

水淹对三峡库区秋华柳抗性生理的影响*

类淑桐, 曾 波, 徐少君, 任秋芳

(西南大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室

重庆市三峡库区植物生态与资源重点实验室 生命科学学院, 重庆 400715)

摘要 为探明三峡库区岸生植物秋华柳(*Salix viregata* Franch)的水淹耐受理,以1年生秋华柳实生苗叶片为实验材料,测定了处理时间分别为3、9、15和30 d时未水淹对照植株和水淹2 m植株的超氧阴离子和丙二醛(MDA)的含量、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性。结果显示:水淹过程中,1)水淹2 m植株超氧阴离子含量显著上升,但在水淹9 d之前与对照相比无显著差异;2)水淹2 m植株SOD和POD活性显著上升,分别在水淹15、30 d时达到最大值,两者均与超氧阴离子含量呈显著正相关;3)水淹2 m植株MDA含量均高于对照,并在水淹15、30 d时差异显著,但不同水淹持续时间差异不显著。研究结果暗示出秋华柳通过提高酶活性来降低活性氧对细胞膜的伤害以适应水淹胁迫。

关键词 三峡库区 水淹 秋华柳 丙二醛(MDA) 保护酶

中图分类号 Q945.79

文献标识码 A

文章编号 1672-6693(2009)03-0030-04

三峡水库建成后,由于水库水位周期性的涨落,库岸两边部分区域会处于被淹没与出水暴露的周期性更替之中^[1],使库区内的植物处于严重的环境胁迫^[2]。当植物被完全淹没时,很多植物死亡,造成了植被的破坏,进而带来了一系列的环境问题(如水土流失等)。为解决这些问题,有学者认为采用构建植被的生物措施可能比采用工程措施更具有意义^[3]。而采用生物治理的关键步骤之一就是选出并合理利用库区自然存在的耐水淹物种。因此,了解耐水淹库岸植物的耐淹机理十分重要。

目前,普遍认为植物内源保护系统的抗胁迫能力与细胞膜的稳定性是决定植物胁迫耐受能力大小的关键因素之一^[4-6]。作为膜脂过氧化的重要产物,丙二醛(MDA)常作为细胞膜稳定性的重要指标^[7];而超氧化物歧化酶(SOD)和抗氧化酶(POD)是清除活性氧自由基(超氧阴离子等),维持细胞内环境稳定的重要保护酶^[8]。而当前的研究表明,水淹胁迫对植物的细胞膜稳定性和保护酶活性产生了重大影响^[9-10]。

在三峡库区的河谷与溪流的岸坡上存在着自然生长的多年生杨柳科灌木秋华柳(*Salix viregata*

Franch)^[11]。经过长期野外观察,秋华柳在自然汛期水淹后仍然能够存活,具有较强的水淹耐受能力^[12]。罗芳丽等^[13]的研究说明,在水淹胁迫下秋华柳幼苗叶片细胞未受到严重伤害。那么在水淹胁迫下,秋华柳叶片细胞膜稳定性是否发生变化、秋华柳是如何维持细胞膜稳定性以适应水淹环境值得进一步探究。本研究通过对秋华柳叶片MDA、SOD、POD等抗性生理指标的测量,在回答上述两个问题的同时,也为深入了解耐水淹库岸植物的耐淹机理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与实验设计

实验所用秋华柳于2008年4月下旬采自嘉陵江同兴江段,为生长一致的1年生实生苗(株高8~12 cm)。采后盆栽于西南大学三峡库区生态环境教育部重点实验室实验基地,所用实验盆中央内径为25 cm,高15 cm,选用腐殖质土和壤土按体积比1:4的比例混合后作为栽培基质,盆内土层厚度约为12 cm。正常田间管理。2008年9月初,随机挑选32

* 收稿日期 2009-03-14 修回日期 2009-03-25

资助项目 国家自然科学基金(No. 30770406; No. 30500041; No. 30440035);教育部新世纪优秀人才支持计划项目(No. NCET-06-0773);国家科技支持计划项目(No. 2006BAC10B01);重庆市科技攻关项目(No. CSTC2007AB049);中国科学院西部行动计划项目(No. KZCX2XB2-07)

作者简介 类淑桐,男,硕士研究生,研究方向为植物生态学 通讯作者:曾波,E-mail: bzeng@swu.edu.cn

株材料,分成 2 组。对照组留在基地自然生长 水淹组置于水池中进行水淹处理,水淹深度 2 m。在处理的 3、9、15 和 30 d 后取成熟叶片进行各项指标的测定,2 组均设 4 个重复。

1.2 方法

1.2.1 超氧阴离子含量的测定 取叶片 0.2 g (鲜重,下同),加入 65 mmol/L 的 PBS (pH 7.8) 1 mL 研磨匀浆,定容至 10 mL,5000 r/min 下离心 20 min。取上清液参照高俊凤^[14]的方法测定超氧阴离子的含量。

1.2.2 SOD 活性测定 取叶片 0.2 g,加入 50 mmol/L 的 PBS (pH 7.8,含 1% PVP) 1 mL 冰浴研磨成浆,定容至 10 mL,5000 r/min、4 ℃ 下离心 20 min,上清液为酶液。按文献[14]的方法测定酶活性,以单位时间内抑制光化还原 50% 的氮蓝四唑 (NBT) 为 1 个酶活性单位 (U),以单位鲜重计算酶活性。

1.2.3 POD 酶活性的测定 酶液制备同 1.2.2,测定方法见参考文献[15],以 470 nm 处吸光度值在 1 min 内增加 0.1 为 1 个酶活单位 (U),以单位鲜重计算酶活性。

1.2.4 MDA 含量测定 酶液制备同 1.2.2,测定方法见参考文献[14],以单位鲜重计算 MDA 含量。

1.3 统计分析

上述指标均采用平均值 $\pm$ 标准误 (Mean $\pm$ S. E.) 表示。采用 SPSS13.0 软件对上述指标进行单因素方差分析并进行多重比较 (Duncan 检验)。用 Pearson 相关分析判断秋华柳细胞膜稳定性和酶活性之间的关系。

2 结果

2.1 超氧阴离子含量的变化

由图 1 可知(图中标有不同字母的各处理之间差异显著 图 2、3 同此)随着水淹时间的延长,水淹 2 m 秋华柳幼苗超氧阴离子含量显著上升 ($p < 0.05$),水淹 9 d 前低于对照。在第 3、9、15 和 30 d,秋华柳分别为对照的 77.8%、83.1%、133.3% 和 143.3%。

2.2 保护酶 SOD 和 POD 活性的变化

在水淹过程中,水淹 2 m 秋华柳 SOD 活性显著上升 ($p < 0.05$),15 d 达到最大值;在第 3、9、15 和 30 d,分别为对照的 84%、102%、142% 和 141% (图 2a)。水淹 2 m 秋华柳 POD 活性极显著上升

($p < 0.01$) 在水淹 3、9、15 和 30 d,水淹 2 m 秋华柳 POD 活性分别为对照的 86%、132%、166% 和 190% (图 2b)。

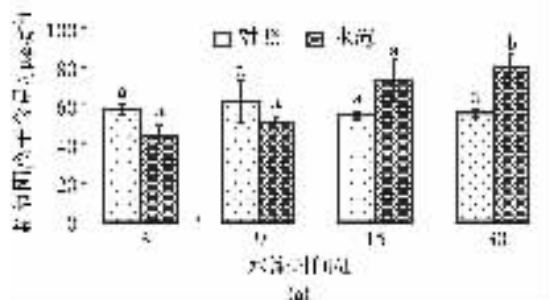


图 1 水淹对超氧阴离子含量的影响

Fig. 1 Effects of submergence on superoxide radical content

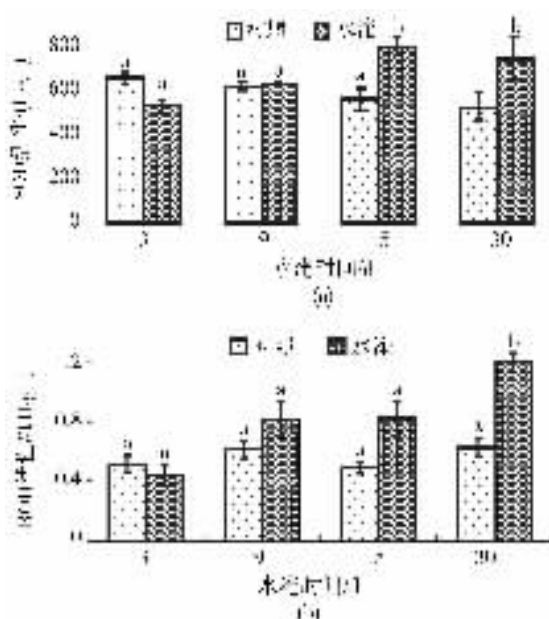


图 2 水淹对 SOD 和 POD 活性的影响

Fig. 2 Effects of submergence on SOD and POD activities

2.3 细胞膜稳定性指标 MDA 含量变化

在水淹过程中,水淹 2 m 秋华柳 MDA 含量均高于对照,水淹 15、30 d 均显著高于对照 ($p < 0.05$),但不同水淹持续时间差异不显著 (图 3)。

2.4 秋华柳幼苗叶片保护酶活性与超氧阴离子和 MDA 含量的相关分析

由表 1 可以看出,秋华柳超氧阴离子含量与 SOD、POD 活性呈显著正相关关系 ($p < 0.05$),与 MDA 含量无显著相关关系。MDA 则与 SOD 和 POD 活性均无显著相关关系。这表明在水淹胁迫下,秋华柳通过提高酶活性使活性氧的产生和消除达到平衡,降低活性氧对细胞膜的伤害。

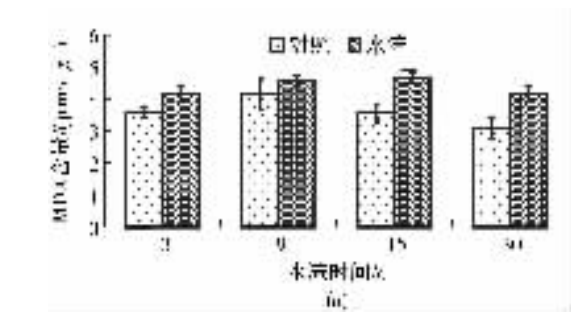


图 3 水淹对 MDA 含量的影响

Fig. 3 Effects of submergence on MDA content

表 1 各抗性生理指标间相关分析

Tab. 1 Analysis of correlation between the indices of resistance physiology

相关系数	超氧阴离子	SOD	POD
超氧阴离子	1.000	0.384 *	0.430 *
MDA	0.060	0.317	0.026

注：* 表示差异性显著 ($p < 0.05$)

3 讨论

超氧阴离子伤害植物的机理之一在于参与启动膜脂过氧化或脂膜脱酯作用^[16],从而破坏膜结构。随着水淹时间延长,秋华柳超氧阴离子含量显著升高,但在水淹 9 d 之前低于对照。这应与水淹过程中气体传导速率下降^[17],降低了植物胞内超氧阴离子浓度,引起超氧阴离子产生速率下降有关。蔡金峰^[18]等在研究淹水胁迫(仅淹没土壤,而本研究中为全淹)对喜树幼苗叶片超氧阴离子产生速率时发现,在淹水胁迫 3 d 后,超氧阴离子产生速率显著上升。而根淹和全淹处理最大差别在于植物叶片其他传导速率的下降。

保护酶在植物抵御胁迫环境中起到重要作用,SOD 催化分解超氧阴离子,使之转化为 H_2O_2 ;POD 则被认为是需氧植物清除 H_2O_2 的关键酶之一^[19]。本研究中秋华柳叶片 SOD 和 POD 活性均随着水淹时间延长显著上升,这应和其体内活性氧含量升高从而诱导保护酶提高活性以保护细胞膜有关,同时也是对水淹胁迫适应的结果。这与中华蚊母^[10]和青竹复叶槭^[20]叶片对水淹胁迫的响应结果一致。

胁迫条件下,细胞内活性氧代谢平衡被破坏,引起活性氧积累,给植物代谢带来影响,表现为膜脂过氧化产物 MDA 含量的增高。在整个水淹过程中秋华柳叶片 MDA 含量均高于对照。但随着保护酶活

性的提高,增强了对活性氧的清除,随着水淹时间的延长水淹 2 m 秋华柳幼苗叶片 MDA 含量并未显著上升。由此可见,当遭受水淹胁迫时,通过提高保护酶活性以加强清除活性氧、减少后者对细胞膜伤害应为秋华柳适应水淹环境的重要措施之一。因此,在利用现有植物进行三峡库区消落带植被恢复与重建过程中,可以考虑对目标物种预处理以提高其保护酶活性,进而增强其水淹耐受能力。

参考文献：

[1] 袁辉,王里奥,詹艳慧,等. 三峡库区消落带健康评价指标体系[J]. 长江流域资源与环境,2006,15 (2) :249-253.

[2] 王勇,吴金清,黄宏文,等. 三峡库区消涨带植物群落的数量分析[J]. 武汉植物学研究,2004,22 (4) :307-310.

[3] 张艳红,曾波,付天飞,等. 长期水淹对秋华柳 (*Salix variegata* Franch) 根部非结构性碳水化合物含量的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2006,31 (3) :153-157.

[4] 李晶,阎秀峰,祖元刚. 低温胁迫下红松幼苗活性氧的产生及保护酶的变化[J]. 植物学报,2000,42 (2) :148-152.

[5] Prasad M N V. Plant ecophysiology [M]. NewYork :Wiley, 1997 :173-205.

[6] 汪月霞,孙国荣,王建波,等. NaCl 胁迫下星星草幼苗 MDA 含量与膜透性及叶绿素荧光参数之间的关系[J]. 生态学报,2006,26 (1) :122-129.

[7] 王群,尹飞. 李潮海. 水分胁迫下植物体内活性氧自由基代谢研究进展[J]. 河南农业科学,2004,10 :25-28.

[8] 吴志华,曾富华,马生健. 水分胁迫下植物活性氧代谢研究进展(综述 I) [J]. 亚热带植物科学,2004,33 (2) :77-80.

[9] 罗祺,张纪林,郝日明,等. 水淹胁迫下 10 个树种某些生理指标的变化及其耐水淹能力的比较[J]. 植物资源与环境学报,2007,16 (1) :69-73.

[10] 彭秀,肖千文,罗韧,等. 淹水胁迫对中华蚊母生理生化特征的影响[J]. 四川林业科技,2006,27 (2) :17-20.

[11] 傅书遐. 湖北植物(第二卷) [M]. 武汉 :湖北科学与技术出版社,2002.

[12] 李娅,曾波,叶小齐,等. 水淹对三峡库区岸生植物秋华柳 (*Salix variegata* Franch) 存活和恢复生长的影响[J]. 生态学报,2008,28 (5) :1924-1930.

[13] 罗芳丽,曾波,叶小齐,等. 水淹对三峡库区两种岸生植物秋华柳 (*Salix variegata* Franch) 和野古草 (*Arundinella anomala* Steud.) 水下光合的影响[J]. 生态学报,2008,28 (5) :1964-1970.

- [14] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [15] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990.
- [16] 李晶, 阎秀峰, 祖元刚. 低温胁迫下红松幼苗活性氧的产生及保护酶的变化[J]. 植物学报, 2000, 42(2): 148-152.
- [17] Armstrong W. Aeration in higher plants[M] // Wolhouse H W W. Advances in botanical research vol. 7. London: Academic Press, 1979: 225-332.
- [18] 蔡金峰, 曹福亮, 汪贵斌. 淹水胁迫对喜树幼苗 LDH 及保护酶的影响[J]. 福建林学院学报, 2008, 28(1): 65-68.
- [19] 尹永强, 胡建斌, 邓明君. 植物叶片抗氧化系统及其对逆境胁迫的响应研究进展[J]. 2007, 23(1): 105-110.
- [20] 李映乐, 孔维鹤, 尚忠海. 等. 水淹胁迫对青竹复叶槭叶片部分生理指标的影响[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(1): 32-34.

Effects of Submergence on Resistance Physiology of *Salix varegata* Franch in Three Gorges Reservoir Region

LEI Shu-tong, ZENG Bo, XU Shao-jun, REN Qiu-fang

(Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region(Ministry of Education), Chongqing Key Laboratory of Plant Ecology and Resources Research in Three Gorges Reservoir Region, School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract : To investigate the submergence-tolerant mechanism of riparian plant *Salix varegata* Franch in Three Gorges Reservoir region, the leaves of one-year *S. varegata* seedlings as the material are selected and studied, under different submerged times (3, 9, 15 and 30 d), the changes of superoxide radical, malondialdehyde (MDA) content and activities of protective enzymes in leaves of control group and 2m-submerged group (2 m beneath water surface). The results show that during the submerged times, 1) The superoxide radical content of 2 m-submerged plants increases significantly, but has not a obvious change before the 9th day. 2) The SOD and POD activities of 2 m-submerged plants increase significantly, reaching the summit on the 15th and 30th day each. Both have positive correlation with superoxide radical content. 3) The MDA content of 2 m-submerged plants are higher than that of control, having significant differences on the 15th and 30th day, but no significant differences between different submergence-sustain-time groups. The results above indicate that *S. varegata* can survive in submerged environment by enhancing activities of protective enzymes and reducing damages brought by active oxygen radicals.

Key words : Three Gorges Reservoir Region ; submergence ; *Salix varegata* Franch ; malondialdehyde(MDA) ; protective enzymes

(责任编辑 方 兴)