

中国百种杰出学术期刊  
中国精品科技期刊  
中国科协优秀期刊  
中国科学院优秀科技期刊  
新中国 60 年有影响力的期刊  
国家期刊奖

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

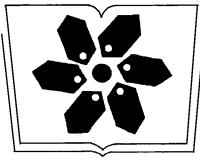
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 21 期  
Vol.30 No.21  
**2010**



中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 30 卷 第 21 期 2010 年 11 月 (半月刊)

## 目 次

棉铃虫幼虫对人类呈味物质的取食反应·····	李为争,付国需,王英慧,等 (5709)
西藏拉萨机场周边风沙源空间分布及演变趋势·····	李海东,沈渭寿,邹长新,等 (5716)
新疆沙湾冷泉沉积物的细菌系统发育多样性·····	曾 军,杨红梅,徐建华,等 (5728)
应用鱼类完整性评价体系评价辽河流域健康·····	裴雪姣,牛翠娟,高 欣,等 (5736)
不同海拔天山云杉叶功能性状及其与土壤因子的关系·····	张慧文,马剑英,孙 伟,等 (5747)
滨河湿地不同植被对农业非点源氮污染的控制效果·····	徐华山,赵同谦,贺玉晓,等 (5759)
内蒙古温带荒漠草原能量平衡特征及其驱动因子·····	阳伏林,周广胜 (5769)
南北样带温带区栎属树种功能性状对气象因子的响应·····	冯秋红,史作民,董莉莉,等 (5781)
伏牛山自然保护区物种多样性分布格局·····	卢训令,胡 楠,丁圣彦,等 (5790)
减弱 UV-B 辐射对烟草形态、光合及生理生化特性的影响 ·····	陈宗瑜,钟 楚,王 毅,等 (5799)
川西亚高山针阔混交林乔木层生物量、生产力随海拔梯度的变化 ·····	刘彦春,张远东,刘世荣,等 (5810)
三峡库区消落带水淹初期地上植被与土壤种子库的关系·····	王晓荣,程瑞梅,肖文发,等 (5821)
洞庭湖西岸区防护林土壤和植物营养元素含量特征·····	柏方敏,田大伦,方 晰,等 (5832)
择伐对阔叶红松林主要树种径向与纵向生长的影响·····	蒋子涵,金光泽 (5843)
野鸭湖典型湿地植物光谱特征·····	刘 克,赵文吉,郭逍宇,等 (5853)
三种线性模型在杉木与马尾松地位指数相关关系研究中的比较·····	朱光玉,吕 勇,林 辉,等 (5862)
不同干扰类型下羊草种群的空间格局·····	陈宝瑞,杨桂霞,张宏斌,等 (5868)
基于 SWAT 模型的祁连山区最佳水源涵养植被模式研究——以石羊河上游杂木河流域为例 ·····	王军德,李元红,李赞堂,等 (5875)
2D 与 3D 景观指数测定山区植被景观格局变化对比分析 ·····	张志明,罗亲普,王文礼,等 (5886)
基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价 ·····	高 杨,黄华梅,吴志峰 (5894)
海峡两岸 16 个沿海城市生态系统功能比较 ·····	张小飞,王如松,李 锋,等 (5904)
同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估 ·····	王 萱,陈伟琪,张璐平,等 (5914)
太阳辐射对玉米农田土壤呼吸作用的影响 ·····	孙敬松,周广胜,韩广轩 (5925)
水分胁迫下 AM 真菌对沙打旺生长和抗旱性的影响·····	郭辉娟,贺学礼 (5933)
宁夏南部旱区坡地不同粮草带比间作种植模式比较·····	路海东,贾志宽,杨宝平,等 (5941)
节节草生长对铜尾矿砂重金属形态转化和土壤酶活性的影响·····	李 影,陈明林 (5949)
自然植物群落形成过程中铜尾矿废弃地氮素组分的变化 ·····	安宗胜,詹 婧,孙庆业 (5958)
硅介导的水稻对二化螟幼虫钻蛀行为的影响 ·····	韩永强,刘 川,侯茂林 (5967)
饥饿对转基因鲤与野生鲤生长竞争和性腺发育的影响·····	刘春雷,常玉梅,梁利群,等 (5975)
<b>专论与综述</b>	
河流水质的景观组分阈值研究进展 ·····	刘珍环,李 猷,彭 建 (5983)
<b>研究简报</b>	
长期模拟增温对岷江冷杉幼苗生长与生物量分配的影响 ·····	杨 兵,王进闯,张远彬 (5994)
环境因素对长额斗蟋翅型分化的影响 ·····	曾 杨,朱道弘,赵吕权 (6001)

## 三峡库区消落带水淹初期地上植被 与土壤种子库的关系

王晓荣, 程瑞梅\*, 肖文发, 郭泉水, 封晓辉, 王瑞丽

(国家林业局森林生态环境重点实验室, 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 10009)

**摘要:** 采用种子萌发法, 研究了三峡库区消落带水淹初期所形成的已淹区段、未淹区段以及留存原有植被的对照样带地表植被与土壤种子库之间的关系。结果表明: 三峡库区消落带已淹区段地表植被分属 47 科 71 属 100 种, 未淹区段 84 科 163 属 223 种, 优势科主要为菊科、豆科、禾本科、蔷薇科、莎草科。地上植被的物种生活型, 已淹区段以生长周期短、适应性较强的 1 年生草本为主, 灌木和乔木共占 19%; 未淹区段中 1 年生草本占 20.45%, 多年生草本占 36.36%, 灌木或藤本占 28.18%, 乔木占 15%; 对照样带中 1 年生草本占 23.24%, 多年生草本占 41.32%, 灌木及藤本占 32.02%, 乔木占 17.05%。与对照样带相比, 已淹区段地表植被物种多样性指数和丰富度指数都明显降低, 未淹区段地表植被却表现出明显增加的趋势, 只有 Pielou 均匀度指数都降低; 已淹区段、未淹区段土壤种子库分别具有物种 79 种和 108 种, 分别比对照样带增加了 9 种和 38 种; 已淹区段种子库密度为  $(12667 \pm 2225.25)$  粒/m<sup>2</sup>、未淹区段为  $(38013 \pm 9796.04)$  粒/m<sup>2</sup>、对照样带为  $(18715 \pm 8234.77)$  粒/m<sup>2</sup>, 与对照样带土壤种子库总密度相比, 已淹区段降低了 32.32%, 未淹区段增加了 103.12%, 都以草本植物占绝大多数比例, 且 1 年生草本所占比例大于多年生草本所占比例。土壤种子库的生物多样性指数、丰富度指数和均匀度指数与地表植被变化相一致, 但变化幅度较小。消落带已淹区段、未淹区段、对照样带地表植被和土壤种子库共同出现的物种数分别为 9, 40 和 15 种, 土壤种子库和地表植被间 Sorensen 相似性系数分别为 0.328, 0.241, 0.186, 表明三峡库区消落带水淹初期区域整体相似系数较低, 这与消落带形成时间短有很大的关系。

**关键词:** 三峡库区; 消落带; 水淹初期; 地上植被; 土壤种子库

### Relationship between standing vegetation and soil seed bank in Water-level-fluctuating Zone of Three Gorges Reservoir at the beginning after charging water

WANG Xiaorong, CHENG Ruimei\*, XIAO Wenfa, GUO Quanshui, FENG Xiaohui, WANG Ruili

Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, the State Forestry Administration; Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China

**Abstract:** Relationship between standing vegetation and soil seed bank in flooded area, non-flooded area and control area in water-level-fluctuating Zone of Three Gorges Reservoir at the beginning after charging water was studied with a germination method. The results showed that the standing vegetation was composed of 100 species in 71 genera of 47 families in flooded area, and 223 species in 163 genera of 84 families in non-flooded area, and, the main families were *Asteraceae*, *Leguminosae*, *Poaceae*, *Rosaceae*, *Cyperaceae*. The species life of the standing vegetation is mainly composed of annual herbaceous species which had a short growth cycle and strongly adaptability accounted for majority proportion. Shrub and fluorecence accounted for 19% in flooded area. In non-flooded area, annual herbaceous species, perennial herbage species, shrub, fluorecence and arbor accounted respectively for 20.45%, 36.36%, 28.28%, 15%. The life form percentage in control area which existed the original vegetation were respectively 23.24%, 28.18%, 32.02%, 17.05%. Compared with those in control area, both species diversity indices and richness indices of the standing vegetation decreased

**基金项目:** 中国林业科学研究院公益基金资助项目(CAFYBB2007023, CAFYBB200717); 国家林业科技支撑计划资助项目(2006BAD03A1302/03, 2006BAD03A07)

收稿日期: 2009-10-17; 修订日期: 2009-12-31

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chengrm@forestry.ac.cn.

significantly in flooded area, and however increased significantly in non-flooded area. Evenness indices were all decreased in both flooded and non-flooded area. The species number of the seed bank in flooded area and non-flooded area were respectively 79 and 108, with 9 and 38 species more than that in control area. There existed significant differences in the soil seed bank among flooded area, non-flooded area and control area, with an average seed density being  $(12667 \pm 2225.25)$  seed banks per  $m^2$ ,  $(38013 \pm 9796.04)$  seed banks per  $m^2$  and  $(18715 \pm 8234.77)$  seed banks per  $m^2$ , respectively. Compared with control area, flooded area had lower seed bank density by 32.32% and non-flooded area had higher seed bank density by 103.12%. Herbaceous species accounted for majority proportion in these two sites, and annual herbaceous species seeds were higher proportion than that of the perennial herbaceous. The indices of biodiversity, richness, evenness of the seed bank had similar trends to the standing vegetation, with a smaller extent of the change. There were 9, 40, and 15, co-occurrence species in both the standing vegetation and the seed bank respectively in flooded area, non-flooded area and control area. Their Sorensen similarity coefficients of species composition between the seed bank and the standing vegetation were respectively 0.328, 0.241 and 0.186. The results indicated similarity coefficients were lower in the water-level-fluctuating Zone of Three Gorges Reservoir at the beginning after charging water, and soil seed bank of dominant species that did not quickly form dominant communities in the standing vegetation. Which had a great relationship with the shorter formation time of water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir.

**Key Words:** Three Gorges Reservoir; water-level-fluctuating zone; the beginning after charging water; standing vegetation; soil seed bank

土壤种子库是指存在于土壤上层凋落物和土壤中的全部存活种子<sup>[1]</sup>。由于土壤种子库中积累了不同时期和环境条件下地表植物产生的种子,一定程度上反映了过去的植被状况,同时也预期了未来的植被结构和演替动态,对生态系统恢复和未来植被的构成至关重要,是植物群落更新发展的重要基础之一<sup>[2-3]</sup>,特别是在干扰严重且频繁的区域,种子库对地表植被的影响具有更显著的影响<sup>[4]</sup>。近几十年来,在人为植被恢复和重建的过程时,土壤种子库的作用成为国内外许多专家关注和研究的热点之一。不同植被类型土壤种子库研究频见报道,如 Fisher 等<sup>[5]</sup>关于入侵物种丰富的林地内土壤种子库物种组成变化对生物多样性的抑制、Poiani 等<sup>[6]</sup>关于临时性水淹对半永久性草原湿地种子库物种组成的影响作用,刘文治等<sup>[7]</sup>对河岸性水库湿地种子库及其在植被演替中的应用,以及 Arroyo<sup>[8]</sup>关于种子库物种变化与成年植株间的关系等等,这些研究工作已经取得的研究成果,可为种子库研究提供一定的借鉴。然而,过去的研究主要集中在森林、草地、湿地、废弃矿地、荒漠等生境类型的研究,对三峡库区这种具有生态的敏感性、影响范围较大的特殊区域,水位涨落所产生的大面积消落带区域内土壤种子库和地上植被之间的关系研究却鲜见报道。

三峡大坝的修建,形成人类历史上最大型的反季节性水库。2007年三峡水库实验性蓄水至156 m,人为对自然植被的破坏、水土资源不合理利用以及自然条件下水文状况的彻底改变,区域生态系统产生了严重的生态退化现象<sup>[9]</sup>。另外,季节性水位涨落导致区域内光照、压力、氧含量等环境因素改变,引起原有植被的分布<sup>[10-11]</sup>、物种组成、丰富度、覆盖度<sup>[12]</sup>与生态功能等一系列变化,同时也改变了土壤内氧气、营养和光照条件<sup>[10]</sup>,从而会显著影响种子库的物种组成和种子萌发格局<sup>[4]</sup>。特别是局部消落带淹水一年,土壤环境承受了由干到湿的剧烈变化,地上植被和土壤种子库势必会对此种变化产生响应,研究此时地上植被和土壤种子库相互之间的关系,对研究消落带的植被变化动态具有重大意义。本文选取三峡库区典型消落带回水区,通过对比已淹区段、未淹区段和对照区段,将地上植被和土壤种子库联系起来耦合研究,探讨水淹初期土壤种子库与地上植被间的关系,旨在为长期动态研究区域消落带种子库变化积累数据,为植被恢复和重建提供科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域概况

研究区域紧邻三峡大坝,其地理位置为北纬  $30^{\circ}38'14''$ — $31^{\circ}11'31''$ ,东经  $110^{\circ}00'04''$ — $110^{\circ}18'41''$ 。气候

属亚热带大陆性季风气候,气候温暖湿润,四季分明,雨热同季,热量充沛。年平均气温为 17.9℃,≥10℃ 积温 5723.6℃,年平均降水量为 1006.8mm,年日照时间 1631.5h,无霜期年平均为 260d 左右。消落带回水区内地形起伏较大,易风化岩层出露较多,降雨多且集中,水土流失极其严重。

样地海拔在 145—185m 范围内,平均坡度为 32°,土壤为黄壤和黄棕壤。原生植被类型为针阔混交林和针叶林,其中,乔木以马尾松(*Pinus massoniana*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、白栎(*Quercus fabri*)、欆木(*Loropetalum chinense*)等为主,灌木主要有牡荆(*Vitex negundo* var. *cannabifolia*)、山胡椒(*Lindera glauca*)等,草本主要有芒(*Miscanthus sinensis*)、栗褐苔草(*Carex brunnea*)等,受人为种植、清库和初期水淹等因素影响,消落带内原生植被早已消失,产生了次生灌丛和弃耕地为主的植被类型。

## 1.2 试验材料与方法

按照三峡水库预定运行调度方案,每年汛期(6—9 月份)水库水位降至最低的 145m,于 10 月底开始蓄水到最高水位 175m 且保持到 12 月份,而后水位又重新逐次降低,这样在 1a 内库区周围形成垂直距离为 30m 的消落带区域<sup>[9]</sup>。2008 年 7 月份初选取秭归县消落带回水区作为试验点,进行土壤种子库采样和地上植被调查。

### 1.2.1 样地设置和采样方法

选取消落带内次生灌丛和弃耕地样地各 2 块,次生灌丛位于 145—185 m 区段,弃耕地 145—175 m 区段(175 m 以上仍为耕地,不存在原生植被)。采用典型样带法,以海拔 145 m、155 m、165 m、175 m 和 185 m 为分界线,将每个典型样地连续划分为已淹区段(145—155 m);未淹区段(155—165 m、165—175 m)3 段高程,且将存有原生植被的消落带缓冲带(175—185 m)作为对照样带。

每个样带上、下分界线两端各设置相邻的 4 个 5 m × 5 m 样方,进行乔灌木调查,且每个灌木样方中央设置 1 个 1 m × 1 m 的草本样方,调查地表现存植被种类和生长情况。于每个 5 m × 5 m 样方的中心位置取一个 20 cm × 20 cm × 10 cm 土柱,分为 0—2 cm、2—5 cm 和 5—10 cm 3 层取样,将同一区段内相向的 4 个土柱同层土样混合作为一份样品,共 4 次重复,共取 84 份土样。

### 1.2.2 萌发

种子库萌发实验在中国林科院自动控温温室内进行。将采集的土样过 4mm 筛子,除去石块和杂质等后混合均匀,分为两份,平铺于装有厚度约为 3cm 的干沙作为基质(用烘箱经过 120℃ 高温烘烤 12h,确保沙子内的种子死亡)、大小为 50cm × 50cm 的萌发盘内,厚度大约为 1—2cm,重复 2 次。温室内光照充足,温度为 20—25℃,每天适时浇水,保持土壤表面湿润,保证土壤中的种子能够尽可能充分萌发。4d 为一个统计周期,鉴定幼苗,记录萌发幼苗的种类和数量,同时将其去除。未辨认出的幼苗移栽到单个花盆,待其长大直至可鉴定为止。当萌发数量较少时翻动土壤,保证其继续萌发,直至连续 2 周无种子萌发为止。萌发试验于 2008 年 8 月 17 日开始,到 2009 年 2 月 11 日结束,历时近 6 个月。

## 1.3 数据分析

将取样面积内的种子数量换算成 1m<sup>2</sup> 的数量,以  $\log(x+1)$  进行对数转换后,利用单因素方差分析(one-way ANOVA)的方法计算不同样带不同植被类型种子库密度的差异。

参照李吉玫<sup>[13]</sup>等人的研究,选取 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 丰富度指数、Pielou 均匀度指数,来反映已淹消落带、未淹消落带、对照样带等生境类型内地上植被和种子库的物种组成变化特征。

$$\text{Simpson 多样性指数} \quad D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数} \quad H = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i)$$

$$\text{Margalef 丰富度指数} \quad D = \frac{S - 1}{\ln N}$$

$$\text{Pielou 均匀度指数} \quad E = H / \ln S$$

式中,  $N$  表示全部种的个体总数;  $N_i$  表示种  $i$  的个体数;  $P_i$  为第  $i$  个物种占总物种数的比例;  $S$  表示物种数。

地表植被重要值的计算方法:

$$\text{重要值} = \text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}$$

土壤种子库植物重要值的计算方法:

$$\text{重要值} = \text{相对密度} + \text{相对频度}$$

$$\text{相对密度} = \frac{\text{某个种的个体数}}{\text{所有种的个体总数}} \times 100$$

$$\text{相对盖度} = \frac{\text{某个种的盖度}}{\text{所有种的盖度}} \times 100$$

$$\text{相对频度} = \frac{\text{某个种的频度}}{\text{所有种的频度}} \times 100$$

种子库与地表植被的相似性采用 Sorensen 的相似性系数计算:

$$SC = 2w / (a + b)$$

式中,  $w$  为种子库和地表植被共有物种数;  $a$  为土壤种子库中的物种数;  $b$  为地表植被的物种数。

## 2 结果与分析

### 2.1 消落带地表植被特征

#### 2.1.1 地表植被物种组成

如表 1 所示, 消落带已淹区段内地表植被共有 100 种物种, 隶属于 37 科 77 属。优势科为菊科、禾本科、莎草科、豆科、玄参科, 分别占此区域总科数的 14.14%、13.13%、7.07%、6.06%、6.06%; 物种内优势灌木为乌桕 (*Sapium sebiferum*)、马棘 (*Indigofera pseudotinctoria*)、苕麻 (*Boehmeria nivea*); 优势草本为毛马唐 (*Digitaria chrysoblephara*)、雾水葛 (*Pouzolzia zeylanica*)、狗尾草 (*Setaria viridis*)、牛筋草 (*Eleusine indica*)。植物组成以一些 1 年生草本和部分多年生草本为主 (图 1), 这些物种虽然不是耐淹物种, 但其生长周期相对较短、适应性强, 退水后迅速占领此地, 在水位上升前能够完成生活史。而灌木和乔木则较少, 两者共占 19%, 可见长时间淹水不利于原有乔灌木的生长。未淹区段地表植被共

有 223 种物种, 隶属于 84 科 163 属。优势科为菊科、豆科、禾本科、蔷薇科、莎草科, 分别占此区段总科数的 9.13%、8.68%、7.31%、6.85%、4.57%; 优势灌木为栓皮栎 (*Quercus variabilis*)、欆木、白栎、木蜡树 (*Toxicodendron sylvestri*)、杜鹃花 (*Rhododendron simsii*); 优势草本为栗褐苔草、渐尖毛蕨 (*Cyclosorus acuminatus*)、临时救 (*Cleome viscosa*)、芒、柔枝莠竹 (*Microstegium vimineum*)。物种生活型组成格局和对照样带较相似, 分别是 1 年生草本占 20.45%, 多年生草本占 36.36%, 灌木或藤本占 28.18%, 乔木占 15% (图 1), 可见人为清库导致地表高大乔灌木消失, 大部分原有物种通过萌生而继续生长, 使得植物生活型格局没有较大变化, 但林隙空间变得空阔, 增加了土壤种子库及外来种子的萌发机会, 导致此区段物种种类和数量增加。对照样带共有 90 种物种, 隶属于 47 科 71 属。优势科为蔷薇科、豆科、菊科、大戟科, 分别占此区段总科数的 9.09%、7.96%、7.96%、5.68%; 优势灌木为欆木、马尾松、白栎; 优势草本为铁苋菜 (*Acalypha australis*)、金鸡脚 (*Phymatopsis hastata*)、苏门白酒草 (*Guernsey fleabane*)、栗褐苔草、细穗腹水草 (*Veronicastrum stenotachyum*)。整体来看, 3 种生境内地上植被优势物种种类已经出现较大差异, 干湿环境下植物生活型格局也

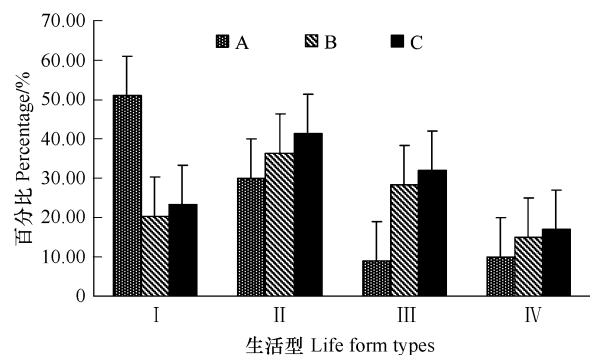


图 1 已淹区段、未淹区段、对照样带地上植被生活型比较

Fig. 1 Comparison of life form of the standing vegetation in flooded area, non-flooded area and control area

A: 已淹区段 B: 未淹区段 C: 对照样带; I: 1 年生草本; II: 多年生草本; III: 灌木或藤本; IV: 乔木

发生了很大变化,说明消落带水位涨落势必将打破原有的植被分布格局,产生新的适应性类型。

表 1 不同区段地上植被优势物种的数量特征

Table 1 Quantity characteristics of dominant species of standing vegetation in different transects

优势草本重要值 Important value of dominant herbaceous species				优势灌木重要值 Important value of dominant shrub species			
物种 Species	I	II	III	物种 Species	I	II	III
半边旗 <i>Pteris semipinnata</i>		5.13		白背叶 <i>Mallotus apelta</i>		3.13	
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	9.54			白栎 <i>Quercus fabri</i>	16.26	20.96	20.49
春兰 <i>Cymbidium goeringii</i>			12.19	白檀 <i>Symplocos paniculata</i>	14.79		
酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	3.76		13.69	白叶莓 <i>Rubus innominatus</i>		8.31	11.40
大狼把草 <i>Bidens tripartita</i>	10.95			板栗 <i>Castanea mollissima</i>		5.69	
大理苔草 <i>Carex taliensis</i>			5.27	茶树 <i>Camellia sinensis</i>		3.44	
杠板归 <i>Polygonum perfoliatum</i>		4.97		槲木 <i>Aralia chinensis</i>		8.26	
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	14.17			地果 <i>Ficus tikoua</i>		6.31	
鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>		7.01	5.73	杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i>		14.72	11.25
渐尖毛蕨 <i>Cyclosorus acuminatus</i>		14.76		柑桔 <i>Citrus reticulata</i>		8.18	
江南卷柏 <i>Selaginella moellendorffii</i>			5.04	华山矾 <i>Symplocos chinensis</i>	9.79		
金鸡脚 <i>Phymatopsis hastata</i>			17.90	化香 <i>Platycarya strobilacea</i>		3.86	6.60
金荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i>		10.43		黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>		7.11	7.62
金色狗尾草 <i>Setaria glauca</i>	5.08			欆木 <i>Loropetalum chinensis</i>		22.80	38.66
荩草 <i>Arthraxon hispidus</i>		5.24		苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>			6.87
具芒碎米莎草 <i>Cyperus microiria</i>	21.27			麻栎 <i>Quercus acutissima</i>			5.15
魁蒿 <i>Artemisia princeps</i>		6.52		马棘 <i>Indigofera pseudotinctoria</i>	42.63		
阔鳞鳞毛蕨 <i>Dryopteris championii</i>			11.39	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>		6.71	37.92
鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	11.88			美丽胡枝子 <i>Lespedeza formosa</i>		12.04	
栗褐苔草 <i>Carex brunnea</i>		15.22	15.89	牡荆 <i>Vitex agnus</i>		8.85	12.14
临时救 <i>Cleome viscosa</i>		14.17		木蜡树 <i>Toxicodendron sylvestri</i>		17.48	11.77
马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	4.60			三裂叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis delavayana</i>		6.17	
麦冬 <i>Ophiopogon japonicus</i>			6.88	山胡椒 <i>Lindera glauca</i>		5.32	
芒 <i>Miscanthus sinensis</i>		14.01	7.76	山莓 <i>Rubus corchorifolius</i>		5.42	
毛马唐 <i>Digitaria chrysoblephara</i>	46.59		9.08	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>			12.15
美丽鳞毛蕨 <i>Dryopteris laeta</i>		6.69		柿子树 <i>Diospyros kaki</i>	12.91		
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	14.10			栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i>	30.15	30.42	10.39
柔枝莠竹 <i>Microstegium vimineum</i>	7.08	12.81		算盘子 <i>Glochidion puberum</i>	19.98	3.73	
三脉紫菀 <i>Aster ageratoides</i>		4.04		乌柏 <i>Sapium sebiferum</i>	44.06	4.42	
商陆 <i>Phytolacca acinosa</i>	4.08			乌泡子 <i>Rubus parkeri</i>			8.57
蛇莓 <i>Duchesnea indica</i>			5.87	小槐花 <i>Desmodium caudatum</i>		7.03	
十字苔草 <i>Carex cruciata</i>		8.90	9.24	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	11.91	10.65	9.09
鼠曲草 <i>Gnaphalium affine</i>	7.82			苧麻 <i>Boehmeria nivea</i>	40.70	9.92	
苏门白酒草 <i>Guernsey fleabane</i>	5.17	6.48	16.02				
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>	4.50		19.68				
五月艾 <i>Artemisia indica</i>	6.02	7.65	14.14				
雾水葛 <i>Pouzolzia zeylanica</i>	38.69	4.48	6.93				
豨签 <i>Siegesbeckia orientalis</i>	11.25	4.92					
细穗腹水草 <i>Veronicastrum stenostachyum</i>		5.49	15.37				
小飞蓬 <i>Comniza canadensis</i>	3.27		5.02				
序叶苧麻 <i>Boehmeria clidemioides</i>		5.47					
鸭跖草 <i>Commelina communis</i>			8.67				
野苘蒿 <i>Crassocephalum crepidioides</i>	4.62						
叶下珠 <i>Phyllanthus urinaria</i>	4.66		8.52				
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>			10.40				
硬杆子草 <i>Capillipedium assimile</i>		5.39					
紫色翼蓴 <i>Atorenia violacea</i>			10.88				

I 为已淹区段 Flooded area; II 为未淹区段 Non-flooded area; III 为对照样带 Control area

### 2.1.2 地表植被生物多样性

从表 2 可知,与对照样带相比,已淹区段与未淹区段都发生了较大变化,说明三峡库区消落带内人为干扰对地表植物群落影响显著。其中,未淹区段生物多样性指数明显升高,Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Margalef 丰富度指数分别增加了 1.24%、13.75%、96.96%;而已淹区段却具有相反趋势,表现为明显降低,分别减少了 3%、31.37%、0.21%。Pielou 均匀度指数都低于对照样带,已淹区段和未淹区段分别降低了 12.33%、5.63%。

表 2 不同样带类型地表植被生物多样性指数比较

Table 2 Comparison of several ecological indices of vegetation in different transects

样带类型 Transect types	Simpson 指数 Simpson index	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	Margalef 指数 Margalef index	Pielou 指数 Pielou index
已淹区段 Flooded area	0.935	1.513	12.889	0.327
未淹区段 Non-flooded area	0.976	1.911	25.440	0.352
对照样带 Control area	0.964	1.680	12.916	0.373

## 2.2 土壤种子库特征

### 2.2.1 土壤种子库密度及物种组成

由图 2 可知,与对照样带比较,经人为干扰后的消落带土壤种子库变化较明显,其种子储量分别为已淹区段 ( $12667 \pm 2225.25$ ) 粒/ $m^2$ 、未淹区段 ( $38013 \pm 9796.04$ ) 粒/ $m^2$ 、对照样带 ( $18715 \pm 8234.77$ ) 粒/ $m^2$ ,说明水淹导致消落带种子库密度明显降低,这和王正文<sup>[13]</sup>等在松嫩平原的研究结果相同,而清库却提高了土壤种子库密度。根据方差分析,已淹区段和未淹区段内部种子库密度都存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ),而对照样带差异性不显著,这与消落带内不同植被类型有很大关系。同时,已淹区段和未淹区段间种子库密度存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ),而两者与对照样带却不存在显著差异,说明水淹一年整体上并没有彻底改变三峡库区土壤种子库的种子储量,但水淹和人为清库干扰使得消落带土壤种子库的响应方向不同,二者间存在极显著差异性。

3 种生境土壤种子库的物种种类,已淹区段、未淹区段、对照样带分别出现了 79 种、108 种、70 种植物,说明初期水淹和清库等人为干扰增加了物种种类。其中,已淹区段 1 年生草本占 55.26%,多年生草本占 39.47%,灌木或藤本占 5.26%,且以鼠曲草 (*Gnaphalium affine*)、毛马唐、水田碎米荠 (*Cardamine lyrate*)、细穗腹水草、巴东过路黄 (*Lysimachia patungensis*) 为优势物种,占此生境类型 52.80%;未淹区段 1 年生草本占 49.52%,多年生草本占 37.14%,灌木和藤本占 11.43%,乔木占 1.90%,且以鼠曲草、球序卷耳 (*Cerastium glomeratum*)、一年蓬 (*Erigeron annuus*)、匍茎通泉草 (*Mazus miquelii*)、天蓬草 (*Stellaria alsine*)、知风草 (*Eragrostis ferruginea*) 为优势物种,占此生境类型 49.01%;对照样带 1 年生草本占 50%,多年生草本占 38.24%,灌木和藤本占 11.76%,且以球序卷耳、鼠曲草、母草 (*Lindernia crustacea*)、紫色翼萼 (*Atorenia violacea*)、具芒碎米莎草为优势物种,占此生境类型 53.44%,可见土壤种子库都以草本植物占绝大多数的比例,且 1 年生草本所占比例大于多年生草本所占比例。另外,3 种生境土壤种子库共同优势物种只有鼠曲草,并且其所占比例相差不大,可能与鼠曲草的物种特性有关,其生态位宽度较广,对干湿变化的环境具有较好的适应性能,再生途径为可广泛散布的种子。

### 2.2.2 土壤种子库物种多样性

从图 3 可以看出,与对照样带土壤种子库物种多样性比较发现,消落带土壤种子库和地上植被具有一致

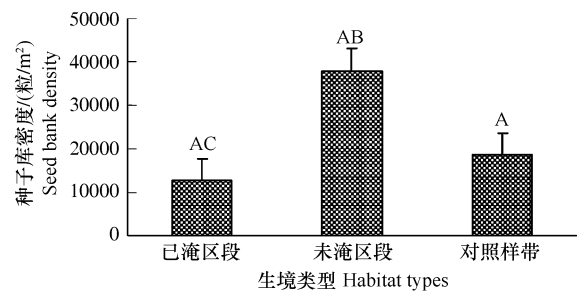


图 2 不同区段土壤种子库密度

Fig. 2 Seed bank density in different transects



变化。其中,未淹区段 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Margalef 丰富度指数分别增加了 1.26%、8.46% 和 29.35%,已淹区段分别降低了 3.81% 和 3.06%,而 Margalef 丰富度指数在此区段则为增加了 9.87%,和地上植被变化相反。Pielou 均匀度指数和地上植被变化相一致,已淹区段和未淹区段分别降低了 5.74% 和 1.58%,可见消落带土壤种子库物种多样性变化幅度较小,相比地上植被多样性变化不是特别明显。

#### 2.4 土壤种子库物种组成与地表植被物种组成的关系

地上植被与土壤种子库的种类组成及其数量特征有着不可分割的制约关系。一方面,地上植被是种子库中许多种类的直接来源,地上植被的生物学节律及季节变化影响着土壤种子库的动态。另一方面,土壤种子库中的种子能够直接参与地上植被的更新和演替,其中的种类、数量以及多样性指数可以携带较多的群落演替潜在趋势的信息<sup>[14]</sup>。但不同干扰状况往往会打破此种关系的连续性,导致许多不同生境的地上植被和土壤种子库关系也表现出不同特点。

从表 3 可知,已淹区段、未淹区段、对对照样带土壤种子库和地表植被共同出现的物种数分别为 29,40 和 15 种。与对对照样带相比,已淹区段和未淹区段地表植被与土壤种子库物种数量都有显著的增加,地表植被种类分别增加了 11.11% 和 147.77%,土壤种子库种类分别增加了 8.45% 和 53.52%。同时,二者共同出现的物种增加,导致其相似系数分别增加了 76.34% 和 29.57%,水淹和清库人为活动干扰,大大增加了种子萌发机会,使地上植被更新更多的依靠土壤种子库所储存的种子。另外,虽然消落带内物种种类有所增加,但三峡消落带区域整体相似系数较低,这和消落带形成时间短有很大的关系,可能未来伴随着水分淹没对土壤中种子种类的选择,会进一步提高地表植被和土壤种子库物种的相似度。

表 3 不同样带类型土壤种子库与地表植被物种组成的关系

Table 3 Relationship of species composition between seed bank and standing vegetation in different transects

样带类型 Transect types	地表植被 总物种数 Total species recorded in vegetation	种子库 总物种数 Total species recorded in seed bank	仅地表存 在的物种数 Species recorded only in vegetation	仅种子库存 在的物种数 Species recorded only in seed bank	二者共有物种数 Species recorded both in seed bank and vegetation	相似性系数 Similarity coefficient
已淹区段 Flooded area	100	77	71	48	29	0.328
未淹区段 Non-flooded area	223	109	183	69	40	0.241
对对照样带 Control area	90	71	75	56	15	0.186

本文将地表植被和土壤种子库出现的优势物种分为 4 类, I 类为地上植被和种子库都具有很大比例, II 类为地表植被占很大比例,而种子库的比例较小, III 类为种子库占很大比例,而地表植被的比例较小, IV 类为地上植被和种子库都具有较小比例。选择消落带已淹区段、未淹区段、对对照样带内地表植被草本物种与土壤种子库的种子占各自总重要值比例大于 70% 的优势物种相比较(图 4),结果发现已淹区段的共同优势物种有 4 种,其中毛马唐和雾水葛属于第 II 类,鼠曲草属于第 III 类,具芒碎米莎草属于第 IV 类;未淹区段内只有细穗腹水草一种共同优势物种,且属于第 IV 类;对对照样带内雾水葛、紫色翼萼和叶下珠 3 种,属于第 IV 类。从所有的优势物种来看,土壤种子库中优势物种的生活型都是草本,以 1 年生草本为主,而多年生草本却相对缺乏,且土壤种子库存在的物种没有迅速在地表植被中形成优势度较高的群落,说明此阶段消落带还处于过渡状态。

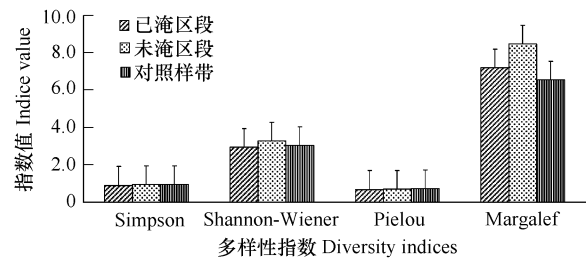


图 3 不同区段土壤种子库物种多样性指数

Fig. 3 Species diversity index in the soil seed bank of different transects

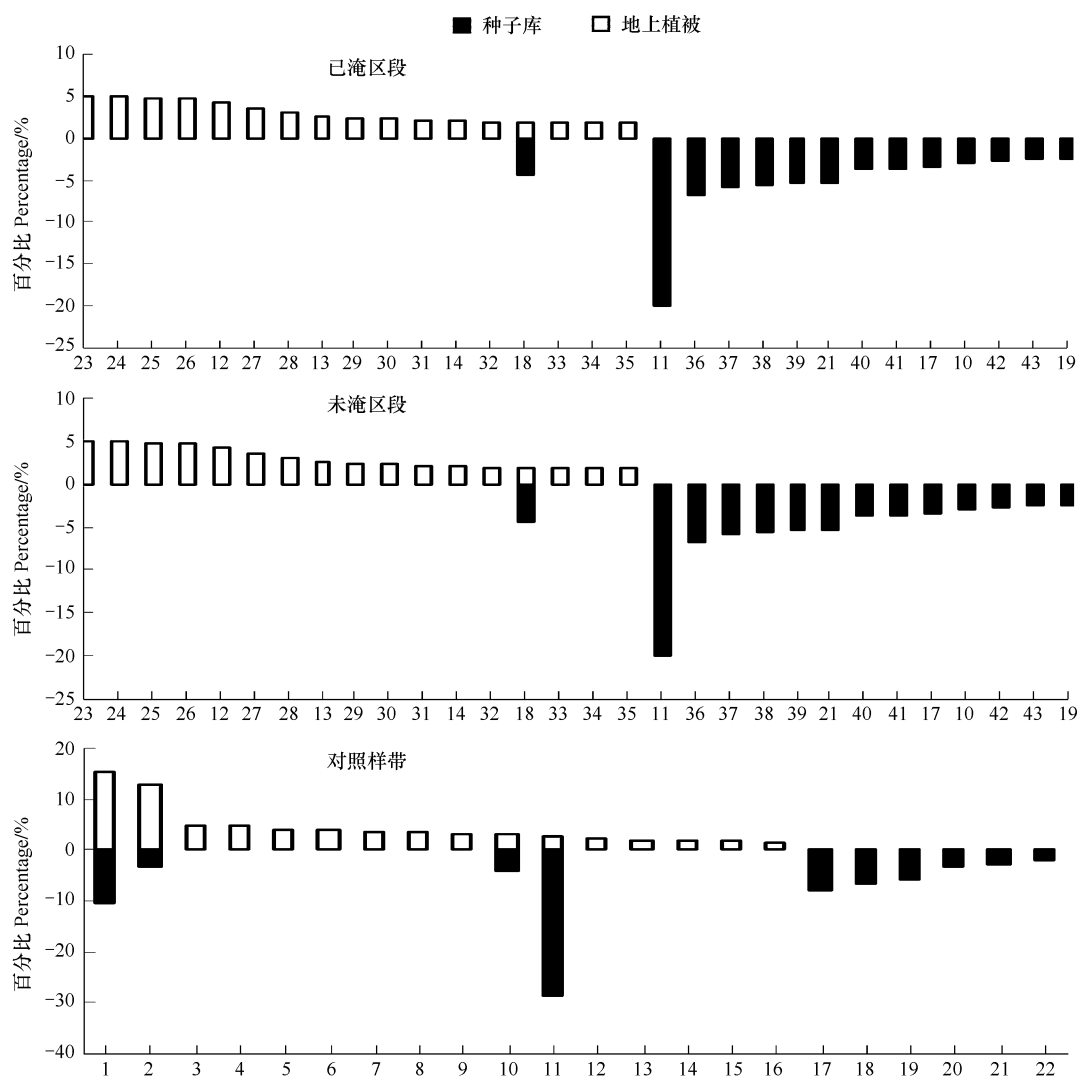


图4 已淹区段、未淹区段、对比样带土壤种子库和地上植被优势物种比较

Fig. 4 Comparison of predominant species composition between soil seed bank and standing vegetation in flooded area, non-flooded area and control area

1 毛马唐 *D. chrysoblephara*; 2 雾水葛 *P. zeylanica*; 3 狗尾草 *S. viridis*; 4 牛筋草 *E. indica*; 5 鳢肠 *E. prostrata*; 6 豨薟 *S. orientalis*; 7 大狼把草 *B. tripartita*; 8 碎米莎草 *C. iria*; 9 苍耳 *X. sibiricum*; 10 具芒碎米莎草 *C. microiria*; 11 鼠曲草 *G. affine*; 12 柔枝莠竹 *M. vimineum*; 13 五月艾 *A. indica*; 14 苏门白酒草 *C. sumatrensis*; 15 金色狗尾草 *S. glauca*; 16 叶下珠 *P. urinaria*; 17 水田碎米荠 *C. lyrata*; 18 细穗腹水草 *V. stenostachyum*; 19 巴东过路黄 *L. patungensis*; 20 地果 *F. tikoua*; 21 知风草 *E. ferruginea*; 22 香附子 *C. rotundus*; 23 栗褐苔草 *C. brunnea*; 24 渐尖毛蕨 *C. acuminatus*; 25 临时救 *L. congestiflora*; 26 芒 *M. sinensis*; 27 金荞麦 *P. cymosum*; 28 十字苔草 *C. cruciata*; 29 五月艾 *A. indica*; 30 美丽鳞毛蕨 *D. laeta*; 31 魁蒿 *A. princeps*; 32 鬃毛蓼 *P. spp*; 33 序叶苧麻 *B. clidemioides*; 34 硬杆子草 *C. assimile*; 35 荩草 *A. hispidus*; 36 球序卷耳 *C. glomeratum*; 37 一年蓬 *E. annuus*; 38 匍茎通泉草 *M. miquelii*; 39 天蓬草 *S. uliginosa*; 40 无瓣蔊菜 *R. dubia*; 41 黄鹌菜 *Y. japonica*; 42 漆姑草 *S. japonica*; 43 婆婆纳 *V. didyma*; 44 铁苋菜 *A. australis*; 45 金鸡脚 *P. hastata*; 46 酢浆草 *O. corniculata*; 47 春兰 *C. goeringii*; 48 阔鳞毛蕨 *D. austriaca*; 49 紫色翼萼 *T. violacea*; 50 鸭跖草 *C. communis*; 51 麦冬 *O. japonicus*; 52 蛇莓 *D. indica*; 53 母草 *L. crustacea*; 54 繁缕 *S. media*

### 3 结论与讨论

三峡大坝的修建以及高强度不合理的水土资源开发极大的改变了流域自然水文条件,导致此区域内生态环境出现了严重的生态退化,地表植被和土壤种子库物种组成和结构都发生了较大改变,其突出的特点是优势物种发生退化,植物生活型发生改变,地表植被盖度降低,出现了次生演替的生态现象。

就地上植被而言,与对试样带相比,水淹和人为清库等活动增加了地表植被的物种类型,已淹区段和未淹

区段分别增加了 10 种和 133 种,却降低了地表植被的盖度。分析其原因主要是三峡水库为使航运通畅,将库区消落带内所有高大乔灌木进行人工清理,严重降低了植被覆盖度,增加了外来物种进入消落带的机会,同时也增加了土壤种子萌发所需的光照条件。已淹区段土壤长时间反季节性浸泡于水中,大量原生植被和土壤种子因无法忍受长时间淹没而失活。退水后许多 1 年生草本进入此区域,增加了物种数量,但规模相对较小,致使已淹区段物种盖度很低,呈现似荒漠化现象;未淹区段未经过江水长时间淹没,暂时许多原生植被通过萌生得以恢复,再者外来物种的进入,大大丰富了物种种类和数量,其盖度相对良好。就物种生活型而言,已淹区段主要以 1 年生草本为主,比如毛马唐、雾水葛、狗尾草、牛筋草,这些物种主要为喜阳的野生杂草,其适应性较强,生态位较宽广,成为退水后的优势物种;未淹区段主要以萌生的原生植被为主,如栓皮栎、檫木、白栎、木蜡树、杜鹃花,其中还生长着许多多年生草本,如栗褐苔草、渐尖毛蕨、临时救、芒等,既包含喜阴植物又有喜阳植物,说明清库产生了许多异质性小环境,有利于多种植物类型生存,导致此区域物种类型的增加,但未淹区段生活型分布格局和对照样带相差较小,可见清库造成的物种结构变化程度较水淹影响小的多。根据生物多样性指数结果来看,与对照样带相比,未淹区段内物种 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Margalef 丰富度指数都有显著增加,而已淹区段虽然植物种类略有增加,但其生物多样性指数和未淹区段相反,表现为降低的趋势,这与其物种数量少、盖度小有较大关系。经过一年水淹后,此区域内许多物种虽然存在,但数量极度减少,不适应水淹环境的物种发生了边缘化现象,导致已淹区段的生物多样性较对照样带有所降低。

就土壤种子库而言,与对照样带相比,已淹区段内土壤种子密度有显著的降低,未淹区段却显著增加。可能是长时间水淹不利于土层中种子保存,或者是水淹造成了种子物种的生理休眠<sup>[15]</sup>,其需要特殊的萌发条件,导致其种子库储量降低<sup>[16]</sup>,这和 Peterson<sup>[17]</sup> 研究相一致,认为水位波动不利于种子库的建立。刘贵华<sup>[4]</sup> 等也认为水位变化的强度、持续时间和变化频率等水文条件的改变都会显著影响土壤种子库续存量。而未淹区段由于地上植被被清库的原因,产生了许多裸露的土壤缀块,同时土壤表层腐殖质层减少,造成了附近的植物繁殖体由于缺失了进入土壤的阻碍,提高了土壤种子库储量。与对照样带土壤种子库物种相比而言,已淹区段和未淹区段土壤种子库物种变化与地上植被相一致,分别增加了 9 种和 38 种,说明初期水淹和清库等人为干扰会增加土壤物种种类。已淹区段、未淹区段和对照样带土壤种子库植物中 1 年生草本所占比例都在 50% 左右,且水淹使得灌木植物种子所占土壤种子库的比例降低,草本植物种子比例明显增加,这和 Capson<sup>[18]</sup> 对荒漠冲洪积平原漫溢干扰影响下的土壤种子库研究结果相一致。而未淹区段土壤种子库内,虽然物种组成有所变化,但其生活型格局和对照样带没有多少变化。同时,土壤种子库物种多样性指数与地表植被变化趋势相同,但变化幅度较地上植被较小,说明土壤种子库对干扰的响应比地上植被变化具有迟滞性,这和王相磊<sup>[19]</sup> 等在洪湖湿地研究退耕初期种子库的季节动态结果相一致,因为在干扰严重的生境内,植被是受干扰的直接受体,使得群落组成和结构极易发生改变,而种子由于小而易于埋藏在土壤内<sup>[20]</sup>,且许多物种具有休眠的特性可以很好的适应不利的环境,成为未来植被恢复的潜在资源。

土壤种子库与地上植被的物种组成之间的关系,目前还存在很大争议,刘文治<sup>[7]</sup> 等对丹江口水库消落带种子库和地上植被研究发现二者相似性较低,为 0.44,而李吉玫<sup>[13]</sup> 等在研究河水漫溢对塔里木河下游荒漠河岸林地地表植被与土壤种子库的影响中发现,漫溢区和非漫溢区土壤种子库与地表植被的相似系数分别是 0.842 和 0.667,认为河水漫溢提高了土壤种子库的生物多样性。本研究地上植被和土壤种子库相似性系数,已淹区段为 0.328,未淹区段为 0.241,较对照样带分别增加了 76.34% 和 29.57%。因为已淹区段土壤种子库内物种生活型主要以 1 年生草本占多数,使地上植被和土壤种子库相似性有较大的提高,这和李吉玫<sup>[3]</sup>、侯志勇<sup>[21]</sup>、Touzard<sup>[22]</sup> 和 Jame<sup>[23]</sup> 等研究结果相一致,即 1 年生草本植物为主的土壤种子库,其地上植被和土壤种子库物种组成相似性较高;而以多年生草本和灌木植物为主的土壤种子库,其地上植被和土壤种子库物种组成相似性较低。从土壤种子库与地上植被优势物种所占比例研究发现,无论是已淹区段还是未淹区段其比例都很小,但水淹增加了地表植被和土壤种子库优势物种的相似性,这一方面与已淹区段地上植被生长的 1

年生草本有关,其种子数量较多,重量较轻,当退水后草本种子更容易进入此区段,提升了优势物种地表和地下的比例,另一方面,可能受萌发条件或种子生理休眠作用的限制,致使以乔灌木为主的未淹区段,其优势物种的土壤种子不能彻底萌发。另外,刘贵华等<sup>[24]</sup>认为如果种子库的物种种类、数量和多样性指数高于地表植被的话,种子库对受损湿地植被具有很重要的作用,而本研究种子库无论在植物种类、数量还是多样性指数反而低于地上植被,说明暂时以土壤种子库作为三峡库区消落带植被恢复的主要手段不够现实。

三峡库区水位预定的特殊调度方式,无法保证在此地区所有植物生长季开始之前或者植物生命周期结束之后进行采样,为了保证取样的同时段性,本研究于夏季采样,且种子库和地上植被为同一年数据,可能对比二者关系上存在一定差异。因为土壤种子库中既包括过去的种子,特别是上一年的种子,也包括消落带以外的植物繁殖体,再者受萌发条件或种子生理休眠作用的限制,致使土壤内一部分种子不能彻底萌发生长,使得此时实验结果不能彻底反映地上植被和种子库的关系。所以,消落带种子库未来研究要进行长期动态研究,包括季节变化、年际变化、种子雨等,结合水位变化特征可以更好的揭示此区域土壤种子库对植被恢复的潜力。

#### References:

- [ 1 ] Simpson R L. Ecology of Soil Seed Bank. San Diego: Academic Press, 1989:149-209.
- [ 2 ] Xu H L, Li J M, Zhang Z J, Ye M, Wang Z R. Study on relation between soil seed bank and standing vegetation along different degradation levels of desert riverside forest in Lower Reaches of Tarim River. Journal of Desert Research, 2008, 28(4):657-664.
- [ 3 ] Li J M, Xu H L, Zhang Z J, Ye M, Wang Z R, Li Y. The characteristics of soil seed bank degraded areas in the lower reaches and standing vegetation in differently of Tarim River. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(8):3626-3636.
- [ 4 ] Liu G H, Xiao Z, Chen S F, Zhang Q F. The role of soil seed bank in wetland restoration and biodiversity conservation in the middle and lower reaches of the Yangtze River. Progress in Natural Science, 2007, 17(6):741-747.
- [ 5 ] Fisher J L, Loneragan W A, Dixon K, Veneklaas E J. Soil seed bank compositional change constrains biodiversity in an invaded species-rich woodland. Biological Conservation, 2009, 142(2):256-269.
- [ 6 ] Poiani K A, Johnson W C. Effect of hydroperiod on seed-bank composition in semipermanent prairie wetlands. Botany, 1989, 67(3):856-864.
- [ 7 ] Liu W Z, Zhang Q F, Liu G H. Seed banks of a river-reservoir wetland system and their implications for vegetation development. Aquatic Botany, 2009, 90(1):7-12.
- [ 8 ] Arroyo M T, Chacon P, Cavieres L A. Relationship between seed bank expression, adult longevity and aridity in species of Chaetanthera (Asteraceae) in central Chile. Annals of Botany, 2006, 98(3):591-600.
- [ 9 ] Wang Y, Wu J Q, Huang H W, Liu S B. Quantitative analysis of plant communities in water-level-fluctuation zone within Three Gorges Reservoir Area of Changjiang River. Journal of Wuhan Botanical Research, 2004, 22(4):307-314.
- [ 10 ] Lieffers V J. Emergent plant communities of Oxbow lakes in northeastern Alberta: Salinity, water-level fluctuation, and succession. Canadian of Botany, 1984, 62(2):310-316.
- [ 11 ] Urbanc-Bercic O, Gaberscik A. The relationship of the processes in the rhizosphere of common reed *phragmites australis*, (cav.) Trin. ex. Steudel to water fluctuation. International Review of Hydrobiology, 2004, 89(23):500-507.
- [ 12 ] Riis T, Hawes I. Effect of wave exposure on vegetation abundance, richness and depth distribution of shallow water plants in a New Zealand lake. Freshwater Biology, 2003, 48(1):75-88.
- [ 13 ] Li J M, Xu H L, Zhang Z J, Ye M, Wang Z R, Li Y. Characteristics of standing vegetation and soil seed bank in desert riparian forest in lower reaches of Tarim River under effects of river-flooding. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(8):1651-1657.
- [ 14 ] Wang Z W, Zhu T C. The seed bank features and its relations to the established vegetation following flooding disturbance on Songnen steppe. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(9):1392-1398.
- [ 15 ] Riddin T, Adams J B. The seed banks of two temporary open/closed estuaries in South Africa. Aquatic Botany, 2009, 90(4):328-332.
- [ 16 ] Xing F, Wang Y, Xu K, Yu L L, Lu X G. Characteristics of soil seed banks of community successional series in marshes in the Sanjiang Plain. Wetland Science, 2008, 6(3):351-358.
- [ 17 ] Peterson J E, Baldwin A H. Seedling emergence from seed banks of tidal freshwater wetlands: Response to inundation and sedimentation. Aquatic Botany, 2004, 78(3):243-254.
- [ 18 ] Capon S J, Brock M A. Flooding, soil seed bank dynamics and vegetation resilience of a hydrologically variable desert floodplain. Freshwater

Biology, 2006, 51(2):206-223.

- [19] Wang X L, Zhou J, Li W, Liu G H, Zhang X J. Seasonal dynamics of soil seed bank in Honghu wetland withdrawn from long-term rice culture. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(3):352-359.
- [20] Dang W G, Gao X M, Wang J F, Li A F. Soil seed bank traits in an area invaded by *Eupatorium adenophorum*. *Biodiversity Science*, 2008, 16(2):126-132.
- [21] Hou Z Y, Xie Y H, Yu X Y, Li F. Characteristics of soil seed bank in different water level areas after returning farmland into lake in Qingshanyuan of Dongting Lake. *Chinese Journal Applied Ecology*, 2009, 20(6):1323-1328.
- [22] Touzard B, Amiaud B, Langbis E, Lemauviel S, Clement B. The relationships between soil seed bank, aboveground vegetation and disturbances in an eutrophic alluvial wetland of Western France. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 2002, 197(3):175-185.
- [23] James C S, Capon S J, White M G, Rayburg S C, Thoms M C. Spatial variability of the soil seed bank in a heterogeneous ephemeral wetland system in semi-arid Australia. *Plant Ecology*, 2007, 190(2):205-217.
- [24] Liu G H, Li W, Wang X L, Zhang X J. Relationship between seed banks and standing vegetation in Huli marsh, Chaling, Hunan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3):450-456.

#### 参考文献:

- [2] 徐海量,李吉玫,张占江,叶茂,王增如. 塔里木河下游退化荒漠河岸林地上植被与土壤种子库关系初探. *中国沙漠*, 2008, 28(4):657-664.
- [3] 李吉玫,徐海量,张占江,叶茂,王增如,李媛. 塔里木河下游不同退化区地表植被和土壤种子库特征. *生态学报*, 2008, 28(8):3626-3636.
- [4] 刘贵华,肖藏,陈漱飞,张全发. 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. *自然科学进展*, 2007, 17(6):741-747.
- [9] 王勇,吴金清,黄宏文,刘松柏. 三峡库区消落带植物群落数量分析. *武汉植物学研究*, 2004, 22(4):307-314.
- [13] 李吉玫,徐海量,张占江,叶茂,王增如,李媛. 河水漫溢对塔里木河下游荒漠河岸林地表植被与土壤种子库的影响. *应用生态学报*, 2008, 19(8):1651-1657.
- [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. *生态学报*, 2002, 22(9):1392-1398.
- [16] 邢福,王莹,许坤,于丽丽,吕宪国. 三江平原沼泽湿地群落演替系列土壤种子库特征. *湿地科学*, 2008, 6(3):351-358.
- [19] 王相磊,周进,李伟,刘贵华,张学江. 洪湖湿地退耕初期种子库的季节动态. *植物生态学报*, 2003, 27(3):352-359.
- [20] 党伟光,高贤明,王瑾芳,李爱芳. 紫茎泽兰入侵地区土壤种子库特征. *生物多样性*, 2008, 16(2):126-132.
- [21] 侯志勇,谢永宏,于晓英,李峰. 洞庭湖青山垸退耕地不同水位土壤种子库特征. *应用生态学报*, 2009, 20(6):1323-1328.
- [24] 刘贵华,李伟,王相磊,张学江. 湖南茶陵湖里沼泽种子库与地表植被的关系. *生态学报*, 2004, 24(3):450-456.

# 2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊\*

(源于 2009 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2;影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报  
(SHENGTAI XUEBAO)  
(半月刊 1981 年 3 月创刊)  
第 30 卷 第 21 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 30 No. 21 2010

**编 辑** 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**主 编** 冯宗炜  
**主 管** 中国科学技术协会  
**主 办** 中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂  
**发 行** 科 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717  
电话:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**订 购** 全国各地邮局  
**国外发行** 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京 399 信箱  
邮政编码:100044

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**Edited** by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**Editor-in-chief** FENG Zong-Wei  
**Supervised** by China Association for Science and Technology  
**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China  
**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元