

# 三峡水库消落带出露期植物群落动态特征<sup>\*</sup>

高 婷, 董 蓉, 黄慧敏, 陶建平

(西南大学 生命科学学院 三峡库区生态环境教育部重点实验室 重庆市三峡库区植物生态与资源重点实验室, 重庆 400715)

**摘要:**【目的】调查研究三峡水库低水位运行期间消落带植物群落物种构成、优势种的消长和物种多样性在1个生长季的动态特征。【方法】以三峡水库小江和汝溪河为研究区域,在152~170 m高程范围设置7条固定样带,于2016年5—9月进行植物学群落调查。【结果】调查共记录维管植物22科55属60种,以禾本科(Gramineae)和菊科(Compositae)物种最多。不同高程的优势物种组成变化不大,但重要值所占比例不同。随着高程升高及出露期延长,一年生植物重要值升高。多年生植物狗牙根(*Cynodon dactylon*)和香附子(*Cyperus rotundus*),一年生植物苍耳(*Xanthium sibiricum*)、狼把草(*Bidens tripartita*)、稗(*Echinochloa crusgalli*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)等是消落区优势物种;随着高程升高和出露期延长,狗牙根和香附子重要值降低,苍耳和狼把草重要值升高,稗和马唐重要值先升高后降低。消落带植物群落的丰富度、多样性、均匀度指数在高程梯度上的差异在 $p < 0.05$ 水平具有统计学意义,物种多样性沿高程升高和出露期延长整体呈增加趋势。【结论】三峡水库消落带的物种组成趋于简单化,尤其在低高程区,耐淹种和具有强竞争力的植物是消落区的优势物种组成。不同植物的生长生态特性及对生境适应能力的差别是消落带植物群落形成和变化的主要因素。

**关键词:** 三峡水库; 高程梯度; 物种组成; 物种多样性

**中图分类号:** Q145<sup>+</sup>.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-6693(2017)05-0038-06

植物作为消落带生态系统的重要组成部分,对于调节区域气候环境、维持生态系统生产力等方面具有重要作用。消落带植物的组成、生态特性及空间分布受水分梯度、地形地貌、养分等多种环境因子的影响<sup>[1-4]</sup>。三峡工程修建后,由于库区出现周期性、高强度和反季节的水淹,因而库区消落带的生态环境变得脆弱<sup>[5]</sup>。及时准确地掌握消落带植物群落的时空动态特征对于该区域植物的恢复和重建有重要的意义。

在水淹干扰后的出露阶段,消落带植物群落的波动特征常通过物种组成、生物多样性等信息显露出来<sup>[6-7]</sup>。这些信息不仅能够度量群落的生态动态过程和功能复杂性,同时也是群落本身对环境变化的响应<sup>[8]</sup>。消落带生境的复杂性及外界干扰的影响使得群落结构具有不稳定性和多变性<sup>[9]</sup>。目前关于消落带植物群落经历水淹后恢复生长期动态变化的定位研究还较为少见<sup>[10]</sup>。本研究通过设置固定样地并进行多次植被调查,探究出露期间三峡库区消落带草本植物群落的物种组成、优势种的重要值和物种多样性在1个生长季内随着高程梯度及出露时间延长的变化特征,为三峡库区消落带植被的管理和恢复提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

三峡工程在2006年完成156 m蓄水,2008年完成172 m蓄水,2010年冬季达到175 m最高水位。水库蓄水完成后保持冬季高水位(175 m)、夏季低水位(145 m)运行。研究区处于三峡库区腹地,为亚热带季风区山地气候,四季分明,光照充足,雨量充沛;常年平均气温为18~19℃,年降水量为1 000~1 200 mm,无霜期为280~320 d;土壤类型主要为紫色土、黄壤、黄棕壤、石灰土等<sup>[11]</sup>。研究共选取3个样地,分别位于重庆市忠县的涂井乡、青萍村和云阳县的黄石镇。为了减少地形地貌及人类活动等对植被的影响,选取的样地具有相似的坡度、土壤类型和土地利用方式,且人为干扰较小,植物物种丰富且长势良好。

\* 收稿日期:2017-02-19 修回日期:2017-03-30 网络出版时间:2017-06-15 11:23

资助项目:国务院三峡办三峡后续工作库区生态与生物多样性保护专项项目(No.5000002013BB5200002)

第一作者简介:高婷,女,研究方向为植物生态学,E-mail:13272728890@163.com;通信作者:陶建平,教授,E-mail:taojp@swu.edu.cn

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20170615.1123.012.html>;

## 1.2 研究方法

沿平行于河流方向设置样带,在 152~170 m 高程范围内每隔 3 m 设置 1 条样带,每个样地共 7 条样带,每条样带均匀设置 10 个 1 m×1 m 的固定样方,样方之间间隔 1 m。调查于 2016 年 5—9 月进行,每月 1 次。其中 5 月由于 152 m 高程处于被淹没状态,调查了 6 条样带;7 月由于水位上涨,只调查了 164~170 m 的 3 条样带;6,8,9 月调查了 7 条样带。详细记录样方内植物物种组成和植株平均高度、盖度。

由于湿地草本植株个体数计量难度较大,本研究采用简化重要值代替由相对密度、相对盖度和相对优势度之和得出的经典重要值<sup>[11-12]</sup>。物种重要值计算公式为“重要值 IV=(相对盖度+相对高度)/2”。选取 Patrick 丰富度指数( $R$ )、Shannon-Wiener 多样性指数( $H$ )、Simpson 优势度指数( $D$ )和 Pielou 均匀度指数( $J$ )分析群落物种多样性( $J$ )<sup>[13]</sup>,具体计算公式分别为: $R=S$ ,  $H=-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ ,  $D=1-\sum_{i=1}^S P_i^2$ ,  $J=H/\ln S$ 。上述式中, $S$  为研究中物种总数, $P_i$  为种  $i$  的相对重要值。数据的统计分析采用 SPSS 22.0 软件,用单因素方差分析(One-way ANOVA)法对同一时期不同高程及同一高程不同出露期的群落物种多样性指数进行统计检验,并采用 Duncan 法进行多重比较。图形分析在 origin 8.6 中进行。当  $p<0.05$  时,统计结果具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 群落物种组成

本研究中共调查到 60 种草本植物,分属 22 科 55 属。其中菊科(Compositae)有 12 个种,禾本科(Gramineae)有 11 个种,豆科(Leguminosae)有 5 个种,莎草(Cyperaceae)和苋科(Amaranthaceae)各有 4 个种,其余各个科别的物种数为 1~3 种。这 60 种植物中,非多年生植物有 35 种,占总数的 58.3%;其余为多年生植物。

消落带物种重要值较大的植物种为狗牙根(*Cynodon dactylon*)、稗(*Echinochloa crusgalli*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、香附子(*Cyperus rotundus*)、苍耳(*Xanthium sibiricum*)、狼把草(*Bidens tripartita*)、短叶水蜈蚣(*Kyllinga brevifolia*)、叶下珠(*Phyllanthus urinaria*)、水蓼(*Polygonum hydropiper*)、喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、苘麻(*Abutilon theophrasti*)、绿豆(*Vigna radiata*)、合萌(*Aeschynomene indica*)等(表 1)。随高程增加及出露期的延长,消落带优势物种组成基本不变,但不同物种的重要值不同,禾本科狗牙根及莎草科物种的重要值降低,菊科物种的重要值上升;在生活史组成上,一年生植物的重要值上升,多年生植物比重下降。

### 2.2 优势物种的“消长”动态

根据重要值分析 6 种优势植物的波动,可以发现:随着高程升高,狗牙根的重要值整体呈降低趋势,香附子先升高后降低;随着出露期延长,二者重要值都降低(图 1a,b)。苍耳和狼把草主要分布在 161 m 以上的高程,随着高程升高及出露期延长,二者重要值升高(图 1c,d)。马唐和稗主要分布在 158 m 以上高程,随着高程升高,二者重要值都呈先升高后降低的趋势;随出露时间的延长,马唐重要值升高且在 9 月达到最大值,稗的重要值则先升高后降低且在 7,8 月达到最大值(图 1e,f)。

### 2.3 群落物种多样性

消落区植物群落的 Patrick 指数在 152~158 m 高程范围内差异不具有统计学意义,在 158~164 m 高程范围内呈明显上升趋势;除 6 月之外,其余月份 164 m 高程处 Patrick 指数高于 158 m 高程以下区域的 Patrick 指数,且数据差异具有统计学意义( $p<0.05$ )。消落区植物群落的 Shannon-wiener 指数和 Simpson 指数在 170 m 高程高于 161 m 高程以下梯度,且数据差异具有统计学意义( $p<0.05$ )。消落区植物群落的 Pielou 指数在 161~170 m 高程高于 152,158 m 高程处的 Pielou 指数,且数据差异具有统计学意义( $p<0.05$ )(图 2)。

152 m 高程处植物群落 6 月时的 Patrick 指数和 Shannon-wiener 指数较 8 月时更大,且数据差异具有统计学意义( $p<0.05$ )。同样地,155 m 高程处植物群落 6 月时的 Patrick 指数、Shannon-wiener 指数和 Simpson 指数较 5 月时更大,且数据差异具有统计学意义( $p<0.05$ )。158 m 及以上高程植物群落的多样性指数在各个时期的差异无统计学意义。

### 3 讨论与结论

本研究中所调查到的植物分属于菊科和禾本科的物种较多,原因可以归结为植物种间的进化历史和生物学特性。比如,禾本科植物能通过根蘖或根茎繁殖等<sup>[14]</sup>。消落区植物种类组成相对单一,随出露期延长,物种重要值所占的比重不同——这一方面是因为受不同植物生长季和生长时期的影响;另一方面是因为出露期的延长象征着土壤干旱程度的增加,而物种对水分需求的特性不同。低高程水淹时间长,多数一年生植物不能生长,而占优势的多年生植物狗牙根具有根系发达、克隆整合效应促进生长、匍匐茎营养生殖方式及耐旱耐贫瘠的习性,在形态、生理方面对缺氧环境已经有了一定的适应能力<sup>[15-16]</sup>;因此狗牙根的重要值在各个高程梯度都相对较大,但与高程数值变化成反比。狗牙根的优势度在 152 m 高程最大,这一定程度上阻碍了香附子的扩张;且香附子喜欢高温高湿的环境,因此该物种集中分布在 155 m 和 158 m 高程。随着出露期延

长,消落区由水生生境转变为可能存在季节性干旱的陆生生境,更多具有竞争优势的一年生植物种开始萌发。一年生植物只要能在出露期完成生活史,便可以种子休眠的形式度过冬季的长期水淹,更适宜消落带<sup>[17]</sup>。苍耳和狼把草主要分布在消落区中高部位,二者都能在消落带出露期间获得成熟的种子,且它们的瘦果具有倒刺,极易钩在动物体表进行种子传播。稗和马唐种子具有体积小、数量多、质量轻的特点,耐受水淹的能力强,且对于干燥生境有较强的适应能力,是消落区中上部的优势种。总体而言,淹水期间根茎或种子能保持生活力的耐胁迫种和能在出露期完成生活史的竞争种是消落区的主要植物种类<sup>[18]</sup>。

消落带不同植物对水淹胁迫的耐受力不同<sup>[19]</sup>。水位的变化导致一些植物衰退死亡,一些植物扩张生长,而引起植物群落结构和物种多样性的变化<sup>[20]</sup>。低高程(152~158 m)频繁受到水位涨落波动的冲击,物种多样性明显低于较高高程区域。在>158~164 m 高程,水淹胁迫程度降低,能满足较多植物的生长要求,物种多样性指数呈明显的上升趋势。在水淹影响较小的>164~170 m 高程,陆域环境中的植物种子能通过各种途径进入该区域,且生境中的资源相对丰富,因此多样性指数仍呈增加趋势。随出露期的延长,152~155 m 高程处物种多样性指数先升高后减低,而>164~170 m 高程处物种多样性呈上升趋势。这主要是因为不同高程的生境差异使得

表 1 三峡库区消落带植物群落物种组成

Tab. 1 Plant species composition in the hydro fluctuation zone of Three-Gorge reservoir area

| 高程    | 时间  | 群落物种组成                                                       |
|-------|-----|--------------------------------------------------------------|
| 152 m | 6 月 | 狗牙根(0.591)、短叶水蜈蚣(0.097)、香附子(0.060)、稗(0.058)、其他(0.194)        |
|       | 8 月 | 狗牙根(0.854)、香附子(0.067)、叶下珠(0.043)、水蓼(0.036)                   |
|       | 9 月 | 狗牙根(0.811)、香附子(0.083)、水蓼(0.042)、叶下珠(0.026)、其他(0.039)         |
| 155 m | 5 月 | 狗牙根(0.847)、香附子(0.110)、苍耳(0.025)、喜旱莲子草(0.016)、其他(0.003)       |
|       | 6 月 | 狗牙根(0.619)、香附子(0.170)、稗(0.089)、苍耳(0.018)、苘麻(0.015)、其他(0.009) |
|       | 8 月 | 狗牙根(0.714)、香附子(0.166)、水蓼(0.060)、喜旱莲子草(0.051)、叶下珠(0.010)      |
| 158 m | 9 月 | 狗牙根(0.703)、香附子(0.166)、水蓼(0.064)、喜旱莲子草(0.050)、其他(0.018)       |
|       | 5 月 | 狗牙根(0.682)、香附子(0.284)、绿豆(0.016)、苍耳(0.010)、其他(0.008)          |
|       | 6 月 | 狗牙根(0.693)、香附子(0.174)、绿豆(0.056)、稗(0.039)、其他(0.038)           |
| 161 m | 8 月 | 狗牙根(0.691)、香附子(0.138)、合萌(0.098)、马唐(0.022)、其他(0.052)          |
|       | 9 月 | 狗牙根(0.772)、香附子(0.109)、合萌(0.073)、水蓼(0.014)、其他(0.033)          |
| 164 m | 5 月 | 狗牙根(0.470)、香附子(0.258)、合萌(0.114)、稗(0.045)、其他(0.113)           |
|       | 6 月 | 狗牙根(0.462)、合萌(0.167)、香附子(0.095)、稗(0.059)、其他(0.218)           |
|       | 7 月 | 合萌(0.369)、狗牙根(0.284)、香附子(0.100)、苘麻(0.087)、其他(0.161)          |
| 167 m | 8 月 | 狗牙根(0.423)、合萌(0.206)、稗(0.104)、马唐(0.060)、其他(0.206)            |
|       | 9 月 | 狗牙根(0.447)、合萌(0.178)、稗(0.135)、水蓼(0.078)、其他(0.163)            |
| 170 m | 5 月 | 狗牙根(0.474)、香附子(0.129)、苍耳(0.081)、狼把草(0.060)、其他(0.256)         |
|       | 6 月 | 狗牙根(0.408)、稗(0.136)、马唐(0.086)、苍耳(0.062)、其他(0.309)            |
|       | 7 月 | 狗牙根(0.376)、稗(0.253)、马唐(0.081)、水蓼(0.055)、其他(0.234)            |
| 173 m | 8 月 | 狗牙根(0.342)、稗(0.215)、马唐(0.119)、苍耳(0.067)、其他(0.258)            |
|       | 9 月 | 狗牙根(0.377)、马唐(0.167)、稗(0.136)、狼把草(0.065)、其他(0.256)           |
| 176 m | 5 月 | 狗牙根(0.418)、苍耳(0.171)、狼把草(0.094)、香附子(0.087)、其他(0.230)         |
|       | 6 月 | 狗牙根(0.433)、苍耳(0.177)、狼把草(0.116)、稗(0.070)、其他(0.204)           |
|       | 7 月 | 狗牙根(0.384)、苍耳(0.168)、狼把草(0.109)、稗(0.071)、其他(0.268)           |
| 179 m | 8 月 | 狗牙根(0.315)、苍耳(0.191)、狼把草(0.120)、稗(0.111)、其他(0.264)           |
|       | 9 月 | 狗牙根(0.347)、苍耳(0.226)、马唐(0.111)、狼把草(0.108)、其他(0.210)          |
| 182 m | 5 月 | 狗牙根(0.268)、苍耳(0.180)、狼把草(0.129)、喜旱莲子草(0.082)、其他(0.348)       |
|       | 6 月 | 狗牙根(0.203)、狼把草(0.182)、苍耳(0.142)、喜旱莲子草(0.075)、其他(0.400)       |
|       | 7 月 | 狗牙根(0.218)、狼把草(0.192)、苍耳(0.168)、马唐(0.064)、其他(0.358)          |
| 185 m | 8 月 | 狼把草(0.221)、苍耳(0.198)、狗牙根(0.119)、马唐(0.092)、其他(0.372)          |
|       | 9 月 | 苍耳(0.259)、狼把草(0.204)、狗牙根(0.174)、马唐(0.110)、其他(0.253)          |

注:物种名后括号内数值为该物种的重要值。

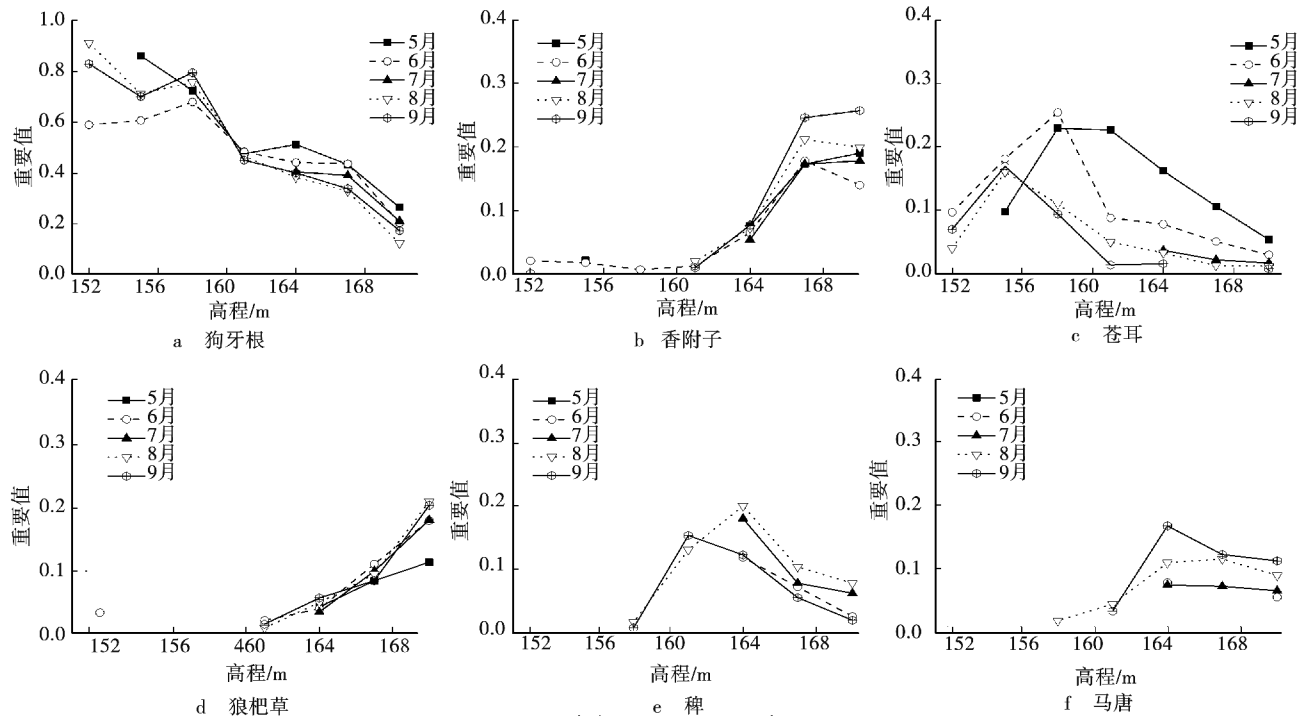
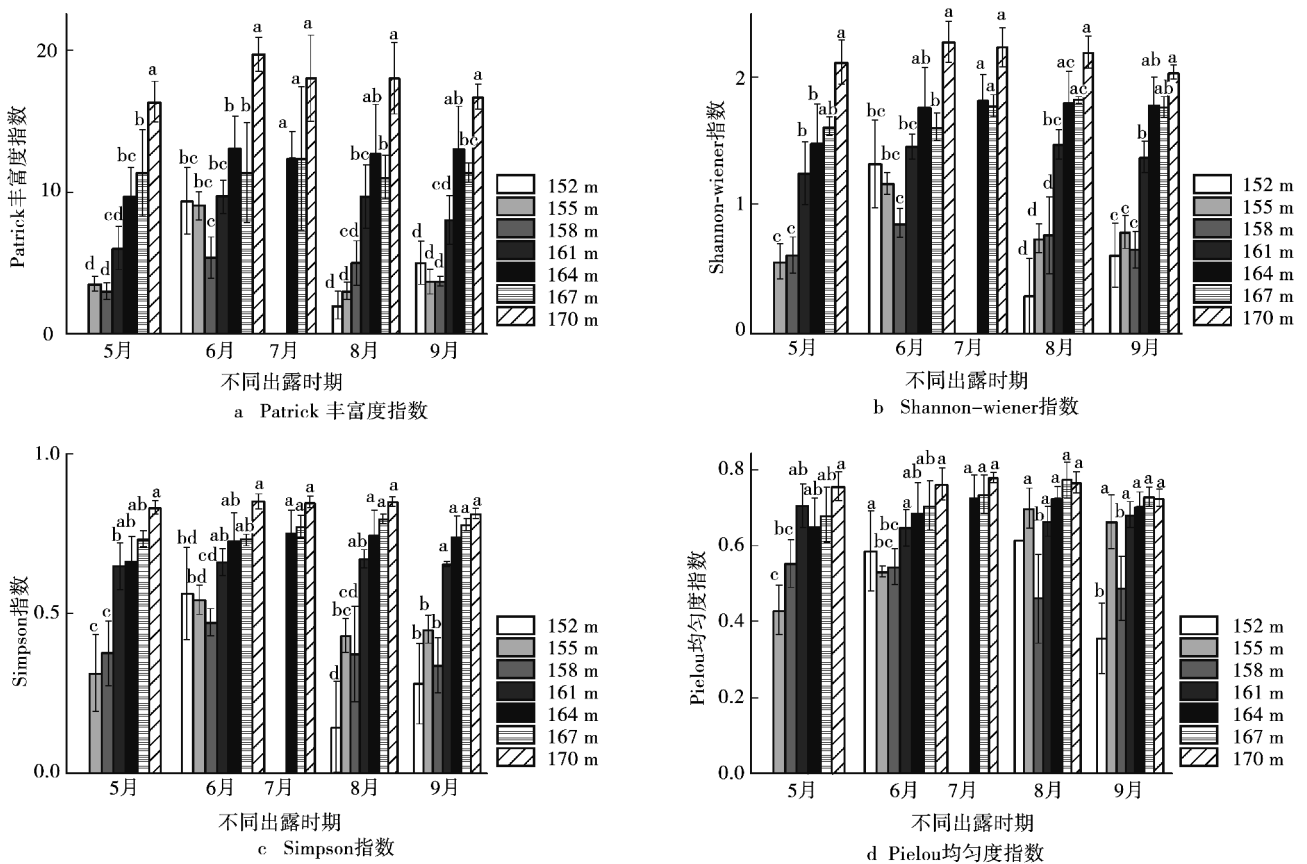


图1 三峡库区消落带优势种重要值

Fig. 1 The important values of dominant species in the hydro-fluctuation zone of Three Gorges reservoir area



注:不同小写字母表示高程间数据差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。

图2 三峡库区消落带植物群落物种多样性特征

Fig. 2 Characteristics of plant diversity in the hydro-fluctuation zone of Three Gorges reservoir area



物种组成的生态特性不同。本研究中,物种多样性在高程梯度上整体呈增加趋势,在时间梯度上没有一致的规律。但是,消落带不同研究区域植被的空间分布格局及物种多样性特征并未得到普遍性结论。这是因为:虽然不同区域由于淹水强度带来的环境梯度效应基本一致,但原生植被的种类组成、地形、人为干扰强度及土地利用方式并不完全相同,且不同研究者对于样方设置的数量和面积大小、高程的划分及调查时间的差别也都可能影响结果<sup>[21-22]</sup>。

三峡库区消落带草本植物物种组成以禾本科和菊科植物为主,耐淹物种和具有强竞争力的物种是消落带的优势植物组成;不同物种受水淹环境和自身生物学特性的影响,在消落区出露期的分布呈现不同的波动特征。同时,消落区内植物群落结构趋于简单化,尤其是水淹胁迫较强的低高程段;由于水淹程度及不同高程微生境的差异,不同高程物种多样性指数有差异,且整体随高程上升呈增加趋势。

## 参考文献:

- [1] NAIMAN R J, DECAMPS H, POLLOCK M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity[J]. Ecological Applications, 1993, 3(2): 209-212.
- [2] 艾丽皎, 吴志能, 张银龙, 等. 水体消落带国内外研究综述[J]. 生态科学, 2013, 32(2): 259-264.  
AI L J, WU Z N, ZHANG Y L, et al. A summary of water-level-fluctuating zone[J]. Ecological Science, 2013, 32(2): 259-264.
- [3] 李旭, 宋冰冰, 李峰, 等. 洞庭湖不同水位高程下南荻(*Triarrhena lutarioriparia*)种群分布格局及生长动态[J]. 湖泊科学, 2016, 28(5): 1039-1046.  
LI X, SONG B B, LI F, et al. Population distribution patterns and growing status of *Triarrhena lutarioriparia* along a gentle elevation gradient of Lake Dongting wetlands[J]. Journal of Lake Sciences, 2016, 28(5): 1039-1046.
- [4] DWIRE K A, KAUFFMAN J B, BAHAM J E, et al. Plant species distribution in relation to water-table depth and soil redox potential in montane riparian meadowse[J]. Wetlands, 2006, 26(1): 131-146.
- [5] WU J G, HUANG J H, HAN X G, et al. Three-Gorges dam-experiment in habitat fragmentation[J]. Science, 2003, 300(5623): 1239-1240.
- [6] 卢涛, 马克明, 倪红伟, 等. 三江平原不同强度干扰下湿地植物群落的物种组成和多样性变化[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 1893-1900.  
LU T, MA K M, NI H W, et al. Variation in species composition and diversity of wetland communities under different disturbance intensity in the Sanjiang plain[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 1893-1900.
- [7] 李璠, 周国英, 杨路存, 等. 围栏封育对青海湖流域主要植物群落多样性与稳定性的影响[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 135-140.  
LI F, ZHOU G Y, YANG L C, et al. Effect of fence on biodiversity and stability of the main plant communities in the Qinghai lake area[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2013, 20(4): 135-140.
- [8] IVES A R, CARPENTER S R. Stability and diversity of ecosystem[J]. Science, 2007, 317(5834): 58-62.
- [9] 陈杰, 郭屹立, 卢训令, 等. 伊洛河流域草本植物群落物种多样性[J]. 生态学报, 2012, 32(10): 3021-3030.  
CHEN J, GUO Y L, LU X L, et al. Species diversity of herbaceous communities in the Yiluo river basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(10): 3021-3030.
- [10] 朱妮妮, 郭泉水, 秦爱丽, 等. 三峡水库奉节以东秭归和巫山段消落带植物群落动态特征[J]. 生态学报, 2015, 35(23): 7852-7867.  
ZHU N N, GUO Q S, QIN A L, et al. Plant community dynamics in the Hydro-fluctuation belt of the Three Gorges reservoir at the Zigui and Wushan section, east of Fengjie county, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(23): 7852-7867.
- [11] 王建超, 朱波, 汪涛. 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, 2011, 20(5): 603-610.  
WANG J C, ZHU B, WANG T, et al. Characteristics of restoration of natural herbaceous vegetation of typical water-level fluctuation zone after flooding in the Three Gorges reservoir area[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2011, 20(5): 603-610.
- [12] 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.  
WANG Y J, TAO J P, ZHANG W Y, et al. Dynamics of species diversity in vegetation restoration on Tudiling of Mao county, Southwest China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(4): 1028-1036.
- [13] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 94-99.  
ZHANG J T. Quantitative ecology[M]. Beijing: Science Press, 2004: 94-99.
- [14] 孔维静, 夏会娟, 张远, 等. 西辽河河岸草本植物物种特征及其与环境因子的关系[J]. 水生生物学报, 2015, 39(6): 1266-1274.  
KONG W J, XIA H J, ZHANG Y, et al. Characteristics of riparian herbaceous vegetation and the relationship with environmental factors in the West Liaohe river, China[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2015, 39(6): 1266-1274.
- [15] 张想英, 樊大勇, 谢宗强, 等. 克隆整合有助于狗牙根抵御水淹[J]. 植物生态学报, 2010, 34(9): 1075-1083.

- ZHAGN X Y, FAN D Y, XIE Z Q, et al. Clonal integration enhances performance of *Cynodon dactylon* subjected to submergence[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2010, 34(9): 1075-1083.
- [16] 产祝龙, 施海涛, 王艳平. 狗牙根抗非生物胁迫的研究进展[J]. 草业科学, 2013, 30(8): 1182-1187.
- CHAN Z L, SHI H T, WANG Y P, et al. Response of bermuda grass to abiotic stress[J]. Pratacultural Science, 2013, 30(8): 1182-1187.
- [17] 张爱英, 熊高明, 樊大勇, 等. 三峡水库运行对淹没区及消落带植物多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2016, 35(9): 2505-2518.
- ZHANG A Y, XIONG G M, FAN D Y, et al. Effects of damming on plant diversity in the inundated and riparian zones of Three Gorges reservoir area, China[J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(9): 2505-2518.
- [18] BOHUMIL M. Germination requirements of invasive and non-invasive *Atriplex* species: a comparative study[J]. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 2003, 198(1): 45-54.
- [19] LU Z J, LI L F, JIANG M X, et al. Can the soil seed bank contribute to revegetation of the drawdown zone in the Three Gorges reservoir region? [J]. Plant Ecology, 2010, 209(1): 153-165.
- [20] YE C, ZHANG K R, DENG Q, et al. Plant communities in relation to flooding and soil characteristics in the water level fluctuation zone of the Three Gorges reservoir, China [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2013, 20(3): 1794-1802.
- [21] 王业春, 雷波, 张晟. 三峡库区消落带不同水位高程植被和土壤特征差异[J]. 湖泊科学, 2012, 24(2): 206-212.
- WANG Y C, LEI B, ZHANG S. Differences in vegetation and soil characteristics at different water-level altitudes in the drawdown areas of Three Gorges reservoir area [J]. Journal of Lake Sciences, 2012, 24(2): 206-212.
- [22] 朱妮妮, 秦爱丽, 郭泉水, 等. 三峡水库巫山-秭归段典型消落带植被空间分异研究[J]. 林业科学研究, 2015, 28(1): 109-115.
- ZHU N N, QIN A L, GUO Q S, et al. Spatial heterogeneity of plant community in Zigui and Wushan typical hydro-fluctuation belt of Three Gorges reservoir areas [J]. Forest Research, 2015, 28(1): 109-115.

## Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

### Plant Community Dynamic Characteristics During Exposed Period in Hydro-fluctuation Belt of Three Gorges Reservoir

GAO Ting, DONG Rong, HUANG Huimin, TAO Jianping

(Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education),  
Chongqing Key Laboratory of Plant Ecology and Resources Research in Three Gorges Reservoir Region,  
School of Life Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** [Purposes] The temporal-spatial dynamic characteristics of plant species composition, growth and decline of the dominant species and species diversity of plant communities were investigated during the low water level of Three Gorges reservoir operation within a growing season. [Methods] Plants growing in 7 permanent belt transects from 152 ~ 170 m elevation gradients were periodically investigated in hydro-fluctuation zone (HFZ) of the Xiaojiang river and Ruxi river of the Three Gorges Reservoir from May to September in 2016. [Findings] There were 60 vascular plant species belonging to 55 genera and 22 families recorded in HFZ, and the dominant plant families were Gramineae and Compositae. The main plant species composition almost remained unchanged in various elevations of the research area, but the proportion of their important values was different. Annual plants covered higher proportion as elevation rose or exposed period extended. Perennials *Cynodon dactylon* and *Cyperus rotundus*, and annual plants *Xanthium sibiricum*, *Bidens tripartita*, *Echinochloa crusgalli*, *Digitaria sanguinalis* were dominant species in the research area. With the increased elevation and prolonged outcropped period, important values of *C. dactylon* and *C. rotundus* were reduced, which of *X. sibiricum* and *B. tripartita* were increased, and the values of *E. crusgalli* and *D. sanguinalis* were firstly increased but then reduced. The richness, diversity and evenness indexes of plant communities were significantly different along with elevation gradients ( $p < 0.05$ ), and showed a trend of increase with elevation on the whole. [Conclusions] The species composition in HFZ of the Three Gorges reservoir tended to be simplified, especially in the low elevation area, and dominant species composition were those which could tolerance submergence or become stronger competitors. The adaptabilities of different ecological plants to changing habitats were the main driving factors of plant community formation and change.

**Keywords:** Three Gorges reservoir; elevation gradients; species composition; species diversity

(责任编辑 方 兴)