

NaCl 胁迫对桉树幼苗膜脂过氧化与膜保护酶系统的影响

翁锦周<sup>1</sup>, 林江波<sup>1</sup>, 陈永快<sup>1</sup>, 曾日秋<sup>1</sup>, 张梅坤<sup>2</sup>, 林加耕<sup>1</sup>

(1 福建省农业科学院闽台园艺研究中心, 福建 漳州 363005;  
2 福建省漳州市林业组培中心, 福建 漳浦 363200)

摘 要: 以 4 个桉树品种组培苗叶片为材料, 研究了 NaCl 胁迫对其膜脂过氧化和膜保护酶活性的影响。结果表明: 随着 NaCl 浓度的增加, 质膜相对透性、丙二醛 (MDA) 含量呈上升趋势, 超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD) 和过氧化氢酶 (CAT) 活性先升后降; SOD 的活性在不同桉树品种之间差异不显著, 而 CAT 和 POD 在不同品种之间则存在极显著或显著差异。  
关键词: 胁迫; 桉树幼苗; 膜脂过氧化; 膜保护酶  
中图分类号: S 792 39; Q 945 78 文献标识码: A

Effects of salt stress on membrane lipid peroxidation and protective enzyme systems in *Eucalyptus* seedlings

WENG Jirr zhou<sup>1</sup>, LIN Jiang bo<sup>1</sup>, CHEN Yong kuai<sup>1</sup>, ZENG Ri qiu<sup>1</sup>, ZHANG Mei kun<sup>2</sup>, LIN Jia geng<sup>1</sup>

(1. Fujian Taiwan Horticulture Research Center, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Zhangzhou, Fujian 363005, China; 2. Forest Tissue Culture Center, Zhangpu, Fujian 363200, China)

**Abstract:** The membrane lipid peroxidation and protective enzyme systems in the leaves of different varieties of *Eucalyptus grandis* and *E. grandis*, such as DH3229, DH3327, T13, and A4, were studied under salt stress. The results showed that ion leakage and MDA content in membrane increased as NaCl concentration increased. The activities of SOD, POD, and CAT increased in low NaCl concentration, and then decreased with increasing NaCl concentrations. There was no significant difference in SOD activities among the varieties. However, in the range of 0.034~0.136 mol·L<sup>-1</sup> NaCl, the POD activity was significantly higher in DH3229 than other varieties. CAT activity was higher in T13 than others under 0.034 mol·L<sup>-1</sup> NaCl treatment.  
**Key words:** Salt stress; *Eucalyptus* seedlings; membrane lipid peroxidation; membrane protective enzymes

桉树属桃金娘科 (Myrtaceae) 桉树属 (*Eucalyptus*), 树干通直, 材质优良, 生长期短, 5~7 a 即可采伐, 经济效益高, 系速生丰产树种, 已在华南地区山地上大面积种植<sup>[1]</sup>。但因该地区可种地资源有限, 其进一步发展空间受到限制, 而该地区又有丰富的盐碱地资源, 为了开发和利用这一资源, 有必要开展盐渍土壤的生物学治理和综合开发利用以及植物耐盐性等方面的研究。  
近年来, 人们对植物抗盐性的研究已从植物形态指标、器官、组织和细胞水平发展到分子、基因水平, 并且取得明显的进展<sup>[3~5]</sup>。然而, 有关桉树抗盐方面的研究国内尚未见报道。若能利用盐碱地种植桉树, 既能改善土壤质量和生态环境, 又能提供优质的工业木材原料。为此, 本文以生产上大面

积推广种植的巨桉和尾巨桉若干优良品种为材料, 研究了 NaCl 胁迫对桉树叶片膜脂过氧化和膜保护酶活性的影响, 为桉树抗盐机理的研究和抗盐良种的筛选以及推广应用提供理论依据。  
1 材料与amp;方法  
1. 1 试验材料  
选用巨桉 A4、尾巨桉 DH3229、DH3327 和 T13 4 个桉树品种组培苗叶片为材料。  
1. 2 试验设计  
共设 5 个 NaCl 浓度水平, 分别为 0 (CK)、0.034 mol·L<sup>-1</sup>、0.068 mol·L<sup>-1</sup>、0.102 mol·L<sup>-1</sup>和 0.136 mol·L<sup>-1</sup>, 每处理设 3 次重复, 每重复 10 瓶。将根系发达、生长健壮、长势一致的组

收稿日期: 2007- 01- 04 初稿; 2007- 02- 25 修改稿  
作者简介: 翁锦周 (1964- ), 男, 副研究员, 从事农业生物技术研究 (E-mail: scjzhw@yahoo.com.cn)。  
基金项目: 福建省林业厅资助项目 (20010)

生根根苗转入加 NaCl 的生根培养基中进行室内培养, 后移到室外炼苗大棚炼苗, 分别处理 10 d 和 30 d 后取样 (叶片) 测定膜系统的完整性及相关酶的活性。

1.3 测定方法

膜透性: 参照潭常<sup>[6]</sup>的方法测定; 丙二醛 (MDA) 含量和过氧化氢酶 (CAT) 活性: 参照李合生<sup>[7]</sup>的方法测定; 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性和过氧化物酶 (POD) 活性: 参照刘祖祺等<sup>[8]</sup>的方法测定。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对膜脂过氧化的影响

丙二醛 (MDA) 是膜脂过氧化作用的产物, 是膜系统受伤害的主要指标之一<sup>[9]</sup>。在受到胁迫条件下, MDA 积累越多, 表明植物的抗逆性越差。由图 1 和图 2 可知, 随着 NaCl 浓度的增大, 桉树品种中幼苗叶片 (鲜重) 的 MDA 含量呈上升趋势。方差分析结果表明, 在 0~ 0.102 mol · L<sup>-1</sup> 的 NaCl 胁迫 10 d 时, 4 个品种间幼苗叶片 (鲜重) 的 MDA 含量差异不显著, 而在 0.136 mol · L<sup>-1</sup> 的 NaCl 胁迫 10 d 时, DH3229 叶片的 MDA 含量却显著高于其他 3 个品种, 但 DH3327、T13 与 A4 之间差异未达到显著水平; 在 0.136 mol · L<sup>-1</sup> 的 NaCl 胁迫 30 d 时, DH3229 和 T13 叶片的 MDA 含量极显著高于 DH3327 和巨桉 A4 ( $P = 0.0037, 0.0001, 0.0002, 0.0001$ ), 而 DH3229 与 T13 之间及 DH3327 与巨桉 A4 之间的差异均未到达显著水平。由此可见, NaCl 胁迫条件下, DH3229 和 T13 膜脂过氧化程度明显高于 DH3327 和巨桉 A4, 对 NaCl 胁迫较为敏感。同一品种相同处理时间, 0.136 mol · L<sup>-1</sup> 极显著高于其他浓度处理 ( $P = 0.0001$ ), 0.034 mol · L<sup>-1</sup>、0.068 mol · L<sup>-1</sup>、0.102 mol · L<sup>-1</sup> 3 种浓度间没有显著差异, 但极显著高于对照 (无盐胁迫) ( $P = 0.0001, 0.0006, 0.0001$ )。各桉树品种在相同的 NaCl 处理浓度下, 处理时间越长, MDA 含量越高, 但处理 10 d 与处理 30 d 的差异未达到显著水平 ( $P = 0.4915$ )。

2.2 盐胁迫对质膜相对透性的影响

质膜相对透性是衡量膜系统受伤害程度的主要指标之一。由图 3 和图 4 可知, 在 NaCl 胁迫之下, 4 个桉树品种质膜相对透性随着 NaCl 浓度的升高而增大, 而且在相同的 NaCl 浓度下, 胁迫时间越长, 质膜相对透性越大, 在 0.068 mol · L<sup>-1</sup> 的 NaCl 浓度处理 10 d 后, DH3229、DH3327、T13 和尾巨桉 A4 质膜相对透性分别比对照提高了

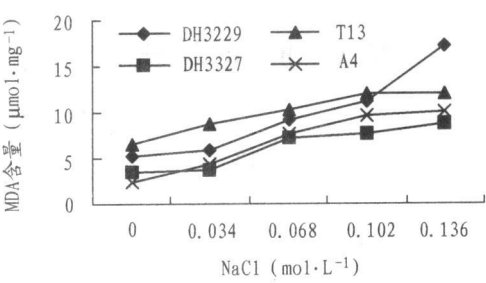


图 1 不同盐浓度胁迫 10 d 对 4 个桉树品种 MDA 含量的影响

Fig 1 Effect of NaCl concentration on MDA content in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (10 d)

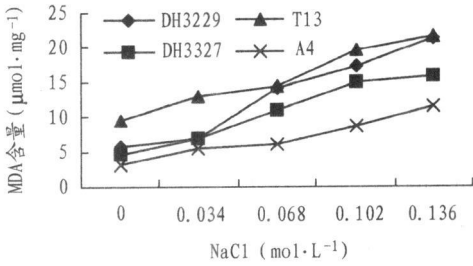


图 2 不同盐浓度胁迫 30 d 对 4 个桉树品种 MDA 含量的影响

Fig 2 Effect of NaCl concentration on MDA content in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (30 d)

46.92%、57.92%、57.32%和 26.07%; 在 0.068 mol · L<sup>-1</sup> 的 NaCl 浓度处理 30 d 后, 则分别提高了 62.25%、67.68%、68.55% 和 64.25%。胁迫 30 d 的膜透性高于 10 d, 表明由于桉树品种随 NaCl 胁迫时间的延长其膜系统伤害程度越高。

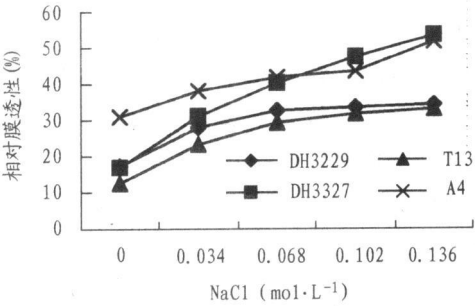


图 3 不同盐浓度胁迫 10 d 对 4 个桉树品种相对膜透性的影响

Fig 3 Effect of NaCl concentration on ion leakage in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (10 d)

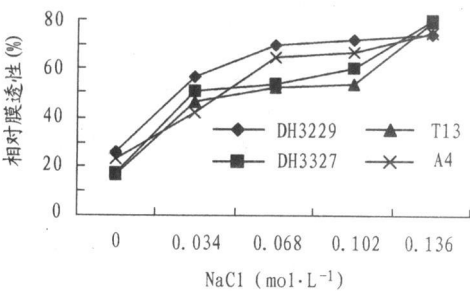


图 4 不同盐浓度胁迫 30 d 对 4 个桉树品种相对膜透性的影响

Fig 4 Effect of NaCl concentration on ion leakage in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (30d)

方差分析结果表明, 同一处理浓度胁迫 10 d, DH3229、DH3327 和巨桉 A4 间质膜相对透性差异不显著, 却显著高于 T13。同一品种相同处理时间不同处理浓度间除了 0.034 mol·L<sup>-1</sup> 和 0.068 mol·L<sup>-1</sup> 差异不显著外, 其他都达到极显著水平 ( $P < 0.01$ )。不同处理时间差异也达到显著水平, 即胁迫 30 d 的质膜相对透性显著高于胁迫 10 d ( $P = 0.02686$ ), 说明胁迫时间和 NaCl 浓度对桉树品种质膜相对透性都存在较大的影响。

2.3 盐胁迫对 SOD 活性的影响

SOD 是膜保护酶之一, 能催化活性氧发生歧化反应产生无毒分子和过氧化氢, 从而避免植物遭受活性氧的伤害<sup>[9]</sup>。图 5 和图 6 表明, 随着 NaCl 浓度的增加和处理时间的延长, DH3229、DH3327、T13 和巨桉 A4 幼苗叶片中 SOD 的活性变化无明显的规律性。DH3229、DH3327 在 NaCl 处理浓度为 0.034 mol·L<sup>-1</sup> 胁迫 10 d 和 30 d 时, 其活性均达到最高, 而后降低, T13 和 A4 的峰值则出现在 0.102 mol·L<sup>-1</sup>。DH3229、DH3327、T13、A4 在 0.034 mol·L<sup>-1</sup> 胁迫 30 d, SOD 活性分别是胁迫 10 d 的 1.89 倍、0.98 倍、1.22 倍和 1.52 倍, 总体上 30 d 胁迫的 SOD 活性高于 10 d, 说明随着胁迫时间的延长桉树活性氧清除能力有所提高。

2.4 盐胁迫对 POD 活性的影响

POD 是防止膜脂氧化的主要酶。由图 7 和图 8 可知, 4 种桉树幼苗叶片 POD 的活性随着 NaCl 浓度的增大而呈现先上升后下降的趋势, 在胁迫 10 d 时, DH3229、DH3327 叶片 POD 活性达到最高, 均出现在 0.102 mol·L<sup>-1</sup> 的 NaCl 浓度处理, 10 d 和 30 d 处理的分别为对照的 3.65 倍和 3.22 倍、1.74 和 1.64 倍; T13 和巨桉 A4 在 NaCl 浓度分别为 0.034 mol·L<sup>-1</sup> 和 0.068 mol·L<sup>-1</sup> 胁

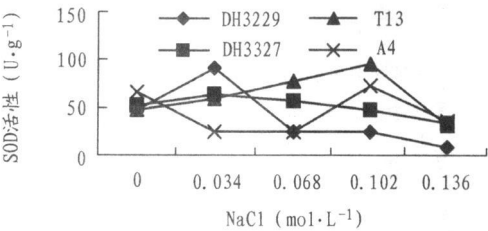


图 5 不同盐浓度胁迫 10 d 对 4 个桉树品种 SOD 活性的影响

Fig 5 Effect of NaCl concentration on SOD activity in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (10 d)

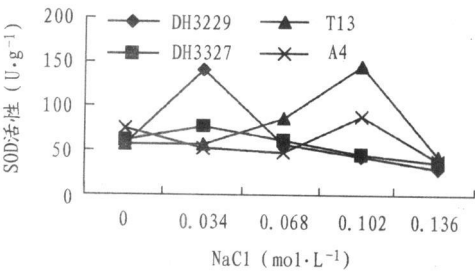


图 6 不同盐浓度胁迫 30 d 对 4 个桉树品种 SOD 活性的影响

Fig 6 Effect of NaCl concentration on SOD activity in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (30 d)

迫 30 d 时 POD 的活性达到最高值。在 0.102 mol·L<sup>-1</sup> 和 0.136 mol·L<sup>-1</sup> 盐胁迫 10 d 和 30 d 时, DH3229 的 POD 活性明显高于其他品种。

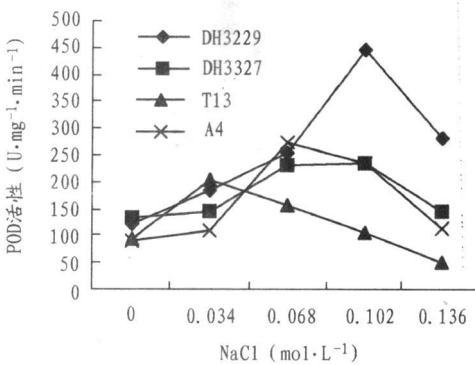


图 7 不同盐浓度胁迫 10 d 对 4 个桉树品种 POD 活性的影响

Fig 7 Effect of NaCl concentration on POD activity in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (10 d)

方差分析结果表明, 在 0.136 mol·L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫 10 d 和 30 d 后, DH3229 叶片 POD 活性极显著高于 T13 ( $P = 0.0004$ ), 显著高于 DH3327 和

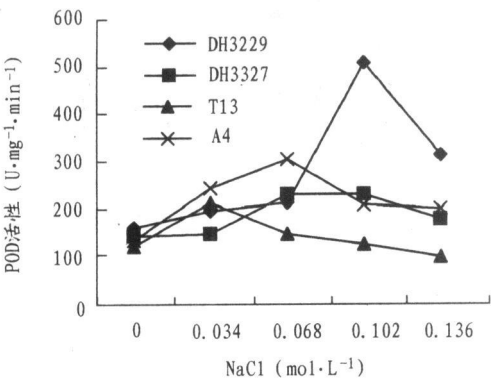


图 8 不同盐浓度胁迫 30 d 对 4 个桉树品种 POD 活性的影响

Fig 8 Effect of NaCl concentration on SOD activity in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (30 d)

A4 ( $P=0.0107, 0.0193$ )。

2.5 盐胁迫对 CAT 活性的影响

CAT 是植物体内重要的保护酶之一，能清除细胞内过多的  $H_2O_2$ ，使其维持在低水平上，进而保护膜结构<sup>[9]</sup>。4 个桉树品种幼苗叶片中 CAT 的活性随着盐浓度的增加，表现出先上升后下降趋势（图 9 和图 10）。DH3229、DH3327 的 CAT 活性最高值出现在  $0.068\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaCl 浓度胁迫 30 d，T13 出现在  $0.034\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaCl 浓度胁迫 10 d 和 30 d，而 A4 出现在  $0.102\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的 NaCl 浓度胁迫 10 d。

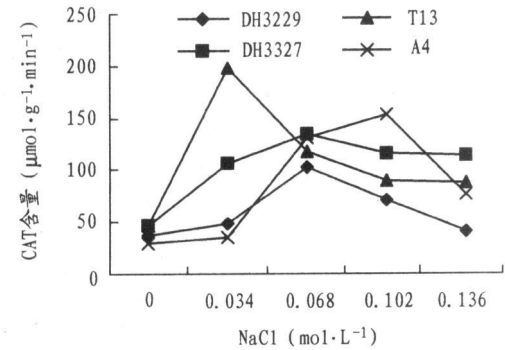


图 9 不同盐浓度胁迫 10 d 对 4 个桉树品种 CAT 活性的影响

Fig 9 Effect of NaCl concentration on CAT activity in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (10 d)

方差分析结果表明，在  $0.034\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaCl 浓度胁迫 10 d 和 30 d，H3327、T13 叶片 CAT 活性显著高于 DH3229 ( $P=0.0330, 0.0339$ )，而不

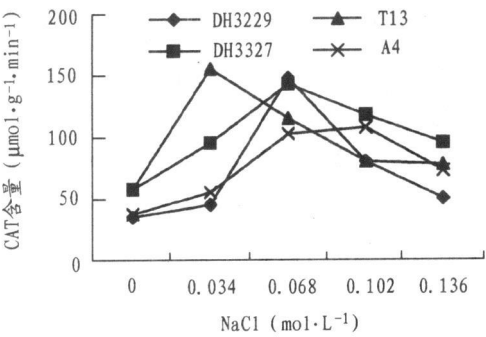


图 10 不同盐浓度胁迫 30 d 对 4 个桉树品种 CAT 活性的影响

Fig 10 Effect of NaCl concentration on CAT activity in membrane of the four varieties of *Eucalyptus* (30 d)

同处理时间差异均未达到显著水平。

3 讨论

植物遭遇高温、低温、干旱、盐胁迫和  $SO_2$  等非生物逆境使细胞膜的结构和功能受到伤害，产生大量自由基，从而使植物产生膜脂过氧化作用<sup>[10-11]</sup>，导致 MDA 含量增加，质膜透性增大<sup>[9]</sup>。本试验结果表明，随着盐浓度的增大和相同盐浓度处理随着时间延长，4 个桉树品种幼苗叶片中的 MDA 和质膜相对透性均有增加趋势，这与孙方行等对紫荆幼苗在盐胁迫下的研究结果相符<sup>[9]</sup>。

植物正常的生长发育需要一个适宜的盐分环境，超过其阈值，植物就会受到盐胁迫甚至盐伤害。在盐胁迫下，植物体内发生一系列生理生化反应来减轻或消除盐分的伤害作用，即阻止、减少或抵偿盐分所诱导的有害胁迫的生理生化过程<sup>[2]</sup>。SOD、POD 和 CAT 等保护酶作为植物在环境中的保护系统，对自由基和膜脂过氧化物起消除作用。

在盐胁迫下，4 个桉树品种幼苗叶片的 SOD 活性没有显著性差异；而 DH3229 的 POD 活性显著高于 T13 和显著高于 DH3327 与 A4，但 CAT 活性 DH3327 和 T13 却显著高于 DH3229 和 A4。说明在盐胁迫下，不同桉树品种的 POD 活性和 CAT 活性存在较大的差异，可推荐作为桉树抗性筛选指标。

参考文献:

[1] 吕成群, 黄宝灵. 稀土对巨尾桉苗木生长的影响及生理效应 [J]. 中南林学院学报, 2001, 21: 61-64.  
[2] 高永生, 王锁民, 张承烈. 植物盐适应性调节机制的研究进展

[J]. 草业学报, 2003, 12 (2): 1- 6.

[3] ARONSON J A. Haolp- A data base of salt tolerant plants at the world[M]. Turson, Arizona: The University of Arizor na, 1989.

[4] POLIJAKOFF- MAYBER, GALE A J. Plants in saline envr ronments [M]. New York: Springer, 1982: 236.

[5] 夏阳, 孙明高, 李国雷, 等. 盐胁迫对四圆林绿化树种叶片中叶绿素含量动态变化的影响 [J]. 山东农业大学学报, 2005, 36 (1): 30- 34.

[6] 谭常. 电解质外渗百分率的测定 [M] //上海植物生理协会. 植物生理学实验手册. 上海: 上海科技文化出版社, 1985.

[7] 李合生, 孙辉, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理科技 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[8] 刘祖棋, 张石诚. 植物抗性生理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 371- 372

[9] 孙方行, 孙明高, 魏海霞, 等. NaCl 胁迫对紫藤幼苗膜脂过氧化及保护酶活性的影响 [J]. 河北农业大学学报, 2006, 29 (1): 16- 19.

[10] 马丽清, 韩振海, 周二峰, 等. 盐胁迫对珠美海棠和山定子膜保护酶系统的影响 [J]. 果树学报, 2006, 23 (4): 495- 499.

[11] 翁锦周, 洪月云. 植物热带转录因子在非生物逆境中的作用 [J]. 分子植物育种, 2006, 4 (1): 88- 94.

(责任编辑: 刘新永)