



Динаміка вмісту мікроелементів у молочці маточному бджолиному різних порід (підвидів) медоносних бджіл залежно від місяця його відбору

П. Й. Воробець
pvorobets86@gmail.com

Інститут біології тварин НААН, вул. В.Стуса, 38, Львів, 79034, Україна

ORCID:
none.

Authors' Contributions:

VPY: Project administration; Conceptualization; Methodology; Formal analysis; Visualization; Writing — original draft, review & editing.

Declaration of Conflict of Interests:
None to declare.

Ethical approval:
Not applicable.

Acknowledgements:

The author expresses his sincere gratitude to the employees of the Institute: Halyna Denys for technical support in the determination of trace elements, Nadiya Kupnyak for assistance in working on the manuscript, and Vasyi Kaplinsky for valuable advice and consultations.



Attribution 4.0 International
(CC BY 4.0)

Молочко маточне бджолине є унікальним продуктом робочих бджіл, а саме секретом їхніх глоткових і верхньощелепних залоз. Це основне джерело поживних і біологічно активних речовин для личинок і маток. До складу молочка маточного бджолиного входить широкий спектр макро- і мікроелементів, які відіграють ключову роль у розвитку бджолиної сім'ї, регуляції обміну речовин. Молочко маточне бджолине є перспективним для застосування у медицині, фармацевтиці, косметології тощо. Порівняльне вивчення мінерального складу маточного молочка, отриманого від різних порід бджіл та в різні періоди року є важливим для розуміння біохімічних механізмів його секреції й оптимізації технологічних умов отримання цього продукту з максимальною високою біологічною цінністю. Метою роботи було порівняти зміни вмісту міді (Cu), мангану (Mn), цинку (Zn), кобальту (Co) й нікелю (Ni) у молочці маточному бджолиному, отриманому в різний час, а саме: у травні, червні й липні від медоносних бджіл чотирьох порід (підвидів) — карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*), крайнської бджоли (*Apis mellifera carnica*), італійської бджоли (*Apis mellifera ligustica*) та української степової бджоли (*Apis mellifera sossimai*). У результаті дослідження встановлено варіабельність змін вмісту мікроелементів у молочці маточному бджолиному досліджуваних порід (підвидів) бджіл залежно від періоду його отримання.

Ключові слова: молочко маточне бджолине, мікроелементи, *Apis mellifera carpatica*, *Apis mellifera carnica*, *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera sossimai*

Вступ

Мінеральний склад молочка маточного бджолиного (ММБ) представлений широким спектром макро- й мікроелементів, які мають важливе біологічне значення для розвитку личинок бджіл. Мінеральні речовини свіжого молочка маточного бджолиного становлять 0,8–3 % та 2–5 % сухого [5, 10]. У ММБ містяться такі мінерали, як K^+ , P^{3-} , S^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^+ і Mn^{2+} , а також мікроелементи: Ni, Cr, Sn, W, Sb, Bi та Ti [4, 7]. Основним елементом ММБ є калій (K) —

приблизно 290 мг/100 г (діапазон 246–320 мг/100 г), менше міститься фосфору (P) — 210 мг/100 г (194–235 мг/100 г), магнію (Mg) — 28 мг/100 г (27–31 мг/100 г), кальцію (Ca) — 14–20 мг/100 г, натрію (Na) — 4 мг/100 г (3–14 мг/100 г), сірки (S) — 115–140 мг/100 г [2, 3, 6, 7]. З мікроелементів, які містяться у ММБ, відомо про наявність цинку (Zn) — 2,3 мг/100 г (2,0–2,6 мг/10 г), заліза (Fe) — 1,2–2,0 мг/100 г, міді (Cu): $\approx 0,5$ мг/100 г (0,3–0,5 мг/100 г; до 6 мг/100 г у деяких зразках), марганцю (Mn): $\approx 0,1$ мг/100 г (0,01–0,1 мг/100 г) [3, 7, 12]. Також ММБ містить сліди алюмінію (Al), барію (Ba),

стронцію (Sr), кадмію (Cd), свинцю (Pb), молібдену (Mo), нікелю (Ni), хрому (Cr), ванадію (V), титану (Ti) в дуже низьких концентраціях, що залежить від екологічних умов утримання бджолиних сімей [3, 7, 12]. Усі перераховані вище мінеральні елементи є каталізаторами численних біохімічних реакцій, сприяють синтезу білків, антиоксидантному захисту, регуляції імунної відповіді, розвитку і функціонуванню нервової системи тощо. Вміст мінеральних речовин у ММБ може варіювати залежно від низки факторів, зокрема породи бджіл, сезонних коливань, місцевості та особливостей харчової бази. Порівняльне вивчення мінерального складу ММБ різних порід у різні періоди року є важливим для розуміння біохімічних механізмів його формування, оптимізації умов отримання цього продукту з високою біологічною цінністю.

Мета роботи — порівняти зміни вмісту основних мікроелементів, а саме заліза, мангану, цинку, кобальту й нікелю у ММБ отриманому в травні, червні та липні від медоносних бджіл чотирьох порід (*підвидів*): карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*), крайнської бджоли (*Apis mellifera carnica*), італійської бджоли (*Apis mellifera ligustica*) та української степової бджоли (*Apis mellifera sossimai*). Враховуючи відмінності у фізіологічних характеристиках різних порід бджіл, дослідження сезонної динаміки вмісту мікроелементів дозволяє визначити оптимальні періоди збору та виокремити породи (підвиди) бджіл з максимально високим біологічним потенціалом.

Щоб мінімізувати вплив зовнішніх чинників на кількісний склад елементів досліджуваного ММБ, експериментальні бджолині сім'ї утримували в стандартизованих умовах. Усі породи було розміщено в однаковому середовищі — вулики перебували на одній пасіці, на однаковій висоті, з однаковим рівнем інсоляції, вологості й температурного режиму. Бджоли мали ідентичну харчову базу, яка формувалася з природного медоносного різотрав'я без використання додаткових підгодівель. Усі процедури догляду за бджолами було уніфіковано та їх проводили одночасно для кожної групи. Такий підхід дозволив виключити або принаймні максимально знизити вплив середовищних і технологічних факторів, зосереджуючи увагу на внутрішньому, генетично зумовленому варіюванні фізіолого-біохімічних процесів комах.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проведено у ММБ бджіл чотирьох порід (*підвидів*): карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*), крайнської бджоли (*Apis mellifera carnica*), італійської бджоли (*Apis mellifera ligustica*) та української степової бджоли (*Apis mellifera sossimai*). Щоб забезпечити рівні умови для всіх порід бджіл, було сформовано чотири групи однакових за силою бджолосімей, а для їх утримання й розвитку бджіл забезпечено достатньою кількістю медових і пергових рамок. Добір

бджолиних сімей для досліджень здійснено методом аналогів за рухливістю, життєздатністю, кількістю розплоду та кормів. Піддослідні бджолині колонії розміщено у віддаленій частині основної пасіки, льотками у різні боки, щоб унеможливити так звані напади інших бджіл, та для їх профілактики — блокування. У період без взятки всі сім'ї отримували ідентичну стимулювальну підгодівлю цукровим сиропом. Фізіологічний розвиток бджіл-годувальниць також був однаковий. Маточне молочко отримували впродовж трьох місяців (травень–липень) 2025 року. Відбір ММБ здійснювали, дотримуючись усіх правил септики й асептики.

У дослідженні використовували багатокорпусну систему утримання бджіл у вуликах. Створювали сім'ї-виховательки з частковим осиротінням та утримували їх через роздільну решітку. У таких сім'ях у нижньому корпусі — розпліднику, вільно працювала бджолина матка, а у верхньому корпусі, відокремленому від нижнього роздільною решіткою, розміщували рамку з личинками, переміщеними після відбору ММБ. Оптимального результату з отримання ММБ на пасіці досягали, застосовуючи двоматочне утримання. Це уможливило використовувати фізіологічну потужність одразу двох маток, значно швидше наростити активні бджолині сім'ї та в більш ранні терміни розпочати роботу з відбору ММБ. Також двоматочне утримання дало можливість продовжити період відбору ММБ.

Технологічний процес отримання ММБ розпочинали з перенесення личинок мінімального віку у штучні мисочки, які розміщували в сім'ях-виховательках, та залишали на 72 години, відтак прививочні рамки з личинками переміщували в лабораторію, де у стерильних умовах відбирали ММБ. Спочатку, використовуючи скальпель, зрізали воскові надбудови над спеціальними штучними мисочками, щоб мати змогу дістатися до личинок, які плавають у маточному молочці. Спеціальним шпателем вилучали личинки, а після цього за допомогою м'якої силіконової ложечки проводили відбір ММБ у скляні пробірки. Згодом відповідну кількість переносили у пластикові мікропробірки типу Еппендорф місткістю 2,0 мл та заморожували при температурі $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Визначення вмісту мікроелементів проводили методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії, використовуючи прилад СЕЛМІ-115 (Україна).

Статистичний аналіз одержаних результатів досліджень проводили за використання принципів варіаційної статистики та пакета прикладних програм *Microsoft Excel* і *Statistica* з урахуванням *t*-критерію достовірності Стьюдента. Різниці між середніми арифметичними значеннями вважали вірогідними за: * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$ [9].

Результати і їх обговорення

Попри численні дослідження біохімічного складу продуктів бджільництва, у доступній літературі немає

детальної кількісної інформації щодо вмісту мікроелементів у маточному молочці бджолиного, отриманому від різних порід медоносних бджіл. Наявні публікації свідчать, що один з ключових екзогенних чинників, здатних впливати на мінеральний профіль маточного молочка — це харчовий раціон, а також тип підгодівлі бджіл. Зокрема, вживання меду або сахарози як джерела вуглеводів спричиняє зміни в концентраціях таких елементів, як калій (K), магній (Mg), ферум (Fe), марганець (Mn) і фосфор (P). Мікроелементи, хоча й містяться у невеликих кількостях, виконують низку критично важливих функцій. Так, цинк (Zn) необхідний для проліферації клітин, регенерації тканин і забезпечення антиоксидантного захисту; залізо (Fe) бере участь у транспортуванні кисню й біосинтезі гемопротеїнів; мідь (Cu) — у формуванні сполучної тканини і функціонуванні антиоксидантних ферментів; марганець (Mn) — у метаболізмі амінокислот; хром (Cr) — у регуляції вуглеводного обміну.

Мінеральний склад ММБ є варіабельним, а коливання концентрацій окремих елементів може сягати від 10 до 30 %. На цю мінливість впливають такі чинники, як географічне розташування пасік, кліматичні умови, а також екологічні особливості регіону (наприклад, гірська чи прибережна зона). Найвища концентрація мікроелементів спостерігається в ММБ, зібраному на другий день після перенесення личинок, тобто у так званому дводенному маточному молочці — саме в цей період інтенсивно відбуваються процеси живлення й формування майбутньої матки.

Порівняльний аналіз вмісту купруму (міді) в ММБ бджіл чотирьох порід (підвидів) — карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*), країнської бджоли (*Apis mellifera carnica*), італійської бджоли (*Apis mellifera ligustica*) та української степової бджоли (*Apis mellifera sossimai*). Мідь є життєво важливим мікроелементом, що бере участь у формуванні антиоксидантного захисту, активності ферментів і підтримці нормальної роботи залоз бджіл, які синтезують маточне молочко. В підсумку проведених досліджень ми встановили, що в маточному молочці, отриманому у травні, найвищий вміст купруму був у досліджуваних зразках маточного молочка української степової бджоли (*Apis mellifera sossimai*) — 4,48 мг/кг, що достовірно перевищував показники італійської бджоли (*Apis mellifera ligustica*) (3,57 мг/кг, $P < 0,05$) та країнської бджоли (*Apis mellifera carnica*) (3,52 мг/кг, $P < 0,001$). У маточному молочці карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*) вміст купруму становив 4,08 мг/кг та був достовірно вищий за показники вмісту цього мікроелементу у зразках країнської бджоли (*Apis mellifera carnica*) (3,52 мг/кг, $P < 0,001$). Показники вмісту купруму в маточному молочці, отриманому у травні від бджіл *Apis mellifera ligustica* й *Apis mellifera carnica*, були найнижчими та без достовірної різниці між собою. Однак вміст купруму в маточному молочці, отриманому в червні від досліджуваних підвидів / порід бджіл, відрізнявся від попередніх наших

результатів. У червні найвищий вміст купруму було зафіксовано в ММБ італійської бджоли (*Apis mellifera ligustica*) (4,30 мг/кг), що достовірно перевищує вміст купруму у зразках від бджіл *Apis mellifera carnica* (2,79 мг/кг $P < 0,001$). У ММБ карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*) вміст купруму був так само високим, як і в маточному молочці італійської бджоли (*Apis mellifera ligustica*), та становив 4,24 мг/кг, що також достовірно вищий за показники вмісту купруму в маточному молочці бджіл *Apis mellifera carnica* (2,79 мг/кг, $P < 0,01$). Достовірно вищий вміст купруму було зафіксовано у червні в ММБ української степової бджоли (*Apis mellifera sossimai*) — 3,58 мг/кг, $P < 0,05$, порівняно з вмістом у зразках маточного молочка від бджіл *Apis mellifera carnica*. Серед досліджуваних зразків ММБ чотирьох порід (підвидів) бджіл, відібраних у червні, найнижчі значення (2,79 мг/кг) вмісту купруму спостерігали в маточному молочці бджіл *Apis mellifera carnica*. У ММБ, отриманому в липні, спостерігали загальну тенденцію до зниження вмісту купруму у всіх досліджуваних порід (підвидів) бджіл. У ММБ *Apis mellifera ligustica* збереглися найвищі показники вмісту купруму — 3,97 мг/кг, достовірно перевищуючи показники вмісту купруму в *Apis mellifera carnica*, які були найнижчими — 1,49 мг/кг ($P < 0,001$). ММБ карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*) мало достовірно вищий вміст купруму — 3,36 мг/кг ($P < 0,05$), порівняно з показниками бджіл *Apis mellifera carnica*. Статистично достовірну різницю вмісту купруму встановлено між показниками у зразках ММБ *Apis mellifera ligustica* й *Apis mellifera sossimai*, які мали нижчий вміст купруму, порівняно з *Apis mellifera ligustica*, що становив 2,92 мг/кг ($P < 0,001$).

Якщо підсумувати й порівняти отримані результати досліджень вмісту купруму в ММБ, то можна зауважити, що в маточному молочці карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*) спостерігали відносно високий вміст кобальту у травні–червні, з помірним його зниженням у липні. Водночас ММБ *Apis mellifera carnica* характеризувалося найнижчим вмістом купруму впродовж травня–червня–липня. Щодо вмісту купруму в ММБ *Apis mellifera ligustica* спостерігали тенденцію до накопичення купруму в період активного сезону (червень–липень), а у бджіл *Apis mellifera ligustica* вищі значення купруму в ММБ на початку сезону — у травні. У літературі немає детальних даних про вміст мінералів у маточному молочці бджіл різних порід, але є цікаві результати дослідження Balkanska, Mladenova et al. [1], які дослідили 30 зразків маточного молочка з Болгарії. Автори вимірювали концентрацію таких мінералів, як Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Sr, Zn, а також As, Cd, Co, Ni, Pb, і встановили, що вибрані мінерали й мікроелементи виявлено у відносно постійних концентраціях у всіх проаналізованих зразках ММБ, а вміст хімічних елементів не залежить від географічного розташування кормової бази бджіл і залишається стабільним завдяки гомеостатичному регулюванню [7].

Порівняльний аналіз вмісту мангану (Mn)

в ММБ бджіл різних порід (підвидів) протягом травня, червня й липня. Дослідження показало, що вміст мангану в ММБ бджіл чотирьох досліджуваних порід (підвидів) змінювався залежно від сезону та генотипу комах. Встановлено також статистично достовірні відмінності цих змін. Найвищий вміст мангану спостерігали в ММБ, отриманому у травні від карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*) (2,36 мг/кг) і країнської бджоли (*Apis mellifera carnica*) — (2,10 мг/кг). Виявлено достовірно нижчі показники вмісту мангану в ММБ італійської бджоли (*Apis mellifera ligustica*): різниця значень між *Apis mellifera ligustica* й *Apis mellifera carnica* становила $P < 0,05$, а між *Apis mellifera ligustica* й *Apis mellifera carpatica* — $P < 0,001$. Показник вмісту мангану в ММБ української степової бджоли (*Apis mellifera sossimai*) (1,67 мг/кг) був проміжним, без достовірних відмінностей від інших груп. У ММБ, зібраному в червні, ста-

тистично значущих відмінностей у вмісті мангану між дослідженими породами (підвидами) бджіл не виявлено. Вміст мангану визначено в межах 1,48–2,12 мг/кг, що вказує на відносну стабільність цього елемента у складі ММБ в період активної продуктивності бджіл. У ММБ в липні найвищий вміст мангану було виявлено у бджіл *Apis mellifera carpatica* (1,22 мг/кг), а найнижчий — у бджіл *Apis mellifera sossimai* (0,99 мг/кг). Варто зауважити, що ми дослідили достовірне зниження вмісту мангану в ММБ бджіл *Apis mellifera sossimai*, порівняно зі зразками *Apis mellifera carpatica* ($P < 0,05$). В інших групах достовірної різниці не спостерігалося. Відмінності у вмісті мангану між породами можуть бути зумовлені їхніми генетичними особливостями. Стабільність показників у червні та певне їх зниження в окремих порід у липні вказують на роль адаптивних механізмів, спрямованих на збереження гомеостазу мінералів у продуктах секреторних залоз бджіл.

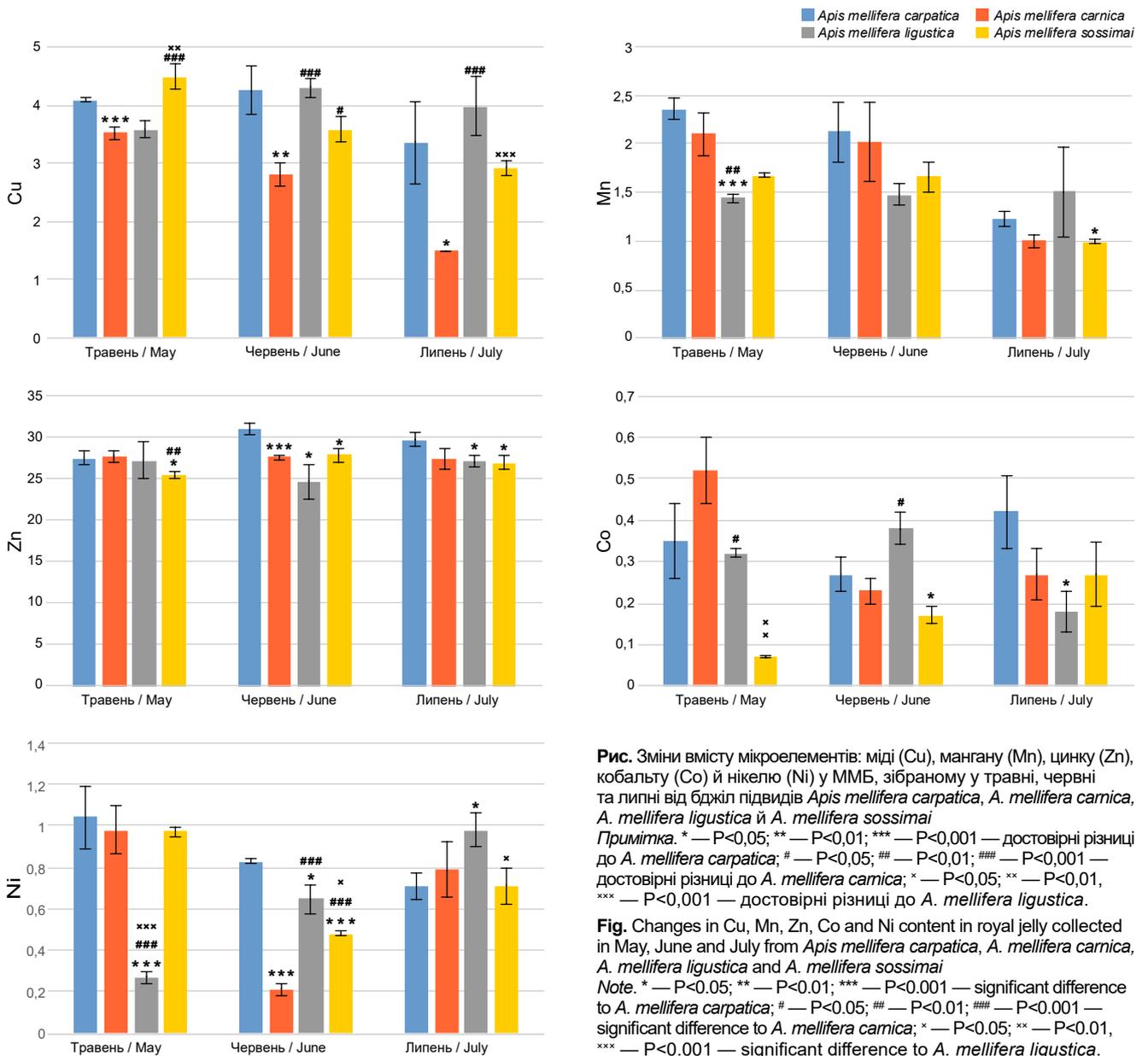


Рис. Зміни вмісту мікроелементів: міді (Cu), мангану (Mn), цинку (Zn), кобальту (Co) й нікелю (Ni) у ММБ, зібраному у травні, червні та липні від бджіл підвидів *Apis mellifera carpatica*, *A. mellifera carnica*, *A. mellifera ligustica* й *A. mellifera sossimai*
Примітка. * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$ — достовірні різниці до *A. mellifera carpatica*; # — $P < 0,05$; ## — $P < 0,01$; ### — $P < 0,001$ — достовірні різниці до *A. mellifera carnica*; * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$, *** — $P < 0,001$ — достовірні різниці до *A. mellifera ligustica*.
Fig. Changes in Cu, Mn, Zn, Co and Ni content in royal jelly collected in May, June and July from *Apis mellifera carpatica*, *A. mellifera carnica*, *A. mellifera ligustica* and *A. mellifera sossimai*
Note. * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$ — significant difference to *A. mellifera carpatica*; # — $P < 0,05$; ## — $P < 0,01$; ### — $P < 0,001$ — significant difference to *A. mellifera carnica*; * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$, *** — $P < 0,001$ — significant difference to *A. mellifera ligustica*.

Вміст цинку в ММБ бджіл різних порід (підвидів) у динаміці весняно-літнього періоду. У бджіл цинк є незамінним мікроелементом, що бере участь у функціонуванні ферментативних систем, регуляції імунної відповіді та синтезі білків. Встановлено, що вміст цинку в ММБ бджіл чотирьох досліджуваних порід (підвидів) демонструє статистично достовірні зміни, залежно від часу забору зразків і порід (підвидів) бджіл. Найвищий вміст цинку виявлено в ММБ отриманому у травні від бджіл *Apis mellifera carpatica* (27,49 мг/кг) й *Apis mellifera carnica* (27,67 мг/кг). У ММБ української степової бджоли (*Apis mellifera sossimai*) вміст цинку був достовірно нижчим, порівняно з зразками ММБ від карпатської бджоли (*Apis mellifera carpatica*) ($P < 0,05$) та крайньої бджоли (*Apis mellifera carnica*) ($P < 0,01$). У ММБ, отриманому у червні, максимальні показники вмісту цинку зафіксували в *Apis mellifera carpatica* (30,85 мг/кг), що достовірно перевищував вміст цього елемента в ММБ бджіл *Apis mellifera carnica* (27,59 мг/кг; $P < 0,001$), *Apis mellifera ligustica* (24,59 мг/кг; $P < 0,05$) й *Apis mellifera sossimai* (27,84 мг/кг; $P < 0,05$). У ММБ отриманому в липні, спостерігали збереження тенденції з вищих показників вмісту цинку у бджіл *Apis mellifera carpatica* — 29,68 мг/кг, порівняно з *Apis mellifera ligustica* — 26,99 мг/кг і *Apis mellifera sossimai* — 26,90 мг/кг, ($P < 0,05$).

Вміст кобальту в ММБ бджіл різних порід. Кобальт є одним з ключових мікроелементів, що бере участь у синтезі вітаміну B_{12} та регуляції основних біохімічних процесів у бджіл. Сезонна динаміка вмісту кобальту ММБ бджіл чотирьох досліджуваних порід (підвидів) демонструє як міжпородні, так і сезонні коливання цього показника, що має ключове біологічне й практичне значення. Встановлено найвищий вміст кобальту в ММБ отриманому у травні від бджіл *Apis mellifera carnica* — 0,52 мг/кг, що достовірно перевищує значення вмісту кобальту в ММБ бджіл *Apis mellifera ligustica* (0,32 мг/кг) ($P < 0,05$), *Apis mellifera sossimai* (0,07 мг/кг) ($P < 0,001$) та й *Apis mellifera carpatica* (0,35 мг/кг). Найнижчий вміст кобальту спостерігали в *Apis mellifera sossimai* (0,07 мг/кг), що є статистично значущою різницею як відносно показників *Apis mellifera ligustica* ($P < 0,001$), так і *Apis mellifera carnica* ($P < 0,001$), а також *Apis mellifera carpatica* ($P < 0,01$). Такий низький рівень кобальту в ММБ *Apis mellifera sossimai* у травні може бути пов'язаний з особливостями породи та специфікою адаптації до кліматичних умов. У червні спостерігали зниження загального вмісту кобальту в ММБ майже всіх порід, окрім *Apis mellifera ligustica*, де вміст кобальту підвищився до 0,38 мг/кг, що достовірно перевищує показники *Apis mellifera carnica* (0,23 мг/кг) ($P < 0,05$). Водночас у *Apis mellifera sossimai* вміст кобальту в ММБ становив 0,17 мг/кг, що суттєво менше, порівняно зі зразками ММБ у бджіл *Apis mellifera carpatica* (0,27 мг/кг) ($P < 0,05$). Такий характер змін свідчить про сильний вплив сезонного чинника та можливу зміну складу пилкової бази. У липні в маточному молочці бджіл *Apis mellifera carpatica* вміст кобальту підвищився до 0,42 мг/кг, а в *Apis mellifera ligustica*, на-

впаки, зменшився до 0,18 мг/кг, що демонструє достовірну різницю між показниками в цих порід ($P < 0,05$). Отримані результати досліджень маточного молочка, зібраного в липні, характеризуються поступовою стабілізацією мінерального складу, проте відмінності між породами залишаються суттєвими.

Нікель є одним з мікроелементів, який може надходити до організму бджіл з кормових ресурсів, а його вміст у ММБ часто розглядають як маркер мінерального обміну й екологічного стану території. Результати нашого дослідження показують виражену варіабельність вмісту нікелю в ММБ отриманому від бджіл чотирьох досліджуваних порід (підвидів). У травні максимальний вміст нікелю був у зразках ММБ бджіл *Apis mellifera carpatica* (1,04 мг/кг), *Apis mellifera carnica* (0,98 мг/кг) та *Apis mellifera sossimai* (0,97 мг/кг). Водночас у ММБ бджіл *Apis mellifera ligustica* вміст нікелю був значно нижчим — 0,27 мг/кг, що було достовірно відмінним від показників бджіл інших порід ($P < 0,001$). Отримані результати можуть свідчити про знижені потреби в накопиченні цього елемента у бджіл *Apis mellifera ligustica*. В отриманому у червні ММБ відзначено суттєве зниження вмісту нікелю в *Apis mellifera carnica* (0,21 мг/кг), що достовірно відрізнялося як від показників *Apis mellifera carpatica* (0,83 мг/кг; $P < 0,001$), так і від *Apis mellifera ligustica* (0,65 мг/кг; $P < 0,001$) й *Apis mellifera sossimai* (0,48 мг/кг; $P < 0,001$). Показники *Apis mellifera carpatica* достовірно перевищували дані *Apis mellifera ligustica* ($P < 0,05$) й *Apis mellifera sossimai* ($P < 0,001$). Водночас встановлено вірогідну різницю між цими породами (підвидами) ($P < 0,05$). У ММБ, отриманому в липні, вміст нікелю вирівнюється для більшості порід (підвидів), проте в ММБ бджіл *Apis mellifera ligustica* він становив 0,98 мг/кг і достовірно перевищував показники *Apis mellifera carpatica* (0,71 мг/кг; $P < 0,05$), що може свідчити про компенсаторне накопичення мінералу на тлі теплового стресу. З іншого боку, в ММБ бджіл *Apis mellifera sossimai* вміст нікелю (0,71 мг/кг) достовірно нижчий, ніж у ММБ бджіл *Apis mellifera ligustica* ($P < 0,05$).

Під час проведеного дослідження виявлено як міжпородні, так і сезонні відмінності у вмісті окремих мікроелементів у ММБ бджіл чотирьох досліджуваних порід (підвидів), що свідчить про складний характер регуляції мінерального складу цього біологічно активного продукту. Виявлені відмінності, ймовірно, зумовлені як генетичними особливостями окремих порід (підвидів) бджіл, так і змінами у біоритмах, пов'язаними із сезонними змінами кліматичних факторів, флористичним складом нектароносів і доступністю мікроелементів у харчовій базі впродовж вегетаційного періоду. Оскільки всі дослідні групи утримували в однакових умовах, на однаковій харчовій базі та за єдиного протоколу відбору маточного молочка, виявлені в мінеральному складі міжпородні відмінності можна пояснити генетичними особливостями порід. Карпатська бджола (*Apis mellifera carpatica*) — аборигенна порода, адаптована до гірських умов українських Карпат. Для цієї породи характерна здатність ефективно використовувати короткотривалі медозбори

з гірських рослин. Її генетичний фонд сформований під впливом прохолодного клімату й обмеженого спектра нектароносів, що могло вплинути на метаболічні шляхи синтезу й транспорту мікроелементів у маточне молочко. Аналізуючи дані наших досліджень, бачимо, що вміст мікроелементів у МБМ від бджіл цієї породи (підвиду) зазвичай є найвищим, і це варто взяти до уваги під час вибору порід для утримання. Бджоли крайньої породи (*Apis mellifera carnica*) відомі своєю високою продуктивністю, доброю зимостійкістю й раннім розвитком бджолиних сімей. Генетично ця порода характеризується активним білковим метаболізмом, що може зумовлювати більшу потребу в таких мікроелементах, як цинк, мідь — ключових для синтезу білків, ферментів і гормонів, зокрема під час живлення маточника. Італійська бджола (*Apis mellifera ligustica*), яка демонструє високий рівень продуктивності в умовах довгого теплого сезону, має тривалий період яйцекладки матки і схильність до утворення великих сімей. Порівняно з іншими породами (підвидами), її метаболізм орієнтований на високі темпи синтезу біологічно активних речовин, що може впливати на потребу в фосфорі, магнії, калії та кальції для забезпечення розвитку личинок. Ми дослідили, що в маточному молочці бджіл італійської породи (*Apis mellifera ligustica*) є досить високий вміст натрію, міді й кальцію. Українська степова бджола (*Apis mellifera sossimai*) характеризується помірним розвитком бджолиних сімей, доброю виживаністю в умовах обмежених ресурсів і підвищеною стійкістю до кліматичних стресів. Ймовірно, ці адаптації супроводжуються специфічними особливостями в обміні мінералів, пов'язаними з економним використанням ресурсів та ефективним збереженням макро- і мікроелементів у біологічних рідинах, включно з маточним молочком.

Отже, відмінності у вмісті таких елементів, як цинк, мідь тощо, можуть бути результатом не лише зовнішніх сезонних впливів, але й глибших внутрішньовидових механізмів, що базуються на генетично детермінованих особливостях метаболізму, поведінкових рисах, а також тривалості й інтенсивності періоду годування

личинок. Подальші дослідження із залученням генетичного аналізу можуть поглибити розуміння причин виявленої варіабельності.

Джерела

1. Balkanska R, Mladenova E, Karadjova I. Quantification of selected trace and mineral elements in royal jelly from bulgaria by ICP-OES and ETAAS. *J Apic Sci*. 2017; 61 (2): 223–232. DOI: 10.1515/jas-2017-0021.
2. Botezan S, Baci GM, Bagameri L, Paşca C, Dezmirean DS. Current status of the bioactive properties of royal jelly: A comprehensive review with a focus on its anticancer, anti-inflammatory, and antioxidant effects. *Molecules*. 2023; 28 (3): 1510. DOI: 10.3390/molecules28031510.
3. Collazo N, Carpena M, Nuñez-Estevéz B, Otero P, Simal-Gandara J, Prieto MA. Health promoting properties of bee royal jelly: Food of the queens. *Nutrients*. 2021; 13 (2): 543. DOI: 10.3390/nu13020543.
4. Fratini F, Cilia G, Mancini S, Felicioli A. Royal jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. *Microbiol Res*. 2016; 192: 130–141. DOI: 10.1016/j.micres.2016.06.007.
5. Garcia-Amoedo LH, De Almeida-Muradian LB. Physicochemical composition of pure and adulterated royal jelly. *Quim Nova*. 2007; 30 (2): 257–259. DOI: 10.1590/S0100-40422007000200002.
6. Ghosh S, Jang H, Sun S, Jung C. Nutrient composition and quality assessment of royal jelly samples relative to feed supplements. *Foods*. 2024; 13 (12): 1942. DOI: 10.3390/foods13121942.
7. Kunugi H, Ali AM. Royal jelly and its components promote healthy aging and longevity: From animal models to humans. *Int J Mol Sci*. 2019; 20 (19): 4662. DOI: 10.3390/ijms20194662.
8. Maleki V, Jafari-Vayghan H, Saleh-Ghadimi S, Adibian M, Kheirouri S, Alizadeh M. Effects of royal jelly on metabolic variables in diabetes mellitus: A systematic review. *Complem Ther Med*. 2019; 43: 20–27. DOI: 10.1016/j.ctim.2018.12.022.
9. Petrovska IR, Salyha YT, Vudmaska IV. *Statistical Methods in Biological Research*. The educational and methodological manual. Kyiv, Agrarian Science; 2022: 172 p. ISBN 978-966-540-551-1. (in Ukrainian)
10. Sabatini AG, Marcazzan GL, Caboni MF, Bogdanov S, de Almeida-Muradian LB. Quality and standardisation of royal Jelly. *J ApiProd ApiMed Sci*. 2009; 1 (1): 1–6. DOI: 10.3896/IBRA.4.01.1.04.
11. Stocker A, Schramel P, Kettrup A, Bengsch E. Trace and mineral elements in royal jelly and homeostatic effects. *J Trace Elem Med Biol*. 2005; 19 (2–3): 183–189. DOI: 10.1016/j.jtemb.2005.08.004.
12. Wang Y, Ma L, Zhang W, Cui X, Wang H, Xu B. Comparison of the nutrient composition of royal jelly and worker jelly of honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*. 2016; 47: 48–56. DOI: 10.1007/s13592-015-0374-x.
13. Yu X, Tu X, Tao L, Daddam J, Li S, Hu F. Royal jelly fatty acids: Chemical composition, extraction, biological activity, and prospect. *J Funct Foods*. 2023; 111: 105868. DOI: 10.1016/j.jff.2023.105868.

Dynamics of the content of trace elements in royal jelly of different breeds (subspecies) of honey bees depending on the month of its collection

P. Y. Vorobets
pvorobets86@gmail.com

Institute of Animal Biology NAAS, 38 V. Stusa str., Lviv, 79034, Ukraine

Royal jelly is a unique product of worker bees, namely the secret of their pharyngeal and maxillary glands. It is the main source of nutrients and biologically active substances for larvae and queens. Royal jelly includes a wide range of macro- and microelements that play a key role in the development of the bee colony, regulation of metabolism. Royal jelly is promising for use in medicine, pharmacy, cosmetology, etc. Comparative study of the mineral composition of royal jelly obtained from different breeds of bees and at different times of the year is important for understanding the biochemical mechanisms of its secretion and optimizing the technological conditions for obtaining this product with the highest possible biological value. The aim of the work was to compare changes in the content of copper (Cu), manganese (Mn), zinc (Zn), cobalt (Co) and nickel (Ni) in royal jelly obtained at different times, namely: in May, June and July from honey bees of four breeds (*subspecies*) — Carpathian bee (*Apis mellifera carpatica*), Carniolan bee (*Apis mellifera carnica*), Italian bee (*Apis mellifera ligustica*) and Ukrainian steppe bee (*Apis mellifera sossimai*). As a result of the study, the variability of changes in the content of trace elements in royal jelly of the studied breeds (*subspecies*) of bees depending on the period of its obtaining was established.

Key words: royal jelly, trace elements, *Apis mellifera carpatica*, *Apis mellifera carnica*, *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera sossimai*