

ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ЗАГАЛЬНИХ ЛІПІДІВ ТКАНИН ГРУДЕЙ БДЖІЛ ЗА РІЗНОГО РІВНЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

В. Я. Віщур, Й. Ф. Рівіс

Інститут біології тварин НААН

У тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях із середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, зменшується вміст Феруму, Цинку, Купруму, Нікелю та Плюмбуму. Одночасно у них зменшується вміст насичених жирних кислот загальних ліпідів, але зростає — мононенасичених і поліненасичених. Разом із тим, інтенсивність перетворень лінолевої кислоти в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні зростає в тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на території з низьким рівнем техногенного навантаження, а лінолевої — на територіях із середнім і низьким техногенним навантаженням.

Розвиток промисловості, сільського господарства, енергетики та транспорту, інтенсивне видобування корисних копалин — все це призводить до зростання надходження важких металів в повітря, воду, ґрунт, рослини та рослинний пилок. Тим самим, важкі метали стали інтенсивно нагромаджуватися у тканинах медоносних бджіл і продуктах бджільництва. З іншого боку жирні кислоти є життєво необхідним компонентом корму для організму медоносних бджіл, а саме жирнокислотний склад пилку рослин впливає на продуктивні та репродуктивні ознаки організму медоносних бджіл [1]. Також жирні кислоти в організмі медоносних бджіл відкладаються в жировому тілі про запас і за необхідності використовуються [1, 2].

Обмін жирних кислот в організмі медоносних бджіл тісно пов'язаний з обміном мінеральних елементів [3]. Зокрема, від Купруму та Цинку залежить активність ряду ензимів, які приймають участь у видовженні вуглецевого ланцюга жирної кислоти та утворенні у ньому ненасичених зв'язків [1]. Від основних мінеральних елементів, в т.ч. важких металів, а найбільше від двовалентних, залежить кількість жирних кислот, які знаходяться у пилку, тканинах медоносних бджіл і бджолиній продукції в аніонній формі [3]. Останні впливають на біологічну цінність корму та продукції бджільництва, насамперед пилку, перги та бджолиних стільників [4].

З огляду на наведене вище, науково-практичний інтерес становить дослідження вмісту жирних кислот загальних ліпідів і важких металів у тканинах грудей медоносних бджіл залежно від рівня техногенного навантаження на довкілля.

Метою роботи було встановити вміст жирних кислот загальних ліпідів і важких металів у тканинах грудей медоносних бджіл, залежно від рівня техногенного навантаження на довкілля.

Матеріали і методи. Рівень техногенного навантаження на довкілля визначали за вмістом у пилку з кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale* Wigg.) важких металів (Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Нікелю, Плюмбуму, Арсену та Кадмію).

Зразки пилку з кульбаби лікарської та карпатських медоносних бджіл для лабораторних досліджень відбирали на пасіках, розміщених на територіях із різною інтенсивністю руху транспорту та роботи промислових підприємств. Зокрема, на навчальній

пасіці Львівської національної академії ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького (територія з дуже інтенсивним рухом транспорту та роботи промислових 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). Приватні пасічні господарства м. Винники та с. Чижиків розміщені на відстані відповідно 2-3 і 5-6 км від навчальної пасіки Львівської національної академії ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Причому навчальна пасіка Львівської національної академії ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького та приватні пасічні господарства м. Винники та с. Чижиків Пустомитівського району Львівської області розміщені на автотрасі Львів-Тернопіль.

На кожній із наведених вище територій відбирали зразки пилку з кульбаби лікарської та тканин грудей медоносних бджіл. Причому на кожній пасіці зразки пилку з кульбаби лікарської та тканин грудей медоносних бджіл проводили з трьох вуликів. Для уточнення видової належності пилку з кульбаби лікарської проводили ідентифікаційні дослідження за допомогою комп'ютерних програм «LUCIA» (Laboratory Colour Image Analysis) і «Pollen Data Bank».

У відібраних зразках бджолиного обніжжя визначали вміст важких металів. У відібраних зразках тканин грудей медоносних бджіл визначали концентрацію жирних кислот загальних ліпідів і важких металів. Вміст важких металів у досліджуваному біологічному матеріалі визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 ПК [5]. Концентрацію жирних кислот загальних ліпідів у досліджуваному біологічному матеріалі визначали методами газорідинної хроматографії [5, 6].

Зразки бджолиного обніжжя та тканин грудей медоносних бджіл в атомно-абсорбційний аналізатор вносили у вигляді розчинів, які отримували шляхом сухого озолення та розчинення золи в концентрованій соляній кислоті.

Вміст жирних кислот загальних ліпідів у досліджуваному біологічному матеріалі визначали шляхом екстракції ліпідів сумішшю хлороформ-метанол (2:1 за об'ємом). Отримані ліпіди обмиляли, а виділені жирні кислоти — метилювали за допомогою метанолу та хлористого ацетилю. Отримані метилові ефіри жирних кислот вводили у випаровувач газорідинного хроматографічного апарату.

Розділення метилових ефірів жирних кислот проводили на хроматографі „Chrom-5” (“Laboratorni pristroje”, Praha). Нержавіючу сталеву колонку довжиною 3700 мм і внутрішнім діаметром 3 мм заповняли Chromaton-N-AW, розміром частинок 60 – 80 меш, силанізованим HMDS (гексаметилдисілізаном) і покритим полідіетиленглікольадипінатом (нерухомою рідкою фазою) у кількості 10 %.

Ідентифікацію піків на хроматограмі проводили методом розрахунку “вуглецевих чисел” [6], а також шляхом використання хімічно чистих, стандартних розчинів, метилових ефірів жирних кислот. Розрахунок вмісту окремих жирних кислот за результатами газохроматографічного аналізу — хроматограмами — проводили за формулою, яка включає поправочні коефіцієнти для кожної із них [5, 6]. Поправочні коефіцієнти знаходили як відношення площ піків (зокрема висот піків) гептадеканової (внутрішній стандарт) та досліджуваної кислот при концентрації 1:1 та ізотермічному режимі роботи газорідинного хроматографа.

Отриманий цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента. Розраховувались середні арифметичні величини та похибки середніх арифметичних. Зміни вважалися вірогідними при $p < 0,05$. Для розрахунків використовували спеціальну комп'ютерну програму Origin 6.0, Excel (Microsoft, USA).

Результати й обговорення. Встановлено, що в тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження,

порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, вірогідно знижується рівень Феруму, Цинку, Купруму, Нікелю та Плюмбуму (табл. 1).

Таблиця 1

**Концентрація важких металів у тканинах грудей бджіл,
мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)**

| Важкі метали та їх символи | Рівень техногенного навантаження на доквілля | | |
|----------------------------|--|---------------|---------------|
| | Високий | Середній | Низький |
| Ферум, Fe | 49,60±1,912 | 42,14±1,683* | 0,37±2,162*** |
| Цинк, Zn | 31,18±1,526 | 24,78±1,569* | 21,08±1,155** |
| Купрум, Cu | 3,22±0,162 | 1,74±0,110*** | 1,17±0,073*** |
| Хром, Cr | 4,14±0,186 | 4,20±0,165 | 4,25±0,162 |
| Нікель, Ni | 5,48±0,254 | 3,27±0,182*** | 2,62±0,179*** |
| Плюмбум, Pb | 1,21±0,058 | 0,85±0,055** | 0,53±0,029*** |
| Кадмій, Cd | 0,07±0,006 | 0,06±0,006 | 0,05±0,006 |

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

Мінеральні елементи в тканинах медоносних бджіл тісно зв'язані з обміном жирних кислот [7]. Так, від Купруму та Цинку залежить активність ензимів, які приймають участь у видовженні вуглецевого ланцюга жирної кислоти та утворенні у ньому ненасичених зв'язків. Нами встановлено, що в тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, змінюється вміст жирних кислот загальних ліпідів. Це впливає на їх енергетичну, функціонально-метаболічну та біологічну [8] цінність для організму медоносних бджіл.

Нами встановлено, що вміст жирних кислот загальних ліпідів у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, зростає (табл. 2). Найбільший вміст жирних кислот загальних ліпідів виявлено у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на території з низьким рівнем техногенного навантаження.

Зростання вмісту жирних кислот загальних ліпідів у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, можливо, пов'язано з нагромадженням у них ліпідів.

Більша кількість жирних кислот загальних ліпідів у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, зумовлена в основному мононенасиченими та поліненасиченими жирними кислотами (табл. 2). З наведеної таблиці видно, що рівень мононенасичених жирних кислот підвищується за рахунок жирних кислот родин n-7 (відповідно до 0,09 і 0,10 проти 0,06 г/кг натуральної маси) і n-9 (4,41 і 4,55 проти 3,94), а поліненасичених — жирних кислот родин n-3 (9,79 і 10,35 проти 8,11) і n-6 (відповідно, до 8,02 і 8,37 проти 6,77 г/кг натуральної маси). Одночасно зростає відношення поліненасичених жирних кислот родини n-3 до поліненасичених жирних кислот родини n-6 (табл. 2).

**Концентрація жирних кислот загальних ліпідів у тканинах грудей медоносних бджіл,
г/кг натуральної маси (M±m, n=3)**

| Жирні кислоти та їх код | Рівень техногенного навантаження на довкілля | | |
|-------------------------------------|--|--------------|---------------|
| | Високий | Середній | Низький |
| Каприлова, 8:0 | 0,02±0,003 | сліди | сліди |
| Капринова, 10:0 | 0,03±0,003 | 0,02±0,003 | 0,01±0,003** |
| Лауринова, 12:0 | 0,04±0,003 | 0,03±0,003 | 0,02±0,003** |
| Міристинова, 14:0 | 0,07±0,006 | 0,04±0,006* | 0,03±0,006** |
| Пентадеканова, 15:0 | 0,10±0,006 | 0,07±0,006 | 0,06±0,006* |
| Пальмітинова, 16:0 | 1,27±0,072 | 1,01±0,061* | 0,94±0,046** |
| Пальмітоолеїнова, 16:1 | 0,06±0,006 | 0,09±0,006* | 0,10±0,006** |
| Стеаринова, 18:0 | 1,21±0,063 | 0,95±0,055* | 0,91±0,047** |
| Олеїнова, 18:1 | 3,70±0,170 | 4,11±0,182 | 4,22±0,156 |
| Лінолева, 18:2 | 2,83±0,109 | 3,28±0,162 | 3,41±0,102** |
| Ліноленова, 18:3 | 3,51±0,182 | 4,26±0,202* | 4,35±0,173* |
| Арахінова, 20:0 | 0,16±0,006 | 0,13±0,006* | 0,12±0,006** |
| Ейкозаснова, 20:1 | 0,24±0,0014 | 0,30±0,014* | 0,33±0,014** |
| Ейкозадиснова, 20:2 | 0,26±0,011 | 0,32±0,014* | 0,34±0,014** |
| Ейкозатриснова, 20:3 | 0,12±0,006 | 0,15±0,006* | 0,16±0,003*** |
| Арахідонова, 20:4 | 3,33±0,162 | 3,99±0,170* | 4,16±0,137** |
| Ейкозапентаснова, 20:5 | 2,35±0,982 | 2,74±0,096 | 2,83±0,090 |
| Докозадиснова, 22:2 | 0,23±0,006 | 0,28±0,011** | 0,30±0,014** |
| Докозатриснова, 22:3 | 0,27±0,011 | 0,35±0,017** | 0,38±0,020** |
| Докозатетраснова, 22:4 | 0,35±0,017 | 0,45±0,026* | 0,57±0,023*** |
| Докозапентаснова, 22:5 | 0,76±0,032 | 0,91±0,037* | 1,07±0,043** |
| Докозагексаснова, 22:6 | 0,87±0,037 | 1,08±0,052* | 1,15±0,049** |
| Загальна концентрація жирних кислот | 21,78 | 24,56 | 25,46 |
| в т. ч. насичені | 2,90 | 2,25 | 2,09 |
| мононенасичені | 4,00 | 4,50 | 4,65 |
| поліненасичені | 14,88 | 17,81 | 18,72 |
| n-3/n-6 | 1,20 | 1,22 | 1,24 |

Разом з тим, інтенсивність перетворень лінолевої кислоти загальних ліпідів в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на території з середнім рівнем техногенного навантаження, порівняно до тканин грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим техногенним навантаженням, не змінюється (0,77 проти 0,76), а ліноленової кислоти — зростає (0,73 проти 0,76). У тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, також зростає інтенсивність перетворень ліноленової кислоти загальних ліпідів в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні (відповідно, 0,69 і 0,69 проти 0,72). Наведене вище вказує на зростання активності ензимів, які несуть відповідальність за утворення додаткових подвійних зв'язків у молекулі поліненасиченої жирної кислоти.

Разом з тим, концентрація насичених жирних кислот загальних ліпідів у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно до тканин грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим техногенним навантаженням, зменшується (табл. 2). Вона зменшується за рахунок жирних кислот з парною (на територіях з середнім і низьким техногенним навантаженням відповідно до 2,18 і 2,03 проти 2,80 г/кг натуральної маси на території з високим техногенним навантаженням) та непарною (на територіях із середнім і низьким техногенним навантаженням відповідно до 0,07 і 0,06 проти 0,10 г/кг натуральної

маси на території з високим техногенним навантаженням) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу.

Жирні кислоти проявляють антибактеріальну та антигрибкову активність [7]. Чим коротший вуглецевий ланцюг насичених жирних кислот тим більше вони забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму бджіл. Антибактеріальна та антигрибкова активність жирних кислот зростає також із збільшенням кількості ненасичених зв'язків у їх вуглецевому ланцюгу. Тому ці жирні кислоти відіграють важливу роль у гігієні медоносних бджіл [8].

Нами встановлено, що загальний вміст коротколанцюгових насичених жирних кислот (10 і менше вуглецевих атомів у ланцюгу) і поліненасичених жирних кислот (18 і більше вуглецевих атомів у ланцюгу), які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму, у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким техногенного навантаження, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, є більше (відповідно 17,83 і 18,73 проти 14,93 г/кг натуральної маси). Найбільше він зменшується у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на території з низьким рівнем техногенного навантаження.

У тканинах грудей медоносних бджіл є дуже високий загальний вміст ненасичених жирних кислот загальних ліпідів — пальмітоолеїнової, олеїнової, ейкозаєнової, лінолевої, ліноленої, ейкозациєнової, ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової (арахідонової), ейкозапентаєнової, докозациєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової [8]. Дуже високий вміст ненасичених жирних кислот у тканинах медоносних бджіл може сприяти зростанню проникливості їх структурних складових для води та водорозчинних речовин [9, 10].

Нами встановлено, що загальний вміст ненасичених жирних кислот загальних ліпідів у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях із середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, є більший (відповідно, 22,31 і 23,37 проти 18,88 г/кг натуральної маси).

З таблиці 2 видно, що у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях із середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, вірогідно зменшиться вміст таких насичених жирних кислот загальних ліпідів, як каприлова, міристинова, пальмітинова, стеаринова та арахідова, але зростає — таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та ейкозаєнова і таких поліненасичених жирних кислот, як ліноленова, ейкозациєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), докозациєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова. Крім того, у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на території з низьким рівнем техногенного навантаження, вірогідно зменшується концентрація таких насичених жирних кислот загальних ліпідів, як капринова, лауринова та пентадеканова, але збільшується — такої поліненасиченої жирної кислоти, як лінолева.

Наведене вище вказує на те, що в результаті зменшення техногенного навантаження на довкілля зростає енергетична, функціонально-метаболічна та, особливо, біологічна цінність жирних кислот загальних ліпідів для тканин грудей медоносних бджіл.

ВИСНОВКИ

1. У тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, зменшується вміст Феруму, Цинку, Купруму, Нікелю та Плюмбуму.

2. У тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на територіях з середнім і низьким рівнем техногенного навантаження, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, які вирощуються на території з високим рівнем техногенного навантаження, зменшується вміст насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, але зростає — мононенасичених жирних кислот родин n-7 і n-9 та поліненасичених жирних кислот родин n-3 і n-6.

3. Інтенсивність перетворень лінолевої кислоти в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні зростає в тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на території з низьким рівнем техногенного навантаження, а ліноленової — на територіях із середнім і низьким техногенним навантаженням. Наведене вище вказує на те, що із зменшенням техногенного навантаження на територію зростає активність десатураз у тканинах грудей медоносних бджіл.

4. Найбільше змінюється вміст жирних кислот загальних ліпідів і важких металів у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримуються на території з низьким рівнем техногенного навантаження.

Перспективи подальших досліджень. Вивчити жирнокислотний склад тканин медоносних бджіл.

CONTENT OF SATURATED FATTY ACIDS OF COMMON LIPIDS IN THE TISSUES OF THE BEE THORAX TAKING INTO ACCOUNT DIFFERENT LEVELS OF TECHNOGENIC LOAD ON THE ENVIRONMENT

V. Y. Vishchur, Y. F. Rivis

Institute of Animal Biology of NAAS

S U M M A R Y

The amount of Iron, Zinc, Copper, Nickel and Lead decreases in the tissues of the thorax of bees which are farmed in the places with middle or low techno-genic load compared to the tissues of the bee thorax which are farmed in the places with high techno-genic load. At the same time, the thorax tissues undergo the reduction of content of saturated fatty acids of common lipids, but the amount of non-saturated and polysaturated fatty acids increases. Moreover, the intensity of changes in linoleic acid into its more long-chained and more unsaturated derivatives rises in the thorax tissues of the bees which are farmed in the places with middle or low technogenic load.

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ОБЩИХ ЛИПИДОВ В ТКАНЯХ ГРУДИ ПЧЁЛ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В. Я. Вищур, Й. Ф. Ривис

Институт биологии животных НААН

А Н Н О Т А Ц И Я

В тканях груди медоносных пчёл, которые содержатся на территориях со средним и низким уровнем техногенной нагрузки, по сравнению с тканями груди медоносных пчёл,

которые выращиваются на территории с высоким уровнем техногенной нагрузки, уменьшается содержание Железа, Цинка, Меди, Никеля и Свинца. Одновременно у них уменьшается содержание насыщенных жирных кислот общих липидов, но возрастает – мононенасыщенных и полиненасыщенных. Вместе с этим, повышается интенсивность преобразования линолевой кислоты в её более длинноцепочные и более насыщенные производные в тканях груди пчел, которые содержатся на территориях со средней и низкой техногенной нагрузкой.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жирні кислоти пилку рослин (бджолиного обніжжя) та їх роль в метаболічних процесах і життєдіяльності бджіл / Г. О. Богданов, В. П. Поліщук, Й. Ф. Рівіс, О. А. Локутова // Біологія тварин. — 2003. — Т. 5, № 1–2. — С. 149–158.
2. Біологічна оцінка бджолиного обніжжя / Г. О. Богданов, В. П. Поліщук, Й. Ф. Рівіс, О. А. Локутова // Науковий вісник ЛНАВМ ім. С. З. Гжицького. — 2005. — Т. 7 (№ 1), Ч. 2. — С. 227–239.
3. *Поліщук В. П.* Бджільництво / Віктор Петрович Поліщук. — Львів: Український пасічник, 2001. — 296 с.
4. *Саранчук І. І.* Вміст різних форм жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл за впливу екологічних умов довкілля / І. І. Саранчук, Й. Ф. Рівіс // Науковий вісник ЛНУВМтаБТ ім. С.З. Гжицького. — 2009. — Т.11, № 3 (42), Ч. 3. — С. 120–127.
5. *Рівіс Й. Ф.* Газохроматографічне визначення високомолекулярних нестерифікованих жирних кислот в біологічному матеріалі / Й. Ф. Рівіс, Б. Б. Данилик // Український біохімічний журнал. — 1997. — Т. 69, № 1. — С. 79–83.
6. *Рівіс Й. Ф.* Метод визначення аніонних високомолекулярних жирних кислот у біологічному матеріалі / Й. Ф. Рівіс, Б. Б. Данилик, Я. М. Процик // Вісник аграрної науки. — 1996. — № 8. — С. 46–47.
7. *Manning R.* Fatty acids in pollen: a revive of their importance for honey bees / R. Manning // *Bee World*. — 2001. — Vol. 82 (2). — P. 60–75.
8. *Поліщук В. П.* Біологічні особливості живлення бджіл і збирання квіткового пилку в умовах поліфлорного взятку / В. П. Поліщук, О. А. Локутова // Біологія тварин. — 2002. — Т. 4, № 1–2. — С. 236–242.
9. *Кононський О. І.* Біохімія тварин: Підручник. — 2-ге вид., переробл. і допов. / Кононський О. І. — Київ: Вища школа, 2006. — 454 с.
10. *Мизюрев В. А.* Новое в оценке состояния жирового тела пчел / В.А. Мизюрев // Пчеловодство. — 2004. — № 2.
11. *Howton D. R.* Metabolism of essential fatty acids / D. R. Howton, J. F. Mead // *J. Biol. Chem.* — 1991. — Vol. 235. — P. 3385–3389.