

PEG-6000 模拟干旱胁迫下裸果木幼苗的生理响应

孙宗国

(甘肃省兰州市中川上水管理处, 甘肃 兰州 730314)

摘要: 采用PEG-6000不同浓度模拟干旱条件, 研究裸果木幼苗的叶片相对含水量、脯氨酸含量、可溶性糖含量、丙二醛含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性的变化。结果表明, 随着PEG-6000胁迫浓度的增加, 裸果木幼苗叶片的相对含水量显著下降, 脯氨酸含量增加。PEG-6000浓度为10%和15%时脯氨酸显著积累, 可溶性糖含量显著降低, 丙二醛含量显著增加。干旱对膜系统造成了明显的损伤, 但叶片能够通过增强超氧化物歧化酶(SOD)活性产生抗氧化保护, 减轻过氧化伤害。即干旱胁迫对裸果木幼苗造成了明显的伤害, 而其幼苗也表现出了一定的干旱适应性。

关键词: 裸果木幼苗; 干旱胁迫; 生理响应

中图分类号: Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)12-0041-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2014.12.015

Physiological Response for PEG-6000 Simulation Naked Fruit Tree Seedlings Under Drought Stress

SUN Zong-guo

(Zhongchuan Management Office of Water Feedings Virescence, Lanzhou Gansu, 730314, China)

Abstract: Using different concentrations of PEG-6000 simulated drought conditions, the changes of relative water content, proline content, soluble sugar content, MDA content and superoxide dismutase (SOD) activity in leaves on the bare fruit seedling. The result shows that the relative water content of the bare fruit seedling leaves decreased significantly, the proline content increased, the proline accumulation significant when concentration of PEG-6000 is 10% and 15%, soluble sugar content decreased significantly, the content of MDA increased significantly, the drought caused significant damage to membrane system at PEG-6000 stress concentration increases, but the leaf can through enhanced superoxide dismutase (SOD) activity to produce antioxidant protection, relieve oxidative damage. That is, the drought stress caused significant damage to the bare fruit seedlings, and the seedlings also showed a certain drought adaptability.

Key words: Bare fruit seedlings; Drought stress; Physiological response

裸果木(*Gymnocarpus przewalskii*)属石竹科裸果木属, 为古地中海旱生植物区系成分, 属第三纪古老残遗成分^[1]。主要分布于我国的西北荒漠区, 在长期的演化过程中, 已形成了一系列典型的旱生结构和特征, 对研究我国西北、内蒙古荒漠发生发展, 以及气候的变化及旱生植物区系成分起源有非常重要的科学价值^[2]。研究发现, 裸果木的生态位为年平均降水量 40 ~ 200 mm、潜在蒸发率 3% ~ 15% 的干旱环境空间^[1], 表明裸果木的生物学特性和生活史特征已经表现出对内陆极旱环境的适应性, 包括形态构造、水分生理生态特征、生理生化反应等。干旱荒漠环境对植物生存来说是异常严酷的, 而对于植物来说, 苗期的生长又是植物生活史中非常关键的阶段, 也是进行植物抗旱性研究的重要时期^[3]。渗透调节是植物在水分胁迫下降低渗透势、抵抗胁迫的一种重要策略, 它可使植物在干旱条件下加强吸水以维持一定的膨

压, 从而保持细胞生长、气孔开放、光合作用等生理过程的进行。植物在遭受干旱胁迫时, 通常会通过积累脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白和甜菜碱等有机溶质来降低渗透势^[4-5], 往往导致体内自由基产生与清除机制的失衡, 活性氧大量累积, 对植物膜脂、蛋白质和其他细胞组分造成伤害^[6]。随着干旱胁迫的加重, 活性氧清除系统的功能逐渐降低, 其积累越来越多, 最终使细胞膜膜质过氧化并发生自由基链式反应, 形成丙二醛, 使细胞膜透性增大, 膜功能受到伤害, 因此, 丙二醛含量可作为反映细胞膜脂质过氧化作用和质膜受破坏程度的重要指标^[7]。在长期进化适应过程中, 植物为保护自身免受活性氧的伤害, 形成了清除活性氧的保护系统, 包括抗氧化酶类和非酶氧化剂, 其中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)在抗氧化酶系统中起着关键作用^[8]。荒漠灌木在遭受干旱胁迫时, 植物

收稿日期: 2014-10-08

作者简介: 孙宗国(1970—), 男, 甘肃兰州人, 水土保持工程师, 主要从事水利工程师工作。联系电话: (0)13919068778。

细胞会主动积累溶质,降低渗透势,维持膨压,进行渗透调节,同时植物体内的抗氧化酶的活性也会发生变化,以抵抗干旱胁迫条件下产生的活性氧对植物系统的破坏,进而维持体内的一种动态平衡^[9]。目前关于裸果木抗旱方面的研究主要涉及形态解剖结构与生态适应性^[10],而对幼苗期裸果木的抗旱性及其机理国内外鲜有报道。我们通过 PEG 处理模拟干旱胁迫,分析幼苗期裸果木叶片的相对含水量、脯氨酸、可溶性糖、丙二醛、超氧化物歧化酶等生理指标变化,探讨裸果木幼苗对于干旱环境的适应及机理,为进一步认识裸果木干旱适应机制及荒漠地区植被的恢复提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试裸果木种子为 2013 年 8 月采集于甘肃省瓜州县极旱荒漠国家级自然保护区。模拟干旱胁迫渗透剂选用 PEG-6000 (聚乙二醇,化学纯,平均分子量 6 000)。

1.2 试验方法

试验用 PEG-6000 溶液进行模拟干旱胁迫处理,设 4 个浓度梯度,分别为 0 (CK)、5%、10%、15%,3 次重复。从采集的裸果木种子中选取饱满、大小一致的籽粒,用 10% 的 84 消毒液消毒 5 min 后,用蒸馏水冲洗 3~5 遍。将泥炭和珍珠岩按 1:1 的比例配制成育苗基质,用 25% 多菌灵可湿性粉剂 2 000 倍液消毒后装入 350 mm × 240 mm 的花盆中。每盆播种 15 粒,播种后覆沙约 1 cm。每个花盆用塑料薄膜搭建拱棚,在室温下培养,定期浇水、通风。待幼苗长出真叶,适应外界环境后撤棚,定期浇灌 1/2 Hoagland 营养液,保持基质湿润。裸果木幼苗生长至 15 cm 左右时,按试验设计 PEG-6000 浓度浇灌裸果木幼苗,每盆浇 500 mL,每天观察裸果木幼苗的生长情况,约 20 d 左右,处理之间幼苗生长表现出差异时采集叶片进行生理指标测定。

1.3 测定方法

叶片相对含水量、脯氨酸含量、可溶性糖含量、丙二醛含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性采用《植物生化实验原理与技术》推荐的方法测定^[11]。单位鲜重组组织中的丙二醛含量计算公式为:

$$C=6.45 \times A532-0.56 \times A450$$

式中 C 为单位重量鲜组织中丙二醛的含量;A532 和 A450 分别表示 532 nm 和 450 nm 波长处的吸光度值。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 对数据进行处理和绘图,用 SPSS 13.0 统计分析软件对数据进行相关分析和单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对裸果木叶片相对含水量的影响

相对含水量反映了植物体内水分亏缺的程度,抗旱性强的植物有较强的保水能力,因而能维持较高的相对含水量^[4]。在干旱环境下,植物体脱水,叶片相对含水量降低。从图 1 可以看出,裸果木叶片相对含水量随着干旱胁迫的加重呈下降趋势,与对照相比,PEG-6000 浓度为 5%、10%、15% 时,相对含水量分别下降了 3.19%、9.59%、26.82%。PEG-6000 浓度与叶片相对含水量之间存在着极显著负相关关系。方差分析表明,在胁迫处理下,叶片相对含水量均显著低于对照,且各胁迫处理间存在显著差异。

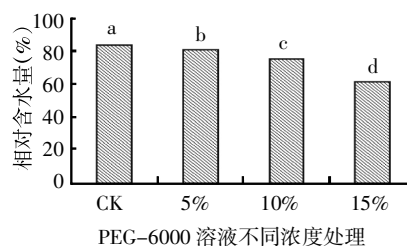


图 1 干旱胁迫对裸果木叶片相对含水量的影响

2.2 干旱胁迫对叶片脯氨酸含量的影响

逆境条件下,植物体内的脯氨酸含量一般表现为显著增加,脯氨酸积累量从一定程度上反映了植物的抗逆性^[8],因而可用脯氨酸含量的变化来反映植物的干旱适应性。图 2 显示,裸果木幼苗叶片在干旱胁迫处理下,脯氨酸含量随着 PEG-6000 浓度的增大而增加,PEG-6000 浓度与叶片脯氨酸含量之间呈极显著正相关。PEG-6000 浓度为 10%、15% 处理的脯氨酸含量均显著高于对照和 5% 处理,5% 处理与对照处理差异不显著。

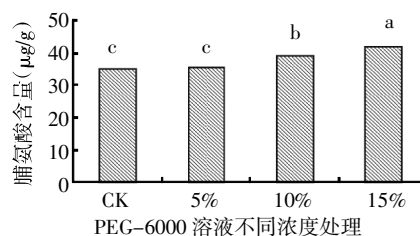


图 2 干旱胁迫对裸果木叶片脯氨酸含量的影响

2.3 干旱胁迫对叶片可溶性糖含量的影响

一般来讲,可溶性糖含量随着干旱胁迫的加重而增加,以维持细胞内的渗透压^[3]。从图 3 可以看出,随着干旱胁迫程度的增加,裸果木叶片中的可溶性糖含量呈下降趋势,PEG-6000 浓度为 5%、10%、15% 胁迫下,可溶性糖含量分别较对照下降,可溶性糖含量与 PEG-6000 浓度呈显著的负相关。方差分析发现,胁迫处理下可溶性糖含量显著低于对照,5% 和 10% 处理间的差异不显

著，而均显著高于浓度为 15% 的处理。

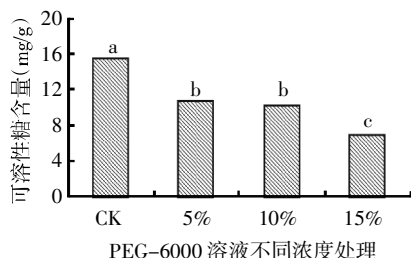


图 3 干旱胁迫对裸果木叶片可溶性糖含量的影响

2.4 干旱胁迫对叶片丙二醛含量的影响

干旱条件下，植物往往发生膜质过氧化作用，丙二醛可反映膜质过氧化程度^[11]，表征植物对干旱条件适应性的强弱。由图 4 可以看出，随着 PEG-6000 浓度的加大，裸果木叶片中的丙二醛含量持续增加，表明干旱胁迫导致了裸果木叶片的细胞膜脂过氧化。PEG-6000 浓度为 5%、10%、15% 胁迫下，丙二醛含量分别为对照的 3.1、3.6、6.0 倍。PEG-6000 浓度与叶片中的丙二醛含量存在着极显著正相关关系。从方差分析可知，各处理下的丙二醛含量显著高于对照，10% 处理与 5% 处理间无显著的差异，15% 处理显著高于 10% 和 5% 的处理。

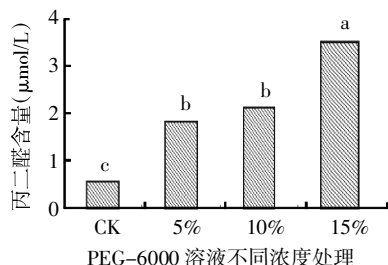


图 4 干旱胁迫对裸果木叶片丙二醛含量的影响

2.5 干旱胁迫对叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

在干旱胁迫下，植物能够通过增强 SOD 的活性来清除多余的 O_2^- ，保护膜系统^[6]。从图 5 可以看出，随着 PEG-6000 处理浓度的增加，SOD 活性逐渐增强，呈极显著正相关。方差分析表明，PEG-6000 处理下的 SOD 酶活性显著高于对照，15% 处理的 SOD 活性显著高于 5% 处理，而与 10% 处理差异不显著，5% 与 10% 处理间 SOD 活性无显著差异。

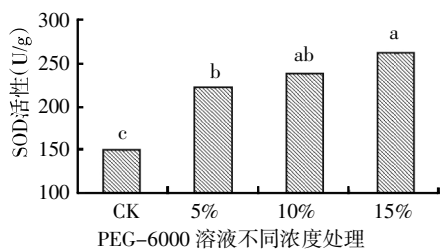


图 5 干旱胁迫对裸果木叶片 SOD 含量的影响

3 小结与讨论

1) 试验结果表明，随 PEG-6000 胁迫浓度的增加，幼苗期裸果木叶片相对含水量不断降低，且与 PEG-6000 浓度存在着显著的负相关。脯氨酸含量增加，与 PEG-6000 浓度呈显著正相关。可溶性糖含量呈下降趋势，与 PEG-6000 浓度呈显著的负相关。丙二醛含量持续增加，与 PEG-6000 浓度存在着显著的正相关；SOD 活性逐渐增强，与 PEG-6000 浓度呈显著正相关。

2) 干旱胁迫条件下，植物叶片组织的相对含水量降低，水分饱和亏增加。植物保持体内有较高相对含水量是其对干旱的适应性选择^[3]。杨鑫光、傅华等研究发现，幼苗期霸王在浓度为 10% 的 PEG-6000 处理下，叶片相对含水量下降了约 32%^[4]，相比较而言，裸果木幼苗具有较强的保水能力和抗旱性。

3) 渗透调节是植物适应干旱胁迫的一种重要生理机制，普遍认为在干旱胁迫下脯氨酸含量升高有利于植物对干旱胁迫的适应^[12]。一般而言，干旱胁迫条件下植物体中的可溶性糖的含量呈上升趋势^[13]，但本研究发现随着干旱胁迫的加剧，可溶性糖的含量呈下降趋势，说明可溶性糖不是裸果木幼苗渗透调节的主要物质，可溶性糖含量下降可能是因为同化产物分配于根系之中，以促进根系吸收水分，增强其渗透调节，这与米海莉等在荒漠灌木牛心朴子^[13]、杨鑫光等在霸王上的研究结果相一致^[4]。

4) 植物在逆境条件下，细胞膜会发生膜质过氧化作用，而丙二醛是其在反应过程中的最终产物。丙二醛含量的变化情况，可以作为细胞膜过氧化程度的衡量指标^[14]。干旱胁迫造成叶片的膜伤害，是由于脂质过氧化的结果^[15]。SOD 作为植物细胞在逆境条件下细胞内产生的氧化物 O_2^- 的清除剂，其活性变化可间接反应植物抗氧化的程度^[16]。在 PEG-6000 胁迫下裸果木叶片的 SOD 活性显著增强，在清除活性氧，降低膜脂过氧化方面发挥着重要的作用。周红兵、王迎春等也发现，霸王和四合木在 PEG 浓度小于 20% 时，SOD 活性随浓度增加显著增强^[7]。在一定的干旱胁迫下，裸果木能够通过增强酶活性来防御膜系统损伤，适应环境。荒漠灌木在干旱环境下，通过抗氧化酶和抗氧化剂的协同作用，才能更好地清除活性氧^[17]，保护膜系统，因此，应进一步研究幼苗期裸果木叶片及其抗氧化酶活性和抗氧化物质的响应，以更充分地揭示其对于干旱的适应能力。

参考文献：

- [1] 刘永生，徐怀寿，孙继周. 对国家二级保护植物裸果木的调查与研究[J]. 宁夏农林科技, 2008 (1): 16-26.

天水市浅山干旱区紫花苜蓿品比试验

杨 婷¹, 吕文坤²

(1. 黄河水利委员会天水水土保持科学试验站, 甘肃 天水 741000; 2. 甘肃省天水市秦州区土壤肥料管理站, 甘肃 天水 741000)

摘要: 对引进的4个紫花苜蓿品种在天水市浅山干旱区进行品比试验, 结果表明, 苜蓿王、金皇后的鲜干比, 较对照品种天水苜蓿分别高8.73%、8.48%, 叶茎比均低于对照品种。鲜草总产量以哥萨克最高, 为88 244 kg/hm², 较对照天水苜蓿增产194.00%。干草总产量以德宝最高, 为22 209 kg/hm², 较对照天水苜蓿增产196.75%。德宝、哥萨克、苜蓿王生育期适中, 综合性状表现好, 可在天水浅山干旱区大面积种植。

关键词: 浅山干旱区; 紫花苜蓿; 品比试验; 天水市

中图分类号: S541.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)12-0044-03

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2014.12.016](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2014.12.016)

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是多年生豆科植物, 具有适应性强、营养价值高、需求量大、经济效益好等特点, 在改良土壤、保护草地生态等方面具有重要作用^[1-3]。近年来, 随着天水市农业产业结构的调整, 畜禽养殖业得到大力发展, 紫花苜蓿种植已成为当地农民脱贫致富、增加收入新的经济增长点。天水市现有耕地面积38.2万hm², 其中93%以上属于山旱地, 紫花苜蓿生产对干旱环境具有良好的适应性, 但在长期种植中存在品种退化严重、产量低、品质差等问题, 难以

满足天水市生态环境建设和产业调整的需要。为满足当地对紫花苜蓿优良品种的需要, 推动苜蓿产业的进一步发展^[4-5], 我们针对天水市浅山干旱区自然条件, 2013年引进了4个紫花苜蓿品种进行品比试验, 现将结果初报如下。

1 材料与方法

1.1 供试材料

参试紫花苜蓿品种共4个, 其中苜蓿王、金皇后由北京克劳沃草业技术开发中心提供; 德宝、哥萨克及对照品种天水苜蓿(CK)由甘肃省创绿科

收稿日期: 2014-10-29

作者简介: 杨 婷(1984—), 女, 甘肃天水人, 助理工程师, 主要从事水土保持规划工作。联系电话: (0)18919220683。

E-mail: yangtingkk@163.com

- [2] 汪之波, 高清祥, 孙继周. 稀有植物裸果木的组织培养及植株再生[J]. 西北植物学报, 2004, 24(7): 1 319-1 321.
- [3] 霍 红. 河西地区五种荒漠灌木苗期对干旱胁迫的生理响应和抗旱性综合评价[D]. 甘肃农业大学, 2010.
- [4] 杨鑫光, 傅 华, 牛得草. 干旱胁迫下幼苗期霸王王的生理响应[J]. 草业学报, 2007, 16(5): 107-112.
- [5] 吴雁斌, 王一航, 胡新元, 等. PEG-6000对低温下马铃薯试管苗相关生理指标的影响[J]. 甘肃农业科技, 2013(5): 5-8.
- [6] SERGI M B, LENONOR A. Drought induced changes in the redox state of α -tocopherol, ascorbate and the diterpene carnosic acid in chloroplasts of Labiatae species differing in carnosic acid contents [J]. Plant Physiology, 2003, 131: 1 816-1 825.
- [7] 周红兵, 王迎春, 石松利, 等. 四合木和霸王幼苗抗氧化系统对干旱胁迫的响应差异[J]. 西北植物学报, 2011, 31(6): 1 188-1 194.
- [8] 裴 斌, 张光灿, 张淑勇, 等. 土壤干旱胁迫对沙棘叶片光合作用和抗氧化酶活性的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(5): 1 386-1 396.
- [9] 王 娟, 李德全. 逆境条件下植物体内渗透调节物质的积累与活性氧代谢[J]. 植物学通报, 2001, 18(4): 459-465.
- [10] 杨赵平, 徐雅丽, 李志军. 裸果木叶片的解剖结构与生态适应性 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(7): 3 929-3 931.
- [11] 李合生. 植物生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [12] 柴薇薇, 蒋志荣, 孔东升, 等. 3种灌木幼苗对干旱胁迫的生理响应 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(5): 1 273-1 274.
- [13] 米海莉, 许 兴, 李树华, 等. 干旱胁迫下牛心朴子幼苗的抗旱生理反应和适应性调节机理 [J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(4): 12-16.
- [14] 李 娟. 珍稀濒危植物裸果木群落物种多样性及其形态解剖学研究[D]. 山东师范大学, 2012.
- [15] 李 毅, 屈建军, 张伟民, 等. 白刺对干旱胁迫的生理生化反应[J]. 中国农学通报, 2012, 28(1): 24-29.
- [16] M. FAROOQ, A. WAHID, N. KOBAYASHI *et al.* Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management [J]. Sustainable Agriculture, 2009, 29: 153-188.
- [17] 赵雅静, 翁伯琦, 王义祥, 等. 植物对干旱胁迫的生理生态响应及其研究进展[J]. 福建稻麦科技, 2009, 27(2): 45-50.

(本文责编: 陈 伟)