

6-BA 对水花生抗氧化酶系 Hg^{2+} 毒害的缓解作用

周红卫, 施国新, 陈景耀, 朱 蕾

(南京师范大学生命科学学院, 南京 210097)

摘要: 通过外施不同浓度的细胞分裂素类物质 6-BA (6-苄氨基嘌呤), 对 Hg^{2+} 污染下的水花生 (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.) 抗氧化酶系的变化进行了研究, 结果发现: 不同浓度的 6-BA 对重金属毒害均有缓解作用。过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)的活性均不同程度的提高, 丙二醛(MDA)及活性氧(O_2^-)含量的增加变慢。表现在外部形态上, 6-BA 延缓了叶片失绿、腐烂过程, 新根生长受抑制的现象在低 Hg^{2+} 浓度下也明显缓解; 不同浓度的 6-BA 作用效果不同: 在 Hg^{2+} 毒害下, $2 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ 6-BA 对 SOD、MDA 和 O_2^- 伤害的缓解效果最好, 而 POD、CAT 的破坏在 $3 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ 浓度下缓解效果最显著; 6-BA 缓解重金属毒害的作用可能与调节活性氧代谢及蛋白质的表达有关。

关键词: 6-BA; Hg^{2+} ; 水花生; 抗氧化酶系; 毒害缓解

Relieving to Hg^{2+} injury of *Alternanthera philoxeroides*' antioxidant enzyme system by sprayed 6-BA

ZHOU Hong-Wei, SHI Guo-Xin, CHEN Jing-Yao, ZHU Lei (College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing, 210097, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 387~392.

Abstract: More attention has been paid to Cytomin, one of the activest members of phytohormone, since found in 1960s. Recently, the studies on cytomin are mainly focused on the field of tissue culture and regulation of gene expression, etc. and a few have been done on anti-adversity (such as drought, waterlog and salt stress) and antiaging. But, because of atmospheric sedimentation, geological leakage, untreated industrial effluents, and waste dischargement, heavy metals have become one of the primary factors that bring about global pollution. Among them, heavy metal aquatic pollution can directly affect the growth of hydrophyte. Under this adversity, what effects will be produced by foliar spraying of cytomin on hydrophyte have not been reported in detail until now.

In the present experiment, after cultivated with distilled water for two days, *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb grows in aquarium containing different gradient concentration of Hg^{2+} . The experiment designs are as following: each five aquariums as one group, control group was only added with Hg^{2+} , and the other three ones were additional foliar sprayed with three different concentration of 6-BA ($1 \times 10^{-5} \text{mol/L}$, $2 \times 10^{-5} \text{mol/L}$, $3 \times 10^{-5} \text{mol/L}$), respectively, to study the effect of spraying 6-BA on protective enzymes system (SOD, POD, CAT, MDA, O_2^- , et al) compared with that of Hg^{2+} treatment.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39770046); 江苏省教育厅自然科学基金资助项目

收稿日期: 2001-12-24; **修订日期:** 2002-03-23

作者简介: 周红卫(1977~), 男, 陕西汉中, 硕士。从事重金属对水生植物毒害的研究。Zhoubio@sina.com.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 39770046); National Natural Science Foundation of Jiangsu Province Educational Committee

Received date: 2001-12-24; **Accepted date:** 2002-03-23

Biography: ZHOU Hong-Wei, Master. Mainly studying the toxic effect of heavy metal on hydrophyte. Zhoubio@sina.com.cn

only. Through this experiment, we manage to find out the mechanism of *Alternanthera philoxeroides* in resisting heavy metal pollution and to provide methods and data against heavy metal pollution.

The result shows that the activities of SOD, POD, CAT in *Alternanthera philoxeroides* rise firstly, then drop or continue to decrease with the increasing of Hg^{2+} concentration, while the content of MDA and generation rate of $\text{O}_2^{\cdot-}$ have a rising trend. After being sprayed with 6-BA, the obvious changes are found: the decrease of SOD, POD and CAT activities become much slower, and MDA content and generation rate of $\text{O}_2^{\cdot-}$ increase a little slower than those of the control. Moreover, among the three treatments of 6-BA, the relieving effects of high concentration group ($2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, $3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$) are more obvious than that of $1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$.

So we can come to the conclusion that 6-BA can effectively improve the activity of antioxidantase and reduce the generation of active oxygen. It is proved that the former depends on the increase of the antioxidantase content and the activity itself, while the latter mainly depends on that 6-BA can improve the ability of antioxidantase to eliminated active oxygen, therefore it indirectly reduces the content of active oxygen. It is still uncertain whether 6-BA has direct effect on active oxygen, so some further studies are needed. Besides, it is also showed that various concentration 6-BA by foliar spraying have different effects on physiological characters of *Alternanthera philoxeroides* under Hg^{2+} pollution: $2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ is the best dose of 6-BA for the changes of SOD, MDA and $\text{O}_2^{\cdot-}$, on the other hand, CAT and POD are significantly affected under $3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 6-BA. This may be closely connected with the difference mechanism of 6-BA on different matter. $\text{O}_2^{\cdot-}$ can be dismutated by SOD to H_2O_2 . In other words, SOD can reduce the production of $\text{O}_2^{\cdot-}$ which is a poisonous and powerful oxidant. In addition, $\text{O}_2^{\cdot-}$ can cause the membrane lipid to be peroxidized and promote the production of MDA. Thus we confirm that there are some certain connections among SOD, MDA and $\text{O}_2^{\cdot-}$, which is in coincidence with their reaction to the same concentration of 6-BA. CAT and POD can eliminate H_2O_2 in plant and hold back the reaction of Haber-Wiess. Higher concentration of 6-BA is advantageous to activate CAT and POD. What caused the differences mentioned above may be in that the structure of enzyme and the acting site of each hormone are both different. But further researches are needed to confirm it.

Key words: 6-BA; Hg^{2+} ; *Alternanthera philoxeroides*; antioxidant enzyme systems; injury relieving

文章编号: 1000-0933(2003)02-0387-06 中图分类号: Q945, X171.5, X503 文献标识码: A

细胞分裂素作为植物激素中最活跃的成员之一,自 20 世纪 60 年代发现以来就受到科学工作者的高度重视,近年来对它的研究主要集中在组织培养^[1]及对基因表达调控^[2,3]等方面,在抗逆和延缓衰老中的作用也有一定的研究,主要集中在干旱^[4]、水渍^[5]、盐害^[6]等逆境条件下。而对于作为全球环境污染的最主要因素之一的重金属污染,在此逆境条件下,外施细胞分裂素对植物起什么作用,尚未见到详细报道。

本文通过人工模拟重金属 Hg^{2+} 污染水环境,以广布性的水生植物水花生 (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.) 为实验材料,研究了外施不同浓度的 6-BA 对重金属污染下植物保护酶系统的影响,以探求 6-BA 对水花生抗重金属污染的作用及机理,为重金属污染的防治提供一定的方法和理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

水花生采自于南京师范大学生命科学学院水生生物培育池,10 月中旬(平均温度 18°C)采集后置于大缸中,用自来水预培养 2d 后,取根系发达、长势一致的植株分 4 组移入 2000ml 玻璃缸中,一次性分别加入 HgCl_2 (AR),使每组培养液中 Hg^{2+} (以纯 Hg^{2+} 计)浓度为 0、4、8、12、16mg/L。在 Forma Scientific 光照培养箱中培养(设定光周期 12h/12h,白天温度 25°C ,晚上温度 18°C),第 2 天起,每天 18:00 分别叶面喷施 $1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ (第 1 组)、 $2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ (第 2 组)、 $3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ (第 3 组)的 6-BA (Flucka 公司的产品),每次

喷施量为每缸 10ml, 对照组喷同量蒸馏水, 各喷施液均加少量吐温-80。连续 4d, 第 5 天取相同部位的叶, 蒸馏水洗净, 揩干, 测定各生理指标。

1.2 方法

SOD、POD、CAT 酶液的制备 取材于预冷研钵中, 加入 pH7.8 磷酸缓冲液 (0.05mol/L), 冰浴下研磨成匀浆, 10000rpm 低温离心 20min。上清液即为所需酶液。

SOD 活性的测定 化学比色法, 按从南京建成生物工程研究所所购买的试剂盒测定, 单位 NU/gFW, 以 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为一个亚硝酸盐单位。

CAT 活性的测定 分光光度法, 按从南京建成生物工程研究所所购买的试剂盒测定, 单位 U/gFW, 以每毫升样品每秒钟分解 $1\mu\text{molH}_2\text{O}_2$ 的量为一个活力单位 (U)。

POD 活性的测定 愈创木酚法^[7], 单位 $\Delta 470\text{nm}/\text{min} \cdot \text{gFW}$

O_2^- 产生速率的测定 采用王爱国等的方法^[8], 单位 U/gFW, 以每毫升样品在 37℃ 下反应 1min, 使反应体系中 H_2O_2 浓度降低 1mmol/L 为一个活性氧单位 (U)。

MDA 含量的测定 TBA (硫代巴比妥酸) 法, 单位 nmol/gFW。

测定结果均重复 3 次, 取平均值; 以统计分析软件 SPSS 作各处理组与对照组间的差异显著性分析。

2 结果

2.1 不同浓度 6-BA 对 Hg^{2+} 毒害下水花生 SOD 酶活性的影响

图 1 的结果表明: 在对照组, 随着 Hg^{2+} 浓度的增大, SOD 酶的活性呈逐渐降低趋势, 在最高浓度 16mg/L Hg^{2+} 的处理下, SOD 酶活性仅是无重金属毒害下的 70.56%, 说明 SOD 酶受到了一定的破坏, 其含量或者活性降低; 而其他外施 6-BA 的 3 组, SOD 酶活性均显著的提高, 同时发现在该系列浓度的 Hg^{2+} 处理下, SOD 酶活性的变化趋势发生了明显变化, 由对照组的持续下降, 变为在低浓度 Hg^{2+} 毒害时突然升高, 随后才逐渐下降。其中在 $2 \times 10^{-5}\text{mol/L}$ 6-BA 处理下, SOD 酶活性的升高最明显, 在 4mg/L Hg^{2+} 的处理下达到无重金属毒害下的 190.1%, 差异显著 ($F=16.68^*$)。

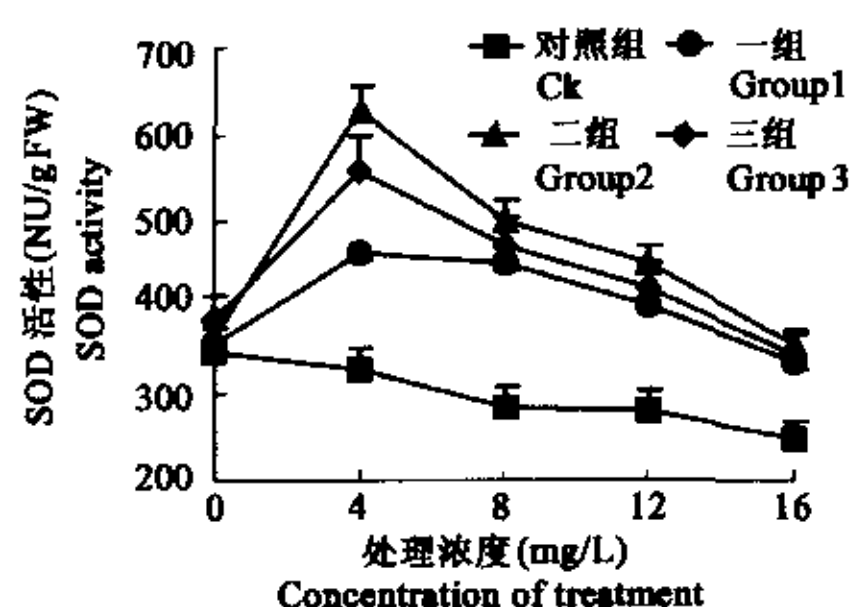


图 1 6-BA 和 Hg^{2+} 处理下水花生叶中 SOD 活性

Fig. 1 Change of SOD activity in leaves of *Alternanthera philoxeroides* treated with 6-BA and Hg^{2+}

2.2 不同浓度 6-BA 对 Hg^{2+} 毒害下水花生 POD 酶活性的影响

在 Hg^{2+} 毒害下, 水花生的 POD 酶活性在低浓度时出现应急性的升高, 在 8mg/L 时达到顶点, 为无毒害的 232.1%, 随后逐渐下降。经过外施 6-BA 处理后, 无重金属毒害下, POD 酶活性出现了明显升高, 而且与 6-BA 浓度呈正相关; 在 Hg^{2+} 毒害下, 变化趋势依旧是先升后降, 但酶活性显著提高, 最大值出现在较高的 Hg^{2+} 毒害浓度 (8mg/L), 在较高的浓度 ($3 \times 10^{-5}\text{mol/L}$) 的 6-BA 处理时, 差异最为明显 ($F=22.78^{**}$)。说明 6-BA 能明显提高保护酶 POD 的活性, 增强水花生的抗性 (如图 2)。

2.3 不同浓度 6-BA 对 Hg^{2+} 毒害下水花生 CAT 酶活性的影响

CAT 酶活性的变化趋势类似于 POD 酶, 均为低浓度 Hg^{2+} 毒害时升高, 高浓度时下降。但最大值出现在 4mg/L Hg^{2+} 毒害浓度, 随后逐渐下降, 下降幅度也较大, 在 16mg/L 时 CAT 酶活性仅有无毒害时的 82.4%; 外施 6-BA 后 CAT 酶活性均有不同程度的提高, 在低浓度的 Hg^{2+} 处理时, 3 种浓度的 6-BA 增强效果差异不是很明显, 但在高浓度的 Hg^{2+} 毒害时, 高浓度 ($3 \times 10^{-5}\text{mol/L}$) 的 6-BA 对 CAT 酶活性的提高效果明显 ($F=46.69^{**}$), 在 16mg/L Hg^{2+} 毒害时 CAT 酶活性仍然和无 Hg^{2+} 毒害时持平 (图 3)。

2.4 不同浓度 6-BA 对 Hg^{2+} 毒害下水花生 MDA 含量的影响

由图 4 可以看出, MDA 含量随着 Hg^{2+} 浓度的增大而持续升高, 在 16mg/L Hg^{2+} 毒害时 MDA 含量已比无毒害时增大 229.8%, 说明此时水花生的膜脂过氧化程度加剧, 破坏严重。而外施 6-BA 能明显缓解这

一症状,3种浓度的均使MDA含量增加减缓,其中 2×10^{-5} mol/L 6-BA处理下,效果最好($F=11.93^*$),在16mg/L Hg^{2+} 毒害时MDA含量仅比无毒害时增大127.1%。

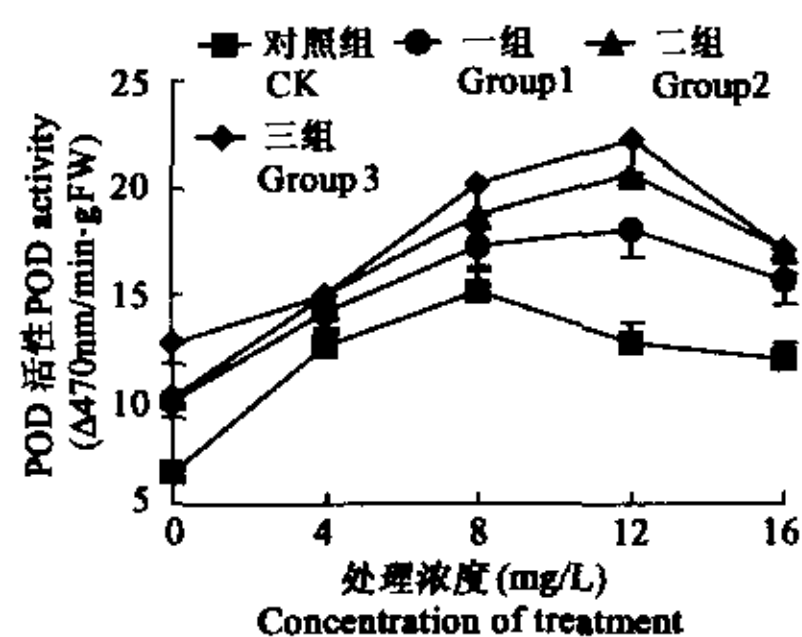


图2 6-BA和 Hg^{2+} 处理下水花生叶中POD活性
Fig. 2 Change of POD activity in leaves of *Alternanthera philoxeroides* treated with 6-BA and Hg^{2+}

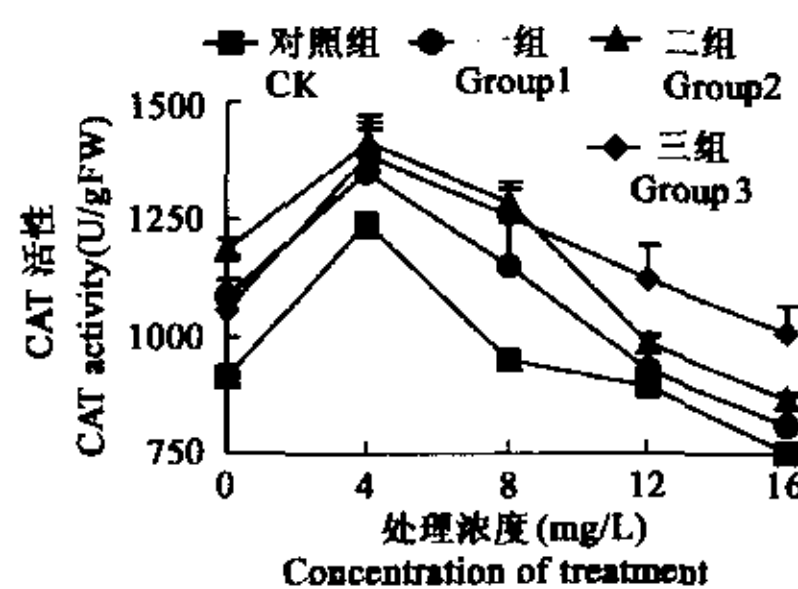


图3 6-BA和 Hg^{2+} 处理下水花生叶中CAT活性
Fig. 3 Change of CAT activity in leaves of *Alternanthera philoxeroides* treated with 6-BA and Hg^{2+}

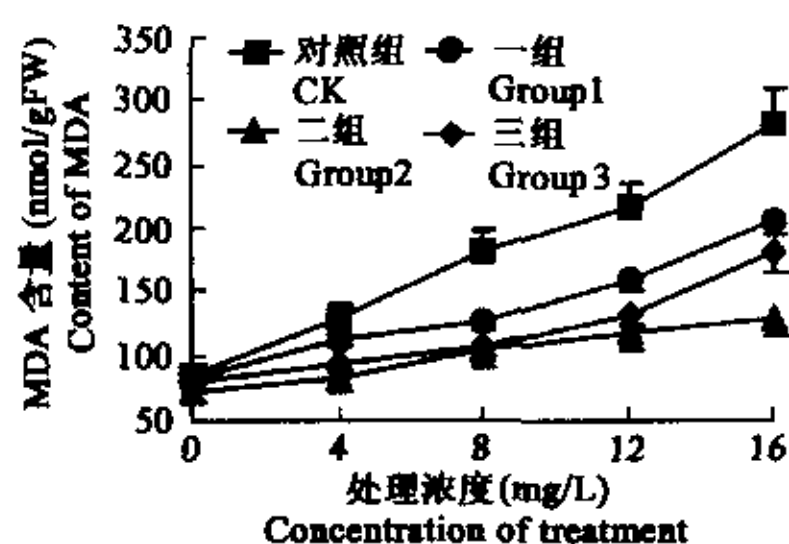


图4 6-BA和 Hg^{2+} 处理水花生叶中MDA含量
Fig. 4 Change of content of MDA in leaves of *Alternanthera philoxeroides* treated with 6-BA and Hg^{2+}

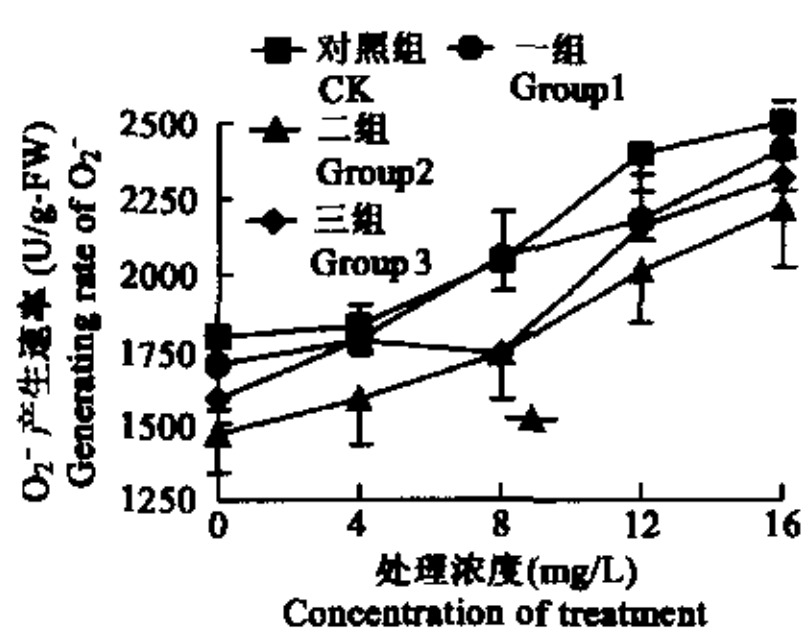


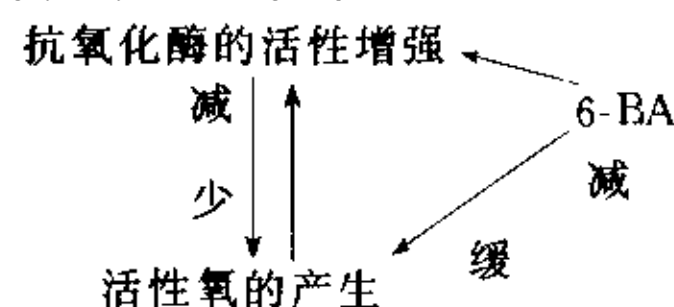
图5 6-BA和 Hg^{2+} 处理水花生叶中 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率
Fig. 5 Change of generating rate of $\text{O}_2^{\cdot-}$ in leaves of *Alternanthera philoxeroides* treated with 6-BA and Hg^{2+}

2.5 不同浓度6-BA对 Hg^{2+} 毒害下水花生 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率的影响

$\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率随着 Hg^{2+} 毒害浓度的增大而加快。如图5所示,在16mg/L Hg^{2+} 毒害时 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率比无毒害时高出40.4%;外施6-BA后,这一趋势有所减缓,但不同浓度作用效果不同: 1×10^{-5} mol/L 6-BA处理下, $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率有所降低,但与对照组差异不显著; 2×10^{-5} mol/L 6-BA处理时, $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率明显减缓($F=21.08^*$);而 3×10^{-5} mol/L 6-BA处理时,效果和 2×10^{-5} mol/L处理相似,二者差异不大。

3 讨论

前人已经证明,细胞分裂素在植物的抗逆和延缓的过程中有着重要的作用^[9],其中对活性氧系统的调节是其机理之一^[10]。而在重金属毒害下,这方面的结果还未见报道。实验结果证明,在 Hg^{2+} 污染逆境下,6-BA能有效的提高抗氧化酶的活性和减缓活性氧的产生。它们之间形成了如下关系:



而且还发现在 Hg^{2+} 毒害下,不同浓度的外源6-BA对不同生理指标的作用效果不同:对SOD、MDA和 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 伤害的缓解, 2×10^{-5} mol/L 6-BA浓度下作用效果最好,而对CAT与POD破坏的缓解作用, 3×10^{-5} mol/L浓度下最显著。这与6-BA对不同物质的作用机制的差异可能有密切关系,SOD能把具潜在危害的 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 歧化为 H_2O_2 ,而 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 能够导致膜脂过氧化产生MDA,可见SOD、MDA和 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 三者之间存在着较为密切的关系,所以它们对6-BA浓度的反应效果也是

一致的,在小麦叶片中 SOD 酶活性的变化也是在较低浓度的 6-BA 作用下较为明显^[15]。CAT 和 POD 可消除植物体内的 H_2O_2 ,阻止 Haber-Wiess 反应的发生^[16]。较高浓度 6-BA 对它的作用效果较好。这可能与酶的结构和激素作用位点不同有关,这些差异产生的根本原因还有待于进一步研究。

因此,可以认为抗氧化酶活性的增强与两个因素有关:(1)抗氧化酶量的增加。外源的细胞分裂素可调节叶绿体蛋白基因的表达,增加蛋白的含量^[2]。而且在盐胁迫下外施激动素可提高春小麦谷蛋白的含量^[11]。在本试验中也发现,在有 6-BA 处理的重金属毒害组,顶部叶片由对照组的绿色变为紫红色,这与叶片中色素组成比例的变化和糖与蛋白质含量的变化可能有密切关系,因此可推测细胞分裂素类物质 6-BA 也能增加抗氧化酶的含量以增强抗性;(2)抗氧化酶自身活性的增强。外施 6-BA 有这种效应,这一点在水涝^[5]、干旱^[10]等逆境中已被证明,但在离体的水稻细胞培养中 6-BA 却能降低 POD 的活性^[12]。本文实验证明在重金属毒害下,外施 6-BA 可增强在体植物抗氧化酶的活性。

活性氧含量的增加是逆境胁迫下的一个普遍现象,它是诱发细胞凋亡(PCD)的重要因素之一^[13]。在重金属毒害下, O_2^- 产生速率随 Hg^{2+} 污染浓度的增加而逐渐升高,但外源 6-BA 的加入可明显减缓 O_2^- 产生速率及其过氧化产物 MDA 的含量,从而使得水花生抗逆的能力显著增强。而且,在多种激素对 MDA 含量的比较研究中,6-BA 的作用效果是最好的^[14]。这与 6-BA 提高抗氧化酶的活性更有效的清除活性氧从而间接地减少了活性氧的含量是相符的。6-BA 对活性氧有没有直接作用还缺乏证据,仍需研究。

References

- [1] Cui K R, Xing G Sh, Zhou G K, *et al.* The induced and regulatory effects of plant hormones in somatic embryogenesis. *Hereditas*, 2000, **22**(5):349~354.
- [2] Downes B P, Crowell D N. Cytokinin regulates the expression of a soybean β -expansin gene by a post-transcriptional mechanism. *Plant Mol. Biol.*, 1998, **37**(3):437~444.
- [3] Wang Z L and Cao W X. Regulation of plant gene expression by cytokinins. *Plant Physiology Communications*, 2000, **36**(1):82~88.
- [4] Ivanova A P, Stefanov K L, Yordanov I V. Effect of cytokinin 4PU-30 on the lipid composition of water stress bean plants. *Biologia Plantarum*, 1998, **41**(1):155~159.
- [5] Liu X Z, Li J K, Wang Z X, *et al.* Effect of cytokinins on resistance of summer maize to waterlogging. *Acta Agronomica Sinica*, 1996, **22**(4):403~408.
- [6] Liao X R, He P C, Zhu X C. Effect of zeatin on H_2O_2 scavenging system of *Vitis Vulpina* leaf disks under salt stress. *Acta Botanica Sinica*, 1997, **39**(7):641~646.
- [7] Zhang Z L. *Laboratory Guide for Plant Physiology*. Beijing: High Educational Press, 1990. 88~91, 154~155.
- [8] Wang A G and Luo G H. Quantitative relation between the reaction of hydroxylamine superoxide anion radicals in plants. *Plant Physiol. Comm.*, 1990, (6): 55~57.
- [9] Wang S G. Roles of cytokinin on stress-resistance and delaying senescence in plants. *Chinese Bulletin of Botany*, 2000, **17**(2):121~126.
- [10] Dong Y H, Shi J P, Li G M, *et al.* Efficiency of 6-BA or ABA pretreatment as foliar spray in enhancing drought resistance in maize seedlings. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 1998, **18**(2):202~206.
- [11] Hradecka D and Staszko L. Influence of the application of cytokinin and nitrogen fertilizer on spring wheat. *Rostlinna Vyroba*, 1996, **42**(7):301~306.
- [12] Liao X R, Song L H, Wang J L, *et al.* Effects of mannitol and 6-BA on the activity of peroxidase and IAA oxidase in cells of *Oryza sativa*. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 2000, **20**(4):585~589.
- [13] Levine A, Tenhaken R, Dixon R, *et al.* H_2O_2 from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. *Cell*, 1994, **79**(4):583~593.
- [14] Dong Y G and Yu S W. Effects of cytokinin on senescence and ethylene production in waterlogged wheat plants. *Acta Phytophysiological Sinica*, 1984, **10**(1):55~61.
- [15] Xu Y Q, Li S W, Lu X D. Effect of 6-BA on Several protective enzyme activity of wheat leaf. *Agriculture & Technology*, 2000, **20**(4):13~15.
- [16] Bai B Z, *et al.* *Plant Physiology*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994. 231~233.

参考文献

- [1] 崔凯荣,邢更生,周功克,等. 植物激素对体细胞胚胎发生的诱导和调节. *遗传*, 2000, **22**(5):349~354.
- [4] 王兆龙,曹卫星. 细胞分裂素对植物基因表达的调节. *植物生理学通讯*, 2000, **36**(1):82~88.

- [5] 刘晓忠,李建坤,王志霞,等. 应用细胞分裂素类物质提高玉米抗涝能力的效果与作用. 作物学报,1996,22(4): 403~408.
- [6] 廖祥儒,贺普超,朱新产. 玉米素对盐渍下葡萄叶圆片 H_2O_2 清除系统的影响. 植物学报,1997,39(7):641~646.
- [7] 张志良. 植物生理学实验指导(第二版). 北京:高等教育出版社,1990. 88~91,154~155.
- [8] 王爱国,罗广华. 植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系. 植物生理学通讯,1990,(6):55~57.
- [9] 王三根. 细胞分裂素在植物的抗逆和延衰中的作用. 植物学通讯,2000,17(2):121~126.
- [10] 董永华,史吉平,李广敏,等. 外施 6-BA 和 ABA 提高玉米幼苗抗旱能力的作用与效果. 西北植物学报,1998,18(2):202~206.
- [12] 廖祥儒,宋陆铤,王俊丽,等. 甘露醇和 6-BA 处理对水稻细胞过氧化物酶及 IAA 氧化酶活性的影响. 西北植物学报,2000,20(4):585~589.
- [14] 董建国,余叔文. 细胞分裂素对渍水小麦衰老的影响. 植物生理学报,1984,10(1):55~61.
- [15] 徐运清,李顺文,鲁旭东. 6-BA 对小麦叶片几种保护酶活性的影响. 农业与技术,2000,20(4):13~15.
- [16] 白宝璋,等. 植物生理学,北京:中国科学技术出版社,1994. 231~233.
- *****

《中国水土保持科学》2003 年征稿启事

《中国水土保持科学》由国家科委批准,中国科协主管,中国水土保持学会主办的综合性学术刊物(中国标准刊号:国内统一刊号 CN11-4988/S)。主编关君蔚院士、常务副主编王礼先教授。创刊号于 2003 年 5 月出版。本刊主要刊登有关水土保持方面的基础理论及基础技术应用,荒漠化防治、生态环境建设、林业生态工程、滑坡、泥石流中理论及技术,水土流失与荒漠化监测、预防、监督管理的理论与实践,水土保持与荒漠化防治的生态经济学和环境经济学理论与技术,高新技术在水土保持与荒漠化防治中的应用等研究论文、专题论述、综合评述、学位论文、研究简报和学术动态。为促进学术、科研信息的交流,欢迎踊跃投稿。

《中国水土保持科学》编辑部地址:北京海淀区清华东路 35 号北京林业大学 197 信箱,邮政编码 100083,电话:(010)62338031、62338045,传真:(010)62311786, E-mail: ShuibaoXh@bjfu.edu.cn, C12@cast.org.cn。

《中国水土保持科学》投稿须知

1. 文稿写作顺序为题目,作者,作者工作单位(包括单位、地址、邮政编码,),中、英文摘要(300 字以内),关键词(3~5 个),正文、参考文献(含图表不超过 8000 字),作者简介(第一作者的出生年月、性别、学位、职称、研究方向)。
2. 文稿一式两份,A4 纸打印,并提供软盘或用电子邮件。
3. 文稿中一律使用国家法定计量单位。
4. 文内各级标题及题号一律顶格写,题号分级采用 3 级标题,最多不超过 4 级,按 1.1.1,1.1.1 的格式书写。
5. 文中的插图与表格中的所有文字均需具中、英两种文字。表格采用三线表形式(在 Word 软件中选:表格-插入表格-自动套用格式-简明 1),插图需在文中相应处直接给出,并在图下方给出中、英图题,此外,还需在文后附上标准的激光打印图一套(不收复印件)。二位坐标图请不要划成方框图。照片务必黑白清晰,层次分明。图的大小为:半栏图 $<60\text{mm}$, $100\text{mm}<$ 通栏图 $<130\text{mm}$ 。
6. 凡属国家、省部级以上科学基金资助项目和重点攻关项目的研究论文,请在首页脚注中注明基金名称和编号。
7. 来稿发表与否,由本刊编委会最后审定。3 个月内请勿一稿多投,6 个月内未接到通知者,可另行投稿。来稿一律不退,请作者自留底稿。