

УДК 546.3:577.1:638

**Віщур В. Я.** ©

Інститут біології тварин НААН, Львів

**РІВЕНЬ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ТА  
ВМІСТ ЖИРНИХ КИСЛОТ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПИЛКУ З  
ЯБЛУНІ**

*Показано, що в пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, зменшується вміст заліза, цинку, міді, хрому, нікелю та свинцю. У наведеному вище пилку зменшується вміст малодоступних для організму бджіл аніонних форм жирних кислот, але зростає – легкодоступних неетерифікованих форм жирних кислот. Найбільше змінюється вміст важких металів, аніонних і неетерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на території з низьким техногенним навантаженням.*

**Ключові слова:** жирні кислоти, пилки з яблуні, медоносні бджоли, техногенне навантаження на довкілля.

**Вступ.** Розвиток промисловості, сільського господарства, енергетики та транспорту, інтенсивне видобування корисних копалин призводить до зростання надходження важких металів у повітря, воду, ґрунт, рослини, тканини медоносних бджіл, тому питання виробництва екологічно безпечних продуктів бджільництва є також актуальним [1].

Жирні кислоти - життєво необхідний компонент корму медоносних бджіл. Вони тісно пов'язані з обміном мінеральних елементів, що у цілому відбивається на життєдіяльності бджіл і продуктивності бджолиних сімей. З огляду на наведене вище науково-практичний інтерес становить дослідження вмісту важких металів і різних форм жирних кислот у бджолиному обніжжі залежно від техногенного навантаження на довкілля.

Метою роботи було встановити вміст жирних кислот загальних ліпідів і важких металів у пилку з яблуні залежно від рівня техногенного навантаження на довкілля.

**Матеріали та методи досліджень.** Рівень техногенного навантаження на довкілля визначали за вмістом важких металів (заліза, цинку, міді, хрому, нікелю, свинцю, миш'яку та кадмію) у пилку з яблуні (*Malus.*).

Пилок з яблуні для лабораторних досліджень відбирали на пасіках, розміщених на територіях з різною інтенсивністю руху транспорту та роботи промислових підприємств: на навчальній пасіці Львівської національної академії ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького (територія з дуже інтенсивним рухом транспорту та роботи промислових

---

© Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук Й. Ф. Рівіс  
Віщур В. Я., 2012

підприємств) та в приватних пасічних господарствах м. Винники та с. Чижиків Пустомитівського району Львівської області (території з меншою інтенсивністю руху транспорту та роботи промислових підприємств). Причому всі пасіки розміщені на автотрасі Львів-Тернопіль.

Для лабораторних досліджень на вказаних територіях відбирали зразки пилку яблуні з трьох пасік, на кожній пасіці з трьох вуликів. Для уточнення видової належності пилку з яблуні проводили ідентифікаційні дослідження за допомогою комп'ютерних програм «LUCIA» (Laboratory Colour Image Analysis) і «Pollen Data Bank».

У відібраних зразках бджолиного обніжжя визначали вміст жирних кислот загальних ліпідів методом газорідної хроматографії [2]. Вміст важких металів (заліза, цинку, міді, хрому, нікелю, свинцю, миш'яку та кадмію) у досліджуваному біологічному матеріалі визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 ПК [2].

Отриманий цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента.

**Результати досліджень.** Встановлено, що в пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, є вірогідно менший вміст заліза, цинку, міді, хрому, нікелю та свинцю (табл. 1). Крім того, в пилку з яблуні, яка росте на території з низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, є вірогідно менший вміст кадмію. Із наведеної вище таблиці видно також, що в пилку з яблуні, яка росте на території з низьким техногенним навантаженням, міститься найменша кількість наведених вище металів.

Таблиця 1

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

Важкі метали та їх символи	Рівень техногенного навантаження на довкілля		
	Високий	Середній	Низький
Залізо, Fe	26,41±1,358	17,81±0,819**	14,75±0,889***
Цинк, Zn	30,67±1,901	23,97±0,643*	20,62±1,118**
Мідь, Cu	2,90±0,156	2,02±0,098**	1,62±0,075***
Хром, Cr	3,22±0,159	2,52±0,113*	2,02±0,104***
Нікель, Ni	0,36±0,020	0,30±0,011*	0,27±0,017*
Свинець, Pb	1,15±0,063	0,85±0,040**	0,60±0,023***
Кадмій, Cd	0,08±0,006	0,06±0,006	0,05±0,006*

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

Нами встановлено, що пилку з яблуні, яка росте на техногенно забруднених територіях, змінюється вміст аніонних і неетерифікованих форм жирних кислот. Це впливає на енергетичну, атрактантну, функціонально-метаболичну та біологічну цінність пилку з наведеного вище виду рослин.

Від мінеральних елементів, зокрема від двовалентних, залежить кількість жирних кислот у бджолиному обніжжі, які знаходяться в аніонній формі [3]. Це пов'язано з тим, що неетерифіковані жирні кислоти здатні зв'язувати важкі мінеральні елементи. Разом з тим, мінеральні елементи в рослині, зокрема в пилку, тісно зв'язані з синтезом і обміном жирних кислот [3]. Так, від міді та цинку залежить активність ферментів, які беруть участь у видовженні вуглецевого ланцюга жирної кислоти та утворенні у ньому ненасичених зв'язків.

Нами встановлено, що загальна концентрація аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням, є менша (табл. 2). Зменшення концентрації аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням, може вказувати на зростання в ній кількості неетерифікованих форм жирних кислот. Збільшення кількості останніх може вказувати на зростання енергетичної, атрактивної та функціонально-метаболическої цінності бджолиного обніжжя. Це пов'язано з тим, що аніонні форми жирних кислот, на відміну від неетерифікованих, є малодоступними для організму медоносних бджіл [3, 4].

Нижчий рівень аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, в основному зумовлений меншим вмістом у їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 173,0 і 167,7 проти 211,1 г<sup>-3</sup>/кг повітряно-сухої маси) та непарною (відповідно 0,3 і 0,2 проти 0,5) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин n-7 (4,2 і 4,0 проти 5,0) і n-9 (75,9 і 73,1 проти 92,6) та поліненасичених жирних кислот родин n-3 (513,7 і 498,2 проти 598,6) і n-6 (відповідно 208,4 і 199,7 проти 246,4 г<sup>-3</sup>/кг повітряно-сухої маси). Відношення аніонних поліненасичених жирних кислот родини n-3 до аніонних поліненасичених жирних кислот родини n-6 при цьому становить відповідно 2,46 і 2,49 проти 2,43.

З таблиці 2 видно, що в пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, вірогідно зменшується концентрація аніонних форм насичених жирних кислот, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот. Крім того, у пилку з яблуні, яка росте на території з низьким техногенним навантаженням, вірогідно зменшується вміст такої аніонної форми насиченої жирної кислоти, як пентадеканова.

Неетерифіковані форми жирних кислот є найбільш активними [4]. Нами встановлено, що загальний вміст неетерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, є вірогідно більший, ніж у пилку з яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням (табл. 3). Найбільший загальний вміст неетерифікованих форм жирних кислот виявлено у пилку з яблуні, яка росте на території з низьким техногенним навантаженням.

Таблиця 2

**Концентрація аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні,  
г/кг повітряно-сухої маси (M±m, n=3)**

Аніонні жирні кислоти та їх код	Рівень техногенного навантаження на довкілля		
	Високий	Середній	Низький
Каприлова, 8:0	7,1±0,32	5,7±0,29*	5,4±0,23**
Капринова, 10:0	15,2±0,69	12,4±0,69*	11,8±0,67*
Лауринова, 12:0	54,3±2,40	44,5±1,74*	42,9±1,61**
Міристинова, 14:0	4,8±0,23	3,9±0,17*	3,7±0,17**
Пентадеканова, 15:0	0,5±0,06	0,3±0,06	0,2±0,06*
Пальмітинова, 16:0	110,1±5,83	90,6±3,19*	88,6±2,80*
Пальмітоолеїнова, 16:1	5,0±0,20	4,2±0,14*	4,0±0,11**
Стеаринова, 18:0	19,6±1,04	15,9±0,58*	15,3±0,43**
Олеїнова, 18:1	92,6±4,53	75,9±3,36*	73,1±3,20*
Лінолева, 18:2	246,4±10,87	208,4±9,12*	199,7±5,41**
Ліноленова, 18:3	598,6±28,18	513,7±17,47*	498,2±12,79*
Загальна концентрація аніонних форм жирних кислот	1154,2	975,5	942,9
в т. ч. насичені	211,6	173,3	167,9
мононенасичені	97,6	80,1	77,1
поліненасичені	845,0	722,1	697,9
n-3/n-6	2,43	2,46	2,49

Більша загальна кількість неетерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, зумовлена в основному мононенасиченими жирними кислотами родин n-7 (7,4 і 7,7 проти 6,2 г<sup>-3</sup>/кг повітряно-сухої маси) і n-9 (141,9 і 144,1 проти 120,80) та поліненасиченими жирними кислотами родин n-3 (843,8 і 866,1 проти 724,6) і n-6 (відповідно 346,9 і 354,2 проти 303,8 г<sup>-3</sup>/кг повітряно-сухої маси). При цьому відношення неетерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини n-3 до неетерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини n-6 становить відповідно 2,43 і 2,44 проти 2,38. Останнє вказує на те, що із зменшенням техногенного навантаження на територію зростає активність десатураз у пилку з яблуні.

Неетерифіковані форми жирних кислот є найбільш активними [4]. Нами встановлено, що загальний вміст неетерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, є вірогідно більший, ніж у пилку з яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням (табл. 3). Найбільший загальний вміст неетерифікованих форм жирних кислот виявлено у пилку з яблуні, яка росте на території з низьким техногенним навантаженням.

Одночасно у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, зменшується вміст неетерифікованих форм насичених жирних кислот з парною (відповідно 233,1 і

226,7 проти 275,2 г<sup>-3</sup>/кг повітряно-сухої маси) та непарною (відповідно 0,4 і 0,3 проти 0,7 г<sup>-3</sup>/кг повітряно-сухої маси) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. Наведене вище призводить до підвищення ненасиченості неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням (індекс ненасиченості становить відповідно 0,17 і 0,16 проти 0,24 в контролі).

Таблиця 3

**Концентрація неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, г/кг повітряно-сухої маси (M±m, n=3)**

Неестерифіковані жирні кислоти та їх код	Рівень техногенного навантаження на довкілля		
	Високий	Середній	Низький
Каприлова, 8:0	9,2±0,49	7,5±0,35*	7,2±0,32*
Капринова, 10:0	20,4±1,20	16,4±0,79*	16,0±0,71*
Лауринова, 12:0	72,7±2,95	61,6±2,57*	59,2±1,66**
Міристинова, 14:0	6,2±0,29	5,1±0,23*	4,8±0,20**
Пентадеканова, 15:0	0,7±0,06	0,4±0,06*	0,3±0,06**
Пальмітинова, 16:0	141,2±6,49	121,1±4,01*	118,6±3,91*
Пальмітоолеїнова, 16:1	6,2±0,26	7,4±0,32*	7,7±0,29**
Стеаринова, 18:0	25,5±0,98	21,4±0,96*	20,9±0,87*
Олеїнова, 18:1	120,8±6,47	141,9±5,20*	144,1±4,94*
Лінолева, 18:2	303,8±14,43	346,9±8,28*	354,2±7,97*
Ліноленова, 18:3	724,6±31,93	843,8±30,14*	866,1±27,46*
Загальна концентрація неестерифікованих форм жирних кислот	1431,3	1573,5	1599,1
в т. ч. насичених	275,9	233,5	227,0
мононенасичених	127,0	149,3	151,8
поліненасичених	1028,4	1190,7	1220,3
n-3/n-6	2,38	2,43	2,44

Зростання загального вмісту неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, може вказувати на підвищення енергетичної забезпеченості організму медоносних бджіл. Як відомо, неестерифіковані форми жирних кислот є найбільш доступним для них видом енергії [4].

Серед речовин пилку, що привертають увагу медоносних бджіл, є жирні кислоти. Показано, що коротколанцюгові (10 і менше вуглецевих атомів у ланцюгу) та довголанцюгові (18 і більше вуглецевих атомів у ланцюгу) жирні кислоти бджолиного обніжжя володіють атрактантними властивостями [4, 6].

Нами встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот, які володіють атрактантними властивостями, у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, є більший (коротколанцюгових жирних кислот відповідно 23,9 і 23,0 проти 29,6 та довголанцюгових жирних кислот відповідно 1354,0 і 1385,3 проти 1028,4 г<sup>3</sup>/кг повітряно-сухої маси). Найбільше він зростає на території з меншим

техногенним навантаженням. Таким чином, на територіях з меншим техногенним навантаженням зростають атрактантні властивості пилку з яблуні.

Жирні кислоти проявляють антибактеріальну та антигрибкову активність [6]. Антимікробна активність притаманна багатьом жирним кислотам (каприловій, каприновій, лауриновій, олеїновій, лінолевої та ліноленовій). Тому ці жирні кислоти відіграють важливу роль у гігієні медоносних бджіл і вулика. Встановлено також, що чим коротший вуглецевий ланцюг тим більше жирні кислоти обніжжя забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму бджіл і вулика. Антибактеріальна та антигрибкова активність жирних кислот зростає також із збільшенням кількості ненасичених зв'язків у їх вуглецевому ланцюгу [6].

Нами встановлено, що загальний вміст неетерифікованих форм капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, більший (відповідно 1418,1 і 1446,8 проти 1251,5 г<sup>-3</sup>/кг повітряно-сухої маси). Найбільше він зростає у пилку з яблуні, яка росте на території з меншим техногенним навантаженням.

У бджолиному обніжжі є дуже високий загальний вміст легкодоступних неетерифікованих форм ненасичених жирних кислот — пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленової. Дуже високий вміст ненасичених жирних кислот у бджолиному обніжжі може сприяти зростанню проникливості його структурних складових для води та водорозчинних речовин. Він може сприяти також зростанню проникливості тканин організму медоносних бджіл для наведених вище речовин [6].

Нами встановлено, що загальний вміст неетерифікованих форм ненасичених жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, є більший (відповідно 1340,0 і 1372,1 проти 1155,4 г<sup>-3</sup>/кг повітряно-сухої маси). Найбільше він зростає у пилку з яблуні, яка росте на території з меншим техногенним навантаженням.

З таблиці 3 видно, що у пилку з яблуні, яка росте на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, вірогідно зменшується вміст неетерифікованих форм насичених жирних кислот, зростає — мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

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

**Висновки:**

1. У пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, зменшується вміст заліза, цинку, міді, хрому, нікелю та свинцю. Крім того, в пилку з яблуні, яка росте на території з низьким техногенним навантаженням є вірогідно менший вміст кадмію.

2. У пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, за рахунок насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин n-7 і n-9 та поліненасичених жирних кислот родин n-3 і n-6 зменшується вміст малодоступних для організму бджіл аніонних форм жирних кислот.

3. У пилку з яблуні, яка росте на території з середнім і низьким техногенним навантаженням, порівняно з пилком із яблуні, яка росте на території з високим техногенним навантаженням, насамперед за рахунок мононенасичених жирних кислот родин n-7 і n-9 та поліненасичених жирних кислот родин n-3 і n-6 збільшується кількість легкодоступних для організму бджіл неетерифікованих форм жирних кислот. Тим самим зростає їх енергетична, атрактивна, функціонально-метаболична та біологічна цінність для організму бджіл.

4. Найбільше змінюється вміст важких металів, аніонних і неетерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на території з низьким техногенним навантаженням.

**Література**

1. 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 13–17 вересня 2010 р., м. Одеса. — 2010. — Т. 82, № 4 (додаток 2). — С. 258.

2. Рівіс Й. Ф. Метод визначення аніонних високомолекулярних жирних кислот у біологічному матеріалі [Текст] / Й. Ф. Рівіс, Б. Б. Данилюк, Я. М. Проник // Вісник аграрної науки. — 1996. — №8. — С. 46-47.

3. 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.

4. Perugini M. Heavy Metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) Contamination in Urban Areas and Wildlife Reserves: Honeybees as Bioindicators [Електронний ресурс] / M. Perugini, M. Manera, L. Grotta et al. // Biol Trace Elem Res. — 2010. — Режим доступу : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20393811>

5. Хавезов И. Атомно-абсорбционный анализ : Пер. с болг. / И. Хавезов, Д. Цалев — Л. : Химия, 1983. — 144 с ейнека С. Пилок як джерело білків та вітамінів / С. Дейнека // Український пасічник. — 1997. — № 8. — С. 30–31

6. Волошин О. І. Пилок квітковий (бджолина обніжка) в клінічній та експериментальній медицині / О. І. Волошин, О. В. Пішак, І. Ф. Мещишен. — Буков. держ. мед. акад. – Чернівці, 1998. — 191 с.

### Summary

V. Y. Vishchur

#### THE LEVEL OF TECHNOGENIC LOAD OF THE ENVIRONMENT AND CONTENT OF FATTY ACIDS AND HEAVY METALS IN THE APPLE TREE POLLEN

*It is demonstrated that the amount of iron, zinc, copper, chromium, nickel and lead decreases in the pollen of the apple trees which grow in the places with middle or low technogenic load compared to the pollen of the apple trees which grow in the places with high technogenic load. In the mentioned above pollen, the amount of anionic forms of fatty acids, which are not enough available for bees, decreases, but the amount of easy accessible non-etherified fatty acids increases. Consequently, their energetic, attractive, biological, functional and metabolic value for bees' bodies rises. The pollen of the apple trees which grow in the places with low technogenic load undergoes the most significant changes in content of heavy metals and anionic and non-etherified forms of fatty acids.*

Рецензент – д.вет.н., професор Демчук М.В.