

# 铅胁迫对小麦幼苗抗氧化酶活性的影响

庞欣, 王东红, 彭安 (中国科学院生态环境研究中心水环境化学国家重点实验室, 北京 100085)

**摘要:**通过营养液培养实验, 研究小麦幼苗在遭受铅胁迫后, 地上部及根系抗氧化酶活性的变化. 试验表明: 小麦幼苗受到铅胁迫后, 地上部及根系的超氧化物歧化酶 (SOD) 活性均显著增加, 根系中过氧化氢酶 (CAT) 的活性也比对照有所增加, 但不如 SOD 酶变化剧烈, 表明 SOD 酶活性是比较敏感的生物指标 (biomarker). 但是, 小麦幼苗地上部及根系的丙二醛 (MDA) 含量仍均比对照显著升高, 表明小麦幼苗的膜系统受到了一定程度的破坏. 试验同时还反映出, 铅胁迫对小麦幼苗根系的影响远远强于地上部.

**关键词:** SOD; CAT; MDA; 小麦; 营养液培养

中图分类号: XI 73 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301 (2001) 05-04-0108

## Effect of Lead Stress on the Activity of Antioxidant Enzymes in Wheat Seedling

Pang Xin, Wang Donghong, Peng An (State Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

**Abstract:** The changes of the antioxidant enzyme activity, such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and malondialdehyde (MDA) were researched through nutrient solution culture. The results showed that the activity of SOD in shoot and root were significantly enhanced under lead stress. The activity of CAT in root was also improved, but the degree was not bigger than that of SOD activity. However, the MDA content in shoot and root was significantly higher than that of check group, it suggested that the membrane system were damaged by lead stress. The experiments also revealed that the shoot of wheat seedling was influenced by lead stress greatly stronger than that of root.

**Key words:** SOD; CAT; MDA; wheat; nutrient solution culture

有关铅对植物生长的影响已进行了多项研究. 研究表明, 大剂量的铅可对植物产生毒害作用. 它能阻碍植物的生长, 使植物叶片的光合强度及蒸腾速率降低, 叶片中的谷胺酰胺合成酶活性下降, 但使淀粉酶活性增强<sup>[1]</sup>.

有关植物受到重金属胁迫后, 自身氧化酶活性的变化已作了一些研究, 但主要集中在对汞<sup>[2]</sup>、镉<sup>[3]</sup>等重金属的研究上. 有关植物受到铅胁迫后, 对自身抗氧化酶活性的影响还少见报道.

本研究通过营养液培养植物的方法, 研究了小麦幼苗受到铅胁迫后, 对其地上部及根系超氧化物歧化酶 (Superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶 (Catalase, CAT) 等抗氧化酶活性和膜脂过氧化产物丙二醛 (malondialdehyde,

MDA) 含量的影响.

### 1 试验方法

#### 1.1 植物培养

小麦 (*Cucumis sativus* L.), 品种为小偃 54. 培养方法同文献[4].

#### 1.2 试验处理

小麦在正常营养液中生长 10d, 然后开始处理. 为防止  $PO_4^{3-}$  与 Pb 金属离子的发生沉淀, 处理后营养液中不再加入  $PO_4^{3-}$ . 但叶片早

基金项目: 国家自然科学基金项目 (29890280-1)

作者简介: 庞欣 (1970 ~), 女, 山西临汾人. 现在中国科学院生态环境研究中心作博士后, 主要从事有关重金属在土壤中迁移转化的研究工作.

收稿日期: 2000-11-08

晚 2 次喷施 0.25 % 的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (其中含 0.01 % 的 Tween20). 营养液中不加  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  为对照 (CK); 营养液中加入 50 mg/L  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  为 Pb1 处理 (Pb1); 营养液中加入 100 mg/L  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  为 Pb2 处理 (Pb2). 每个处理重复 4 次. 分别在处理后 2, 5, 9, 12 d 采样测定.

1.3 试验测定

植株的生物量: 每一样品分别收获地上部及根系, 彻底清洗植株的各部位, 鲜样杀青 (95 °C, 30 min) 后, 70 °C 烘至恒重, 称重.

SOD 活性测定同 Giannopohitis & Ries<sup>[5]</sup>; CAT 活性的测定同 Dhindsa 等<sup>[6]</sup>; MDA 的测定方法参见 Health and Packer<sup>[7]</sup>.

2 结果与讨论

2.1 铅胁迫对小麦幼苗地上部及根系生长的影响

从图 1、2 首先看到, 铅胁迫对根系生长的抑制作用远远强于地上部. 在整个生长过程中, 铅胁迫对地上部基本没造成显著性的影响 (图 1), 而第 5 天时, 铅胁迫已使根系的生物量有所降低. 至第 9 天时, 对根系的抑制作用更加显著, 并且 Pb2 处理比 Pb1 处理对根系的抑制作用更明显. 该结果与前人以玉米<sup>[8]</sup>、黄瓜<sup>[9]</sup>和大麦<sup>[8]</sup>幼苗为试材报道的结果基本一致, 主要原因是  $\text{Pb}^{2+}$  通过韧皮部向地上部的运输十分困难, 因此地上部受铅胁迫的危害要比根系小的多<sup>[10]</sup>.

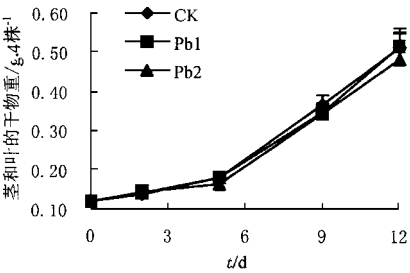


图 1 铅胁迫对小麦幼苗茎和叶干重的影响  
Fig.1 Effects of lead stress on shoot dry weight of wheat seedlings

2.2 铅胁迫对小麦幼苗地上部及根系 MDA

含量的影响

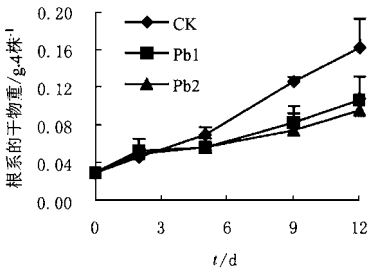


图 2 铅胁迫对小麦幼苗根系干重的影响  
Fig.2 Effects of lead stress on root dry weight of wheat seedlings

图 3、图 4 表明, 小麦幼苗在受到铅胁迫后, 地上部与根系内的膜脂过氧化产物 MDA 的含量均显著增高. 但地上部 MDA 含量升高的幅度远远小于根系, 平均只有对照水平的一半左右. 同时还可看到, 与小麦幼苗受铅胁迫的程度有一定的关系. 胁迫程度越重, 组织内的 MDA 含量越高. 这到底是由于本试验植物所遭受的铅胁迫程度过重, 而使植物的自身修复系统难以奏效, 还是植物本身就无法克服铅胁迫对其的损伤, 还有待于进一步的研究.

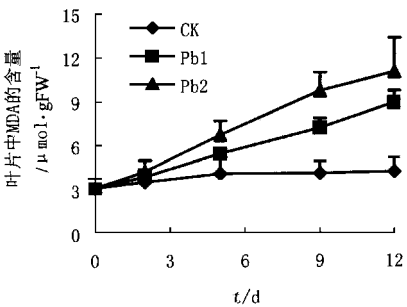


图 3 铅胁迫对小麦叶片中 MDA 含量的影响  
Fig.3 Effects of lead stress on MDA content shoot of wheat seedlings

2.3 铅胁迫对小麦幼苗地上部及根系 SOD 活性的影响

图 5 和图 6 均表明, 在铅胁迫的早期, 铅可以使小麦幼苗根系及地上部的 SOD 活性大大提高, 而后逐渐降低. 地上部与根系的变化趋势基本一致, 只是根系中 SOD 活性降低得比地上部更快一些. 在处理的第 2 d, Pb1 和 Pb2 处理

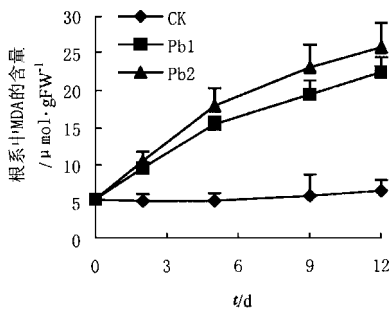


图 4 铅胁迫对小麦根系中 MDA 含量的影响  
Fig. 4 Effects of lead stress on MDA content root of wheat seedlings

地上部及根系的 SOD 活性分别达到对照的 2.32、2.24 和 2.98、2.81 倍。从图中未能看出,小麦幼苗地上部和根系的 SOD 活性与所受的铅胁迫有剂量效应关系(图 5、6),反而 Pb1 处理的 SOD 活性比 Pb2 处理还高。尤其在处理 5 天以后,表现得更加明显。

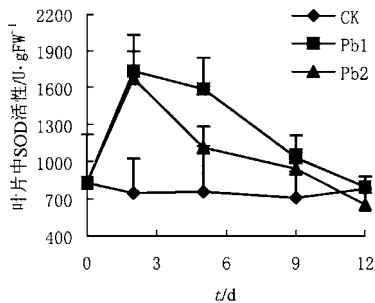


图 5 铅胁迫对小麦叶片中 SOD 活性的影响  
Fig. 5 Effects of lead stress on SOD activity in shoot of wheat seedlings

在许多逆境条件下,植物体内活性氧代谢系统的平衡会受到影响,活性氧如  $O_2^-$ 、 $OH\cdot$ 、 $H_2O_2$ 、 $^1O_2$  等的产生量增加。体内活性氧含量的升高能启动膜脂过氧化或膜脂脱脂作用,从而破坏膜结构。因此,植物体内的活性氧清除剂的含量或活性水平的高低对植物的逆境能力具有十分重要的意义。SOD 是存在于植物细胞中最重要的清除自由基的酶类之一。SOD 在 C3 和 C4 植物的叶绿体、线粒体和细胞质中都有分

布,它的主要功能是清除超氧化物自由基( $O_2^-$ )。SOD 活性的增强(图 5、6),表明小麦幼苗清除  $O_2^-$  的能力有所提高。也有研究表明,生物体合成 SOD 常受  $O_2^-$  的浓度影响,在  $O_2^-$  的诱导下,SOD 的生物合成能力升高<sup>[11]</sup>。说明只要植物体受到不利于植物生长因素的干扰,植物体就能启动自身的保护机制,来最大限度的减少伤害。但当胁迫程度过于严重时,植物的自身调节系统被破坏,从而导致 SOD 酶活性有所降低,这应该是 Pb1 处理的 SOD 活性高于 Pb2 处理的原因之一。

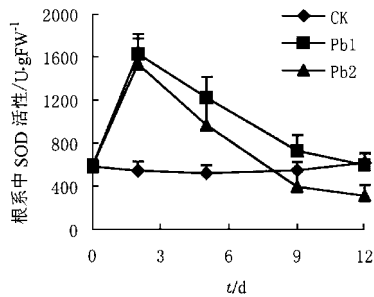


图 6 铅胁迫对小麦根系中 SOD 活性的影响  
Fig. 6 Effects of lead stress on SOD activity in root of wheat seedlings

### 2.4 铅胁迫对小麦幼苗地上部及根系 CAT 活性的影响

CAT 可清除  $H_2O_2$ , 主要存在于细胞的过氧化物体中<sup>[11]</sup>。图 7、图 8 相比较来看,小麦幼苗遭受铅胁迫后,根系 CAT 活性的增强比地上部明显。这与地上部所受的伤害远远小于根系有关。值得注意的还有,铅胁迫后地上部 CAT 活性的变化很不显著,但 SOD 活性的变化却十分剧烈(图 5)。这表明铅胁迫后,植物体内更多的是诱导 SOD 的合成。这是否表明,小麦幼苗在遭受铅胁迫后,活性氧代谢系统失调的主要产物是  $O_2^-$ ,而非  $H_2O_2$ ,尚需试验进一步证实。

从上述结果还可看到另一个需要注意的问题,即小麦幼苗在遭受铅胁迫后,不论地上部还是根系其酶活性的变化远远早于生物量的变化,尤其是 SOD 活性的变化更加迅速和剧烈。在处理 after 第 2d,不论地上部还是根系的 SOD

活性都与对照差异显著,而直至第5天,受铅胁迫幼苗根系的生长,仍未与对照有显著的差异.这说明在小麦幼苗受到铅胁迫时,SOD酶活性的变化是比较敏感的生物指标.玉米幼苗在Cd胁迫时,与本试验取得了相似的结果<sup>[3]</sup>.作者在比较了生物量、叶绿素及多种酶活性(GDH、G6PDH、GPOD和SOD等)等生理指标的变化以后,认为酶活性是植物在Cd胁迫时最为敏感的生物指标(biomarker).

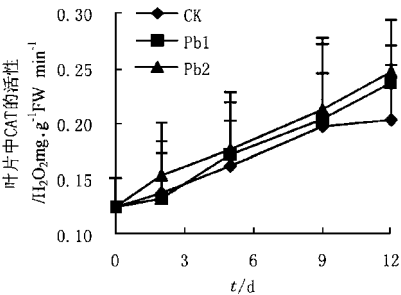


图7 铅胁迫对小麦叶片中CAT活性的影响  
Fig.7 Effects of lead stress on CAT activity in shoot of wheat seedlings

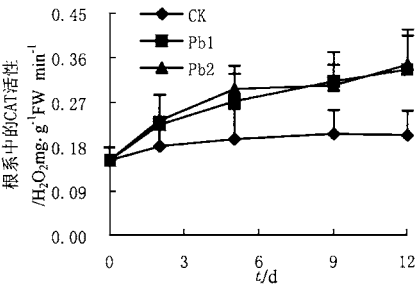


图8 铅胁迫对小麦根系中CAT活性的影响  
Fig.8 Effects of lead stress on CAT activity in root of wheat seedlings

3 结论

(1) 试验表明,小麦幼苗受到铅胁迫后,地上部及根系的MDA含量均比对照显著升高,

表明小麦幼苗的膜系统受到了一定程度的破坏.

(2) 小麦幼苗地上部及根系的SOD活性均显著增加,根系中的CAT活性也比对照有所增加,但不如SOD酶变化剧烈.

(3) 小麦幼苗受到铅胁迫后,SOD酶活性是比较敏感的生物指标.铅胁迫对根系的影响远远强于地上部.

参考文献:

- 1 陈学敏. 自然界中的铅. 生命科学中的微量元素(王夔主编). 第2版. 北京:中国计量出版社,1996. 934~936.
- 2 林玉环. 汞的生物化学作用. 生命科学中的微量元素(王夔主编). 第2版. 北京:中国计量出版社,1996. 903~905.
- 3 Lagriffoul A et al. Cadmium toxicity effects on growth, mineral and chlorophyll contents, and activities of stress related enzymes in young maize plants (*Zea mays* L.). *Plant and Soil*, 1998, **200**:241~250.
- 4 庞欣等. 缺磷胁迫对黄瓜体内磷运输及再分配的影响. *植物营养与肥料学报*,1999,5(2):137~143.
- 5 Giannopolitis N et al. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. *Plant physiology*, 1977, **59**: 309~314.
- 6 Dhindsa RS, Dhindsa PP, Thorpe TA. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *J. Exp. Botany* 1981, **32**:93~101.
- 7 Health RL, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid and peroxidation. *Archives Biochemistry and Biophysics* 1981, **125**: 189~198.
- 8 Obroucheva NV et al. Root growth responses to lead in young maize seedlings. *Plant and Soil*, 1998, **200**:55~61.
- 9 Titov AF et al. The effect of lead ions on the growth of wheat, barley and cucumber seedlings. *Russ. J. Plant Physiol.*, 1995, **4**:403~407.
- 10 Godzik B. Heavy metals content in plants from zinc dumps and reference area. *Pol. Bot. Stud.*, 1993, **5**: 113~132.
- 11 张福锁主编. 环境胁迫与植物营养. 北京:北京农业大学出版社,1993. 79~91.