

УДК 638.145.4:619:612.397.23

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.25>

ВМІСТ НЕЕСТЕРИФІКОВАНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ У ТКАНИНАХ ГРУДЕЙ ТА ПРОДУКТИВНІ ОЗНАКИ БДЖІЛ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ З РІЗНОЮ КІЛЬКІСТЮ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ

Саранчук І.І. – к.с.-г.н., с.н.с.,

Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту сільського господарства Карпатського регіону

Національної академії аграрних наук України

Метою досліджень є встановлення зв'язку між складом неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей та продуктивними ознаками медоносних бджіл за різної кількості лляної 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 зі 100 г знежиреного борошна з бобів натуральної сої та 100 г цукрового сиропу (співвідношення цукру до води 1:1). Бджолині сім'ї I і II дослідних груп додатково до цієї кормової добавки отримували лляну олію в кількості відповідно 10 і 20 г/бджолосім'ю/тиждень. Під час проведення дослідів контролювали відтворну здатність маток і медову продуктивність робочих бджіл. Після завершення підгодовлі 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 зі знежиреного соєвого борошна та цукрового сиропу, лляної 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 лляною олією, призводить до зменшення концентрації неестерифікованих насичених з парною і непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 та поліненасичених жирних кислот родини ω -6 у тканинах грудей медоносних бджіл I та II дослідних груп. При цьому в тканинах грудей бджіл зростає вміст неестерифікованих жирних кислот родини ω -3 та співвідношення концентрації неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6. У кінцевому результаті у бджолиних маток згадуваних груп зростає яйцекладка, а в робочих бджіл – медова продуктивність.

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

Saranchuk I.I. Content of unesterified fatty acids in bee thorax tissue and productive traits under feeding a food additive with different amounts of linseed oil

The research goal is to establish a connection between the composition of unesterified fatty acids in thorax tissues and honey bees productive traits under various quantity of linseed oil in a feed additive.

The experimental studies were conducted in the spring-summer period on clinically healthy Carpathian breed honey bees. There were three groups of bee families (3 bee colonies in each group), selected by analogues principle. 36 days weekly, bee colonies of the control group were receiving a feed additive consisting of 100 g defatted flour of natural soybeans and 100 g of sugar syrup (the ratio of sugar to water 1:1). Bee colonies of experimental groups I and II additionally to this supplement were having linseed oil in quantity 10 and 20 g/bee colony/week, respectively. Throughout the research, queen bees reproductive capacity and workers honey productivity were controlled. After feeding completion, bee tissue samples were selected for laboratory trials. In honey bee thorax tissues, the content of unesterified fatty acids was determined by the gas-liquid chromatography method.

It is established, that as a result of adding linseed oil in quantity 10 and 20 g to the feed supplement consisting of defatted soybean flour and sugar syrup, it dose-dependently increases the content of saturated, monounsaturated, and particularly polyunsaturated fatty acids, in fatty acids composition of total lipids, as well as in the composition of unesterified fatty acids. Feeding of the food supplement enriched with linseed oil causes a decrease in concentration of unesterified saturated fatty acids with an even and odd number of Carbon atoms in a link, monounsaturated fatty acids of ω -7 and ω -9 families, and polyunsaturated fatty acids of ω -6 family in honey bee thorax tissues of experimental groups I and II. Herewith, in the mentioned bees thorax tissues, the content of unesterified fatty acids of ω -3 family increases, as well as the ratio of unesterified polyunsaturated fatty acids concentration of the family ω -3 to polyunsaturated fatty acids of the family ω -6. As a result, the queen bees of the mentioned groups increase oviposition, and the working bees increase honey productivity.

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

Постановка проблеми. Аналіз наявної наукової літератури свідчить, що кількість і склад жирних кислот у кормі прямо та дуже швидко впливає на жирнокислотний склад і функціональну активність клітинних мембран медоносних бджіл [1–4]. Зокрема, жирнокислотний склад клітинних мембран є основним фактором, що впливає на інтенсивність переходу різноманітних сполук, у т.ч. 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 та окисної систем. Організм бджіл дуже сильно реагує на кількість та склад жирних кислот у кормі [1; 5; 6]. Проблема жирних кислот у системі корм – тканини бджіл – функціональна активність тканин полягає в такому. Згадувані жирні кислоти в кормі й тканинах медоносних бджіл причетні до росту, відтворної здатності та продуктивних ознак [1; 3; 7; 8]. Жирні кислоти залежно від кількості та складу можуть змінювати забезпеченість організму бджіл енергетичним, структурним і біологічно активним матеріалом [8–10]. Це зумовлено тим, що тканини бджіл за допомогою ензимних систем здатні синтезувати тільки насичені та мононенасичені довголанцюгові жирні кислоти. Тканини бджіл не здатні синтезувати довголанцюгові поліненасичені жирні кислоти [1; 4; 11]. Тому такі поліненасичені жирні кислоти, як ліолева та ліоленова, повинні надходити в їхній організм з кормом. Основним джерелом незамінних (есенціальних) ліолевої та ліоленової кислот у раціонах для бджіл є корм [1; 9; 10]. У жирнокислотному складі корму наведені вище поліненасичені жирні кислоти є домінуючими [1; 12]. Загальною ознакою дефіциту α -ліолевої та α -ліоленової кислот в організмі бджіл є зниження темпів росту, ефективності засвоєння поживних речовин корму, пригнічення імунітету та зниження продуктивних ознак і відтворної здатності [1; 3; 4; 10].

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 зумовлена актуальність теми даної роботи.

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

Матеріали та методи досліджень. 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), однакових за віком бджолиних маток, за силою, кількістю запечатаного розплоду та кормових запасів. Бджолині сім'ї контрольної групи впродовж 36-ти днів щотижня отримували кормову добавку, яка складалася зі 100 г знежиреного борошна з бобів натуральної сої сорту Чернівецька-9 і 100 г цукрового сиропу (співвідношення цукру до води 1:1). Бджолині сім'ї I і II дослідних груп додатково до цієї кормової добавки отримували лляну олію в кількості відповідно 10 і 20 г/бджолосім'ю/тиждень. Під час проведення досліду контролювали відтворну здатність маток і медову продуктивність робочих бджіл.

Дослідження яйцекладки бджолиних маток проводили за Ф.А. Лаврьохінін і С.В. Панковою [13]. 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 від бджолиних сімей за сезон визначали методом зважування відібраних із гнізд медових стільників до й після відкачування.

Після завершення підгодівлі для лабораторних досліджень були відібрані зразки тканин медоносних бджіл. У тканинах грудей медоносних бджіл методом газорідинної хроматографії за Й.Ф. Рівісом зі співавторами [14] визначали вміст неестерифікованих жирних кислот.

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 за $p < 0,05$. Для розрахунків використали комп'ютерну програму Origin 6.0, Excel (Microsoft, USA).

Виклад основного матеріалу дослідження. Встановлено, що в натуральній кормовій добавці, яка складається зі знежиреного соєвого борошна та цукрового сиропу, є певна кількість жирних кислот загальних ліпідів і легкодоступних для організму бджіл неестерифікованих жирних кислот (табл. 1). У результаті додавання до згадуваної кормової добавки лляної олії, яка містить у своєму складі 65,1% біологічно активної ліноленової кислоти, в кількості 10 і 20 г у ній суттєво зростає вміст лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової, пальмітоолеїнової, стеаринової, олеїнової, лінолевої, ліноленової, арахінової та ейкозаснової кислот як у складі жирних кислот загальних ліпідів, так і в складі неестерифікованих жирних кислот.

Таблиця 1

**Вміст жирних кислот у кормовій добавці без та з лляною олією,
г/кг натуральної маси**

Жирні кислоти та їх код	Кормова добавка (КД)	КД + 10 г лляної олії	КД + 20 г лляної олії
Жирні кислоти загальних ліпідів			
Лауринова, 12:0	0,01	0,06	0,11
Міристинова, 14:0	0,02	0,12	0,22
Пентадеканова, 15:0	0,04	0,24	0,46
Пальмітинова, 16:0	0,49	2,70	5,32
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,04	0,24	0,45
Стеаринова, 18:0	0,39	2,00	3,94
Олеїнова, 18:1	1,61	10,28	20,01

Продовження таблиці 1

Лінолева, 18:2	4,72	6,85	9,28
Ліноленова, 18:3	0,23	36,95	72,70
Арахінова, 20:0	0,04	0,38	0,74
Ейкозаснова, 20:1	0,03	0,21	0,40
у тому числі неестерифіковані жирні кислоти			
Лауринова, 12:0	сліди	0,002	0,004
Міристинова, 14:0	0,001	0,006	0,010
Пентадеканова, 15:0	0,002	0,011	0,017
Пальмітинова, 16:0	0,023	0,117	0,231
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,002	0,011	0,018
Стеаринова, 18:0	0,013	0,089	0,165
Олеїнова, 18:1	0,141	0,489	0,968
Лінолева, 18:2	0,184	0,321	0,345
Ліноленова, 18:3	0,010	1,542	2,978
Арахінова, 20:0	0,002	0,012	0,022
Ейкозаснова, 20:1	0,001	0,008	0,014

Зростання вмісту жирних кислот загальних ліпідів і неестерифікованих жирних кислот у кормовій добавці призводить 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 [6]. З наведеної вище таблиці видно, 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 і мононенасичених жирних кислот. Зокрема, зменшення вмісту неестерифікованих насичених жирних кислот спостерігається з боку жирних кислот з парною (у I і II дослідних групах відповідно до 119,1 і 116,4 проти 121,8 $\text{г} \cdot 10^{-3}/\text{кг}$ сирової маси) і непарною (4,0 і 3,9 проти 4,2) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (2,7 і 2,6 проти 2,8) і ω -9 (160,5 і 158,1 проти 164,8) та поліненасичених жирних кислот родини ω -6 (297,0 і 290,9 проти 305,0 $\text{г} \cdot 10^{-3}/\text{кг}$ сирової маси). При цьому в тканинах грудей медоносних бджіл I і II дослідних груп, порівняно з тканинами грудей контрольної групи, зростає вміст поліненасичених жирних кислот родини ω -3 (у I і II дослідних групах відповідно до 358,4 і 366,3 проти 347,0 $\text{г} \cdot 10^{-3}/\text{кг}$ сирової маси). Одночасно в наведених вище тканинах зростає співвідношення вмісту неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 (табл. 2).

З таблиці 2 видно, що в тканинах грудей медоносних бджіл II дослідної групи, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл контрольної групи, вірогідно зростає вміст такої неестерифікованої поліненасиченої жирної кислоти, як докозатриєнова. Як видно з наведених вище даних, у тканинах грудей медоносних бджіл насамперед зменшується вміст неестерифікованих насичених і мононенасичених жирних кислот. Як відомо, насичені і в меншій мірі мононенасичені жирні кислоти найбільш повно забезпечують організм медоносних бджіл енергетичним матеріалом, необхідним для високої відтворної здатності бджолиних маток [6; 15] і медової продуктивності робочих бджіл [16].

Таблиця 2

**Рівень неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей
медоносних бджіл, г · 10⁻³/кг сирової маси (M±m, n=3)**

Жирні кислоти та їх код	Контрольна група (кормова добавка – КД)	I дослідна (КД + 10 г ляної олії)	II дослідна (КД + 20 г ляної олії)
Каприлова, 8:0	0,7±0,07	0,7±0,03	0,6±0,03
Капринова, 10:0	1,1±0,07	1,1±0,03	1,0±0,03
Лауринова, 12:0	1,7±0,06	1,6±0,06	1,5±0,06
Міристинова, 14:0	3,2±0,09	3,1±0,09	3,0±0,09
Пентадеканова, 15:0	4,2±0,09	4,0±0,11	3,9±0,11
Пальмітинова, 16:0	56,1±1,01	54,7±1,12	53,7±1,10
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,8±0,06	2,7±0,06	2,6±0,06
Стеаринова, 18:0	52,3±1,19	51,5±1,44	50,5±1,41
Олеїнова, 18:1	154,5±3,43	150,7±2,87	148,6±3,03
Лінолева, 18:2	127,7±2,51	125,1±2,67	122,8±2,57
Ліноленова, 18:3	146,0±2,48	150,3±2,71	153,4±2,50
Арахідова, 20:0	6,7±0,17	6,4±0,17	6,1±0,17
Ейкозаснова, 20:1	10,3±0,26	9,8±0,20	9,5±0,23
Ейкозациєнова, 20:2	11,6±0,26	11,4±0,29	11,1±0,26
Ейкозатриснова, 20:3	10,4±0,26	10,1±0,26	9,8±0,26
Арахідонова, 20:4	144,8±2,68	140,2±2,28	137,3±2,02
Ейкозапентаєнова, 20:5	101,4±2,37	104,6±2,11	106,8±1,57
Докозациєнова, 22:2	10,5±0,20	10,2±0,11	9,9±0,12
Докозатриснова, 22:3	11,7±0,20	12,2±0,15	12,6±0,15*
Докозатетраєнова, 22:4	14,6±0,35	14,2±0,35	13,9±0,37
Докозапентаєнова, 22:5	34,0±1,01	35,7±0,68	37,2±0,73
Докозагексаєнова, 22:6	39,3±0,90	41,4±0,81	42,4±0,81
Загальний рівень НЕЖК	945,6	941,7	938,2
в т. ч. насичені	126,0	123,1	120,3
мононенасичені	167,6	163,2	160,7
поліненасичені	652,0	655,4	657,2
ω-3/ω-6	1,14	1,21	1,26

*Примітка: у цій та наступній таблиці: * – p<0,05; ** – p<0,01.*

З таблиці 2 також видно, що в тканинах грудей медоносних бджіл I і II дослідних груп сильно зростає вміст найбільш цінних неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω-3 – докозатриснової та в меншій мірі докозапентаєнової та докозагексаєнової. Це пов'язано з більшим їх надходженням із травного каналу.

Зміни вмісту неестерифікованих жирних кислот тканин грудей медоносних бджіл I та особливо II дослідних груп, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл контрольної групи, викликають зміни відтворної здатності маток і медової продуктивності робочих бджіл. Зокрема, у маток II та особливо I дослідних груп, порівняно з матками контрольної групи, в дослідний період зростає яйцекладка (табл. 3). Разом із тим у робочих бджіл II (11,4±0,23, p<0,05) та особливо

I ($12,1 \pm 0,20$ кг, $p < 0,01$) дослідних груп, порівняно з робочими бджолами контрольної групи ($10,3 \pm 0,19$ кг), підвищується медова продуктивність. Рівень відтворної здатності маток і медової продуктивності робочих бджіл I та II дослідних груп, можливо, пов'язаний із жирнокислотним складом тканин організму.

Таблиця 3

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

Контрольна група (кормова добавка – КД)	I дослідна (КД + 10 г лляної олії)	II дослідна (КД + 20 г лляної олії)
Підготовчий період, 31 березня		
211,7 \pm 6,01	212,2 \pm 12,01	210,1 \pm 7,94
Дослідний період, 12 квітня		
419,5 \pm 11,17	482,6 \pm 16,93*	420,0 \pm 16,59
Дослідний період, 24 квітня		
529,5 \pm 18,14	599,6 \pm 10,34*	542,3 \pm 17,06
Дослідний період, 6 травня		
846,1 \pm 16,97	988,5 \pm 25,23**	947,3 \pm 26,66*
Разом за дослідний період, 12 квітня – 6 травня		
1795,1	2070,7	1909,6

Висновки і пропозиції. У результаті додавання до кормової добавки, яка складається зі знежиреного соєвого борошна та цукрового сиропу, лляної олії в кількості 10 і 20 г у 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 лляною олією в кількості 10 і 20 г, призводить до зменшення концентрації неестерифікованих насичених з парною і непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин $\omega-7$ і $\omega-9$ та поліненасичених жирних кислот родини $\omega-6$ у тканинах грудей медоносних бджіл I та II дослідних груп. При цьому в тканинах грудей наведених вище бджіл зростає вміст неестерифікованих жирних кислот родини $\omega-3$ та співвідношення концентрації неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини $\omega-3$ до поліненасичених жирних кислот родини $\omega-6$.

Зміни вмісту неестерифікованих жирних кислот 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.

У перспективі необхідно встановити зв'язок між складом неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця та відтворною здатністю й продуктивними ознаками медоносних бджіл за різної кількості лляної олії в кормовій добавці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Omega-3 deficiency impairs honey bee learning / Y. Arien et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2015. Vol. 112. № 51. P. 15761–15766.
2. 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.
3. 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. № 2. P. 63–72.

4. Arién 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. doi: [org/10.3389/fpsyg.2018.01001](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01001)
 5. Antibacterial Immune Competence of Honey Bees (*Apis mellifera*) Is Adapted to Different Life Stages and Environmental Risks / H. Gättschenberger et al. *PLoS ONE.* 2013. Vol. 8, Is. 6. doi: [10.1371/journal.pone.0066415](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066415)
 6. 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.
 7. 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. doi: [10.1038/s41598-017-04879-z](https://doi.org/10.1038/s41598-017-04879-z)
 8. 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.
 9. 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.
 10. Hulbert A.J., Abbott S.K. Nutritional ecology of essential fatty acids: an evolutionary perspective. *Australian Journal of Zoology.* 2011. Vol. 59. № 6. P. 369–379.
 11. 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.
 12. 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. № 2. P. 41–48.
 13. Лаврехин Ф.А., Панкова С.В. Биология медоносной пчелы. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Колос, 1983. 303 с.
 14. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі : метод. посібник. 2-ге вид., уточн. та доп. / Й.Ф. Рівіс та ін. Львів : СПОЛЮМ, 2017. 160 с.
 15. Arrese E.L., Soulages J.L. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. *Annu. Rev. Entomol.* 2010. Vol. 55. P. 207–225.
 16. Fatty Acid and Proximate Composition of Bee Bread / M. Kaplan et al. *Food Technol. Biotechnol.* 2016. Vol. 54. № 4. P. 497–504.
-