

盐胁迫下木麻黄幼苗抗氧化酶活性的变化及 Ca^{2+} 对它的调控

周希琴* 吉前华

肇庆学院生物学系, 肇庆 526061

提要 在单纯 NaCl 处理下, 随着 NaCl 浓度的加大, 木麻黄幼苗的蛋白质含量逐渐升高, 超氧化物歧化酶(SOD)活性下降, 过氧化物酶(POD)活性则逐渐增加, 过氧化氢酶(CAT)活性在低盐下下降, 高盐下明显升高。加入适量 Ca^{2+} 后, SOD 活性上升, POD 活性和蛋白质含量下降。CAT 活性低时加 Ca^{2+} , CAT 活性增加; CAT 活性高时加 Ca^{2+} , CAT 活性则降低。

关键词 Ca^{2+} ; 盐胁迫; 木麻黄幼苗; 保护酶

Changes in Antioxidant Enzyme Activities in *Casuarina equisetifolia* Seedlings Under NaCl Stress and Ca^{2+} Regulation in Them

ZHOU Xi-Qin, JI Qian-Hua

Department of Biology, Zhaoqing College, Zhaoqing 526061

Abstract The activities of SOD, CAT and POD and protein content of *Casuarina equisetifolia* seedlings under NaCl stress and Ca^{2+} regulation in them were studied. The results showed that SOD activity decreased, protein content and POD activity increased with the treatments of increased NaCl concentration. At the meantime, CAT activity decreased at low NaCl concentrations and increased at high NaCl concentrations. When seedlings were treated by Ca^{2+} with proper concentrations, negative effect on protein content and POD activity gradually decreased, and SOD activity increased. The treatments of Ca^{2+} enhanced CAT activity when it was low, and weakened it when it was high.

Key words Ca^{2+} ; NaCl stress; *Casuarina equisetifolia* seedling; protective enzymes

一般认为, 在盐胁迫条件下, 植物通过吸收、积累无机盐和合成有机物质作为渗透剂进行渗透调节, 以适应盐渍环境^[1]。超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等是酶促防御系统的保护酶^[2], 它们协同作用, 防御活性氧或其它过氧化自由基对细胞膜系统的伤害, 抑制膜脂过氧化, 以减轻盐胁迫对植物细胞的伤害^[1]。 Ca^{2+} 作为参与许多生命活动的第二信使, 在传递胞内信息、调节细胞代谢中起作用。已有研究认为钙能增强植物的抗逆性^[3]。本文研究盐胁迫对木麻黄幼苗抗氧化酶的影响和外源 Ca^{2+} 在提高植物抗盐性中的使用, 以期能为减缓盐对植物生长的不良影响而采用防护措施作参考。

材料与方 法

实验材料为木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)“惠安1号”。将苗高为12~40 cm的木麻黄幼苗

移植入盆。每盆装5 kg 固土和沙土的混合土, 植入3株木麻黄幼苗, 分占盆中3部分, 放在温室中培养。大约3 d 浇水1次, 每天观察温室温度及通风情况。培养温度为25~38℃。培养3个月后, 进行盐胁迫及盐胁迫+ Ca^{2+} 处理。盐浓度分别为0、5、10、15、20、25 g(NaCl)·kg⁻¹(土)。盐胁迫+ Ca^{2+} 处理的浓度分别为: 每公斤土10 g NaCl +4 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、10 g NaCl+8 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、20 g NaCl+4 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、20 g NaCl+8 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 。每个处理6个重复。胁迫处理后, 继续培养3个月的幼苗用于测定各种生理指标。实验所用试剂NaCl、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 均为分析纯。

制备酶液时, 从各实验组分别取1 g木麻黄幼苗, 加入适量62.5 mmol·L⁻¹ 磷酸缓冲液(pH 7.8)于

收稿 2003-12-22 修定 2004-03-08

* E-mail:zhouxiqin666@163.com, Tel:0758-2811052

冰浴中研磨,再以 $14\ 000 \times g$ 于 4°C 下离心 15 min, 上清液用于测定 SOD、POD 和 CAT 活性及可溶性蛋白质含量。可溶性蛋白质含量的测定按照考马斯亮蓝 G-250 染色法^[4]。SOD 活性用 NBT 光还原法^[5]测定,以抑制 NBT 50% 作为一个酶单位(U)。POD 活性用愈创木酚法^[6]测定。CAT 活性用碘量法^[7]测定。

结果与讨论

1 Ca^{2+} 对 NaCl 胁迫下木麻黄幼苗中 3 种保护酶活性的影响

图 1 显示:

(1) NaCl 胁迫下, 随 NaCl 浓度升高, SOD 活

性逐渐下降, 相关系数达到 $-0.97 (P < 0.05)$ 。在 NaCl 胁迫同时加入 Ca^{2+} , SOD 活性高于单纯 NaCl 处理的。NaCl 为 $10\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土)时, 随着 Ca^{2+} 浓度的增加, SOD 活性下降; NaCl 为 $20\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土), 随着 Ca^{2+} 浓度的增加, SOD 活性增加。适宜浓度的 Ca^{2+} 促进 SOD 活性上升, 从而消除了 NaCl 胁迫下超氧负离子的增加, 削弱了脂质过氧化作用, 减轻了膜伤害。

(2) 在 $5\sim 10\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土) NaCl 胁迫下, CAT 活性略微降低。但随 NaCl 处理浓度的增加, CAT 活性则急剧升高, 而且在 $25\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土) NaCl 处理时, 其活性升至最高点, 两者相关系数为 0.80, 未达到显著水平。NaCl 胁迫加 Ca^{2+} 处理的, 在 CAT

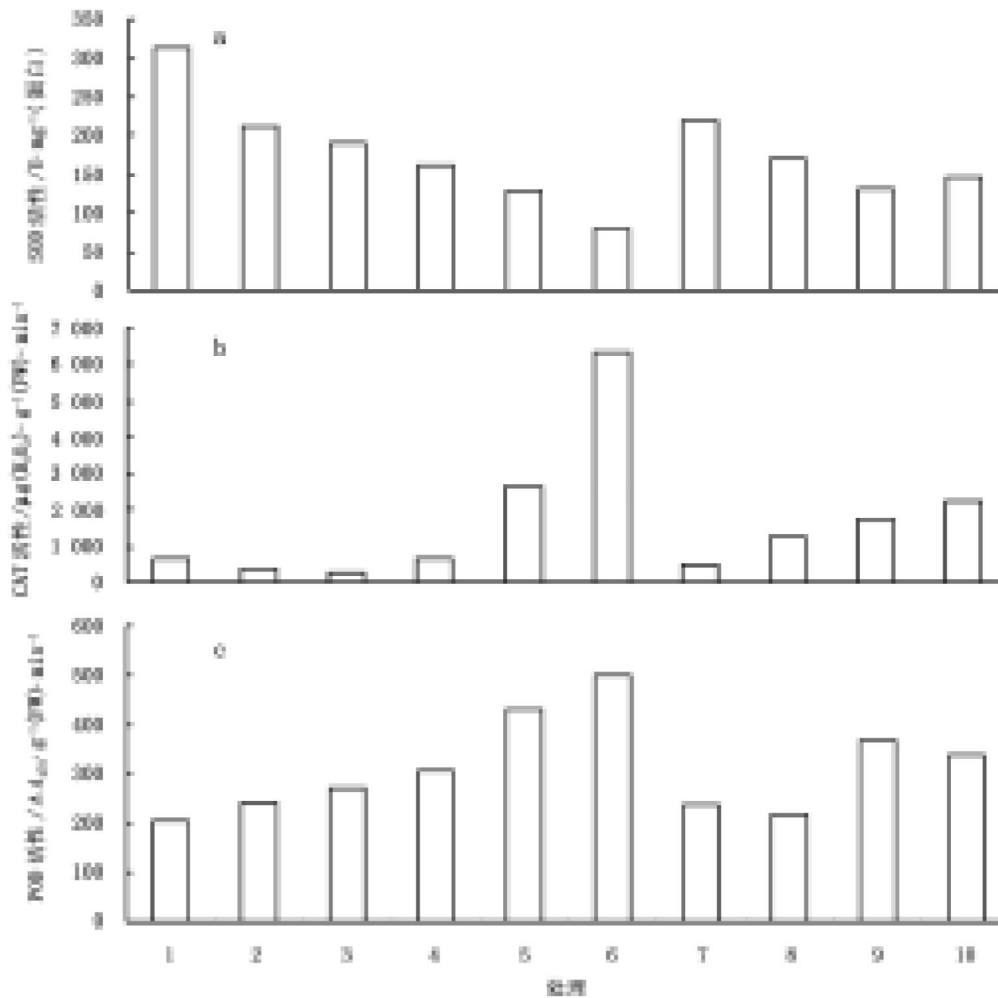


图 1 Ca^{2+} 对 NaCl 胁迫下木麻黄幼苗中 3 种保护酶活性的影响

Fig. 1 Effects of Ca^{2+} on the activities of SOD, CAT and POD of *Casuarina equisetifolia* seedlings under NaCl stress

1. 对照; 2~6. NaCl 5、10、15、20、25 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土); 7、8. NaCl 10 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土)+ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4、8 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土); 9、10. NaCl 20 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土)+ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4、8 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (土)。图 2 同此。

活性低时, Ca^{2+} 增加 CAT 活性; CAT 活性高时, Ca^{2+} 削弱 CAT 活性。说明适宜浓度的 Ca^{2+} 可恢复或基本恢复 CAT 活性, 削弱 NaCl 对幼苗的毒害作用。

(3) NaCl 胁迫下, POD 活性随着 NaCl 浓度的增加而逐渐升高, 其相关系数为 0.96 ($P < 0.05$)。NaCl 胁迫加 Ca^{2+} 时, 随着 Ca^{2+} 浓度的增加, POD 活性降低。适宜浓度的 Ca^{2+} 可减弱 NaCl 对幼苗的毒害作用, 减少有害物质的产生, 减弱植物体对

逆境的敏感性, 因此 POD 活性的激活亦有所减弱。

2 Ca^{2+} 对NaCl胁迫下木麻黄幼苗中蛋白质含量的影响

图 2 表明, 在 NaCl 胁迫下, 幼苗蛋白质含量随着 NaCl 浓度的增加而升高, 相关系数为 0.93 ($P < 0.05$)。NaCl 胁迫加 Ca^{2+} 时, 蛋白质含量随着 Ca^{2+} 浓度的增加而逐渐降低。适宜浓度的 Ca^{2+} 能降低盐毒害下的蛋白质含量, 这可

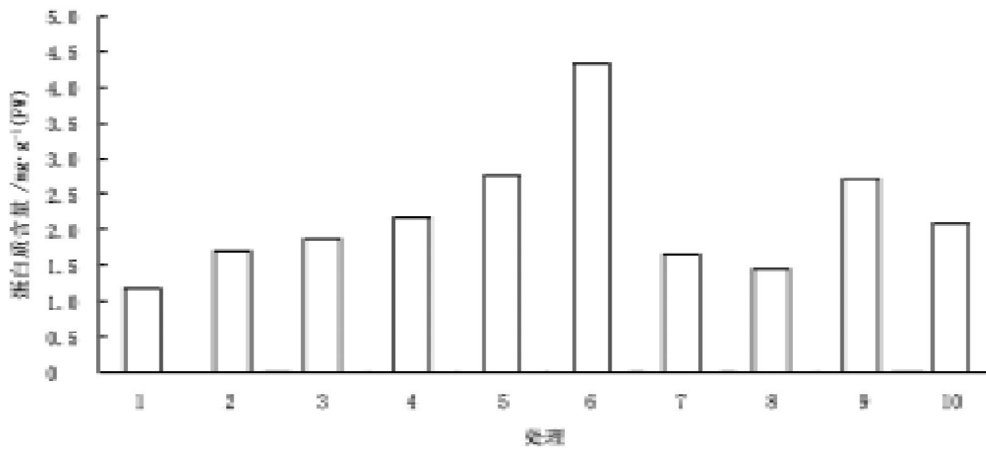


图2 Ca^{2+} 对NaCl胁迫下木麻黄幼苗中蛋白质含量的影响

Fig. 2 Effect of Ca^{2+} on protein content of *Casuarina equisetifolia* seedlings under NaCl stress

能是 Ca^{2+} 对植物有保护作用、削弱 NaCl 对蛋白质合成胁迫的结果。

总之, 在盐胁迫下, 木麻黄幼苗 SOD 活性下降, CAT、POD 活性及蛋白质含量升高。适宜的 Ca^{2+} 可增加木麻黄幼苗对盐胁迫的耐受能力, 调节抗氧化酶活性并使之相对稳定, 从而提高了植物的抗逆性。根据本文结果, 提高木麻黄幼苗抗盐力的最适 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 浓度为 $4\sim 8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)。

参考文献

- 赵可夫. 植物抗盐生理. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 157~159, 187~196
- 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害. 植物生理学通讯, 1991, (2): 84~89
- Mukherjee SP, Choudhury MA. Effect of water stress on some oxidative enzymes and senescence in vigna seedlings. *Physiol Planta*, 1981, 100: 16~29
- 李合生主编. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000. 184~185
- Giannopolitis CN, Ries SK. Superoxide dismutase: purification and quantitative relationship with water-soluble protein in seedling. *Plant Physiol*, 1977, 59: 315~318
- 张志良主编. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1990. 154~155
- 山东农学院, 西北农学院. 植物生理学实验指导. 济南: 山东科技出版社, 1980. 109~114