



УДК 57.017.3: 546.48

ФЕНОЛЬНІ СПОЛУКИ ЯК КОМПОНЕНТИ САЛІЦИЛАТ-ІНДУКОВАНОЇ АДАПТИВНОЇ ВІДПОВІДІ РОСЛИН ПШЕНИЦІ НА ТОКСИЧНУ ДІЮ КАДМІЙ ХЛОРИДУ

М. Кобилецька¹, І. Бойко², Я. Кацулич¹, О. Терек¹

¹Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна

²Інститут екології Карпат НАН України, вул. Стефаника, 11, Львів 79000, Україна
e-mail: biofr@franko.lviv.ua

Досліджено вплив саліцилової кислоти на вміст фенольних сполук і антоціанів у пшениці (*Triticum aestivum* L.) за токсичної дії кадмію хлориду. Встановлено підвищення вмісту фенольних сполук у рослинах, які росли на середовищі з іонами кадмію. Преінкубація саліциловою кислотою знижувала вміст фенолів, що свідчить про активування ростових процесів, адже зростання їхнього вмісту негативно корелює з продуктивністю фотосинтезу й акумуляцією Нітрогену в листках. Виявлено нерівномірний розподіл фенольних сполук у органах рослин: у кореневій системі встановлено значне їхнє нагромадження, порівняно з пагонами. Вплив саліцилату посилював акумуляцію антоціанів у пагонах 21-добових рослин за кадмієвого стресу. Зростання концентрації фенолів у органах рослин пшениці внаслідок токсичного впливу кадмію хлориду свідчить про їхнє функціонування як прооксидантів. Отримані результати не суперечать можливості виконання ними антиоксидантної функції. Зниження вмісту фенольних сполук у коренях і пагонах рослин та зростання пулу антоціанів після преінкубації саліциловою кислотою свідчить, що вони є компонентами адаптивної відповіді рослин на стрес кадмієм.

Ключові слова: саліцилова кислота, кадмію хлорид, фенольні сполуки, антоціани, *Triticum aestivum* L.

ВСТУП

Інтенсивне зростання антропогенного й техногенного навантаження на довкілля спричиняє забруднення атмосфери, води, ґрунту і біоти токсичними сполуками, зокрема важкими металами (ВМ). Іони ВМ, потрапляючи у трофічні ланцюги (ґрунт-рослина-тварина-людина), стають небезпечними для всіх живих організмів [10].

Кадмій (Cd) є одним із найпоширеніших і небезпечних полютантів навколишнього середовища. Акумуляція кадмію рослинами має тенденцію до зростання внаслідок широкого використання його в різних галузях промисловості. Унаслідок

нагромадження іонів ВМ у рослин розвивається низка симптомів стресу: пригнічення росту і фотосинтезу, порушення мінерального живлення, вільнорадикальне окиснення та ін. [5].

Одним із численних проявів токсичного впливу іонів ВМ на організм рослини є зростання вмісту фенольних сполук [3, 8, 18, 21, 25, 30, 31, 33]. Індукція синтезу фенольних сполук спостерігається у відповідь на вплив патогенів, механічного пошкодження, УФ-випромінювання, високу інтенсивність освітлення, нафтове забруднення, температурний стрес [7, 28]. Встановлено, що феноли беруть участь у формуванні толерантності до патогенів, індукуючи хімічні та фізичні бар'єри, а також локальний і системний сигналінг для експресії захисних генів [13]. Сигнальну функцію серед фенолів забезпечує саліцилова кислота [20, 34]. Вважають, що ендогенний вміст СК можна підвищити екзогенною дією цієї сполуки, внаслідок чого зростає стресостійкість рослин [9]. Низькомолекулярні феноли здатні функціонувати як антиоксиданти, зокрема діяти як скавенджери вільних радикалів і АФК, а також бути донором електронів для гваякол-пероксидаз [16, 24, 29]. У відповідь на дію іонів купруму в рослинах спостерігали підвищений синтез лігніну [13, 14].

Проте за певних умов фенольні сполуки можуть посилювати окиснювальний стрес у клітинах рослин. Феноксил-радикал, який продукується внаслідок антиоксидантних реакцій та під час біосинтезу лігніну, є потенційним прооксидантом. Зазвичай феноксил-радикал не впливає негативно, бо швидко перетворюється у нерадикальні продукти завдяки полімеризації або ензиматичній редукції. Цитотоксичний ефект феноксил-радикала виявляється тоді, коли тривалість його життя подовжується спін-стабілізаторами, якими можуть бути іони металів [29].

Метою роботи було дослідити вплив екзогенної саліцилової кислоти на загальний вміст фенолів у тканинах рослин пшениці за умов стресу кадмієм, адже незважаючи на численні дослідження стреспротекторної дії саліцилату, такі дані в літературі майже відсутні. Хоча показано, що низькі концентрації СК та іонів купруму не впливали на вміст розчинних фенолів у водоростей [22], встановлено також зміни вмісту антоціанів (одного з класів фенольних сполук) за умов стресу [15, 23].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом нашого дослідження були рослини пшениці (*Triticum aestivum* L.) сорту Подолянка, вирощені методом піщаної культури. Насіння попередньо замочували 5 год у дистильованій воді (контроль) і 0,5 мМ розчині СК та пророщували на зволоженому фільтрувальному папері у чашках Петрі в термостаті при температурі 23°C протягом трьох діб. Кадмієвий стрес моделювали внесенням кадмію хлориду (25 мг/кг субстрату). Загальний вміст фенольних сполук і антоціанів визначали в рослинах досліді та контролю на 14-ту і 21-шу добу.

Для оцінки загального вмісту фенольних сполук наважку рослинного матеріалу (1–1,5 г) гомогенізували, додавали 0,5 мл етилового спирту і 7 мл дистильованої води, вносили 0,5 мл реактиву Фоліна-Деніса. Через 3 хв додавали 1 мл насиченого розчину натрію карбонату і доводили дистильованою водою до об'єму 10 мл. Через 60 хв за допомогою спектрофотометра визначали оптичну густину екстракту при довжинах хвиль, які максимально відповідають максимумам поглинання фенолів 725–730 нм [6].

Загальний вміст антоціанів визначали так: наважку рослинного матеріалу (500 мг) подрібнювали та гомогенізували з додаванням 10 мл хлоридної кислоти

і метанолу у співвідношенні 100:1. Гомогенат залишали на добу в темряві за температури 5°C. Вимірювали оптичну густину супернатанта при довжині хвилі 525 нм проти екстракційної суміші [19].

Експерименти проводили у 3-кратній біологічній і аналітичній повторностях, результати опрацьовували статистично.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Одним із наслідків впливу іонів кадмію на організм рослини є утворення активних форм кисню (АФК). Рівень АФК перебуває під контролем антиоксидантної системи, її ферментативних і неферментативних компонентів. До неферментативних компонентів антиоксидантної системи належать, зокрема, й фенольні сполуки [24]. Головним діючим агентом, що забезпечує здатність фенольних антиоксидантів гальмувати вільнорадикальні процеси окиснення, є гідроксильна група, приєднана до ароматичного ядра, з рухливим атомом Гідрогену. Антиоксидантний ефект поліфенолів реалізується і за наявності інших окисно-відновних пар [12]. Фенольні сполуки беруть участь у забезпеченні стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища. Досліджено їхню роль як ендогенних регуляторів фізіологічних процесів за дії іонів важких металів. Зокрема, встановлено нагромадження фенольних сполук за дії іонів кадмію [8, 18]. Антиоксидантні властивості та здатність фенольних сполук до взаємодії з іонами ВМ вказують на їхню участь як хелаторів іонів ВМ і реагентів знешкодження гіперпродукції АФК за умов окисдативного стресу. Утворюючи хелатні комплекси з ВМ, феноли зменшують плинність мембран, запобігаючи надходженню металів усередину клітини, окрім того, у вигляді таких комплексів відбувається їхній транспорт усередину вакуолі з подальшою детоксикацією [12].

Згідно з результатами досліджень, наведеними на рис. 1, вплив іонів кадмію ініціював нагромадження фенольних сполук у органах рослин пшениці, окрім пагонів 21-добових рослин. Аналогічний ефект виявлено дослідниками у рослинах під впливом іонів цинку [25] та міді [3], алюмінію [30], кадмію [8, 18] і нікелю [33].

Під впливом саліцилової кислоти встановлено незначне зниження вмісту фенольних сполук у органах рослин пшениці, проте відмінності не є достовірними (рис. 1). Преінкубація СК знижує вміст фенолів у коренях і пагонах рослин, що росли за умов стресу, проте їхня концентрація залишається вищою, порівняно з контролем. Такий ефект саліцилату можна оцінити як позитивний, адже із попередніх робіт відомо, що досліджувана концентрація СК ініціює формування стійкості рослин, зокрема їхнього фотосинтетичного апарату до дії іонів кадмію [1, 2].

Учені визначили обернену залежність між вмістом фенолів і фотосинтетичною продуктивністю рослин. Показано, що високі концентрації фенольних сполук у тканинах рослин спричиняють зменшення розмірів листків і гальмують надходження Нітрогену [32]. Зниження вмісту фенолів під впливом СК у рослинах на середовищі з кадмієм може бути однією із причин активування ростових процесів у досліджуваних умовах.

Виявлено нерівномірний розподіл фенольних сполук у рослинному організмі, зі значним переважанням їхнього вмісту в кореневій системі (рис. 1). Багатьма авторами показано протилежний ефект за дії стресу, зокрема внаслідок впливу іонів Цинку, Купруму [3, 25] та нафтового забруднення [7], а саме виявлено вищий вміст фенолів у пагонах рослин. Установлено, що під впливом низьких концентрацій іонів кадмію феноли акумулювались у коренях кукурудзи, а високі концентрації

спричинювали їхнє нагромадження у пагонах [8]. Корені рослин є первинним бар'єром під час проникнення іонів ВМ в організм рослини та нагромаджують значну їхню частку, тому акумуляція фенолів у коренях рослин є значно вищою.

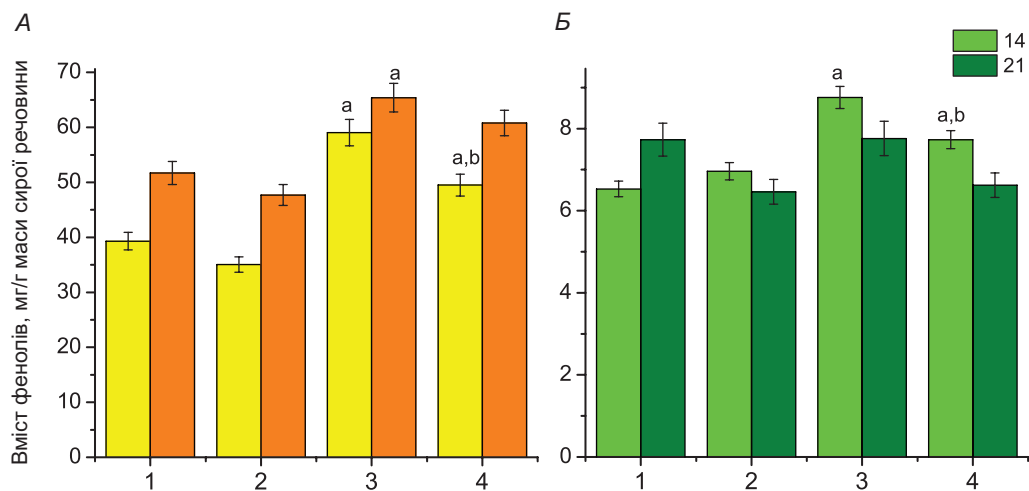


Рис. 1. Вплив СК і кадмію хлориду (Cd^{2+}) на вміст фенольних сполук (А – корені; Б – пагони) у 14- та 21-добових рослинах пшениці, мг/г: 1 – контроль; 2 – СК; 3 – Cd^{2+} ; 4 – СК+ Cd^{2+} .

^a – достовірна різниця щодо контролю; ^b – достовірна різниця щодо варіанта із впливом Cd^{2+} при $p \geq 0,95$

Fig. 1. Effect of salicylic acid and cadmium chloride (Cd^{2+}) on the content of phenolic compounds (A – roots; B – shoots) in 14- and 21-days-old wheat plants, mg/g: 1 – control; 2 – SA; 3 – Cd^{2+} ; 4 – SA+ Cd^{2+} .

^a – significantly differing from the control; ^b – significantly differing from Cd^{2+} treatment at $p \geq 0.95$

Окремою групою фенольних сполук, що мають важливе значення у формуванні толерантності до впливу іонів ВМ, є антоціани. Виявлено зростання вмісту антоціанів, зокрема ціанідину, в коренях кукурудзи за дії іонів кадмію [11]. Антоціани мають виражені антиоксидантні властивості. Особливістю їхньої будови є наявність у їх складі великої кількості гідроксильних груп, а, як відомо, гідроксильна група, що приєднана до ароматичного кільця та містить рухливий атом Гідрогену, забезпечує здатність фенольних антиоксидантів гальмувати вільнорадикальні процеси окиснення. Антиоксидантні властивості фенолів зумовлені їхньою високою донорною активністю і здатністю їхніх радикалів стабілізувати й делокалізувати неспарений електрон, що припиняє ланцюгові реакції [27].

Результати експериментів, які представлені на рис. 2, свідчать про зростання вмісту антоціанів під впливом іонів кадмію, зокрема на 14-ту добу росту рослин. Важливим аспектом дослідження участі антоціанів у антиоксидантному захисті є те, що після синтезу вони транспортуються у вакуолю і стають ізольованими від АФК. Проте пероксид водню здатний вільно перетинати тонопласт і надходити всередину вакуолі, на відміну від інших АФК. Тому антоціанам надають вторинне значення у захисті рослин від окиснювального стресу [17]. Деякі вчені вважають, що антоціани також беруть участь у захисті мембран тилакоїдів в умовах стресу [26].

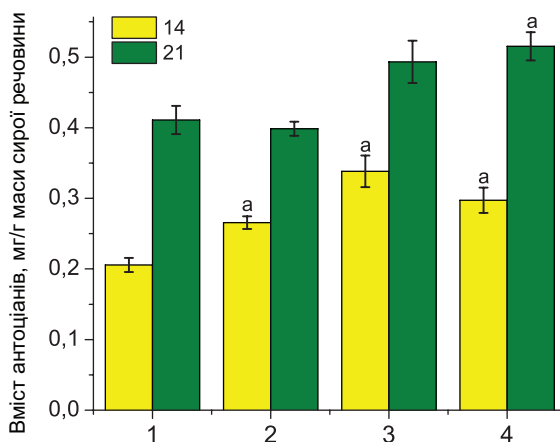
Нами виявлено різну тенденцію нагромадження досліджуваних сполук, зокрема вміст антоціанів у пагонах зростав із віком рослин (рис. 2), тоді як загальний вміст фенолів у цих органах зменшувався у всіх варіантах експерименту, крім

контролю (рис. 1). Зростання кількості антоціанів із віком зафіксовано, зокрема, у плодах аличі [4]. Збільшення вмісту антоціанів упродовж тривалого впливу стресора узгоджується із твердженнями вчених про їхнє вторинне значення для подолання оксидативного стресу.

Зазначимо, що саліцилова кислота посилювала акумуляцію антоціанів у 14-добових рослин пшениці, але не спричинювала вірогідних змін пулу на 21-шу добу (рис. 2). Із джерел літератури відомо, що СК може мати різний ефект на вміст антоціанів: встановлено зростання вмісту антоціанів у рослинах перцю під впливом УФ-випромінювання та СК [23], тоді як у рослинах моркви в умовах засолення та надлишку Бору СК знижувала вміст цих сполук [15].

Рис. 2. Вміст антоціанів у пагонах 14- та 21-добових рослин пшениці за дії саліцилату і кадмію хлориду, мг/г: 1 – контроль; 2 – СК; 3 – Cd^{2+} ; 4 – СК+ Cd^{2+} .
^a – достовірна різниця щодо контролю

Fig. 2. Anthocyanin content in shoots of 14- and 21-days-old wheat plants effected by salicylate and cadmium chloride, mg/g: 1 – control; 2 – SA; 3 – Cd^{2+} ; 4 – SA+ Cd^{2+} .
^a – significantly differing from control



Поліфункціональність фенольних сполук, зокрема їхні анти- і прооксидантні властивості, свідчать про важливість внутрішньоклітинного регулювання їхнього метаболізму. Ймовірно, антиоксидантна функція фенолів реалізується на ранніх стадіях стресової відповіді, а згодом їхнє нагромадження у тканинах рослин гальмує ріст і фотосинтетичні процеси. Саме тому зниження вмісту фенольних сполук під впливом саліцилату в рослинах, що зазнали стресу кадмієм, доцільно розглядати як протекторний ефект. Стабільно високий вміст антоціанів у пагонах пшениці за дії іонів кадмію та СК підтверджує їхню участь у відповіді організму на стрес, як антиоксидантів, так і хелаторів ВМ. Отримані результати свідчать про важливу роль фенольних сполук в адаптації рослин до дії іонів ВМ і стреспротекторний вплив саліцилової кислоти на рослини пшениці, доказами чого є зростання морфометричних показників досліджуваних рослин за вказаних умов [1].

ВИСНОВКИ

Зростання вмісту фенольних сполук у органах 14- і 21-добових рослин пшениці свідчить про їхню прооксидантну роль та водночас не суперечить реалізації ними антиоксидантної функції. Зниження концентрації фенолів у коренях і пагонах рослин та зростання вмісту антоціанів унаслідок преінкубації саліциловою кислотою свідчить, що вони є одним із компонентів адаптивної відповіді рослин на стрес кадмієм.

1. Бойко І.В., Кобилецька М.С., Терек О.І. Функціональний стан хлорофіл-білкових комплексів у листках рослин за дії іонів кадмію та саліцилату. **Біологічні студії**, 2011; 5(1): 105–112.
2. Бойко І.В., Кобилецька М.С., Терек О.І. Саліцилова кислота як регулятор росту рослин за умов кадмієвого стресу. **Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол.**, 2012; 58: 271–279.
3. Гащишин О., Грохольська О., Пацула О., Терек О. Вплив іонів важких металів і регулятора росту трептолему на загальний вміст фенольних сполук у рослинах ріпаку та соняшнику. **Біологічні студії**, 2012; 6(1): 109–116.
4. Гребенникова О.А., Ежов В.Н. Содержание фенольных соединений в плодах алычи в процессе созревания. **Физиология и биохимия культ. растений**, 2011; 43(5): 378–382.
5. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. **Физиология и биохимия культ. растений**, 1994; 26(2): 107–117.
6. Запрометов М.Н. **Биохимические методы в физиологии растений**. М.: Наука, 1971. 191 с.
7. Карпин О., Цвілинюк О., Терек О. та ін. Антиоксидантна активність і вміст поліфенолів у рослинах *Carex hirta* L. та *Faba bona* Medic. (*Vicia faba* L.). **Біологічні студії**, 2009; 3(2): 109–114.
8. Кобилецька М., Терек О. Вплив іонів кадмію на вміст фенольних сполук та вільного проліну в рослинах кукурудзи. **Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол.**, 2002; 28: 311–316.
9. Колупаев Ю.Е. **Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессов**. К.: Основа, 2010. 352 с.
10. Терек О.І., Пацула О.І. **Ріст і розвиток рослин**. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.
11. Феденко В.С. Ціанідин як ендогенний хелатор іонів металів у коренях проростків кукурудзи. **Укр. біохім. журнал**, 2008; 80(1): 102–106.
12. Чечуй О.Ф. Вміст фенольних сполук у насінні сої при проростанні за оксидативного стресу, спричиненого впливом іонів кадмію та кобальту. **Физиология и биохимия культ. растений**. 2011; 43(4): 362–363.
13. Chmeliowska J., Veloso J., Gutierrez J., Silvar C., Diaz J. Cross-protection of pepper plants stressed by copper against a vascular pathogen is accompanied by the induction of a defense response. **Plant Science**, 2010; 178: 176–182.
14. Diaz J., Bernal A., Pomar F., Merino F. Induction of shikimate dehydrogenase and peroxidase in pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings in response to copper stress and its relation to lignification. **Plant Science**, 2001; 161: 179–188.
15. Eraslan F., Inal A., Gunes A., Alpaslan M. Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. **Scientia Horticulturae**, 2007; 113: 120–128.
16. Grassmann J., Hippeli S., Elstner E.F. Plant's defence and its benefits for animals and medicine: role of phenolics and terpenoids in avoiding oxygen stress. **Plant Physiol. Biochem**, 2002; 40: 471–478.
17. Gould K.S., McKelvie J., Markham K.R. Do anthocyanins function as antioxidants in leaves? Imaging of H₂O₂ in red and green leaves after mechanical injury. **Plant, Cell and Environment**, 2002; 25: 1261–1269.
18. Guangqiu Q., Chongling Y., Haoliang L. Influence of heavy metals on the carbohydrate and phenolics in mangrove, *Aegiceras corniculatum* L., seedlings. **Bull. Environ. Contam. Toxicol**, 2007; 78: 440–444.
19. Jaleel C.A., Wang G., Ahmad P. Changes in the photosynthetic characteristics of *Cantharanthus roseus* L. as a result of exogenous growth regulator. **Plant Omics Journal**, 2009; 2(4): 169–174.
20. Kawano T., Furuichi T., Muto S. Controlled salicylic acid and corresponding signaling mechanisms in plants. **Plants Biotechnol**, 2004; 21: 319–335.
21. Kovacic J., Klejdus B. Dynamics of phenolic acids and lignin accumulation in metal-treated *Matricaria chamomilla* roots. **Plant Cell. Rep**, 2008; 27: 605–615.

22. Kovacik J., Klejdus B., Hedvabny J., Backor M. Effect of copper and salicylic acid on phenolic metabolites and free aminoacids in *Scenedesmus quadricauda* (Chlorophyceae). **Plant Science**, 2010; 178: 307–311.
23. Mahdavian K., Kalantari K.M., Ghorbanli M., Torkzade M. The effects of salicylic acid on pigment contents in ultraviolet radiation stressed pepper plants. **Biologia Plantarum**, 2008; 52(1): 170–172.
24. Michalak A. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. **Polish J. of Environ. Stud**, 2006; 15(4): 523–530.
25. Morina F., Jovanovic L., Kukavica B., Veljovic-Jovanovic S. Peroxidase, phenolics, and antioxidative capacity of common mullein (*Verbascum thapsus* L.) grown in a zinc excess. **Arch. Biol. Sci**, 2008; 60(4): 687–695.
26. Neill S.O., Gould K.S., Kilmartin P.A. et al. Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*. **Plant, Cell and Environment**, 2002; 25: 539–547.
27. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends in Plant Science**, 1997; 2(4): 152–159.
28. Rivero R.M., Ruiz J.M., Garcia P.C. et al. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. **Plant Science**, 2001; 160: 315–321.
29. Sakihama Y., Cohen M.F., Grace S.C., Yamasaki H. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. **Toxicology**, 2002; 177: 67–80.
30. Sasaki M., Yamamoto Y., Matsumoto H. Lignin deposition induced by aluminium in wheat (*Triticum aestivum*) roots. **Physiologia Plantarum**, 1996; 96: 193–198.
31. Sgherri C., Cosi E., Navari-Izzo F. Phenols and antioxidative status of *Raphanus sativus* grown in copper excess. **Physiologia Plantarum**, 2003; 118: 21–28.
32. Sumbele S., Fotelli M.N., Nikolopoulos D. et al. Photosynthetic capacity is negatively correlated with the concentration of leaf phenolic compounds across a range of different species. **AoB PLANTS**, 2012; doi: 10.1093/aobpla/pls025.
33. Sytar O., Cai Z., Brestic M. et al. Foliar applied nickel on buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) induced phenolic compounds as potential antioxidants. **CLEAN – Soil, Air, Water**, 2013. doi: 10.1002/clen.201200512.
34. Vlot A.C., Dempsey D.A., Klessig D.F. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. **Annu. Rev. Phytopatol**, 2009; 47: 177–206.

PHENOLIC COMPOUNDS AS COMPONENTS OF SALICYLATE-INDUCED ADAPTIVE RESPONSE OF WHEAT PLANTS ON THE TOXIC EFFECT OF CADMIUM CHLORIDE

M. Kobyletska¹, I. Boiko², J. Kavulych¹, O. Terek¹

¹Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskyyi St., Lviv 79005, Ukraine

²Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine, 11, Stefanyk St., Lviv 79000, Ukraine

e-mail: biofr@franko.lviv.ua

The effect of salicylic acid on the content of phenolic compounds and anthocyanins in wheat plants (*Triticum aestivum* L.) affected by cadmium chloride was investigated. Increase in phenolic compounds content in cadmium-stressed plants was established. Preincubation with salicylic acid reduces phenol content, demonstrating growth activation, however increase in phenols content negatively correlates with photosynthetic productivity and nitrogen accumulation in leaves. Disproportion of distribution of the phenolic compounds in plant organism with significant predominance of their accumulation in

root system was revealed. Salicylic acid increases content of anthocyanins in the shoots of 21-days-old plants under cadmium stress. An increase in phenols' concentration in wheat plants caused by toxic effect of cadmium chloride affirms their functioning as prooxidants. Obtained results do not contradict the realization of antioxidant function by them. A decrease in phenol content in plant roots and shoots and increase in anthocyanin pool after preincubation with salicylic acid dsuggest their role as the components of adaptive response to cadmium stress.

Keywords: salicylic acid, cadmium chloride, phenolic compounds, anthocyanins, *Triticum aestivum* L.

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК КОМПОНЕНТЫ САЛИЦИЛАТ-ИНДУЦИРОВАННОГО АДАПТИВНОГО ОТВЕТА РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ НА ТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДА КАДМИЯ

М. Кобылецкая¹, И. Бойко², Я. Кавулич¹, О. Терек¹

¹Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина

²Институт экологии Карпат НАН Украины, ул. Стефаныка, 11, Львов 79000, Украина
e-mail: biofr@franko.lviv.ua

Исследовано влияние салициловой кислоты на содержание фенольных соединений и антоцианов у растений пшеницы (*Triticum aestivum* L.) под токсическим воздействием хлорида кадмия. Установлено увеличение содержания фенольных соединений в растениях, выращенных на среде с ионами кадмия. Преинкубация салициловой кислотой снижала содержание фенолов, что свидетельствует об активации ростовых процессов, поскольку повышение их содержания негативно коррелирует с продуктивностью фотосинтеза и накоплением азота в листьях. Обнаружено неравномерное распределение фенольных соединений в растительном организме со значительным накоплением их в корневой системе. Влияние салицилата усиливало аккумуляцию антоцианов в побегах 21-дневных растений в условиях кадмиевого стресса. Увеличение концентрации фенолов в органах растений пшеницы вследствие токсического влияния кадмия хлорида свидетельствует об их функционировании как прооксидантов. Однако полученные результаты не исключают возможности выполнения ими антиоксидантной функции. Снижение содержания фенольных соединений в корнях и побегах растений и увеличение пула антоцианов после преинкубации салициловой кислотой свидетельствуют о том, что они являются компонентами адаптивного ответа растений на кадмиевый стресс.

Ключевые слова: салициловая кислота, хлорид кадмия, фенольные соединения, антоцианы, *Triticum aestivum* L.

Одержано: 05.04.2013