

УДК 638.1:577.1:546.3

О. Я. КЛИМ, аспірант

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшино Пустомитівського р-ну
Львівської обл., 81115, e-mail: klim-oleg@ukr.net

КОНЦЕНТРАЦІЯ ЖИРНИХ КИСЛОТ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПИЛКУ З ЯБЛУНІ В РІЗНИХ ПРИРОДНИХ ЗОНАХ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ*

Бджолине обніжжя (пилку з яблуні) відбирали з трьох вуликів на трьох пасіках, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону. Встановлено, що в пилку з яблуні, отриманому із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською є

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук Й. Ф. Рівіс.

© Клим О. Я., 2017
Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2017. Вип. 61.

більший вміст важких металів, а також високий рівень аніонних форм жирних кислот, але низький – неестерифікованих форм жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів.

Ключові слова: бджолине обніжжя, жирні кислоти, важкі метали.

Вступ. Джерела емісії важких металів і шляхи їх надходження в навколишнє середовище відрізняються різноманітністю, але в основному вони мають техногенне походження як наслідок урбанізації та індустріалізації [5, 9, 23]. Розвиток промисловості, сільського господарства, енергетики та транспорту, інтенсивне видобування корисних копалин – все це призвело до надходження в повітря, воду, ґрунт, рослини високотоксичних мінеральних елементів [14, 23, 25, 30]. Міграція важких металів в об'єктах зовнішнього середовища призвела до нагромадження їх у ґрунтах, рослинах, тканинах медоносних бджіл і продуктах бджільництва [2, 8, 10, 11]. Внаслідок цього змінився характер (змінилися строки цвітіння) і розподіл (одні види медоносних рослин були витіснені іншими) рослинності, що призвело до погіршення умов медозбору [5, 20, 28].

Важкі метали причетні до обмінних процесів жирних кислот в організмі бджіл [6, 13, 21]. Зокрема важкі метали, насамперед двовалентні, впливають на інтенсивність елонгації, десатурації та пероксидного окиснення жирних кислот в організмі бджіл [1, 14, 17]. Важкі метали та жирні кислоти, які знаходяться в організмі бджіл, визначають біологічну цінність продукції бджільництва [7, 18, 27]. Як наслідок, змінюється забезпеченість організму бджіл енергетичним, структурним і біологічно активним матеріалом. Все це позначається на життєдіяльності медоносних бджіл і продуктивності бджолиних сімей [6, 27, 29]. З огляду на наведене вище науково-практичний інтерес становлять дослідження вмісту жирних кислот і важких металів у бджолиному обніжжі залежно від природних умов довкілля.

Досліджували рівень інтенсивності нагромадження різних форм жирних кислот і окремих важких металів у пилку з яблуні, отриманому із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону.

Матеріали і методи. Бджолине обніжжя (пилки з яблуні – *Malus*) відбирали з трьох вуликів на трьох пасіках, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, зокрема у приватних пасічних господарствах гірської (с. Славське Сколівського району), передгірної (с. Стинава Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів Пустомитівського району) зон. Для

уточнення видової належності відібраного пилку з яблуні проводили ідентифікаційні дослідження за допомогою комп'ютерних програм «LUCIA» (Laboratory Colour Image Analysis) і «Pollen Data Bank». Ці програми дають можливість визначити основні параметри пилкового зерна, відзнятого відеокамерою з мікроскопа, шляхом накладання зображень та порівняння з еталонними зразками.

У відібраних зразках пилку з яблуні визначали вміст важких металів, аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів.

Вміст важких металів (Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Нікелю, Плюмбуму та Кадмію) у пилку з яблуні визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 ПК [16, 18]. Концентрацію аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у пилку з яблуні визначали методами газорідинної хроматографії [13, 17].

Розділення метилових естерів жирних кислот проводили на хроматографі „Chrom-5” (“Laboratorní přístroje”, Praha). Для цього нержавіючу сталюну колонку довжиною 3700 мм і внутрішнім діаметром 3 мм заповнювали Chromaton-N-AW, розміром частинок 60–80 меш, силанізованим HMDS (гексаметилдисилізаном) та покритим полідіетиленглікольадипінатом (нерухомою рідкою фазою) у кількості 10 %. Витрати газу-носія, хімічно чистого та осушеного азоту (рухома фаза), через колонку при вхідному тиску $1,5 \times 10^5$ Па становили 65 мл/хв. Горіння полум'я забезпечували воднем (25 мл/хв) і повітрям (380 мл/хв). Ізотермічний режим роботи набивної колонки з полярною рідкою фазою утримували на рівні 196 °С, а випаровувача та детектора – 245 °С. Детектор – полум'яно-іонізаційний (FID) [6, 13, 17]. За цих умов колонка забезпечувала добре розділення метилових естерів жирних кислот. Ефективність колонки, визначена за Мак-Нейр і Бонеллі, для загальноприйнятого середнього піка на хроматограмі – метилового естеру пальмітинової кислоти – становила 1285 ± 104 теоретичних тарілок.

Ідентифікацію піків на хроматограмі проводили методом розрахунку “вуглецевих чисел”, а також шляхом використання хімічно чистих, стандартних розчинів метилових естерів жирних кислот. Розрахунок вмісту окремих жирних кислот за результатами газохроматографічного аналізу – хроматограмами – проводили за формулою, яка містить поправкові коефіцієнти для кожної із них. Поправкові коефіцієнти визначали за відношенням площ піків (зокрема висот піків) гептадеканової (внутрішній стандарт) та

досліджуваної кислот за концентрації 1:1 та ізотермічного режиму роботи газо-рідинного хроматографа [16–18].

Отриманий цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента. Зокрема вираховували середні арифметичні величини (М) та похибки середніх арифметичних ($\pm m$). Різниці між середніми величинами вважали вірогідними за $p < 0,05$. Для розрахунків було використано комп'ютерну програму Origin 6.0, Excel (Microsoft, USA).

Результати та обговорення. Виявлено, що в пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є вірогідно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Нікелю, Плюмбуму та Кадмію (табл. 1). Із наведених у таблиці даних видно також, що в пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону, міститься найбільша кількість згадуваних вище важких металів. Отримані дані характеризують рівень техногенного забруднення територій у досліджуваних природних зонах. Слід відзначити таке: вміст досліджуваних важких металів у пилку з яблуні, отриманому із вуликів, розміщених у гірській, лісостеповій та передгірній зонах Карпатського регіону, знаходиться у гранично-допустимих межах, визначених чинним ДСТУ.

1. Концентрація важких металів у пилку з яблуні ($M \pm m$, $n=3$), мг/кг повітряно-сухої маси

Важкі метали та їх символи	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	14,24 \pm 0,511	18,58 \pm 0,751**	24,00 \pm 0,513***
Цинк, Zn	16,51 \pm 0,527	22,94 \pm 0,595**	28,70 \pm 0,638***
Купрум, Cu	1,23 \pm 0,049	1,91 \pm 0,060***	2,83 \pm 0,077***
Хром, Cr	1,21 \pm 0,072	2,09 \pm 0,081**	3,00 \pm 0,113***
Нікель, Ni	0,12 \pm 0,011	0,19 \pm 0,014*	0,30 \pm 0,020**
Плюмбум, Pb	0,43 \pm 0,024	0,62 \pm 0,032**	1,01 \pm 0,052***
Кадмій, Cd	0,01 \pm 0,003	0,03 \pm 0,003*	0,07 \pm 0,005**

Примітка: тут і далі * $p < 0,05$ –0,02; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Встановлено, що в пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст аніонних і неестерифікованих форм жирних кислот, а також жирних кислот загальних ліпідів. Це впливає

на енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболичну та біологічну цінність пилку з наведеного вище виду рослин [14, 24, 26].

Зокрема ми встановили, що загальна концентрація аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є більшою (табл. 2). Збільшення концентрації аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, може свідчити про зменшення в ньому кількості неестерифікованих форм жирних кислот. Зменшення кількості останніх може вказувати на зниження енергетичної, атрактивної та функціонально-метаболичної цінності бджолиного обніжжя. Це пов'язано з тим, що аніонні форми жирних кислот, на відміну від неестерифікованих, є малодоступними для організму медоносних бджіл [14, 26, 30].

2. Вміст аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні ($M \pm m$, $n=3$), $г \cdot 10^{-3}/кг$ повітряно-сухої маси

Жирні кислоти та їх код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	6,5±0,12	7,0±0,06*	7,2±0,05**
Капринова, 10:0	14,6±0,26	15,7±0,26*	16,7±0,23**
Лауринова, 12:0	49,5±1,06	53,5±0,78*	56,0±0,55**
Міристинова, 14:0	4,5±0,15	5,0±0,12	5,4±0,08**
Пентадеканова, 15:0	0,4±0,03	0,6±0,03*	0,7±0,03**
Пальмітинова, 16:0	98,9±1,30	103,7±0,75*	106,6±0,80**
Пальмітоолеїнова, 16:1	4,6±0,17	5,3±0,23	6,3±0,26**
Стеаринова, 18:0	17,9±0,40	19,4±0,34*	21,3±0,51**
Олеїнова, 18:1	84,7±0,75	87,0±0,83	90,8±0,66**
Лінолева, 18:2	233,9±1,41	238,8±0,95*	244,0±1,03**
Ліноленова, 18:3	577,1±1,50	583,5±1,21*	588,6±1,35**
Загальна концентрація аніонних форм жирних кислот	1092,6	1120,3	1143,6
насичені	192,3	204,9	213,9
мононенасичені	89,3	93,1	97,1
поліненасичені	811,0	822,3	832,6
ω -3/ ω -6	2,46	2,44	2,41

Вищий рівень аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, в основному зумовлений більшим вмістом у їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 204,3 і 213,2 щодо 191,9 г·10⁻³/кг повітряно-сухої маси) та непарною (0,6 і 0,7 щодо 0,4) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω-7 (5,3 і 6,3 щодо 4,6) і ω-9 (87,8 і 90,8 щодо 84,7) та поліненасичених жирних кислот родин ω-3 (583,5 і 558,6 щодо 577,1) і ω-6 (відповідно 238,8 і 244,0 щодо 233,9 г·10⁻³/кг повітряно-сухої маси). Відношення вмісту аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω-3 до родини ω-6 при цьому становить відповідно 2,44 і 2,41 щодо 2,46.

З табл. 2 видно, що в пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно збільшується концентрація таких аніонних форм насичених жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова; таких мононенасичених, як пальмітоолеїнова та олеїнова; таких поліненасичених, як лінолева та ліноленова.

Неестерифіковані форми жирних кислот є найбільш активними. Ми встановили, що загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (табл. 3). Найменший загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот виявлено у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Менша загальна кількість неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена насиченими жирними кислотами з парною (відповідно 249,5 і 237,7 щодо 263,6 г·10⁻³/кг повітряно-сухої маси) і непарною (0,4 і 0,3 щодо 0,6) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасиченими жирними кислотами родин ω-7 (5,3 і 4,9 щодо 5,7) і ω-9 (108,2 і 103,9 щодо 112,4) та поліненасиченими жирними кислотами родин ω-3 (661,3 і 644,9 щодо 681,6) і ω-6 (відповідно 281,7 і 275,8 щодо 290,8 г·10⁻³/кг повітряно-сухої маси). При цьому відношення неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини ω-3

до неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини ω -6 становить відповідно 2,35 і 2,34 щодо 2,34. Останнє вказує на те, що із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля не змінюється активність десатураз у пилку з яблуні.

Зменшення загального вмісту неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, може вказувати на зниження енергетичної забезпеченості організму медоносних бджіл. Як відомо, неестерифіковані форми жирних кислот є найбільш доступним для них видом енергії [4, 10, 22, 23].

Серед речовин пилку, що привертають увагу медоносних бджіл, є жирні кислоти. Зокрема коротколанцюгові (10 і менше вуглецевих атомів у ланцюгу) та довголанцюгові (18 і більше вуглецевих атомів у ланцюгу) жирні кислоти бджолиного обніжжя володіють атрактантними властивостями [7, 15, 16, 26].

Ми встановили, що загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот, які володіють атрактантними властивостями, у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (коротколанцюгових жирних кислот відповідно 26,06 і 24,30 щодо 28,92 та довголанцюгових жирних кислот відповідно 1072,75 і 1044,53 щодо $1108,38 \text{ г} \cdot 10^{-3} / \text{кг}$ повітряно-сухої маси). Вміст неестерифікованих жирних кислот зменшується у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону. Таким чином, на територіях з високою інтенсивністю техногенного навантаження зменшуються атрактантні властивості пилку з яблуні.

Встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм каприлової, капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 1141,74 і 1109,13 щодо $1182,14 \text{ г} \cdot 10^{-3} / \text{кг}$ повітряно-сухої маси). Найбільше він зменшується у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

У бджолиному обніжжі є дуже високий загальний вміст легкодоступних неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот – пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленової. Дуже високий

вміст ненасичених жирних кислот у бджолиному обніжжі може сприяти зростанню проникності його структурних складових, а також тканин організму медоносних бджіл для води та водорозчинних речовин [3–5, 12, 19].

3. Рівень неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні ($M \pm m$, $n=3$), $г \cdot 10^{-3}/кг$ повітряно-сухої маси

Жирні кислоти та їх код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	8,96±0,145	8,40±0,115*	7,90±0,115**
Капринова, 10:0	19,96±0,808	17,66±0,352	16,40±0,288*
Лауринова, 12:0	68,30±1,212	64,36±1,052	60,00±1,270**
Міристинова, 14:0	5,83±0,145	5,30±0,115*	4,80±0,115**
Пентадеканова, 15:0	0,63±0,033	0,46±0,033*	0,36±0,033**
Пальмітинова, 16:0	137,3±1,159	132,53±1,068*	128,90±0,866**
Пальмітоолеїнова, 16:1	5,73±0,088	5,33±0,088*	4,93±0,088**
Стеаринова, 18:0	23,46±0,688	21,43±0,497	19,70±0,346**
Олеїнова, 18:1	112,46±1,277	108,23±1,039	104,00±1,214**
Лінолева, 18:2	290,86±4,122	281,76±1,270	275,83±1,602*
Ліноленова, 18:3	681,60±6,264	661,33±5,304	645,00±3,470**
Загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот	1354,64	1306,43	1267,51
насичених	264,19	249,90	238,01
мононенасичених	118,09	113,51	108,79
поліненасичених	972,38	943,02	920,71
ω -3/ ω -6	2,34	2,34	2,33

Встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 1056,65 і 1029,76 щодо 1090,65 $г \cdot 10^{-3}/кг$ повітряно-сухої маси). Найбільше він зменшується у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

З табл. 3 видно, що у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується вміст таких неестерифікованих форм насичених жирних кислот, як каприлова, міристинова, пентадеканова й пальмітинова, та такої мононенасиченої жирної кислоти, як пальмітоолеїнова. Крім того, у лісостеповій зоні Карпатського регіону вірогідно зменшується вміст таких неестерифікованих форм насичених жирних кислот, як капринова і лауринова, такої мононенасиченої жирної кислоти, як олеїнова, та таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева і ліноленова.

Встановлено, що в пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст жирних кислот загальних ліпідів. Це впливає на енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболічну та біологічну цінність пилку з наведеного вище виду рослини [3, 4, 15, 24].

В енергетичному відношенні ліпіди є набагато ціннішими за білки та вуглеводи [16, 17]. Вважають, що чим більша кількість жирних кислот загальних ліпідів (насичених, мононенасичених і поліненасичених) є у пилку, тим більша його енергетична цінність для організму медоносних бджіл [14, 17, 24, 28].

Ми встановили, що вміст насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот загальних ліпідів у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (табл. 4). Найменший вміст жирних кислот загальних ліпідів виявлено у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Менша кількість насичених жирних кислот загальних ліпідів у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена нижчим рівнем в їх складі жирних кислот з парною (відповідно 5,19 і 4,82 щодо 5,66 г/кг повітряно-сухої маси) та непарною (0,01 і сліди щодо 0,02) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. Менша кількість мононенасичених жирних кислот загальних ліпідів у пилку з яблуні, яка росте на наведених вище територіях, зумовлена жирними кислотами родин ω -7 (відповідно 0,08 і 0,07 щодо 0,11 г/кг повітряно-

сухої маси) і ω -9 (2,11 і 1,94 щодо 2,37), а поліненасичених жирних кислот – жирних кислот родин ω -3 (13,27 і 12,41 щодо 14,04) і ω -6 (відповідно 6,00 і 5,69 щодо 6,42 г/кг повітряно-сухої маси). Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до родини ω -6 при цьому становить відповідно 2,21 і 2,19 щодо 2,18. Це призводить до зміни енергетичної, атрактивної та біологічної цінності пилку з яблуні для організму медоносних бджіл.

Загальний вміст коротколанцюгових (10 і менше вуглецевих атомів у ланцюгу) і довголанцюгових (18 і більше вуглецевих атомів у ланцюгу) жирних кислот загальних ліпідів, які виконують атрактивну функцію, у пилку яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший. Зокрема вміст коротколанцюгових жирних кислот загальних ліпідів у них становить відповідно 0,54 і 0,51 щодо 0,60 г/кг повітряно-сухої маси, а довголанцюгових – 21,86 і 20,48 щодо 23,35 г/кг повітряно-сухої маси. Вміст жирних кислот загальних ліпідів зменшується у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Виявлено, що вміст каприлової, капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот загальних ліпідів, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 23,23 і 21,73 щодо 24,86 г/кг повітряно-сухої маси). Найбільше зменшується їх вміст у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Встановлено, що вміст ненасичених жирних кислот загальних ліпідів (пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленової) у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 21,47 і 20,11 щодо 22,94 г/кг повітряно-сухої маси). Найбільше зменшується їх вміст у пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Дуже високий вміст ненасичених жирних кислот загальних ліпідів у пилку з яблуні може сприяти зростанню проникності його структурних складових, а також тканин організму медоносних бджіл для води та водорозчинних речовин [4, 5, 12, 16, 18, 29].

4. Вміст жирних кислот загальних ліпідів у пилку з яблуні (M±m, n=3), г/кг повітряно-сухої маси

Жирні кислоти та їх код	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Каприлова, 8:0	0,17±0,012	0,14±0,003	0,13±0,005*
Капринова, 10:0	0,43±0,006	0,40±0,008*	0,38±0,005**
Лауринова, 12:0	1,43±0,027	1,31±0,040	1,18±0,026**
Міристинова, 14:0	0,12±0,005	0,09±0,003	0,08±0,026**
Пентадеканова, 15:0	0,02±0,005	0,01±0,000***	Сліди
Пальмітинова, 16:0	2,99±0,049	2,77±0,057*	2,61±0,037**
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,11±0,005	0,09±0,003*	0,07±0,003**
Стеаринова, 18:0	0,52±0,008	0,48±0,008*	0,44±0,008**
Олеїнова, 18:1	2,37±0,092	2,11±0,046	1,94±0,046*
Лінолева, 18:2	6,42±0,127	6,00±0,075*	5,69±0,069**
Ліноленова, 18:3	14,04±0,151	13,27±0,250	12,41±0,205**
Загальний вміст жирних кислот	28,62	26,66	24,93
насичені	5,68	5,20	4,82
мононенасичені	2,48	2,19	2,01
поліненасичені	20,46	19,27	18,10
ω-3/ω-6	2,18	2,21	2,19

З табл. 4 видно, що в пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується концентрація таких насичених жирних кислот загальних ліпідів, як капринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова, такої мононенасиченої жирної кислоти, як пальмітоолеїнова, і такої поліненасиченої жирної кислоти, як лінолева. Крім того, у лісостеповій зоні Карпатського регіону вірогідно зменшується концентрація такої насиченої жирної кислоти загальних ліпідів, як каприлова, такої мононенасиченої жирної кислоти, як олеїнова, і такої поліненасиченої жирної кислоти, як ліноленова.

Наведене вище вказує на те, що внаслідок зменшення техногенного навантаження на довкілля зростає енергетична, атрактивна, функціонально-метаболічна та біологічна цінність жирних кислот пилку з яблуні для організму медоносних бджіл.

Високий рівень досліджуваних важких металів і аніонних форм жирних кислот, але низький неестерифікованих форм жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у пилку з яблуні, отриманому із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зоні Карпатського регіону, видно, є наслідком великої урбанізації та індустріалізації.

Висновки

1. У пилку з яблуні, отриманому із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською є більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Нікелю, Плюмбуму та Кадмію. Встановлено, що в пилку з яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону, міститься найбільша кількість важких металів.

2. Пилок з яблуні, отриманий із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською має високий рівень аніонних форм жирних кислот, але низький – неестерифікованих форм жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів. Рівень наведених вище форм жирних кислот змінюється з боку насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

3. Низький рівень неестерифікованих форм жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів та велика кількість аніонних форм жирних кислот і важких металів у пилку з яблуні, отриманому із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською є наслідком великої урбанізації та індустріалізації.

Список використаної літератури

1. Аккумуляция тяжелых металлов в теле пчел / Е. К. Еськов [и др.] // Пчеловодство. – 2008. – № 2. – С. 14–17.

2. Біологічна оцінка бджолиного обніжжя / Богданов Г. О., Поліщук В. П., Рівіс Й. Ф., Локутова О. А. // Науковий вісник ЛНУВМ і БТ імені С. З. Гжицького. – 2005. – Т. 7 (№ 1), ч. 2. – С. 227–239.

3. Боднарчук Л. І. Мінеральний склад продуктів бджільництва (повідомлення II) / Л. І. Боднарчук, А. О. Мусялковська // Пасіка. – 2008. – № 9. – С. 17–19.

4. Бугера С. І. Виробництво екологічно чистих продуктів галузі бджільництва – актуальна проблема сьогодення / С. І. Бугера // Пасіка. – 2008. – № 8. – С. 2–3.

5. Буцяк Г. А. Сумісна дія важких металів у регіоні Львівсько-Волинського вугільного басейну, способи попередження їх кумуляції і токсичного впливу : автореф. дис. на здобуття

наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.16 «Екологія» / Г. А. Буцяк. – Житомир, 2009. – 20 с.

6. Віщур В. Я. Рівень техногенного навантаження на довкілля та вміст жирних кислот загальних ліпідів і важких металів у пилку з яблуні / В. Я. Віщур // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – Вип. 1 (57). – С. 18–22.

7. Гильденскиольд Р. С. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на организм / Р. С. Гильденскиольд, Ю. В. Новиков, Р. С. Хамидулин // Гигиена и санитария. – 1992. – № 5/6. – С. 6–8.

8. Жирні кислоти пилку рослин (бджолиного обніжжя) та їх роль в метаболічних процесах і життєдіяльності бджіл / Богданов Г. О., Поліщук В. П., Рівіс Й. Ф., Локутова О. А. // Біологія тварин. – 2003. – Т. 5, № 1/2. – С. 149–158.

9. Карпов О. В. Аерозолі на основі наночастинок техногенного походження та їхній вплив на екологію урбанізованого довкілля / О. В. Карпов, С. В. Верьовка // Укр. біохім. журнал : матеріали Х Українського біохімічного з'їзду, м. Одеса, 13–17 верес. 2010 р. – 2010. – Т. 82, № 4 (додаток 2). – С. 258.

10. Кондрюк А. Ф. Біоіндикатори забруднення довкілля / А. Ф. Кондрюк // Збірник наукових праць ПДАТУ. – 2010. – Вип. 18. – С. 88–89. – (Серія «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»).

11. Миронов Г. Незамінні речовини квіткового пилку і його біологічні особливості / Г. Миронов // Сад, город, пасіка. – 1997. – № 1. – С. 127–132.

12. Одночасне газохроматографічне визначення окремих етерифікованих і неетерифікованих високомолекулярних кислот у біологічному матеріалі / Рівіс Й. Ф., Скорохід І. В., Данилик Б. Б., Процик Я. М. // Український біохімічний журнал. – 1997. – Т. 69, № 2. – С. 110–115.

13. Поліщук В. П. Пасіка / В. П. Поліщук, В. А. Гайдар. – К. : Вища шк., 2008. – 284 с.

14. Пшеславський А. Перга / А. Пшеславський // Пасіка. – 2010. – № 4. – С. 8–19.

15. Разанов С. Ф. Вплив органічних і мінеральних добрив та рівня зволоження ґрунтів на концентрацію свинцю у квітковому пилку / С. Ф. Разанов, В. В. Швець // Агроекологічний журнал. – 2012. – № 4. – С. 38–41.

16. Ривис И. Ф. Количественный метод определения некоторых высокомолекулярных жирных кислот в растениях, тканях и биологических жидкостях организма сельскохозяйственных животных / И. Ф. Ривис, И. В. Скороход // Доклады ВАСХНИЛ. – 1981. – № 8. – С. 32–35.
17. Рівіс Й. Ф. Газохроматографічне визначення рівня та хімічного стану високомолекулярної жирної кислоти в біологічному матеріалі / Й. Ф. Рівіс // Науково-технічний бюлетень Інституту фізіології і біохімії тварин. – 1997. – Вип. 19 (1). – С. 112–114.
18. Саранчук І. І. Жирнокислотний склад бджолиного обніжжя залежно від екологічних умов доквілля / І. І. Саранчук, Й. Ф. Рівіс // Біологія тварин. – 2008. – Т. 10, № 1/2. – С. 236–244.
19. Содержание поллютантов в пыльцевой обножке медоносных пчел в зависимости от экологических факторов / Л. А. Осинцева, К. Я. Мотовилов, Г. П. Чекрыга, О. В. Соловьева // Сельскохозяйственная биология. Сер. «Биология животных». – 2007. – № 2. – С. 111–114.
20. Хавезов И. Атомно-абсорбционный анализ / пер. с болг. ; И. Хавезов, Д. Цалев. – Л. : Химия, 1983. – 144 с.
21. Швець В. В. Вплив органічно-мінеральних добрив на накопичення свинцю і кадмію у квітковому пилку / В. В. Швець // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – 2013. – № 10 (105). – С. 95–97.
22. Antimicrobial activity of pollen / S. C. Pauguel [et al.] // *Phytochemistry*. – 1993. – Vol. 33, № 6. – P. 2503–2507.
23. Casey W. M. Effects of unsaturated fatty acid supplementation on phospholipid and triacylglycerol biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae* / W. M. Casey, C. E. Rolph, M. E. Tomeo // *Biochem. and biophys. res. comm.* – 1993. – № 3. – P. 1297–1303.
24. Conti M. E. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination / M. E. Conti, F. Botrè // *Environ. Monit. Assess.* – 2001. – Vol. 69, № 3. – P. 267–282.
25. Dietschy J. M. High linoleic acid, low vegetable, and high oleic acid, high vegetable diets affect platelet activation similarly in healthy women and men / J. M. Dietschy // *J. Nutr.* – 2001. – Vol. 131. – P. 1700–1705.
26. Dimou M. Pollen analysis of honeybee rectum as a method to record the bee pollen flora of an area / M. Dimou, A. Thrasylvoulou // *Apidologie*. – 2009. – Vol. 40, № 2. – P. 124–133.

27. Dobson H. E. M. Survey of pollen and pollenkitt lipids — chemical cues to flower visitors? / H. E. M. Dobson // *American journal of botany*. – 1988. – Vol. 75. – P. 180–182.

28. Fakhim-Zadeh K. Schwermetalle im Honig, Pollen und den Honigbienen Finnlands / K. Fakhim-Zadeh, M. Lodenius // *Apiacta*. – 2000. – Vol. 35. – P. 85–95.

29. Heavy Metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) Contamination in Urban Areas and Wildlife Reserves: Honeybees as Bioindicators [Электронный ресурс] / M. Perugini [et al.] // *Biol Trace Elem Res*. – 2010. – № 10. – Режим доступа : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20393811>.

30. Szczęsna T. Long-chain fatty acids composition of honeybee-collected pollen / T. Szczęsna // *Journal of Apicultural Science*. – 2006. – Vol. 50, № 4. – P. 65–79.

Отримано 05.05.2017