

三峡库区澎溪河消落带湿地土壤种子库特征*

陈忠礼^{1,2}, 刘红^{1,2}, 孙荣³, 张跃伟^{1,2}, 袁兴中^{1,2}

(1. 重庆大学资源及环境科学学院; 2. 西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室, 重庆 400030;
3. 华侨大学化工学院, 福建 厦门 361021)

摘要 考察三峡库区澎溪河消落带湿地土壤种子库特征, 分析水位变动对消落带种子库分布格局的影响。试验采用萌发法, 以直径为 15 cm 的培养皿作为萌发器, 控制温度 20 ℃、光照 12 h/d 条件下进行萌发试验。试验结果表明: 萌发物种为一年生植物, 种子库种子密度在 111.12 ~ 1 889.04 粒/m², 萌发物种数量介于在 1 ~ 8 种之间, 随着水淹程度增加, 地上植被物种丰富度、种子库物种数目和种子存量均呈减小趋势, 种子在第 1 周开始萌发, 萌发高峰期在第 2 周, 7 周后停止萌发。水位梯度上植被物种丰富度、种子萌发密度和物种数目差异性极显著 ($p = 0.000$)。研究发现水位变动对种子库分布格局产生影响, 波动强度和持续时间是影响种子库的主要因素, 在植被恢复与重建中应该重视。

关键词 土壤种子库; 消落带; 澎溪河; 三峡库区

中图分类号: Q948.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-669X(2011)03-0033-04

土壤种子库(Soil seed bank)是指存在于土壤凋落物以及土壤中有活力的种子的总和^[1-2], 蕴含着地上植被历史及目前的信息, 是植被更新、种群进化的基础, 能体现植物对生境变化的响应情况^[3]。土壤种子库研究一直是生态学的热点之一^[4-5], 近年来的研究表明种子库在植被演替预测、植被恢复等方面具有重要作用, 对生态系统健康和保护生物学具有重要实践意义^[6-9]。三峡工程建成后采取“蓄清排浑”的运行方式, 夏季低水位运行, 冬季高水位运行。自 2008 年 9 月三峡水库进入三期蓄水运行后, 在库周 145 ~ 175 m 高程形成与天然河流涨落季节相反、涨落幅度高达 30 m 的水库消落带湿地。这种反季节性的水位涨落过程, 导致消落带的生态环境发生改变, 对区域生物多样性、生态系统结构和功能产生重大影响^[10-12]。如何根据三峡水库水位变动规律, 对消落带区域植被进行重建与恢复, 是消落带湿地生态学研究亟待解决的科学问题。

本文以地处三峡水库腹地的澎溪河支流白夹溪消落带为研究区域, 以消落带土壤种子库为研究对象, 研究种子在土壤中的存量、萌发动态, 探讨水位变动对其的影响。研究旨在积累水库湿地植物变化的生态学数据, 为消落带新生湿地生态保护及合理

利用提供科学依据。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域概况

研究区域位于重庆开县澎溪河白夹溪河口, 地理坐标为 N31°08.072', E108°33.350'。该区域为亚热带湿润季风气候, 多年平均气温 18.5 ℃, 多年平均降水 1 385 mm。白夹溪发源于开县金峰乡, 由北向南汇入澎溪河, 全长 13 km, 其中受 175 m 蓄水直接影响的河段 11 km。消落带主要以草本植物为主^[13-14], 乔灌木仅零散分布在消落带海拔较高区域。根据三峡水库水位变动规律, 将消落带分为 5 个水位梯度, 分别对应海拔高程为 145 ~ 155 m、155 ~ 160 m、160 ~ 165 m、165 ~ 170 m 和 170 ~ 175 m。此外将 175 ~ 180 m 区域划分为未受水淹干扰区。白夹溪河口三角洲区域, 146 ~ 153 m 为河岸带, 153 ~ 156 m 为河流一级阶地, 156 m 以上为荒坡。160 m 以下以禾本科、莎草科为主的湿地植物居多, 160 ~ 173 m 湿生、中生草本植物比较茂盛, 物种丰富, 173 m 以上以白茅为优势群落。

1.2 研究方法

1.2.1 外业调查 2009 年 9 月, 在样地每个梯度内随

* 收稿日期 2011-01-22 修回日期 2011-03-09 网络出版时间 2011-05-16 10:13:00

资助项目: 重庆市科委科技攻关项目(No. CSTC2009AB1079); 中央高校基本科研基金项目(No. CDJXS10240010)

作者简介: 陈忠礼, 男, 硕士研究生, 研究方向为环境生态学; 通讯作者: 刘红, E-mail: hliu631102@yahoo.com.cn

机选择 6 个取样点设置 1 m × 1 m 样方,调查植物种类及数量,随后参考大数量小样方的方法按 10 cm × 10 cm × 10 cm 的规格在植物调查样方内采集土样 3 份,种子库土样共采集 6 × 6 × 3 = 108 份,最后分别将各梯度的样品混匀后取部分带回,混合土样共采集 6 份。

1.2.2 种子萌发试验 土壤样品经室温自然风干后,过 4 目筛,去除杂草残体等。用直径为 15 cm 的培养皿作为萌发器,在培养皿里铺上 1 cm 厚经预处理细沙,最后铺上土样,控制温度在 20 ℃、光照 12 h/d 条件下在培养箱中进行萌发试验。为使试验具有统计学意义,每份样品设置 3 次以上的重复。试验期间保持土样湿润。萌发试验于 2009 年 10 月 19 日开始,持续到 2009 年 12 月 31 日结束,共计 74 d。试验期间每周观察记录物种(鉴定到科级水平)及萌发数量,剔除死掉的幼芽,直至每个培养皿中再无种子萌发 2 周后,实验结束。

1.2.3 数据分析与处理 采用 SPSS 17.0 软件分析土壤种子库萌发动态;ANOVA 方差分析各梯度间种子萌发数量及种类特征,Spearman 相关分析生境异质性与种子萌发动态的相关性。

2 结果与分析

2.1 地上植被物种丰富度格局

调查发现样地共有维管植物 105 种,分属 42 科 91 属。随着海拔上升,物种丰富度逐渐增大(图 1),丰富度最大的区域在水位梯度 3(160 ~ 165 m)。苍耳(*Xanthium sibirium*)是该区域主要优势物种,常常形成片状单优群落。145 ~ 155 m 高程梯度上丰富度最低,小于 10 种。植物以狗牙根(*Cynodon dac-*

tylon)、双穗雀稗(*Paspalum paspaloides*)、稗子(*Echinochloa crusgalli*)、香附子(*Cyperus rotundus*)、苍耳等为主。单因素方差分析表明水位梯度上植物物种丰富度差异极显著($df = 5, F = 16.146, p = 0.000$)。

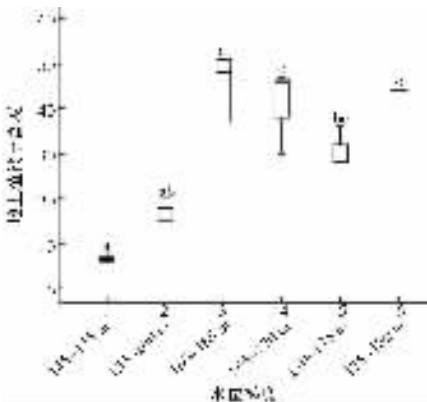
2.2 种子萌发数量特征

萌发试验结果表明,萌发物种全为一年生草本植物。种子在第 1 周第 2 天就开始萌发,萌发高峰期在第 2 周,7 周后停止萌发。莎草科和禾本科植物为萌发的单子叶植物物种,双子叶植物以菊科、茄科为主。萌发物种以双子叶植物所占比例居多,与地上植被物种组成情况基本相符。

萌发密度随水位梯度的上升呈增大趋势(图 2),即水淹干扰程度越重种子萌发数量越小,这与王正文和祝廷成在松嫩平原上的研究结果一致^[15]。对照区域(梯度 6)的物种数量最高。萌发密度介于 111.12 ~ 1 889.04 粒/m²,均值为 853.40 粒/m²。萌发密度在梯度 3(160 ~ 165 m)上有一个下降拐点。从萌发密度随水位梯度变化趋势来看,淹水对消落带种子库种子存量产生比较明显的影响。方差分析表明水位梯度上种子萌发密度差异极显著($df = 5, F = 23.133, p = 0.000$)。

萌发物种数量沿水位梯度的变化趋势与萌发密度一致,均随着水位梯度的上升而增大(图 3)。萌发物种数量范围在 1 ~ 8,均值为 5.24。萌发物种数量在水位梯度 3 上出现下降拐点,与密度变化趋势一致。方差分析表明水位梯度上萌发物种数量差异极显著($df = 5, F = 8.374, p = 0.000$)。Tukey s-b(K)检验表明相邻梯度间差异显著($p < 0.05$)。

160 ~ 165 m 高程区域种子萌发物种数量及密度都下降,可能是由于该区域以苍耳为优势物种,群



注:字母不同代表差异显著 $p < 0.05$,下同

图 1 地上植被物种丰富度格局

Fig. 1 Patterns of plant richness

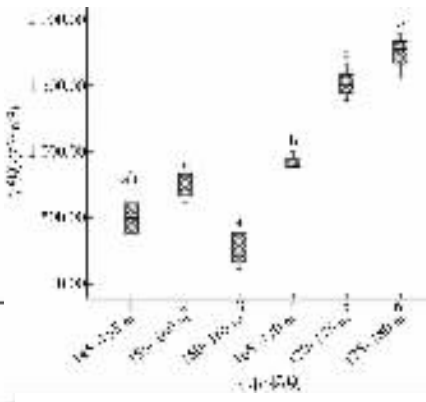


图 2 种子萌发密度分布

Fig. 2 Density distribution of seed germination

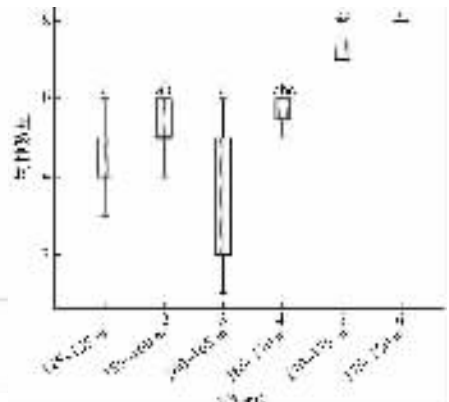


图 3 萌发物种数量分布

Fig. 3 Quantitative distribution of species

落类型单一。苍耳优势群落中其他伴生物种生长受竞争影响激烈,植物生长高度、结实量等都比其他群落低。

2.3 种子库生境异质性分析

用 Spearman 相关分析对河口区域水位梯度物种丰富度、种子库特征之间的相关性进行检验。结果表明(表1),水位梯度与地上植被物种丰富度、种子萌发物种数量以及萌发密度呈极显著相关,说明消落带植物受水淹影响程度较大,消落带植物丰富度格局、种子库分布格局与水淹程度关系密切。本试验中萌发种子仅鉴定到科级水平,未对种子萌发特征与地上植被间进行相似性分析,可能是造成地上植被物种丰富度与种子萌发特征相关性不明显的

表1 种子库特征相关矩阵

Tab. 1 Correlation matrix among characteristics of seed bank

	水位 梯度	植物 丰富度	萌发物 种数量	萌发 密度
水位梯度	1			
植物丰富度	0.731 **	1		
萌发物种数量	0.647 **	0.167	1	
萌发密度	0.671 **	0.223	0.783 **	1

注: **表示相关性呈极显著($p=0.01$, 双边检测)。

3 讨论

研究表明^[16-17],土壤种子库在生境受干扰严重和频繁区域的植被重建中发挥的作用显著。就河流、湖泊湿地土壤种子库而言,水位变动频率、波动强度和持续时间是水文条件影响种子库的主要干扰因素^[18-20]。三峡大坝建成后,库区与中下游的水文变化规律有所区别,这是造成两个区域种子库受水文影响结果有所区别的原因之一^[21-23]。三峡水库投入运行以来,消落带不同海拔高程土壤受水淹的时间存在差异。在水力、土壤类型、坡度坡向等因素的综合作用下,消落带土壤养分含量、光照、含水率和氧气含量发生改变,影响种子的萌发^[24]。种子库萌发试验初步表明水位变动对消落带湿地种子库分布格局产生影响。水淹程度越严重,种子萌发物种数量及密度越小。种子数量(密度)可能比物种数量更能反映种子库对环境变化的响应程度^[22]。

近年来对三峡水库消落带的研究中生物多样性保护、气候变化以及消落带生态友好型利用方面越来越受重视^[25-27]。消落带种子库结构以一年生草

本植物为主,植被恢复虽然难以达到大坝修建前的水平,但种子库仍然会在库区植被恢复与重建中发挥重大作用^[23]。此外一些乔木、灌木能够经受住长时间淹水干扰的影响^[28-29],可以尝试用于消落带植被立体网络恢复与重建。

参考文献:

- [1] Simpson R L. Ecology of soil seed bank [M]. San Diego: Academic Press, 1989, 149-209.
- [2] 李伟, 刘贵华, 周进, 等. 淡水湿地种子库研究综述 [J]. 生态学报, 2002, 22(3): 395-402.
- [3] 尚占环, 徐鹏彬, 任国华, 等. 土壤种子库研究综述——植被系统中的作用及功能 [J]. 草业学报, 2009, 18(2): 175-183.
- [4] Capon S J, Brock M A. Flooding, soil seed bank dynamics and vegetation resilience of a hydrologically variable desert floodplain [J]. Freshwater Biology, 2006, 51: 206-223.
- [5] Thompson K, Band S R, Hodgson J G. Seed size and shape predict persistence in the soil [J]. Functional Ecology, 1993, 7: 236-241.
- [6] 刘贵华, 肖葳, 陈淑飞, 等. 土壤种子库在长江中下游湿地恢复与生物多样性保护中的作用 [J]. 自然科学进展, 2007, 17(6): 741-747.
- [7] 李洪远, 佐藤治雄, 森本幸裕, 等. 土壤种子库在荒废地植被恢复工程中的应用 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2007, 26(1): 140-142.
- [8] 白文娟, 焦菊英, 张振国. 黄土丘陵沟壑区退耕地土壤种子库对植被恢复的影响 [J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(4): 65-71.
- [9] 李洪远, 莫训强, 郝翠. 近30年来土壤种子库研究的回顾与展望 [J]. 生态环境学报, 2009, 18(2): 731-737.
- [10] 姚维科, 崔保山, 刘杰, 等. 大坝的生态效应: 概念、研究热点及展望 [J]. 生态学杂志, 2006, 25(4): 428-434.
- [11] 刘云峰. 三峡水库库岸生态环境治理对策初探 [J]. 重庆工学院学报, 2005, 19(11): 79-82.
- [12] 石孝洪, 何江平, 魏世强, 等. 三峡水库淹水土壤磷吸附的动力学模型 [J]. 重庆工学院学报: 自然科学, 2008, 22(11): 51-56.
- [13] 王强, 刘红, 袁兴中, 等. 三峡水库蓄水后彭溪河消落带植物群落格局及多样性 [J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2009, 26(4): 48-54.
- [14] 孙荣, 袁兴中, 丁佳佳. 三峡水库蓄水至156m水位后白夹溪消落带植物群落生态学研究 [J]. 湿地科学, 2010, 8(1): 1-7.
- [15] 王正文, 祝延成. 松嫩草地水淹干扰后的土壤种子库特征及其与植被关系 [J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1392-1398.

- [16] Li E H ,Liu G H ,Li W ,et al. The seed-bank of a lakeshore wetland in Lake Honghu :implications for restoration[J]. Plant Ecology 2008 ,195 :69-76.
- [17] Neff K P ,Rusello K ,Baldwin A H. Rapid seed bank development in restored tidal freshwater wetlands[J]. Restoration Ecology 2009 ,17(4) :539-548.
- [18] Peterson J E ,Baldwin A H. Seedling emergence from seed banks of tidal freshwater wetlands :response to inundation and sedimentation[J]. Aquatic Botany 2004 ,78(3) :243-254.
- [19] Yuan L Y ,Liu G H ,Li W ,et al. Seed bank variation along a water depth gradient in a subtropical lakeshore marsh ,Longgan Lake ,China[J]. Plant Ecology 2007 ,189 :127-137.
- [20] Baldwin A H ,Egnotovich M S ,Clark E. Hydrologic change and vegetation of freshwater marshes :Field ,greenhouse , and seed-bank experiments[J]. Wetlands ,2001 ,21(4) :519-531.
- [21] 侯志勇 ,谢永宏 ,于晓英 ,等. 洞庭湖青山垸退耕地不同水位土壤种子库特征[J]. 应用生态学报 ,2009 ,20(6) :1323-1328.
- [22] 王晓荣 ,程瑞梅 ,封晓辉 ,等. 三峡库区消落带回水区水淹初期土壤种子库特征[J]. 应用生态学报 ,2009 ,20(12) :2891-2897.
- [23] Lu Z J ,Li L F ,Jiang M X ,et al. Can the soil seed bank contribute to revegetation of the drawdown zone in the Three Gorges Reservoir Region ?[J]. Plant Ecology ,2009 (1) :153-165.
- [24] Liefvers V J. Emergent plant communities of oxbow lakes in Northeastern Alberta :Salinity ,water-level fluctuation ,and succession[J]. Canadian Journal of Botany ,1984 ,62 :310-316.
- [25] Chen H ,Wu Y Y ,Yuan X Z ,et al. Methane emissions from newly created marshes in the drawdown area of the three gorges reservoir[J]. Journal of Geophysical Research-Atmospheres 2009 ,114(19) :1-7.
- [26] Chen H ,Yuan X Z ,Gao Y ,et al. Nitrous oxide emissions from newly created littoral marshes in the drawdown area of the three gorges reservoir ,China[J]. Water ,Air & Soil Pollution 2009 ,211 :25-33.
- [27] 熊森 ,李波 ,肖红艳 ,等. 三峡水库消落带生态友好型利用途径探索——以基塘工程为例[J]. 重庆师范大学学报 :自然科学版 ,2010 ,27(6) :23-26.
- [28] 李昌晓 ,钟章成 ,刘芸. 模拟三峡库区消落带土壤水分变化对落羽杉幼苗光合特性的影响[J]. 生态学报 ,2005 ,25(6) :1953-1959.
- [29] 李昌晓 ,钟章成. 三峡库区消落带土壤水分变化条件下池羽杉幼苗光合生理响应的模拟研究[J]. 水生生物学报 ,2005 ,29(6) :712-716.

Resources , Environment and Ecology in Three Gorges Area

Wetland Soil Seed Bank Features in the Littoral Zone of Pengxi River of the Three Gorges Reservoir

CHEN Zhong-li^{1,2} , LIU Hong^{1,2} , SUN Rong³ , ZHANG Yue-wei^{1,2} , YUAN Xing-zhong^{1,2}

(1. College of Resources and Environmental Science , Chongqing University ;

2. The Key Laboratory of the Exploitation of Southwest Resources and the Environmental Hazards Control Engineering , Ministry of Education , Chongqing 400030 ; 3. College of Chemical Engineering , Huaqiao University , Xiamen Fujian 361021 , China)

Abstract : The paper examined the effects of water level fluctuation on the distribution of soil seed bank in littoral zone of Three Gorges reservoir. The experiments were carried out by seedling-emergence method under the condition of petri dishes($d = 15 \text{ cm}$) , temperature of $20 \text{ }^\circ\text{C}$ and illumination of 12 hours per day. The results showed that the soil seed bank was dominated by annual plants , with the intensification and prolonging of flooding , the richness of above-ground vegetation , the density and species richness of seed banks tended to decrease. The density of soil seed bank ranged from 111.12 to 1889.04 m^{-2} , and the number of species is between 1 to 8. Seeds began to germinate at the 1st week , then got quickly to germination peak at the 2nd week , at last stopped germinating after 7 weeks. The above-ground vegetation richness , the density and species richness of seed bank were very significantly different with water level gradient($p = 0.000$). Researchers found that the distribution pattern of seed bank are affected by water level fluctuation. Flooding intensity and duration are the dominant factors which should be seriously noted in vegetation restoration and reconstruction.

Key words : soil seed bank ; littoral zone ; Pengxi river ; Three Gorges reservoir