

## 濒危植物长柄双花木自然种群 年龄结构及其生态对策

肖宜安\*, 肖南, 胡文海, 李晓红, 曾建军, 黄族豪

(井冈山大学 生命科学学院, 江西 吉安 343009)

**摘要:** 通过对濒危植物长柄双花木自然种群的年龄结构、图解生命表以及生殖价分析等途径,研究了其种群结构动态及生态对策,结果表明:长柄双花木种群为衰退型种群,虽然种群中也存在一定数量的幼龄个体,但个体死亡率较高。长柄双花木种群表现出  $r\sim K$  对策的混合生态适应策略。该种群数量在下降过程中还存在波动,仍具有一定的实现生殖和恢复的可能,但依靠有性生殖途径实现恢复的能力有限。

**关键词:** 年龄结构; 生命表; 生殖力; 适应策略; 长柄双花木

**中图分类号:** Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)06-0850-05

## The age structure and ecological strategy in a wild population of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* (Hamamelidaceae)

XIAO Yi-An\*, XIAO Nan, HU Wen-Hai, LI Xiao-Hong,  
ZENG Jiang-Jun, HUANG Zu-Hao

(College of Life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an 343009, China)

**Abstract:** *Disanthus cercidifolius* var. *longipes*, a plant species that only occurs in a few counties in Hunan, Jiangxi and Zhejiang Province and with relatively small numbers of individuals, is ranked as a 2<sup>nd</sup> class endangered species for conservation in China. The dynamics of age-structure and the ecological strategy in *D. cercidifolius* var. *longipes* were studied. The results are as follows: the populations of *D. cercidifolius* var. *longipes* are withering populations, though there are some young individuals with high death rate in the populations. The ecological strategy is a  $r\sim K$  mix-strategy in *D. cercidifolius* var. *longipes* populations. The static life table of populations of *D. cercidifolius* var. *longipes* shows that the death rate of the populations with "1-5 year-aged class individuals" is relatively higher than populations with individuals of other age class. The death rate of the populations would reach another peak when they are about 50 years old. The fecundity table indicates that its net reproductive rate ( $R_0$ ), intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) and finite ratio fineries ( $\lambda$ ) were 0.8337, -0.0047 and 0.9953, respectively. These parameters ( $R_0 < 1$ ,  $r_m < 0$ ,  $\lambda < 1$ ) indicated that the studied population is a decreasing type, but its declining is relatively slow. We can also refer that the populations of the species can hardly recruit new individuals and make natural regeneration in the current habitats. Using the data from the field investigations, we established the diagrammatize life table in which we can predict that in the coming 20 years, the individuals would most probable decrease from 2 271 to 1 530, i. e., only 70% individuals will still remain in the population. The key reasons leading to the endangering of this species are most proba-

收稿日期: 2006-09-28 修回日期: 2007-02-26

基金项目: 国家自然科学基金(30560025); 江西省教育厅科技项目(2005[232]); 江西省科技平台条件项目; 井冈山大学自然基金; 井冈山大学博士启动基金[Supported by the National Natural Science Foundation of China(30560025); Science and Technology Project of Jiangxi Education Department(2005[232]); Facilities and Information Infrastructure Foundation for Science and Technology of Jiangxi Province]

作者简介: 肖宜安(1968-), 男, 江西永丰人, 博士, 教授, 主要从事保护生物学和植物生态学教学与研究, (E-mail) iyanxiao@yahoo.com.cn.

\* 通讯作者(Author for correspondence)

bly the deforestation and habitat fragmentation.

**Key words:** age structure; life table; fecundity; adapt strategy; *Disanthus cercidifolius* var. *longipes*

种群是构成群落的基本单位,其结构不仅对群落结构有直接影响,并能客观体现群落的发展、演变趋势(朱学雷等,1999),同时对研究种群生态特性及生态系统的基本特征具有较大意义(徐学红等,2005)。种群大小结构能很好地反应种群动态变化(Wu等,2002;徐学红等,2005)。长柄双花木(*Disanthus cercidifolius* var. *longipes*)只零星分布于湖南、江西和浙江等省的少数县,个体数量稀少(傅立国,1992;肖宜安等,2002),被列为国家二级重点保护的濒危物种。有关该种的研究主要集中于种群动态、繁育系统、开花物候及林学特征和种子萌发等方面(肖宜安等,2004a,b,c;李根有等,2002;史晓华等,2003),其它研究目前未见报道。本文对分布在江西省井冈山国家级自然保护区的长柄双花木的年龄结构、图解生命表及生殖价进行分析,主要探讨其自然种群结构及其生态对策,为该种研究提供新的资料。

## 1 研究方法

### 1.1 野外调查

在井冈山长柄双花木全分布范围内,选择具有代表性的5个分布点各设置2~4个400 m<sup>2</sup>的样地,共15个样地,总调查面积为6 000 m<sup>2</sup>,每样地划分成16个5 m×5 m的小样方。对小样方内的长柄双花木进行每木调查,记录其高度、基径、胸径、冠幅。同时调查各植株林冠下(分布稀疏处调查树冠外围2 m内)1年生幼苗数。出生率、平均生育力及生殖力表的相关数据引自前文(肖宜安等,2004a)。

采用年轮钻和年龄-基径回归相结合的方法确定其年龄详细见文献(肖宜安等,2004a)。

### 1.2 年龄结构图的绘制

根据野外调查所获得的长柄双花木个体实际年龄,将其按5年为一个年龄组进行分级。按照常规方法建立其年龄结构图。

### 1.3 图解生命表的建立

根据野外调查数据,按照孙儒泳等(1993)的方法绘制图解生命表。具体方法如下:由于长柄双花木属于“世代重叠、生殖连续的多年生”植物,其世代是彼此重叠的,因此在任一时间 $t$ 的种群都包含有几个年龄组。以 $n_x$ 代表种群中 $x$ 年龄级 $t$ 时间的

个体数,那么在 $t=0$ 时间的种群各年龄组的个体数为 $n_{00}, n_{10}, n_{20} \dots n_{m0}$ ,见图1中第一排的各个方格,这也就是“当前种群各年龄级的个体数”。下一个时间的种群个体数则有两个来源:(1)各年龄级的个体的存活数。因各年龄组的存活率不同,分别以 $P_0, P_1, P_2 \dots$ 表示各年龄组的存活率(肖宜安等,2004a),就可以得到 $n_{11} = n_{00} \times P_0, n_{21} = n_{10} \times P_1, n_{31} = n_{20} \times P_2$ ,依此类推,表示在第二排第一方格以后的各个方格中;(2)上一时期的新生个体数。每一处于繁殖时期的年龄组的个体都可以繁殖产生新个体,各年龄组的出生率分别以 $f_0, f_1, f_2 \dots$ 表示(肖宜安等,2004a),就可以得到 $n_{00} \times f_0 + n_{10} \times f_1 + n_{20} \times f_2 + n_{30} \times f_3 + \dots$ ,并都进入 $t+1$ 时间的 $n_{01}$ 组。进入 $t=2$ 时间,同样的生死过程又重复一遍,不过这里首先假定 $P_0, P_1, P_2 \dots$ 和 $f_0, f_1, f_2 \dots$ 各值都不随时间 $t$ 的推移而改变。

### 1.4 生殖价的计算

生殖价 $V_x$ 是一个特定年龄的个体死亡以前可能产生的子代数目的量度,通常指一个年龄为 $x$ 的平均个体在死亡之前对下一代的相对贡献,其计算公式可表述为(Willson, 1983;江洪,1992;王伯荪等,1995;Lovett-Doust等,1998):

$$V_x = m_x + \sum_{t=x+1}^a \frac{l_t}{l_x} \times m_t$$

式中 $l_x, l_t, m_x, m_t$ 分别表示年龄 $x, t$ 时的存活概率及平均生育力,可由生殖力表中获得; $a = Ar_{max}$ ,即最大生殖年龄。

剩余生殖价(RRV)表示 $x$ 龄后下一生长期产生更多子代的机会: $RRV_x = \frac{l_{x+1}}{l_x} \times V_{x+1}$

累积剩余生殖价(SRRV)表示植物在 $x$ 季节后到死亡时产生更多子代的机会: $SRRV_x = \sum_{x=1}^a \frac{l_{x+1}}{l_x} \times V_{x+1}$

整个生活史的总生殖价(TRV)为(孙凡等,1997): $TRV_x = V_x + \sum_{t=x+1}^a \frac{l_t}{l_x} \times V_t$

生殖投资策略为(孙凡等,1997)(经过修改): $ORE_x = V_x / \sum TRV$

按上述各公式计算各龄级生殖价等参数,可以编制生殖表。

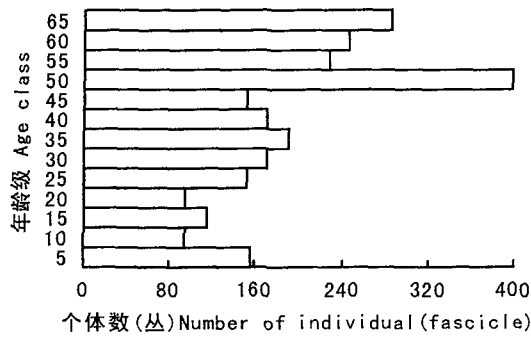


图 1 长柄双花木种群结构图

Fig. 1 The age structure figure of *D. cercidifolius* var. *longipes* population

表 1 长柄双花木种群静态生命表及其 20 年内年龄结构动态预测

Table 1 The static life table and numeric dynamics of *D. cercidifolius* var. *longipes* populations in 20 years

年龄级 Age-class	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	总数 Total
$N_0$	412	314	215	204	190	181	178	142	127	116	115	54	23	2 271
$N_5$	343	261	179	170	158	181	178	142	127	116	115	54	23	2 048
$N_{10}$	310	247	171	164	158	151	148	118	106	97	115	54	23	1 861
$N_{15}$	280	215	150	143	134	136	140	113	102	96	96	45	19	1 669
$N_{20}$	248	196	137	132	127	123	122	99	89	82	87	42	18	1 503

$N_0$ : 表示现存种群个体数,  $N_5-N_{20}$ : 分别表示未来 5, 10, 15, 20 年种群个体数。  $N_0$ : Shows the number of individuals presently,  $N_5-N_{20}$ : Shows the individuals in the future 5, 10, 15, 20 years, respectively.

如表 1: 从以上生命表可知, 长柄双花木 1~5 年年龄级的种群死亡率相对较高。表 1 还表明, 50 年年龄级时, 种群死亡率又出现一个高峰。

### 2.3 种群图解生命表

根据长柄双花木种群各年龄级个体的存活率和出生率, 可绘制其图解生命表(图 2)。生命表的实质是描述种群生死过程的一种图解模式(孙儒泳等, 1993)。因此从生命表也就可以描述种群在今后若干时期中的变化动态。从图 1 可知, 根据生命表所推算的种群各年龄级今后 20 年长柄双花木种群的变化趋势见图 2 和表 1。在未来的 20 年中, 长柄双花木种群各个年龄级的个体数及种群总数均表现出持续下降趋势。

### 2.4 种群生殖价分析

长柄双花木种群的生殖价分析结果见表 2。由表可知: 长柄双花木累计剩余生殖价随年龄增长逐渐递减, 而其它生殖参数均随年龄增大而出现先增后减的现象。也就是说, 其它参数均存在一个最高点。这表明, 长柄双花木种群的生殖能力存在一定的最佳年龄段, 其时间为 20~40 a 之间, 这与野外调查结果相一致。因而其种群地最大生殖能力也出现在这一年龄段内。

## 2 结果与分析

### 2.1 长柄双花木的种群结构

图 1 表明, 长柄双花木种群年龄结构呈现出显著的倒金字塔型特征, 说明该种群属于衰退型种群。种群中以年龄在 50 a 以上的个体为主, 幼龄个体比例相对较低。需要指出的是, 种群中 1~2 年幼苗也有较大比例, 这表明种群存在一定的潜在更新能力, 但幼苗死亡率较高。

### 2.2 种群静态生命表

按上述方法编制得到长柄双花木种群静态生命

生殖价  $V_x$  是个体对下一代的贡献的大小, 剩余生殖价  $RRV_x$  及总生殖价  $TRV_x$  等参数说明了生殖机会期望的大小, 表明了种群生殖能力的大小, 从而也影响其种群数量的恢复(吴明作等, 2001)。长柄双花木种群的生殖价随年龄增加先升后降, 在年龄达到 50 a 时, 生殖价迅速降低, 表明这时长柄双花木对后代的贡献也逐渐减少。

生殖投资策略( $ORE_x$ )反映了生殖可能实现或者分配的程度。长柄双花木种群的生殖投资策略值随年龄增加逐渐上升, 当年龄上升到 25 a 时达到最大值, 然后又不断降低。表明长柄双花木个体在年龄为 25 a 以后的生殖能力较强, 实现生殖的可能性增加。此后其实现生殖的可能性也逐渐减弱, 种群恢复能力降低。

## 3 小结

(1) 通过对长柄双花木自然种群的年龄结构、图解生命表以及存活曲线等的分析可知, 长柄双花木为衰退型种群, 种群中也存在一定数量的幼龄个体, 但个体尤其是幼龄个体的死亡率较高。在种间竞争中处于不利地位, 其原因主要可能是生殖过程中的

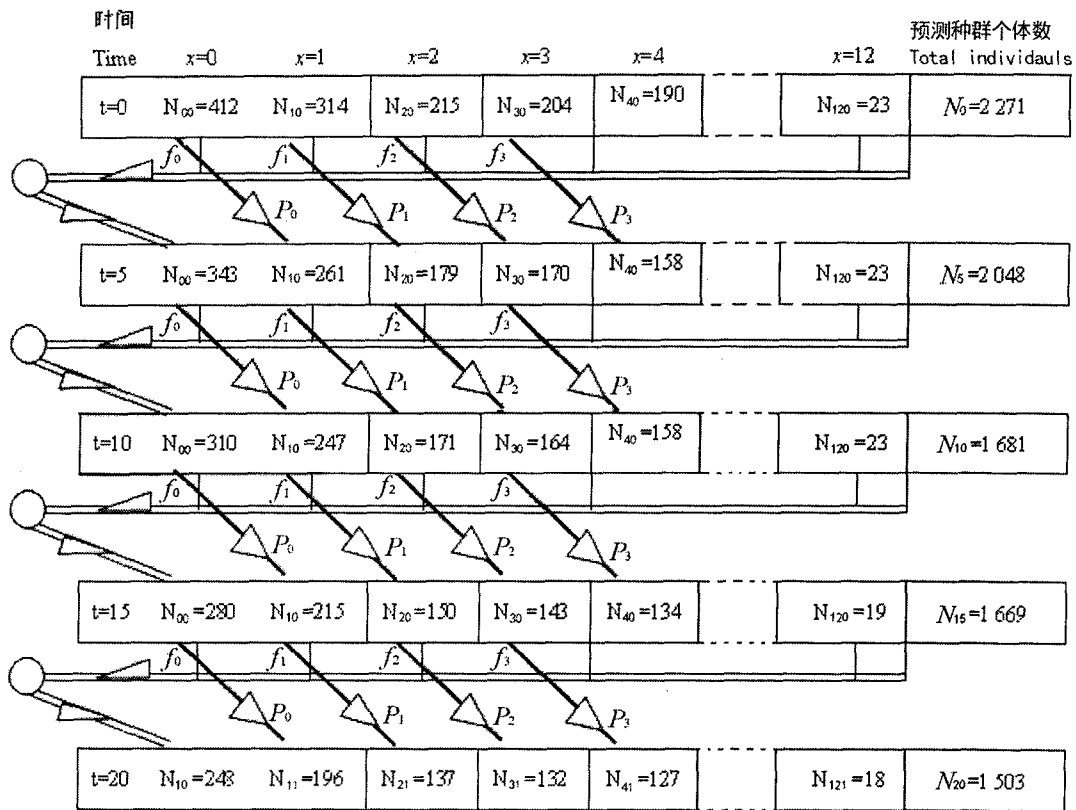


图 2 长柄双花木种群图解生命表

Fig. 2 The diagrammatize life table of *D. cercidifolius* var. *longipes* population

表 2 长柄双花木种群生殖价分析

Table 2 Fecundity value table of *D. cercidifolius* var. *longipes* population in Mt. Jinggang

X	$l_{x+1}/l_x$	$m_x$	$V_x$	$RRV_x$	$SRRV_x$	$TRV_x$	$ORE_x$
1	—	0	2.031	1.548	20.052	22.083	0.015
5	0.762	0	2.031	1.391	18.504	20.535	0.015
10	0.685	0	2.031	2.439	17.113	19.144	0.015
15	0.948	0	2.573	2.393	14.674	17.247	0.019
20	0.931	0.044	2.571	2.688	12.281	14.852	0.019
25	0.952	0.333	2.824	2.310	9.593	12.417	0.021
30	0.984	0.167	2.348	1.711	7.283	9.631	0.017
35	0.799	0.133	2.142	2.275	5.572	7.714	0.016
40	0.893	0.636	2.548	2.137	3.297	5.845	0.019
45	0.916	1.000	2.333	0.504	1.160	3.493	0.017
50	0.989	0.082	0.510	0.179	0.656	1.166	0.004
55	0.470	0.032	0.380	0.477	0.477	0.857	0.003
60	0.427	0.783	1.116	0	0	1.166	0.008
Σ						136.15	

失败所导致。长柄双花木从其结实率、种子自然萌发率、到成苗率等都很低，这必然导致其种群数量的下降；而且花粉来源还严格限制其结实状况(肖宜安等,2006)，也进一步影响其种群结构和动态。

(2)种群的生殖价分析结果表明，濒危植物长柄

双花木种群具有生长缓慢，多次结实且生殖投资值较小；种子小且产量低；净生殖率(或者生殖适合度)也小等特征。这些总体特征与 *r* 对策者较为接近，表现出 *r* 对策的生态适应策略。但是该物种同时具有寿命长、个体较大等特征，因此该种群是具有 *r*~*K* 对策的混合。

(3)从种群动态预测结果看，长柄双花木种群数量在下降过程中还存在一定的波动，这种波动是由于该年龄级内部个体的死亡和由低龄级向高龄级的迁移而产生的。从其生殖投资策略( $ORE_x$ )值来看，该种群仍具有一定的实现生殖的可能，野外调查也表明这一结果是准确的。但是由于其现实生殖价等参数很小，同时由于生殖对抗生长的原理将形成一种恶性循环(吴明作等,2001)，这不利于种群的恢复，因此长柄双花木种群在目前人为干扰较为严重的情况下，依靠有性生殖途径实现恢复的能力有限。从另一方面看，长柄双花木种群数量上的波动也正预示了该种群仍存在一定的恢复潜能，只要保护得当，其种群数量有可能逐步恢复，作者认为其中最好的保护方法就是保护好其生境，严格控制人为采挖

及其它方式的破坏。

### 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:39-57
- 孙儒泳,李博,诸葛阳,等. 1993. 普通生态学[M]. 北京:高等教育出版社
- 江洪. 1992. 云杉种群生态学[M]. 北京:中国林业出版社
- 傅立国. 1992. 中国植物红皮书——稀有濒危植物(第1册)[M]. 北京:科学出版社:324-32
- Leslie P. 1945. On the use of matrices in certain populations mathematics [J]. *Biometrics*, **33**:183-212
- Li GY(李根有), Chen ZH(陈征海), Qiu YD(邱瑶德), et al. 2002. Quantitative distribution and forestry features of *Disantus cercidifolius* in Zhejiang (浙江省长柄双花木数量分布与林学特性)[J]. *J Zhejiang Fore Coll*(浙江林学院学报), **19**(1):20-23
- Lovett-Doust J. et al. 1998. Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies[M]. New York: Oxford University Press
- Shi XH(史晓华), Xu BM(徐本美), Li NL(黎念林), et al. 2002. Preliminary study on dormancy and germination of *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* seeds(长柄双花木种子休眠与萌发的初步研究)[J]. *Seed*(种子), **6**:5-7
- Sun F(孙凡), Zhong ZC(钟章成). 1997. Quantitative characters of reproductive adaptation of *Gordonia acuminata* population in Mt. Jinyun(缙云山四川大头茶种群繁殖适应性的数量特征研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **21**(1):1-8
- Wang QH(王勤花), Ju TZ(巨天珍), Chang CH(常成虎), et al. 2006. Study on the structure of *Quercus aliena* var. *acuteserata* population in Xiaolongshan, Gansu(甘肃小陇山锐齿栎种群结构分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), **26**(1):38-42
- Wu MZ(吴明作), Jiang ZL(姜志林). 1999. A study on the life process and stability of *Quercus variabilis* (Fagaceae) population (栓皮栎种群的生命进程与稳定性研究)[J]. *J Nanjing Fore Univ*(南京林业大学学报), **23**(5):55-59
- Wu XP, Zheng Y, Ma KP. 2002. Population distribution and dynamics of *Quercus liaotungensis*, *Frazinus rhynchophylla* and *Acer* *mono* in Dongling Mountain[J]. *Acta Bot Sin*, **44**:212-223
- Xiao YA(肖宜安), He P(何平), Deng HP(邓洪平), et al. 2002. Numerical analysis of population morphological differentiation of *Disanthus cercidifolius* in Jinggangshan(井冈山长柄双花木形态分异的数量分析)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), **20**:365-370
- Xiao YA(肖宜安), He P(何平), Li XH(李晓红), et al. 2004a. Study on numeric dynamics of natural populations of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes*(濒危植物长柄双花木自然种群数量动态)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **28**:252-257
- Xiao YA(肖宜安), He P(何平), Li XH(李晓红). 2004b. Floral syndrome and breeding system of the endangered plant *D. cercidifolius* var. *longipes*(濒危植物长柄双花木花部综合特征与繁育系统)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **28**:333-340
- Xiao YA(肖宜安), He P(何平), Li XH(李晓红). 2004c. The flowering phenology and reproductive features of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* (Hamamelidaceae)(濒危植物长柄双花木开花物候与生殖特性)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**:14-21
- Xiao YA(肖宜安), Zeng JJ(曾建军), Li XH(李晓红), et al. 2006. Pollen and resource limitations to lifetime seed production in a wild population of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* (Hamamelidaceae)(濒危植物长柄双花木自然种群结实的花粉和资源限制)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **26**:496-502
- Xu XH(徐学红), Yu MJ(于明坚), Hu ZH(胡正华), et al. 2005. The structure and dynamics of *Castanopsis eyrei* population in Gutian Mountain Natural Reserve in Zhejiang, East China(浙江古田山自然保护区甜槠种群结构与动态)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **25**:645-653
- Zhu XL(朱学雷), An SQ(安树青), Zhang LX(张立新), et al. 1999. Population structure of tropical montane rainforest on Wuzhi Mountain of Hainan(海南五指山热带山地雨林主要种群结构特征分析)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **10**:641-644
- 出版社:141-149
- 吴维坚,林加耕,张树河. 2003. 象脚丝兰的组织培养及快速繁殖试验研究简报[J]. *福建热作科技*, **28**(3):7,10
- W. D. 斯坦菲尔德, J. S. 科洛麦, R. J. 卡诺, 等(译). 2002. 分子和细胞生物学[M]. 北京:科学出版社:273-275
- Fu SX(符书贤), Huang X(黄惜), Huang AY(黄爱英), et al. Experiments on tissue culture and rapid propagation of *Dracaena fragrans* cv. *Victoria*(金边巴西铁组织培养快速繁殖试验)[J]. *Hainandao Agric Sci*(海南岛农业科学), (1):11,20
- Hou ZM(侯占铭), Man DL(满都拉). 2001. Tissue culture and rapid propagation of *Dracaena fragrans* Ker-Gaw(香龙血树和紫铁的组织培养与快速繁殖)[J]. *Acta Sci Nat Univ Neimongol*(内蒙古大学学报(自然科学版)), **32**(6):642-643
- Huang YF(黄运凤), Zhang YP(章玉平). 2005. Preliminary culture of *Dracaena concinna*(海南龙血树组织培养的初步研究)[J]. *Guangxi Agric Sci*(广西农业科学), **36**(3):201-202
- Liu GZ(刘桂珍), Liang GP(梁国平), Wang LL(王兰岚), et al. 1997. Tissue culture and rapid propagation of *Dracaena draco*(巴西木的组织培养和快速繁殖研究)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), **24**(3):303-304
- Wu FH(吴繁花), Zhu WL(朱文丽), Mo R(莫饶), et al. 2005. Tissue culture of *Dracaena cambodiana*(海南龙血树的组织培养)[J]. *Plant Physiol Commun*(植物生理学通讯), **41**(2):186
- Yang XH(杨先会), Deng SM(邓世明), Fan LX(范丽霞). 2004. Exploitation to the resources of Hainan dragon tree(*Dracaena cambodiana* Pierre ex Gagnep)(海南龙血树植物资源的开发利用)[J]. *Nat Sci J Hainan Univ*(海南大学学报自然科学版), **22**(3):270-272

(上接第940页 Continue from page 940)