

УДК 504.73.05:635.9

О. П. Приймак

*Дніпропетровський державний аграрний університет*

## **ФІТОТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ $SO_2$ , $NO_2$ ТА ІОНІВ СВИНЦЮ НА ВЕГЕТАТИВНІ ОРГАНИ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН**

Вивчено дію кислих газів та іонів свинцю на вегетативні органи декоративних рослин у модельному експерименті. Розглянуто морфометричні показники стебла та асиміляційного апарату. Визначено зміни значень висоти рослин і площі асиміляційної поверхні, виявлено ушкодження пагонів рослин. З'ясовано фітотоксичний ефект дії  $SO_2$ ,  $NO_2$  та іонів свинцю на ріст і розвиток їх надземних органів. *Tagetes patula* L. толерантний до дії кислих газів та іонів свинцю. Найчутливішими до дії  $SO_2$ ,  $NO_2$  та  $Pb^{2+}$  видами рослин виявилися *Calendula officinalis* L., *Salvia splendens* L. та *Chrysanthemum leucanthemum* L., відповідно.

Е. П. Приймак

*Днепропетровский государственный аграрный университет*

## **ФИТОТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ $SO_2$ , $NO_2$ И ИОНОВ СВИНЦА НА ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ**

Изучено влияние кислых газов и ионов свинца на вегетативные органы декоративных растений в модельном эксперименте. Рассмотрены морфометрические показатели стебля и ассимиляционного аппарата. Показаны изменения значений высоты растений и площади ассимиляционной поверхности, обнаружены повреждения побегов растений. Установлен фитотоксический эффект действия  $SO_2$ ,  $NO_2$  и ионов свинца на рост и развитие надземных органов. *Tagetes patula* L. является толерантным к действию кислых газов и ионов свинца. Чувствительными к действию  $SO_2$ ,  $NO_2$  и  $Pb^{2+}$  видами являются *Calendula officinalis* L., *Salvia splendens* L. и *Chrysanthemum leucanthemum* L., соответственно.

О. P. Pryimak

*Dnipropetrovs'k State Agrarian University*

## **PHYTOTOXIC EFFECT OF $SO_2$ , $NO_2$ AND LEAD IONS ON THE VEGETATIVE ORGANS OF DECORATIVE PLANTS**

Influence of acid gases and lead ions on the vegetative organs of decorative plants has been studied in a model experiment. The morphometric indices of stem and assimilative apparatus are considered. Changes of the plants height and assimilating area are described. The damage of plants' sprouts was found. The phytotoxic effect of  $SO_2$ ,  $NO_2$  and lead ions on the growth and development of the above-ground organs was determined. The *Tagetes patula* L. is a resistant to the action of acid gases and lead ions. *Calendula officinalis* L., *Salvia splendens* L. and *Chrysanthemum leucanthemum* L. were determined to be most sensitive to the influence of by  $SO_2$ ,  $NO_2$  and  $Pb^{2+}$  respectively.

### **Вступ**

У техногенно трансформованому середовищі сучасних мегаполісів вміст важких металів та різноманітних поллютантів із кожним роком зростає. Основну небезпеку що-

до забруднення довкілля становлять відпрацьовані гази автотранспорту, до хімічного складу яких належать важкі метали, оксиди вуглецю, вуглеводні, альдегіди, бенз(а)пірен, оксиди нітрогену та сульфуру [6; 13; 15; 25]. Забруднювачі атмосфери, які випадають на поверхню ґрунту у вигляді малодисперсних твердих речовин, у ґрунті взаємодіють із ґрунтовим розчином. Ґрунти міст і прилеглих територій переважно кислі за рахунок атмосферних опадів за наявності в них  $SO_2$  і  $NO_2$ , а кисле середовище сприяє міграції важких металів та їх доступності для рослин [25]. Найнебезпечнішими для рослин за порівняно низьких концентрацій є сполуки свинцю, оксиди сульфуру та нітрогену [13; 25]. У вегетаційних дослідях із *Zea mays* L. та *Glycine max* L. показано, що обробка рослин розчином  $PbCl_2$ , спричинює гальмування росту, фотосинтезу та транспірації, ушкодження асиміляційного апарату, а сам метал акумулюється у тканинах рослин [10]. Фумігація рослин  $SO_2$  і  $NO_2$  викликає дифузію цих газів через продиhi листків рослин [5]. Так, у дослідях із *Geranium carolinianum* L. поглинання  $SO_2$  становило від 4 до 180 ммоль/м<sup>2</sup> залежно від концентрації цього газу у середовищі та інтенсивності газообміну рослини [27]. За умов сухої поверхні  $SO_2$  легко абсорбується листками та швидко окиснюється до сульфату в клітинах мезофілу. Високі концентрації  $SO_2$  підтримують продиhi у відкритому стані. Спостерігаються аномалії у розкритті продиhив [17], а кінцевий результат – пригнічення росту [16; 24; 26].

Так звана активність продиhив – видоспецифічна ознака, про що свідчить різний рівень поглинання полютанту рослинами *Pisum sativum* L. ev *Alsweet*, *Lycopersicon esculentum* Mill. var *flacca*, *Geranium carolinianum* L., *Diplacus aurantiacus* Jeps [19]. Симптоми пошкодження листків, такі як хлороз, можуть відмічатися за дії середніх концентрацій  $SO_2$  в межах 21–44 мкг/м<sup>3</sup>. Активність продиhив листків рослин – головний фактор у поглинанні  $NO_2$  [21], після чого він вступає в реакцію з водою на вологій поверхні клітин мезофілу, утворює нітритну та нітратну кислоти. За умов дії  $NO_2$  у клітинах листків *Phaseolus vulgaris* спостерігалися циліндричні вип'ячування оболонки хлоропластів, асоційовані з мітохондріями [8]. За дії  $NO_2$  на рослини знижувався вміст хлорофілу та гальмувалося накопичення біомаси, темпів росту [11; 20; 22]. Початкові симптоми пошкодження листків рослин  $NO_2$  проявляються у безладному розповсюдженні плям сіро-зеленого відтінку, які з часом знебарвлюються. Такі плями поступово грубішають, висихають і стають білими. У покритонасінних рослин некротичні плями, які утворилися в міжжилкових ділянках листка, часто об'єднуються, утворюючи смуги [7].

Як інформативні показники за цих умов у наукових експериментах використовують висоту рослин і площу асиміляційної поверхні, що характеризує кількість листків на рослині та їх площу, має першорядне значення в адаптації рослинних організмів до стресових умов існування [1; 6; 9]. Слід зазначити, що більшість досліджень фітотоксичної дії сполук свинцю,  $SO_2$  та  $NO_2$  на ростові процеси та стан асиміляційного апарату в модельних експериментах проводилася на сільськогосподарських, трав'янистих дикорослих і декоративних деревних рослинах [6; 9; 12; 14; 15; 18]. Дані з вивчення впливу вищезазначених токсикантів на трав'янисті декоративні рослини мають поодинокий характер [23]. Задовільний стан надземних вегетативних органів (особливо листкового апарату) – показник нормального розвитку рослин за дії сполук свинцю,  $SO_2$  та  $NO_2$ , що відіграє важливу роль в їх декоративності.

Мета роботи – з'ясувати характер впливу  $SO_2$ ,  $NO_2$  та іонів свинцю за умов модельних дослідів на ріст і стан асиміляційної поверхні декоративних квітникових рослин, виявити видоспецифічні реакції на дію фітотоксикантів.

## Матеріал і методи досліджень

Об'єкти досліджень – декоративні рослини: *Tagetes patula* L. (чорнобривці розлогі), *Chrysanthemum leucanthemum* L. (королиця звичайна), *Calendula officinalis* L. (календула лікарська), *Salvia splendens* L. (шавлія блискуча). Рослини вирощували на гравійній культурі на розчині Кнопа за температури  $+24 \pm 2$  °C та фотоперіоду 16 годин освітленості 10 000 лк люмінесцентними (ЛБ–40) та лампами денного світла (УСП 35–2). У віці 40 діб рослини піддавали дії  $NO_2$ ,  $SO_2$  та іонів свинцю.

Для вивчення роздільної дії  $NO_2$  та  $SO_2$  закладено два варіанти досліду: 1) контроль; 2) 5 ГДК. Фумігацію проводили у фумігаційних камерах протягом 3 годин на добу після початку експерименту. Вплив свинцю на морфометричні показники рослин вивчали у двох варіантах досліду: 1) контроль; 2) 15 ГДК. Досліди проводили в триразовій повторності, у кожній повторності – по 30 рослин.

Регулярно протягом вегетації відмічали висоту рослин, кількість листків та їх площу, проводили морфометричні виміри за загальноприйнятими методиками [3]. Назви рослин подані за В. Н. Головкіним [2]. Статистичну обробку даних проводили за допомогою пакета прикладних програм MS Excel із застосуванням критерію Стьюдента [4].

## Результати та їх обговорення

Вивчення роздільного впливу деяких інгредієнтів автотранспортних викидів ( $SO_2$ ,  $NO_2$  та  $Pb^{2+}$ ) на ріст декоративних квітникових рослин чотирьох видів дозволило встановити, що за дії свинцю висота рослин найбільше різниться від контрольних значень, ніж у варіантах із кислотними газами (рис. 1, табл. 1). Найістотніше різнилося значення даного показника у *C. leucanthemum* (на 63,0 % порівняно з контролем). Зниження висоти рослин *C. officinalis*, *S. splendens* і *T. patula* було майже на одному рівні (50,0, 49,6 та 48,1 %, відповідно). Кількість листків на рослині та їх площа зменшувалися в усіх досліджуваних видів за дії  $Pb^{2+}$ . Найчутливішим видом до дії іонів свинцю на дані показники є *C. leucanthemum*, про що свідчить зменшення величини асиміляційної поверхні на 74,8 % порівняно з контролем (див. рис. 1). У *C. officinalis* та *T. patula* зниження значення даного показника становить 40,5 та 45,3 % відповідно. Рослини *S. splendens* мали площу асиміляційної поверхні на 59,0 % меншу за контрольну.

Вплив  $SO_2$  та  $NO_2$  спричинював зменшення висоти рослин і асиміляційної поверхні щодо контрольних значень (табл. 1, 2). За дії  $NO_2$  *C. officinalis* і *T. patula* мали схожі значення висоти рослин, які різнилися від контрольного на 33,1 та 31,2 % відповідно (див. табл. 1). У *C. leucanthemum* ріст стебла у висоту гальмувався порівняно з контрольним варіантом на 23,7 %. Найнегативніший ефект дії  $NO_2$  на значення показника виявлений у *S. splendens* (на 41,6 % від значень у необроблених рослин). Дія  $NO_2$  на асиміляційний апарат декоративних рослин викликала зменшення кількості листків на стеблі та зменшення їх площі. Площа асиміляційної поверхні у *C. leucanthemum* та *S. splendens* різнилася від значень контрольного варіанта на 46,5 та 47,8 % відповідно. Значення даного показника у *C. officinalis* знижувалося порівняно з нефумігованими рослинами на 34,5 %. Найменший фітотоксичний ефект  $NO_2$  на листову поверхню був у *T. patula* (29,2 %).

Вплив 5 ГДК  $SO_2$  на рослини, як і 5 ГДК  $NO_2$  був негативним для ростових процесів. Фуміговані цим газом рослини були нижчими за нефуміговані. Так, у *C. officinalis* та *S. splendens* висота зменшувалася порівняно з контрольними рослинами на 38,1 та 31,2 %. У *C. leucanthemum* значення параметра знижувалися на 22,8 %, а у *T. patula* – на 24,9 % відповідно. Площа асиміляційної поверхні за дії  $SO_2$  скорочувалася в усіх досліджуваних видів. Найсильніше – у *C. officinalis* (на 38,9 % порівняно з

контролем). Майже на однаковому рівні відбувалося зниження показника в *C. leucanthemum* та *S. splendens* (на 31,9 та 30,7 % відповідно). Найстійкішим із досліджуваних видів виявився *T. patula*: зменшення значень показника на 24,0 %.

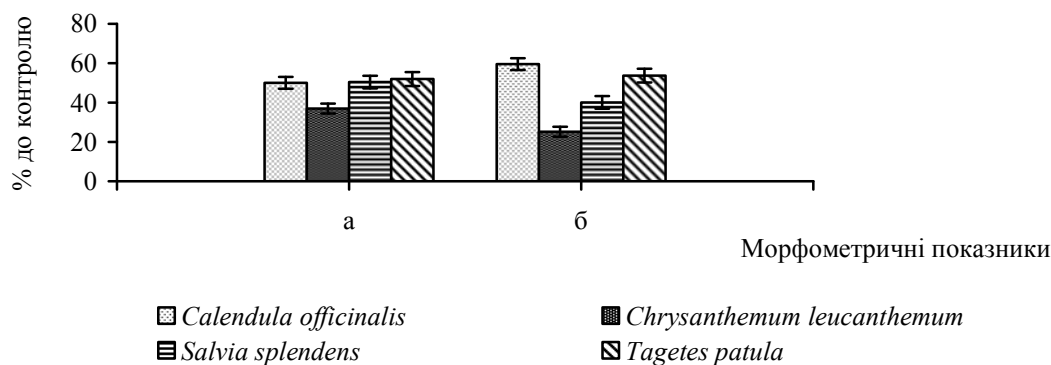


Рис. 1. Вплив іонів свинцю на висоту (а) та площу асиміляційної поверхні (б) декоративних рослин

Таблиця 1

Вплив кислих газів на висоту стебла рослин (см)

Вид	Контроль	$NO_2$ , 5 ПДК	% до контролю	$t_d$	$SO_2$ , 5 ПДК	% до контролю	$t_d$
<i>Calendula officinalis</i>	11,8 ± 0,45	7,9 ± 0,29	67,1	7,25	9,5 ± 0,32	80,7	4,11
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	21,1 ± 0,97	16,1 ± 0,72	76,3	4,13	16,2 ± 0,72	77,1	3,99
<i>Salvia splendens</i>	12,5 ± 0,53	7,3 ± 0,31	58,5	8,45	8,6 ± 0,31	69,2	6,27
<i>Tagetes patula</i>	15,4 ± 0,64	10,6 ± 0,39	69,0	6,36	13,1 ± 0,48	85,3	2,83

Таблиця 2

Вплив кислих газів на асиміляційну поверхню рослин (см<sup>2</sup>)

Вид	Контроль	$NO_2$ , 5 ПДК	% до контролю	$t_d$	$SO_2$ , 5 ПДК	% до контролю	$t_d$
<i>Calendula officinalis</i>	70,2 ± 2,80	46,1 ± 1,18	65,5	7,96	42,1 ± 1,13	60,0	10,95
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	84,5 ± 3,80	45,2 ± 1,15	53,5	9,90	57,6 ± 2,18	68,2	8,65
<i>Salvia splendens</i>	50,3 ± 1,98	26,3 ± 0,98	52,3	10,88	35,1 ± 1,14	69,5	9,49
<i>Tagetes patula</i>	51,4 ± 2,23	36,3 ± 1,12	70,8	6,02	44,2 ± 1,17	86,0	3,79

Найрозповсюдженішими пошкодженнями у рослин за дії поллютантів були різноманітні хлорози листкової пластинки, некрози різного ступеня та локалізації, утворення плям різного кольору. До специфічних реакцій рослин на дію поллютантів належали антоціанове забарвлення листкових пластинок та стебел у *T. patula* за дії свинцю, червонувато-коричневі плями на листковій пластинці (за дії  $SO_2$ ) та порушення розташування листків (за дії свинцю) у *C. officinalis*. У *S. splendens* за дії іонів свинцю утворювалися тератоморфи стебла та листкової пластинки, верхівковий некроз листкових пластинок, за дії  $SO_2$  – темно-коричневі плями на листковій пластинці. Рослини *C. leucanthemum* за дії цього поллютанту мали перфорованість між жилками. За дії  $NO_2$  у різних видів утворювалися плями білого або темно-коричневого кольору.

Таким чином, реакції рослин на дію  $SO_2$ ,  $NO_2$  та іонів свинцю у досліджуваних концентраціях мали видоспецифічний характер. Рослини *C. officinalis* виявилися

найчутливішими до дії  $SO_2$ . Найтоксичнішим виявився вплив іонів свинцю на ростові процеси *C. leucanthemum*. Фумігація  $NO_2$  найсильніше вплинула на досліджувані показники у *S. splendens*. *T. patula* виявився найтолерантнішим з усіх видів до дії  $SO_2$ ,  $NO_2$  та іонів свинцю.

### Висновки

Вплив  $SO_2$ ,  $NO_2$  та іонів свинцю на рослини *Calendula officinalis*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Salvia splendens* і *Tagetes patula* за умов модельного дослідження має фітотоксичний характер. Фітотоксична дія іонів свинцю на ріст *Calendula officinalis*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Salvia splendens* і *Tagetes patula* є більшою, ніж  $SO_2$  та  $NO_2$ . Найчутливішим видом до дії  $SO_2$  були рослини *Calendula officinalis*, до дії  $NO_2$  – *Salvia splendens*, іонів свинцю – *Chrysanthemum leucanthemum*.

### Бібліографічні посилання

1. **Гетко Н. В.** Растения в техногенной среде. – Минск : Наука и техника, 1989. – 208 с.
2. **Головкин В. Н.** Декоративные растения СССР / В. Н. Головкин, Л. А. Китаева, Э. П. Немченко. – М. : Мысль, 1986. – 320 с.
3. **Клейн Р. М.** Методы исследования растений / Р. М. Клейн, Д. Т. Клейн. – М. : Колос, 1974. – 527 с.
4. **Лакин Г. Ф.** Биометрия. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.
5. **Мальхотра С. С.** Биохимическое и физиологическое действие приоритетных загрязняющих веществ / С. С. Мальхотра, А. А. Хан // Загрязнение воздуха и жизнь растений / М. Трешоу; Пер. с англ. В. И. Егорова, И. М. Куниной. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – С. 144–189.
6. **Николаевский В. С.** Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск : Наука, 1979. – 276 с.
7. **Смит У. Х.** Лес и атмосфера. – М. : Прогрес, 1985. – С. 287–288.
8. **Сойккелли С.** Клеточные и ультраструктурные эффекты / С. Сойккелли, Л. Карелампи // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – С. 190–204.
9. **Сыщик Д. В.** Аккумуляция тяжелых металлов ассимиляционным аппаратом цветочно-декоративных растений при разном уровне загрязнения почвы // Актуальні проблеми ботаніки, екології та біотехнології: Матер. Міжнар. конф. молодих учених-ботаніків. – К. : Фітоцентр, 2006. – С. 168–169.
10. **Ashenden T. W.** Growth reductions in *Lolium multiflorum* Lam. and *Phleum pratense* L. as a result of  $SO_2$  and  $NO_2$  pollution / T. W. Ashenden, I. A. Mansfield // Environ. Pollut. – 1980. – Vol. 21. – P. 131–139.
11. **Capron T. M.** Inhibition of growth in tomato by air polluted with nitrogen oxides / T. M. Buchaur, T. A. Mansfield // J. Exper. Botany. – 1977. – Vol. 28, N 1. – P. 112–116.
12. **Dwivedi A. K.** Ambient air sulphur dioxide and sulphate accumulation in deciduous and evergreen plants // J. Environ. Biol. – 2012. – Vol. 33. – P. 1–3.
13. **Elkey T.** Sulphat, total sulphur and total nitrogen accumulation by petunia leaves exposed to ozone, sulphur dioxide and nitrogen dioxide / T. Elkey, D. P. Ormrod // Environ. Pollut. – 1981. – Vol. 24. – P. 233–241.
14. **Influence of lead on growth and nutrient accumulation in canola (*Brassica napus* L.) cultivars / M. Y. Ashraf, N. Azhar, M. Ashraf et al. // J. Environ. Biol. – 2011. – Vol. 32. – P. 259–266.**
15. **Koslow E. E.** Lead-containing particles on urban leaf surfaces / E. E. Koslow, W. H. Smith // Environ. Sci. Technol. – 1977. – Vol. 11. – P. 1019–1021.
16. **Mudd J. B.** Biochemical effects of some air pollutants on plants // Air Pollution Damage to Vegetation. – Washington : Adv. Chem. Series, D. C., 1973. – P. 31–47.
17. **Mudd J. B.** Responses of plant to air pollution / J. B. Mudd, T. T. Kozlowski. – New York: Academic Press, 1975. – 383 p.

18. **Neubert A.** Uptake of  $NO$ ,  $NO_2$  and  $O_3$  by sunflower (*Helianthus annuus* L.) and tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): Dependence on stomatal conductivity / A. Neubert, D. Kley, J. Wildt // Atmospheric Environment. – 1993. – Vol. 14. – P. 2137–2145.
19. **Oguntimhin I.** The use of sunpatiens (*Impatiens spp.*) as a bioindicator of same simulated air pollutants – Using an ornamental plant as bioindicators / I. Oguntimhin, H. Kondo, H. Sakugawa // Chemosphere. – 2010. – Vol. 80. – P. 278–290.
20. **Reich P. B.** Effect of ozone and acid in five soils. II. Net photosynthesis and growth / P. B. Reich, A. W. Schoettle, H. F. Stros // Can. J. Bot. – 1987. – Vol. 65, N 5. – P. 977–987.
21. **Rowland-Bamford A. J.** The influence of plant nitrogen status on  $NO_2$  uptake,  $NO_2$  assimilation and on the gas exchange characteristics of barley plants exposed to atmospheric  $NO_2$  / A. J. Rowland-Bamford, M. C. Drew // J. Exper. Botany. – 1988. – Vol. 39, № 9. – P. 1287–1297.
22. **Singh S. N.** Synergistic action of particulate and gaseous pollutants on the growth of *Triticum aestivum* L. // Journal of Experimental Botany. – 1980. – Vol. 31, N 6. – P. 1701–1705.
23. **Sinhal V. K.** EDTA and citric acid mediated phytoextraction of  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Pb$  and  $Cd$  through marigold (*Tagetes erecta*) / V. K. Sinhal, A. Srivastava, V. P. Singh // J. of Environ. Biol. – 2010. – Vol. 31. – P. 255–259.
24. **Taylor O. C.** Oxides of nitrogen / O. C. Taylor, C. R. Thompson // Responses of Plant to Air Pollution. – New York : Academic Press, 1975. – P. 121–139.
25. **Tree** as bioindicator of heavy metal pollution in three european cities / T. Sawidis, J. Breuste, M. Mitrovic et al. // Environ. Pollut. – 2011. – Vol. 159, N 6. – P. 3560–3570.
26. **Ziegler I.** The effect of  $SO_3^{2-}$  on the activity of ribulose-1,5-diphosphate carboxylase in isolated spinach chloroplasts // Planta. – 1972. – Vol. 103. – P. 155–163.
27. **Zywotnosc** pyliku invasion sosny zwyczajnej z roznychstret zagrozenia przez emisje przemyslowe / M. Gozdzalik, A. Zaleski, W. Kantorowicz et al. // Pr. Inst. Bad. Les. – 1998. – № 856–862. – C. 5–47.

Надійшла до редакції 26.03.2012