

Наукова діяльність

ТВАРИННИЦТВО

© Й. Ф. Рівіс, В. О. Постое́нко, О. І. Стадницька, І. І. Саранчук, О. Я. Клим, О. Б. Дяченко, А. В. Шелевач,
О. О. Гопаненко, 2024
УДК 574.23: 591.5:577.115:638

DOI: 10.32636/agroscience.2024-(3)-3-5

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СВІЖОПОБУДОВАНИХ БДЖОЛИНИХ СТІЛЬНИКАХ (ЯЗИКАХ) – ПОКАЗНИК ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Йосип РІВІС¹, Володимир ПОСТОЄНКО², доктори сільськогосподарських наук
Ольга СТАДНИЦЬКА¹, Іван САРАНЧУК³, Олег КЛИМ¹, Олександр ДЯЧЕНКО¹,
Андрій ШЕЛЕВАЧ¹, кандидати сільськогосподарських наук
Ольга ГОПАНЕНКО⁴, кандидат біологічних наук

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

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

³Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція ІСГКР НААН
вул. Б. Крижанівського, 21-а, м. Чернівці, 58025, Україна

⁴ВНЗ ЛОР “Львівська медична академія імені Андрея Крупинського”
вул. Дорошенка, 70, м. Львів, 79000, Україна
e-mail: 1059@i.ua

Встановлено, що в бджололиному обніжжі, тканинах черевця медоносних бджіл і свіжопобудованих бджололиних стільниках зростає вміст важких металів. Одночасно в них сильно зростають коефіцієнти переходу Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію з бджололиного обніжжя в бджололині стільники; Феруму, Цинку, Кобальту, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію з тканин черевця. Високий рівень важких металів у бджололиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених на передгірній та особливо лісостеповій території Карпатського регіону, є наслідком їх урбанізації та індустріалізації. Вміст важких металів у свіжопобудованих бджололиних стільниках може служити показником техногенного забруднення території.

Ключові слова: різні території Карпатського регіону, вміст важких металів у свіжопобудованих бджололиних стільниках.

Вступ

Бджолиний віск виробляється особливими восковими залозами, розташованих на червці бджоли (Griffin E. N., Niebergall P. J., 1999). Через дуже дрібні пори залоз віск виділяється назовні, де застигає у вигляді мініатюрних воскових дисків (твердих воскових дзеркалець). На останніх чотирьох черевних півкільцях робочої бджоли помітні оголені частини тіла з блискучою поверхнею. Вони мають назву воскові дзеркальця та служать місцем накопичення тонкого шару воску у вигляді пластинок під час функціонування залоз. Віск виділяють тільки молоді робочі бджоли (вік особин не перевищує 20 днів), які припинили споживати маточне молочко й почали вживати в їжу великі кількості бджололиного обніжжя і свіжого меду (Fedak V. V., 2022). Таке живлення сприяє нагромадженню в організмі бджіл великого обсягу поживних речовин і ензимів. Відомо, що дорослі бджоли не здатні синтезувати віск (Hepburn N. et al., 1991).

Основне призначення створюваного бджололиною сім'єю воску – це будівництво стільників (Bogdanov S., 2015). Після того, як субстанція, що виділяється залозами,

перетворюється на черевній частині комахи в щільні пластини, бджоли використовують отримані воскові дзеркальця для облаштування вулика. При цьому бджоли будують з синтезованого воску гніздові та медові стільники у вигляді двосторонніх шестиграних комірок, повернених дном одна до одної (Hagman A., 2019). Бджолиний віск у складі свіжопобудованого стільника має білий колір (Robert W. C., 2021).

Бджолиний віск складається зі складних ефірів (в даному випадку естерів) одноосновних жирних кислот, котрі мають в своєму ланцюгу від 8 до 24 атомів Карбону, і вищих одноатомних спиртів, які мають в своєму ланцюгу вже від 22 до 32 атомів Карбону (Hepburn N. R. et al., 2014; Kastratović, V., 2022). Причому головним компонентом бджололиного воску є естер пальмітинової кислоти (котра має в своєму ланцюгу 16 атомів Карбону) і мірицинового спирту (який має в своєму ланцюгу 30 атомів Карбону) (Roy D., 2024). Загалом бджолиний віск містить в своєму складі в основному естери одноосновних жирних кислот і вищих одноатомних спиртів.



Естери високоатомного спирту холестеролу та довголанцюгових жирних кислот в бджолиному воску займають невелику частку (Finley J. W., deMan J. M., 2018). Наявність естерів холестеролу в бджолиному воску вказує на те, що організм бджоли має потужний вплив на синтезувальні процеси в восковидільних залозах (Xu R. et al. 2024). Однак це не виключає сильний супутній вплив окремих складових корму, зокрема перги, меду та особливо бджолиного обніжжя (пилку рослин) на синтез бджолиного воску (Fedak V. V., 2022). Це підтверджується тим, що вже згадувані вищі одноатомні спирти не надходять в організм бджіл із їжею, а повинні синтезуватись в ньому заново в першу чергу з цукрів корму (Griffin E. N., Niebergall P. J., 1999; Furse S. et al., 2023).

Воски належать до відносно дуже стійких сполук, хоча, як і жири, здатні піддаватися гідролізу (Leray C., Krendlinger E., 2023). Порівняно з жирами, воски багатші Карбоном (80-82 %) і Гідроеном (13-14 %) і, отже, містять менше Оксигену (4-7 %) (Bioorganic chemistry, 2013).

Якісні показники воску сильно залежать від регіону його походження та корму бджіл. Крайній віск виходить у степових районах (Mischenko O. et al., 2020). Бджолине обніжжя, порівняно з цукровим сиропом, у значно більшій мірі впливає на якісні показники воску. Зокрема, досліджувався розвиток восковидільної залози робочих бджіл, яким згодовували або бджолине обніжжя різних видів рослин з підгодівлею цукровим сиропом або тільки один цукровий сироп (Fedak V. V., 2022). Було встановлено, що характер живлення бджіл суттєво впливає на розвиток восковидільної залози. Так, у групі бджіл, які споживали бджолине обніжжя, насамперед ріпакове, було встановлено найкращі показники розвитку клітин восковидільної залози (Fedak V. V., 2022).

На вироблення бджолами 1 кг воску для побудови нових стільників витрачається в середньому 3,5 кг меду та деяка кількість перги (Brovarski V. D. et al., 2013).

Результати та обговорення

Встановлено (табл. 1, 2 і 3), що в напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової територій Карпатського регіону зростає вміст Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію в бджолиному обніжжі (пилку рослин), тканинах черевця медоносних бджіл і в свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках). Одночасно в наведеному вище напрямку сильно зростають коефіцієнти переходу Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію з бджолиного обніжжя; Феруму, Цинку, Кобальту, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію з тканин черевця (табл. 4 і 5). Представляє інтерес

У літературі відсутні дані щодо коефіцієнтів переходу важких металів із бджолиного обніжжя та тканин бджоли в бджолині стільники на різних територіях.

Метою роботи було визначити коефіцієнти переходу важких металів із бджолиного обніжжя та тканин черевця в бджолині стільники на різних територіях Карпатського регіону.

Матеріали і методи

Піддослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи карпатська, були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської (сmt. Славсько, Стрийського району), передгірної (с. Нижня Стинава, Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів, Львівського району) територій Львівської області. Для визначення коефіцієнтів переходу досліджувався вміст Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію в бджолиному обніжжі (пилку), тканинах черевця медоносних бджіл і у воску свіжопобудованих бджолиних стільників (язиках). Для цього на кожній території на початку літнього періоду на трьох пасіках і на кожній з трьох вуликів відбирались зразки бджолиного обніжжя, медоносних бджіл і свіжопобудованих бджолиних стільників (язиків). Вміст важких металів у відібраних зразках бджолиного обніжжя, тканин черевця медоносних бджіл та в свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) визначався в лабораторних умовах за чинним на даний час державним стандартом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі Селмі-115 (ДСТУ 4405:2005).

Отриманий цифровий матеріал оброблено статистично. Визначались середні величини (M), похибки середніх величин ($\pm m$) та вірогідність різниці між середніми величинами ($p \leq$) (Ibatullin I. I., Zhukorskyi O. M., 2017).

той факт, що при цьому в наведеному вище напрямку сильно знижується коефіцієнт переходу Хрому з бджолиного обніжжя в бджолині стільники. Слід відмітити, що коефіцієнт переходу Хрому з тканин черевця в бджолині стільники є високим тільки на передгірній території Карпатського регіону. Натомість, на лісостеповій території щодо показника коефіцієнту переходу не було встановлено достовірної різниці. Наведене вище вказує на те, що бджолине обніжжя через травний канал і його стінку та далі через лімфу має досить сильний вплив на коефіцієнти переходу важких металів із бджолиного обніжжя у стільники та на вміст важких металів у бджолиних стільниках.

Таблиця 1. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, у бджолиному обніжжі (пилку рослин) на різних територіях Карпатського регіону, $г \cdot 10^{-3}/кг$ повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Території Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	33,52 $\pm$ 0,830	37,11 $\pm$ 0,781*	43,39 $\pm$ 2,253**
Цинк, Zn	34,39 $\pm$ 1,91	39,20 $\pm$ 0,900*	42,72 $\pm$ 0,872**
Купрум, Cu	2,01 $\pm$ 0,089	3,02 $\pm$ 0,169*	4,20 $\pm$ 0,170***
Кобальт, Co	1,01 $\pm$ 0,029	1,14 $\pm$ 0,050*	1,44 $\pm$ 0,112***
Хром, Cr	4,10 $\pm$ 0,177	5,02 $\pm$ 0,180*	6,68 $\pm$ 0,149***
Нікол, Ni	0,58 $\pm$ 0,015	0,65 $\pm$ 0,015*	0,74 $\pm$ 0,023**
Плюмбум, Pb	0,12 $\pm$ 0,007	0,18 $\pm$ 0,009*	0,26 $\pm$ 0,012**
Кадмій, Cd	0,04 $\pm$ 0,003	0,07 $\pm$ 0,007*	0,10 $\pm$ 0,009**

Примітка. Тут і далі різниці вірогідні порівняно з гірською територією:

* – $p < 0,05$ – $0,02$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Таблиця 2. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в тканинах черевця медоносних бджіл на різних територіях Карпатського регіону, $г \cdot 10^{-3}/кг$ сирої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Території Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	46,48 $\pm$ 1,046	63,72 $\pm$ 1,220***	77,03 $\pm$ 1,630***
Цинк, Zn	77,08 $\pm$ 1,190	91,32 $\pm$ 1,536**	104,24 $\pm$ 2,060***
Купрум, Cu	0,34 $\pm$ 0,012	0,47 $\pm$ 0,014**	0,59 $\pm$ 0,014***
Кобальт, Co	0,31 $\pm$ 0,009	0,36 $\pm$ 0,014*	0,43 $\pm$ 0,017**
Хром, Cr	2,43 $\pm$ 0,070	3,12 $\pm$ 0,082*	3,78 $\pm$ 0,112**
Нікол, Ni	2,43 $\pm$ 0,035	3,40 $\pm$ 0,067***	4,13 $\pm$ 0,059***
Плюмбум, Pb	0,88 $\pm$ 0,035	1,21 $\pm$ 0,038**	1,50 $\pm$ 0,046***
Кадмій, Cd	0,09 $\pm$ 0,009	0,16 $\pm$ 0,006**	0,21 $\pm$ 0,012**

Таблиця 3. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в бджолиних стільниках (язиках) на різних територіях Карпатського регіону, $г \cdot 10^{-3}/кг$ натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Території Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	21,31 $\pm$ 0,425	41,02 $\pm$ 2,682*	84,11 $\pm$ 2,523*
Цинк, Zn	2,13 $\pm$ 0,125	5,01 $\pm$ 0,158**	8,10 $\pm$ 0,255**
Купрум, Cu	0,06 $\pm$ 0,005	0,12 $\pm$ 0,003**	0,15 $\pm$ 0,006**
Кобальт, Co	0,03 $\pm$ 0,003	0,12 $\pm$ 0,006**	0,18 $\pm$ 0,003**
Хром, Cr	0,85 $\pm$ 0,010	1,19 $\pm$ 0,035**	1,36 $\pm$ 0,023**
Нікол, Ni	0,32 $\pm$ 0,005	0,53 $\pm$ 0,020*	0,75 $\pm$ 0,020**
Плюмбум, Pb	0,42 $\pm$ 0,003	0,64 $\pm$ 0,025*	0,94 $\pm$ 0,047**
Кадмій, Cd	0,02 $\pm$ 0,047	0,05 $\pm$ 0,073*	0,07 $\pm$ 0,006*

Таблиця 4. Коефіцієнти переходу важких металів, у тому числі токсичних, із бджолиного обніжжя в бджолині стільники (язики)

Метал та його символ	Території Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	0,640	1,112	2,020
Цинк, Zn	0,062	0,160	0,170
Купрум, Cu	0,030	0,040	0,100
Кобальт, Co	0,079	0,105	0,125
Хром, Cr	0,350	0,237	0,204
Нікол, Ni	0,637	0,815	1,014
Плюмбум, Pb	0,325	3,556	3,615
Кадмій, Cd	0,200	0,571	0,700

Таблиця 5. Коефіцієнти переходу важких металів, у тому числі токсичних, із бджолиного обніжжя в бджолині стільники (язики)

Метал та його символ	Території Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	0,458	0,644	1,092
Цинк, Zn	0,028	0,055	0,078
Купрум, Cu	0,176	0,255	0,254
Кобальт, Co	0,097	0,333	0,343
Хром, Cr	0,132	0,381	0,360
Нікол, Ni	0,132	0,156	0,182
Плюмбум, Pb	0,477	0,529	0,627
Кадмій, Cd	0,222	0,323	0,333

Як відомо бджолині стільники будують дуже молоді робочі бджоли, яким від сили півтора-два з половиною тижні життя, та які харчуються бджолиним обніжжям і медом. Причому, на активність воскосинтезувальних залоз молодих робочих бджіл бджолине обніжжя має більший вплив, порівняно з медом (Fedak V. V., 2022). Ці дані дають відповідь на питання звідки в свіжопобудованих стільниках беруться важкі метали, в тому числі токсичні Плюмбум і Кадмій.

Необхідно відмітити наступне. Високі коефіцієнти переходу з бджолиного обніжжя в бджолині стільники мають Ферум, Нікол і особливо Плюмбум; середні – Цинк, Кобальт, Хром і Кадмій; низькі – Купрум (табл. 4). Високі коефіцієнти переходу з тканин черевця в бджолині стільники мають Плюмбум і особливо Ферум; середні – Купрум, Кобальт, Хром, Нікол і Кадмій; низькі – Цинк (табл. 5). Видно, організм бджоли може в деякій мірі регулювати міжтканинний перехід важких металів. Це підтверджується наступними фактами. Високі коефіцієнти переходу з

бджолиного обніжжя та тканин черевця в бджолині стільники Феруму, Ніколу та особливо Плюмбуму можуть свідчити про те, що організм бджоли таким чином може в деякій мірі звільнятися від менш потрібних йому мінеральних елементів. Низькі або середні коефіцієнти переходу в бджолині стільники найбільш пробіотичних мінеральних елементів Цинку, Купруму та Кобальту можуть вказувати на те, що у воску вони зовсім не потрібні.

Високий рівень важких металів у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених на передгірній та особливо лісостеповій території Карпатського регіону, є наслідком їх урбанізації та індустріалізації. Отже, вміст важких металів у свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) може служити показником техногенного забруднення території. Загалом, бджолине обніжжя, тканини медоносних бджіл і свіжопобудовані бджолині стільники (язики) можуть бути біоіндикаторами екологічного стану довкілля (Didukh Ya. P., 2012).

Висновки

У напрямку від гірської до передгірної та далі до лісостепової територій Карпатського регіону зростає вміст Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію в бджолиному обніжжі (пилку рослин), тканинах черевця медоносних бджіл і в свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках). Одночасно в наведеному вище напрямку сильно зростають коефіцієнти переходу Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію з бджолиного обніжжя; Феруму, Цинку, Кобальту, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію з тканин черевця. У наведеному вище напрямку сильно знижується

коефіцієнт переходу Хрому з бджолиного обніжжя в бджолині стільники. Коефіцієнт переходу Хрому з тканин черевця в бджолині стільники є високим тільки на передгірній території Карпатського регіону, бо вже на лісостеповій території даний коефіцієнт переходу не зростає. Високий рівень важких металів у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених на передгірній та особливо лісостеповій території Карпатського регіону, є наслідком їх урбанізації та індустріалізації. Вміст важких металів у свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) може служити показником техногенного забруднення території.

Список використаної літератури

Agyemang B., Grabulos J., Hubert O., Bourlieu C., Nigen M., Lebrun M., Coffigniez F., Guillard V., Brat P. Properties of beeswax antifungal coatings obtained by high pressure homogenisation and their application for preserving bananas during storage.

International Journal of Food Science and Technology. 2022, Vol 57, P. 5349–5356. doi:10.1111/ijfs.15865

Bioorganic chemistry. Chernihiv: Chernihivskiy natsionalnyi pedahohichnyi universytet im. T. H. Shevchenka, 2013. 208 p.

Brovarskyi V. D., Losiev O. M., Holovetskyi I. I. *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii bdzhilnytstva*. Kyiv. 2013. 156 p.

Didukh, Ya. P. (2012). *Osnovy bioindykatsii* [Basics of bioindication]. Kyiv: Naukova dumka. 344 p. (In Ukrainian).

Fedak, V. V. (2022). *Vplyv yakosti kormu na pokaznyky rozvytku voskovydilnoi zalozy v medonosnykh bdzhil* [The influence of forage quality on indicators of development of the wax-secreting gland in honey bees (*Apis mellifera* L)]. *Beekeeping of Ukraine*. 9, 15. 109–113. (In Ukrainian).

Bogdanov S. Beeswax: Quality issues today. *Bee World*. 2015. Vol. 85, № 3. P. 46–50. doi:10.1080/0005772X.2004.11099623

Finley J. W., deMan J. M. Lipids. In book: *Principles of Food Chemistry*. Food Science Text Series. Springer, Cham. 2018. P. 39–116. doi:10.1007/978-3-319-63607-82

Furse S., Koch H., Wright G. A., Stevenson P. C. Sterol and lipid metabolism in bees. *Metabolomics*. 2023. Vol. 78. P. 1–19. doi:10.1007/s11306-023-02039-1

Griffin E. N., Niebergall P. J. Release kinetics of a controlled-release multiparticulate dosage form prepared using a hot-melt fluid bed coating method. *Pharm. Dev. Technol.* 1999. № 4 (1). P. 41–49.

Harman A. Beeswax. *Encyclopedia of Social Insects*. 2019. P. 1–3. link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-90306-4_173-1

Hepburn H., Bernard R., Davidson B., Muller W., Lloyd P. Synthesis and secretion of beeswax

in honeybees. *Apidologie*. 1991. Vol. 22, № 1. P. 21–36.

Hepburn H. R., Pirk C. W. W., Duangphakdee O. Synthesis of Beeswax. In book: *Honeybee Nests*. 2014. P. 341–365. doi:10.1007/978-3-642-54328-917

Ibatullin I. I., Zhukorskyi O. M. Methodology and organization of scientific research in animal husbandry: a guide. Kyiv: Agrarian Science. 2017. 328 p.

Kastratović V. Some aspects of beeswax hydrolysis. *Agriculture and Forestry*. 2022. Vol. 68, № 4. P. 79–88. doi:10.17707/AgricForest.68.4.07

Leray C., Krendlinger E. Waxes. In book: *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 2023. P. 1–28.

doi:10.1002/0471238961.2301240503152020.a01.pub3

Mirbagheri Firoozabad M.S., Mohammadi Nasr M. Antimicrobial activities of microbial essential fatty acid against foodborne pathogenic bacteria. *Iran J. Microbiol.* 2022 Vol. 14. №2. P. 214–218. doi:10.18502/ijm.v14i2.9190

Robert W. C. Bee products as nutraceuticals for bees. *Nutraceuticals*. 2021. P. 813–833. doi:10.1016/B978-0-12-821038-3.00047-1

Mischenko O., Lytvynenko O., Kryvoruchko D. The effect of feeding bees for the production of wax. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2020. Vol. 98, № 3. P. 45–49. doi:10.31073/agrovisnyk202003-06

Roy D. Applied chemistry for the health sciences. American River College. 2024. 464 p.

Xu R., Ma B., Yang Y., Dong X., Li J., Xu X., Fang Y. *Science*. 2024. Vol. 27. P. 1–13. sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004224005005

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN FRESHLY BUILT BEE HONEYCOMBS (TONGUES) – AN INDICATOR OF MAN-MADE ENVIRONMENTAL POLLUTION

Yosyp RIVIS¹, Volodymyr POSTOIENKO², Olha HOPANENKO³, Olha STADNYTSKA¹,
Ivan SARANCHUK⁴, Oleh KLYM¹, Andrii SHELEVACH¹, Olexandr DIACHENKO¹

¹Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS

²NSC “Institute of beekeeping named after P.I. Prokopovich”

³Andrei Krupynskyi Lviv Medical Academy

⁴Bukovyna state agricultural research station of IACR of NAAS

It was established that in bee pollen, abdominal tissues of honey bees and in freshly built bee combs the content of heavy metals increases. At the same time, in the above direction, the coefficients of transition of Ferrum, Zinc, Copper, Chromium, Nickel, and especially Lead and Cadmium from bee pollen to bee combs increase strongly; Ferrum, Zinc, Cobalt, Nickel and especially Lead and Cadmium from abdominal tissues. The high level of heavy metals in bee combs obtained from beehives located in the foothills and especially forest-steppe areas of the Carpathian region is a consequence of their urbanization and industrialization. The content of heavy metals in freshly built bee combs can serve as an indicator of technogenic pollution of the territory.

Keywords: different territories of the Carpathian region, the content of heavy metals in freshly built bee combs.

Отримано: 01.08.2024

Погоджено до друку: 28.08.2024