

三峡库区不同生境蝴蝶花的适应性*

王永健¹, 方兴²

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; 2. 重庆师范大学编辑出版中心, 重庆 400047)

摘要:为探讨不同生境中蝴蝶花(*Iris japonica* Thunb.)土壤根与根茎的适应性及其在三峡库区的下木层生态恢复建设中的作用,对重庆市缙云山自然保护区内毛竹林与林缘旷地两类生境中蝴蝶花自然种群在群落草本层中的优势度与根茎特征进行研究。结果表明:1)毛竹林与林缘旷地两类生境中,蝴蝶花都为草本层优势种,其重要值远高于其它草本,其生态位宽度都很大,蝴蝶花根与根茎总长度、表面积、体积及总生物量都显著高于其它草本总根系($p < 0.05$)。2)蝴蝶花植株粗根茎的长度、细根茎与根的长度、表面积与体积,都表现为竹林生境显著高于林缘旷地生境($p < 0.01$)。竹林生境蝴蝶花的粗根茎、细根茎和根的生物量,及生物量细根茎和根的分配,均显著高于林缘旷地环境($p < 0.001$)。研究表明,蝴蝶花在旷地及稀疏林下的草本层都占优势,其克隆繁殖旺盛,根系扩展与产量均高于其它草本,利于改良土壤状况,将其应用于三峡库区植被恢复草本层构建及石灰岩与溶岩地区的土壤改良,则具有一定的试验价值。

关键词:三峡库区,蝴蝶花,粗根茎,细根茎,适应性

中图分类号:Q145, Q948

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2010)05-0028-05

克隆植物几乎是所有类型生态系统的组成成分,广泛存在于不同类型的群落中,并处于统治地位^[1-2]。克隆植物具有较强的适应环境压力、抗扰动能力及水平扩展能力,其能通过如根状茎与分蘖等克隆生长方式实现克隆繁殖,有效地利用资源,迅速扩大种群,拓展生境^[3-4]。克隆植物蝴蝶花(*Iris japonica* Thunb.)在中国南方地区光与水分环境较好的疏林下与林缘旷地广泛分布,并通过发达根系的克隆生长形成优势种群,在三峡库区及周边地区,广布于疏林下、林缘及湿润的草地^[5]。同时也是园林景观构建中常见的林下植物。

三峡库区作为长江流域生态环境变化最剧烈和环境压力最大的地区之一^[6-9],数十年来,由于人为活动日益加剧,加上自身环境的脆弱性,该区域植被退化严重^[6]。为维持和恢复库区生态系统稳定性及功能,对库区退化植被进行恢复十分必要。植被恢复的关键之一是覆盖度的构建,对于空旷地及稀疏林地的恢复,林下植被的覆盖度及其根系覆盖起到关键性的作用^[10-11]。对于根茎克隆植物根系特征的生境适应性已有较多报道^[12-13],同时,有关蝴蝶花在群落草本层地位的研究有所报道^[5],但涉及三

峡库区及其周边地区蝴蝶花根系特征及其恢复重要性的相关研究鲜见。本研究通过对重庆市缙云山自然保护区内毛竹林与林缘旷地两类生境中,蝴蝶花自然种群在群落草本层中的地位、根系的优势度及根茎特征的研究,探讨不同生境中蝴蝶花土壤根系适应性,及其在三峡库区的草本层生态恢复建设中的作用。

1 材料与方法

1.1 研究地点与对象

研究区位于重庆市北碚区缙云山自然保护区内(北纬29°50',东经106°20'),其环境条件和植被概况见文献[5]。蝴蝶花为多年生草本,是典型的兼性克隆植物,其根状茎可分为较粗的直立根状茎和纤细的横走根状茎,通过纤细的横走根状茎实现克隆生长;花两性,花期3~4月,果期5~6月^[14];在缙云山广布于林缘与毛竹(*Phyllostachys pubescens*)林下。

2007年9月中下旬,选择蝴蝶花分布的两类典型生境即林缘旷地(Open area of forest edge, OAFE)和毛竹林(Bamboo forest, BF)样地概况见表1。在

* 收稿日期 2009-09-25 修回日期 2010-05-27

资助项目:国家自然科学基金资助项目(No. 30370279, No. 30670334),华中农业大学博士科研启动项目(No. 52204-09074)

作者简介:王永健,男,讲师,博士,研究方向为森林群落学与种群生态学。

以上两类典型生境(群落)内,分别设置 3 个 16 m² 的样地,各样地间隔 20 m 以上,每类群落共 48 m²。每个 16 m² 的样地都由 4 个随机 2 m × 2 m 的样方组成,每个 2 m × 2 m 样方由相邻的 4 个 1 m × 1 m 的小样方组成,在每个 1 m × 1 m 小样方中记录草本的种名、平均高度和盖度。同时,测定每个小样方内蝴蝶花盖度,灌木层与草本层总盖度。

表 1 不同生境样地概况^[5]

Tab. 1 General situation of two habitats

	林缘旷地	竹林
海拔/m	770 ~ 777	640 ~ 648
坡度/°	2 ~ 5	5 ~ 12
郁闭度/%	< 10	68.98 ± 1.98
叶面积指数	< 0.2	1.12 ± 0.06
蝴蝶花盖度/%	69.02 ± 5.49 ^A	22.84 ± 4.48 ^B
灌木层盖度/%	6.84 ± 1.20	8.02 ± 3.00
草本层盖度/%	87.00 ± 0.99 ^A	47.47 ± 1.47 ^B

注:上标不同字母表示两类生境间差异极显著($p < 0.01$)

1.2 根系相关特征调查

在两类生境各设置 6 个 3 m × 3 m 的样方,样方间隔大于 10 m,每个样方内各选择 4 株生长较好,能体现该生境状况的蝴蝶花基株(植株间根茎完全不相连,间隔大于 1 m)进行标记,每类生境共 24 个基株。2008 年 5 月下旬,挖出样方中的所有基株带回实验室,使用 WinRHIZO Pro v. 2004c 根系分析系统测定每植株细根茎与根的长度、表面积与体积。同时在每类生境中蝴蝶花典型分布的区域,设置 3

个长 1 m、宽 1 m、高 0.3 m 的空间样方,挖出样方所有的草本根系,分出蝴蝶花根系与其它剩余草本根系,使用根系分析系统测定根系的长度、表面积与体积等数量特征指标。

为调查根系生物量特征及其分配,将根、细根茎、粗根茎及植株总生物量分类分别将两类生境根茎分析 24 基株的蝴蝶花各部分装在不同信封中,而空间样方中的蝴蝶花根茎与其它剩余草本根茎直接分装,在 80 °C 下 48 h 烘干至恒重后测量根茎各部分的生物量(单位:g),计算生物量对根系各部分的分配比例。

1.3 参数计算和数据处理

重要值的计算公式参见文献[5]。生态位宽度分析采用 Levins 指数,其公式参见文献[15]。所有数据采用平均数 ± 标准误表示,使用 OriginPro7.0 软件作图,运用 SPSS 软件进行 t -test。

2 结果

2.1 两类生境群落草本层蝴蝶花的重要地位

两类生境中蝴蝶花都为草本层优势种,其重要值远高于其它草本(表 2)。两类生境草本层主要物种生态位宽度表明,两类生境蝴蝶花的生态位宽度都很大。在竹林生境中,只有鸭跖草与蝴蝶花生态位宽度相当。此外,表 3 显示,单位空间样方内,不论林缘旷地还是竹林生境,蝴蝶花根及根茎总长度、表面积、体积及总生物量都显著高于其它草本总根茎的对应值($p < 0.05$)。

表 2 两类生境群落草本层主要物种重要值和生态位宽度

Tab. 2 The importance value and niche breadth of main species grown in herb layer in two habitats

物种	重要值		生态位宽度		物种	重要值		生态位宽度	
	林缘旷地	竹林	林缘旷地	竹林		林缘旷地	竹林	林缘旷地	竹林
蝴蝶花 <i>I. japonica</i>	32.38	28.59	0.961	0.935	镰叶复叶耳蕨 <i>Arachniodes falcate</i>	-	3.34	-	0.181
金疮小草 <i>Ajuga decumbens</i>	4.52	-	0.630	-	棕叶狗尾草 <i>Setaria pamlifolia</i>	0.98	6.05	0.044	0.203
白英 <i>Solanum lyratum</i>	4.35	-	0.321	-	浆果苔草 <i>Carex baccans</i>	3.38	4.52	0.179	0.160
聚花过路黄 <i>Lysimachia congestiflora</i>	3.27	-	0.585	-	尖叶乌菘莓 <i>Cayratia japonica</i>	3.27	6.90	0.404	0.344
小白酒草 <i>Conyza Canadensis</i>	4.31	-	0.712	-	竹叶草 <i>Oolismenus compositus</i>	-	3.96	-	0.450
鸭跖草 <i>Commelina communis</i>	4.76	14.77	0.674	0.934	酢酱草 <i>Oxalis corniculata</i> L.	1.53	4.48	0.091	0.228

注:其中只列出重要值大于 3,频度大于 20% 的物种。

表3 两类生境单位体积(0.3 m³)土壤内蝴蝶花与其它草本根茎特征差异

Tab.3 Root and rhizome characteristics between *Iris japonica* and other herbs in unit spatial quadrat (0.3 m³) of two habitats

根茎特征	林缘旷地		竹林	
	蝴蝶花	其它草本	蝴蝶花	其它草本
总长度/cm	3 570.1 ± 324.9 ^A	870.8 ± 72.2 ^B	7 408.3 ± 814.3 ^A	2 963.3 ± 280.8 ^B
表面积/cm ²	982.3 ± 96.0 ^A	219.6 ± 21.3 ^B	1 561.8 ± 174.3 ^A	743.7 ± 60.1 ^B
体积/cm ³	22.7 ± 2.7 ^A	5.3 ± 0.6 ^B	63.1 ± 8.4 ^A	31.1 ± 2.9 ^B
总生物量/g	18.68 ± 1.54 ^A	4.92 ± 0.41 ^B	12.74 ± 1.29 ^A	7.64 ± 0.77 ^B

注:上标不同字母表示蝴蝶花与其它草本间差异显著;a,b代表 $p < 0.05$;A,B代表 $p < 0.01$ 。

表4 两类生境蝴蝶花植株的根茎特征

Tab.4 Characteristics of coarse rhizome, fine rhizome and root of *Iris japonica* in two habitats

根茎特征	粗根茎		细根茎		根	
	竹林	林缘旷地	竹林	林缘旷地	竹林	林缘旷地
长度/cm	28.2 ± 3.1 ^A	10.6 ± 1.3 ^B	1 200.6 ± 125.5 ^A	153.0 ± 14.7 ^B	1 734.5 ± 197.1 ^A	212.2 ± 18.2 ^B
表面积/cm ²			472.0 ± 52.6 ^A	84.8 ± 8.6 ^B	152.7 ± 17.1 ^A	18.6 ± 1.5 ^B
体积/cm ³			24.01 ± 3.22 ^A	2.24 ± 0.27 ^B	1.23 ± 0.14 ^A	0.15 ± 0.01 ^B
生物量/g	2.38 ± 0.27 ^A	1.15 ± 0.09 ^B	1.15 ± 0.11 ^A	0.36 ± 0.03 ^B	0.20 ± 0.02 ^A	0.04 ± 0.00 ^B
生物量分配/%	19.8 ± 1.74	18.8 ± 0.82	9.94 ± 0.90 ^A	6.18 ± 0.59 ^B	1.75 ± 0.16 ^A	0.84 ± 0.08 ^B

注:上标不同字母表示两类生境间数据差异极显著($p < 0.01$)

3 讨论

蝴蝶花是四季常绿的多年生草本,同时也是典型的克隆植物,具有较强的适应环境压力、抗扰动能力及水平扩展能力,在全国分布范围广,长江流域的许多省份都有广泛分布,其不仅作为城市道路绿化带的地被植物,也在许多自然保护区作为林下植被构建的优势种。本研究表明,蝴蝶花在毛竹林与林缘旷地两类生境中,都为草本层的单优势种,其重要值远高于其它草本,而且,蝴蝶花在三类生境中占据的生态位宽度都很大,体现其在旷地及稀疏林下草本层的优势地位。

在单位空间样方内,蝴蝶花根和根茎总长度、表面积、体积及总生物量都显著高于其它草本总根系($p < 0.05$),体现其在群落草本层的根系优势度。蝴蝶花在近地表水平扩展的细根茎及发达的须根系,对于土壤的改善有重要的作用,特别在三峡库区石灰岩与溶岩分布区,作用更为显著。同时,蝴蝶花植株粗根茎的长度,细根茎与根的长度、表面积与体积,都表现为竹林生境显著高于林缘旷地生境($p < 0.01$),竹林生境蝴蝶花的粗根茎、细根茎和根的生

2.2 两类生境蝴蝶花根茎特征

根及根茎数量特征表明(表4),竹林生境蝴蝶花植株粗根茎的长度,细根茎与根的长度、表面积与体积,显著高于林缘旷地生境($p < 0.01$)。

竹林生境蝴蝶花总生物量,粗根茎、细根茎及根的生物量(表4),均显著高于林缘旷地环境($p < 0.01$)。两类生境蝴蝶花生物量对粗根茎的分配无显著差异(表4),对细根茎及根的分配,竹林生境显著高于林缘旷地环境($p < 0.01$)。

物量,及生物量细根茎和根的分配,均显著高于林缘旷地环境($p < 0.01$);而且,单位空间样方内,林缘旷地生境蝴蝶花根和根茎总长度、表面积、体积虽然低于竹林生境,但是林缘旷地生境蝴蝶花根和根茎总生物量却高于竹林生境,表明蝴蝶花根茎特征的生境适应性。

在林缘旷地,林冠及灌木层郁闭度很小,高盖度蝴蝶花斑块占优势地位(表1)。虽然蝴蝶花每植株的根茎投资较低,但是其高密度的生长导致其单位空间样方内的根茎量并不低,地下被蝴蝶花分株根系所占据,一定程度上,导致蝴蝶花与其他物种存在一定的水分、养分竞争中占据优势。较强的更新生态位(Regeneration niche,包括地上空间生态位和地下根生态位)竞争与营养生态位(Trophic niche,涉及地下获取水分、养分)竞争能力^[16-17]在很大程度上提高了蝴蝶花在林缘旷地生境的竞争能力。

在竹林生境,由于竹林林冠一定的郁闭度,蝴蝶花呈斑块分布且盖度小于林缘旷地生境,该生境光资源相对较弱,蝴蝶花种群未达饱和,与其他草本进行对光资源的竞争。因为蝴蝶花种群植株高度相对较大,从数量特征与生物量特征看,其每植株的根茎

投资更大,能通过旺盛的克隆生长实现粗根茎垂直扩展及细根茎水平扩展,获取更多养分资源^[18];根状茎发达,在地下错落分布,导致蝴蝶花在与其它物种的根系竞争中占优势。这与对克隆植物互花米草 *Spartina alterniflora* 根茎特征研究相似,即在土壤水分较好的生境中,根茎克隆根茎生长更强^[13]。因此,在竹林环境,蝴蝶花较强的更新生态位(根生态位)竞争与营养生态位(光资源与养分资源)竞争^[17,19-20]能力使其在该生境中占优势。

总体来看,蝴蝶花在旷地及稀疏林下的草本层都占优势,在不同生境的草本层都具有很强竞争能力。其克隆繁殖旺盛,根茎垂直扩展及水平扩展,产量高于其它草本,四季常绿的特性能保证在地被层维持一定的覆盖度,一定程度上利于改良土壤状况与水土保持。同时,其在三峡库区及其周边地区都有广泛分布,具有本地种的生物学与生态学适应性。因此,如能合理应用,对于三峡库区植被恢复草本层构建及石灰岩与溶岩地区的土壤改良将起到积极作用。

致谢:陈锋、秦银林、黄茹和郝建辉提供野外调查帮助,缙云山自然保护区管理局工作人员提供野外工作便利,谨此致谢!

参考文献:

- [1] Price E A C, Marshall C. Clonal plants and environmental heterogeneity—an introduction to the proceedings [J]. *Plant Ecology*, 1999, 141: 3-7.
- [2] 张玉芬, 张大勇. 克隆植物的无性与有性繁殖对策 [J]. *植物生态学报*, 2006, 30(1): 174-183.
- [3] Song M H, Dong M, Jiang G M. Importance of clonal plants and plant species diversity in the northeast China trans-ect [J]. *Ecological Research*, 2002, 17: 705-716.
- [4] Song M H, Dong M. Clonal plants and plant species diversity in wetland ecosystems in China [J]. *Journal of Vegetation Science*, 2002, 13: 237-244.
- [5] Wang Y J, Zhong Z C, Tao J P. Patterns of ramet population of *Iris japonica* Thunb. and their effects on herb diversity in different microsites on Jinyun Mountain, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7): 3082-3091.
- [6] 董杰, 杨达源. 三峡库区退化土壤生态系统恢复与重建研究 [J]. *水土保持研究*, 2008, 15(3): 234-238.
- [7] 钟章成. 三峡库区消落带生物多样性与图谱 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2009.
- [8] 刘云峰. 三峡水库库岸生态环境治理对策初探 [J]. *重庆工学院学报*, 2005, 19(11): 79-82.
- [9] 蔡书良, 谢红勇. 三峡库区湖岸带土地利用与保护 [J]. *四川师范大学学报(自然科学版)*, 2002(4): 92-96.
- [10] 郭道宇, 张金屯, 宫辉力, 等. 安太堡矿区复垦地植被恢复过程多样性变化 [J]. *生态学报*, 2005, 25(4): 764-770.
- [11] 孔维静, 郑征. 岷江上游茂县退化生态系统及人工恢复植被地上生物量及净初级生产力 [J]. *山地学报*, 2004, 22(4): 445-450.
- [12] 董鸣. 植物的克隆生长及其与资源异质性的关系: 觅食行为 [J]. *植物学报*, 1996, 38(10): 828-835.
- [13] 何军, 赵聪蛟, 清华, 等. 土壤水分条件对克隆植物互花米草表型可塑性的影响 [J]. *生态学报*, 2009, 29(7): 3518-3524.
- [14] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第16卷第1分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1985: 176-177.
- [15] 张金屯. 数量生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 113-115.
- [16] Emborg J. Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark [J]. *Forest Ecology and Management*, 1998, 106: 83-95.
- [17] Silvertown J. Plant coexistence and the niche [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 2004, 19(11): 605-611.
- [18] Day K J, John E A, Hutchings M J. The effects of spatially heterogeneous nutrient supply on yield, intensity of competition and root placement patterns in *Briza media* and *Festuca ovina* [J]. *Functional Ecology*, 2003, 17: 454-463.
- [19] 王平, 王天慧, 周道玮, 等. 植物地上竞争与地下竞争研究进展 [J]. *生态学报*, 2007, 27(8): 3489-3499.
- [20] Cahill J F. Interactions between root and shoot competition vary among species [J]. *Oikos*, 2002, 99: 101-112.

Resources ,Environment and Ecology in Three Gorges Area**Adaptability of *Iris japonica* Thunb. Grown in Different Habitats
in Three Gorges Reservoir Regions**

WANG Yong-jian¹ , FANG Xing²

(1. College of Horticulture & Forestry Sciences , Huazhong Agricultural University ; Wuhan 430070 ;

2. Editing and Publishing Center , Chongqing Normal University , Chongqing 400047 , China)

Abstract : Adaptability of root and rhizome of *Iris japonica* Thunb. in the herb layer in two habitats (open area of forest edge(OAFE) and bamboo forest(BF)) on Jinyun mountain nature reserve and its role in restoration construction of herb layer in Three Gorges reservoir region were studied by the analysis on its dominance and root and rhizome characteristics in herb layer of communities. The results were as follows : 1) In OAFE and BF , widespread *I. japonica* was both the dominant species of herb layer , and its important value and niche breadth were higher than other herb species. Total length , surface , volume and total biomass of root and rhizome of *I. japonica* were higher than those of total other herbs ($p < 0.05$) in unit spatial quadrat (0.3 m^3). 2) Length of coarse rhizome , and length , surface , volume of root and rhizome of *I. japonica* were higher in BF than those in OAFE ($p < 0.01$). Biomass of root , fine rhizome and coarse rhizome , and allocation of root and fine rhizome of *I. japonica* were higher in BF than those in OAFE ($p < 0.01$). In sum , *I. japonica* is dominant in open area and sparse forest , and has strong capability of clonal propagation , higher yield of root and rhizome than other herbs , which is helpful to improve the status of soil. Therefore , there is significant role for the using of *I. japonica* in restoration construction of herb layer in Three Gorges reservoir region and soil improvement in Karst Area.

Key words : Three Gorges reservoir region ; *Iris japonica* Thunb. ; coarse rhizome ; fine rhizome ; adaptability

(责任编辑 方 兴)