

# 紫叶矮樱对二氧化硫胁迫的生理响应

韩亚琦<sup>1</sup>, 李向应<sup>1</sup>, 李彦慧<sup>2</sup>, 白瑞琴<sup>3</sup>

(1. 乌兰察布职业学院, 内蒙古 集宁 012000; 2. 河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071000;

3. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

**摘要:**采用简易静态熏气系统对盆栽苗木进行熏气处理,研究了不同浓度 SO<sub>2</sub> 对紫叶矮樱叶片抗氧化酶活性、脯氨酸含量、细胞膜透性、丙二醛、可溶性蛋白含量及叶液 pH 的影响。结果表明:随着 SO<sub>2</sub> 浓度增加,紫叶矮樱叶片超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性上升,丙二醛(MDA)、膜透性增大、脯氨酸和可溶性蛋白含量增加,叶液 pH 值下降。当 SO<sub>2</sub> 浓度超过 17.10 mg/m<sup>3</sup> 时,抗氧化酶系统受到了严重破坏。

**关键词:**紫叶矮樱;二氧化硫胁迫;生理指标;抗氧化酶活性

**中图分类号:**S 687 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)16-0051-03

煤、石油的燃烧和金属的冶炼等排放了大量的 SO<sub>2</sub> 气体,近年来的 SO<sub>2</sub> 排放量虽有所下降,但年均排放在 2 000 万 t 以上<sup>[1]</sup>。关于 SO<sub>2</sub> 污染对植物生长发育及生理生化影响方面,多集中于对农作物和绿叶树木的影响,但对彩叶树种研究甚少。紫叶矮樱是一种彩叶树种,在园林中被广泛应用<sup>[2]</sup>。为此,紫叶矮樱的适应能力成为研究的热点。大多数学者主要围绕紫叶矮樱的引种、繁殖、栽培及其景观效果等研究<sup>[3]</sup>;近年来,围绕干旱<sup>[4]</sup>、盐胁迫<sup>[5]</sup>、营养元素<sup>[6]</sup>和低温<sup>[7]</sup>等问题进行了探讨。现研究了 SO<sub>2</sub> 对紫叶矮樱叶片部分生理生化指标的影响,为研究紫叶矮樱对 SO<sub>2</sub> 污染的抗逆机制提供试验依据,以及为其在污染区的栽植提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试材选用生长健壮、长势一致的 2 a 生盆栽嫁接苗紫叶矮樱(*Prunus × cistenena* ‘Pissardii’),毛桃(*Amygdalu persica* Franch)作为砧木。每盆 1 株,基质为园土和草炭土按 1:2 的比例混合而成。

### 1.2 试验方法

把选取的试验苗木放入熏气室中适应 1 周后,用 SO<sub>2</sub> 气体进行处理。熏气室长、高、宽为 3.6 m×1.5 m×

2.0 m,室壁为 3 mm 厚的无色透明玻璃,室内温度控制在 25~32℃,湿度 80% 左右。钢瓶中的 SO<sub>2</sub> 气体,经减压阀、流量计等装置流入熏气室,用风扇吹匀,室内浓度由 PGM-1130 二氧化硫监测仪监测。设 4 个熏气浓度梯度(5.7、11.4、17.1、22.8 mg/m<sup>3</sup>)和 1 个空白组,每天熏气 1 h,处理时间为 16 d。每小区 6 株,设 3 次重复。熏气结束后,处理组和对照组在相同部位取样测定。

### 1.3 项目测定

可溶性蛋白、细胞膜透性和脯氨酸含量测定采用李合生<sup>[8]</sup>的方法;SOD、POD 活性和 MDA 含量测定参照李合生<sup>[8]</sup>和金明红等<sup>[9]</sup>的方法;CAT 活性测定参照宋凤鸣等<sup>[10]</sup>的方法。叶液 pH 值测定采用杨玉珍等<sup>[11]</sup>的方法。

### 1.4 数据分析

试验数据用 Excel 和 DPS 软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 SO<sub>2</sub> 对叶片细胞膜透性和 MDA 含量的影响

由图 1A 可知,SO<sub>2</sub> 浓度从 0 增加到 17.14 mg/m<sup>3</sup>,紫叶矮樱叶片膜透性呈迅速上升趋势,在 17.14~22.86 mg/m<sup>3</sup>,叶片膜透性缓慢增加,以 22.86 mg/m<sup>3</sup> 处理为例,紫叶矮樱叶片膜透性比对照增加了 226.2%,方差分析结果显示,此处理与对照呈极显著差异( $P < 0.01$ )。由图 1B 可知,随着 SO<sub>2</sub> 浓度的增加,紫叶矮樱叶片的 MDA 含量呈上升趋势,二者呈极显著正相关关系(相关系数 0.956\*\*)。在 SO<sub>2</sub> 浓度为 22.86 mg/m<sup>3</sup> 时,紫叶矮樱叶片 MDA 含量分别比对照增加了 331.46%,方差分析表明,处理与对照呈极显著差异( $P < 0.01$ )。

### 2.2 SO<sub>2</sub> 对叶片脯氨酸含量和可溶性蛋白质含量的影响

由图 1C 可知,随 SO<sub>2</sub> 浓度的增加,紫叶矮樱叶片脯氨酸含量呈升-降-升趋势,在 22.86 mg/m<sup>3</sup> 处理上,叶片

**第一作者简介:**韩亚琦(1982-),女,硕士,讲师,现主要从事园林植物栽培及抗逆方面的研究工作。E-mail:lxhyq000@163.com.

**责任作者:**白瑞琴(1967-),女,博士,副教授,现主要从事从事园林园艺植物的栽培和生理研究工作。E-mail:bairuiqin2003@yahoo.com.cn.

**基金项目:**国家林业局“948”资助项目(2001-40);河北省农业综合开发办公室资助项目。

**收稿日期:**2012-04-10

脯氨酸含量比对照增加了 11.25%，与对照相比呈极显著差异( $P<0.01$ )。由图 1 D 可知,随  $\text{SO}_2$  处理浓度的增大,紫叶矮樱叶片可溶性蛋白含量先降低后升高,二者

间呈极显著正相关关系(相关系数为 0.986\*\*),在 22.86  $\text{mg}/\text{m}^3$   $\text{SO}_2$  处理下,紫叶矮樱叶片可溶性蛋白含量比对照增加了 61.20%。

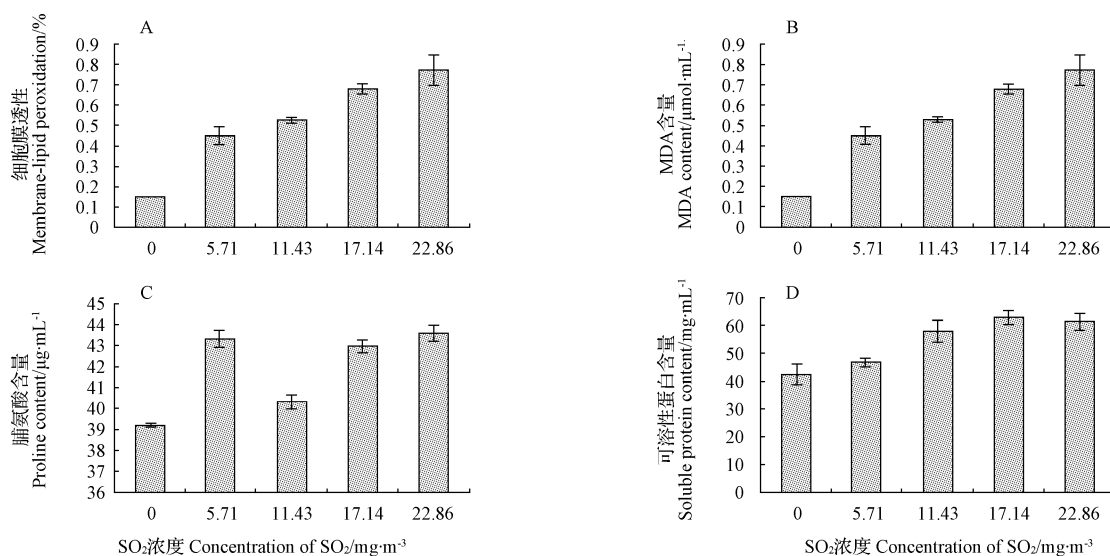


图 1  $\text{SO}_2$  对紫叶矮樱叶片细胞膜透性、MDA、脯氨酸和可溶性蛋白含量的影响

注:A:细胞膜透性;B:MDA 含量;C:脯氨酸含量;D:可溶性蛋白含量。

Fig. 1 Effect of  $\text{SO}_2$  on membrane permeability and MDA, proline, soluble protein content in *Prunus x cistena* 'Pissardii'

Note: A: membrane permeability; B: MDA Content; C: proline content; D: soluble protein content.

### 2.3 $\text{SO}_2$ 对叶片 3 种抗氧化酶活性的影响

由图 2 可知,紫叶矮樱 3 种抗氧化酶活性随  $\text{SO}_2$  浓度增加基本呈上升趋势。当  $\text{SO}_2$  浓度达到 17.14  $\text{mg}/\text{m}^3$  时,其叶片的 SOD 活性达最大后开始下降,此时 SOD 活性比对照增加了 29.77%。紫叶矮樱叶片 POD 活性随着  $\text{SO}_2$  浓度的增大而持续上升,二者呈显著正相关关系(相关系数为 0.92\*)。CAT 的变化趋势与 SOD 相似,

但随  $\text{SO}_2$  浓度增加,紫叶矮樱 CAT 含量迅速上升,在 17.14  $\text{mg}/\text{m}^3$  处达最大并开始下降,此时 CAT 酶活性比对照增加了 173.68%,与对照相比呈极显著差异( $P<0.01$ )。说明紫叶矮樱的抗氧化酶系统先是主动防御  $\text{SO}_2$  的毒害,而后随浓度的增加抗氧化酶系统遭到破坏,其活性下降。

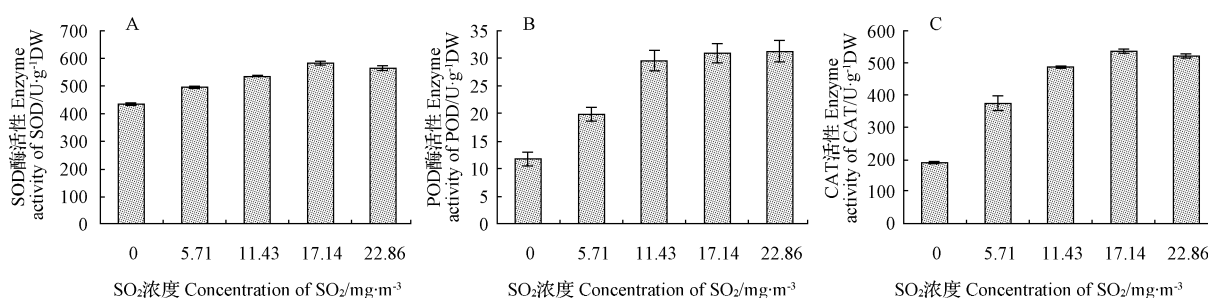


图 2  $\text{SO}_2$  对紫叶矮樱 SOD、POD 和 CAT 酶活性的影响

Fig. 2 Effect of  $\text{SO}_2$  on the activities of SOD, POD and CAT in *Prunus x cistena* 'Pissardii'

### 2.4 $\text{SO}_2$ 对叶液 pH 值的影响

由图 3 可知,随着  $\text{SO}_2$  处理浓度的增大,紫叶矮樱叶片的 pH 值呈持续下降趋势,二者间呈极显著负相关(相关系数 0.978\*\* 以上)。在 22.86  $\text{mg}/\text{m}^3$  处理下,叶液 pH 值比对照下降了 7.94%,呈极显著差异( $P<0.01$ )。说明紫叶矮樱受到了  $\text{SO}_2$  的伤害,组织内 pH 不平衡,导致 pH 明显下降。

## 3 讨论与结论

人们关于  $\text{SO}_2$  污染对植物影响的研究表明, $\text{SO}_2$  对植物体细胞膜透性、代谢物质和保护酶活性等方面会产生影响<sup>[12]</sup>。研究已证实膜脂过氧化作用会加剧细胞的损伤,是由膜系统中的酶分子和蛋白质的交联和聚合引起的,而膜脂过氧化作用需要活化  $\text{O}_2$  的摄取和  $\text{O}_2^-$  的产生<sup>[13]</sup>。该研究结果表明,紫叶矮樱叶片 MDA 含量和细

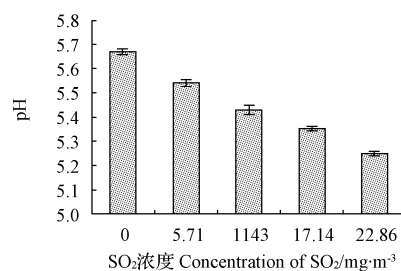
图3 SO<sub>2</sub>对紫叶矮樱叶液pH值的影响

Fig. 3 Effect of SO<sub>2</sub> on the pH value of leaf extract fluid in *Prunus × cistena* 'Pissardii'

胞膜透性会随着 SO<sub>2</sub> 浓度的增加逐渐增加,该结果与前人<sup>[14-16]</sup>的研究结论一致。

SO<sub>2</sub>胁迫下,3种保护酶 POD、SOD 和 CAT 的活性变化情况会随着试验材料的不同而有不同的研究结论<sup>[17-19]</sup>。该试验结果表明,紫叶矮樱叶片内的抗氧化酶活性发生了明显的变化,随着 SO<sub>2</sub> 浓度的增加,3种保护酶 SOD、POD 和 CAT 活性先上升,到达某一值后开始下降,与前人用臭氧处理水稻得出的结论相同<sup>[9]</sup>。该试验中当 SO<sub>2</sub> 浓度超过 17.10 mg/m<sup>3</sup> 时,抗氧化酶活性开始下降,说明抗氧化酶系统受到了严重破坏。

植物叶液 pH 值会因其吸收酸性气体(如 SO<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>等)而发生变化,pH 值降幅越小,细胞调节与缓冲能力越强,植物的伤害越轻<sup>[20]</sup>。该试验结果表明紫叶矮樱叶液 pH 值减小,说明其本身的自动调节能力较弱,机体受到了伤害。通过气孔进入叶片细胞的 SO<sub>2</sub> 快速溶于细胞液中,形成二硫化物和亚硫酸盐,使叶液 pH 降低,紫叶矮樱叶片叶液 pH 降低愈大。

该试验在紫叶矮樱对 SO<sub>2</sub> 胁迫的生理生化方面的指标变化方面做了初步探讨,抗逆机理有待进一步研究。

#### 参考文献

[1] 中华人民共和国环境保护部. 中国环境状况公报-大气环境 [DB/OL]. <http://jcs.mep.gov.cn/hjzl/zkgb/>.

- [2] 张启翔,吴静,周肖红,等. 我国彩叶植物资源及其在园林中的应用[J]. 北京林业大学学报,1998,20(4):126-127.
- [3] 郑淑颖. 二氧化硫污染对植物影响的研究进展[J]. 生态科学,2000,19(1):59-64.
- [4] 李云飞,李彦慧,王中华,等. 土壤干旱胁迫对紫叶矮樱叶片呈色的影响[J]. 生态学报,2009,29(7):3678-3684.
- [5] 胡晓立,李彦慧,陈东亮. 3种李属彩叶植物对 NaCl 胁迫的生理响应[J]. 西北植物学报 2010,30(2):370-376.
- [6] 刘振平,张吉立,伊锋,等. 叶面喷施磷钾肥对紫叶矮樱净光合速率的影响[J]. 浙江林业科技,2010,5:169-173.
- [7] 高福元,张吉立,刘振平. 冬季低温对4种彩叶植物 SOD、POD 活性影响的研究[J]. 中国农学通报,2011(5):177-181.
- [8] 李合生,孙群,赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [9] 金明红,冯宗炜,张福珠. 臭氧对水稻叶片膜脂过氧化和抗氧化系统的影响[J]. 环境科学,2000,21(3):1-5.
- [10] 宋凤鸣,葛秀春,郑重. 活性氧及膜脂过氧化与棉花对枯萎病抗性的关系[J]. 植物病理学报,2001,31(2):110-116.
- [11] 杨玉珍. 植物受氟化物污染后糖代谢及叶汁 pH 值的变化研究[J]. 河南农业大学学报,1995,29(1):95-97.
- [12] Tripathi B D, Tripathi A. Fnlir injury and leaf diffusive resistance of rice and white bean in response to SO<sub>2</sub> dioxide and ozone, aingly and in combination[J]. Environmental Pollution,1992,5(3):265-268.
- [13] Ding C K, Wang C Y, Gross K C, et al. Jasmonate and salicylate induce expression of pathogenesis-related protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit[J]. Plant Physiol,2002,214:895-901.
- [14] 王际振,刘亚琼,杨兵,等. 紫薇对 SO<sub>2</sub> 胁迫的生理反应[J]. 河南农业大学学报,2009,43(6):615-619.
- [15] 李彦慧,李向应,白瑞琴,等. 4种李属彩叶树木对 SO<sub>2</sub> 的抗性[J]. 林业科学,2008,44(2):28-33.
- [16] 徐玉梅,王建明,高俊明,等. 42种园林植物对 SO<sub>2</sub> 伤害的敏感性研究[J]. 山西农业大学学报,2006,26(1):32-35.
- [17] Kong F X, Hu W, Chao S Y. Physiological responses of the lichen *Xanthoparmelia exicana* to oxidative stress of SO<sub>2</sub> [J]. Environmental and Experimental Botany,1999,42:201-209.
- [18] 张学星,何蓉,施莹,等. 云南13种乡土绿化树种对 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 气体反应的研究[J]. 西部林业科学,2005,34(4):41-46.
- [19] 夏宗良,刘全军,武轲,等. 二氧化硫胁迫对玉米幼苗叶片膜脂过氧化和抗氧化酶的影响[J]. 玉米科学,2009,17(4):51-54.
- [20] Nouchi I. Responses of whole plants to air pollutions. In: Omasa K. Air Pollution and Plant Biotechnology[M]. Tokyo: Springer-Verlag,2002:4-8.

## Physiological Responses of *Prunus × cistena* 'Pissardii' Under SO<sub>2</sub> Stress

HAN Ya-qi<sup>1</sup>, LI Xiang-ying<sup>1</sup>, LI Yan-hui<sup>2</sup>, BAI Rui-qin<sup>3</sup>

(1. Wulanchabu Vocational College, Jining, Inner Mongolia 012000; 2. College of Landscape Architecture and Tourism, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 3. College of Agronomy, Agricultural University of Inner Mongolia, Huhhot, Inner Mongolia 010019)

**Abstract:** Taking simple static fumigation system for potted seedlings fumigation treatment, different concentrations of SO<sub>2</sub> influencing on *Prunus × cistena* 'Pissardii' antioxidant enzyme activity, malondialdehyde, proline content, lipid peroxidation, soluble protein content, and leaf fluid pH were studied. The results showed that with the increase of SO<sub>2</sub> concentration, leave of *Prunus × cistena* 'Pissardii' peroxidase (POD), superoxide dismutase (SOD), and catalase (CAT) activity increased, malondialdehyde (MDA), membrane permeability increased, proline and pH of leaf drop. When the concentration of SO<sub>2</sub> exceeded 17.10 mg/m<sup>3</sup>, the antioxidant enzyme system had been severely damaged.

**Key words:** *Prunus × cistena* 'Pissardii'; SO<sub>2</sub> stress; physiological indexes; activity of antioxidant enzymes