

DOI: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-16

УДК 638.145.4:612.397.23

**І. І. САРАНЧУК, кандидат сільськогосподарських наук**

Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН  
вул. Богдана Крижанівського, 21 а, м. Чернівці, 58025,  
e-mail: saranchukiv@gmail.com

## **РІВЕНЬ НЕЕСТЕРИФІКОВАНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ У ТКАНИНАХ ГРУДЕЙ ТА ПРОДУКТИВНІ ОЗНАКИ БДЖІЛ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ З РІЗНОЮ КІЛЬКІСТЮ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ**

Відсутність у літературі даних щодо вмісту найбільш активних неестерифікованих насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у тканинах медоносних бджіл залежно від їх кількості та складу в кормі обумовила актуальність обраної теми.

Метою досліджень є встановлення зв'язку між складом неестерифікованих жирних кислот в тканинах грудей та продуктивними ознаками медоносних бджіл за різної кількості соняшникової олії в кормовій добавці.

Експериментальні дослідження проведено у весняно-літній період на клінічно здорових медоносних бджолах карпатської породи. Було сформовано 3 групи бджолиних сімей (по 3 бджолосім'ї в кожній), відібраних за принципом аналогів. Бджолині сім'ї контрольної групи впродовж 36 днів щотижня отримували кормову добавку, яка складалася із 100 г знежиреного борошна з бобів натуральної сої та 100 г цукрового сиропу (відношення цукру до води 1:1). Бджолині сім'ї I і II дослідних груп додатково до цієї кормової добавки отримували соняшникову олію в кількості, відповідно, 10 і 20 г на бджолосім'ю на тиждень. Під час проведення досліду контролювали відтворну здатність маток і медову продуктивність робочих бджіл. По завершенню досліду для лабораторних досліджень були відібрані зразки тканин медоносних бджіл. У тканинах грудей медоносних бджіл методом газорідинної хроматографії визначали вміст неестерифікованих жирних кислот.

Встановлено, що в результаті додавання до кормової добавки, яка складається із знежиреного соєвого борошна та цукрового сиропу, соняшникової олії в кількості 10 і 20 г, в ній дозозалежно зростає вміст насичених, мононенасичених і, особливо, поліненасичених жирних кислот як у складі жирних кислот загальних ліпідів, так і в складі неестерифікованих жирних кислот. Згодовування кормової добавки, збагаченої соняшниковою олією, приводить до зменшення концентрації неестерифікованих насичених,

мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл I та II дослідних груп. При цьому в тканинах грудей наведених вище бджіл зменшується співвідношення вмісту неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -3 до поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -6. У кінцевому результаті в бджолиних маток згадуваних груп зростає яйцекладка, а в робочих бджіл – медова продуктивність.

**Ключові слова:** медоносні бджоли, кормова добавка, жирні кислоти, відтворна здатність маток, медова продуктивність бджіл.

### **Saranchuk I.**

Bukovinian state agricultural experimental station of Institute of agriculture of Carpathian region of NAAS

#### **The level of non-esterified fatty acids in bee thorax tissue and productive traits at food additive feeding with different amounts of sunflower oil**

The relevance of the chosen topic is due to the absence of data in literature concerning the amount of most active non-esterified saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids in honey bees tissues depending on the formers' quantity and composition in a feed.

The research goal is to establish a connection between the non-esterified fatty acids composition in thorax tissues and honey bees productive traits at various quantity of sunflower oil in a feed additive.

The experimental trials have been conducted in spring-summer period on clinically healthy bees of Carpathian breed. By principle of analogues, 3 groups of bee families have been formed (3 bee families in each group). Every week, during the period of 36 days, the families of control group has been feeded a supplement consisting of 100 g defatted natural soybeans flour and 100 g sugar syrup (correlation sugar-water 1:1). The families of I and II trial groups have been getting additionally sunflower oil in amount respectively 10 and 20 g per bee family per week. During the trial, the queens' reproductive ability and workers' honey productivity have been controlled. After the trial completion, bees tissue samples have been taken for laboratory tests. In bee thorax tissues, the non-esterified fatty acids content has been determined by gas-liquid chromatography method.

It is established, that as a result of adding 10 and 20 g of sunflower oil to a feed consisting of defatted natural soy beans flour and sugar syrup, the content of saturated, monounsaturated, and particularly polyunsaturated fatty acids in the feed additive increases dose-dependently – in fatty acid composition of total lipids, as well as in composition of non-esterified fatty acids. Feeding of the food supplement, enriched with sunflower oil, causes decrease in concentration of non-esterified saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids in honey bees thorax tissues of experimental groups I and II. Herewith, in thorax tissue of the above-mentioned bees, the correlation of family  $\omega$ -3 non-esterified polyunsaturated fatty acids content to family  $\omega$ -6 polyunsaturated fatty acids decreases. As a final result, the queen bees of the mentioned groups increase oviposition, and the working bees increase the honey productivity.

**Key words:** honey bees, feed additive, fatty acids, queen bees reproductive ability, honey productivity of bees.

**Вступ.** Аналіз наявної літератури свідчить про прямий зв'язок між кількістю й складом жирних кислот у кормі та жирнокислотним складом і проникливістю тканин медоносних бджіл для різноманітних водорозчинних сполук [16, 19]. Це зумовлено тим, що кількість і склад жирних кислот у кормі прямо та дуже швидко впливають на жирнокислотний склад і функціональну активність клітинних мембран [7, 12, 17, 24, 25, 27, 28]. Зокрема, жирнокислотний склад клітинних мембран є основним фактором, що впливає на інтенсивність переходу різноманітних сполук, у тому числі важких металів і різних форм жирних кислот, шляхом активного та пасивного транспорту в тканини бджіл. У свою чергу, від вмісту різних форм жирних кислот у тканинах бджіл залежить функціонування їх нервової, імунної, відтворної систем та процес окиснення.

Організм бджіл дуже сильно реагує на кількість та склад жирних кислот у кормі [5, 16, 22, 23, 28]. Проблема жирних кислот у системі корм – тканини бджіл – функціональна активність тканин полягає в такому. Згадувані жирні кислоти в кормі і тканинах медоносних бджіл причетні до росту, відтворної здатності та продуктивних ознак [8, 11, 25, 27–30]. Жирні кислоти залежно від кількості та складу можуть змінювати забезпеченість організму бджіл енергетичним, структурним і біологічно активним матеріалом [6, 9, 13, 16, 17, 19, 20, 29]. Це зумовлено тим, що тканини бджіл за допомогою ензимних систем здатні синтезувати тільки насичені та мононенасичені довголанцюгові жирні кислоти. Тканини бджіл не можуть синтезувати довголанцюгові поліненасичені жирні кислоти [3, 7, 21, 28], тому такі поліненасичені жирні кислоти, як лінолева та ліноленова, мають надходити в їх організм із кормом. Основним джерелом незамінних (есенціальних) лінолевої та ліноленової кислот у раціонах для бджіл є корм [10, 14, 18–20, 26, 28].

У жирнокислотному складі корму наведені поліненасичені жирні кислоти домінуючі [4, 17, 28]. Загальними ознаками дефіциту  $\alpha$ -лінолевої та  $\alpha$ -ліноленової кислот в організмі бджіл є зниження темпів росту, ефективності засвоєння поживних речовин корму, пригнічення імунітету та зниження продуктивних ознак і відтворної здатності [7, 19, 22, 27, 28].

У літературі відсутні дані щодо вмісту найбільш активних неестерифікованих насичених, мононенасичених і поліненасичених

жирних кислот у тканинах медоносних бджіл залежно від їх кількості та складу в кормі. Цим обумовлена актуальність теми цієї роботи.

Метою досліджень є встановлення зв'язку між складом неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей та продуктивними ознаками медоносних бджіл за різної кількості соняшникової олії в кормовій добавці.

**Матеріали і методи.** Експериментальні дослідження проведено у весняно-літній період на приватній пасіці в Заставнівському районі Чернівецької області на клінічно здорових медоносних бджолах карпатської породи (*Apis mellifera carpatica*).

За принципом аналогів було сформовано 3 групи бджолиних сімей (по 3 бджолосім'ї в кожній). Бджолині сім'ї контрольної групи впродовж 36 днів щотижня отримували кормову добавку, яка складалася зі 100 г знежиреного борошна з бобів натуральної сої сорту Чернівецька-9 та 100 г цукрового сиропу (відношення цукру до води 1:1). Бджолині сім'ї I і II дослідних груп додатково до цієї кормової добавки отримували соняшникову олію в кількості, відповідно, 10 і 20 г на бджолосім'ю на тиждень. Під час проведення досліду контролювали відтворювальну здатність маток і медову продуктивність робочих бджіл.

Дослідження яйцекладки бджолиних маток проводили за Ф. А. Лаврьохіним і С. В. Панковою [2]. Для цього обліковували кількість печатного розплоду через кожні 12 днів за допомогою спеціальної рамки-сітки з розміром квадратів 5×5 см. Кількість одержаного товарного меду визначали методом зважування відібраних із гнізд медових стільників до й після відкачування.

По завершенню досліду для лабораторних досліджень були відібрані зразки тканин медоносних бджіл. У тканинах грудей медоносних бджіл методом газорідинної хроматографії за Й. Ф. Рівісом зі співавторами [1] визначали вміст неестерифікованих жирних кислот. Зокрема, вміст неестерифікованих жирних кислот у досліджуваному біологічному матеріалі визначали шляхом екстракції ліпідів сумішшю хлороформ – метанол (2:1 за об'ємом). Звільнені від хлороформу ліпіди розчиняли в гексані та до отриманого розчину додавали метилат натрію. Після цього вміст пробірки інтенсивно змішували і після розділення його на верхній та нижній шари водострумивно поміпою відкидали верхній шар, а до нижнього додавали льодяну оцтову кислоту та гексан. Гексановий розчин жирних кислот переносили в пробірку для метилювання та після цього випаровували гексан. До звільнених від гексану жирних кислот

додавали метанол та як каталізатор хлористий ацетил. Після закінчення метилювання метилові естери жирних кислот вводили у випарувач газорідного хроматографічного апарата. Розділення метилових естерів жирних кислот проводили на хроматографі «Chrom-5» («Laboratorni pristroje», Прага).

Отриманий цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики з використанням критерію Стюдента. Обчислювали середні арифметичні величини ( $M$ ) та похибки середніх арифметичних ( $\pm m$ ). Зміни вважали вірогідними при  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  і  $p < 0,001$ . Для розрахунків користувалися комп'ютерними програмами «Origin 6.0», «Excel» («Microsoft», США).

**Результати та обговорення.** Встановлено, що в натуральній кормовій добавці, яка складається із знежиреного соєвого борошна та цукрового сиропу, є певна кількість жирних кислот загальних ліпідів і легкодоступних для організму бджіл неестерифікованих жирних кислот (табл. 1).

### 1. Вміст жирних кислот у кормовій добавці без та із соняшnikовою олією, г/кг натуральної маси

Жирні кислоти та їх код	Кормова добавка (КД)	КД + 10 г соняшник-ової олії	КД + 20 г соняшник-ової олії
1	2	3	4
Жирні кислоти загальних ліпідів			
Лауринова, 12:0	0,01	0,06	0,11
Міристинова, 14:0	0,02	0,11	0,20
Пентадеканова, 15:0	0,04	0,22	0,41
Пальмітинова, 16:0	0,51	2,56	4,63
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,04	0,22	0,40
Стеаринова, 18:0	0,38	1,95	3,53
Олеїнова, 18:1	2,65	14,22	26,08
Лінолева, 18:2	6,82	34,34	62,20
Ліноленова, 18:3	0,23	1,17	2,12
Арахінова, 20:0	0,04	0,21	0,37
Ейкозаєнова, 20:1	0,03	0,17	0,30
у тому числі неестерифіковані жирні кислоти			
Лауринова, 12:0	сліди	0,002	0,004
Міристинова, 14:0	0,001	0,006	0,009
Пентадеканова, 15:0	0,002	0,010	0,016

1	2	3	4
Пальмітинова, 16:0	0,024	0,114	0,224
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,002	0,010	0,017
Стеаринова, 18:0	0,014	0,087	0,159
Олеїнова, 18:1	0,148	0,694	1,227
Лінолева, 18:2	0,320	1,412	2,814
Ліноленова, 18:3	0,010	0,048	0,098
Арахінова, 20:0	0,002	0,009	0,014
Ейкозаєнова, 20:1	0,001	0,007	0,011

У результаті додавання до згадуваної кормової добавки соняшникової олії, котра містить у своєму складі 61,8% біологічно активної лінолевої кислоти, в кількості 10 і 20 г в ній суттєво зростає вміст лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової, пальмітоолеїнової, стеаринової, олеїнової, лінолевої, ліноленової, арахінової та ейкозаєнової кислот як у складі жирних кислот загальних ліпідів, так і в складі неестерифікованих жирних кислот.

Зростання вмісту жирних кислот загальних ліпідів і неестерифікованих жирних кислот у кормовій добавці приводить до зменшення концентрації неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл (табл. 2). Наведене вище вказує на значне збільшення використання жирних кислот кормової добавки для забезпеченості тканин грудей медоносних бджіл енергетичним і структурним матеріалом [16]. Таблиця 2 свідчить, що зменшення концентрації неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл I і II дослідних груп порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл контрольної групи відбувається за рахунок насичених, мононенасичених та поліненасичених жирних кислот. Зокрема, зменшення вмісту неестерифікованих насичених жирних кислот спостерігається з боку жирних кислот з парною (у I і II дослідних групах, відповідно, до 112,5 і 111,7 проти 122,2  $\text{г} \cdot 10^{-3}/\text{кг}$  сирової маси) і непарною (3,8 і 3,8 проти 4,2) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин  $\omega$ -7 (2,6 і 2,6 проти 2,8) і  $\omega$ -9 (150,7 і 151,5 проти 164,2) та поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -3 (328,9 і 330,3 проти 346,9  $\text{г} \cdot 10^{-3}/\text{кг}$  сирової маси).

## 2. Концентрація неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, $г \cdot 10^{-3}/кг$ сирі маси ( $M \pm m, n=3$ )

Жирні кислоти та їх код	Контрольна група (кормова добавка – КД)	I дослідна (КД + 10 г соняшникової олії)	II дослідна (КД + 20 г соняшникової олії)
Каприлова, 8:0	0,8±0,03	0,7±0,03	0,7±0,03
Капринова, 10:0	1,2±0,03	1,1±0,03	1,1±0,03
Лауринова, 12:0	1,7±0,06	1,5±0,03	1,5±0,07
Міристинова, 14:0	3,2±0,09	3,0±0,06	2,9±0,09
Пентадеканова, 15:0	4,2±0,14	3,8±0,09	3,8±0,10
Пальмітинова, 16:0	56,2±1,50	51,9±1,04	51,6±0,98
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,8±0,06	2,6±0,03	2,6±0,06
Стеаринова, 18:0	52,5±1,56	48,3±0,84	47,8±0,84
Олеїнова, 18:1	153,9±3,85	141,3±2,96	142,0±2,93
Лінолева, 18:2	127,3±1,92	127,9±2,05	128,9±1,96
Ліноленова, 18:3	145,9±3,15	143,5±1,42	144,4±1,28
Арахідова, 20:0	6,6±0,23	6,0±0,11	6,1±0,12
Ейкозаєнова, 20:1	10,3±0,26	9,4±0,27	9,5±0,25
Ейкозациєнова, 20:2	11,5±0,29	10,6±0,26	10,7±0,23
Ейкозатриєнова, 20:3	10,4±0,32	10,5±0,32	10,6±0,30
Арахідонова, 20:4	144,6±3,84	145,3±3,98	145,8±4,07
Ейкозапентаєнова, 20:5	101,3±2,68	94,4±1,25	95,1±1,18
Докозациєнова, 22:2	10,6±0,32	10,7±0,35	11,1±0,35
Докозатриєнова, 22:3	11,7±0,35	10,6±0,26	10,6±0,35
Докозатетраєнова, 22:4	14,7±0,37	13,4±0,32	13,6±0,35
Докозапентаєнова, 22:5	34,0±1,07	31,1±0,50	31,2±0,67
Докозагексаєнова, 22:6	39,3±1,19	35,9±0,75	35,4±1,00
Загальна концентрація НЕЖК	944,7	903,5	907,0
у тому числі насичені	126,4	116,3	115,5
мононенасичені	167,0	153,3	154,1
поліненасичені	651,3	633,9	637,4
$\omega$ -3/ $\omega$ -6	1,14	1,08	1,08

При цьому в тканинах грудей медоносних бджіл I і II дослідних груп порівняно з тканинами грудей контрольної групи не змінюється вміст поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -6 (у I і II дослідних групах, відповідно, 305,0 і 307,1 проти 304,4  $\text{г} \cdot 10^{-3}/\text{кг}$  сирової маси). Одночасно зменшується співвідношення вмісту неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -3 до поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -6 (див. табл. 2).

Як свідчать наведені дані, у тканинах грудей медоносних бджіл насамперед зменшується вміст неестерифікованих насичених і мононенасичених жирних кислот. Насичені та меншою мірою мононенасичені жирні кислоти найбільш повно забезпечують організм медоносних бджіл енергетичним матеріалом, необхідним для високої відтворної здатності бджолиних маток [8, 16, 17] і продуктивності робочих бджіл [13, 15]. З таблиці 2 також видно, що в тканинах грудей медоносних бджіл I і II дослідних груп сильно зменшується вміст неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -3. Можливо, це пов'язано з більш інтенсивним використанням їх для високої відтворної здатності бджолиних маток і медової продуктивності робочих бджіл.

Зміни жирнокислотного складу тканин грудей медоносних бджіл I і, особливо, II дослідних груп порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл контрольної групи впливають на відтворну здатність маток і медову продуктивність робочих бджіл. Зокрема, у маток I і II дослідних груп порівняно з матками контрольної групи у дослідний період зростає яйцекладка (табл. 3). Водночас у робочих бджіл I ( $14,5 \pm 0,40$  кг,  $p < 0,01$ ) і II ( $15,7 \pm 0,34$ ,  $p < 0,001$ ) дослідних груп порівняно з робочими бджолами контрольної групи ( $12,4 \pm 0,36$  кг) підвищується медова продуктивність.

### 3. Відтворна здатність бджолиних маток, яєць за добу ( $M \pm m$ , $n=3$ )

Контрольна група (кормова добавка – КД)	I дослідна (КД + 10 г соняшникової олії)	II дослідна (КД + 20 г соняшникової олії)
1	2	3
Підготовчий період, 5 квітня		
201,2 $\pm$ 10,89	206,9 $\pm$ 16,35	202,3 $\pm$ 17,49
Дослідний період, 17 квітня		
757,4 $\pm$ 19,12	830,4 $\pm$ 24,99	896,7 $\pm$ 16,11**



1	2	3
Дослідний період, 29 квітня		
856,0±18,56	956,1±24,59**	1108,0±20,17***
Дослідний період, 11 травня		
893,1±14,50	1018,0±24,76**	1163,8±24,84***
Разом за дослідний період, 17 квітня – 11 травня		
2506,5	2804,5	3168,5

Примітки. \*\* $p < 0,01$ . \*\*\* $p < 0,001$ .

**Висновки.** 1. У результаті додавання до кормової добавки, яка складається із знежиреного соєвого борошна та цукрового сиропу, соняшникової олії в кількості 10 і 20 г в ній дозозалежно зростає вміст насичених, мононенасичених і, особливо, поліненасичених жирних кислот як у складі жирних кислот загальних ліпідів, так і в складі неестерифікованих жирних кислот.

2. Згодовування кормової добавки, збагаченої соняшниковою олією в кількості 10 і 20 г, приводить до зменшення концентрації неестерифікованих насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл I та II дослідних груп. При цьому в тканинах грудей вказаних бджіл знижується співвідношення вмісту неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -3 до поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -6.

3. Зміни жирнокислотного складу тканин грудей медоносних бджіл I та, особливо, II дослідних груп супроводжуються змінами відтворної здатності маток і медової продуктивності робочих бджіл. Зокрема, у маток згадуваних груп зростає яйцекладка, а в робочих бджіл – медова продуктивність.

#### Список використаної літератури

1. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі : метод. посіб. / Й. Ф. Рівіс та ін. 2-ге вид., уточн. та доп. Львів : СПОЛОМ, 2017. 160 с.
2. Лаврехин Ф. А., Панкова С. В. Биология медоносной пчелы. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Колос, 1983. 303 с.
3. Abedi E., Sahari M. A. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food Sci. Nutr.* 2014. Vol. 2. Is. 5. P. 443–463.

#### References

1. Quantitative chromatographic methods for determination of individual lipids and fatty acids in biological material : method. manual / J. F. Rivis et al. 2nd ed., revised and supplemented Lviv : SPOLOM, 2017. 160 p.
2. Lavrekhin F. A., Pankova S. V. Biology of the honeybee. 3rd ed., revised and enlarged. Moskva : Kolos, 1983. 303 p.
3. Abedi E., Sahari M. A. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food Sci. Nutr.* 2014. Vol. 2. Is. 5. P. 443–463.

4. AL-Kahtani S. N. Fatty Acids and B Vitamins Contents in Honey Bee Collected Pollen in Relation to Botanical Origin. *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*. 2017. Vol. 18. No. 2. P. 41–48.

5. Antibacterial Immune Competence of Honey Bees (*Apis mellifera*) Is Adapted to Different Life Stages and Environmental Risks / H. Gätschenberger et al. *PLoS One*. 2013. Vol. 8. Is. 6.

6. A pollen fatty acid enhances learning and survival in bumblebees / F. Muth et al. *Behavioral Ecology*. 2018. Vol. 29. Is. 6. P. 1371–1379.

7. Arien Y., Dag A., Shafir S. Omega-6:3 Ratio More Than Absolute Lipid Level in Diet Affects Associative Learning in Honey Bees. *Front. Psychol.* 2018. Vol. 9. P. 1–8.

8. Arrese E. L., Soulagés J. L. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. *Annu. Rev. Entomol.* 2010. Vol. 55. P. 207–225.

9. Brodschneider R., Crailsheim K. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*. 2010. Vol. 41. Is. 3. P. 278–294.

10. Cohen A. C. Insect Diets: Science and Technology. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2004. 324 p.

11. Comparative transcriptome analysis on the synthesis pathway of honey bee (*Apis mellifera*) mandibular gland secretions / Y. Wu et al. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7(1). 4530.

12. Couture P., Hulbert A. J. Membrane fatty acid composition is related to body mass in mammals. *The Journal of Membrane Biology*. 1995. Vol. 148. Is. 1. P. 27–39.

13. Effect of industry on the content of fatty acids in the tissues of the honey-bee head / V. Y. Vishchur et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9. No. 3. P. 174–179.

14. Fat metabolism in insects / L. E. Canavoso et al. *Annual Review of Nutrition*. 2001. Vol. 21. P. 23–46.

15. Fatty Acid and Proximate Composition of Bee Bread / M. Kaplan et al. *Food Technol. Biotechnol.* 2016. Vol. 54. No. 4. P. 497–504.

16. Giri S., Dillon M. E. Seasonal and

4. AL-Kahtani S. N. Fatty Acids and B Vitamins Contents in Honey Bee Collected Pollen in Relation to Botanical Origin. *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*. 2017. Vol. 18. No. 2. P. 41–48.

5. Antibacterial Immune Competence of Honey Bees (*Apis mellifera*) Is Adapted to Different Life Stages and Environmental Risks / H. Gätschenberger et al. *PLoS One*. 2013. Vol. 8. Is. 6.

6. A pollen fatty acid enhances learning and survival in bumblebees / F. Muth et al. *Behavioral Ecology*. 2018. Vol. 29. Is. 6. P. 1371–1379.

7. Arien Y., Dag A., Shafir S. Omega-6:3 Ratio More Than Absolute Lipid Level in Diet Affects Associative Learning in Honey Bees. *Front. Psychol.* 2018. Vol. 9. P. 1–8.

8. Arrese E. L., Soulagés J. L. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. *Annu. Rev. Entomol.* 2010. Vol. 55. P. 207–225.

9. Brodschneider R., Crailsheim K. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*. 2010. Vol. 41. Is. 3. P. 278–294.

10. Cohen A. C. Insect Diets: Science and Technology. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2004. 324 p.

11. Comparative transcriptome analysis on the synthesis pathway of honey bee (*Apis mellifera*) mandibular gland secretions / Y. Wu et al. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7(1). 4530.

12. Couture P., Hulbert A. J. Membrane fatty acid composition is related to body mass in mammals. *The Journal of Membrane Biology*. 1995. Vol. 148. Is. 1. P. 27–39.

13. Effect of industry on the content of fatty acids in the tissues of the honey-bee head / V. Y. Vishchur et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9. No. 3. P. 174–179.

14. Fat metabolism in insects / L. E. Canavoso et al. *Annual Review of Nutrition*. 2001. Vol. 21. P. 23–46.

15. Fatty Acid and Proximate Composition of Bee Bread / M. Kaplan et al. *Food Technol. Biotechnol.* 2016. Vol.

- Altitudinal Variation in Fatty Acid Composition of Native Bees. *UW NPS Annu. Rep.* 2012. Vol. 35. Is. 1. P. 23–30.
17. Gooley Z. C., Gooley A. C. Temporal variation of fatty acid composition and pesticides in honeybees *Apis mellifera* and beebread. *bioRxiv.* 2019.
18. Honey bees dance faster for pollen that complements colony essential fatty acid deficiency / S. Zarchin et al. *Behavioral Ecology and Sociobiology.* 2017. Vol. 71. Is. 12.
19. Hulbert A. J., Abbott S. K. Nutritional ecology of essential fatty acids: an evolutionary perspective. *Australian Journal of Zoology.* 2011. Vol. 59. No. 6. P. 369–379.
20. Hulbert A. J., Kelly M. A., Abbott S. K. Polyunsaturated fats, membrane lipids and animal longevity. *Journal of Comparative Physiology B: biochemical, systemic, and environmental physiology.* 2014. Vol. 184. Is. 2. P. 149–166.
21. Hulbert A. J. Metabolism and longevity: Is there a role for membrane fatty acids? *Integrative and Comparative Biology.* 2010. Vol. 50. Is. 5. P. 808–817.
22. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? / G. Di Pasquale et al. *PLoS One.* 2013. Vol. 8. Is. 8: e72016.
23. Lipid storage and mobilization in insects: current status and future directions / E. L. Arrese et al. *Insect Biochemistry and Molecular Biology.* 2001. Vol. 31. P. 7–17.
24. Loidl A., Crailsheim K. Free fatty acids digested from pollen and triolein in the honeybee (*Apis mellifera carnica* Pollmann) midgut. *Journal of Comparative Physiology B.* 2001. Vol. 171. Is. 4. P. 313–319.
25. Manning R. Artificial feeding of honeybees based on an understanding of nutritional principles. *Animal Production Science.* 2016. Vol. 58. No. 4. P. 689–703.
26. Nutritional aspects of honey bee-collected pollen and constraints on colony development in the eastern Mediterranean / D. Avni et al. *Journal of Insect Physiology.* 2014. Vol. 69. P. 65–73.
27. Nutritional effect of alpha-linolenic acid on honey bee colony development (*Apis mellifera* L.) / L. Ma et al. *Journal of*
54. No. 4. P. 497–504.
16. Giri S., Dillon M. E. Seasonal and Altitudinal Variation in Fatty Acid Composition of Native Bees. *UW NPS Annu. Rep.* 2012. Vol. 35. Is. 1. P. 23–30.
17. Gooley Z. C., Gooley A. C. Temporal variation of fatty acid composition and pesticides in honeybees *Apis mellifera* and beebread. *bioRxiv.* 2019.
18. Honey bees dance faster for pollen that complements colony essential fatty acid deficiency / S. Zarchin et al. *Behavioral Ecology and Sociobiology.* 2017. Vol. 71. Is. 12.
19. Hulbert A. J., Abbott S. K. Nutritional ecology of essential fatty acids: an evolutionary perspective. *Australian Journal of Zoology.* 2011. Vol. 59. No. 6. P. 369–379.
20. Hulbert A. J., Kelly M. A., Abbott S. K. Polyunsaturated fats, membrane lipids and animal longevity. *Journal of Comparative Physiology B: biochemical, systemic, and environmental physiology.* 2014. Vol. 184. Is. 2. P. 149–166.
21. Hulbert A. J. Metabolism and longevity: Is there a role for membrane fatty acids? *Integrative and Comparative Biology.* 2010. Vol. 50. Is. 5. P. 808–817.
22. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? / G. Di Pasquale et al. *PLoS One.* 2013. Vol. 8. Is. 8: e72016.
23. Lipid storage and mobilization in insects: current status and future directions / E. L. Arrese et al. *Insect Biochemistry and Molecular Biology.* 2001. Vol. 31. P. 7–17.
24. Loidl A., Crailsheim K. Free fatty acids digested from pollen and triolein in the honeybee (*Apis mellifera carnica* Pollmann) midgut. *Journal of Comparative Physiology B.* 2001. Vol. 171. Is. 4. P. 313–319.
25. Manning R. Artificial feeding of honeybees based on an understanding of nutritional principles. *Animal Production Science.* 2016. Vol. 58. No. 4. P. 689–703.
26. Nutritional aspects of honey bee-collected pollen and constraints on colony development in the eastern Mediterranean / D. Avni et al. *Journal of Insect Physiology.*

*Apicultural Science*. 2015. Vol. 59. No. 2. P. 63–72.

28. Omega-3 deficiency impairs honey bee learning / Y. Arien et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2015. Vol. 112. No. 51. P. 15761–15766.

29. Rabiee F., Modaresi M., Gheisari A. The effect to various oleic acid levels on reproductive parameters in queen bee. *Der Pharmacia Lettre*. 2015. Vol. 7. Is. 12. P. 326–331.

30. Ziegler R., Van Antwerpen R. Lipid uptake by insect oocytes. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 2006. Vol. 36. Is. 4. P. 264–272.

2014. Vol. 69. P. 65–73.

27. Nutritional effect of alpha-linolenic acid on honey bee colony development (*Apis mellifera L.*) / L. Ma et al. *Journal of Apicultural Science*. 2015. Vol. 59. No. 2. P. 63–72.

28. Omega-3 deficiency impairs honey bee learning / Y. Arien et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2015. Vol. 112. No. 51. P. 15761–15766.

29. Rabiee F., Modaresi M., Gheisari A. The effect to various oleic acid levels on reproductive parameters in queen bee. *Der Pharmacia Lettre*. 2015. Vol. 7. Is. 12. P. 326–331.

30. Ziegler R., Van Antwerpen R. Lipid uptake by insect oocytes. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 2006. Vol. 36. Is. 4. P. 264–272.

Отримано 14.05.2020