

УДК 581. 02+581.9:712.42

Г. А. Заїко, Ю. В. Лихолат

Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара

**ФІЗИОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТІЙКОСТІ
ОСНОВНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ КВІТУЧИХ ГАЗОНІВ
В УМОВАХ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

Установлено особливості активності ферментів антиоксидантного комплексу (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази) та глутатіон-аскорбінової захисної системи основних представників декоративноквітучих рослин (13 газонотвірних видів), що використовуються для створення газонів в умовах міського середовища. Один з основних критеріїв стійкості рослин – рівень прооксидантно-антиоксидантних метаболічних процесів. Установлено найпристосованіші до несприятливих умов навколишнього середовища види, які можна рекомендувати для створення квітучих газонів в умовах промислового міста.

А. А. Заико, Ю. В. Лихолат

Днепрпетровский национальный университет им. Олесь Гончара

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ
ОСНОВНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЦВЕТУЩИХ ГАЗОНОВ
В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Установлены особенности активности ферментов антиоксидантного комплекса (каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы) и глутатион-аскорбиновой защитной системы основных представителей декоративноцветущих растений (13 газонообразующих видов), которые используются для создания газонов в условиях городской среды. Один из основных критериев устойчивости растений – уровень прооксидантно-антиоксидантных метаболических процессов. Установлены наиболее приспособленные к неблагоприятным условиям окружающей среды виды, которые можно рекомендовать для создания цветущих газонов в условиях промышленного города.

G. A. Zaiyko, Y. V. Lykholat

Oles' Honchar Dnipropetrovsk National University

**PHYSIOLOGICAL FEATURES OF TOLERANCE
OF THE MAIN SPECIES OF BLOOMING LAWNS
IN THE URBAN ENVIRONMENT**

The activity of enzymes of the antioxidative complex and glutathione-ascorbic acid system of the main species of decoratively-flowering plants used for blooming lawns in the urban environment are determined. The activity of catalase, peroxydase and polyphenoloxydase, and the content of glutathione and ascorbic acid in 13 plant species were analyzed. One of the basic criteria of plants tolerance is the level of prooxydative and antioxydative metabolic processes. The plant species resistant to adverse conditions are recommended for use in the blooming lawns design in industrial cities.

Вступ

Один із найефективніших засобів оптимізації довкілля промислових центрів – їх озеленення [10]. Вагому частку при цьому становлять трав'янисті рослини, основу яких складають газонні трави, що сприяють вільному провітрюванню території [11]. Перевага використання в озелененні саме газонних покриттів також полягає в тому, що площа їх листової поверхні в 1,7–2,0 разів більша порівняно із зімкнутими деревними парковими насадженнями [10], що дозволяє затримувати у 10 разів більше пилу, ніж деревні насадження тієї ж площі [5].

Однак дана рослинність, як і інші компоненти екосистем, чутлива до техногенного забруднення. Стан дернового покриття на промислових територіях залежить у першу чергу від стійкості рослин до токсикантів, які містяться у викидах промислових підприємств [10; 11].

До систем захисту організму від ушкоджень унаслідок несприятливих факторів середовища належать ферменти, які знешкоджують вільні радикали та пероксидази: каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза [4; 13]. Підвищенню стійкості рослин сприяють значною мірою аскорбінова кислота та глутатіон [16]. Фізіологічна антиоксидантна система забезпечує підтримання гомеостазу за дії різних екстремальних факторів, у тому числі й промислового забруднення [1; 2].

Враховуючи те, що в доступній літературі проблемі всебічного вивчення фізіолого-біохімічних показників квітучих рослин, використанню їх в озелененні приділяється недостатня увага, мета нашої роботи – на основі активності ферментів антиоксидантного комплексу та дії глутатіон-аскорбінової системи основних представників декоративних трав виділити найперспективніші квітково-декоративні види для створення квітучого газону.

Матеріал і методи досліджень

Об'єкти досліджень – представники трав'янистих декоративноквітучих рослин: *Achillea submillefolium* Klok. et Kytzka, *Artemisia vulgaris* L., *Barkhausia rhoeadifolia* Bieb., *Cichorium intybus* L., *Festuca orientalis* (Hack.) V. Krecz. et Bobr., *Lotus ucrainicus* Klok., *Poa angustifolia* L., *Potentilla argentea* L., *Sedum acre* L., *Taraxacum officinale* Webb ex Wigg., *Trifolium pratense* L., *Vicia cracca* L., *Viola odorata* L., що зростали на території ботанічного саду ДНУ ім. Олеса Гончара. Розташований фактично в центрі промислового міста, ботанічний сад зазнає впливу органічних і неорганічних поллютантів. У зв'язку з цим при проведенні інтродукційної роботи нам доводиться враховувати стійкість рослин до умов навколишнього середовища, один із показників якої – рівень прооксидантно-антиоксидантних метаболічних процесів.

Визначення активності пероксидази проводили за А. Н. Бояркіним [4; 5; 7; 12]. Метод вимірювання активності ферменту, запропонований А. Н. Бояркіним, ґрунтується на обчисленні швидкості окислення бензидину під дією ферменту, що міститься в рослинах, до утворення продукту окислення синього кольору певної концентрації, що заздалегідь установлюється на фотоелектроколориметрі.

Визначення активності каталази ґрунтується на урахуванні кількості перекису водню, що розклався під дією ферменту шляхом титрування перманганатом калію [4; 6].

Визначення активності поліфенолоксидази базується на вимірюванні активності ферменту за швидкістю окислення парафенілєндіаміну з утворенням сполук фіолетового кольору певної концентрації. Вимірювання активності поліфенолоксидази проводилося за А. Н. Бояркіним [4; 5].

Визначення вмісту в рослинному матеріалі аскорбінової кислоти та глутатіону проводили методом Т. Л. Петта (у модифікації С. М. Прокошева), заснованим на здатності аскорбінової кислоти відновлювати 2,6-дихлорфеноліндофенол. Визначення вмісту глутатіону пов'язане з його здатністю відновлювати вільний йод, утворений при титруванні екстракту в кислому середовищі [5; 7].

Статистичну обробку даних проводили з використанням критерію Стьюдента. Достовірність відмінностей вираховувалась при 5 % рівні значущості.

Результати та їх обговорення

Дія будь-яких абіотичних і біотичних чинників на рослинний організм, зокрема різкі перепади температури, низький рівень вологи у повітрі та ґрунті, часті посухи або викиди промислових підприємств, запускають механізми захисної системи рослин [9; 15]. В основі біологічного захисту видів стоїть біохімічна адаптація, що активно проявляється у випадку, коли у рослин немає інших способів уникнути дестабілізації раніше сформованих у них процесів метаболізму [14]. Одна з найхарактерніших реакцій рослини на дію будь-яких стресових факторів – зміна активності окисно-відновних ферментів [4]. При дослідженні активності каталази рослинних об'єктів виявили підвищену активність даного ферменту в осінній період (табл. 1). Однією з причин цього явища вважається підвищений вміст шкідливих речовин у листках рослин наприкінці періоду вегетації [3; 6; 15].

Аналогічна особливість відмічалася для активності пероксидази в усіх досліджуваних об'єктах незалежно від періоду сезону (див. табл. 1). Підвищений рівень активності ензиму підтверджує той факт, що джерелом активного кисню при каталітичній дії пероксидази можуть слугувати як перекис водню, так і органічні перекиси, у тому числі перекиси ненасичених жирних кислот і каротину. До субстрату, що окислюється пероксидазою за присутності перекису водню, можна віднести більшість фенолів і фенольних кислот.

Для того щоб стримувати підвищений рівень пероксидації, необхідна потужніша система захисту. При цьому стійкі рослини до несприятливих факторів мають вищі рівні антиоксидантів, тобто ефективнішу систему захисту, яка попереджає окисну деструкцію та забезпечує структурну та функціональну стабільність клітинних мембран [6; 8]. У зв'язку з цим показники активності поліфенолоксидази (див. табл. 1) для всіх досліджуваних видів рослин у літньому періоді значно нижчі порівняно з показниками активності поліфенолоксидази восени.

На основі проведених досліджень активності ферментів антиоксидантного комплексу, які гальмують реакцію супероксидатзалежної пероксидації ліпідів шляхом дисмутації вільних радикалів, що формуються в результаті вільнорадикальних реакцій у перекис водню, дані ензими, виявляючи антиоксидантні властивості, запобігають появі первинних продуктів перекисного окислення ліпідів і, завдяки цьому, уповільнюють вільнорадикальні процеси.

Один із критеріїв стійкості рослин – вміст аскорбінової кислоти та глутатіону. Це одні з найважливіших протекторів процесів пероксидного окиснення ліпідів [16]. Їх підвищення в осінній період, порівняно з літнім (табл. 2), у всіх видів досліджуваних рослин – свідчення того, що відбувається реакція рослинного організму на дію стресових чинників.

Установлені особливості зміни активності антиоксидантних ферментів і протекторів дають можливість стверджувати доцільність визначення їх активності при відборі стійкого асортименту рослин для озеленення міських територій.

Таблиця 1

**Активність ($M \pm m$) пероксидази, каталази та поліфенолоксидази
декоративноквіткових рослин влітку та восени 2010 року**

Назва виду	Пероксидаза			Каталаза			Поліфенолоксидаза		
	літо	осінь	t_e	літо	осінь	t_e	літо	осінь	t_e
<i>Achillea submillefolium</i>	0,358 ± 0,0050	0,524 ± 0,0050	2,21	0,081 ± 0,0037	0,154 ± 0,0039	2,47	0,215 ± 0,0010	0,312 ± 0,0012	2,35
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,871 ± 0,0065	1,204 ± 0,0067	2,32	0,124 ± 0,0021	0,320 ± 0,0019	3,25	0,102 ± 0,0008	0,187 ± 0,0010	2,56
<i>Barkhausia rhoeadifolia</i>	0,150 ± 0,0018	0,171 ± 0,0018	1,17	0,433 ± 0,0022	0,564 ± 0,0034	2,32	0,078 ± 0,0007	0,134 ± 0,0010	2,78
<i>Cichorium intybus</i>	1,682 ± 0,0070	2,453 ± 0,0077	4,56	0,131 ± 0,0019	0,191 ± 0,0024	1,98	0,250 ± 0,0011	0,376 ± 0,0012	4,01
<i>Festuca orientalis</i>	1,075 ± 0,0050	1,985 ± 0,0054	4,02	0,201 ± 0,0040	0,378 ± 0,0027	4,60	0,056 ± 0,0006	0,129 ± 0,0006	4,22
<i>Lotus ucrainicus</i>	0,100 ± 0,0020	0,134 ± 0,0020	2,10	0,157 ± 0,0022	0,222 ± 0,0032	2,76	0,100 ± 0,0015	0,180 ± 0,0016	3,73
<i>Poa angustifolia</i>	1,098 ± 0,0053	1,870 ± 0,0048	4,19	0,298 ± 0,0030	0,389 ± 0,0033	2,97	0,080 ± 0,0011	0,132 ± 0,0011	2,90
<i>Potentilla argentea</i>	0,092 ± 0,0013	0,145 ± 0,0015	2,99	0,162 ± 0,0026	0,299 ± 0,0021	2,39	0,060 ± 0,0012	0,102 ± 0,0015	2,89
<i>Sedum acre</i>	0,012 ± 0,0014	0,031 ± 0,0037	1,91	0,085 ± 0,0037	0,145 ± 0,0051	2,18	0,049 ± 0,0010	0,089 ± 0,0012	2,69
<i>Taraxacum officinale</i>	0,930 ± 0,0030	1,304 ± 0,0031	2,01	0,177 ± 0,0033	0,254 ± 0,0035	2,15	0,105 ± 0,0015	0,167 ± 0,0016	2,41
<i>Trifolium pratense</i>	0,602 ± 0,0021	0,997 ± 0,0023	2,35	0,201 ± 0,0020	0,304 ± 0,0025	2,30	0,267 ± 0,0020	0,402 ± 0,0022	3,85
<i>Vicia cracca</i>	0,200 ± 0,0018	0,309 ± 0,0018	2,00	0,097 ± 0,0015	0,131 ± 0,0030	2,10	0,050 ± 0,0008	0,081 ± 0,0009	3,03
<i>Viola odorata</i>	0,215 ± 0,0020	0,390 ± 0,0021	2,18	0,091 ± 0,0037	0,131 ± 0,0051	2,12	0,066 ± 0,0012	0,098 ± 0,0017	2,14

Примітка: t_e – критерій Стьюдента, $t_{0,05} = 2,08$.

Таблиця 2

**Вміст ($M \pm m$) аскорбінової кислоти та глутатіону
у декоративноквіткових рослинах улітку та восени 2010 року**

Назва виду	Аскорбінова кислота			Глутатіон		
	літо	осінь	t_e	літо	осінь	t_e
<i>Achillea submillefolium</i>	0,110 ± 0,0021	0,160 ± 0,0023	2,21	0,072 ± 0,0011	0,205 ± 0,0024	4,05
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,264 ± 0,0023	0,421 ± 0,0024	4,56	0,307 ± 0,0019	0,564 ± 0,0030	3,22
<i>Barkhausia rhoeadifolia</i>	0,113 ± 0,0020	0,265 ± 0,0021	4,00	0,859 ± 0,0045	1,098 ± 0,0067	3,11
<i>Cichorium intybus</i>	0,724 ± 0,0032	1,022 ± 0,0036	2,69	1,166 ± 0,0049	1,954 ± 0,0054	3,44
<i>Festuca orientalis</i>	0,220 ± 0,0029	0,398 ± 0,0030	3,86	0,767 ± 0,0056	1,129 ± 0,0066	4,05
<i>Lotus ucrainicus</i>	0,223 ± 0,0021	0,250 ± 0,0025	1,68	0,256 ± 0,0026	0,298 ± 0,0031	1,49
<i>Poa angustifolia</i>	0,863 ± 0,0056	1,323 ± 0,0067	2,90	0,921 ± 0,0067	1,598 ± 0,0088	4,01
<i>Potentilla argentea</i>	0,700 ± 0,0035	1,002 ± 0,0040	2,98	0,580 ± 0,0033	0,990 ± 0,0050	3,53
<i>Sedum acre</i>	0,140 ± 0,0019	0,200 ± 0,0021	2,10	0,096 ± 0,0011	0,179 ± 0,0019	2,75
<i>Taraxacum officinale</i>	0,796 ± 0,0031	1,059 ± 0,0033	3,47	0,897 ± 0,0057	1,682 ± 0,0070	5,00
<i>Trifolium pratense</i>	1,354 ± 0,0078	1,983 ± 0,0082	3,92	0,545 ± 0,0034	0,899 ± 0,0042	2,97
<i>Vicia cracca</i>	0,235 ± 0,0024	0,479 ± 0,0035	4,05	0,221 ± 0,0020	0,399 ± 0,0029	4,18
<i>Viola odorata</i>	0,101 ± 0,0011	0,154 ± 0,0017	2,52	0,157 ± 0,0014	0,278 ± 0,0022	3,78

Примітка: див. табл. 1.

Висновки

1. У досліджуваних квітково-декоративних видів існують відмінності між рівнем активності каталази, пероксидази та поліфенолоксидази, причому активність ферментів зростає восени.

2. Існують суттєві відмінності між умістом аскорбінової кислоти в період вегетації та при переході рослин у стан спокою. Така сама залежність спостерігається і для глутатіону. Це свідчить про реакцію рослинного організму на шкідливі зовнішні фактори.

3. Види, які відзначалися вищою активністю антиоксидантних ензимів і протекторів, можна вважати пристосованими до несприятливих чинників. У нашому досліді найстійкішими виявились *Achillea submillefolium*, *Artemisia vulgaris*, *Barkhausia rhoeadifolia*, *Cichorium intybus*, *Festuca orientalis*, *Poa angustifolia*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense*, *Vicia cracca* – перспективні квітково-декоративні види для створення квітучого газону.

Бібліографічні посилання

1. **Бессонова В. П.** Цитофизиологические аспекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений. – Запорожье : Павел, 1999. – 208 с.
2. **Котельникова И. М.** Влияние вируса табачной мозаики на содержание фосфолипидов и активность фосфолипазы *D* в листьях табака / И. М. Котельникова, Э. В. Некрасов, А. В. Крылов // Физиология растений. – 2004. – Т. 51, № 1. – С. 73–79.
3. **Кретович В. Л.** Введение в энзимологию. – М. : Наука, 1974. – 322 с.
4. **Мартинова Н. В.** Активність окислювальних ферментів у вегетативних органах ґрунтопокривних рослин за умов дії стресу / Н. В. Мартинова, Ю. В. Лихолат // Інтродукція рослин. – 2009. – № 4. – С. 77–81.
5. **Методы биохимического исследования растений** / Под ред. А. И. Ермакова, 3-е изд. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
6. **Плешков Б. П.** Практикум по биохимии растений. – М. : Колос, 1968. – 183 с.
7. **Практикум по физиологии растений.** – М. : Агропромиздат, 1990. – 220 с.
8. **Серегин И. В.** Распределение кадмия, свинца, никеля и стронция в набухающих зерновках кукурузы / И. В. Серегин, А. Д. Кожевникова // Физиология растений. – 2005. – Т. 52, № 4. – С. 635–640.
9. **Терек К. В.** Нагромадження *Cd* проростками кукурудзи та їх реакція на токсичну дію металу / К. В. Терек, М. С. Юревич, Н. Я. Речевська // Физиология и биохимия культурных растений. – 2000. – Т. 32, № 6. – С. 506–511.
10. **Трешоу М.** Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 535 с.
11. **Тюльдюков В. А.** Газоноведение и озеленение населенных территорий / В. А. Тюльдюков, И. В. Кобозев, Н. В. Парахин. – М. : Колос, 2002. – 264 с.
12. **Хромих Н. О.** Еколого-фізіологічні аспекти гербіцидної дії на амброзію полинолисту (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в умовах степового Придніпров'я. Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Д. : ДНУ, 2008. – 24 с.
13. **Beauchamp C.** Superoxide dismutase: Improved assays applicable to acrylamide gels / C. Beauchamp, I. Fridovich // Anal. Biochem. – 1971. – Vol. 44. – P. 276–278.
14. **Fridovich I.** Superoxide radical and superoxide dismutase // Oxygen living process: Interdiscip. Approach New York, e. a. – 1981. – Vol. 43. – P. 250–272.
15. **Changes in the activity of catalase in relation to the dormancy of grapevine (*Vitis vinifera* L.)** / G. Nir, Y. Shulman, L. Fanberstein, S. Lavee // Plant Physiol. – 1986. – Vol. 81. – P. 1140–1142.
16. **Smirnoff N.** Ascorbic acid: Metabolism and functions of a multi-faceted molecule // Curr. Opin. Plant Biol. – 2000. – Vol. 3. – P. 229–235.

Надійшла до редколегії 31.01.2011