

## 中华蚊母对反季节完全水淹的生理响应

秦洪文, 刘正学\*, 周大祥, 张立冬, 向丽霞, 陈婷婷, 马睿, 杨艳, 刘锐, 余建

(重庆三峡学院 生命科学与工程学院, 重庆 万州 404100)

**摘要:** 通过模拟三峡水库运行方案, 在实验室内将中华蚊母完全水淹 30 d, 分析水淹对其叶片光合色素、丙二醛(MDA)含量以及根系生物量和非结构性碳水化合物含量的影响, 以期揭示中华蚊母在三峡库区新消落带的适应机制。结果表明: 中华蚊母经完全水淹 30 d 后, 其叶片叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 和类胡萝卜素含量分别比正常控水组处理(对照)显著降低 41.78%、41.18%、41.62%、47.06% ( $P < 0.05$ ); 根系生物量、可溶性糖含量分别比对照显著降低 64.16%、41.41% ( $P < 0.05$ ); 但叶片 MDA 含量和根系淀粉含量则分别比对照显著增加 37.93%、145.54% ( $P < 0.05$ )。完全水淹破坏了中华蚊母叶片结构, 限制了其生物量积累, 消耗了根部能源物质。

**关键词:** 三峡库区; 消落带; 中华蚊母; 完全水淹; 生理特性

中图分类号: Q945.1 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)11-0126-03

Physiological Responses of *Distylium chinense* (Fr.)  
Diels to Anti-season Submergence

QIN Hong-wen, LIU Zheng-xue\*, ZHOU Da-xiang, ZHANG Li-dong, XIANG Li-xia,

CHEN Ting-ting, MA Rui, YANG Yan, LIU Rui, YU Jian

(College of Life Science and Engineering, Chongqing Three Gorges University, Wanzhou 404100, China)

**Abstract:** Our objectives were to reveal the adaption mechanism of *Distylium chinense* (Fr.) Diels in Three Gorges Reservoir new hydro-fluctuation area. According to the operation scheme of Three Gorges Reservoir, the complete submergence trial in lab was executed. The effects of submergence on the content of photosynthetic pigments, MDA, root biomass and non-structural carbohydrates were analyzed. After 30 d complete submergence, the contents of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a+b and carotenoids were respectively 41.78%, 41.18%, 41.62% and 47.06% lower than the control. Meanwhile, the content of root biomass and soluble sugar was 64.16% and 41.41% lower than the control, respectively. However, the leaf MDA content and root starch content were respectively 37.93% and 145.54% higher than the control. To conclusions, complete submergence destroyed the leaf structure, limited biomass accumulation and depleted root energy substance of *Distylium chinense* (Fr.) Diels.

**Key words:** Three Gorges Reservoir Area; hydro-fluctuation area; *Distylium chinense* (Fr.) Diels; complete submergence; physiological characteristics

目前, 三峡工程已全面竣工, 根据水位运行方案, 在海拔 145~175 m 的库岸两侧形成新的消落带, 淹没土地面积达 600 km<sup>2</sup>, 致使约 550 种植物的分布与生长受到影响, 最严重的是分布于低海拔河

滩地的植被和植物种类, 其生境全部被淹没<sup>[1]</sup>。同时, 出于防洪发电的需要, 根据蓄清排污的原则, 水库水位将实施夏季低水位冬季高水位调控, 新消落带的洪水节律完全不同于原自然消落带, 导致原自

收稿日期: 2012-05-22

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07104-003-04-02); 国务院三峡工程建设委员会项目(SX[2008]-005); 重庆市科技攻关计划项目(CSTC2006AB7043); 重庆市教委项目(KJ091102)

作者简介: 秦洪文(1984-), 男, 重庆万州人, 讲师, 硕士, 主要从事植物生理生态研究。E-mail: qinhongwen123@163.com

\* 通讯作者: 刘正学(1965-), 男, 重庆忠县人, 教授, 博士, 主要从事植被生态研究。E-mail: zxliu99@yahoo.com.cn

然消落带低海拔植物难以适应新环境而选择性消亡<sup>[2]</sup>,造成库岸水土流失以及景观质量下降等一系列问题。要解决上述难题,在消落带构建植被的生物措施,往往比采用工程措施更具生态和景观价值<sup>[3]</sup>,耐淹的木本植物对消落带水土保持和景观维护起着重要作用<sup>[4]</sup>。

中华蚊母〔*Distylium chinense* (Fr.) Diels〕系金缕梅科蚊母属的常绿灌木<sup>[5]</sup>,在三峡库区主要分布于海拔 200 m 以下的洪水线内<sup>[6]</sup>。其树形独特、外形美观,具较高观赏价值,是栽培盆景及园林美化的优质材料<sup>[7]</sup>;同时,其根系发达,具较强耐河水冲刷、耐浸泡以及耐沙土掩埋等能力,是河堤防沙固土的理想树种<sup>[8]</sup>。目前,在三峡库区生态治理中,尤其在城市景观消落带植被修复与重建中中华蚊母被广泛应用。重庆三峡学院三峡库区生态研究课题组在野外考察中发现,三峡水库蓄水期间,生长在消落带的中华蚊母能忍耐长时间完全水淹。因此,模拟三峡水库运行周期,研究中华蚊母在“冬蓄夏泄”反季节完全水淹条件下的生理响应,这对于探索其在消落带中的适应机制以及在消落带进行植被重建与修复均有十分积极意义。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验苗培育

2012 年 3 月在重庆市万州区高程约 173~175 m 的城市景观消落带中华蚊母区,选择高 5~7 cm,具有 3 片完整叶片的种子苗,带回重庆三峡学院植物园。将幼苗移植在装有土壤、河沙(1:1)混合基质、口径为 15 cm 的盆中,每盆 5 株。

### 1.2 水淹处理

2012 年 3 月 20 日开始水淹试验。选择长势一致的试验苗,以水淹深度超过植株顶部 0.5 m 为完全水淹(S),以实验室正常控水的植株为对照(CK)。水淹时间为 30 d。

### 1.3 指标测定

试验结束时,将所有试验材料尽数取出,取完整功能叶去除叶脉,采用 80% 丙酮浸提法测定光合色素含量<sup>[9]</sup>,采用硫代巴比妥酸法测定叶片丙二醛(MDA)含量<sup>[10]</sup>;小心将植株和栽培土从实验盆中取出,轻柔洗净土壤,随机选取 3 株,分离植株根系,精确测量根系鲜质量,用蒽酮比色法<sup>[11]</sup>测定根系可溶性糖含量和淀粉含量。植株根系非结构性碳水化合物含量=可溶性糖含量+淀粉含量<sup>[11]</sup>。

### 1.4 数据分析与处理

用统计分析软件 SPSS 13.0 进行试验数据的处理和分析。采用单因素方差分析法(One-way ANO-

VA)分析完全水淹对中华蚊母生理特性的影响,用 Duncan 多重比较判断不同处理水平间的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 完全水淹对中华蚊母叶片光合色素含量的影响

完全水淹导致中华蚊母叶片光合色素含量显著低于正常控水组( $P<0.05$ )。经过 30 d 处理,叶片叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 以及类胡萝卜素含量分别为( $0.85\pm0.01$ ) mg/g、( $0.30\pm0.01$ ) mg/g、( $1.15\pm0.23$ ) mg/g 和( $0.18\pm0.01$ ) mg/g,比正常控水组处理降低 41.78%、41.18%、41.62%、47.06%。

### 2.2 完全水淹对中华蚊母叶片 MDA 含量的影响

完全水淹导致中华蚊母叶片 MDA 含量显著高于正常控水组( $P<0.05$ )。经过 30 d 处理,叶片 MDA 含量为( $0.08\pm0.005$ )  $\mu\text{mol/g}$ ,比正常控水组处理增加 37.93%。

### 2.3 完全水淹对中华蚊母根生物量的影响

完全水淹抑制了中华蚊母根系生物量积累。经过 30 d 处理,根鲜质量为( $0.1139\pm0.0252$ ) g,比正常控水组处理显著降低 64.16%( $P<0.05$ )。

### 2.4 完全水淹对中华蚊母根系非结构性碳水化合物含量的影响

完全水淹对中华蚊母根部可溶性糖含量、淀粉含量产生了不同的影响。经 30 d 处理,根部可溶性糖含量为( $2865.16\pm452.00$ )  $\mu\text{g/g}$ ,比正常控水处理显著降低 41.41%( $P<0.05$ );而淀粉含量和非结构性碳水化合物总含量分别为( $13571.55\pm503.00$ )  $\mu\text{g/g}$  和( $16436.71\pm1002.00$ )  $\mu\text{g/g}$ ,比正常控水处理显著提高 145.54%和 57.73%( $P<0.05$ )。

## 3 结论与讨论

中华蚊母经过 30 d 完全水淹后,其叶片光合色素和根系生物量积累受阻。一方面,植株在水淹胁迫下,体内乙烯含量增加<sup>[12-13]</sup>,引起叶绿素含量降低<sup>[14-15]</sup>,植株光合作用下降,致使同化作用受到抑制。另一方面,植株在水下有氧呼吸受阻<sup>[16]</sup>,为了维持生命活动,只能选择产能效率较低的无氧呼吸<sup>[17]</sup>,加大了体内碳水化合物消耗。以上 2 种原因共同导致了中华蚊母在水下生物量积累受阻<sup>[18]</sup>。

MDA 作为脂质过氧化作用的产物,其含量多少可代表膜损伤程度的大小<sup>[19]</sup>。本研究中,中华蚊母经过 30 d 完全水淹处理,叶片 MDA 含量显著高于正常控水植株。这说明水下低氧<sup>[20]</sup>和弱光<sup>[21]</sup>等逆境条件使植株体内产生活性氧<sup>[22]</sup>,细胞膜完整性受到破坏,进而影响植物代谢,导致 MDA 含量增高。

植物体内的非结构性碳水化合物是能量储存的主要形式,其代谢途径和强度在很大程度上影响着植物的生长以及对环境的响应<sup>[23]</sup>,其中根部碳水化合物代谢及其含量在很大程度上影响植物在水下的存活和生长<sup>[24]</sup>。本研究中,经完全水淹 30 d 后,中华蚊母根部可溶性糖含量显著低于正常控水植株 ( $P < 0.05$ ),而淀粉含量却比正常控水植株高。这是因为植株在水下叶片光合色素含量减少,光合作用减弱,很少将光合产物运送到根部,加之生命活动对直接供能物质(可溶性糖)的消耗,导致可溶性糖含量较少;而淀粉作为主要的能量储备物质<sup>[25]</sup>,高浓度的淀粉储备有利于植株在水下存活以及为出水后恢复生长提供能量支持。

#### 参考文献:

- [1] 陈芳清,谢宗强. 濒危植物疏花水柏枝种群生态保护研究进展[C]//中国生物多样性保护与研究进展 VI——第六届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集,2004:359-367.
- [2] Voesenek L A C J, Rijnders J H G M, Peeters A J M, et al. Plant hormones regulate fast shoot elongation under water: From genes to communities[J]. Ecology, 2004, 85(1):16-27.
- [3] 李娅,曾波,叶小齐,等. 水淹对三峡库区岸生植物秋华柳(*Salix ariegata* Franch.)存活和恢复生长的影响[J]. 生态学报,2008,28(5):1923-1930.
- [4] Wang Y, Wu J Q, Huang H W, et al. Quantitative analysis of plant communities in water-level-fluctuation zone within Three Gorges reservoir area of Changjiang River[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2004, 22(4):307-314.
- [5] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1979:25.
- [6] 彭秀,肖千文,罗韧,等. 淹水胁迫对中华蚊母生理生化特性的影响[J]. 四川林业科技,2006,27(2):17-20.
- [7] 方义. 中华蚊母盆景制作与养护[J]. 花木盆景(盆景赏石),2001(3):15.
- [8] 韩官运,侯昆仑,何亨晔,等. 中华蚊母扦插试验初探[J]. 重庆林业科技,2005,71(2):22-23.
- [9] 谷昕,李志强,姜闯道,等. 水淹导致皇冠草光合机构发生变化并加剧其出水后光抑制[J]. 生态学报,2009,29(12):6466-6474.
- [10] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Arch Biochem Biophys, 1968, 125(1):189-198.
- [11] 周永斌,吴栋栋,于大炮,等. 长白山不同海拔岳桦非结构碳水化合物含量的变化[J]. 植物生态学报,2009,33(1):118-124.
- [12] Pallas J E Jr, Kays S J. Inhibition of photosynthesis by ethylene—A stomatal effect[J]. Plant Physiology, 1982, 70:598-601.
- [13] Taylor G E Jr, Gunderson C A. Physiological site of the ethylene effects on carbon dioxide assimilation in *Glycine max* L. [J]. Merr Plant Physiology, 1988, 86: 85-92.
- [14] Sarkar R K, Das S, Ravi I. Changes in certain antioxidative enzymes and growth parameters as a result of complete submergence and subsequent re-aeration of rice cultivars differing in submergence tolerance[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2001, 187:69-74.
- [15] Ella E S, Kawano N, Yamauchi Y, et al. Blocking ethylene perception enhances flooding tolerance in rice seedlings[J]. Functional Plant Biology, 2003, 30:813-819.
- [16] Laan P, Blom C W P M. Growth and survival response of *Rumex* species to flooded and submerged conditions: The importance of shoot elongation, underwater photosynthesis and reserve carbohydrates [J]. Journal of Experimental Botany, 1990, 41: 774-783.
- [17] Gibbs J, Greenway H. Mechanisms of anoxia tolerance in plants. I. Growth, survival and anaerobic catabolism[J]. Functional Plant Biology, 2003, 30:1-47.
- [18] 刘云峰,秦洪文,石雷,等. 水淹对水芹叶片和光系统 II 光抑制的影响[J]. 植物学报, 2010, 45(4): 426-434.
- [19] Xu X, Yang J, Zheng G Q, et al. Sugars and sucrose-metabolizing enzymes in leaves of *Lycium barbarum* L. under salt stress [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2006, 14(2):46-48.
- [20] Armstrong W. Aeration in higher plants[M]//Woolhouse H W. Advances in botanical research. London: Academic Press, 1979:226-328.
- [21] Vervuren P J A, Blom C W P M, de Kroon H. Extreme flooding events on the Rhine and the survival and distribution of riparian plant species[J]. Journal of Ecology, 2003, 91:135-146.
- [22] Tan W, Liu J, Dai T, et al. Alterations in photosynthesis and antioxidant enzyme activity in winter wheat subjected to post-anthesis water-logging[J]. Photosynthetica, 2008, 46(1):21-27.
- [23] Van den Ende W, De Roover J, Van Laere A. Effect of nitrogen concentration on fructan and fructan metabolizing enzymes in young chicory plants(*Cichorium intybus*) [J]. Physiologia Plantarum, 1999, 105(1):2-8.
- [24] Gravatt D A, Kirby C J. Patterns of photosynthesis and starch allocation in seedlings of four bottomland hardwood tree species subjected to flooding [J]. Tree Physiology, 1998, 18:411-417.
- [25] Ericsson T, Rytter L, Vapaavuori E. Physiology and allocation in trees[J]. Biomass Bioenergy, 1996(11): 115-127.