

Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print  
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet11114  
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 638.12: 577.118:591.615

## The content of total protein and its fractions in the hemolymph and body tissues of bees fed with Mg citrate

I. I. Kovalchuk<sup>1,2✉</sup>, R. L. Androshulik<sup>2</sup>, A. Z. Pylypets<sup>2</sup>, M. M. Tsap<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Animal Biology, NAAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

### Article info

Received 05.06.2023

Received in revised form  
06.07.2023

Accepted 07.07.2023

Stepan Gzhytskyi National  
University of Veterinary Medicine  
and Biotechnologies Lviv,  
Pekarska Str., 50, Lviv,  
79010, Ukraine.  
Tel.: +38-050-983-35-93  
E-mail: irenakovalchuk@ukr.net

Institute of Animal Biology,  
Naas of Ukraine Lviv,  
V. Stusa Str., 38, Lviv,  
79034, Ukraine.

**Kovalchuk, I. I., Androshulik, R. L., Pylypets, A. Z., & Tsap, M. M. (2023). The content of total protein and its fractions in the hemolymph and body tissues of bees fed with Mg citrate. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 25(111), 90–96. doi: 10.32718/nvlvet11114**

Mineral elements increase the capacity of organisms for their adaptation to abiotic factors and improve the biological value of animal products. The aim of the experiment was to study the effect of magnesium citrate on the content of total protein in the tissues of the whole organism, the content of soluble protein fractions in hemolymph, and catalase activity. The research was conducted on Carpathian honey bees. They were selected in the apiary at the Institute of Animal Biology of the National Academy of Sciences. The research was conducted in two stages. The first stage of the work was carried out on 5 groups of bees under the conditions of a laboratory thermostat for 20 days. Bees of the control group were fed daily with 1 ml of 50 % sugar syrup (SS) and 1 ml of H<sub>2</sub>O; group II – 1 ml of SS + 1 ml of 0.4 mg Mg/l nanocitrate; group III – 1 ml of SS + 1 ml of 2 mg Mg/l citrate; group IV – 1 ml of SS + 1 ml of 3 mg Mg/l citrate; group V – 1 ml of SS + 1 ml of 4 mg Mg/l citrate. The second stage of the study was conducted on four groups of bees and lasted 30 days. Bees of the control (I) group were fed daily with 1 ml of 50 % SS and 1 ml of H<sub>2</sub>O; group II – 1 ml of SS + 1 ml of 0.04 mg Mg/l citrate; group III – 1 ml of SS + 1 ml of 0.02 mg Mg/l citrate; group IV – 1 ml of SS + 1 ml of 0.01 mg Mg/l citrate. At the first stage, a decrease in  $\alpha_1$ -globulins in the hemolymph of bees of the III – V groups was established. The content of  $\beta$ -globulins increased in the II ( $P < 0.001$ ), III ( $P < 0.01$ ), IV ( $P < 0.001$ ) and V ( $P < 0.001$ ) experimental groups. The content of  $\gamma$ -globulins decreased in hemolymph of II ( $P < 0.001$ ) and III ( $P < 0.01$ ) groups. At the second stage, a decrease in  $\alpha_1$ -globulins was observed in the hemolymph of bees of the II, III and IV experimental groups compared to the control. The content of  $\alpha_2$ -globulins was significantly lower in the hemolymph of bees from IV group, and the content of  $\beta$ -globulins was higher in the hemolymph of the bees. An increase in the content of  $\gamma$ -globulins was established in II ( $P < 0.05$ ), III and IV ( $P < 0.01$ ) experimental groups. High catalase activity was observed in the hemolymph of bees of all experimental groups ( $P < 0.001$ ). The highest catalase activity was registered in bees of IV group. The use of 0.01 mg of Mg citrate in addition to sugar syrup feeding changed the ratio of individual hemolymph protein fractions. The relative content of albumin and  $\beta$ -globulin decreased and  $\alpha_2$  and  $\gamma$  globulin content increased. An increase in the relative content of  $\alpha_1$  and a decrease in  $\beta$ - and  $\gamma$ -globulins in the hemolymph of honey bees of the research groups were caused by Mg citrate in a dose of 0.04 mg.

**Key words:** hemolymph, bees, tissues, catalase, protein, protein fractions.

## Вміст загального білка та його фракцій у гемолімфі та тканинах організму медоносних бджіл за підгодівлі цитрату Mg

I. I. Ковальчук<sup>1,2✉</sup>, Р. Л. Андрошулік<sup>2</sup>, А. З. Пилипець<sup>2</sup>, М. М. Цап<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

<sup>2</sup>Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна

Мінеральні елементи підвищують адаптаційну здатність живих організмів до абіотичних факторів та поліпшують біологічну цінність одержаної від них продукції. Тому метою дослідів було вивчити вплив магнію цитрату на вміст загального білка в тканинах цілого організму та вміст розчинних білкових фракцій гемолімфи бджіл, а також активність каталази. Дослідження проведені на медоносних бджолах карпатської породи в Інституті біології тварин НААН, що відібрані для дослідів з лабораторної пасіки-віварію у 2 етапи. Перший етап проведений на п'ятьох групах бджіл в умовах лабораторного термостату впродовж 20 діб. Бджоли контрольної групи одержували підгодовлюючу цукрову сиропу (ЦС) і 1 мл H<sub>2</sub>O; II група – 1 мл ЦС + 1 мл 0,4 мг Mg/л наноцитрату; III група – 1 мл ЦС + 1 мл 2 мг Mg/л цитрату; IV група – 1 мл ЦС + 1 мл 3 мг Mg/л цитрату; V група – 1 мл ЦС + 1 мл 4 мг Mg/л цитрату. Другий етап дослідження проведений на чотирьох групах бджіл тривав 30 діб. Бджоли контрольної (I) групи одержували підгодовлюючу цукрову сиропу (ЦС) і 1 мл H<sub>2</sub>O; II група – 1 мл ЦС + 1 мл 0,04 мг Mg/л цитрату; III група – 1 мл ЦС + 1 мл 0,02 мг Mg/л цитрату; IV група – 1 мл ЦС + 1 мл 0,01 мг Mg/л цитрату. У першому етапі встановлено зниження α<sub>1</sub>-глобулінів у гемолімфі бджіл III–V групи. Вміст β-глобулінів зростає у II (P < 0,001), III (P < 0,01), IV (P < 0,001) і V (P < 0,001) дослідних групах. Відсотковий вміст γ-глобулінів характеризувався зниженням у гемолімфі II (P < 0,001) та III (P < 0,01) груп. У II етапі спостерігали зниження α<sub>1</sub>-глобулінів у гемолімфі бджіл II, III та IV дослідних груп порівняно до контролю. Вміст α<sub>2</sub>-глобулінів був вірогідно нижчим у гемолімфі бджіл IV групи та вищого вмісту β-глобулінів у гемолімфі бджіл. Встановлено зростання вмісту γ-глобулінів у II (P < 0,05), III та IV (P < 0,01) дослідних групах. Спостерігали вищу активність каталази у гемолімфі бджіл всіх дослідних груп (P < 0,001). Найвища активність каталази була у бджіл IV групи. Вищу активність каталази спостерігали також у гомогенатах тканин бджіл II і III дослідних груп. Застосування 0,01 мг Mg цитрату у підгодовлі бджіл змінювало співвідношення окремих протеїнових фракцій гемолімфи зі зменшенням відносного вмісту альбуміну, β-глобуліну та збільшенням α<sub>2</sub>- і γ-глобулінів. Вплив 0,04 мг Mg зумовлював підвищення відносного вмісту α<sub>1</sub> і зменшення β- і γ-глобулінів у гемолімфі медоносних бджіл дослідних груп.

**Ключові слова:** гемолімфа, бджоли, тканини, каталаза, протеїн, білкові фракції.

## Вступ

Гемолімфа бджіл відіграє важливу роль як в імунному захисті, так і в первинному накопиченні енергії комах. Її захисна роль досягається антимікробними факторами, що виробляються переважно жировим тілом і меншою мірою – гемоцитами, які пригнічують ріст мікроорганізмів шляхом інкапсуляції. Як система, відповідальна за транспортування різних молекул по всьому тілу (поживні речовини, іони та гормони), гемолімфа також відображає фізіологічний стан організму (Chan et al., 2009; Galatiuk et al., 2023). Плазма гемолімфи має здатність лізувати, вбивати або гальмувати розвиток мікроорганізмів. Цю функцію виконують речовини гемолімфи (антитіла), яким властива здатність знезаражувати антигени. У бджіл із антитіл виявляють преципітини, антитоксини і комплемент-зв'язуючі антитіла. Антитіла тісно пов'язані з глобуліновою фракцією білка гемолімфи. Вони утворюються через два або більше днів в організмі комах у результаті парентерального введення антигену (Glinski & Jarosz, 2000; 2001). Гемолімфа дорослих бджіл містить лізоцим, антибактеріальні пептиди, лектини, активність яких підвищується при травмуванні або ж при їх інфікуванні, а також комплемент, який обумовлює реакцію конглютинації, агрегації, що сприяє механізмам лізису, аглютинації, фагоцитозу, інкапсулювання та меланізації (Evans et al., 2006; Fedoruk et al., 2009; Saranchuk et al., 2021).

За результатами дослідження окремих авторів (Cebotari et al., 2013; 2015; Pashchenko et al., 2016), додавання до цукрового сиропу 2 мг/л CoSO<sub>4</sub> впливало на показники вмісту загального білка та його окремих фракцій з підвищенням рівня β- і γ-глобулінів у гемолімфі бджіл. Відомо, що йони Co активніше зв'язуються з альбуміновою фракцією сироватки крові ссавців, вміст якої є нижчим, ніж глобулінів. У пилку і маточному молочку бджіл вміст альбумінової фракції є вищим порівняно з глобуліновою. Відомо, що альбумінова і глобулінова фракції загального білка у маточному молочку містяться у співвідношенні 2:1. Однак, за даними інших дослідників (Hartfelder et

al., 2013), у співвідношенні білкових фракцій маточного молочка переважають глобуліни. Вказується на високу імунну і резистентну здатність організму бджіл, яка більше проявляється у молодих бджіл і маток, що може зумовлюватися впливом глобулінових фракцій білкових компонентів молочка.

Від наявності тих чи інших біотичних елементів залежить інтенсивність обміну речовин і перетворення енергії. Комплексне збагачення компонентів підгодовлі бджіл рослинного і тваринного походження окремими мікроелементами дає можливість коригувати метаболічні показники в організмі медоносних бджіл, підвищити адаптаційну здатність (енантиостаз) до абіотичних факторів та покращити біологічну цінність одержаної від них продукції. Однак використання у підгодовлі бджіл солей мінеральних кислот може викликати аліментарний (сольовий) токсикоз (Romaniv et al., 2018).

Досліджено вплив різних кількостей мінеральних і органічних сполук, одержаних на основі нанотехнологічних цитратів, на обмінні процеси організму бджіл. Встановлено вищу біологічну ефективність додавання нанокарбоксилатів біотичних елементів, ніж їх мінеральних солей у підгодовлі бджіл. У складі нанотехнологічних цитратів дія низьких доз мінеральних елементів відзначається впливом на окисно-відновні процеси в окремих системах, органах, тканинах організму (Kovalchuk et al., 2021). Саме тому важливим напрямком досліджень цих сполук у різних формах є застосування їх для підвищення життєздатності бджіл, вивчення процесів їх засвоєння та впливу на фізіолого-біохімічні показники. Отже, вивчення впливу цитратів мінеральних елементів на білковий обмін, активність каталази та вміст глікогену в організмі бджіл є актуальним і дасть змогу поліпшити їхнє живлення, вдосконалити склад і схеми підгодовлі бджіл, що підвищить резистентність організму.

## Мета дослідження

Вивчити вміст загального білка та його фракцій у гемолімфі та тканинах організму медоносних бджіл за підгодівлі цитрату Mg.

## Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені на медоносних бджолах карпатської породи в Інституті біології тварин НААН, що відібрані для досліду з лабораторної пасіки-віварію у 2 етапи.

Перший етап проведений на п'ятьох групах бджіл. Ізольовані у садках бджоли контрольної (I) групи одержували підгодівлю щодобово з 1 мл 50 % цукрового сиропу (ЦС) і 1мл H<sub>2</sub>O; II група (дослідна) – 1 мл цукрового сиропу з додаванням 1 мл Mg цитрату нанотехнологічного (Mg ЦНТ), що містив 0,4 мг Mg/л; III група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (2 мг Mg/л); IV група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (3 мг Mg/л); V група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (4 мг Mg/л). Бджоли контрольної та дослідних груп утримувалися в аналогічних умовах лабораторного термостату ТС-80М-3 з мікроventиляцією за відносної вологості 75 % і температури 30,0 °C впродовж 20 діб досліджень.

Другий етап дослідження проведений на чотирьох групах бджіл. Ізольовані у садках бджоли контрольної (I) групи одержували підгодівлю щодобово 1 мл 50 % ЦС і 1мл H<sub>2</sub>O; II група (дослідна) – 1 мл ЦС з додаванням 1 мл Mg цитрату, що містив 0,04 мг Mg/л; III група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (0,02 мг Mg/л); IV група (дослідна) – аналогічно з додаванням 1 мл Mg цитрату (0,01 мг Mg/л). Бджоли контрольної та дослідних груп утримувалися в аналогічних умовах лабораторного термостату ТС-80М-3 з мікроventиляцією за температури 30,0 °C впродовж 30 діб досліджень.

Після завершення досліду з кожної групи на 20 (I етап) і 30 (II етап) доби досліджень відбирали по 25 бджіл і тримали в морозильній камері 10–15 хв. Для приготування гомогенату всього організму медоносних бджіл їх подрібнювали і формували три паралельні проби. Групу бджіл масою 0,5 г гомогенізували з фізіологічним розчином у співвідношенні 1:10 за допомогою гомогенізатора (Homogenizer Type 302, Poland) на льоду. Проби центрифугували за 3000 g, 5 хвилин. Супернатант використовували для подальшого вимірювання. Вміст загального білка в організмі бджіл проводили за методом Кендала (Vlizlo et al., 2012). Активність каталази визначали за допомогою здатності гідрогенпероксиду утворювати із солями молібдену стійкий кольоровий комплекс на спектрофотометрі (Unico, США) при довжині хвилі 410 нм проти води.

Для відбору гемолімфи, медоносних бджіл поступово охолоджували у холодильній камері при температурі до – 1 °C. З кожної групи відбирали 10 бджіл, механічно фіксували їх у чашці Петрі. Відбирали гемолімфу використовуючи інсулінові шприци, проколюючи тіло бджоли між третім та четвертим тергі-

том з дорсальної поверхні. Кількість білка в гемолімфі та екстракті тканин організму визначали за методом Лоурі за допомогою набору реактивів (ФОП Даниш, Україна). Визначення вмісту окремих фракцій розчинних білків гемолімфи проводили методом вертикального електрофорезу в 7,5 % поліакриамідному гелі (Laemmli, 1970). Відібрану гемолімфу розводили електродним буфером (pH 8,3) у співвідношенні 1:3. Відносний вміст білкових фракцій визначали за допомогою програми TotalLab TL120 (Nonlinear Dynamics Limited, Великобританія) і виражали у відсотках від загального пулу.

Усі отримані цифрові дані опрацьовані за допомогою комп'ютерної програми STATISTICA з використанням методу варіаційної статистики (Petrovska et al., 2022). Числові дані представлені як середнє арифметичне (M) та стандартна похибка ( $\pm m$ ). Відмінності між групами вважали статистично значущими при  $P < 0,05$ .

## Результати та їх обговорення

Гемолімфа бджоли забезпечує всі її органи, тканини і клітини необхідними поживними речовинами, а неї з органів надходять метаболіти. Гемолімфа безпосередньо пов'язана з усіма основними обмінними процесами в організмі комах, зокрема вона транспортує білки, які забезпечують розвиток життєво важливих органів бджоли (підглоткових залоз, жирової тканини) (Borsuk et al., 2017; Shumkova & Zhelyazkova, 2018; Yarmoliuk, 2023).

Відомо, що магній є необхідним елементом при вуглеводному, білковому та ліпідному обміні, при синтезі нуклеїнових кислот та бере участь у синтезі майже всіх нейромедіаторів. Білки відіграють провідну роль у обміні речовин в організмі. Відомо, що вони приймають активну участь у більшості життєво важливих процесів. Білки необхідні для росту й розвитку, синтезу ферментів і гормонів. Завдяки здатності утворювати біохімічні комплекси, білки беруть активну участь в транспорті поживних і біологічно активних (ферментів, гормонів, вітамінів, макро- і мікроелементів) речовин в організмі. Вони виконують також захисну функцію в організмі. Одним із основних показників білкового обміну в організмі є вміст загального білка і білкових фракцій.

Результати досліджень показали (рис. 1), що додавання до цукрового сиропу різних доз Mg цитрату збільшувало вміст як у гомогенатах тканин цілого організму, так і гемолімфі, але ці різниці недостовірні, що може вказувати на відсутність суттєвого впливу на концентрацію протеїнів у гемолімфі та тканинах бджіл.

Дослідження білкових фракцій гемолімфи медоносних бджіл (I етап) показали, що вміст альбумінів не виявлено в гемолімфі медоносних бджіл. Спостерігається зниження  $\alpha_1$ -глобулінів у гемолімфі бджіл III–V груп (табл. 1). Разом з тим, відсотковий вміст  $\alpha_2$ -глобулінів характеризувався вірогідно нижчим вмістом у гемолімфі бджіл у всіх дослідних групах порівняно до контролю. Аналізуючи зміни відсоткового вмісту  $\beta$ -глобулінів у гемолімфі бджіл, встановили

зростання їх рівня у II ( $P < 0,001$ ), III ( $P < 0,01$ ), IV ( $P < 0,001$ ) і V ( $P < 0,001$ ) дослідних групах порівняно до контролю. Відсотковий вміст  $\gamma$ -глобулінів характеризувався зниженням у гемолімфі II ( $P < 0,001$ ) та III ( $P < 0,01$ ) груп на тлі вищого рівня у V дослідних групах. Такі зміни, можливо, є наслідком регуляторного

впливу Mg цитрату на надходження окремих протеїнових фракцій з жирового тіла у гемолімфу за відсутності білкового корму бджіл в умовах термостату, де переважало вуглеводне живлення впродовж 20 діб періоду дослідження.

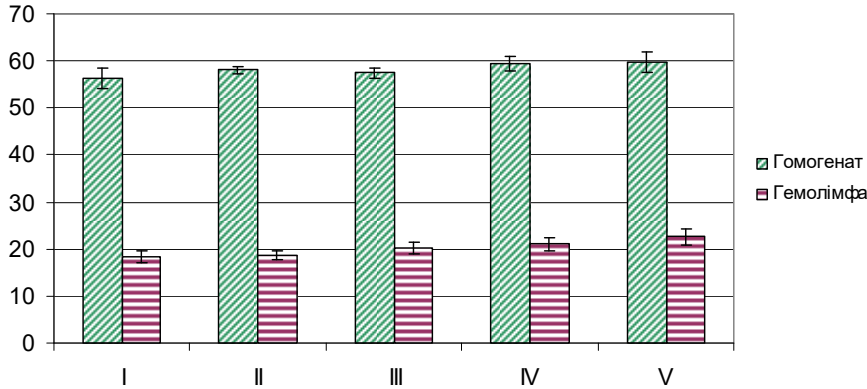


Рис. 1. Вміст загального білка в гомогенатах тканин цілого організму (г/кг) та гемолімфі бджіл (г/л)

Таблиця 1

Вміст білкових фракцій в гемолімфі медоносних бджіл за підгодівлі цитрату Mg ( $M \pm m$ )

Фракції білків, %	Контроль	Дослідні			
	I 1 мл 50% ЦС і 1мл H <sub>2</sub> O	II 1 мл Mg цитрату (0,4 мг Mg/л)	III 1 мл Mg цитрату (2 мг Mg/л)	IV 1 мл Mg цитрату (3 мг Mg/л)	V 1 мл Mg цитрату (4 мг Mg/л)
$\gamma$ -глобуліни	11,88 ± 0,51	6,80 ± 0,28***	8,70 ± 0,34**	10,55 ± 0,41	11,75 ± 0,80
$\beta$ -глобуліни	61,42 ± 0,62	71,64 ± 0,89***	72,45 ± 1,47**	70,28 ± 0,48***	70,89 ± 0,79***
$\alpha_2$ -глобуліни	18,35 ± 1,01	13,16 ± 0,81**	11,81 ± 0,94**	12,23 ± 0,47**	9,90 ± 0,33**
$\alpha_1$ -глобуліни	8,36 ± 0,68	8,40 ± 0,77	7,04 ± 0,52	6,94 ± 0,43	7,47 ± 0,57
альбуміни	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

Примітка: в цій і наступній таблиці \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ; P < 0,02 \*\*\* –  $P < 0,001$  вірогідні різниці між контрольною та дослідними групами

Відомо, що вміст білка в гемолімфі більш постійний у дорослих бджіл. Значно змінюється концентрація білка залежно від сезону року, особливо найвищі показники виявлено у бджіл восени та взимку (Shamro & Soloviova, 2014), а також фізіологічний стан пов'язаний з їхньою функціональною активністю (Shamro & Shamro, 2012).

Результати II етапу досліджень показали, що рівень загального протеїну в гемолімфі бджіл дослідних груп суттєво не відрізнявся від рівня у контролі (рис. 2). Проте за умов підгодівлі бджіл цитратом Mg в дозі 0,01 мг/л рівень протеїну був нижчим на 4 %. Аналогічні різниці виявлені для рівня білка у гомогенаті тканин організму.

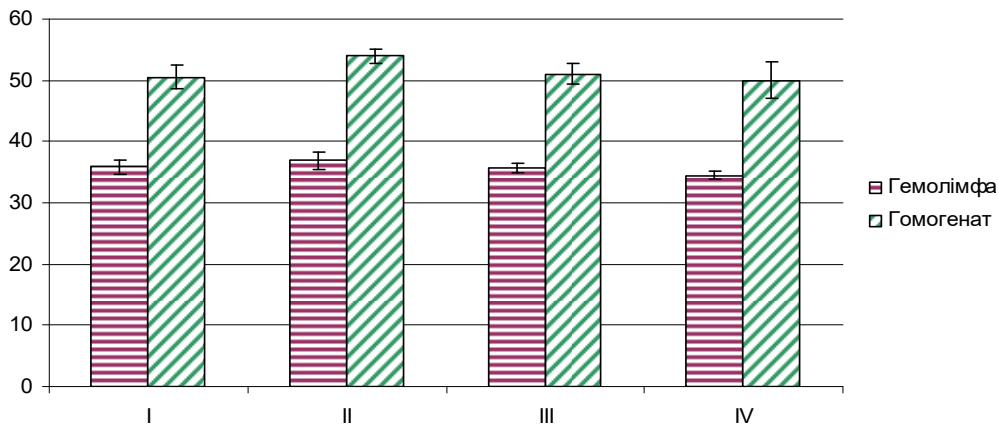


Рис. 2. Вміст загального білка в гемолімфі (г/л) та гомогенатах тканин цілого організму бджіл (г/кг).

За результатами дослідження білкових фракцій гемолімфи медоносних бджіл (II етап) спостерігали зниження  $\alpha_1$ -глобулінів у гемолімфі бджіл II, III ( $P < 0,05$ ) та IV ( $P < 0,001$ ) дослідних груп порівняно з контролем (табл. 2). Відсотковий вміст  $\alpha_2$ -глобулінів

характеризувався вірогідно нижчим вмістом у гемолімфі бджіл у IV ( $P < 0,05$ ) на тлі вищого  $\beta$ -глобулінів у гемолімфі бджіл. Встановлено зростання відсоткового вмісту  $\gamma$ -глобулінів у II ( $P < 0,05$ ), III та IV ( $P < 0,01$ ) дослідних групах бджіл.

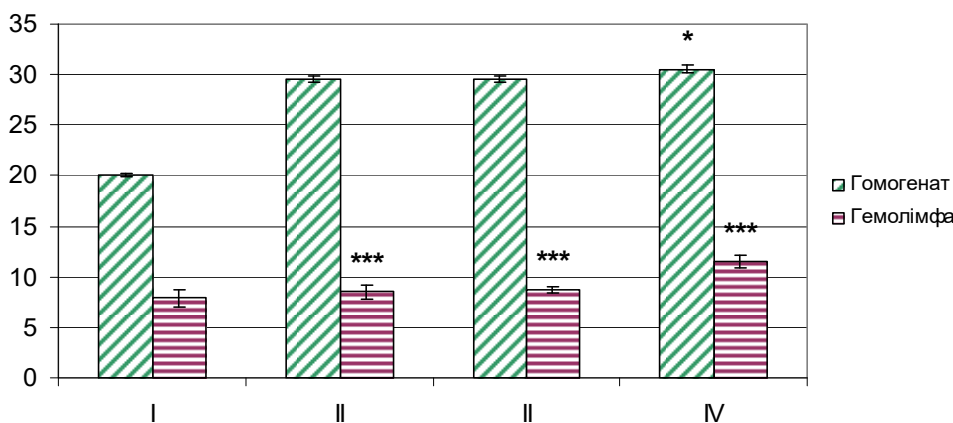
**Таблиця 2**

Вміст білкових фракцій в гомогенаті тканин медоносних бджіл за підгодівлі цитрату Mg ( $M \pm m$ )

Фракції білків, %	Контроль	Дослідні		
	К	Д 1	Д 2	Д 3
	1 мл 50 %-го ЦС і 1мл H <sub>2</sub> O	1 мл Mg цитрату (0,04 мг Mg/л)	1 мл Mg цитрату (0,02 мг Mg/л)	1 мл Mg цитрату (0,01 мг Mg/л)
$\gamma$ -глобуліни	13,20 ± 0,76	15,59 ± 0,64*	15,22 ± 0,73	17,82 ± 1,13**
$\beta$ -глобуліни	57,92 ± 1,45	58,38 ± 0,78	58,86 ± 1,05	60,65 ± 1,59
$\alpha_2$ -глобуліни	15,73 ± 0,82	15,25 ± 0,69	15,89 ± 0,41	13,17 ± 0,51*
$\alpha_1$ -глобуліни	13,16 ± 0,88	10,78 ± 0,63	10,03 ± 0,87*	8,37 ± 0,53***
альбуміни	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

Магній є кофактором для більш ніж 600 та активатором для 200 ферментів. Враховуючи здатність Mg<sup>2+</sup> зв'язувати неорганічний фосфат, АТФ, фосфокреатин та інші фосфометаболіти утворюють комплекси з Магнієм, що має важливі наслідки для багатьох метаболічних реакцій, особливо пов'язаних із вуглеводним обміном та клітинною біоенергетикою (Babiienko et al., 2022). Першорядне значення Магнію в гліколітичному шляху та мітохондріальному синтезі АТФ відоме давно. Багато гліколітичних ферментів чутливі до Магнію, основною функцією якого є полегшення перенесення високоенергетичних фосфатів. Таким чином працюють гексокіназа, фосфофруктокіназа, фосфогліцераткіназа та піруваткіназа, тимчасом як альдолаза та енолаза використовують Mg<sup>2+</sup> для своєї стабільності та активності (Wolf et al., 2007).

Як відомо, роль каталази полягає в захисті клітин від перекису водню, що утворився під час метаболізму та в забезпеченні їх киснем. Каталаза діє в клітинах разом із пероксидазою і руйнує ту частину перекису водню, котра не може бути інактивована зазначеним ферментом. Тому чим вищий показник активності цього ферменту, тим менше буде позначатися негативна дія перекису водню, а клітини тканин не будуть відчувати дефіциту кисню (Weirich et al., 2002). За результатами досліджень спостерігали вірогідно вищу активність каталази у гемолімфі бджіл всіх дослідних груп ( $P < 0,001$ ). Найвища вірогідна активність каталази, в 1,5 раза, характерна для IV групи медоносних бджіл порівняно з контрольною групою (рис. 3).



**Рис. 3.** Активність каталази в гемолімфі та гомогенаті тканин цілого організму бджіл, ммоль/мг білка/хв

Вищу активність каталази спостерігали також у гомогенаті тканин бджіл II (8 %) і III (11 %) дослідних груп. Висока каталазна активність може бути пов'язана із підвищеною генерацією активних форм кисню в процесі травлення. Крім того, високий рівень активних форм кисню можливий завдяки життєдіяльності мікрофлори кишечника бджіл. Найвищу активність каталази встановлено у зразках гомогенату

бджіл IV ( $P < 0,05$ ) дослідної групи, яка отримувала цитрат Mg у дозі 0,01 мг/л, що може вказувати на оптимізуючий регуляторний вплив Mg цитрату у цій дозі на детоксикаційну здатність цього ензиму.

Отже, підгодівля бджіл Mg цитрату посилювала каталазну активність гемолімфи у всіх трьох дозах (0,04; 0,02; 0,01 мг Mg цитрату).

Мітохондрії містять високі концентрації магнію, який відіграє ключову роль у синтезі АТФ – універсального та особливо значущого джерела енергії. Нестача магнію сприяє зниженню енергетичного потенціалу та зниженню швидкості обміну речовин. Тому зв'язування між АТФ і  $Mg^{2+}$  призводить до адекватної конформації, що дозволяє послабити кінцевий зв'язок O–P АТФ, тим самим полегшуючи перенесення фосфату (Rude & Gruber, 2004; Fiorentini et al., 2021).

Магній впливає на вуглеводний обмін багатьма аспектами. Але головною особливістю є те, що цей елемент підвищує чутливість до інсуліну, який є осо-

бливо значущим фактором контролю рівня цукру в крові.

Аналіз досліджених показників гомогенатів тканин організму бджіл у другому етапі вказує на біохімічний вплив цитрату магнію у дослідних групах порівняно з контрольною. Зокрема, у гомогенаті тканин бджіл дослідних груп встановлено збільшення вмісту глікогену у II групі на 9,81 % ( $P < 0,05$ ), у III – на 17,2 % ( $P < 0,01$ ) і у IV – на 26,9 % ( $P < 0,001$ ) порівняно з контрольною групою бджіл, що може вказувати на активацію вуглеводного обміну в їх організмі (рис. 4).

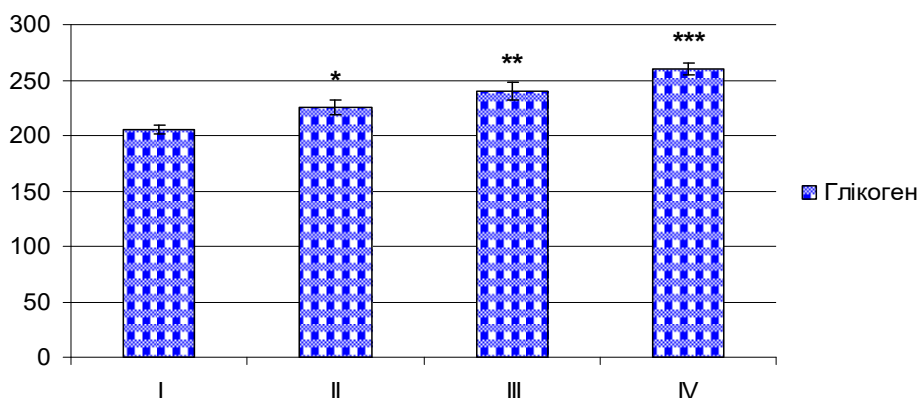


Рис. 4. Вміст глікогену у гомогенатах цілого організму бджіл, мг%

Тридцяти добова підгодівля дослідних бджіл цитратом магнію, очевидно, зумовлювала посилення засвоювання цукрового сиропу і трансформацію його у глікоген у всіх трьох дозах (0,04; 0,02; 0,01 мг Mg цитрату).

Загалом, наші дослідження показали, що підгодівля дослідних бджіл цитратом магнію у дозах 0,4; 2; 3 і 4 мг вказує на відсутність суттєвого впливу на концентрацію протеїнів у гемолімфі та тканинах бджіл. При застосуванні Mg цитрату у дозах 0,04; 0,02; 0,01 мг спостерігали збільшення активності каталази у гемолімфі всіх дослідних груп та в гомогенатах тканин цілого організму в IV групі, а також збільшення вмісту глікогену в усіх дослідних групах.

### Висновки

Застосування Mg цитрату в підгодівлі медоносних бджіл не позначено вірогідним підвищенням рівня загального вмісту білків у гемолімфі та гомогенатах цілого організму у тканинах дослідних груп як на I, так і II етапах.

Застосування Mg цитрату у підгодівлі медоносних бджіл змінювало співвідношення окремих протеїнових фракцій гемолімфи зі зменшенням відносного вмісту альбуміну,  $\beta$ -глобуліну та збільшенням  $\alpha_2$ - і  $\gamma$ -глобулінів за дії 0,01 мг Mg. Вплив 0,04 мг Mg зумовлював підвищення відносного вмісту  $\alpha_1$  і зменшення  $\beta$ - і  $\gamma$ -глобулінів у гемолімфі медоносних бджіл дослідних груп.

Підгодівля бджіл Mg цитрату посилювала каталазну активність у гемолімфі всіх трьох доз (0,04; 0,02; 0,01 мг Mg цитрату), а у гомогенатах цілого організму

тільки при дозі 0,01 г Mg цитрату. Застосування Mg цитрату у підгодівлі медоносних бджіл підвищувало вміст глікогену у всіх трьох дозах (0,04; 0,02; 0,01 мг Mg цитрату).

Одержані результати можуть враховуватися для проведення додаткового дослідження впливу змін протеїнового складу гемолімфи на розвиток і продуктивність бджолиних сімей.

*Перспективи подальших досліджень.* Доцільним є комплексне вивчення впливу магнію цитрату на жирнокислотний склад тканин організму медоносних бджіл.

### Відомості про конфлікт інтересів

Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів в даній роботі.

### References

- Babiienko, V. V., Mokiienko, A. V., Horoshkov, O. V., Koboliev, Ye. V., Seikh A, D. Kh., & Suvorova, H. S. (2022) Biokhimiia mahniuu yak kliuch do rozuminnia naslidkiv yoho defitsytu. Visnyk morskoi medytsyny, 3(96), 117–125. DOI: 10.5281/zenodo.7317947.
- Borsuk, G., Ptaszyńska, A. A., Olszewski, K., Domaciuk, M., Krutmuang, P. et al. (2017). New method for quick and easy hemolymph collection from apidae adults. PLoS ONE, 12(1), e0170487. DOI: 10.1371/journal.pone.0170487.
- Cebotari, V., Buzu, I., Toderas, I., Gulea, P., Postolachi, O., Toderici, V., & Gliga, O. (2015). Influence of some organic coordination compounds containing cobalt and bismuth on development morpho-productive

- characters of the bee families. Scientific Papers. Series D. Animal Science, 58, 251–258. URL: [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag\\_file/251-258\\_3.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/251-258_3.pdf).
- Cebotari, V., Toderas, L., Buzu, I., & Rudic, V. (2013). Use of chrome trace for vital activities functions stimulation of *Apis mellifera* bee colonies scientific papers. Series D. Animal science, LVI, 73–77 URL: <https://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/vol.LVI/Art11.pdf>.
- Chan, Q., Melathopoulos, A., Pernal, S., & Foster, L. (2009). The innate immune and systemic response in honey bees to a bacterial pathogen, *Paenibacillus larvae*. BMC Genomics, 10(1), 387. DOI: 10.1186/1471-2164-10-387.
- Evans, J. D., Aronstein, K., Chen, Y. P., Hetru, C., Imler, J.-L., Jiang, H., Kanost, M., Thompson, G. J., Zou, Z., & Hultmark, D. (2006). Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera*. Insect Mol Biol, 15(5), 645–656. DOI: 10.1111/j.1365-2583.2006.00682.x.
- Fedoruk, R. S., Kovalchuk, I. I., & Havraniak, A. R. (2009). Faktory formuvannia imunitetu medonosnykh bdzhil. Bioloheia tvaryn, 11(1-2), 83–90. URL: <http://archive.inenbiol.com.ua:8080/bt/2009/1/7.pdf> (in Ukrainian).
- Fiorentini, D., Cappadone, C., Farruggia, G., & Prata, C. (2021). Magnesium: Biochemistry, Nutrition, Detection, and Social Impact of Diseases Linked to Its Deficiency. Nutrients, 13(4), 1136. DOI: 10.3390/nu13041136.
- Galatiuk, O., Yarovets, V., Babenko, V., Cherevatov, V., Gutiy, B., Hryhorenko, A., Strilchuk, M., & Stolyar, I. (2023). II. Morphometry of wings of worker bees of the subspecies *Apis mellifera mellifera* L. (Polissya population of Zhytomyr region). ScienceRise: Biological Science, 1(34), 38–49. DOI: 10.15587/2519-8025.2023.275588.
- Glinski, Z., & Jarosz, J. (2000). Problems of immunosuppression and immunotoxicology in respect to the honeybee protection against microbial and parasitic invaders. Apiacta, 35(2), 65–76.
- Glinski, Z., & Jarosz, J. (2001). Infection and immunity in the honeybee *Apis mellifera*. Apiacta, 36(1), 12–24.
- Hartfelder, K., Bitondi, M., Brent, C.S., Guidugli-Lazzarini, K. R., Simoes, Z. L., & Stabeniner, A. (2013). Physiology and biochemistry of honey bees. Journal of Apicultural Research, 504–508 URL: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=283859>.
- Kovalchuk, I. I., Fedoruk, R. S., Spivak, M. Ya., Romanovych, M. M., & Iskra, R. Ya. (2021). Influence of immunobiotics B-7280 on the viability of honeybees and the content of essential and toxic microelements in the tissues of the organism. Microbiological Journal, 83(2), 12–20. DOI: 10.15407/microbiolj83.02.042.
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. Nature, 227, 680–685. DOI: 10.1038/227680a0.
- Pashchenko, A. H., Romaniv, L. I., Fedoruk, R. S., & Kovalchuk, I. I. (2016). Umist mikroelementiv u tkanynakh medonosnykh bdzhil za zghodovuvannia tsukrovoho syropu, boroshna soi i tsytrativ Co i Ni. Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Hzytskoho, 18(2(67)), 168–172 (in Ukrainian).
- Petrovska, I. R., Salyha, Y. T., & Vudmaska, I. V. (2022). Statistical Methods in Biological Research. A monograph. Kyiv, Ahrarna Nauka (in Ukrainian).
- Romaniv, L. I., Kovalchuk, I. I., Pashchenko, A. H., & Fedoruk, R. S. (2018). Umist lipidiv u tkanynakh orhanizmu medonosnykh bdzhil za zghodovuvannia boroshna soi, tsukrovoho syropu i tsytrativ kobaltu ta nikeliiu. Bioloheia tvaryn, 20(3), 84–92. DOI: 10.15407/animbiol20.03.084 (in Ukrainian).
- Rude, R. K., & Gruber, H. E. (2004). Magnesium deficiency and osteoporosis: animal and human observations. The Journal of nutritional biochemistry, 15(12), 710–716. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2004.08.001.
- Saranchuk, I. I., Vishchur, V. Ya., Gutyj, B. V., & Klim, O. Ya. (2021). Effect of various amounts of sunflower oil in feed additives on breast tissues' functional condition, reproductivity, and productivity of honey bees. Ukrainian Journal of Ecology, 11(1), 344–349. DOI: 10.15421/2021\_51.
- Shamro, L. P., & Shamro, T. M. (2012). Vikovi zminy bioloheichnykh osoblyvostei medonosnykh bdzhil. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii, 4, 58–60 URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2012/04/58.pdf> (in Ukrainian).
- Shamro, L. P., & Soloviova, T. M. (2014). Bioloheichni osoblyvosti robochykh bdzhil simei iz riznoiu hiiienichnoiu povedinkoiu. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii, 2, 96–98. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2014/02/19.pdf> (in Ukrainian).
- Shumkova, R., & Zhelyazkova, I. (2018). Investigation of the impact of some stimulant products on the total protein content in worker bee hemolymph (*Apis mellifera* L.). Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 21(4), 41–49.
- Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., Ratych, I. B. (2012). Laboratorni metody doslidzhen u bioloheii, tvarynnytstvi ta veterynarnii medytsyni: dovidnyk. Lviv: Spolom (in Ukrainian).
- Weirich, G., Collins, A., & Williams, V. (2002). Antioxidant enzymes in the honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie*, 33(1), 3–14. DOI: 10.1051/apido:2001001.
- Wolf, F., Maier, J., Nasulewicz, A., Feillet-Coudray, C., Simonacci, M., Mazur, A., & Cittadini, A. (2007). Magnesium and neoplasia: From carcinogenesis to tumor growth and progression or treatment. Arch. Biochem. Biophys, 458(1), 24–32. DOI: 10.1016/j.abb.2006.02.016.
- Yarmoliuk, M. (2023). Vmist zahalnoho bilka v hemolimfi *Apis mellifera* L. za umov osinnoi zahodivli preparatom «Aiplaza» Materialy studentskoi naukovoii konferentsii Chernivetskoho natsionalnoho universytetu (25-27 kvitnia 2023 roku). Navchalno-naukoviivnyi instytut bioloheii, khimii ta bioresursiv. Chernivtsi : Chernivets. nats. un-t im. Yu. Fedkovycha, 108–110 (in Ukrainian).