

水分胁迫对油茶容器苗生理生化特性的影响

张诚诚¹, 曹志华¹, 胡娟娟, 文佳¹, 段文军¹, 李春生², 束庆龙^{1*}

(1. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036; 2. 安徽省林业高科技开发中心, 合肥 230031)

摘要: 以一年生油茶容器苗为试验材料, 采用称重法控制基质含水量, 设置 CK, T1, T2, T3, T4 和 T5 6 个水分处理组, 研究水分胁迫下容器苗的生理生化特征差异。结果表明: (1) CK 组的叶片含水量和自由水/束缚水值都为最大, 分别为 68.5% 和 26.4, 而其他 4 组随着基质含水量减少其叶片含水量和自由水/束缚水值逐渐减小。(2) 相对电导率、过氧化物酶活性和丙二醛含量都随着基质含水量的减少而呈先减后增的趋势, 其最低值拐点出现在 T1 组, 分别为 37%、11.1 U·min⁻¹·g⁻¹ 和 0.3 μg·g⁻¹。(3) 游离脯氨酸和可溶性糖的含量随着基质含水量的减少而增加, 由 CK 组的 231.4 μm·g⁻¹ 和 40.4 mg·g⁻¹ 增加到 T4 组的 681.4 μg·g⁻¹ 和 48.9 mg·g⁻¹。综上所述, 81%~90% 的基质含水量最适合油茶容器苗木生长; 当基质含水量超过 90% 时, 叶片气孔开度减小, 不利于苗木光合作用和呼吸作用等生理过程; 当基质含水量下降至 81% 以下时, 苗木开始受到干旱胁迫。在今后的容器育苗生产中, 应保持基质合适的水分含量, 以维持其正常生长。

关键词: 油茶容器苗; 水分胁迫; 游离脯氨酸; 可溶性糖; 丙二醛; 含水量; 相对电导率; POD

中图分类号: S794.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2013)04-0623-04

Effects of water stress on physiological and biochemical characteristics of *Camellia oleifera* seedlings

ZHANG Cheng-cheng¹, CAO Zhi-hua¹, HU Juan-juan¹, WEN Jia¹,
DUAN Wen-jun¹, LI Chun-sheng², SHU Qing-long¹

(1. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Forestry High Technology Development Center of Anhui Province, Hefei 230031)

Abstract: One-year-old seedlings of Fengyang No.1 were chosen as experimental materials, which were grown in six substrates with different water contents by weighting method (CK, T1, T2, T3, T4 and T5), and the difference of physiological and biochemical characteristics of *C. oleifera* seedlings were determined and analyzed. The results were as follows. (1) The leaf water content and the ratio of free water to bound water in CK group were the largest, and the values were 68.5% and 26.4, respectively. However, those in the other four treatments declined with the decrease of substrate water content. (2) The relative conductivity, POD activity and MDA content decreased first, and then increased with the decline of substrate water content. In addition, those values in T1 group were the smallest, being 37%, 11.1 U·min⁻¹·g⁻¹ and 0.3 μg·g⁻¹, respectively. (3) The content of free proline content and soluble sugar rose with the decline of substrate water, which varied from 231.4 μg·g⁻¹ and 681.4 μm·g⁻¹ in CK group to 40.4 mg·g⁻¹ and 48.9 mg·g⁻¹ in T4 group, respectively. (4) When the substrate water content was above 90%, the reducing of leaf stomatic aperture was not beneficial for photosynthesis and respiration of the seedling. While the substrate water content dropped to less than 81%, the seedlings would suffer drought stress. Therefore, substrate water content of 81%-90% was the most suitable for seedlings growth. The substrate water content should be controlled in the appropriate range to keep seedlings growing normally in *C. oleifera* production.

Key words: *C. oleifera* seedlings; water stress; free proline content; soluble sugar content; MDA; water content; relative conductivity; POD

收稿日期: 2012-11-26

基金项目: 安徽省农转基金项目 (12040302005) 和安徽省农业科技成果转化项目 (1104a0303065) 共同资助。

作者简介: 张诚诚, 女, 硕士研究生。E-mail: maszhchch@163.com

* 通信作者: 束庆龙, 男, 教授。E-mail: qlshu@aahu.edu.cn

油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 是我国特有的食用油料树种, 亦是世界四大木本油料树种之一, 目前国家从食用油安全的高度出发大力发展油茶^[1]。容器育苗作为油茶主要的繁育方式, 其在生产过程中经常遇到基质水分控制不当而造成苗木生长发育不良的情况。对于水分胁迫与植物生长的关系, 有研究认为在水分胁迫下, 一些植物可以通过改变脯氨酸和可溶性糖等渗透物质的含量来维持正常的渗透压, 王静在研究玉米在受到水分胁迫时, 发现其体内脯氨酸和可溶性糖的含量都有所增加^[2]。同时, 干旱胁迫可导致叶片丙二醛 (MDA) 的增加, MDA 的存在会毒害细胞膜系统、蛋白质和 DNA, 最终导致细胞膜的降解和细胞功能的丧失, 如柔枝松幼苗 (*Pinus flexilis*) 在受到干旱胁迫时 MDA 含量增加^[3]。自由水/束缚水比值可作为新陈代谢活动和抗逆性强弱的重要生理指标, 沙漠蕨 (*Chilopsis linearis*) 在受到水分胁迫时自由水/束缚水比值减小^[4]。此外, 曹志华等研究发现, 油茶苗受到水分胁迫时, 其叶片相对电导率增加, 过氧化物酶活性在一定范围内升高, 但随后急剧下降, 最终失去活性^[5]。笔者采用对比研究的方法, 从自由水/束缚水、相对电导率、POD、丙二醛、脯氨酸和可溶性糖等方面, 探讨油茶容器苗对不同基质水分胁迫生理响应规律, 以便为油茶容器育苗生产中的水分管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试苗木

“凤阳 1 号”一年生油茶容器苗。

1.2 研究方法

1.2.1 处理 试验分为 6 组, 容器苗重量分别为基质水分饱和状态下的 91%~100% (相当于田间持水量)、81%~90%、71%~80%、61%~70%、51%~60% 和 41%~50%, 分别记为 CK、T1、T2、T3、T4 和 T5。容器苗放置花盆内培育, 7 棵容器苗放在 1 个花盆内, 视为 1 组, 重复 3 次。

为了便于水分控制, 试验在实验室阳台上进行。将实验所需的苗木浇透水至容器袋底部渗水为止, 置于穴盘内 10 h 左右至无渗水时开始称重, 以容器基质水分饱和状态为基础, 分别将油茶容器苗保持在原重量的不同梯度, 并维持 100 d 以上。

1.2.2 测定方法 (1) 自由水/束缚水。称重法: 叶片称重后装入称量瓶中, 加入适量糖液, 置于暗处, 盖紧, 以免水分散失。其间不时轻轻摇动, 到预定的时间后, 充分摇动溶液, 将叶片取出, 用湿纱布和滤纸吸去表面糖液, 立即称重。

叶片自由水含量 (%) = [(浸泡前叶片质量 - 浸泡后叶片质量) / 浸泡前叶片质量] × 100%

总含水量 (%) = [(浸泡前叶片质量 - 烘烤后叶片质量) / 浸泡前叶片质量] × 100%

束缚水含量 (%) = 总含水量 - 自由水含量^[6]。

(2) 相对电导率。用电导仪测其初电导值 (S1), 沸水浴后测其终极电导值 (S2), 相对电导率 $L = S1/S2$ 。

(3) 脯氨酸含量。用茚三酮法测定^[6]。

(4) POD 活性。采用愈创木酚法测定^[7]。

(5) 可溶性糖含量和丙二醛含量。采用硫代巴比妥酸 (TBA) 法。采用双组分分光光度计法可分别求出 MDA 和可溶性糖的含量。该法针对混合液中的 2 个组分, 它们的光谱吸收峰虽有明显的差异, 但吸收曲线彼此又有些重叠, 可根据 Lambert-Beer 定律, 通过代数方法, 计算出一种组分由于另一种组分的存在而对光密度产生的影响, 最后分别得到 2 种组分的含量^[6]。

1.3 数据分析

试验数据分析采用 Microsoft Excel 2003 和 DPSV7.05 软件进行进行数据统计分析和图表处理, 图表中的数据均为多次重复的平均值, 所有数据与平均值的偏离程度均用标准差表示, 用单因素方差分析结合 Duncan 新复极差法对组间差异进行分析。

2 结果与分析

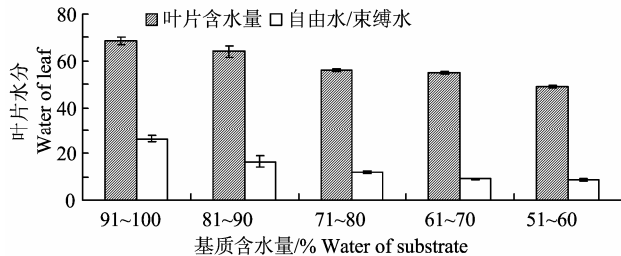
2.1 水分胁迫对水分含量的影响

由图 1 可见, 叶片含水量的趋势是随着基质含水量的减少而减少, CK 组叶片含水量最大, 达到 68.5%。与 CK 组相比, T1、T2、T3 和 T4 处理组的降幅分别达到 6.6%、19.7%、19.9 和 28.2%, 其中, T2、T3 和 T4 处理组又极显著小于 CK 处理组 ($P < 0.01$)。自由水/束缚水的比值变化趋势与叶片含水量相同, 且不同水分胁迫对容器苗自由水/束缚水的比值影响差异极显著, CK 组自由水/束缚水的比值最大, 为 26.4, 其他 4 组均极显著小于对照组, 与对照组相比, 4 组降幅分别为 37.3%、54.9%、62.8% 和 67.2%。

2.2 水分胁迫对相对电导率的影响

当基质含水量低于 91% 时, 随着基质含水量的减少, 相对电导率先降到最小值, 随后又呈现持续增加的趋势 (图 2)。T1 处理组的相对电导率最小, 相对于 CK 组, 下降了 9.4%, 这说明 T1 的细胞膜渗透性维持一个较正常的状态, 细胞内含物渗出较少, 而 CK 处理使植物气孔开度减小, 呼吸作用受

阻, 细胞膜渗透性较差, 导致相对电导率增加。基质含水量低于 81% 时, 随着基质含水量的减少, 相对电导率的增长速度由快到慢, 与 T1 组相比, T2 组、T3 组和 T4 组的增幅分别为 19.8%、22.7% 和 25.3%。经方差分析可知, 5 组处理间相对电导率差异极显著, 其中 T1 组极显著小于 T2、T3 和 T4 组。



试验后期处理 T5 的苗木存活率为零, 所以只有前 5 组可为试验对象。下同

No seedling in treatment group of T5 was alive, so only five treatments could be used as experiment materials. The same below

图 1 不同水分胁迫下叶片含水量与自由水/束缚水比值的比较

Figure 1 The comparison of leaf water contents and the ratios of free water to bound water under different water stress

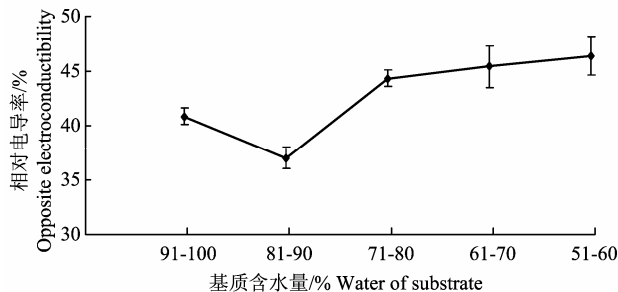


图 2 不同水分胁迫下相对电导率的比较

Figure 2 The comparison of opposite electroconductibility under different water stress

2.3 水分胁迫对 POD 活性的影响

POD 的主要作用是分解水分胁迫下植物产生的过氧化氢 (H_2O_2), 从而减少 H_2O_2 对植物组织可能造成的氧化伤害。对油茶苗木叶片的 POD 活性测定结果表明: 在水分胁迫下, POD 活性的变化趋势与相对电导率相似, 即 T1 处理组的 POD 活性最小, 为 $11.1 U \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$, 比 CK 组减小 25.3%。与 CK 组相比, T2 组、T3 组和 T4 组增幅分别为 39.4%、76.8% 和 79.8% (见图 3)。且各处理间 POD 活性差异显著, 其中 T2、T3 组和 T4 组显著大于 T1 组, T3 组合 T4 组显著大于 CK 组。

2.4 水分胁迫对丙二醛含量的影响

当植物处于逆境条件, 细胞会发生膜质过氧化作用, 引起活性氧的积累, MDA 是膜质过氧化作用

的最终产物, 是膜系统受伤害的重要标志之。对不同水分胁迫下的油茶容器苗的 MDA 含量测定结果显示: T1 组的 MDA 含量最小, 为 $0.3 \mu g \cdot g^{-1}$, 其他 4 组均大于 T1 组, 该结果表明其他 4 组应该都受到一定的水分胁迫。当基质含水量低于 81% 时, 随着基质含水量的减少, MDA 的含量先快速增加后又有所减小, 由此可见, MDA 的含量不是无限增大的 (见图 4)。方差分析结果表明, 5 组处理间 MDA 含量差异显著, 其中 T3 处理组显著大于 CK 和 T1 处理组。

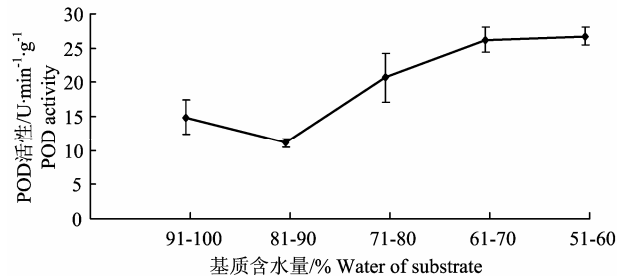


图 3 不同水分胁迫下 POD 活性的比较

Figure 3 The comparison of POD activities under different water stress

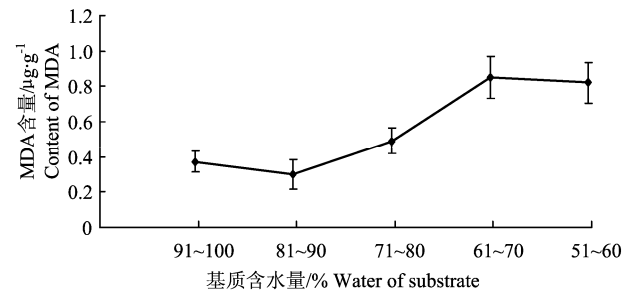


图 4 不同水分胁迫下 MDA 含量的比较

Figure 4 The comparison of MDA contents under different water stress

2.5 水分胁迫对游离脯氨酸含量的影响

由图 5 可见, 游离脯氨酸含量与基质含水量呈负相关, 且不同水分胁迫对游离脯氨酸含量影响显著 ($P < 0.05$)。CK 处理组的游离脯氨酸含量最小, 为 $231.4 \mu g \cdot g^{-1}$, T3 处理组和 T4 处理组的游离脯氨酸含量显著高于 CK 处理组。与 CK 组相比, T1、T2、T3 和 T4 处理组的游离脯氨酸含量分别增加了 21.4%、51.5%、129% 和 167%, 由此可知, 苗木受到干旱胁迫时, 其体内游离脯氨酸急剧增加, 对维持细胞正常渗透压起到显著的作用。

2.6 水分胁迫对可溶性糖含量的影响

同样作为渗透调节物质的可溶性糖, 其在水分胁迫下的变化趋势与游离脯氨酸不尽相同 (图 6)。且 5 组水分处理间可溶性糖含量差异显著, T3 和 T4 组可溶性糖含量也显著大于对照组。CK 组的可

溶性糖含量为 $40.4 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, T1、T2、T3 和 T4 处理组的增幅分别为 4.7%、7.7%、18%和 21%，与游离脯氨酸相比，可溶性糖的变化比较不明显，可能在渗透调节中，游离脯氨酸起主要作用。

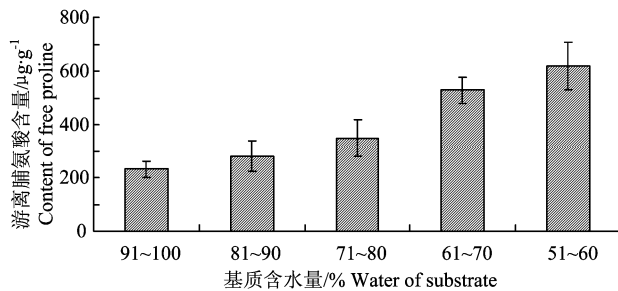


图 5 不同水分胁迫下游离脯氨酸的比较

Figure 5 The comparison of free proline contents under different water stress

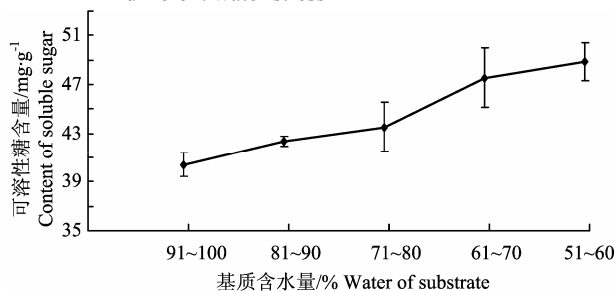


图 6 不同水分胁迫下可溶性糖含量的比较

Figure 6 The comparison of soluble sugar contents under different water stress

3 小结与讨论

田间持水量是指当土壤中重力水力全部排出，而保留全部毛管水和束缚水时的土壤含水量，是大多数植物可利用的土壤水上限^[8]，本实验中的 CK 组基质含水量相当于田间持水量。CK 组基质由于水势最高，与其他组相比，该组苗木根部吸水容易、组织含水量最大；但由于组织含水量过大，导致气孔开度变小，蒸腾作用降低，光合作用受阻。久而久之，与 T1 组相比，CK 组的苗木表现出生长较慢、叶片含水量和自由水/束缚水值相对较高、细胞膜透性变差、POD 活性增加、体内丙二醛和可溶性糖等渗透性物质增多等生理反应。与 CK 相比，基质含水量为 90%~81% 的 T1 组更适合苗木生长，多项生长生理指标优于 CK 组；但当基质含水量低于 81% 时，苗木表现出多种抗旱反应，由此可推测此时苗木已经受到干旱胁迫。

通常对于同种植物，自由水/束缚水值较低时，细胞原生质呈凝胶状态、代谢活性低、生长迟缓，但抗逆性增强。当油茶容器苗受到干旱胁迫时，其体内自由水/束缚水值迅速下降，说明植物通过改变

体内的水分结构来抵御干旱胁迫。与油茶容器苗相似的是，柠条锦鸡儿 (*Caragana korshinskii*) 和甘蔗 (*Saccharum sinense*) 在干旱胁迫下，其叶片的自由水/束缚水值都与基质含水量呈正相关^[9-10]。

当苗木受到干旱胁迫时，体内富集大量活性氧、MDA 急剧增加时，细胞膜结构遭到破坏，内含物渗出增多。叶片中 POD 活性随着干旱胁迫的加重而逐渐上升，且在整个干旱胁迫下能够维持在一个较高的水平，对植物起到保护作用。脯氨酸和可溶性糖是植物重要的渗透调节物质，对维持植株体内水分平衡有积极作用^[11]。王静等研究表明，玉米在水分胁迫下，体内的游离脯氨酸、可溶性糖等渗透调节物质在水分胁迫下明显呈上升趋势，这与本实验结论一致^[12]。

综上所述，油茶容器苗在干旱胁迫下，在一定的范围内，植物组织可作出积极的抗逆反应来减少水分胁迫带来的伤害，表现出较强的抗旱性；但当超出某个临界值时（如本实验基质含水量长期低于 51% 时），各项生理指标发生不可逆反应，导致植物枯萎。在生产上，一定要加强容器苗水分的监控，依据需要及时补充水分，保证其正常生长。

参考文献:

- [1] 束庆龙, 张良富. 中国油茶[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [2] 王静, 杨德光, 马凤鸣, 等. 水分胁迫对玉米叶片可溶性糖和脯氨酸含量的影响[J]. 玉米科学, 2007, 15(6): 57-59.
- [3] 马书燕, 李吉跃, 彭祚登. 干旱胁迫对柔枝松幼苗丙二醛含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2099-2100.
- [4] 丁钰, 李得禄, 尉秋实. 不同土壤水分胁迫下沙漠藜的水分生理生态特征[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 5-11.
- [5] 曹志华, 张四七, 刘春, 等. 移栽苗失水程度对生理生化特性的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(3): 444-447.
- [6] 孔祥生, 易现峰. 植物生理学技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [7] 李忠光, 龚明. 愈创木酚法测定植物过氧化物酶活性的改进[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(2): 323-324.
- [8] 蔡永萍. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- [9] 李彦瑾, 赵忠, 孙德祥. 干旱胁迫下柠条锦鸡儿的水分生理特征[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 1-4.
- [10] 梁丽琼, 谭裕模, 张革民. 蔗糖叶片自由水与束缚水比与抗旱性关系[J]. 广西蔗糖, 1997(3): 14-16.
- [11] 胡新生, 王世绩. 树木水分胁迫生理与耐寒性研究进展及展望[J]. 林业科学, 1990, 34(2): 78-85.
- [12] 郭相平, 郭枫, 刘展鹏, 等. 水分胁迫及复水对玉米光合速率及可溶性糖的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 68-70.