

# 水位梯度对三江平原典型湿地植物根茎萌发及生长的影响\*

王 丽<sup>1,2</sup> 胡金明<sup>3</sup> 宋长春<sup>1\*\*</sup> 杨 涛<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; <sup>2</sup> 中国科学院研究生院, 北京 100039; <sup>3</sup> 云南大学亚洲国际河流中心, 昆明 650091)

**摘 要** 通过水位控制模拟试验,研究了水位梯度对三江平原典型湿地植物——小叶章和毛苔草根茎萌发及生长的影响.结果表明 2种植物对水位的适应策略各异,小叶章种群密度、平均高度和最大高度都在 0 cm 水位条件下出现极大值,而毛苔草种群平均高度和最大高度随水位上升而升高,种群密度则随水位上升而下降.在萌发初期,一定时间的无淹水环境促进 2种湿地植物的根茎萌发,而淹水抑制其萌发;在生长期,过度的淹水限制了小叶章的生长,而毛苔草则水分越多生长越旺盛;干旱缺水限制植物生长,可能会引起植物生活史的改变.

**关键词** 水位 湿地植物 根茎萌发 生长 三江平原

文章编号 1001-9332(2007)11-2432-06 中图分类号 Q948 文献标识码 A

**Effects of water level on the rhizomatic germination and growth of typical wetland plants in Sanjiang Plain.** WANG Li<sup>1,2</sup>, HU Jin-ming<sup>3</sup>, SONG Chang-chun<sup>1</sup>, YANG Tao<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup> Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China; <sup>2</sup> Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; <sup>3</sup> Asian International River Center of Yunnan University, Kunming 650091, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.* 2007, **18** (11): 2432-2437.

**Abstract:** With simulation test, this paper studied the effects of water level on the rhizomatic germination and growth of *Calamagrostis angustifolia* and *Carex lasiocarpa*, the two typical wetland plants in Sanjiang Plain. The results showed that these two plants had different responses to water level. The population density, mean height, and maximum height of *C. angustifolia* reached the peak at 0 cm water level; while the mean and maximum height of *C. lasiocarpa* increased, but its population density decreased with increasing water level. At the early stage of germination, definite duration without inundation promoted the rhizomatic germination of these two plants, while continuous inundation constrained it. During growth period, excess inundation limited the growth of *C. angustifolia*, but *C. lasiocarpa* grew better under deeper water. Drought constrained the growth of *C. angustifolia* and *C. lasiocarpa*, and possibly, changed their life history.

**Key words:** water level; wetland plant; rhizomatic germination; growth; Sanjiang Plain.

## 1 引 言

水文情势是湿地生态系统最重要的环境因素之一,对土壤环境、物种分布及植被组成具有先决作用.水文情势的变化是引起湿地群落快速演替的关键因素.在湿地恢复过程中,水文条件也是人为可以控制的最直接、有效的环境条件.湿地植被是湿地生

态系统三大组成要素之一<sup>[11]</sup>,直接用于湿地分类,是湿地类型和演替最直接的指示物.

鉴于水文情势对湿地发生、发展的重要性及植被对湿地健康状况的指示性作用,在湿地研究中,植被对水文情势的响应研究开始较早,且一直是湿地研究的热点.水文情势主要包括两个方面:水量(淹水深度、频率和持续时间)和水质.水文对植被的影响研究主要涉及区域景观尺度上对景观类型变化的影响<sup>[6,15,18]</sup>,群落尺度上对物种多样性、丰富度及种间作用关系的影响<sup>[3,12,16]</sup>;种群及个体尺度上对种

\* 国家自然科学基金项目(40301001)和中国科学院重要方向资助项目(KZCX2-YW-309).

\*\* 通讯作者. E-mail: songcc@mail.neigae.ac.cn

2006-12-31 收稿, 2007-08-13 接受.

子库、种群密度、高度和生物量等数量特征以及主要形态特征的影响<sup>[9-10,13]</sup>;生理尺度上对植物元素及耐性物质含量、酶活性和组织解剖特征等的影响<sup>[17,19-20]</sup>。这些研究不仅在认识湿地功能过程方面有益,而且随着人们对湿地重要性认识的加强,其对湿地退化及恢复研究更有重要意义。

特定水文情势在植物生活史的不同阶段所起的作用及其强度不同<sup>[1]</sup>。植物萌发阶段的水文作用直接影响植物在生境中的定居、分布以及最终的群落组成。已有关于萌发阶段的研究多为植物种子萌发的研究<sup>[4-5]</sup>,而湿地植物适应多水环境,主要是以不定根的方式进行繁殖,即植物在地下茎或地上茎上不断地生出不定根进行繁殖<sup>[7]</sup>。因此,探讨水文情势对湿地植物根茎萌发及其生长的影响尤为重要。

小叶章(*Calamagrostis angustifolia*)为禾本科多年生根茎型草本植物,水分生态幅较宽,适合土壤水分充足、饱和或过饱和的生境<sup>[8]</sup>,主要分布在有季节性积水的高河漫滩和各类洼地的边缘。毛苔草(*Carex lasiocarpa*)适宜生存于常年积水环境中,水深一般,广泛分布于三江平原河漫滩及阶地上的各种洼地。小叶章群落和毛苔草群落是三江平原沼泽湿地中分布面积最大的2种植物群落类型<sup>[21]</sup>,约占三江平原湿地面积的80%~90%。因此,本研究以三江平原2种典型湿地植物——小叶章和毛苔草为对象,探讨积水水位对2种植物根茎萌发及生长的影响,为进一步辨识水文情势变化驱动下三江平原沼泽湿地植被生态演替态势,以及三江平原退化沼泽湿地的恢复提供理论依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 供试材料

于2006年5月26日,在黑龙江洪河农场(第三作业区)选取一个面积约20 hm<sup>2</sup>的典型碟形洼地型沼泽湿地(47°35'25.7"N,133°38'34.6"E)。其植被群落呈环带状分布,由外向内依次为小叶章群落、小叶章-毛苔草混合群落(简称混合群落)和毛苔草群落。洼地5月中旬经火烧,取样时地表无新发植物。在各群落分布带上取表层20 cm原状土,放入内径30 cm、高38 cm的试验桶内。取样时各群落水文情况为:小叶章群落水分过饱和;混合群落积水2~5 cm;毛苔草群落积水5~7 cm。

### 2.2 研究方法

根据野外生境水文条件调查,进行了试验水位设计:小叶章群落为-5(地表以下5 cm)、0和5

cm,混合群落为-5、0、5和10 cm,毛苔草群落为0、10和15 cm。3个群落各加1个干旱处理(仅靠雨水补给,下称自然(ZR)处理),每个处理设3个重复。试验桶均埋入地下5 cm,且根据试验设计提前打孔以控制水位(自然处理在桶底打孔),每天下午观察水位变动情况。试验选取种群密度指标描述植物的萌发响应,并结合高度指标描述植物生长情况。试验期内定期对小叶章及毛苔草进行种群密度、平均高度和最大高度的调查。小叶章群落和毛苔草群落仅对小叶章和毛苔草进行调查,混合群落同时对2种植物进行调查。初期植物生长较快,7 d左右调查1次(共3次),后期观测间隔延长为10~15 d调查1次(共4次)。

### 2.3 数据处理

数据用SPSS 11.5软件的单因素方差分析方法(one-way ANOVA)进行分析,处理间采用Duncan多重比较法进行比较,作图软件为Origin 7.5。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同种群密度对水位梯度的响应

**3.1.1 小叶章种群** 由图1可以看出,小叶章群落中,-5和0 cm水位处理的小叶章种群密度明显高于自然和5 cm水位处理,且越到后期差异越明显( $P < 0.001$ );初期种群密度为0 cm > -5 cm > 自然 > 5 cm,但-5 cm水位处理的种群密度很快超过0 cm处理,随后保持-5 cm > 0 cm > 自然 > 5 cm,但-5和0 cm水位处理之间的差异逐渐变小。种群密度增长速率,初期生长阶段-5 cm > 自然 > 0 cm > 5 cm,后期分蘖阶段则是0 cm > -5 cm > 5 cm > 自然。

混合群落中,小叶章种群密度初期随水位升高而下降( $P < 0.05$ ),但后期0和5 cm水位处理种群密度增长迅速,最终趋势0 cm > 5 cm > 自然 > -5 cm > 10 cm,10 cm水位处理的种群密度始终处于较低水平( $P < 0.01$ )。试验初期密度增长速率为自然 > -5 cm > 0 cm > 5 cm > 10 cm,但经过一个高速增长阶段后,-5、0和5 cm处理的增长速率骤降,维持在较低水平,而自然处理增长速率则逐渐变小,稳定期后,-5 cm水位处理仅有短暂高速增长,而自然处理的增长速率则接近于零,后期密度增长速率为5 cm > 0 cm > 10 cm > 自然 > -5 cm。

**3.1.2 毛苔草种群** 野外生境调查表明,毛苔草种群适宜在常年积水环境中生存;但本试验中其种群密度最大值并未出现在最深水位处理下。相反,两个

群落毛苔草种群密度皆随水位的升高而下降 ( $P < 0.05$ ) (图1)。

在毛苔草群落中, 0 cm 和自然处理种群密度显著高于 10 和 15 cm 水位处理 ( $P < 0.01$ ), 且差异逐渐增大。自然处理的种群密度增长迅速, 达到一个峰值后迅速下降, 最终维持在一个较高水平, 0 cm 水位处理的增长速率一直较高, 特别是后期的增长速率显著高于其它各处理, 10 和 15 cm 水位处理种群密度随时间的变化增长缓慢, 一直处于较低水平。

在混合群落中, 水分相对较少的自然和 -5 cm 水位处理的种群密度显著高于其他 3 个处理 ( $P < 0.05$ ), 差异也逐渐增大; 自然处理密度变化趋势与毛苔草群落中相似, 但峰值出现时间要晚于毛苔草群落; -5 cm 水位处理的种群增长速率最大, 达到峰值后开始下降, 与自然处理不同的是, 随后又进入上升阶段。0、5 和 10 cm 水位处理的种群密度增长缓慢, 始终处于较低水平。

### 3.2 种群高度对水位梯度的响应

**3.2.1 小叶章种群** 由图 2 可以看出, 在小叶章群落中, 种群平均高度总体趋势是 0 cm > -5 cm > 自然 > 5 cm, -5 和 0 cm 水位处理与自然和 5 cm 水位处理的差异逐渐加大, 但是 0 cm 水位处理的平均高度要大于 -5 cm 水位处理, 且在后期差异更加明显 ( $P < 0.05$ )。混合群落中, 水位条件影响显著 ( $P < 0.05$ ), 处理间平均高度最大值从自然处理逐渐向

高水位移动, 到 5 cm 水位处理后开始下降, 10 cm 水位处理平均高度明显低于其它处理, 但最后为 0 cm > 5 cm > -5 cm > 自然 > 10 cm。

试验后期的 6 月 21 日—7 月 28 日开始观测种群最大高度, 结果表明: 两个群落中, 小叶章种群最大高度都以 0 cm 水位处理的最大。小叶章群落的种群最大高度为 0 cm > -5 cm > 自然 > 5 cm > , 但差异不显著; -5、0 和 5 cm 处理的种群最大高度增长速率逐渐下降, 但皆大于自然处理, 到试验结束时, 自然处理的最大高度已低于 5 cm 水位处理。混合群落种群的最大高度总体趋势是 0 cm > -5 cm > 5 cm > 自然 > 10 cm ( $P < 0.001$ ); 但后期自然和 -5 cm 水位处理呈现下降趋势, 而其它 3 个处理一直处于增长状态, 最后出现最大高度 0 cm > 5 cm > -5 cm > 自然 > 10 cm。

**3.2.2 毛苔草种群** 由图 2 可以看出, 毛苔草群落平均高度是 15 cm > 10 cm > 0 cm > 自然 ( $P < 0.01$ ), 自然处理后期远低于其它处理 ( $P < 0.05$ ), 后期自然和 0 cm 水位处理高度基本不再变化, 与 10 和 15 cm 处理的差异加大; 混合群落平均高度是 5 cm > 0 cm > -5 cm > 自然 > 10 cm ( $P < 0.01$ ), 各处理随时间的波动较毛苔草群落大, 10 cm 水位处理中期与其他处理差异明显 ( $P < 0.05$ ), 后期增长迅速, 自然处理与其它处理的差异逐渐增大。

两个群落毛苔草种群的最大高度极值在各处理

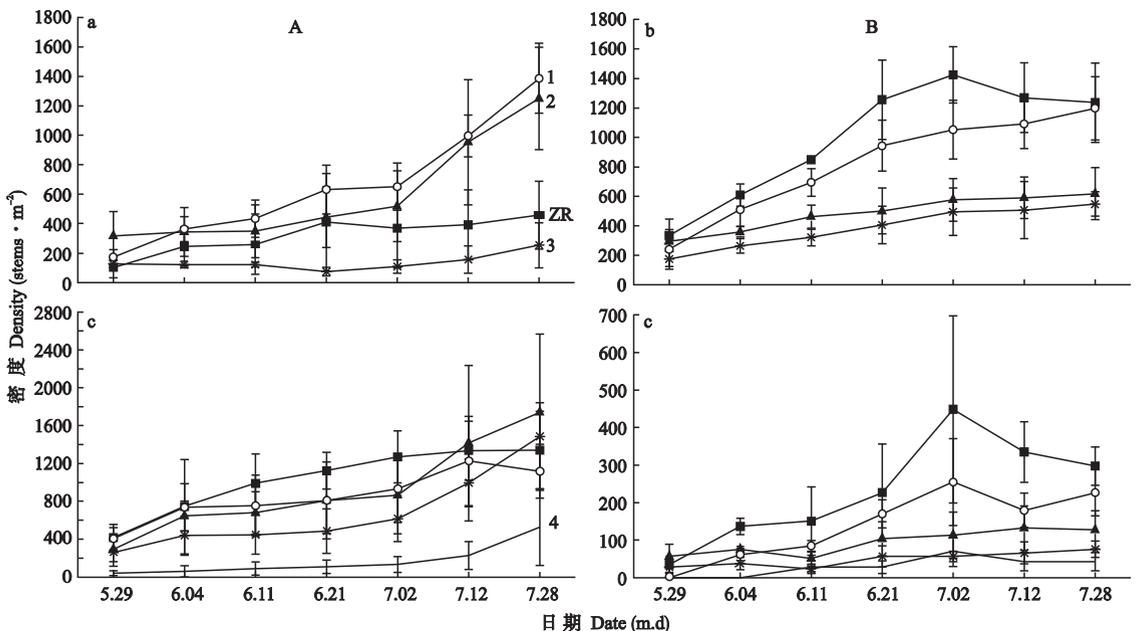


图1 不同水位条件下小叶章(A)和毛苔草(B)种群密度的时间动态

Fig. 1 Population density dynamics of *C. angustifolia* (A) and *C. lasiocarpa* (B) under different water levels.

a) 小叶章群落 *C. angustifolia* community; b) 毛苔草群落 *C. lasiocarpa* community; c) 混合群落 The mix community. ZR: 自然 Nature; 1) -5 cm; 2) 0 cm; 3) 5 cm; 4) 10 cm. 下同 The same below.

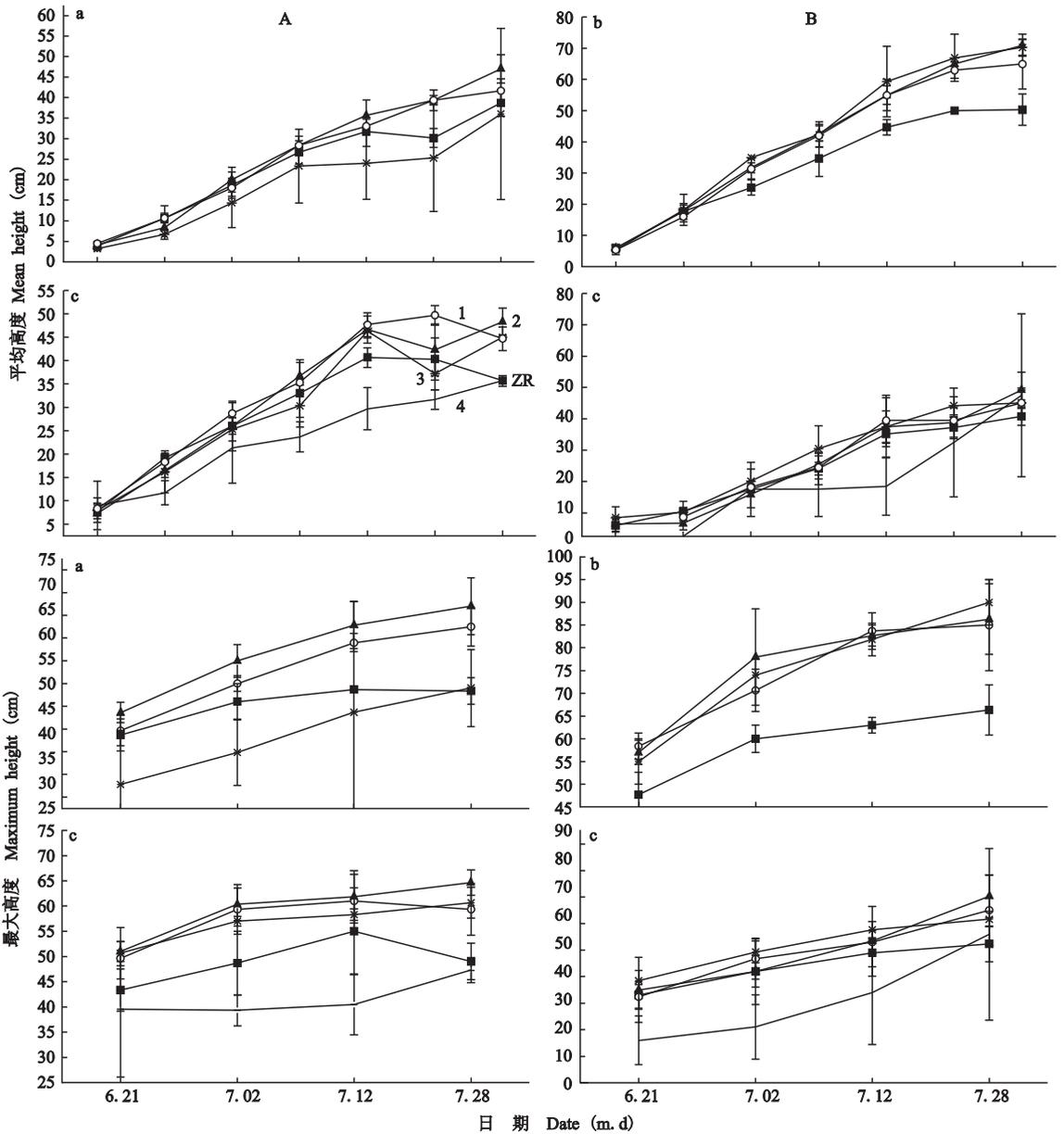


图 2 不同水位条件下小叶章 (A) 和毛苔草 (B) 种群平均高度和最大高度的时间动态

Fig. 2 Mean height and maximum height dynamics of *C. angustifolia* (A) and *C. lasiocarpa* (B) under different water levels.

间不断变化。毛苔草群落中, 高度极值随时间变化从 0 cm 水位处理逐渐向高水位移动, 种群最大高度最终 15 cm > 10 cm > 0 cm > 自然; 自然处理始终低于其他处理, 且差异逐渐增大, 而其它 3 个处理虽然高度值差异不显著, 但后期增长速率却随水位升高明显增大。混合群落中, 水位条件影响显著 ( $P < 0.05$ ), 高度极值从低水位逐渐向高水位移动, 到 10 cm 水位形成一个下降点, 但从增长速率来看, 0、-5 和 10 cm 水位处理大于其它处理, -5 cm 水位处理波动较明显。

## 4 讨 论

### 4.1 水位梯度对植物根茎萌发的影响

种群密度调查结果表明, 2 种植物在初期萌发阶段, 无积水处理的种群密度要高于淹水处理, 且无积水条件下增长速率也较高, 说明植物成株阶段无论适合何种环境, 淹水对其根茎萌发都有抑制作用, 萌发需要一段无淹水期<sup>[14]</sup>。而且, 淹水越深, 其种群密度及其增长速率越低, 说明淹水对植物根茎萌发的抑制作用随积水加深而加强。

同种植物在不同群落中适宜萌发的水文条件不同。本试验中,小叶章种群密度及增长速率极值在单优群落中出现在-5 cm水位条件下,而在混合群落中则出现在自然处理0 cm水位处理下,毛苔草群落中的毛苔草密度增长速率较高,而在混合群落中则增长缓慢。同时在混合群落中,自然处理的小叶章密度增长速率最高,而毛苔草则在-5 cm水位处理下密度增长速率最高,说明同一群落中,不同植物根茎萌发需要不同的水文条件。这可能是由于植物适应不同环境或应对不同的竞争机制而形成了特殊的生存策略,具体原因还有待进一步研究。

#### 4.2 水位梯度对植物生长的影响

小叶章种群密度在试验后期有一个高速增长阶段,原因是进入了其独特生活史的分蘖阶段。试验过程中,相对于其他处理,小叶章群落的自然和5 cm水位处理、混合群落中自然和-5 cm水位处理的种群密度分蘖增长阶段不明显,说明水文条件的差异可能会引起植物生活史的变化。此外,淹水处理中2种植物的种群密度都随水位的升高而降低,表明长期淹水对植物种群密度增长有抑制作用,且随淹水加深而加强。

2种植物自然处理的种群平均及最大高度都显著低于其他处理,说明长期干旱缺水对2种植物生长也有明显的抑制作用。淹水对2种植物的影响差别较明显。小叶章在两个群落的最深水位处理的平均和最大高度都明显低于其他处理,说明其生长需要一定的水分条件,过度淹水对其生长同样起抑制作用,而毛苔草平均高度随水位上升而升高,仅混合群落中10 cm水位处理开始高度值较低,但后期增长速率显著高于其它处理,说明水分越多,其生长越旺盛,表现出典型沼生植物对淹水的耐受能力。2种植物高度生长对水位的响应特征,与野外调查2种植物适宜的水分范围一致。

在混合群落中作为共优种时,2种植物自然和10 cm水位处理的高度值都显著低于其它处理,10 cm水位处理都在最后阶段高度增长迅速,表现出植物在相同环境中发生趋同变化,同时,相对于2种植物在单优群落中的特征,混合群落中植物高度生长响应的时间波动大而频繁,主要原因应归于强烈的种间竞争作用,植物个体所占据的水位范围亦发生变化<sup>[2]</sup>,形成与单优群落中不同的水分生态型。

在本研究中,水文条件的差异在植物萌发之前就已开始,而且水文条件在萌发阶段和成株阶段的影响不同,哪一阶段水文条件的差异对植物生长的

影响更为关键,还有待进一步试验来证明。

## 5 结 论

1)小叶章种群密度、平均高度和最大高度在2个群落中都在0 cm水位处理下达到极大值,低水位处理的萌发速率要高于淹水处理,但充足的水分促进后期生长,0 cm水位处理生长最旺盛。

2)对毛苔草种群而言,在2个群落中,种群密度皆随水位升高而下降,平均高度和最大高度总体趋势皆随水位的升高而升高,但混合群落中,种群平均高度和最大高度极值都出现在5 cm水位处理中。

3)一定时段的无淹水环境有利于湿地植物根茎萌发,长期淹水对植物根茎萌发有抑制作用,且随淹水加深抑制作用加强,干旱缺水限制植物的生长,可能会引起植物生活史的改变,淹水对植物生长的影响因植物不同而有差别,即使对同种植物在不同群落内其影响也不同。过度淹水限制喜湿植物小叶章的生长,但典型沼生植物毛苔草则水分越多生长越旺盛。

#### 参考文献

- [1] Baird AJ, Wilby RL. 1990. Trans. Zhao W-Z (赵文智), Wang G-X (王根绪). 2002. *Ecology of Plants and Water in Terrestrial and Aquatic Environments*. Beijing: Ocean Press. (in Chinese)
- [2] Cai X-M (蔡晓明), Shang Y-C (尚玉昌). 1995. *General Ecology*. Beijing: Peking University Press: 85-104 (in Chinese)
- [3] Dong H-D (董厚德), Qan K-G (全奎国), Shao C (邵成), et al. 1995. Ecology of plant communities in Liaohu estuary wetland conservation area. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 6(2): 190-195 (in Chinese)
- [4] Johnson S. 2004. Effects of water level and phosphorus enrichment on seedling emergence from marsh seed banks collected from northern Belize. *Aquatic Botany*, 79: 311-323
- [5] Kellogg CH, Bridgman SD, Leicht SA. 2003. Effects of water level, shade and time on germination and growth of freshwater marsh plants along a simulated successional gradient. *Journal of Ecology*, 91: 274-282
- [6] Konstanze K, Michael W, Michael B. 2005. Detecting vegetation changes in a wetland area in Northern Germany using earth observation and Geodata. *Journal for Nature Conservation*, 13: 15-125
- [7] Lang H-Q (郎惠卿). 1999. *China Wetland Vegetation*. Beijing: Science Press: 26-29 (in Chinese)
- [8] Li C-H (李崇浩). 1988. Exploitation and utilization of grassland in Sanjiang Plain mires// Huang X-C (黄锡畴), ed. *Study of Mires in China*. Changchun: Science Press: 172-176 (in Chinese)

- [ 9 ] Liu Z-Q ( 刘振乾 ), Wang J-W ( 王建武 ), Lou S-M ( 骆世明 ), *et al.* 2002. On the safety threshold of wetlands based on water ecological element – Taking wetlands in Sangjiang Plain as an example. *Chinese Journal of Applied Ecology ( 应用生态学报 )*, **13**( 12 ): 1610–1614 ( in Chinese )
- [ 10 ] Macek P , Rejmánková E , Houdková K. 2006. The effect of long-term submergence on functional properties of *Eleocharis cellulosa* Torr. *Aquatic Botany* , **84** : 251–258
- [ 11 ] Mitsch WJ , Gusselink JG. 2000. Wetlands. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- [ 12 ] Nicolet P , Biggsa J , Fox G , *et al.* 2004. The wetland plant and macroinvertebrate of assemblages temporary ponds in England and Wales. *Biological Conservation* , **120** : 261–278
- [ 13 ] Paillisson JM , Marion L. 2006. Can small water level fluctuations affect the biomass of *Nymphaea alba* in large lakes ? *Aquatic Botany* , **84** : 259–266
- [ 14 ] Qun Z-X ( 曲仲湘 ), Wu Y-S ( 吴玉树 ), Wang H-X ( 王焕校 ), *et al.* 1983. Plant Ecology ( 2nd edition ). Beijing : Higher Education Press ( in Chinese )
- [ 15 ] Rea TE , Karapatakis DJ , Guy KK , *et al.* 1998. The relative effects of water depth , fetch and other physical factors on the development of macrophytes in a small southeastern US pond. *Aquatic Botany* , **61** : 289–299
- [ 16 ] Riis T , Hawes I. 2002. Relationships between water level fluctuations and vegetation diversity in shallow water of New Zealand lakes. *Aquatic Botany* , **74** : 133–148
- [ 17 ] Voesenek LACJ , Colmer TD , Pierik R , *et al.* 2006. How plants cope with complete submergence. *New Phytologist* , **170** : 213–226
- [ 18 ] Wu C-D ( 吴春笃 ), Meng X-M ( 孟宪民 ), Chu J-Y ( 储金宇 ), *et al.* 2005. Correlation between hydrological situation and vegetation in Mount Beigu wetland. *Journal of Jiangsu University ( Natural Science )* ( 江苏大学学报 · 自然科学版 ), **26**( 4 ): 331–335 ( in Chinese )
- [ 19 ] Xu H-L ( 徐海量 ), Song Y-D ( 宋郁东 ), Wang Q ( 王强 ). 2004. The effect of groundwater level on vegetation in the middle and lower reaches of Tarim River. *Acta Phytocologica Sinica ( 植物生态学报 )*, **28**( 3 ): 400–405 ( in Chinese )
- [ 20 ] Ye Y ( 叶 勇 ), Lu C-Y ( 卢昌义 ), Tan F-Y ( 谭凤仪 ). 2001. Studies on differences in growth and physiological responses to waterlogging between *Bruguiera gymnorrhiza* and *Kandelia candel.* *Acta Ecologica Sinica ( 生态学报 )*, **21**( 10 ): 1654–1661 ( in Chinese )
- [ 21 ] Zhao K-Y ( 赵魁义 ). 1999. China Mires Chorography. Beijing : Science Press ( in Chinese )

---

作者简介 王 丽,女,1982年生,博士研究生.主要从事湿地生态水文学研究. E-mail : wangli0539@ neigae. ac. cn

责任编辑 李凤琴

---