

# 外源草酸对甜瓜幼苗铝毒害的缓解作用

孙天国, 沙伟, 张 建

(齐齐哈尔大学 生命科学与工程学院 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘 要:** 为了解草酸对缓解铝毒害下甜瓜幼苗生长受抑的作用效果, 研究外源草酸对甜瓜幼苗铝毒害的缓解效应。结果表明: 0.4 mmol/L 的铝溶液能够增加叶片细胞过氧化物酶、超氧化物歧化酶的活性和可溶性蛋白、脯氨酸、丙二醛的含量。铝溶液中加入不同浓度 (0.2、0.4、0.8 和 1.2 mmol/L) 的草酸后, 铝对甜瓜幼苗的毒害作用减轻。

**关键词:** 草酸; 甜瓜幼苗; 铝毒害

**中图分类号:** S 652.04<sup>+</sup>.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)12-0053-03

近年来, 随着世界工业化的发展, 酸雨已成为世界重大环境问题之一。酸雨的频繁沉降, 加速了土壤酸化。在中国, 酸性土壤的分布遍及 14 个省区, 总面积达 2 030 万  $\text{hm}^2$ , 约占全国耕地面积的 21%。铝是酸性土壤中限制作物生长的主要因素。但多年以来, 铝对植物毒性一直未受重视。从 20 世纪 80 年代起, 有关铝的研究报道才逐渐出现, 并很快成为研究热点<sup>[1]</sup>。铝对植物的毒性与 pH 值、温度密切相关, 植物在其最适生长范围内受铝伤害最明显<sup>[2]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试甜瓜品种为黑龙江省农业科学园园艺分院研制的龙甜三号。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 发芽** 选取健康饱满的甜瓜种子, 置于培养皿中放入培养箱催芽。3 d 后移栽。待甜瓜幼苗长出 4~5 片叶子时, 添加不同浓度的铝和草酸。试验处理见表 1。

表 1		处理浓度
Table 1	Component of each treatment	
	mmol · L <sup>-1</sup>	
处理	铝浓度	草酸浓度
Treatment	Al concentration	Oxalic acid concentration
T1(CK)	0	0
T2	0.4	0
T3	0.4	0.2
T4	0.4	0.4
T5	0.4	0.8
T6	0.4	1.2

**第一作者简介:** 孙天国(1966-), 男, 硕士, 副教授, 现主要从事植物组织培养生理研究工作。E-mail: stg 1966@163.com。

**通讯作者:** 沙伟(1963-), 女, 黑龙江省齐齐哈尔人, 博士, 教授, 现从事植物遗传学和植物生态学研究。E-mail: shw 1129@263.net。

收稿日期: 2009-06-20

**1.2.2 测定方法** 超氧化物歧化酶(SOD)活性采用比色法测定<sup>[3]</sup>; 过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定<sup>[4]</sup>; 丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法测定<sup>[5]</sup>; 可溶性蛋白含量采用考马斯亮兰染料结合法测定<sup>[6]</sup>; 脯氨酸含量采用酸性茚三酮染色法测定<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 铝胁迫下外源草酸对甜瓜幼苗 SOD 活性的影响

如图 1 所示, 处理 T2 中 SOD 活性最高, 与对照比急剧上升。表明铝对甜瓜幼苗有毒害作用。当用草酸进行缓解时细胞的 SOD 活性开始降低, 但随草酸浓度的升高而增大, 处理均高于对照。许多逆境能影响植物体内活性氧代谢系统的平衡, 即增加活性氧的产量, 破坏活性氧清除剂的结构、降低活性氧含量水平, 并进一步启动膜脂过氧化或膜脂脱脂作用从而破坏膜结构, 加深伤害。超氧化物歧化酶是自然界唯一的以氧自由基为底物的酶, 在活性氧代谢中处于重要地位, SOD 是最重要的自由基清除酶, 能催化超氧阴离子自由基  $\text{O}_2^-$  发生歧化反应, 生成  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 减轻  $\text{O}_2^-$  对植物体的毒害作用<sup>[8]</sup>。试验中 SOD 活性上升说明 SOD 起到了保护酶作用, 当加入低浓度草酸后 SOD 活性下降说明草酸起到了缓解作用。

### 2.2 铝胁迫下外源草酸对甜瓜幼苗 POD 活性的影响

POD 和 CAT 协同作用把植物体过多的  $\text{H}_2\text{O}_2$  还原为  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{O}_2$ , 解除活性氧对植物的危害。POD 和 CAT 活性的升高在一定程度上可以减轻活性氧对细胞膜的伤害。从而保护植物体不受伤害, 提高了植物对铝的抵御能力。图 2 所示, 当用铝溶液处理材料时细胞内过氧化物酶的活性与对照比提高, 当用浓度为 0.2 mmol/L 草酸进行缓解时, 活性下降, 但当草酸浓度增加时活性又开始上升, 且随着草酸的浓度增加, 活性也逐渐增大。研究表明, 一定程度铝胁迫能够刺激植物体内过氧化物酶的活性。

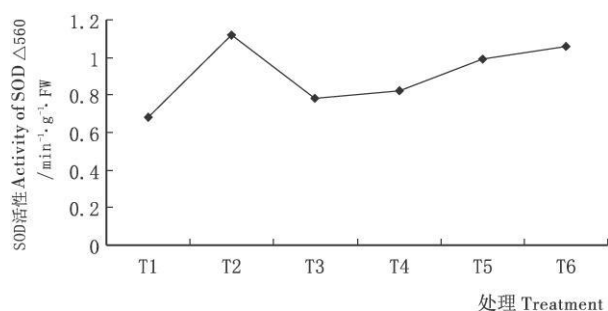


图1 铝毒害下外源草酸对SOD活性的影响

Fig.1 Effects of exogenous oxalate on the activity of SOD in melon seedling under aluminum toxicity

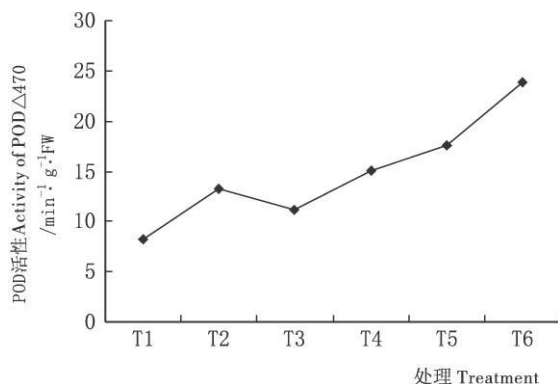


图2 铝毒害下草酸对POD活性的影响

Fig.2 Effects of exogenous oxalate on the activity of POD in melon seedling under aluminum toxicity

### 2.3 铝胁迫下外源草酸对甜瓜幼苗丙二醛含量的影响

逆境胁迫引起细胞超氧自由基  $\text{O}_2^-$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  等的大量积累,对细胞膜有强烈的过氧化作用,从而引起膜质过氧化产物丙二醛的增多。如图3所示,处理T2的细胞内,丙二醛含量与对照相比明显上升,添加草酸后,丙二醛含量有所降低,在处理T3中丙二醛含量高于对照,但低于处理2中丙二醛含量。随着草酸浓度的增加丙二醛含量变化较小,与对照相近。

丙二醛(MDA)是一种高活性的脂质过氧化产物,能交联脂类、核酸、糖类及蛋白质。MDA也是膜脂过氧化反应的重要产物。耐盐、抗旱品种在逆境条件下MDA含量的增加程度相对较小,因而被看作为抗性品种的指标之一。植物在逆境条件下活性氧增加,植物抗逆性的强弱与细胞对活性氧的清除有关。就是说,逆境胁迫中包含一个活性氧机制。在轻度胁迫下,由于逆境诱导了植物的氧化胁迫,使耐铝植物体内酶活性提高,从而减轻了活性氧对细胞膜上不饱和脂肪酸的攻击而形成的脂质过氧化(即形成的MDA含量转少),从而增强了植物的抗逆能力,减轻了对植物的伤害。

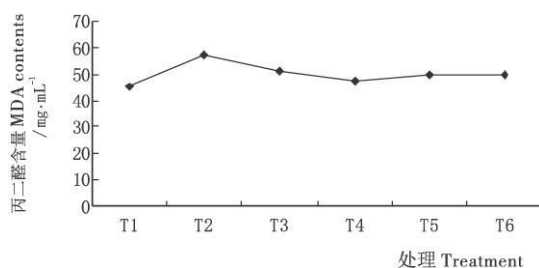


图3 铝毒害下草酸对丙二醛含量的影响

Fig.3 Effects of exogenous oxalate on the contents of MDA in melon seedling under aluminum toxicity

### 2.4 铝胁迫下外源草酸对甜瓜幼苗可溶性蛋白的影响

如图4示,处理T2与对照组处理T1相比,可溶性蛋白的含量急剧增加。加入草酸之后可溶性蛋白的含量有所下降。当草酸为低浓度时可溶性蛋白含量略高于对照,当草酸浓度增大时可溶性蛋白的含量又有所增加。当铝浓度较低时会使蛋白含量上升,可溶性蛋白多是未与膜系统特异结合的酶,其含量越高该部位的生理生化反应与代谢活动就越旺盛<sup>[9]</sup>,有利于植物抵抗不良环境的胁迫和伤害。

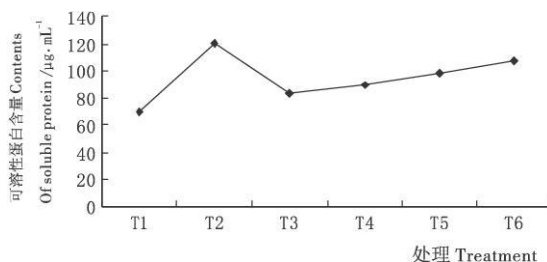


图4 铝毒害下草酸对可溶性蛋白含量的影响

Fig.4 Effects of exogenous oxalate on the contents of soluble proteins in melon seedling under aluminum toxicity

### 2.5 铝胁迫下外源草酸对甜瓜幼苗脯氨酸含量的影响

如图5所示,T2处理与对照组T1处理相比,脯氨酸含量上升幅度很大,上升了2.5倍。加入有机酸后含量则随着有机酸的浓度增加脯氨酸的含量呈下降趋势,有机酸浓度为1.2 mmol/L时,含量与未受铝毒害的T1处理基本相同。

脯氨酸是植物蛋白质的组分之一,并以游离状态广泛存在植物体中。脯氨酸含量的增高能够降低叶片的渗透势,防止细胞脱水。脯氨酸具有很高的水溶性。主要存在叶绿体基质中,能解除蛋白质分解初期产生  $\text{NH}_3$  造成的毒害,防止有毒氨基酸的积累。在受到逆境胁迫时,植物体内常有游离脯氨酸的积累,其积累量与逆境水平和植物对这种逆境的抗性有关。植物在受到外界

环境胁迫时体内脯氨酸含量增加, 这是植物对逆境胁迫的一种生理生化反应, 具有双重意义: 其一是细胞结构和功能遭受伤害的反应; 其二是植物在逆境下的适应表现, 系防护反应, 可作为鉴定植物抗性的指标。这时脯氨酸具有多种生理功能, 如作为细胞渗透调节物质、稳定生物大分子结构、降低细胞酸度以及作为能量库调节细胞氧化还原势等。

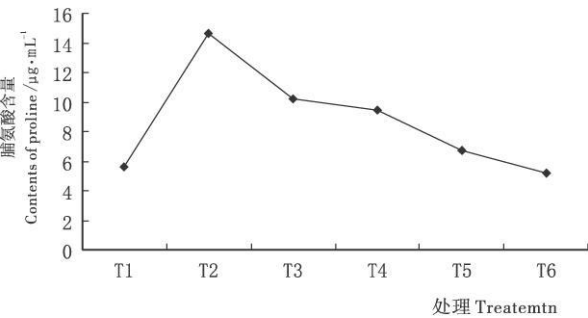


图5 铝毒害下草酸对脯氨酸含量的影响

Fig. 5 Effects of exogenous oxalate on the contents of Proline in melon seedling under aluminum toxicity

3 讨论

该试验中 T2 处理 (0.4 mmol/ L  $\text{Al}^{3+}$ ) 显示了甜瓜幼苗在铝胁迫下叶细胞内的 SOD 活性和 POD 活性升高, 丙二醛、可溶性蛋白和脯氨酸含量增加。加入草酸后上述毒害现象都得到不同程度的缓解。研究证实荞麦在铝胁迫下能够迅速分泌草酸, 与根际铝形成络合物, 减少铝的吸收与毒害, 而且铝溶液中外加有机酸也能极大减少根尖铝的含量。该试验的铝溶液中加入不同浓度的有机酸后, 铝毒害的各种现象都得到了缓解。因此推测, 有机酸和铝的络合减少植物体对铝的吸收是有机酸缓解铝毒害的直接原因。

该试验中甜瓜幼苗叶细胞内丙二醛(MDA)、可溶性蛋白、脯氨酸含量以及 POD、SOD 活性随草酸浓度升高有明显变化, 低浓度的草酸起到缓解效应。陈梅等的分根

试验表明, 小麦通过根系可以转运外部有机酸到植物体的其它地方<sup>[10]</sup>。以往研究证实植物细胞内铝主要以  $\text{Al}$ -草酸的形式存在<sup>[11]</sup>。在非致死条件下, 铝胁迫能够刺激 SOD 和 POD 活性的升高, 在一定程度上降低铝对植物细胞的伤害<sup>[12]</sup>。该试验中虽然有机酸络合了部分  $\text{Al}^{3+}$ , 但溶液中游离态的铝仍然能够被植物体吸收并刺激甜瓜叶内 POD 活性升高, 这对及时清除甜瓜叶细胞内的活性氧, 降低甜瓜细胞膜的氧化程度, 增高细胞膜结构稳定性有一定作用。

参考文献

[ 1] Silva I R Smyth T J, Raper C D, et al. Diferential aluminum tolerance in soybean An evaluation of the role of organic acids[ J] . *Physiol Plant*, 2001, 112: 200-210.

[ 2] 顾明华, Tetsuo, 陆申年, 等. 铝毒在不同作物上的差异及温度的影响[ J] . *热带亚热带土壤科学*, 1994, 3(2): 59-65.

[ 3] 肖萍, 仲伟鉴. SOD 的化学发光和化学比色测定法的比较[ J] . *上海预防医学杂志*, 1999, 11(2): 54-56.

[ 4] 张志良, 瞿伟菁. *植物生理学实验指导* [ M] . 北京: 高等教育出版社, 2003: 123-124.

[ 5] 汤章城. *现代植物生理学实验指南* [ M] . 北京: 科学出版社, 1999: 305-306.

[ 6] 李林, 焦心之. 应用蛋白染色剂考马斯蓝 G-250 测定蛋白质的方法[ J] . *植物生理通讯*, 1980(6): 52-55.

[ 7] 白宝璋, 汤学军. *植物生理学测试技术* [ M] . 北京: 中国科技出版社, 1993: 99-100; 156-157.

[ 8] reenisasulu N, Grimm B, Wohus U. Diferential re. sponse of antioxidant compounds to salinity stress insalt-tolerant an d salt-sensitive seedlings of foxtail millet(*Setaria italica* ) [ J] . *Physiol Plant*, 2000, 109: 435-442.

[ 9] 张杰, 汪春蕾, 杨传平, 等. 硝酸还原酶和可溶性蛋白对东北三省蒙古栎种源生长性状的影响[ J] . *哈尔滨师范大学学报(自然科学版)*, 2005, 21(3): 93-98.

[ 10] 陈梅, 陈亚华, 沈振国, 等. Alleviation of aluminum to-Xicity in wheat seedlings by exogenous organic acids[ J] . *植物生理与分子生物学报*, 2003, 29(4): 281-288.

[ 11] Shen R F, Ma F. Distribution and mobility of aluminum in an Alawu-mulation plant[ J] . *Fagopyum esculentum Moench J Exp Bot*, 2001, 52: 1686-1687.

[ 12] 谭贵良. A study of aluminum stress on the growth and enzyme Activity of primary roots of sugarcane[ J] . *广西农业生物科学*, 2003, 22(4): 271-274.

Alleviation of Aluminum Toxicity in Melon Seedlings by Exogenous Oxalic Acid

SUN Tian-guo, SHA Wei, ZHANG Jian

(The Life Science And Engineering Collge, Qiqihaer Univrsity, Qiqihaer, Heilongjiang 161006, China)

**Abstract:** The ameliorating effects of oxalate against aluminum toxicity for melon seedling were studied. This paper studied the extraneous source organic acid the alleviation effect which poisons to the melon seedling aluminum, the result indicated that, the 0.4 mmol/ L aluminum solution can obviously increase the POD, SOD activities and the soluble protein, the proline, MDA content. In the aluminum solution joined the different density (0.2, 0.4, 0.8, 1.2 mmol/ L) after the oxalic acid, the above injures reduced.

**Key words:** Oxalate; Melon seedling; Aluminum toxicity