

文章编号: 1673-9868(2014)4-0029-05

无患子幼苗对水分胁迫的生理响应^①

闫 瑞, 钱 春

西南大学 园艺园林学院, 南方山地园艺学 教育部重点实验室, 重庆 400716

摘要: 以无患子幼苗为试验材料, 采用不同程度的土壤水分胁迫和不同处理时间, 研究无患子幼苗对水分胁迫强度的生理响应。结果表明: 随着胁迫程度提高, 幼苗叶片丙二醛、脯氨酸含量、相对电导率和可溶性蛋白含量呈上升趋势, 而可溶性糖含量、过氧化物酶、超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性呈先升后降趋势; 随着胁迫时间延长, 除过氧化氢酶活性先升后降外, 其它指标均逐渐提高。土壤相对含水量低于 35%~40% 后不利于无患子幼苗生长; 渗透调节物质和保护酶协同调节无患子幼苗的水分生理。无患子幼苗对水分胁迫的适应能力较强, 具有一定耐旱能力, 适合重庆季节性缺水山区造林。

关键词: 无患子; 幼苗; 水分生理; 渗透调节物质; 抗氧化酶

中图分类号: Q949.755.5

文献标志码: A

无患子(*Sapindus mukorossi* Gaertn.) 属无患子科无患子属落叶乔木, 主要分布在我国淮河流域以南地区, 为低山、丘陵及石灰岩山地常见树种。其果壳含丰富皂苷, 是优良的天然洗涤剂。其天然活性物质用于洗发香波及各种洁肤护肤化妆品中, 具有抗菌和止痒等生理功效, 可用于脚癣和轮癣的治疗。无患子皂苷具有一定的降压和心脏保护作用^[1], 同时还是很好的农药乳化剂, 对棉蚜虫、红蜘蛛和甘薯金华虫等均有较好的杀灭效果^[2]。无患子种子含油 40%, 是国家林业局公布的七大木本油料树种之一。无患子生物柴油除了冷滤点为 6°C 外有令人满意的性能, 与柴油混合比例推荐为 B5 至 B20^[3]。前人对无患子的化学成分^[4-5]及分离提取技术^[6]、造林绿化^[7]、栽培管理^[8]、繁殖技术^[9]、生物学特性^[10]、生物质能源开发^[11]等方面进行了研究, 而其在土壤水分胁迫下的生理响应还未见研究报道。

水分是影响植物生长的重要环境因子之一。干旱等逆境会引起植物细胞膜伤害和膜透性增加以及自由基积累, 而植物体内一系列的抗氧化酶类和小分子物质可以清除这些活性氧自由基, 对不良环境产生适应性反应^[12]。无患子树可以在极度贫瘠的不毛之地上迅速生长, 几乎不择土壤, 在不积水土地均适合生长。它需水量少, 异常耐旱, 公认为是抵抗土地沙漠化的最佳树种, 但其生长的适宜土壤水分条件还不清楚。

本试验以无患子幼苗为材料, 采用不同程度的土壤水分胁迫和不同处理时间, 研究其对水分胁迫的生理响应, 探讨适宜无患子生长的土壤水分条件, 以期在无患子在重庆等地山区栽培提供理论依据^[13]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2012 年 3 月至 11 月在西南大学科研玻璃温室进行。无患子种子采自浙江省海宁市。湿沙层积^[14]后播种于 32 孔穴盘中, 一月后挑选大小基本一致的幼苗移栽到塑料花盆(20 cm×18 cm×10 cm)中,

① 收稿日期: 2013-04-09

基金项目: 重庆市科委攻关项目(cstc2012gg-yyjs0353); 西南大学博士基金项目(swu111013)基金资助。

作者简介: 闫 瑞(1989-), 女, 河南平舆人, 硕士研究生, 主要从事植物学研究。

通信作者: 钱 春, 高级实验师。

1 株/盆,栽培基质为体积比为 2:1:1 的松针土、珍珠岩、细砂。每 10 d 用 Hoagland 营养液浇灌 1 次,200 mL/盆。

1.2 试验方法

2012 年 7 月,挑选株高、径粗基本一致的幼苗 72 株,进行土壤水分胁迫处理。水分胁迫设 4 个水平:对照(CK),土壤含水量 75%~80%;轻度干旱(ls),土壤含水量 50%~55%;中度干旱(ms),土壤含水量 35%~40%;重度干旱(ss),土壤含水量 25%~30%。每处理 6 株幼苗,3 次重复。土壤含水量采用称重法进行控制^[15]。处理 0 d,14 d,28 d,42 d 后,取幼苗中部叶片测定生理指标。

1.3 生理指标的测定

用 DDS-307 电导仪测定电导率,以相对电导率(REC)表示质膜相对透性^[16];丙二醛(MDA)含量、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)活性参照李合生的方法测定^[17];超氧化物歧化酶(SOD)活性采用 NBT 光化学还原法测定^[18];脯氨酸(Pro)含量采用酸性茚三酮比色法测定;可溶性蛋白(SPC)含量采用考马斯亮蓝染色法测定;可溶性糖(SSC)含量采用蒽酮比色法测定。

对测定数据(平均值)利用 Excel 作图和 STATISTICA 6.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对无患子幼苗膜脂过氧化的影响

MDA 是膜脂过氧化产物,其含量高低反应细胞膜受害程度。结果表明,随着胁迫强度和胁迫时间的延长,不同处理叶片 MDA 含量和 REC 均显著上升,胁迫 42 d 时达峰值(图 1)。胁迫第 14 d,28 d,42 d 时,各胁迫处理的叶片 MDA 含量和 REC 均与对照(CK)有显著差异($p < 0.05$)。土壤含水量为 ls 时,叶片 MDA 含量 14 d 与 28 d 以及 REC 28 d 与 42 d 之间无显著差异($p > 0.05$)。胁迫第 42 d 时,MDA 和 REC 分别为 CK 的 1.20 倍和 2.71 倍;土壤含水量为 ms 时,胁迫第 42 d,MDA 和 REC 分别为 CK 的 1.36 倍和 3.72 倍;土壤含水量为 ss 时,与 ls 和 ms 相比叶片 MDA 含量和 REC 显著升高,尤其是在 14 d 和 42 d 时,MDA 分别为 CK 的 1.46 和 1.66 倍,REC 分别为 CK 的 2.86 和 5.13 倍。说明随着胁迫时间的延长,低土壤含水量的水分胁迫使无患子幼苗膜脂过氧化程度更加严重,细胞膜受到更大破坏。

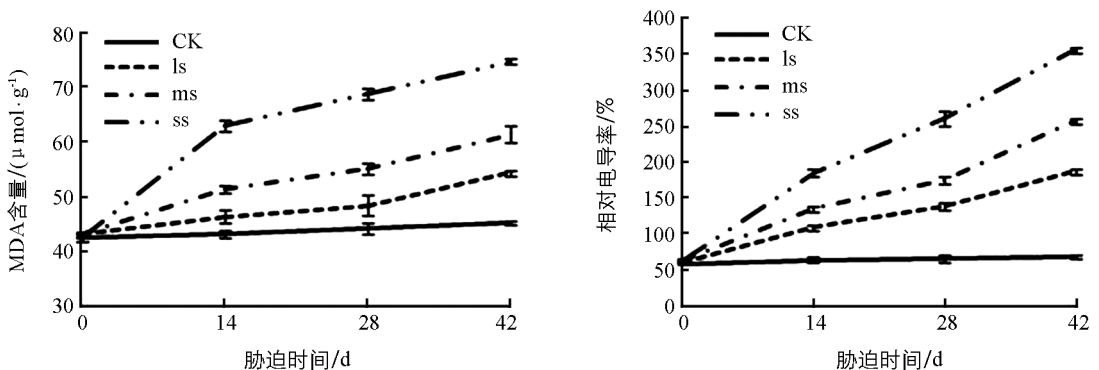


图 1 水分胁迫对膜脂过氧化的影响

2.2 水分胁迫对无患子幼苗渗透调节物质的影响

2.2.1 水分胁迫对叶片脯氨酸含量的影响

脯氨酸(Pro)是一种良好的渗透调节物质,具有保持细胞与环境渗透平衡,防止水分散失的作用。脯氨酸对膜和代谢功能还具有保护效应。从图 2a 可看出,随着胁迫时间的延长,在同一胁迫处理中 Pro 含量均显著增加,表现出明显的累积现象;随着胁迫程度的加剧,Pro 含量呈上升趋势,各处理间差异显著。随着时间的延长,ls,ms 及 ss 处理的 Pro 含量均呈明显上升趋势,且显著高于 CK。其中,42 d 时,ss 处理的 Pro 含量为 451.60 μg/g FW,分别是 ms,ls,CK 同期 Pro 含量的 1.16 倍、2.38 倍和 6.49 倍。表明水分胁迫导致 Pro 在幼苗叶片中积累,且随着胁迫强度的提高,脯氨酸累积越明显。可见无患子幼苗可通过 Pro 的积累进行渗透调节,增强膜的稳定性。

2.2.2 水分胁迫对叶片可溶性糖含量的影响

可溶性糖(SSC)是水分胁迫下植物体内的渗透调节物质,可以增加细胞原生质浓度,起到抗脱水作用.从图2b看出,随着胁迫时间的延长,在同一处理中SSC含量均显著增加,表现出明显的累积现象.在水分胁迫28d以前,各水分梯度的SSC含量上升幅度明显高于28d以后的上升幅度.在水分胁迫28d时,CK,ls,ms和ss处理的SSC含量分别为0d的1.83倍、2.59倍、5.79倍、4.35倍.随着胁迫程度的加剧,SSC含量在中度胁迫前显著增加后又显著降低,但仍维持在较高水平.说明可溶性糖在水分胁迫28d和土壤含水量ms前,充当重要的渗透调节物质.

2.2.3 水分胁迫对叶片可溶性蛋白含量的影响

植物体内的可溶性蛋白质(SPC)大多是参与各种代谢的酶类.在受到干旱胁迫时,SPC会发生一定变化,其含量是植物抗逆性的一个重要指标.从图2c可看出,随着胁迫时间的延长,在同一处理中SPC含量均显著增加,表现出明显的累积现象.随着胁迫程度的加剧,SPC含量呈上升趋势,各处理间差异显著.说明胁迫程度和胁迫时间均显著影响无患子幼苗可溶性蛋白含量.

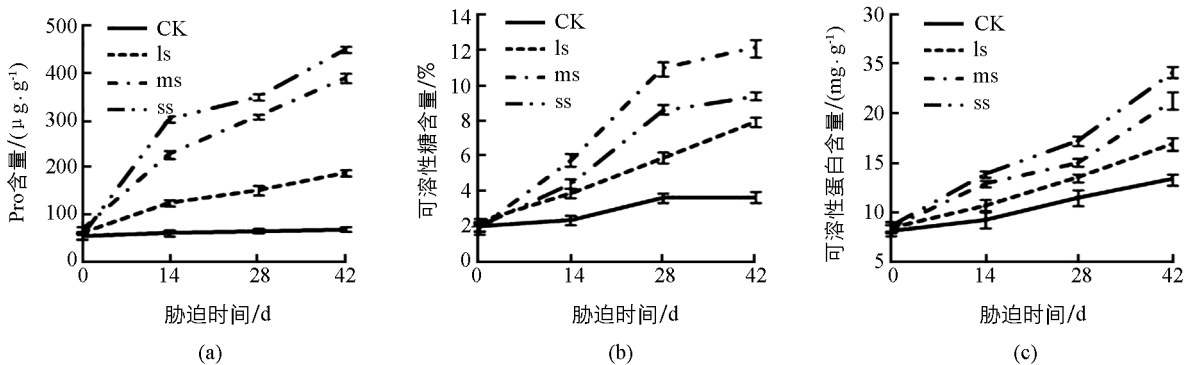


图2 水分胁迫对渗透调节物质的影响

2.3 水分胁迫对无患子幼苗膜保护酶活性的影响

2.3.1 水分胁迫对叶片SOD活性的影响

SOD是清除细胞内超氧阴离子(O_2^-)的关键酶,能有效减少活性氧对植株体的毒害作用.从图3a可以看出,随着胁迫时间的延长,在同一处理中SOD活性均显著增加;随着胁迫程度的加剧,SOD活性在中度胁迫ms前,显著增加之后又显著降低.土壤含水量为ls时,SOD活性较CK明显上升;土壤含水量为ms时,SOD活性增至最高.其中,在水分胁迫42d时各处理SOD活性增至最高点,ms为1597.10 U/(g·h)FW,分别是ls的1.09倍、ss的1.15倍和CK的1.46倍.说明一定程度水分胁迫可诱导无患子幼苗SOD活性增强.

2.3.2 水分胁迫对叶片POD活性的影响

POD是植物体内担负清除 H_2O_2 的主要酶类之一,POD能催化 H_2O_2 氧化产生 H_2O .由图3b可知,随着胁迫时间的延长,在同一处理中POD活性均显著增加;随着胁迫程度的加剧,SOD含量在中度胁迫ms前,显著增加之后又显著降低,与SOD活性变化相同,表明一定程度水分胁迫可诱导无患子幼苗POD活性增强.

2.3.3 水分胁迫对叶片CAT活性的影响

CAT能清除植物体内由光呼吸或脂肪酸氧化过程中形成的 H_2O_2 ,维持植物体内的 H_2O_2 处于一个较低水平.由图3c可知,各胁迫时间内不同水分处理间差异显著.土壤含水量为CK时,28d与42d间的CAT活性无显著差异.叶片CAT活性的变化趋势与SOD和POD不同.CAT活性在第28d时最高,随后降低.此时,ls,ms和ss水分胁迫下CAT活性分别为0d时的1.15倍、1.34倍和1.17倍.随着胁迫程度的加剧,CAT活性由高至低依次是ms,ss,ls,CK.胁迫28d时,ms的CAT活性为46.73 U/mgFW·min,分别为ss的1.12倍、ls的1.19倍和CK的1.33倍.表明一定程度水分胁迫也可诱导无患子幼苗CAT活性增强.

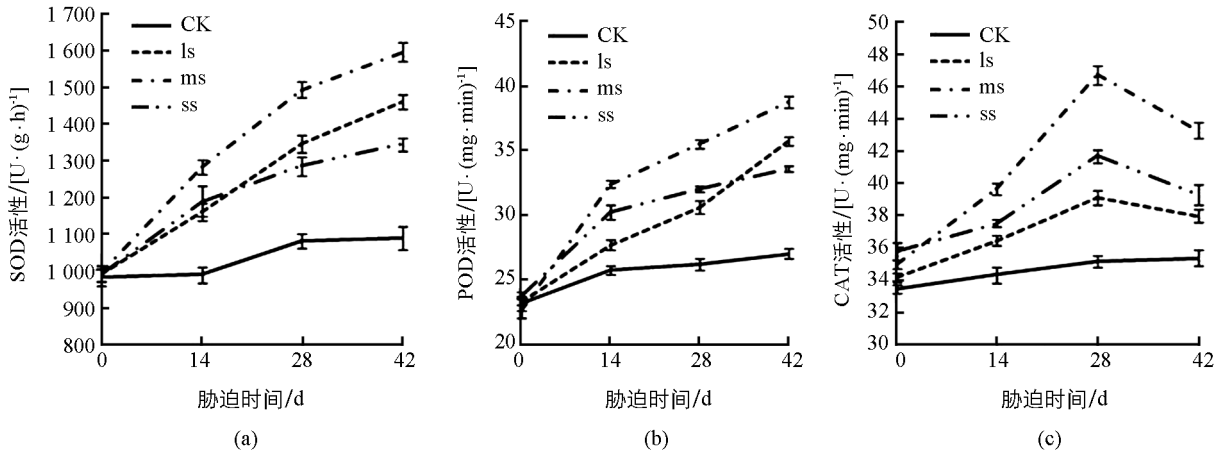


图 3 水分胁迫对保护酶活性的影响

3 讨论与结论

试验结果表明,一定程度和一定时间的水分胁迫加重无患子幼苗膜脂过氧化程度,同时促使幼苗渗透调节物质含量提高和膜保护酶活性增强,渗透调节物质和保护酶协同合作,共同调节无患子叶片的水分生理。土壤相对含水量长时间低于 35%~40%以后不利于无患子幼苗的生长。无患子幼苗具有较强耐旱能力,适合重庆等地山区造林。

Pro, SSC 和 SPC 是常见的 3 种重要有机渗透调节物质。试验结果表明,随着胁迫时间的延长,Pro 和 SPC 一直呈上升趋势,与王传印在柳树水分胁迫中的研究结果一致^[19]。SSC 在中度水分胁迫时含量最高,重度胁迫时含量降低,但仍维持在较高水平。表明在轻度和中度水分胁迫下,3 种渗透调节物质共同调节水势,而在重度水分胁迫下 Pro 和 SPC 对水势调节有较大作用。在水分胁迫下无患子能积累这些渗透调节物质,说明它有较好的抗旱能力。

SOD, POD, CAT 是植物体内清除过量活性氧的重要酶促防御系统,在水分胁迫下可减轻或避免植物体的氧化损伤^[20]。抗旱性强的品种在逆境条件下能维持较高的 SOD, CAT 和 POD 等酶的活性,以利于清除超氧自由基,降低膜脂过氧化水平,从而减轻膜伤害程度。在本试验中, SOD 和 POD 活性变化趋势较一致,是由于 POD 把 SOD 歧化产生的 H₂O₂ 变成 H₂O, 共同协作,消除氧自由基。CAT 含量在水分胁迫 4 周达到最高,之后显著降低。这提示我们,在连续干旱 1 个月 after 应对无患子幼苗进行灌溉,保证其正常生长。

MDA 是膜脂过氧化产物。水分胁迫等逆境条件下,MDA 含量增加,并导致 REC 增大,是检测膜损伤程度的公认指标^[21]。在本试验中,MDA 含量的变化和膜相对透性的变化一致,均随着胁迫程度和时间的增加显著增加。但在水分胁迫时,无患子幼苗进行了积极的渗透调节和启动了应激性保护酶系统,使其能够抵抗一定程度和一定时间的水分胁迫。

参考文献:

- [1] 王维胜, 龙子江, 张玲, 等. 无患子皂苷对肾性高血压大鼠血压及左心室血流动力学的影响 [J]. 现代中医药, 2007, 27(3): 63-65.
- [2] 孙洁如, 陈孔常, 周鸣方, 等. 无患子表面活性物及其复配体系的性质研究 [J]. 日用化学工业, 2002, 32(4): 16-18, 27.
- [3] CHEN Yi-hung, CHIANG Tsung-Han, CHEN Jih-Hong. Properties of Soapnut (*Sapindus mukorossi*) Oil Biodiesel and Its Blends with Diesel [J]. Biomass and Bioenergy, 2013(52): 15-21.
- [4] YANG Chao-hsun, HUANG Yu-chun. Foam Properties, Detergent Abilities and Long-term Preservative Efficacy of the Saponins from *Sapindus mukorossi* [J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2010, 18(3): 155-160.
- [5] APARNA UPADHYAY, SINGH D K. Pharmacological Effects of *Sapindus mukorossi* [J]. Rev Inst Med Trop Sao Paulo, 2012, 54(5): 273-280.
- [6] 张海蓉, 蔡宇杰, 廖祥儒, 等. 无患子提取物对 *Fusarium* sp. 发酵产脂肪酶的影响及其双水相萃取分离 [J]. 食品与生

物技术学报, 2011, 30(6): 928-933.

- [7] 徐启定. 无患子的生态功效和利用价值 [J]. 安徽林业, 2010(3): 64.
- [8] 王海燕, 张建强. 无患子种植栽培技术 [J]. 农业科技与信息, 2011(8): 31.
- [9] 林文荣. 无患子当年生砧苗嫁接育苗技术 [J]. 亚热带农业研究, 2007, 3(3): 180-183.
- [10] 黄素梅, 王敬文, 杜孟浩, 等. 无患子的研究现状及其开发利用 [J]. 林业科技开发, 2009, 23(6): 1-5.
- [11] MISRA R D, MURTHY M S. Performance, Emission and Combustion Evaluation of Soapnut Oil-Diesel Blends in a Compression Ignition Engine [J]. Fuel, 2011, 90(7): 2514-2518.
- [12] 葛依达, 隋方功, 白莉萍, 等. 长期水分胁迫对夏玉米根叶保护酶活性及膜脂过氧化作用的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 18-23, 32.
- [13] 闫瑞, 钱春. 新型生物质能源树种无患子在重庆的发展优势分析 [J]. 南方农业, 2012, 6(3): 103-105.
- [14] 谢必武, 张凤龙. 几种处理方法对无患子种子发芽的影响 [J]. 种子, 2007, 26(5): 74-75.
- [15] 刘锦春, 钟章成. 水分胁迫和复水对石灰岩地区柏木幼苗根系生长的影响 [J]. 生态学报, 2009, 29(12): 6439-6445.
- [16] 邹琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 11-160.
- [17] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 164-164, 260.
- [18] 喻泽莉, 何平, 张春平, 等. 干旱胁迫对决明种子萌发及幼苗生理特性的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2012, 34(2): 39-44.
- [19] 王传印, 姜涛, 张娜, 等. 水分胁迫下柳树的生理生化反应 [J]. 山东林业科技, 2006(5): 28-29, 10.
- [20] 邓胜兴, 曾明, 熊伟, 等. 干旱胁迫对柑橘叶片保护酶系统的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2009, 31(2): 61-64.
- [21] HODGES D M, DELONG J M, FOMEY C F, et al. Improving the Thiobarbituric Acid-Reactive-Substances Assay for Estimating Lipid Peroxidation in Plant Tissues Containing Anthocyanin and Other Interfering Compounds [J]. Planta, 1999, 207(4): 604-611.

Physiological Response of *Sapindus* Seedlings to Water Stress

YAN Rui, QIAN Chun

School of Horticulture and Landscape Architecture, Key Laboratory of Horticulture for Southern Mountainous Regions, Ministry of Education, Southwest University, Chongqing 400716, China

Abstract: *Sapindus* seedlings planted in an experiment were subjected to different water treatments, i. e. normal water supply (75%–80% relative water content), slight water stress (50%–55%), mild water stress (35%–40%) and severe water stress (25%–30%) for different duration of time so as to study their responses to water stress intensity and time. The results showed that with increasing water stress intensity, the contents of MDA, REC, Pro and SPC in the leaves of the seedlings increased while the content of SSC and the activities of POD, SOD and CAT first increased and then decreased, and that with increasing water stress duration, all the above indicators increased steadily with the only exception of CAT activity, which first increased and then decreased. In conclusion, a soil relative water content of less than 35%–40% is not good for the growth of *Sapindus* seedlings, and the water physiological of *Sapindus* leaves is regulated by the collaboration of osmoregulation substances and protective enzymes. Owing to its fairly good adaptivity to water stress and ecological drought tolerance, *Sapindus* is recommended as a pioneer species for afforestation in the arid regions of Chongqing, which normally suffer from seasonal water shortage.

Key words: *Sapindus mukorossi* Gaertn.; seedling; water physiology; osmoregulation substance; antioxidant enzyme

责任编辑 欧 宾

