

三峡水库蓄水后典型消落带植物群落时空动态*

——以开县白夹溪为例

王强^{1,2}, 刘红¹, 张跃伟^{1,2}, 熊森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. 重庆市澎溪河湿地自然保护区管理局, 重庆 开县 405400)

摘要:三峡水库蓄水后,在重庆开县白夹溪河岸设置典型消落带植被观测样地。2008—2010年,对样地内的植物进行了3次调查。结果表明,样地中群落组成、多样性和生物量时空变化较大。总物种数量由2008年的52种降低至2009年的41种和2010年的35种。2008年,156 m水淹线以下植物以苍耳(*Xanthium sibiricum*)和双穗雀稗(*Alternanthera philoxeroides*)为主。2009年,狗牙根(*Cynodon dactylon*)替代双穗雀稗成为优势物种,苍耳向样地上部扩散。由于2009年冬季三峡蓄水提前,2010年样地下部的苍耳大大减少。2009年和2010年植物群落多样性指数总体上表现出随着海拔升高而增加,与水淹干扰强度在空间上的变化一致。研究结果提示,各高程区的地表生物量在3次调查中表现出较大的波动。

关键词:三峡水库;消落带;植物群落;时空格局;生物多样性

中图分类号:Q145+.2

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2012)03-0066-04

三峡工程是世界上最大的水利枢纽。为了蓄清排浑延长水库寿命,三峡水库每年汛期(6~9月)将水位降至145 m,放水排沙;汛期过后将水位升至175 m,拦蓄清水。2010年三峡水库175 m蓄水后,在水库周边形成了落差30 m总面积达348.39 km²的水库消落带^[1]。水和湿地植物是湿地生态系统的重要组成部分。湿地水位变动发生的时间、持续周期、变动强度等特征对湿地生态系统植物群落的影响尤为明显^[2]。因此,与自然河流的河岸植被和世界上大多数大型水库消落带植被相比,受长期冬季水淹胁迫的三峡水库消落带植被可能具有独特的空间分布格局和时间动态变化特征。但是由于以往的研究对水库消落带植被重视不够,并且采取类似水位运行方式的大型水库数量较少,人们很难对三峡水库运行后消落带植被的时空动态进行科学合理的判断和预测。

2008年开始,在位于重庆开县澎溪河湿地自然保护区内,设置消落带植被永久监测样地,对典型消

落带湿地植被进行长期监测。本研究对2008—2010年样地中植被种类组成、多样性和生物量的时空动态变化特征进行了报道,并分析了其中的变化原因,旨在积累大型水库消落带植被变化的长期生态学数据,同时为水库消落带湿地生态保护、恢复重建及合理利用提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

开县位于重庆市东北部,地处大巴山南麓、三峡库区腹地、长江支流澎溪河回水末端。开县境内的消落带分布在澎溪河干流及其支流两岸。澎溪河两岸原分布有大面积的冲积平原,因此开县境内的消落带面积居三峡库区各区县之首,达到42.78 km²,占三峡水库消落带总面积的12.3%。研究区域属亚热带湿润季风气候,多年平均气温18.5℃,极端最高气温42℃,极端最低气温-1.5℃;多年平均降水量1385 mm。研究区域云雾较多,日照偏少,全

* 收稿日期:2012-01-20 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:王强,男,博士,研究方向为环境生态学;通讯作者:刘红,E-mail:xzyuan63@yahoo.com.cn

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20120526.1213.201203.66_013.html

年平均日照总时数为 1 316 h;相对湿度 84%^[3]。

植被永久监测样地位于澎溪河左岸一级支流白夹溪河口三角洲。样地沿河流侧向空间梯度,即垂直于河岸的方向,由海拔 145 m 处向上延伸至海拔 175 m 处。样地宽约 60 m,坡度约为 15°。样地下部蓄水前主要土地利用类型为稻田,上部为旱地。由于移民外迁和三峡蓄水,水田和旱地均已撂荒。

1.2 野外调查与数据处理

野外调查工作于 2008—2010 年间的每年 8 月下旬或 9 月上旬开展。调查时,按 5 m 高程梯度间隔将样地划分为 6 个高程区(I 区,145~150 m,II 区,150~155 m;III 区,155~160 m;IV 区,160~165 m;V 区,165~170 m;VI 区,170~175 m)。各高程区内,选取有代表性的植被类型,至少设置 3 个 1 m×1 m 样方。记录样方内植物种类、数量、高度、盖度、物候期等。植株地上部分齐地刈割后称鲜重,然后放入 75℃ 恒温鼓风干燥箱内烘干至恒重,并称其干重。对样方外的植物物种和群落类型进行定性记录,用重要值来确定群落的优势种。

1.3 数据处理

本研究采用的重要值计算公式参见文献[4],选用 SPSS 15.0 中的 One-way ANOVA 对植物群落 Shannon-Wiener 多样性指数、地表生物量数据进行差异显著性检验。若差异显著,用 Duncan 法进行多重比较。显著性水平取 0.05。

2 结果与分析

2.1 水位变动

根据三峡水库坝前水位记录,绘制水位变化图(图 1)。2006、2007 年冬季,三峡水库蓄水最高水位至 156 m。2008、2009 年冬季,蓄水最高水位分别达

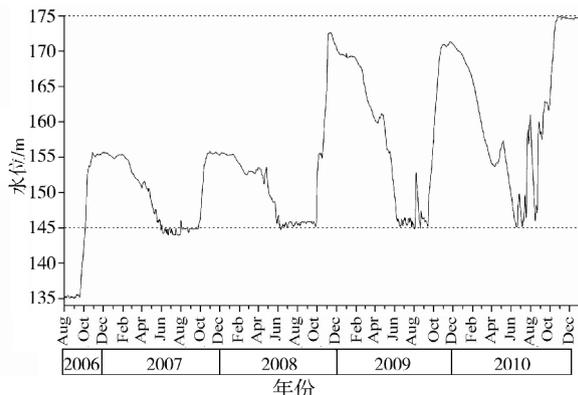


图 1 2006—2010 年三峡水库水位变动

Fig. 1 Water level fluctuation of Three Gorges Reservoir from 2006 to 2010

到 173 m 和 172 m。2006—2009 年的 4 次蓄水中,消落带蓄水期均长达 8 个月。沿高程梯度向上,水淹时间逐渐减少。除冬季高水位之外,在 2009 年和 2010 年夏季还出现了几次短暂的洪峰。

2.2 植物种类组成变化

样地内维管植物种数逐年依次降低。2008—2010 年,分别在样地内记录到维管植物 52 种、41 种和 35 种。各高程区优势物种组成发生了很大变化(表 1)。I 区位于白夹溪河漫滩上,除了受三峡水库冬季水淹外,受夏季洪水干扰也比较明显,植被稀疏,种类组成变化较大。2008 年,I 区植物以苍耳(*Xanthium sibiricum*)、双穗雀稗(*Paspalum paspaloides*)、香附子(*Cyperus rotundus*)等为主。2009 年,由于夏季洪水导致的泥沙淤积,样地内无维管植物分布。2010 年,狗牙根(*Cynodon dactylon*)、香附子等植物又成为 I 区内的优势物种。II 区位于白夹溪一级阶地至二级阶地前缘,坡度较大,土壤排水性较好。2008 年和 2009 年,苍耳是 II 区中的优势植物,密度大,盖度高。但是到了 2010 年,苍耳消失,狗牙根成为 II 区的优势物种。III 区坡度平缓,蓄水前土地利用类型为稻田。2008 年,优势物种为双穗雀稗,但是之后 III 区出现了大面积的狗牙根单优群落。IV 区在三峡水库 156 m 蓄水时未被淹没。2008 年优势种类为空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)和双穗雀稗。2009 年,苍耳占据了 IV 区,而到了 2010 年苍耳又被狗尾草(*Setaria viridis*)替代。在后两次调查中,V 区中几种一年生草本逐渐替代原来的多年生草本。白茅(*Imperata cylindrica*)原为 VI 区中的绝对优势种类,但是 2009 年蓄水后,水线以下白茅全部死亡。

苍耳为菊科苍耳属一年生草本植物,常常生长在荒野、田边、河岸和湖岸^[5]。苍耳种子具有较强的耐淹能力。研究表明,8 个月水淹后,90% 以上的苍耳种子依然保持有生活力^[6]。水淹后的苍耳种子在夏季高温条件下表现出爆发式的萌发特征(相关数据尚未正式发表)。因此两次 156 m 蓄水后苍耳能够迅速占据消落带内适宜其生长的环境。特别是在河岸一级阶地和二级阶地之间的坡坎上形成明显的苍耳带。2008 年冬季 173 m 蓄水促进了苍耳种子的散布,使得苍耳带在 2009 年夏季扩展到 156 m 以上区域(表 1)。2009 年,三峡水库蓄水日期从 10 月初提前到 9 月中旬。大量未成熟的苍耳种子在水淹后腐烂,减少了样地内苍耳种子总量。成熟的苍耳种子具有较强的耐

淹能力,但是苍耳植株耐淹能力却很差。根据对蓄水后样地的多次观察,7 d 左右的水淹时间将导致苍耳植株大量死亡。2010 年三峡库区降水较多,并且出现了几次较大的洪峰(图 1)。这些原因就导致 2010 年样地内苍耳的数量、密度大大降低,分布范围也局限在海拔较高的区域(表 1)。

双穗雀稗为禾本科雀稗属多年生草本,喜湿润环境、耐贫瘠,156 m 蓄水后为 III 区和 IV 区中的优势物种。2009 年,样地内双穗雀稗迅速被狗牙根替

代。分析其中原因,可能与以下两点有关:1) 多次蓄水后,消落带土壤孔隙度降低,非活性孔隙增加,土壤结构被破坏^[7];原来撂荒稻田内保水能力很强的粘土保水能力降低,发生干燥、板结,并且在夏季伏旱高温条件下形成了龟裂,导致土壤含水量降低,改变了原来适宜双穗雀稗生长的环境;2) 狗牙根耐淹能力强于双穗雀稗,长期水淹后存活率极高,并且返青迅速^[8],可以迅速占据退水后的消落带,抑制双穗雀稗的生长。

表 1 物种重要值时空格局

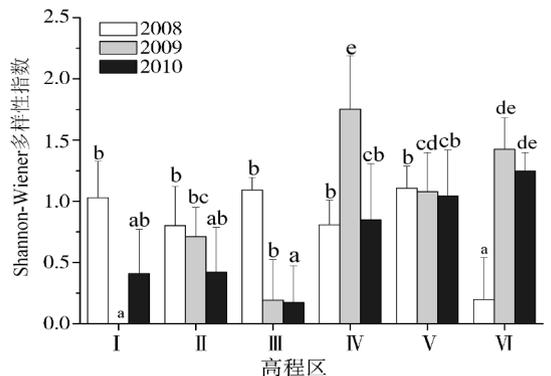
Tab. 1 Spatial-temporal dynamics of the importance value of species

年份	物种	重要值						年份	物种	重要值					
		I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	VI 区			I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	VI 区
2008	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>						90.6	2009	马唐 <i>Digitaria sp.</i>						36.1
	苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	24.7	65.9	22.3					矛叶荩草 <i>Arthraxon lanceolatus</i>						11.1
	空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	11.8		12.0	48.9	49.9			小蓬草 <i>Conyza canadensis</i>						12.7
	双穗雀稗 <i>Paspalum paspaloides</i>	18.9	23.3	54.8	45.1				苍耳 <i>X. sibiricum</i>						20.1
	香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	15.1							狗尾草 <i>S. viridis</i>				56.9	28.6	34.1
	钻叶紫菀 <i>Aster subulatus</i>						23.2		狗牙根 <i>C. dactylon</i>	59.1	69.3	92.9	24.1	23.3	
	苍耳 <i>X. sibiricum</i>		69.4		41.6				空心莲子草 <i>A. philoxeroides</i>	17.6					
	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>		26.8	91.2	11.5				青蒿 <i>Artemisia carvifolia</i>						10.3
2009	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>					47.3	34.8	香附子 <i>C. rotundus</i>	15.8	23.5					
	狼把草 <i>Bidens tripartita</i>						23.3	小蓬草 <i>C. canadensis</i>						35.8	

注:仅列出重要值大于 10% 的物种。

2.3 植物群落多样性时空格局

从 Shannon-Wiener 多样性指数上看,从 I 区到 V 区,2008 年样地内植物群落多样性指数并无明显差异(图 2)。VI 区的多样性指数明显小于其他高程区。这是因为 VI 区为白茅的单优群落。2009 年和 2010 年植物群落多样性指数总体上表现出随着海拔升高而增加的趋势。除 V 区外,其他高程区植物群落多样性指数在 3 次调查中表现出显著差异($p < 0.05$)。II 区和 III 区多样性表现出逐渐降低的趋势,表明长期冬季水淹胁迫对植物群落多样性产生了明显影响。VI 区植物群落多样性在水淹后反而增加,主要是因为具有极强竞争能力的白茅死亡后,其他一年生草本植物得以在 VI 区内生长。I 区由于受夏季洪水影响明显,多样性变异有较大的不确定性。



注:同一年数据中,不同字母代表差异达 5% 显著水平。

图 2 Shannon-Wiener 多样性指数时空格局

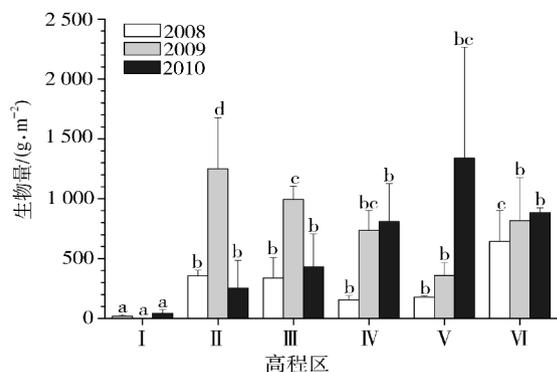
Fig. 2 Spatial-temporal dynamics of Shannon-Wiener Index

三峡水库消落带中,高程与水淹时间密切相关。海拔越高,冬季水淹时间越短,植物所受环境胁迫越

小。因此,2009年和2010年植物群落多样性指数总体上呈随海拔升高而增加的趋势说明在水淹干扰梯度上,植被物种组成及物种分布由水淹持续时间及水淹强度决定^[9-11]。III区水淹时间小于II区,但是III区植物群落多样性却在这两年中明显小于II区。这主要是因为III区中,克隆繁殖的狗牙根形成密度极大、厚度极高,地毯状的草甸,抑制了其他种子的萌发和生长。这也表明优势物种的种类和生长特征对群落的影响也有一定影响。

2.4 植物地表生物量时空格局

各高程区的地表生物量在3次调查中呈现出较大波动。从植物地表生物量上看,从I区到V区,2008年地表生物量差异显著(图3, $p < 0.05$)。I区地表生物量显著低于其他各高程区($p < 0.05$),而VI区地表生物量显著高于其他高程区($p < 0.05$)。被淹没的II区与未被淹的III区、IV区、V区的地表生物量无显著差异。II区至V区植物地表生物量在2009年呈不断降低的趋势,而在2010年,地表生物量呈不断增加的趋势。这可能与样地内苍耳的分布特征有关。I区地表生物量显著低于其他高程区。VI区地表生物量在3次调查中无显著变化。



注:同一年数据中,不同字母代表差异达5%显著水平。

图3 地表生物量时空格局

Fig. 3 Spatial-temporal dynamics of aboveground biomass

3 结论

2008—2010年,三峡水库典型消落带湿地观测样地中的植物群落组成、多样性和生物量发生了较大变化。样地内总物种数量逐年降低。2008年,样地156 m水淹线以下植物以苍耳和双穗雀稗为主。2009年,

狗牙根替代双穗雀稗,苍耳向样地上部扩散。由于2009年冬季三峡水库提前蓄水,2010年样地下部的苍耳大大减少。2009年和2010年植物群落多样性指数总体上表现出随着海拔升高而增加,与水淹干扰强度在空间上的变化一致。各个高程区的地表生物量在3次调查中表现出较大的波动。

参考文献:

- [1] 张虹. 三峡库区消落带土地资源特征分析[J]. 水土保持通报, 2008, 28(1): 46-49.
- [2] Nilsson C, Svedmark M. Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: riparian plant communities[J]. Environ manage, 2002, 30(4): 468-480.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Sugiyama H, Hirose T. Growth schedule of xanthium canadense: does it optimize the timing of reproduction? [J]. Oecologia, 1991, 88(1): 55-60.
- [6] 王强, 袁兴中, 刘红, 等. 水淹对三峡水库消落带苍耳种子萌发的影响[J]. 湿地科学, 2011, 9(4): 328-333.
- [7] 程瑞梅, 王晓荣, 肖文发, 等. 三峡库区消落带水淹初期土壤物理性质及金属含量初探[J]. 水土保持学报, 2009, 23(5): 156-161.
- [8] 谭淑端, 张守君, 张克荣, 等. 长期深淹对三峡库区三种草本植物的恢复生长及光合特性的影响[J]. 武汉植物学研究, 2009, 27(4): 391-396.
- [9] 王正文, 邢福, 祝廷成, 等. 松嫩平原羊草草地植物功能群组成及多样性特征对水淹干扰的响应[J]. 植物生态学报, 2002, 26(6): 708-716.
- [10] Blom C W P M, Voesenek L A C J. Flooding: the survival strategies of plants[J]. Trends in Ecology and Evolution, 1996, 11: 290-295.
- [11] 王强, 袁兴中, 刘红, 等. 三峡水库初期蓄水对消落带植被及物种多样性的影响[J]. 自然资源学报, 2011, 26(9): 1680-1693.

(责任编辑 方兴)