

# ЕКОЛОГІЯ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

УДК 582.734.2:581.4  
© 2010

**В.П. БЕССОНОВА,**  
доктор біологічних наук

**О.В. ДУБОВА,**  
**О.Є. ІВАНЧЕНКО,**  
кандидати біологічних наук

Дніпропетровський державний  
аграрний університет–Запорізький  
національний університет

*Вивчено динаміку активності супероксидного радикала та вмісту малонового діальдегіду, аскорбінової кислоти і глутатіону в корі пагонів *Rosa canina* (паркова троянда) та сорту *Super Star* групи *Hybrid Tea* (садова троянда), що відрізняються за рівнем морозостійкості. Встановлено особливості змін цих показників з настанням низьких від'ємних температур за умов забруднення довкілля  $SO_2$  і  $H_2S$  та у відносно чистій зоні.*

Одним з головних екологічних чинників зовнішнього середовища, який за межами адаптивних можливостей рослин зумовлює економічні збитки під час вирощування троянд, є від'ємні температури. В умовах забруднення довкілля газоподібними поллютантами рівень морозостійкості рослин знижується, але механізми цього майже не вивчені.

Важлива роль у реакції рослин на вплив зовнішніх чинників належить вільнорадикальним процесам, які беруть участь у численних біохімічних реакціях. У тканинах організму безперервно відбувається утворення вільних радикалів і перекисних сполук. Основним субстратом вільнорадикального окиснення є ненасичені жирні кислоти. Як результат ланцюгової реакції вважають збільшення кількості продуктів перекисного окиснення ліпідів, які здатні викликати окиснення різноманітних субстратів і тим самим пошкоджувати біомембрани, інактивувати ферменти, змінювати структуру макромолекул, цілісність клітини і внутрішньоклітинних органел [1]. Несприятливі екологічні умови, у тому числі морози і забруднення довкілля, посилюють інтенсивність цих процесів.

Необхідною умовою нормального функціонування клітини є підтримка нормального рівня вільнорадикальних процесів. Швидкість перекисного окиснення ліпідів регулю-

ється багатокomпонентною антиокиснювальною системою. Важливими компонентами цієї системи є глутатіон і аскорбінова кислота, перетворення яких забезпечує потік електронів від НАДФН і НАДН через токоферол на "гасіння" вільних радикалів. При цьому аскорбінова кислота слугує донором водню для ферменту аскорбатпероксидази, що руйнує пероксиди [1].

**Метою** даної роботи було аналіз впливу забруднення довкілля на інтенсивність вільнорадикальних процесів та вміст компонентів антиоксидантної системи глутатіону і аскорбінової кислоти у корі пагонів троянд, що відрізняються за морозостійкістю в умовах забруднення довкілля.

**Матеріали і методи досліджень.** Як об'єкт дослідження використовували саджанці троянд, які відрізнялися морозостійкістю. Це – роза собача (*Rosa canina L.*), представник морозостійких паркових троянд і сорт *Super Star*, представник садових троянд групи *Hybrid Tea*.

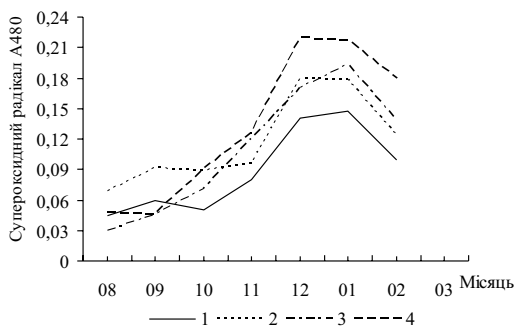
Контрольні рослини зростали на території зеленого господарства, що віддалене від джерела забруднення на 25 км, де концентрація забруднювальних речовин не перевищує ГДК. На дослідній ділянці суттєво підвищена концентрація  $SO_2$  ( $0,272 \pm 0,10$  мг/м<sup>3</sup>) і  $H_2S$  ( $0,129 \pm 0,11$  мг/м<sup>3</sup>).

## ЕКОЛОГІЯ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Вплив забруднення довкілля  $SO_2$  та  $H_2S$  на вміст аскорбінової кислоти і глутатіону в корі пагонів різних за морозостійкістю троянд в осінньо-зимовий період

Кількість відновленого глутатіону і аскорбінової кислоти у корі пагонів визначали методом Петті у модифікації Прокошева [8]. Супероксидний радикал визначали за окисненням адреналіну спектрофотометрично при довжині хвилі 480 нм [11], інтенсивність перекисного окиснення ліпідів – за утворенням малонового діальдегіду. Результати дослідження оброблені статистично.

**Результати досліджень.** Визначення генерації супероксиду ( $O_2^-$ ) у корі пагонів троянд вказує на суттєве збільшення цього показника у зимовий період, особливо у *Super Star* (рис. 1). В умовах забруднення середовища цей процес активується ще більше, ніж у контролі. Таким чином, як негативні температури, так і забруднення середовища індукують процес вільнорадикального окиснення.



**Рис. 1.** Вплив забруднення середовища на концентрацію супероксидного радикала в корі пагонів троянд в осінньо-зимовий період: 1, 2 – *R. canina*; 3, 4 – *Super Star*; 1, 3 – контроль; 2, 4 – ділянка I

Того ж часу як вільні радикали викликають пошкодження компонентів клітини протягом невеликого періоду завдяки їх незначному терміну існування, більш стабільні хімічні сполуки, які формуються внаслідок пероксидації ліпідів, забезпечують механізми більш тривалого пошкоджуючого ефекту [4, 12]. Вони викликають набрякання мітохондрій, роз'єднання дихання і фосфорилування, порушують властивості біологічних мембран, негативно діють на ферментні системи [4]. Тому для оцінки пошкоджуючої дії двох екологічних чинників – низьких температур і забруднення середовища на досліджувані троянди – було проведено вивчення сезонної

динаміки перекисного окиснення ліпідів, яке визначається за утворенням продукту окиснення тіобарбітурової кислоти до малонового діальдегіду (МДА). МДА утворюється за перекисного окиснення жирних кислот ліпідів з великою кількістю подвійних зв'язків [4].

У зимові місяці відносно літнього і осінніх пероксидація ліпідів підвищується (табл. 1). Рівень збільшення продуктів перекисного окиснення ліпідів вказує на більш сильні пошкодження, які викликаються низькими температурами у представника чайно-гібридних троянд (сорт *Super Star*).

Така сама закономірність у сезонних змінах вмісту малонового діальдегіду, як і в контролі, спостерігається в разі дії на рослини інгредієнтів промислових викидів. Проте ступінь перекисного окиснення ліпідів збільшується порівняно з фоновим рівнем.

Підсилення перекисного окиснення ліпідів під впливом промислових викидів відмічають й інші дослідники за дії  $SO_2$  [10], важких металів [2]. Проте роботи, у яких би розглядалися зміни цього процесу за дії негативних температур на рослини в умовах впливу на них повітряних поллютантів, нам не відомі. Тому отримані результати заслуговують на увагу не тільки в теоретичному, але й в практичному аспектах. Зокрема, оцінка морозостійкості троянд в умовах забруднення навколишнього середовища і ступеня пероксидації ліпідів за утворенням МДА показує, що між цими показниками, як і в контролі, існує пряма залежність. Це дозволяє інтенсивність перекисного окиснення ліпідів за дії на рослини низьких від'ємних температур використовувати як тест у разі порівняльної оцінки морозостійкості троянд.

Враховуючи високу токсичність вільних радикалів і продуктів поліциклічного окиснення ліпідів, можна вважати, що синергізм у дії низьких температур і промислових токсикантів на вільнорадикальні процеси є однією з причин зниження рівня морозостійкості троянд за умов забруднення середовища порівняно з контролем. Це підтверджується і тим, що більше зростання інтенсивності цих процесів у пагонах *Super Star* співпадає із більш істотним зниженням їх морозостійкості стосовно фонового рівня *R. canina*.

**1. Сезонна динаміка МДА у пагонах троянд, мкМ малонового діальдегіду / з сирію маси**

Об'єкт дослідження	Дата відбору проб					
	28.08	15.09	15.10	20.11	20.12	20.03
<b>Контроль</b>						
<i>R. canina</i>	1,42±0,06	0,89±0,07	0,90±0,02	1,25±0,02	2,35±0,02	1,09±0,05
<i>Super Star</i>	1,27±0,02	1,39±0,06	1,56±0,04	1,73±0,12	3,95±0,04	2,06±0,07
<b>Ділянка 1</b>						
<i>R. canina</i>	1,65±0,09*	1,25±0,03	1,30±0,06	1,56±0,03	2,90±0,03	1,39±0,04
<i>Super Star</i>	1,80±0,05	1,99±0,03	2,15±0,06	2,42±0,04	4,19±0,07	2,92±0,03

\* Різниця між контролем і дослідом не достовірна на 5%-вому рівні значущості.

Дослідження динаміки аскорбінової кислоти в корі пагонів троянд, які зростають за умов контролю, показало деяке підвищення її вмісту в осінній період, особливо у *R. canina* (табл. 2). Ряд дослідників відмічають також, що осіннє зниження температур викликає накопичення вітаміну С [9], припускають, що біосинтезу аскорбінової кислоти сприяє пониження температури і накопичення вуглеводів, а підвищення вмісту аскорбінової кислоти покращує захищеність окиснювальних пошкоджень клітини [13].

У подальшому відбувається зниження вмісту вітаміну С у корі пагонів досліджуваних троянд (табл. 2). Це спостерігається за настання стійких негативних температур (січень–лютий). Ступінь падіння кількості аскорбату більша у чутливої до морозу садової троянди (*Super Star*). Відзначимо, що літературні дані щодо впливу негативних температур на вміст аскорбінової кислоти суперечливі. Деякі автори вказують на підвищення її рівня в рослинних об'єктах у найхолоднішу пору року [6], інші – на зниження в різних за ступенем зимостійкості рослин [5, 9]. Л.К. Поліщук [7] спостерігала зниження вмісту вітаміну С у корі стійкого сорту яблуні Кальвіль Сніжний під впливом низьких температур, а у менш морозостійкого сорту Ренет Смиренка його збільшення.

Зимове падіння кількості аскорбату в тканинах пагонів досліджуваних об'єктів змінюється весняним підйомом його вмісту (табл. 2).

Зв'язок морозостійкості троянд із вмістом вітаміну С у корі пагонів, що визначається специфікою об'єкта, нами не встановлений. Так, у корі більш стійкої до морозу

*Rosa canina* виявлено менше вітаміну, ніж у нестійкого до даного екологічного чинника сорту *Super Star* (табл. 2), хоча в літературі зустрічаються відомості про більш високий вміст аскорбінової кислоти в морозостійких рослин [9]. Деякі ж автори не виявили різниці в кількості аскорбінової кислоти у морозостійких і морозочутливих рослин [5]. Проте, аналізуючи динаміку аскорбату протягом осінньо-зимового періоду в корі дослідних об'єктів, необхідно вказати, що ступінь зниження його вмісту в корі пагонів троянд за настанням негативних температур менша у стійкого до них виду *Rosa canina*. Тобто морозостійкість виду або сорту визначається, очевидно, не загальним вмістом аскорбінової кислоти в тканинах рослин, а ступенем збереження її кількості за настанням неблагоприятного екологічного фактора.

В умовах забруднення середовища спостерігається така сама динаміка вітаміну С у корі пагонів, що і в контролі. Однак інгредієнти промислових викидів викликають зниження його рівня у *Super Star* і деяке підвищення у *Rosa canina* (рис. 2). Це узгоджується з дослідженнями В.П. Бессонові зі співавт. [3], які вказують, що в листках більш толерантних до забруднення видів рослин кількість вітаміну С або зростає, або змінюється незначно, тоді як у чутливих видів спостерігається зменшення вмісту цієї сполуки порівняно з контролем.

Динаміка відновленого глутатіону в корі дослідних об'єктів корелює з динамікою аскорбінової кислоти (табл. 2). Відмічається аналогічне підвищення його кількості у перший період загартовування, але менш виражене.

**2. Вплив забруднення середовища на сезонний вміст аскорбінової кислоти і відновленого глутатіону в корі пагонів троянд, мг%**

Дата	<i>Rosa canina</i>		<i>Super Star</i>	
	контроль	ділянка 1	контроль	ділянка 1
<b>Аскорбінова кислота</b>				
20.08	18,1±0,22	22,1±0,16	25,3±0,14	20,0±0,20
15.09	19,9±0,30	23,4±0,12	29,1±0,20	22,7±0,16
15.10	24,5±0,11	29,2±0,12	31,5±0,16	24,1±0,25
15.11	26,3±0,40	30,1±0,33	34,0±0,22	25,0±0,30
20.12	19,0±0,30	21,1±0,31	17,1±0,25	13,1±0,29
20.01	16,2±0,14	19,0±0,17	15,6±0,20	12,2±0,27
20.03	19,1±0,12	21,2±0,20	22,4±0,19	19,4±0,16
<b>Глутатіон</b>				
20.08	32,0±0,22	34,1±0,20	39,4±0,19	31,3±0,22
15.09	39,2±0,30	40,0±0,56*	40,5±0,28	33,4±0,16
15.10	38,3±0,31	39,0±0,17*	39,7±0,30	32,6±0,14
15.11	42,0±0,24	41,5±0,14*	37,1±0,14	36,1±0,31
20.12	20,2±0,29	19,6±0,13*	17,2±0,30	14,3±0,33
20.01	22,4±0,40	21,3±0,27	16,4±0,60	11,2±0,39
20.03	29,1±0,41	27,0±0,16	25,1±0,17	20,0±0,27

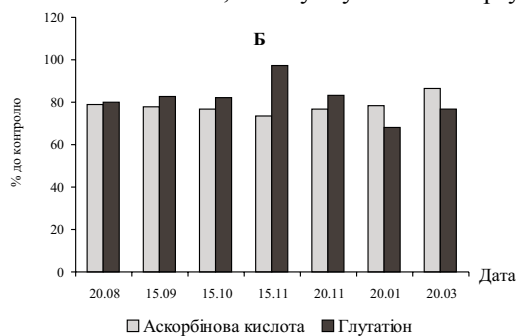
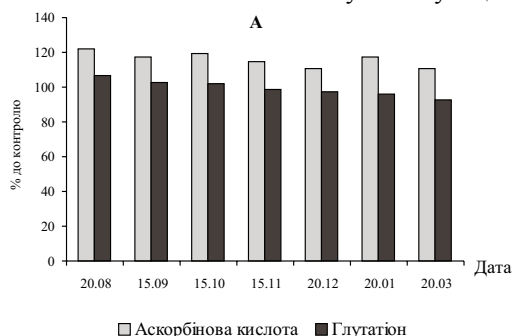
\* Різниця між контролем і дослідом не достовірна на 5%-вому рівні значущості.

З настанням низьких температур спостерігається суттєве падіння і, нарешті, весняний підйом концентрації відновленого глутатіону в корі пагонів троянд (табл. 2).

Зменшення кількості відновленого глутатіону за дії негативних температур деякі дослідники пояснюють накопиченням аскорбінової кислоти і збільшенням у зв'язку з цим

окиснювальної властивості клітин. Проте, як уже відзначалося, у нашому експерименті динаміка глутатіону позитивно корелює з динамікою аскорбату.

Зіставлення різних за стійкістю об'єктів показало, що рівень глутатіону вищий у корі пагонів відносно толерантної до морозу рослини *Rosa canina*, ніж у чутливого сорту



**Рис. 2. Вплив забруднення довкілля  $SO_2$  і  $H_2S$  на вміст глутатіону і аскорбінової кислоти в корі пагонів троянд в осінньо-зимовий період:**  
А – *Rosa canina*; Б – *Super Star*

## ЕКОЛОГІЯ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Вплив забруднення довкілля  $SO_2$  та  $H_2S$  на вміст аскорбінової кислоти і глутатіону в корі пагонів різних за морозостійкістю троянд в осінньо-зимовий період

*Super Star*, протягом усього дослідного періоду. Більш високий вміст відновленого глутатіону в морозостійкого сорту пшениці і жита відмічають Д.Р. Проценко і Є.А. Рубанюк [9]. На їх думку, це є свого роду захисним пристосуванням, яке захищає SH-групи білка від окиснення, а отже, й від подальшої можливої дегідратації у разі відтаювання.

За умов забруднення середовища вміст глутатіону в корі *Rosa canina* змінюється мало (20.07, 20.08, 20.03) або не змінюється (15.09, 15.10, 20.12), у *Super Star* – знижується порівняно з контролем. Сезонна динаміка цієї сполуки за екстремальних умов дії на

рослини повітряних поллютантів зберігається такою ж самою, як і в контролі (табл. 2).

У толерантного до низьких температур виду *Rosa canina* функціонування антиоксидантної системи аскорбінова кислота–глутатіон більш активне, ніж у чутливого сорту *Super Star*. Це стосується і реакції на забруднення.

Отже, у перспективі – подальші дослідження з вивчення впливу від'ємних низьких температур на фоні забруднення довкілля  $SO_2$  і  $H_2S$  на активність антиоксидантних ферментів.

### Висновки

1. Від'ємні низькі температури активують генерацію супероксидного радикала в корі пагонів *Rosa canina* і *Super Star*. Концентрація супероксидного радикала ще сильніше зростає за умов одночасного впливу на рослину морозу і забруднювачів довкілля ( $SO_2$  і  $H_2S$ ).

2. З настанням стійких від'ємних температур у корі пагонів досліджуваних видів знижується вміст як аскорбінової кислоти, так і глутатіону.

3. За умов забруднення довкілля  $SO_2$  і  $H_2S$  у корі пагонів рослин *Rosa canina* в осінньо-зимовий період вміст глутатіону практично не змінюється або зменшується дуже мало, що залежить від терміну дослідження, порівняно з рослинами умовно чистої зони, а аскорбінової кислоти децю зростає стосовно контролю. У корі пагонів *Super Star* падає кількість як глутатіону, так і аскорбінової кислоти.

### Бібліографія

1. Абрамова Ж.И. Человек и противокислительные вещества / Ж.И. Абрамова, Г.И. Оксенгендер. – Л.: Наука, 1985. – 230 с.
2. Бессонова В.П. Влияние тяжелых металлов и полистимулина К на антиоксидантную систему клеток листьев чины душистой / В.П. Бессонова // Физиология и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 24, № 2. – С. 147–152.
3. Бессонова В.П. Вплив техногенних умов на вміст аскорбінової кислоти та глутатіону в листках різних рослин / В.П. Бессонова, Ж.Т. Козюкіна, І.І. Лиженко // Укр. ботан. журн. – 1989. – Т. 76, № 3. – С. 422–426.
4. Владимиров Ю.А. Механизм перекисного окисления липидов и его действие на биологические мембраны / Ю.А. Владимиров, В.И. Оленев, Т.В. Сислова и др. // Биофизика. – Т. 5. – Молекулярная патология мембранных структур. – М.: ВИНТИ, 1975. – С. 56.
5. Петухова В.П. Эколого-физиологические основы интродукции древесных растений / В.П. Петухова. – М.: Наука, 1981. – 124 с.
6. Полимбетова Р.А. Физиологические особенности морозоустойчивых мутантов пшеницы / Р.А. Полимбетова, Э.И. Омарова, Е.Д. Богданова, Г.К. Хусанова, К.К. Кудышева // Физиология и биохимия культурных растений. – 1984. – Т. 16, № 4. – С. 369–375.
7. Полищук Л.К. Значение аскорбиновой кислоты и пигментов коры для морозоустойчивости плодов расте-

- ний / Л.К. Полищук // Физиология и биохимия культурных растений. – 1970. – Т. 2, вып. 2. – С. 198–203.
8. Практикум по физиологии растений / Под ред. Гунара. – М.: Наука, 1972. – 168 с.
9. Проценко Д.Ф. Динамика содержания аскорбиновой кислоты и глутатиона в узлах кушения различных по зимостойкости сортов озимых ржи и пшеницы / Д.Ф. Проценко, Е.А. Рубанюк // Рост и устойчивость растений. – К.: Наукова думка, 1968. – С. 151–159.
10. Asada K. Formation and scavenging of superoxide in chloroplasts, with relation to injury by sulphur dioxide / K. Asada // Studies on the effect of air pollution on plants and metabolism of phytotoxicity. – Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud. – 1989. – P. 20–29.
11. Borts W. The involvement of oxygen radical during the autoxidation of adrenalin / W. Borts, C. Nichel, M. Sarar, E. Lengelder // Biochem. Et Biophys. Acta. – 1978. – 540. – № 1. – P. 120–125.
12. Esterbauer H. Aldehydic products of peroxidation / H. Esterbauer // Free radicals lipid and cancer. E.D.C. Mc. Brein and T.F. Slater, 1982. – Academic Press New York. – 1982. – P. 101–109.
13. Chen Zang. Increasing tolerance to ozone by elevating foliar ascorbic acid confers greater protection against ozone than increasing avoidance / Chen Zang, D.R. Gallie // Plant Physiol. – 2005. – № 3. – V. 138. – P. 1673–1689.