

© Й. Ф. Рівіс, В. О. Постоєнко, О. І. Стадницька, І. І. Саранчук, О. Я. Клим, О. Б. Дяченко, В. Д. Федак,  
А. В. Шелевач, О. О. Гопаненко, 2023  
УДК 574.23:591.5:577.115:638

DOI: 10.32636/agrosience.2023-(2)-3-4

### ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І ЖИРНИХ КИСЛОТ БДЖОЛИНОГО ОБНІЖЖЯ НА ВІДТВОРНУ ЗДАТНІСТЬ БДЖОЛИНИХ МАТОК

Йосип РІВІС<sup>1</sup>, Володимир ПОСТОЄНКО<sup>2</sup>, доктори сільськогосподарських наук  
Ольга СТАДНИЦЬКА<sup>1</sup>, Іван САРАНЧУК<sup>3</sup>, Олег КЛИМ<sup>1</sup>, Олександр ДЯЧЕНКО<sup>1</sup>, Василь ФЕДАК<sup>1</sup>,  
Андрій ШЕЛЕВАЧ<sup>1</sup>, кандидати сільськогосподарських наук  
Ольга ГОПАНЕНКО<sup>4</sup>, кандидат біологічних наук

<sup>1</sup>Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН  
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна

<sup>2</sup>ННЦ “Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича”,  
вул. Заболотного, 19, м. Київ, 03680, Україна

<sup>3</sup>Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція,  
вул. Миколи Кузнецова, 21-а, м. Чернівці, 58026, Україна

<sup>4</sup>ВНЗ ЛОР “Львівська медична академія імені Андрея Крупинського”  
вул. П. Дорошенка, 70, м. Львів, 79000, Україна  
e-mail: rivisjf@gmail.com

У статті показано, що підослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи карпатська, були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської, передгірної та лісостепової зон Львівської області. Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться підослідні пасіки бджіл, визначався вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та тканинах черевця медоносних бджіл. Зафіксовано, що в напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону погіршується екологічний стан довкілля. Це підтверджується рівнем Цинку, Купруму, Плюмбуму та особливо Кадмію в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі, тканинах черевця медоносних бджіл та інтенсивністю яйцекладки бджолиних маток.

Купрум і особливо Цинк вкрай необхідні для нормального функціонування рослинних тканин. Це узгоджується з відносно високим коефіцієнтом переходу згадуваних мінеральних елементів із орного шару ґрунту в бджолине обніжжя в різних природних зонах Карпатського регіону. При цьому коефіцієнти переходу Кадмію та особливо Плюмбуму в бджолине обніжжя є дуже низькими.

У напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону зменшується засвоєння рослинами Цинку. Цей факт підтверджується зниженням коефіцієнту переходу Цинку з орного шару ґрунту в бджолине обніжжя. При цьому зростає засвоєння рослинами Кадмію. Цинк, Купрум, Плюмбум й Кадмій через біологічну цінність ненасичених жирних кислот бджолиного обніжжя впливають на відтворювальну здатність медоносних бджіл у Карпатському регіоні. Зокрема в напрямку від гірської до передгірної і далі до лісостепової зони Карпатського регіону, через високу концентрацію Цинку, Купруму, Плюмбуму й особливо Кадмію, знижується біологічна цінність ненасичених жирних кислот родин омега-3, омега-6, омега-7 й омега-9 бджолиного обніжжя для інтенсивної яйцекладки бджолиних маток.

Високий рівень Цинку, Купруму, Плюмбуму й Кадмію в бджолиному обніжжі та тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, є наслідком урбанізації та індустріалізації територій. Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, які утримуються у вуликах, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з бджолиними матками гірської зони, у другій половині весняного періоду є меншою відповідно в 1,12 і 1,17 разів.

Бджолине обніжжя та тканини черевця медоносних бджіл за вмістом Цинку, Купруму, Плюмбуму, Кадмію та ненасичених жирних кислот родин омега-3, омега-6, омега-7 і омега-9 можуть служити біоіндикатором екологічного стану довкілля. Добрим біоіндикатором екологічного стану довкілля може служити також такий інтегрований показник, як інтенсивність яйцекладки бджолиних маток.

**Ключові слова:** природні зони Карпатського регіону, важкі метали, жирні кислоти, орний шар ґрунту, бджолине обніжжя, тканини черевця бджіл, інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, біоіндикатор.

#### Вступ.

Проблема важких металів у ландшафті бджолине обніжжя–тканини бджіл–функціональна активність бджолиних тканин полягає в наступному (El Ghouzi A. et al., 2023). Важкі метали причетні до

функціональної активності тканин організму бджіл (Saranчук І. І., 2020). Важкі метали залежно від кількості та складу можуть змінювати забезпеченість тканин організму бджіл енергетичним, структурним, біологічно активним і

антимікробним матеріалом (Klym O., Stadnytska O., 2019). Це зумовлено тим, що тканини бджіл за допомогою залежних від важких металів ензимних систем здатні синтезувати тільки насичені та з них мононенасичені жирні кислоти (Burdge G. C., 2018; Ćirić J. et al., 2022). Тканини бджіл не здатні синтезувати поліненасичені жирні кислоти. Тому такі незамінні поліненасичені жирні кислоти, як лінолева та ліноленова, повинні надходити в їх організм з кормом (Arien Y. et al., 2018; Hsu P. S. et al., 2021; Mărgăoan R. et al., 2021; El Ghouizi A. et al., 2023).

Основним джерелом незамінних (есенціальних)  $\alpha$ -лінолевої та  $\alpha$ -ліноленової кислот у раціонах для бджіл є бджолине обніжжя (пилок рослин) (Arien Y. et al., 2018; Hsu P. S. et al., 2021; Mărgăoan R. et al., 2021; Ruedenauer F. A. et al., 2021; Stabler D. et al., 2021; El Ghouizi A. et al., 2023). У жирнокислотному складі бджолиного обніжжя наведені вище поліненасичені жирні кислоти є домінуючими (Stabler D. et al., 2021; Ćirić J. et al., 2022). Вже в тканинах бджіл із  $\alpha$ -лінолевої та  $\alpha$ -ліноленової кислот також за допомогою залежних від важких металів ензимних систем синтезуються ще більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти родин відповідно омега-6 і омега-3 (Burdge G. C., 2018; Hsu P. S. et al., 2021; Mărgăoan R. et al., 2021).

Загальною ознакою дефіциту жирних кислот родин омега-3 і омега-6 в організмі бджіл є зменшення темпів росту, ефективності засвоєння поживних речовин корму, пригнічення імунітету та зниження продуктивних ознак (Ruedenauer F. A. et al., 2021; Stabler D. et al., 2021).

У літературі є тільки фрагментарні дані щодо вмісту важких металів у бджолиному обніжжі, відібраному з вуликів, розміщених у гірській, передгірній і лісостеповій зонах Карпатського регіону, де різні природно-кліматичні умови й екологічна ситуація (Klym O., Stadnytska O., 2019).

Метою роботи було зафіксувати зв'язок між вмістом Цинку, Купруму, Плюмбуму і Кадмію й інтенсивністю яйцекладки бджолиних маток, які утримуються у вуликах, розміщених в окремих природних зонах Карпатського регіону.

### Матеріали і методи.

Піддослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи Карпатська (*Apis mellifera* (L) *carpatica*), були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської (сmt. Славсько, Стрийського району), передгірної (с. Нижня Стинава, Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів, Львівського району) зон Львівської області.

Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться піддослідні пасіки медоносних бджіл, визначався вміст важких металів (Цинку, Купруму, Плюмбуму



та Кадмію) в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та тканинах черевця медоносних бджіл.

На початку літнього періоду в кожній із вищеописаних природних зонах Карпатського регіону на 3 пасіках і на кожній із 3 вуликів для лабораторних досліджень загальноприйнятим і методами відбирались зразки бджолиного обніжжя та медоносних бджіл (Polishchuk V. P., 2001). При цьому в кожному піддослідному вулику були бджолині матки 2-річного віку. До того ж в радіусі корисного льоту (2-4 км) медоносних бджіл відбирались зразки орного шару ґрунту.

Крім того в кожній із описаних вище природних зон Карпатського регіону на 3 пасіках і на кожній на 3 вуликах у весняний період та в кінці літнього періоду загальноприйнятим методом (Polishchuk V. P., 2001) впродовж 36 днів щодванадцятий день досліджувалась інтенсивність яйцекладки бджолиних маток. Зокрема проводився обмір площі закритого розплоду на всіх рамках гнізда за допомогою мірної рамки-сітки площею 25 см<sup>2</sup> (5x5 см). Враховуючи те, що дана рамка накриває по 100 бджолиних комірок, обчислювалася загальна їх кількість, котра відповідає сумарній яйценосності матки впродовж 12 днів.

У відібраних зразках орного шару ґрунту, бджолиного обніжжя та тканин черевця медоносних бджіл визначався вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію. При цьому аналізувалося значення рівня Цинку, Купруму, Плюмбуму і Кадмію бджолиного обніжжя для відтворювальної здатності бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону.

Вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію у відібраних зразках орного шару ґрунту, бджолиного обніжжя та тканин черевця медоносних бджіл визначався на атомно-абсорбційному спектрофотометрі Селмі-115 за методикою Влізла В. В. та ін. Отриманий цифровий матеріал опрацьовано методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента. Вираховувалися середні арифметичні величини (M) та похибки середніх арифметичних ( $\pm m$ ). Різниці вважалися вірогідними за  $p < 0,05$ . Для розрахунків використані комп'ютерні програми Origin 6.0, Microsoft Excel.



### Результати досліджень та обговорення.

Встановлено, що в орному шарі ґрунту та бджолиному обніжжі передгірної та лісостепової зон Карпатського регіону, порівняно з умовно чистою гірською зоною, є більший вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію (табл. 1 і 2). Із цих таблиць також видно, що в орному шарі ґрунту та бджолиному обніжжі бджіл лісостепової зони Карпатського регіону міститься найвищий рівень досліджуваних важких металів. При цьому вміст Плюмбуму і Кадмію в орному шарі ґрунту лісостепової зони є в 1,1 разів більшим за гранично допустиму концентрацію. Особливо вагомо в орному шарі ґрунту та бджолиному обніжжі підвищується рівень небезпечного елемента першого класу токсичності Кадмію порівняно з умовно чистим гірським довкіллям.

Вважається, що зростання вмісту Плюмбуму в орному шарі ґрунту пов'язано з інтенсивним рухом автотранспорту (Razanov S. F. et al., 2015), а Кадмію – з внесенням меліорантів і мінеральних добрив, зокрема фосфогіпсу та суперфосфату (Razanov S. F., Shvets V. V., 2012). Скоріш за все наявні у фосфогіпсі та суперфосфаті залишки фосфорної кислоти здатні зв'язувати великі кількості шкочинного Кадмію.

Отримані дані характеризують рівень техногенного забруднення довкілля на підслідних територіях. Високий рівень Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію у повітрі і ґрунтах є причиною зростання їх вмісту в бджолиному обніжжі, отриманого в передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону. Все це є наслідком більшої урбанізації та індустріалізації наведених вище територій.

**Таблиця 1. Вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію в орному шарі ґрунту в різних природних зонах Карпатського регіону,  $г \cdot 10^{-3}/кг$  повітряно-сухої маси ( $M \pm m, n=3$ )**

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Цинк, Zn	47,58±4,488	78,52±3,722**	96,13±4,890***
Купрум, Cu	21,60±1,391	34,56±1,828**	45,64±2,264***
Плюмбум, Pb	19,37±0,784	25,83±1,442*	33,30±2,870***
Кадмій, Cd	2,03±0,088	2,60±0,115*	3,20±0,271***

Примітка: тут і далі різниці вірогідні порівняно з гірською зоною: \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$ .

**Таблиця 2. Вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію у бджолиному обніжжі в різних природних зонах Карпатського регіону,  $г \cdot 10^{-3}/кг$  повітряно-сухої маси ( $M \pm m, n=3$ )**

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Цинк, Zn	34,39±1,91	39,20±0,900*	42,72±0,872**
Купрум, Cu	2,01±0,089	3,02±0,169*	4,20±0,170***
Плюмбум, Pb	0,13±0,007	0,16±0,009*	0,21±0,012**
Кадмій, Cd	0,04±0,003	0,07±0,007*	0,10±0,009**

Слід відмітити, що в лісостеповій зоні Карпатського регіону, порівняно з гірською, в орному шарі ґрунту є досить високий вміст пробіотичних Цинку та Купруму. Наведені вище важкі метали в допустимих кількостях вкрай необхідні для нормальної життєдіяльності рослинних і тваринних тканин (Matuszewska E. et al., 2021). Але підвищений в орному шарі ґрунту рівень токсичних Плюмбуму та Кадмію очевидно здатний нівелювати позитивний вплив пробіотичних важких металів на згадувані тканини.

Дані літератури вказують на те, що хоч Цинк, Купрум, Плюмбум і Кадмій є двовалентними мінеральними елементами, але вони мають дуже різні коефіцієнти переходу з орного шару ґрунту в кореневу систему рослин, із кореневої системи в стебло і листки, із стебла й листків у суцвіття, з суцвіття в пилок (Razanov S. F. et al., 2015). Встановлено, що в Карпатському регіоні дуже високий коефіцієнт переходу з орного шару ґрунту в бджолине обніжжя має Цинк (табл. 3). Набагато нижчий коефіцієнт має Купрум, ще нижчі Кадмій і особливо Плюмбум.

**Таблиця 3. Коефіцієнти переходу Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію з орного шару ґрунту в бджолине обніжжя в різних природних зонах Карпатського регіону**

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Цинк, Zn	0,723	0,499	0,444
Купрум, Cu	0,093	0,087	0,092
Плюмбум, Pb	0,007	0,006	0,006
Кадмій, Cd	0,020	0,027	0,031

Підвищений коефіцієнт переходу Цинку з орного шару ґрунту в бджолине обніжжя можливо викликаний тим, що цей мінеральний елемент вкрай необхідний для нормального функціонування та високої активності чоловічих гаметофітів (Matuszewska E. et al., 2021). Він, можливо, також необхідний для нормального функціонування та високої активності жіночих гаметофітів (Fedoruk R. S., Romaniv L. I., 2013; Saranchuk I. I. et al., 2021; Takic M. et al., 2021).

Наведене вище видно пов'язане з тим, що Цинк входить у склад ензимів, які з одного боку сприяють охороні ненасичених жирних кислот родин омега-3, омега-6, омега-7 і омега-9 від надмірного пероксидного окиснення, а з другого – утворенню з  $\alpha$ -лінолевої,  $\alpha$ -лінолевої та  $\alpha$ -олеїнової кислот ще більш довголанцюгових і більш ненасичених жирних кислот родин відповідно омега-3, омега-6 і омега-9, а з ще більш довголанцюгових і більш ненасичених жирних кислот родин омега-3 і омега-6 – цілої низки біологічно активних речовин, насамперед оксиліпінів і простагландинів, котрі причетні до відтворної здатності відповідно рослин і бджіл (Adamchuk L. et al., 2016; Burdge G. C., 2018; Stanley D., Kim Y., 2019; Domínguez R. et al., 2019; Kwon H. et al., 2020; Matuszewska E. et al., 2021; Jimbo H. et al., 2021; Takic M. et al., 2021).

Оксиліпіни в тканинах рослин синтезуються з таких поліненасичених жирних кислот, як ліноленова та лінолева, які мають в своєму ланцюгу 18 атомів Карбону (Ponce de León I. et al., 2015; Burdge G. C., 2018; Mărgăoan R. et al., 2021). Ліпооксигеназна реакція та утворення оксикислот є первинною ланкою синтезу оксиліпінів у рослинних тканинах (Ponce de León I. et al., 2015). Синтезовані оксиліпіни дуже сильно інтенсифікують обмінні процеси в тканинах, ріст і відмирання рослин



Простагландини синтезуються в кожній тканині організму бджіл тільки з поліненасичених жирних кислот, котрі мають в своєму ланцюгу 20 і більше атомів Карбону (Okon B., 2016; Burdge G. C., 2018; Stanley D., Kim Y., 2019; Kwon H. et al., 2020; Kim Y., Stanley D., 2021). При синтезі простагландинів більш довголанцюгові й ненасичені похідні лінолевої та лінолевої кислот у місцях знаходження подвійних зв'язків, за допомогою таких ензимів, як циклази, утворюють кільце, яке має так звані хвостики, котрі з одного боку є

гідрофільними за рахунок карбоксильної групи, а з другого – гідрофобними з боку метильної групи (Burdge G. C., 2018). Гідрофільні та гідрофобні хвостики молекули простагландинів мають різну довжину та внаслідок цього функціональну активність (Kwon H. et al., 2020; Kim Y., Stanley D., 2021). За рахунок гідрофільних хвостиків молекули простагландинів у тканинах організму бджіл регулюються обмінні процеси протеїнів й амінокислот, а гідрофобних – ліпідів і жирних кислот. Найбільш активні простагландини в організмі бджіл належать до груп E і F (Kwon H. et al., 2020; Janga Y. et al., 2020). До того ж дуже активні простагландини позначені символами  $\alpha$  або  $\beta$  (Janga Y. et al., 2020). Дуже активний простагландин  $F_{2\alpha}$  має пряме відношення до відтворної здатності трутнів і бджолиних маток (Janga Y. et al., 2020). Згадуваний вид простагландину синтезується в тканинах бджіл із ейкозатетраєнової-арахідонової кислоти, яка має в своєму ланцюгу 20 атомів Карбону. У свою чергу ейкозатетраєнова-арахідонова кислота синтезується в тканинах бджіл із лінолевої кислоти, котра має в своєму ланцюгу тільки 18 атомів Карбону (Kavle R. R. et al., 2023). Як відомо лінолева кислота не синтезується в тканинах бджіл та повинна надходити в їх організм із кормом (Janga Y. et al., 2020; Ćirić J. et al., 2022). Простагландин  $F_{2\alpha}$  в статевих шляхах трутнів і бджолиних маток регулює відповідно ріст сперміїв та ріст і запліднюваність ооцитів (Ahmed S., Kim Y., 2020; Janga Y. et al., 2020). Специфіка дії згаданого простагландину полягає в тому, що він у тканинах статевих органів трутнів і бджолиних маток швидко синтезується та швидко втрачає свою активність (Ahmed S., Kim Y., 2020; Di Miceli M. et al., 2020).

Зафіксовано, що в напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону зменшується засвоєння рослинами Цинку. Цей факт підтверджено зниженням коефіцієнту переходу Цинку з орного шару ґрунту в бджолине обніжжя (табл. 3). Видно таку гальмуючу дію на транспортний шлях Цинку проявляє Кадмій. Це можливо пов'язане з тим, що двохвалентні мінеральні елементи Цинк і Кадмій в рослинних тканинах є конкурентами за місце в реакціях.

Встановлено також, що в напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону зростає засвоєння рослинами Кадмію. На цей результат вказують отримані дані щодо підвищення коефіцієнта переходу Кадмію із орного шару ґрунту в бджолине обніжжя (табл. 3). Можливо в цьому випадку, із-за наявного в рослинах високого рівня Кадмію, рослинні тканини вже не можуть захищатися від надмірного надходження до них згаданого мінерального елемента.

Високий рівень Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію у бджолиному обніжжі в свою чергу є причиною зростання їх вмісту в тканинах

медоносних бджіл (табл. 4). При цьому в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, є вищий рівень небезпечних елементів першого класу токсичності – Плюмбуму

(у 1,38–1,70 разів) та Кадмію (у 1,78–2,33 разів). Дані літератури вказують на те, що рівень важких металів у одних тканинах медоносних бджіл і бджолиних маток відповідає їх концентрації в інших тканинах (Purać J. et al., 2019).

**Таблиця 4. Вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію в тканинах черевця медоносних бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону,  $g \cdot 10^{-3}/kg$  сирової маси ( $M \pm m, n=3$ )**

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Цинк, Zn	77,08±1,190	91,32±1,536**	104,24±2,060***
Купрум, Cu	0,34±0,012	0,47±0,014**	0,59±0,014***
Плюмбум, Pb	0,88±0,035	1,21±0,038**	1,50±0,046***
Кадмій, Cd	0,09±0,009	0,16±0,006**	0,21±0,012**

Цинк, Купрум, Плюмбум і Кадмій причетні до обмінних процесів у тканинах рослин та в тканинах організму бджіл. Зокрема Цинк і Купрум у тканинах рослин та в тканинах організму бджіл, за фізіологічно обумовленого рівня мають добре виражену антиоксидантну дію, адже обидва вони є складовими такого ензиму, як супероксиддисмутаза, який сильно гальмує розвиток пероксидних процесів і знищення амінокислот, зокрема незамінних, жирних кислот, у першу чергу поліненасичених, і вітамінів, насамперед жиророзчинних (Younus H., 2018; Serdiuk V. et al., 2020; Ćirić J. et al., 2022). І це при тому, що Купрум в лімфі бджіл виконує таку саму функцію, як Ферум у крові людини та тварин – окисно-відновну (Purać J., 2019). Вважається, що за малої, середньої та високої концентрації такі важкі метали, як Плюмбум та Кадмій, є токсикантами для рослинних тканин і тканин організму бджіл (Serdiuk V. et al., 2020; Purać J. et al., 2019; Ćirić J. et al., 2022).

Слід відмітити, що за високого рівня Цинк і Купрум у рослинних тканинах і в тканинах організму бджіл також стають токсикантами (Purać J. et al., 2019; Ćirić J. et al., 2022). При цьому Цинк і Купрум, як і Плюмбум та Кадмій, у лімфі бджіл інтенсивніше зв'язуються з сульфгідрильними групами терmostійких протеїнів та транспортуються в хітин (Chibuikie G. U., Obiora S. C., 2014; Purać J. et al., 2019; Gizaw G., 2020; Jasper W. C. et al., 2020). В останньому згадувані важкі метали депонуються (Purać J. et al., 2019; Gizaw G. et al., 2020).

Проблема важких металів полягає в наступному. Вони за фізіологічно обумовленого рівня причетні до синтезу, окиснення, депонування та обміну жирних кислот у рослинних тканинах і в тканинах організму бджіл. Зокрема Цинк і Купрум у тканинах рослин і в тканинах організму бджіл здатні ефективно пригнічувати перебіг пероксидних процесів ненасичених жирних кислот, насамперед поліненасичених (Burdge G. C., 2018; Younus H., 2018; Al-Kahtani S. N. et al., 2021; Takic M. et al., 2021; Mărgăoan R. et al., 2021; Kavle R. R. et al., 2023).

Купрум через те, що він входить в склад 9-десатурази, у тканинах рослин і в тканинах організму бджіл сприяє утворенню мононенасичених жирних кислот родин омега-7 (пальмітоолеїнової) і омега-9 (олеїнової) із таких насичених жирних кислот, як відповідно пальмітинова та стеаринова (Сегін Т. і ін., 1918; Hajiahmadi Z. et al., 2020; Takic M. et al., 2021).

$\alpha$ -Ліноленова та  $\alpha$ -лінолева кислоти, які послідовно синтезуються в тканинах рослин із олеїнової кислоти, вважаються незамінними для тканин бджіл і тому повинні надходити в їх організм із кормом (Burdge G. C., 2018; Hsu P.-S. et al., 2021; Mărgăoan R. et al., 2021; Ćirić J. et al., 2022). Вже в тканинах бджіл із кормових  $\alpha$ -ліноленової та  $\alpha$ -лінолевої кислот синтезуються ще більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти родин відповідно омега-3 (ейкозапентаєнова, докозатриєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова) і омега-6 (ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, докозатриєнова та докозатетраєнова) (Burdge G. C., 2018; Ćirić J. et al., 2022). У реакціях перетворення ліноленової та лінолевої кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні у тканинах бджіл активну участь приймає Цинк, оскільки він входить в склад таких ензимних систем, як 2-, 3-, 4-, 5- і 6-десатураза (Burdge G. C., 2018; Hajiahmadi Z. et al., 2020; Jimbo H. et al., 2021; Takic M. et al., 2021; Kavle R. R. et al., 2023).

Більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти родин омега-3 і омега-6 є дуже цінними для організму бджіл (Arien Y. et al., 2015; Burdge G. C., 2018; Hsu P.-S. et al., 2021; Kim Y., Stanley D., 2021; Mărgăoan R. et al., 2021). Ці кислоти є основним структурним матеріалом для побудови клітинних і цитоплазматичних мембран тканин бджіл (Burdge G. C., 2018; Bakour M. et al., 2022). В цих кислот в тваринному організмі синтезуються біологічно активні речовини – простагландини, тромбоксани та лейкотриєни (Burdge G. C., 2018; Stanley D., Kim Y., 2019; Kim Y., Kim Y., 2021; Bakour M. et al., 2022). Більш довголанцюгові та

більш ненасичені жирні кислоти родини омега-6 у бджолиному організмі крім того є прозапальними, а омега-3 – протизапальними (Ranneh Y. et al., 2021; El-Seedi H. R. et al., 2022). При цьому більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти родин омега-6 і омега-3 діють на бджолиний організм через відповідні прозапальні та протизапальні цитокіни пептидного характеру.

Слід наголосити на тому, що прозапальні ейкозаноїди (певні групи простагландинів) в організмі бджіл синтезуються з поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -6 (ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової-арахідонової, докозатетраєнової) (Ebru V. A., 2021). Дані літератури вказують на те, що найбільш активним прозапальним ейкозаноїдом в організмі бджіл, особливо бджолиних маток, є простагландин  $F_{2\alpha}$ , котрий синтезується в їх тканинах із ейкозатетраєнової-арахідонової кислоти, а та в свою чергу з лінолевої (Jasper W. C. et al., 2020; Ebru V. A., 2021). Прозапальний простагландин  $F_{2\alpha}$  сприяє росту й дозріванню сперміїв та росту і запліднюваності ооцитів в статевих шляхах відповідно трутнів і бджолиних маток (Jasper W. C. et al., 2020). Таким чином через функціонально активні клітинні й цитоплазматичні мембрани та біологічно активні речовини, зокрема простагландини, ненасичені жирні кислоти, насамперед поліненасичені жирні кислоти родин омега-3 і омега-6, найбільш повно й виражено впливають на відтворювальну здатність бджіл.

Високий рівень важких металів, у тому числі токсичних, у бджолиному обніжжі та тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, є наслідком урбанізації та індустріалізації території.

З наведеного вище випливає, що в напрямку від гірської зони Карпатського регіону до передгірної та далі до лісостепової, через високий рівень важких металів, у тому числі токсичних, знижується біологічна цінність ненасичених жирних кислот

бджолиного обніжжя для організму бджіл. У згадуваному вище напрямку також за вказаною причиною знижується біологічна цінність ненасичених жирних кислот в тканинах черевця медоносних бджіл. Тим самим високий рівень Цинку, Купруму, Плюмбуму та особливо Кадмію, але – низький ненасичених жирних кислот, зокрема поліненасичених, у бджолиному обніжжі та в тканинах черевця бджіл впливає на відтворну здатність бджолиних маток, які утримуються у вуликах, розміщених у згадуваних зонах Карпатського регіону.

Із таблиці 5 видно, що інтенсивність яйцекладки бджолиних маток у Карпатському регіоні у другій половині весняного періоду є відносно високою. При цьому інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, які утримуються у вуликах, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з бджолиними матками гірської зони, у другій половині весняного періоду є меншою відповідно в 1,12 і 1,17 разів.

Зменшення інтенсивності яйцекладки бджолиних маток, які утримуються у вуликах розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з бджолиними матками гірської зони, в другій половині весняного періоду, в подальшому, через зменшення кількості робочих бджіл, може вкрай негативно впливати на продуктивні та відтворні ознаки бджолиної сім'ї.

Зниження інтенсивності яйцекладки бджолиних маток видно є інтегрованим показником впливу екологічного стану довкілля, оскільки останнє також рівнозначно впливає на відтворну здатність трутнів, зокрема на їх кількісні та якісні показники спермопродукції. На такий же негативний вплив територій, забруднених важкими металами, на репродуктивні ознаки бджіл вказують також інші вчені (Adamchuk L. et al., 2016; Di Fiore C. et al., 2022).

**Таблиця 5. Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток у другій половині весняного періоду в різних природних зонах Карпатського регіону, штук яєць ( $M \pm m, n=3$ )**

Природні зони Карпатського регіону		
гірська	передгірна	лісостепова
обліковий період, 19 квітня		
826,0 $\pm$ 24,62	739,3 $\pm$ 19,60*	702,7 $\pm$ 11,02**
обліковий період, 1 травня		
1117,7 $\pm$ 20,94	930,2 $\pm$ 13,56*	879,3 $\pm$ 15,24**
обліковий період, 13 травня		
1391,0 $\pm$ 11,52	1307,7 $\pm$ 10,10*	1274,0 $\pm$ 6,81**
разом за обліковий період, 19 квітня-13 травня		
3334,7	2977,2	2856,0



У всьому світі ведуться пошуки засобів біоіндикації екологічного стану довкілля (Didukh Ya. P., 2012; Adamchuk L. et al., 2016; Di Fiore C. et



al., 2022). Це пов'язано з тим, що важкі метали, як і інші забруднювачі навколишнього середовища, мають неодинаковий рівень переходу в ланцюгу ґрунт – рослина – тканини бджіл – бджолина продукція.

Раніше вказувалось (Saranchuk I. I., Ravis Y. F., 2008), що в умовах Карпатського регіону біоіндикатором екологічного стану довкілля, через оптимальний вміст важких металів і жирних кислот, може служити пилок *Taraxacum officinale* Wigg. Позитивним в цьому біоіндикаторі є те, що він дозволяє визначати різні рівні нагромадження важких металів і жирних кислот та тим самим дає більше інформації. Біоіндикатором екологічного стану довкілля за вмістом важких металів і ненасичених жирних кислот може служити також інтенсивність яйцекладки бджолиних маток

### Висновки.

У напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону погіршується екологічний стан довкілля.



Це підтверджується рівнем Цинку, Купруму, Плюмбуму та особливо Кадмію в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі, тканинах черевця медоносних бджіл та інтенсивністю яйцекладки бджолиних маток.

### Список використаної літератури.

Didukh Ya. P. Basics of bioindication. Kyiv: Naukova dumka, 2012. 344 p.

Купрум і особливо Цинк вкрай необхідні для нормального функціонування рослинних тканин. Це узгоджується з відносно високим коефіцієнтом переходу згадуваних мінеральних елементів із орного шару ґрунту в бджолине обніжжя в різних природних зонах Карпатського регіону. При цьому коефіцієнти переходу Кадмію та особливо Плюмбуму в бджолине обніжжя є дуже низкими.

У напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону зменшується засвоєння рослинами Цинку. Цей факт підтвержується зниженням коефіцієнту переходу Цинку з орного шару ґрунту в бджолине обніжжя. При цьому зростає засвоєння рослинами Кадмію.

Високий рівень Цинку, Купруму, Плюмбуму й Кадмію в бджолиному обніжжі та тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, є наслідком урбанізації та індустріалізації територій.

Інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, які утримуються у вуликах, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з бджолиними матками гірської зони, у другій половині весняного періоду є меншою відповідно в 1,12 і 1,17 разів.



Цинк, Купрум, Плюмбум й Кадмій через біологічну цінність ненасичених жирних кислот бджолиного обніжжя впливають на відтворювальну здатність медоносних бджіл у Карпатському регіоні. Зокрема в напрямку від гірської до передгірної і далі до лісостепової зони Карпатського регіону, через високу концентрацію Цинку, Купруму, Плюмбуму й особливо Кадмію, знижується біологічна цінність ненасичених жирних кислот родин омега-3, омега-6, омега-7 й омега-9 бджолиного обніжжя для інтенсивної яйцекладки бджолиних маток.

Бджолине обніжжя та тканини черевця медоносних бджіл за вмістом Цинку, Купруму, Плюмбуму, Кадмію та ненасичених жирних кислот родин омега-3, омега-6, омега-7 і омега-9 можуть служити біоіндикатором екологічного стану довкілля. Добрим біоіндикатором екологічного стану довкілля може служити також такий інтегрований показник, як інтенсивність яйцекладки бджолиних маток

Changes in the fatty acid composition of *Chlorobium limicola* IMB K-8 cells under the influence of Cuprum (II) sulfate / T. Sehin et. al.



- Mikrobiolohichnyi zhurnal*. 2018. Vol. 80, № 3. P. 40–52.
- Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine / Vlizlo V. V. et al. Lviv, 2012. 759 p.
- Methodology of agrochemical certification of agricultural lands / ed. Yatsuk I. P., Baliuk S. A., second edition. Kyiv, 2019. 108 p.
- Methodology and organization of scientific research in animal husbandry / ed. I. I. Ibatullin, O. M. Zhukorskyi. Kyiv: *Ahrarna nauka*, 2017. 328 p.
- Polishchuk V. P. Beekeeping. Lviv: *Ukrainskyi pasichnyk*, 2001. 294 p.
- Razanov S. F., Didur I. M., Pervachuk M. V. The effectiveness of reducing soil contamination with lead and cadmium by bee pollination of agricultural crops in the conditions of their mineral nutrition. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo : zb. nauk. pr. VNAU*. 2015. № 2. P. 94–101.
- Razanov S. F., Shvets V. V. The influence of organic and mineral fertilizers and the level of soil moisture on the concentration of lead in flower pollen. *Ahroekolohichnyi zhurnal : naukovo-teoretychnyi zhurnal*. 2012. № 4. P. 38–41.
- Saranchuk I. I. Level of non-esterified fatty acids in abdominal tissues and productive characteristics of bees fed different amounts of linseed oil. *Peredhirna ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2020. Issue 67 (II). P. 253–264.
- Saranchuk I. I., Ravis Y. F. Fatty acid composition of bee pollen depending on environmental conditions. *Biolojiia tvaryn*. 2008. Vol. 10, № 1, 2. P. 236–244.
- Fedoruk R. S., Romaniv L. I. Reproductive function of queen bees under the conditions of feeding bees with soy bean flour of native and transgenic varieties. *Biolojiia tvaryn*. 2013. Vol. 15, № 3. P. 140–149.
- Ahmed S., Kim Y. Prostaglandin catabolism in Spodoptera exigua, a lepidopteran insect. *The Journal of Experimental Biology*. 2020. Vol. 223, Issue 21. P. 1–10. doi: 10.1242/jeb.233221
- Al-Kahtani S. N., Taha E.-K. A., Farag S. A., Taha R. A., Abdou E. A., Mahfouz H. M. Harvest Season Significantly Influences the Fatty Acid Composition of Bee Pollen. *Biology*. 2021. Vol. 10, Issue 6. P. 495–504. doi: 10.3390/biology10060495
- 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. Vol. 9. P. 1–8.
- Bakour M., Laaroussi H., Ousaaid D., El Ghouizi A., Es-Safi I., Mechchate H., Lyoussi B. Bee Bread as a Promising Source of Bioactive Molecules and Functional Properties: An Up-To-Date Review. *Antibiotics*. 2022. Vol. 11, Issue 2. P. 1–39. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11020203>
- Chibuike G. U., Obiora S. C. Heavy metal polluted soils: effect on plants and bioremediation methods. *Applied and Environmental Soil Science*. 2014. 12 p. <https://doi.org/10.1155/2014/752708>
- Ćirić J., Haneklaus N., Rajić S., Baltić T., Branković Lazić I., Đorđević V. Chemical composition of bee bread (perga), a functional food: A review. *Journal of Trace Elements and Minerals*. 2022. Vol. 2, № 3. P. 1–9. doi:10.1016/j.jtemin.2022.100038
- Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products / R. Domínguez et al. *Antioxidants*. 2019. Vol. 8, № 10. P. 429–460. doi:10.3390/antiox8100429
- Di Fiore C., Nuzzo A., Torino V. De Cristofaro A., Notardonato I., Passarella S, Di Giorgi S., Avino P. Honeybees as Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Urban and Rural Areas in the South of Italy. *Atmosphere*. 2022. Vol. 13, № 624. P. 1–12. <https://doi.org/10.3390/atmos13040624>
- Ebru B. A. Microbiota and Its Importance in Honey Bees. *Bee Studies* 2021. Vol. 13, № 1. P. 23–30. <https://doi.org/10.51458/BSTD.2021.14>
- Effect of various amounts of sunflower oil in feed additives on breast tissues functional condition, reproductivity and productivity of honey bees / I. I. Saranchuk et al. *Ukrainian journal of ecology*. 2021. Vol. 11(1). P. 344–349.
- El Ghouizi A., Bakour M., Laaroussi H., Ousaaid D., El Menyiy N., Hano C., Lyoussi B. Bee Pollen as Functional Food: Insights into Its Composition and Therapeutic Properties. *Antioxidants*. 2023, Vol. 12, № 3. P. 557–568. <https://doi.org/10.3390/antiox12030557>
- El-Seedi H. R., Eid N., Abd El-Wahed A. A., Rateb M. E., Afifi H. S., Algethami A. F., Zhao C., Al Naggar Y., Alsharif S. M., Tahir H. E., Xu B., Wang K., Khalifa S. A. M. Honey Bee Products: Preclinical and Clinical Studies of Their Anti-inflammatory and Immunomodulatory Properties. *Front. Nutr*. 2022. Vol. 8. doi: 10.3389/fnut.2021.761267. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.761267/full>
- Environmental biomonitoring by means beekering products / L. Adamchuk et al. *Biodiversity after the Chernobyl accident*. 2016. P. 11–18. <http://www.slpk.sk/eldo/2018/dl/9788055215150/9788055215150.pdf>
- Gizaw G., Kim Y. H., Moon K. H., Choi J. B., Kim Y. H., Park J. K. Effect of environmental heavy metals on the expression of detoxification-related genes in honey bee *Apis mellifera*. *Apidologie*. 2020. Vol. 51. P. 664–674. doi: 10.1007/s13592-020-00751-8
- Hajiahmadi Z., Abedi A., Wei H., Sun W., Ruan H., Zhuge Q., Movahedi A. Identification, evolution, expression, and docking studies of fatty acid desaturase genes in wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Genomics*. 2020. Vol. 21, Issue 778. P. 1–20. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-07199-1>
- Hsu P. S., Wu T.-H., Huang M.-Y., Wang D.-Y., Wu M.-C. Nutritive Value of Bee Pollen Samples from Major Floral Sources in Taiwan. *Foods*. 2021. Vol. 10, Issue 9. P. 2229–2244. <https://doi.org/10.3390/foods10092229>
- Identification of a metallothionein gene in honey bee *Apis mellifera* and its expression profile in response to Cd, Cu and Pb exposure / J. Purać et al. *Mol. Ecol*. 2019. Vol. 28, № 4. P. 731–745.



- Janga Y., Kim M., Hwang S. W. Molecular mechanisms underlying the actions of arachidonic acid-derived prostaglandins on peripheral nociception. *Journal of Neuroinflammation*. 2020. Vol. 17, № 30. P. 1–27. <https://doi.org/10.1186/s12974-020-1703-1>
- Jasper W. C., Brutscher L. M., Grozinger C. M., Niño E. L. Injection of seminal fluid into the hemocoel of honey bee queens (*Apis mellifera*) can stimulate post-mating changes. *Sci Rep*. 2020. Vol. 10. P. 1–18. doi: 10.1038/s41598-020-68437-w
- Jimbo H., Yuasa K., Takagi K., Hirashima T., Keta S., Aichi M., Wada. H. Specific Incorporation of Polyunsaturated Fatty Acids into the sn-2 Position of Phosphatidylglycerol Accelerates Photodamage to Photosystem II under Strong Light. *Int. J. Mol. Sci*. 2021. Vol. 22, Issue 19. P. 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijms221910432>
- Kavle R. R., Pritchard E. T. M., Carne A., El-Din Ahmed Bekhit A., Agyei D. Fatty Acid Profile, Mineral Composition, and Health Implications of Consuming Dried Sago Grubs (*Rhynchophorus ferrugineus*). *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, № 1. P. 363–378. <https://doi.org/10.3390/app13010363>
- Kim Y., Stanley D. Eicosanoid Signaling in Insect Immunology: New Genes and Unresolved Issues. *Genes*. 2021. Vol. 12, Issue 211. P. 1–15. <https://doi.org/10.3390/genes12020211>
- Klym O., Stadnytska O. Heavy metals in the dandelion and apple tree pollen from the different terrestrial ecosystems of the Carpathian region. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2019. Vol. 18, № 3. S. 15–20.
- Kwon H., Hall D. R., Smith R. C. Identification of a prostaglandin E<sub>2</sub> receptor that regulates mosquito oenocytoid immune cell function in limiting bacteria and parasite infection. doi: 10.1101/2020.08.03.235432. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.08.03.235432v1.full>
- Kwon H., Yanga Y., Kumarb S., Leea D.-W., Bajracharya P., Calkinsa T. L., Kimb Y. P., Pietrantonioa V. Characterization of the first insect prostaglandin (PGE<sub>2</sub>) receptor: Manse PGE<sub>2</sub>R is expressed in oenocytoids and lipoteichoic acid (LTA) increases transcript expression. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 2020. Vol. 117. P. 1–49. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2019.103290>
- Mărgăoan R., Özkök A., Keskin Ş., Mayda N., Urcan A. C., Cornea-Cipcigan M. Bee collected pollen as a value-added product rich in bioactive compounds and unsaturated fatty acids: A comparative study from Turkey and Romania. *LWT*. 2021. Vol. 149. doi: 10.1016/j.lwt.2021.111925 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643821010781>
- Matuszewska E., Klupczynska A., Maciołek K., Kokot Z. J., Matysiak J. Multielemental Analysis of Bee Pollen, Propolis, and Royal Jelly Collected in West-Central Poland. *Molecules*. 2021 Vol. 26, Issue 9. P. 1–18. doi: 10.3390/molecules26092415
- Omega-3 deficiency impairs honey bee learning / Y. Arien et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2015. Vol. 112. No 51. P. 15761–15766.
- Polyunsaturated fatty acid metabolism / Edited by: G. C. Burdge. 2018. Academic Press et AOCS Press. 252 p.
- Ponce de León I., Hamberg M., Castresana C. Oxylipins in moss development and defense. *Front Plant Sci*. 2015. Vol. 6. P. 44–65. doi: 10.3389/fpls.2015.00483
- Raneh Y., Akim A. M., Hamid H. A., Khazaai H., Fadel A., Zakaria Z. A., Albujja M., Fadzelly M., Bakar A. Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 2021. Vol. 21, Issue 30. P. 1–17. doi: <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5>
- Ruedenauer F. A., Biewer N. W., Nebauer C. A., Scheiner M., Spaethe J., Leonhardt S. D. Honey Bees Can Taste Amino and Fatty Acids in Pollen, but Not Sterols. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2021. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.684175>. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2021.684175/full>
- Serdiuk V., Sklabinskyi V., Bolshanina S., Ableyev A., Dychenko T. Prevention of Hydrosphere Contamination with Electroplating Solutions through Electromembrane Processes of Regeneration. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21, No 4. P. 61–69. doi: 10.12911/22998993/119801
- Stabler D., Al-Esawy M., Chennells J. A., Perri G., Robinson A., Wright G. A. Regulation of dietary intake of protein and lipid by nurse-age adult worker honeybees. *J. Exp. Biol*. 2021. Vol. 224, Issue. 3. P. 1–9. doi: 10.1242/jeb.230615
- Stanley D., Kim Y. Prostaglandins and Other Eicosanoids in Insects: Biosynthesis and Biological Actions. *Frontiers in Physiology*. 2019. Vol. 9. doi.org/10.3389/fphys.2018.01927
- The role of prostaglandins in livestock production / B. Okon. *Global Journal of Agricultural Sciences*. 2016. Vol. 15, № 1. P. 27–30.
- Takic M., Zekovic M., Terzic B., Stojsavljevic A., Mijuskovic M., Radjen S., Ristic-Medic D. Zinc Deficiency, Plasma Fatty Acid Profile and Desaturase Activities in Hemodialysis Patients: Is Supplementation Necessary? *Frontiers in Nutrition*. 2021. Vol. 8. P. 1–15. doi:10.3389/fnut.2021.700450
- Younus H. Therapeutic potentials of superoxide dismutase. *Int. J. Health Sci*. 2018. Vol. 12, № 3. P. 88–93.

**PECULIARITIES OF THE EFFECT OF HEAVY METALS AND FATTY ACIDS OF BEE POLLEN ON THE REPRODUCTIVE CAPACITY OF QUEEN BEES**

Yosyp RIVIS<sup>1</sup>, Volodymyr POSTOJENKO<sup>2</sup>, Olha STADNYTSKA<sup>1</sup>, Ivan SARANCHUK<sup>3</sup>, Oleh KLYM<sup>1</sup>, Oleksandr DIACHENKO<sup>1</sup>, Vasyl FEDAK<sup>1</sup>, Andrii SHELEVACH<sup>1</sup>, Olha HOPANENKO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS

<sup>2</sup>NSC "Institute of beekeeping named after P. I. Prokopovych"

<sup>3</sup>Bukovyna State Agricultural Research Station

<sup>4</sup>VNKZ LOR "Lviv Medical Academy named after Andrey Krupynskyi"

The article states that experimental apiaries of clinically healthy honey bees of the Carpathian breed were selected on the basis of private apiaries in the mountain, foothill and forest-steppe zones of the Lviv region. In order to assess the intensity of man-made load on the environment where experimental bee apiaries are located, the content of Zinc, Copper, Lead and Cadmium in the topsoil, bee pollen and abdominal tissues of honey bees was determined. It was recorded that the ecological condition of the environment worsens in the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region. This is confirmed by the level of Zinc, Copper, Lead, and especially Cadmium in the topsoil, bee pollen, abdominal tissues of honey bees, and the intensity of egg laying by queen bees.

Copper and especially Zinc are extremely necessary for the normal functioning of plant tissues. This is consistent with the relatively high rate of transition of the mentioned mineral elements from the arable layer of the soil to the bee colony in various natural zones of the Carpathian region. At the same time, the transfer coefficients of Cadmium and especially Lead into bee pollen are very low. In the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, the assimilation of Zinc by plants decreases. This fact is confirmed by the decrease in the coefficient of zinc transition from the arable layer of the soil to the bee colony. At the same time, the assimilation of Cadmium by plants increases. Zinc, Copper, Lead and cadmium, due to the biological value of unsaturated fatty acids in bee pollen, affect the reproductive capacity of honey bees in the Carpathian region.

In particular, in the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, due to the high concentration of Zinc, Copper, Lead and especially Cadmium, the biological value of unsaturated fatty acids of the omega-3, omega-6, omega-7 and omega-9 bee families decreases bedding for intensive egg-laying of bee queens.

The high level of Zinc, Copper, Lead and Cadmium in bee pollen and abdominal tissues of honey bees obtained from hives located in the foothills and especially the forest-steppe zones of the Carpathian region is a consequence of the urbanization and industrialization of the territories. In the second half of the spring period, the egg-laying intensity of queen bees kept in hives located in the foothills and especially in the forest-steppe zones of the Carpathian region is 1.12 and 1.17 times lower, respectively, compared to queen bees in the mountain zone.

Bee pollen and abdominal tissues of honey bees can serve as a bioindicator of the ecological state of the environment by the content of Zinc, Copper, Lead, Cadmium and unsaturated fatty acids of the omega-3, omega-6, omega-7 and omega-9 families. An integrated indicator such as the intensity of egg-laying by queen bees can also serve as a good bioindicator of the ecological state of the environment.

**Keywords:** natural zones of the Carpathian region, heavy metals, fatty acids, arable soil layer, bee pollen, bee abdominal tissues, egg-laying intensity of queen bees, bioindicator.

Отримано: 10.05.2023

Погоджено до друку: 29.05.2023

Колектив Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН вітає  
Валентину Вікторівну Гливу з присудженням вченого звання старшого дослідника.

