

References

1. Барна О.М., Сабадаш В.Є., Корост Я.В., Пехенько В.С. Дегенеративно-дистрофічні захворювання суглобів: довготривала терапія як шлях до успіху // Ліки України. – 2017. – №2(208). – С. 15-20. Available from: http://www.health-medic.com/articles/liki_ukr/2017-04-05/3.pdf
2. Власова С.Н. Активність глутатионзависимих ферментів зрит-роцитів при хронічних захворюваннях печінки у дітей / С.Н. Власова, Е.И. Шабуніна, І.А. Переслегіна // Лаб. дело. – 1990. – Вып. 8. – С. 19–22.
3. Ahmed M.M., Bastawy S. Evaluation of anti inflammatory properties and possible mechanism of action of Egyptian quince (*Cydonia oblonga*) leaf // Egyptian Journal of Biochemistry and Molecular Biology. – 2014. – Vol. 32, №2. – P. 190-205. Available from: http://applications.emro.who.int/emr/egypt_j_biochem_mol_biol/egypt_j_biochem_mol_biol_2014_32_2_190_205.pdf
4. Hissin P.J. A fluorometric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues / Paul J. Hissin, Russell Hilf // Analytical Biochemistry. – 1976. – Vol. 74, Issue 1. – P. 214–226. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Russell_Hilf/publication/22193040_Fluorimetric_method_for_determination_of_oxidized_and_reduced_glutathione_in_tissues/links/55f81e1308ae07629d04ae4/Fluorimetric-method-for-determination-of-oxidized-and-reduced-glutathione-in-tissues.pdf
5. Kelli D. Allen, Yvonne M. Golightly Epidemiology of osteoarthritis: state of the evidence // Curr. Opin. Rheumatol. – Curr Opin Rheumatol. – 2015. – Vol. 27, N3. – P. 276–283. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4405030/pdf/nihms680923.pdf>
6. Mathew L.E., Sindhu G., Helen A. Dolichos biflorus exhibits anti-inflammatory and antioxidant properties in an acute inflammatory model // Journal of Food and Drug Analysis. – 2014. – Vol. 22(4). – P. 455-462. Available from: [http://www.jfda-online.com/article/S1021-9498\(14\)00050-7/pdf](http://www.jfda-online.com/article/S1021-9498(14)00050-7/pdf)
7. Mobasheri A., Rayman M.P., Gualillo O. et al. The role of metabolism in the pathogenesis of osteoarthritis // Nat. Rev. Rheumatol. – 2017. – Vol. 13, N5. – P. 302-311. Available from: <https://www.nature.com/nrrheum/journal/v13/n5/pdf/nrrheum.2017.50.pdf>
8. Mokrasch L.C. Glutathione content of cultured cells and rodent brain regions: a specific fluorometric assay / Lewis C. Mokrasch, Eric J. Teschke // Analytical Biochemistry. – 1984. – Vol. 140, Issue 2. – P. 506–509. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6486436>
9. Morris C.J. Carrageenan-induced paw edema in the rat and mouse // Methods Mol. Biol. – 2003. – Vol. 225. – P. 115–121. Available from: <http://link.springer.com/protocol/10.1385/1-59259-374-7%3A115>
10. Oluwole O.G., Ologe O., Alabi A. et al. Anti-inflammatory effects and anti-oxidant capacity of *Myrtilus arborea* (Cecropiaceae) in experimental models // J. Basic. Clin. Physiol. Pharmacol. – 2017. – Vol. 3. – P. 1-9. Available from: <https://www.degruyter.com/view/j/jbcp-2016-0114/jbcp-2016-0114.xml>
11. Xie F., Kovic B., Jin X. et al. Economic and humanistic burden of osteoarthritis: a systematic review of large sample studies // Pharmacoeconomics. – 2016. – Vol. 34, N11. – P. 1087-1100. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007%2F1007%2F016-0424-x>
12. Ziskoven C., Jäger M., Kircher J. et al. Physiology and pathophysiology of nitrosative and oxidative stress in osteoarthritic joint destruction // Can. J. Physiol. Pharmacol. – 2011. – Vol. 89, №7. – P. 455-466. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

Надійшла до редколегії 08.02.17

Е. Дворщенко, д-р біол. наук, Н. Ашпін, асп., Е. Торгалло, канд. біол. наук, М. Тимошенко, канд. біол. наук, Л. Остапченко, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ДЕЙСТВИЕ ХОНДРОИТИН СУЛЬФАТА НА ГЛУТАТИОНОВУЮ СИСТЕМУ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ ПРИ КАРРАГИНАН-ИНДУЦИРОВАННОМ ОСТРОМ ВОСПАЛЕНИИ.

Установлено, что при каррагинан-индуцированном воспалении задней конечности в сыворотке крови увеличивается содержание окисленного глутатиона и возрастает глутатионтрансферазная активность. При тех же экспериментальных условиях уровень восстановленного глутатиона и активность глутатионпероксидазы и глутатионредуктазы снижается. Показано, что при совместном введении препарата на основе хондроитин сульфата и каррагинана животным вышеуказанные показатели существенно восстанавливались до контрольных значений.

Ключевые слова: острое воспаление конечности, хондроитин сульфат, глутатионовая система, сыворотка крови.

K. Dvorshchenko, DSc., M. Ashpin, PhD stud., Ie.Torgalo, Phd., M. Tymoshenko, PhD., L. Ostapchenko, Prof.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ACTION OF CHONDROITIN SULFATE ON THE GLUTATHIONE SYSTEM IN BLOOD SERUM AT CARRAGEENAN-INDUCED ACUTE INFLAMMATION.

Increase of content of oxidized glutathione (GSSG) is fixed in blood serum at carrageenan-induced rat paw inflammation, as well as increase of the glutathione transferase activity. Upon the same experimental conditions, the level of reduced glutathione (GSH) and activity of glutathione peroxidase and glutathione reductase were decreased. All above mentioned indices was closer to control values in animals treated simultaneously with carrageenan and drug on the basis of chondroitin sulfate.

Key words: acute paw inflammation, chondroitin sulfate, glutathione system, blood serum.

УДК 581.132:504.055: 581.522.5+543.42

Н. Нужи́на, канд. біол. наук, В. Кондратюк-Стоян, пров. інж.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ЖАРОСТІЙКІСТЬ ТА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ ДЕЯКИХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *RHODODENDRON* L.

Наведено дані про зміну вмісту фотосинтезуючих пігментів у листях рослин *Rhododendron makinoi*, *R. degranianum*, *R. callimorphum* і *R. brachycarpum* після впливу високих температур. Встановлено ступінь посухостійкості даних рослин. Найбільш посухо- і жаростійкими видами є рослини, батьківщиною яких є Японія.

Ключові слова: *Rhododendron makinoi*, *R. degranianum*, *R. callimorphum* і *R. brachycarpum* фотосинтезуючі пігменти, гіпертермія, посухостійкість.

Вступ. За останнє століття багатьма дослідниками підтверджено наявність тенденції до підвищення середньорічної температури повітря [1; 2; 3]. Такі кліматичні зміни часто супроводжуються різкими коливаннями температури. Багаточисельні дослідження підтверджують негативний вплив гіпер- та гіпотермії на ріст та розвиток рослинних організмів. Однією із найчутливіших до температурного впливу є пігментна система [4; 5]. Разом з цим, більшість робіт присвячено вивченню впливу температурного стресу на трав'янисті сільськогосподарські культури [1; 6], і зовсім мало уваги приділено дерев'янистим рослинам. Представники роду

Rhododendron L. надзвичайно популярні в першу чергу, як декоративні рослини. Тому метою нашої роботи було вивчення адаптивних особливостей різних видів рододендронів до короткотривалої дії високотемпературного стресу та їх посухостійкості, що допоможе успішніше культивувати рослини та інтродукувати нові цінні види.

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження слугували види роду *Rhododendron*: *R. makinoi* Tagg ex Nakai et Koidz., *R. degranianum* Carrière, *R. callimorphum* Balf. f. & W.W. Sm. *R. brachycarpum* D. Don ex G. Don. Для дослідів відбирали види з різних природних ареалів, а отже з відмінною пристосованістю до високих темпера-

тур. *R. brachycarpum* росте на кам'янистих ділянках серед змішаних лісів в межах Далекого Сходу Росії, зустрічається на Курилах (Ітуруп, Кунашир) і на території Сіхоте-Алінського заповідника в Примор'ї. *R. makinoi* росте в горах на висоті 200-700 м н.р.м. на острові Хонсю, Японія. *R. degranianum* родом з північної частини острова Хонсю (Японія), зростає на висоті біля 1800 метрів н.р.м. Батьківщиною *R. callimorphum* є Зах. Юньнань (Китай) 3300 м н.р.м. У експерименті використовували листя однорічних сіянців рододендронів, котрі зростають у колекційних експозиціях Ботанічного саду.

Дослідження проводили в першій декаді червня, у період коли денна температура повітря становила +23...+25°C, на неадаптованих до високих температур рослинах. У експерименті використовували листки однорічних сіянців рододендронів, котрі зростають у колекційних експозиціях Ботанічного саду імені О.В. Фоміна. Дослідні рослини, у горщиках з землею,

прогрівали у повітряному термостаті за температури +40°C протягом трьох годин. 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 [7]. Контрольна група рослин витримувалась при температурі +25°C.

Біохімічні дослідження проводили за допомогою спектрофотометра СФ-2000. Піменти були екстраговані з рослинного матеріалу за допомогою 80% ацетону і визначалися при $\lambda = 663, 646, 470$ нм, в перерахунку на г/мг сирої маси [8].

Оцінку посухостійкості проводили за методикою Жанга (2011). Вимірювали оводненість тканин, водний дефіцит та втрату води за 1 годину в'янення. Ступінь посухостійкості визначали за таблицею 1 [9].

Таблиця 1. Шкала оцінки параметрів водного режиму листків для визначення відносної засухостійкості

Оцінка посухостійкості	вміст води, %	водний дефіцит, %	середня втрата вод за 1 год. в'янення, %
Низька	$\leq 59,9$	$20,1 \leq$	$11,1 \leq$
Середня	$60,0 - 69,9$	$10,1 - 20,0$	$10,1 - 11,0$
Висока	$70,0 \leq$	$\leq 10,0$	$\leq 10,0$

Додатково для дослідження епідермісу проводили мацерацію стебла. Мікроскопічні виміри проводили за допомогою програми Image J та мікроскопа XSP-146TR. Статистична обробка даних проводилась за допомогою програми Statistica 8, достовірність результатів визначали за t-критерієм Стюдента.

Результати та їх обговорення. Результати різкого короткотривалого впливу високої температури на пігментну систему однорічних рододендронів представлені на рис. 1. Так, у *R. makinoi*, *R. degranianum* та *R. brachycarpum* майже не виявлено достовірних відмінностей в пігментній системі в нормі і після прогрівання. Такі показники вказують на досить високу пристосованість пігментної системи рослин даного виду до підвищення температури. Особливо стабільною, ще і з тенденцією до зростання кількості хлорофілів та каротиноїдів після прогрівання, виявилася пігментна система у рослин *R. degranianum* (рис. 1б). Така толерантність пояснюється, зокрема, природним місцезростанням виду. Оскільки рослини даного виду в природі зростають в гірській місцевості на висоті біля 1800 метрів н.р.м., то вони весь час піддаються різким температурним коливанням, що обумовлює вироблення та генетичне закріплення адаптивних механізмів до подібного роду стресових чинників. На анатомічному рівні такі адаптації представлені найбільшою кількістю продихів та їх розмірів (а отже кращою транспірацією та охоло-

дженням листової пластинки) (табл. 2), товстою епідермою у рослин даного виду, що на анатомічному рівні перешкоджає перегріванню листової пластинки, а отже і руйнуванню пігментів. Разом з цим, світлозбираючі піменти у *R. makinoi* лише мали тенденцію до зменшення в кількості (рис. 1а), достовірних змін ми не отримали, що теж свідчить про стабільність системи до дії гіпертермії. Рослини даного виду в природі зростають в тих же горах, що і представники *R. degranianum*, але на висоті 200-700 м н.р.м., де температурні коливання значно помірніші. На анатомічному рівні така стійкість може бути пояснена з одного боку більшою кількістю продихів, а з іншого боку наявністю великої кількості трихом (що також зменшує перегрівання) у *R. makinoi*.

Короткотривале прогрівання *R. callimorphum* за + 40 °C спричиняє підвищення кількості хлорофілів та зменшення кількості каротиноїдів, що відповідають за адаптивну функцію фотосинтезуючого апарата (рис. 1в). Зниження кількості каротиноїдів відображається на показнику $(chl\ a + chl\ b) / car$. Збільшення співвідношення хлорофілу а до хлорофілу в спричинене більш інтенсивним збільшенням кількості першого. Така реакція вказує на чутливість фотосинтезуючої системи рослин до такого негативного впливу, що можливо супроводжується включенням захисних адаптаційних механізмів.

Таблиця 2. Кількісні показники продихів

	<i>R. makinoi</i>	<i>R. degranianum</i>	<i>R. callimorphum</i>	<i>R. brachycarpum</i>
Довжина продихів, мкм	$25,9 \pm 2,3$	$25,4 \pm 2$	$26,5 \pm 2$	$23,6 \pm 1,7$
Ширина продихів, мкм	$21,9 \pm 1,9$	$21,7 \pm 1,9$	$26,7 \pm 2$	$20,6 \pm 1,8$
К-сть продихів шт./мм ²	$49,3 \pm 7,7$	$53,7 \pm 6,2$	$23,5 \pm 5,9$	$44,9 \pm 9,3$

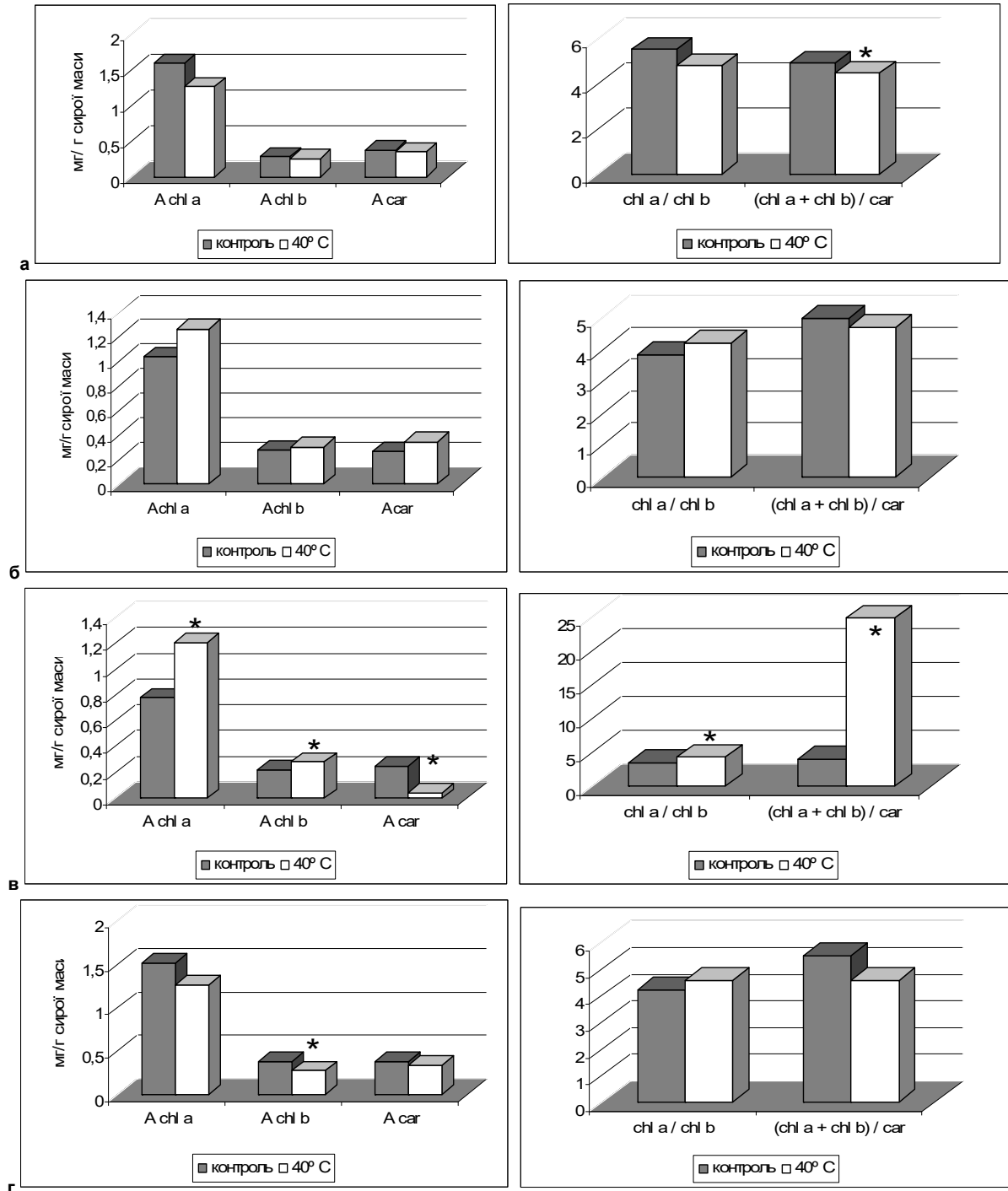


Рис. 1. Гістограми змін пігментного складу після короткотривалого впливу високої температури:
а) *R. makinoi*, б) *R. degranatum*, в) *R. callimorphum*, г) *R. brachycarpum*

* – $P < 0.05$ порівняно з контролем

Негативний вплив високої температури на *R. brachycarpum* виражається переважно в руйнуванні хлорофілу в (рис. 1г), що відображається на показнику chl a / chl b. Інші дослідники також зазначають гальмування фотосинтетичної активності у трав'янистих рослин (в основному за рахунок зменшення кількості хлорофілів) в результаті температурного стресу [4; 6; 10].

У контрольній групі, концентрація хлорофілу а і б та каротиноїдів різна серед трьох видів. Відомо, що вміст хлорофілів у листках відображає пристосованість рослин до певної інтенсивності світла. Так, відносно високий вміст хлорофілів у *R. makinoi* та *R. brachycarpum* вказують на більшу тіньовитривалість цих рослин, тоді як рослини *R. callimorphum* виявилися порівняно світлолюбними.

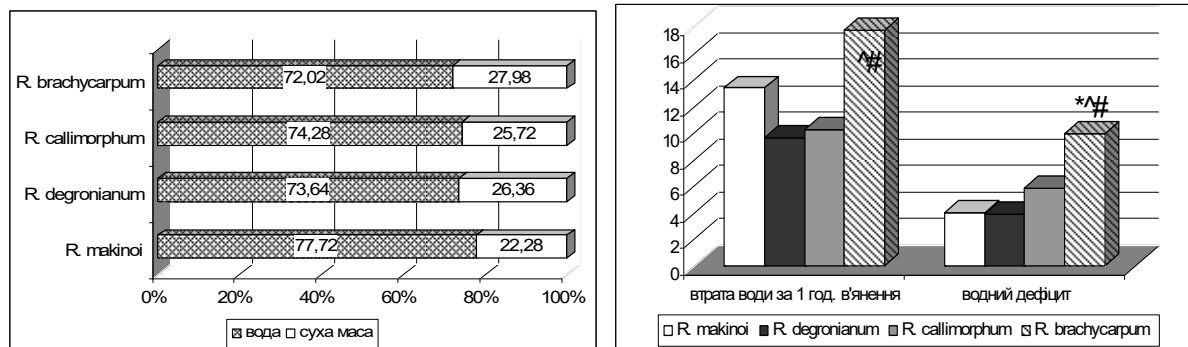


Рис. 2. Параметри водного режиму листків різних видів роду *Rhododendron*

* – $P < 0.05$ порівняно з *R. makinoi*, ^ – порівняно з *R. degranianum*, # – порівняно з *R. callimorphum*.

Результати вивчення видів роду *Rhododendron* вказують на значну оводненість листків (табл. 1, рис. 2). За даним показником досліджені види не мають достовірної відмінності, проте слід відмітити дещо більший вміст води у *R. makinoi*, що вказує на відносно більшу посухостійкість, порівняно з іншими трьома видами. Водний дефіцит характеризує міру недонасиченості водою рослинних клітин. Показники водного дефіциту досліджених видів вказують на високу посухостійкість рододендронів загалом. Найбільше значення даного показника серед даних видів у *R. brachycarpum*, тоді як японські види мають порівняно низький водний дефіцит.

Водоутримуюча здатність використовується як основний показник стійкості рослин до тривалої посухи. У нашому дослідженні найбільша швидкість віддачі води ізольованими листками спостерігається у *R. brachycarpum*, що характеризується середнім рівнем посухостійкості (табл. 1). Майже вдвічі менша втрата води у *R. degranianum*. *R. callimorphum* також характеризується малою втратою води, що можна пояснити вдвічі меншою кількістю продихів, а отже зменшенням транспірації у рослин даного виду (табл. 2). Таким чином, за такими показниками як оводненість листя, втрата води за 1 годину в'янення та водний дефіцит найменш посухостійкими виявились рослини *R. brachycarpum*.

Висновки

Отримані результати показали, що досліджені види роду *Rhododendron* в цілому мають високу пристосованість до умов з недостатньою кількістю води та різкими температурними коливаннями.

Фотосинтезуюча система рослин, батьківщиною яких є Японія, виявилася більш стабільною до короткотривалого високотемпературного стресу, порівняно з рослинами, батьківщиною яких є Росія та Китай. Цікаво відмітити, що у рослин видів, які в природі зростають в високогірних регіонах (*R. callimorphum* та *R. degranianum*), а отже, відповідно, в умовах з постійними різкими температурними перепадами, генетично вироблені і закріплені адаптаційні механізми, що включаються на дію даних стресових чинників. При цьому, чим вище над рівнем моря зростають рослини у природі, тим інтенсивніше виражені дані механізми. Тоді, як для рослин, природне місцезростання яких характеризується значно м'якшими погодними умовами, різка зміна температури супроводжується руйнацією фотосинтезуючих пігментів в тій чи іншій мірі (*R. brachycarpum* та *R. makinoi*).

Також, рослини японського та китайського походження виявились більш посухостійкими, тому доцільно рекомендувати їх для садово-паркового озеленення. Отримані дані дозволяють відкоригувати за необхідності агротехнічні заходи при вирощуванні менш посухостійких видів.

Список використаної літератури

1. Bita C.E. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops / CE Bita, T. Gerats // Front Plant Sci. – 2013. – V. 4. – P. 273.
2. Hansen J. GISS analysis of surface temperature change / J. Hansen, R. Ruedy, J. Glascoe and M. Sato // Journal Geophysical Research. – 1999. – V. 104. – P. 30997–31022.
3. Jones P.D. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. / P.D. Jones, A. Moberg // Journal of Climate. – 2003. – V. 16. – P. 206–223.
4. Ashraf M. Photosynthesis under stressful environments: An overview / M. Ashraf and P.J.C. Harris // Photosynthetica. – 2013. – V. 51, № 2. – P. 163–190.
5. Chen W.R. Effects of high temperature on photosynthesis, chlorophyll fluorescence, chloroplast ultrastructure, and antioxidant activities in fingered citron / W.R. Chen, J.S. Zheng Y.Q. Li, W.D. Guo // Russian Journal of Plant Physiology. – 2012. – V. 59, № 6. – P. 732–740.
6. Barnabas B. Effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals / B. Barnabas, K. Jager, A. Feher // Plant Cell & Environment. – 2008. – V. 31. – P. 11.
7. Foyer C.H. Oxygen metabolism and the regulation of photosynthetic electron transport. In: Causes of photooxidative stress and amelioration of defense system in plants / C.H. Foyer and J. Harbinson // Boca Ratón: CRC Press. – 1994. – V. 1. – P. 42.
8. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids, pigments of photosynthetic biomembranes / Lichtenthaler H.K. // Methods in enzymology. – 1987. – V. 148. – P. 350–382.
9. Жанг Д.Х. Исследование засухоустойчивости перспективных видов Momordica charantia L. и M. Balsamina L. (Cucurbitaceae) / Д.Х. Жанг, В.К. Тохтар // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2011, Т.9, №104. Вып. 15. – С. 43–47.
10. Zhang X. Optimizing dosages of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside for improving creeping bentgrass heat tolerance / X. Zhang, K. Wang, E.H. Ervin // Crop Sci. – 2010. – V. 50. – P. 316–320.

References

1. Bita CE, Gerats T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. Front Plant Sci. 2013;4: 273.
2. Hansen J, Ruedy R, Glascoe J and Sato M. GISS analysis of surface temperature change. Journal Geophysical Research. 1999;104:30997–31022.
3. Jones PD, Moberg A. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. Journal of Climate. 2003;16: 206–223.
4. Ashraf M and Harris PJC. Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica. 2013;51(2): 163–190.
5. Chen WR, Zheng JS, Li YQ, Guo WD. Effects of high temperature on photosynthesis, chlorophyll fluorescence, chloroplast ultrastructure, and antioxidant activities in fingered citron. Russian Journal of Plant Physiology. 2012;59(6): 732–740.
6. Barnabas B, Jager K, Feher A. Effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant Cell & Environment. 2008;31:11.
7. Foyer CH and Harbinson J. Oxygen metabolism and the regulation of photosynthetic electron transport. In: Causes of photooxidative stress and amelioration of defense system in plants. Boca Ratón: CRC Press, 1994:1–42.
8. Lichtenthaler HK. Chlorophylls and carotenoids, pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology 1987;148: 350–382.
9. Zhang DH, Tohtar VK. Issledovanie zasuhoustoychivosti perspektivnykh vidov Momordica charantia L. i M. Balsamina L. (Cucurbitaceae). Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennyye nauki. 2011;9(104).15: 43–47.
10. Zhang X Wang K Ervin EH. Optimizing dosages of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside for improving creeping bentgrass heat tolerance. Crop Sci. 2010;50:316–320.

Надійшла до редколегії 17.03.17

Н. Нужи́на, канд. биол. наук, В. Кондрати́ук-Стоян, вед. инж.
 Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка, Киев, Украина

ЖАРО- И ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *RHODODENDRON* L.

Приведены данные об изменении содержания фотосинтезирующих пигментов в листьях растений *Rhododendron makinoi*, *R. degranianum*, *R. callimorphum* и *R. brachycarpum* после воздействия высоких температур. Установлена степень засухоустойчивости данных растений. Наиболее засухо- и жароустойчивыми видами являются растения японского происхождения.

Ключевые слова: *Rhododendron*, гипертермия, засухоустойчивость, фотосинтезирующие пигменты.

N. Nuzhyna, PhD, V. Kondratiuk-Stoyan, leading engineer
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

HEAT- AND DROUGHTRESISTANCE OF SOME REPRESENTATIVES OF THE GENUS *RHODODENDRON* L.

Data about changing the content of photosynthetic pigments in leaves of plants *Rhododendron makinoi*, *R. degranianum*, *R. callimorphum* and *R. brachycarpum* after exposure to high temperatures are presented. Established degree of drought resistance of these plants. The most drought- and heat-resistant species are plants of Japanese origin.

Key words: *Rhododendron*, hyperthermia, droughtresistance, photosynthetic pigments.

УДК: 661.8.67:577.112.85:57.083.3:591.16

М. Хра́бко, асп., Р. Фе́дору́к, д-р вет. наук, проф., С. Кро́пивка, канд. с-г наук
 Інститут біології тварин НААН, Львів,
 У. Тесарівська, канд. вет. наук
 ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок, Львів

РЕГУЛЯТОРНИЙ ВПЛИВ РІЗНИХ ДОЗ ЦИТРАТУ ГЕРМАНІЇ НА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ ОРГАНІЗМУ САМЦІВ F₂

Досліджено вплив тривалого вживання різних кількостей цитрату Ge, отриманого методом нанотехнології, на біохімічні процеси та активність антиоксидантної системи крові самців щурів F₂ з 1 та 2-го приплоду в період фізіологічного і статевого дозрівання. Встановлено неоднаково спрямований вплив цитрату Ge на біохімічні показники крові тварин різного віку – збільшення вмісту креатиніну, Фосфору та триацилгліцеролів у самців 4 місячного віку 1-го приплоду, в той час як у тварин 2-го приплоду зростає вміст альбуміну, Кальцію, Фосфору і триацилгліцеролів. Відзначено зростання активності ензимів антиоксидантного захисту – каталази, СОД і ГП у тварин 2 місячного віку 1-го приплоду, тоді як у 4 місяці їх активність зберігалась на рівні контрольної групи, проте у самців 2-го приплоду зростала – СОД і ГП. За вживання 200 мкг Ge вміст гідроперексидів ліпідів і ТБК продуктів у крові зменшується в 4-місячному віці тварин, отриманих як з першого, так і другого приплоду.

Ключові слова: цитрат германію, щури, біохімічні показники.

Вступ. На думку багатьох вчених Германій (Ge) є життєво необхідним ультрамікроелементом, органічні сполуки якого володіють широким спектром біологічної дії. Відомо, що сполуки Ge виявляють антиоксидантну, імуномодулюючу, антигіпертензивну, протипухлинну, протизапальну і знеболюючу дію [1-4]. Завдяки цьому до складу багатьох препаратів та біологічно активних добавок додають органічні та неорганічні сполуки Ge, які використовують в медицині, ветеринарії та тваринництві. Встановлено, що Ge запобігає розвитку кров'яної гіпоксії, підвищує індукцію γ-інтерферону, основною дією якого є противірусний і проти пухлинний захист, імуномодулююча функція лімфатичної системи [5, 6]. За дії Ge посилюється здатність іонів кисню об'єднуватися з іонами водню, це дозволяє вибірково мінімізувати локальне ушкодження клітин і тканин організму, що завдають їм іони водню [7, 8]. Доведено, що деякі органічні сполуки Ge внаслідок гідролізу можуть утворювати неорганічні сполуки (оксиди Ge), які зумовлюють токсичний вплив на організм, накопичуючись в тканинах нирок і порушуючи клубочкову фільтрацію. Це стало причиною до створення нових нетоксичних органічних та координаційних сполук Ge [9, 10], серед яких активно вивчаються цитрати, що синтезовані методом нанобіотехнології. Органічні сполуки на основі наночастинок біометалів мають своєрідні властивості, які відмінні від їх макросполук, зокрема вони регулюють обмінні процеси в клітинах за принципом роботи наномеханізмів. Результати раніше проведених нами досліджень вказують про стимулюючий вплив цитрату Ge на антиоксидантну та імунну системи, ріст, розвиток організму

самців і репродуктивну здатність самиць щурів [11, 12]. Метою цих досліджень було вивчення впливу тривалого вживання різних кількостей цитрату Ge, отриманого методом нанотехнології, на фізіолого-біохімічні процеси в організмі самців щурів F₂ у період фізіологічного та статевого дозрівання.

Матеріали та методи. Дослідження проведені в Інституті біології тварин НААН і ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок на білих лабораторних щурах-самцях, поділених на чотири групи. I група – контрольна, отримувала збалансований стандартний раціон (CP) зі згодовуванням гранульованого комбікорму впродовж усього періоду досліджень і споживанням води без обмеження. Тваринам II – IV дослідних груп згодовували корми CP і вживали з водою наногерманій цитрат (HGeЦ), виготовлений нанотехнологічним методом [13], у таких кількостях (мкг Ge/кг маси тіла): II – 10; III – 20; IV – 200. Водний розчин наногерманію цитрату, у концентрації 1,2 г/дм³, рН 1,30 отриманий від ТОВ "Наноматеріали та нанотехнології", м. Київ. Надходження HGeЦ в організм щурів F₂ дослідних груп тривало впродовж вагітності та лактації самиць-матерів F₁ (з молоком) і спожитою водою після виходу з гнізда, у період фізіологічного і статевого дозрівання. У віці 2 та 4 місяці відповідно до міжнародних [14] і національних [15] вимог від всіх самців після наркозу та знеухвалення, відбирали кардіальну кров. У змішаній крові визначали активність каталази, супероксиддисмутази (СОД), глутатіонпероксидази (ГП), гідроперексидів ліпідів (ГПЛ), ТБК-активних продуктів, АсАТ та АлАТ за методиками, що описані у довіднику [16], а також кон-