

М. Лирик, асп., О. Сорочинская, асп., О. Манюх, асп., М. Байляк, канд. биол. наук  
Государственное Высшее Учебное Заведение  
"Прикарпатский национальный университет имени Васыля Стефанька", Ивано-Франковск, Украина

### ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ АМИНОКИСЛОТНОГО ОБМЕНА В *DROSOPHILA MELANOGASTER* ЗА УПОТРЕБЛЕНИЯ АЛЬФА-КЕТОГЛУТАРАТА

Исследовано влияние альфа-кетоглутарата (АКГ) на аминокислотный обмен у плодовой мушки. Пищевой АКГ не влиял на массу тела, содержание мочевины, активность глутаматдегидрогеназы, аланин- и аспаратаминотрансфераз в двухдневных мух. Двухдневные самки, а не самцы, выращенные на 10 мМ АКГ, имели высшее содержание общего белка и свободных аминокислот, а подопытные самцы – низшую активность глутаминсинтазы по сравнению с контрольными особями. В то же время, АКГ приводил к увеличению содержания общего белка в обоих полах 24-дневного возраста. Содержание на среде с АКГ снижало общую плодовитость мух.

Ключевые слова: альфа-кетоглутарат, *Drosophila melanogaster*, аминокислоты, общий белок, плодовитость.

M. Lylyk, PhD stud., O. Sorochynska, PhD stud., O. Maniukh, PhD stud., M. Bayliak, PhD.  
Department of Biochemistry and Biotechnology, Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

### GENDER DIFFERENCES OF AMINO ACID METABOLISM IN *DROSOPHILA MELANOGASTER* ON ALPHA-KETOGLUTARATE-SUPPLEMENTED FOOD

The influence of alpha-ketoglutarate (AKG) on amino acid metabolism in the fruit fly was investigated. Dietary AKG did not affect body mass, urea content, activity of glutamate dehydrogenase, alanin- and aspartataminotransferase in two-day-old flies. Two-day-old females, but not males, grown on 10 mM AKG, had higher levels of total protein and free amino acids. However, AKG led to an increase in total protein in 24-day-old flies of both sexes. Maintenance on AKG-containing medium reduced overall fecundity of flies.

Keywords: alpha-ketoglutarate, *Drosophila melanogaster*, amino acids, total protein, fecundity.

УДК 581.711.712:581.132:504.055

Н. Нужина, канд. биол. наук, О. Ткачук, канд. биол. наук, А. Фукаляк, біолог II категорії  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

### ДИНАМІКА ПІГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСУ ТРЬОХ ВИДІВ ШИПШИН ЗА УМОВ ГІПЕРТЕРМІЇ

Наведено дані про зміну вмісту фотосинтезуючих пігментів у листках рослин *Rosa donetzica*, *Rosa spinosissima*, *Rosa reversa* після короткотривалого впливу високої температури (+40°C). Встановлено, що рослини виду *Rosa donetzica* є найменш жаростійкими з досліджених видів.

Ключові слова: *Rosa*, фотосинтезуючі пігменти, гіпертермія.

**Вступ.** Дикорослі представники роду *Rosa* L. здавна були і залишаються дотепер цінними господарськими рослинами. Їх біохімічні властивості стали основою застосування шипшин у фармакології, біологічні особливості і декоративні якості використовують у садово-парковому будівництві. Успішність культивування шипшин залежить від багатьох факторів середовища. Одним з важливих факторів, що впливає на ріст і розвиток рослинного організму, як відомо, є температурний режим. Різкі коливання температури особливо негативно впливають на метаболізм рослини. За літературними даними, пігментний комплекс є дуже чутливим до змін температури середовища [3, 8, 10]. Зокрема встановлено, що адаптація фотосинтезуючої системи до температурного стресу полягає, у першу чергу, у зміні співвідношення хлорофілів a/b (chl a/chl b) і хлорофілів a+b/каротиноїди (chl a+chl b/car) [1, 3]. Зустрічаються дані про відмінний вплив гіпертермії на флавоноїди залежно від їхнього типу та місцезнаходження в рослині [13].

Метою нашої роботи було детальне вивчення динаміки пігментного комплексу відібраних для дослідів видів роду *Rosa* при вирощуванні в умовах оптимальних температур та після короткотривалої дії високотемпературного стресу.

**Об'єкт та методи досліджень.** Об'єктами дослідження слугували види роду *Rosa* з колекції Ботанічного саду ім. акад. О. В. Фоміна: *Rosa donetzica* Dubovik, *Rosa spinosissima* L., *Rosa reversa* Waldst. et Kit. Для дослідів відбирали види з різних природних ареалів, а отже з відмінною пристосованістю до високих температур.

У експерименті використовували листя трьохрічних рослин, отриманих вегетативно від шипшин, котрі зростають у колекційних експозиціях Ботанічного саду. Дослідження проводили в першій декаді червня, у період коли денна температура повітря становила +23...+25°C, на рослинах, які раніше не піддавалися дії гіпертермії.

Дослідні рослини, у горщиках з землею, прогрівали у повітряному термостаті за температури +40°C протягом трьох годин [5]. Температуру в термостаті контролювали термометром, розміщеним на рівні рослин. Передня стінка термостата була скляною і рослини перебували в умовах природного освітлення. Ми не використовували додаткового до природного освітлення при термообробці, оскільки відомі факти, про посилення інгібуючої дії високих температур при яскравому освітленні на фотосинтезуючу систему [2]. Контрольні рослини протягом трьох годин перебували в виключеному термостаті, для створення ідентичних умов освітлення.

Контрольна група рослин витримувалась при температурі +25°C. Всі дослідні проводили в чотирикратній повторюваності. Вміст пігментів визначали за допомогою спектрофотометра СФ-2000. Пігменти екстрагували з рослинного матеріалу 80 % ацетоном і визначали спектрофотометричним методом при  $\lambda=663, 646, 470$  нм [12]. Вміст пігментів обчислювали з розрахунку на масу сирої речовини.

Сумарний вміст флавоноїдів в перерахуванні на рутин і абсолютно суху масу у відсотках визначали за методикою [9] при  $\lambda=410$  нм.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програми Statistica 8, достовірність результатів визначали за t-критерієм Стьюдента.

**Результати та їх обговорення.** Короткотривала дія високої температури на *R. donetzica* спричинила зменшення кількості хлорофілів a і b, ймовірно за рахунок їх руйнування. Особливо нестійкий до температурного стресу виявився хлорофіл b (рис. 1). Збільшення внаслідок стресу кількості каротиноїдів, а також зменшення показника (chl a + chl b)/ car вказують на формування адаптивної реакції за участю цих пігментів. Різке збільшення співвідношення chl a / chl b після прогрівання

пояснюється, в першу чергу, сильною руйнацією хлорофілу *b*. Пригнічення фотосинтетичної активності (в першу чергу за рахунок хлорофілів) внаслідок стресу відмічають і інші дослідники, зокрема при гіпертермії та гіпотермії [7, 8, 10]. Серед наслідків впливу високої те-

мператури відмічають деструктивні зміни у фотосинтетичному апараті, котрі зумовлюють зменшення фотохімічної ефективності фотосистеми II як чутливого компонента фотосинтезу [11].

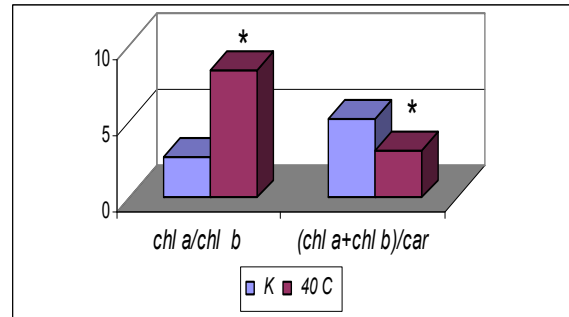
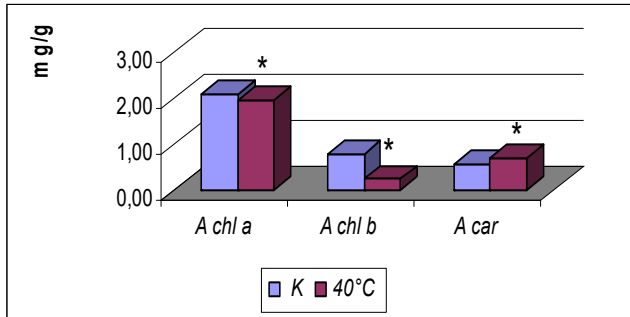


Рис. 1. Гістограма зміни пігментного складу та співвідношення пігментів у рослинах *R. donetzica* після впливу високих температур, де \* $-P < 0,05$  відносно контрольної групи

Дані рис.2 свідчать, що достовірних відмінностей вмісту хлорофілів та каротиноїдів після стресу порівняно з контрольною групою у рослин виду *R. spinosissima* не виявлено. Тобто, значного пошкодження світлозбираючих пігментів при різкому прогріванні до  $+40^{\circ}\text{C}$  не відбувається, спостерігається лише

тенденція до зменшення кількості пігментів. Однак, поряд з тенденцією до зменшення кількості хлорофілів *a* і *b*, та каротиноїдів спостерігається достовірне збільшення показника  $(chl\ a + chl\ b)/car$ , тобто гіпертермія має сильніший негативний вплив на каротиноїди, ніж на хлорофіли даного виду.

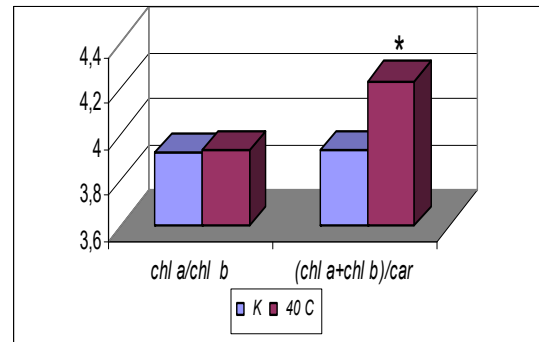
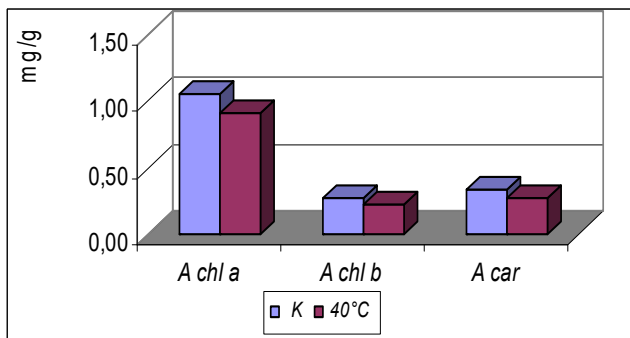


Рис. 2. Гістограма зміни пігментного складу та співвідношення пігментів у рослинах *R. spinosissima* після впливу високих температур, де \* $-P < 0,05$  відносно контрольної групи

Кількість хлорофілів та каротиноїдів після прогрівання порівняно з контрольною групою у *R. reversa* не відрізнялась достовірно (рис. 3). Однак, поряд з характерною і закономірною тенденцією до зменшення кількості хлоро-

філу *b*, спостерігається тенденція до збільшення кількості хлорофілу *a*. Таким чином, зростання внаслідок стресу показника співвідношення  $chl\ a / chl\ b$  викликане різноспрямованою зміною кількості обох типів хлорофілів.

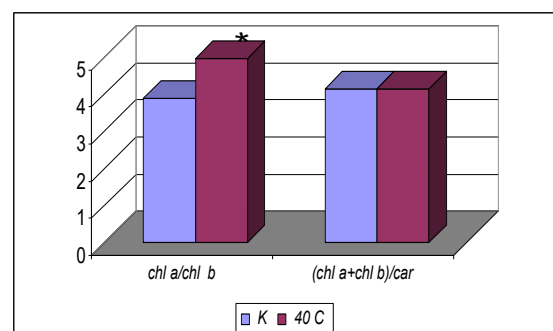
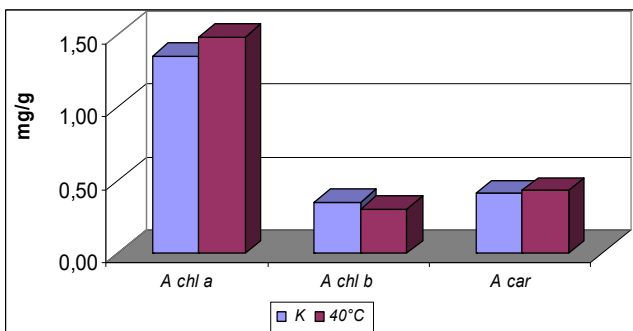


Рис. 3. Гістограма зміни пігментного складу та співвідношення пігментів у рослинах *R. reversa* після впливу високих температур, де \* $-P < 0,05$  відносно контрольної групи

У нормі концентрація хлорофілу *a* і *b* та каротиноїдів між трьома видами дещо відрізняється. Відомо що,

вміст хлорофілів у листку відображає пристосованість рослини до певної інтенсивності освітлення [4]. Віднос-

но менші показники вмісту хлорофілів у *R. spinosissima* вказують на те, що вона є більш світлолюбною серед досліджених видів. Тоді як, найвищі показники вмісту хлорофілів у *R. donetzica*, свідчать про найбільшу тіневитривалість серед досліджених шипшин. Результати наших досліджень підтверджують дані інших дослідників: термостабільність фотосинтезуючого апарату більша за меншого вмісту світлозбираючих пігментів [6]. Так, вміст пігментів у *R. donetzica* вдвічі більший ніж у інших двох видів, при цьому фотосинтезуюча система

даних рослин виявилась найбільш нестійкою до температурного стресу. Як свідчать дані на рис. 2 і рис. 3, достовірних змін кількісних параметрів пігментної системи не виявлено в *R. spinosissima* та *R. reversa*. Також після стресу стабільним залишилось співвідношення *chl a / chl b* у та *R. spinosissima* та  $(chl a + chl b) / car$  у *R. reversa*. Дані співвідношення є критеріями фотосинтетичної активності і використовуються маркерами стійкості в стресових умовах [2, 8].

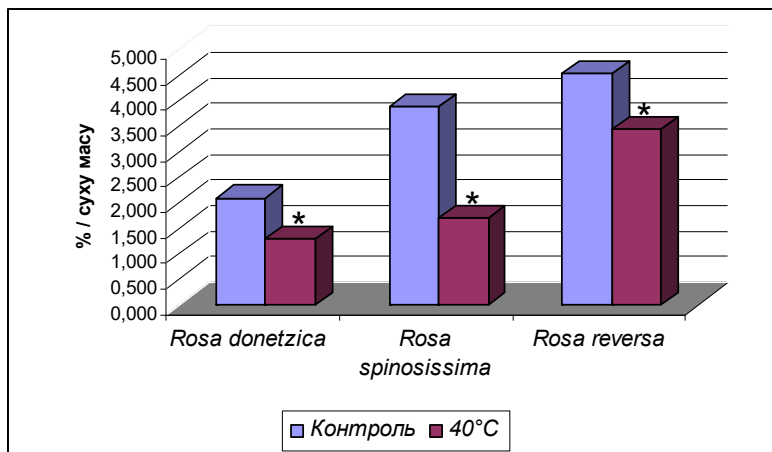


Рис. 4. Гістограма зміни вмісту флавоноїдів видів роду *Rosa* після впливу високих температур де  $*-P < 0,05$  відносно контрольної групи

Відомо, що флавоноїди беруть участь в фотосинтезі, утворенні лігніну і суберину, за рахунок поглинання ультрафіолетового проміння вони захищають тканини від надмірної радіації, є антиоксидантами [14]. За нашими даними, найбільше флавоноїдів в нормі накопичується у *R. reversa* (рис. 4), що забезпечує цим рослинам певний антиоксидантний захист особливо на перших етапах температурного стресу. Найменша кількість флавоноїдів в нормі відмічена у рослин *R. donetzica*, що свідчить про меншу роль даних пігментів в антиоксидантній відповіді на стрес, порівняно з іншими видами. При прогріванні до  $+40^{\circ}\text{C}$ , спостерігається лише зниження кількості флавоноїдів в усіх досліджуваних видів, можливо за рахунок руйнування.

**Висновки.** Встановлено, що рослини *R. spinosissima* є більш світлолюбними серед досліджених видів, тоді як *R. donetzica* є найбільш тіневитривалими. При гіпертермії у рослин усіх досліджених видів спостерігається зниження кількості флавоноїдів. Короткотривала дія високих температур ( $+40^{\circ}\text{C}$ ) негативно вплинула на фотосинтезуючу систему *R. donetzica* і майже не мала пошкоджуючого впливу на *R. reversa* та *R. spinosissima*. Отже, рослини виду *R. donetzica* є менш жаростійкими. Отримані дані слід враховувати задля успішного культивування шипшин даних видів.

#### Список використаних джерел

1. Андрианова Ю.Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю.Е. Андрианова, И.А. Тарчевский М., 2000.
2. Буболо Л.С. Защитное и повреждающее действие видимого света на фотосинтетический аппарат пшеницы при гипертермии / Л.С. Буболо; О.Д. Быков; И.Е. Каменцева; И.М. Кислюк // Физиология растений. – 2008. – № 5. – С. 681-689.
3. Иванов Л. А. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале / Л. А. Иванов, Л. А. Иванова, Д. А. Ронжина и др. // Физиология растений. – 2013. – Т. 60, № 6. – С. 856–864.
4. Лебедева Т.С. Пигменты растительного мира / Т.С. Лебедева, К.М. Сытник – К., 1986.

5. Мусієнко М.М. Протекторна роль цитокініну за дії теплового стресу на рослини пшениці / М.М. Мусієнко, В.В. Жук, Л.М. Бацманова // Ukr. Bot. J. – 2014. – № 71(2). – С. 244–249.

6. Пшибытко Н.Л. Влияние гипертермии на структурно-функциональное состояние фотосинтетических мембран ячменя с модифицированным пигментным аппаратом / Н.Л. Пшибытко, Н.Б. Жаворонкова, Л.Ф. Кабашникова // Биологические мембраны. – 2005. – Т. 22, № 6. – С. 444-449.

7. Середнева Я.В. Влияние условий хронической и острой гипертермии и низкоинтенсивного переменного магнитного поля на функциональное состояние фотосинтетического аппарата растений *Pisum sativum* L. / Я.В. Середнева, А.С. Патунина, Ю.В. Синицына, А.П. Веселов // Вестник Нижегородского университета имени Н.И. Лобачевского. – 2014. – №1(2). – С. 224–228.

8. Станецька Д. М. Вплив високотемпературного стресу на пігментний комплекс видів роду *Solidago* L. в репродуктивний період / Д. М. Станецька, І. В. Коваль, Н. І. Джуренко та ін. // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. – 2011. – Вип. 30. – С. 192–196.

9. Тринеева О. В. Разработка и валидация методики количественного определения флавоноидов в листьях крапивы двудомной / О. В. Тринеева, А. И. Слишкин, С. С. Воропаева // Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация. – 2014. – №1. – С.138-144.

10. Lichtenhaller L. M. Effect of temperature stresses on pigment content, lipoxygenase activity and cell ultrastructure of winter wheat seedlings / L. M. Babenko, I. V. Kosakivska, Yu. A. Akimov, D. O. Klymchuk, T. D. Skaternya // Genetics and Plant Physiology – 2014 – Vol. 4, №(1–2). – P. 117–125.

11. Barnabas B. Effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals/ B. Barnabas, K. Jager, A. Feher // Plant Cell Environ. – 2008. – V. 31. – P. 11–38.

12. Lichtenhaller H.K. Chlorophylls and carotenoids, pigments of photosynthetic biomembranes / H.K. Lichtenhaller // Methods in enzymology. – 1987. – V. 148. – P. 350–382.

13. Raghuvanshi A. Effect of temperature on flavonoid production in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L) Millsp] in relation to nodulation / A. Raghuvanshi, S. Dudeja, A. Khurana // Biology and Fertility of Soils. – 1994. – V. 17, № 4. – P. 314-316.

14. Wang G. Role of Temperature and Soil Moisture Conditions on Flavonoid Production and Biosynthesis-Related Genes in Ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) Leaves / G. Wang, F. Cao, G. Wang and Y. A. El-Kassaby // Open Natural Products Chemistry & Research. – 01. 2015 – DOI: 10.4172/2329-6836.1000162.

#### Reference

1. Andrianova YuE, Tarchevskiy IA. Hlorofill i produktivnost rasteniy. Moscow, 2000. Russian
2. Babenko LM, Kosakivska IV, Akimov YuA, Klymchuk DO, Skaternya TD. Effect of temperature stresses on pigment content,

lipoxigenase activity and cell ultrastructure of winter wheat seedlings. *Genetics and Plant Physiology*. 2014; 4(1-2): 117-125.

3. Barnabas B, Jager K, Feher A. Effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environ*. 2008; 31: 11-38.

4. Bubolo LS; Byikov OD; Kamentseva IE; Kislyuk IM. Zashitnoe i povrezhdaiyuschee deystvie vidimogo sveta na fotosinteticheskiy apparat psheniysi pri gipertermii. *Fiziologiya rasteniy*. 2008; 5: 681-9. Russian

5. Ivanov LA, Ivanova LA, Ronzhina DA. i dr. Izmnenie soderzhaniya hlorofilov i karotinoidov v listyah stepnykh rasteniy vdol shirotnogo gradienta na Yuzhnom Urale. *Fiziologiya rasteniy*. 2013; 60 (6): 856-864. Russian

6. Lebedeva TS, Sytnik KM. Pigmenty rastitel'nogo mira Kiev, 1986. Russian

7. Lichtenthaler HK. Chlorophylls and carotenoids, pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 1987; 148: 350-382.

8. Musiyenko MM, Zhuk VV, Batsmanova LM. Protektorna rol' tsytokininu za diyi teplovoho stresu na roslyny pshenyysi. *Ukr. Bot. J*. 2014; 71(2): 244-9. Ukrainian.

9. Pshibiytko NL, Zhavoronkova NB, Kabashnikova LF. Vliyanie gipertermii na strukturno-funktsionalnoe sostoyanie fotosinteticheskikh membran yachmenya s modifitsirovannym pigmentnyim apparatom. *Biologicheskie membrany*. 2005; 22 (6): 444-9. Russian

10. Raghawanshi A, Dudeja S, Khurana A. Effect of temperature on flavonoid production in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L) Millsp] in relation to nodulation. *Biology and Fertility of Soils*. 1994; 17(4): 314-6.

11. Seredneva YaV, Patunina AS, Sinitsyna YuV, Veselov AP. Vliyanie usloviy hronicheskoy i ostroy gipertermii i nizkointensivnogo peremennogo magnitnogo polya na funktsionalnoe sostoyanie fotosinteticheskogo apparata rasteniy *Pisum sativum* L. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta imeni N.I. Lobachevskogo*. 2014; 1(2): 224-8. Russian

12. Stanets'ka DM, Koval' IV, Dzhurenko NI ta in. Vplyv vysokotemperaturnoho stresu na pihmentnyy kompleks vydiv rodu *Solidago* L. v reproduktyvnyy period. *Naukovy visnyk Uzhhorod'skoho universytetu. Seriya Biolohiya*. 2011; 3: 192-6. Ukrainian.

13. Trineeva OV, Slivkin AI, Voropaeva SS. Razrabotka i validatsiya metodiki kolichestvennogo opredeleniya flavonoidov v listyah krapivyi dvudomnoy. *Vestnik VGU, seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2014; 1: 138-144. Russian

14. Wang G, Cao F, Wang G, El-Kassaby YA. Role of Temperature and Soil Moisture Conditions on Flavonoid Production and Biosynthesis-Related Genes in Ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) Leaves. *Open Natural Products Chemistry & Research*. 2015 – DOI: 10.4172/2329-6836.1000162.

Надійшла до редколегії 12.09.16

Н. Нужи́на, канд. биол. наук, О. Ткачук, канд. биол. наук, А. Фукаляк, биолог II категории Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка, Киев, Украина

### ДИНАМИКА ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ТРЕХ ВИДОВ ШИПОВНИКА ПРИ УСЛОВИИ ГИПЕРТЕРМИИ

Приведены данные об изменении содержания фотосинтезирующих пигментов в листьях растений *Rosa donetzica*, *Rosa spinosissima*, *Rosa reversa* после кратковременного воздействия высокой температуры (+ 40° C). Установлено, что растения вида *Rosa donetzica* наименее жаростойкие из исследованных видов.

Ключевые слова: *Rosa*, фотосинтезирующие пигменты, гипертермия

N. Nuzhyna, PhD, O. Tkachuk, PhD., A. Fukalyak, biologist II category Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

### DYNAMICS OF PIGMENT COMPLEX THREE SPECIES OF WILD ROSE UNDER HYPERTHERMIA

The data about changing of the content of photosynthetic pigments in leaves of plants *Rosa donetzica*, *Rosa spinosissima*, *Rosa reversa* after short-term exposure to high temperature (+40°C) are presented. It was established that the plants of species *Rosa donetzica* are the least resistant of the studied species.

Key words: *Rosa*, photosynthetic pigments, hyperthermia

УДК 577.112.85:57.083.3:591.16:631.528.6:633.34

М. Храбко, асп.,  
Р. Федорук, д-р вет. наук, проф.  
Інститут біології тварин НААН, Львів

### РІСТ І РОЗВИТОК ОРГАНІЗМУ САМЦІВ ЩУРІВ F1 ТА ЙОГО ІМУНОФІЗІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ У ПЕРІОД ВИПОЮВАННЯ РІЗНИХ ДОЗ НАНОТЕХНОЛОГІЧНОГО І ХІМІЧНО СИНТЕЗОВАНОГО ЦИТРАТУ ГЕРМАНІЮ

Метою досліджень було вивчити вплив різних доз цитрату Ge на ріст і розвиток самців F1, активність імунної системи організму, стан гемостазу. Дослідження виконані методами груп і періодів на самцях щурів F1, яким випоювали цитрат Ge від молочного періоду до 120 діб, в дозах 10 (I), 20 (II), 200 (III) мкг Ge/кг м. т., що отриманий нанотехнологічним методом і 2000 мкг Ge/кг м. т. – хімічно синтезованого. За результатами досліджень встановлено більше виражений вплив цитрату Ge на ріст і розвиток організму самців в дозі 20 мкг Ge/кг м. т. Біологічна дія цитрату Ge стимулювала імунізацію організму з підвищенням вмісту загальної Ig, молекул середньої маси, сіалових кислот, кількості лейкоцитів за рахунок лімфоцитів і гранулоцитів на тлі зменшення рівня циркулюючих імунних комплексів і гексоз, зв'язаних з білками. Відзначено позитивний дозо-залежний вплив цитрату Ge на ріст і розвиток організму щурів і його гематологічні та імунізаційні показники.

Ключові слова: імунізація, щурі, кров, тканини, германію цитрат.

**Вступ.** Розвиток організму залежить від імунізаційної активності організму, що визначається рівнем імунних глобулінів, глікопротеїнів, загальних цитокінів, позаклітинних ДНК, молекулярних факторів тканинного стресу [1, 2]. Ці речовини запускають імунізаційні механізми адаптивно-гомеостатичних реакцій, активацію яких зумовлюють низка речовин, зокрема й сполуки Германію (Ge), що володіють біологічною активністю [2-4].

В організмі людини і тварин Ge стимулює низку функцій, пов'язаних з онтогенетичним розвитком, у тому числі органів імунної системи, травлення, відтворення [5-7], коригує рух елементів у нервових клітинах і знижує поріг больової чутливості [4, 8, 9], попереджує роз-

виток гіпоксії, виконуючи активну роль у перенесенні кисню до тканин [4, 9]. Однак, мінеральні сполуки Ge, зокрема оксиди, можуть проявляти у певних дозах токсичний вплив в організмі, порушуючи функцію нирок, що проаналізовано у низці оглядів, присвячених біологічній ролі Ge [4, 5, 9]. Тому ведуться дослідження з пошуку нових, зокрема органічних сполук Ge, токсичність яких значно нижча, або відсутня [8, 10]. Доведено, що органічні сполуки Ge, стимулюють продукування γ-інтерферону та основних факторів резистентності з підвищенням активності багатьох фізіологічних систем [9-11], у тому числі репродуктивну функцію самиць тварин [6, 12]. Відзначено стимулюючий вплив цитрату германію, отриманого методом нанотехнології, на ан-