

# 外来入侵植物小飞蓬种群构件生物量结构特征

潘玉梅<sup>1</sup>, 唐赛春<sup>1\*</sup>, 蒲高忠<sup>1</sup>, 陈秋霞<sup>1,2</sup>, 韦春强<sup>1,2</sup>

(1. 广西壮族自治区广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 2. 广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 小飞蓬是我国分布最广的外来入侵物种之一, 通过样方调查, 从构件水平研究了小飞蓬各构件的结构特征及其生物量间的关系模型, 并进行了定量分析。结果表明小飞蓬各构件生物量间的关系表现为茎>叶>根>花; 各构件生物量在个体生物量中所占比率也表现为茎>叶>根>花; 小飞蓬根、茎、叶生物量与植株高度及各构件生物量间均呈正相关关系。

**关键词:** 外来入侵植物; 小飞蓬; 构件; 生物量

**中图分类号:** Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)04-0476-05

## Module biomass structure of the alien invasive plant *Conyza canadensis*

PAN Yu-Mei<sup>1</sup>, TANG Sai-Chun<sup>1\*</sup>, PU Gao-Zhong<sup>1</sup>,  
CHEN Qiu-Xia<sup>1,2</sup>, WEI Chun-Qiang<sup>1,2</sup>

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 2. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

**Abstract:** *Conyza canadensis* is one of the alien invasive plants distributed most extensively in China. Biomass structure characteristic and correlation models among different modules of *Conyza canadensis* population were studied at module level. Their quantitative analysis was also done in this paper. The result showed that the modules biomass of *Conyza canadensis* was decreased in the sequence of stem, leaf, root, flower, and the biomass proportion of each module to the whole plant biomass was also in the same order with modules biomass. The biomass of root, stem and leaf had significant positive correlations with plant height, and the biomass of each module had significant positive correlation with that of others, too.

**Key words:** alien invasive plant; *Conyza canadensis*; module; biomass

植物种群构件理论自 20 世纪 70 年代由 Harper 等 (1974) 提出后便成为植物种群生态学和植物生殖生态学研究领域的热点之一。植物种群和个体构件生物量是植物与环境因素共同作用的结果, 既反映了植物种群对环境条件的适应能力和生长发育规律, 也反映了环境条件对植物种群的影响程度 (苏智先等, 1991; 陶建平等, 2000; 王伯荪等, 1995)。近年来不少学者 (齐淑艳等, 2006; 杨允菲等, 2003; 李瑞

利等, 2007) 将其引用到入侵生态学中, 利用种群构件理论研究外来入侵植物的根、茎、叶、花等各构件的数量特征及其相互关系, 通过对入侵植物的表型可塑性研究, 探索外来入侵植物的入侵能力及入侵机理, 取得了一定的成果。可见植物种群构件理论可以作为研究外来入侵植物入侵特性的有效方法之一。

小飞蓬 (*Conyza canadensis*) 为菊科一年生草本, 又叫加拿大蓬、小蓬草、小白酒草, 原产北美洲,

收稿日期: 2007-12-26 修回日期: 2008-10-18

基金项目: 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目 ([2005]404); 广西科学基金 (桂科基 0575116 号); 广西科技攻关项目 (桂科攻 0719005) [Supported by the Western Program for Fostering Personal Ability, CAS(2005)404; Provincial Science Foundation of Guangxi(0575116); Key Technologies Research and Development Program of Guangxi(0719005)]

作者简介: 潘玉梅 (1981-), 女, 安徽萧县人, 硕士, 从事外来入侵植物的研究。

\* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: tangs@gxib. cn)

现在广泛分布世界各地。最早 1860 年在我国山东省被发现, 现在已入侵到我国各地, 是我国分布最广的入侵物种之一。小飞蓬喜生干燥、向阳的土壤, 多生长在旷野、荒地、田边、河谷、沟边、河滩、路旁等地, 花果期 5~10 月, 以带有冠毛的种子繁殖, 蔓延极快, 对秋收作物、果园、茶园危害严重, 可通过分泌化感物质抑制临近其它植物的生长。该种还是棉铃虫、棉椿象的中间寄主, 其叶汁对皮肤有刺激作用(李振宇等, 2002)。由于其全草可治肠炎、痢疾等疾病, 在我国一直被当作中草药, 对于其作为入侵植物的入侵特性及预防管理方面的研究较少, 仅见高兴祥等(2006)对其除草活性, 抑制其它植物生长的研究。通过研究小飞蓬种群个体构件间的关系, 探讨

其入侵特性, 为更好的预防小飞蓬继续扩散, 减少其危害奠定基础。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 样地概况

研究地区设在广西桂林市会仙镇附近的农田撂荒地。该地处桂林市西南部,  $109^{\circ}36' \sim 111^{\circ}29' E$ ,  $24^{\circ}15' \sim 26^{\circ}23' N$ , 平均海拔约 150 m。属中亚热带湿润季风气候, 气候温和, 雨量充沛, 全年平均温度  $19.3^{\circ}C$  左右, 日照 1 465 h, 年平均降雨量约 1 900 mm(胡刚等, 2007)。研究样地小飞蓬生长占绝对优势, 覆盖度达 95% 以上。

表 1 小飞蓬种群各构件数量特征

Table 1 Quantitative characteristics of different modules in *Conyza canadensis* population (n=59)

数量特征 Quantitative characteristics	最大值 Max	最小值 Min	平均 Mean $\pm$ SD	变异系数 CV (%)
根重 Weight of root (g)	16.8122	0.2257	2.3681 $\pm$ 2.5454	107.48
茎重 Weight of stem (g)	56.932	1.3749	11.4226 $\pm$ 11.5588	101.19
叶重 Weight of leaf (g)	23.1662	0.32	3.9087 $\pm$ 3.8965	99.69
花重 Weight of flower (g)	12.1744	0.1138	1.8254 $\pm$ 1.9286	105.65
总生物量 (g)	98.3904	2.2388	19.5247 $\pm$ 19.0396	97.52
植株高 Height of ramet (cm)	205	94	135.64 $\pm$ 27.9554	20.61
根生物量分配 Allocation of root biomass (%)	21.13	3.94	12.54 $\pm$ 0.0312	24.85
茎生物量分配 Allocation of stem biomass (%)	69.11	41.17	57.03 $\pm$ 0.0572	10.03
叶生物量分配 Allocation of leaf biomass (%)	31.79	10.31	20.57 $\pm$ 0.0485	23.6
花生物量分配 Allocation of flower biomass (%)	30.88	1.5	9.85 $\pm$ 0.4628	46.98

### 1.2 取样

经全面调查, 样地选在人为干扰较小、长有大面积小飞蓬优势群落的干旱荒地, 随机设立十个样方, 样方面积为  $2 m \times 2 m$ 。调查每个样方内小飞蓬个体数量, 并在每个样方内随机选取 5~6 株大小不等的个体, 10 个样方共选取 59 株, 测量每株个体的高度, 将其根系全部挖出, 把根系上的土一起带回实验室, 水中浸泡去掉根部泥土, 冲洗干净后将植株的根、茎、叶、花等器官分离, 分别装袋, 在  $80^{\circ}C$  下烘至恒重, 用 1/10000 电子天平逐株逐项称重。

### 1.3 数据处理

用每株各构件的生物量占该株总生物量的百分比作为生物量分配的数量指标。将全部数据进行统计分析, 对各构件生物量之间的关系建立量化描述模型(郭水良, 2002; 李红等, 2004; 杨允非等, 2003; 齐淑艳等, 2006), 所有定量关系均进行直线函数  $y=a+bx$ , 幂函数  $y=ax^b$ , 指数函数  $y=ae^{bx}$  模型的回归分析, 其相关性最高者为其最佳描述模型。采用 SPSS 12.0 进行显著性检验及回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 小飞蓬种群各构件数量特征

小飞蓬各功能构件数量的最大值和最小值反映了试验所取样本范围的大小。在调查的 59 株小飞蓬中, 植株最高的为 205 cm, 最低的为 94 cm, 平均株高 135.64 cm; 个体生物量最大的为 98.390 4 g, 最小的为 2.238 8 g, 平均重 19.524 7 g(表 1)。表明在同一种群中小飞蓬生长的不整齐性, 可同时出现开花结籽的成熟植株和新生的幼苗, 由此可见小飞蓬虽然是一年生植物, 但它们在在一个生长期内可完成开花结实、传播种子以及萌发幼苗, 与其它的外来入侵植物如牛膝菊(齐淑艳等, 2006)相似。小飞蓬可通过这种生长繁殖方式在一年时间内大量繁殖后代、扩大种群, 逐渐在入侵地占有绝对优势。

表 1 数据还表明, 小飞蓬各构件生物量之间的大小关系表现为茎>叶>根>花, 其变异系数分别为 101.19%、99.69%、107.48% 和 105.65%, 说明

小飞蓬各功能构件具有较大表型可塑性;根、茎、叶和花的生物量分配比率大小关系为茎>叶>根>花,其变异系数均较小,说明各构件干物质分配比例具有稳定性,也说明小飞蓬在生长中具有自我调节的资源分配策略。这与其它研究中的几种植物的分

株生物量分配特征相似(杨允非等,2003;张文辉等,2003;齐淑艳等,2006)。而各构件分配比率的变异系数大小表现为花>根>叶>茎,茎的干物质分配比例比其它构件分配比例更稳定,其次是叶,说明支持构件茎和光合构件叶在植株生长过程中的重要性。

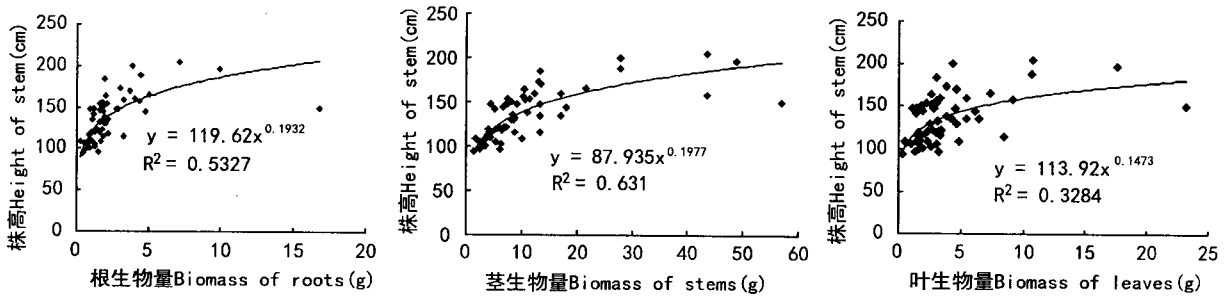


图1 小飞蓬植株高度与各构件生物量间的关系

Fig. 1 Relationships between height and biomass of different structures of *Conyza canadensis*

表2 小飞蓬各构件生物量间关系模型

Table 2 Correlation models between different modules of *Conyza canadensis* (n=59)

项目 Item (Y)	生物量 (X) Biomass (g)	拟合方程 Stimulation equation	R <sup>2</sup>
根生物量 Roots(g)	茎 Stems	Y=0.2805X <sup>0.8694</sup>	0.8546
		Y=0.1016+0.1984X	0.8119
	叶 Leaves	Y=0.9297e <sup>0.0542X</sup>	0.6759
		Y=0.7025x <sup>0.8581</sup>	0.7811
		Y=-0.0331+0.6143X	0.8844
		Y=0.941e <sup>0.1553X</sup>	0.6307
叶生物量 Leaves(g)	茎 Stems	Y=0.4412X <sup>0.8929</sup>	0.8498
	叶 Leaves	Y=0.3533+0.3113X	0.8526
		Y=1.527e <sup>0.0647X</sup>	0.6487
花生生物量 Flowers(g)	根 Roots	Y=0.8161X <sup>0.7838</sup>	0.4521
		Y=0.8281+0.4211X	0.3089
		Y=0.8405e <sup>0.1683X</sup>	0.2326
	茎 Stems	Y=0.2056X <sup>0.8643</sup>	0.6216
		Y=0.3831+0.1263X	0.5727
		Y=0.7068e <sup>0.0501X</sup>	0.4245
		Y=0.5226X <sup>0.8338</sup>	0.5427
	叶 Leaves	Y=0.6055+0.3121X	0.3976
		Y=0.7668e <sup>0.1254X</sup>	0.3029
		Y=119.62X <sup>0.1932</sup>	0.5327
株高 Height(cm)	根 Roots	Y=121.68+5.8952X	0.2881
		Y=120.44e <sup>0.0417X</sup>	0.2765
		Y=87.935X <sup>0.1977</sup>	0.631
	茎 Stems	Y=117.04+1.6284X	0.4533
		Y=116.78e <sup>0.113X</sup>	0.4228
		Y=113.92X <sup>0.1473</sup>	0.3284
		Y=122.04+3.4802X	0.2353
	叶 Leaves	Y=120.86e <sup>0.0244X</sup>	0.2216

2.2 小飞蓬根、茎和叶生物量与植株高度的关系

经回归分析,在小飞蓬种群生长时期,营养器官根、茎和叶生物量与植株高度间存在极显著正相关关系(P<0.01),植株的高度随各营养器官生物量均呈幂函数形式增加(图1),其不同函数的拟合方程见表2。由各函数模型的b值可看出各营养构件对植株高度的制约作用规律表现为茎>根>叶。

2.3 小飞蓬种群各构件生物量间的关系

经回归分析和相关性检验,小飞蓬各构件生物量间存在着极显著的正相关关系(P<0.01, n=59),可以分别用线性函数模型或者幂函数模型表达,不同函数的拟合方程见表2,各模型的拟合方程反映出它们之间制约作用的规律性。

小飞蓬各营养器官之间存在着极显著的正相关关系(P<0.01)。根生物量随着叶生物量呈线性函数形式增加,随茎生物量呈幂函数形式增加;叶生物量随着茎生物量呈线性函数形式增加,其最佳拟合曲线见图2。根、茎、叶间的定量关系模型反映出了植物个体营养器官之间在结构与功能上的相互依存、相互协调、相互影响的密切关系。

小飞蓬营养器官与生殖器官花间也存在极显著的正相关关系,表现为花生生物量随着根、茎和叶生物量均呈幂函数模型形式增加(图2),由各方程的b值看出各营养器官对花的制约规律表现为叶>茎>根。

不同构件生物量与同一构件生物量间,根和花生生物量随茎生物量呈幂函数形式增加,其b值分别为0.8691和0.7532,说明根和花生生物量受茎生

物量影响制约程度表现为根>花;根和花生生物量随叶生物量分别呈现线性函数和幂函数形式增加,由拟合方程看出根和花生生物量受叶生物量的影响制约程度也表现为根>花。

### 3 讨论

#### 3.1 小飞蓬构件数量特征及其分配规律

表型可塑性是指同一个基因型对不同环境应答而产生不同表型的特性(Brandshaw, 1965; Pigliucci, 2001),与外来物种入侵能力呈正相关关系(耿宇鹏等, 2004)。研究结果显示,小飞蓬的根、茎、叶、花平均干物质量分别为  $2.3681 \pm 2.5454$ 、 $11.4226 \pm 11.5588$ 、 $3.9087 \pm 3.8965$ 、 $1.8254 \pm 1.9286$ ,最大观测值分别是最小观测值的 74、41、72、106 倍;根、茎、叶、花干物质量占个体总生物量的百分比分别为  $(12.54 \pm 0.0312)\%$ 、 $(57.03 \pm 0.0572)\%$ 、 $(20.57 \pm$

$0.0485)\%$ 、 $(9.85 \pm 0.4628)\%$ ,最大观测值分别是最小观测值的 5、2、3、21 倍。表明小飞蓬在同种群内个体各构件均有较大的表型可塑性,增加了种群的生态幅和耐受性,有利于其入侵并适应新的生境。

从统计结果看出小飞蓬在茎和叶上投入的资源比其它构件投入的较多,且在茎和叶上投入资源的分配比例也较稳定,这是植物种群生存竞争的需要。在植物生长、发育过程中,茎和叶是个体所有形态结构中最重要两个营养器官,植物生长所需的大部分营养物质都要靠这两个器官来合成、储存和运输。所以,从种群角度来讲,这两个构件的生物量投入会最大(刘佩勇等, 2004),尤其支持结构茎的生物量分配比例较高,占总生物量的 57%,这有利于它们尽可能多地掠夺空间和光资源,在生存竞争中占据优势,增强入侵的能力。此外,叶生物量分配比例较大,有利于增大种群的光合作用面积,增加有机物质的生产和积累,既能够保证有性生殖对营养物质的

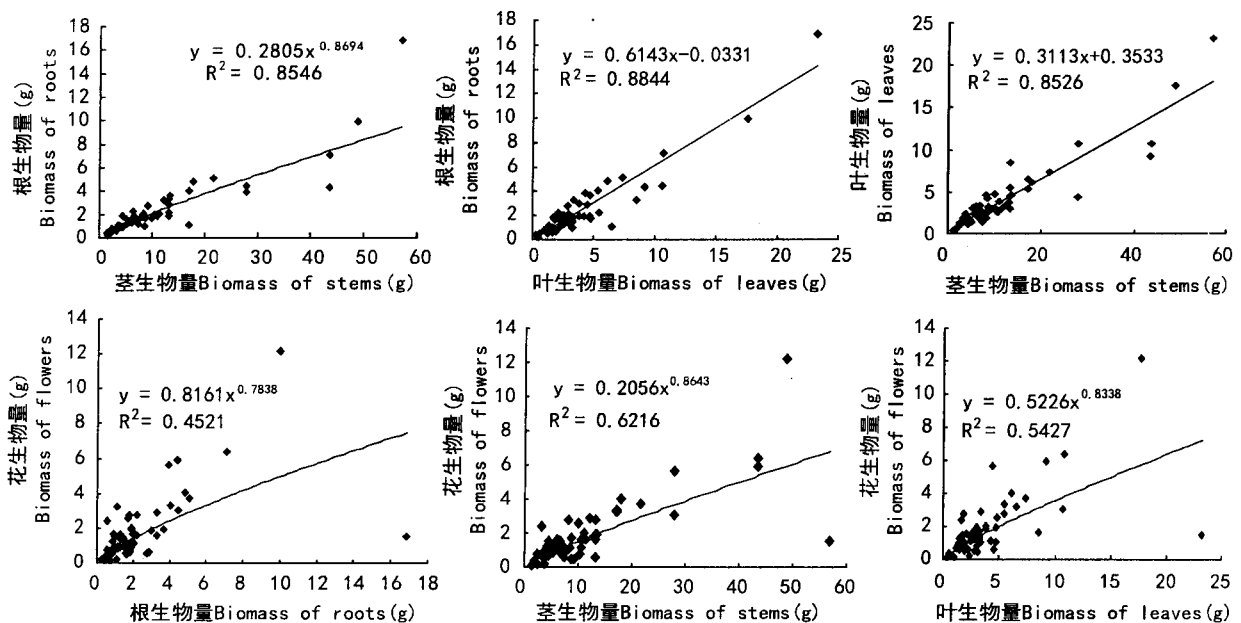


图2 小飞蓬不同构件生物量间的关系

Fig. 2 Relationships between biomass of structures of *Conyza canadensis*

需要,又能够维持营养生长的继续。

#### 3.2 小飞蓬各构件生物量间的关系

多数研究表明,植物生长和物质分配一般遵循着某种规律,通常可用线性函数、幂函数或指数函数表达,一般选择其中相关系数最大的作为其研究模型。研究结果显示,小飞蓬各构件生物量与株高均呈极显著正相关关系,且均可以用幂函数模型表达;

各构件生物量之间呈极显著的正相关关系,分别可以用线性函数或幂函数模型表达。这反映出植物个体生长过程中对各构件资源分配的协调性,一个构件的旺盛生长,必然带动其他构件生物量累积速率的增加,最终促使整个个体增高、生物量增大。此外,如果在植物生长与分配规律分析中,把线性关系称为同速生长,非线性关系称为异速生长(杨允菲

等,2006),那么在小飞蓬各构件生物量间既存在同速生长,也存在异速生长,表明其在生长过程中同时具有同速和异速生长的表型可塑性调节。

各营养构件对植株高度的制约规律表现为茎>根>叶,表明植株高度与茎物质量的积累有着密切联系。小飞蓬为一年生植物,若使种群在入侵地长期生存并占据优势,必须在高度上占据优势,尽可能多地争夺空间和光资源,同时减弱其它植物获取生存资源的能力,最终将它们排挤出去。这与小飞蓬将大部分资源分配给支持构件茎上是相一致的。总的来说,小飞蓬各构件生物量的特征反映了其入侵能力强的生物学特性之一。当然,要明确入侵植物的这种生物学特性,还需对更多不同性状的入侵植物的构件生物量特征进行比较分析。

### 参考文献:

- 王伯荪,李鸣光,彭少麟. 1995. 植物种群学[M]. 广州:广东高等教育出版社,8-27
- Brandshaw AD. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants[J]. *Advance in Genet*, **13**:115-155
- Gao XX(高兴祥),Li M(李美),Yu JL(于建垒),et al. 2006. Biomass and the herbicidal activity of extracts from *Erigeron canadensis* (小飞蓬提取物除草活性的生物测定)[J]. *J Plant Resource Environ* (植物资源与环境学报), **15**(1):18-21
- Geng YP(耿宇鹏),Zhang WJ(张文驹),Li B(李博),et al. 2004. Phenotypic plasticity and invasiveness of alien plants(表型可塑性与外来植物的入侵能力)[J]. *Biodiver Sci* (生物多样性), **12**(4):447-455
- Guo SL(郭水良),Sheng HY(盛海燕). 2002. On influences of population density of *Plantago virginica* on its morphological characters(北美车前种群密度制约的统计分析)[J]. *Bull Bot Res* (植物研究)[J], **22**(2):236-240
- Harper JL, White J. 1974. The demography of plants[J]. *Ann Rev Ecol Syst*, **5**:419-463
- Hu G(胡刚),Ling SC(梁士楚),Zhang ZH(张忠华),et al. 2007. Quantitative analysis *Cycloba lanopsis glauca* community on karst hills of Guilin(桂林岩溶石山青冈栎群落的数量分析)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **26**(8):1177-1181
- Li H(李红),Yang YF(杨允菲),Lu XS(卢欣石). 2004. Quantitative analysis of reproductive tiller characteristics of *Leymus chinensis* populations on the Songnen Plain of China(松嫩平原羊草种群生殖分蘖株的数量特征及其定量关系)[J]. *Acta Prut Sin*(草业学报), **13**(4):50-56
- Li RL(李瑞利),Shi FC(石福臣),Zhang XL(张秀玲),et al. 2007. Quantitative characteristics and reproductive allocation study on reproductive ramets of *Spartina alterniflora* population in Tidal-flat in Tianjin, China(天津沿海滩涂互花米草种群生殖分株数量特征及生殖分配研究)[J]. *Bull Bot Res* (植物研究), **27**(1):99-106
- Liu PY(刘佩勇),Zhang QL(张庆灵),Yang YF(杨允菲). 2004. Biomass structure and quantitative relationship models in clonal population of *Puccinillia chinampoensis* in Songnen plain(松嫩平原朝鲜碱茅无性系种群构件生物量结构及相关模型分析)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **15**(4):543-548
- Pigliucci M. 2001. Phenotypic Plasticity: Beyond Nature and Nurture[M]. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press
- Su ZX(苏智先),Zhong ZC(钟章成). 1991. Studies on biomass structure of *Neosinocalamus offinis* population on the Mt. Jinyun (缙云山慈竹种群生物量结构研究)[J]. *Acta Phytocol Geobot Sin*(植物生态学与地植物学丛刊), **15**(3):240-251
- Tao JP(陶建平),Zhong ZC(钟章成). 2000. Morphological responses to different nutrient supply in the stoloniferous herb *Glechomalongl tuba* (匍匐茎草本活血丹在不同养分条件下的克隆形态)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **20**(2):207-211
- Yang YF(杨允菲),Li JD(李建东). 2003. Growth strategies of different age classes of ramets in *Kalimeris integrifolia* population at the Songnen Plains of China (松嫩平原全叶马兰种群不同龄级分株的生长策略)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **14**(12):2171-2175
- Zhang WH(张文辉),Li H(李红),Li JX(李景侠),et al. 2003. Individual and modular biomass dynamics of *Kingdonia ulziflora* population in Qinling Mountain(秦岭独叶草种群个体和构件生物量动态研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **14**(4):530-534
- dong Province(广东潮州凤凰山的蕨类植物)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), **14**(1):38-44
- Zhang FP(张福平),Chen WH(陈蔚辉),Pan HZ(潘惠珍),et al. 2003. Utilization and countermeasures of plantresources in Dasha Mountain of Chaocounty, Guangdong Province(广东省潮安县大山植物资源的开发利用与对策)[J]. *Guihaia*(广西植物), **23**(1):11-14
- Zhang HT(张宏达). 1999. A review on the origin and development of the Cathaysis Flora(华夏植物区系理论的形成与发展)[J]. *Ecol Sci*(生态科学), **18**(1):44-50
- Zang DK(藏得奎). 1998. A Preliminary study on the ferns flora in China(中国蕨类植物区系的初步研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), **18**(3):459-465
- Zeng XF(曾宪锋),Qiu HY(邱贺媛),Tang GD(唐光大),et al. 2008c. Three newly recorded plants from Guangdong, China (广东省3种新记录植物)[J]. *J South China Agric Univ*(华南农业大学学报), **29**(2):69-73

(上接第470页 Continue from page 470)