

УДК 577.12:577. 115:57.085:638.12: 664.641.2: 612.397: 661.875

ВМІСТ ЗАГАЛЬНИХ ЛІПІДІВ І СПІВВІДНОШЕННЯ ЇХ ФРАКЦІЙ У ТКАНИНАХ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ БОРОШНА НАТИВНОЇ СОЇ З ДОДАВАННЯМ ХЛОРИДУ ТА ЦИТРАТУ ХРОМУ

Р. С. Федорук, Л. І. Романів
inenbiol@mail.lviv.ua

Інститут біології тварин НААН, вул. В. Стуса, 38; м. Львів, 79034, Україна

Досліджено вплив згодовування борошна нативної сої з додаванням до нього хрому хлориду та цитрату на вміст ліпідів і співвідношення їх фракцій у тканинах головного, грудного та черевного відділів організму медоносних бджіл. Дослідження проведено у літньо-осінній період на 3 групах медоносних бджіл карпатської породи, по 3 бджолосім'ї у групі. Бджоли контрольної (I) групи утримувались за стаціонарних умов, споживаючи нагромаджені запаси перги. У підготовці бджіл дослідної (II) групи використовували 200 г борошна з бобів нативної сої з додаванням 7,7 мг хрому хлориду, або 1,5 мг Cr (III). Бджоли дослідної (III) групи додатково до такої ж кількості (200 г/бджолосім'ю/тиждень) борошна з бобів нативного сорту сої отримували цитрат хрому, що еквівалентно 60 мкг Cr³⁺. Дослід тривав 35 діб з інтервалом підготовки 7 діб. Контрольна та дослідні групи бджіл, як і пасіка були благополучні щодо інфекційних та інвазійних хвороб. На завершальному етапі згодовування сої та хрому (35 доба) з кожного вулика відбирали 30–35 бджіл, з яких формували зразки тканин для біохімічних досліджень. У зразках тканин медоносних бджіл визначали кількісний вміст загальних ліпідів і співвідношення окремих їх фракцій.

Одержані результати вказують на позитивний та аналогічно спрямований вплив компонентів борошна нативної сої та поєднання їх з мінеральною та органічною сполуками хрому, доданого до нього у різних концентраціях, на метаболізм загальних ліпідів та їх окремих класів у тканинах різних анатомічних відділів тіла бджіл. Встановлено високу біологічну активність як мінеральної (1,5 мг Cr III), так і органічної (60 мкг Cr III) сполук на відносний вміст окремих класів ліпідів у тканинах голови, грудей і черевця бджіл дослідних груп. Вміст загальних ліпідів у цих тканинах зберігався на рівні величин контрольної групи.

Ключові слова: БДЖОЛИ, ЗАГАЛЬНІ ЛІПІДИ, КЛАСИ ЛІПІДІВ, СОЯ, ХЛОРИД ХРОМУ, ЦИТРАТ ХРОМУ

THE CONTENT OF TOTAL LIPIDS AND THEIR FRACTIONS PROFILE IN TISSUES OF HONEYBEE UNDER FEEDING OF NATIVE SOYBEAN MEAL AND WITH THE ADDITION OF CHLORIDE AND CITRATE CHROMIUM

R. S. Fedoruk, L. I. Romaniv
inenbiol@mail.lviv.ua

Institute of Animal Biology NAAS. Stus str, 38 , Lviv, 79034, Ukraine

The effect of feeding with native soybean meal with addition of chromium chloride and citrate on lipid content and composition of the main factions in the tissues of head, thoracic and abdominal segments of a body of honeybees has been investigated. The study was conducted in the summer-autumn period on 3 groups of honeybees of Carpathian breed, 3 bee families in the each group. Bees of control (I) group held for standard conditions, utilizing their accumulated stocks of cerago. In feeding of bees of experimental group (II) 200 grams of native soybean meal with the addition of 7.7 mg chromium chloride, or 1.5 mg Cr (III) were used. Bees of experimental group (III) in addition to the same amount (200 g / bee families/ week) of native varieties of soybean meal received the addition of chromium citrate equivalent to 60 mg Cr³⁺. The experiment lasted 35 days with feeding intervals of 7 days. The control and experimental groups of bees,

as bee farm were safe from infectious and parasitic diseases. At the final stage of feeding soybeans and chrome (Day 35) from each of beehive 30–35 bees were selected, of which tissue samples for biochemical studies were formed. In tissue samples of honey bees the content of total lipids and quantitative composition of individual fractions have been determined.

The obtained results indicate a positive and of similar direction influence of native soybean ingredients and mix them with mineral and organic compounds of chromium added to it in different concentrations on the metabolism of total lipids and their individual classes in the tissues of different anatomical parts of the body of bees. The high biological influence of mineral (1.5 mg of Cr III) and organic (60 mg of Cr III) compounds on the relative content of individual lipid classes in the tissues of the head, chest and abdomen of bees of research groups has been established. The content of total lipids in these tissues remained unchanged at the level of control group.

Keywords: BEE, LIPIDS, SOYBEAN, CHROMIUM CHLORIDE, CHROMIUM CITRATE

СОДЕРЖАНИЕ ОБЩИХ ЛИПИДОВ И СООТНОШЕНИЕ ИХ ФРАКЦИЙ В ТКАНЯХ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ МУКИ НАТИВНОЙ СОИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ХЛОРИДА И ЦИТРАТА ХРОМА

Р. С. Федорук, Л. И. Романив
inenbiol@mail.lviv.ua

Институт биологии животных НААН, ул., В. Стуса, 38; м. Львов, 79034, Украина

Исследовано влияние скармливания муки нативной сои с добавлением к ней хрома хлорида и цитрата на содержание липидов и соотношение их фракций в тканях головного, грудного и брюшного отделов организма медоносных пчел. Исследования проведены в летний-осенний период на 3 группах медоносных пчел карпатской породы, по 3 пчелосемьи в группе. Пчелы контрольной (I) группы содержались при стационарных условиях, потребляя накопленные запасы перги. В подкормке пчел опытной (II) группы использовали 200 г муки из бобов нативной сои с добавлением 7,7 мг хрома хлорида, или 1,5 мг Cr (III). Пчелы опытной (III) группы дополнительно к такому же количеству (200 г/пчелосемью/неделю) муки из бобов нативного сорта сои получали цитрат хрома, что эквивалентно 60 мкг Cr³⁺. Опыт длился 35 суток с интервалом подкормки 7 суток. Контрольная и опытные группы пчел, как и пасека, были благополучны относительно инфекционных и инвазионных болезней. На завершающем этапе скармливания сои и хрома (35 сутка) из каждого улья отбирали 30–35 пчел, из которых формировали образцы тканей для биохимических исследований. В образцах тканей медоносных пчел определяли количественное содержание общих липидов и соотношения отдельных их фракций.

Полученные результаты указывают на позитивное и аналогично направленное влияние компонентов муки нативной сои в сочетании его с минеральным и органическим соединениями хрома, добавленного к нему в разных концентрациях, на метаболизм общих липидов и их отдельных классов в тканях разных анатомических отделов тела пчел. Установлено, высокую биологическую активность как минерального (1,5 мг Cr III), так и органического (60 мкг Cr III) соединений на относительное содержание отдельных классов липидов в тканях головы, груди и брюшка пчел опытных групп. Содержание общих липидов в этих тканях сохранялось на уровне величин контрольной группы.

Ключевые слова: ПЧЕЛЫ, ОБЩИЕ ЛИПИДЫ, КЛАСЫ ЛИПИДОВ, СОЯ, ХЛОРИД ХРОМА, ЦИТРАТ ХРОМА

З літературних джерел відомо, що вміст ліпідів у тканинах організму медоносних бджіл зазнає значних коливань

протягом року і суттєво впливає на життєздатність і загальний фізіологічний стан бджіл [1–3]. Слід відзначити, що зміни

вмісту загальних ліпідів та їхніх окремих класів у тканинах організму найбільше виражені у весняний та осінній періоди життя робочих бджіл. Експериментальні дані, що отримані іншими дослідниками [4, 5], трактують саме ці періоди календарного року, як найбільш важливі у життєдіяльності бджолиних сімей. Це зумовлено різною інтенсивністю обміну речовин та активністю бджіл у ці періоди, в т. ч. особливостями ліпідного обміну, що впливає на фізіолого-біохімічні процеси в їхньому організмі. У осінній період під час підготовки до зими в еноцитах жирового тіла молодих бджіл активно депонуються протеїни, ліпіди та резервний полісахарид — глікоген, що утворюється залишками глюкози. Відомо, що остання є основним джерелом енергії та ключовим циркуляторним моносахаридом у гемолімфі робочих бджіл, який підтримує енергетичний гомеостаз їхнього організму, навіть в умовах зимового анабіозу [6]. Поряд з тим, протеїни та ліпіди корму є основним субстратом у синтезі типового біологічного секрету гіпофарингіальних залоз — маточного молочка, оптимальному утворенню якого передують надходження до організму молодих бджіл-годувальниць значної кількості протеїнів та ліпідів з кормом як у весняно-літній період інтенсивного росту бджолиних сімей, так і літньо-осіннього нарощування кількості та сили бджолиної сім'ї [5, 6]. З даних літератури відомо про позитивні гістологічні зміни розвитку гіпофарингіальних, мандибулярних і оксипітальних залоз за умов підгодівлі медоносних бджіл борошном на основі соєвих бобів, проте комплексна дія окремих компонентів на метаболічні процеси в їхньому організмі, у т. ч. з додаванням мікроелементів до цього борошна, залишається досі нез'ясованою [7–11].

Питання протеїнового та ліпідного живлення медоносних бджіл, у т. ч. з використанням мінеральної підгодівлі вивчались у роботах багатьох дослідників [2, 3, 5, 6]. Однак введення мінеральної та органічної сполук хрому до борошна з

бобів нативного сорту сої, як кормової добавки для медоносних бджіл, застосовано вперше. Відомий вплив Хрому (III) у фізіологічних концентраціях на тканини і рідини організму, що обумовлює інтенсифікацію обмінних процесів [12]. У тварин при надмірному його надходженні в організм такий стимулюючий метаболічний ефект відсутній. Важливою особливістю Хрому (III) є добра розчинність його солей, з яких проходить максимальне засвоєння цього мікроелемента в організмі тварин і рослин. Однак, основна маса Хрому (III) затримується в корінні рослин і лише незначна частина цього елемента транспортується до надземних органів, у т. ч. до суцвіття квітки, що зумовлює низький вміст Cr (III) у нектарі та пилку [6, 12, 13]. У результаті цього квітковий пилок і нектар рослин може в незначній мірі забезпечувати потребу бджіл у Хромі. Не вивчена потреба кількості цього елемента в компонентах живлення, вплив його на ріст і розвиток личинок та імаго бджіл, а також їхню продуктивність. Поряд з тим аналіз літератури вказує, що трьохвалентний Хром сприяє виведенню з організму токсинів і нівелює негативний вплив факторів зовнішнього середовища [14]. Хром може змінювати стійкість організму до інфекційних захворювань, оскільки впливає на гуморальну і клітинну ланки імунної відповіді організму. Доведено коригуючий вплив Хрому (III) в організмі ссавців на вміст у крові холестеролу. У зв'язку з цим науково-практичний інтерес представляє вивчення впливу різного рівня хрому в поєднанні з соєвим борошном на метаболізм ліпідів в організмі бджіл, зокрема використання у цих процесах таких енергетичних і пластичних компонентів як ліпіди [7, 12]. Найбільш інформативними показниками такої оцінки є визначення вмісту загальних ліпідів та їхніх окремих класів у тканинах різних анатомічних відділів тіла бджіл в осінній період, коли в їхньому організмі проходить процес депонування ліпідів і протеїнів корму в еноцитах жирового тіла.

У подальшому ці енергетичні резерви забезпечують оптимальні умови метаболічного гомеостазу під час гіпобіозу у зимовий період та активно мобілізуються з депо жирового тіла молодих бджіл у разі потреби [2, 15]. В останній місяць зимівлі та ранньою весною у гніздах медоносних бджіл з'являється розплід, але бджоли не мають можливості збирати квітковий пилок, тому змушені використовувати нагромаджені у депо поживні речовини з перги та меду в осінній період, резервуаром якого слугує жирове тіло. Тому в осінній період бджоли активно нагромаджують протеїни та ліпіди корму для забезпечення свого організму необхідними поживними речовинами і підтримання обмінних процесів на фізіологічному рівні в осінньо-зимовий і ранньо-весняний періоди життєдіяльності [1, 3]. Ці факти дають підстави стверджувати про важливе значення метаболізму мікроелементів, протеїнів і ліпідів у тканинах різних анатомічних відділів тіла бджіл осінньої генерації для фізіологічної оцінки перебігу їхньої зимівлі та стану організму бджіл у цілому.

Матеріали і методи

Дослідження проведено у літньо-осінній період (серпень-вересень) на 3 групах медоносних бджіл карпатської породи, по 3 бджолосім'ї у групі. Бджоли контрольної (I) і дослідних (II і III) груп утримувались за стаціонарних умов, споживаючи природний корм і нагромаджені запаси перги. У підгодівлі бджіл II дослідної групи використовували борошно з бобів нативної сої в кількості 200 г/бджолосім'ю/тиждень з додаванням до нього попередньо розведеного у 50 мл 60 % цукрового сиропу хрому хлориду в кількості 7,7 мг, що еквівалентно 1,5 мг чистого хрому. Бджоли III дослідної групи додатково до такої ж кількості (200 г/бджолосім'ю/тиждень) борошна з бобів нативного сорту сої отримували розведений у 50 мл 60 % цукрового сиропу аквананоцитрат хрому, в кількості 0,2 мл,

що еквівалентно 60 мкг Хрому. Дослід тривав 35 діб з інтервалом підгодівлі 7 діб. Бджолосім'ї сформовано силою 9 рамок на кожному з 9 однорічних плідних маток, за методом аналогів. Контрольна та дослідні групи бджіл благополучні щодо інфекційних та інвазійних хвороб. На завершальному етапі згодовування сої та сполук хрому (35 доба) відбирали зразки дослідного матеріалу, а саме, 90–100 робочих медоносних бджіл з групи (30–35 з вулика), яких у подальшому відпрепарувували на окремі анатомічні відділи тіла: головний, грудний і черевний. У дослідних зразках тканин медоносних бджіл визначали кількісний вміст загальних ліпідів і співвідношення окремих їх фракцій. Визначення вмісту загальних ліпідів проводили методом екстрагування за Фолчем [16], взявши при цьому по три паралельних зразки з контрольної і дослідних груп масою кожного 1,0 г. Кількість загальних ліпідів встановлювали гравіметричним методом. Відносний вміст окремих класів ліпідів визначали з допомогою тонкошарової хроматографії з використанням силікагелевих пластин Sorbfil ПТСХ-П-А з подальшим вимірюванням показників оптичної густини у контрольних і дослідних зразках ліпідів на спектрофотометрі СФ-46 при довжині хвилі 440 нм. Одержані числові значення оброблено за допомогою стандартного пакету статистичних програм Microsoft EXCEL з визначенням середніх величин (M), їх відхилень ($\pm m$) і ступеня вірогідності міжгрупових різниць з використанням коефіцієнта Стьюдента (P).

Результати й обговорення

Одержані результати досліджень свідчать про міжгрупові відмінності вмісту загальних ліпідів і співвідношення їх фракцій у тканинах голови, грудей і черевця медоносних бджіл за згодовування борошна з бобів нативного сорту сої з додаванням хрому хлориду та цитрату. Дані таблиці 1 вказують на відсутність вірогідних різниць за вмістом загальних

ліпідів і виражені вірогідні міжгрупові відмінності відносного рівня окремих фракцій у тканинах головного відділу тіла медоносних бджіл II та III дослідних груп порівняно до контрольної групи. Аналіз

отриманих результатів досліджень вказує на незначні відхилення показників вмісту загальних ліпідів у тканинах голови бджіл II та III дослідних груп порівняно до контролю.

Таблиця 1

Вміст загальних ліпідів і співвідношення їхніх фракцій у тканинах голови медоносних бджіл (M±m, n=3)

Класи ліпідів	Група медоносних бджіл		
	I контрольна	II дослідна, нативна соя + хлорид хрому	III дослідна, нативна соя + цитрат хрому
Загальні ліпіди, г%	3,60±0,24	3,48±0,26	3,73±0,19
Фосфоліпіди, %	15,86±0,14	14,88±0,10**	15,81±0,27
Моно- і диацилгліцероли, %	16,03±0,14	22,54±0,12***	21,83±0,28***
Вільний холестерол, %	21,05±0,12	16,64±0,18***	18,95±0,18***
НЕЖК, %	13,58±0,21	12,63±0,18*	12,56±0,20*
Триацилгліцероли, %	15,25±0,13	16,69±0,12**	15,82±0,11*
Етерифікований холестерол, %	17,84±0,12	14,34±0,17***	17,98±0,12

Примітка: Тут і в наступних таблицях вірогідні різниці у вмісті окремих класів ліпідів у тканинах голови медоносних бджіл II і III дослідних груп порівняно до I контрольної групи; * — P<0,05, ** — P<0,01, *** — P<0,001

Більше виражені зміни встановлені щодо вмісту фракцій ліпідів, висока вірогідність міжгрупових різниць яких відзначена в обох дослідних групах. Зокрема, відзначено вірогідне зниження фосфоліпідів до рівня (94,0 %) у тканинах бджіл II групи (p<0,01) порівняно до величини цього показника у контрольній групі, що може вказувати на інтенсивніше використання цієї фракції у метаболічних процесах тканин головного відділу бджіл, яким згодували SrCl₂. Слід відзначити, що в будь-якій ліпідній мембрані фосфоліпіди необхідні для стабілізації конформації та агрегації окремих компонентів у ферментних білкових комплексах, а також для створення гідрофобного середовища утворенням безперервної структури з усіма властивостями, характерними для них. За вмістом моно- та диацилгліцеролів відзначено вірогідне зростання їх величин у тканинах бджіл обох дослідних груп: у тканинах бджіл II дослідної групи на 40,6 % (p<0,001), та на 36,2 % у III дослідній групі (p<0,001) порівняно до показників контролю. Суттєво (p<0,001) знижувався вміст вільного холестеролу в ліпідах тканин головного відділу бджіл

обох дослідних груп порівняно з контрольними показниками. Характерно, що вміст вільного холестеролу в ліпідах тканин голови бджіл II групи становить 79,0 %, тоді як у бджіл III дослідної групи — 90,0 % порівняно до контрольної групи. Одержані дані вказують на зміни вмісту НЕЖК з вірогідним (p<0,05) зниженням їх рівня у ліпідах тканин бджіл як II (92,6 %), так і III (92,5 %) дослідних груп порівняно до контролю. Вірогідне зниження вмісту похідних холестеролу у тканинах голови бджіл II і III дослідних груп порівняно до показників контролю може свідчити про зниження активності внутріклітинних ферментів, що відповідають за їхню етерифікацію.

Вірогідні відмінності спостерігаються і за кількістю триацилгліцеролів у тканинах головного відділу тіла бджіл II та III дослідних груп порівняно з контролем. Зокрема, рівень триацилгліцеролів у тканинах головного відділу бджіл II групи становить 109,4 % (p<0,01), а бджіл III дослідної групи — 103,7 % (p<0,05) проти величини цього показника у контрольній групі. Тоді як рівень етерифікованого холестеролу вірогідно знижувався тільки в тканинах головного відділу II дослідної

групи порівняно з показниками його вмісту у бджіл контрольної групи. Вірогідно знизився у ліпідах тканин головного відділу бджіл II групи, вміст етерифікованого холестеролу, що становив 80,4 % ($p < 0,001$) порівняно до контрольної групи. Тоді як відносний вміст етерифікованого холестеролу у ліпідах тканин голови бджіл III дослідної групи перебував на рівні величин у контрольній групі. Суттєве вірогідне зниження вмісту ендogenous етерифікованого холестеролу у тканинах голови бджіл II дослідної групи порівняно з контролем може вказувати на більш інтенсивне використання поліненасичених жирних кислот у його складі. Стимулюючим чинником цього процесу може виступати хрому хлорид, вміст якого значно вищий порівняно з його кількістю у III дослідній групі, де такий метаболічний ефект порівняно з показниками контрольної групи був відсутній.

Проведеними дослідженнями не встановлено вірогідних міжгрупових відмінностей за вмістом загальних ліпідів у тканинах грудного відділу тіла медоносних бджіл II та III дослідних груп порівняно з контрольними показниками. Отримані дані свідчать про вірогідні й аналогічно спрямовані в обох дослідних групах відмінності відносного вмісту окремих класів ліпідів у тканинах грудного відділу тіла бджіл порівняно з цими показниками контрольної групи (табл. 2). Встановлені різниці можуть вказувати на фізіологічно однаково виражений вплив поживних речовин бобів нативного сорту сої, а також мінеральної та органічної сполук хрому, доданих до цього борошна у різних співвідношеннях, на ліпідний склад тканин грудного відділу тіла бджіл II та III дослідних груп стосовно їхнього вмісту у контрольній групі.

Таблиця 2

Уміст загальних ліпідів і співвідношення їхніх фракцій у тканинах грудей медоносних бджіл ($M \pm m, n=3$)

Класи ліпідів	Група медоносних бджіл		
	I контрольна	II - дослідна, нативна соя + хлорид хрому	III - дослідна, нативна соя + цитрат хрому
Загальні ліпіди, г%	3,00±0,16	3,30±0,20	3,46±0,21
Фосфоліпіди, %	13,88±0,14	18,34±0,10***	17,22±0,20***
Моно- і диацилгліцероли, %	15,91±0,14	13,98±0,19**	13,62±0,42**
Вільний холестерол, %	12,95±0,25	15,29±0,15**	14,19±0,10*
НЕЖК, %	14,86±0,13	13,27±0,17**	13,34±0,17**
Триацилгліцероли, %	22,99±0,14	17,25±0,17***	20,21±0,22***
Етерифікований холестерол, %	19,21±0,23	22,24±0,50**	21,32±0,44*

Аналіз результатів проведених досліджень вказує на збільшення ($p < 0,001$) у тканинах бджіл II та III дослідних груп відносного вмісту фосфоліпідів у грудному відділі тіла комах, яке порівняно з контролем становить 132,1 і 124,0 %. Встановлено вірогідно виражені зміни щодо вмісту моно- та диацилгліцеролів з вірогідним зниженням їхнього рівня у ліпідах тканин грудей бджіл II (на 12,2 %, $p < 0,01$) та III (на 14,4 %, $p < 0,01$) дослідних груп порівняно до контролю. Встановлено зміни за вмістом вільного холестеролу у цих тканинах, показники якого вірогідно

зросли як у II (118,0 %, $p < 0,01$), так і в III (109,5 %, $p < 0,02$) групах стосовно показників його вмісту у контрольній групі. Вірогідне зниження встановлено за вмістом НЕЖК у тканинах грудей бджіл II ($p < 0,01$) та III ($p < 0,01$) груп. Рівень цього показника у тканинах бджіл II і III дослідних груп порівняно з контролем становив 89,3 і 89,7 %. Дані таблиці 2 вказують на вірогідну відмінність за вмістом у тканинах грудного відділу тіла бджіл II ($p < 0,001$) та III ($p < 0,001$) дослідних груп триацилгліцеролів. Ця відмінність характеризується зниженням рівня

триацилгліцеролів до 75,0 % у бджіл II та 87,9 % — III дослідних груп порівняно з відносним вмістом цього класу ліпідів у тканинах бджіл контрольної групи. Суттєве зниження вмісту триацилгліцеролів у тканинах грудей бджіл II та III дослідних груп може вказувати на більш інтенсивне використання цієї фракції у процесах гліколізу за участю хрому хлориду та цитрату у м'язових волокнах грудного відділу тіла медоносних бджіл порівняно з показниками його вмісту у контрольній групі.

Відомо, що основним енергетичним субстратом у механізмі гліколізу в м'язових тканинах робочих бджіл є глюкоза, проте її використання в метаболізмі енергії шляхом окиснення глікогену м'язів є малопродуктивним та обмеженим. Однак, у медоносних бджіл є низка інших метаболічних реакцій, протікання яких забезпечує їхній організм енергією [5]. Зокрема, забезпечення утилізації глюкози із гемолімфи, як поживного субстрату та транспорт її молекул до саркоплазми м'язових волокон забезпечує утворення у м'язовій тканині гомополімеру α -глюкози — глікогену. Тоді як фруктоза є основним

субстратом у синтезі триацилгліцеролів, які формують депо жирних кислот. Швидкість біосинтезу жирних кислот у значній мірі залежить від швидкості утворення гліцеролів і фосфоліпідів, оскільки вільні жирні кислоти нагромаджуються у незначній кількості в тканинах і гемолімфі комах. Вірогідні зміни встановлено за відносним вмістом етерифікованого холестеролу у тканинах грудей бджіл II ($p < 0,01$) та III ($p < 0,02$) дослідних груп. Зокрема, рівень етерифікованого холестеролу у цих тканинах становив 115,7 % у бджіл II та 110,9 % у бджіл III дослідних груп порівняно з контролем, що підтверджує однакову спрямованість змін відносного вмісту фосфоліпідів у цих тканинах.

Вірогідні різниці вмісту досліджених класів ліпідів були встановлені й у тканинах черевного відділу тіла медоносних бджіл дослідних груп стосовно цих показників у контрольній групі. Дані таблиці 3 вказують на незначні відхилення показників вмісту загальних ліпідів у тканинах черевця бджіл II та III дослідних груп порівняно до контролю.

Таблиця 3

Уміст загальних ліпідів і співвідношення їхніх фракцій у тканинах черевця медоносних бджіл ($M \pm m$, $n=3$)

Класи ліпідів	Група медоносних бджіл		
	I контрольна	II дослідна, нативна соя + хрому хлорид	III дослідна, нативна соя + хрому цитрат
Загальні ліпіди, г%	3,25±0,18	3,50±0,30	3,42±0,24
Фосфоліпіди, %	13,09±0,12	23,97±0,27***	25,51±0,47***
Моно- і диацилгліцероли, %	22,39±0,21	14,21±0,13***	13,73±0,24***
Вільний холестерол, %	13,19±0,28	15,53±0,19**	15,60±0,14***
НЕЖК, %	16,47±0,17	12,20±0,14***	12,46±0,11***
Триацилгліцероли, %	17,46±0,21	16,45±0,18*	15,45±0,21**
Етерифікований холестерол, %	17,21±0,11	20,93±0,20***	22,50±0,25***

Однак, у цьому відділі більше виражені зміни встановлені щодо вмісту окремих фракцій ліпідів, висока вірогідність міжгрупових різниць яких відзначена в обох дослідних групах. Зокрема, встановлено вірогідне зростання фосфоліпідів у тканинах черевця медоносних бджіл II (183,1 %, $p < 0,001$) і III

(194,8 %, $p < 0,001$) дослідних груп порівняно до величини їхнього вмісту у контрольній групі. Тоді як вміст моно- та диацилгліцеролів у тканинах бджіл обох дослідних груп суттєво знижувався: у тканинах бджіл II дослідної групи цей показник становив 63,4 % ($p < 0,001$) та 61,3 % ($p < 0,001$) у III дослідній групі

порівняно до контролю. Вірогідно зріс відносний вміст вільного холестеролу в ліпідах тканин черевного відділу бджіл обох дослідних груп порівняно з контрольними показниками. Зокрема, вміст вільного холестеролу в ліпідах тканин черевця бджіл II групи становив 117,7 %, тоді як у тканинах бджіл III дослідної групи — 118,2 % порівняно до контрольної групи.

Одержані дані вказують на зміни щодо вмісту НЕЖК з вірогідним зниженням їх рівня у ліпідах тканин черевця бджіл як II (74,1 %, $p < 0,001$), так і III (75,6 %, $p < 0,001$) дослідних груп порівняно до контрольних показників. Вірогідно знизився також вміст триацилгліцеролів у тканинах черевного відділу бджіл II (до 94,2 %, $p < 0,05$) та III (до 88,5 %, $p < 0,01$) дослідних груп стосовно їхнього рівня у групі контролю. Встановлено, що на тлі вірогідного зниження вмісту моно- та диацилгліцеролів, НЕЖК і триацилгліцеролів вірогідно зростав відносний вміст етерифікованого холестеролу в тканинах черевця бджіл обох дослідних груп порівняно до цих показників у контрольній групі. Зокрема, рівень етерифікованого холестеролу у тканинах бджіл II та III дослідних груп стосовно їхнього вмісту у бджіл контрольної групи становив відповідно 121,6 % та 130,7 % ($p < 0,001$). Характерно, що така ж закономірність вірогідних міжгрупових відмінностей проявлялись у тканинах грудного відділу тіла бджіл обох дослідних груп, це вказує на однаково спрямований метаболічний вплив хрому хлориду і цитрату у цих анатомічних відділах бджіл щодо обміну окремих класів ліпідів і депонування їх у жировому тілі. Оскільки, відомо, що надходження глюкози до тканин організму проходить із використанням депонованого у жировому тілі робочих бджіл глікогену та триацилгліцеролів [4]. Триацилгліцероли жирового тіла забезпечують їхній організм енергією за умов недостатнього надходження глюкози до організму бджіл під впливом дефіциту вуглеводів за

схемою: триацилгліцероли (жирове тіло) > жирна кислота + моно- та диацилгліцероли (транспортуються у гемолімфу з подальшим надходженням у льотні м'язи) > жирні кислоти (окиснення в м'язових клітинах до CO_2 і H_2O) + гліцерол (переходить через гемолімфу зворотно в жирове тіло і бере участь у синтезі триацилгліцеролів) [6].

Отже, встановлені вірогідні різниці відносного вмісту досліджених окремих класів ліпідів у тканинах головного, грудного та черевного відділів тіла бджіл у дослідних і контрольній групах вказують на метаболічно виражений вплив обох сполук хрому — $\text{CrCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ і $\text{C}_6\text{H}_5\text{CrO}_7$ у тканинах досліджених анатомічних відділів з незначними відмінностями дії у тканинах голови. Виявлені відмінності можуть бути зумовлені як безпосереднім впливом ліпідних і протеїнових компонентів борошна з бобів нативного сорту сої та їхнього поєднання з сполуками хрому на метаболізм окремих фракцій ліпідів у різних анатомічних відділах бджіл, так і фізіолого-анатомічними відмінностями функціонування цих систем за умов такої підготовлі, а також перебігу процесів життєдіяльності, що може бути предметом подальших досліджень.

Висновки

За умов згодовування борошна з бобів нативного сорту сої з додаванням хрому хлориду та цитрату, встановлено вірогідне зростання в тканинах голови бджіл II і III дослідних груп вмісту моно- та диацилгліцеролів і триацилгліцеролів на тлі зниження вмісту фосфоліпідів та етерифікованого холестеролу у II групі, вільного холестеролу, НЕЖК у II та III групах. Вірогідно зріс вміст фосфоліпідів, вільного холестеролу та етерифікованого холестеролу у тканинах грудей бджіл II і III дослідних груп, проте вірогідно знижувався вміст моно- та диацилгліцеролів, НЕЖК і триацилгліцеролів. У тканинах черевця бджіл II та III дослідних груп порівняно до контролю вірогідно зростав вміст фосфоліпідів, вільного холестеролу та

етерифікованого холестеролу, однак при цьому знижувався вміст моно- та диацилгліцеролів, НЕЖК і триацилгліцеролів. Вірогідних різниць вмісту загальних ліпідів у тканинах головного, грудного та черевного відділів тіла медоносних бджіл, яких підгодовували борошном з бобів нативного сорту сої та хрому хлориду (II) та хрому цитрату (III) не відзначено. Отримані дані щодо вмісту загальних ліпідів та їх окремих фракцій у тканинах голови, грудей і черевця бджіл обох дослідних груп порівняно з цими показниками у тканинах бджіл контрольної групи дають підстави вважати можливим використання борошна з бобів сої нативного сорту в поєднанні із сполуками хрому у якості ліпідно-протеїнової добавки для покращення живлення бджіл та їхньої метаболічної активності як в окремих тканинах, так і цілого організму.

Перспективи подальших досліджень Доцільно вивчити метаболічний вплив інших аліментарних чинників, у т. ч. мікроелементів, одержаних на основі нанотехнологій, на ліпідний склад тканин організму бджіл, репродуктивну здатність бджолиних маток і життєдіяльність медоносних бджіл.

1. Biluk E. V. *Suchasnyy slovnyk-dovidnyk bdzholyara* [Modern dictionary directory beekeeper]. Donetsk, 2006, pp. 66–69 (in Ukrainian).

2. Kokorev N., Chernov B. *Pchely. Korma y podkormky* [Bees. Food and feed] 2005. pp. 42–59 (in Russian).

3. Kherold Ye., Vays K. *Novy kurs pchelovodstva* [New course of beekeeping]. 2007, pp. 59–64 (in Russian).

4. Melnichenko A. N., Kozin R. B., Makarov J. I. *Biological Basis of Intensive Bee-keeping*. Moskov, Kolos Publ., 1995. 204 p.

5. Tyshchenko V. P. *Fiziologiya nasiekomukh* [Insect Physiology]. 1986, pp. 54–56 (in Russian).

6. Yeskov E. K. *Ekologiya medonosnoy pchelu* [Ecology of the honeybee].

Rosahropromyzdat, 1991. pp. 200–268 (in Russian).

7. Dechaume-Moncharmont F.-X., Azzouz H., Pons O., Pham-Delegue M.-H. Soybean proteinase inhibitors and the foraging strategy of free flying honeybees. *Apidologie*, 2005, vol. 36.

8. James C. Global status of commercialized biotech. GM crops: 2009. ISAAA Brief No. 41.2009. *ISAAA: Ithaca, NY*.

9. Petybskaya V. S. Kormovaya czenosty semjan razlichnykh sortov soy [Feeding value of different soybean varieties]. *Nauchno-technicheskyy byleten VNIIMK* — Scientific and technical bulletin VNIIMK, 2004, vol. 1, pp. 87–89 (in Russian).

10. Petybskaya V. S. Biohimia soy [Biochemistry of soy]. *Nauchno-technicheskyy byleten. VNIIMK* — Scientific and technical bulletin VNIIMK, 2005, pp. 80–135 (in Russian).

11. Yefremova E. G. Sopostavlenye khymicheskoho sostava semyan tradytsyonnoy y henetychesky modyfytsyrovannoy soi [Comparison of the chemical composition of conventional and genetically modified soybeans]. *Pishevaya tehnologiya* — Food technology, 2002, vol. 5, pp. 80–81 (in Russian).

12. Vincent J. B. The Nutritional Biochemistry of Chromium (III). Department of Chemistry The University of Alabama Tuscaloosa, USA, 2007. 277 p.

13. Romaniv L. I., Fedoruk R. S. Vmist zahalnykh lipidiv i spivvidnoshennya yikh fraktsiy u tkanynakh hrudey i cherevtsya medonosnykh bdzhil za z-hodovuvannya boroshna z bobiv natyvnoyi ta henetychno modyfikovanoy soyi [The content of total lipids and their factions in tissues of breasts and belly of melliferous bees after feeding of meal from bobs of native and genetically modified soybean]. *Biologiya tvaryn* — The Animal Biology, 2013, vol. 15, no. 2, pp. 113–121 (in Ukrainian).

14. Iskra R. Ya., Vlizlo V. V. Biologichna rol khromu v orhanizmi tvaryn [Biological role of chromium in animals]. *Biologiya tvaryn* — The Animal Biology, 2011, vol.13, no. 1–2, pp. 31–47 (in Ukrainian).

15. Rose R., Dively G. P., Pettis J. Effects of Bt corn pollen on honey bees: emphasis on protocol development. *Apidologie*, 2007, vol. 38.

16. Folch J. A. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*, 1957, vol. 226, no. 1, pp. 497–509.