

消落带湿地土壤苍耳种子库研究^①

陈忠礼^{1,2}, 袁兴中^{1,2}, 刘红^{1,2}, 李波^{1,2}, 徐静波^{1,2}

1. 重庆大学 资源及环境科学学院, 重庆 400044;

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 400044

摘要: 为了解三峡水库三期蓄水后消落带新生湿地苍耳种子库, 于 2010 年 4 月对澎溪河消落带湿地进行了调查。结果表明: (1) 土壤表层(0~5 cm)种子密度、萌发率及萌发数量均随海拔升高而增加。(2) 种子密度介于 490.33~1 191.83 颗/m² 之间, 萌发率从 0.20% 到 18.45%, 萌发数量为 1~214 颗/m²。(3) 多重比较检验显示, 无论植物群落类型还是水位梯度上种子密度、萌发率和萌发数量差异均不显著($p>0.05$)。(4) 相关分析表明, 萌发率、萌发数量与群落类型显著相关($p<0.05$), 种子密度与植物群落类型极相关($p<0.01$); 萌发数量与水位梯度相关性极显著($p<0.01$), 但萌发率、种子密度与其不相关($p>0.05$)。三峡水库水位周期性变动下, 苍耳种子空间分布格局发生改变, 种子在消落带范围内的分布趋于均质, 同时由于微生境的异质性而产生一些差异。

关键词: 土壤种子库; 苍耳; 消落带; 三峡库区

中图分类号: Q948

文献标志码: A

土壤种子库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], 在植被演替、植被恢复以及生物多样性保护等方面具有重要作用^[3-6]。近年来, 人们从种子库物种的组成、多样性和分布格局方面对河流和湿地土壤种子库进行了大量研究^[7-10]。随着研究的深入, 土壤种子库在生态系统恢复中的作用受到越来越多的重视。Jutila 研究了芬兰西部海岸湿地土壤种子库规模、组成和种子萌发的物种丰富度, 认为种子库在河口三角洲湿地恢复中具有可行性^[11]。刘贵华等分别在长江中下游湿地、三江平原沼泽湿地和松嫩平原研究了退田还湖、演替系列、水淹干扰等条件下的种子库分布格局及多样性特征, 得到类似结论^[12-14]。土壤种子库研究多采用萌发法, 但对于大种子物种而言, 网筛分选法同样可行^[15]。

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。三峡工程 2003 年 6 月完成 139 m 蓄水, 2006 年 10 月完成 156 m 蓄水, 2008 年 10 月蓄水到 173 m。三峡水库 175 m 蓄水后, 将会在库周 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。受水库管理运行影响, 库区消落带生态环境发生巨大变化, 消落带中现已无乔木群落和灌木群落, 乔灌木仅零散分布在消落带海拔较高区域。原来稀疏分布的苍耳(*Xanthum sibiricum*), 现已扩大成片, 成为消落带水位周期变动下的优势植物群落之一^[16-18]。王晓荣等对三峡水库水淹初期消落带土壤种子库研究发现, 水位变动对种子数量的影响明显, 淹水已经使土壤种子库种子存量降低^[19]。但 Capon 等的研究却发现河流湿地中,

① 收稿日期: 2010-10-01

基金项目: 重庆市科委科技攻关项目(CSTC, 2009AB1079); 中央高校基本科研业务费(CDJXS10240010)资助。

作者简介: 陈忠礼(1985-), 男, 广西柳州人, 硕士研究生, 主要从事环境生态学研究。

通信作者: 袁兴中, 教授, 博士生导师。

洪水能够增加湿地土壤种子库种子存量^[8].

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,以消落带湿地土壤中苍耳种子为研究对象,实地调查苍耳种子在土壤中的存量、萌发特征,探讨水位变动对其影响.研究旨在积累水库湿地植物变化生态学数据,以期为湿地生态保护及合理利用提供科学依据.

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

澎溪河位于三峡水库腹地,是长江重庆段主要支流之一,发源于重庆开县雪宝山,干流全长182.40 km,河道平均比降3.70‰,流域面积5 173.12 km²,干流受三峡水库175 m蓄水影响河段108.00 km,消落带面积55.47 km²,占三峡水库消落带总面积的15.90%,消落带平均宽度1.06 km,是三峡水库消落带面积最大、消落带类型最多的次级河流,在三峡水库消落带的研究中具有典型性和代表性^[20].

研究区域位于澎溪河白夹溪河口,属于亚热带湿润季风气候,温和湿润,多年平均气温18.6℃,多年降雨量1 100~1 500 mm.地势北高南低,土壤类型为沙土、紫色土和水稻土.研究区域植被以草本为主,仅在消落带以上区域零散分布一些乔木和灌木^[18].

表 1 采样点环境特征

采样点	地理坐标	环境特征
河口左岸	N31°08.085′	154~160 m 区域为河流一级阶地,狗牙根及苍耳是一级阶地的优势物种.160 m
	E108°33.321′	以上区域为坡地,草本植物丰富度较高.
河口右岸	N31°08.246′	154~158 m 区域为河口三角洲,狗牙根和苍耳是该区域优势物种.158 m 以上区
	E108°33.604′	域呈阶梯状向上延伸,植物以草本为主,170 m 以上还有少量桑树、乌桕等.

1.2 水文情况分析

根据中国长江三峡集团公司三峡水位逐日记录,三峡水库2008年5月至2010年5月期间,水位变化的情况见图1.

水位变动下消落带湿地不同海拔区域经历的淹水时间从1到9个月不等,145~175 m每5 m一个梯度淹水时间差别在1个月以上.其中155~160,160~165,165~170 m这3个梯度上,经历的淹水时间分别为6,4和3个月.调查时间里上述3个梯度暴露于空气中的时间分别为1,3和4个月.

1.3 研究方法

1.3.1 取样方法

2010年4月,三峡水库消落带退水出露后,在白夹溪河口左右岸(苍耳分布的典型区域)各设置1个调查样地(表1),根据淹水时间的差异将样地划分为3个水位梯度,即155~160,160~165,165~170 m.苍耳群落(Ass. *X. sibiricum*)和狗牙根群落(Ass. *Cynodon dactylon*)是155~160 m上分布面积最大的两种主要植物群落^[16,18].为研究群落差异对土壤种子库和种子萌发的影响,在155~160 m梯度上选择苍耳群落(Ass. *X. sibiricum*)、狗牙根—苍耳群落(Ass. *C. dactylon*—*X. sibiricum*)和狗牙根群落(Ass. *C. dactylon*)进行调查.为揭示水位变动对苍耳群落分布的影响,在上述3个水位梯度上选择典型苍耳群落(Ass. *X. sibiricum*)进行调查.各梯度上依据研究目的随机设置样方6个,样方大小为1 m×1 m,记录样方内苍耳萌发数量.随后挖取样方中0~5 cm深的土样,用孔径5 mm的细筛去除土壤及杂质,调查

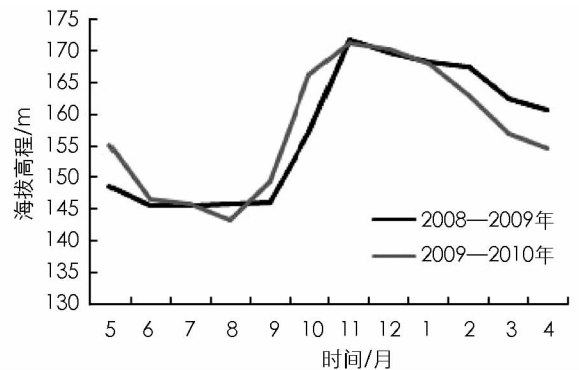


图 1 2008年5月至2010年5月
三峡水库水位变化

苍耳种子数量.

1.3.2 数据分析

用 SPSS17.0 对数据进行统计分析, 采用单因素方差分析法 (One-Way ANOVA) 和多重比较检验法 (LSD) 分析不同植物群落之间和水位梯度种子密度、萌发率及萌发数量的差异; 用 Pearson 分析种子密度、萌发率及萌发数量与环境因子变量之间的相关性.

2 结果与分析

2.1 苍耳种子库特征

单因素方差分析表明各样地间土壤种子密度、萌发率及萌发数量差异均不显著 ($p > 0.05$). 随着群落类型的改变, 种子密度、萌发率和萌发数量的变化趋势一致 (表 2), 由小到大顺序即狗牙根群落, 狗牙根—苍耳群落, 苍耳群落. 种子密度由 $490.33 \text{ 颗}/\text{m}^2$ 增大到 $780.67 \text{ 颗}/\text{m}^2$, 萌发率由 0.2% 增大到 4.64% , 萌发数量由 1 颗增大到 36.83 颗. 苍耳优势群落中, 种子密度、萌发率和萌发数量随着水位梯度的上升呈增大趋势, 种子密度由 $780.67 \text{ 颗}/\text{m}^2$ 增大到 $1\,391.83 \text{ 颗}/\text{m}^2$, 萌发率由 4.64% 增大到 18.45% , 萌发数量由 $36.83 \text{ 颗}/\text{m}^2$ 增大到 $214 \text{ 颗}/\text{m}^2$.

表 2 苍耳种子库特征

群落类型	水位梯度/m	种子密度 (grain/m ²)	萌发率/%	萌发数量 (grain/m ²)
C.	155~160	$490.33 \pm 145.258 \text{ a}$	$0.20 \pm 0.49 \text{ a}$	$1.00 \pm 2.449 \text{ a}$
C.—X.	155~160	$718.67 \pm 172.666 \text{ ab}$	$0.52 \pm 0.44 \text{ a}$	$4.00 \pm 3.847 \text{ a}$
X.	155~160	$780.67 \pm 190.305 \text{ ab}$	$4.64 \pm 5.28 \text{ ab}$	$36.83 \pm 40.794 \text{ a}$
X.	160~165	$1\,272.67 \pm 580.026 \text{ b}$	$16.94 \pm 17.98 \text{ bc}$	$146.17 \pm 77.280 \text{ b}$
X.	165~170	$1\,391.83 \pm 851.366 \text{ b}$	$18.45 \pm 9.79 \text{ c}$	$214.00 \pm 92.416 \text{ b}$

注: C. = *Ass. C. dactylon*; C.—X. = *Ass. C. dactylon*—*X. sibiricum*; X. = *Ass. X. sibiricum*. 同列数据字母不同代表差异显著 ($p < 0.05$).

LSD 法结果显示, 155~160 m 梯度上 3 种植物群落在种子密度、萌发数量和萌发率上差异均不显著 ($p > 0.05$), 说明处于同一梯度的土壤种子受淹水影响差异不明显. 3 个水位梯度上土壤苍耳种子密度差异不显著, 仅 155~160 m 梯度上的狗牙根群落与其他水位梯度的苍耳群落土壤种子库差异显著 ($p < 0.05$), 这说明水位变动下苍耳种子分布范围扩大, 种子分布格局趋于均质. 在 155~160 m 梯度上广泛分布的狗牙根, 是极为耐水淹的一种植物^[21], 漂浮于水面的苍耳种子无法进入被狗牙根群落占据的土壤中, 土壤种子库存量的更新受到影响. 尽管水位梯度上种子密度差异不显著, 但是种子密度随着水位梯度的上升有增大的趋势. 这种变化趋势与萌发率、萌发数量随水位梯度的改变而发生变化的趋势一致. 不同海拔高程水位涨落的时间差异是导致这种变化趋势的一个很重要原因.

2.2 苍耳种子库相关性分析

在同一水位梯度内, 群落类型与种子萌发率及萌发数量显著相关 ($p < 0.05$) (表 3), 与种子密度相关性极显著 ($p < 0.01$). 这与种子密度、萌发率及萌发数量随群落类型的变化趋势相一致, 说明由于耐淹植物在水退后地上植被覆盖度高, 种子无法到达地表土层, 土壤种子库种子库存量的更新受到影响. 群落类型差异导致退水后浅层土壤湿度、温度、光照以及种子霉变程度等方面有所区别, 进而影响到种子萌发.

种子密度、萌发率与水位梯度的相关性均不显著 ($p > 0.05$) (表 4), 与 LSD 多重比较检验结果类似. 即淹水有助于种子扩散, 对种子空间分布格局产生影响, 使得种子在大尺度上分布趋于均质. 本次调查没有对苍耳种子活性进行鉴定, 可能是导致萌发率与水位梯度相关性不显著的原因之一, 此外萌发季节的一次

调查数据可能也会对萌发率数据产生偏差,但相关分析表明萌发数量与水位梯度相关性极显著($p < 0.01$),说明水位变动会改变苍耳群落的空间分布格局。

表 3 群落类型与苍耳种子库相关性分析

	群落类型	萌发率	种子密度	萌发数量
群落类型	1			
萌发率	0.524*	1		
种子密度	0.594**	0.307	1	
萌发数量	0.541*	0.994**	0.366	1

注: * 表示两尾测验显著性相关水平($p=0.05$); ** 表示两尾测验显著性相关水平($p=0.01$)。

表 4 水位梯度与苍耳种子库相关性分析

	水位梯度	萌发率	种子密度	萌发数量
水位梯度	1			
萌发率	0.442	1		
种子密度	0.408	-0.266	1	
萌发数量	0.730**	0.466	0.644**	1

注: ** 表示两尾测验显著性相关水平($p=0.01$)。

3 讨 论

种子库是植物群落维持与更新的基础,地上植被通过种子雨强度等影响土壤种子库种子存量的更新。植物群落和种子库组成、分布格局等则随着环境变化而产生响应。湿地水文变化被认为是众多环境变化导致植物群落发生改变的重要因素^[22-23]。随着三峡水库从 156 m 蓄水周期进入 175 m 蓄水周期,消落带苍耳群落的空间分布格局发生明显变化,这些变化源于水位变动改变了种子库空间分布格局。Nilson 和 Hjältén 认为,在种子植物的生活史中种子成熟扩散以及萌发是两个很关键的时期,处于这两个时间段的种子需要应对自身以及外界的多种挑战^[24]。三峡水库每年 9 月中旬开始进入新一轮蓄水周期,苍耳种子随水位上涨漂浮于水面。退水期间,种子逐渐散落于消落带。土壤种子库存量、种子库分布格局、种子萌发等都受到水位变动的影响。

种子萌发还受外界光照、温度、水分、土壤深度和自身的成熟度、霉变程度等条件影响^[25]。在 155~160 m 水位梯度上,狗牙根是分布面积广泛而又耐淹的植物,群落的高度一般在 30~40 cm,盖度达 95% 以上,地上部分交织缠绕。在这种群落特征下,阳光照射到群落底部时光强被严重削弱,同时群落底部阴暗潮湿,容易导致种子发生霉变,影响萌发和生长。

苍耳属一年生草本植物,是消落带主要优势植物之一,种群分布受水位变动和微生境干扰明显。在将来的研究中,应以苍耳为目标种,从土壤种子库、物种竞争行为、结实率及结实数量这些方面,结合水文变化规律等环境参数建立植物生长模型,预测消落带植物变化,可以加深对三峡库区消落带湿地生态系统演变认识。

致谢: 本文写作之初蒙受西南大学刘玉成教授的悉心指导,野外调查时得到重庆大学本科生张雄的帮助,在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] THOMPSON K, GRIME J P. Seasonal Variation in the Seed Banks of Herbaceous Species in Ten Contrasting Habitats [J]. *Journal of Ecology*, 1979, 67: 893-921.
- [2] 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.

- [3] 刘贵华,肖 葳,陈漱飞,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.
- [4] 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.
- [5] 李兴隆,王道杰,林勇明,等. 金沙江干热河谷土壤种子库植被恢复潜力研究 [J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 2010, 35(3): 94—98.
- [6] 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.
- [7] BALDWIN A H, EGNOTOVICH M S, CLARKE E. Hydrologic Change and Vegetation of Tidal Freshwater Marshes: Field, Greenhouse, and Seed-bank Experiments [J]. Wetlands, 2001, 21(4): 519—531.
- [8] 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.
- [9] LIU Gui-Hua, LI Wei, LI En-Hua, et al. Yuan and Anthony J. Davy. Landscape-scale Variation in the Seed Banks of Floodplain Wetlands with Contrasting Hydrology in China [J]. Freshwater Biology, 2006, 51: 1862—1878.
- [10] LI En-Hua, LIU Gui-Hua, LI Wei, et al. The Seed-bank of a Lakeshore Wetland in Lake Honghu: Implications for Restoration [J]. Plant Ecol, 2008, 195: 69—76.
- [11] JUTILA H M. Seed Banks of River Delta Meadows on the West Coast of Finland [J]. ANNALES BOTANICI FENNICI, 2002, 39(1): 49—61.
- [12] 刘贵华,刘幼平,李 伟. 淡水湿地种子库的小尺度空间格局 [J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2739—2743.
- [13] 邢 福,王 莹,许 坤,等. 三江平原沼泽湿地群落演替系列的土壤种子库特征 [J]. 湿地科学, 2008, 6(3): 351—358.
- [14] 王正文,祝廷成. 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.
- [15] 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.
- [16] 王 强,袁兴中,刘 红,等. 三峡水库 156 m 蓄水后消落带新生湿地植物群落 [J]. 生态学杂志, 2009, 28(2): 2183—2188.
- [17] 王 强,刘 红,袁兴中,等. 三峡水库蓄水后澎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.
- [18] 孙 荣,袁兴中,丁佳佳. 三峡水库蓄水至 156 m 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.
- [19] 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.
- [20] 雷亨顺,林 建. 可持续:中国三峡库区 [M]. 重庆:重庆大学出版社, 2009: 113—119.
- [21] 刘云峰,刘正学. 三峡水库消落区极限条件下狗牙根适生性试验 [J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(5): 0661—0663.
- [22] VAN DER VALK A G, DAVIS C B. Role of the Seed Bank in the Vegetation Dynamics of Prairie Glacial Marshes [J]. Ecology, 1978, 59: 322—335.
- [23] 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: 243—254.
- [24] NILSON M E, Hjäältén J. Covering Pine-seeds Immediately After Seeding: Effects on Seedling Emergence and on Mortality Through Seed-predation [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 176: 449—457.
- [25] 李孟良,汪从顺,万 军. 苍耳种子萌发和出苗特性的研究 [J]. 种子, 2004, 23(4): 35—38.

Soil Seed Bank of *Xanthum sibiricum* in Newly Created Wetlands in Water-Level Fluctuation Zone of Three Gorges Reservoir

CHEN Zhong-li^{1,2}, YUAN Xing-zhong^{1,2},
LIU Hong^{1,2}, LI Bo^{1,2}, XU Jing-bo^{1,2}

1. College of Resources and Environmental Science, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. The Key Laboratory of the Exploitation of Southwest Resources and the Environmental Hazards Control Engineering, Ministry of Education, Chongqing 400044, China

Abstract: In April 2010, an investigation was made to study the *X. sibiricum* dynamics of soil seed bank in water-level fluctuation zone of the newly created wetlands-Three Gorges Reservoir after flooding to 173 m height. The following results have been obtained: (1) The germination rate, germination amount and the seed density in soil surface(0~5 cm) increased with altitude. (2) The density ranged from 490.11 to 1 191.83 grain/m², while the germination rate went from 0.20% to 18.45% and germination amount was between 1 to 214 grain/m². (3) LSD analysis showed that the seed density, the germination rate and the quantity of germination are of little difference ($p > 0.05$) neither on community types nor water-level fluctuation gradient. (4) Correlation analysis indicated that the relationships among community types, germination rate and quantity of germination were significant correlation ($p < 0.05$), while seed density was highly significant correlation ($p < 0.01$). The relationship between the amount of germination and water-level fluctuation gradient was highly significant correlation ($p < 0.01$), but the germination rate and seed density weren't ($p > 0.05$). The spatial distribution pattern of *X. sibiricum* seed was changed to accommodate the cyclic change of water-level fluctuation in Three Gorges Reservoir. The distribution of seeds in the range of the littoral zone tends to become homogeneous, and because of microhabitat heterogeneity they show some differences.

Key words: soil seed bank; *X. sibiricum*; water-level fluctuation zone; Three Gorges Reservoir

责任编辑 陈绍兰