

三峡水库蓄水对白夹溪消落区的植物群落格局的影响*

李波^{1,2}, 熊森³, 黄亚洲³, 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 400044;
3. 开县澎溪河湿地自然保护区管理局, 重庆 开县 405400)

摘要:自2006年10月始,三峡水库已经完成了从156~175 m分期蓄水过程。为进一步了解水库分期蓄水对消落区植物群落结构和分布格局的影响,在2008年的工作基础上于2011年7~8月再次对白夹溪消落区内的植物群落进行调查,对比和分析了该区域内在156 m蓄水和175 m蓄水情况下消落区植物群落的结构变化。结果表明,研究区域内共发现维管束植物39科93属101种,其中消落区内有维管束植物30科74属84种;曾经是消落区优势种的苍耳(*Xanthium sibiricum*)、双穗雀稗(*Paspalum paspaloides*)等植物分布范围明显减少;香附子(*Cyperus rotundus*)、西来稗(*Echinochloa crusgali var. zelayensis*)和合萌(*Aeschynomene indica*)成为该区域新生的优势植物种群。该结果提示三峡水库175 m蓄水对白夹溪消落区植物多样性及植物群落分布有重要影响。

关键词:三峡水库;蓄水;消落区;植物群落

中图分类号:Q145+.2

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2012)03-0070-05

三峡水库采取的“蓄清排浊”运行方案促使在库区范围内形成了一个水位变动幅度达30 m的水库消落区区域,该区域冬季淹水最长时间达6个月之久^[1]。长时间的深水淹没对三峡水库消落区内植物的生存造成了极大威胁,大多数植物甚至会永远从这个区域内消失,这也意味着该区域内许多动物赖以生存的生境的消失。因此,把握三峡水库消落区内的植物群落动态是库区生态保护与重建的关键。

过去几年的野外调查发现,有许多植物在三峡水库消落区内存活了下来,并形成了很多新的优势种^[2-4]。然而,一些优势种的竞争优势在经过几次蓄水后变得越来越明显,而另一些种群的竞争优势则出现一定程度的退化,或被其他新生优势种所代替。为揭示三峡水库消落区植物群落变化趋势并为库区生态保护与重建提供科学依据,本研究以直接受到三峡水库蓄水影响的澎溪河支流白夹溪消落区为研究区域,调查了该区域内植物群落在2008—2011年

期间经历了3次175 m蓄水影响后的组成及分布情况;并以本研究团队2008年对同一区域的研究结果作为对照,分析了消落区植物群落组成及空间格局改变的主要原因。

1 研究区域概况

研究区域位于开县白夹溪河口及沿河口往上游2.5 km的河流两岸(31°7'58.55"N~31°9'1.53"N, 108°33'14.04"E~108°33'43.90"E)。该区域为亚热带湿润季风气候,多年平均降水量1385 mm,多年平均气温18.5℃。白夹溪是长江一级支流澎溪河的分支,发源于兴隆水库,源头最高海拔470 m,河口最低海拔145 m,河流全长约20 km,受三峡水库175 m蓄水直接影响的河段长约11 km。自2008年三峡总公司进行175 m试验蓄水开始至今,该区域已经历过3次深水淹没,并形成了大面积的消落区湿地。野外考察表明,每次蓄水都会对消落区内原

* 收稿日期:2012-01-19 网络出版时间:2012-5-26 12:13

资助项目:科技部农业科技成果转化资金项目(No. 2011GB2F100010);重庆市科技攻关项目(国际科技合作基地建设/重点)(No. CSTC201120002)

作者简介:李波,男,博士研究生,研究方向为湿地生态工程;通讯作者:袁兴中,E-mail: xzyuan63@yahoo.com.cn

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20120526.1213.201203.70_014.html

有植物群落组成及分布造成巨大影响,前一年占尽优势种植物种群可能在来年被一个新植物种群代替,因此,这片新生的消落区湿地正处于不稳定的过渡时期。

2 研究方法

2.1 调查方法

采用样方调查法于2011年7、8两个月在研究区域内进行植物调查。从白夹溪河口往上游2.5 km河段内共设置5个样带(图1),样带垂直于河岸,在每个样带上,从180 m海拔往下至河岸边海拔每降低5 m设置1个样地,每个样地至少完成3个草本植物样方调查,样方大小为1 m×1 m。对于优势种明显的样地,需针对优势种植物群落至少补充调查3个草本植物样方。记录样方内的植物种类、数量、高度和盖度,并记录样地内及样地周边植物种类。在研究中调查共统计113个草本样方。

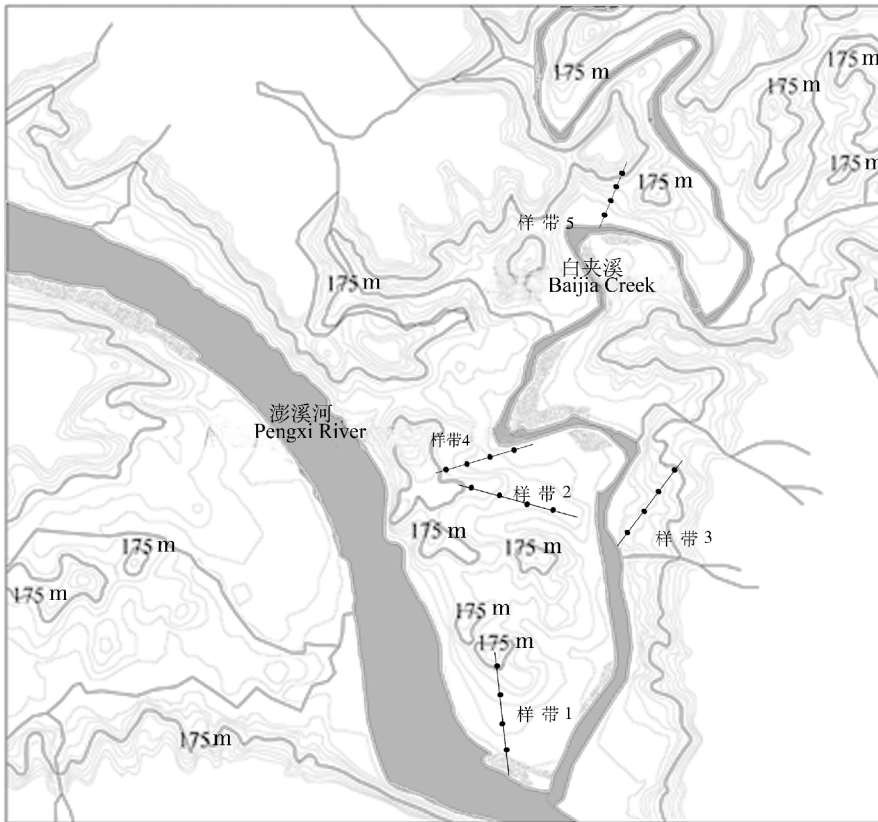


图1 研究区域及调查样带布置图

Fig. 1 Sketch map of study area and sampling sections

2.2 数据处理

使用 Microsoft Excel 电子表格对调查到的草本样方数据进行统计分析,获得各调查样地植物物种丰富度数据,采用公式

$$H = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\ln p_i)$$

计算得到 Shannon-Wiener 多样性指数 H , 式中 s 为样方中植物种类数, p_i 为第 i 个物种个体数占整个样方植物个体数总和的比例^[5]。采用统计分析软件 SPSS 15.0 中提供的 One-way ANOVA 方差分析方法对不同海拔梯度间的植物多样性指数 H 进行差异显著性分析(显著性水平取 0.05), 并采用 Duncan 法进行多重比较。采用 $IV = (RH\% + RC\%) / 2$ 计算植物重要值来确定植物群落类型, 式中 IV 为重要值, $RH\%$ 为相对高度, $RC\%$ 为相对盖度^[6-7]。

3 结果与分析

3.1 植物种类组成

本次在研究区域内共调查到维管束植物 101 种,

其中海拔 175 ~ 180 m 区域内调查到 46 种, 海拔高度小于 175 m 的消落区区域内调查到 84 种。后者中有 26 种同时出现在海拔 175 ~ 180 m 调查区域内; 170 ~ 175 m 区域内有 57 种; 165 ~ 170 m 区域内有 36 种; 160 ~ 165 m 区域内有 38 种; 155 ~ 160 m 区域内有 29 种; 150 ~ 155 m 区域内有 19 种。上述调查所得植物分别属于 39 科, 93 属 (175 m 以下区域有 30 科, 74 属)。其中禾本科和菊科植物物种数最多, 分别占植物物种总数的 14.9% 和 10.9%; 豆科和莎草科植物均占植物物种总数的 5.9%; 唇形科和苋科植物均占植物物种总数的 5.0%。

3.2 物种多样性

根据 One-way ANOVA 方差分析, 研究区域内植物多样性在海拔梯度上存

在着显著差异 ($df = 5, F = 6.461, p = 0.001$)。Duncan 法多重比较分析表明海拔 175 ~ 180 m 梯度内的植物多样性与海拔 175 m 以下各海拔梯度内的植物多样性差异显著 ($p < 0.05$), 而 175 m 以下各海拔梯度内植物多样性差异不显著 ($p < 0.05$)。比较各样带不同海拔梯度内的 Shannon-Wiener 多样性指数 H 可知, 各样带在海拔 175 ~ 180 m 梯度内的 H 指数明显低于消落区。在海拔 175 ~ 180 m 梯度内, 样带 3 的 H 指数明显高于其余几条样带。消落区内, 150 ~ 155 m 梯度的 H 指数普遍较其余几个梯度的 H 指数低 (图 2)。

3.3 群落类型与分布

根据文献[8]可将本研究所调查到的植物划分为 13 个主要群丛, 其各自特征及主要分布范围见表 1。

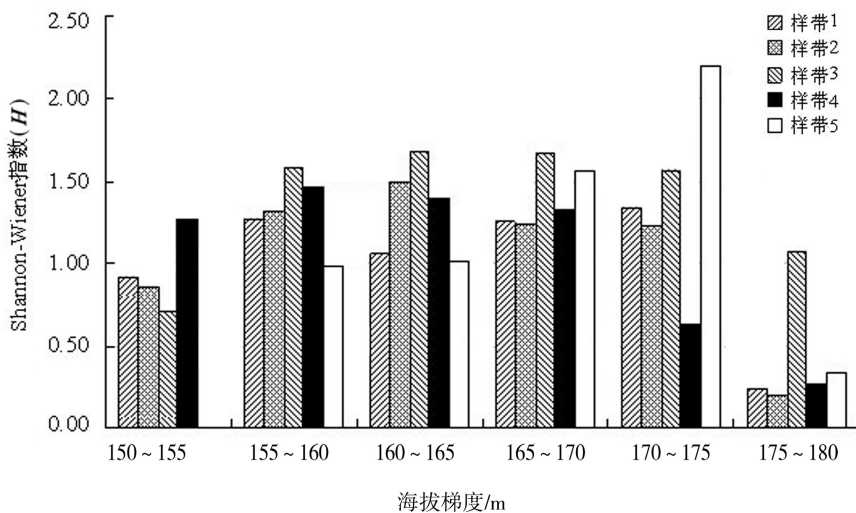


图 2 白夹溪河口植物多样性分布

Fig. 2 Distribution of the plant diversity at the estuary of Baijia Creek

4 讨论

2008 年 7 ~ 8 月, 三峡水库完成了 2 次 156 m 试验性蓄水后, 孙荣等^[3]对白夹溪河口段消落区新生湿地 (海拔 156 m 以下区域) 植物群落进行了调查, 共发现维管束植物 36 科 73 属 96 种。本次调查在海拔 155 m 以下消落区区域共发现维管束植物 19 种, 远低于该区域在 2008 年的植物种类。本次调查在海拔 175 m 以下区域内共发现维管束植物 30 科 74 属 84 种, 与 2008 年王强等^[9]在该区域 (海拔 175 m 以下区域) 开展植物群落调查得到的数据相比较, 莎草科植物所占比重有所下降, 禾本科植物和菊科植物仍然占较大优势, 但整体植物种类组成较 2008

年消落区内的植物种类组成有所下降, 蕨类植物均从消落区内消失。

2008 年, 消落区内最为典型的植物群落包括苍耳 (*Xanthium sibiricum*) 群落、双穗雀稗 (*Paspalum paspaloides*) 群落、空心莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*) 群落、苍耳+狗牙根 (*Cynodon dactylon*) 群落等。经过 3 次 175 m 蓄水后, 消落区内植物群落分布变化最为显著的是苍耳群落分布面积的急剧减少。曾经呈片状、带状分布的苍耳群落仅在河口地带和上游河岸局部缓坡地带呈团块状分布。其原因可能是苍耳主要通过种子繁殖, 其植株体并不具备抵抗洪水的能力, 而成熟的种子和能够抵抗水分入侵的坚硬木质化种苞才是苍耳次年萌发的关键。尽管 2008 年苍耳分布广泛, 但是 2009 年 8 月和

2010 年 8 月, 长江上游降雨量增大引发的洪水使得库区水位在本应处于低水位的防洪期突然上涨, 淹没了大部分苍耳群落, 影响了苍耳种子的成熟率, 从而使得苍耳群落分布范围减小。除了苍耳群落, 原先呈带状分布的双穗雀稗群落也受到严重影响, 在此次调查中仅在部分水塘周边有所发现。狗牙根迅速繁殖, 几乎侵占了原先苍耳群落的所有分布空间, 并继续扩张到消落区的其他区域。原先仅仅作为伴生种出现的

的香附子 (*Cyperus rotundus*) 逐渐成为了消落区内的优势物种。狗牙根群落和香附子群落的扩张可能与这两种植物均以营养体快速繁殖有关 (调查过程中偶然发现香附子群落在受到人为干扰和洪水干扰后均能在 15 天左右恢复其群落结构)。另外两个新出现的植物群落则是西来稗 (*Echinochloa crusgali* var. *zlayensis*) 群落和合萌 (*Aeschynomene indica*) 群落。在本研究团队对消落区的其他研究中发现, 在植物生长最旺盛的 7 ~ 9 月, 即使西来稗群落受到刈割干扰, 它们也能够 1 个月内迅速长成成熟的植株体并结实。大部分西来稗种子均能在 7 月下旬至 8 月

下旬之间成熟脱落,完全摆脱了库区蓄水的干扰。豆科植物合萌的兴盛应该也是得益于其种子的早熟,在冬季库区缓慢流动的水力条件下,合萌种子缓

慢沉降在平缓地带的泥土中,并在春季退水后迅速萌发,成为消落区内的优势种群。

表1 白夹溪河口段主要植物群丛及分布范围

Tab. 1 Main plant associations and distribution at the estuary of the Baijia Creek

群丛名称	优势种	群落高度 /m	群落盖度 或郁闭度	主要伴生种	主要分布范围
狗牙根群丛 <i>Cynodon dactylon</i> Association	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	0.20 ~ 0.30	≥90%	西来稗、合萌、 鳢肠、鬼针草等	河岸两侧海拔150 ~ 160 m 区域内的平缓阶地上
合萌群丛 <i>Aeschynomene indica</i> Association	合萌 <i>Aeschynomene indica</i>	0.95 ~ 1.45	≥95%	狗牙根、 铁苋菜、狗尾草等	河岸右侧海拔155 ~ 160 m 区域的弃耕农田内
西来稗群丛 <i>Echinochloa crusgali</i> var. <i>zelayensis</i> Association	西来稗 <i>Echinochloa crusgali</i> var. <i>zelayensis</i>	1.10 ~ 1.50	≥85%	狗牙根、合萌等	河岸两侧海拔160 ~ 165 m 区域的弃耕农田内
水虱草群丛 <i>Fimbristylis miliacea</i> Association	水虱草 <i>Fimbristylis miliacea</i>	0.70 ~ 0.80	≥95%	西来稗、 丁香蓼、鳢肠等	155 ~ 160 m 区域地势低洼的 积水沼泽边缘
苍耳群丛 <i>Xanthium sibiricum</i> Association	苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	1.10 ~ 1.50	≥90%	马唐、 西来稗、狗尾草等	团块状分布在积水 条件差的陡坡地带
鬼针草群丛 <i>Bidens pilosa</i> Association	鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	1.10 ~ 2.20	≥90%	小白酒草、 空心莲子草、水蓼等	河岸右侧 海拔170 ~ 175 m 区域内
白茅群丛 <i>Imperata cylindrical</i> Association	白茅 <i>Imperata cylindrical</i>	0.80 ~ 1.00	100%	白苞蒿、构树等	主要分布在海拔175 ~ 180 m 区域内
麻竹群丛 <i>Dendrocalamus latiflorus</i> Association	麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	8 ~ 12	≥85%	白茅	主要分布在海拔175 m 以上 区域内
西来稗+合萌群丛 <i>Echinochloa crusgali</i> var. <i>zelayensis</i> + <i>Aeschynomene</i> <i>indica</i> Association	西来稗 <i>Echinochloa</i> <i>crusgali</i> var. <i>zelayensis</i> 、合萌 <i>Aeschynomene indica</i>	1.30 ~ 1.60	≥90%	碎米莎草、 鳢肠、水虱草等	河岸右侧155 ~ 160 m 区域的沟谷地带及160 ~ 165 m 区域的缓坡地带
狗牙根+苍耳群丛 <i>Cynodon dactylon</i> + <i>Xanthium</i> <i>sibiricum</i> Association	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> 、 苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	0.15 ~ 1.00	≥90%	西来稗、合萌、狗尾草等	白夹溪河口海拔155 ~ 170 m 区域内
狗牙根+香附子群丛 <i>Cynodon dactylon</i> + <i>Cyperus</i> <i>rotundus</i> Association	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> 、 香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	0.3 ~ 0.65	≥95%	西来稗、水蓼等	白夹溪右岸缓坡 及河口海拔150 ~ 155 m 区域内
合萌+狗牙根群丛 <i>Aeschynomene indica</i> + <i>Cynodon dactylon</i> Association	合萌 <i>Aeschynomene indica</i> 、 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	0.3 ~ 1.5	≥95%	西来稗、 香附子、狗尾草等	白夹溪右岸缓坡 及河口海拔155 ~ 160 m 区域内
西来稗+香附子群丛 <i>Echinochloa crusgali</i> var. <i>zelayensis</i> + <i>Cyperus rotundus</i> Association	西来稗 <i>Echinochloa</i> <i>crusgali</i> var. <i>zelayensis</i> 、 香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	0.40 ~ 1.55	100%	西来稗、狗尾草、水蓼等	白夹溪右岸缓坡155 ~ 160 m 区域内

通过不同样带生物多样性沿海拔梯度方向的变化可以看出,除样带 3 在 150 ~ 155 m 海拔梯度内的生物多样性低于 175 ~ 180 m 区域外,其余各样带在消落区区域内的生物多样性均高于海拔 175 ~ 180 m 区域。本研究认为这种现象应该归因于植物种子库^[10-11]。样带 1、2、4、5 在 175 ~ 180 m 区域的种源主要来自荒坡或小岛(冬季 175 m 蓄水后的岛状区域),而样带 3 背靠高大山体,拥有丰富的植物种源,因此,在 175 ~ 180 m 区域内样带 3 的植物多样性较其余几个样带高。冬季蓄水后,整个库区水体成为了一个庞大的种子库,在缓慢流动的水力作用下,上游种子向下游扩散,并均匀散布到消落区区域内。因此消落区内各样带的生物多样性没有显著差异($p < 0.05$)。170 ~ 175 m 区域由于淹水深度小、时间短等原因,退水后植物种子较易萌发,因而具有较多的植物种类。除此之外,浅水区域是越冬水鸟的主要活动场所,它们也将为浅水区带来意外的植物种源^[12]。

综上所述,三峡水库蓄水对白夹溪消落区的植物群落格局产生了巨大影响。因此,人们在思考针对消落区生态环境问题的治理对策时,应该更多关注消落区内自然选择产生的耐水淹植物,同时还要注意对消落区内某些繁殖速度较快的植物进行监控,并采取系列必要的工程措施保障并提高消落区的生物多样性。

致谢:感谢开县澎溪河湿地自然保护区管理局在本研究野外调查过程中给予的大力支持。

参考文献:

[1] Li B, Yuan X Z, Xiao H Y, et al. Design of the dike-pond system in the littoral zone of a tributary in the three gorges reservoir, China [J]. *Ecological Engineering*, 2011, 37

(11): 1718-1725.

- [2] 王强,袁兴中,刘红,等.三峡水库 156 m 蓄水后消落区新生湿地植物群落[J]. *生态学杂志*, 2009(11): 2183-2188.
- [3] 孙荣,袁兴中,丁佳佳.三峡水库蓄水至 156 m 水位后白夹溪消落区植物群落生态学研究[J]. *湿地科学*, 2010(1): 1-7.
- [4] 熊森,李波,肖红艳,等.三峡水库消落区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.
- [5] 孙儒泳. *普通生态学* [M]. 北京:高等教育出版社, 1993.
- [6] 王永健,陶建平,张炜银,等.茂县土地岭植被恢复过程中物种多样性动态特征[J]. *生态学报*, 2006, 26(4): 1028-1036.
- [7] 王尚义,李素清,曹志敏,等.山西岚县皇姑梁小流域人工植物群落生态[J]. *生态学报*, 2007, 27(12): 5098-5109.
- [8] 王伯荪. *植物群落学* [M]. 北京:高等教育出版社, 1987.
- [9] 王强,刘红,袁兴中,等.三峡水库蓄水后澎溪河消落区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.
- [10] 陈忠礼,刘红,孙荣,等.三峡库区澎溪河消落区湿地土壤种子库特征[J]. *重庆师范大学学报:自然科学版*, 2011, 28(3): 33-36.
- [11] 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(6): 741-747.
- [12] Romanowski N. *Planting wetlands and dams: a practical guide to wetland design, construction and propagation* [M]. Collingwood: Landlinks Press, 2009.

(责任编辑 方 兴)