# 消落带湿地优势植物竞争关系*

袁兴中[1,2**] 陈忠礼[1,2] 刘 红[1,2]

([1]重庆大学资源及环境科学学院,重庆 400030;[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 400030)

**摘 要** 竞争是植物间贯穿于整个生活史的行为,对植物生长、繁殖产生重要影响。本文以三峡库区消落带植物调查为基础,对广泛分布于消落带的优势植物苍耳(*Xanthium sibirium*)群落种内、种间竞争关系进行了研究。结果表明:苍耳群落平均高度1.4 m,盖度90%,多度40;单株苍耳最高为2.6 m,最大生物量为1622.3 g;植物竞争强度随距离的增大而减小($P<0.01$),0~10 cm竞争最为激烈,0~30 cm范围是受竞争影响的主要区域,种间竞争强度大于种内竞争;优势种个体数量和高度随距离的增大而增加,生物量、结实量、分枝数量先减小后增加;高繁殖力和高生长率的物种在竞争中具有优势,确保其能在消落带生存。

**关键词** 三峡库区;消落带;优势植物;苍耳;竞争关系

**中图分类号** Q948 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2011)9-1863-05

**Competitions between wetland dominant plants in water-level fluctuation zone.** YUAN Xing-zhong[1,2**], CHEN Zhong-li[1,2], LIU Hong[1,2] ([1]*College of Resource and Environmental Science, Chongqing University, Chongqing* 400030, *China*; [2]*Key Laboratory of Southwest Resource Exploitation and Environmental Disaster Controlling Engineering of Ministry of Education, Chongqing* 400030, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2011, **30**(9): 1863-1867.

**Abstract**: Competitions between plants run through plants whole life history, bringing important effects on plant growth and propagation. Based on the plant survey in the water-level fluctuation zone of Three Gorges Reservoir, this paper analyzed the intra- and inter-specific competitions in dominant species *Xanthium sibirium* community in the zone. The average height of the community was 1.4 m, the coverage was 90%, and the abundance was 40. The highest height of the individuals was 2.6 m, and the maximum biomass was 1622.3 g. The competition intensity between the plants decreased with distance ($P<0.01$). When the distance between plants was 0-10 cm, the competition was the strongest; when the distance was 0-30 cm, the competition was strong, and inter-specific competition was stronger than intra-specific competition. With the increasing distance between plants, the individual number and plant height of dominant species increased, and the biomass, seed yield, and branch number increased after an initial decrease. The plant species with high propagation capability and growth rate had the advantage in competition, which ensured their survival in the water-level fluctuation zone.

**Key words**: Three Gorges Reservoir; water-level fluctuation zone; dominant plant; *Xanthium sibirium*; competition.

竞争是自然界存在的普遍现象,是2个以上有机体在利用有限的环境资源时发生的相互关系(李博等,1998)。物种竞争一直是种群生态学研究的重点(李尤等,2006;Brooker *et al.*,2008;蒋国梅等,2010;秦先燕等,2010),植物群落中的竞争是植物应对环境(资源)波动的响应与反应过程,竞争导致个体存活率、生长特征和繁殖率发生变化(Begon *et al.*,1990;Goldberg,1990;杜峰等,2004;Sadras & Denison,2009),对个体形态塑造和群落组成、结构与动态方面影响重大(Weiner,1985;Inoue *et al.*,2008;Chen *et al.*,2010)。近年来围绕竞争这一主题,许多学者从各种环境因子与植物生长关系出发(Brooker,2006;陈书燕等,2009;Luo *et al.*,2010),

*重庆市科委科技攻关项目(CSTC2009AB1079)和中央高校基本科研业务费项目(CDJXS10240010)资助。

**通讯作者 E-mail: xzyuan63@yahoo.com.cn

收稿日期:2011-02-23 接受日期:2011-05-23

研究植物在不同生境下的竞争行为;另外一些学者试图排除环境因素以及其他干扰的影响(Chen,2001;陈中义等,2005;杜峰等,2006),通过模拟实验研究植物的竞争关系。此外,由于竞争具有一定的区域性,关于邻体植物的界定、范围与影响程度等一直是竞争研究关注的内容(张跃西和钟章成,1999;段仁燕和王孝安,2004a)。研究植物竞争有助于了解群落组成、结构以及演替动态,在恢复生态学的应用领域具有指导作用(李伟等,2004)。

三峡库区消落带自2008年以来经历了2次消涨落差约30 m的蓄水淹没,强烈的干扰导致消落带植物从种群到群落均发生改变(王强等,2009;孙荣等,2010)。退水季节期间能完成生活史,是该物种在消落带延续的关键。竞争是植物生活史中最为重要的行为,贯穿于植物生长、开花和结实各个时期,对植物群落组成和演变产生影响。

本文选择三峡水库消落带分布较广的优势植物苍耳(*Xanthium sibirium*),研究苍耳群落种内、种间竞争关系,分析植被变化趋势,旨在丰富湿地生态学研究内容,为消落带湿地植被恢复提供理论支撑。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区域概况

研究区域位于重庆开县澎溪河支流白夹溪,属于亚热带湿润季风气候区域,多年平均气温18.6 ℃,多年降雨量1100~1500 mm。白夹溪发源于重庆开县金峰乡,在蒲溪镇上马村汇入澎溪河,河谷平坦,地势开阔,河流全长13 km,其中受三峡水库175 m蓄水影响河段11 km,受三峡水库156 m蓄水水位影响河段长5 km,消落带面积3.19 $km^2$,占三峡水库消落带面积348.93 $km^2$的0.91%(孙荣等,2010)。流域范围地势总体呈"左陡右缓"格局,河口以及河流蜿蜒河段河漫滩面积大。土壤类型为砂土、紫色土和水稻土,表层有少量退水后残留下的沉积物。受三峡水库清库及蓄水的影响,消落带植被以草本为主,仅在高水位区域(海拔168 m以上)稀疏散布少量乔、灌木。

### 1.2 野外调查

2010年8月,三峡水库低水位运行期间,在白夹溪苍耳优势群落分布区设置3块样地(表1),海拔高程范围在160~170 m,每块样地按海拔由低到高的方向设1条"S"型样线(杜峰等,2006)。各样线自群落起点至终点,每隔2 m随机选择1株苍耳作为目标种,测量其高度和地上生物量。然后以目标种为圆心,周围0.5 m区域为半径,估计样圆内植物群落盖度,测量所有邻体植物的高度与地上生物量,并记录其与目标种的距离,同时记录目标种与邻体种结实数量和分枝数/结实部位数量。随后选取部分植物(包含全部调查种类)带回室内,80 ℃下烘24 h后称量干重,按比例折算所有植物生物量(干重)。3条样线调查目标种数量依次为6、10、7,共23株。

### 1.3 数据分析方法

野外调查中竞争指数(*CI*)用Hegyi单木竞争模型计算(李先琨等,2002),公式如下:

$$CI = \sum_{i=1}^{n} D_i/(D_i \times d_{ij})$$

式中:*CI*代表目标种*i*受到附近*n*个邻体植物影响时的竞争指数,*CI*越大,竞争越激烈;*n*为邻体植物数量,$D_j$和$D_i$分别为邻体植物和目标种的调查参数,$d_{ij}$为邻体植物和目标种的距离。本研究选择地上生物量(biomass)和高度(height)表征*D*,相应的竞争指数分别为$CI_b$和$CI_h$,数据分析前对*CI*进行标准化处理,最后令$CI=(CI_b+CI_h)/2$。首先计算每株邻体植物对目标种的竞争指数,最后分组统计0~10、11~20、21~30、31~40和41~50 cm的种内及种间竞争指数。

数据处理用SPSS 17.0进行,用one-way AVONA

**表1 样地基本特征**
**Table 1 Basic character istics of plots**

| 样地 | 经纬度 | 环境特征 |
|---|---|---|
| 1 | 31°08.085′N,108°33.321′E | 位于河口右岸,高程154~158 m区域为河口三角洲,狗牙根(*Cynodon dactylon*)和苍耳是该区域优势物种。高程158 m以上区域呈阶梯状向上延伸,植物以1年生草本为主,高程170 m以上有少量桑树(*Morus alba*)、乌桕(*Sapium insigne*)等灌木 |
| 2 | 31°08.246′N,108°33.604′E | 位于河口左岸,高程154~160 m区域为河流一级阶地,狗牙根及苍耳是一级阶地的优势物种。高程160 m以上区域为坡地,草本植物丰富度较高。河口左右两岸生境相类似 |
| 3 | 31°08.950′N,108°33.948′E | 位于白夹溪老土地湾,属于溪流支流宽谷边坡区域。高程155 m以上为山丘坡地,土壤以紫色土为主。植物群落高度较河口区域低 |

对不同样地植物高度、生物量、结实量、分枝数量及植株密度进行差异显著性检验;植物竞争强度间用 Tukey s-b($k$)检验;相关分析用 Pearson 相关分析方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物生长特征

群落调查总共发现植物 17 种,隶属 11 科 15 属。分别为苍耳、小白酒草(*Conyza canadensis*)、艾蒿(*Artemisia argyi*)、苦蒿(*Artemisia apiacea*)、钻叶紫菀(*Aster subulatus*)、鬼针草(*Bidens pilosa*)、杠板归(*Polygonum perfoliatum*)、酸模叶蓼(*Polygonum lapathifolium*)、龙葵(*Solanum nigrum*)、苋(*Amaranthus mangostanus*)、商陆(*Phytolacca acinosa*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、芹菜(*Oenanthe decumbens*)、土荆芥(*Chenopodium ambrosioides*)、紫苏(*Perilla frutescens*)、海蚌含珠(*Acalypha australis*)和雾水葛(*Pouzolzia zeylanica*)。其中小白酒草、鬼针草、狗尾草等是苍耳优势群落的主要伴生物种。群落平均高度 1.4 m,盖度 90%,多度 40。调查期间内,已开花结实的植物有苍耳、小白酒草、龙葵、狗尾草、鬼针草、海蚌含珠,绝大部分植物还处于营养生长期(包括部分苍耳)。

群落中苍耳高度、生物量和密度均比其他植物大(图 1),显示出苍耳在群落中处于优势地位,实测表明,单株苍耳最高可达 2.6 m,最大生物量(干重)1622.3 g。小白酒草、鬼针草以及狗尾草是群落中主要的伴生物种,结实量>100 颗·株$^{-1}$。伴生物种结实量大于优势种。

各样地群落中优势种表型分化明显(图 1),优势种分枝越多,生物量、结实量越大,种群密度越小。伴生种的构件特征变化不明显(图 1),样地 1、2 伴生种数量、高度、结实量都较为接近。单因素方差分析表明(表 2),不同立地下优势种的高度、生物量、结实量和分枝数差异极为显著($P<0.001$),但密度差异不显著($P>0.05$)。伴生种在群落中处于次要地位,受优势种影响较大,结实量、分枝数和密度均未呈现明显的差异性($P>0.05$)。

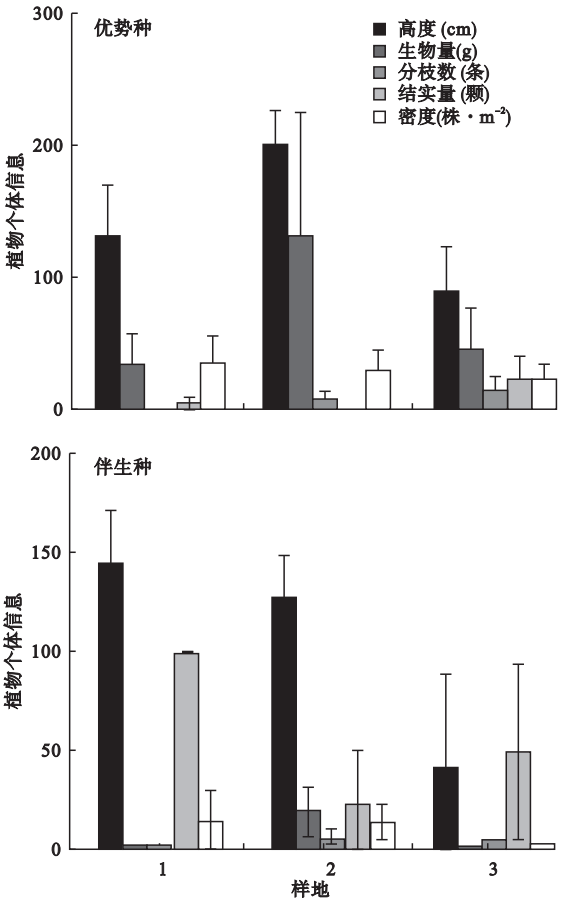


**图 1 邻体植物个体特征**
**Fig. 1 Individual characteristics of neighbors**

Pearson 相关性检验表明,优势种的植株密度与高度、生物量、分枝数量及结实数量都呈负相关关系,生物量、高度、分枝数和结实量相互间相关性极显著。生境异质性同样对植物的高度、分枝数和结实量影响较大($P<0.001$)。

### 2.2 植物竞争关系

**2.2.1 竞争强度分析** 苍耳群落种内、种间强度随距离的增加而减小(表 3),差异程度极显著($P<0.001$),种间竞争强度始终大于种内竞争(41 ~ 50 cm除外)。Pearson相关性检验结果表明,种内、

**表 2 调查样地植物特征差异显著性检验**
**Table 2 Differences in plant characteristics of sampling sites significant test**

| 组分 | 高度 | 生物量 | 结实量 | 分枝数 | 密度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 优势种 | $df=2, F=28.987, P<0.001$ | $df=2, F=20.894, P<0.001$ | $df=2, F=22.016, P<0.001$ | $df=2, F=63.929, P<0.001$ | $df=2, F=0.627, P>0.05$ |
| 伴生种 | $df=2, F=23.981, P<0.001$ | $df=2, F=8.460, P<0.001$ | $df=2, F=2.948, P>0.05$ | $df=2, F=2.346, P>0.05$ | $df=2, F=2.345, P>0.05$ |

**表3 植物竞争强度**
**Table 3 Competition intensity of plants**

| 组分 | 竞争指数 | 测试种与目标种距离(cm) | | | | | 单因素方差分析 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0~10 | 11~20 | 21~30 | 31~40 | 41~50 | |
| 种内竞争 | $CI_b$ | 0.56 b | −0.02 a | −0.12 a | −0.13 a | −0.00 a | $df=4, F=6.446, P<0.001$ |
| | $CI_h$ | 0.97 b | 0.14 a | −0.12 a | −0.16 a | −0.19 a | $df=4, F=21.471, P<0.001$ |
| | $CI$ | 0.76 b | 0.06 a | −0.12 a | −0.15 a | −0.10 a | $df=4, F=17.784, P<0.001$ |
| 种间竞争 | $CI_b$ | 0.47 a | 0.06 a | 0.24 a | −0.07 a | −0.17 a | $df=4, F=2.451, P<0.05$ |
| | $CI_h$ | 1.78 c | 0.17 b | 0.08 ab | −0.24 ab | −0.36 a | $df=4, F=33.855, P<0.001$ |
| | $CI$ | 1.13 b | 0.12 a | 0.16 a | −0.16 a | −0.27 a | $df=4, F=19.929, P<0.001$ |

同行数据不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

种间竞争强度与距离均呈负相关关系,相关程度均为极显著相关($P<0.01$)。Tukey s-b($k$)检验表明(表3),竞争在0~10 cm与其他距离等级中差异显著($P<0.05$)。种内竞争$CI_h$与$CI_b$的变化趋势相似,竞争强度均随距离增加而减小(仅$CI_b$在41~50 cm有反弹),种间竞争$CI_h$和$CI_b$的变化趋势相似(仅$CI_b$在11~20 cm有异常),竞争作用对植物构件影响趋于均质。总体而言,0~10 cm植物竞争最为激烈,0~30 cm是消落带植物竞争主要影响范围。

**2.2.2** 竞争结果 群落优势种受竞争影响(图2a),结实量、分枝数和生物量呈先减小(0~30 cm)后增加趋势,高度和个体数量随距离增大而增加,但在21~30 cm有所减缓,随后急剧上升。伴生种构件特征随距离变化趋势不明显(图2b),分枝数、结实量和高度均出现反复波动,但生物量和个体数量随距离的增加而增大。邻体植物个体数量随着与目标种距离的增加而增加。个体成活数量是植物间相互竞争的结果表征之一。不论是优势种还是伴生种,个体数量随距离的变化趋势均在研究设定的距离范围中间部分有较为明显的变化。

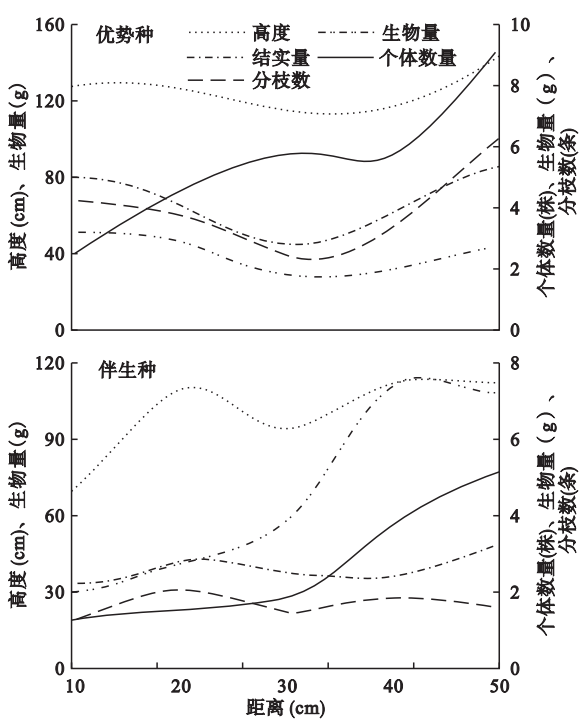


**图2 不同距离等级植物变化趋势**
**Fig. 2 Plant change trend under different levels of distance**

## 3 讨 论

湿地水位变动与森林、草原火烧作用类似,对物种组成和多样性影响具有两面性(陆健健等,2006)。三峡水库消落带湿地是新生湿地类型(姚维科等,2006;Mitsch *et al.*,2008),水位变动幅度大,时间周期长,湿地生态系统演变过程缓慢。一般而言,耐淹植物会凭借水位波动夺取较大的生存空间(陆健健等,2006),但像苍耳这类1年生的陆生植物却能够在消落带生存,并且种群逐步扩大,是值得深入探讨的现象。种子能够经受长时间的淹水是1年生植物得以在消落带生存的重要因素,生长季节植物在竞争中完成生活史,为下一个生长周期留下种子,是其能在消落带存在的关键。

有研究表明,目标种(基株)一定距离范围内,邻体植物数量较少但随着距离的增加数量随之增大(段仁燕和王孝安,2004b;段仁燕等,2009),本研究结果与之相符。本研究发现,生境异质性对消落带苍耳优势种种群规模影响不明显,但异质性的生境中苍耳表型多样化,可能是在利用资源时受种群密度抑制而发生自疏,影响其对构件部位的营养分配。虽然苍耳在单优群落中无论是高度、盖度还是生物量等方面均处于优势地位,主要伴生种多为当地常见的田间杂草,生长速度快而且繁殖能力强,在竞争处于劣势地位时将从环境中捕获的资源优先分配给生殖器官,确保这些物种能在消落带中生存,其结实量常常是优势种的数倍。竞争包括生长、存活和繁殖能力3个方面(蒋智林等,2008)。种群规模是植

物生活史阶段生长、存活能力的综合体现,结实量是植物繁殖能力的体现。植物竞争能力取决于其资源获取能力或忍耐低资源水平的能力(Grime,1979;Tilman,1982,1988)。按照 Grime(1979)的理论,具有最大资源捕获潜力的物种将在竞争中胜出。三峡库区消落带湿地受水位变动影响,生境受干扰强烈,高繁殖力和高生长率的物种可以在短时间内最大限度的捕获环境资源,完成生活史。

## 4 结 论

群落调查总共发现植物 17 种,隶属 11 科 15 属,苍耳为优势种,小白酒草、鬼针草、狗尾草等是主要伴生物种。不同立地下苍耳的高度、生物量、结实量和分枝数差异极为显著。

苍耳群落种内、种间竞争强度随距离的增加而减小,差异程度极显著,种间竞争强度始终大于种内竞争。

苍耳受竞争影响,其结实量、分枝数、生物量、高度和个体数量受距离影响明显,伴生种受距离影响不明显。

### 参考文献


陈书燕, 张甲林, 贾 鹏, 等. 2009. 光竞争条件下邻域效应对植物高生长可塑性的影响. 兰州大学学报(自然科学版), **45**(6): 76-81.

陈中义, 李 博, 陈家宽. 2005. 互花米草与海三棱藨草的生长特征和相对竞争能力. 生物多样性, **13**(2): 130-136.

杜 峰, 梁宗锁, 胡莉娟. 2004. 植物竞争研究综述. 生态学杂志, **23**(4): 157-163.

杜 峰, 梁宗锁, 山 仑, 等. 2006. 黄土丘陵区不同立地条件下猪毛蒿种内、种间竞争. 植物生态学报, **30**(4): 601-609.

段仁燕, 黄敏毅, 吴甘霖, 等. 2009. 黄山松种群邻体范围与邻体竞争强度的研究. 广西植物, **29**(1): 111-115.

段仁燕, 王孝安. 2004a. 植物邻体干扰的研究范畴、热点及意义. 西北植物学报, **24**(6): 1138-1144.

段仁燕, 王孝安. 2004b. 太白红杉种群邻体范围与邻体竞争强度的研究. 西北植物学报, **24**(12): 2335-2340.

蒋国梅, 孙 国, 张光富, 等. 2010. 濒危植物宝华玉兰种内与种间竞争. 生态学杂志, **29**(2): 201-206.

蒋智林, 刘万学, 万文浩, 等. 2008. 植物竞争能力测度方法及其应用评价. 生态学杂志, **27**(6): 985-992.

李 博, 陈家宽, 沃金森 AR. 1998. 植物竞争研究进展. 植物学通报, **14**(4): 18-29.

李 伟, 刘贵华, 熊秉红, 等. 2004. 1998 年特大洪水后鄱阳湖自然保护区主要湖泊水生植被的恢复. 武汉植物学研究, **22**(4): 301-306.

李先琨, 苏宗明, 欧祖兰, 等. 2002. 元宝山冷杉群落种内与种间竞争的数量关系. 植物资源与环境学报, **11**(1): 20-24.

李 尤, 苏智先, 张素兰, 等. 2006. 珙桐群落种内与种间竞争研究. 云南植物研究, **28**(6): 625-630.

陆健健, 何文珊, 童春富. 2006. 湿地生态学. 北京: 高等教育出版社.

秦先燕, 谢永宏, 陈心胜. 2010. 湿地植物间竞争和促进互作的研究进展. 生态学杂志, **29**(1): 117-123.

孙 荣, 袁兴中, 丁佳佳. 2010. 三峡水库蓄水至 156 m 水位后白夹溪消落带植物群落生态学研究. 湿地科学, **8**(1): 1-7.

王 强, 袁兴中, 刘 红, 等. 2009. 三峡水库 156 m 蓄水后消落带新生湿地植物群落. 生态学杂志, **28**(11): 2183-2188.

姚维科, 崔保山, 刘 杰, 等. 2006. 大坝的生态效应:概念、研究热点及展望. 生态学杂志, **25**(4): 428-434.

张跃西, 钟章成. 1999. 木本植物邻体干扰研究进展. 生态学杂志, **18**(2): 55-59.

Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1990. Ecology (2nd ed.). Oxford: Blackwell.

Brooker RW, Maestre FT, Callaway RM, *et al*. 2008. Facilitation in plant communities: The past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, **96**: 18-34.

Brooker RW. 2006. Plant-plant interactions and environmental change. *New Phytologist*, **171**: 271-284.

Chen SY, Zhang JL, Jia P, *et al*. 2010. Effects of size variation and spatial structure on plastic response of plant height to light competition. *Chinese Science Bulletin*, **55**: 1135-1141.

Chen ZH. 2001. Growth and competition of fourteen herb species in experimental microcoenosiums. *Acta Botanica Sinica*, **43**: 1184-1190.

Goldberg DE. 1990. Components of resources in plant communities// Grace JB, Tilman D. Perspectives on Plant Competition. San Diego, California: Academic Press, 52: 27-49.

Grime JP. 1979. Plant Strategies and Vegetation Processes. London: Willey.

Inoue S, Shirota T, Mitsuda Y, *et al*. 2008. Effects of individual size, local competition and canopy closure on the stem volume growth in a monoclonal Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation. *Ecological Research*, **23**: 953-964.

Luo WB, Xie YH, Chen XS, *et al*. 2010. Competition and facilitation in three marsh plants in response to a water-level gradient. *Wetlands*, **30**: 525-530.

Mitsch WJ, Lu JJ, Yuan XZ, *et al*. 2008. Optimizing ecosystem services in China. *Science*, **322**: 528.

Sadras VO, Denison RF. 2009. Do plant parts compete for resources? An evolutionary viewpoint. *New Phytologist*, **183**: 565-574.

Tilman D. 1982. Resource Competition and Community Structure. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Tilman D. 1988. Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Weiner J. 1985. Size hierarchies in experimental populations of annual plants. *Ecology*, **66**: 743-752.


**作者简介** 袁兴中,男,1963 年生,教授,博士生导师。主要从事环境生态学研究。E-mail: xzyuan63@yahoo.com.cn

**责任编辑** 魏中青