

DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20220947

# 三峡坝区下游河漫滩植物在淹水环境下 存活率与适用性研究

张定军<sup>1</sup>, 吴柳东<sup>2</sup>, 李 豪<sup>1</sup>, 杨兰芳<sup>1</sup>, 张 俊<sup>1</sup>

(1. 中国长江三峡集团有限公司长江生态环境工程研究中心长江珍稀植物研究所, 湖北 宜昌 443000;  
2. 中国建筑西南勘察设计研究院有限公司华中公司, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 为研究三峡坝区下游河漫滩生态修复区植物在淹水环境下的生长适应性及工程适用性, 选择种植中华蚊母、疏花水柏枝、秋华柳、野生蔷薇等4种灌木植物在三峡坝区下游同一水位河漫滩区域并观察生长情况。4种灌木植物经历了一定程度的水淹期, 结果表明, 4种灌木植物存活率在淹水条件下表现出差异, 其植株保存率由高到低依次为秋华柳、中华蚊母、疏花水柏枝、野生蔷薇。观察4种灌木植物的形态变化、株高生长和恢复生长情况可知, 秋华柳、中华蚊母、疏花水柏枝在淹水胁迫作用下表现出较好的淹水适应性。采用加权评分法评价4种灌木植物的生态修复工程适用性, 其评分由高到低依次为中华蚊母、秋华柳、野生蔷薇、疏花水柏枝, 确定中华蚊母可作为河漫滩生态修复工程主要种植植物。

**关键词:** 三峡坝区; 河漫滩; 淹水胁迫; 灌木植物; 加权评分法; 生态修复工程

**中图分类号:** [TV11]; X37

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-7709(2023)07-0068-04

## 1 概况

三峡坝区下游河漫滩生态修复区位于三峡大坝下游右岸西陵桥下河漫滩区域(图1), 高程为66.0~70.2 m, 总体地势西南高东北低, 建设面积约10 000 m<sup>2</sup>, 种植层为冲(沉)积层, 由卵石、块石、沙壤土组成, 其土质含量较高、松软、孔隙度大。根据县气象局资料, 区域气候属华中季风性亚热带湿润气候。区内降水充沛, 但年际年内分配不均, 多年平均降水量为1 164.1 mm。多年平均温度为16.9~17.5 °C, 极端最高气温为41.4

°C, 极端最低气温-9.8 °C, 日照1 670 h, 年平均风速为1.2 m/s, 多年平均最大风速为9.5 m/s, 无霜期270 d。由于峡谷地形的作用, 整个气候具有夏热冬凉的特点。《三峡水库优化调度方案》及长江水文网记载, 每年5月25日开始, 三峡水库为155.0 m均匀消落水库水位, 6月10日消落至防洪限制水位145 m。汛末蓄水方式一般为9月30日水位不超过156.0 m, 10月底可蓄至汛后最高蓄水位175.0 m。而下游河漫滩受库水位变化影响, 河段一般11月~次年4月为枯水期, 平均水位为64.9 m; 7~9月为高水期, 平均水位为66.7 m。西陵桥下河漫滩东北区域最低高程为66.0 m, 在7月开始被水淹没, 该区域会出现持续性积水和淹水情况。基于三峡坝区下游河漫滩生态修复区具有生态修复及观赏示范性特征, 选取局部典型区域试种植4种灌木植物, 对其淹水适应能力进行初步研究, 并从灌木植物的多种特征角度进行评价以确定其工程适用性, 以为生态修复区的建设提供依据。

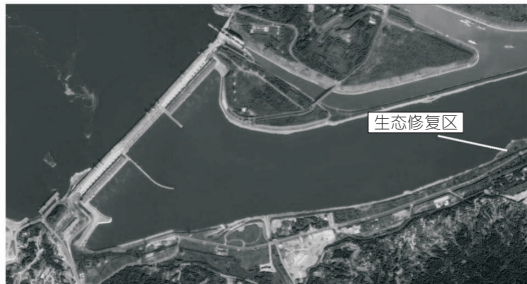


图1 下游河漫滩生态修复区地理位置

Fig. 1 Location of downstream floodplain ecological restoration area

## 2 试验设计

收稿日期: 2022-05-07, 修回日期: 2022-09-24

基金项目: 中国长江三峡集团有限公司技术服务项目(SXSZNZB/0593)

作者简介: 张定军(1973-), 男, 助理工程师, 研究方向为陆生生态修复, E-mail: zhang\_dingjun@ctg.com.cn

通讯作者: 吴柳东(1990-), 男, 高级工程师, 研究方向为地质灾害防治与生态修复, E-mail: 782064608@qq.com

## 2.1 植物选取

生态区试验种植区选用中华蚊母、疏花水柏枝、秋华柳、野生蔷薇灌木植物(表 1)各 60 株,植株高度大致为 30~50 cm,均为成年且生长旺盛的植株,在下游河漫滩带状区域内设置样方,设置淹水植株组(F)与对照组(CK),每种灌木 F、CK 组分别种植 30 株,按照植株之间相互不遮荫原则种植,种植高程约 66 m。

表 1 参试的四种灌木

Tab. 1 Four types of test

中文名	拉丁学名	科属
中华蚊母	<i>Distylium chinense</i> (Franch. ex Hemsl.) Diels	金缕梅科蚊母树属
秋华柳	<i>Salix variegata</i> (Franch)	杨柳科柳属
疏花水柏枝	<i>Myricaria laxiflora</i> (Franch.) P. Y. Zhang et Y. J. Zhang	柃柳科水柏枝属
野生蔷薇	<i>Rosa</i> sp.	蔷薇科蔷薇

## 2.2 试验方法

种植后任其在自然状态下生长,通过直接观察法观察四种植株的生长状况并记录。记录观测时间为 2020 年 10 月初~2021 年 11 月初共计 13 个月,其中 2020 年 7 月下旬至 8 月植株进入淹水状态,试验过程中记录每月的水位、植株高度、植物形态变化。

## 3 结果与分析

试验记录 4 种灌木植物 2020 年 10 月~2021 年 11 月连续 13 个月的生长情况,其中 4 种植株从 7 月开始均处于淹水状态,9 月上旬水位开始消退,4 种植物经过了 2 个月的淹水胁迫条件,其在淹水前后的生物量及在淹水状态消除后存活率及后期恢复生长的情况下表现出不同差异,淹水作用前后株高生长量变化率见图 2,其中株高生长率= $\{[\text{株高生长量}(F)-\text{株高生长量}(CK)]/\text{株高生长量}(CK)\} \times 100\%$ 。

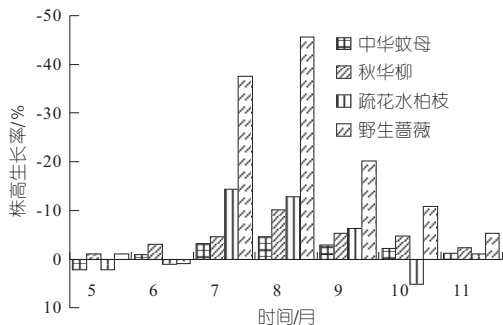


图 2 淹水作用前后株高生长量变化率

Fig. 2 Change rate of plant height growth before and after flooding

## 3.1 水淹前后植物形态变化

植物对水淹引起的低氧和低光照条件的生理生态学响应是多方面的<sup>[1]</sup>,本试验中淹水胁迫下植物叶片反应较敏感。随着淹水时间的延长,植物叶片伴随有不同程度的发黄、萎蔫和脱落。秋华柳、中华蚊母在整个淹水期间均有新叶萌发,其间秋华柳、疏花水柏枝不断发黄脱落,疏花水柏枝叶片症状出现较晚,但疏花水柏枝植株在夏季无论是否被淹没均会进入休眠,该物种主要通过休眠来躲避夏季洪水的影响<sup>[2]</sup>。野生蔷薇叶片则主要表现为焦枯、卷曲,且叶片脱落严重,8 月下旬,部分秋华柳有新叶萌发,叶片脱落数也增多,部分疏花水柏枝叶片扭曲、下垂。而中华蚊母的叶片形态和色泽无明显变化。说明疏花水柏枝、秋华柳、中华蚊母比较适应淹水环境<sup>[3]</sup>,而野生蔷薇不太耐淹水。

在淹水条件下,皮孔开始活动,中华蚊母可见少许数量的皮孔,在 15 d 增生较多数量的皮孔,随着淹水时间的延长,增生的皮孔逐渐膨大肿胀,分布密度也越来越大。同时不定根开始出现,但比皮孔的反应慢很多,约在 1 个月时,不定根才开始在皮孔周围萌生。疏花水柏枝在水面交界处长出了不定根,秋华柳也长出少量新根,而野生蔷薇的根开始腐烂发臭。在这个过程中中华蚊母根系逐渐衰老、颜色逐渐变为深褐色,并伴有新根的产生。可见淹水环境刺激了皮孔的发育和不定根的形成<sup>[2,3]</sup>。

## 3.2 淹水胁迫对株高生长的影响

在淹水胁迫下,植株将产生一系列生理变化,株高生长能直观反映这些变化<sup>[4]</sup>,在 2 个月的淹水过程中,中华蚊母植株长势正常,株形饱满,叶色浅绿至深绿。随着淹水时间的延长,不同淹水强度对各植株株高生长的影响各异,在淹水 2 个月的条件下,中华蚊母淹水植株(F)与对照组(CK)的生长变化率不大,均在 5% 以下,而野生蔷薇的生长情况与对照组(CK)相比变化较大,生长情况受到较大影响。中华蚊母、疏花水柏枝、秋华柳、野生蔷薇淹水植株(F)与对照组(CK)比较,平均株高生长量分别下降 4.56%、10.12%、12.82%、45.56%,差值幅度从高到低依次为野生蔷薇、秋华柳、疏花水柏枝、中华蚊母。综合来看,淹水条件对四种灌木植物均存在生长抑制作用,其中中华蚊母在淹水条件下适应性较强,其平均株高生长量下降最小,而野生蔷薇则不太适应淹水环境。

### 3.3 淹水胁迫对植物恢复生长情况的影响

在 9 月淹水状态解除后,存活下来的 4 种灌木植株开始恢复生长,中华蚊母肿胀的皮孔和刚萌发的不定根出现失水萎缩现象,约一周左右消失,形成白色点状。疏花水柏枝、中华蚊母、秋华柳植株均开始萌发幼叶,野生蔷薇部分植株萌发幼叶。淹水状态解除后,9~10 月株高生长量情况存在差异,中华蚊母、疏花水柏枝、秋华柳、野生蔷薇淹水植株(F)与(CK)对照组比较,10 月底平均株高生长量分别下降 2.21%、-5.12%、4.82%、10.83%,生长率差值幅度从高到低依次为野生蔷薇、秋华柳、中华蚊母、疏花水柏枝。其中疏花水柏枝恢复生长较为迅速,生长量超过对照组(CK)植株,野生蔷薇恢复生长的幅度较大,表现出对淹水条件较强敏感性,中华蚊母淹水前后生长率变化幅度不大。

### 3.4 淹水胁迫对植株保存率的影响

苗木保存率=[(淹水总株数-死亡株数)/淹水总株数]×100%。据统计,中华蚊母、疏花水柏枝、秋华柳、野生蔷薇(CK)对照组植株保存率分别为 98.2%、91.5%、99.1%、96.2%,中华蚊母、疏花水柏枝、秋华柳、野生蔷薇(F)淹水组植株保存率分别为 91.3%、84.6%、91.6%、65.7%,说明中华蚊母、秋华柳对淹水环境具有较强的适应性,疏花水柏枝次之,而野生蔷薇对淹水环境的适应性相对较差。

## 4 工程适用性评价

采用加权评分法<sup>[5]</sup>综合评价 4 种植物作为生态修复工程的适用性。

### 4.1 评价特征与权重赋予

结合试验过程中各植株的外形变化特征、观赏性特征、淹水适应性特征、植株保存率特征及工程经济性特征,取样本植株的平均特征按 4 分制进行赋分。作为河漫滩生态修复工程,选取植物需兼顾观赏性、适应性及经济适用性<sup>[6]</sup>,并结合工程经验确定其工程适用性权重,评价认为生态区修复工程中其观赏性评价最重要,其通过花朵与叶片颜色表现,而水淹期外形变化作为观赏性的延伸,体现了在一个时期的外形特征,其重要性有所下降。植株保存率是植物种植的根本,但在经济适用性较强的情况,该特征的重要性可适当降低。淹水生长适应性评价是植株保存率的延伸,其采用淹水期平均株高生长下降量作为评价特征,但在淹水时长不同的情况下,两者并非强对应

关系,该特征仅在一定程度上加强了植株保存率的重要性。而工程适用性上经济性评价则尤为重要,此项评价中以单株价格(4 种灌木种植成本类似)作为评价特征。赋分标准及权重见表 2。

表 2 各特征分值赋予与权重

Tab. 2 Assignment and weight of each feature score

评价	分值				权重
	4	3	2	1	
观赏性评价	有花朵盛开或四季常绿	叶片墨绿有光泽	叶片翠绿,光泽度稍差	淡绿、黄绿,无光泽	0.30
水淹期外形变化评价	叶色常绿	少见叶色浅绿至发黄	叶片发黄、脱落	叶片焦枯、卷曲,大量脱落	0.10
淹水生长适应性评价	0~15%	15%~30%	30%~45%	45%~60%	0.10
植株保存率评价	85%~100%	70%~85%	55%~70%	40%~55%	0.25
经济性评价	0~10 元/株	10~100 元/株	100~500 元/株	500 元以上/株	0.25

### 4.2 工程适用性评价

各种类的满分为 4 分,从表 3 可看出,中华蚊母总分达到 3.9 分,淹水试验过程中,中华蚊母长势正常,株形饱满,叶色浅绿至深绿,且价格较低廉,该灌木植株在本生态修复工程中具有较好适用性,可作为生态修复工程主要种植植物。其后评分由高到低依次为秋华柳、野生蔷薇、疏花水柏枝,其中野生蔷薇淹水适应性一般,但观赏效果较好,且其价格较低,可与秋华柳作为次要种植植物。而疏花水柏枝也具有较强淹水适应性,但疏花水柏枝在夏季进入休眠期,观赏性受较大影响,可作为生态修复工程备选搭配植物。

表 3 各种类灌木植物形状分值

Tab. 3 Shape scores of various shrubs

种类	观赏性评价	水淹期外形变化评价	淹水生长适应性评价	植株保存率评价	经济性评价	总分
中华蚊母	4	3	4	4	4	3.90
疏花水柏枝	2	2	4	3	2	2.45
秋华柳	2	2	4	4	3	2.95
野生蔷薇	4	1	1	2	4	2.90

## 5 结论

a. 淹水胁迫前后 4 种植株的适应性差异较大,其中中华蚊母、秋华柳、疏花水柏枝均表现出良好的耐淹水特征,而野生蔷薇对淹水环境的适应性相对较差,可选择在工程区低水位区域种植,中华蚊母对淹水条件适应性较强。

b. 结合实际工程,运用加权评分法结合观赏性、适应性及经济性评价 4 种植物对生态修复工程的适用性,中华蚊母可作为生态修复工程主要种植植物,野生蔷薇与秋华柳可作为次要种植植物。

c. 本试验统计了植株在河漫滩短时间、低水

深淹水胁迫作用下外形变化特征及植株存活数量,后期将研究植物在淹水胁迫下的光合效率、呼吸作用、激素水平、能量转换、营养元素等生理生化反应。

参考文献:

[1] LIN K , WENG C C , LO H F , et al. Study of the root antioxidative system of tomatoes and eggplants under waterlogged conditions [J]. Plant science, 2004, 167(2):355-366.

[2] 陈芳清, 谢宗强. 濒危植物疏花水柏枝对模拟夏季水淹的生理生化响应[J]. 热带亚热带植物学报,

2009, 17(3):249-253.

[3] 陈芳清, 谢宗强. 三峡库区濒危植物疏花水柏枝的生理生化特性研究[J]. 广西植物, 2008, 28(3): 367-372.

[4] 魏和平, 利容千. 淹水对玉米不定根形态结构和 ATP 酶活性的影响[J]. 植物生态学报, 2000, 24 (3):293-297.

[5] 赵珊珊, 沈顺锋, 王亚玲, 等. 26 种木莲属植物的园林观赏价值评价[J]. 广东园林, 2013, 35(4): 66-70.

[6] 刘新聆. 水生植物在城市滨水区景观绿化中的应用 [J]. 中国农村水利水电, 2008(6):96-98.

### Study on Survival Rate and Applicability of Floodplain Plants in the Lower Reaches of the Three Gorges Dam Area Under Flooded Environment

ZHANG Ding-jun<sup>1</sup>, WU Liu-dong<sup>2</sup>, LI Hao<sup>1</sup>, YANG Lan-fang<sup>1</sup>, ZHANG Jun<sup>1</sup>

(1. Yangtze River Institute of Rare Plants, Yangtze River Ecological Environment Engineering Research Center, China Three Gorges Corporation, Yichang 443000, China; 2. CSCEC Southwest Survey, Design and Research Institute Co., Ltd. Huazhong Company, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** In order to research the growth adaptability and engineering applicability plants in the floodplain ecological restoration area in the lower reaches of the Three Gorges dam area under flooded environment, four kinds of shrub plants such as distylium chinense, myricaria laxiflora, salix variegata and rosa sp were planted and observed in the floodplain area at the same water level in the lower reaches of the Three Gorges dam area. Four shrub plants experienced a certain degree of flooding period. The results show that the survival rates of the four shrub plants were different under flooding conditions, and the plant preservation rates from high to low were as follows: salix variegata, distylium chinense, myricaria laxiflora and rosa sp. The morphological changes, plant height growth and recovery growth were observed. Among them, salix variegata, distylium chinense and myricaria laxiflora showed better flooding adaptability under flooding stress. The applicability of ecological restoration engineering of 4 Shrub plants was evaluated by weighted scoring method. The scores from high to low are distylium chinense, myricaria laxiflora, rosa sp and myricaria laxiflora. It is determined that distylium chinense can be used as the main shrub plant in the floodplain ecological restoration project.

**Key words:** Three Gorges dam area; river flat; flooding stress; shrubs and plants; weighted scoring method; ecological restoration engineering

\*\*\*\*\*  
(上接第 7 页)

### Multi-time Scale Evolution Analysis of Rainfall in Changtan Reservoir of Jiaojiang River Basin

JI Meng-ting<sup>a</sup>, BAO Yue-ying<sup>a</sup>, WANG Si-qi<sup>a</sup>, AIYIKELIMU Hailati<sup>a</sup>, ZHANG Rong-rong<sup>b,c</sup>, JIANG Peng<sup>a,b,c</sup>  
(a. College of Hydrology and Water Resources; b. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering; c. Joint International Research Laboratory of Global Change and Water Cycle, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** In order to explore the evolution of rainfall at multiple time scales, this paper takes the Changtan Reservoir in Jiaojiang River Basin as an example and classifies independent rainfall events based on rainfall data from 1960 to 2019. The evolution of rainfall event elements is discussed from four perspectives of rainfall event scale, seasonal scale, changes in annual trends and interannual decadal change. The results show that the extreme rainfall events has strong rainfall and long rainfall duration; The rainfall duration of typhoon rainy season is shorter and the rainfall intensity is greater than that of the plum rainy season, and the variation of rainfall distribution is greater; The annual trends of rainfall event elements are similar between the two stations during the plum rainy season, but the annual trends of rainfall duration and rainfall intensity are significantly different between the two stations during the typhoon rainy season; The rainfall events of the two stations in the plum rainy season have a good response to El Nino events, while the annual rainfall of El Nino/PDO- in the typhoon rainy season is abnormally small, which is prone to drought. El Nino/PDO+ annual rainfall is abnormally high and is prone to appear flood disaster .

**Key words:** rainfall events; multiple time scales of rainfall; extreme rainfall; ENSO