DOI:10.15928/j.1674-3075.2016.02.003

香溪河消落带人工构建与自然恢复植物群落的差异性

陈韶华[1,2], 陈芳清[1,2], 张 淼[2], 王娅傲[2], 吴 阳[2], 刘坤慧[2]

(1. 湖北省三峡地区生态保护与治理国际合作研究中心, 湖北 宜昌 443002;
2. 三峡库区生态环境教育部工程研究中心, 湖北 宜昌 443002)

摘要:三峡工程修建后所形成的大幅度、反季节水位消涨节律使得库区消落带植物群落及其生态功能严重退化,积极开展消落带植物群落的生态恢复有利于改善库区的生态环境。以香溪河消落带为例,通过对人工恢复地和自然恢复地植物群落的野外调查,研究了不同恢复模式下植物群落的物种组成与结构、物种多样性以及群落生物量特征,以客观评价不同模式对植物群落恢复的影响。结果显示:(1)人工与自然恢复模式下的消落带均形成了以1年生和多年生草本为主的植物群落,其中人工恢复样地中共有草本48种、灌木6种,自然恢复样地中有草本42种,无灌乔木分布;(2)人工恢复地植物群落的物种多样性略高于自然恢复地,自然恢复地植物群落的物种多样性随海拔梯度的增加呈先增加、后减少的变化趋势,而人工恢复地因在消落带上引入了灌木物种呈先增加、后减少、再增加的趋势,植物群落组成在不同海拔梯度也呈相应的变化;(3)2种恢复模式下植物群落生物量均随着海拔梯度的增加而逐步增加,但人工恢复地草本植物群落的生物量显著高于自然恢复地,其中总平均生物量高出27.5%,海拔145 m及165 m处的生物量分别高出62.7%和69.4%。实验表明,人工恢复通过引入灌木物种和增播草本植物,在一定程度加快了消落带的恢复进程,增强了植物群落的稳定性。

关键词:香溪河;消落带;人工恢复;自然恢复;物种多样性

中图分类号:Q948 **文献标志码**:A **文章编号**:1674-3075(2016)02-0017-07

消落带是指河流、湖泊、水库等自然或人工水域由于季节性水位变化或因防洪发电需要对水位进行人为调控,所形成的周期性淹水落干区域(刁承泰和黄京鸿,1999),是陆地生态系统和水生态系统之间的过渡性生态系统,具有保育生物多样性、消减污染物、固土护坡等重要的生态功能(夏志勇,2011)。三峡水库因防洪发电的需要,在每年10月汛末开始蓄水,水位由海拔145 m上升至175 m,其后至次年5月,水位逐渐又由175 m降低至145 m,并在6-9月汛期内保持在145 m左右运行(刘维暐等,2012)。三峡水库消落带因此具有消涨幅度大、消涨节律与长江原有水文节律完全相反的特征(戴芳喜等,2006)。水位消涨规律的急剧变化引起了消落带植物群落的显著变化,一方面水位上涨淹没了大量原有消落带植物群落;另一方面,在新形成的消落带,很多植物种类不适应新环境而消亡,植物群落严重退化。消落带植被的生态功能严重衰退(卢志军等,2010;王建超等2011)。三峡库区消落带的总面积超过400 km^2,其中湖北境内42.65 km^2(张虹,2008)。积极开展消落带植被的生态恢复,对于改善库区的生态环境、维护库区的生态安全具有积极的意义。

植物群落的恢复主要包括人工恢复和自然恢复2种途径。自然恢复是指依靠生态系统的自我调节能力,使其向有序的方向进行演替,自然恢复的进程一般较为缓慢,但成本低;人工恢复是指按照一定的规划设计,人为开展退化生态系统土壤修复、植物种植的生态系统重构或再生过程,具有见效快、成本高的特点(殷秀琴等,2008)。2种恢复模式可以结合生态系统的退化程度以及恢复的紧迫性分别予以使用。为应对三峡库区消落带生态系统急剧退化的问题,国家相关部门分别开展了消落带植被人工生态恢复实验与示范。本文以香溪河消落带人工恢复地为例证,通过与周围相同条件自然恢复地的比较,分析了2种恢复模式下植物群落组成与结构、多样性与生物量的差异,以客观评价不同恢复模式对植物群落恢复的效应,旨在为三峡库区消落带植被的生态恢复与管理提供科学依据。

收稿日期:2015-11-15

基金项目:国家自然科学基金(51379105)-反季节消涨节律扰动下土壤种子库对消落带植被生态恢复的作用机制;三峡大学硕士学位论文培优基金(2015PY085)。

作者简介:陈韶华,1990年生,男,硕士研究生,主要从事三峡库岸带生态恢复研究。E-mail:523186234@qq.com

通信作者:陈芳清,1963年生,男,教授,博士生导师。E-mail:fqchen@ctgu.edu.cn

1 研究对象与方法

1.1 区域概况

香溪河发源于神农架山脉,是三峡库首第一支流,流经神农架、兴山和秭归境内,全长94 km,流域面总面积3 900 km^2。该地区为亚热带大陆季风气候,降雨量大且集中在5-9月,年均降雨量为900~1 200 mm;河流年均来水量19.56亿 m^3,年均流量为65.6 m^3/s,每年8月为洪水期。无霜期在低海拔区域为265 d,在高海拔区域为115 d。土壤主要类型为黄棕壤、棕壤和暗棕壤;其中海拔600~1 500 m为黄棕壤,海拔1 500~2 200 m为棕壤,海拔2 200 m以上为暗棕壤,海拔600 m以下主要分布为水稻土、石灰土和紫色土。低温期平均气温为7℃左右,高温期平均气温为25℃左右。香溪河干流受三峡库区175 m蓄水及反季节水位消涨的影响,形成了7.40 km^2 的消落带,约占三峡库区消落带总面积的1.85%。

1.2 植物引种栽培

三峡大学于2009年承担了国家相关部门所支持的消落带治理实验示范项目,以香溪河干流中段的万古寺村为基地,通过引入种植一些植物,开展了消落带的实验示范,恢复地面积为14 hm^2;其中海拔145~170 m撒播狗牙根(*Cynodon dactylon*)、双穗雀稗(*Paspalum distichum*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、黑麦草(*Lolium perenne*)和狼把草(*Bidens frondosa*)种子,播种密度为30 g/m^2;海拔170~175 m引种桑树(*Morus alba*)、银合欢(*Leucaena glauca*)、木姜子(*Litsea cubeba*)、秋华柳(*Salix variegata*)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)、中华蚊母(*Distylium chinense*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、黄栌(*Cotinus coggygria*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、冬青(*Ilex chinensis*)、芦竹(*Arundo donax*)和多花木兰(*Magnolia multiflora*)共计12种乔灌木幼苗,苗木株高为50~100 cm,栽植密度为2 m×2 m,并配以撒播商陆(*Phytolacca acinosa*)、香根草(*Vetiveria zizanioides*)、狗牙根、苦荞麦(*Fagopyrum dibotrys*)种子。恢复初期实验地进行了人工灌溉等管理,待移栽植株成活后便不再进行人工干预。经过6年水位消涨的影响,伴随着自然演替,群落中一些引种栽培的植物因不适应消落带环境而消亡,而一些本地物种则逐步进入或扩增,试验地已形成具有一定组成与结构的植物群落;其中海拔145~170 m形成了狗牙根和双穗雀稗为优势种的草本植物群落,170~175 m形成了以花椒、桑树和狗牙根为优势种的灌草群落。本研究以该示范点以及相距2 km左右自然恢复的消落带为实验样地,进行了相关的群落学研究,以客观评价不同恢复模式的生态恢复效应。2种恢复地的坡向、坡度以及土壤质地相近。

1.3 样地设置与样方调查

2014年8月分别在上述2个消落带实验样地沿海拔梯度每隔5 m(145~150、150~155、155~160、160~165、165~170、170~175 m)设置1个样带,在每个样带随机设置20个1 m×1 m的样方,对样地的植物群落进行了样方调查。每个样方采用网格法调查,即记录样方内所有物种的种类、数量、高度以及盖度,同时在每个1 m×1 m的样方内设置25个0.2 m×0.2 m的小样方,沿对角线选取3个小样方,采集其全部植物体,将样品装入袋中,带回实验室在80℃恒温箱内烘至恒重,称其干重。

1.4 数据处理与分析

以重要值作为各物种在群落中的优势度指标,表征物种在群落中的功能地位。物种重要值(Iv)=(相对频度+相对盖度+相对多度)/3。分别计算各样方单位面积的生物量,以恢复模式和海拔梯度为变量,分别计算各恢复模式以及海拔梯度下的物种多样性和生物量。

采用Margalef丰富度指数表征群落中物种数目的多寡;采用Pielou均匀度指数体现个体种内组成的均匀程度;采用Shannon-Wiener多样性指数与Simpson优势度指数表示物种综合多样性或优势度多样性。公式如下:

Margalef丰富度指数:

$$d = (S-1)/\ln N$$

Shannon-Wienner多样性指数:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \ln P_i$$

Pielou均匀度指数:

$$E = H'/\ln S$$

Simpson优势度指数:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{S} P_i^2$$

式中:S为样地的植物种数;N为群落中所有种的总个体数;P_i为第i个种的重要值占样地中所有种重要值总和的百分比。

2 结果与分析

2.1 植物群落的物种组成

经过6年的人工与自然恢复,2种恢复模式的

消落带都已初步形成了物种组成较为稳定的群落类型(表 1)。人工恢复样地一些引种的物种如黑麦草、木姜子、秋华柳、中华蚊母、黄栌、冬青和芦竹等物种因不适应消落带环境而消亡,其余物种得以存活,加上自然定居的物种,现有 54 种植物,分属于 25 科、52 属。重要值大于 0.5% 的物种有 32 种,以花椒和构树为灌木层优势种。狗牙根、狼把草、苍耳(*Xanthium sibiricum*)和双穗雀稗等为草本层优势种;自然恢复样地分布有 42 种植物,分别属于 22 科、38 属,重要值大于 0.5% 的物种为 19 种。群落中没有乔木和灌木分布,草本层优势种主要有狗牙根、双穗雀稗、回头青(*Pycreus globosus*)和苍耳。

表 1　不同恢复模式消落带植物群落的主要物种组成

Tab. 1　Primary species composition of the restored communities

植物种类	人工恢复				自然恢复			
	相对频度/%	相对多度/%	相对盖度/%	重要值/%	相对频度/%	相对多度/%	相对盖度/%	重要值/%
灌木层								
花椒▲*Zanthoxylum bungeanum*	28.571	58.559	59.271	48.800				
构树▲*Broussonetia papyrifera*	28.571	18.018	19.757	22.115				
桑树▲*Morus alba*	21.429	10.811	9.119	13.786				
迎春花▲*Jasminum nudiflorum*	7.143	9.009	9.119	8.423				
紫穗槐▲*Amorpha fruticosa*	7.143	2.703	2.432	4.092				
盐肤木 *Rhus chinensis*	7.143	0.901	0.304	2.783				
草本层								
狗牙根▲*Cynodon dactylon*	16.848	77.548	43.525	45.973	18.121	72.641	45.006	45.256
狼把草 *Bidens tripartita*	8.288	0.973	6.773	5.345	6.711	0.223	1.648	2.861
苍耳 *Xanthium sibiricum*	6.386	0.783	5.245	4.138	9.228	0.253	4.149	4.543
双穗雀稗▲*Paspalum distichum*	6.658	0.990	3.884	3.844	10.738	3.678	10.023	8.146
水蓼 *Polygonum hydropiper*	6.793	0.603	2.342	3.246	2.852	0.219	1.100	1.390
回头青 *Pycreus globosus*	3.668	2.310	3.608	3.195	8.221	11.654	10.474	10.116
狗尾草 *Setaria viridis*	3.940	1.961	3.227	3.043	5.034	2.683	3.960	3.892
苘麻 *Abutilon theophrasti*	3.940	1.242	2.818	2.667	7.047	0.775	3.960	3.927
稗 *Echinochloa crusgalli*	2.174	1.707	2.979	2.287				
鬼针草 *Bidens pilosa*	3.261	0.443	2.365	2.023				
碎米莎草 *Cyperus iria*	2.853	0.648	1.890	1.797	1.174	0.533	1.047	0.918
马唐 *Digitaria sanguinalis*	1.766	1.116	2.323	1.735	4.362	2.647	3.868	3.626
叶下珠 *Phyllanthus urinaria*	3.261	0.381	1.114	1.585	3.859	0.608	1.415	1.961
鳢肠 *Eclipta prostrata*	2.853	0.284	0.961	1.366	3.859	0.608	1.415	1.961
一年蓬 *Erigeron annuus*	1.766	0.562	1.699	1.343				
鸡眼草 *Acalypha brachystachya*	0.951	1.422	1.513	1.296				
铁苋菜 *Acalypha australis*	2.174	0.708	0.795	1.226	1.342	0.107	0.940	0.796
毛马唐 *Digitaria ciliaris*	0.815	0.984	1.775	1.191	2.013	0.670	1.745	1.476
艾蒿 *Artemisia argyi*	1.359	0.130	0.776	0.755				
野苋 *Amaranthus retroflexus*	1.766	0.043	0.400	0.736	0.839	0.067	0.330	0.412
陌上菜 *Lindernia procumbens*	1.495	0.101	0.504	0.700	0.671	0.516	0.756	0.648
葎草 *Humulus japonicus*	0.815	0.426	0.443	0.561				
荩草 *Arthraxon hispidus*	0.679	0.547	0.438	0.555				
野胡萝卜 *Daucus carota*	1.223	0.094	0.343	0.553				
雾水葛 *Pouzolzia zeylanica*	1.223	0.092	0.276	0.530	1.678	0.187	0.470	0.778
通泉草 *Mazus japonicus*	0.951	0.143	0.476	0.523	0.168	0.043	0.024	0.078
金色狗尾草 *Setaria glauca*					3.020	0.672	2.520	2.071
白茅 *Imperata cylindrica*					1.007	0.541	1.376	0.975
十字马唐 *Digitaria cruciata*					1.510	0.434	0.979	0.974

注:▲为人工恢复时的引进物种。

Note: ▲ species introduced to the artificial restoration.

2种恢复模式下的群落生活型组成有较大差异,其中人工恢复地分布有灌木、多年生草本和1年生以及2年生草本植物,分别占物种组成的11.11%、29.64%和59.25%;而自然恢复地的物种组成主要以1年生和2年生草本植物为主,所占比例达到73.8%,多年生草本所占比例仅26.19%,没有灌木植物分布(图1)。

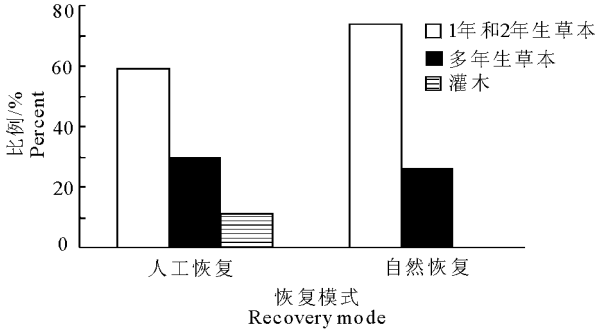


图1 不同恢复模式消落带植物群落的生活型组成

Fig. 1 Life-form composition of the two restored riparian plant communities

2.2 植物群落的多样性及其空间分布

人工恢复相比自然恢复能更有效地促进植物群落物种多样性的增加。人工恢复地的物种数、丰富度指数、均匀度指数、优势度指数、多样性指数分别比自然恢复地高41.5%、34.0%、7.1%、1.5%、15.1%,其中以物种数量和丰富度指数的增加最为显著。人工恢复地的物种数和物种多样性以175 m最高,而自然恢复地则在160 m和175 m形成2个高峰值(表2)。

2.3 植物群落的结构与空间分布

2种恢复地群落的物种结构随海拔梯度而有所变化,其中人工恢复地的变化尤为显著,在海拔170~175 m,其群落类型为灌草结构,形成了花椒-狗牙根群落;海拔170 m以下均为以狗牙根为建群种草丛,但不同海拔梯度群落的其它优势种有所变化。低海拔以双穗雀稗、碎米莎草、狗尾草、苘麻(*Abutilon theophrasti*)等为优势种,高海拔以狼把草、苍耳、水蓼等为优势种。自然恢复地的群落类型均为狗牙根草丛,群落在各海拔梯度其它优势种也有所差异,145 m处以回头青为优势种,在海拔170~175 m以双穗雀稗、马唐、苘麻等为优势种,但在海拔155~165 m,优势种为双穗雀稗、碎米莎草。从群落的盖度看,人工恢复地的群落盖度相对高于自然恢复地,特别是在低海拔位置(表3)。

表2 不同恢复模式下植物群落的多样性及其空间分布

Tab. 2 Spatial distribution of biodiversity in the two restored riparian plant communities

恢复模式	海拔/m	物种	丰富度指数	均匀度指数	优势度指数	多样性指数
人工	145	16	1.768	0.621	0.640	1.723
	150	22	2.287	0.632	0.692	1.955
	155	24	2.640	0.663	0.790	2.108
	160	24	2.528	0.641	0.723	2.039
	165	20	2.709	0.761	0.860	2.280
	170	32	3.412	0.729	0.828	2.527
	175	36	3.918	0.805	0.892	2.886
合计		54	5.486	0.643	0.781	2.632
自然	145	12	1.283	0.670	0.721	1.665
	150	14	1.424	0.560	0.546	1.478
	155	21	2.297	0.615	0.689	1.873
	160	26	3.041	0.727	0.826	2.370
	165	20	2.052	0.644	0.692	1.931
	170	23	2.421	0.678	0.784	2.128
	175	30	3.287	0.799	0.882	2.718
合计		42	4.093	0.600	0.769	2.285

表3 不同恢复模式下植物群落空间结构特征

Tab. 3 Spatial structure of the two restored riparian plant communities

海拔/m	人工恢复			自然恢复		
	群落类型	盖度/%	优势种	群落类型	盖度/%	优势种
145	狗牙根	60	双穗雀稗,碎米莎草	狗牙根	40	回头青
150	狗牙根	90	狗尾草,苘麻	狗牙根	80	双穗雀稗,苍耳
155	狗牙根	98	双穗雀稗,回头青	狗牙根	98	双穗雀稗,碎米莎草
160	狗牙根	98	苘麻, 双穗雀稗	狗牙根	98	双穗雀稗,碎米莎草
165	狗牙根	98	苍耳,狼把草	狗牙根	98	双穗雀稗,碎米莎草
170	狗牙根	98	狼把草,水蓼	狗牙根	98	马唐,双穗雀稗
175	花椒-狗牙根	98	构树,狼把草,小蓬草	狗牙根	98	双穗雀稗,苘麻

2.4 植物群落草本层生物量及其空间分布

2种恢复模式下群落草本层的生物量有着较大差异。人工恢复地群落草本层的生物量显著高于自然恢复地($P<0.05$),其总体平均生物量比自然恢复地高出27.5%;其中,长期水淹段145 m处人工恢复地群落草本层平均生物量高出自然样地62.7%,而在165 m、170 m和175 m处分别高出69.4%、41%和16.2%。

2 种恢复模式下草本层生物量以 145 m 和 165 m 处的差异最大。2 种恢复模式植物群落草本层的生物量均随着海拔高度的增加而增加,其中自然恢复地的增长较为平缓,而人工恢复地 165 m 处大幅增加后趋于稳定(图 2)。

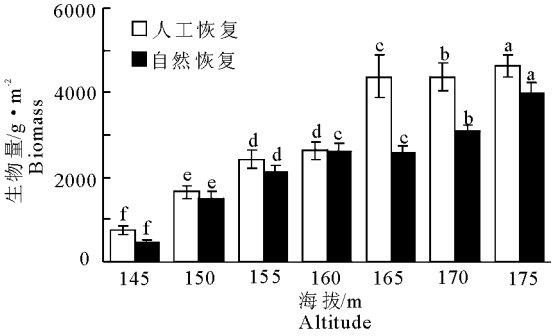


图 2　不同恢复模式群落草本层生物量的空间分布

Fig. 2　Biomass spatial distribution of the herbaceous layer in the two restored riparian plant communities

3　讨论

3.1　恢复模式对消落带植物群落组成结构的影响

植被恢复模式对香溪河消落带群落组成与结构、物种多样性均有影响,并进一步影响到群落的恢复进程与稳定性。人工恢复能有效加快生态恢复进程(Jones, 1994),但关于人工恢复对群落物种多样性的影响有不同的报道(Mehmeti et al,2009),特别是对于湿地这种环境比较复杂的生态系统(赵小雷等,2010)。葛秀丽(2012)和张玲等(2005)对南四湖和滇池湿地恢复过程的研究均发现人工恢复样地的物种数明显多于自然恢复地;Moser(2007)研究指出人工湿地可以有效增加物种丰富度与多样性和覆盖比例;但 Moore(1999)发现人工措施可恢复大部分湿地常见物种,但也会阻碍一些当地物种与稀有湿地物种的定居,从而降低物种多样性;而 Aronson(2008)认为人工恢复的湿地可以短时间内提高当地通过自然传播物种的定居效率,物种多样性会增加。随着时间推移,物种通过自然传播在人工恢复地的定居效率以及物种多样性会逐渐降低至接近自然恢复地。消落带植物群落物种组成与结构的空间分布因植物生长发育过程和生长环境的变化而变化(Cazzuffi et al,2006),且水位的波动对植物群落多样性有重要影响(Riis et al,2002);胡波等(2010)研究表明,三峡库区消落带植被的生物多样性指数随坡面变化呈一定的空间异质性。

本研究表明,香溪河人工恢复地的植物种类达到 54 种,而自然恢复地的植物种类为 42 种,人工恢复地比自然恢复地从数量上多了 6 种灌木和 6 种草本,其群落的多样性指数高于自然恢复地;此外,2 种恢复地的物种生活型组成均以 1 年生和 2 年生草本植物为主,但人工恢复地的物种组成还包括灌木,且多年生物种所占比例高于自然恢复地。相比之下,人工恢复地所形成的群落更为复杂和稳定。有研究认为,通过人工恢复,采取群落层次相结合的搭配模式,不仅可以增加不同生活类型的物种,使群落中物种间互补性增强,增加群落的多样性,而且还能提高群落的整体稳定性(盛雷,2013)。

本研究还发现,2 种恢复模式下的消落带地表植被生物多样性指数均随海拔梯度增加而增高,这主要是因为随着海拔梯度的增加,植物群落受水淹胁迫的时间逐步减少。因此生态恢复模式对于消落带植物群落物种多样性的整体空间分布格局没有显著影响,但在受水淹胁迫最严重的海拔 145 m 区域,人工恢复地物种数、丰富度指数与多样性指数略大于自然恢复地,而均匀度指数与优势度指数略小于自然恢复地;此外,在 150 ~ 165 m 范围内人工恢复地各海拔间优势种差异显著,自然恢复地各海拔高度主要由双穗雀稗与碎米莎草占优。

3.2　恢复模式对消落带植物群落生物量的影响

国内外很多研究都认为,通过人工恢复能促进草地恢复地生物量的增长,但大多数实验结果来源于草原草地的研究(Jiang et al,1997;Wang et al,2001)。在湿地生态恢复的研究上,对太湖附近人工湿地及其他中国南部退化湿地的重建中均发现,人工恢复有助于地表植被生物量的增长(Peng,1995;Lu et al,2007)。

香溪河人工恢复地植物群落的总体生物量比自然恢复地高 27.4%,由于库区水位消长节律变化引起的消落带不同部位出露的季节与时间长短上有较大差异,因此影响了植物的生长发育,导致 2 种恢复地植物群落的生物量均出现相同的空间分布格局,群落生物量随海拔梯度的增高而增加;但不同模式下生物量的变化仍有所差异。在水淹胁迫最严重的 145 m 段,人工恢复地生物量比自然恢复地高出了 62%;而在 165 ~ 175 m 海拔段,由于人工恢复工程主要是在此海拔段,所以群落的生物量比自然恢复地高出 27.7%。说明人工恢复能快速重建消落带植物群落,促进群落生物量的累积与恢复进程。

参考文献

戴方喜,许文年,刘德富, 2006. 对构建三峡库区消落带梯度生态修复模式的思考[J]. 中国水土保持, (1):34 – 36.

刁承泰, 黄京鸿, 1999. 三峡水库水位涨落带土地资源的初步研究[J]. 长江流域资源与环境, (1):75 – 80.

刘维暐, 王杰, 王勇, 等, 2012. 三峡水库消落区不同海拔高度的植物群落多样性差异[J]. 生态学报, 32(17):5454 – 5466.

卢志军, 李连发, 黄汉东, 等, 2010. 三峡水库蓄水对消涨带植被的初步影响[J]. 武汉植物学研究, 8(3):303 – 314.

葛秀丽, 2012. 南四湖湿地恢复过程中植被及种子库特征研究[D]. 济南:山东大学.

胡波, 张平仓, 任红玉,等, 2010. 三峡库区消落带植被生态学特征分析[J]. 长江科学院院报, 27(11):81 – 85.

夏智勇, 2011. 重庆三峡水库消落带植物分布特征与群落物种多样性研究[D]. 重庆:西南大学.

赵小雷, 凌云, 张光富,等, 2010. 大丰麋鹿保护区不同生境梯度下滩涂湿地植被的群落特征[J]. 生态学杂志, 29(2):244 – 249.

张玲, 李广贺, 张旭, 等, 2005. 滇池人工湿地的植物群落学特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 14(5):570 – 573.

张虹, 2008. 三峡库区消落带土地资源特征分析[J]. 水土保持通报,(1):46 – 49.

张继义, 赵哈林, 2005. 科尔沁沙地草地植被恢复演替进程中群落优势种群空间分布格局研究[J]. 生态学杂志, 23(2):1 – 6.

张峥, 张建文, 李寅年,等, 1999. 湿地生态评价指标体系[J]. 农业环境保护, 18(6):283 – 285.

程瑞梅, 肖文发, 李建文, 2005. 长江三峡库区草丛群落多样性的研究[J]. 山地学报,23(4):502 – 506.

盛雷, 2013. 湖南醴潭高速公路边坡人工恢复植物群落研究[D]. 长沙:中南林业科技大学.

殷秀琴, 顾卫, 董炜华,等, 2008. 公路边坡人工恢复植被后土壤动物群落变化及多样性[J]. 生态学报, 28(9):4295 – 4305.

王建超, 朱波, 汪涛, 2011. 三峡库区典型消落带淹水后草本植被的自然恢复特征[J]. 长江流域资源与环境, (5):603 – 610.

Aronson M F J, Galatowitsch S, 2008. Long-term vegetation development of restored prairie pothole wetlands[J]. Wetlands, 28(4):883 – 895.

Cazzuffi D, Corneo A, Crippa E, 2006. Slope Stabilisation by Perennial "Gramineae" in Southern Italy: Plant Growth and Temporal Performance [J]. Geotechnical & Geological Engineering, 24(3):429 – 447.

Jiang D, 1997. Biomass dynamics and regeneration method of artificial plant community in sandy land[J]. Journal of Desert Research,(2):85 – 89.

Jones C G , Lawton J H , Shachak M, 1994. Organism as ecosystem engineers[J]. Oikos, 69:373 – 386.

Lu J, Wang H, Wang W, et al, 2007. Vegetation and soil properties in restored wetlands near Lake Taihu, China[J]. Hydrobiologia, 581(1):151 – 159.

Mehmeti A, Demaj A, Waldhardt R, 2009. Plant species richness and composition in the arable land of Kosovo[J]. Landscape Online, 11(1):1 – 29.

Moore H H, Niering W A, Marsicano L J, et al, 1999. Vegetation change in created emergent wetlands (1988 – 1996) in Connecticut (USA)[J]. Wetlands Ecology & Management, 7(4):177 – 191.

Moser K, Ahn C, Noe G, 2009. Characterization of microtopography and its influence on vegetation patterns in created wetlands [J]. Wetlands, 27(4):1081 – 1097.

Peng S L, 1995. The restoration and rehabilitation of the degraded ecosystems in the southern part of subtropical China. Studies on Degraded Ecosystems in China[M]. China's Science and Technology Publishing House, Beijing: 94 – 113.

Riis T, Hawes I, 2002. Relationships between water level fluctuations and vegetation diversity in shallow water of New Zealand lakes[J]. Aquatic Botany, 74(2):133 – 148.

Wang Y, Zhou G, 2001. Analysis on ecophysiological characteristics of leaf photosynthesis of Aneurolepidium chinense in songnen grassland[J]. The Journal of Applied Ecology, 12(1): 75 – 79.

(责任编辑 万月华)

Vegetation Community Characteristics of Artificial and Natural Restorations within the Water-Level-Fluctuation Zone of Xiangxi River

CHEN Shao-hua[1,2], CHEN Fang-qing[1,2], ZHANG Miao[2], WANG Ya-jing[2], WU Yang[2], LIU Kun-hui[2]

(1. Hubei International Cooperation Research Center of Ecological Protection and Management of the Three Gorges Region, Yichang 443002, P. R. China;
2. Engineering Research Center of the Ministry of Education for the Three Gorges Reservoir Region's Eco-environment, China Three Gorges University, Yichang 443002, P. R. China)

Abstract: The wide amplitude and reverse water-level-fluctuation resulting from the construction of the Three Gorges Project have caused serious degradation of riparian vegetation and ecological function within the water-level-fluctuation zone in the Three Gorges Reservoir Area. Effective vegetation restoration improves the ecological environment. Taking Xiangxi River as a case, this field investigation characterized the species composition, structure, biodiversity and biomass of the artificial and natural plant communities to objectively evaluate the effect of different restoration methods. The results provide scientific evidence to guide vegetation restoration and management in the water-level-fluctuation zone of the Three Gorges Reservoir area. The vegetation demonstration project in the water-level-fluctuation zone has been ongoing since 2009 in the middle section of Xiangxi River with an area of 14 hm^2. The natural plant community studied was 2 km from the demonstration project. In August 2014, six vegetation belts were delineated in the two investigation sites along elevation gradients of 145 – 150, 150 – 155, 155 – 160, 160 – 165, 165 – 170, 170 – 175 m and 20 plots (1 m × 1 m) were randomly set in each vegetation belt. Vegetation species, above ground biomass, height and cover of each plot were recorded and measured, and plant samples were selected for determination of dry weight. Results show that: (1) A riparian plant community composed of annual and perennial herbs developed in the water-level-fluctuation zone of both the artificial and natural restoration plots. There were 48 annual and perennial herbs, and 6 shrubs in the artificial restoration plot. The importance value of 32 vegetation species was higher than 0.5%. A total of 42 annual and perennial herbs were observed in the natural restoration plot, but there were no shrubs and the importance value of only 19 vegetation species was higher than 0.5%; (2) The species biodiversity of the artificially restored community was slightly higher than that of the naturally restored community. The species number, richness index, evenness index, dominance index and diversity index of the artificially restored community were higher by 41.5%, 34.0%, 7.1%, 1.5% and 15.1%, respectively, than those in the naturally restored community. As vegetation belt elevation increased, species biodiversity increased, then decreased in the naturally restored community and decreased, then increased in the artificially restored community because shrubs were introduced on the upper section of the water-level fluctuation zone. Species composition of the community also changed with elevation; (3) The biomass in both restorations increased with elevation. However, the average total biomass of the artificially restored community was significantly higher (27.5%) than that of the naturally restored community; 62.7% higher at 145m and 69.4% at 155m. In summary, introducing shrubs and seeding herbaceous plants in the artificial restoration accelerated the restoration process and promoted the stability of riparian plant community on the water-level-fluctuation zone.

Key words: Xiangxi River; water-level-fluctuation zone; artificial restoration; natural restoration; species biodiversity