

## 臭椿幼苗对渗透胁迫的生理响应<sup>\*</sup>

曹 兵<sup>1</sup>, 宋丽华<sup>1</sup>, 唐春慧<sup>2</sup>

(1. 宁夏大学 农学院, 银川 750021, 2. 宁夏灵武市林业局, 宁夏 灵武 751400)

**摘 要:**以 0, 5%, 10%, 15%, 20% 的 PEG 处理臭椿当年生播种苗, 测定幼苗主要生理指标的变化, 结果表明: 随着胁迫程度的增大, 臭椿幼苗叶片的相对含水量明显下降, 而水分饱和和亏缺逐渐升高, 叶片失水速度加快, 自由水含量降低, 叶片保水能力下降, 叶绿素含量呈下降; 经 PEG 5%, 10%, 15% 和 20% 胁迫处理后, 叶片质膜相对透性分别是对照的 3.14, 3.44, 3.38, 3.98 倍, 脯氨酸含量分别比对照增加了 33.23, 42.79, 77.65 和 26.7  $\mu\text{g/gFW}$ ; 渗透胁迫下叶片 POD 活性明显升高。

**关键词:**臭椿; 渗透胁迫; 生理效应

中图分类号: S792.32.01

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)04-0168-03

## Physiological Response of *Ailanthus altissima* Seedling Under the Osmotic Stress

CAO Bing<sup>1</sup>, SONG Li-hua<sup>1</sup>, TANG Chun-hui<sup>2</sup>

(1. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Forestry bureau of Lingwu, Lingwu, Ningxia 751400)

**Abstract:** Several physiological indices of the seedling of *Ailanthus altissima* were determined after the treatments of different PEG6000 concentration (0, 5%, 10%, 15%, 20%). The results showed as the increasing of osmotic stress, the leaf relative water content (RWC), free water content and leaf chlorophyll content reduced obviously, but relative water deficiency (RWD) increased. So the water loss rate increased, but the water holding capacity reduced. Under the treatments of 5%, 10%, 15% or 20% PEG, leaf cytomembrane relative permeability were as 3.14, 3.44, 3.38, 3.98 times of the CK's respectively, and proline content increased by 33.23, 42.79, 77.65, 26.7  $\mu\text{g/g}$  respectively compared to CK. The POD activity raised under osmotic stress.

**Key words:** *Ailanthus altissima*; osmotic stress; physiological effects

臭椿(*Ailanthus altissima* (Mill) Swingle)是一种多用途树种,树皮、根皮及果可入药,臭椿皮提取物具有抗癌作用<sup>[1-2]</sup>。臭椿生长快,适应性强,繁殖容易,耐盐碱,是黄土高原、石质山地的主要造林树种,也是城市工矿区绿化以及盐碱地造林的重要树种<sup>[3]</sup>;且臭椿是光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis* Motsch.)的免疫树种<sup>[4-5]</sup>,在“三北”地区平原绿化、水土保持、农田防护林建设中被广泛应用,已经成为当地的主要造林树种,但目前对该树种生理特性方面的研究报道极少。对树木的生理生态特性,如抗旱性、耐盐性、光合特性等进行研究,可为人工栽培提供理论指导与参考。以配置不同浓度的聚乙二醇(PEG6000)溶液来模拟土壤干旱,测定在渗透胁迫下幼苗、种子或枝条的生理变化,研究植物的抗旱性已有较多报道<sup>[6-9]</sup>。本文测定了臭椿幼苗在 PEG6000 渗透胁迫下的生理变化,探讨其苗期抗旱性,以期对臭椿的营林实践提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与方法

于 2003 年 9 月下旬取臭椿当年生播种苗,在 1/2 Hoagland 营养液中水培恢复 2 d,用 1/2 Hoagland 营养液配置浓度分别为 0(CK), 5%, 10%, 15%, 20% 的聚乙二醇(PEG6000)溶液,把恢复后的苗木取出洗净分别放入不同浓度的 PEG 溶液中进行水分胁迫处理,以不加 PEG 的 1/2 Hoagland 营养液处理苗木为对照,测定胁迫处理 24 h 幼苗几项生理指标等,3 次重复;测定期间空气温度为 15~28℃,相对湿度 35%~55%。

#### 1.2 测定指标及方法

叶片相对含水量(RWC)和水分饱和和亏缺(RWD)采用烘干法测定,自由水和束缚水含量测定采用糖量计法<sup>[10]</sup>。叶绿素含量测定采用混合液(丙酮:无水乙醇:水=4.5:4.5:1)浸提

\* 收稿日期: 2007-11-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30460110); 宁夏大学自然科学基金资助项目(NS0513)

作者简介: 曹兵(1970-),男,宁夏盐池人,博士,教授,主要从事森林培育与树木栽培生理方面的教学与研究。E-mail: caobing98@sina.com

法<sup>[1]</sup>, 细胞质膜相对透性测定采用电导率法<sup>[10]</sup>; 脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法<sup>[12]</sup>; POD 活性测定采用愈创木酚法<sup>[12]</sup>。

2 结果与分析

2.1 渗透胁迫对幼苗相对含水量与水分饱和和亏缺的影响

相对含水量反应植物体内的水分状况, 是测定植物在水分胁迫下生理变化的指标之一。由图 1 可以看出, 随着渗透胁迫程度的增加, 臭椿幼苗叶片的相对含水量明显下降, 而

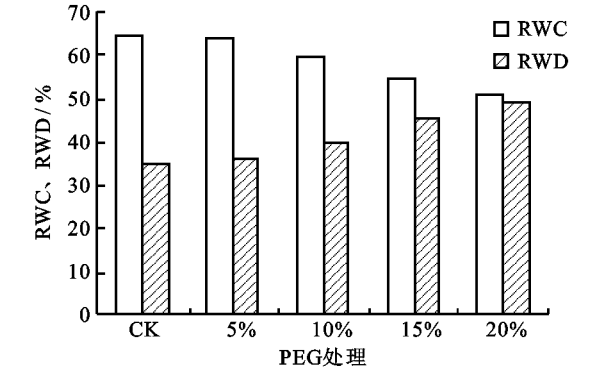


图 1 渗透处理对臭椿幼苗 RWC 和 RWD 的影响

2.2 渗透胁迫对自由水、束缚水及叶保水力的影响

由图 2 看出, 在渗透胁迫条件下, 臭椿幼苗叶片的自由水含量呈下降趋势, 束缚水含量升高, 叶片累计失水率增加, 叶片保水能力下降, 变化幅度与胁迫程度有关。如在中度水分胁迫(PEG 10%)条件下, 自由水含量为 68.9%, 比对照下降了 6.1%; 束缚水含量为 14.8%, 比对照增加了 6.1%; 在强度胁迫(PEG 20%)条件下, 自由水含量下降了 27.1%, 束缚水含量增加 27.1%。随着胁迫程度的增加, 臭椿幼苗叶片自由水含量降低, 叶片累计失水率增加, 保水能力下降。

2.3 渗透胁迫对叶绿素含量、质膜透性的影响

由表 1 知, 随着胁迫程度的增加, 臭椿幼苗叶片的叶绿素含量呈下降趋势, 不同胁迫处理间的差异极显著 ( $P < 0.01$ )。在中度胁迫(PEG10%)和强度胁迫(PEG20%)下, 其叶绿素含量分别是对照(CK)的 90% 和 77%, 分别比对照降低了 0.10 和 0.23 mg/g, 这可能会影响到幼苗的光合作用。

表 1 叶片质膜相对透性与叶绿素含量的变化

PEG 处理	相对电导率/ %	叶绿素含量/( mg · g <sup>-1</sup> FW)
CK	13.19c	1.00a
5%	41.46b	0.96b
10%	45.40ba	0.90c
15%	44.60ba	0.84d
20%	52.83a	0.77e

注: 表中数据后标有不同字母者, 表示在  $\alpha = 0.01$  水平下差异极显著, 下同。

生物膜是细胞及细胞器与环境间的一个界面层结构, 它既能接受和传递环境信息, 又能对环境胁迫作出反应, 同时生物膜在保护生物体正常生理生化代谢的稳定性上具有十分重要的作用<sup>[13]</sup>。生物膜的相对透性大小是衡量膜结构与功能完整性的可靠性指标, 可以反应在逆境胁迫条件下植物细胞膜的受害程度。由表 1 中数据看出, 随着胁迫程度增加, 臭椿幼苗叶片质膜透性明显增大, 经 PEG5%, 10%, 15% 和 20%

水分饱和和亏缺逐渐升高, 如在中度水分胁迫(PEG 10%)条件下, RWC 下降了 5%, RWD 升高了 5%; 在强度胁迫(PEG20%)条件下, RWC 下降了 14%, RWD 升高了 14%。在渗透胁迫条件下, 臭椿幼苗根系吸水困难, 叶片含水量下降, 叶片开始萎蔫; 叶片萎蔫程度与渗透胁迫程度成正相关。试验发现, 胁迫 48 h, 臭椿当年生幼苗叶片已经全部萎蔫。臭椿幼苗在轻度渗透胁迫下生长正常, 当胁迫浓度超过 10% 时, 叶片出现萎蔫, 影响生长。

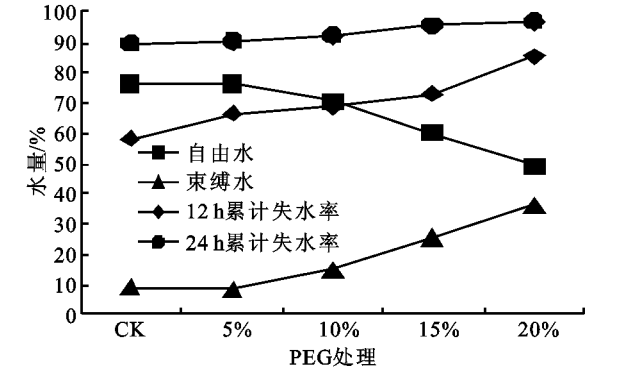


图 2 渗透处理对臭椿幼苗自由水含量等的影响

胁迫处理后, 质膜透性分别是对照的 3.14, 3.44, 3.38, 3.98 倍。据报道, 在 15% 的 PEG 胁迫 24 h, 马尾松、火炬松、水杉、苦槠、银杏幼苗的叶质膜透性分别是对照的 1.32, 1.7, 6.15, 2.73, 1.53 倍<sup>[14]</sup>。在同等胁迫程度下, 臭椿幼苗的质膜透性小于水杉幼苗, 但大于其他树种幼苗。

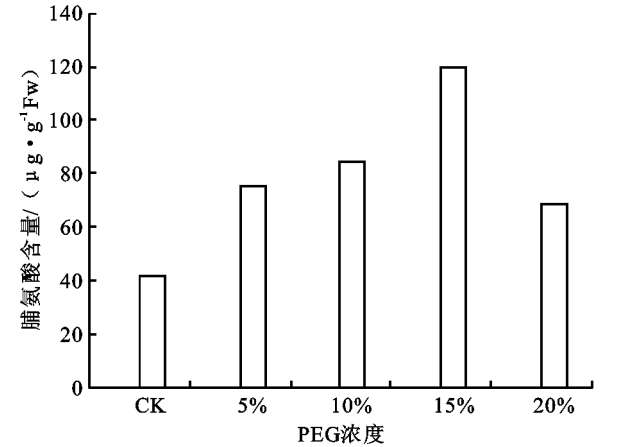


图 3 PEG 处理下臭椿幼苗脯氨酸含量的变化

2.4 渗透胁迫对臭椿幼苗脯氨酸含量的影响

从测定结果看出, 随着胁迫程度的增加, 臭椿幼苗叶片内有一定量的脯氨酸积累; 当达到严重胁迫时, 脯氨酸含量又下降了; 经 PEG5%, 10%, 15% 和 20% 胁迫处理后, 臭椿幼苗叶片脯氨酸含量分别比对照增加了 33.23, 42.79, 77.65, 26.71 g/g。

2.5 渗透胁迫对 POD 活性的影响

由表 2 数据可知, 在不同强度的水分胁迫下, 臭椿幼苗叶片 POD 活性变化呈先上升后下降的趋势, 但与对照相比, 胁迫下 POD 活性明显提高。在中度胁迫(PEG 10%)条件下, POD 活性是对照的 1.9 倍; 在强度胁迫(PEG20%)下, POD 活性是对照的 1.6 倍。方差分析表明, 各处理间 POD 活性变化达到显著差异 ( $P < 0.05$ )。臭椿幼苗在水分胁迫条件下, 体内的 POD 活性较对照有较大提高。

表 2 渗透胁迫对 POD 酶活性的影响	
PEG 浓度	POD 活性(OD <sub>470</sub> •min <sup>-1</sup> •g <sup>-1</sup> FW)
CK	39. 1c
5%	50. 9bc
10%	74. 1a
15%	51. 1bc
20%	62. 6ba

注: 表中数据后标有不同字母者, 表示在 α= 0. 05 水平下差异显著。

### 3 小结与讨论

以一定浓度的聚乙二醇(PEG)溶液处理树木幼苗, 使之产生渗透胁迫来研究在水分胁迫(缺水)条件下幼苗的生理反应, 可以对树木抗旱性进行早期评价<sup>[13-15]</sup>。一般测定叶片的水分生理指标、质膜相对透性、叶绿素含量、MDA 与脯氨酸含量、SOD 与 POD 活性以及光合指标等来研究植株对逆境胁迫的响应<sup>[15-16]</sup>。用电导率法测定植物在水分胁迫条件下细胞内电解质渗出率的变化程度, 从而判断组织受到伤害的程度, 评价其抗旱能力的大小在树木抗旱性研究中已广为应用<sup>[17]</sup>, 在水分胁迫下, 抗旱性强的植株的原生质膜透性增加值明显小于抗旱性弱的植株。试验中发现, 质膜透性对渗透胁迫很敏感, 而且测定方法简便。脯氨酸是植物蛋白质的组成成分之一, 以游离状态广泛存在于植物体内, 它是氨基酸中最为有效的渗透调节物质, 脯氨酸含量增加, 有利于细胞膨压的维持, 同时使得保护酶和膜系统免受伤害, 从而增强植物的抗逆性, 目前对逆境条件下植物体内脯氨酸含量变化研究较多<sup>[11, 18-19]</sup>。当植物遇到干旱脱水时, O<sub>2</sub><sup>-</sup>大量产生, 会对植物细胞产生伤害。SOD 能催化超氧化物阴离子自由基(O<sub>2</sub><sup>-</sup>)的歧化作用, 维持活性氧代谢的平衡, 保护膜结构, 从而使植物在一定程度上忍耐、减缓或抵抗逆境胁迫<sup>[20]</sup>; POD 主要催化 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 与底物发生的氧化还原反应, 与 SOD 和 CAT(过氧化氢酶)一起组成保护酶系统, 协同清除干旱等逆境产生的活性氧对膜质过氧化的伤害。臭椿幼苗在渗透胁迫下, 随着胁迫程度的增大, 臭椿幼苗叶片的相对含水量明显下降, 而水分饱和和亏缺逐渐升高, 自由水含量降低, 叶片累计失水率增加, 保水能力下降; 叶绿素含量呈下降趋势, 幼苗的质膜相对透性明显增加; 如经 PEG20% 胁迫处理后, 质膜相对透性比对照增加了 39. 64%; 幼苗叶片胁迫 48 h, 臭椿幼苗叶片已全部萎蔫。经 PEG 胁迫处理后, 臭椿幼苗叶片脯氨酸含量比对照增加, POD 活性明显上升, 如在强度胁迫(PEG20%)下, POD 活性是对照的 1. 6 倍。综合以上分析, 本次试验所选择的臭椿幼苗在实验室条件下能忍耐中度渗透胁迫。但在 PEG 胁迫试验中由于所选择的试验材料、试验环境、测定方法等的不同, 各指标的测定结果也会出现一定的差异。因此, 还有待于对臭椿不同种源幼苗、幼苗不同生育期的抗旱性表现做进一步研究。

参考文献:

[1] 郭允珍, 孟宪纾, 高其品. 抗癌植物药的开

药椿皮的抗癌活性成分[J]. 中草药, 1985(7): 46-47.

[2] 吕金顺, 熊波, 郭迈, 等. 臭椿中新苦木苦素的结构鉴定[J]. 中山大学学报, 2002, 41(3): 37-40.

[3] 中国树木志编委会. 中国主要树种造林技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1987: 756-758.

[4] 曹兵, 徐万仁, 吕文. 几种抗虫树种的化学成分分析及其抗虫机理的研究[J]. 林业科技, 1998, 23(6): 27-29.

[5] 曹兵, 李治中, 姬学龙, 等. 臭椿提取物对光肩星天牛的驱避作用[J]. 南京林业大学学报, 2004, 28(1): 47-49.

[6] 朱教君, 李智辉, 康宏樟, 等. 聚乙二醇模拟水分胁迫对沙地樟子松种子萌发影响研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 801-804.

[7] 张立军, 樊金娟, 阮燕畔, 等. 聚乙二醇在植物渗透胁迫生理研究中的应用[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(3): 361-364.

[8] 段碧华, 尹伟伦, 韩宝平等. 不同 PEG-6000 浓度处理下几种冷季型草坪草抗旱性比较研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 247-251.

[9] 王瑾, 刘桂茹, 杨学举. PEG 胁迫下不同抗旱性小麦品种幼苗形态及主要理化特性的比较[J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(5): 6-10.

[10] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

[11] 侯嫦英. 水分胁迫对青檀等树种生长与生理的影响[D]. 南京: 南京林业大学, 2003.

[12] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.

[13] 汤章城. 植物抗逆性生理生化研究的某些进展[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(2): 146-148.

[14] 谢应峰, 沈惠娟, 罗爱珍, 等. 南方七个造林树种幼苗抗旱性生理指标的研究[M] // 曹福亮. 中国南方主要造林树种耐盐耐旱机理研究. 北京: 中国林业出版社, 1999: 93-98.

[15] 谢寅峰, 沈惠娟, 罗爱珍. 水分胁迫下南方 4 种针叶树幼苗水分参数的测定[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(1): 41-44.

[16] 汪贵斌. 落羽杉抗性生理机制的研究. [D]. 南京林业大学, 2003: 45-60.

[17] 刘彦琴. 电导率在白杨杂种无性系耐旱性鉴定中的应用[J]. 河北林果研究 1997, 12(4): 301-305.

[18] 王邦锡, 黄久常, 王辉. 不同植物在水分胁迫条件下脯氨酸的累积与抗旱性的关系[J]. 植物生理学报, 1989(15): 46-50.

[19] Tan B H, Halloran G M. Variation and correlation of proline accumulation in spring wheat cultivars[J]. Crop science, 1982, 22: 459-468.

[20] 王建华, 刘鸿先, 徐同. 超氧化物歧化酶(SOD)在植物逆境和衰老生理中的作用[J]. 植物生理学通讯, 1989(1): 1-7.