

文章编号: 1000-5692(2005)02-0166-04

# 土壤逐渐干旱过程中刺槐新品种苗木 抗氧化系统的动态变化

张 怡, 罗晓芳, 沈应柏

(北京林业大学 生物科学与技术学院, 北京 100083)

**摘要:** 为探讨在土壤逐渐干旱胁迫过程中, 饲料型和速生型 2 个刺槐 *Robinia pseudoacacia* 新品种及普通二倍体刺槐苗木的生理生化特性与抗旱性的关系, 选取与植物体内氧代谢相关的丙二醛 (MDA) 的积累及超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT) 酶活性 3 项指标, 研究了其动态变化规律。结果表明, 土壤干旱胁迫下, MDA 质量摩尔浓度都比对照有所增加, SOD 和 CAT 活性先下降后上升, 且 2 个刺槐新品种的抗氧化酶活性在严重胁迫时超过了对照水平。在推广试验中表现出适应性强的四倍体刺槐, 在胁迫过程中保持相对较低的 MDA 质量摩尔浓度和相对较高的酶活性, 这与其抗旱性强弱相关。抗氧化系统的各项指标可以快速简便地评价刺槐的抗旱性强弱。表 3 参 8

**关键词:** 植物生理学; 刺槐; 干旱胁迫; 丙二醛; 超氧化物歧化酶; 过氧化氢酶

**中图分类号:** S718.43      **文献标识码:** A

刺槐 *Robinia pseudoacacia* 作为一个多用途树种在我国已有近 100 a 的栽培历史, 分布范围很广, 但传统刺槐品种在生长速度、生物量积累及利用等方面都有一定的限制。为此, 我们于 1997 年从韩国引进了饲料型和速生型 2 个四倍体刺槐新品种, 目前已在全国刺槐分布区试推广, 表现出速生、叶营养成分高、适应性强等优点, 将作为普通二倍体刺槐的更新换代品种而成为我国西北地区造林的先锋树种<sup>[1]</sup>。

在水分胁迫下, 植物细胞内活性氧产生和清除的平衡受到破坏, 加速了膜脂过氧化链式反应, 增加了丙二醛 (MDA) 等有害产物的积累, 并进一步导致细胞膜结构和功能的损伤, 严重时导致细胞死亡<sup>[2]</sup>。在长期进化过程中, 植物为保护自身免受伤害形成了一整套相应的抗氧化保护系统, 使植物体内产生和清除活性氧维持一个动态平衡。其中超氧化物歧化酶 (SOD) 是抗氧化酶系统中一种极为重要的和在生物体内普遍存在的金属酶, 在保护酶系中处于核心地位, 它的主要功能是清除氧自由基, 产生  $H_2O_2$  和  $O_2$ 。在抵抗干旱胁迫诱导的氧化伤害中, 抗氧化酶系统协同起作用, 过氧化氢酶 (CAT) 是清除  $H_2O_2$  的关键酶。有研究表明, CAT 是  $C_3$  植物耐受胁迫所必需的<sup>[3,4]</sup>。研究四倍体刺槐在模拟自然干旱条件下的抗旱生理生化特性, 有助于丰富其推广应用的理论依据。我们对土壤进行逐渐干旱胁迫处理, 研究了 3 个刺槐品种在此过程中其抗氧化保护系统酶活性及膜脂过氧化产物 MDA 积累的动态变化, 探讨与抗旱性的关系。

收稿日期: 2004-12-21; 修回日期: 2005-01-08

基金项目: 国家林业局“948”基金项目(97-4-05); 北京林业大学研究生培养基金资助项目(03SW007)

作者简介: 张怡, 硕士研究生, 从事刺槐新品种的抗旱生理生化基础研究。E-mail: yiz1018@163.com。通讯作者: 罗晓芳, 教授, 从事植物生理生化研究。010-62338189

## 1 材料和方法

### 1.1 材料及处理

选取饲料型和速生型四倍体刺槐及普通二倍体刺槐 1 年生组培苗, 于 2004 年 4 月初盆栽。从栽种到花盆干旱处理前的这段时间内, 进行正常的田间管理, 保证土壤水分适宜, 不会成为苗木生长的限制因子。在 6 月初, 选择长势基本一致的 3 个品种刺槐苗移入光照充足、通风良好的温室, 让其适应温室环境生长一段时间。7 月 6 日傍晚把所有苗木都浇透水, 7 日开始进行土壤逐渐干旱胁迫实验, 每一品种都设置正常供水的对照, 处理的任其干旱下去。对照与处理分别重复 3 株。在实验开始的第一天、第 4 天、第 7 天和第 10 天取样进行相关指标的测定。

### 1.2 MDA, SOD 和 CAT 的测定方法<sup>[5]</sup>

取部位一致的叶片 0.5 g 于预冷的研钵中, 加 5 mL pH 7.0 的磷酸缓冲液 ( $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 冰浴中充分研磨,  $0 \sim 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  下  $12\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 20 min, 上清液即为粗酶液。SOD 活性测定采用氮蓝四唑光还原的抑制法, CAT 活性测定采用高锰酸钾滴定法, MDA 质量摩尔浓度用双组分分光光度法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤逐渐干旱胁迫对 MDA 质量摩尔浓度的影响

从表 1 可以看出, 土壤逐渐干旱过程中, 3 个品种刺槐苗木叶片的 MDA 质量摩尔浓度都升高, 说明水分胁迫引起了刺槐苗木的膜脂过氧化作用。速生型四倍体和普通二倍体刺槐 MDA 的升高幅度都是随胁迫时间的增加而增大, 且二倍体刺槐在干旱胁迫后期 MDA 质量摩尔浓度骤升, 比对照高出近 40%, 可以反映其膜脂过氧化程度。而饲料型四倍体刺槐的 MDA 最高峰出现在胁迫的中后期 (第 7 天), 随后增幅有所下降。

表 1 干旱胁迫下 3 个品种刺槐苗木 MDA 质量摩尔浓度动态变化

Table 1 Changes of MDA contents in three cultivars of black locust seedlings under drought stress

| 干旱时间/d | 不同刺槐品种的 MDA 质量摩尔浓度/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1})$ |      |        |      |      |        |      |      |        |
|--------|---|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|
|        | 饲料型   |      |        | 速生型  |      |        | 二倍体  |      |        |
|        | 对照  | 处理   | 相对量    | 对照   | 处理   | 相对量    | 对照   | 处理   | 相对量    |
| 1      | 2.96  | 2.96 | 100.00 | 1.25 | 1.25 | 100.00 | 1.31 | 1.31 | 100.00 |
| 4      | 1.51  | 1.55 | 102.65 | 1.10 | 1.14 | 103.64 | 0.93 | 0.98 | 105.38 |
| 7      | 3.50  | 4.43 | 126.57 | 1.34 | 1.43 | 106.72 | 1.21 | 1.38 | 114.05 |
| 10     | 3.66  | 4.24 | 115.85 | 2.29 | 2.62 | 114.41 | 1.13 | 1.58 | 139.82 |

说明: 相对量 (%) = (处理/对照)  $\times$  100%

### 2.2 土壤逐渐干旱胁迫对超氧化物歧化酶活性的影响

观察超氧化物歧化酶和过氧化氢酶的活性变化 (表 2 和表 3), 发现在水分胁迫下 2 种酶的变化趋势基本一致。在干旱初期 2 种酶活性比对照都有所降低, 且饲料型和速生型 2 种四倍体刺槐都达到了最低值, 而后 2 种酶活性都显著上升, 到胁迫后期大大超过了对照水平, 说明干旱胁迫启动了四倍体刺槐的抗氧化保护系统, 以清除活性氧自由基, 维持细胞膜的稳定, 保护细胞免遭膜脂过氧化作用引起的伤害。相比之下, 二倍体刺槐的 SOD 活性随胁迫时间延长逐渐降低, 在整个胁迫过程中降幅较为平稳; 二倍体刺槐 CAT 活性在干旱胁迫初期 (第 4 天) 降至最低值, 而后其活性仍较之对照下降, 但降幅有所减小。

## 3 讨论

植物在逆境下出现的伤害或植物对逆境的不同抵抗能力往往与体内抗氧化酶活性水平有关。逆境下植物正常氧代谢受干扰, 一方面提高了活性氧产率, 另一方面又破坏了以 SOD 为主导的细胞保护

系统, 导致膜脂过氧化的终产物MDA 积累<sup>[3]</sup>。在水分胁迫初期 SOD 和 CAT 活性下降是其对轻度水分胁迫的适应性反应, 而到中后期活性氧产率的提高诱导了四倍体刺槐体内的抗氧化酶活性增强。

表2 干旱胁迫下3个品种刺槐苗木 SOD 活性的动态变化

Table 2 Changes of SOD activities in three cultivars of black locust seedlings under drought stress

| 干旱时间/d | 不同刺槐品种的 SOD 活性/ (mkat·g <sup>-1</sup> ) |      |        |      |      |        |      |      |        |
|--------|---|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|
|        | 饲料型                                     |      |        | 速生型  |      |        | 二倍体  |      |        |
|        | 对照                                      | 处理   | 相对量    | 对照   | 处理   | 相对量    | 对照   | 处理   | 相对量    |
| 1      | 8.50                                    | 8.50 | 100.00 | 7.07 | 7.07 | 100.00 | 4.80 | 4.80 | 100.00 |
| 4      | 9.87                                    | 7.60 | 77.03  | 7.15 | 5.23 | 73.19  | 5.03 | 4.37 | 86.75  |
| 7      | 9.34                                    | 8.28 | 88.75  | 7.30 | 5.47 | 74.89  | 4.03 | 3.20 | 79.34  |
| 10     | 7.35                                    | 8.50 | 115.65 | 8.25 | 8.59 | 104.04 | 3.55 | 3.00 | 84.51  |

说明: 相对量 (%) = (处理/对照) × 100%

表3 干旱胁迫下3个品种刺槐苗木 CAT 活性的动态变化

Table 3 Changes of CAT activities in three cultivars of black locust seedlings under drought stress

| 干旱时间/d | 不同刺槐品种的 CAT 活性/ (g·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) |      |        |      |      |        |      |      |        |
|--------|---|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|
|        | 饲料型   |      |        | 速生型  |      |        | 二倍体  |      |        |
|        | 对照  | 处理   | 相对量    | 对照   | 处理   | 相对量    | 对照   | 处理   | 相对量    |
| 1      | 4.37  | 4.37 | 100.00 | 4.90 | 4.90 | 100.00 | 4.24 | 4.24 | 100.00 |
| 4      | 4.17  | 3.10 | 74.34  | 4.73 | 3.48 | 73.57  | 4.12 | 3.51 | 85.19  |
| 7      | 5.01  | 4.79 | 95.61  | 4.92 | 4.03 | 81.91  | 4.81 | 4.17 | 86.69  |
| 10     | 4.16  | 5.59 | 134.38 | 4.00 | 5.18 | 129.50 | 5.32 | 4.57 | 85.90  |

说明: 相对含量 (%) = (处理/对照) × 100%

干旱胁迫下维持 SOD 和 CAT 较高活性是抗旱的生理基础之一。大部分研究表明, 抗旱性强的物种或基因型其抗氧化保护酶活性比抗旱性弱的高<sup>[6~8]</sup>。从3个刺槐品种在土壤逐渐干旱胁迫下MDA的积累、SOD和CAT活性的动态变化来看, 干旱胁迫导致了MDA的迅速积累, 而抗旱性较强的饲料型四倍体刺槐在后期MDA增幅有所下降, 这与其抗氧化保护系统酶SOD和CAT活性的升高相对应。与四倍体相比, 普通刺槐在整个胁迫过程中, 两类保护酶的活性始终低于对照, 同时MDA质量摩尔浓度显著升高。

综上所述, 3个品种刺槐苗木在土壤逐渐干旱胁迫下表现出MDA质量摩尔浓度和抗氧化保护酶活性的相应变化, 抗旱性较强的2个刺槐新品种, 尤其是饲料型能维持较高的抗氧化酶活性。据此, 我们建议可以在西北干旱地区因地制宜地选用四倍体刺槐新品种造林, 发挥其经济效益高的优势, 加快当地农民脱贫致富进程。从节约造林成本的角度考虑, 在中度或轻度干旱地区建议仍用传统及改良刺槐品种, 也可以根据发展的需要适当栽种饲料型新品种, 提高群众造林积极性。

## 参考文献:

- [1] 撒文清, 魏安智. 西部地区生态环境建设的优良树种——四倍体刺槐[J]. 新疆林业, 2002, (3): 32
- [2] Fridovich I. The biology of oxygen radical[J]. *Science*, 1975, 201: 875-880.
- [3] 王爱国. 植物的氧代谢[A]. 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学: 第2版[C]. 北京: 科学出版社, 1998. 366-389.
- [4] 时忠杰, 胡哲森, 李荣生. 水分胁迫与活性氧代谢[J]. 贵州大学学报: 农业与生物科学版, 2002, 21(2): 140-145.
- [5] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [6] 王鑫, 侯平, 尹林克, 等. 土壤水分胁迫对柽柳体内膜保护酶及膜脂过氧化的影响[J]. 干旱区研究, 2002, 19(3): 17-20.
- [7] 韩蕊莲, 李丽霞, 梁宗锁, 等. 干旱胁迫下沙棘膜过氧化保护体系研究[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(4): 1-5.
- [8] 章崇玲, 曾国平, 陈建勋. 干旱胁迫对菜薹叶片保护酶活性和膜脂过氧化的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(4): 23-

# Dynamic changes of anti-oxidation system in new cultivars of *Robinia pseudoacacia* under gradual drought stress of soil

ZHANG Yi, LUO Xiao-fang, SHENG Ying-bai

(College of Biological Sciences and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083 China)

**Abstract:** To find out the relationship between the physiological and biochemical characteristics and the resistance under gradual drought of soil in three cultivars of black locust seedlings, three indexes including malondialdehyde (MDA) content, superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activities of anti-oxidation system were tested. The results showed that the accumulation of MDA increased under drought stress, while the activities of SOD and CAT first decreased then increased. The anti-oxidation enzymes activities of tetraploid black locust seedlings were significantly higher than those of the control under serious stress. It is concluded that tetraploid black locusts with higher drought resistance maintained relatively lower MDA content and higher activity of anti-oxidation enzymes. The indexes of protecting system could be used to fast and conveniently evaluate the drought resistance of black locust. [Ch, 3 tab. 8 ref.]

**Key words:** phytophysiology; *Robinia pseudoacacia*; drought stress; malondialdehyde; superoxide dismutase; catalase

## 兆赖之先生著作《育林学》出版

浙江林学院兆赖之先生著的《育林学》由中国环境科学出版社出版了。这是一本建立在生态系统基础上很有特色的育林学著作。

中国工程院院士沈国舫教授为此书作了序。沈院士说“兆赖之先生是一位很有特色的育林专家。他一方面系统研究育林事业,尤其对我国南方用材林培育事业有深刻的理解;另一方面他又刻苦钻研生态学科,尤其着重于对生态系统学说最新进展的关注。他长期致力于建立一个新的育林学体系,把育林学扎实地建立在生态学的基础上,把各项育林活动与森林生态系统的分布、结构、功能、发生和演替等各项规律紧密地结合起来。我认为:他做出了成功的尝试,取得了值得赞扬的成绩。”

育林学,又叫森林培育学,是林学各学科中最基本的学科,也是内容涵盖广泛的一门学科。德国称之为Waldbau,英、美叫它为Silviculture,法国谓之Sylviculture (Sivicultura), 中国和日本曾根据德文Waldbau译为造林学,均为培育 Culture 森林 Forest 之意。从“造林”二字言之,仅指森林之建造,没有抚育之意,但抚育为造林后的必经阶段,且为造林育林之重要方法。兆赖之先生的这部著作分森林的生境、分类与管理,林木生长的调控,培育森林的方式、方法,森林抚育等4篇共16章,体系完整,视角独特,书名称为《育林学》是很适宜的。

当今是信息时代,读者的时间十分宝贵,但在育林学(森林培育学)领域有一定理论高度,内容明晰又符合时宜的教科书或入门书还很少见。此书在这方面作了有益的探索。全书16.5万字,图表文穿插,文字流畅,叙述简明。兆赖之先生的这本《育林学》不但可作为教材,供农林院校相关专业的本科生和研究生阅读,而且也适合农林科技工作者参考。