224]. Проте, відомості щодо впливу йонів Аргентуму на організм корисних комах, зокрема медоносних бджіл – обмежені.

Інший життєво важливий біогенний елемент – Купрум. Він впливає на активність понад 30-ти ензимів, відповідальних за окиснення та клітинне дихання, стимулює вироблення естрогенів і тироксину, бере участь у синтезі нейромедіаторів (катехоламінів), меланіну та мієліну, важлива його роль у формуванні нормальної структури сполучної тканини (хряща, зв'язок). Цей метал містять аскорбіноксидаза, бутирол-коензим-А-дегідраза, каталаза, тирозиназа, уриказа, дегідраза мурашиної кислоти і багато інших ферментів. Основні фізіологічні функції Купруму пов'язані з його включенням до складу ензимів цитохромоксидази, супероксиддисмутази, моноамінооксидази (каталізує окисне дезамінування катехоламінів і серотоніну), лізілоксидази (бере участь в утворенні поперечних зшивок у молекулах колагену і еластину), тирозинази (каталізує перетворення амінокислоти тирозину в дегідрооксифенілаланін, а потім у пігмент меланін) [91, 133, 140, 141, 409]. За дефіциту Купруму в хондро- і остеобластах знижується активність ензимних

систем і сповільнюється протеїновий обмін, порушується ріст кісткової тканини. Цей метал має важливе значення в підтриманні нормальної структури колагену, еластину. має виражену протизапальну дію, пом'якшує прояви автоімунних захворювань [393, 402, 409, 440, 469]. Дефіцит Купруму перешкоджає утворенню гемату та всмоктуванню Феруму в кишечнику.

Купрум входить до складу ензимів, які відіграють важливу роль у системі антиоксидантного захисту організму. У нормальній кількості Купрум допомагає організму боротися з вільними радикалами, підтримує цілісність клітин. Механізм дії Купруму в окремих органелах клітини або їх мембранах залишається недостатньо дослідженим, що відкриває важливий аспект у вивченні біоцидних властивостей даного мікроелементу, а також поєднання його з Аргентумом.

Для функціонування антиоксидантних ензимів необхідні такі мікроелементи, як Цинк і Селен [114, 122, 383]. Цинк є конкурентом Купруму в процесах абсорбції в кишечнику, при високій його концентрації може розвинути дефіцит Купруму в організмі [122].

За результатами досліджень [334, 335] тропність Fe, Pb і Cu характеризує властивості жирового тіла медоносних бджіл. Це підтверджується наявністю сильного позитивного кореляційного зв'язку між кількістю триацилгліцеролів в гемолімфі та вмістом Pb і Cu в організмі бджіл. Позитивний кореляційний зв'язок середньої інтенсивності спостерігався між кількістю Cu в гемолімфі та Mn ($r = 0,56-0,82$) в організмі бджіл, кількістю Cu в гемолімфі та Ni ($r = 0,52-0,61$). Нікель і Mn зосереджені в крилах бджіл, а Zn концентрувався в тканинах ніг. Характерно, що відзначено зв'язок між кількістю Zn в тілі бджіл і концентрацією Mg в гемолімфі. Чим вище рівень Zn в тканинах організму бджіл, тим нижчий вміст загального протеїну ($r = -0,75...-0,89$), що відбивається й на вмісті альбуміну ($r = -0,14...-0,57$). Високе надходження Pb, Fe, Cu в організм бджіл знижує концентрацію K ($r = -0,44...-0,82$) і Mg ($r = -0,63...-0,72$), іонів, які є переважаючими катіонами в гемолімфі. Йони Ca і Mg належать до основних катіонів організму медоносних бджіл. Влітку кількість Ca є нижчою

ніж у зимовий період. Йони Na викликають затримку води в тканинах, а Ca і K, навпаки, сприяють виділенню її з організму. Готуючись до зимівлі, для збільшення холодостійкості у бджіл відбувається часткова дегідратація організму, в результаті чого знижується інтенсивність обмінних процесів [23, 76, 401, 326, 457].

У дослідженнях інших авторів [48, 113], відзначено різниці інтенсивності обмінних процесів, які проходять в тканинах черевця, що локально забезпечують фізіологічні процеси основного обміну і нагромадження енергетичних і пластичних компонентів, а також виділення токсичних речовин.

Одним з важливих мікроелементів, необхідних для нормального перебігу фізіолого-біохімічних процесів у організмі бджіл є Манган. Його надходження в організм необхідне для утворення хітину та внутрішнього скелету медоносною бджолою. При цьому, Манган бере участь у репродуктивних процесах. Входить до складу ензимних систем, які беруть участь в окисно-відновних і реакціях її внутрішньоклітинного обміну. Основна кількість Mn в організмі медоносних бджіл міститься в кутикулі – зовнішньому скелеті, що покриває її тіло та хітинових утвореннях, які формують внутрішній скелет. Його кількість становить у середньому 1,78 мг/100 г. У тілі бджоли вміст Mn коливається в широких межах. Це залежить від таких факторів як: вік, сезон, геокліматичні умови, рівень годівлі та ін. Значна кількість Mn виділяється із секретом травних залоз робочих бджіл – маточним молочком у кількості 1,55 мг на 100 г. Поряд з цим, даний елемент необхідний для утворення секрету воскових залоз та апітоксину. У м'язових волокнах депонується 1,8 мг/100 г Мангану. Вивільнення Мангану з організму бджоли здійснюється через видільну систему. У калі бджіл при нормальному режимі годівлі спостерігається значне нагромадження Мангану, що вказує на наявність великої кількості ензимів пероксидного окиснення. Під кінець зими екскременти містять 44,32 мг/100 г Мангану. Одна з фізіологічних функцій Мангану в організмі бджоли полягає в тому, що цей елемент входить до багатьох ензимів, зокрема й тих, які запобігають шкідливому впливу різних чинників на організм [28, 350].

Макро-, мікроелементи відіграють важливу роль у процесах формування м'язових волокон, тканин та органів бджіл, які виконують надзвичайно велику роботу під час перенесення нектару та пилку. Так, зокрема, для м'язів потрібен Магній, який сприяє приєднуванню актину до активних центрів міозину. Найвищий вміст Mg спостерігається літом, зокрема у серпні, та становить 438,7 мг/100 г сухої речовини. Дещо більший вміст Магнію (у 1,6 раза) в хітині бджоли. Власне в хітині, що представляє скелет комахи, міститься також велика кількість Кальцію. Значне вивільнення Кальцію здійснюється залозами при продукуванні маточного молочка та воску [45, 206, 231, 240, 457].

1.2. Сезонні особливості розмноження та живлення медоносних бджіл

Бджолина сім'я – цілісна біологічна одиниця, що формується з робочих бджіл, розплоду та матки [5, 29, 95, 104, 255]. Це жіночі особини. Тимчасово, протягом кількох місяців весняно-літнього періоду, у ній проживають трутні – самці, що спаровуються з молодими матками. У різні пори року загальна кількість бджіл у сім'ї становить від 20- до 80-ти тис. У дуже сильних сім'ях їх до 100 тис. і більше. Необхідні умови життя вони забезпечують спільною діяльністю: створюють необхідний режим температури та вологості у гнізді для розвитку та життя всіх її членів, збирають і заготовляють запас корму, здійснюють будівельні роботи, захищають від ворогів і збудників захворювань [196, 207, 246, 269, 270, 273, 317, 389, 437, 465]. Функціональна діяльність матки після спаровування з трутнями забезпечує відтворення потомства. Для бджолиної сім'ї характерний поліморфізм – існування трьох особин, які розрізняються будовою і виконуваними функціями. Поділ функцій між маткою і робочими бджолами підвищує продуктивність бджіл завдяки спеціалізації в самок окремих органів, наприклад яєчників, хоботка, кошичків, воско-видільних залоз [12, 214, 384, 389, 434].

Сім'ї бджіл властива висока плодючість. Протягом року з відкладених маткою яєць розвивається 150–200 тис. особин (переважно робочих бджіл). Тому від племінної самки можна одержати тисячі високопродуктивних маток, які у процесі використання даватимуть цінне потомство. Бджолині сім'ї здатні ділитися та утворювати нові сім'ї (по кілька протягом сезону). У бджолиній сім'ї здійснюється постійний обмін інформацією, завдяки чому бджоли швидко реагують на втрату матки, загрозу від ворогів, виявлення джерел корму тощо. Така особливість життя сім'ї дає змогу поліпшувати умови існування і протистояти несприятливим чинникам зовнішнього середовища [171, 175, 389, 475].

У бджолиних сім'ях існує чіткий поділ функцій між індивідуумами так само як і в інших соціальних комах [31, 111, 229]. Так, у періоди виділення рослинами великої кількості нектару з усіх функцій найсильніше проявляється інстинктивна діяльність, спрямована на заготівлю запасів меду. Є в житті сім'ї періоди найінтенсивнішого розмноження, глибокого спокою. Залежно від потреби сім'я регулює збирання протейнового корму – пилку. Навесні можуть приносити його у гніздо понад 80 %, а під час медозбору – лише близько 5 % збирачок. Сім'я бджіл регулює мікроклімат у гнізді. У холодну пору року бджоли розміщуються на стільниках щільніше, зменшуючи газообмін. При потеплінні та у спеку посилюється вентиляція, у гнізді підтримується постійна температура (35 °C). Найбільш життєздатними та цінними вважаються сильні сім'ї. Навесні бджоли в таких сім'ях обсиджують не менше, ніж 9 стандартних стільників. Фізіологічне навантаження на робочі особини, спрацювання їх у сильних сім'ях менші, а їхня продуктивність вища, ніж у слабких. Взимку витрата корму на обігрівання гнізда з розрахунку на одиницю маси сильних сімей зменшується [63, 73, 215, 326, 347, 401, 458].

Встановлено, що клітини жирового тіла бджоли, де зберігаються зимові резервні запаси, у літніх і осінніх бджіл мають досить суттєві відмінності. У період підготовки бджолої сім'ї до зимівлі, ще на початку другої половини літа матка різко знижує несучість. У цей період бджоли вирощують осінній

розплід при нижчих температурах, що забезпечує значне збільшення рівня личиночного годування. В результаті цього в організмі бджіл накопичуються запасні поживні речовини, що веде до зміни стану їх внутрішніх органів. Встановлено, що маточне молочко для годування личинок маток і для годування робочих бджіл відрізняється за своїм складом. Так, зокрема, в маточному молочку для маток присутня речовина - птерин, яку не виявлено ні в молочку для годування робочих бджіл, ні в їх організмі. Проте, в кінці літа, коли починає виводитися осіння генерація бджіл (в серпні), птерин з'являється і в маточному молочці [218, 389, 457, 475].

У бджіл осінньої генерації з'являється також і здатність до зміни в зимовий період типу дихання з аеробного на анаеробний. Перший тип дихання (літній) передбачає використання в ході обмінних процесів бджоли Оксигену з атмосферного повітря. В анаеробному (зимовому) типі дихання для цих цілей використовується Оксиген, пов'язаний із жиром, накопиченим в тілі бджіл з осені. Зміна типу дихання пов'язана з великим скупченням бджіл в щільному клубі, де порушений вільний доступ до Оксигену [326, 457, 475].

У таких бджіл також значно зростає активність каталази в задньому відділі кишечника. Це дозволяє досягти в ході зимівлі кращого консервування відходів переробки меду, які накопичуються в прямій кишці до першого весняного обльоту. Інколи безобльотний період триває до півроку і, щоб не залишаючи гнізда перенести такий тривалий час, бджоли за рахунок особливостей газового режиму гнізда (зниження концентрації Оксигену та підвищення рівня вуглекислого газу) на час зимівлі переходять в особливий стан життєдіяльності, коли всі фізіологічні процеси сповільнюються до мінімального рівня. У зв'язку з цим бджоли протягом зимівлі харчуються заздалегідь приготованими та сформованими кормовими запасами, що не потребують додаткової обробки. В результаті споживання таких кормів кількість неперетравлених решток повинна бути мінімальною, тому що у задній кишці бджола може утримувати лише до 40 мг екскрементів. Вміст у запасах зимового корму протеїнових складників та використання їх бджолами зимового

клубу під час тривалого безобльотного періоду спричиняє накопичення неперетравлених залишків корму та переповнення ними задньої кишки, що у свою чергу призводить до загибелі бджолосімей [330].

Бджоли осінньої генерації відрізняються від літніх великими запасами резервних речовин, які зберігаються в гіпофарингіальних залозах, яєчниках і жировому тілі. В результаті цього до зими у них підвищується вміст загального азоту, глікогену і жиру, а також помітно підвищується їх маса порівняно з літніми бджолами. Для розвитку та функціонування верхньощелепної (мандибулярної) та глоткової (фарингіальної) залоз, які секретують компоненти маточного молочка для годівлі личинок, бджоли повинні споживати повноцінний протейновий корм [221, 270, 372]. В іншому випадку комахи використовують резерви свого організму, накопичені в жировому тілі, що призводить до швидкого виснаження, зменшення тривалості життя та різкого ослаблення сімей в ранньовесняний період.

Встановлений також тісний зв'язок між розміром відкладених яєць і їх кількістю протягом сезону. Відтак, більший розмір яєць спостерігається на початку березня (довжина 1,61; ширина 0,33 мм), потім по мірі збільшення відкладання яєць розмір зменшується (довжина 1,43, ширина 0,32 мм). Восени, коли відкладання матками яєць суттєво скорочується, їх довжина знову збільшується до 1,85 мм [15].

Всі перераховані відмінності дозволяють сказати, що у медоносних бджіл існують дві генерації, що досить відрізняються фізіологічно – літня і осіння. При цьому бджоли зазначених генерацій практично не мають між собою видимих зовнішніх відмінностей.

1.3. Значення ліпідних компонентів природного та штучного корму у формуванні бджолиної сім'ї

Ліпіди формують групу сполук, які входять до складу всіх живих організмів і забезпечують важливу біоенергетичну та пластичну функції, а

також є складовою структурних елементів клітин (переважно мембран) і зумолюють активний транспорт молекул та йонів [76, 102, 226, 227, 259, 349]. Вони забезпечують восковидільну діяльність та вироблення маточного молочка залозами при вигодовуванні личинок та є резервним компонентом, який депонується в тканинах жирового тіла й активно використовується як в процесі метаморфозу, так і в стані зимового гіпобіозу [23, 42, 326, 399, 407]. Кількість резервних ліпідів, відкладених в організмі бджіл, змінюється залежно від їх фізіологічного стану, кормової бази та кліматичних умов [326, 407, 468].

Жири та жироподібні речовини надходять в організм личинок і дорослих особин з пилом та молочком. Під впливом ліпази в середній кишці вони розщеплюються до жирних кислот, необхідних для вироблення залозами молочка, воску, відкладення резерву енергетичного матеріалу та забезпечення інших фізіологічних і біохімічних процесів у клітинах [23, 42, 405, 406, 450, 457].

Важливим показником стану організму медоносних бджіл є обмін ліпідів, а його зміни можуть бути пов'язані як з біологічною цінністю пилку, так і з використанням штучної підгодовлі [7, 10, 129, 211, 220, 346, 427]. Відомо, що основним джерелом надходження ліпідів до організму медоносних бджіл є квітковий пилок рослин. Він має складний і добре збалансований хімічний склад. Перш за все пилок характеризується високою поживною цінністю, якої не має жоден інший продукт природного походження. Постійне забезпечення бджолиних сімей пилом є важливою умовою життєдіяльності та розмноження бджіл. Пилок є комплексом із різноманітним якісним і кількісним вмістом органічних і неорганічних речовин.

Бджолиний пилок містить в середньому 54,22 % (18,50–84,25 %) вуглеводів; 21,30 % (4,50–40,70 %) протеїнів; 5,31% (0,41–13,50%) ліпідів; 8,75 % (0,15–31,26 %) клітковини; 2,91 % (0,50–7,75 %) золи; 13,41 г/100 г (2,77–28,49 г/100 г) глюкози; 15,36 г/100 г (4,9–33,48 г/100 г) фруктози; 4,25 г/100 г (0,05–9,02 г/100 г) сахарози; 4951,61 мг/кг (3,06–13366,60 мг/кг) Калію; 4157,86 мг/кг (234,40–9587,00 мг/кг) Фосфору; 1751,22 мг/кг (1,09–

5752,19 мг/кг) Кальцію; 1246,99 мг/кг (44,00–4680,53 мг/кг) Магнію; 46,97 мг/кг (0,10–105,80 мг/кг) Цинку; 197,41 мг/кг (2,60–1180,00 мг/кг) Феруму [445]. Для нормальної життєдіяльності бджолої сім'ї необхідно від 8 до 30 кг пилку на рік. При його нестачі знижується кількість вирощуваного розплоду, у бджіл не розвивається жирове тіло, воскові залози і, як наслідок, вони не можуть виробляти віск і маточне молочко; настає передчасне виснаження та загибель бджіл [38, 106, 147, 457]. Оптимізація та використання в годівлі бджіл ліпідних фракцій пилкового обніжжя підвищує поїдання кормів, репродуктивну здатність бджолиних маток і збільшує продуктивність бджолиних сімей [244, 258, 275, 382, 445].

Кількість ліпідів, які отримує організм медоносної бджоли, в основному, залежить від ботанічного складу рослин медоносів та пилконосів. З ліпідів у пилку містяться жири та жироподібні речовини, а саме фосфоліпіди та фітостерини. У складі жирів виявлені лауринова, пальмітинова, міристинова, арахідонова, стеаринова, олеїнова, лінолева, ліноленова та інші жирні кислоти. У пилку різних видів рослин міститься від 1,4 до 19,5 % жирів, а в суміші пилку в вулику їх близько 9 %. Довголанцюгові жирні кислоти формують біологічну та енергетичну цінність ліпідів пилку для організму бджіл, оскільки одним із основних показників, які характеризують загальний стан комахи є кількість жиру в тілі бджоли [22, 32, 100, 145, 148, 150, 151].

Максимальне всмоктування утворених ліпідів і жирних кислот у комах проходить в середньому та нижньому відділах тонкої кишки. Разом із тим, дані літератури вказують на те, що утворений в результаті розщеплення фітостерол в силу своєї хімічної структури не всмоктується в тонкому кишківнику комах [283, 389]. У ентероцитах жирні кислоти зв'язуються із внутрішньоклітинним протеїном. Останній зв'язує, в основному, ненасичені жирні кислоти. Якщо жирні кислоти в ентероцитах активуються до ацил-КоА, то використовуються у процесах естерифікації різних акцепторів ацильних груп. Основним акцептором ацильних груп є 2-моноацилгліцероли, що всмоктуються із вмістимого кишківника [92, 102, 226, 259, 457, 475].

Виражений дефіцит надходження обніжжя призводить до швидкого виснаження всіх систем організму медоносних бджіл [154, 445, 262]. Тканини бджіл не здатні синтезувати поліненасичені жирні кислоти [450, 457]. Тому лінолева та ліноленова кислоти мають надходити в їх організм із кормом. Основним джерелом незамінних (есенційних) лінолевої та ліноленової кислот у раціонах для бджіл є корм [142, 157]. У жирнокислотному складі корму ці поліненасичені жирні кислоти є домінуючими. Загальною ознакою дефіциту α -лінолевої та α -ліноленової кислот в організмі бджіл є зниження ефективності засвоєння поживних речовин корму, пригнічення імунітету та зниження відтворної здатності й продуктивних ознак [101, 145, 148, 262].

Кількість і склад жирних кислот у кормі впливають на жирнокислотний склад і функціональну активність клітинних мембран бджіл [51, 102, 103]. У свою чергу, від наявності жирних кислот у тканинах залежать репродуктивна здатність і продуктивні ознаки бджіл [119, 179, 185]. Це пов'язано з тим, що кількість і склад жирних кислот у кормі впливають на забезпеченість організму бджіл енергетичним, структурним і біологічно активним матеріалом [262, 425].

Жировий запас організму медоносних бджіл, який формується під впливом певних агроекологічних умов, відіграє важливу роль в теплоутворенні, оскільки використовується бджолами при низьких температурах клубу, більш інтенсивному у бджіл, які розташовані у зовнішньому його шарі [23, 42]. Значна чисельність насичених жирних кислот з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу синтезується в тканинах комах з ацетильної групи із двома атомами Карбону. У цьому процесі беруть участь два ензимні комплекси – ацетил-КоА-карбоксилаза та жирнокислотна синтетаза. Ацетил-КоА-карбоксилаза приєднує двоокис карбону до ацетил-КоА, у результаті чого утворюється малоніл-КоА. Малонова та ацетильна групи далі переходять від КоА до комплексу жирнокислотної синтетази та конденсуються. У результаті утворюється ацетоацетильний S-ензим і двоокис карбону. Ці реакції призводять до утворення насиченої жирної кислоти, ланцюг якої стає на два атоми Карбону довшим. Приєднання двох вуглецевих атомів до вихідної ацетильної групи з

двома атомами вуглецю призводить до утворення насичених жирних кислот із парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. Якщо вихідним матеріалом для синтезу є пропіонова кислота з трьома вуглецевими атомами, то в результаті утворюються насичені жирні кислоти з непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. Пропіонова кислота, яка є звичайним продуктом обміну речовин у тканинах комах, перетворюється в метил-малоніл-КоА [42, 457].

Ліпіди та жироподібні речовини надходять в організм личинок і дорослих особин з пергою та молочком. Виражений дефіцит перги або недостатній запас обніжжя призводить до швидкого виснаження всіх систем організму медоносних бджіл. За таких критичних аліментарних умов молоді бджоли (5- – 12-добового віку), синтезуючи маточне молочко та вирощуючи розплід, змушені витратити значну кількість нагромаджених ендогенних ліпідів та протеїнів із депо свого організму. Якщо при недостатньому надходженні пилку вони отримують додаткову підгодовілку у вигляді його замінників рослинного чи тваринного походження, то витрата резервних речовин буде набагато меншою [14, 226].

Ліпідне живлення бджіл за використання штучних компонентів підгодовілки впливає на показники життєдіяльності бджіл та зумовлює низку фізіологічних змін у тканинах личинок, в тілі робочих бджіл, а також маток і трутнів [429]. Підгодовілка бджіл забезпечує процеси ефективного депонування ліпідів у їх жировому тілі поруч із нагромадженням резервів протеїнів і глікогену, які є ендогенними джерелами енергії в синтезі маточного молочка молодими бджолами [293, 388]. Маточне молочко складається з 67 % води та 32 % сухої речовини. Суха речовина своєю чергою складається з 12,1 % вуглеводів; 4,0 % ліпідів; 12,9 % білків і 1,1 % золи. Для синтезу маточного молочка необхідне достатнє надходження квіткового пилку. Для медоносних бджіл він є основним джерелом протеїнів і єдиним джерелом ліпідів.

Ліпіди корму, що складаються з фосфоліпідів, естерифікованого фітостеролу, неестерифікованих жирних кислот, моноацилгліцеролів, ди- і триацилгліцеролів, під впливом гідролітичних ензимів розщеплюються у

тонкому кишківнику комах. Під впливом ліпази в середній кишці ліпіди корму бджіл розщеплюються до жирних кислот, потрібних для вироблення відповідними бджолиними залозами молочка, воску, відкладення резерву енергетичного матеріалу та забезпечення інших фізіологічних процесів [75, 457]. Вміст ліпідів у тканинах бджіл різних вікових груп також не однаковий. Найбільший їх відсоток спостерігається у молодих особин. Потім кількість жиру різко зменшується, і тільки починаючи з п'ятої доби втрата припиняється та прослідковується його поступове депонування. У перші дні життя бджоли активність ліпаз, які розщеплюють ліпіди, дуже незначна і тому вони не можуть засвоїти великої кількості жиру. Під впливом ліпази в середній кишці ліпіди корму бджіл розщеплюються до жирних кислот, необхідних для вироблення відповідними залозами бджіл маточного молочка, воску, поповнення енергетичних запасів та забезпечення інших фізіологічних і біохімічних процесів [130, 227]. З усіх відділів тіла бджоли найбільше жиру депонується в черевці.

Жирове тіло виконує клітинні захисні функції шляхом гемоцитарного фагоцитозу; трофічні функції – через здатність депонувати гранули резервного протеїну та інших поживних речовин за достатнього протеїнового раціону, що важливо у разі голодування бджіл і під час зимівлі. Жирове тіло здатне накопичувати уратні компоненти, кількість яких свідчить про вік комах. Із жирового тіла синтезуються трегалоза, яка бере участь в енергетичному обміні. Її запаси бджоли використовують при польоті. За цих умов нейромедіатором виступає октопамін, який вважається нейрогормоном у комах і відіграє центральну роль у польоті, оскільки може мобілізувати жир з адипоцитів. Поживні речовини жирового тіла використовуються для синтезу секрету воскових залоз. Ця сполука є багатокomпонентною на відміну від тонкого шару кутикулярного воску, яким вкрите тіло грудного відділу [401, 407, 468].

Таким чином, одним із вагомих факторів, який впливає на одержання максимальної кількості продукції вважають збалансованість раціону. За енергетичною цінністю ліпіди займають провідне місце серед інших поживних

речовин корму [94]. Рівень живлення бджолої сім'ї впливає на розвиток усіх особин, що в кінцевому результаті відображається на рентабельності пасіки.

1.4. Підгодівля бджолиних сімей і сучасні тенденції її вдосконалення з використанням нанобіотехнологічних матеріалів

На сьогоднішній день ведеться пошук нових препаратів та біологічно активних добавок, які застосовуються у підгодівлі медоносних бджіл для підвищення їх резистентності, покращення біологічної цінності та якості продукції [142, 149, 176, 205, 217, 228, 301, 308, 376]. В останні десятиріччя в Україні створено пріоритетний напрямок у нанотехнології, за допомогою якого отримано карбоксилати основних харчових кислот і більшості біотичних металів, у тому числі Zn, Mg, Fe, Cu, Co, Cr, Se, Ni та Ag [178, 249, 377, 378, 438, 466]. Дослідженнями у ветеринарній медицині встановлено, що нанокарбоксилати даних мікроелементів не токсичні, йони металів з таких комплексів швидко й ефективно засвоюються живим організмом в якості життєвонеобхідних елементів. Доведена доцільність їхнього застосування у галузі бджільництва не тільки з метою одержання біоцидного ефекту, але й активних нанотехнологічних сполук, що набагато ефективніші, ніж мікроелементи у класичному іонізованому вигляді [3, 183, 252, 268, 269, 410, 436].

Цитрати біметалів є хелатними комплексами досить високої стійкості, достатньої для виконання своєї транспортної функції в організмі. Це дозволяє уникнути залежності від його лігандного гомеостазу. За цих умов їхня стійкість менша за стійкість внутрішньокоординаційних сполук металів із біологічно активними лігандами організму. Це зумовлює поступове, в міру потреби, вивільнення металу з цитрату за конкурентними реакціями з цими сполуками та швидше включення його в фізіологічні та біохімічні процеси організму, що посилює ефективність їх біологічної дії [122, 158, 219, 294, 356, 455].

Додавання до корму бджіл сполук окремих елементів, як метаболічних стимуляторів органічного та неорганічного походження, внесених у різних кількостях, впливає на корекцію фізіолого-біохімічних процесів і підвищує продуктивність та резистентність медоносних бджіл [177, 248, 254, 257, 271, 329, 333]. Деякі автори заявляють, що органічні сполуки мікроелементів менш токсичні, краще засвоюються організмом, тому їхнє застосування у компонентах підгодівлі знімає проблему дефіциту есенціальних елементів в організмі [327, 370, 415, 420]. Органічні сполуки біометалів у формі карбоксилатів їхніх наночастинок мають низку переваг: володіють високою біологічною дією, повніше засвоюються організмом і активно використовуються у процесах обміну речовин [89, 98, 122, 203, 266, 290, 392, 395, 404, 443].

Важливим щодо удосконалення мінеральних компонентів підгодівлі бджіл є сполуки Cr і Se у цитратній формі. Дослідниками відзначені особливості розподілу важких металів у головному, грудному відділах, черевці та цілому організмі бджіл за згодовування цитратів хрому та селену у весняно-літній період. Встановлено, що Хром у фізіологічних концентраціях інтенсифікує енергетичні процеси в організмі. У тварин при надмірному його надходженні в організм стимулюючий ефект відсутній. Через те, що основна маса Хрому затримується в корінні рослин, лише незначна частина цього елемента транспортується до наземних органів, у т.ч. до суцвіття квітки. У результаті цього квітковий пилок рослин не може достатньо забезпечувати потребу бджіл у Хромі [367, 368]. Дослідженнями як окремих анатомічних відділів, так і цілого організму медоносних бджіл встановлено різниці вмісту Fe, Zn та Cu, що може бути пов'язано з синергічним або антагоністичним впливом як Cr, так і Se на обмін інших елементів, у т.ч. Cu [188, 322, 368, 430–432, 449].

Встановлено, що згодовування бджолам Se цитрату призвело до змін вмісту окремих важких металів (Cd) як у всьому організмі, так і його анатомічних відділах – голові (Cu, Cr), грудях (Cr) і черевці (Cu) [353, 362, 363,

461, 463]. Вірогідні зміни вмісту Cu і Cr відзначені в головному і грудному відділах, але рівень досліджених елементів в гомогенаті черевного віділу був дещо вищим, ніж головного і грудного. Характерно, що вміст окремих елементів в тілі бджіл значно коливався від 0,27 мг/кг для Cd до 11,49 мг/кг для Zn і сформував таку послідовність його зниження: $Zn \rightarrow Cu \rightarrow Co \rightarrow Ni \rightarrow Ni \rightarrow Cd$. Ця залежність може коригуватися рівнем цих елементів у нектарі та пилку рослин, а також воді. Проте більш виражено вона буде зумовлюватися фізіологічним значенням і взаємодією окремих мінеральних елементів в організмі бджіл [61, 404, 451, 469]. Доведено, що згодовування з цукровим сиропом різної кількості цитрату германію та селену відзначалася їхнім антагоністичним впливом на вміст важких металів у перзі, меді та стільниках бджіл, що покращувало біологічну цінність та якість цих продуктів [170, 353, 362, 363, 461, 463].

Як відомо, Кобальт, як мікроелемент найповніше засвоюється в організмі тварин порівняно з іншими елементами мінерального живлення. За застосування в підгодівлі тварин високих доз Кобальту (більше 100 мкг/тварину) його абсорбційна здатність знижується до 16 %. Однак, за внесення більш високих доз кобальту його всмоктування організмом тварин припиняється. Підсиленню абсорбційних властивостей Кобальту спряють Zn і Cu [18, 237, 289, 325, 397, 418, 419, 428, 459].

Аналогічні функції обміну Кобальту притаманні й організму комах, зокрема медоносних бджіл. Встановлено, що за додавання до цукрового сиропу солей кобальту в мікродозах збільшується кількість розплоду в сім'ях і підвищується їх продуктивність [18, 237, 289, 325]. Іншими дослідженнями встановлено, що Кобальт інтенсифікую процеси перекисного окиснення ліпідів [459], впливає на синтез вітаміну B₁₂, а максимальний час його синтезу – становить 96 годин [443].

Встановлено, що введення бджолиним сім'ям цитратів Co і Ni до сиропу весняної підгодівлі викликало підвищення інтенсивності яйцекладки бджолиних маток. Характерно, що найбільший приріст інтенсивності

яйцекладки відзначений у бджолиних маток, яким з цукровим сиропом згодовували роздільно цитрати Co і Ni. Комплексне застосування цитратів Co і Ni з цукровим сиропом за весняної підгодівлі характеризується меншим стимулюючим впливом на інтенсивність відкладання яєць матками бджіл, ніж роздільне їх застосування [66, 138, 139, 318, 355, 462, 476].

Відомо, що підгодівля бджіл тільки цукровим сиропом, який майже не містить мінералів, призводить до прискореного старіння бджіл і дефіциту протеїну в їх організмі [4, 24, 35, 70, 76, 84, 109, 221, 228]. Це впливає на розвиток глоткових залоз, які відповідають за інвертування цукрів і вироблення маточного молочка, а також на функціональний стан жирового тіла, в якому нагромаджуються резервні поживні речовини організму бджоли. Тому, ведеться науковий і практичний пошук з використання у критичні періоди живлення бджіл есенціальних мікроелементів, що суттєво впливають на життєдіяльність їхнього організму, або роль яких у цих комах не з'ясована [136, 191, 439, 453-455].

1.5. Функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за різного рівня мінерального живлення та сезону року

Відомо, що для бджільництва важливе значення має репродуктивна активність бджолиних маток [12, 28, 172, 389, 413, 457]. Це є визначальним для збереження бджолиної сім'ї, а також для ефективної реалізації господарсько-корисних ознак робочих медоносних бджіл. Власне активний розвиток бджолиної сім'ї у льотний період дозволяє забезпечувати зростання продуктивності за умов наявності матки з високою інтенсивністю яйцекладки [37, 53, 184, 186, 190, 214, 218,].

Інтенсивність вирощування розплоду є важливою складовою не лише процесів життєдіяльності сім'ї, але і виживання медоносних бджіл як виду. В першу чергу на ці процеси впливає бджолина матка, але її функція залежить від

дії комплексу зовнішніх і внутрішніх чинників, тобто від періоду, сезону, погодних і медозбірних умов, стану гнізда, чисельності особин у гнізді, породи тощо. Однак, кожний окремий із них може мати позитивний або негативний вплив на темпи вирощування розплоду у гніздах бджолиних сімей [11, 12, 234].

Вивчення особливостей функціонування репродуктивної системи бджолиних маток та фізіологічних регуляторних механізмів реалізації репродуктивного потенціалу на різних рівнях вже давно стали предметом досліджень [60, 320, 358, 476]. На даний час про механізми, що лежать в основі репродуктивного розподілу у бджолосім'ї, є недостатньо повідомлень. Відомо, що феромон бджолої матки відіграє важливу роль у регулюванні репродуктивної стратегії [184, 389]. Відтворна здатність маток залежить від генетичних особливостей [15, 93, 120] і має виражену сезонну залежність, яка пов'язана з кількістю та якістю доступного в природі корму [39, 81, 132, 142, 176].

Яйцекладка бджолиних маток залежить від безлічі факторів, серед яких за природного способу отримання бджолиних маток можна виділити: породу бджіл, вік, якість і кількість маточного молочка, кормову базу, технологію ведення бджільництва, погодні умови [228, 234, 389, 457, 476]. За штучної репродукції до перерахованих вище факторів додаються вік племінних личинок, спосіб, умови репродукції та запліднення маток. Дослідження репродуктивної здатності бджолиних маток вказують на її залежність від комплексу екологічних факторів, їх значущості, інтенсивності та сили впливу на організм. Зокрема, вивчаючи чинники впливу на репродуктивне здоров'я трутнів медоносних бджіл відмічають їх комплексний вплив на бджолину колонію, в т.ч. і на тривалість життя маток [20]. Бджолині сім'ї, у яких матки володіють вищим репродуктивним потенціалом демонструють більш високий ріст і виживання [16, 55, 134].

Як відомо, інтенсивність роботи матки регулюють робочі бджоли [184, 214]. За сприятливих умов вони посилюють вирощування розплоду, а за невідповідних – змушують матку зменшити або припинити відкладання яєць.

Відзначено, що завдяки інтенсивності та кількості спожитого маточного молочка матка спроможна генерувати різну кількість яєць різної величини [15, 173]. Експериментально доведено [23, 50], що кількість бджіл у сім'ях під впливом тих чи інших факторів змінюється. Шляхом посилення чи ослаблення догляду, а також і підгодівлі матки, бджоли регулюють її яйценосність [189, 214, 218]. Встановлено, що кількість спожитого маткою маточного молочка безпосередньо впливає на процес оогенезу [86, 189, 212].

Оогенез у маток медоносних бджіл – процес, в ході якого в період розвитку яйця відкладаються запаси поживних речовин, розпочинається із появи зародкових клітин, які регулярно діляться тільки в передньо-задньому напрямку, утворюючи з кожним діленням цистобласт, який проходить строгу програму з чотирьох синхронних мітотичних циклів, кожна з яких має неповний цитокінез [86, 123]. Результатом є кластер із 16 цистоцитів, з яких 15 виконують трофічну функцію і називаються трофоцитами і лише 1 стає ооцитом. Утворений кластер, що складається з ооцита і 15 трофоцитів організований у так званий синцитіальний комплекс, в якому ооцит і трофоцити з'єднані цитоплазматичними містками і покритий шаром фолікулярних клітин зміщується із зони гермарію у вітеллярій [86, 213].

Репродуктивна система бджоломаток представлена двома яєчниками, що лежать вентро-латерально в порожнині черевця по обидва боки від травного каналу, парними яйцепроводами, що переходять у непарний яйцепровід, і закінчуються сім'яприймачем та піхвою. Яєчники – білі тіла грушоподібної форми, вкриті тонкою пухкою оболонкою, розташовані у верхній частині черевця. У плідної матки яєчники займають більшу частину його порожнини, розташовуючись під 2–5 тергітами (довжиною 5–6 мм). Медоносні бджоли мають меристичні політрофні яєчники, що складаються з оваріол [108, 213]. Кожна оваріола зрілого яєчника формується з кінцевої нитки, що сприяє процесу оогенезу, гермарію, в якому розташовуються мітотичні відділи для формування фолікулів, та вітеллярій, що містить зростаючі фолікули, що

побудовані з оциту і трофоцитів, оточених в єдиній камері фолікулярними епітеліальними клітинами [108, 213].

У політрофних яєчниках кожен ооцит має свою групу трофоцитів. Політрофні яєчники комах формуються з яєчних трубок, в яких розрізняють гермарій і вітеллярій. У гермарію в результаті декількох мітотичних поділів цистобласта – похідною від зародкового шару клітини, формується циста з ооцита та групи трофоцитів. Ооцит і трофоцити залишаються пов'язаними між собою цитоплазматичними містками. У вітеллярію відбувається подальше формування і ріст ооцита. Трофоцити постачають ооцит субклітинними органелами (мітохондріями та рибосомами), полісахаридами, ліпідами та протеїнами, часто в комплексі з РНК [87]. Основним механізмом їх переміщення з трофоцитів в ооцит є активний транспорт уздовж загальних структур цитоскелету цисти – мікротрубочок і актинових філаментів [85]. Окрім цього існують дослідження, які вказують на експресію так званих «вікових» молекул у трофоцитах та жирових клітинах молодих та старих маток, які впливають на процеси клітинного старіння в трофоцитах і жирових клітинах бджолиних маток [99].

У медоносних бджіл існує залежність між числом яйцевих камер в оваріолах яєчників і такими важливими характеристиками, як тривалість періоду між двома кладками та кількість яєць залежно від вегетаційного періоду медоносних рослин. Власне оогенез бджоломаток є важливим аспектом життєвого циклу для медоносних бджіл і сильно залежить від конкретних умов. Серед факторів, які впливають на продуктивні ознаки бджолиних маток, з урахуванням породи, вікового складу бджіл, співвідношення розплоду, сезону року, виявлені певні біологічні закономірності за різного рівня та складу мінерального живлення. Якість функціонування репродуктивних органів бджолиних маток визначається ще на ранніх стадіях онтогенезу, вплив на який, в тому числі, має рівень мінерального живлення [11, 55, 93, 119, 156, 168, 185, 234, 389].

Відомо, що кількість оваріол, які формують яєчник, значною мірою зумовлює потенційну плодючість матки та відповідно, силу сім'ї. Проте за різного рівня мікроелементного навантаження рівень яйцекладки може як зростати, так і зменшуватися. Явища зменшення яйцекладки бджоломаток, за дефіциту окремих мікроелементів, пояснюється інгібуванням низки ензимів, відповідальних за метаболічні процеси, що відбуваються в період оогенезу. Як правило, такі явища можуть спостерігатися при надходженні в організм значної кількості важких металів. Такий процес може мати і зворотний характер. За створення умов, коли в організм можуть потрапити антагоністи ензимних інгібіторів, які утворюють комплекси з важкими металами, відбувається відновлення ферментної активності. Окрім цього, мікроелементи також можуть проявляти безпосередній вплив на функціонування репродуктивної системи бджолиних маток у цілому, так і окремих її важливих відділів, а також опосередковано. Опосередкований вплив можна розділити на два типи: екзогенний та ендогенний [473].

Вплив мікроелементів як на загальні процеси метаболізму цілого організму бджолиних маток, так і на усі відділи репродуктивної системи буде визначатися ендогенним впливом. Найбільш відповідальним і визначальним відділом є ооцити. Екзогенна регуляція оогенезу природно регламентується сезоном року. Щодо мікроелементної регуляції оогенезу, то тут важливе місце буде мати вплив на підщелепові залози робочих бджіл, відповідальних за якісний і кількісний склад секрету, що згодовується бджолиній матці для стимуляції та підтримки інтенсивності оогенезу [366, 367].

Для стимуляції розвитку бджолиних сімей запропонований препарат «Ковітсан». В якості діючої речовини він містить мікроелементи та вітаміни. Підгодовля бджолиних сімей «Ковітсаном» спричиняє значний вплив на несучість маток в період нарощування сили сімей до медозбору і в кінці літа. Причому інтенсивність яйцекладки зростала через 5–7 діб після стимулюючої підгодовлі. В період нарощування сили сімей в зиму, тривалість яйцекладки продовжувалася в середньому на 7 діб. У дослідних сім'ях яйцекладка маток

перед взятком в середньому була на 24,4 % більше, ніж в контролі, а при нарощуванні сили сімей в зиму - на 12,4 %. Завдяки прискореному розвитку дослідних бджолиних сімей до головного взятку нарощували бджіл в середньому на 2 вулички, а в кінці сезону – на 1,5 вулички більше, ніж в контролі [391].

Успішно застосована протеїново-вітамінна, біологічно активна підгодівля для медоносних бджіл «Стимовіт». В якості протеїнової частини підгодівля містить 30% квіткового пилку. В її склад входять амінокислоти, мікро- і макроелементи, вітаміни та інші біологічно активні сполуки, що характеризуються стимулюючою дією на ріст, розвиток і продуктивність бджолиних сімей, підвищують резистентність бджіл до несприятливих факторів зовнішнього середовища та до різних захворювань [424].

Підгодівля бджолиних сімей розчином цукру та додавання препарату «Кобацин» впливали позитивно на розвиток бджолиних сімей – силу, кількість вигодуваного розплоду та живої маси бджолиних маток [341]. Позитивний вплив спостерігався не лише під час підгодівлі, але й у подальші періоди розвитку сімей. Протягом періоду підгодівлі кількість розплоду в бджолиних сім'ях, які отримували «Кобацин» збільшувалася на 76,0 %, жива маса бджолиних маток – на 2,23 %.

Аналіз робіт по стимулюючій підгодівлі з мікроелементними складовими, в різні періоди життєдіяльності бджолиних сімей свідчить про можливість підвищити вирощування розплоду у весняно-літній та осінній періоди на 35,0 і 15,0 % відповідно [35, 46, 288–290, 319, 325]. За цих умов відбуваються зміни морфологічної структури репродуктивної системи бджолиної матки та проявляються зміни у продуктивності робочих бджіл.

Над отриманням і вивченням препаратів, які володіють властивостями стимулювати репродуктивну функцію бджолиних маток, вчені та практики працюють давно. Незважаючи на значну кількість публікацій з питань застосування цитратних сполук у бджільництві, можливе створення досконаліших засобів захисту здоров'я бджіл та покращення функціонування

репродуктивної системи бджолиних маток. Однак ці питання у доступній літературі висвітлені недостатньо. Тому пошук нових біологічно активних сполук, розробка рецептур препаратів, здатних надавати стимулювати інтенсивність яйцекладки, ріст і розвиток медоносних бджіл, а також їх продуктивність є перспективним напрямком у бджільництві.

1.6. Висновок до Розділу 1

Аналіз літературних джерел свідчить, про важливість пошуку нових методів і засобів спрямованих на підвищення життєздатності медоносних бджіл (*Apis mellifera*) як одного із представників тваринного світу. Ця комаха є найбільш корисною у господарстві. Вона найбільш чуйно реагує на всі зміни умов довкілля та техногенного навантаження. Також у працях низки авторів відзначається щорічне послаблення природної стійкості бджіл до умов середовища, зниження показників відтворної здатності та продуктивних якостей сімей. Тому одним із перспективних та ефективних методів підвищення стійкості бджолиних сімей до негативних зовнішніх чинників є використання органічних карбоксилатних комплексів, зокрема, цитратів Ag і Cu. Додавання нанокарбоксилатів мікроелементів до штучного корму бджолам у вигляді розчину має низку переваг, порівняно з їх мінеральними сполуками. Важливо зазначити широкий спектр корисних біологічних ефектів від використання карбоксилатів, отриманих нанотехнологічним методом. Такі органічні сполуки володіють високою біологічною активністю, краще засвоюються організмом і активно використовуються у процесах обміну речовин. Однак фізіологічні та біохімічні особливості роздільного та комплексного впливу цитратів Ag і Cu на організм медоносних бджіл до кінця не з'ясовано. Зокрема, сучасна екологічна ситуація, що склалася в даний час на території України, потребує невідкладного дослідження та розробки шляхів корекції фізіолого-біохімічного статусу організму медоносних бджіл,

репродуктивної функції бджолиних маток, зокрема, у критичні періоди їх життєдіяльності.

Також недостатньо відомостей про закономірності мінерального і ліпідного обміну в організмі медоносних бджіл, їх резистентність, розмноження і продуктивність, за внесення до штучного корму різних доз цитратів Ag і Cu та їх поєднань. Тому вивчення фізіолого-біохімічних, репродуктивних особливостей організму медоносних бджіл за дії цитратів Ag і Cu дозволить з'ясувати їх вплив на яйцекладку бджолиних маток, показники життєздатності, біологічну цінність і якість їх продукції.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна методика та схема проведення дослідження

Дослідження виконані в 2015–2019 рр. у лабораторії екологічної фізіології та якості продукції Інституту біології тварин НААН. Під час виконання дисертаційної роботи проведено чотири досліді за схемою, наведеною у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ

Групи медоносних бджіл	Періоди дослідження	Тривалість досліді, 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 ЦС	28
III Дослідна	ЦС + цитрат Ag – 1 мг/л ЦС	28
IV Дослідна	ЦС + цитрат Cu – 0,5 мг/л ЦС	28
V Дослідна	ЦС + цитрат Cu – 1 мг/л ЦС	28
ДОСЛІД III (ЛІТНЬО-ОСІННИЙ ПЕРІОД)		
I Контрольна	ЦС – 1000 мл/тиждень/бджолосім'ю	28
II Дослідна	ЦС + цитрат Ag – 0,5 мг/л ЦС	28
III Дослідна	ЦС + цитрат Ag – 1 мг/л ЦС	28
IV Дослідна	ЦС + цитрат Cu – 0,5 мг/л ЦС	28
V Дослідна	ЦС + цитрат Cu – 1 мг/л ЦС	28
ДОСЛІД IV (ВЕСНЯНИЙ ПЕРІОД)		
I Контрольна	ЦС – 1000 мл/тиждень/бджолосім'ю	36
II Дослідна	ЦС + цитрат Ag – 0,2 мг/л ЦС + цитрат Co – 0,2 мг/л ЦС	36
III Дослідна	ЦС + цитрат Ag – 0,5 мг/л ЦС + цитрат Co – 0,5 мг/л ЦС	36

Медоносні бджоли карпатської породи утримувалися у багатокорпусних 8-рамкових вуликах з розміром рамки 435×230 мм. Бджолині сім'ї були благополучні щодо інфекційних та інвазійних захворювань.

Дослідження виконували згідно методичних вказівок Дослідження проводили відповідно до положень «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним Конгресом з біоетики (Київ, 2001) та «Європейської конвенції про захист тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986).

Дослід I проведено в умовах ізолюваного утримання медоносних бджіл у садках [281] у лабораторії екологічної фізіології та якості продукції Інституту біології тварин НААН за температури 27 °C, з підгодівлею їх препаратом «Шумерське срібло» (ШС) з 50% цукровим сиропом (ЦС) упродовж 10 діб. Бджіл контрольної та 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 250 мг/л і Cu 250 мг/л, виготовлений з використанням нанотехнологічних методів, виробник ТОВ «Наноматеріали та нанотехнології» м. Київ [381]. У модельному досліді вивчали нешкідливість і біологічну дію препарату. У період досліджень проводили щодобовий контроль кількості живих і мертвих бджіл, їх рухову та кормову активність [281, 460].

У період досліджень проводили щодобовий контроль кількості живих і мертвих бджіл, їх рухову і кормову активність. На 10-ту добу було звірено журнальні записи із фактичною кількістю живих і мертвих бджіл, визначено добову динаміку збереженості бджіл і відібрано по 50 бджіл для визначення вмісту Ag, Cu, Fe, Zn, Co у гомогенаті анатомічних відділів тіла на атомно-абсорбційному спектрофотометрі СФ-115 ПК [40, 284, 291, 422].

Досліди II-IV Другий дослід проведено на базі пасіки Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького у весняний період на бджолах карпатської породи. Для

досліді II сформували 5 груп бджолосімей за принципом аналогів, по три бджолосім'ї в кожній групі. Метою дослідження було вивчити вплив згодовування бджолам добавок цитратів Ag і Cu, що отримані методом нанотехнології, на організм комах та їх продукцію у весняний період, а також інтенсивність яйцекладки бджолиних маток.

Матеріалом для досліджень слугували тіло бджіл і його відділи, перга, бджолині стільники та поліфлорний квітковий мед. Зразки біологічного матеріалу брали з контрольної та дослідних груп від клінічно здорових бджолосімей у дослідний період. З кожної сім'ї відібрано 90–100 робочих медоносних бджіл, пергу (заповнені ділянки кормових стільників площею 20–25 см²), мед в кількості 100–150 г та збудованих по краю рамки стільників (язики) методом безпосереднього вирізування їхніх гніздових надбудов масою 30–40 г з кожного вулика. У лабораторних умовах із зразків цілого тіла бджіл готували гомогенати.

У зразках перги, стільників і гомогенатів бджіл визначали вміст загальних ліпідів методом гравіметричного зважування з екстрагуванням за методом Фолча [65], відносний вміст окремих класів ліпідів методом тонкошарової хроматографії на силікагелевих пластинах Sorbfil Plates 100–150 mm (ПТСХ – П – А) [284], окремих мікроелементів – Fe, Cu, Zn, Cr, Co, Pb, Cd на атомно-абсорбційному спектрофотометрі СФ-115 ПК (ГОСТ 30178-96), вміст також фізико-хімічні показники меду згідно з ДСТУ 4497:2005 [316]. Крім цього, досліджували репродуктивну функцію бджолиних сім'яток за кількістю відкладених яєць у бджолиних сім'ях сформованих груп [281].

Для досліді III відібрали 5 груп клінічно здорових бджолиних сімей, по 3 бджолосім'ї у кожній. Метою дослідження було вивчити вплив цитратів Ag і Cu, які вводили до підгодівлі з цукровим сиропом у літньо-осінній період, на організм медоносних бджіл та їх продукцію.

Для лабораторного дослідження, аналогічно досліді II, відібирали зразки біологічного матеріалу бджіл – тіло та його відділи з визначенням за згаданими вище методиками вмісту загальних ліпідів і співвідношення їхніх

класів, окремих мікроелементів – Fe, Zn, Co, Cu, Cr, Co, Pb, Cd та фізико-хімічних показників меду. Зразки бджіл препарували на окремі анатомічні відділи – голова, груди, черевце і цілі бджоли для приготування гомогенатів з використанням рідкого азоту.

Дослід IV був проведений на трьох групах клінічно здорових бджолиних сімей, по 3 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 лабораторного дослідження відбирали цілих бджіл та частини окремих анатомічних відділів їх тіла (голова, груди, черевце), зразки стільників, перги та визначали вміст загальних ліпідів і співвідношення їхніх класів, окремих мікроелементів (Fe, Zn, Co, Cu, Cr, Co, Pb, Cd) та фізико-хімічні показники меду аналогічно досліді II. Активність репродуктивної системи бджолиних маток визначали за показником інтенсивності середньодобової яйцекладки шляхом фотометричного підрахунку запечатаного розплоду [297]. Підрахунки проводили через кожні 12 діб. На 36-у добу здійснювали відбір дослідних бджолиних маток для гістологічного дослідження їх яєчників. Зважування 12-годинних яєць, отриманих із бджолиних чарунок, проводили на лабораторній електронній вазі серії ANG.C виробництва фірми "AXIS".

Сполуки мікроелементів, які використовувалися в дослідженнях. У проведених експериментальних дослідженнях були використанні органічні сполуки – водні розчини Ag цитрату (0,5 і 1,0 мг Ag/дм³) та Cu цитрату (0,5 і 1,0 мг Cu/дм³), наданих для дослідження ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ).

Цитрати мікроелементів – найбільш перспективні органічні сполуки щодо збагачення харчових продуктів і кормів [408, 438]. Як альтернативу хімічним методам синтезу сполук металів з органічними кислотами (зокрема, лимонною) запропоновано метод їх отримання за допомогою нанотехнології [377, 378]. Цей спосіб дешевший, дозволяє вийти на промислові обсяги виробництва та

створити цитрати біогенних металів високої чистоти.

Синтез цитратів за аквананотехнологією відбувається в 2 етапи. На I етапі отримують водний колоїдний розчин наночастинок металів диспергуванням високочистих гранул відповідних металів імпульсами електричного струму в деіонізованій воді. На II етапі отримують власне карбоксилати біотичних металів за реакцією прямої взаємодії високо хімічно активних наночастинок з лимонною кислотою. Оскільки до числа реагентів не входять жодні інші речовини, наночастинки повністю беруть участь у хімічній реакції синтезу солі лимонної кислоти. В результаті утворюється продукт високої хімічної чистоти і, що особливо важливо, ця сполука не містить вільних наночастинок. Збагачення ж харчових продуктів сполуками мікроелементів – карбоксилатами лимонної кислоти, а не вільних наночастинок металів, знімає одну з важливих проблем ризику використання в продуктах харчування високо реакційно здатних і мало контрольованих вільних наночастинок, властивості яких змінюються з часом і залежать від умов середовища [438].

Металовмісний препарат із біоцидними властивостями «Шумерське срібло» (ТУ У 24.2 – 35291116 – 001 : 2009) – суміш цитратів Ag і Cu у вигляді срібно-мідних агломератів [381]. До його складу входить цитрат купруму з концентрацією активного купруму 250 ± 25 мг/л, цитрат аргентуму з концентрацією активного аргентуму – 250 ± 25 мг/л, лимонна кислота 0,01...0,5 % та очищена вода. Препарат має бактерицидні властивості до грам-негативних та грам-позитивних бактерій (включаючи мікобактерії туберкульозу), віруліцидні та фунгіцидні (включаючи збудників кандидозу, дерматофітозів тощо) та спороцидні властивості. Є ефективним засобом для знешкодження збудників паразитарних хвороб (цист та ооцист кишкових найпростіших). Засіб має пролонговану дію. За параметрами гострої токсичності при введенні в шлунок та нанесення на шкіру за ГОСТ 12.1.007–76 відповідає IV класу токсичності – малонебезпечна речовина.

2.2. Основні методи досліджень

Визначення концентрації мінеральних елементів у тілі та продукції бджіл. Вміст мікроелементів (МЕ) у тілі бджіл та його віддлах, бджолиному обніжжі, перзі, меді та стільниках визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі після сухої мінералізації зразків [284, 291]. У порцелянові тиглі поміщали досліджувані зразки масою 5–10 г і висушували протягом чотирьох годин у сушильній шафі за температури 70–80 °С.

Після повного висушування зразків тиглі переносили у муфельну піч для озолення. Температуру у муфельній печі поступово доводили до 450 °С. У наступні 30 хв озолення температуру підвищували на 50 °С. Мінералізацію зразків проводили до утворення білої або блідо-рожевої золи, без обвуглених частинок, що вказувало на повне згоряння органічних речовин. Якщо не вдалося досягти повної мінералізації зразків, то в попередньо охолоджений тигель із золою додавали 1 см³ концентрованої соляної кислоти й 1 см³ концентрованої сірчаної кислоти. Тигель із сумішшю ставили на піщану баню і висушували зразок за температури від 200 °С до 300 °С. В подальшому висушений зразок розчиняли у невеликій кількості соляної кислоти. Зразок фільтрували у мірну колбу об'ємом 10 см³. Тигель ополіскували цим же розчином 2–4 рази і зливали у цю ж колбу. Об'єм у колбі доводили до мітки 30 % розчином соляної кислоти. Отриманий розчин придатний для визначення вмісту в ньому МЕ на атомно-абсорбційному спектрофотометрі. Визначення вмісту МЕ у зразках проводили за калібрувальним графіком та екстинкцією дослідного зразка з використанням комп'ютерної програми на СФ 115 ПК, вміст досліджуваного елементу виражали в грамах на 1 кг зразка.

Дослідження вмісту загальних ліпідів у тканинах бджіл та їх продукції. Принцип класичного методу [65] екстрагування загальних ліпідів (метод Фолча) ґрунтується на тому, що ліпопротеїдні комплекси руйнуються полярним розчинником (метанолом), сприяючи їхній екстракції неполярним розчинником (хлороформом). Метод дозволяє звільнити ліпідний екстракт від

не ліпідних речовин шляхом його промивання. Нейтральні ліпіди (триацилгліцероли, воски, пігменти) ефективніше екстрагуються з тканин етиловим ефіром, хлороформом або бензолом, тобто групою органічних розчинників, що не допускають асоціації ліпідів, яка зумовлена їхніми гідрофобними властивостями. Тоді як мембранні ліпіди ефективніше екстрагуються полярними розчинниками, зокрема етанолом або метанолом, які сприяють зменшенню гідрофобної взаємодії між ліпідними молекулами, одночасно послаблюючи водневі зв'язки і електростатичну взаємодію, що зв'язує мембранні ліпіди з мембранними білками.

Реактиви: хлороформ, метанол, суміш метанолу з хлороформом (2:1), 0,74 % розчин KCl, суміш для промивання (хлороформ:метанол: KCl – 8:4:3). У колбочки з притертими корками вносили 1 частину подрібненої тканини і додавали 20 частин суміші хлороформ – метанолу у співвідношенні 2:1. Утворену суспензію старанно струшували і залишали на 12 годин за умов кімнатної температури для екстракції. Потім суміш профільтровували через обезжирений фільтр, осад двічі промивали екстрагуючою сумішшю (по 5мл), а екстракти об'єднували. Для видалення водорозчинних неліпідних сумішей до екстракту додавали 0,74 М розчину KCl, у кількості рівній 1/5 об'єму ліпідного екстракту. Суміш знову струшували і залишали на 12 годин.

Після 12-годинного відстоювання утворювалася двофазна система. Верхній шар, водно-метаноловий відсмоктували за допомогою водоструменевої помпи, оскільки, більш полярні молекули, у т. ч. протеїни та цукри потрапляють у водно-метанольний шар (верхня фаза), а ліпіди залишаються в хлороформному нижньому шарі (нижня фаза), який у подальшому концентрували на роторному випарювачі. Абсолютну кількість загальних ліпідів у тканині визначали гравіметричним методом після концентрування на роторному випарювачі.

Екстракт ліпідів, отриманий методом Фолча, висушували шляхом відгонки випарювача, а відтак доводили до постійної маси у вакуум-ексикаторі. Для цього проби поміщали в ексикатор, заповнений як вологовловлювачем

концентрованою H_2SO_4 . Через дві години проби зважували на аналітичній вазі та визначали вміст ліпідів за формулою:

$$(A - B) \times 100 / C = \text{мг \%}, \quad (2.1), \text{ де}$$

A – маса бюкса з ліпідами;

B – маса бюкса без ліпідів;

C – маса тканини, мг.

Дослідження вмісту окремих класів ліпідів методом тонкошарової хроматографії. Метод базується на визначенні відносного вмісту окремих класів ліпідів за допомогою тонкошарової хроматографії з використанням силікагелевих пластин 100–150 mm Sorbfil Plates [339]. Екстракт загальних ліпідів розчиняли у хлороформі (1 мл), після чого капіляром наносили на алюмінієві пластини з шаром силікагелю. Пластини поміщали в камеру, попередньо насичену випарами суміші гексан – діетиловий ефір – льодяна оцтова кислота у співвідношенні 70:30:1 і утримували їх у вертикальному положенні до того часу, поки рухома фаза розчинників не підніметься на висоту до 0,5 см від верхнього краю пластинки. Після цього пластинки висушували до зникнення характерного запаху оцтової кислоти. Висушену хроматограму проявляли у парах кристалічного йоду, які зворотно реагують з подвійними зв'язками ненасичених жирних кислот, тому ліпіди, що містять ненасичені жирні кислоти, забарвлюються в процесі цієї реакції у жовтий або коричневий колір. Зафарбовані у світло – коричневий колір зони ліпідів препарували голкою і за допомогою скальпеля переносили у пробірки, додаючи 5 мл концентрованої H_2SO_4 і добре перемішували. Потім їх ставили на водяну баню на 20 хв., за температури кипіння води. Після відстоювання суміші протягом 2 год., проводили вимірювання оптичної густини зразків на спектрофотометрі СФ-46 за довжини хвилі 440 нм проти контролю.

Дослідження репродуктивної здатності бджолиних маток. Показники інтенсивності яйцекладки бджолиних маток карпатської породи бджіл визначали за допомогою описаного експрес-методу [281, 396] та шляхом

фотометричного підрахунку запечатаного розплоду [297]. Експрес-метод базується на використанні рамки-сітки, із стандартним діленням 5×5 см для вимірювання площі запечатаного бджолиного розплоду, яку встановлювали на стандартний стільник рамки, розміром 435×230 мм. Стандартний стільник цієї системи вуликів вміщує 40 квадратів з кожної зі сторін, окремий квадрат якої містить 100 бджолиних комірок. Підрахунок проводили безпосереднім накладанням рамки – сітки на стільники зі зрілим запечатаним розплідом з інтервалом 12 діб, оскільки бджолиний розплід знаходиться в запечатаному стані саме такий строк. Підраховувавши суму комірок всіх квадратів за один промір та поділивши цю кількість на 12, отримували показник інтенсивності середньодобової яйцекладки бджолиних маток.

Спосіб фотометрії запечатаного розплоду бджіл включає визначення на рамці ділянки розміщення бджолиного розплоду, розрахунок площі ділянки та перерахунок на кількість комірок. Рамки із розплідом фотографували цифровою камерою Canon EOS 750D Kit (18-135 IS STM) (Японія), отримані зображення у цифровому форматі обробляли у комп'ютерній програмі Apis_Project (Україна). Для здійснення фотометричного аналізу у спеціально відведеному полі вводять дані розміру рамки та виділяють зону розплоду на цифровому зображенні рамки, що згідно із заданим алгоритмом автоматично розраховує площу виділеної ділянки та перераховує на кількість чарунк запечатаного розплоду, виходячи з того, що 1 см² відповідає 4 чарункам бджолиного розплоду робочих бджіл та 3,2 чарунки трутневого розплоду, та додатково вираховує відсоток площі, котру займає запечатаний розплід по відношенню до площі сторони рамки.

Гістологічні дослідження яєчників бджолиних маток. Для відбору гістологічного матеріалу бджолині матки піддавали наркотизації шляхом поміщення їх у герметичну ємність і оброки їх діоксидом вуглецю. Для проведення гістологічних досліджень яєчників від кожної бджолиної матки було відібране черевце та відпрепаровано під стереомікроскопом МБС-10 (Росія) та видалено правий і лівий яєчники, які переносили у фіксатор Буена на

24 години. Після цього матеріал промивали у змінних порціях 70° спирту до цілковитого знебарвлення. Фрагменти відібраних тканин зневоднювали у висхідному ряді спиртів та хлороформів з наступною заливкою у парафіні (формування парафінових блоків) за загальноприйнятою методикою [26, 200, 421, 433]. З парафінових блоків виготовляли гістозрізи товщиною 7 мкм на санному мікротомі MC-2 (CPCP), які монтували на предметне скло, а після їх висихання фарбували гематоксиліном Маєра та 0,1 %-вим розчином еозину на 70° етанолі, після чого здійснювався аналіз гістологічної структури. Дослідження і мікрофотографування гістологічних препаратів проводили методом світлооптичної мікроскопії з використанням мікроскопа Leica DM-2500 (Switzerland) та фотокамери Leica DFC450C і програмного забезпечення Leica Application Suite Version 4.4 [Build:454] Leica Microsystems (Switzerland) Limited.

Для зручності проведення порівняльного аналізу перебігу оогенезу виділяли 4 його стадії: I – утворення яйцевих камер із вираженим шаром фолікулярного епітелію, де ядро ооцита займає центральне положення; II – ооцит займає менше половини яєчної камери зі зміщенням ядра від центру до периферії, фолікулярні клітини врастають між ооцитом і трофічними клітинами, утворюючи перегородку; III – період вітеллогенезу, при якому ооцит займає половину або більше обсягу яйцевої камери, а трофоцити поступово дегенерують; IV – повністю сформований, зрілий ооцит без трофічних клітин.

Визначення вмісту глікогену в організмі медоносних бджіл [293]. Спосіб включає кип'ятіння досліджуваного біологічного субстрату в концентрованому розчині натрію гідроксиду в центрифужній пробірці з додаванням спирту, охолодженням, центрифугуванням, відбором надосадової рідини, розчиненням осаду в напівнасиченому розчині натрію сірчанокислого, а також наступним додатковим охолодженням, центрифугуванням і повторним розчиненням осаду. Після цього в центрифужну пробірку з досліджуваним біологічним субстратом, в контрольну пробірку з водою і в пробірку зі

стандартним розчином глюкози одночасно додавали 13 мл сірчаної кислоти і 1 мл 1 %-го розчину конденсату з наступним нагріванням, охолодженням, фотометруванням проти контролю та визначенням вмісту глікогену за формулою:

$$\Gamma = E_0 \cdot 100 / E_{\text{ст}}; \quad \text{мг\%,} \quad (2.2), \text{ де}$$

Γ – кількість глікогену, мг%;

E_0 – екстинкція дослідної проби;

$E_{\text{ст}}$ – екстинкція стандартного розчину

В якості біологічного субстрату використовували екстракт з цілого тіла бджіл та його окремих відділів, а для кип'ятіння – 30 %-вий розчин натрію гідроксиду. При цьому охолодження здійснювали протягом 15 хв, центрифугували при 3 тис. об/хв протягом 15 хв, додавали в пробірки 2 мл 1 %-го конденсату, в якості якого використовували резорцин, і фотометрували за довжини хвилі 315 нм.

Дослідження якісних і фізико-хімічних показників меду проводили згідно ДСТУ4497:2005 [316, 361]. Дослідження діастазного числа ґрунтується на колориметричному визначенні кількості субстрату, розщепленого в умовах проведення діастазної ензимної реакції. Діастазне число – показник активності цього ензиму. Цей показник виражається в одиницях Готе – тобто кількості мл 1 %-го розчину крохмалю, що розщеплюється за 1 годину діастазою, яка міститься в 1 г меду (у перерахунку на суху речовину) при 40°C.

Вміст проліну визначали за умов розчинення меду у воді, проліну з нінгідрином та утворення забарвленої комплексної сполуки, вимірюванні оптичної щільності розчину проби та розчину порівняння при довжині хвилі 520 нм, з наступним обчисленням масової частки проліну, яку виражали в мг/кг.

Метод визначення масової частки води заснований на залежності показника заломлення променя світла від вмісту води в меді. Дослідження активної кислотності (pH) меду проводили електрометричним методом. З цією

метою 20 г меду розчиняли в 36 см³ дистильованої води, використовуючи для швидкого розчинення та рівномірного змішування гомогенізатор MPW-302 (Польща). Визначення рН проводили на іонометрі U-130 (Росія) до другого знаку після коми.

Для аналізу економічної ефективності пасіки всю одержану продукцію переводили в умовні медові одиниці (у.м.о.) [423].

Статистичний аналіз результатів досліджень. Статистичну обробку одержаних цифрових даних проводили за допомогою програми STATYSTICA. При порівнянні досліджуваних показників та їх міжгрупових різниць використовували t-критерій Стьюдента. Результати середніх значень вважали статистично вірогідними при * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Життєздатність бджіл та вміст мінеральних елементів у їх організмі за підгодівлі препаратом "Шумерське срібло" (утримання в ентомологічних садках)

За результатами дослідження згодовування із цукровим сиропом препарату «Шумерське срібло» (ШС) у різних розведеннях спостерігали дозозалежний вплив на тривалість життя бджіл, (рис. 3.1).

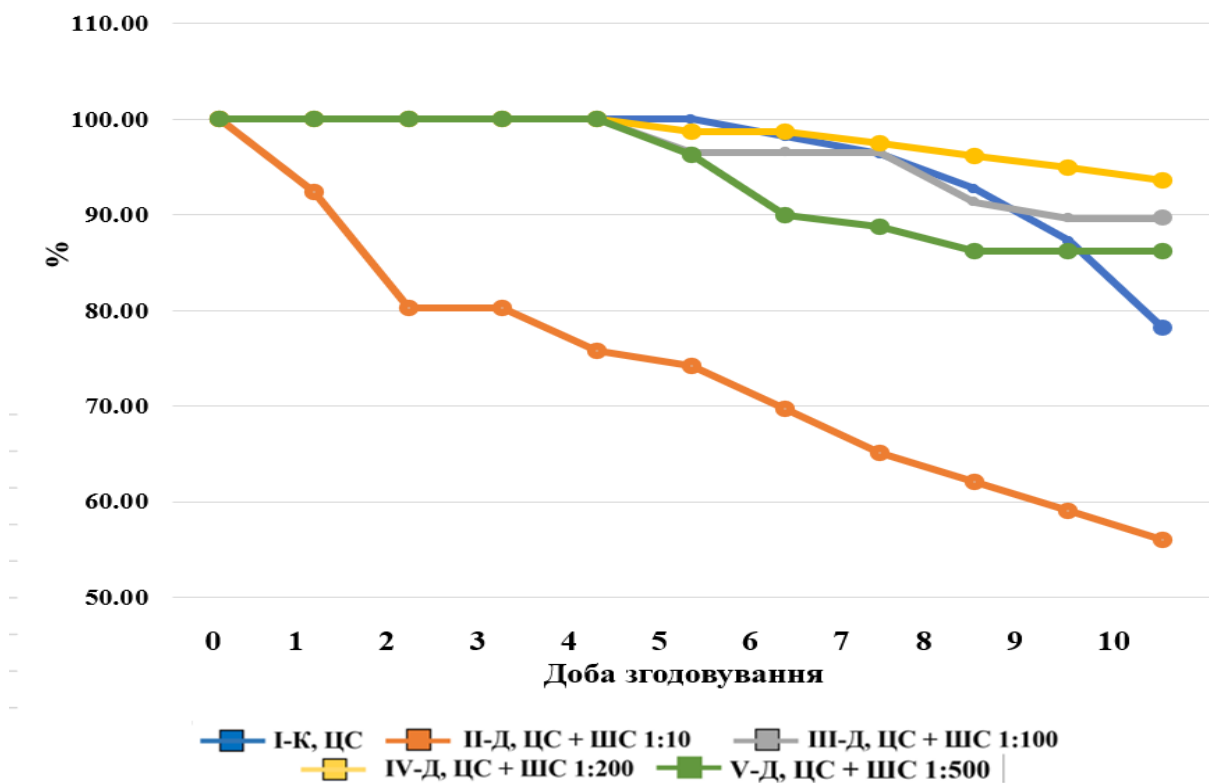


Рис. 3.1. Динаміка збереженості бджіл за умов згодовування препарату «Шумерське срібло», %

Підгодівля комах препаратом у розведенні 1:100, 1:200, 1:500 (у III, IV та V групах) позитивно впливала на динаміку їх виживання з 100 %-вою

збереженістю у цих дослідних групах за перші 4 доби досліджень на рівні з контрольною групою.

Висока концентрація ШС у сиропі бджіл II групи мала виражений токсичний вплив уже через одну добу (7,6 % загибелі) зі збереженням цієї динаміки на 10-ту добу на рівні 43,9 %. Найвища збереженість (93,67 %, $\lim=93,67-100$ %) за 10 діб досліду встановлена у бджіл IV групи, які отримували препарат «Шумерське срібло» у розведенні 1:200. Нижчими показниками збереженості (III група – 89,65 % з коливаннями 100–89,65 % та V група – 86,25 % з коливаннями 100–86,25 %) характеризувалися бджоли III і V дослідних груп, які отримували препарат у розведенні 1:100 та 1:500 відповідно.

Згодовування препарату у розведенні 1:10 (II дослідна група) зумовлювало найнижчу (56,1 %) збереженість бджіл, коливаючись від першої до 10-ї доби в межах 92,42–56,1 % та вищу загибель – 43,94 % проти 21,82 % у бджіл I контрольної групи. У найвищій концентрації препарату (1:10) – у бджіл II групи спостерігали вищу (на 7,6 %) їх загибель при 92,4 % збереженості у садках на першу добу згодовування, тоді як у контрольній (I) групі, загибель і виживаність за цей період становили 0 та 100 % відповідно.

Найвища збереженість (93,67 % з коливаннями 100–93,67 %) на 10-ту добу досліду встановлена у бджіл IV дослідної групи, які отримували «Шумерське срібло» у розведенні 1:200 (табл. 3.1).

Нижчими показниками збереженості (89,65 %; $\lim=100-89,65$ % та 86,25; $\lim=100-86,25$ %), порівняно з тваринами IV групи характеризувалися бджоли III і V дослідних груп відповідно, що отримували препарат у розведеннях 1:100 та 1:500. Згодовування препарату високої концентрації у розведенні 1:10 (II дослідна група) зумовлювало найнижчу (56,1 %) збереженість бджіл, 67 коливаючись на першу і 10-ту доби від 92,42 до 56,06 % та вищу загибель – 43,94 % проти 21,82 % у бджіл I контрольної групи.

Таблиця 3.1

Динаміка збереженості та загибелі бджіл за умов їх підгодовлі цукровим сиропом та препаратом «Шумерське срібло»

Показник	Група бджолиних сімей				
	I	II	III	IV	V
Кількість бджіл, (шт./%): на почат. згодов.	55/100	66/100	58/100	79/100	80/100
через 1 добу	55	61	58	79	80
% живих	100	92,42	100	100	100
± до контролю	-	-7,58	-	-	-
% мертвих	0	7,58	0	0	0
через 2 доби	55	53	58	79	80
% живих	100	80,30	100	100	100
± до контролю	-	-19,70	-	-	-
% мертвих	0	19,70	0	0	0
через 3 доби	55	53	58	79	80
% живих	100	80,30	100	100	100
± до контролю	-	-19,70	-	-	-
% мертвих	0	19,70	0	0	0
через 4 доби	55	50	58	79	80
% живих	100	75,75	100	100	100
± до контролю	-	-24,25	-	-	-
% мертвих	0	24,25	0	0	0
через 5 діб	55	49	56	78	77
% живих	100	74,24	96,55	98,73	96,25
± до контролю	-	-25,76	-3,45	-1,27	-3,75
% мертвих	0	25,76	3,45	1,27	3,75
через 6 діб	54	46	56	78	72
% живих	98,18	69,69	96,55	98,73	90,00
± до контролю	-	-28,49	-1,63	+0,55	-8,18
% мертвих	1,82	30,31	3,45	1,27	10,00
через 7 діб	53	43	56	77	71
% живих	96,36	65,15	96,55	97,46	88,75
± до контролю	-	-31,21	+0,19	+1,1	-7,61
% мертвих	3,64	34,85	3,45	2,54	11,25
через 8 діб	51	41	53	76	69
% живих	92,72	62,12	91,37	96,20	86,25
± до контролю	-	-30,60	-1,35	+3,48	-6,47
% мертвих	7,28	37,88	8,63	3,80	13,75
через 9 діб	48	39	52	75	69
% живих	87,27	59,09	89,65	94,93	86,25
± до контролю	-	-28,18	+2,38	+7,66	-1,02
% мертвих	12,73	40,91	10,35	5,07	13,75
через 10 діб	43	37	52	74	69
% живих	78,18	56,06	89,65	93,67	86,25
± до контролю	-	-22,12	+11,47	+15,49	+8,07
% мертвих	21,82	43,94	10,35	6,33	13,75
К-сть живих бджіл через 1 та 10 діб, %	100/78,18	92,42/56,06	100/89,65	100/93,67	100/86,25

У результаті досліджень впливу збагачення цукрового сиропу препаратом

«Шумерське срібло» на медоносних бджіл за утримання в ентомологічних садках встановлені вірогідні різниці з контролем за вмістом Ag, Cu та Co у їхньому організмі. Вміст Fe і Zn при цьому вірогідно відрізнявся (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Вміст мінеральних елементів у в гомогенатах тіла бджіл за загодовування «Шумерського срібла», мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мінеральні елементи	Групи медоносних бджіл				
	I-К, 1 мл (50%) ЦС+ 1 мл H ₂ O	II-Д, 1 мл (50%) ЦС+ 1 мл ШС 1:10	III-Д, 1 мл (50%) ЦС+ 1 мл ШС 1:100	IV-Д, 1 мл (50%) ЦС+ 1 мл ШС 1:200	V-Д, 1 мл (50%) ЦС+ 1 мл ШС 1:500
Fe	30,65±2,42	23,05±1,97	25,88±3,80	26,81±4,91	28,54±1,67
Co	1,76±0,27	1,61±0,30	2,90±0,34	3,58±0,31**	3,88±0,06***
Zn	45,10±2,56	40,95±0,65	42,00±0,026	45,02±0,88	47,64±2,37
Cu	1,23±0,10	12,95±1,54***	10,65±0,74***	9,29±1,03***	6,41±0,03***
Ag	0,98±0,19	15,29±0,57***	9,39±0,21***	9,55±0,15***	5,18±0,49***

Примітка: У цій і наступних таблицях: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

Встановлена тенденція до зниження вмісту Fe у тканинах всіх дослідних груп, порівняно до контрольної групи, може бути зумовлена антагоністичним впливом Cu, що надходив у складі ШС. Поряд із цим, встановлене вірогідне підвищення вмісту Co у організмі бджіл IV і V ($p < 0,01$ – $0,001$) груп, може бути проявом синергічної дії Cu.

Вплив Ag і Cu цитратів на вміст Zn у тілі комах слабо виражений. Це може вказувати на віддалений метаболічний зв'язок цих елементів у бджіл. Встановлено незначне зниження вмісту Zn у тілі бджіл II і III груп, тоді як у представників V групи спостерігали зростання його вмісту на 5,6 % порівняно з контрольною групою (тенденція).

Відомо, що Cu бере активну участь у біохімічних процесах як складова частина електронтранспортних протеїнів, які здійснюють реакції окиснення

органічних субстратів молекулярним Оксигеном, а також входить до активних центрів амінооксидаз. Слід зазначити вищий порівняно з контролем у 10,5; 8,7; 7,55 і 5,2 рази відповідно ($p < 0,001$) вміст Купруму в тканинах бджіл II–V дослідних груп, яким згодовували ШС із цукровим сиропом у розведеннях 1:10, 1:100, 1:200 і 1:500. Аналогічно зростав у організмі бджіл і вміст Аргентуму. Зокрема, у бджіл всіх дослідних груп вміст Аргентуму зростав у 15,6–5,28 рази ($p < 0,001$).

Отже, аналіз згодовування медоносним бджолам Шумерського срібла у розведеннях 1:100, 1:200, 1:500 вказує на відсутність токсичного впливу цього препарату на їх організм упродовж 10-ти діб, а також коригуючу дію на вміст Ag, Cu, Fe, Zn і Co в тканинах організму. Розведення препарату 1:10 характеризувалося токсичною дією впродовж всього періоду спостережень.

Висновки

1. Найвища збереженість (93,67 % з коливаннями 100–93,67 %) за 10 діб досліді притаманна бджолам, які отримували Шумерське срібло у розведенні 1:200. Нижчими показниками збереженості (89,65 з коливаннями 100–89,65 % та 86,25 % – з коливаннями 100–86,25 %) характеризуються бджоли, що отримували препарат у розведенні 1:100 та 1:500. Згодовування Шумерського срібла високої концентрації у розведенні 1:10 зумовлює найнижчу (56,1 %) збереженість бджіл, коливаючись у межах від 92,42–56,06 % та вищу загибель – 43,94 % проти 21,82 % у бджіл контрольної групи.

2. Згодовування медоносним бджолам препарату «Шумерське срібло» (1:10–1:500) (1:10-1:500) спричинило зростання вмісту Ag і Cu на тлі зниження вмісту Fe та Zn.

Результати даного підрозділу оприлюднено у публікаціях [301, 308].

3.2. Вміст мінеральних елементів у тканинах бджіл та їх продукції за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період

Аналіз даних проведених досліджень свідчить про особливості впливу підгодівлі цитратами Ag і Cu на вміст окремих мінеральних елементів у цілому організмі медоносних бджіл у весняний період (табл.3.3).

Таблиця 3.3

Вміст мінеральних елементів у тканинах організму медоносних бджіл, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мінеральні елементи	Групи медоносних бджіл				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
Fe	23,56±1,71	25,96±1,16	24,22±2,69	27,72±0,47	25,94±0,66
Cu	9,00±0,40	9,72±0,20	10,70±0,33*	11,53±0,15**	13,31±0,81**
Zn	6,31±0,44	6,31±0,05	7,42±0,08	6,53±0,54	7,70±0,17*
Cr	3,08±0,16	2,99±0,05	2,90±0,03	3,53±0,21	4,13±0,34*
Co	3,33±0,31	3,26±0,08	3,23±0,09	3,52±0,11	3,73±0,24
Pb	1,15±0,01	1,04±0,08	1,07±0,03	0,95±0,06*	0,83±0,01***
Cd	0,31±0,01	0,26±0,02	0,28±0,03	0,25±0,02*	0,21±0,02*

Зокрема, відзначено вірогідно вищий рівень Купруму у тілі медоносних бджіл III ($p<0,05$), IV ($p<0,01$) та V ($p<0,01$) дослідних груп порівняно до контролю. Вміст Fe у цілому тілі бджіл усіх дослідних груп підвищувався, але тільки на рівні тенденції.

За результатами дослідження встановили підвищення рівня Zn у тканинах бджіл III дослідної групи на 17, IV – 4, V – 22 % ($p<0,05$). Додавання до підгодівлі бджіл цитрату Аргентуму знижувало вміст Cr і Co у гомогенатах тіла бджіл II та III груп порівняно до контролю. Щодо вмісту цих мікроелементів в організмі медоносних бджіл, яким згодовували цитрат Купруму, встановлено

його зростання, відповідно, на 6,5 і 5,7 % у IV, та на 1,6 ($p<0,05$) і 12,0 % V – дослідних групах порівняно з контролем.

Характерно, що вміст Плюмбуму і Кадмію був нижчим у зразках тіла бджіл дослідних груп порівняно до контролю. Вірогідно нижчий вміст мікроелементів відзначено для комах IV та V дослідних груп за згодовування цитратів Ag і Cu, відповідно, для Pb – на 17,4 ($p<0,05$) та 27,8 ($p<0,001$), для Cd — на 19,4 та 32,2 %.

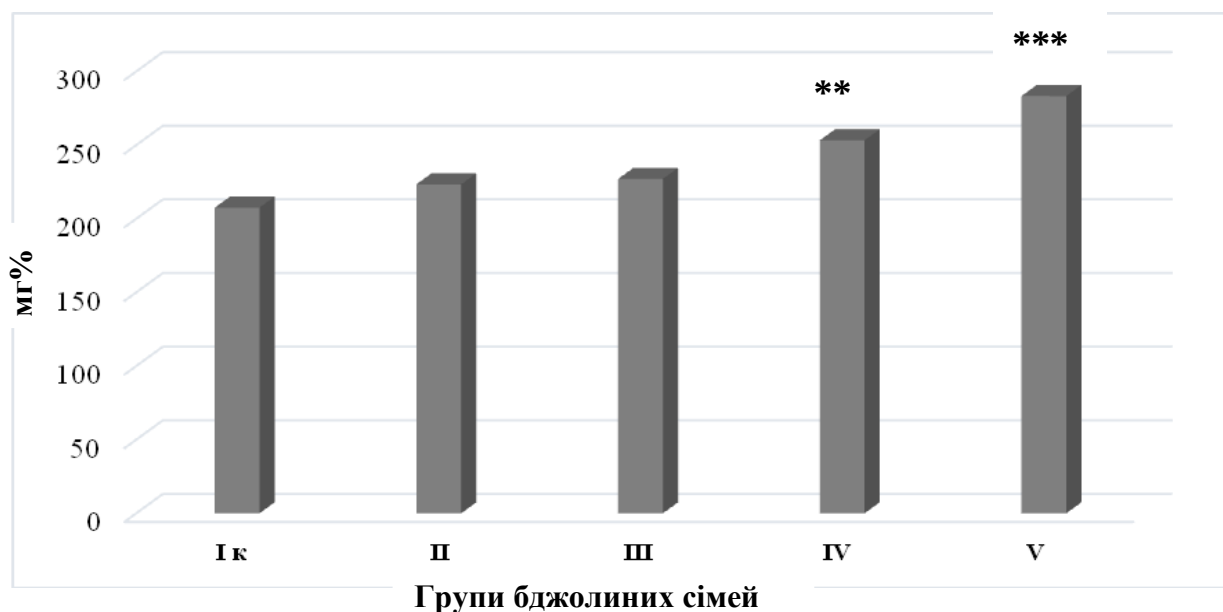


Рис. 3.2. Вміст глікогену в організмі бджіл, мг%

За результатами досліджень в цілому організмі медоносних бджіл IV ($p<0,01$) та V ($p<0,001$) дослідних груп спостерігали підвищення вмісту глікогену, порівняно з контролем. Ці дані вказують на вищий рівень вуглеводно-енергетичного ресурсу організму медоносних бджіл за умов підгодівлі Купрумом цитратом (рис. 3.2).

За результатами дослідження встановлено, що мінеральні елементи не однаковою мірою акумулюються в перзі (табл. 3.4). У зразках перги дослідних груп спостерігали зростання вмісту Феруму, Цинку, Кобальту порівняно з контролем ($p<0,05$ – $0,001$). Зокрема, найвищі концентрації цих мікроелементів спостерігали у III та IV групах. Відзначено тенденцію до підвищення вмісту Хрому у 1,5 (II група); 1,1 (III група); 1,3 (IV група) та 1,2 раза (V група), проте

різниці були не вірогідні. Щодо вмісту важких металів – Кадмію і Плюмбуму, їх уміст знижувався ($p < 0,05-0,001$) у III, IV і V дослідних групах порівняно з контролем.

Таблиця 3.4

Вміст мінеральних елементів у перзі, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мінеральні елементи	Групи медоносних бджіл				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	II дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
Fe	12,28±1,03	12,67±0,68*	16,20±0,37*	15,03±0,04*	16,09±0,62*
Cu	8,46±0,14	8,53±0,30	7,48±0,10*	9,00±0,21	9,88±0,22**
Zn	4,38±0,03	4,85±0,34	5,08±0,22*	5,18±0,026***	6,40±0,10***
Cr	1,22±0,15	1,77±0,19	1,30±0,04	1,56±0,03	1,47±0,17
Co	3,25±0,15	3,47±0,05	4,02±0,03***	4,70±0,11***	6,87±0,02***
Pb	2,45±0,23	2,43±0,03	1,98±0,05	1,47±0,05*	1,39±0,005*
Cd	0,72±0,05	0,70±0,03	0,45±0,01**	0,42±0,003**	0,30±0,02***

Встановлені зміни можуть бути зумовлені антагоністичною дією цитратів аргентуму і купруму на обмін вказаних важких металів в організмі медоносних бджіл і їх трансформацію через мед у пергу.

Важливим матеріалом для виготовлення і збереження бджолами меду й перги, а також вирощування розплоду є бджолині стільники. Слід відмітити, що у стільниках залишаються невоскові компоненти, які можуть слугувати додатковими носіями окремих важких металів, які перебувають у розчинених формах води відкритих водойм.

За результатами дослідження вмісту окремих мікроелементів у стільниках спостерігали зростання концентрації Fe, Cr та Co у зразках дослідних груп порівняно до контролю (табл. 3.5). Вірогідно вищий вміст Cu на 7,35 і 23,52 % ($p < 0,05$) відзначено для зразків IV і V дослідних груп порівняно до контролю.

Вміст мінеральних елементів у стільниках, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мінеральні елементи	Групи медоносних бджіл				
	I - контрольна ЦС	II -дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III -дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV - дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V - дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
Fe	3,98 $\pm$ 0,25	3,77 $\pm$ 0,04	3,24 $\pm$ 0,32	3,65 $\pm$ 0,18	3,54 $\pm$ 0,16
Cu	0,68 $\pm$ 0,01	0,67 $\pm$ 0,07	0,69 $\pm$ 0,06	0,73 $\pm$ 0,008*	0,84 $\pm$ 0,05*
Zn	1,04 $\pm$ 0,07	1,17 $\pm$ 0,21	1,31 $\pm$ 0,008**	1,30 $\pm$ 0,20	1,35 $\pm$ 0,12
Cr	0,88 $\pm$ 0,09	0,99 $\pm$ 0,03	1,04 $\pm$ 0,04	1,06 $\pm$ 0,03	1,10 $\pm$ 0,04
Co	0,40 $\pm$ 0,05	0,47 $\pm$ 0,03	0,49 $\pm$ 0,04	0,41 $\pm$ 0,02	0,45 $\pm$ 0,06
Pb	0,82 $\pm$ 0,008	0,72 $\pm$ 0,03	0,65 $\pm$ 0,06	0,62 $\pm$ 0,04**	0,71 $\pm$ 0,04*
Cd	0,20 $\pm$ 0,02	0,14 $\pm$ 0,02	0,15 $\pm$ 0,02	0,15 $\pm$ 0,01	0,16 $\pm$ 0,02

Поряд із цим, відзначено зменшення концентрації Pb у стільниках IV і V груп на 24,4 % ($p < 0,01$) та 13,4 % ($p < 0,05$) порівняно до контролю. Концентрація Cd суттєво не змінювалася у всіх дослідних групах, проте була нижчою порівняно з контролем.

За результатами дослідження у меді бджіл IV та V дослідних груп спостерігали зростання вмісту Феруму порівняно з контролем (табл. 3.6). За підгодівлі бджіл цитратами Ag і Cu у зразках меду бджіл дослідних груп відзначено нижчий рівень Pb і Cd порівняно з контролем.

Зокрема, встановлено вірогідне зниження вмісту Pb і Cd у зразках меду бджіл II ($p < 0,05$), IV ($p < 0,001$) та V ($p < 0,01$) дослідних груп.

Відомо, що у меді міститься велика кількість різних ензимів, присутність яких свідчить про його високу біологічну цінність.

Встановлено, що діастазне число було вищим у зразках меду бджіл II, III і IV груп ($p < 0,01$), яким згодовували цитрати Ag і Cu (табл. 3.7). Вміст амінокислот у натуральному меді досить незначний, проте їх співвідношення може відігравати важливу роль у формуванні біологічної цінності меду.

Таблиця 3.6

Вміст мінеральних елементів у меді, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мінеральні елементи	Групи медоносних бджіл				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
Fe	1,65±0,11	1,44±0,19	2,65±0,16*	2,22±0,70	1,85±0,53
Cu	1,14±0,07	1,19±0,008	1,13±0,03	1,15±0,008	1,35±0,28
Cr	0,55±0,01	0,21±0,01***	0,51±0,20	0,26±0,03***	0,72±0,03**
Co	0,23±0,13	0,31±0,021	0,31±0,02	0,52±0,04	0,55±0,05
Pb	0,62±0,06	0,45±0,01*	0,59±0,01	0,56±0,02	0,52±0,008
Cd	0,11±0,01	0,06±0,009*	0,05±0,11	0,02±0,001***	0,03±0,01**

Встановлено, що в найбільшій кількості в натуральному меді міститься амінокислота пролін.

Таблиця 3.7

Фізико-хімічні показники поліфлорного меду ($M \pm m$, $n=3$)

Показники Якості меду	Групи бджолосімей				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
Діастазне число, од Готе	19,76±0,27	21,66±0,12**	20,30±0,29**	22,04±0,09*	20,85±0,76
Пролін, мг/кг	175,86±2,12	249,13±4,23***	236,92±4,40***	241,80±4,23***	183,18±2,12
Масова частка води, %	18,07±0,06	19,13±0,06***	19,73±0,13***	19,01±0,06***	19,33±0,13***
pH	4,02±0,009	3,98±0,006	4,14±0,01***	4,24±0,006***	4,15±0,006***

У результаті досліджень вмісту проліну спостерігали збільшення його концентрації у меді дослідних груп порівняно з контролем на 41,63 % ($p < 0,001$) – II; на 34,69 % ($p < 0,001$) – III; 37,46 % ($p < 0,001$) – IV 4,14 % – V група

відповідно. Коливання показника рН меду у III, IV, V групах характеризувалося зростанням відповідно на 3 % ($p < 0,001$), 5,5 % ($p < 0,001$) та 3,3 % ($p < 0,001$) порівняно до контролю.

Слід зазначити, що важливим показником якості меду є масова частка води в ньому. З підвищеним вмістом води бджолина продукція легше переходить у рідкий або кристалічний стан, а можливість його бродіння стає вищою. Масова частка води відіграє важливе значення для зберігання меду. Згідно з дослідженнями масова частка води у відібраних зразках меду була вищою, ніж у контролі, у всіх дослідних групах, проте не перевищувала гранично допустимої норми. Ці дані вказують на можливу регуляторну роль Ag і Cu цитрату при зв'язуванні води вуглеводами меду.

Висновки

1. Згодовування бджолам цитратів аргентуму та купруму із компонентами підгодівлі цукрового зумовлює сиропу коригує обмін мінеральних елементів в організмі медоносних бджіл і сприяє виведенню з нього окремих важких металів, що забезпечує вірогідне зниження цих ксенобіотиків у їх продукції бджіл.

2. Згодовування з цукровим сиропом різної кількості цитратів Аргентуму та Купруму зумовлює вірогідно вищий уміст Cu та Cr в цілому організмі медоносних бджіл на тлі вірогідно нижчих концентрацій Pb і Cd.

3. Згодовування з цукровим сиропом різної кількості цитратів аргентуму та купруму відзначається їхнім антагоністичним впливом на рівень окремих біотичних елементів у перзі, меді та стільниках. Встановлено вірогідно нижчий вміст Плюмбуму та Кадмію ($p < 0,05$ – $0,001$) у перзі та меді на фоні вищого вмісту Феруму ($p < 0,05$), Цинку ($p < 0,05$ – $0,001$) та Кобальту ($p < 0,001$).

Результати наведених експериментальних досліджень представлені в публікаціях [300, 312, 357].

3.3. Вміст загальних ліпідів та їх класів у тканинах і продукції медоносних бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період

Динаміка вмісту ліпідів у тканинах та інтенсивність їх обміну в організмі бджіл є важливим показником, який характеризує фізіологічний стан комах і впливає на їх біотрансформацію цих речовин у продукцію.

Таблиця 3.8

Вміст загальних ліпідів і їхніх класів у тканинах бджіл, % ($M \pm m$, $n=3$)

Класи ліпідів	Група бджолосімей				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
ЗЛ, г%	3,43±0,29	3,70±0,76	3,60±0,09	3,80±0,15	3,50±0,05
ФЛ	22,14±1,13	20,97±0,86	23,51±0,86	23,46±0,95	30,47±0,16***
МДАГ	11,68±0,08	16,46±0,66***	13,04±0,45*	15,61±1,18*	12,07±0,47
ВХ	21,70±0,62	17,13±0,87*	17,55±0,76*	16,68±0,73**	15,03±0,35
НЕЖК	16,98±1,55	15,95±0,90	16,74±1,21	16,04±0,45	15,95±1,04
ТАГ	18,22±1,44	16,86±0,46	18,31±0,48	14,33±0,41	14,13±0,58
ЕХ	9,27±0,08	12,61±0,60**	10,83±0,38*	13,88±0,45***	12,35±0,74*

Примітка: у цій і наступних таблицях: ЗЛ – загальні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, МДАГ – моно- та диацилгліцероли, ВХ – вільний холестерол, НЕЖК – неестерифіковані жирні кислоти, ТАГ – триацилгліцероли, ЕХ – естерифікований холестерол.

За результатами досліджень загальних ліпідів у цілому організмі бджіл спостерігали незначні зміни вмісту загальних ліпідів та їх класів у зразках дослідних груп порівняно з контролем. Найвищий вміст загальних ліпідів встановлено у гомогенатах цілого тіла бджіл IV дослідної групи за умов підгодівлі цитратом Cu (табл. 3.8).

Поряд з цим, встановлено суттєву різницю між комахами дослідних і контрольною групами у співвідношенні окремих класів ліпідів організму

медоносних бджіл. Зокрема, вміст фосфоліпідів зростав у III і IV дослідних групах у 1,1; а V дослідній групі – 1,4 раза ($p < 0,001$) порівняно до контрольної групи.

Характерні зміни ліпідного складу в цілому організмі відмічено щодо вмісту моно- та диацилгліцеролів. Вірогідно вищий вміст моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,05$) спостерігався у зразках особин II, III і IV дослідних груп. Компоненти підгодівлі зумовили підвищення вмісту естерифікованого холестеролу ($p < 0,01$ – $0,001$) у ліпідах тіла бджіл II–V дослідних груп на тлі вірогідного зниження вмісту вільного холестеролу ($p < 0,05$ – $0,01$). Відносний вміст триацилгліцеролів виявляв тенденцію до зниження у тілі бджіл II, IV та V груп, тоді як у III групі суттєвих змін не спостерігали. На основі аналізу цих даних можна припустити про важливу регуляторну функцію згодовуваних добавок цитратів мікроелементів щодо обміну окремих класів ліпідів залежно від рівня Аргентуму і Купруму в компонентах живлення організму медоносних бджіл.

Перга – це основне джерело протеїнів, незамінних амінокислот, вітамінів, мікроелементів, ліпідів, що продукують бджоли з квіткового пилку, а також меду.

За результатами досліджень рівня загальних ліпідів у перзі спостерігали вірогідно вищий їх вміст у зразках III дослідної групи ($p < 0,05$) на фоні вірогідних змін відносного вмісту окремих їхніх класів. Більш виражені зміни у зразках перги медоносних бджіл встановлені щодо вмісту окремих класів ліпідів (табл. 3.9).

Зокрема, відзначено вірогідне зростання рівня фосфоліпідів у перзі бджіл V дослідної групи ($p < 0,05$) порівняно до контрольної групи. Вірогідно нижчу різницю відмічено для НЕЖК, зокрема у III – 1,3 ($p < 0,001$) і V дослідній групі – у 1,5 раза ($p < 0,001$) порівняно до контролю. Вміст естерифікованого холестеролу у перзі бджіл був вірогідно вищим у III – 1,3 ($p < 0,001$), IV – 1,2 ($p < 0,05$) і V групі – 1,2 раза ($p < 0,01$) групах порівняно до контролю.

Таблиця 3.9

Вміст загальних ліпідів та їх класів у перзі бджіл, % ($M \pm m$, $n=3$)

Класи ліпідів	Група бджолосімей				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
ЗЛ, г%	3,37 $\pm$ 0,48	4,57 $\pm$ 0,28	5,72 $\pm$ 0,41*	5,00 $\pm$ 0,51	4,47 $\pm$ 0,03
ФЛ	26,49 $\pm$ 1,32	28,24 $\pm$ 0,69	26,71 $\pm$ 0,77	28,36 $\pm$ 0,63	31,67 $\pm$ 1,15*
МДАГ	10,30 $\pm$ 0,14	10,94 $\pm$ 0,26	11,41 $\pm$ 1,30	10,17 $\pm$ 1,06	11,09 $\pm$ 0,32
ВХ	11,92 $\pm$ 1,26	13,26 $\pm$ 0,35	12,11 $\pm$ 0,98	12,84 $\pm$ 0,18	11,85 $\pm$ 0,06
НЕЖК	21,58 $\pm$ 0,35	20,43 $\pm$ 1,04	16,92 $\pm$ 0,21***	19,89 $\pm$ 0,56	14,54 $\pm$ 0,68***
ТАГ	15,44 $\pm$ 1,34	12,14 $\pm$ 1,23	14,12 $\pm$ 0,86	12,03 $\pm$ 0,32	13,52 $\pm$ 0,33
ЕХ	14,26 $\pm$ 0,52	14,99 $\pm$ 0,79	18,72 $\pm$ 0,30***	16,69 $\pm$ 0,26*	17,33 $\pm$ 0,29**

Встановлені відмінності фракційного розподілу ліпідів перги можуть більшою мірою зумовлюватися безпосереднім впливом згодовування добавок цитратів Ag та Cu на обмін і співвідношення окремих класів ліпідів в організмі бджіл, а також біотрансформацією цих компонентів у продукцію через воскові залози медоносних бджіл.

За результатами дослідження вмісту загальних ліпідів у бджолиних стільниках спостерігали вірогідно нижчий їх вміст порівняно до контролю у III групі ($p < 0,05$).

Встановлені виражені зміни щодо відносного вмісту моно- та диацилгліцеролів із вірогідним його зростанням у II дослідній групі у 1,2 ($p < 0,05$) та IV – у 1,4 раза ($p < 0,01$) порівняно до контролю (табл. 3.10).

Вміст вільного холестеролу був вірогідно вищим у стільниках II, IV та V дослідних групах на тлі зниження його у III групі. Вірогідне зниження

встановлено за відносним вмістом естерифікованого холестеролу у бджолиних стільниках II ($p < 0,05$) та IV ($p < 0,01$) дослідних груп порівняно до контрольної групи, що може вказувати на коригуючий вплив різних кількостей цитратів Ag і Cu на метаболізм цих класів ліпідів в організмі медоносних бджіл. У стільниках всіх дослідних груп відзначено нижчий вміст триацилгліцеролів у II, IV, V дослідних групах ($p < 0,05 - 0,01$).

Таблиця 3.10

Вміст загальних ліпідів та їх класів у стільниках бджіл, % ($M \pm m$, $n=3$)

Класи ліпідів	Група бджолосімей				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
ЗЛ, г%	3,36 $\pm$ 0,27	2,96 $\pm$ 0,24	2,0 $\pm$ 0,17*	3,1 $\pm$ 0,40	2,96 $\pm$ 0,26
ФЛ	20,33 $\pm$ 0,53	22,50 $\pm$ 0,73	21,50 $\pm$ 0,84	22,04 $\pm$ 0,36	21,13 $\pm$ 0,60
МДАГ	10,90 $\pm$ 0,26	13,29 $\pm$ 0,56*	11,42 $\pm$ 0,53	15,18 $\pm$ 0,78**	11,66 $\pm$ 0,53
ВХ	11,12 $\pm$ 0,21	14,21 $\pm$ 0,33***	10,87 $\pm$ 0,65	14,98 $\pm$ 1,18*	11,96 $\pm$ 0,19*
НЕЖК	22,98 $\pm$ 0,97	21,93 $\pm$ 0,27	23,57 $\pm$ 0,66	21,95 $\pm$ 0,50	22,37 $\pm$ 0,90
ТАГ	18,81 $\pm$ 0,46	15,78 $\pm$ 0,25**	15,84 $\pm$ 1,09	14,20 $\pm$ 1,33*	16,98 $\pm$ 0,17*
ЕХ	15,86 $\pm$ 0,16	12,26 $\pm$ 0,81*	16,80 $\pm$ 0,40	11,63 $\pm$ 0,87**	15,90 $\pm$ 0,45

Висновки

1. Згодовування різної кількості цитратів Ag і Cu зумовлює незначні відмінності вмісту загальних ліпідів і вірогідно виражені зміни співвідношення їхніх класів у тканинах цілого організму медоносних бджіл.

2. Встановлено вищий вміст загальних ліпідів у тканинах цілого організму медоносних бджіл, яким згодовували 0,5 мг і нижчий у зразках тканин бджіл, які отримували по 1 мг Ag і Cu у вигляді цитратів.

3. Згодовування добавок цитратів Ag і Cu зумовлює відмінності фракційного розподілу ліпідів перги та стільників.

Результати досліджень даного підрозділу опубліковано у роботі [302].

3.4 Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період

За результатами дослідження встановлено вірогідні відмінності інтенсивності середньодобової яйцекладки бджолиних маток дослідних груп порівняно до рівня її у маток бджолосімей контрольної групи. Аналіз результатів підрахунку зрілого печатного розплоду весняно-літнього періоду за підгодівлі цитратами Ag і Cu, вказує на вірогідне зростання відкладання бджолиною маткою яєць за добу у II – на 1,5 % ($p < 0,001$), III – на 2,7 % ($p < 0,05$) та на 6,1 % і 7,9 % ($p < 0,001$) у IV і V дослідних групах за перший дослідний 12-добовий етап проти контролю (табл. 3.11).

Варто зазначити, що зростання інтенсивності яйцекладки порівняно до першого 12-добового періоду було вищим у IV і V дослідних групах за умов підгодівлі цитратами Cu в дозах 0,5 і 1 мг. Вірогідно вищою була кількість відкладених матками яєць порівняно з контролем на 2,9 % у II; 5,7 – III і 9,3 та 11,5 % - IV та V дослідних групах відповідно на III дослідному 12-добовому етапі. Підкреслимо, що інтенсивність яйцекладки бджолиних маток усіх груп була вищою у дослідний період, порівняно до підготовчого, що свідчить про стимулюючу дію цитратів Ag і Cu на репродуктивну здатність маток.

За результатами дослідження встановлено, що середня кількість відкладених яєць бджолиними матками впродовж підготовчого періоду коливалася від 12723 (III група) до 12952 (V група) проти 12808 яєць у контрольній групі. Впродовж перших 12-ти діб дослідного періоду кількість відкладених яєць бджолиними матками збільшувалася, відповідно, до 13713 (101,5%) у II; 13868 (102,6 %) – III; 14334 (106,1 %) – IV та 14570 (107,9 %) – V

дослідних групах порівняно до контролю (13507). Характерно, що найвищий приріст інтенсивності яйцекладки спостерігали у IV та V групах, які отримували додатково цитрат Cu, відповідно 0,5 та 1 мг. Як відомо, Купрум відіграє важливу роль у процесах ембріогенезу, росту і розвитку тварин. Про це свідчить висока активність цитохромоксидази у тканинах ембріонів і пов'язані з нею інтенсивне дихання клітин [140] та інтенсивний транспорт Купруму з організму матері в організм плода [141].

Таблиця 3.11

Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, штук/матку/добу ($M \pm m$, $n=3$)

Група бджіл	Дата проміру / 12-добові етапи досліджень				
	I підготовчий період 18.05.2015	Дослідний період			
		30.05.2015 II етап	% до I етапу	11.06.2015 III етап	% до II етапу
I контрольна ЦС	1067±19,66	1125±1,21	105,4	1178±0,46	104,7
II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	1062±17,52	*** 1142±0,47	107,60	** 1212±2,44	106,1
% до контролю	99,5	101,53		102,90	
III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	1060±20,16	1155±7,73	109,00	* 1245±4,11	107,77
% до контролю	99,3	102,7		105, 7	
IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	1067±27,22	*** 1194±1,68	111, 9	** 1288±4,08	107,89
% до контролю	100,0	106,1		109,4	
V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)	1079,31±18,6 0	*** 1214,22±0,64	112,5	*** 1313,94±1,42	108,21
% до контролю	101,1	107,9		111,5	

Аналіз даних обліку яйцекладки бджолиних маток за наступний 12-добовий (II етап) свідчить про зростання кількості відкладених яєць у всіх дослідних групах.

Зокрема, рівень яйцекладки бджолиних маток був вищим на 2,9 у II та 5,7 % – III групі порівняно до контролю. Найвищу кількість відкладених яєць спостерігали у маток IV та V дослідних групах, відповідно 15465 (109,4 %) та 15767 (111,5 %) порівняно до контрольної групи. Отримані результати дослідження свідчать про виражений стимулюючий вплив цитратів Ag і Cu на інтенсивність яйцекладки бджолиних маток у весняно-літній період.

Що стосується загальної кількості яєць за весь період дослідження, то варто зазначити, що в усіх дослідних групах кількість яєць зростала порівняно як до контролю, так і до підготовчого періоду. Відомо, що інтенсивно наростаюча яйцекладка маток у фазі активного росту бджолиних сімей крім рівня живлення, значною мірою пов'язана з віком бджолиних маток [384, 412]. У наших дослідженнях використано бджолині матки першого року і компоненти підгодівлі могли додатково стимулювати їхню яйценосність у дослідний період.

За умови поєднання двох чинників – молоді матки в усіх групах і вищий рівень мінерального живлення бджіл у дослідних групах у весняно-літній період, було відзначене суттєве підвищення інтенсивності яйцекладки маток дослідних груп, порівняно з контролем як за кожний 12-добовий етап, так і за весь дослідний період II–III етапів (рис. 3.3).

Слід відзначити, що інтенсивність яйцекладки маток у кожній із дослідних груп у підготовчий період коливалася від 38169 яєць у III до 38885 яєць в V групі. За наступний 12-добовий етап дослідження (II) кількість відкладених яєць зросла від 41138 до 43712 у дослідних проти 40520 яєць у контрольній групі. Аналогічну картину спостерігалася й на наступному III етапі дослідження. Кількість відкладених яєць зросла у II дослідній групі на 2,9 %; III – 5,7; IV – 9,3 та V – 11,5 % порівняно до контрольної групи.

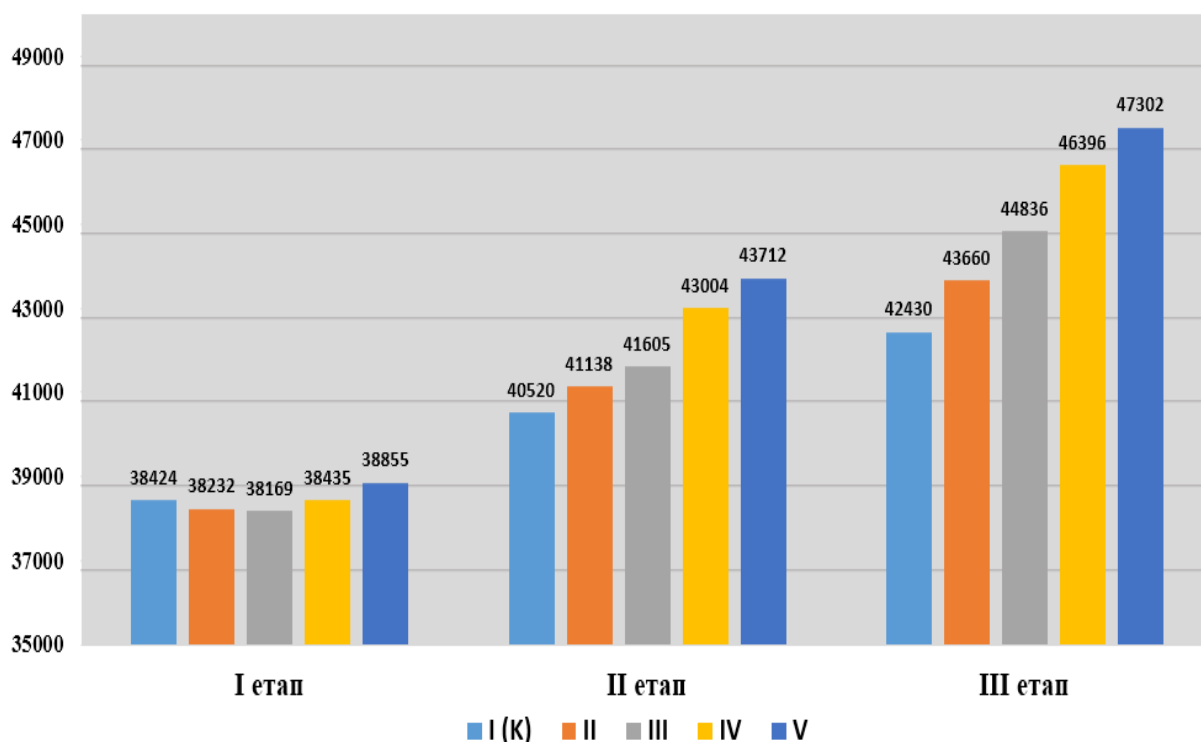


Рис. 3.3. Загальна кількість яєць, відкладених матками за дослідний період, яєць/групу ($M \pm m$, $n=3$)

Очевидно, вищий рівень яйцекладки маток дослідних груп може підтримуватися як збільшенням вмісту біологічно активних компонентів у маточному молочці бджіл-годувальниць дослідних груп від стимулюючого впливу цитратів Ag і Cu на обмін речовин у їх організмі, так і збереженням високої активності репродуктивної системи маток цих бджолосімей після стимулюючого впливу цитратів аргентуму та купруму у дослідний період.

Висновки

1. Підгодівля бджолиних сімей цитратами Ag і Cu стимулює репродуктивну функцію бджолиних маток – середньодобова та загальна кількість відкладених яєць бджолиних маток дослідних груп вірогідно вища в дослідний період.

2. Згодовування бджолам добавок Ag і Cu підвищує інтенсивність відкладання яєць матками, що підтверджують вірогідні різниці проти контролю

у III, IV та V групах впродовж двох періодів досліджень за 12 та 24 доби. Цитрат Cu характеризується стимулювальною дією на яйцекладку бджолиних маток в дозах 0,5 та 1 мг, а цитрат Ag – 1 мг/1000 мл сиропу.

Результати досліджень даного підрозділу опубліковані у наступних статтях [311, 355, 298, 460].

3.5. Вміст мікроелементів у організмі та продукції медоносних бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період

Відомо, що баланс хімічних елементів у живих організмах є основою їх нормальної життєдіяльності, а їх взаємодія має таке ж значення, як їх дефіцит або токсичність.

Таблиця 3.12

Вміст мінеральних елементів у цілому тілі бджіл, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мінеральні елементи	Групи медоносних бджіл				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
Fe	28,27±1,55	29,47±1,69	29,63±1,14	26,87±1,10	27,67±1,33
Cu	6,85±0,40	6,64±0,25	6,70±0,26	7,50±0,33	8,35±0,25*
Zn	31,00±1,14	32,11±0,79	32,41±1,81	26,24±1,0*	25,33±1,43*
Cr	2,22±1,14	2,06±0,08	2,16±0,17	2,36±0,03	2,44±0,06
Co	1,21±0,11	1,27±0,06	1,25±0,05	1,34±0,25	1,40±0,13
Pb	1,82±0,15	1,76±0,08	1,56±0,09	1,22±0,06*	1,11±0,05*
Cd	0,24±0,04	0,21±0,02	0,18±0,008	0,20±0,01	0,17±0,008

Аналізом результатів досліджень вмісту Феруму у гомогенатах тіла бджіл встановлено його зниження на 5,0 у бджіл IV і на 2,1 % – V дослідних

груп на тлі вищого вмісту Купруму на 9,5 % та 21,9 % ($p < 0,05$) відповідно (табл. 3.12). Вміст Цинку був вищий у тілі комах II і III дослідних груп на тлі вірогідно нижчого рівня цього елемента у IV і V групах ($p < 0,05$).

Суттєвих міжгрупових різниць вмісту Cr і Co у тілі медоносних бджіл всіх дослідних груп порівняно до контролю не спостерігали. Слід відзначити певний антагоністичний вплив Аргентуму і Купруму у наночитратній формі на концентрацію токсичних металів, зокрема, Плюмбуму та Кадмію. Вміст Pb знижувався у тілі бджіл II і III дослідних груп у 1,1 і 1,3; а IV і V – 1,2 і 1,4 ($p < 0,05$) рази, відповідно. Тенденцію до зниження спостерігали для вмісту Cd у цілому організмі бджіл II–V дослідних груп у 1,1–1,4 рази, порівняно до контролю.

За результатами проведених досліджень встановлено особливості вмісту Fe, Zn, Cu, Co, Cr, Pb, Cd у тканинах окремих анатомічних відділів тіла медоносних бджіл за згодовування їм з цукровим сиропом різних доз цитратів Ag і Cu (табл. 3.13).

Слід зазначити, що підгодівля з цукровим сиропом як 0,5 мг/л, так і 1 мг/л Аргентуму у вигляді цитрату характеризувалася зростанням вмісту Феруму у гомогенаті голови медоносних бджіл II і III груп порівняно до контрольної групи.

Так, у цьому відділі тіла тварин III дослідної групи концентрація Fe була вірогідно вищою на 24,2 % ($p < 0,05$) на тлі зниження рівня цього елемента у медоносних бджіл IV і V груп, які отримували цитрат Cu. Динаміка рівня Fe в організмі бджіл змінювалася при підвищеному його надходженні з кормом і супроводжувалася інтенсивним переходом у продукти бджільництва. Вказана особливість високого вмісту Fe у грудному відділі спостерігалася у зразках IV і V дослідних груп порівняно до контролю. Зокрема, зростання вмісту цього елемента відзначено у зразках грудного відділу бджіл IV і V груп, відповідно, у 1,2 і 1,1 рази ($p < 0,05$) порівняно до контролю. Характерно, що у зразках черевного відділу організму встановлено вищий вміст Феруму у бджіл V дослідної групи ($p < 0,05$) порівняно до контролю. Це може свідчити про вплив

добавки 1 мг Купруму цитрату на нагромадження Fe в тканинах цього відділу тіла бджіл.

Варто згадати, що від рівня Cu в організмі залежить інтенсивність синтезу амінокислот. Основна кількість Cu в організмі бджіл міститься в кутикулі – зовнішньому скелеті, який покриває тіло бджоли і хітинових утвореннях, що формують внутрішній скелет. Значна кількість Cu виділяється з особливим секретом заглотових залоз молодих робочих бджіл – маточним молочком [91]. Вміст Cu суттєво не змінювався в різних анатомічних відділах тіла бджіл II і III дослідних груп.

Вища в 1,2–1,4 раза ($p < 0,05$) величина цього показника, порівняно до контролю, виявлена в усіх відділах тіла бджіл V дослідної групи, а в черевному відділі – IV групи, що може вказувати на більше засвоєння Купруму з сиропу у тканинах цих відділів.

Встановлені міжгрупові різниці вмісту Cu можуть характеризуватися особливостями функціонування різних відділів організму бджіл дослідних груп за дії цитрату, а також можуть бути пов'язані із впливом його на засвоєння з корму, нагромадження і обмін досліджених елементів, у т.ч. Cu в організмі медоносних бджіл.

Як відомо, Цинк бере участь в метаболізмі нуклеїнових кислот, вуглеводів, білків і жирів, а також необхідний для роботи імунної системи. Літературні дані не дають однозначної відповіді щодо ефектів взаємодії між Zn, Ag та Cu. Слід відмітити, що зміни концентрації Цинку в різних анатомічних відділах тіла медоносних бджіл були дещо відмінні від змін вмісту Купруму. Характерно, що у голові встановлено вірогідно вищий вміст Zn у II (15 %, $p < 0,05$) і III (16 %, $p < 0,01$) на тлі нижчого вмісту у IV (24 %, $p < 0,01$) і V (19 %, $p < 0,01$) дослідних групах порівняно до контролю.

Поряд із цим, суттєво не змінювався вміст Zn в грудній частині організму бджіл II і III груп, що вказує на відсутність фізіологічного зв'язку Ag і Zn у цьому анатомічному відділі.

Таблиця 3.13

**Вміст мінеральних елементів в окремих анатомічних відділах організму
бджіл, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)**

Мікро елементи	Групи медоносних бджіл				
	I контрольна	II дослідна	III дослідна	IV дослідна	V дослідна
ГОЛОВНИЙ ВІДДІЛ					
Fe	21,20±1,50	23,55±2,18	26,33±0,60*	18,90±1,20	20,45±0,49
Cu	4,72±0,33	4,06±0,09	4,89±0,36	5,38±0,41	6,59±0,29
Zn	29,89±0,26	34,42±1,35**	34,85±0,71**	22,82±22,82**	24,26±1,06**
Cr	1,38±0,28	1,16±0,17	1,45±0,32	1,48±0,11	1,77±0,09
Co	0,55±0,12	0,45±0,11	0,32±0,04	0,75±0,08	0,63±0,08
Pb	1,43±0,13	1,27±0,14	1,13±0,14	0,85±0,04*	0,87±0,09*
Cd	0,11±0,02	0,11±0,01	0,10±0,009	0,10±0,02	0,09±0,01
ГРУДНИЙ ВІДДІЛ					
Fe	27,01±0,92	26,95±0,37	26,33±0,60	24,08±1,32	21,99±0,92*
Cu	6,30±0,30	6,02±0,09	5,05±0,45	6,34±0,39	7,48±0,45
Zn	34,30±0,73	34,31±0,61	34,98±0,77	31,96±1,12	27,88±0,93**
Cr	2,21±0,42	2,32±0,42	2,16±0,25	2,82±0,30	2,47±0,28
Co	1,52±0,08	1,66±0,11**	1,68±0,07***	1,40±0,09**	1,46±0,22**
Pb	1,24±0,08	1,23±0,06	1,21±0,26	1,04±0,16**	0,91±0,22**
Cd	0,22±0,02	0,20±0,008	0,20±0,005	0,18±0,01	0,19±0,01
ЧЕРЕВНИЙ ВІДДІЛ					
Fe	35,55±0,74	36,56±0,62	35,97±0,31	36,73±0,70	39,92±0,73*
Cu	9,61±0,20	9,47±0,20	9,80±0,35	10,26±0,37	10,75±0,19*
Zn	27,80±0,83	26,08±0,43	25,44±0,62	23,19±0,92*	22,41±0,16
Cr	2,95±0,31	2,28±0,09	2,53±0,23	2,38±0,13	2,83±0,16
Co	1,46±0,11	1,62±0,20	1,58±0,32	1,72±0,21	1,87±0,12
Pb	2,62±0,06	2,16±0,15*	2,03±0,28	1,60±0,09***	1,29±0,14***
Cd	0,28±0,02	0,26±0,005	0,25±0,009	0,24±0,009	0,24±0,01

Нижча на 7 і 19 % ($p < 0,01$) величина цього показника, порівняно до контролю, у грудному відділі комах IV і V дослідних груп. Це вказує на

антагоністичний вплив Cu на відкладення Zn у тканинах цього відділу тіла бджіл. Найнижчий вміст Zn встановили у черевці бджіл II, III, IV ($p < 0,05$) і V ($p < 0,01$) дослідних груп порівняно до контролю. Встановлені міжгрупові різниці вмісту Zn можуть характеризуватися особливостями функціонування черевного відділу організму медоносних бджіл дослідних груп під дією цитратів Аргентуму і Купруму.

За результатами дослідження відзначено підвищення рівня Cr в голові і грудному відділі тіла медоносних бджіл III, IV і V дослідних груп, проте різниці не були вірогідними. Нижчий рівень Хрому у черевному відділі тіла медоносних бджіл дослідних груп, порівняно з контролем можливо пов'язаний з конкуруючим метаболічним впливом на його вміст Купруму, рівень якого в тілі бджіл дослідних груп був високим.

Встановлено, що згодовування з цукровим сиропом цитрату Ag зумовлювало тенденції до зниження вмісту Co у голові бджіл II і III груп та до зростання у грудному відділі. Натомість, за згодовування з цукровим сиропом цитрату Cu, спостерігали тенденції до зростання Co у голові і черевного відділа тіла бджіл IV і V ($p < 0,05$) дослідних груп зі зниженням у грудному відділі порівняно до контролю.

Кумуляція Co в організмі медоносних бджіл, можливо, пов'язана з особливостями будови дихальної системи. Вона представлена великою кількістю трахей, які пронизують все тіло і відкриваються назовні дихальцями. Речовини з дихальної системи потрапляють безпосередньо в гемолімфу і можуть кумулюватися у всіх органах бджіл. Очевидно, саме це є причиною динаміки збільшення його вмісту в грудному і черевному відділах організму медоносних бджіл у наших експериментах.

Концентрація Pb проявляла тенденцію до зниження у гомогенаті тканин голови бджіл II і III дослідних груп, порівняно до контролю. Різниці між цими групами не перевищували величини похибок середніх арифметичних значень. Слід відзначити, що суттєвіше зниження рівня Pb у голові відзначено у бджіл

IV і V дослідних груп, де його вміст вірогідно знижувався у 1,7 і 1,6 рази ($p < 0,05$), відповідно.

У грудному відділі спостерігали міжгрупові коливання вмісту Pb і Cd всіх дослідних груп порівняно до контролю.

Разом із тим у черевному відділі тіла бджіл II і III груп зменшувався вміст Pb, а IV і V дослідних груп застосування для підгодівлі цитрату Cu характеризувалось нижчим вмістом Pb ($p < 0,001$) і Cd ($p < 0,05$) порівняно до контролю, що вказує на більш виражений антагоністичний вплив Купруму у застосованих концентраціях на нагромадження Pb і Cd в указаних анатомічних структурах бджіл.

Недостатність кормової бази у літньо-осінній період вимагає додаткової підгодівлі бджолосімей цукровим сиропом для забезпечення їх життєдіяльності та продуктивності. За результатами досліджень згодовування з цукровим сиропом цитратів Аргентуму і Купруму у літньо-осінній період зумовило різниці вмісту окремих мікроелементів у продукції бджіл, зокрема у меді бджіл всіх дослідних груп (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

**Вміст окремих мікроелементів в поліфлорному меді, мг/кг
натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)**

Мікро- елементи	Групи медоносних бджіл				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
Fe	4,92±0,38	4,16±0,06	4,42±0,43	5,68±0,28	6,07±0,41
Cu	1,96±0,09	1,89±0,09	1,81±0,06	2,16±0,12	2,22±0,03
Zn	0,87±0,12	0,92±0,91	1,11±0,09	0,63±0,03	0,85±0,09
Co	0,32±0,04	0,35±0,05	0,33±0,03	0,41±0,03	0,38±0,04
Cr	0,52±0,04	0,48±0,04	0,45±0,04	0,44±0,03	0,46±0,05
Pb	0,55±0,04	0,45±0,04	0,53±0,06	0,47±0,02	0,43±0,03
Cd	0,10±0,01	0,06±0,01	0,08±0,02	0,04±0,01*	0,05±0,01*

Встановлено вищий вміст Феруму, Купруму, Кобальту у зразках меду IV і V дослідних груп на фоні зниження у II і III дослідних групах. Так, вміст Fe у меді бджіл IV дослідної групи зростав на 15,4 %, V – на 23,4% відносно контролю, а вміст Cu у меді – на 10,2 і 13,26 %, відповідно. У зразках меду бджіл дослідних груп відзначено вищий вміст Zn (крім III групи), Co на тлі зниження вмісту Cr порівняно до контролю. Слід відзначити нижчі концентрації Pb та Cd у 1,6 в II; у 1,25 – III; 2,5 – IV ($p<0,05$), 2,0 рази – у V дослідних групах ($p<0,05$), порівняно до контролю.

Підгодівля бджіл цукровим сиропом з додаванням цитратів Ag і Cu зумовлювала вірогідні зміни фізико-хімічних показників меду дослідних груп. Зокрема, у зразках меду бджіл II–V дослідних груп діастазна активність збільшувалась у 1,5–2,2 рази ($p<0,01$ – $0,001$) (табл. 3.15).

Однією з біологічно-активних речовин у меді є пролін (піролідин- α -карбонова кислота). Він є важливим показником якості меду, зокрема, його зрілості та фальсифікації.

Таблиця 3.15

Фізико-хімічні показники меду ($M \pm m$, $n=3$)

Показники	Групи медоносних бджіл				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
Пролін, мг/кг	226,98 $\pm$ 2,1	** 258,7 $\pm$ 5,8	** 278,3 $\pm$ 9,5	* 265,2 $\pm$ 11,5	* 243,5 $\pm$ 4,3
Діастазне число, од.Готе	7,86 $\pm$ 0,07	** 13,23 $\pm$ 1,1	*** 12,27 $\pm$ 0,6	*** 17,3 $\pm$ 0,3	*** 11,9 $\pm$ 0,4
pH	4,24 $\pm$ 0,006	*** 4,07 $\pm$ 0,01	*** 4,08 $\pm$ 0,01	*** 4,06 $\pm$ 0,01	*** 4,0 $\pm$ 0,03
Масова частка води	18,33 $\pm$ 0,1	18,07 $\pm$ 0,1	** 17,67 $\pm$ 0,06	18,53 $\pm$ 0,06	18,30 $\pm$ 0,1

Вміст проліну виявився вищим на 22,6 % та 16,9 % ($p < 0,05-0,001$) у меді бджіл III і IV дослідних групах на 22,6 % та 16,9% ($p < 0,05-0,001$) відповідно. За рахунок цього підвищувалася кислотність меду і його стабільність при зберіганні, а також стійкість до бродіння. Коливання показника рН меду в усіх досліджених зразках характеризувалося нижчим рівнем у II - V дослідних групах на 4,0–5,0 % ($p < 0,001$).

Як відомо, бджоли в процесі переробки нектару фільтрують і зменшують вміст води, внаслідок чого змінюється його густина, консистенція та швидкість кристалізації, що впливає на термін зберігання і якість меду. У меді бджіл, яким згодовували цитрат Ag масова частка води була нижчою в II та III дослідних групах ($p < 0,01$) порівняно до контролю.

Таким чином, експериментальні дослідження свідчать про взаємозв'язок вмісту Купруму в організмі медоносних бджіл з іншими мікроелементами – Fe, Zn, Co, Pb. Виявлені зміни вмісту мікроелементів в організмі бджіл проявляли тканинну специфічність та залежали від дози згодовуваних добавок цитратів Ag і Cu.

Висновки

1. За дії цитрату аргентуму в кількості 0,5 і 1 мг/л цукрового сиропу вміст Феруму і Цинку зростає ($p < 0,05$) в голові, а вміст Плюмбуму знижується ($p < 0,05$) у черевному відділі тіла медоносних бджіл.

2. За дії цитрату купруму в кількості 0,5 і 1 мг/л цукрового сиропу вміст Феруму зростає ($p < 0,05$) у грудному і черевному відділах, а вміст Цинку, Плюмбуму та Кадмію знижується ($p < 0,05$) у всіх анатомічних відділах тіла медоносних бджіл.

3. У меді встановлено вищі концентрації Fe, Cu, Co, а також зростання рівня проліну та діастазної активності.

Результати наведених експериментальних досліджень представлені в публікаціях [125, 307, 313, 356].

3.6. Особливості розподілу ліпідних компонентів у організмі бджіл за підгодівлі цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період

Аналіз результатів досліджень свідчить про зміни вмісту загальних ліпідів у цілому організмі медоносних бджіл дослідних груп порівняно до контролю. Зокрема, встановлено вищий вміст загальних ліпідів у тканинах медоносних бджіл усіх дослідних груп, що свідчить про однаковий стимулюючий вплив добавок усіх застосованих концентрацій на обмін ліпідів і їхній синтез у організмі медоносних бджіл (табл. 3.16).

У цілому організмі медоносних бджіл дослідних груп спостерігали вищий вміст фосфоліпідів та триацилгліцеролів ($p < 0,05$) на тлі зниження вмісту вільного холестеролу ($p < 0,05-0,01$) та НЕЖК у бджіл дослідних груп порівняно до контролю.

Таблиця 3.16

**Вміст загальних ліпідів та їх класів у гомогенатах цілого організму бджіл,
% ($M \pm m$, $n=3$)**

Класи ліпідів	Групи бджіл				
	I-контрольна ЦС	II -дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III -дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV -дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V-дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
ЗЛ,г%	3,50±0,06	3,68±0,09	3,60±0,06	3,76±0,12	3,80±0,06
ФЛ	20,68±0,69	20,78±1,0	22,21±0,93	22,91±0,21	21,86±0,14
МДГ	14,67±0,12	15,00±0,49	12,84±0,39*	14,41±0,59	13,78±0,48
ВХ	14,85±0,32	13,57±0,68	12,99±0,24**	12,97±0,54*	12,92±0,25**
НЕЖК	17,89±0,35	16,20±0,68	18,36±0,07	16,16±0,34	16,32±0,73
ТГ	17,51±0,77	19,15±0,33	18,54±0,33	19,18±0,92	20,37±0,27*
ЕХ	14,41±0,62	15,29±0,56	15,05±0,16	14,37±0,08	14,57±0,57

В організмі бджіл у осінній період активно накопичуються резервні ліпіди, глікоген, а також протеїни, що необхідні для забезпечення енергетичних і пластичних процесів [2, 14, 21, 43, 76, 130, 146, 152, 259, 326, 349, 351, 374].

Таблиця 3.17

**Вміст загальних ліпідів та їх класів у тканинах голови бджіл, %
($M \pm m$, $n=3$)**

Класи ліпідів	Група бджіл				
	I- контрольна ЦС	II -дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III -дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV -дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V-дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
ЗЛ, г%	2,43±0,09	2,53±0,09	2,33±0,09	2,70±0,11	2,60±0,06
ФЛ	24,42±0,71	23,72±0,63	25,05±0,47	24,58±0,59	25,36±0,68
МДАГ	19,91±0,33	16,52±0,16***	13,64±1,09**	16,34±0,73*	15,70±0,51**
ВХ	15,02±0,14	11,91±0,39***	12,84±1,10	10,20±0,81**	11,21±0,64**
НЕЖК	11,99±0,66	16,08±0,48**	18,06±0,61**	18,69±0,44***	14,09±0,83
ТАГ	16,67±0,62	18,51±0,40*	16,61±0,41	17,17±0,28	17,96±0,74
ЕХ	11,94±0,97	13,24±0,43	13,76±0,78	12,98±0,37	15,64±0,81*

За результатами досліджень відзначено, що згодовування різної кількості добавок цитратів Ag і Cu зумовлювало відмінності вмісту загальних ліпідів в голові бджіл усіх дослідних груп порівняно із контролем (табл. 3.17).

Однак різниці між цими групами не були вірогідні і не перевищували величин похибки середнього арифметичного. Це свідчить про неоднаковий вплив добавок на вміст загальних ліпідів і співвідношення їх класів у тканинах медоносних бджіл.

Поряд із цим, суттєві різниці встановлено щодо співвідношення окремих класів ліпідів у голові медоносних бджіл за згодовування цитратів Ag та Cu. Зокрема, у гомогенатах голови медоносних бджіл помічене вірогідне зниження

вмісту моно- і диацилгліцеролів (II, III, IV і V групи; $p < 0,05-0,001$) та вільного холестеролу порівняно до контрольної групи.

Слід відмітити вищий вміст НЕЖК (II–IV групи; $p < 0,01-0,001$), триацилгліцеролів (II група; $p < 0,05$) і естерифікованого холестеролу (V група; $p < 0,05$) у голові бджіл. Це може вказувати на активацію метаболізму ліпідів за дії Ag і Cu. Встановлені відмінності фракційного розподілу ліпідів голови медоносних бджіл, можливо, можуть зумовлюватися безпосереднім впливом добавок цитратів Ag і Cu на інтенсивність ліпідного обміну в організмі, функціонування залоз, якими насичений головний відділ і дією цих елементів на процеси живлення бджіл.

Суттєві різниці щодо співвідношення окремих класів ліпідів спостерігали у грудному відділі, що містить більше м'язової тканини (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

Вміст загальних ліпідів та їх класів у грудному відділі організму бджіл, % ($M \pm m$, $n=3$)

Класи ліпідів	Група бджолосімей				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
ЗЛ, г%	3,30±0,09	3,57±0,12	3,40±0,11	3,63±0,05*	3,50±0,17
ФЛ	18,03±0,50	16,97±0,50	18,80±0,38	20,23±0,49*	20,40±0,50*
МДАГ	13,42±0,28	17,98±0,86**	14,58±0,49	14,12±0,77	11,66±0,58*
ВХ	13,24±0,37	14,95±0,50*	12,51±0,48	14,19±0,28	14,64±0,84
НЕЖК	21,27±0,44	16,27±0,61**	19,61±0,35*	16,36±0,28***	17,16±0,33***
ТАГ	15,81±0,24	15,85±0,55	17,97±0,70*	17,00 ±0,44	18,74±0,58**
ЕХ	18,21±0,89	17,95±0,48	16,50±0,27	18,08±0,38	17,38±0,74

Зокрема, вищий вміст загальних ліпідів спостерігали у II, III, IV ($p < 0,05$) і V (тенденція) дослідних групах за умов згодовування різних доз цитратів Ag і Cu.

Вірогідно вищий вміст фосфоліпідів спостерігали у зразках грудного відділу бджіл IV і V дослідних груп ($p<0,05$). Аналогічно вищі різниці спостерігали для моно- і диацилгліцеролів у зразках II групи у 1,3 раза ($p<0,01$) на тлі вірогідно нижчого вмісту у 1,2 раза у представників V групи ($p<0,05$) порівняно до контролю. Слід зазначити, що відносний вміст НЕЖК у грудному відділі тіла бджіл був вірогідно нижчим у всіх дослідних групах ($p<0,05-0,001$) порівняно до контролю. Рівень триацилгліцеролів у зразках бджіл III ($p<0,05$) і V ($p<0,01$) груп при цьому підвищувався.

Встановлені відмінності фракційного розподілу ліпідів грудного відділу тіла медоносних бджіл можуть зумовлюватися як безпосереднім метаболічним впливом добавок Аргентуму і Купруму, так і опосередковано через взаємодію з іншими мінеральними елементами, через активацію ензимних систем, у які ці мікроелементи включаються в процесі обміну.

Таблиця 3.19

Вміст загальних ліпідів та їх класів у черевному відділі тіла бджіл, %
($M\pm m$, $n=3$)

Класи ліпідів	Група бджіл				
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (1 мг)	IV дослідна ЦС + цитрат Cu (0,5 мг)	V дослідна ЦС + цитрат Cu (1 мг)
ЗЛ, г%	4,63 $\pm$ 0,17	4,80 $\pm$ 0,11	4,56 $\pm$ 0,06	4,76 $\pm$ 0,09	4,87 $\pm$ 0,14
ФЛ	19,55 $\pm$ 0,54	21,60 $\pm$ 0,50*	22,71 $\pm$ 0,55*	23,89 $\pm$ 0,37**	20,25 $\pm$ 0,41
МДАГ	10,59 $\pm$ 0,54	10,41 $\pm$ 0,76	10,25 $\pm$ 0,48	12,82 $\pm$ 0,20*	13,97 $\pm$ 0,43**
ВХ	16,25 $\pm$ 0,46	13,75 $\pm$ 0,52*	13,57 $\pm$ 0,37*	14,46 $\pm$ 0,45*	12,96 $\pm$ 0,43**
НЕЖК	20,50 $\pm$ 0,84	16,44 $\pm$ 0,45*	17,43 $\pm$ 0,56*	13,38 $\pm$ 0,43***	17,72 $\pm$ 0,48*
ТАГ	20,06 $\pm$ 0,98	23,12 $\pm$ 0,38*	21,05 $\pm$ 0,33	23,40 $\pm$ 0,69*	24,41 $\pm$ 0,53*
ЕХ	13,05 $\pm$ 0,32	14,65 $\pm$ 0,41*	14,97 $\pm$ 0,51*	12,05 $\pm$ 0,52	10,66 $\pm$ 0,45*

Дослідженнями гомогенатів черевного відділу тіла медоносних бджіл виявлено найбільші зміни у структурі ліпідів всіх груп, що вказує на важливе значення Аргентуму і Купруму в обміні ліпідів і функціонуванні черевного відділу, а отже й життєздатності бджіл (табл. 3.19).

Вірогідна різниця відносного вмісту фосфоліпідів у черевному відділі тіла бджіл II, III і IV дослідних груп в середньому в 1,2 раза, порівняно до контролю, підтверджує це припущення.

Аналогічну картину спостерігали і для триацилгліцеролів. Зокрема, у черевному відділі тіла бджіл вміст триацилгліцеролів був вищим у II, IV і V ($p < 0,05$) дослідних груп порівняно з контролем. Проте, рівень вільного холестеролу і НЕЖК у цій анатомічній структурі бджіл був нижчим ($p < 0,05$ – $0,001$) у всіх дослідних групах порівняно до контролю.

Висновки

1 Додаткове згодовування бджолам з сиропом цитратів аргентуму та купруму зумовлює міжгрупові різниці вмісту загальних ліпідів і вірогідно виражені зміни співвідношення їхніх класів у тканинах організму у літньо-осінній період.

2 У цілому організму бджіл за згодовування цитратів Ag та Cu зростає відносний вміст триацилгліцеролів ($p < 0,05$) та відмічається тенденція до підвищення відносного вмісту фосфоліпідів і естерифікованого холестеролу на фоні зниження вмісту вільного холестеролу ($p < 0,05$ – $0,01$), моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,05$) і НЕЖК (тенденція).

3 Встановлено вищий вміст загальних ліпідів у голові, грудному ($p < 0,05$) і черевному відділах тіла медоносних бджіл за згодовування згодовування 0,5 мг Ag і Cu та нижчий у голові і черевному відділах тіла бджіл, які отримували 1 мл Ag.

4 Високий рівень фосфоліпідів, моно- і диацилгліцеролів та триацилгліцеролів у тканинах окремих відділів організму медоносних бджіл згодовування цитратів Ag та Cu супроводжується зниженням відносного вмісту

НЕЖК та вільного холестеролу.

Результати досліджень підрозділу опубліковані у роботах [303, 313].

3.7 Мінеральний склад анатомічних відділів тіла та продукції медоносних бджіл за комплексної підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період

За результатами дослідження встановлено тенденцію до підвищення вмісту Феруму та Купруму у гомогенаті тканин цілого організму бджіл III дослідної групи порівняно до контрольної групи (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Вміст окремих мікроелементів в організмі бджіл, мг/кг натуральної маси
 $M \pm m$, $m=3$

Мікро- елементи	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
Fe	23,14±1,06	19,36±0,08	27,23±2,02
Cu	7,68±0,51	7,50±0,29	8,67±0,42
Zn	29,05±2,65	23,59±0,21	20,24±0,12*
Cr	0,45±0,05	0,57±0,08	0,69±0,04*
Co	0,36±0,05	0,45±0,02	0,49±0,003
Pb	1,35±0,03	1,06±0,003***	0,86±0,15*
Cd	0,17±0,03	0,16±0,009	0,11±0,006

Включення цитратів мікроелементів Ag і Cu додатково до цукрового сиропу медоносним бджолам сприяло вірогідному зниженню вмісту Zn на 30 % у III дослідній групі. За результатами досліджень вміст Cu у гомогенаті

цілого тіла бджіл II дослідної групи знижувався на 2,4 %, а Zn – на 18,8 % порівняно до контролю. Поряд із тим, спостерігали зростання вмісту Cr (III група, $p<0,05$) та Co (тенденція) у зразках дослідних груп порівняно до контрольної групи. Вплив цитратів Ag і Cu характеризувався нижчою концентрацією Pb у бджіл II і III дослідних групи, відповідно, на 21,5 % ($p<0,001$) і 36,3 % ($p<0,05$) та Cd (тенденція) – на 35,3 % і 5,9 % порівняно до контрольної групи.

Аналіз одержаних результатів проведених досліджень свідчить про дозозалежні зміни мінерального складу окремих анатомічних відділів організму медоносних бджіл за згодовування цитратів Ag і Cu. Зокрема, у голові медоносних бджіл II і III дослідних груп спостерігали лише тенденцію до підвищення вмісту Феруму (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

**Вміст окремих мікроелементів у гомогенатах голови бджіл, мг/кг
натуральної маси ($M\pm m$, $n=3$)**

Мікро- елементи	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
Fe	24,45±0,59	22,14±2,44	23,51±0,32
Zn	27,68±0,97	28,20±0,69	26,85±1,61
Cu	5,22±0,5	6,18±0,08**	7,55±0,32**
Co	0,27±0,1	0,42±0,003	0,47±0,005
Cr	0,90±0,03	0,73±0,16	0,89±0,12
Pb	1,82±0,008	1,06±0,006***	0,86±0,01***
Cd	0,22±0,003	0,15±0,003***	0,14±0,006***

Вміст Купруму в гомогенатах голови медоносних бджіл II та III дослідних груп був вірогідно вищим порівняно до контролю. Зокрема, цей

показник у бджіл II групи становив 6,18 мг/кг ($p<0,01$), а в III – 7,55 ($p<0,01$) проти 5,22 мг/кг у контрольній групі.

Відомо, що Co підвищує біосинтез протеїнів і концентрацію γ -глобулінів у фракціях загального протеїну гемолимфи, ліпідів, гемолимфогенез і засвоєння Fe [325, 397, 459]. Встановлено підвищення вмісту Co у голові медоносних бджіл II і III дослідних груп порівняно до контрольної групи, що може бути зумовлене впливом поєднаного введення до сиропу Ag і Cu щодо рівня Co в організмі бджіл дослідних груп.

Слід відзначити зниження вмісту Pd і Cd у голові бджіл організму за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період. Так, рівень Pb у головах бджіл II дослідної групи вірогідно знижувався у 1,7 ($p<0,001$), а III – у 2,1 раза ($p<0,001$) порівняно з контролем. Вміст Cd був у 1,5 раза нижчим у гомогенатах голови медоносних бджіл в обох дослідних групах ($p<0,001$) порівняно до контрольної.

У гомогенаті грудного відділу бджіл спостерігали зменшення вмісту Fe, Zn, Cu у II дослідній групі порівняно з контрольним показником (табл. 3.22).

Таблиця 3.22

**Вміст окремих мікроелементів у грудному відділі тіла бджіл, мг/кг
натуральної маси ($M\pm m$, $n=3$)**

Мікро- елементи	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
Fe	20,84 $\pm$ 2,62	19,47 $\pm$ 3,52	27,09 $\pm$ 0,39*
Zn	30,18 $\pm$ 0,47	27,08 $\pm$ 2,58	25,87 $\pm$ 2,59
Cu	9,91 $\pm$ 0,78	8,24 $\pm$ 0,12	11,14 $\pm$ 1,19
Co	0,30 $\pm$ 0,03	0,37 $\pm$ 0,006	0,42 $\pm$ 0,05
Cr	0,49 $\pm$ 0,05	0,53 $\pm$ 0,03	0,62 $\pm$ 0,05
Pb	1,28 $\pm$ 0,09	0,70 $\pm$ 0,09**	0,98 $\pm$ 0,25
Cd	0,13 $\pm$ 0,02	0,11 $\pm$ 0,01	0,13 $\pm$ 0,02

Зокрема, рівень Fe зменшувався на 6,6; Zn – на 10,3 та Cu – на 17,0 % порівняно до контролю. Концентрація Fe у гомогенатах грудного відділу медоносних бджіл III групи була вищою у 1,3 раза, Cu – 1,1 раза на тлі нижчого вмісту Zn у 1,2 раза порівняно до контрольної групи. Спостерігалася тенденція до збільшення вмісту Co і Cr у цьому відділі тіла бджіл дослідних груп порівняно до зразків контрольної групи. Згодовування медоносним бджолам з цукровим сиропом по 0,2 мг Ag і Cu у вигляді цитратів зумовило вірогідне зниження вмісту Pb в грудному відділі комах II дослідної групи у 1,8 раза ($p<0,01$) та у 1,3 раза у III групі порівняно до контролю. Рівень Cd у грудному відділі медоносних бджіл II і III дослідних груп суттєво не змінювався порівняно з контролем.

Аналогічні різниці спостерігали у черевці медоносних бджіл, які отримували додатково різні дози цитратів Ag і Cu у весняний період. Дані, наведені у таблиці 3.23, свідчать, що концентрація Fe була вищою у зразках дослідних груп на тлі нижчого вмісту Zn порівняно до контрольної групи.

Таблиця 3.23

Вміст окремих мікроелементів у черевному відділі медоносних бджіл, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мікро-елементи	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
Fe	23,61 $\pm$ 2,56	24,95 $\pm$ 0,53	25,37 $\pm$ 1,89
Zn	24,80 $\pm$ 2,07	23,97 $\pm$ 1,56	22,10 $\pm$ 0,97
Cu	10,00 $\pm$ 0,44	8,15 $\pm$ 0,14**	10,35 $\pm$ 0,27
Co	0,36 $\pm$ 0,006	0,45 $\pm$ 0,1	0,52 $\pm$ 0,03**
Cr	0,66 $\pm$ 0,11	0,71 $\pm$ 0,04	0,68 $\pm$ 0,05
Pb	1,26 $\pm$ 0,15	1,25 $\pm$ 0,02	0,83 $\pm$ 0,06
Cd	0,19 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,02

Суттєво не змінювався вміст Cu в черевному відділі організму бджіл III групи на тлі вірогідно нижчого вмісту у 1,2 раза ($p < 0,01$) у зразках II групи.

Встановлено вищий вміст Co у черевному відділі комах II і III дослідних груп відповідно у 1,3 та 1,4 ($p < 0,01$) раза порівняно до його показників у зразках бджіл контрольної групи.

Рівень Cr у черевному відділі тіла був вищим у зразках дослідних груп порівняно до контрольної, що, можливо, пов'язано з синергічною дією застосованих доз на засвоєння і кумуляцію цього елемента в тканинах організму бджіл.

За результатами дослідження відзначено тенденцію до зниження рівня Pb і Cd в зразках черевного відділу медоносних бджіл дослідних груп порівняно з контролем. Такі незначні зміни можуть бути пов'язані з конкуруючою метаболічною взаємодією Ag і Cu з іншими елементами, які надходять в організм бджіл, зокрема Pb і Cd, що було більш вираженим у черевному відділі, де міститься більше залозистої тканини.

Таблиця 3.24

Вміст окремих мікроелементів у перзі, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мікро-елементи	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
Fe	21,65 $\pm$ 0,80	29,11 $\pm$ 0,31***	23,66 $\pm$ 1,65
Cu	6,49 $\pm$ 0,11	7,43 $\pm$ 0,11	7,17 $\pm$ 0,58
Zn	34,38 $\pm$ 0,97	39,86 $\pm$ 2,58	44,42 $\pm$ 1,96*
Cr	2,11 $\pm$ 0,17	2,12 $\pm$ 0,15	2,31 $\pm$ 0,04
Co	0,33 $\pm$ 0,05	0,49 $\pm$ 0,03	0,54 $\pm$ 0,03*
Pb	1,56 $\pm$ 0,28	1,31 $\pm$ 0,10	1,30 $\pm$ 0,09
Cd	0,14 $\pm$ 0,01	0,13 $\pm$ 0,01	0,11 $\pm$ 0,003*

За результатами дослідження вмісту окремих мікроелементів у перзі спостерігали вірогідні різниці Fe, Zn, Co у зразках від бджіл дослідних груп порівняно до контролю (табл. 3.24). Зокрема, концентрація Fe була вищою на 34,5 ($p<0,001$) у зразках II та на 9,3 % – III дослідних груп.

Аналогічно вищі різниці відзначено для Cu та Zn. Зокрема, вміст Cu був вищим на 14,5 % і 10,5 % відповідно у зразках перги II і III дослідних груп порівняно до контролю.

Вищі концентрації Zn встановлено у перзі бджіл II (на 16 %) та III – (на 29 %; $p<0,05$) дослідних груп. Вміст Pb знижувався в 1,2 раза у II та Cd ($p<0,05$) – у III дослідних групах порівняно до контролю, що може бути зумовлене антагоністичною дією цитратів аргентуму та купруму на обмін цих елементів в організмі медоносних бджіл і їхню трансформацію у пергу.

Таблиця 3.25

**Вміст мінеральних елементів у стільниках, мг/кг натуральної маси
($M\pm m$, $n=3$)**

Мікро- елементи	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
Fe	45,33 $\pm$ 2,92	50,17 $\pm$ 4,23	44,67 $\pm$ 2,78
Cu	1,95 $\pm$ 0,45	1,06 $\pm$ 0,08	1,08 $\pm$ 0,18
Zn	10,80 $\pm$ 1,22	14,43 $\pm$ 1,35	14,10 $\pm$ 0,06
Cr	0,84 $\pm$ 0,18	1,38 $\pm$ 0,11	1,65 $\pm$ 0,19*
Co	0,30 $\pm$ 0,03	0,31 $\pm$ 0,04	0,40 $\pm$ 0,03
Pb	1,12 $\pm$ 0,05	0,90 $\pm$ 0,19	0,73 $\pm$ 0,09*
Cd	0,08 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,01*	0,04 $\pm$ 0,003*

За результатами дослідження вмісту окремих мікроелементів у стільниках спостерігали вищі концентрації Zn, Cr та Co у зразках дослідних груп порівняно до контролю (табл. 3.25). Концентрація Феруму була вищою у

стілників II дослідної групи на 10,7 %. Встановлено тенденцію до підвищення вмісту Zn у зразках стільників обох дослідних груп порівняно до контролю, проте, тоді як для Cr відзначено вищий рівень у зразках II і III ($p<0,05$) дослідних груп.

Поряд з цим, відзначено нижчий вміст Pb – II на 19,6 % та III – на 34,8 % ($p<0,05$) групах, а також Cd – у 2 рази відповідно у II і III ($p<0,05$) дослідних групах порівняно до контрольної групи.

Комплексне згодовування з цукровим сиропом різних доз цитратів Ag і Cu підвищувало вміст Fe ($p<0,001$) і Cu у зразках меду II ($p<0,01$) та III дослідних груп (табл. 3.26). Водночас встановлено вірогідне зниження вмісту Fe ($p<0,001$) і Zn ($p<0,01$) в меді III дослідної групи порівняно до контролю. За результатами досліджень вміст Pb і Cd був нижчим у II ($p<0,05-0,01$) і III ($p<0,01-0,001$) дослідних групах порівняно до контролю.

Таблиця 3.26

**Вміст окремих мінеральних елементів у поліфлорному меді, мг/кг
($M\pm m$, $n=3$)**

Мікро-елементи	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
Fe	3,27 $\pm$ 0,10	4,69 $\pm$ 0,16***	2,24 $\pm$ 0,04***
Cu	1,74 $\pm$ 0,03	1,97 $\pm$ 0,04**	2,11 $\pm$ 0,26
Zn	1,71 $\pm$ 0,12	1,13 $\pm$ 0,10**	0,83 $\pm$ 0,07**
Cr	0,43 $\pm$ 0,006	0,47 $\pm$ 0,01*	0,47 $\pm$ 0,02
Co	0,45 $\pm$ 0,01*	0,38 $\pm$ 0,012**	0,48 $\pm$ 0,02
Pb	0,83 $\pm$ 0,02	0,64 $\pm$ 0,057*	0,56 $\pm$ 0,02***
Cd	0,11 $\pm$ 0,006	0,07 $\pm$ 0,009**	0,06 $\pm$ 0,008**

Вміст проліну у меді II і III дослідних груп був вищим, відповідно, на 5,7 % ($p<0,05$) та 7,6 % ($p<0,01$) порівняно до контролю (табл. 3.27). За

результатами досліджень також встановлено незначне підвищення діастазної активності меду в I і II дослідних групах за підгодівлі цитратами Ag і Cu.

Таблиця 3.27

Якісні та фізико-хімічні показники поліфлорного меду, мг/кг ($M \pm m$, $n=3$)

Показник	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
Пролін, мг/кг	267,94±4,12	283,25±3,31*	288,56±1,33**
Діастазне число, од. Готе	19,93±0,43	20,36±0,44	20,98±0,47
Масова частка води, %	19,14±0,17	19,00±0,10	19,74±0,07*
pH	4,15±0,02	4,24±0,05	4,20±0,03

Саме цей ензим характеризує активність амілолітичних ферментів (амілази, діастази) меду, що свідчить про його натуральність, зрілість та біологічну цінність. Діастазне число – це основний показник зрілості та натуральності меду, яке залежить також від породи бджіл, сили сім'ї і виду медоносів, з яких був зібраний нектар. У зразках меду II дослідної групи (цитрат Ag+Cu) відзначено вищі показники діастазного числа меду на 2,39 %, а III – на 5,85 % порівняно до контрольної групи (тенднеція). Масова частка води у меді відповідала чинним нормативам як у контрольній, так і в дослідних групах.

Отже, додавання цитратів мікроелементів Ag і Cu з цукровим сиропом у підгодівлю бджіл може впливати на секреторну активність травних залоз бджіл у процесі переробки нектару в мед.

Висновки

1. Підгодівля бджіл цукровим сиропом і цитратами Ag та Cu знижує вміст Zn та Pb ($p < 0,05-0,001$) в організмі бджіл та підвищує вміст Fe, Co; Cu

(тенденція) та Cr (III; $p < 0,05$). Це може підтверджувати явище антагонізму між Ag та Cu з одного боку та Zn і Pb з іншого.

2. У голові бджіл за згодовування цитратів Ag та Cu збільшується концентрація Zn і Co, на тлі зниження вмісту Fe, Cr, Pb ($p < 0,001$) і Cd ($p < 0,001$). У грудному та черевному відділах тіла при цьому встановлено зниження рівня Zn, Pb ($p < 0,01$), Cd, а також зростання вмісту Co ($p < 0,01$) та Cr.

3. Згодовування різної кількості цитратів Ag і Cu відзначається їхнім синергічним та антагоністичним впливом на рівень окремих мінеральних елементів у продукції бджіл – перзі, стільниках і меді.

4. Встановлено вірогідні різниці нижчого вмісту Zn, Pb та Cd на тлі вищого вмісту Fe, Cu та Cr у меді дослідних груп ($p < 0,05-0,001$). Біологічна дія цитратів Ag і Cu у бджіл характеризувалася покращенням харчової цінності меду та його збереженості, про що може свідчити підвищення вмісту проліну та концентрації водневих йонів.

Результати наведених експериментальних досліджень представлені в публікаціях [58, 126, 296, 306, 310, 354].

3.8. Особливості метаболізму ліпідів у організмі та вміст їх у продукції бджіл за комплексної підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період

Динаміка вмісту ліпідів у тканинах організму медоносних бджіл та інтенсивність їх обміну є важливими показниками, що характеризують функціональний стан комах. Результати досліджень гомогенатів цілого організму медоносних бджіл вказують на міжгрупові різниці вмісту загальних ліпідів та їх окремих фракцій за комплексної підгодівлі цитратами Ag і Cu з цукровим сиропом у весняний період (табл. 3.28).

Вміст загальних ліпідів та їх класів у організмі бджіл, % ($M \pm m, n=3$)

Класи ліпідів	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
ЗЛ, г%	3,10 $\pm$ 0,12	3,17 $\pm$ 0,15	3,37 $\pm$ 0,12
ФЛ	21,62 $\pm$ 0,63	22,97 $\pm$ 0,69	22,69 $\pm$ 0,69
МДАГ	16,70 $\pm$ 0,10	16,57 $\pm$ 0,67	14,40 $\pm$ 0,50**
ВХ	16,34 $\pm$ 0,38	15,65 $\pm$ 0,57	14,92 $\pm$ 0,43*
НЕЖК	16,60 $\pm$ 0,43	15,28 $\pm$ 0,50	17,87 $\pm$ 0,43
ТАГ	15,32 $\pm$ 0,44	15,29 $\pm$ 0,84	14,44 $\pm$ 0,41
ЕХ	12,91 $\pm$ 0,54	14,23 $\pm$ 1,67	15,68 $\pm$ 0,93*

Зокрема, відзначено вірогідне зниження вмісту моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,01$) та вільного холестеролу ($p < 0,05$) у гомогенатах бджіл III дослідної групи порівняно з контролем. Відносний вміст триацилгліцеролів знижувався у тілі бджіл III групи. Це може вказувати на оптимізуючий вплив комплексної підгодівлі бджіл цукровим сиропом і цитратами Ag і Cu на біосинтез і депонування триацилгліцеролів у тканинах організму.

Вплив аліментарних чинників на відносний вміст НЕЖК не виявляв чіткої залежності. Зокрема, у бджіл II групи рівень НЕЖК зменшувався, але зростав у III групі порівняно до контрольної.

Компоненти підгодівлі зумовлювали підвищення відносного вмісту естерифікованого холестеролу у ліпідах тканин II і III ($p < 0,05$) дослідних груп. Отримані дані можуть свідчити про визначальний вплив цитратів Ag і Cu на зростання естерифікації холестеролу в тканинах бджіл.

За результатами досліджень встановлено вищий вміст загальних ліпідів у зразках тканин голови бджіл дослідних груп порівняно до контролю (табл.3.29).

Вміст загальних ліпідів та їх класів у гомогенатах голови бджіл, %
($M \pm m$, $n=3$)

Класи ліпідів	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
ЗЛ, г%	2,58±0,07	2,75±0,70	2,83±0,18
ФЛ	24,41±0,53	24,43±0,51	22,81±0,18*
МДАГ	16,80±0,13	14,88±0,21***	13,09±0,33***
ВХ	12,41±0,90	10,92±0,07	10,00±0,22
НЕЖК	15,67±0,29	14,38±0,15**	18,91±0,36**
ТАГ	14,11±0,68	16,99±0,15**	14,01±0,63
ЕХ	16,13±0,50	18,38±0,16**	21,20±0,61**

Вірогідно нижчий вміст фосфоліпідів ($p < 0,05$) спостерігали у головному відділі тіла медоносних бджіл III групи, на тлі вищого рівня НЕЖК ($p < 0,01$) порівняно до контролю. Це може вказувати на посилення використання фосфоліпідів у метаболічних процесах цього відділу за дії Аргентуму та Купруму на тлі зниження рівня обміну жирних кислот. Вміст вільного холестеролу у ліпідах тканин головного відділу бджіл дослідних груп був дещо нижчим за контрольний показник.

Аналіз результатів досліджень вказує на вірогідне зниження вмісту моно- та диацилгліцеролів у голові бджіл обох дослідних груп ($p < 0,001$) на тлі вірогідно вищого вмісту естерифікованого холестеролу. Це свідчить про регуляторний вплив згодовуваних добавок на відносний вміст і співвідношення окремих класів ліпідів у цьому анатомічному відділі тіла медоносних бджіл.

Поряд із цим, у зразках грудного відділу тіла медоносних бджіл встановлено лише тенденцію до підвищення вмісту загальних ліпідів у II і III групі за згодовування цитратів Ag і Cu.

Вміст загальних ліпідів та їх класів у грудному відділі тіла бджіл, %
($M \pm m$, $n=3$)

Класи ліпідів	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
ЗЛ, г%	3,13 $\pm$ 0,12	3,21 $\pm$ 0,10	3,30 $\pm$ 0,18
ФЛ	20,28 $\pm$ 0,44	22,40 $\pm$ 0,25**	23,66 $\pm$ 0,33**
МДАГ	15,34 $\pm$ 0,27	16,00 $\pm$ 0,11	11,82 $\pm$ 0,26***
ВХ	19,56 $\pm$ 0,22	18,52 $\pm$ 0,29*	17,20 $\pm$ 0,24***
НЕЖК	15,81 $\pm$ 0,16	16,37 $\pm$ 0,24	19,37 $\pm$ 0,34***
ТАГ	16,71 $\pm$ 0,23	14,00 $\pm$ 0,79*	14,78 $\pm$ 0,37**
ЕХ	12,27 $\pm$ 0,56	12,70 $\pm$ 0,16	13,14 $\pm$ 0,51

Однак різниці між контрольною і дослідною групами не були вірогідними, тоді як у відносному вмісті окремих фракцій ліпідів встановлені чіткі міжгрупові відмінності (табл.3.30).

Зокрема, вміст фосфоліпідів зростав у зразках гомогенатах грудного відділу бджіл II та III ($p < 0,01$) груп порівняно до контролю. Аналогічно вищі різниці спостерігали для НЕЖК ($p < 0,001$) у гомогенатах грудного відділу бджіл III групи на тлі зниження рівня триацилгліцеролів у комах II ($p < 0,05$) і III ($p < 0,01$) дослідних групах порівняно до контролю. Слід зазначити, що вміст моно- та диацилгліцеролів у II дослідній групі був вищим. Тоді як вплив Ag і Cu у грудному відділі тіла медоносних бджіл III групи характеризувався вірогідно нижчим ($p < 0,001$) їх вмістом порівняно до контролю. Вміст вільного холестеролу зростав у зразках грудного відділу бджіл II ($p < 0,05$) та III ($p < 0,001$) груп порівняно до контролю.

Аналіз отриманих результатів ліпідного складу черевного відділу вказує на зростання вмісту загальних ліпідів та виражені зміни щодо розподілу

окремих класів в обох дослідних групах (табл. 3.31).

Таблиця 3.31

**Вміст загальних ліпідів та їх класів у черевному відділі тіла бджіл, %
($M \pm m$, $n=3$)**

Класи ліпідів	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
ЗЛ, г%	3,23±0,09	3,41±0,13	3,73±0,19
ФЛ	21,44±0,79	22,09±0,98	21,61±0,19
МДАГ	17,80±0,09	18,84±0,24**	18,26±0,07**
ВХ	16,99±0,44	17,52±0,29	17,57±0,19
НЕЖК	18,33±0,61	15,09±0,73*	15,26±0,29**
ТАГ	15,14±0,85	14,89±0,56	14,57±0,54
ЕХ	10,27±0,25	11,57±0,48***	12,70±0,17***

Відзначено вірогідне зростання вмісту моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,01$) на тлі зниження вмісту НЕЖК ($p < 0,05-0,01$) у зразках червеного відділу комах дослідних груп порівняно до контролю. Вміст вільного холестеролу та фосфоліпідів у цьому відділі тіла комах II і III груп був вищим на тлі нижчого рівня триацилгліцеролів у бджіл дослідних груп порівняно до контрольної. У черевному відділі вміст естерифікованого холестеролу був вищим у 1,1 раза – II ($p < 0,001$) та 1,2 раза – III групі ($p < 0,001$) порівняно до контролю.

Встановлені відмінності фракційного розподілу ліпідів у різних анатомічних відділах медоносної бджоли можуть більшою мірою зумовлюватися безпосереднім впливом згодовування добавок цитратів Ag та Cu на обмін і співвідношення окремих класів ліпідів в організмі бджіл. Вказані сполуки сприяють процесам нагромадження енергетичних і пластичних компонентів трофічного ланцюга та підтверджують доцільність використання цих добавок у підгодівлі медоносних бджіл.

Вміст загальних ліпідів та їх класів у перзі бджіл, % ($M \pm m, n=3$)

Класи ліпідів	Групи медоносних бджіл		
	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)
ЗЛ,г%	4,23 $\pm$ 0,15	4,20 $\pm$ 0,17	4,33 $\pm$ 0,15
ФЛ	27,97 $\pm$ 0,13	27,46 $\pm$ 0,27	30,13 $\pm$ 0,36**
МДАГ	14,36 $\pm$ 0,58	13,50 $\pm$ 0,28	15,50 $\pm$ 0,33
ВХ	12,92 $\pm$ 0,51	12,90 $\pm$ 0,25	11,25 $\pm$ 0,46*
НЕЖК	11,31 $\pm$ 0,42	10,90 $\pm$ 0,71	10,35 $\pm$ 0,58
ТАГ	19,12 $\pm$ 0,87	20,37 $\pm$ 0,27	19,90 $\pm$ 0,55
ЕХ	14,32 $\pm$ 0,04	14,57 $\pm$ 0,57	12,86 $\pm$ 0,36**

Підгодівля медоносних бджіл цитратами Ag і Cu зумовлювала зміни ліпідного складу їх продукції, в т.ч. перги. Аналіз результатів досліджень вказує на виражені зміни співвідношення окремих фракцій ліпідів перги за комплексного згодовування цитратів Ag і Cu (табл. 3.32).

Зокрема, встановлено вірогідно вищий вміст фосфоліпідів ($p < 0,01$) у зразках перги III дослідної групи порівняно до величини цього показника у контрольній групі.

За вмістом моно- та диацилгліцеролів помічене зростання у зразках перги III дослідної групи у 1,2 раза на тлі дещо нижчого вмісту у II дослідній групі порівняно до контролю.

Відносний вміст вільного холестеролу та естерифікованого холестеролу у ліпідах перги бджіл дослідних груп зберігав однакову залежність – суттєво не змінювався у II групі, але вірогідно знижувався ($p < 0,01$) у III групі. Відзначена залежність змін вказаних фракцій свідчить про однаково направлену біологічну дію цитратів Ag і Cu з компонентами підгодівлі на співвідношення вільного та естерифікованого холестеролу у ліпідах перги бджіл.

Висновки

1. Комплексне згодовування з цукровим сиропом цитратів Ag і Cu у дозах 0,2 і 0,5 мг зумовлює міжгрупові різниці вмісту загальних ліпідів та співвідношення окремих їх класів у цілому організмі медоносних бджіл дослідних груп.

2. У ліпідах тканин цілого організму медоносних бджіл II і III дослідних груп встановлено вищий вміст фосфоліпідів, естерифікованого холестеролу та зниження вмісту вільного холестеролу, моно-, ди- і триацилгліцеролів.

3. У тканинах окремих анатомічних відділах тіла медоносних бджіл за згодовування цитратів Ag і Cu встановлено зниження вмісту моно- та 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 ($p < 0,05-0,001$).

4. За введення цитратів Ag і Cu до компонентів підгодівлі бджіл у перзі зростає рівень фосфоліпідів ($p < 0,01$), моно- та диацилгліцеролів (III група), триацилгліцеролів на тлі зниження вмісту вільного ($p < 0,05$) і естерифікованого холестеролу ($p < 0,01$).

Результати наведених експериментальних досліджень наведені в публікаціях [304, 305, 309].

3.9. Особливості функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu у весняний період

За результатами дослідження інтенсивності середньодобової яйцекладки бджолиних маток встановлено відмінності бджолосімей обох дослідних груп проти показника у бджолосімей контрольної групи у дослідний період

(табл. 3.33). Порівняльною оцінкою інтенсивності яйцекладки бджолиних маток, з визначенням у підготовчий період стартового проміру, встановлена різниця початкової кількості відкладених яєць у бджоломаток II дослідної групи порівняно з контролем.

Аналіз результатів підрахунку зрілого запечатаного бджолиного розплоду вказує на вірогідне зростання кількості відкладених матками яєць за добу у II (на 11,3 %) та III (на 12,6 %) дослідних групах бджіл за другий 12-добовий етап проти контролю. Різниця до підготовчого періоду була вищою у II і III дослідних групах, відповідно на 26,3 % та 25,3 %.

Таблиця 3.33

Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, кількість яєць/добу ($M \pm m$, $n=3$)

Дата проміру / 12 – добові етапи досліджень	I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag (0,2 мг) + цитрат Cu (0,2 мг)	% до контролю	III дослідна ЦС + цитрат Ag (0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)	% до контролю
Підготовчий період					
I етап	462±2,40	469±3,46	101,5	478±6,88	103,5
Дослідний період					
II етап	532±7,31	*** 592±0,88	111,3	*** 599±21,31	112,6
% до I етапу	115,1	126,3		125,3	
III етап	706±3,48	*** 803±4,04	113,7	*** 837±7,31	118,6
% до II етапу	132,7	135,6		139,7	
IV етап	814±3,75	*** 959±5,81	117,81	*** 987±4,63	121,3
% до III етапу	115,3	119,4		117,9	

Результати 12-добового III етапу підрахунку кількості запечатаного розплоду вказують на вірогідне підвищення рівня яйцекладки у маток II (на

13,7 %; $p < 0,001$) та III (на 18,6 %; $p < 0,001$) дослідних груп порівняно до контролю. Слід зазначити, що зростання інтенсивності яйцекладки бджолиними матками, відповідно до II етапу дослідження, у всіх групах за наступні 12 діб згодовування цитратів Ag і Cu, було найвищим і становило у контролі 32,7 %, у II та III дослідних групах – відповідно 35,6 та 39,7 %.

На IV етапі відзначено вірогідне зростання середньодобової яйцекладки у бджоломаток II ($p < 0,001$) та III ($p < 0,001$) дослідних груп на 17,8 % та 21,3 % порівняно до контрольної групи.

Різниця до попереднього етапу в усіх групах була вищою: на 15,3 % у I контрольній, 19,4 – у II та 17,9 % – у III дослідній групі. Встановлено, що інтенсивність яйцекладки маток II і III груп за весь дослідний період була вищою за кількістю відкладених яєць в обох дослідних групах порівняно до контрольної групи.

Загальна кількість яєць, відкладених бджоломатками, за весь дослідний у II і III групах період зростала порівняно як до контролю, так і до підготовчого періоду. Отже, застосування підгодівлі цукровим сиропом з додаванням цитратів Ag і Cu сприяло збільшенню інтенсивності яйцекладки бджолиних маток, а як наслідок, це могло сприяти збільшенню сили бджолиних сімей.

Найвищу кількість відкладених бджолиними матками яєць за періоди дослідження відзначені на IV етапі дослідження. У II і III дослідних групах цей показник становив відповідно 11521 шт та 11857 шт проти контролю (9781 шт). Вказані кількісні показники у бджолиних маток дослідних груп за останній етап проведених досліджень зросли на 17 у II та 21 % – у III дослідній групі порівняно до контрольної групи.

Порівнянням загальної кількості відкладених бджоломатками яєць встановлені відмінності приросту маси (кг) і сили гнізда (вулички) за дослідний період на усіх 12-добових етапах контрольної і дослідних груп (табл. 3.34).

На II етапі дослідного періоду, зокрема, маса клуба зросла на 11 у II та на 13 % – у III дослідних групах щодо контролю. Найкращі результати відзначено на III 12-добовому етапі проведення дослідження.

**Показники приросту маси бджолиних сімей за згодовування цитрату Ag і
Cu (кг, вулички)**

12-добові етапи досліджень	Приріст бджолиних сімей									
	Маса бджіл за етап, кг					Кількість вуличок за етап, шт				
Підготовчий період (I етап)										
Групи	К-I	Д-II	% до К-I	Д-III	% до К-I	К-I	Д-II	% до К-I	Д-III	% до К-I
I етап	1,66	1,68	101	1,72	103	8,30	8,40	101	8,60	102
Дослідний період										
II етап	1,91	2,13	111	2,16	113	9,55	10,65	110	10,80	112
III етап	2,54	2,89	113	3,02	118	12,70	14,45	113	15,10	118
IV етап	2,93	3,46	118	3,56	121	14,65	17,3	118	17,8	121
За дослідний період	2,46	2,83	115	2,91	117	12,27	14,13	114	14,57	117

Зокрема, у II дослідній групі встановлено зростання маси бджолиних сімей (2,89 кг) та сили клуба (14,45 вуличок), яка була вищою на 13% порівняно до показників контрольної групи. Аналогічно вищу різницю відзначено у III групі: за масою – 3,02 кг і силою – 15,10 вуличок.

На завершальному, IV етапі дослідження відзначено зростання показників приросту у бджіл II і III дослідних груп на 18 % (3,46 кг) та 21 % (3,56 кг), відповідно, сила гнізда – у II – 17,3 і 17,8 вуличок, відповідно у II і III дослідних групах порівняно з контролем.

Підрахунок запечатаних чарунок розплідної частини бджолої сім'ї з інтервалом у 12 діб виявив виражений вплив цитратів Ag та Cu на кількість відкладених яєць у бджолиних маток II дослідної групи порівняно до контролю (табл. 3.35).

Таблиця 3.35

Фізіологічні та морфологічні показники функціонування репродуктивної системи бджолиних маток ($M \pm m$, $n=3$)

Дата проміру / 12-добові етапи досліджень	Показник	Група		% до контролю
		I контрольна ЦС	II дослідна ЦС + цитрат Ag(0,5 мг) + цитрат Cu (0,5 мг)	
Підготовчий період				
I етап	Кількість яєць за 12 діб, шт	5557±29,46	5744±82,65	103,5
	Маса яйця, мг	0,138±0,001	0,139±0,002	100,72
	Довжина яйця, μм	1547,24±29,48	1561,96±17,82	100,95
	Ширина яйця, μм	331,71±12,03	334,15±28,16	100,74
Дослідний період				
II етап	Кількість яєць за 12 діб, шт	6397±89,61	7201±44,81**	112,60
	% до I етапу	115,15	125,31	-
	Маса яйця, мг	0,139±0,021	0,141±0,014	101,44
	% до I етапу	100,72	101,44	-
	Довжина яйця, μм	1539,35±36,29	1573,22±43,08	102,20
	Ширина яйця, μм	334,83±47,22	337,26±11,14	100,73
III етап	Кількість яєць за 12 діб, шт	8480±41,47	10050±88,96***	118,55
	% до II етапу	132,71	139,73	-
	Маса яйця, мг	0,138±0,023	0,142±0,012	102,90
	% до II етапу	99,28	99,29	-
	Довжина яйця, μм	1534,20 ±34,44	1575,35±21,23	102,68
	Ширина яйця, μм	330,11±27,44	339,91±15,27	102,97
IV етап	Кількість яєць за 12 діб, шт	9781±45,32	11857±57,34***	121,25
	% до III етапу	115,30	117,90	-
	Маса яйця, мг	0,135±0,031	0,143±0,009	105,93
	% до III етапу	97,83	100,71	
	Довжина яйця, μм	1521,32±69,31	1581,07±22,11	103,93
	Ширина яйця, μм	325,94±36,07	340,21±16,12	104,38
Всього відкладено яєць за обліковий період, шт		90647	105166	117,12

Аналіз результатів підрахунку запечатаного бджолиного розплоду вказує на вірогідне зростання кількості відкладених за добу яєць на 12,6 % у

бджолиних маток дослідної групи за II 12-добовий етап порівняно з контролем.

Результати наступного 12-добового етапу підрахунку кількості запечатаного розплоду свідчать про вірогідне підвищення рівня яйцекладки у маток II групи (118,5 %, $p < 0,001$) порівняно до контролю. На IV етапі спостерігали збільшення зростання кількості відкладених яєць у бджолиних маток II дослідної групи до 121,25 % ($p < 0,001$) порівняно до контрольної групи. Різниця до III етапу становила 15,30% у контрольній та 17,95 % у дослідній групі.

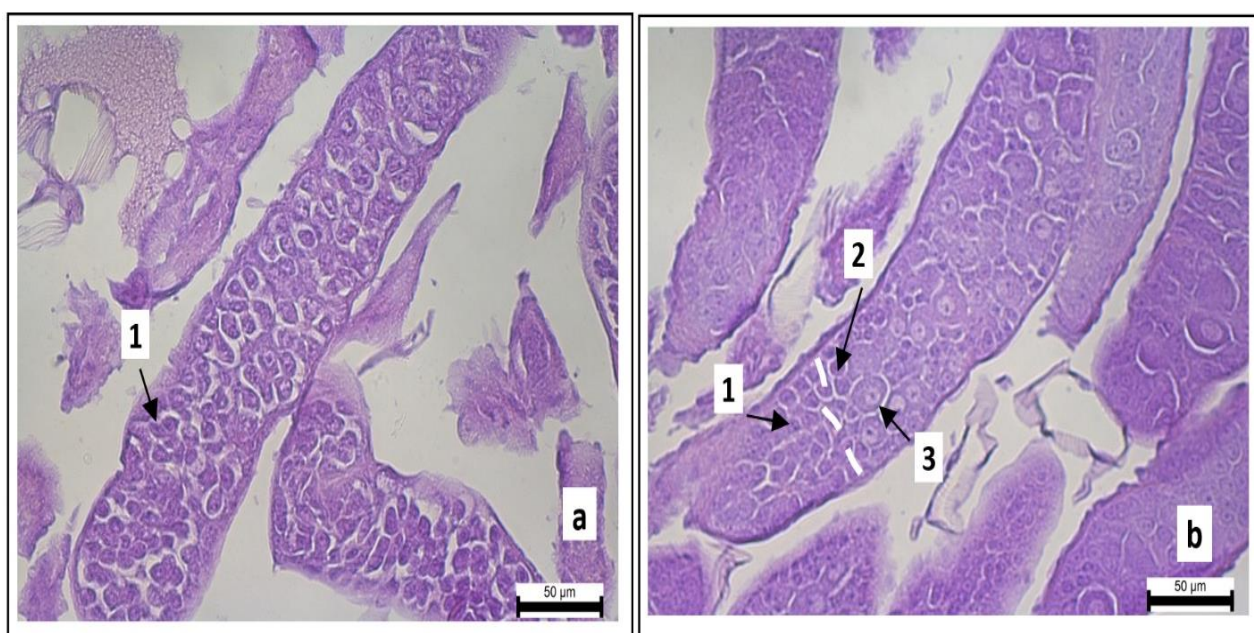


Рис. 3.4. Сагітальний зріз яєчника плідної бджолиної матки у дистальній зоні, Г×Е,×400: а) контрольна група; б) дослідна група; 1 – цистоцити, 2 – зона активного трофоплазматичного росту, 3 – ооцит у фазі інтенсивного вітелогенезу

Аналіз метричних показників яєць бджолиних маток виявив збільшення середньої маси яйця на 1,4; 2,9; та 5,9 % відповідно на II, III та IV дослідному етапі порівняно з контролем. Окрім цього морфометричні показники 12-годинних яєць характеризувалися збільшенням їх лінійних розмірів, зокрема, довжини яйця на 1,2 та ширини на 1,8 % у дослідній групі порівняно з

контролем.

Початковий етап оогенезу в зоні гермарію характеризувався утворенням значної кількості недиференційованих клітин – оогоній з прямокутними секціями, сферичними центральними ядрами, характерними для клітинної організації цього відділу в обох групах (рис. 3.4).

Цитоплазма та ядра цих клітин погано забарвлювалися гематоксиліном та еозином. Ооплазма молодих ооцитів була гомогенно гранульована з центральним розташуванням ядра. Слід зауважити, що у дослідній групі спостерігався інтенсивніший розвиток цистоцитів у зародковій ділянці, що відповідно і відобразилося на активній диференціації клітин зародкової зони.

У гістологічних препаратах яєчників плідних бджоломаток спостерігали 2 типи змін. З одного боку, мали місце явні ознаки посилення активності зародкового шару маток дослідної групи. З іншого боку у контрольній групі досить часто знаходили трофоцити з гіперхромними зменшеними пікнотичними ядрами. В останніх також спостерігали клітини зі слабо забарвленою цитоплазмою внаслідок посиленої вакуолізації та зменшенням базofilної зернистості в клітинах.

Слід зазначити, що після формування диференційованих цистоцитів в обох групах спостерігався активний ріст ооцитів. Це проявлялося різким нагромадженням ними ооплазми, а також збільшенням самої яєчної камери з вираженою поляризацією цистоцитів та центральним розміщенням ядра в ооцитах. Проте на відміну від дослідної групи, у бджолиних маток контрольної групи на першій стадії розвитку після утворення диференційованих цистоцитів превітелогенез був уповільнений.

Інтенсивність визрівання ооцитів і формування яйцеклітин, які спостерігали у сагітальних гістологічних зрізах вітеллярної зони плідних бджолиних маток дослідної групи були значно вищими, ніж у контрольних, які характеризувалися більшою кількістю яйцеклітин в полях зору. Окрім цього, в дослідній групі відмічена підвищена інтенсивність трофоплазматичної активності. Це проявлялося у нарощуванні жовткової маси в ооцитах.

Відповідно перебіг оваріальних циклів у бджоломаток дослідної групи характеризувався більшою активністю, що відображалось швидшим визріванням ооцитів (рис. 3.5).

Слід зазначити, що перебіг трофоплазматичного росту у дослідних групах в цілому характеризувався стабільністю аж до завершення самої функціональної необхідності трофоцитів.

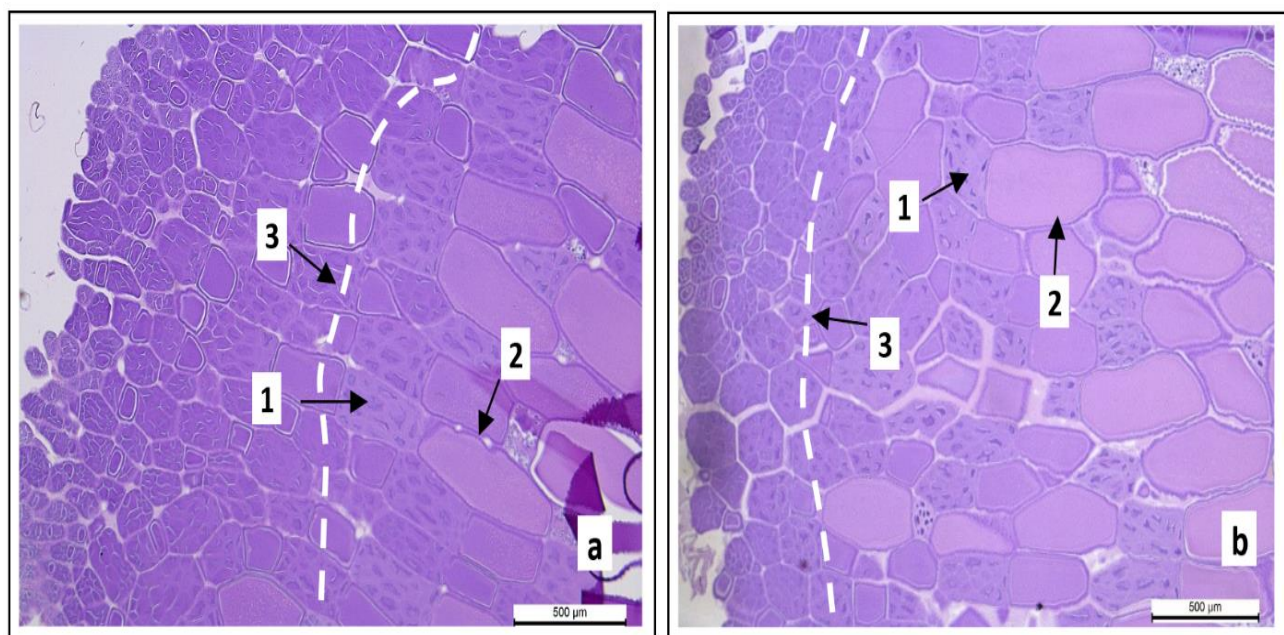


Рис. 3.5. Сагітальний зріз яєчника вітелярної зони плідної бджолої матки, Г×Е, ×50: а) контрольна група; б) дослідна група; 1 — трофоцит, 2 — ооцит, 3 — зона завершального періоду вітелогенезу ооциту

Слід зазначити, що перебіг трофоплазматичного росту у дослідних групах в цілому характеризувався стабільністю аж до завершення самої функціональної необхідності трофоцитів.

На відміну від дослідної групи у контрольній групі спостерігалися випадки розвитку апоптозу трофоцитів на ранніх стадіях оогенезу, що в подальшому призводило до припинення їх трофічної функції і, відповідно, завершення визрівання ооцитів (рис. 3.6) і навіть до їх лізису. У деяких ядрах спостерігали базофілію та гіперхромність.

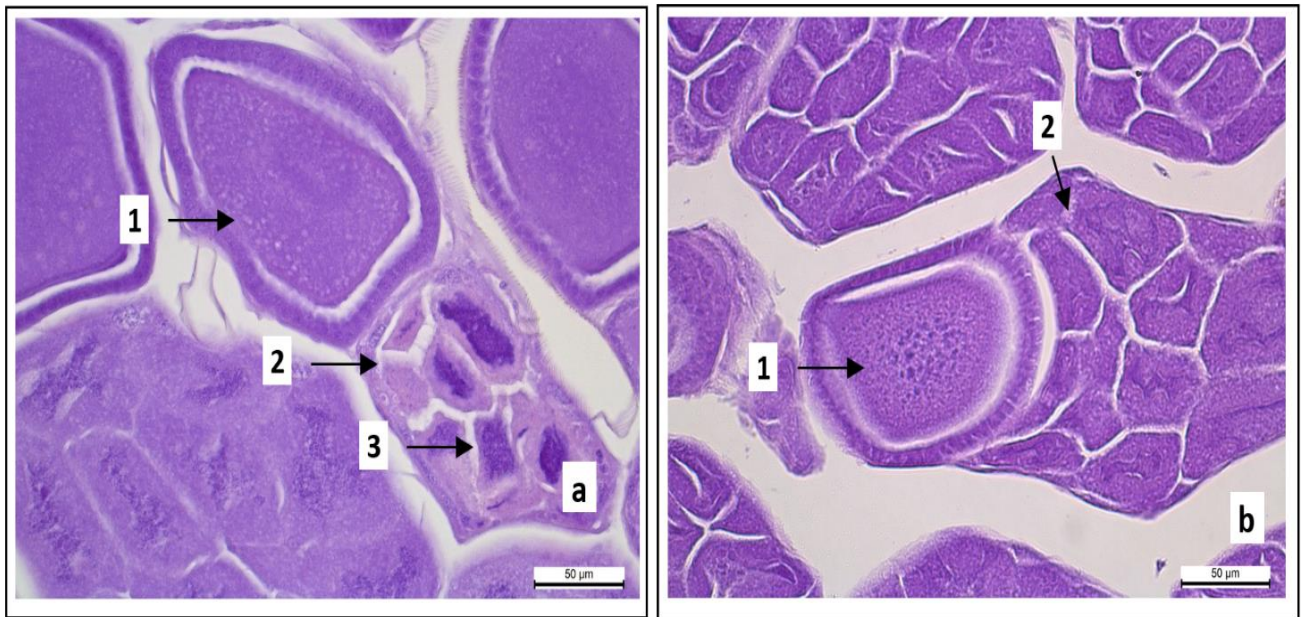


Рис. 3.6. Початкова стадія апоптозу трофобластів: Г×Е, ×400:

а) контрольна група; б) дослідна група

1 — ооцит, 2 — трофобласт, 3 — гіперхромність ядер трофобластів

В обох групах спостерігалися процеси дегенерації допоміжних клітин, які супроводжувалися загибеллю значної кількості клітинних мас.

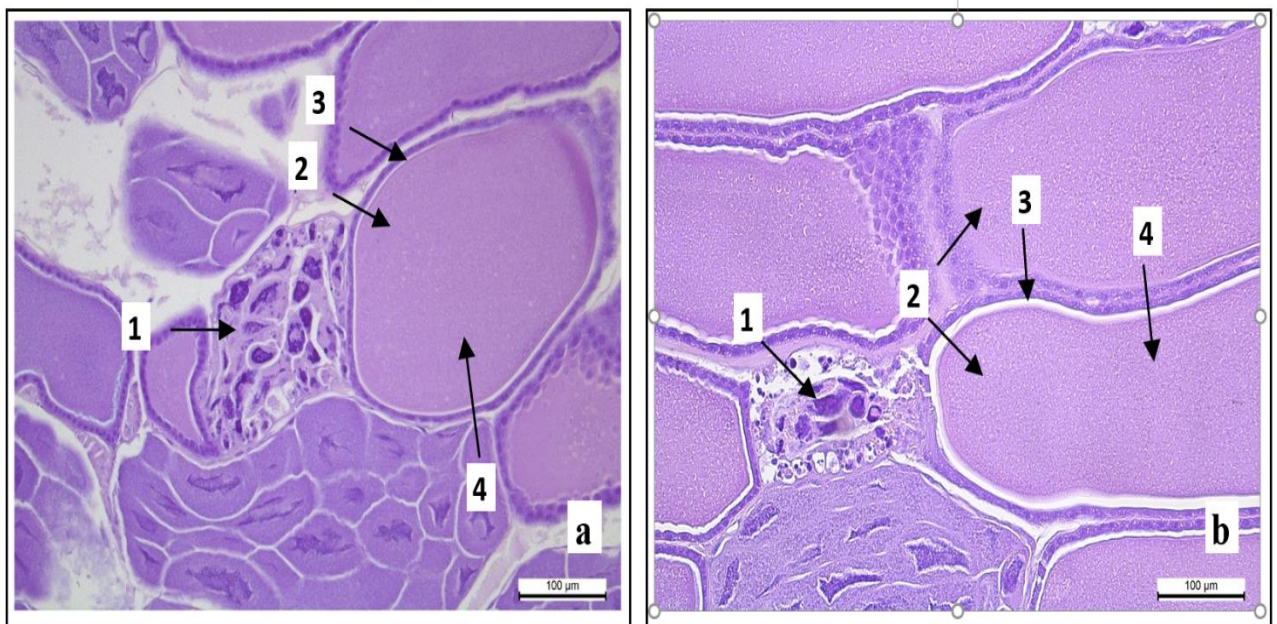


Рис. 3.7. Сагітальний зріз яєчника плідної бджолої матки Г×Е, ×200:

а) контрольна група; б) дослідна група; 1 — апоптоз трофобластів, 2 — сформований ооцит, 3 — хоріон, 4 — жовток

При цьому, плазматична мембрана залишалася цілою з формуванням апоптичних тілець, які в подальшому фагоцитувалися оточуючими клітинами. Відповідно було помічене стиснення клітин, конденсація хроматину, формування апоптичних тілець та ознаки фагоцитозу на завершальній стадії (рис. 3.7).

Проте надмірна вираженість цих деструктивних процесів найбільше була притаманна контрольній групі та проявлялася передчасним розвитком апоптозу трофоцитів на середній стадії оогенезу та, як наслідок, зрілі ооцити нагромаджували меншу кількість поживних речовин і, відповідно, сформоване яйце потенційно володіло нижчою життєздатністю.

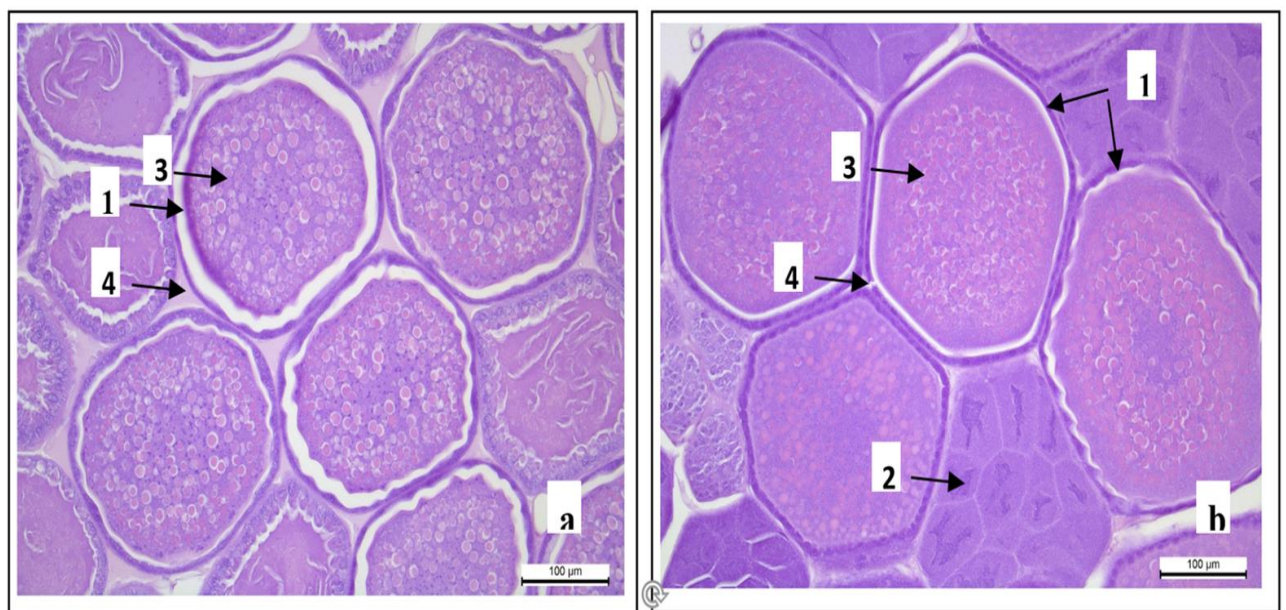


Рис. 3.8. Фронтальний зріз яєчника плідної бджолої матки, Г×Е, ×200:

а) контрольна група; б) дослідна група; 1 — ооцит, 2 — трофоцит, 3 — ооплазма, 4 — міжоваріальний простір

Окрім цього, ооцити дослідної групи характеризувалися вищим рівнем оптичної щільності ооплазми з відсутністю як підвищеної вакуолізації, так і базофільної зернистості з різко вираженим міжфолікулярним просвітленням (рис. 3.8).

Порівнюючи ооцити бджолиних маток дослідної та контрольної груп, тільки у вітеллярній зоні особин контрольної групи спостерігали ділянки з руйнуванням фолікулярного епітелію, деформацією ооплазми у вигляді зморщувань та заміщення ооплазми некротичною масою – клітинним детритом.

Слід зазначити, що між окремими ооцитами маток контрольної групи спостерігали збільшення міжоваріального простору. Також у зрізах яєчників бджолиних маток дослідної групи було інтенсивнішим нагромадження вітелогініну, ніж у контрольній.

У зрізах яєчників маток дослідної групи фолікулярний епітелій зберігав свою цілісність, без руйнування оболонки ооцитів з ушкодженням фолікулярного епітелію, що проявлялося у вигляді каріопікнозу ядер епітеліальних клітин із різкою базофілією та утворенням з міжфолікулярним епітелієм та жовтком зони просвітлення, які поодинокі могли зустрічатися у гістологічних зрізах яєчників маток контрольної групи. (рис. 3.9).

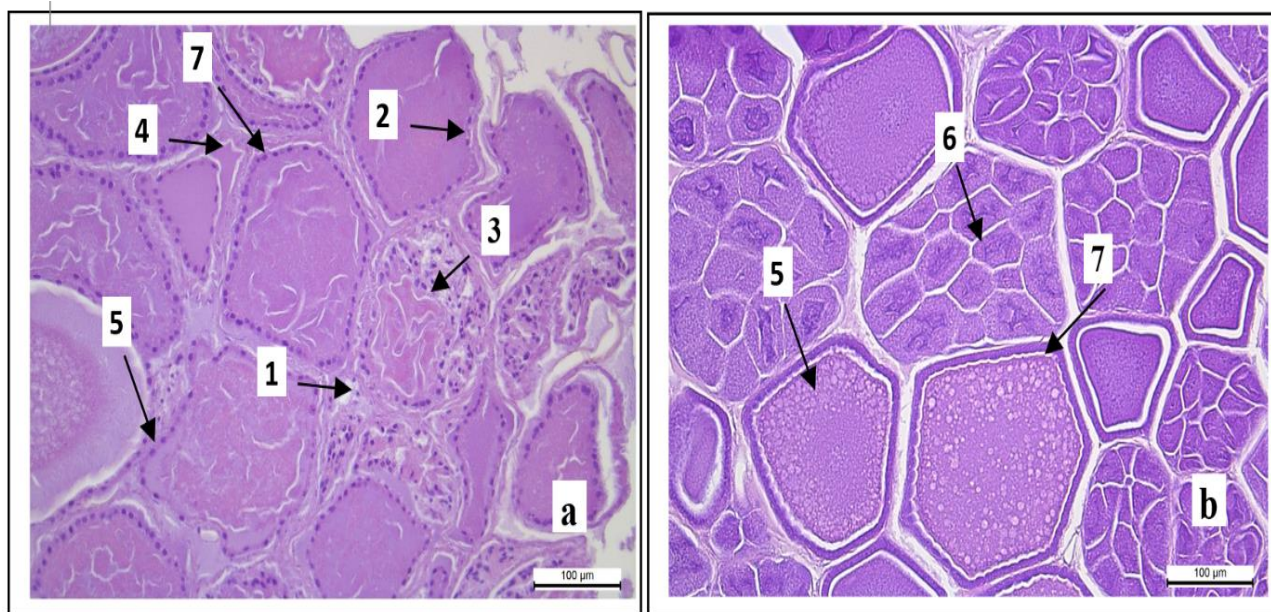


Рис. 3.9. Фронтальний зріз яєчника бджолиної матки Г×Е, ×200: а) контрольна група; б) дослідна група; 1 – дистрофія фолікулярного епітелію, 2 – деформація ооцитів, 3 – руйнування ооцитів із заміщенням ооплазми клітинними елементами, 4 – заповнення міжоваріального простору оксифільними масами, 5 – ооцит, 6 – трофоцит, 7 – фолікулярний епітелій

Також ооцити маток контрольної групи могли зазнавати різкої деформації та набувати неправильної форми. Це проявлялося у вигляді їх зморщування. Крім цього, в зоні інтенсивного вітелогенезу у маток контрольної групи спостерігалися ділянки клітинної реакції зі сторони макрофагальної системи з появою у міжоваріальному просторі оксифільних гомогенних мас з незначною кількістю клітинних елементів.

Ці явища супроводжувалися поодинокими руйнуваннями ооцитів із заміщенням ооплазми клітинами фолікулярного епітелію. Відповідно спостерігалися фрагменти з порушенням структурованості фолікулярного епітелію з характерною оксифільністю оваріальної оболонки. У деяких ооцитах була помічена вакуолізація ооплазми у вигляді множинних оксифільних глобул з елементами клітинного детриту.

Висновки

1. Підгодівля бджіл цитратами Ag і Cu стимулює репродуктивну функцію бджолиних маток, оскільки середньодобова та загальна кількість відкладених яєць бджолиними матками зростає. Найвища кількість відкладених яєць була притаманна бджолиним маткам сімей, які отримували підгодівлю цитратами Ag і Cu з вірогідним зростанням цього показника на IV етапі дослідження.

2. За впливу наноцитратів Ag і Cu, зростає інтенсивність функціонування репродуктивної системи маток бджіл. Це проявляється збільшенням загальної кількості яєць, відкладених матками протягом усього періоду спостережень на 17,12; середньої маси яєць – 1,4–5,9 % протягом трьох 12-добових етапів досліджень.

3. Гістологічні особливості яєчників бджолиних маток, сім'ям яких згодовували цитрати Ag і Cu, характеризуються інтенсивнішим ростом ооцитів. Про це свідчить накопичення ооцитарної маси та відповідно підвищена трофоцитарна активність. У дистальному відділі оваріол бджолиних маток за

підгодівлі вказаними сполуками відмічається інтенсивний розвиток клітин гермарію у формі їх множинного проростання.

4. Починаючи з II стадії розвитку ооцитів та завершуючи IV апоптично змінені трофоцити в полі зору мікроскопа у бджоломаток дослідної групи зустрічаються рідше за підгодівлі цитратами Ag та Cu.

Результати досліджень даного підрозділу опубліковані у таких працях [299, 358, 359].

3.10. Економічна ефективність впровадження результатів досліджень

Відомо, що утримання клінічно здорових бджолиних сімей позитивно впливає на ефективність ведення галузі бджільництва та забезпечує високу продуктивність і рентабельність пасіки. Впровадження наукової розробки здійснювали на приватній пасіці Пустомитівського району Львівської області за стаціонарного утримання бджолиних сімей протягом весняно-літнього періоду 2017 року. Пасіка господарства розплідницького напрямку, що додатково облікує в умовах стаціонарного утримання бджіл валовий вихід меду та воску, оскільки ці продуктивні показники тісно пов'язані з темпами росту бджолиних сімей.

Щоб перерахувати в умовні медові одиниці валову продукцію, одержану від бджолосімей за їхнього стаціонарного утримання, ми скористалися такими коефіцієнтами:

1,0 кг меду – 1,0 умовна медова одиниця (у.м.о.)

1,0 кг воку – 2,1 у.м.о.

1,0 кг пилку – 4,5 у.м.о.

1,0 бджолопакет – 12,0 у.м.о.

Одержана від бджіл і облікована протягом весняно-літнього періоду продукція була переведена в умовні медові одиниці шляхом застосування

вказаних перерахункових коефіцієнтів. Вони відображають показники економічної ефективності від одержаного валового виходу товарної продукції з урахуванням динаміки приросту маси і сили бджолиних сімей у дослідних групах порівняно з контрольною (табл. 3.36).

Таблиця 3.36

Економічна ефективність підгодівлі бджолиних сімей цитратами Ag та Cu за стаціонарного утримання

Показники	Групи бджолиних сімей							
	I-K		II-Д		% до I-K	III-Д		% до I-K
	кг	у.м.о.	кг	у.м.о.		кг	у.м.о.	
Виробництво валового меду	11,3	11,3	13,2	13,2	116,81	14,6	14,6	129,20
Валовий вихід воску	0,4	0,88	0,56	1,18	133,33	0,7	1,47	166,76
Відбудовано стільників, шт./ бджолосім'ю	6		8			10		
Всього (Σ _{сум}), у.м.о.	12,18		14,38		118,01	16,87		131,92
Собівартість 1 у.м.о., грн..	16,32		13,74		84,19	12,18		74,63

Основні бджолосім'ї утримувались у багатокорпусних вуликах на рамках системи Рута (435×230 мм). Дослідження проведені на бджолах карпатської породи, в яких визначали динаміку інтенсивності яйцекладки бджолиних маток і приріст та силу гнізда, а також показники сезонної продуктивності – валовий вихід товарного меду і воску. На пасіці були відсутні клінічні ознаки паразитарних та інфекційних хвороб.

Визначення показників економічної ефективності проводили на основі результатів досліджень сезонного приросту маси (кг) та сили (кількості

вуличок) бджолиних сімей із урахуванням інтенсивності відкладання бджолиними матками яєць за весь дослідний період з додаванням до компонентів підгодівлі цитратів Ag і Cu.

Встановлено, що додаткове введення цитратів Ag і Cu до цукрового сиропу забезпечило збільшення маси та сили клубу бджолиних гнізд, медової та воскової продуктивності бджолосімей. Це знизило собівартість виробленої валової продукції на 15 і 25 %, у II і III дослідних групах відповідно.

Підвищення показників валового виробництва товарного меду і воску зумовило зростання рентабельності пасіки в умовах стаціонарного ведення бджільництва на 10 %.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Найбільш перспективним шляхом одержання наномікронутрієнтів з гарантованою безпечністю та біотичністю є використання досягнень нанотехнології та біонеорганічної хімії для синтезу металоорганічних біокомплексів, які за своєю структурою та хімічною чистотою споріднені з тими, що синтезуються в живому організмі. На цей час теоретично і практично найбільш обґрунтованим є використання мікроелементів у формі карбоксилатів харчових кислот, насамперед у цитратів. В Україні групою фахівців-дослідників [268] створено пріоритетний напрямок в нанотехнології, за допомогою якого отримані карбоксилати харчових кислот навіть таких низькореакційних благородних металів як золото та срібло (цитрати, сукцинати і аскорбати аргентуму та ауруму) та надчисті карбоксилати біотичних металів (Zn, Mg, Mn, Fe, Cu, Co, Mo) [68, 98, 122, 166, 377, 378].

Особливої уваги заслуговує екологічно чистий препарат «Шумерське срібло» (ШС), що представляє собою розчин цитратів Ag і Cu з концентрацією активного Аргентуму і Купруму по 250 мг/л кожного, синтезований методом нанотехнології ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» м. Київ [380, 381].

Дослідженнями встановлено, що цитрати даних мікроелементів не токсичні, йони металів з таких комплексів швидко та ефективно засвоюються живим організмом, а також є ефективним дезінфікаційним засобом, оскільки Ag і Cu володіють високими бактерицидними, фунгіцидними та імуностимулюючими властивостями [8, 9, 47, 69, 82, 89, 137, 144, 169, 239].

Комплексне використання цих елементів сприяє розширенню спектру дії препарату за рахунок взаємного синергічного підсилення дії Ag і Cu, що вказує на каталітичні властивості за сумісного їх використання [380, 381].

Тому важливим є розширення вивчення ефектів цих нових сполук у вигляді препарату «Шумерське срібло» на бджолиних сім'ях.

За результатами досліджень найвища збереженість (93,67 % з коливаннями 100–93,67%) за 10 діб досліду встановлена у бджіл IV групи, які отримували препарат «Шумерське срібло» у розведенні 1:200. Нижчими показниками збереженості (89,65 з коливаннями 100–89,65 % та 86,25 %) – з коливаннями 100–86,25 %) характеризувалися бджоли III, IV, V дослідних груп, які отримували препарат у розведеннях 1:100 та 1:500. Згодовування цього препарату високої концентрації у розведенні 1:10 (II група) зумовило найнижчу (56,1 %) збереженість бджіл у цій групі, коливаючись на 1 і 10 доби в межах від 92,42 % до 56,06 % та вищу загибель – 43,94 % проти 21,82 % у бджіл I контрольної групи.

Згодовування медоносним бджолам препарату «Шумерське срібло» у різних розведеннях (1:10–1:500) з цукровим сиропом спричинило вірогідно виражені різниці за вмістом Ag, Cu, Co, Fe, Zn, у тілі медоносних бджіл усіх дослідних груп до показників контрольної групи. А саме, зростання вмісту Ag, Cu ($p < 0,001$) в організмі бджіл дослідних груп на тлі зниження вмісту Fe та Zn. Відомо, що організм медоносних бджіл здатний активно депонувати такі метали, як Cu, Ag, Zn, Fe і вміст Fe та Zn є найвищим стосовно інших мікроелементів. Ферум входить до низки гемінових ензимів – цитохромів, каталази та пероксидази, які необхідні для нормального функціонування організму бджіл і є у меді. Встановлено, що у дорослих бджіл вміст Fe максимальний у грудних м'язах і мінімальний у тканинах ніг і крил, що пов'язано з їх анатомічними особливостями та різною метаболічною активністю тканин цих органів [33].

Необхідно вказати також на важливість функціонування в організмі бджіл ферумвмісних ензимів з класу оксидоредуктаз, зокрема каталази, яка синтезується у ректальних залозах і рівень її зростає бджіл осінньо-зимової генерації та інгібує гнильні процеси у товстій кишці, що викликані нагромадженням калових мас на тлі зимового гіпобіозу [222].

Встановлене зниження вмісту Fe може зумовлюватися антагоністичним впливом Cu, що надходила з препаратом [33].

Не менш важливим для життєдіяльності організму є Цинк, який необхідний для функціонування більше ніж 100 ензимів, у тому числі ДНК- та РНК-полімерази, карбоксипептидази, оксиредуктази, трансферази, що пов'язані з обміном вуглеводів, протеїнів, синтезом нуклеїнових кислот і гема, транспортом CO₂ [114, 122].

Вплив Ag і Cu цитрату на вміст Zn у тканинах організму слабо виражений, що може вказувати на віддалений метаболічний зв'язок цих елементів у бджіл [383].

Відомо, що Co підвищує біосинтез протеїнів і вміст γ -глобулінів у фракціях загального протеїну гемолімфи, а також ліпідів, гемолімфогенез і засвоєння Fe.

Встановлено, що в тканинах бджіл концентрація Fe в нормі становить 80-174 мкг/г сухої речовини. Вміст цього елемента максимальний у грудних м'язах і мінімальний у тканинах ніг і крил, що пов'язано з їх анатомічними особливостями та різною метаболічною активністю тканин цих органів. Вміст Fe в організмі бджіл змінюється при підвищеному його надходженні з кормом і супроводжується переходом у продукти бджільництва [203, 266, 287, 288].

Абсорбція Co в організмі проходить на вищому рівні у тварин з симптомами дефіциту Fe [18, 237, 289, 325, 397, 418, 428, 459]. За результатами наших досліджень спостерігали підвищення вмісту Co ($p < 0,01-0,001$) у тілі бджіл за згодовування ШС у концентраціях 1:200, 1:500.

Отже, результати застосування медоносним бджолам препарату «Шумерське срібло» у розведеннях 1:100, 1:200, 1:500 вказують на відсутність токсичного впливу на їх організм протягом 10 діб згодовування, а також на коригуючу, синергічну й антагоністичну дію на вміст таких мікроелементів Ag, Cu, Fe, Zn і Co в їх тілі.

Відомо, що вплив йонів Ag на сільськогосподарських тварин характеризується високим біопотенціалом. Це проявляється стимуляцією

функції органів травлення з наступною ініціацією пристосувальних процесів, які протікають поряд із посиленням енергетичного метаболізму. Ці йони змінюють видовий склад мікрофлори кишечника зі збільшенням кількості біфідобактерій, мають протитоксичні властивості за кадмієвого токсикозу, беруть участь в накопиченні біомаси рослинами, підвищують тургор клітин і виявляють деякі антиоксидантні властивості [256].

Йони Ag, володіючи антимікробними та протизапальними властивостями, активують комплекс захисно-пристосувальних механізмів тварин, впливаючи на імунітет, беруть участь в процесах мікроелементного балансу, тобто є біологічно активними [198, 233, 236].

Аналіз отриманих нами результатів з підгодовлі бджіл цитратами Ag і Cu у весняний період підтвердив високу їх фізіологічну активність і вказує на виражені вірогідні різниці за вмістом окремих мікроелементів у тканинах бджіл. Так, встановлено вірогідне підвищення рівня Cu у тілі медоносних бджіл дослідних груп, яким згодовували вказані біологічно активні речовини. Водночас, вміст Pb і Cd був нижчим у зразках тіла цих бджіл.

Літературні дані свідчать про те, що Pb і Cd найбільше акумулюються в ректальних залозах медоносних бджіл, що впливає на збільшення вмісту в них води [265, 266, 323, 353, 371, 373, 416, 456].

Вважається, що це виникає за рахунок інгібування функції ректальних залоз, послаблення резорбції води із секреторної рідини цих залоз, що може пригнічувати процеси життєдіяльності бджіл. Зниження життєздатності бджіл під впливом полютантів, які надходять в організм з кормом, очевидно, також пов'язане зі зменшенням інтенсивності виділення з організму бджіл води через покриви тіла і дихальну систему. Очевидно, підгодовля бджіл цитратами Ag і Cu у весняний період здійснює оптимізуючий вплив на рівень Pb і Cd у ректальних залозах.

Основними показниками, що характеризують фізіологічний стан організму бджіл є вміст в організмі протеїнів, жиру та вітамінів. Протеїн і жир

бджоли резервують безпосередньо в жировому тілі [23, 42, 195, 326, 399, 401, 407, 468].

Відомо, що в еноцитах жирового тіла молодих бджіл активно депонуються протеїни, ліпіди та резервний полісахарид – глікоген, який утворюється залишками глюкози. Слід зазначити, що остання є джерелом енергії та циркуляторним моносахаридом у гемолімфі бджіл, який підтримує енергетичний гомеостаз їхнього організму. Забезпечення утилізації глюкози із гемолімфи, як поживного субстрату та транспорт її молекул до саркоплазми м'язових волокон забезпечує утворення у м'язовій тканині гомополімеру α -глюкози – глікогену [388].

У той же час фруктоза є основним субстратом у синтезі триацилгліцеролів, які формують депо жирних кислот. Швидкість біосинтезу жирних кислот значною мірою залежить від швидкості утворення гліцеролів і фосфоліпідів, оскільки вільні жирні кислоти нагромаджуються у незначній кількості в тканинах і гемолімфі комах.

Характерно, що вплив цитратів Ag і Cu на рівень глікогену в тканинах бджіл IV ($p < 0,01$) та V ($p < 0,001$) дослідних груп, може вказувати на вищий рівень вуглеводно-енергетичного ресурсу організму медоносних бджіл за підгодівлі Cu цитратом.

Поживна цінність перги залежить від наявності в ній вітамінів, амінокислот, макро- та мікроелементів [32, 382, 445].

Потреба бджіл у макро- і мікроелементах забезпечується їхнім надходженням з пилком рослин, водою і нектаром [61, 261, 415]. Додавання до корму бджіл сполук мікроелементів як метаболічних стимуляторів органічного та неорганічного походження, внесених у різних дозах, впливає на корекцію фізіолого-біохімічних процесів і підвищує їх продуктивність [288, 290].

Певний вплив зумовлює також фізіологічна активність окремих елементів для їхнього організму, оскільки медоносні бджоли здатні селективно нагромаджувати в тканинах організму мікроелементи [415].

Антагоністична дія цитратів Ag та Cu на обмін Pb та Cd, як особливо токсичних важких металів, зумовлювала нижчі концентрації Cd в організмі медоносних бджіл і їхню трансформацію у мед і пергу. Зокрема, найвищі концентрації Fe, Zn, Co спостерігали у III та IV групах. Щодо вмісту Cd і Pb, їх рівень знижувався ($p < 0,05$ – $0,001$) у III, IV і V групах, що підтверджує важливу інгібуючу дію Ag та Cu щодо трансформації Pb і Cd у продукцію бджіл [422].

Важливу роль у життєдіяльності бджолиної сім'ї відіграють процеси побудови воскових стільників. Вони необхідні бджолам для складання кормів – меду та перги, виведення потомства і перебування дорослих особин, які більшу частину життя проводять у гнізді, вилітаючи лише для збору нектару та пилку, звільнення кишечника від калу та за умов природного розмноження. Бджолина сім'я підтримує в гнізді потрібну температуру і вологість повітря, а матка відкладає яйця в комірки стільників. Як наслідок, у стільниках можуть залишатися невоскові компоненти, що впливають на мінеральний склад стільників і можуть бути носіями окремих важких металів. У результаті проведених нами досліджень встановлено зростання концентрації Fe, Cr, Cu та Co у зразках тіла бджіл за згодовування цитратів Ag і Cu. Крім того, стимулюючий вплив застосування з цукровим сиропом різної кількості цитратів Ag і Cu зумовлював не однакові відмінності вмісту окремих мінеральних елементів у меді. Зокрема, відмічено вищий вміст Fe та Co на тлі нижчого рівня Pb і Cd ($p < 0,05$ – $0,001$).

Підгодівля бджіл цитратами Ag і Cu впливала на зміни якісних і фізико-хімічних показників меду та його біологічної цінності. Додавання цитратів мікроелементів стимулювало обмін як ліпідів, так і азоту з посиленням синтезу в організмі та надходження до меду основної за кількістю амінокислоти – проліну. Це – гетероциклічна амінокислота, що входить до складу всіх протеїнів живих організмів. Вміст його значно перевищує вміст інших амінокислот і коливається в межах від 170 до 770 мг/кг. Масова частка проліну є важливим критерієм якості меду. Кількість проліну є показником його зрілості та фальсифікації [57, 467].

Доведено, що більша частина проліну меду виробляється бджолами і доповнюється до його вмісту у нектарі в період біотрансформації, підвищуючи біологічну цінність та якість меду [386]. За умов згодовування цитратів Ag і Cu ми також спостерігали вищий вміст проліну, діастазного числа та рН. Отже, згодовування з цукровим сиропом різної кількості Ag і Cu відзначається їхнім антагоністичним впливом на рівень токсичних металів у перзі, меді та стільниках бджіл, що покращує біологічну цінність та якість цих продуктів.

Важливу групу сполук, що входять до складу всіх живих організмів, виконують важливу біоенергетичну і пластичну функції (становлять основу мембранних структур клітини), забезпечують активний транспорт молекул та йонів, є субстратом для біологічно активних сполук формують ліпіди.

Ліпіди в організмі медоносних бджіл є основним резервним компонентом, що депонується в тканинах жирового тіла, і активно використовується в процесі метаморфозу [259].

Жирове тіло є важливим органом обміну речовин і визначальним у якості та активності перебігу фізіолого-біохімічних процесів в організмі медоносних бджіл. Саме тому ступінь розвитку жирового тіла є основним показником біологічного стану організму медоносних бджіл та впливає на тривалість їхнього життя [303, 349].

В організмі бджіл ліпіди є складовою структурних елементів клітин (переважно мембран), а також лабільним енергетичним матеріалом і запасною поживною речовиною у процесі метаморфозу. Ці речовини забезпечують восковидільну діяльність організму та вироблення маточного молочка для живлення матки і личинок [43, 76, 259, 342, 349].

Аналіз даних впливу мінеральних солей на обмін ліпідів свідчить про зміни вмісту загальних ліпідів у тканинах цілого організму медоносних бджіл за згодовування цитратів Ag і Cu. Поряд із цим, встановлена суттєва різниця між дослідними та контрольною групами у співвідношенні окремих класів ліпідів організму медоносних бджіл. Зокрема, вміст фосфоліпідів зростав ($p < 0,001$) у тілі бджіл дослідних груп. Слід відзначити, що в будь-якій

ліпідній мембрані фосфоліпіди необхідні для стабілізації конформації та агрегації окремих компонентів у ензимних протеїнових комплексах, а також для створення гідрофобного середовища [92, 131, 227].

Характерні зміни ліпідного складу в цілому організмі відмічено щодо підвищеного вмісту моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,05$), естерифікованого холестеролу ($p < 0,01-0,001$) на тлі зниження вмісту вільного холестеролу ($p < 0,05-0,01$). На основі аналізу цих даних можна припустити, що згодовування добавок цитратів мікроелементів має важливу регуляторну функцію щодо обміну окремих класів ліпідів залежно від рівня Аргентуму і Купруму в компонентах живлення організму медоносних бджіл, у т.ч. їх природного корму

Відомо, що єдиним джерелом протеїнів і ліпідних компонентів природного корму для бджіл є перга, яку вони виготовляють з квіткового пилку, принесеного в гніздо у вигляді обніжжя [244, 275].

Наявність і якість перги має виняткове значення для організму бджіл. Адже протеїни є основою м'язової, нервової та інших тканин і входять до складу секретів, які продукують залози бджіл [94, 80, 130, 142, 163, 174, 279, 315, 344,].

Окрім протеїнових речовин у перзі містяться жири, зола, клітковина, вуглеводи [39, 142, 275].

Результати проведених нами досліджень ліпідного складу перги вказують на вірогідне зростання рівня фосфоліпідів, естерифікованого холестеролу, на тлі вірогідно нижчого рівня НЕЖК. Встановлені відмінності фракційного розподілу ліпідів перги зумовлювалися безпосереднім впливом згодовування добавок цитратів Ag та Cu на співвідношення окремих класів ліпідів в організмі бджіл, а також біотрансформацією цих компонентів у продукцію медоносних бджіл.

Дослідженнями бджолиних стільників за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu встановлено вірогідні відмінності вмісту моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,05-0,01$), вільного та естерифікованого холестеролу ($p < 0,01-0,001$) у стільниках сімей дослідних груп, порівняно з їхнім вмістом у стільниках контрольної

групи. Слід відзначити, що полярні ліпіди мембран, а саме фосфоліпіди, в організмі тварин не депонуються. Проте вони постійно синтезуються, сприяючи регенерації клітинних мембран під час протікання метаболічних процесів в їхньому організмі, а також стабілізації їхньої структурної конформації на рівні клітинних мембран [102, 181, 425].

З аналізу наукових публікацій випливає, що важливим фактором регуляції чисельності бджіл і плодючості бджолиних маток впродовж медозбору є весняна підгодівля. Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток залежить від наявності в їхньому раціоні не тільки нектару, а й пилку рослин. Пилок рослин містить значно більше вітамінів, макро- і мікроелементів та є повноцінним джерелом протеїну, незамінних амінокислот, ензимів і ліпідів, що позитивно впливають на фізіолого-біохімічні процеси в організмі медоносних бджіл і яйцекладку маток. Основна кількість мікроелементів надходить в організм медоносних бджіл з пилом рослин, менше з нектаром та водою. У процесі переробки нектару і пилку значна кількість мікроелементів включається у метаболічні процеси організму бджіл і активно використовується у біохімічних реакціях [242].

Тому, репродуктивну здатність бджолиних маток корегують додаванням низки біологічно активних речовин і сполук органічного та мінерального походження в періоди активного відкладання яєць [55, 184, 186, 318, 319].

Аналіз підрахунку зрілого запечатаного бджолиного розплоду свідчить про вірогідно більшу кількість відкладених яєць за добу у дослідних групах проти контролю ($p < 0,05 - 0,001$). Це вказує на високу фізіологічну здатність репродуктивної системи маток у весняний період і стимулюючий вплив на її функцію цитратів Ag і Cu.

Варто зазначити, що зростання інтенсивності яйцекладки порівняно до першого 12-добового періоду було вищим за підгодівлі цитратами Cu в дозах 0,5 і 1 мг. Вірогідно вищою була кількість відкладених матками яєць порівняно з контролем на 2,9 у II дослідній групі, 5,7 – III і 9,3 та 11,5 % – IV і V дослідних групах відповідно, на III дослідному 12-добовому етапі.

Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток усіх груп була вищою у дослідний період порівняно до підготовчого, що свідчить про стимулюючу дію цитратів Ag і Cu на репродуктивну здатність маток.

Характерно, що найвищий приріст інтенсивності яйцекладки спостерігали у сім'я, які отримували додатково 0,5 та 1 мг цитрату Cu. Як відомо, Cu відіграє важливу роль у відтворенні тварин, під час ембріонального та постнатального періодів онтогенезу. Він пов'язаний з метаболізмом естрогенів [92, 119, 443]. Надходження Cu з організму матері до плоду забезпечується церулоплазміном і він використовується у синтезі купрумзалежних ензимів, а також акумулюється в гепатоцитах [400].

Цей елемент підсилює використання вітамінів E і K, активує дію інсуліну та гальмує дію адреналіну, стимулює діяльність гормонів гіпофіза та репродуктивну функцію апарату самиць і самців, усуває токсичну дію тироксину [439].

Що стосується загальної кількості яєць за весь період дослідження, то варто зазначити, що у всіх групах спостерігали зростання кількості яєць порівняно як до контролю, так і до підготовчого періоду. За умов поєднання цих двох чинників – у молодих маток за вищого рівня мінерального живлення бджіл у дослідних групах впродовж весняно-літнього періоду, відзначено суттєве зростання яйцекладки порівняно з контролем. Очевидно, вищий рівень яйцекладки маток дослідних груп може підтримуватися як збільшенням вмісту біологічно активних компонентів у маточному молочці бджіл-годувальниць дослідних груп за стимулюючого впливу цитратів Ag і Cu на обмін речовин у їх організмі, так і збереженням високої активності репродуктивної системи маток цих бджолосімей.

Додавання до корму бджіл сполук окремих елементів, як метаболічних стимуляторів органічного та неорганічного походження, внесених у різних кількостях, впливає на корекцію фізіолого-біохімічних процесів і підвищує продуктивність та резистентність медоносних бджіл. Відомо, що органічні сполуки мікроелементів менш токсичні, краще засвоюються організмом, а їх

застосування у компонентах підгодівлі знімає проблему дефіциту есенціальних елементів в організмі [443].

Органічні сполуки біометалів у формі карбоксилатів їхніх наночастинок мають низку переваг: володіють високою біологічною дією, більш повно засвоюються організмом і активно використовуються у процесах обміну речовин [164].

За підгодівлі цитратами Ag і Cu у літньо-осінній період, спостерігали зміни вмісту мінеральних елементів у цілому організмі бджіл. Зокрема, спостерігали міжгрупові різниці вмісту Fe, Zn, Cr, Co та Cu як цілому організмі бджіл, так і в його окремих анатомічних відділах.

Певні міжгрупові відмінності встановлено за вмістом Zn та Cr у обох дослідних зразках тканин голови медоносних бджіл, проте різниці були не вірогідними. Одним з важливих мікроелементів, який необхідний для нормального перебігу фізіолого-біохімічних процесів в організмі бджіл є Cu. Він бере участь у різних реакціях обміну та каталізує процеси метаболізму. Зокрема, від його наявності в організмі залежить інтенсивність синтезу амінокислот [188, 348, 392].

Природа дала бджолам надійний захист – адаптивну систему з властивими їй механізмами, зокрема індивідуальний захист, який здійснюють секреторні клітини кишечника та залози внутрішньої секреції, що регулюють продукцію необхідних речовин для ізоляції чужорідних тіл, розчинення і виведення їх з організму [39, 142]. Характерно, що Pb і Cd нерівномірно акумулюються різними відділами тіла медоносних бджіл [321, 324].

Оскільки Pb і Cd найбільше акумулюються в ректальних залозах медоносних бджіл, це впливає на підвищення вмісту в них води за рахунок інгібування діяльності ректальних залоз, послабленням функції, яка забезпечує резорбцію води із вмістимого ректальних залоз [124, 324, 450, 457].

Нами встановлений антагоністичний вплив цитратів Ag і Cu у метаболічних процесах на кумулятивну здатність таких токсичних металів, як Pb і Cd. Характерно, що у головному, грудному та черевному відділах, а також

цілому тілі спостерігалися міжгрупові коливання Pb у медоносних бджіл усіх дослідних груп ($p < 0,05$ – $0,001$). Одночасно з цим, уміст Cd суттєво не відрізнявся від рівня цього елементу у тіла та його відділів комах контрольної групи, проте більш виражені різниці спостерігали у бджіл, які отримували додатково цитрат Cu, відповідно 0,5 та 1 мг.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження свідчать про взаємозв'язок вмісту Cu в організмі медоносних бджіл з іншими мікроелементами – Fe, Zn, Co, Pb. Виявлені зміни вмісту мікроелементів в організмі бджіл проявляють специфічність залежно від анатомічного відділу тіла та залежать від дози згодовуваних добавок цитратів Ag і Cu.

Біологічна цінність меду характеризується вмістом окремих біологічно активних речовин, таких як ензими, органічні кислоти, вітаміни, ароматичні й азотисті сполуки, мінеральні елементи, що надходять з пилом і нектаром медоносних рослин, а також із секретом залоз бджіл. Перетворення нектару у мед є складним процесом, який відбувається під впливом низки фізіологічних та фізико-хімічних чинників, які спричиняють його кількісні та якісні зміни [467, 375].

Бджолиний мед є одним з найскладніших природних продуктів, у складі якого виявлено більше чотирьохсот різних компонентів [13, 57, 105, 112, 160, 222, 243, 375, 386, 411, 467].

Слід зазначити, що хімічний склад меду непостійний і залежить від виду медоносних рослин, з яких зібрано нектар; ґрунту, на якому вони виростають; часу, що пройшов від збору нектару до вилучення меду зі стільників; термінів зберігання меду; погодних і кліматичних умов, однак основні групи речовин у складі меду постійні [375, 456].

Основні ензими, що містяться в меді – це глюкозооксидаза, інвертаза і діастаза. Найбільш вагоме значення щодо якісної оцінки меду має активність діастази, тому що з кількісної точки зору вона прямо пов'язана з іншими ензимами, які містяться в меді [243, 250, 361, 467].

Слід зазначити, що в процесі переробки нектару в мед вміст макро- і

мікроелементів зменшується. Це пов'язано з проникністю стінок медового зобика медоносних бджіл. Завдяки цьому, разом з водою, яка адсорбується гемолімфою та вмістимим зобика, через його стінки транспортуються і токсичні метали. Частково вони акумулюються в жировому тілі й інших анатомічних структурах організму комах. Окремі їхні кількості виділяються екскреторними органами [266, 323, 371].

Інтенсивність переробки нектару в мед в значній мірі залежить від кількості розплоду, природних та індивідуальних особливостей бджолиних сімей, секреторної діяльності залоз та ряду інших факторів [238, 423, 447].

Згодовування цитратів Ag і Cu з цукровим сиропом у літньо-осінній період зумовлює певні зміни вмісту окремих мікроелементів у продукції бджіл, зокрема у меді всіх дослідних груп. Зокрема, нами відмічено підвищення вмісту Fe, Cu, Co на тлі зниження вмісту в меді Cr.

Варто зазначити, що визначення показників фізіологічної активності та біологічної цінності меду характеризувалося міжгруповими вірогідними різницями досліджуваних величин. Зокрема, за згодовування цитратів спостерігали вищий вміст проліну у меді дослідних бджіл ($p < 0,05-0,01$) порівняно до контролю. Аналогічні різниці діастазного числа ($p < 0,01-0,001$) також встановлені в усіх зразках меду. Це вказує на стимулюючий вплив Ag і Cu цитратів на синтез цього ензиму в організмі бджіл та надходження в мед.

Доведено, що весняний та осінній періоди найбільш важливі для життєдіяльності бджолиних сімей, що зумовлюють біохімічні зміни ліпідного живлення медоносних сімей. У осінній період під час підготовки бджіл до зимівлі відбувається активне депонування ліпідів і протеїнів у еноцитах жирового тіла. Вони є пластичним та енергетичним матеріалом в організмі медоносних бджіл під час зимівлі [42, 326].

Отримані результати експериментальних досліджень вказують на зміни вмісту загальних ліпідів у цілому організмі медоносних бджіл дослідних груп порівняно до контролю. Характерно, що високий рівень фосфоліпідів та триацилгліцеролів ($p < 0,05$) у організмі медоносних бджіл супроводжувався

зниженням вмісту вільного холестеролу ($p < 0,05-0,01$) та НЕЖК у тканинах бджіл дослідних груп порівняно до контролю. Відзначені відмінності свідчать про важливу регуляторну функцію Ag і Cu щодо обміну окремих класів ліпідів в організмі медоносних бджіл залежно від рівня цих елементів в компонентах живлення.

Слід відзначити, що зміни вмісту загальних ліпідів та їхніх окремих класів за дії цитратів Ag і Cu найбільше виражені у черевному відділі тіла бджіл. Проте у гомогенатах голови встановлено вірогідне зниження вмісту моно-, диацилгліцеролів ($p < 0,05-0,001$) і вільного холестеролу порівняно до контрольної групи на тлі зростання вмісту НЕЖК ($p < 0,01-0,001$), естерифікованого холестеролу ($p < 0,05$). Це може свідчити про активацію метаболізму ліпідів за дії Ag і Cu. Встановлені відмінності фракційного розподілу ліпідів голови медоносних бджіл, очевидно можуть зумовлюватися безпосереднім впливом добавок цитратів Ag і Cu на інтенсивність ліпідного обміну в організмі, функціонування залоз, якими насичений головний відділ і дією цих елементів на процеси живлення комах.

Дослідженнями грудного відділу медоносних бджіл встановлено вищий вміст загальних ліпідів у II, III, IV ($p < 0,05$) і V дослідних групах. Слід зазначити, що високий рівень фосфоліпідів ($p < 0,05$), моно-, ди- ($p < 0,01$) та триацилгліцеролів ($p < 0,05-0,01$) супроводжувався зниженням вмісту НЕЖК ($p < 0,05-0,001$). Ці відмінності підтверджують позитивний вплив Ag і Cu на обмін окремих класів ліпідів в організмі медоносних бджіл залежно від їх рівня в компонентах живлення.

У черевному відділі тіла бджіл ми встановили найбільші зміни структури ліпідів всіх груп, що вказує на важливе значення Ag і Cu в обміні ліпідів і функціонуванні черевного відділу, а отже й життєздатності бджіл. Основна маса ліпідів, які надійшли з травного каналу, відкладається у депо – жировому тілі. Хімічний склад цих резервних жирів залежить від компонентів корму та фізіологічного стану організму. У міру необхідності ліпіди та жироподібні речовини з депо надходять у гемолімфу та разносяться по організму бджоли.

Фосфоліпіди належать до класу високоспеціалізованих ліпідів і утворюють складні ефіри гліцерофосфорної кислоти. Фосфоліпіди беруть активну участь в утворенні бішару біомембран, впливають на біохімічні механізми температурної адаптації, підтримуючи гомеостаз в'язкості, у т. ч. й низку метаболічних функцій, зокрема реакцій ензимного каталізу, транспорт іонів та синаптичну передачу в організмі тварин [259, 345].

Характерно, що за згодовування цитратів Ag і Cu з цукровим сиропом спостерігали вірогідно вищий відносний вміст фосфоліпідів ($p < 0,05$ – $0,01$) і триацилгліцеролів ($p < 0,05$) у зразках черевного відділу тіла бджіл.

Відома залежність між вмістом триацилгліцеролів та кількістю олеїнової кислоти в тканинах. Олеїнова кислота – це основний компонент триацилгліцеролів і входить до складу фосфоліпідів і естерів холестеролу, а також впливає на активність $\Delta 6$ - і $\Delta 5$ -десатураз, які каталізують біосинтез поліненасичених жирних кислот і здатні вбудовуватись у фосфоліпідний бішар, впливаючи на проникність клітинних мембран. Тому вважається, що вміст триацилгліцеролів залежить від інтенсивності ліпогенезу олеїнової кислоти [2, 351].

На основі аналізу цих даних можна стверджувати про важливу регуляторну функцію Ag та Cu у складі добавок щодо обміну ліпідів і їхніх окремих класів в організмі медоносних бджіл. Однак дані літератури щодо механізмів такого впливу відсутні. Можливо, антиоксидантна дія цих елементів зменшувала інтенсивність процесів пероксидації та утворення продуктів пероксидного окиснення ліпідів у тканинах бджіл дослідних груп. Встановлені відмінності фракційного розподілу ліпідів у тканинах медоносних бджіл можуть зумовлюватися як безпосереднім метаболічним впливом добавок, так і опосередковано через їхню взаємодію з іншими мінеральними елементами. Фізіологічна дія сполук Ag та Cu також можлива через активацію ензимних систем, у які ці мікроелементи включаються в процесі обміну, проявляючи антагоністичний чи синергічний вплив, що властивий для інших біотичних елементів [410, 337, 392].

Додавання до корму бджіл сполук окремих елементів, як метаболічних стимуляторів органічного та неорганічного походження, внесених у різних кількостях, впливає на фізіолого-біохімічні процеси і підвищує продуктивність та резистентність медоносних бджіл. Деякі автори стверджують, що органічні сполуки мікроелементів менш токсичні, краще засвоюються організмом, тому їхнє застосування у компонентах підгодівлі в низьких дозах знімає проблему дефіциту есенціальних елементів в організмі [216, 287].

Слід відмітити надзвичайно важливий подвійний біологічний ефект комплексної підгодівлі цитратів Ag і Cu. Ми спостерігали зміни вмісту окремих мінеральних елементів як у цілому організмі, так і в окремих його анатомічних відділах. Зокрема, це стосується вмісту Fe, Cr, Zn та Cu.

Встановлено підвищення вмісту Co у головному, грудному і черевному відділах тіла бджіл, що може бути зумовлене впливом поєданого введення до сиропу Ag і Cu. Рівень Co в організмі комах впливає на вміст загального протеїну в гемолімфі залежно від особливостей організму бджіл. В одних випадках така дія відбувається за рахунок збільшення бета- і гамма-глобулінів, однак вміст альфа-глобулінів при цьому знижується; в інших випадках – за рахунок збільшення альбумінів, бета- і гамма-глобулінів з одночасним зниженням альфа-глобулінів, що свідчить про підвищення імунобіологічної активності організму [266, 404]. Відзначені зміни рівня Co в організмі бджіл дослідних груп можуть стимулювати низку метаболічних реакцій. Зокрема, цей елемент підвищує біосинтез протеїнів, ліпідів, гемолімфогенез і засвоєння Fe, а його абсорбція в організмі проходить на вищому рівні у тварин з симптомами дефіциту Fe [54, 237, 289, 325, 341, 397, 459].

Основна кількість Cu в організмі бджіл міститься в кутикулі – зовнішньому скелеті, який покриває тіло бджоли, і хітинових утвореннях, які формують внутрішній скелет. Значна його кількість виділяється з секретом травних залоз робочих бджіл – маточним молочком [25].

Поряд із тим, Cu необхідний для утворення секрету воскових залоз, апітоксину і міоглобіну. Встановлені міжгрупові різниці вмісту Cu можуть

зумовлюватися особливостями функціонування черевного відділу організму медоносних бджіл під дією Ag і Cu. Встановлена різниця вмісту Cu в головному, грудному і черевному відділах, може бути пов'язана з дією цитратів на засвоєння з корму, нагромадження і обмін досліджених елементів, у т. ч. Cu, в організмі медоносних бджіл [337, 397, 410, 414, 451].

Відомо, що Cu є важливим компонентом мінерального живлення та має широкий спектр впливу на метаболізм у організмі тварин [296]. Купрум відноситься до біотиків, нестача яких приводить до значних порушень обміну речовин.

Основна кількість Купруму в організмі бджіл міститься в кутикулі – зовнішньому скелеті, який покриває тіло бджоли і хітинових утвореннях, що формують внутрішній скелет. Значна його кількість виділяється з секретом травних залоз робочих бджіл – маточним молочком [348, 439]. Поряд з тим, Cu необхідний для утворення секрету воскових залоз, апітоксину і протеїнів.

Йони Купруму порівняно з іонами інших металів активніше взаємодіють з протеїнами, утворюючи стійкі комплекси [252, 263, 264]. Він регулює обмін вітаміну С, стимулює функцію щитоподібної залози, активує цілий ряд ензимів. Дефіцит Купруму в організмі призводить до порушення кровотворення та метаболізму. Купрум є виключно ефективним каталізатором і легко змінює валентність, внаслідок чого може виступати як донором, так і акцептором електронів. Йони Купруму використовуються у захисних механізмах клітин, зокрема для запобігання токсичної дії радикалів Оксигену [242].

Коригувальний вплив на метаболізм окремих мікроелементів у тканинах організму та їх вміст у продукції, підвищення життєздатності бджіл і репродуктивної функції бджолиних маток з вираженою тривалою післядією зумовлює Sr. Рівень цього елемента в усіх анатомічних відділах тіла бджіл дослідних груп був вищим порівняно до контрольної. Це може свідчити про синергічну дію застосованих цитратів Ag і Cu на засвоєння та кумуляцію цього елемента в тканинах організму бджіл.

Як відомо, фізіологічна концентрація Sr в тканинах і рідинах

інтенсифікує обмінні процеси, в т.ч. мінеральний обмін в організмі. Доведено, що пилок і нектар відрізняються низьким вмістом Cr, оскільки основна маса його міститься в коренях рослин і лише незначна кількість цього елементу транспортується до наземних органів, у т.ч. в суцвіття медоносів [457].

Характерно, що Pb і Cd нерівномірно акумулюються різними відділами тіла медоносних бджіл [36, 72, 83, 188, 323].

За даними літератури, Pb і Cd в найбільшій кількості акумулюється в ректальних залозах медоносних бджіл. Зниження життєздатності бджіл під впливом полютантів, які комахи отримують з кормом, очевидно, пов'язано зі зменшенням інтенсивності виділення з організму бджіл води через покриви тіла і дихальну систему [415, 416].

Це підтверджують і наші дослідження. Так уміст Pd і Cd у голові, грудному та черевному відділах тіла бджіл був нижчим ($p < 0,01-0,001$). Найвищий рівень цих токсичних елементів спостерігали у черевному відділі бджіл, що підтверджується даними літератури. У роботах [181, 241, 188] описане накопичення Pb і Cd, головним чином, в жировому тілі та ректумі медоносних бджіл. Найбільша кількість токсичних елементів акумулюється в черевному відділі, а найменша –головному [394]. Обмін і депонування Cd в організмі тварин залежать від рівня Ca в раціоні [336].

Для запобігання токсикозу у результаті споживання підвищених доз Cd автор пропонує введення в раціон Ca, Zn, Cu, Fe і Se. Сутність взаємодії Ca і Cd полягає в тому, що високий рівень Ca в раціоні тварин інгібує акумуляцію Cd в організмі шляхом зниження активності системи абсорбції і транспорту Cd в травному тракті. Взаємодія між Cd, Zn і Fe встановлена в організмі багатьох видів сільськогосподарських тварин, зокрема і в організмі медоносних бджіл [367, 451].

Таким чином, згодовування медоносним бджолам у весняний період цитратів Ag і Cu супроводжувалося дозозалежними змінами вмісту окремих мінеральних елементів у окремих анатомічних частинах тіла – голові, грудях та

черевці. Це дає підстави стверджувати про позитивний вплив цитратів Ag і Cu на мінеральне живлення та життєдіяльність медоносних бджіл.

Одним із цінних продуктів бджільництва є перга. Як відомо, перга – продукт рослин (пилки) і бджіл, на якість якої впливають цвітіння різних пилюконосів і період життєдіяльності та фізіологічні потреби бджіл. У процесі збирання пилку бджоли обробляють його нектаром або медом, ензимів слинних залоз. Внаслідок молочнокислого бродіння та інших біохімічних процесів перга зберігається у комірках стільників протягом тривалого часу і використовується бджолами як основне джерело вуглеводного, білкового і ліпідного корму. Відповідно й наявність перги у вулику є невід’ємною умовою для вирощування якісного розплоду бджіл, росту і розвитку бджолосімей, їх продуктивності, а також показником екологічного стану навколишнього середовища [332, 382, 373, 385].

Перга відіграє роль фізіологічного регулятора біологічної повноцінності організму бджіл [32, 187, 278, 280, 332, 338, 382, 387]. Відповідно й наявність перги у вулику є невід’ємною умовою для вирощування якісного розплоду бджіл, росту і розвитку бджолосімей а також, їх продуктивності [107, 118, 161, 457].

Пергу, або бджолиний хліб, бджоли заготовлюють для виготовлення протеїнового корму [163, 245, 275], тому якість і кількість мінеральних речовин у перзі відіграють провідну роль у забезпеченні бджолиного розплоду необхідними поживними речовинами.

Бджоли використовують її як протеїновий корм для вирощування розплоду. У хімічному відношенні перга значно відрізняється від обніжжя. У процесі формування обніжжя бджоли змінюють хімічний склад пилку [41, 44, 154, 258].

Збільшення вмісту молочної кислоти у перзі у 6 разів, порівняно з її кількістю у рослинному пилку та присутність великої кількості кисломолочних бактерій забезпечує захист цього бджолиного продукту від плісняви та триваліший термін зберігання. Хоча перга і є складним харчовим і біологічним

комплексом, вона легше засвоюється живими організмами, містить більше вуглеводів і вітамінів, особливо вітамінів К і А, ніж бджолине обніжжя [338, 387].

Біохімічний склад перги відрізняється й кількістю альбумінів, сечовини, сечової кислоти, креатиніну, глюкози, триацилгліцеролів, активністю ензимів, концентрацією білірубину і фруктозаміну, тому ці продукти мають різну біологічну дію. Співвідношення біологічно активних речовин також змінюється в процесі зберігання перги, оскільки відбуваються складні біохімічні процеси, пов'язані зі зменшенням активності ензимів, збільшенням або зменшенням концентрації білків, азотвмісних речовин, вуглеводів [118, 258].

Біохімічний склад перги залежить від численних факторів, які необхідно враховувати під час їх стандартизації. Так, на її хімічний склад впливають фізіологічний стан сім'ї (співвідношення і кількість відкритого та запечатаного розплоду, молодих і льотних бджіл, вільних комірок), період сезону року, погодні та медозбірні умови, фази формування перги з бджолиного обніжжя, умов збору і зберігання перги та інші [32, 100, 135, 107].

За результатами дослідження вмісту окремих мікроелементів у період весняної підгодівлі цитратами Ag і Cu ми спостерігали зростання вмісту Fe ($p < 0,001$), Zn ($p < 0,05$), Co ($p < 0,05$) у зразках перги бджіл дослідних груп. Це може бути зумовлене антагоністичною дією цитратів Ag і Cu щодо цих елементів в організмі медоносних бджіл і їхню трансформацію у пергу в процесі її формування в стільниках.

Також відмічено вищу концентрацію Zn, Cr та Co у зразках стільників дослідних груп порівняно до контролю. Концентрація Феруму була вищою у стільниках II дослідної групи на 10,7 %. Встановлено тенденцію до підвищення вмісту Zn у зразках стільників обох дослідних груп порівняно до контролю. На противагу цьому відзначено вищий рівень Cr у стільниках за згодовування цитратів у всіх досліджених дозах ($p < 0,05$).

Для облаштування бджолиного гнізда у медоносних бджіл воскосекреторну функцію виконують спеціалізовані органи, розташовані на 4–7

черевних стернітах – воскові залози. На кожному з них є по дві симетрично розташовані ділянки, що називаються восковими дзеркальцями. Вони утворені тонким пористим шаром хітину. Під ним знаходяться воскові залози, що формуються видозміненою гіподермою (тонкий шар епітелію, розташований під кутикулою). Її клітини починають секрецію воску з утворення вакуолей. Утворений в них віск по мерокриноному типу проникає через пори в хітині в воскові дзеркальця і твердне на їх поверхні у вигляді пластинок. Останні утримуються в воскових кишеньках, утворених порожнинами між восковими дзеркальцями і прикривають їх частинами попереднього стерніту тіла бджоли. Секреторна функція воскових залоз у бджолиних особин залежить від їх віку, розвитку, а також від мінерального і ліпідного живлення [45, 231, 240].

Аналізуючи результати досліджень вмісту мінеральних елементів у стільниках за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu ми спостерігали вірогідне підвищення вмісту Fe ($p < 0,001$) – II група, Cu ($p < 0,01$), Cr ($p < 0,05$), на тлі зменшення Zn ($p < 0,01$), Fe ($p < 0,001$) – III група, Co ($p < 0,01$) – II група, Pb ($p < 0,05-0,001$), Cd ($p < 0,01$).

Мінеральний склад продукції бджіл, зокрема меду, в основному залежить від їх накопичення у медоносних рослинах, з яких бджоли збирають і переробляють нектар. Проте, значний вплив на вміст макро- та мікроелементів у меді в цей період має наявність паді-солодких рідин, що виділяють попелиці та інші дрібні комахи на листях дерев та інших рослин. Зменшення або припинення виділення нектару медоносами за несприятливих погодних умов сприяє збиранню бджолами паді. Характерною особливістю падевого меду є вищий уміст мінеральних речовин. Біологічна цінність такого меду характеризується високим вмістом окремих біологічно активних речовин, таких як протеїни, органічні кислоти, вітаміни, мінеральні елементи, ароматичні і азотисті сполуки. Збирання паді, особливо за відсутності нектарного взятку, може стати резервом підвищення продуктивності бджолиних сімей та одержання меду [77, 160, 194].

Тому виникає необхідність стабілізувати живлення бджіл і обмін речовин у їхньому організмі збагаченням цукрового сиропу мінеральними компонентами у весняний період, що має особливо важливе значення за недостатньої кормової бази.

Варто зазначити, що визначення показників фізіологічної активності та біологічної цінності меду характеризувалося міжгруповими різницями досліджуваних величин. Зокрема, за згодовування цитратів Ag і Cu спостерігали підвищення вмісту проліну у меді ($p < 0,05-0,01$). Крім того, підвищувалося діастазне число у всіх зразках меду. Це може вказувати на стимулюючий вплив застосованих нами цитратів на синтез цього ензиму в організмі бджіл та надходження в мед. Отже, додавання цитратів мікроелементів Ag і Cu з цукровим сиропом у підгодівлю бджіл, можливо впливає на секреторну активність травних залоз бджіл у процесі переробки нектару в мед.

Значення жиру, як основного джерела енергії, необхідної для життєдіяльності організму, особливо важливе для медоносних бджіл. Жировий обмін у цих комах досить динамічний. У тілі передлялечок, вміст жиру досить високий – 54,29 %. У період інкубації у них спостерігається велика витрата жирових резервів і вміст жиру знижується до 33,94 % [340]. Автори вказують на різке збільшення жирових запасів (до 49,76 %) відзначено в період метаморфозу. Вміст жиру у дорослих самок нижчий (45,35 %), ніж у самців (49,15 %).

У безхребетних основну масу ліпідів формують резервні жири, накопичення яких зазвичай попереджує припинення або уповільнення життєвих процесів, пов'язаних із сезонною періодичністю факторів середовища. Резервні жири комах слугують одним з основних джерел отримання енергії під час линьок і за метаморфозу. Значення цих жирів велике також в період статевої діяльності, коли організм не встигає компенсувати витрати енергії тільки за рахунок живлення. На стадії яйця, лялечки, під час діапаузи, коли

надходження води ззовні обмежене, жири у комах слугують основним джерелом отримання води [23, 42].

Відомо, що в тілі бджіл міститься близько 74,0 % води, а структурно-мембранні фосфоліпіди, що є гідрофобними, здатні впливати на зниження вмісту води в тілі дорослих бджіл, посилюючи кріопротекторні властивості тканин. Результати досліджень вмісту загальних ліпідів в цілому організмі медоносних бджіл вказують на міжгрупові різниці вмісту загальних ліпідів та їх окремих фракцій за комплексної підгодовлі цитратами Ag і Cu у весняний період. Зокрема, відзначено вірогідне зниження вмісту моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,01$) і вільного холестеролу ($p < 0,05$) у тканинах бджіл III дослідної групи. Відносний вміст триацилгліцеролів виявляв тенденцію до зниження у тканинах бджіл III групи. Це вказує на можливий оптимізуючий вплив комплексної підгодовлі бджіл цукровим сиропом і цитратами Ag і Cu на біосинтез і депонування триацилгліцеролів у тканинах організму. Компоненти підгодовлі зумовлювали підвищення відносного вмісту етерифікованого холестеролу у ліпідах II і III ($p < 0,05$) дослідних груп. Отримані дані можуть свідчити про вплив цитратів Ag і Cu на зростання інтенсивності процесів естерифікації холестеролу в тканинах бджіл.

Особливо виражені зміни щодо вмісту в організмі бджіл загальних ліпідів та їхніх окремих класів помічені у весняний та осінній періоди року. Низка літературних джерел [14, 52, 349, 351] трактує саме ці періоди року як найбільш важливі в життєдіяльності бджолиних сімей, тому що зумовлюють певні біохімічні зміни, в т. ч. ліпідного обміну в організмі.

Аналіз результатів досліджень вмісту ліпідів у тканинах різних анатомічних відділів медоносних бджіл за підгодовлі цитратами Ag і Cu вказують на виражені вірогідні міжгрупові відмінності відносного рівня окремих класів ліпідів у голові бджіл дослідних груп порівняно до контролю. Зокрема, вірогідне зниження фосфоліпідів у бджіл, яким згодовували цитрати Ag і Cu ($p < 0,05$) може вказувати на інтенсивніше використання цієї фракції у метаболічних процесах головного відділу тіла бджіл. Слід відзначити, що в

будь-якій ліпідній мембрані фосфоліпіди необхідні для стабілізації конформації та агрегації окремих компонентів у ензимно-протеїнових комплексах, а також для створення гідрофобного середовища [259, 326].

Відзначено вірогідне зниження вмісту моно- та диацилгліцеролів у організмі бджіл обох дослідних груп ($p < 0,001$). Зниження вмісту вільного холестеролу в ліпідах головного відділу бджіл може бути пов'язане з його високим метаболічним використанням у тканинах. Як зазначають інші автори, ліпіди лялечок містять близько 1/3 стеринів, до складу яких входить холестерол і фітостерин [152, 231]. Проміжні продукти біосинтезу холестеролу беруть участь у інших метаболічних шляхах. В якості такого інтермедіату біосинтезу холестеролу є ізопентенілпірофосфат, який слугує активним попередником в синтезі багатьох біомолекул. Зокрема, вітамінів А, Е і К, рослинних пігментів – каротину і фітольного ланцюга хлорофілу, гормонів ліньки, відомих як екдизони в комах, що стимулюють і регулюють стадійно процеси ліньки і метаморфозу в організмі, а також ювенільних гормонів у комах, які за хімічною структурою є представниками класу ізопреноїдів – сесквітерпенів та похідними холестеролу [28, 119, 450, 457].

За згодовування цитратів Ag і Cu вірогідне вірогідно знижується вміст НЕЖК у ліпідах голови бджіл II дослідної групи на тлі зростання цього показника у комах III дослідної групи ($p < 0,001$). Зниження відносного вмісту НЕЖК у голові бджіл може свідчити про інгібування активності внутріклітинних ензимів, які відповідають за їхню естерифікацію.

Поряд із цим, у зразках грудного відділу тіла бджіл встановлено тенденцію до збільшення вмісту загальних ліпідів за згодовування цитратів Ag і Cu в дозах, відповідно, у II і III дослідних групах. Вміст фосфоліпідів, моно- та диацилгліцеролів, НЕЖК ($p < 0,01$), вільного холестеролу зростав у зразках грудного відділу цих бджіл на тлі зниження рівня триацилгліцеролів ($p < 0,05-0,01$). Важлива роль тут належить вільному холестеролу та інтенсивності його естерифікації, вірогідні зміни вмісту якого встановлено у грудному відділі бджіл обох дослідних груп.

Встановлено, що у черевному відділі тіла бджіл за згодовування цитратів зростає вміст загальних ліпідів та спостерігаються виражені зміни щодо розподілу окремих класів ліпідів незалежно від дози цитратів Ag та Cu. Відзначено також вірогідне зростання вмісту фосфоліпідів, моно- та диацилгліцеролів ($p < 0,01$), вільного холестеролу, естерифікованого холестеролу ($p < 0,001$) на тлі зниження вмісту НЕЖК ($p < 0,05-0,01$), триацилгліцеролів у зразках черевного відділу дослідних груп порівняно до контролю. Характерно, що однакова закономірність вірогідних міжгрупових відмінностей проявлялась у черевному відділі тіла бджіл обох дослідних груп. Це підтверджує однаково спрямований метаболічний вплив цитратів Ag і Cu у різних анатомічних відділах бджіл щодо обміну та депонування окремих класів ліпідів у жировому тілі з наступним використанням депонованих триацилгліцеролів [399, 401]. Доведено, що триацилгліцероли жирового тіла забезпечують організм енергією за недостатнього надходження вуглеводів [407, 425, 426].

Підгодівля медоносних бджіл цитратами Ag і Cu зумовлювала зміни ліпідного складу їх продукції, в т.ч. перги. Зокрема, спостерігали вірогідно вищий вміст фосфоліпідів ($p < 0,01$), моно- та диацилгліцеролів у зразках перги порівняно до величини цього показника у контрольній групі. Відзначена залежність змін вказаних фракцій свідчить про однаково направлену біологічну дію цитратів Ag і Cu на співвідношення вільного та естерифікованого холестеролу у ліпідах перги бджіл.

Активація мінерального та ліпідного обмінів в організмі бджіл за згодовування цитратів Ag та Cu зумовлювала підвищення інтенсивності середньодобової яйцекладки бджолиних маток дослідних груп. Порівняльною оцінкою інтенсивності яйцекладки бджолиних маток, з визначенням у підготовчий період стартового проміру, встановлена різниця початкової кількості відкладених яєць у бджоломаток дослідних груп порівняно з контролем. Результати наступного 12-добового III етапу підрахунку кількості запечатаного розплоду вказують на вірогідне підвищення рівня яйцекладки у маток II та III ($p < 0,001$) дослідних груп порівняно до контролю. Порівняльною

оцінкою загальної кількості відкладених бджоломатками яєць встановлені відмінності приросту маси (кг) і сили гнізда (вулички) за дослідний період на усіх 12-добових етапах у контрольній і дослідних групах. Найкращі результати відзначено на третьому 12-добовому етапі проведення дослідження. Активний розвиток бджоломаток у льотний період дозволяє забезпечувати високу продуктивність за умов наявності бджоломатки у стані фізіологічної норми з високою інтенсивністю яйцекладки. Саме тому, створення передумов для максимальної реалізації репродуктивного потенціалу бджоломаток, зокрема, в умовах патогенного навантаження є пріоритетним завданням [15, 184, 185].

Репродуктивну здатність бджоломаток корегують додаванням низки біологічно активних речовин і сполук органічного та мінерального походження в періоди активного відкладання яєць. Тому весняна й осіння підгодівля є важливим фактором регуляції чисельності бджіл і плодючості маток впродовж періоду медозбору. Інтенсивність яйцекладки бджоломаток залежить від наявності в повноцінних білково-ліпідних та вуглеводних кормів, що отримують від медоносних рослин у вигляді пилку та нектару. Пилок рослин є повноцінним джерелом протеїну, незамінних амінокислот, ензимів і ліпідів, що позитивно впливають на фізіологію – біохімічні процеси в організмі медоносних бджіл та забезпечують яйцекладку маток. Проте, низька якість та недостатність кормової бази і несприятливі погодні умови у весняний період негативно позначаються на інтенсивності відкладання яєць бджоломатками [272, 274, 434, 447].

На сьогоднішній день існує багато припущень щодо того, які фенотипові ознаки служать надійними показниками репродуктивних характеристик у бджоломаток [204, 205, 214, 434]. Проте, загально прийнятий підхід у виявленні репродуктивної здатності бджоломаток шляхом визначення розмірів черевця і числа яйцевих трубочок не дозволяє отримати бездоганну й однозначну оцінку, оскільки функціональна активність оваріол носить динамічний характер з періодами дисфункцій та ритмічності процесу оогенезу

та відображається, зокрема, на кількості та метричних показниках яєць відкладених бджоломаткою за добу. Висока інтенсивність яйцекладки бджолиних маток можлива лише за умови повноцінного фізіологічного розвитку яєчників і забезпеченні під час кладки яєць повноцінним висококалорійним кормом – молочком [285].

Власне функціональна активність оваріол визначає інтенсивність оогенезу і як наслідок насиченість цитоплазми комплексом поживних речовин, без яких неможливий розвиток ембріон. Ембріональний розвиток медоносних бджіл, що здійснюються всередині яйця призводить до формування личинки. Тому метричні показники відкладених бджоломаткою яєць, як критерій насиченості поживними речовинами, є важливим показником, що дозволяє оцінити їх потенційно-якісні характеристики передумов ембріогенезу [12].

Результати метричних показників 12-ти годинних яєць відкладених бджолиними матками вказують на збільшення середньої маси яйця, лінійних розмірів, зокрема довжини і ширини. Пластичність розміру яєць у *Apis mellifera* у відповідь як на генетичні фактори, так і на фактори навколишнього середовища виявлена також у дослідженнях [15], які зазначили вищий фізіологічний потенціал у яєць більшого розміру з мінімізацією в подальшому догляду за розплодом яєць і відповідно збереженням енергії на рівні бджолої сім'ї. Розмір відкладених бджоломаткою яєць має важливе значення для подальшого розвитку зародка: чим воно більше, тим більша личинка, тим якісніше розвивається особина з вищим фізіологічним потенціалом. Слід зазначити, що за кількістю жовтка яйцеклітина медоносних бджіл відноситься до полілецитальних з центролецитальним розподілом жовтка, що додатково впливає на важливість метричних розмірів яйця для розвитку личинки. Таким чином, стимулююча підгодівля цитратами Ag і Cu може сприяти формуванню яєць з кращими метричними параметрами, що є важливою передумовою розвитку личинок з підвищеним фізіологічним потенціалом.

Відомо, що яйця комах багаті жовтком, який займає центральне положення (полілецитальний тип). Їм властивий поверхневий або

ендолецитальний тип дроблення. Поділ ядра не супроводжується цитокінезом, а нуклеуси що утворилися пересуваються до поверхні яйця, де навколо них формуються мембрани. Оогенез – процес, в ході якого в період розвитку яйця відкладаються запаси поживних речовин. Розрізняють солітарний, фолікулярний і нутріментарний типи оогенезу. Фолікулярний тип властивий комахам, але у деяких з них, він протікає з елементами нутріментарного оогенезу (наявність сінцитіального комплексу, в якому ооцити і клітини з'єднані цитоплазматичними містками). Відзначено, що фолікул оваріоли (в т.ч. оваріоли двокрилих тахіноїдного комплексу) з боку гермарію не ізольований повністю. До складу яйця входять одна яйцеклітина і 15 клітин - трофоцитів, які за аналогією у яйці, яке розглядаються як система генної ампліфікації, що сприяє надходженню утворених в їх ядрах матричної РНК в цитоплазму ооцита. Цілий комплекс (яйцеклітина і клітини) оточується фолікулярним епітелієм мезодермального походження [86, 90, 127, 189, 212].

Наші гістологічні дослідження показали, що початковий етап оогенезу в зоні гермарію характеризується утворенням значної кількості недиференційованих клітин – оогоній, з прямокутними секціями, сферичними центральними ядрами, характерними для клітинної організації цього відділу незалежно від дози згодованих цитратів. У гістологічних препаратах яєчників плідних бджоломаток спостерігали два типи змін. З одного боку, мали місце явні ознаки посилення активності зародкового шару у дослідній групі. З іншого – у контрольній групі досить часто знаходили трофоцити з гіперхромними зменшеними пікнотичними ядрами. Слід зазначити, що після формування диференційованих цистоцитів в обох групах спостерігали активний ріст ооцитів, що проявлявся різким нагромадженням ними ооплазми, а також збільшенням самої яєчної камери з вираженою поляризацією цистоцитів та центральним розміщенням ядра в ооцитах.

Гістологічні особливості перебігу оогенезу за стимулюючої підгодовлі цитратами Ag і Cu також характеризувалися певними відмінностями у на різних стадіях росту і розвитку як зародкових клітин, так і трофоцитів з

ооцитами у порівнянні з контролем. Зокрема, оогенез у бджоломаток дослідної групи характеризувався підвищеною активністю гермарію, що відображалось інтенсивним утворенням значної кількості недиференційованих клітин – оогоній із прямокутними секціями, сферичними центральними ядрами, характерними для клітинної організації цього відділу, що, відповідно, і відобразилося на швидшій диференціації клітин зародкової зони. Власне утворення значної кількості оогоній можна трактувати, як ознаку посилення активності зародкового шару у дослідній групі на самих ранніх етапах оогенезу, що теоретично засвідчує стимулюючу реакцію-відповідь на підгодівлю цукровим сиропом з додаванням цитратів Ag і Cu.

Фолікулярні клітини, що утворюються з префолікулярних клітин гермарію, транспортують з гемолімфи необхідні для синтезу жовтка. В цей же час диплоїдне ядро ооцита втрачає оболонку і, приймаючи вигляд зародкової бульбашки, включається в синтез жовчних гранул. Однак на відміну від ядер звичайних секреторних клітин ядро ооцита ніколи не зазнає ендомітозу та поліплоїдизації, що інтенсифікують процеси синтезу [86, 92, 119]. Поповнення набору матриць, необхідних для синтезу специфічних протеїнів, відбувається за рахунок своєрідної ампліфікації (множення числа) генів в ядрі ооцита. Однак і це не радикальне рішення проблеми інтенсифікації синтезу, так як процеси вітеллогенезу в оваріолах дуже тривалі та поступові. Настільки ж тривале і поступове відкладання сформованих яєць, кількість яких обмежена числом яйцевих трубочок яєчника [134, 189, 328].

Інтенсивний ріст і розвиток ооцитів спостерігали на ранніх стадіях превітелогенезу, що було яскраво виражене у маток дослідних груп. Про це свідчить різкий перехід від стадії диференціації до фази росту і розвитку, що чітко спостерігався у бджоломаток дослідних груп і локально виявлявся у більш дистальних відділах оваріол порівняно з контрольною групою, причому вже на цьому етапі сформовані клітини демонстрували чітко виражену морфологічну диференціацію.

Крім цього, подальший перебіг оогенезу у вітлярній зоні маток дослідної групи характеризувався стабільністю та підвищеною інтенсивністю трофоплазматичної активності. Вона проявлялася у нарощуванні жовткової маси в ооцитах. Відповідно перебіг оваріальних циклів у бджоломаток дослідної групи характеризувався більшою активністю, що відображалось швидшим визріванням ооцитів порівняно з контрольною групою. Інтенсивність визрівання ооцитів і формування яйцеклітин, що спостерігали у сагітальних гістологічних зрізах вітлярної зони плідних бджолиних маток дослідної групи, була значно вищою, ніж у контрольній, і характеризувалася більшою кількістю яйцеклітин в полях зору.

Щодо особливостей оогенезу у бджоломаток контрольних груп, то у виявлених фрагментах спостерігали сповільнення розвитку ооцита, що призводило до ущільнення ооплазми і тим самим – до зменшення його в об'ємі. Очевидно, за відсутності біологічних стимулюючих факторів для асиміляції поживних речовин та реалізації окремих захисно-приспосувальних процесів авторегуляції блоку розмноження активувалися гальмівні процеси у розвитку ооцита. Як наслідок, розпочиналися дегенеративні процеси, в першу чергу, трофоцитів. Вони проявлялися розвитком апоптозу на ранніх стадіях оогенезу, що в подальшому призводило до припинення їх трофічної функції та завершення визрівання ооцитів.

Згідно з сучасними уявленнями зменшення об'єму клітин в ізотонічних умовах передують морфологічним і біохімічним змінам, пов'язаним з апоптозом клітини [78, 398]. Окрім цього ооцити дослідної групи на завершальних стадіях розвитку характеризувалися вищим рівнем оптичної щільності ооплазми з відсутністю як підвищеної вакуолізації, так і базofilьної зернистості з різко вираженим міжфолікулярним просвітленням [86]. Таким чином, це вказує на формування яєць у дослідній групі з підвищеним фізіологічним потенціалом.

Також виявлені поодинокі ділянки руйнування фолікулярного епітелію з різкою базofilією та утворенням з міжфолікулярним епітелієм та жовтком зони просвітлення у гістологічних зрізах яєчників контрольної групи. Це додатково

підтверджує активацію дегенеративних процесів за відсутності біологічних стимулюючих факторів. Така форма перебігу дегенеративних змін характеризувалася різкою деформацією ооцитів, які набували неправильної форми з подальшим їх зморщуванням. Крім цього, в зоні інтенсивного вітелогенезу у маток контрольної групи спостерігалися ділянки клітинної реакції зі сторони макрофагальної системи з появою у міжоваріальному просторі оксифільних гомогенних мас з незначною кількістю клітинних елементів. Ці явища супроводжувалися поодинокими руйнуваннями ооцитів із заміщенням ооплазми клітинами фолікулярного епітелію. Відповідно спостерігалися фрагменти з порушенням структурованості фолікулярного епітелію з характерною оксифільністю оваріальної оболонки. У деяких ооцитах була відмічена вакуолізація ооплазми у вигляді множинних оксифільних глобул з елементами клітинного детриту.

Отже, за впливу наноцитратів Ag і Cu зростає інтенсивність функціонування репродуктивної системи бджіл. Це проявляється збільшенням загальної кількості яєць, відкладених бджолиними матками дослідної групи протягом усього періоду спостережень. Гістологічні особливості яєчників бджолиних маток, бджолиним сім'ям, яких згодовували цитрати Ag і Cu характеризуються інтенсивнішим ростом ооцитів. Це проявляється накопиченням ооцитарної маси та, відповідно, підвищеною трофоцитарною активністю. Починаючи з другої стадії розвитку ооцитів і завершуючи четвертою, апоптично змінені трофоцити в полі зору мікроскопа у бджоломаток дослідної групи трапляються рідше порівняно з контролем.

Для аналізу економічної ефективності пасіки всю одержану продукцію переводили в умовні медові одиниці (у.м.о.) [423].

Таким чином, згодовування цитратів Ag та Cu, отриманих методом нанотехнології, проявляє стимулювальний вплив фізіологічні та біохімічні процеси в організмі медоносних бджіл у різні періоди життєдіяльності й медозбору. Останні відображаються, зокрема, зростанні інтенсивності функціонування репродуктивної системи бджолиних маток. Це у свою чергу

дозволяє швидко наростити чисельність робочих медоносних бджіл у критичні періоди розвитку бджолиних сімей і тим сами забезпечити оптимально необхідну їх силу для подального розвитку, розмноження та реалізації господарсько-корисного потенціалу для отримання у більших кількостях бджолої пробукції.

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 бджолиних маток. Обґрунтовано введення в підгодовлю медоносним бджолам фізіологічно активних доз цитратів Ag і Cu, одержаних із використанням методів нанотехнології.

1. За підгодовлі 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 досліду. 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. Підгодовля 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 підгодовля 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 підгодовля 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 уміст 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 перші 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 ovariol 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Abd El-Wahab TE, Ghania AMM, Zidan EW. Assessment a new pollen supplement diet for honey bee colonies and their effects on some biological activities. *J. Agric. Tech.* 2016;12(1):55-62.
2. Abou-Shaara HF, Singl AR, Al-Ghamdi AA. Comparison between cuticular lipids on body parts of two honey bee subspecies. *Environmental and Experimental Biology.* 2013;11:185-8.
3. Abou-Shaara HF, Staron M, Staroňová D. Potential Applications of Nanotechnology in Apiculture *Entomol. Appl. Sci. Lett.* 2020;7(2):1-8.
4. Abou-Shaara HF. Effects of various sugar feeding choices on survival and tolerance of honey bee workers to low temperatures. *Journal of Entomological and Acarological Research.* 2017;49(1):6-12.
5. Acevedo JP, Alberto G, Cardona G, Whitfield CW, Rodriguez DM, Uribe_Rubio JL, Giray T. Colonization history and population differentiation of the Honey Bees (*Apis mellifera* L.) in Puerto Rico. *Ecol. and Evol.* 2019;9:10895-10902.
6. Adamchuk LO, Boiarchuk SV, Lavrinenko KV, Dvykaliuk RM, Martseniuk NI. Development of bee colonies based on early spring feeding according to the developed scheme. *Animal Science and Food Technology.* 2019;10(2):5-11.
7. Adamchuk LO. Rationale and development of pollen classifier. Beyond the hive: beekeeping and global challenges: oral presentation abstracts and poster list XXXXIII International Apicultural Congress Apimondia, 29 September - 04 October 2013, Kyiv; 2013. P. 245-6.
8. Adeyemi OS, Shittu EO, Akpor OB, Rotimi D, Batiha GES. Silver nanoparticles restrict microbial growth by promoting oxidative stress and DNA damage. *EXCLI J.* 2020;19:492-500.
9. Ahmed A-A, Hamzah H, Maarroof M. Analyzing formation of silver nanoparticles from the filamentous fungus *Fusarium oxysporum* and their antimicrobial activity. *Turk J Biol.* 2018;42:54-62.

10. AL-Kahtani SN. Fatty Acids and B Vitamins Contents in Honey Bee Collected Pollen in Relation to Botanical Origin. Scientific J. of King Faisal University (Basic and Applied Sciences). 2017;18(2):41-8.
11. Alqarni AS, Balhareth HM, Owayss AA. Queen morphometric and reproductive characters of *Apis mellifera jemenitica*, a native honey bee to Saudi Arabia. Bulletin of Insectology. 2013;66(2):239-44.
12. Al-Sarhan R, Adgaba N, Tadesse Y, Alattal Y, Al-Abbadi A, Single A, Al-Ghamdi AK. Reproductive biology and morphology of *Apis mellifera jemenitica* (Apidae) queens and drones. Saudi Journal of Biological Sciences. 2019;26(7):1581-6.
13. Altun SK, Dinç H, Paksoy N, Temamoğulları FK, Savrunlu M. Analyses of mineral content and heavy metal of honey samples from south and east region of Turkey by using ICP-MS Int J Anal Chem. 2017;2017:6391454.
14. Ament SA, Chan QW, Wheeler MM, Nixon SE, Johnson SP, Rodriguez-Zas SL, Foster LJ, Robinson GE. Mechanisms of stable lipid loss in a social insect. J. Exp, Biol. 2011;214(Pt 22):3808-21.
15. Amiri E, Le K, Melendez CV, Strand MK, Tarpy DR, Rueppell O. Egg-size plasticity in *Apis mellifera*: Honey bee queens alter egg size in response to both genetic and environmental factorsc. Journal of Evolutionary Biology. 2020;33(4):534-43.
16. Amiri E, Strand MK, Rueppell O, Tarpy DR. Queen Quality and the Impact of Honey Bee Diseases on Queen Health: Potential for Interactions between Two Major Threats to Colony Health. Insects. 2017;8(2):48.
17. Anand R, Bhagat M. Silver nanoparticles (AgNPs): as nanopesticides and nanofertilizers. MOJ Biol Med. 2019;4(1):19?20. DOI: 10.15406/mojbm.2019.04.00107
18. Anderson SPT. Nickel and cobalt: Their physiological action on the animal organism. J. Anat. Physiol. 1883;17:89-123.

19. Anita Tanwar, Sushil K. Role and effects of nanotechnology used in pesticides and agriculture field. AIP Conference Proceedings > Volume 2142, Issue 1
Published Online: 29 August 2019 <https://doi.org/10.1063/1.5122581>
20. Aqueel MA, Abbas Z, Sohail M, Abubakar M, Shurjeel HK, Raza ABM, Afzal M, Ullah S. Effect of Varying Diets on Growth, Development and Survival of Queen Bee (*Apis mellifera* L.) in Captivity World Academy of Science, Engineering and Technology. Int. J. Biol. Biomol. Agricul. Food Biotech Eng. 2017;10(12):888-891.
21. Arien Y, Dag A, Shafir S. Omega-6:3 Ratio More Than Absolute Lipid Level in Diet Affects Associative Learning in Honey Bees. Front. Psychol. 2018;9:1-8.
22. Arien Y, Dag A, Zarchin S. Omega-3 deficiency impairs honey bee learning. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2015;112(51):15761-6.
23. Arrese EL, Soulaiges JL. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. Annu Rev Entomol. 2010;55:207-25.
24. Avni D, Dag A, Shafir S. Pollen sources for honey bees in Israel: Source, periods of shortage, and influence on population growth. Israel Journal of Plant Sciences. 2009;57(3):263-75
25. Balkanska R, Mladenova E, Karadjova I. Quantification of selected trace and mineral elements in Royal Jelly from Bulgaria by Icp-Oes and Etaas. Journal of Apicultural Science. 2016; 61(2):223-32.
26. Barbosa P, Berry DL, Kary CS. Insect Histology: Practical Laboratory Techniques. Wiley blackwell; 2015. 380 p.
27. Bartha S, Taut I, Goji G, Vlad IA, Dinulica F. Heavy metal content in polyfloral honey and potential health risk. A Case Study of Copsa Mica, Romania. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020;17:1507.
28. Ben-Shahar Y. The Impact of Environmental Mn Exposure on Insect Biology. Frontiers in Genetics [Internet]. 2018;9:70 Available from: doi: <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00070>
29. Biesmeijer JC, Klaus Hartfelder K, Imperatriz-Fonseca VL. Stingless bees: biology and management. Apidologie; 2006. c. 121-123.

30. Bilandzic N, Sedak M, Djokic M, Boskovic AG, Florijancic T, Boskovic I, Kovacic M, Puskadija Z, Hruskar M. Assessment of toxic and trace elements in multifloral honeys from two regions of continental Croatia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2020;104:84-9.
31. Blanchard GB, Orledge GM, Reynolds SE, Franks NR. (2000). Division of labour and seasonality in the ant *Leptothorax albipennis*: worker corpulence and its influence on behaviour. *Anim. Behav.* 2000;59:723-8.
32. Bleha R, Shevtsova T, Kružik V, Šorpilová T, Saloň I, Erban V, Brindza J, Brovarskyi V, Sinica A. Bee breads from Eastern Ukraine: composition, physical properties and biological activities. *Czech Journal of Food Sciences.* 2019;37(1):9-20.
33. Bobiș O, Mărghițaș LA, Moise A, Tofalvi M, Dezmirean D. Biologically active compounds from different herbs used as additive in honeybee feeding, USAMV Cluj Bull. 2009;66(1-2):231-236.
34. Boiarchuk SV, Adamchuk LO, Pylypko KV. The effectiveness of feeding bees for use in fruit crops pollination. *Animal Science and Food Technology* 2020;11(3):5-21.
35. Bonoan RE, O'Connor LU, Starks PT. Seasonality of honey bee (*Apis mellifera*) micronutrient supplementation and environmental limitation. *Journal of Insect Physiology.* 2108;107: 23-28.
36. Borella P, Manni S, Giardino A. Cadmium, nickel, chromium and lead accumulate in human lymphocytes and interfere with PHA-induced proliferation. *J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis.* 1990;(4):87-95.
37. Brodschneider R, Brus J, Danihlík J. Comparison of apiculture and winter mortality of honey bee colonies (*Apis mellifera*) in Austria and Czechia. *Agric Ecosyst Environ.* 2019;274:24-32.
38. Brodschneider R, Gray A, Adjlane N, Ballis A, Brusbardis V, Charrière J-D, et al. Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey. *J Apic Res.* 2018;57(3):452–7.

39. Brodschneider R, Crailsheim K. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*. 2010;41:278-94.
40. Bulska E, Rusczyńska A. Analytical techniques for trace element determination. *Physical Sciences Reviews*. 2017;2(5):
41. Campos MGR, Bogdanov S, Bicudo de Almeida-Muradian L, Szczesna T, Mancebo Y, Frigerio CH, Ferreira F. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research and Bee World*. 2008;47:156-63.
42. Canavoso LE, Jouni ZE, Karnas KJ, Pennington JE, Wells MA. Fat metabolism in insects. *Annu Rev Nutr*. 2001;21:23-46.
43. Cantrill RC, Warner SI. Changes in lipid composition during sealed brood development of African worker honeybees. *Comp. Biochem. Physiol*. 1981;68:351-3.
44. Carpes ST, Mourão GB, De Alencar SM, Masson ML. (2009): Chemical composition and free radical scavenging activity of *Apis mellifera* bee pollen from Southern Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*; 2009;12:220-9.
45. Cassier P, Lensky Y. Ultrastructure of the wax gland complex and secretion of beeswax in the worker honey bee *Apis mellifera*. *Apidologie*. 1995;26:17-26.
46. Chakrabarti P, Lucas HM, Sagili RR. Evaluating Effects of a Critical Micronutrient (24-Methylenecholesterol) on Honey Bee Physiology. *Annals of the Entomological Society of America*. 2020;113(3):176-82.
47. Choi O, Deng KK, Kim NJ, Ross L Jr., Surampalli RY, Hu Z. The inhibitory effects of silver nanoparticles, silver ions, and silver chloride colloids on microbial growth. *Water Res*. 2008;42(12):3066-74.
48. Conti ME, Botre F. Honey bees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental monitoring and assessment*. 2001;69(3):267-82.
49. Conti ME, Canepari S, Finoia MG, Mele G, Astolfi ML. Characterization of Italian multifloral honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters. *J. Food Compos. Anal*. 2018;74:102-13.

50. Cooper PD, Schaffer WM, Buchmann SL. Temperature regulation of honey bees (*Apis mellifera*) foraging in the Sonoran desert. *Journal of Experimental Biology*. 1985;114:1-15.
51. Couture P, Hulbert AJ. Membrane fatty acid composition is related to body mass in mammals. *The J. of Membrane Biology*. 1995;148(1):27-39.
52. Crailsheim K, Hrassnigg N, Gmeinbauer R, Szolderits MJ, Schneider LHW, Brosch U. Pollen utilization in non-breeding honeybees in winter. *Journal of Insect Physiology*. 2015;39(5):369-73.
53. Crone EE, Williams NM. Bumble bee colony dynamics: quantifying the importance of land use and floral resources for colony growth and queen production. *Ecol Lett*. 2016;19(4):460-8.
54. Deborah AK, Walcott B, Reeder R, Frankel R. Iron-Containing Cells in the Honey Bee (*Apis mellifera*). *Science*. 1982;218(4573):695-7.
55. Delaney DA, Keller JJ, Caren JR, Tarpy DR The physical, insemination, and reproductive quality of honey bee queens (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*. 2011;42:1-13.
56. Duhan JS, Kumar R, Kumar N, et al. Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. *Biotechnol Rep*. 2017;11–23.
57. Dustmann JH. Honey quality and its control. *American Bee Journal*. 1993;133(9):648-51.
58. Dvylyuk II. Investigation of the content of some trace 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, 2018 Krakow 10-14 June; 2018. p. 122.
59. El-Saadony MT, El-Hack ME, Taha AE, et al. Ecofriendly Synthesis and Insecticidal Application of Copper Nanoparticles against the Storage Pest *Tribolium castaneum*. *Nanomaterials (Basel)*. 2020;10(3):587.
60. Ema M, Okuda H, Gamo M, Honda K. A review of reproductive and developmental toxicity of silver nanoparticles in laboratory animals. *Reproductive Toxicology*. 2017;67: 149-164.

61. Eremia N, Dabija T, Dodon I. Micro- and macroelements content in soil, plants nectaro- pollenifer leaves, pollen and bees body. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*. 2010;43(2):180-182.
62. Fathi N, Hoseinipناه SM, Alizadeh Z, Assari MJ, Moghimbeigi A, Mortazavi M. et al. The effect of silver nanoparticles on the reproductive system of adult male rats: A morphological, histological and DNA integrity study. *Adv Clin Exp Med*. 2019;28:299-305
63. Feliciano-Cardona S, Döke MA, Aleman J, Agosto-Rivera JL, Grozinger CM, Giray T. Honey bees in the tropics show winter bee-like longevity in response to seasonal dearth and brood reduction. *Front. Ecol. Evol.* [Internet]. 2020 [cited 2020 Oct 16];8:571094. Available from: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.571094>
64. Ferdous Z, Nemmar A. Health impact of silver nanoparticles: a review of the biodistribution and toxicity following various routes of exposure. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2020 [cited 2020 Mar 30]; 21(7):2375. Published online 2020 Mar 30. Available from: doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21072375>
65. Folch JA, Lees M, Sloane Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*. 1957;226(1):497-509.
66. Frizzera, D, Del Fabbro S, Ortis G, Zanni V, Bortolomeazzi R, Nazzi F, Aoscia D. Possible side effects of sugar supplementary nutrition on honey bee health. *Apidologie*. 2020;51(4):594-608.
67. Frohlich DR, Boeker EA, Brindley WA The kinetics and inhibition of p-nitrophenylacetate-hydrolysing esterases in a solitary bee, *Megachile rotundata* (Fab.). *Xenobiotica*. 1990;20(5):481-7.
68. Gahlawat G., Choudhury A.R. A review on the biosynthesis of metal and metal salt nanoparticles by microbes. *RSC Adv*. 2019;9:12944–12967. doi: 10.1039/C8RA10483B.

69. Gamboa SM, Rojas ER, Martínez VV, Vega-Baudrit J. Synthesis and characterization of silver nanoparticles and their application as an antibacterial agent. *Int J Biosen Bioelectron*. 2019;5(5):166-173.
70. Garrett SP, George YD, Julia BH. Diet quantity influences caste determination in honeybees (*Apis mellifera*). *Proc. R. Soc.* [Internet]. 2020 [cited 2020 May 27]; Available from: <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0614>
71. Garskiya N, Papchenko O, Kovalenko N. The use of bees in a biomonitoring system for the estimation of anthropogenic. Material XXXXIII International Apicultural Congress. Kyiv: Sodruzhestvo; 2013. P. 342.
72. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The Effects of Cadmium Toxicity *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 [cited 2020 May 26];17(11):3782. Available from: <https://doi:10.3390/ijerph17113782>
73. Genersch E, von der Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Büchler R, Berg S, Ritter W, Mühlen W, Gisder S, et al. The German bee monitoring project: A long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*. 2010;41:332-52.
74. Gherasim O, Puiu AR, Bîrcă CA, Burdușel AC, Grumezescu MA. An updated review on silver nanoparticles in biomedicine. *Nanomaterials (Basel)* [Internet]. 2020 [cited 2020 Nov 23];10(11):2318. Available from: <https://doi:10.3390/nano10112318>
75. Ghosh S, Jung C, Benno V Nutritional value and chemical composition of larvae, pupae, and adults of worker honey bee, *Apis mellifera ligustica* as a sustainable food source. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2016;19:487-95.
76. Gilby AR. Lipids and Their Metabolism in Insects. *Annual Review of Entomology*. 1965;10:141-160.
77. González-Miret ML, Terrab A, Hernanz D, Fernández-Recamales MA, Heredia FJ. Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2005;53(7):2574-80.

78. Gopinath P, Gogoi SK, Chattopadhyay A, Gosh SS. (2008). Implications of silver nanoparticle induced cell apoptosis for in vitro gene therapy. *Journal of Nanobiotechnology*. 2008;19:075104.
79. Goulson D, Nicholls E, Botías C, Rotheray EL. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*. 2015;347:1255957.
80. Grandi-Hoffman G, Chen Y, Rivera R, Carroll M, Chambers ME, Hidalgo G, Watkins de Jong E. Honey bee colonies provided with natural forage have lower pathogen loads and higher overwinter survival than those fed protein supplements. *Apidologie*. 2016;47:186-96.
81. Grandi-Hoffman G, Gage SL, Corby-Harris V, Carroll M, Chambers M, Graham H, Watkins deJong E, Hidalgo G, Calle S, Azzouz-Olden F, Meador C, Snyder L, Ziolkowski N. Connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional needs of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *J. Insect Physiol*. 2018;109:114-24.
82. Greulich C, Braun D, Peetsch A, Diendorf J, Siebers B, Epple M, Köller M. The toxic effect of silver ions and silver nanoparticles towards bacteria and human cells occurs in the same concentration range. *RSC Adv*. 2012;2:6981-87.
83. Gstoettner EM, Fisher NS. Accumulation of cadmium, chromium, and zinc by the moss *Sphagnum papillosum* Lindl. *Water, Air, and Soil Pollut*. 1997;93(1-4):321-330.
84. Guler A, Ekinci D, Biyik S, Garipoglu AV, Onder H, Kocaokutgen H. Effects of feeding honey bees (Hymenoptera: Apidae) with industrial sugars produced by plants using different photosynthetic cycles (Carbon C3 and C4) on the colony wintering ability, lifespan, and forage behavior. *Journal of Economic Entomology*. 2018;111(5):2003-10.
85. Gutzeit HO, Huebner E. Comparison of Microfilament Patterns in Nurse Cells of Different Insects With Polytrophic and Telotrophic Ovarioles. *Journal of Embryology and Experimental Morphology*. 1986;93:1986:291-301.

86. Gutzeit HO, Zissler D, Fleig R. Oogenesis in the honeybee *Apis mellifera*: cytological observations on the formation and differentiation of previtellogenic ovarian follicles. *Roux's archives of developmental biology*. 1993;202:181-91.
87. Gutzeit HO. Transport of molecules and organelles in meroistic ovarioles of insects. *Differentiation*. 1986;31(3):155-65.
88. Hadear Hanie A. Biosynthesized silver nanoparticles using *Ulva lactuca* as a safe synthetic pesticide (in vitro). *Open Agriculture*. 2020;5(1):291-299.
89. Hajizadeh, H.; Peighambardoust, S.J.; Peighambardoust, S.H.; Peressini, D. Physical, mechanical, and antibacterial characteristics of bio-nanocomposite films loaded with Ag-modified SiO₂ and TiO₂ nanoparticles. *J. Food Sci.* 2020;85:1193-1202.
90. Hampoelz B, Schwarz A, Ronchi P, Bragulat-Teixidor H, Tischer C, Gaspar I, Ephrussi A, Schwab Y, Beck M. Nuclear pores assemble from Nucleoporin condensates during oogenesis. *Cell*. 2019;179(3):671-86.
91. Harris ED. Cellular copper transport and metabolism, *Annu. Rev. Nutr.* 2000;(20):291-310.
92. Hartfelder K, Bitondi M, Brent CS, Guidugli-Lazzarini KR, Simoes ZL, Stabeniner A. Physiology and biochemistry of honey bees. *Journal of Apicultural Research* [Internet]. 2015 [cited 2015 Apr 02];7:504-8. Available from: doi: <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.06>
93. Hartfelder K, Tiberio GJ, Lago DC, Dallacqua RP, Bitondi MMG. The ovary and its genes-developmental processes underlying the establishment and function of a highly divergent reproductive system in the female castes of the honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie* [Internet]. 2018;49:49-70. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0548-9>
94. Hendriksma HP, Shafir S. Honey bee foragers balance colony nutritional deficiencies. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 2017;70:509-17.
95. Hepburn HR, Pirk CWW, Duangphakdee O. Honeybee Nests. Composition, Structure, Function. Springer; 2014. 389 p.

96. Hill GM, Cromwell GL, Crenshaw TD, Dove CR, Ewan RC, Knabe DA, Lewis AJ, Libal GW, Mahan DC, Shurson GC, Southern LL, Veum TL. Growth promotion effects and plasma changes from feeding high dietary concentrations of zinc and copper to weanling pigs (regional study). *Journal of Animal Science*. 2000;78:1010-1016.
97. Hogberg O, Canibe N, Poulsen HD, Hedemann MS, Jensen BB. Influence of dietary zinc oxide and copper sulphate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets. *Applied and Environmental Microbiology*. 2005;71:2267-77.
98. Hoshno A, Fujioka K, Oku T. Physicochemical Properties and Cellular Toxicity of Nanocrystal Quantum Dots Depend on their Surface Modification, *Nano Letters*. 2004;4(11):2163-9.
99. Hsieh, YS., Hsu, CY. The changes of age-related molecules in the trophocytes and fat cells of queen honeybees (*Apis mellifera*). *Apidologie*. 2011;42:728–739
100. Hudz N, Ivanova R, Brindza J, Grygorieva O, Schubertová Z, Ivanišová E. Approaches to the determination of antioxidant activity of extracts from bee bread and safflower leaves and flowers. *Potravinárstvo: Slovak Journal of Food Sciences*. 2017;11:480-8.
101. Hulbert AJ, Abbott SK. Nutritional ecology of essential fatty acids: an evolutionary perspective. *Australian J. of Zoology*. 2011;59(6):369-79.
102. Hulbert AJ, Kelly MA, Abbott SK. Polyunsaturated fats, membrane lipids and animal longevity. *J. of Comparative Physiology B: biochemical, systemic, and environmental physiology*. 2014;184(2):149-66.
103. Hulbert AJ. Metabolism and longevity: Is there a role for membrane fatty acids? *Integrative and Comparative Biology*. 2010;50(5):808-17.
104. Hung KLJ, Kingston JM, Albrecht M, Holway DA, Kohn JR. The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. [Internet] 2018; 285(1870) [cited 2018 Jan 10]; Available from: <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2140>
105. Hungerford NL, Tinggi U, Tan BLL, Farrell M, Fletcher MT. Mineral and trace element analysis of australian/queensland *Apis mellifera* honey.

- International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(17):6304.
106. Isidorov VA, Isidorova AG, Szczepaniak L, Czyżewska U. Gas chromatographic-mass spectrometric investigation of the chemical composition of honeycomb. *Food Chemistry*. 2009;115:1056-63.
 107. Ivanišová E, Kačániová M, Frančáková H, Petrová J, Hutková J, Brovarskyi V, Velychko S, Adamchuk L, Schubertová Z, Musilová J. Bee bread-perspective source of bioactive compounds for future. *Potravinárstvo*. 2015;1:592-8.
 108. Jackson JT, Tarpy DR, Fahrbach SE. Histological estimates of ovariole number in honey bee queens, *Apis mellifera*, reveal lack of correlation with other queen quality measures. *Journal of Insect*. 2011;11(82). Available from: <https://doi:10.1673/031.011.8201>
 109. Jeliaskova I, Dinkov D, Rusev V, Vashin I. Effect of feeding bees with sugar solution (1:1) and Isosweet on some qualitative parameters of Honey. *Agrarian sciences Trematology*, 2002;2:300-3.
 110. Jian WY, Rana SY. Two-stage DNA compaction induced by silver ions suggests a cooperative binding mechanism. *J. Chem. Phys.* [Internet]. 2018 [cited 2018 May 24 9];148(20):205102 Available from: <https://doi.org/10.1063/1.5025348>
 111. Johnson BR. Division of labor in honeybees: form, function, and proximate mechanisms. *Behav Ecol Sociobiol*. 2010;64(3):305-16.
 112. Jovetic MS, Redzepovic AS, Nedic NM, Vojt D, Durdic SZ, Brceski ID, Milojkovic-Opsenica DM, Urban honey - The aspects of its safety. *Arch. Ind. Hyg. Toxicol*. 2018;69:264-74.
 113. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. 4th edition. Boca Raton, FL: CRC Press; 2011. 548 p.
 114. Kadhim K. Ghudhaib, Leka'aM. Ibrahim, Eaman A. Al-Rubae, Zainab A. Salma. Assessment of ZnO Nanoparticles Effect on AST Activity in Saliva of Patients with Chronic periodontitis: in vitro study. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci*. 2016;3(6):179-86.

115. Kaiser JP, Roesslein M, Diener L, Wichser A, Nowack B, Wick P. Cytotoxic effects of nanosilver are highly dependent on the chloride concentration and the presence of organic compounds in the cell culture media. *J Nanobiotechnology*. 2017;15(1):5.
116. Kasyanenko NA, Andreeva AA, Baryshev AV, Bakulev VM, Likhodeeva MN, Vorontsov-Velyaminov PN. DNA Integration with Silver and Gold Nanoparticles: Enhancement of DNA Optical Anisotropy. *Journal of Physical Chemistry B*. 2019;123(45):9557-66.
117. Kedziora A., Speruda M., Krzyzewska E., Rybka J., LukowiK A., Bugla-Płoskonska G. Similarities and differences between silver ions and silver in nanoforms as antibacterial agents. *Int. J. Mol. Sci.* 2018;19:444. doi:10.3390/ijms19020444
118. Khryapa YM, Tikhonov OI. Development of the composition and technology of suppositories with bee-bread. *Вісник фармації*. 2013;2(74):3-5.
119. Klowden MJ. *Physiological systems in insects*. Elsevier Inc.; 2013. 682 p.
120. Koeniger N. Reproductive isolation among species of the genus *Apis*. *Apidologie*. 2000;31:313-39.
121. Kong IC, Ko KS, Koh DC. Evaluation of the Effects of Particle Sizes of Silver Nanoparticles on Various Biological Systems *Int J Mol Sci*. [Internet]. 2020 [cited 2020 Nov 11];21(22):8465. Available from: <https://doi:10.3390/ijms21228465>
122. Korolenko T, Dmytrukha N, Marchenko M. Assessment of biological activity of Cu, Zn, Fe, Mg citrates, produced in nanotechnology by in vitro studies. Book of abstracts Ukrainian German symposium on physics and chemistry of nanostructures and on nanobiotechnology, Beregove, the Crimea; 2010. p. 257
123. Koudjil M, Doumandji SE. Caractérisation ultrastructurale des stades ovariens de l'abeille ouvrière mellifère, *Apis mellifera mellifera* Linné (Hymenoptera, Apidae). *Comptes Rendus Biologies*. 2008;331(3):185-97.
124. Kovac H, Stabentheiner A, Hetz SK, Petz M, Crailsheim K. Respiration of resting honeybees. *J Insect Physiol*. 2007;53(12):1250-61.

125. Kovalchuk I, Dvylyuk II, Lecyk Y, Dvylyk IV, Gutyj B. 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):177-81.
126. Kovalchuk II, Kaplunenko VG, Pashchenko AG, Dvylyuk II, Kykish IB. Trace elements of bees tissues after feeding by citrate-based mineral and hydrocarbon complexes. 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. p. 35.
127. Kozhanova NI, Gruzova MN. Differentiation of oocytes and trophocytes in insect ovaries with different ovariole structures. *Tsitologiya*. 1975;17(6):607-14.
128. Krol A. Witamina B1 w zywieniu pszczol. *Pszczelarstwo*. 1999;50(7):5.
129. Kumari I, Kumar R. Pollen substitute diet for *apis mellifera*: Consumption and effects on colony parameters in sub-tropical himalaya. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2019;54(2):147-153.
130. Kunert K, Crailsheim K. Season changes in carbohydrate, lipid and protein content in emerging worker honeybees and their mortality. *Journal of Apicultural Research*. 1988;27:13-21.
131. Kunieda T, Fujiyuki T, Kucharski R, Foret S, Ament SA, Toth AL et al. Carbohydrate metabolism genes and pathways in insects: insights from the honey bee genome. *Insect Molecular Biology*. 2006;15(5):563-76.
132. Lau P, Bryant V, Ellis JD, Huang ZY., Sullivan J, Schmehl DR, Cabrera AR, Rang J. Seasonal variation of pollen collected by honey bees (*Apis mellifera*) in developed areas across four regions in the United States. *PLoS ONE*. 2019;14(6):40-64
133. Lee IC, Ko JW, Park SH, Shin NR, Shin IS, Moon C, Kim JH, Kim HC, Kim JC. Comparative toxicity and biodistribution assessments in rats following subchronic oral exposure to copper nanoparticles and microparticles. *Part Fibre Toxicol*. 2016;13:56). doi: <https://doi.org/10.1186/s12989-016-0169-x>

134. Lee KV, Goblirsch M, McDermott E, Tarpy DR, Spivak M. Is the Brood Pattern within a Honey Bee Colony a Reliable Indicator of Queen Quality? *Insects*. 2019;10(1):12.
135. Leja M, Mareczka A, Wyżgolika G, Klepacz-Baniak J, Czekońska K. Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry*. 2007;100:237-40
136. Leme B, Bianchi SR, Carneiro RL, Nogueira AR. Optimization of sample preparation in the determination of minerals and trace elements in honey by ICP-MS. *Food Analytical Methods*. 2014;7(5),1009-15.
137. Liao C, Li Y, Tjong SC. Bactericidal and cytotoxic properties of silver nanoparticles. *Int J Mol Sci*. 2019;20(2):449. Published 2019 Jan 21. doi:10.3390/ijms20020449
138. Liao C, Xu Y, Sun Y, Lehnert MS, Wuweikai Xiang W, Wu J, Wu Z. Feeding behavior of honey bees on dry sugar. *Journal of Insect Physiology* [Internet]. 2020 [cited 2020 May 21]; 124. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2020.104059>
139. Liao LH, Wu WY, Berenbaum MR. Behavioral responses of honey bees (*Apis mellifera*) to natural and synthetic xenobiotics in food. *Scientific Reports*. 2017;7 <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15066-5>
140. Linder MC, Woolen L, Cervesa P. Copper transport. *Am J. Clin. Nutr*. 1998;(67):965-71.
141. Linder MC. Handbook of copper pharmacology and toxicology. Human Press Inc. Totowa, NS; 2002. p.3-32
142. Lipiński Z. Honey Bee Nutrition and Feeding. Olsztyn: OZGraf SA; 2018, 430 p.
143. Lois AN, Jaffe B, Guédot C. Supplemental feeding solutions do not improve honey bee (Hymenoptera: Apidae) foraging on cranberry (*Vaccinium macrocarpon*). *Journal of Apicultural Research*. 2020;59(5):783-790.

144. Long YM, Hu LG, Yan XT, Zhao XC, Zhou QF, Cai Y, Jiang GB. Surface ligand controls silver ion release of nanosilver and its antibacterial activity against *Escherichia coli*. *Int J Nanomedicine*. 2017;12:3193-206.
145. Ma L, Wang Y, Hang X. Nutritional effect of alpha-linolenic acid on honey bee colony development (*Apis mellifera* L.). *J. of Apicultural Science*. 2015;59(2):63-72.
146. Majerowicz D, Gondim K. Recent Trends in Gene Expression. Nova Science Publishers, Inc; 2013. Ch. 7, Insect Lipid Metabolism: Insights into Gene Expression Regulation; p. 147-190.
147. Mamta TVN Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2020;98:82-106.
148. Manning R. Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees. *Bee World*. 2015;82(2):60-75.
149. Manning R. Artificial feeding of honeybees based on an understanding of nutritional principles. *Anim. Prod. Sci*. 2016;58:689-703.
150. Manning R. The effect of high and low fat pollens on honeybee longevity. Rural Industries Research and Development Corporation; 2008. 92 c.
151. Markowicz Bastos DH, Barth OM, Rocha CI, Silva Cunha IB, Oliveira Carvahlo P, Solva Torres E, Michelan M. Fatty acid composition and palynological analysis of bee (*Apis*) loads in the state of Sao Paulo and Minas Gerais, Brazil. *Journal of Apicultural Research*. 2004;43(2):35-9.
152. Martin N, Hulbert AJ, Brenner GC, Brown SHJ, Mitchell TW, Else PL. Honey bee caste lipidomics in relation to life-history stage and the long life of the queen. *Journal of Experimental Biology*. 2019; 222: jeb207043 doi: 10.1242/jeb.207043 Published 16 December 2019
153. Matteis V, Malvindi MA, Galeone A, Brunetti V, Luca E, Kote S, Kshirsagar P, Sabella S, Bardi G, Pompa PP. Negligible particle-specific toxicity mechanism of silver nanoparticles: The role of Ag⁺ ion release in the cytosol. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. 2015;11(3): 731-739.

154. Melo AAM, Estevinho MLMF, Sattler JAG, Souza BR, da Silva Freitas A, Barth OM, Almeida-Muradian LB. Effect of processing conditions on characteristics of dehydrated bee-pollen and correlation between quality parameters. *LWT-Food Science and Technology*. 2016;65:808-15.
155. Mittal D, Kaur G, Singh P, Yadav K, Azmal Ali S. Nanoparticle-Based Sustainable Agriculture and Food Science: Recent Advances and Future Outlook. *Frontiers in Nanotechnology* [Internet]. 2020 [cited 2020 Dec 04];2:10. Available from: <https://doi.org/10.3389/fnano.2020.579954>
156. Mohamed MI. Khaled AS, Fattah HML, Hussein MA, Salem DAM, Fawki S. Ultrastructure and histopathological alteration in the ovaries of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera, Chrysomelidae) induced by the solar radiation. *The Journal of Basic & Applied Zoology*. 2015;68:19-32.
157. Molnár S, Juhász Á, Szalontai H. Development of a Bee Feeding Procedure to Support Bee Health Protection. *Acta Carolus Robertus*. 2020:71-77.
158. Morris D, Ansar M, Speshock J, Ivanciuc T, Qu Y, Casola A, Garofalo R. Antiviral and immunomodulatory activity of silver nanoparticles in experimental RSV infection. *Viruses*. 2019;11:732.
159. Mortensen AN, Jack CJ, Bustamante TA, Schmehl DR, Ellis JD. Effects of supplemental pollen feeding on honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony strength and *Nosema* spp. Infection. *Journal of Economic Entomology*. 2019;112(1):60-66. <https://doi.org/10.1093/jee/toy341>
160. Moumeh B, Dolores Garrido M, Diaz P, Peñaranda I, Linares MB. Chemical analysis and sensory evaluation of honey produced by honeybee colonies fed with different sugar pastes. *Food Sci Nutr*. 2020;8 (11):5823-5831.
161. Muammer K, Oznur K, Nazife E, Sibel S. Fatty acid and Proximale Composition of Bee Bread. *Food Technol Biotechnol*. 2016;54(4):497-504.
162. Nascimento Júnior WJ, Silva MGC, Vieira MGA. Competitive fixed-bed biosorption of Ag(I) and Cu(II) ions on *Sargassum filipendula* seaweed waste. *Journal of Water Process Engineering* [Internet]. 2020 [cited 2020 Aug 10];36. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101294>

163. Nedashkivskyi VM, Hutsol HV. The effectiveness of using protein mixed feed in feeding honey bees. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2020;3(1):34-37.
164. Nesli S, Josef L. Nanotechnology and its application in the food Sector. *Trends in Biotechnol*. 2009;27:82-9.
165. Noureen A, Jabeen F, Tabish TA, Ali M, Iqbal R, Yaqub S, Shakoor Chaudhry A. Histopathological changes and antioxidant responses in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to copper nanoparticles. *Drug Chem Toxicol*. [Internet]. 2019 [cited 2019 May 15]:1-8. Available from: <https://doi.org/10.1080/01480545.2019.1606233>
166. Oberdorster G, Maynard A, Donaldson K. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. *Particle, Fibre Toxicology*. 2005;2(8):235-46.
167. Ostaszewska T, Chojnacki M, Kamaszewski M, Sawosz-Chwalibóg E. Histopathological effects of silver and copper nanoparticles on the epidermis, gills, and liver of Siberian sturgeon. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016;23:1621-33.
168. Page RE Jr, Rueppell O, Amdam GV. Genetics of reproduction and regulation of honeybee (*Apis mellifera* L.) social behavior. *Annual review of genetics*. 2012;46:97–119.
169. Panacek A, Kvitek L, Smekalova M, Vecerova R, Kolar M, Roderova M. et al. Bacterial resistance to silver nanoparticles and how to overcome it. *Nat Nanotechnol*. 2018;13:65-71.
170. Papežíková I, Palíková M, Syrová E, Zachová A, Somerlíková K, Kováčová V, Pecková L. Effect of feeding honey bee (*Apis mellifera* Hymenoptera: Apidae) colonies with honey, sugar solution, inverted sugar, and wheat starch syrup on nosematosis prevalence and intensity. *Journal of Economic Entomology*. 2019;113(1):26-33. Available from: <https://doi.org/10.1093/jee/toz251>

171. Petz M, Stabentheiner A, Crailsheim K. Respiration of individual honeybee larvae in relation to age and ambient temperature. *Journal of Comparative Physiology B*. 2004;174:511-8.
172. Pinto LZ, Bitondi MM, Simoes ZL. Inhibition of vitellogenin synthesis in *Apis mellifera* workers by a juvenile hormone analogue, pyriproxyfen. *J. Insect Physiol.* 2000;46:153-60.
173. Pirk CW, Neumann P, Hepburn R, Moritz RF, Tautz J. (2004). Egg viability and worker policing in honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2004;101(23):8649-51. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402506101>
174. Pirk CWW, Boodhoo C, Human H, Nicolson SW. The importance of protein type and protein to carbohydrate ratio for survival and ovarian activation of caged honeybees *Apis mellifera scutellata*. *Apidologie*. 2010;41:62-72.
175. Potts S, Roberts S, Dean R, Marris G, Brown M, Jones R, Neumann P, Settele J. Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *J. Apic. Res.* 2010;49:15.
176. Pudasaini R, Dhital B, Chaudhary S. Nutritional requirement and its role on honeybee: a review. *janr* [Internet]. 2020 [cited 2020 Oct 30];3(2):321-34. Available from: <https://www.nepjol.info/index.php/janr/article/view/32544>
177. Puškadija Z, Biber L, Kovačić M. Late winter feeding stimulates rapid spring development of carniolan honey bee colonies (*Apis Mellifera carnica*). *Poljoprivreda*. 2017;23 (2):73-76.
178. Quinteros MA, Viviana CA, Onnainty R, Mary VS, Theumer MG, Granero GE, et al. Biosynthesized silver nanoparticles: Decoding their mechanism of action in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *The international journal of biochemistry & cell biology*. 2018;104:87-93.
179. Rabiee F, Modaresi M, Gheisari A. The effect to various oleic acid levels on reproductive parameters in queen bee. *Der Pharmacia Lettre*. 2015;7(12):326-31.
180. Raes H, Cornelis R, Rzeznik U. Distribution, accumulation and depuration of administered lead in adult honeybees. *Sci. Total Environ*. 1992;113(3):269-79.

181. Raetz CRH, Dowhan W. Biosynthesis and function of phospholipids in *Escherichia coli*. *J. Biol. Chem.* 1990;265:1235-8.
182. Rai M., Ingle A.P., Pandit R., Paralikar P., Shende S., Gupta I., Biswas J.K., Silvério da Silva S. Copper and copper nanoparticles: Role in management of insect-pests and pathogenic microbes. *Nanotechnol. Rev.* 2018;7:303–315. doi: 10.1515/ntrev-2018-0031.
183. Rajak A. Nanotechnology and Its Application. *J. Nanomed. Nanotechnol.* 2018;9:502. doi: 10.4172/2157-7439.1000502.
184. Rangel J, Boroczky K, Schal C, Tarpy D. Honey Bee (*Apis mellifera*) Queen Reproductive Potential Affects Queen Mandibular Gland Pheromone Composition and Worker Retinue Response. *Plos One.* 2016;11(6).
185. Rangel J, Fisher A. Factors affecting the reproductive health of honey bee (*Apis mellifera*) drones-a review. *Apidologie.* 2019;50:759-78.
186. Rangel J, Keller J, Tarpy D. The effects of honey bee (*Apis mellifera* L.) queen reproductive potential on colony growth. *Insect Soc.* 2013;60:65-73.
187. Ricigliano VA, Anderson KE. Probing the honey bee diet-microbiota-host axis using pollen restriction and organic acid feeding. *Insects* [Internet]. 2020 [cited 2020 May 09];11(5):291. <https://doi.org/10.3390/insects11050291>
188. Roman A. Levels of Copper, Selenium, Lead, and Cadmium in Forager Bees. *Polish Journal of Environmental Studies.* 2010;19(3):663-9.
189. Ronai I, Barton DA, Oldroyd BP, Vergoz V. Regulation of oogenesis in honey bee workers via programmed cell death. *Journal of Insect Physiology.* 2015;81:36-41.
190. Rueppell O, Aumer D, Moritz RFA. Ties between ageing plasticity and reproductive physiology in honey bees (*Apis mellifera*) reveal a positive relation between fecundity and longevity as consequence of advanced social evolution. *Current Opinion in Insect Science.* 2016;16:64-68 Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.05.009>.
191. Sager M. Major Minerals and Trace Elements in Different Honeys. *Bee World.* 2020;97(3):70-74.

192. Salleh A, Naomi R, Utami ND, Mohammad AW, Mahmoudi E, Mustafa N, Fauzi MB. The potential of silver nanoparticles for antiviral and antibacterial applications: a mechanism of action. *Nanomaterials*. 2020; 10(8):1566.
193. Sanfins E, Augustsson C, Dahlbäck B, Linse S, Cedervall T. Size-dependent effects of nanoparticles on enzymes in the blood coagulation cascade. *Nano Lett*. 2014;14(8):4736-44.
194. Scholz MBDS, Quinhone Júnior A, Delamuta BH, Nakamura JM, Baudraz MC, Reis MO, Kato T, Pedrão MR, Dias LF, Dos Santos DTR, Kitzberger CSG, Bianchini FP Indication of the geographical origin of honey using its physicochemical characteristics and multivariate analysis. *J Food Sci Technol*. 2020;57(5):1896-903.
195. Seehuus SC, Norberg K, Krekling T, Fondrk K, Amdam GV. Immunogold localization of vitellogenin in the ovaries, hypopharyngeal glands and head fat bodies of honeybee workers, *Apis mellifera*. *J. Insect Physiol*. 2007;7:52.
196. Seeley TD, Fell RD. Queen substance production in honey bee (*Apis mellifera*) colonies preparing to swarm (Hymenoptera: Apidae). *J Kans Ent Soc*. 1981;54:192–196.
197. Shaker A.M., Zaki Elham A.H., Abdel-Rahim F., Khedr M.H. Novel CuO nanoparticles for pest management and pesticides photodegradation. *Adv. Environ. Biol*. 2016;10:274–283.
198. Shanmuganathan R, Karuppusamy I, Saravanan M, Muthukumar H, Ponnuchamy K, Ramkumar VS. et al. Synthesis of Silver Nanoparticles and their Biomedical Applications - A Comprehensive Review. *Curr Pharm Des*. 2019;25:2650-2660
199. Siddiqi K.S., Husen A., Rao R.A. A review on biosynthesis of silver nanoparticles and their biocidal properties. *J. Nanobiotechnol*. 2018;16:14. doi: 10.1186/s12951-018-0334-5.
200. Silva-Zacarin ECM, Chauzat MP, Zeggane S, Drajnudel P, Schurr F, Faucon J. P, Malaspina O, Engler JA. Protocol for optimization of histological, histochemical and immunohistochemical analyses of larval tissues: application in

- histopathology of honey bee. *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology*; 2012. 696-703.
201. Singh S, Nalwa HS. Nanotechnology and Health Safety - Toxicity and Risk Assessments of Nanostructured Materials on Human Health. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 2007;7(9):3048-3070.
 202. Smith KE, Weis D, Amini M, Shiel AE, Lai VWM, Gordon K. Honey as a biomonitor for a changing world. *Nat. Sustain.* 2019;2: 223-32.
 203. Solayman M, Islam MA, Paul S, Ali Y, Khalil MI, Alam N, Gan SH. Physicochemical properties, minerals, trace elements, and heavy metals in honey of different origins: a comprehensive review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2016;15, 219–233. Available from: <https://doi:10.1111/1541-4337.12182>
 204. Souza DA, Bezzera-Laure MAF, Franco TM, Gonçalves LS. Experimental evaluation of the reproductive quality of Africanized queen bees (*Apis mellifera*) on the basis of body weight at emergence. *Genetics and Molecular Research*. 2013;12(4):5382-91.
 205. Souza DA, Huang MH, Tarpy DR. Experimental improvement of honey bee (*Apis mellifera*) queen quality through nutritional and hormonal supplementation. *Apidologie*. 2019;50(1):14-27.
 206. Søvik Eirik, Perry Clint J., LaMora Angie, Barron Andrew B, Ben-Shahar Yehuda. Negative impact of manganese on honeybee foraging *Biol. Lett.* [Internet]. 2015 [cited 2015 Mar 02]; 11(3). Available from: <http://doi.org/10.1098/rsbl.2014.0989>
 207. Spivak M, Danka RG. Perspectives on hygienic behavior in *Apis mellifera* and other social insects. *Apidologie*. 2020; <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00784-z> Published: 19 November 2020
 208. Squadrone S, Brizio P, Stella C, Mantia M, Pederiva S, Brusa F, Mogliotti P, Garrone A, Abete MC. Trace elements and rare earth elements in honeys from the Balkans, Kazakhstan, Italy, South America, and Tanzania. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2020;27: 12646-57.

209. Stephan JG, Lamei S, Pettis JS, Riesbeck K, Miranda JR, Forsgren E. Honeybee-specific lactic acid bacterium supplements have no effect on American foulbrood-infected honeybee colonies. *Applied and Environmental Microbiology* [Internet]. 2019 [cited 2019 Jun];85(13). Available from:<https://doi.org/10.1128/AEM.00606-19>
210. Stevanovic J, Stanimirovic Z, Simeunovic P, Lakic N, Radovic I, Sokovic M, Griensven LJV. The effects of *Agaricus brasiliensis* extract supplementation on honey bee colonies. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2018;90(1):219-229.
211. Szcesna T. Long-chain fatty acids composition of honeybee-collected pollen. *Journal of Apicultural Science*. 2006;50(2):65-79.
212. Tanaka ED, Hartfelder K. The initial stages of oogenesis and their relation to differential fertility in the honey bee (*Apis mellifera*) castes. *Arthropod Structure & Development*. 2004;33(4):431-42.
213. Tanaka ED, Santana WC, Hartfelder K. Ovariole structure and oogenesis in queens and workers of the stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) kept under different social conditions. *Apidologie*. 2009;40(2):163-77.
214. Tarpy DR, Simone-Finstrom M, Linksvayer TA. Honey bee colonies regulate queen reproductive traits by controlling which queens survive to adulthood. *Insectes Sociaux*. 2016;63:169-74.
215. Tawfik AI, Ahmed ZH, Abdel-Rahman MF, Moustafa AM. Influence of winter feeding on colony development and the antioxidant system of the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*. 2020;59(5):752-763.
216. Taylor A. Detection and monitoring of disorders of essential trace elements. *Ann. Clin. Biochem*. 1996;33:486-510.
217. Toth AL, Robinson GE. Worker nutrition and division of labour in honeybees. *Anim. Behav*. 2005;69:427-35.

218. Toth, A., Kantarovich L. S., Meisel A. F., Robinson G.E. Nutritional status influences socially regulated foraging ontogeny in honey bees. *Journal of Experimental Biology*. 2005;208:4641-49.
219. Tunçsoy M, Duran S, Ay Ö, Cıkcık B. Effects of copper oxide nanoparticles on antioxidant enzyme activities and on tissue accumulation of oreochromis niloticus. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2017;99:360-64.
220. Uršulin-Trstenjak N, Puntarić D, Levanić D, Gvozdić V, Pavlek Ž, Puntarić A, Puntarić E, Puntarić I, Vidosavljević D, Lasić D, Vidosavljević M. Pollen, Physicochemical, and Mineral Analysis of Croatian Acacia Honey Samples: Applicability for Identification of Botanical and Geographical Origin. *J. Food Qual*. 2017;2017:11.
221. Virgiliou C, Kanelis D, Pina A, Gika H, Tananaki C, Zotou A, Theodoridis G. A targeted approach for studying the effect of sugar bee feeding on the metabolic profile of Royal Jelly. *Journal of Chromatography [Internet]*. 2019 [cited 2019 Dec 16]; 1616:460783. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460783>
222. Vorlová L, Čelechovská O. Activity of Enzymes and Trace Element Content in the Bee Honey. *Acta Vet. Brno*. 2002;71:375-78.
223. Vrcek IV, Zuntar I, Petlevski R, Pavicic I, Dutour Sikiric M, Curlin M, et al. Comparison of in vitro toxicity of silver ions and silver nanoparticles on human hepatoma cells. *Environmental toxicology*. 2016;31(6):679-92.
224. Wang E, Huang Y, Du Q, Sun Y. Silver nanoparticle induced toxicity to human sperm by increasing ROS(reactive oxygen species) production and DNA damage. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2017;52:193-9.
225. Wang J, Shu K, Zhang L, Si Y. Effects of silver nanoparticles on soil microbial communities and bacterial nitrification in suburban vegetable soils. *Pedosphere*. 2017;27(3):482-90.
226. Wang S. Lipolysis and the integrated physiology of lipid energy metabolism. *Molecular Genetics and Metabolism*. 2008;95(3):117-26.

227. Weingand KW, Daggy BP. Effects of dietary cholesterol and fasting on hamster plasma lipoprotein lipids. *Eur. J. Clin. Chim. Clin. Biochem.* 1991;(29):425-8.
228. Wright GA, Nicolson SW, Shafir S. Nutritional physiology and ecology of honey bees. *Annu. Rev. Entomol.* 2018;7;63:327-344.
229. Wu Y, Zheng H, Corona M. Comparative transcriptome analysis on the synthesis pathway of honey bee (*Apis mellifera*) mandibular gland secretions. *Scientific Reports.* 2017;7(1):4530.
230. Wu YH, Ho SY, Wang BJ, Wang YJ. The recent progress in nanotoxicology and nanosafety from the point of view of both toxicology and ecotoxicology. *Int J Mol Sci.* [Internet]. 2020 [cited 2020 Jun 12];21(12):4209. Available from: <https://doi:10.3390/ijms21124209>
231. Xie Y, Tian F, Liu W, Zhang Y, Xue J, Zhao Y, Wu J. The wax glands and wax secretion of *Matsucoccus matsumurae* at different development stages *Arthropod Struct Dev.* 2014;43(3):193-204.
232. Xu JY, Zhang H. Long-term effects of silver nanoparticles on the abundance and activity of soil microbiome. *J. Environ. Sci. (China).* 2018;69:3-4.
233. Xu L, Wang YY, Huang J, Chen CY, Wang ZX, Xie H. Silver nanoparticles: Synthesis, medical applications and biosafety. *Theranostics* 2020;10(20):8996-9031.
234. Yagound B, Duncan M, Chapman NC, Oldroyd BP. Oldroyd Subfamily dependent alternative reproductive strategies in worker honeybees. *Molecular Ecology.* 2017;26(24):6938-47.
235. Yang Y, Qin Z, Zeng W, Yang T, Cao Y, Mei C, Kuang Y. Toxicity assessment of nanoparticles in various systems and organs. *Nanotechnology Reviews.* 2017;6(3):279-289.
236. Yaqoob AA, Umar K, Ibrahim MNM. Silver nanoparticles: various methods of synthesis, size affecting factors and their potential applications—a review. *Applied Nanoscience.* 2020;10:1369-78.
237. Young RS. Cobalt. *Biochem. essent. ultratrace elem*; 1985. P. 133-147.

238. Zahra A, Tallal M. Impact of pollen supplements and vitamins on the development of hypopharyngeal glands and on brood area in honey bees. *Journal of Apicultural Science*. 2008;52(2):5-12
239. Zhang L, Wu L, Si Y, Shu K. Size-dependent cytotoxicity of silver nanoparticles to *Azotobacter vinelandii*: Growth inhibition, cell injury, oxidative stress and internalization. *PLoS ONE*. 2018;13(12).
240. Zhang Y, Xie Y, Xue J, Fu X, Liu W. The structure of integument and wax glands of *Phenacoccus fraxinus* (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae). *Dongwuxue Yanjiu*. 2012;33(E1-2):e13-7.
241. Zhelyazkova I, Marinova M, Gurgulova K. Changes in the quantity of metals in the hemolymph of worker bees fed micro-element contaminated sugar solution. *Uludag Bee J*. 2004;4(2):77-80.
242. Авцын АП, Жаворонков АА, Риш МА, Строчкова ЛС. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина; 1991. 496 с.
243. Аганин АВ. Мед и его исследование. Издательство Саратовского университета; 1985. с. 148-152.
244. Адамчук ЛО, Бріндза Я, Білоцерківець ТІ. Дослідження перги різного ботанічного походження. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2015;223:46-51.
245. Адамчук ЛО. Етологія бджіл-пилкозбиральниць на різних типах суцвіть. Зб. наукових праць. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Кам'янець-Подільський. 2013;21:3-5.
246. Адамчук ЛО. Ефективне використання бджіл для запилення садів та ягідників: методичні рекомендації. Київ: СТ-Друк; 2020. 130 с.
247. Алексеев ЮВ. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат; 1987. 142 с.

248. Антимиров СВ. Влияние стимулирующих подкормок на летную деятельность семей пчел при различных типах медосбора. Докл. ТСХА РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2007;279(2):97-100.
249. Аретинська ТБ, Трокоз ВО, Каплуненко ВГ, Косінов МВ, Черниш ОА. Використання нанокарбоксилатів металів для оздоровлення популяції дубового шовкопряда. Біоресурси і природокористування. 2012;4(1-2):5-9.
250. Арнаута ОВ, Томчук ВА, Бернатович ОВ. Особливості нормативного забезпечення якості та безпечності бджолиного меду в Україні і ЄС на етапах його виробництва та реалізації. Науковий вісник ЛНАУ: ветеринарні науки. 2013;53:5-7.
251. Бабенко ГА. Микроэлементозы человека: патогенез, профилактика, лечение. Микроэлементы в медицине. 2001;2(1):2-5.
252. Бабушкина ИВ, Гладкова ЕВ, Мамонова ИА, Норкин ИА, Пучиньян ДМ. Биологическая активность наночастиц меди в эксперименте. Журнал Фундаментальные исследования. 2014;6(6):1204-07.
253. Баглей ОВ. Оцінка екологічного стану територій за допомогою продуктів бджільництва. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах СНД»: Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький; 2013. С. 24.
254. Бармина ИЭ, Маннапов АГ, Карпова Г. В. Стимулирующие подкормки для пчелиных семей с добавлением комплексных аминокислотных и пробиотических препаратов. Вестник ОГУ. 2011;2(131):376-7.
255. Бей-Биенко ГЯ. Общая энтомология. М.: Высш. шк.; 1980. 159 с.
256. Беленічев ІФ, Коваленко СІ, Дунаєв ВВ. Антиоксиданти: сучасне уявлення, перспективи створення. Ліки. 2002;1:25-9.
257. Бенковская ГВ, Салтыкова ЕС, Николенко АГ, Харисов РЯ, Ишмуратова НМ, Ишмуратов ГЮ. Синтетические адаптогены и биостимуляторы для пчел. Пчеловодство. 2003;1:21.

258. Бербек ВЛ, Тихонов ОІ, Котенко ОМ. Фізико-хімічні дослідження природної лікарської сировини перги. Вісник фармації. 2011;3:20-3.
259. Березов ТТ, Коровкин БФ. Регуляция липидного обмена. Биологическая химия. М.; 2005. 234 с.
260. Благитко ЕМ, Бурмистров ВА, Колесников АП, Михайлов ЮИ, Родионов ПП. Серебро в медицине. Новосибирск, Наука-Центр; 2004. 254 с.
261. Богданов ГО, Поліщук ВП, Локутова ОА. Мінеральні елементи в контексті екологічної оцінки квіткового пилку (бджолиного обніжжя). Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин. 2004;(3):233-40.
262. Богданов ГО, Поліщук ВП, Рівіс ЙФ. Жирні кислоти пилку рослин (бджолиного обніжжя) та їх роль в метаболічних процесах і життєдіяльності бджіл. Біологія тварин. 2003;5(1-2):149-58.
263. Богословская ОА, Глущенко НН, Ольховская ИП. Наночастицы меди - биофункциональные агенты для клеток про- и эукариотов. Тез. конф. «Нанорозмірні системи. Будова- властивості-технології». К.; 2007. с. 413.
264. Богословская ОА, Сизова ЕА, Полякова ВС. Изучение безопасности введения наночастиц меди с различными физико-химическими характеристиками в организм животных. Вестник Оренбургского государственного университета. 2009;2:124-7.
265. Бондарева НВ. Использование медоносных пчел как биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Успехи современного естествознания. 2005;10:5-6.
266. Бондарева НВ. О метаболизме тяжелых металлов в организме пчел. Современные технологии в пчеловодстве. Рыбное; 2004. с. 126-130.
267. Борисевич ВБ, Борисевич БВ, Хомин НМ. Здобутки нанотехнології в лікуванні та профілактиці хвороб тварин. Нановетеринарія (впровадження інноваційних технологій). Київ: ДАІ; 2009. 184 с.
268. Борисевич ВБ, Каплуненко ВГ, Косинов НВ., Борисевич БВ, Сухонос ВП, Хомин НМ, та ін. Наноматериалы и нанотехнологии в ветеринарной практике. К.: ВД «Авицена»; 2012. 512 с.

269. Борисевич ВБ, Каплуненко ВГ, Косінов МВ. Здобутки і проблеми нанотехнологій у ветеринарній практиці. Здоров'я продуктивних тварин. 2011;10:30-1.
270. Брандорф АЗ, Ивойлова ММ, Пральников АВ. Влияние стимулирующей подкормки на секрецию маточного молочка медоносных пчел. Материалы XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию образования кафедр биотехнологии и ветеринарной медицины и кормления и разведения с.-х. животных УО «БГСХА»; 130-летию со дня рождения основателя зоотехнического образования и наук о кормлении с.-х. животных в Белоруссии, доктора с.-х. наук, профессора Николая Васильевича Найденова и 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля наук Республики Беларусь, доктора биологических наук, профессора Юрия Леонидовича Максимова. 2016;19(2):107-10.
271. Брандорф АЗ, Ивойлова ММ, Пральников АВ. Использование стимулирующих подкормок в пчеловодстве. Зоотехническая наука в условиях современных вызовов: Материалы научно-практической конференции с международным участием; 2015. с. 55-58.
272. Брандорф АЗ, Ивойлова ММ. Яйценоскость маток в оценке медопродуктивности и зимостойкости семей. Пчеловодство. 2012;6:16-8.
273. Брандорф АЗ. Особенности воскопродуктивности пчел в Кировской области. Аграрная наука Северо-Востока Европейской части России на рубеже тысячелетий. Сб. научных трудов. Киров. 2000;3(4.2):7-9.
274. Брандорф АЗ. Яйценоскость пчелиных маток среднерусской породы в зависимости от способа получения маток. Научное обеспечение инновационного развития АПК: материалы Всероссийской науч.-практ. конферен. посвященной 90-летию государственности Удмуртии. Ижевск. 2010;2:73-5.
275. Броварський ВД, Адамчук ЛО, Бріндза Я, Михальська ОМ. Ботанічний та біохімічний склад бджолоїної перги одержаної в умовах Лісостепу України. Зб. наук. праць ЖНАУ. Житомир; 2015. 8 с.

276. Броварський ВД, Адамчук ЛО, Брінза Я. Мінеральні речовини перги. Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. 2016;17(1):28-32.
277. Броварський ВД, Адамчук ЛО, Брінза Я. Мінеральні речовини перги. Біологія тварин. 2015;17(4):164.
278. Броварський ВД, Бріндза Я, Величко ВМ. Промислова технологія одержання перги. К.; 2015. 22 с.
279. Броварський ВД, Бріндза Я, Величко СМ. Етологія бджіл при формуванні запасів білкового корму. Зб. наук. праць Словацького аграрного університету «Агробіорізноманіття для покращання харчування, здоров'я і якості життя». Нітра. 2015;(1):65-68.
280. Броварський ВД, Бріндза Я, Колесник АЙ, Величко СМ. Біохімічні процеси в перзі за різних умов обробки та тривалого зберігання. Матеріали Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції «Вода і здоров'я людини», Ужгород; 2013. с. 232-5.
281. Броварський ВД, Бріндза Я, Отченашко ВВ, Повозніков МГ, Адамчук ЛО. Методика дослідної справи у бджільництві: навч. посіб. Київ: Видавничий дім «Вініченко»; 2017. 166 с.
282. Броварський ВД, Головецький П, Штанько ДГ. Екотоксикологічна оцінка впливу пестицидів на медоносних бджіл. Вісник Житомирського агроєкологічного університету (Науково-теоритичний збірник). 2012;1(30):267-270.
283. Бурмистров АН, Кривцов НИ, Лебедев ВИ, Чупахина ОК. Энциклопедия пчеловодства. М.: ТИД Континент-Пресс, Континенталь-Книга; 2006. 330 с.
284. Влізло ВВ, Федорук РС, Ратич ІБ. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник. Львів: СПОЛОМ; 2012. 764 с.
285. Войналович МВ, Броварський ВД. Морфологічні зміни в яєчниках бджолиних маток. Тваринництво України. 2008;10:35-40.

286. Глущенко НН, Арсентьева ИП, Павлов ГВ, Фолманис ГЭ. Использование биологических активных препаратов на основе наночастиц металлов в медицине и сельском хозяйстве. В кн.: Индустрия наносистем и материалы: оценка нынешнего состояния и перспективы развития. М.: Центр «Открытая экономика»; 2006. с. 26-33.
287. Гмошинский ИВ, Ширина ЛИ. Новые источники эссенциальных микроэлементов-антиоксидантов. М.: Миклош; 2009. 208 с.
288. Голоскоков ВГ, Кочергин Б. Влияние микроэлементов на биологические и хозяйственные показатели пчел. Микроэлементы в Сибири. Информ.бюллетень. 1963(2):81-6.
289. Голоскоков ВГ. Влияние марганца и кобальта на жизнедеятельность пчел. Применение микроэлементов в с/х Восточной Сибири и Дальнего Востока. Улан-Уде; 1962. с. 34-35.
290. Голоскоков ВГ. Влияние микроэлементов на морфолого-физиологические показатели и продуктивность пчел. Ульяновск; 1981. с. 10-14.
291. ГОСТ 30178-96. Межгосударственный стандарт «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсических продуктов» Минск, Изд-во стандартов; 2003. 11 с.
292. Гугля ВГ, Мерзляков ОГ. Влияние скармливания нанокompозита серебра несучкам перепелов на их продуктивные и воспроизводительные качества. Достижения науки и техники АПК. 2012;(3):36-9.
293. Гугушвили НН, Мирцхулава ВМ, Кулакова АЛ, Власенко ЮИ, Дегтярева СС, Бандурова НИ. Патент РФ RU № 2256320 МПК А 01 К 67/00, G 01 N 33/52 Способ определения гликогена в экстракте из органов и тканей пчел. Оpubл., 20.07.2005. Бюл. №20/2005.
294. Гуліч МП, Ємченко НЛ, Харченко ОО, Ященко ОВ, Томашевська ЛА, Антомотов МЮ. Продукти нанотехнології: цитрати біметалів (хімічна характеристика, біологічна дія, сфера застосування). Київ: МВЦ «Медінформ»; 2018. 202 с.

295. Данчук ОВ., Карповський ВІ. Ефективність застосування нанопрепарату мікроелементів для корекції активності системи антиоксидантного захисту у свиней різних типів вищої нервової діяльності. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія:Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва. 2017; 273: 39-46.
296. Двилюк П. Мінеральний склад тканин організму медоносних бджіл та їх продукції за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. Вісник ЖНАУ. 2017;49-54.
297. Двилюк ІВ, Ковальчук П, Двилюк П,Червінка КА; заявник і власник Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Патент на корисну модель № 122394 Україна А 01 К 49/00 Спосіб фотометрії запечатаного розплоду бджіл. № u 201705492; заявл. 02.06.2017; опубл. 10.01.2018; Бюл. № 1.
298. Двилюк П, Ковальчук П Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток за підгодівлі наноаквацитратів Ag і Cu. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні проблеми фізіології тварин”; 2016 червня 23-25; Одеса; 2016. с. 14.
299. Двилюк П, Ковальчук П, Двилюк ІВ. Особливості функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за умов згодовування цитратів аргентуму та купруму. Біологія тварин. 2019; 21(3): 33–41.
300. Двилюк П, Ковальчук П, Ковальська ЛМ. 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(72):149-53.
301. Двилюк П, Ковальчук П, Романів ЛІ, Двилюк ІВ. Вплив впоювання препарату «Шумерське срібло» медоносним бджолам на їх життєздатність. Біологія тварин. 2018;20(3):108.
302. Двилюк П, Ковальчук П, Романів ЛІ. Вміст загальних ліпідів і співвідношення їхніх класів за умов підгодівлі цитратами Аргентуму та

- Купруму у тканинах медоносних бджіл і продукції. Збірник наукових праць Подільського аграрно-економічного університету. 2016;24(1):55–61.
303. Двилюк П, Ковальчук П, Романів ЛІ. Вміст ліпідів у тканинах організму медоносних бджіл за умов підгодівлі цитратами Аргентуму і Купруму. Науково-технічний бюллетень ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок. 2018;19(2):58-64.
304. Двилюк П, Ковальчук П, Романів ЛІ. Вплив цитратів Аргентуму та Купруму на рівень ліпідних компонентів в організмі медоносних бджіл. Сучасні аспекти збереження здоров'я людини: збірник праць XI міжнародної міждисциплінарної наук.-практ. конф.; 2018 квітня 13-14. Ужгород; 2018. с. 212-217.
305. Двилюк П, Ковальчук П, Романів ЛІ. Ліпідний склад тканин і продукції бджіл за умов згодовування цитратів Ag і Cu. IX з'їзд Українського ентомологічного товариства; 2018 серпня 20-23; Харків; 2018. с. 37-8.
306. Двилюк П, Ковальчук П. Вміст мікроелементів у тканинах організму медоносних бджіл за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. Науково-технічний бюлетень ДНДКІ. Львів. 2017; 18(2): 83-88.
307. Двилюк П, Ковальчук П. Вміст мінеральних елементів у тканинах організму і продукції медоносних бджіл за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. Збірник матеріалів конференції III Медового форуму «Медова осінь на Львівщині. Прикордонні зустрічі»; 2018 вересня 17-23; Львів, Україна; 2018. с. 21-23.
308. Двилюк П, Ковальчук П. 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). Доступно з: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/issue/view/486>.
309. Двилюк П, Ковальчук П. 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):123-7.
310. Двилюк П, Ковальчук П. Мінеральний склад продукції бджільництва за умов підгодівлі цитратами Аргентуму і Купруму. Біологія тварин. 2017;19(4):105.
311. Двилюк П, Ковальчук П. Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок. м. Львів. 2016;17(2):101-7.
312. Двилюк П, Ковальчук П. Якісні показники меду за умов згодовування наноаквацитратів срібла і міді. Біологія тварин. 2015;17(3):162.
313. Двилюк П. 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 імені С.З. Гжицького. 2018;20(89):89-94.
314. Денисова ЕТ, Белоусова НВ, Денисова ВМ. Применение серебра. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2009;(3):255-77.
315. Дружбяк АЙ, Кирилів ЯІ. Сезонні особливості білкового харчування медоносних бджіл. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2010;12(45):43-7.
316. ДСТУ 4497-2005. Мед натуральний. Технічні умови:.. К. Держспоживстандарт України, 2005. 36с. (Національний стандарт України).
317. Елисеев АФ, Кочетов АС. Использование медоносных пчел и шмелей для опыления овощных культур в защищенном грунте. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева; 2010. 123 с.
318. Еськов ЕК, Еськова МД, Кекина ЕГ, Мазина ГС, Ярошевич ГС. Биологические активные вещества, стимулирующие репродуктивную функцию маток и трутней. Пчеловодство. 2018;4:23-6.
319. Еськов ЕК, Еськова МД, Кекина ЕГ, Мазина ГС, Ярошевич ГС. Стимуляция репродуктивной активности маток микродозами биойода //

- пчеловодство холодного и умеренного климата. Материалы iv международной, vi всероссийской научно-практической конференции; 2016 сентября 2-3; Псков, Россия; 2016. с. 29-32.
320. Еськов ЕК, Еськова МД, Кекина ЕГ. Зависимость плодовитости маток от дозы йода в подкормках пчелиных семей. Пчеловодство. 2017;3:16-8.
321. Еськов ЕК, Еськова МД. Критические уровни накопления свинца и кадмия в теле пчел (*Apis mellifera* L.), модифицирующие их поведение. Успехи современной биологии. 2019;139(2):178-183.
322. Еськов ЕК, Ушарнов ДО, Ярошевич ГС. Сравнительное изучение влияния биологических препаратов и ультрадисперсного селена на плодовитость пчелиных маток. Аграрная Россия. 2012;12:11-3.
323. Еськов ЕК, Ярошевич МД, Еськова МД. Аккумуляция тяжелых металлов в теле пчел. Пчеловодство. 2008;2:14-6.
324. Еськов ЕК., Еськова МД. Этолого-физиологическое реагирование пчел *Apis mellifera* L. на загрязнение свинцом углеводного корма. Изв. РАН. Сер. биол. 2018;45(3):322-325.
325. Жданова ТС. Значение стимулирующих подкормок кобальтом для наращивания пчелиных семей. Отчет лаборатории пчеловодства Татарской с/х опытной станции; 1961. с. 19-23.
326. Жеребкин МВ. Особенности метаболизма липидов в жировом теле пчел при зимовке на воле. М.: Россельхозиздат; 1984. 150 с.
327. Захаренко МО, Шевченко ЛВ, Михальські ВМ. Роль мікроелементів в життєдіяльності тварин. Ветеринарна медицина України. 2004;2:13-6.
328. Захваткин ЮА. 3-38 Курс общей энтомологии. М: Колос; 2001. 376 с.
329. Игнатьева ГИ., Сохликов АБ, Ульянич АС. Апистим препарат для стимуляции развития пчелиных семей. Пчеловодство. 2002;(2):36.
330. Инуе И, Инуе А. Влияние подкормок на зимовку пчелосемей. Материалы 30 Международного конгресса по пчеловодству. Издательство Апимон-дия. Бухарест; 1986. с. 42.

331. Ібатуллін П, Жукорський ОМ. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві. К.:Аграрна наука; 2017. 328 с.
332. Івченко ВМ. Топографія перги в сім'ї медоносної бджоли. Український пасічник. 2002;(1):4-7.
333. Каипкулов РН. Стимулирующие подкормки и качество пчелиных маток. Пчеловодство и апитерапия. 2005;(3):33-5.
334. Калашникова МВ, Сидорова КА. Возможности повышения биоресурсного потенциала пчел Молодой ученый. 2016;12(116):1083-5.
335. Калашникова МВ, Сидорова КА, Пашаян СА, Матвеева АА. Изучение химического состава организма пчел в условиях пригородных пасек. Фундаментальные исследования. 2013;10(9):1983-6
336. Кальницкий БД. Минеральные вещества в кормлении животных. М.: Агропромиздат; 1985. 208 с.
337. Карнаухова ИВ, Ширяева ОЮ. Исследование содержания меди и активности медь-зависимой супероксиддисмутазы в организме человека. Научное обозрение. Биологические науки. 2018;(2):10-14.
338. Касьяненко ВИ, Дубцова ЕА, Комиссаренко ИА. Лечебное действие пыльцы (обножки) и перги при недостаточности питания, метаболическом синдроме и гепатитах неуточненной этиологии. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2011;11:53-8.
339. Кейтс М. Техника липидологии. М.: Мир; 1975. 240 с.
340. Киреева ИМ, Боднарчук ЛИ. Изменения интенсивности некоторых процессов метаболизма на разных этапах онтогенеза пчелы *Megachline Rotundata* Вестник зоологии. 1984;1:72-5.
341. Кісіль ДО. Вплив препарату «Кобацин» на продуктивні показники бджолиних сімей. Ветеринарна біотехнологія, 2018;32(1):352-7.
342. Клим ОЯ. Вміст важких металів і жирних кислот загальних ліпідів у бджолиних стільниках (язиках) в різних природних зонах Карпатського регіону. Бджільництво України. 2018;(3):62-69.

343. Кліценко ГТ, Кулик МФ, Косенко МВ, Лісовенко ВТ. Мінеральне живлення тварин. К.: Світ; 2001, 576 с.
344. Ковалева ЭИ, Албулов АИ, Фролова МА, Елисеев АК, Гринь АВ. Использование белковой подкормки для увеличения силы пчелосемей и их медопродуктивности. Современные проблемы пчеловодства и апитерапии. Рыбное: ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства»; 2019. 125-132.
345. Ковальський ЮВ, Кирилів ЯІ, Ковальська ЛМ. Динаміка загальних ліпідів та їх класів при лікуванні аскосферозу медоносних бджіл Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2010;12(45):93-98.
346. Ковальський ЮВ, Кирилів ЯІ. Вплив замінників пилку на інтенсивність росту бджолиних сімей. Наук. вісн. Львів. нац. академ. ветер. медицини ім. С.З. Гжицького. 2003;5(3):38-42.
347. Ковальський ЮВ, Кирилів ЯІ. Вплив кормової добавки на якість зимівлі бджіл. Науковий вісник національного аграрного університету. НАУ. К. 2004;74:185-90.
348. Ковальський ЮВ, Кирилів ЯІ. Метаболізм нагромадження міді в організмі медоносної бджоли на різних етапах розвитку. Наук. вісн. Львів. нац. академ. ветер. медицини ім. С. З. Гжицького. 2004;6(2, ч. 2.):71-7.
349. Ковальський ЮВ, Кирилів ЯІ. Обмін ліпідів в організмі бджіл. Український пасічник. 2003;3:4-6.
350. Ковальський ЮВ, Ковальська ЛМ, Головач ПІ, Федак ВВ, Дружб'як АЙ. Метаболізм мангану в організмі медоносної бджоли (*Apis mellifera* L.) на різних періодах онтогенезу. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки. 2020;22(93):74-8.
351. Ковальський ЮВ, Ковальська ЛМ, Миронович ГМ. Особливості обміну ліпідів в організмі медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.) за впливу гіпотермічного стресу. Бджільництво України. 2017;2:129-39.
352. Ковальський ЮВ. Фізіолого-біохімічні та продуктивні показники карпатських бджіл за дії аліментарних чинників. [автореферат]. Львів: Інститут біології тварин УААН; 2005. 32 с.

353. Ковальчук ИИ. Содержание тяжелых металлов в тканях организма пчел при скормливании цитрата германия. Микроэлементы в медицине. 2014;15(3):42-7.
354. Ковальчук П, Двилюк П, Пащенко АГ. Вміст мінеральних елементів у меді та його біологічна цінність за умов згодовування бджолам цитратів Со, Ni, Ag і Cu. Вісник аграрної науки. 2018;(8):38-43.
355. Ковальчук П, Двилюк П, Романів ЛІ. Репродуктивна здатність бджолиних маток за підгодівлі цитратами мікроелементів. Бджільництво України. 2017;(2):140-6.
356. Ковальчук П, Двилюк П. Мікроелементи тканин різних анатомічних відділів організму медоносних бджіл за дії цитратів аргентуму і купруму. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні питання сучасної мікроелементології» присвяченої пам'яті академіка Ю.І. Кундієва; 2018 жовтня 4-5; Київ, Україна; 2018. с. 55-56.
357. Ковальчук П, Двилюк П. Мінеральний склад тканин організму медоносних бджіл і стільників за умов підгодівлі цитратами Ag і Cu. Збірник наукових праць ХДЗВА. 2017;34(2):38-42.
358. Ковальчук П, Двилюк П. Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі цитратами Аргентуму і Купруму. Біологія тварин. 2017;19(2):30-6.
359. Ковальчук П, Двилюк П; заявник і власник Інститут біології тварин НААН. Патент на корисну модель № 126794 Україна А 23 К 50/90 Спосіб стимуляції яйцекладки бджолиних маток. № u 201713149; заявл. 29.12.2017; опубл. 10.07.2018; Бюл. № 13.
360. Ковальчук П, Кикіш ІБ, Романів ЛІ. Уміст окремих мікроелементів у тканинах медоносних бджіл за згодовування цукрового сиропу і цитратного мікроелементного комплексу «АВАТАР-ЗАХИСТ» Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. 2017;18(2):89-95.

361. Ковальчук П, Ковальська ЛМ. Мед і методи його дослідження. Методичні рекомендації. Львів; 2014. 44 с.
362. Ковальчук П, Федорук РС, Ковальська ЛМ. Вплив цитратів германію та селену на вміст важких металів в продукції бджільництва. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2014;16(59):146-151.
363. Ковальчук П, Федорук РС, Пащенко АГ. Мінеральний склад тканин медоносних бджіл за умов згодовування цитрату германію. Фізіологічний журнал. 2014;60(3):229.
364. Ковальчук П, Федорук РС. Вміст важких металів у тканинах бджіл та їх продукції залежно від агроекологічних умов Карпатського регіону. Біологія тварин. 2013;15(4):54-65.
365. Ковальчук П, Федорук РС. Медоносні бджоли та мед - біоіндикатори забруднення навколишнього середовища важкими металами. Біологія тварин. 2008;10(1-2):24-32.
366. Ковальчук П. Важкі метали та ліпіди тканин і продукції бджіл за умов традиційного й органічного бджільництва та способи корекції їхніх рівнів. дисертація д-ра вет. наук: 03.00.13, Львів. нац. ун-т вет. медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. Львів; 2015. 400 с.
367. Ковальчук П. Вміст Cd, Pb, і Ni в організмі медоносних бджіл за згодовування цитрату Хрому та Селену. Ветеринарна біотехнологія. 2013;22:219-23.
368. Ковальчук П. Ліпідний склад тканин медоносних бджіл за умов згодовування цитрату хрому та селену. Біологія тварин. 2013;15(1):53-9
369. Ковальчук П. Медоносні бджоли - біоіндикатори вмісту важких металів у біологічних об'єктах довкілля. Методичні рекомендації. Львів; 2013. 42 с.
370. Ковальчук П. Мінеральні елементи в організмі медоносних бджіл за згодовування цитрату селену. Ветеринарна біотехнологія. 2012;21:239-43.
371. Кодесь ЛГ, Бычкова НВ. Миграция тяжелых металлов в продуктах пчеловодства. Пчеловодство, 2010;3:5-6.

372. Козуб МА. Применение стимулирующих подкормок при получении маточного молочка. Пчеловодство. 2014;6:16-7.
373. Колбина ЛМ. Содержание тяжелых металлов в пчелах и продуктах пчеловодства. Экология и охрана окружающей среды: тез. докл. 4-й междунар. (7-й Всерос.) науч.-практ. конф. Рязань; 1998. с. 156-157.
374. Колпакова ВВ, Мартынова ИВ, Невский АА, Чумикина ЛВ. Функциональные свойства растительных белковых композитов и физико-химические характеристики их белков и липидов. Известия вузов. Пищевая технология. 2006;4:36-8.
375. Комлацкий ВИ, Плотников СА. Химический состав меда от пчел разных пород. Пчеловодство. 2006;2:54-56.
376. Комлацкий ВИ, Ширяев ДА. Весенняя подкормка пчел. Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2017; 6(2):183-6.
377. Косінов МВ, Каплуненко ВГ. Патент на корисну модель №38391. МПК (2006). Спосіб отримання карбоксилатів металів «Нанотехнологія отримання карбоксилатів металів». Патентовласники Косінов М. В., Каплуненко В. Г. № u2008 10939. Заявл. 08.09.2008; Опубл. 12.01.2009. Бюл. № 1.
378. Косінов МВ, Каплуненко ВГ. Патент на корисну модель №56188. МПК (2011.01). Спосіб отримання карбоксилату металу з використанням нанотехнології. Патентовласники Косінов М. В., Каплуненко В. Г. № u 2010 05869. Заявл. 17.05.2010; Опубл. 10.01.2011. Бюл. № 1.
379. Косінов МВ, Каплуненко ВГ. Патент України на корисну модель Спосіб отримання аквахелатів нанометалів «Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання аквахелатів нанометалів». №29856 UA. МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Опубл. 25.01.2008. Бюл. № 2/2008.
380. Косінов МВ, Каплуненко ВГ. Патент Україні на корисну модель №28222. Спосіб отримання наноматеріалу з біоцидними властивостями “Шумерське

- срібло”; МПК (2006): C02F 1/50, B22F 9/16. Опубл. 26.11.2007, бюл. № 19/2007.
381. Косінов МВ, Каплуненко ВГ. Патент Україні на корисну модель №28910. Наноматеріал з біоцидними властивостями “Шумерське срібло”; МПК (2006): C02F 1/50, B22F 9/16. Опубл. 25.12.2007, бюл. № 21/2007.
382. Крахотин НФ. Значение перги для пчел. Пчеловодство. 1991;(8):6.
383. Кректун БВ, Искра РЯ, Снітинський ВВ. Вплив мікроелементів селену і цинку на систему антиоксидантного захисту організму еритроцитів телят. Біологія тварин. 2000;2(2):94-8.
384. Кудряков АВ. Простая модель функционально-возрастного состава пчелиных семей и некоторые ее приложения. Известия Самарского научного центра Российской академии наук 2006;8(2):556-63.
385. Кулаков ВН, Русакова ТМ. Окружающая среда и качество продуктов пчеловодства. Современные технологии в пчеловодстве. Рыбное; 2004. с. 126-130.
386. Лазарева ЛМ. Показник вмісту проліну як критерій оцінки якості меду різного ботанічного походження. Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК. 2015;3(4):97-101.
387. Лазарян ГД. Количественное определение свободных аминокислот в перге. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2006;2:302-3.
388. Ларионова ОС, Губайдуллин ИН. Динамика содержания гликогена в организации рабочих пчел в условиях естественной среды при различных видах подкормок и массе отводков. Современные проблемы интенсификации производства в АПК: тр. Всерос. НИИ контроля, стандартизации и сертификации ветеринарных препаратов. М.; 2005. с. 89-90.
389. Лебедев ВИ, Билаш НГ. Биология медоносной пчелы и пчелиной семьи: учебник для среднего профессионального образования. М.: Издательство Юрайт; 2019. 253 с.

390. Лифляндский ВГ. Витамины и минералы. Москва : ОЛМА Медиа Групп; 2010. 640 с.
391. Луганский СН, Ключко РТ, Блинов А.В. Ковитсан – стимулятор развития семей. Пчеловодство.– 2003;(3):26.
392. Мазо ВК, Ширина ЛИ. Медь в питании человека: всасывание и биодоступность. Вопросы питания. 2005;74(2):52-9.
393. Майская ВД, Абрамян А.К, Давыденко ЛВ. Химико-биологическое значение неорганических веществ. Юный ученый. 2018;2(16):108-110.
394. Максимов В.В. Влияние техногенных загрязнений на состояние пчел и продуктов пчеловодства: дис. ... канд. биол. наук: 06.02.04. М.; 2002. 142 с.
395. Максим ВІ, Трокоз ВО, Аретинська ТБ, Каплуненко ВГ, Черниш ОА. Фізіологічна ефективність нових біологічно активних речовин та їх комплексів на прикладі дубового шовкопряда. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2014;16(3):132-142.
396. Малков ВВ. Племенная работа на пасеке. М.: Россельхозиздат; 1985. 176 с.
397. Мартынова СН, Зовский ВН. Метаболические эффекты меди и кобальта. Экспериментальная і клінічна медицина. 2010;2:42-9.
398. Мельниченко РК, Апоптоз та інші види запрограмованої клітинної загибелі. Біологія 2016;(7-8):62-66.
399. Мизюрев ВА. Новое в оценке состояния жирового тела пчел. Пчеловодство. 2004;2:18-9.
400. Милостива ДФ. Фізіологічний стан організму і продуктивність молодняку української м'ясної породи за комплексного впливу солей Cu, Co та Mn дис. На здобуття наук. ступ к.с.-г.н. 03.00.13 - фізіологія людини і тварини. Дніпропетровськ; 2016. 170 с.
401. Мишуковская ГС, Маннапов АГ, Циколенко СП. Соотношение структурных компонентов жирового тела рабочих пчел по периодам зимовки и при подкормке инвертированными кормами. М.-Уфа; 2004. с. 172-3.

402. Морозова ЛМ. Химические элементы в организме человека: справочные материалы. Архангельск: ПГУ; 2001. 45 с.
403. Мосин ОВ. Физиологическое воздействие наночастиц меди на организм человека. NanoWeek. 2008;22:34-8.
404. Насолодин ВВ, Дворкин ВА, Куркова СД. Биодоступность микроэлементов и взаимодействие их в процессе обмена в организме. Гигиена и санитария. 1994;(9):12-4.
405. Нельсон Д, Кокс М. Основы биохимии Ленинджера: Биоэнергетика и метаболизм. Т. 2. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2014. 639 с.
406. Нельсон Д, Кокс М. Основы биохимии Ленинджера: Т.1; пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2012. 680 с.
407. Немкова СН, Руденко ЕВ. Состояние жирового тела и продолжительность жизни медоносных пчел (*Apis mellifera*), инвазированных *Varroa Jacobsoni*. Вестник зоологии. К.: Урожай. 2003;37(2):81-4.
408. Новинюк ЛВ. Цитраты - безопасные нутриенты. Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2009;(3):70-1.
409. Оберлис Д, Харланд Б, Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. Санкт-Петербург: Наука; 2008. 542 с.
410. Орозматова ГТ, Сыргакбек КД, Сатывалдиев АС, Жумалиева НО. Биологическая активность наночастиц меди и серебра. Известия ВУЗов Кыргызстана. 2018;66-68
411. Осинцева ЛА. Технология, показатели качества, безопасности и товароведная оценка меда: учебное пособие. Новосибирск; 2012. 132 с.
412. Островерхова ГП, Конусова ОЛ, Погорелов ЮЛ. Биологическая и хозяйственная оценка пчелиной семьи (*Apis mellifera* L.). Методическое пособие. Томск: Издательство НТЛ; 2005. 76 с.
413. Папченко ОВ. Репродуктивна діяльність бджолиних маток за різних медозбірних умов. Наукові доповіді Національного університету

- біоресурсів і природокористування України. 2016;3. Доступно з: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_3_8.
414. Парахонский АП. Роль меди в организме и значение ее дисбаланса. Естественнo-гуманитарные исследования. 2015;4(10):72-83.
415. Пашаян СА, Сидорова КА, Столбов НМ, Калашникова МВ. Содержание макро- и микроэлементов в весенних медоносах. Современные проблемы загрязнения почв: Мат. II Междунар. науч. конф. М.; 2007. с. 195-198.
416. Пашаян СА. Свойства миграции тяжелых металлов. Пчеловодство. 2006;(9):12-13.
417. Пащенко АГ, Каплуненко ВГ, Ковальчук П, Романів ЛІ. Вплив цитратів Со і Ні на ліпідний склад тканин організму бджіл та стільників за умови їхнього введення до підгодівлі у літньо-осінній період. Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок. 2017;18(2):38-43.
418. Пащенко АГ, Ковальчук П, Романів ЛІ. Вміст загальних ліпідів і співвідношення окремих їх класів у тканинах організму та продукції медоносних бджіл за умов підгодівлі цитратами кобальту та нікелю. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2017;2(63):143-8.
419. Пащенко АГ, Ковальчук П, Романів ЛІ. Вміст ліпідів у тканинах та продукції бджіл за умов підгодівлі у весняний період цитратами Со та Ні. Біологія тварин. 2016;18(4):174.
420. Пащенко АГ, Федорук РС, Романів Л.І, Ковальчук П. Уміст мікроелементів у тканинах медоносних бджіл за згодовування цукрового сиропу, борошна сої і цитратів Со та Ні. Науковий вісник ЛНУВМ та БТ. 2016;18(67):168-72.
421. Пішак ВП, редактор. Гістологія з основами гістологічної техніки. Київ: КОНДОР; 2008. 400 с.

422. Погорєлов МВ, Бумейстер ВІ, Ткач ГФ, Бончев СД. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія. Суми: Вид-во СумДУ; 2010. 147 с.
423. Поліщук ВП. Бджільництво. К.:Вища школа; 2001. 330 с.
424. Разанова ОП, Голубенко ТЛ. Продуктивність бджолиних сімей за стимулюючої підгодівлі комплексними препаратами. Аграрна наука та харчові технології. 2018;4(103):130-7.
425. Рівіс ЙФ, Данилюк ББ, Процик ЯМ. Вміст окремих жирних кислот, фосфоліпідів, тригліцеридів і ефірів холестерину в рослинах, тканинах і біологічних рідинах організму сільськогосподарських тварин і птиці. Вісник аграрної науки. 1994;8:91-3.
426. Рівіс ЙФ, Саранчук П. Жинокислотний склад тканин, відтворна здатність і медова продуктивність бджіл за згодовування соняшникової олії. Вісник аграрної наук. 2009; 7(796):42-7.
427. Рівіс ЙФ, Федорук РС. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих класів ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі: методичний посібник. Львів; 2010. 109 с.
428. Романів ЛІ, Ковальчук П, Пащенко АГ, Федорук РС. Уміст ліпідів у тканинах організму медоносних бджіл за згодовування борошна сої, цукрового сиропу і цитратів кобальту та нікелю. Біологія тварин. 2018;20(3):84-92.
429. Романів ЛІ, Федорук РС. Вміст загальних ліпідів і співвідношення їх фракцій у тканинах грудей і черевця медоносних бджіл за згодовування борошна з бобів нативної та генетично модифікованої сої. Біологія тварин. 2013; 15(2):113–21.
430. Романів ЛІ, Федорук РС. Ліпідний склад тканин грудей та черевця медоносних бджіл за згодовування добавки хлориду та цитрату хрому. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2012;14(53):170-5.

431. Романів ЛП, Федорук РС. Ліпідний склад тканин медоносних бджіл та їх підмору за додавання до підгодовлі нативної сої, хлориду та цитрату хрому. Науково-технічний бюлетень ІБТ і ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок. 2013;14(1-2):309-14.
432. Романів ЛП. Ліпідний склад тканин грудей і черевця медоносних бджіл за згодовування добавки хлориду та цитрату хрому. Науковий вісник ЛНУВМ БТ ім. С.З. Гжицького. 2012;14(3):170-75.
433. Ромейс Б. Микроскопическая техника. Москва, Издательство иностранной литературы; 1953. 719 с.
434. Савушкина ЛН, Бородачев АВ. Корреляции яйценоскости маток приокских пчел. Пчеловодство. 2020;1:12-5.
435. Саранчук П, Рівіс ЙФ. Склад свіжопобудованих бджолиних стільників - показник екологічної чистоти довкілля. Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок. 2010;11(2-3):300-9.
436. Сарапульцев АП, Ремпель СВ, Кузнецова ЮВ, Сарапульцев ГП. Взаимодействие наночастиц с биологическими объектами (обзор). Вестник Уральской медицинской академической науки. 2016;(3):97-111.
437. Селекція та розведення бджіл: посібник. Колектив авторів. Одеса: М. О. Бондаренко; 2017. 228 с.
438. Сердюк АМ, Гуліч МП, Каплуненко ВГ, Косінов МВ. Нанотехнології мікронутрієнтів. Проблеми, перспективи та шляхи ліквідації дефіциту макро- та мікроелементів. Журнал академії медичних наук. 2010;16(1):107-14.
439. Сивик ТЛ. Вплив різних рівнів Купруму в раціоні на продуктивність та відтворну здатність маток. Збірник наукових праць Луган. нац. аграр.університету. 2005;47:287-90.
440. Скальный АВ, Рудаков ИА. Биоэлементы в медицине. М.: Оникс 21 век: Мир; 2004. 272 с.

441. Скальный АВ. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение). Практическое руководство. Москва; 2001. 96 с.
442. Скальный АВ. Микроэлементы: бодрость, здоровье, долголетие. Москва: Эксмо-Пресс; 2010. 288 с.
443. Скальный, АВ. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: ОНИКС 21 век; Мир; 2004. 216 с.
444. Скребнева ЛА, Билалов ФС, Григорьева ИС. Биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды методом апимониторинга. Вестник Казанского технологического университета. 2012;15(13):201-205.
445. Соломка ВО. Пилок квітковий (обніжжя бджолине), перга: технології, властивості, використання. К.: Медицина України; 2010. 112 с.
446. Сохликов АБ, Игнатьева ГИ, Шишканов ДВ. Наиболее важные микроэлементы. Пчеловодство. 2019. Доступный у: <https://beejournal.ru/borba-s-boleznyami-i-vreditelyami/3867-naibolee-vazhnye-mikroelementy>
447. Старостенко ЕВ. Яценоскость маток и выкормка расплода. Пчеловодство. 1980;(6):15.
448. Стойка РС. Багатофункціональні наноматеріали для біології і медицини: молекулярний дизайн, синтез і застосування. Ред. «Наукова думка НААН України»: Київ; 2017. 363 с.
449. Строгов ВВ, Родионова ТН. Физиологическое состояние пчел при подкормке селеном. Пчеловодство. 2009;9:10-1.
450. Таранов ГФ. Анатомия и физиология медоносных пчел. М.: Колос; 1968. 344 с.
451. Трахтенберг ІМ, Чекман ІС, Линник ВО. Взаємодія мікроелементів: біологічний, медичний і соціальний аспекти. Вісн. НАН України. 2013;6:11-20.
452. Трахтенберг ІМ, Дмитруха НМ. Принципи, методи і показники експериментальної оцінки безпечності наночастинок металів. Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки. 2016;4.5-17.

453. Трокоз ВО, Аретинська ТБ, Каплуненко ВГ, Кривуручко Д.І. Вплив нанокompозитів біогенних металів на біологічні показники дубового шовкопряда. Бджільництво України. 2018;(3):85-88.
454. Трокоз ВО, Аретинська ТБ, Каплуненко ВГ, Кривуручко Д.І. Стан і перспективи використання нанопрепаратів. біогенних елементів у лісовому шовківництві. Бджільництво України. 2018;(3):75-85.
455. Трокоз ВО, Максін В.І, Аретинська ТБ, Черниш ОА, Каплуненко ВГ. Наноаквацитрати біогенних металів у лісовому шовківництві (стан питання). Біоресурси і природокористування. 2014;6(5-6):57-64.
456. Туктарова ЮВ, Фархутдинов РГ. Биоаккумуляция тяжелых металлов в трофической цепи почва-растение-пчела-мед. Агрохимия. 2013;6:78-2.
457. Тыщенко ВП. Физиология насекомых: Учеб. Пособие для студентов ун-тов, обучающихся по спец. «Биология». М: Высш., шк.; 1986: 303 с.
458. Улановский В. Предзимняя перестройка организма пчел. Пчеловодство. 1991;6:8-9.
459. Ушкалов ВО, Турко ЯІ. Стан антиокислювальної системи організму щурів за дії нанокобальту в хронічному токсикологічному експерименті. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2016;18(65):238-43.
460. Федорук РС, Ковальчук ІІ, Романів ЛІ, Пащенко АГ, Двилюк ІІ, Кикіш ІБ. Підгодівля бджіл і методи оцінки її ефективності. Методичні рекомендації, Львів; 2016. 31 с.
461. Федорук РС, Ковальчук ІІ. Фізіологічна залежність вмісту важких металів у тканинах бджіл з різних агроекологічних умов карпатського регіону та дії наноцитратів хрому, селену, германію. Фізіологічний журнал. 2014;60(3):239.
462. Федорук РС, Пащенко АГ, Ковальчук ІІІ, Романив ЛІІ. Интенсивность откладывания яиц пчелиными матками в весенний период при скармливании их семьям цитратов Со и Ni с сахарным сиропом. Collection of works of scientific symposium with international participation «Zootechnical

- science - an important factor for the european type of the agriculture», Moldova, Maximovca; 2016. с. 774-9.
463. Федорук РС. Ковальчук ИИ., Каплуненко ВГ. Содержание тяжелых металлов в тканях пчел при действии наноцитратов хрома, селена, германия. Материалы международной научно-практической конференции «Микроэлементы в медицине, ветеринарии, питании: перспективы сотрудничества и развития», Одесса; 2014. с. 277-279.
464. Хавезов И, Цавелев Д. Атомно-абсорбционный анализ. Л.: Химия; 1983. 144 с.
465. Хамід КО, Петренко СО, Москалюк ІВ. Дослідження методів та способів напування бджолиних сімей як еколого-технологічний прийом підвищення їх продуктивності. Журнал АВП [інтернет]. 2020 [цит. за 28, Лютий 2020]; (95):116-25. Доступний у: <https://abbsl.osau.edu.ua/index.php/visnuk/article/view/96>
466. Харченко ОО. Гігієнічна оцінка цитратів біометалів, отриманих за допомогою аквананотехнології [автореферат]. Київ; 2015. 20 с.
467. Хорн Х, Люльман К. Все о меде. М: АСТ: Астрель; 2007. 316 с.
468. Худайбердиев АА. Скачко АС. Юлдашбаев ЮА, Храпова СН. Оптимизация состояния жирового тела и массы рабочих пчел осенней генерации. Пчеловодство 2020;7:12.
469. Чекман ІС, Линник ВО, Каплуненко ВГ, Гуліч МП, Білецька ЕМ, Шаторна ВФ, Онул НМ. Взаємодія мікроелементів: біологічний, медичний і соціальний аспекти. Вісник Національної академії наук України. 2013;6:11-20.
470. Чекман ІС, Ніцак ОВ. Нанофармакологія: стан та перспективи наукових досліджень. Вісн. фармакол. та фармацевції. 2007;11:7-10.
471. Чекман ІС, Ульберг ЗР, Маланчук ВО. Нанонаука, нанобіологія, нанофармація. К.: Поліграф плюс; 2012. 328 с.
472. Чекман ІС. Наночастинки: властивості та перспективи застосування. Укр. біохімічний журнал. 2009;81(1):122-9.

473. Шагун ЛА. Минеральные вещества и продолжительность жизни пчел. Пчеловодство. 1982;6:10-11.
474. Шевхужев АФ, Нагаев АМ. Влияние корректирующих подкормок на хозяйственно полезные признаки пчелиных семей. Зоотехния. 2008;12:16-7.
475. Шовен Р. Физиология насекомых. Москва.: Издательство иностранной литературы; 1953. 494 с.
476. Ярошевич ГС, Мазина ГС, Кузьмин АА. Влияние биологически активных веществ на репродуктивную функцию пчелиных маток в весенний период развития пчел в зависимости от медосбора. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020;4(61):130-8.

ДОДАТКИ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

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, взяла 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 в сезонній динаміці, статистично опрацювала одержані 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 імені С. З. Гжицького*, 2018, 20 (89), 89-94.

4. Ковальчук І. І., **Двилюк І. І.**, Пашенко 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, взяла 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. Львів, 2019;*

21(91): 123-127. (Здобувачка проаналізувала результати дослідження і взяла участь у 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, статистично опрацювала одержані результати, брала участь у написанні статті).

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 взяла участь у написанні статті).

8. Двилюк І. І., Ковальчук І. І., Романів Л. І. Вміст загальних ліпідів і співвідношення їхніх класів за умов підгодівлі цитратами Аргентуму та Купруму у тканинах медоносних бджіл і продукції. *Збірник наукових праць Подільського аграрно – технічного університету*, 2016, 24 (1), 55-61. (Здобувачка проаналізувала та узагальнила літературні джерела, взяла 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 здійснювала комплексну 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, взяла 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. (Здобувач провела комплексну оцінку репродуктивної здатності бджолиних маток та взяла 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 провела дослідження вмісту мікроелементів, узагальнила отримані дані, 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 проаналізувала та узагальнила отримані дані, спільно зі співавторами написала та підготувала статтю до друку).

15. Kovalchuk I., **Dvylyuk I.**, Lecyk Y., Dvylyk I., Gutyj B. 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 (Здобувачка провела дослідження вмісту мікроелементів у тканинах бджіл, спільно зі співавторами написала й підготувала статтю до друку).

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: збірник праць XI міжнародної*

міждисциплінарної наук.-практ. конф (13-14 квітня 2018 р., Ужгород). 2018. С. 212-217. (Здобувачка проаналізувала та узагальнила літературні джерела, взяла участь в аналізі даних, написанні та оформленні статті).

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

18. **Двилюк І. І.,** Ковальчук І. І. Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток за підгодівлі наноаквацитратів Ag і Cu. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні проблеми фізіології тварин”* (23-25 червня 2016 р., м. Одеса), 14. (Здобувачка провела дослідження особливостей репродуктивної здатності бджолиних маток, написала тези).

19. **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, взяла участь у написанні тез).

20. 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 експериментальних даних й узагальнила результати, підготувала тези до друку).

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

22. **Dvilyuk 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, проаналізувала результати, взяла участь у написанні тез).*

23. Ковальчук І.І., **Двилюк І.І.** Мікроелементи тканин різних анатомічних відділів організму медоносних бджіл за дії цитратів аргентуму і купруму. *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні питання сучасної мікроелементології» присвяченої пам'яті академіка Ю.І. Кундієва, 4-5 жовтня 2018 року, м. Київ, 55-56 (Здобувачка провела дослідження вмісту мікроелементів у тканинах бджіл, проаналізувала отримані дані, підготувала тези до друку).*

24. **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 доповідей (20-23 серпня 2018 р., м. Харків), 37–38. (Здобувачка взяла участь у проведенні досліджень ліпідного складу тканин та продукції бджіл і написанні тез)*

25. **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).*

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

27. 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. – № u 201713149; заявл. 29.12.2017;

опубл. 10.07.2018; Бюл. №13 (Здобувачка узагальнила результати дослідження та оформила документи на патент).

28. 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. – № u 201705492; заявл. 02.06.2017; опубл. 10.01.2018; Бюл. №1. (Здобувачка брала участь у розробці принципу корисної моделі, дослідженнях, підготовці матеріалів патентування).

Додаток Б

АКТ

про впровадження наукової розробки

1. Найменування науково-дослідної установи-розробника Інститут біології тварин НААН, лабораторія екологічної фізіології та якості продукції.

(НДІ, дослідна станція, відділ, лабораторія та ін.)

2. Найменування завершеної розробки, поставленої на впровадження Спосіб підвищення продуктивності бджолиних сімей за згодовування цукрового сиропу з додаванням наноцитратів Ag і Cu.

3. Автори завершених робіт Ковальчук І. І. - зав. лабораторії екологічної фізіології та якості продукції, д. вет. н., с. н. с., аспірант Двилюк І.І.

(П. І. П., посада, звання)

4. Завершена розробка рекомендована до впровадження

Інститут біології тварин НААН, протокол № 2 від 13.03.2017 р.

(НДІ, дослідні станції та ін.)

5. Впровадження розробки проводилось на пасіці с. Давидів Пустомитівського району Львівської області

(найменування господарства, підприємства, його відомче підпорядкування) (місцезнаходження: республіка, край, область)

6. Відповідальні за впровадження розробки Ковальчук І. І. зав. лабораторії екологічної фізіології та якості продукції, д. вет. н., с. н. с., аспірант Двилюк І.І.

(П. І. П., установа, господарство, посада)

7. Умови впровадження розробки – Бджолосім'ї утримувались у багатокорпусних вуликах на рамках системи Рута (435 × 230 мм). Дослідження проведені на пасіці, де були відсутні клінічні ознаки паразитарних та інфекційних хвороб, на бджолах карпатської породи, яких визначали динаміку інтенсивності яйцекладки бджолиних маток і приріст та силу гнізда, а також показники сезонної продуктивності — валовий вихід товарного меду і воску.

(господарсько-економічні, що відповідають встановленим вимогам)

8. Обсяг впровадження розробки 50 бджолосімей

(голів, тонн та ін.)

9. Терміни впровадження – з II – ї декади травня по I – шу декаду липня 2017 року.

(рік, місяць, початок і закінчення в кожному окремому випадку)

10. Методика впровадження розробки Підгодовлю здійснювали на пасіці в умовах стаціонарного утримання бджіл з II – ї декади травня по I – шу декаду липня 2017 року з обліком валового виходу меду (кг) та воску (кг/шт. стільників).

Компоненти підгодовлі: цукровий сироп 50 % концентрації, наноцитрати Ag і Cu.

Форма і дози внесення підгодовлі: у вигляді цитратів Ag і Cu (водна форма), 50 % цукровий сироп 1000 мл / тиждень / бджолосім'ю. Одержану цукрово-цитратну суміш для підгодовлі бджіл вносили у рамкову годівниці ємкістю (V=2л). I – контрольна група, з підгодовлею 1000 мл/тиждень/бджолосім'ю 50 % цукрового сиропу, II – дослідна, до 1000 мл 50% цукрового сиропу включено 0,2 мг

Продовження додатку Б

цитрату Ag + 0,2 мг цитрату Cu, III – дослідна, до 1000 мл 50 % цукрового сиропу включено 0,5 мг цитрату Ag + 0,5 мг цитрату Cu.

11. Результати, що характеризують ефективність впровадження: Аналіз економічної ефективності впровадження розробки проводили шляхом переведення всієї одержаної продукції (валової) бджільництва в умовні медові одиниці. Для перерахунку використовували рекомендовані коефіцієнти (Поліщук В. П., 2009), зокрема 1 кг меду – 1 у. м. о., 1 кг воску – 2,1 у. м. о.

а) основні господарсько-економічні показники за результатами впровадження

Показники	Групи бджолиних сімей							
	I-К		II-Д		% до I-К	III-Д		% до I-К
	кг	у.м.о.*	кг	у.м.о.		кг	у.м.о.	
Виробництво валового меду, кг	11,3	11,3	13,2	13,2	116,81	14,6	14,6	129,20
Валовий вихід воску, кг	0,42	0,88	0,56	1,18	133,33	0,7	1,47	166,76
Відбудовано стільників. шт./бджолосім'ю	6		8			10		
Всього (Σ _{сум}), у.м.о.	12,18		14,38		118,01	16,87		131,92
Собівартість 1 у. м. о., грн.	16,32		13,74		84,19	12,18		74,63

(якість продукції, зниження собівартості та ін.)

б) обґрунтований розрахунок економічної ефективності розробки визначення показників економічної ефективності проводили на основі результатів приросту маси (кг) та сили (кількості вуличок) бджолиних сімей з врахуванням інтенсивності відкладання бджолиними матками яєць за весь дослідний період з додаванням до компонентів підгодівлі наноцитратів Ag і Cu. Додаткове введення до цукрового сиропу наноцитратів Ag і Cu забезпечило зростання маси і сили клуба бджолиних гнізд, медової і воскової продуктивності бджолосімей, що знизило собівартість виробленої валової продукції на 15,81 і 25,37%, у II і III дослідних групах відповідно.

(ефект у гривнях на одиницю об'єму або на одиницю виробленої продукції)

13. Що рекомендується для освоєння розробки у виробництві Згодовувати бджолиним сім'ям у весняно-літній період цитратів Ag і Cu за схемою виконаних дисертаційних досліджень.

(коротка і чітка рекомендація виробництву)

Продовження додатку Б

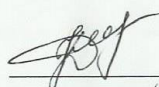
14. Відповідальні виконавці виробничої перевірки:

а) від наукової установи

Ковальчук І.І. зав. лабораторії екологічної
фізіології та якості продукції, д.вет.н., с.н.с.
(П. І. П., посада)

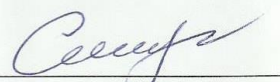

(підпис)

Двилюк І. І. аспірант
(П. І. П., посада)


(підпис)

б) від виробництва (пасіки)

Снігур М.Й.
(П. І. П., посада)


(підпис)

Акт оформлений « 5 » 07 2017 р.

ПОГОДЖЕНО

Начальник Тусаміївської
районної державної лікарні
ветеринарної медицини
Згурський З.І.
« 5 » 07 2017 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з
інноваційно-наукової роботи
Інститут біології тварин НААН
Лесик Я. В.
« 5 » 07 2017







Додаток Д

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТВАРИН

**ПІДГОДІВЛЯ БДЖІЛ І МЕТОДИ ОЦІНКИ ЇЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ
(МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ)**



ЛЬВІВ 2016

Додаток Е

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Буковинської державної
сільськогосподарської дослідної
станції Інституту сільського
господарства Карпатського регіону
НААН, кандидат с.-г. наук



В. Д. Осадчук
2020 р.

КАРТКА ЗВОРотноГО зв'язку

1. Викладені в інформаційному листі дані дисертаційної роботи на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція бджолиних маток за підгодовлі цитратами Ag і Cu», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук виконаної Двилюк Іванною Іванівною використовуються у наукових дослідженнях відділу селекції, розведення, годівлі та технології виробництва продукції тваринництва Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН.

2. Інформаційний лист щодо результатів досліджень за темою дисертаційної роботи Двилюк І. І. розглянуто та схвалено на засіданні відділу селекції, розведення, годівлі та технології виробництва продукції тваринництва Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (протокол № 1 від 10 грудня 2020 р.).

Завідувач відділу селекції, розведення,
годовлі та технології виробництва продукції
тваринництва Буковинської державної
сільськогосподарської дослідної станції
Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН,
кандидат с.-г. наук, с. н. с.

А. К. Калинка

Додаток Ж

«ПОГОДЖЕНО»

Проректор з наукової роботи
Дніпровського державного
аграрно-економічного
університету, доктор біологічних
наук, професор

 Ю. І. Грицан
« 25 » листопада 2020 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор – проректор
з навчальної роботи
Дніпровського державного
аграрно-економічного
університету, кандидат с.-г. наук
професор,

 Д. М. Онопрієнко
« 25 » листопада 2020 р.

А К Т

про впровадження результатів
дисертаційної роботи у навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Двилюк Іванни Іванівни на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук зі спеціальності 03.00.13 – фізіологія людини і тварин, впроваджено у навчальну програму під час викладання дисципліни «Фізіологія тварин» на кафедрі фізіології та біохімії сільськогосподарських тварин у підготовці фахівців ОС «Магістр» у Дніпровському державному аграрно-економічному університеті.

Декан факультету ветеринарної
медицини. к.вет.н., доцент



І. А. Бібен

Завідувач кафедри фізіології
та біохімії с.-г. тварин,
к.б.н., професор



Л. М. Степченко

Додаток К

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з наукової роботи
Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З.Гжицького

к. с.-г. н., О.М. Федець
“10” листопада 2020 р.



КАРТКА ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ

1. Викладені в інформаційному листі дані дисертаційної роботи Двилюк Іванни Іванівни на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція бджолиних маток за підгодовлі цитратами Ag і Cu», використовуються у навчальному процесі кафедри технології виробництва і переробки продукції дрібних тварин з курсу «Бджільництво» Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького.
2. Розглянуто, схвалено та затверджено на засіданні кафедри технології виробництва і переробки продукції дрібних тварин Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького, протокол № 3 від «9» листопада 2020 р.

Завідувач кафедри технології виробництва
і переробки продукції дрібних тварин Львівського
національного університету ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З.Гжицького,
доктор с.-г. наук, професор

Ю.В. Ковальський

Додаток Л

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор



КАРТКА ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ

1. Викладені в інформаційному листі дані дисертаційної роботи Двилюк Іванни Іванівни на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Cu», використовуються у навчальному процесі та науковій роботі кафедри нормальної і патологічної фізіології тварин Харківської державної зооветеринарної академії.
2. Розглянуто, схвалено та затверджено на засіданні кафедри нормальної і патологічної фізіології тварин Харківської державної зооветеринарної академії, протокол № 5 від « 23 » вересня 2020 р.

Завідувач кафедри нормальної і
патологічної фізіології тварин,
д.вет.н., професор

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to I.L. Zhukova.

І.Л.Жукова

Додаток М



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з наукової роботи

д. вет. н

О.В. Данчук

2020 р.

КАРТКА ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ

1. Викладені в інформаційному листі дані дисертаційної роботи Двилюк Іванни Іванівни на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Си», використовуються у навчальному процесі кафедри фізіології, біохімії і мікробіології Одеського державного аграрного університету.
2. Розглянуто, схвалено та затверджено на засіданні кафедри університету, протокол № 2 від 20 жовтня 2020 р.

Завідувач кафедри фізіології, біохімії
і мікробіології Одеського державного
аграрного університету,
к.біол.н., доцент

Найда В.А.

Додаток П

Погоджено

Проректор з навчальної і виховної роботи

доктор економічних наук, професор,
академік НААН, заслужений діяч
науки і техніки України

Кваша С. М.

(підпис)

(Прізвище,
ініціали)

« 02 » грудня 2020

Затверджую

Перший проректор

доктор сільськогосподарських
наук, професор, академік НААН,
заслужений діяч науки і техніки
України

Іоатутин І. І.

(підпис)

(Прізвище,
ініціали)

« 02 » грудня 2020 р.

АКТ

про впровадження/використання результатів кандидатської дисертаційної роботи у навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему:
«Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція
бджолиних маток за підгодовлі цитратами Ag і
Cu»

(назва теми)

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата
сільськогосподарських наук зі спеціальності 03.00.13 «Фізіологія людини і
тварин», виконаної Двилюк Іванною Іванівною

(ПІБ здобувача)

впроваджено у навчальну програму при викладанні дисциплін(и):
фізіологія тварин

(назва дисципліни)

розділ «Травлення» доповнений новими науковими даними щодо особливостей
фізіолого-біохімічних процесів в організмі бджіл за корекції
живлення

(необхідно конкретизувати, які результати дисертаційної роботи і яким чином (способом) використані при викладанні дисциплін(и))
на кафедрі біохімії і фізіології тварин ім. акад. М. Ф. Гулого

назва кафедри

у підготовці фахівців ОР «Бакалавр» та ОС «Магістр» за напрямом ветеринарна
медицина із спеціальності ветеринарна медицина

назва спеціальності

у Національному університеті біоресурсів і природокористування України

назва ВНЗ

Декан факультету

д-р біол. наук, академік НААН України

Цвіліховський М. І.

Завідувач кафедри

д-р вет. наук, професор

Томчук В. А.

Додаток Р

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННЦ «Інституту
бджільництва імені П.І.
Прокоповича», доктор
сільськогосподарських наук,
професор



В.О. Постоєнко

«16» грудня 2020 р.

КАРТКА ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

1. Викладені в інформаційному листі дані дисертаційної роботи на тему: «Фізіолого-біохімічні процеси в організмі бджіл та репродуктивна функція бджолиних маток за підгодівлі цитратами Ag і Си», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук виконаної Дзилюк Іванною Іванівною використовуються у наукових дослідженнях відділу технологій утримання бджіл і виробництва продукції бджільництва та лабораторії технологічних та спеціальних заходів профілактики хвороб бджіл.

2. Інформаційний лист щодо результатів досліджень за темою дисертаційної роботи Дзилюк І. І. розглянуто та схвалено на засіданнях відділу технологій утримання бджіл і виробництва продукції бджільництва (протокол № 4 від 10 грудня 2020 р.) та лабораторії технологічних та спеціальних заходів профілактики хвороб бджіл (протокол № 4 від 15 грудня 2020 р.).

Завідувач відділу технологій
утримання бджіл і виробництва
продукції бджільництва

Олександр МІЩЕНКО

Завідувач лабораторії технологічних
та спеціальних заходів
профілактики захворювань бджіл
к.б.н.

Тетяна ЄФІМЕНКО