

# 濒危种明党参和非濒危种峨参生态策略的比较研究

常 杰<sup>1</sup>, 关保华<sup>1</sup>, 葛 滢<sup>1</sup>, 傅承新<sup>1</sup>, 陈玉成<sup>2</sup>

(1. 浙江大学生命科学院, 杭州 310012; 2. 香港理工大学应用生物与化学系, 香港 九龙红磡)

**摘要:** 濒危种明党参 (*Changium smyrnioides* Wolff), 叶基生, 只能利用近地面光; 其地上叶面积比 ( $LAR_c$ ) 高于非濒危种峨参 (*Anthriscus sylvestris* Hoffm.), 即地上部投入更多的物质来截获光。明党参冬季萌发, 直到早春均无竞争者, 生长较好, 但晚春~初夏受春季生长起来的草本植物的竞争抑制。峨参在水平和垂直两个方向上占领更大的空间, 可获取更多的光, 在草本层中竞争取胜。明党参不是耐荫物种, 主要分布在中国亚热带中~北部常绿阔叶林中呈岛屿状分布的落叶树下, 以利用冬春季的光资源。这种生态策略决定了其分布区狭窄, 种群小且生境破碎, 抗干扰能力差, 呈现出稀有和濒危。

**关键词:** 明党参; 峨参; 生态策略; 濒危; 生长

## Comparative studies on the ecological strategies of an endangered species *Changium smyrnioides* and a non-endangered species *Anthriscus sylvestris*

GE Ying<sup>1</sup>, GUAN Bao-Hua<sup>1</sup>, CHANG Jie<sup>1\*</sup>, FU Cheng-Xin<sup>1</sup>, Gilbert Yuk-Sing CHAN<sup>2</sup> (1. College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. Department of Applied Biology and Chemical Technology, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Hong Kong, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(1): 9~13.

**Abstract** *Changium smyrnioides* Wolff, a monotypic species of family Umbellaceae, has a narrow distribution area and can be found only in Yangtze River basin in China; the widespread *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm can be found from temperate to subtropical zone in Asia, Europe and North America. Both species have fleshy roots, which are prized in Chinese medicine. Because of the land use, *C. smyrnioides* has now become an endangered species, while *A. sylvestris* do not endangered. Comparative studies on the ecological strategies based on the biological and ecological traits of the two species in present paper, aimed to find out the endangered mechanism of *C. smyrnioides*. Research was conducted at Hangzhou, Ningbo, Nanjing, Chuzhou and Anqing. The shoot of *C. smyrnioides* has only the basal leaf, which ensures it can capture light efficiently at ground level. The aboveground leaf area ratio ( $LAR_c$ ) of *C. smyrnioides* was found to be higher than *A. sylvestris*, suggesting it can capture more light per unit of biomass. After spring time, *C. smyrnioides* loses its survival competitiveness as other herbaceous species can grow rapidly and impedes sunlight. *C. smyrnioides* is not a shade-tolerant species, that may explain why *C. smyrnioides* are typically found in small population under defoliated trees. Conversely, *A. sylvestris* can increase light absorption and out-compete other herbaceous by its distinct ability to expand densely and occupies extra horizontal and vertical space. In a word, *C. smyrnioides* is more effective in light capture and water acquisition than *A. sylvestris*, but the ecological strategy it with cause it specialized or overspecialized to the narrow environment, which were limited under the deciduous trees in subtropical evergreen broad-leaved forest zone in winter. As the human disturbance (digging for medicinal use and deforestation) becoming serious, *C. smyrnioides* becoming rare and an endangered plant.

**Key words** *Changium smyrnioides*; *Anthriscus sylvestris*; ecological strategy; endangered species; growth

文章编号: 1000-0933(2004)01-0009-05 中图分类号: Q14, Q948 文献标识码: A

基金项目: 国家重点基础研究规划资助项目 (G2000046805)

收稿日期: 2003-03-06; 修订日期: 2003-05-07

作者简介: 常 杰 (1962-), 男, 内蒙古人, 博士, 教授, 主要从事濒危植物致危机理、生理生态学和理论生物学研究。E-mail: jchang@mail.hz.zj.cn

**Foundation item** National State Key Basic Research and Development Plan(G2000046805)

**Received date** 2003-03-06; **Accepted date** 2003-05-07

**Biography** CHANG Jie, Ph. D., Professor, main research fields: mechanism of plant's endangerment, physiological ecology and theoretical biology. E-mail: jchang@mail.hz.zj.cn

在植物群落中,物种在结构、生理、繁殖等方面具有的不同特征对它们的生存起重要作用<sup>[1]</sup>。对决定野生植物种群的大小而言,基本的种群生物学信息可能比种群遗传信息更重要<sup>[2]</sup>。研究物种的生态学特性有助于解释濒危物种的有限分布及濒危原因<sup>[3]</sup>。正如 Brussard<sup>[4]</sup>所提出的,搜集物种基础的生命信息,包括环境因素对生长的影响,对保护稀有物种是非常重要的。

明党参(*Changium smyrnioides* Wolff)是我国特有的单种属的伞形科植物,仅分布于长江流域东、中部省份<sup>[5]</sup>,为名贵中药材之一。由于药用挖掘和土地利用导致的生境破碎化,其分布区和种群数量正日益缩小<sup>[6]</sup>,曾被列为三级濒危植物<sup>[7]</sup>。峨参(*Anthriscus sylvestris* Hoffm.)与明党参同属伞形科,并且是同一生活型,即均为具肉质根的地面芽植物,在系统发育上具有一定的亲缘关系。两个种的叶片结构十分相似,生态学特性也有很多相近之处,但峨参分布范围比明党参广得多,除在长江流域有重叠分布区外,南到云南,北至亚洲、欧洲和北美温带地区都有分布<sup>[8]</sup>。虽然也是药用植物,但峨参种群数量并未由于采挖和干扰表现出明显减少。为什么这两个特性相近的种在生存上出现如此大的差异?这是选择这两个种进行比较研究的原因。

物种濒危的机理需要从多方面综合分析。关于明党参种子性状、传粉生物学特性、基因多样性等与濒危机制关系的研究已有报道<sup>[5,9,10]</sup>,但尚无明党参生态学特性和生态策略的综合分析,与近缘种的比较研究也不多<sup>[9,11]</sup>。通过对珍稀濒危种明党参和非濒危种峨参的结构特征、生长策略、生活史策略等的比较,分析两个种在生境需求、生态适应、资源利用策略以及在人类强烈影响下适应生境变化能力和方式等方面的差异性,试图探讨明党参稀少和衰减的原因,进而为寻找保护对策提供依据。

## 1 样地概况与研究方法

明党参分布区位于我国亚热带东部和北部,垂直分布于海拔 50~400 m 的丘陵山地,生长在落叶树下、灌丛中或竹林下,路边靠林缘较近处也有分布,土壤类型以黄棕壤为主。峨参主要分布于山体集水区和溪流旁,林缘和距林缘不远的林下也有分布。我们 2000~2001 年陆续在杭州南高峰、翁家山、南天竺、葛岭、凤凰山、玉皇山、九里松、飞来峰等处,宁波招宝山、南京紫金山、安徽滁州琅琊山、合肥大蜀山、安庆等地进行野外种群和群落学观测,主要观测参数有乔木层郁闭度、群落草本层盖度、明党参和峨参优势度、同生植物种类、高度,以及群落内光照和土壤水分等(表 1)。连续性生长分析、生活史观测、种群和群落定位观测等主要在杭州的南高峰、凤凰山和午潮山等地进行。

对两个种生活史的观测从 2000 年 5 月开始,2001 年 6 月休眠时结束;2000 年 9 月峨参返青和 2001 年 1 月明党参返青后分别在 5 个选定的定位样方连续进行。每月记录一次,在生长快的时期每半月记录一次。明党参小群落(microcoenosium)垂直结构及生长性状指标分别通过 1 m<sup>2</sup> 的破坏性样方获得,取样时间分别为明党参和峨参生长到最大时的初夏(2000 和 2001 年 5 月中旬)和明党参萌生过程基本结束时的冬季(2001 年 1 月中旬)。观测样方数量在初夏为 8 次,冬季 3 次重复。取样程序:首先测定乔木层郁闭度、光照强度、土壤水分含量、群落草本层物种组成、明党参和峨参及其同生种类的盖度、每株高度、冠幅等,然后对草本层按大田切片法<sup>[12]</sup>在野外进行分种类、分层次收获,用塑料袋密封,标记样号,带回实验室测定。明党参和峨参分个体、分层收获。由于明党参叶片分布在近 30 cm,所以大田切片法以地面以上 30 cm 为第一层,再向上以 20 cm 一层,冬季高度均在 30 cm 以下,所以未分层。

表 1 明党参所在群落和生境的主要特征

Table 1 Main characteristics of the communities and habitats that *Changium smyrnioides* distributing

项目 Items	浙江杭州南高峰	江苏南京紫金山	安徽滁州琅琊山	安徽合肥大蜀山
	Nangaofeng, Hangzhou, Zhejiang	Zijingshan, Nanjing, Jiangsu	Langyashan, Chuzhou, Anhui	Dashushan, Hefei, Anhui
乔木层郁闭度 Shadedensity of tree	0.46±0.22	0.37±0.15	0.43±0.21	0.47±0.12
群落内照度/开阔地照度 Irradiation in community/open land	0.33±0.11	0.33±0.13	0.38±0.18	0.39±0.16
草本层总盖度 Total coverage of herbaceous	0.65±0.21	0.65±0.18	0.57±0.11	0.58±0.33
明党参盖度 Coverage of <i>Changium smyrnioides</i>	0.25±0.16	0.23±0.06	0.21±0.13	0.23±0.12
明党参高度 Height of <i>C. smyrnioides</i> (cm)	19.64±6.76	21.07±6.54	16.37±8.27	19.50±4.62
明党参株数 Number of <i>C. smyrnioides</i> (m <sup>2</sup> )	6.50±1.98	8.87±1.41	8.67±2.67	8.89±2.11
同生植物高度 Height of companion species (cm)	22.30±16.04	23.03±13.03	16.69±6.89	21.32±6.31
同生植物种类数 Number of companion species	6.40±3.87	5.33±2.39	8.66±2.32	5.34±3.21

在实验室内,对明党参、峨参及主要草本物种分个体(*i*)和分层(*j*)测定,分别记录 *i* 个体 *j* 层的叶面积、叶柄长、叶片长、宽、生物量及茎生物量等,在各指标测定完成后分别装入纸袋,放入 80°C 烘箱烘干至恒重后称重。按照生长分析<sup>[12]</sup>方法,用每个叶片所测得的指标计算第 *i* 个体每层的叶面积、生物量累加值,以求其植株的叶面积、叶生物量和茎生物量,并计算地上叶面积比率(LAR<sub>a</sub>,叶面积与地上重之比)等参数。

## 2 结果与分析

### 2.1 两物种植株地上部分的空间结构

明党参 1 月开始萌生,但直到 3 月份均只有基生叶,4 月长出茎,通常高于 1m,个别植株可高于 2m,但茎生叶严重退化到几乎消失;峨参在秋、冬季高度与明党参相似,但多个叶片簇生在极短的茎上,春季以后茎迅速伸长,可生长至 1m 左右,有些植株可高达 1.5m,茎生叶繁茂。这表明,明党参对地上垂直空间内资源利用程度远低于峨参。与峨参相比,明党参地上部分的异速生长表现为更倾向于叶(表 2),因为峨参的茎需要承受许多茎生叶片,而明党参则仅支撑花序。明党参的地上叶面积比率(LAR<sub>0</sub>, 279.10)明显高于峨参(38.35),植株越大这种分配差异越明显。

明党参叶长和叶柄长无相关关系,峨参则相关达极显著( $r = 0.9127, n = 50$ )。结合图 1 中数据分析和野外观察发现,明党参叶柄的长度在生长早期的表型可塑性较大,这具有适应意义:叶片在生长季早期总能钻出厚厚的枯枝落叶,并处于草本植物冠层之上,以获得充足的光照。叶柄停止生长后,叶片在水平空间上仍有较大扩展,植株冠幅可达 60×60 cm<sup>2</sup> 以上。明党参单株生长,每株基生叶片 5~8 片,呈辐射状分布,互不重叠;植株密度也低,植株间很少重叠。从上述特征看,明党参能更充分地利用近地面的水平空间,尽可能获得较多的光资源。

与明党参相比,峨参叶柄长与叶片长总是等比例增长,叶柄长度无可塑性,但其叶的生物量投入较多,叶片大,且茎生叶发达,因此叶片密度很高。峨参常多株成丛生长,在 6×6 cm<sup>2</sup> 的面积内可有独立根 3~7 个,肉质根上还可再萌生 4~8 个无性系小株。丛幅大小一般为 70×70 cm<sup>2</sup>,最大可超过 100×100 cm<sup>2</sup>,这种大丛聚集生长和高生长可以在水平和垂直方向上获取更大的空间,以使整个株丛获取更多的光能,对峨参在群落草本层中竞争取胜具有积极意义。

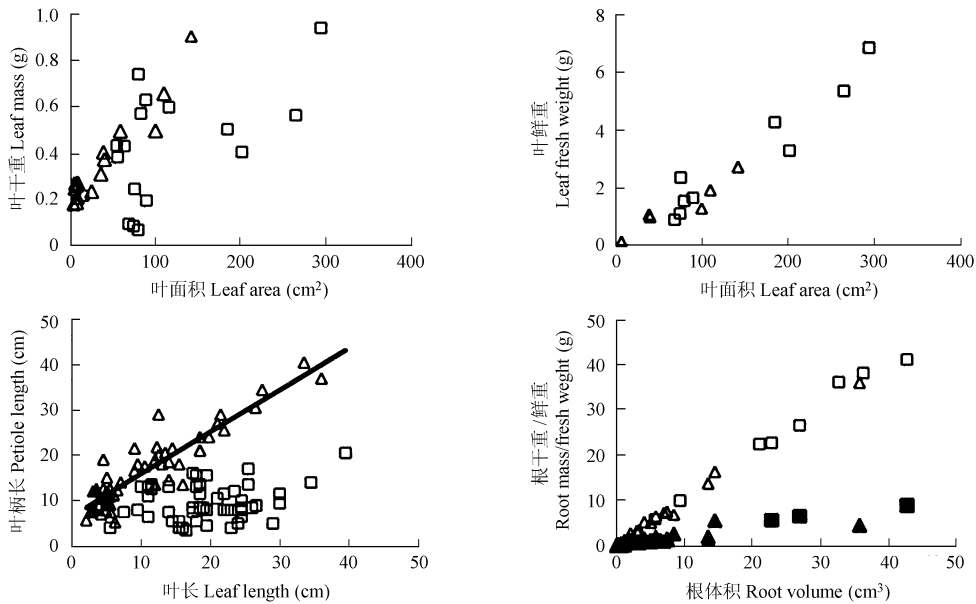


图 1 明党参(□)和峨参(△)生长性状之间的相关

Fig. 1 Correlation between growth traits of *Changium smyrnioides* (□) and *Anthriscus sylvestris* (△)

## 2.2 两物种的地下结构及物质分配

明党参有两种类型的储藏根,即细长的肉质直根和纺锤状的肉质根,前者几乎无根颈,而后者往往有很长的根颈——可长达 30cm 以上。两类根的分布通常都很深,通常为 40~50cm,最长可深于 70cm。峨参根主要分布在 2~20cm 土层中(有些根颈横卧于地面)。两个种的根体积和鲜重、干重的关系基本一致(图 1)。

考虑到明党参是濒危植物,所以只做了少量的破坏性实验。地上-地下的关系主要是通过地上干重与根体积的关系(表 2)推算得出。结果发现,明党参发展地上部分的趋势远低于峨参,并随地上干物质增加,根体积的增加程度也低于峨参。从有根颈的明党参植株观察生长痕迹以及从根的年生长量估计,其个体寿命可达 15a 以上。据文献<sup>[8]</sup>记载,峨参为 2a 至多年生植物,作

表 2 明党参和峨参异速生长模型

Table 2 Allometry models of *Changium smyrnioides* and *Anthriscus sylvestris*

	X	Y	模型 Model	r <sup>2</sup>	n
明党参 <i>C. smyrnioides</i>					
地上干重	根体积 <sup>①</sup>	y = 15.659x <sup>0.4853</sup>	0.8637 *	7	
Shoot mass	叶干重 <sup>②</sup>	y = 0.8476x <sup>0.8888</sup>	0.9696 *	9	
	茎干重 <sup>③</sup>	y = 0.2252x <sup>1.0343</sup>	0.4912	8	
峨参 <i>A. sylvestris</i>					
地上干重	根体积	y = 1.9707x <sup>1.0725</sup>	0.8340 *	13	
Shoot mass	叶干重	y = 0.8582x <sup>0.6849</sup>	0.9324 *	8	
	茎干重	y = 0.2965x <sup>1.2493</sup>	0.9884 *	8	

① Root volume ② Leaf mass ③ Stem mass

者观察到峨参 2~3<sub>a</sub> 的植株进入生殖生长,开花结实后主根空瘪死亡,但主根上的无性系次年可形成 4~8 个新植株。

### 2.3 两物种对群落物质生产的贡献及地位

明党参所在小群落草本层的数量比例和生物量均低于峨参(表 3)。晚春-初夏时明党参在群落草本层中的种盖度只相当于峨参在其群落中种盖度的 66%,生物量仅为峨参的 23%。明党参地上部分主要集中在地面以上 30 cm,高于 30 cm 部分仅为花萼,生物量仅有  $4.05 \pm 3.53 \text{ g/m}^2$ ,占草本层总生物量的 8%,其它植物高于 30cm 的生物量为  $15.26 \pm 33.09 \text{ g/m}^2$ ,占草本层总生物量的 1%;峨参高于 30cm 的生物量为  $42.36 \pm 17.64 \text{ g/m}^2$ ,占草本层总生物量的 36%,其它植物高于 30cm 的生物量为  $25.22 \pm 21.58 \text{ g/m}^2$ (占 12%)。这说明,明党参的生境环境容纳量较峨参低。然而,即便在如此低生物量的草本层中,明党参仍然不是优势种。峨参小群落的生物量较高,峨参在群落中的地位也比明党参重要,显然其较高的垂直分布具有重要作用。

表 3 明党参和峨参在草本层中的地位

Table 3 Positions of *Changium smyrnioides* and *Anthriscus sylvestris* in the herbaceous layer

项目 Items	盖度 Cover degree(%)		生物量 Biomass(g/m <sup>2</sup> )	
	冬 Winter	夏 Summer	冬 Winter	夏 Summer
明党参群落 <i>C. smyrnioides</i> community				
草本层总 Total of herbaceous layer	53.0±29.7	69.4±23.4	10.29±10.20	80.22±95.83
明党参 <i>C. smyrnioides</i>	7.0±3.2	32.8±19.2	1.04±0.53	12.86±7.21
在群落中百分比 Percentage in herbaceous layer	13	47	10	16
峨参群落 <i>A. sylvestris</i> community				
草本层总 Total of herbaceous layer	51.0±26.8	82.5±26.4	26.63±14.00	117.25±59.64
峨参 <i>A. sylvestris</i>	38.0±19.4	49.4±27.0	7.97±4.77	55.56±33.17
在群落中百分比 Percentage in herbaceous layer	75	60	30	47

### 3 讨论

明党参与峨参在植株结构上的最大的不同就是明党参没有高生长,叶片伏生于地表,减少了支持组织的比例,使其获得了较高的地上叶面积比率( $LAR_g$ ),单位地上生物量的光截获效率高。这种近地面植物可以在较低光下通过扩展叶片获取更多的光能,具有较高的获取光资源的能力<sup>[13]</sup>。由于叶柄的可塑性,明党参的叶片可以在水平方向上没有重叠地均匀分布,从而每个叶片都可以获得充分的光。这看来是一个有利的性状,但其丧失了利用垂直空间的能力,在温度条件较好时竞争不过那些具高生长能力的物种<sup>[8]</sup>。

明党参与峨参在植株结构上的不同还在于其根的分佈深度不同。明党参借助深根可以利用较深土层中的水分,峨参只能利用土壤表层的水分,因而峨参仅分佈水边、低处等水分较好的生境,而明党参可以从林缘一直分佈到山坡的林下。也就是说,明党参适应水的生态幅比峨参宽,这似乎与明党参稀少、濒危的现状有矛盾。

分析两个种的光需求,峨参仅分佈在林缘、路边、水边等光照较好的生境,明党参从林缘一直分佈到林下,这似乎意味着峨参是阳性植物,而明党参是阴性植物。光合测定表明<sup>[11]</sup>,明党参和峨参具几乎相同的光补偿点和饱和点,平均光合速率也十分接近( $9.5 \mu \text{mol CO}_2 / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ )。按照 Larcher<sup>[14]</sup>的光合参数标准不属于阴性植物。这看上去与明党参分佈在林下的事实相矛盾。

实际上,明党参分佈的生境仅限于常绿阔叶林中零散分佈的落叶树下。在长江流域,冬季至早春 3 月份落叶树种出叶前,落叶树下光照相对充足,明党参可以充分进行营养生长;3 月份以后落叶树绽叶,其他草本植物也开始高生长,没有高生长的明党参逐渐位于下方而受到遮挡,营养生长受抑制,4 月份后即进入生殖,大部分叶片衰老,受遮光严重的叶片完全枯死,依靠根的营养维持完成生殖。这些性状表明,明党参是依靠获取光资源的能力在短时期内迅速生长,获得了在落叶树下生长的机会。这样的物种一般主要利用其它物种还未能能在高处形成遮光的生长季前期快速获得光以完成生长<sup>[15]</sup>,采取的是逃避遮荫的策略。但这种生长策略的代价是丧失了像峨参那样可以始终处于草本层的上方不受其它草本植物荫蔽的能力。

综上所述,明党参的植株结构和生长时间等生物生态学特性本身并不会使其濒危。然而,明党参这种生物生态学特性所适应的是一个自然界中存在很少且分佈零散的生境——在地带性常绿阔叶林中岛屿状分佈的落叶树下,只有这样的生境才能在冬、春季有一定的温度条件保证其利用这时候的光资源,满足明党参的生长需求。温带落叶阔叶林下虽然也有足够的光照,但冬季温度过低,植物无法保持活动状态。明党参的这种独特的生境需求决定了其分佈区狭窄,且生境破碎、呈岛屿状分佈,种群小。明党参寿命长、后代数量少,在生活史上属于 *K* 策略<sup>[9]</sup>,受到人类采挖后或其他干扰后不容易很快恢复。另外,明党参在常绿阔叶林带中的落叶树下,通常植被稀疏,又往往有石灰岩形成水蚀景观,适合于人类观赏和活动,很容易被开发为旅游风景区。作者在 2000 年设立的样地已经有多处被占用,所以明党参生长所依赖的生境破碎且容易受人类干扰。与强度药用采挖一样,生境破坏也应该是其近年来逐渐稀少的重要原因之一。

## References

- [ 1 ] Hawkes C V, Menges E S. Density and seed production of a Florida endemic, *Polygonella basiramia*, in relation to time since fire and open sand. *American Midland Naturalist*, 1995, **133**(1): 138- 148.
- [ 2 ] Laven R D, Shaw R B, Douglas P P, *et al.* Population structure of the recently rediscovered Hawaiian shrub *Tetranolopium arenarium* (Asteraceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1991, **78**(4): 1073- 1080.
- [ 3 ] Buchele D E, Baskin J M, Baskin C C. Ecology of the endangered species *Solidago shortii*. V. plant associates. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 1992, **119**(2): 208- 213.
- [ 4 ] Brussard N K. The role of ecology in biological conservation. *Ecological Application*, 1991, **1**: 6- 12.
- [ 5 ] Liou S L, Ye J S, Chen C M, *et al.* A synthetic study on the Chinese *Changium* (Umbelliferae). *Bulletin of Botanical Research*, 1991, **11**: 75- 83.
- [ 6 ] Wang Z L, Liu X J, Hao R M. Community analysis on early-spring herbs including *Changium smyrnioides* Wolff. in Purple Mountain Nanjing. *Journal of plant resources and environment*, 2000, **9**(2): 30- 33.
- [ 7 ] National environment protection bureau, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. *Protection and research of rare and endangered plant*. Beijing Environmental Science Press, 1991. 187- 188.
- [ 8 ] Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. *Iconographia Cornophytorum Sinicarum*. Beijing Science Press, 1987. 1055.
- [ 9 ] Sheng H Y, Chang J, Yin X W, *et al.* Studies on the seed dispersal and seed bank dynamics of *Changium smyrnioides* and *Anthriscus sylvestris*. *Biodiversity Science*, 2002, **10**(3): 269- 273.
- [ 10 ] Qiu Y X, Huang A J, Fu C X. Studies on genetic diversity in *Changium smyrnioides* Wolff (Umbelliferae). *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 2000, **38**(2): 111- 120.
- [ 11 ] Chang J, Ge Y, Lu Y J, *et al.* A comparison of photosynthesis in endangered and non-endangered plants *Changium smyrnioides* and *Anthriscus sylvestris*. *Photosynthetica*, 2002, **40**(3): 445- 447.
- [ 12 ] Hunt R. *Plant growth Analysis*. London Edward Arnold, 1978.
- [ 13 ] Hirose T and Werger M J A. Canopy structure and photon flux partitioning among species in a herbaceous plant community. *Ecology*, 1995, **76**: 466- 474.
- [ 14 ] Larcher W. *Ökophysiologie der Pflanzen*. Stuttgart. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co Wollgrasweg, 1994, 70- 81.
- [ 15 ] Watling J R, Robinson S A, Woodrow L A, *et al.* Responses of rain-forest understorey plants to excess light during sunflecks. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1997, **24**: 17- 25.

## 参考文献:

- [ 5 ] 刘守炉, 叶锦生, 陈重明, 等. 中国明党参属植物综合研究. 植物研究, 1991, **11**: 75- 83.
- [ 6 ] 王中磊, 刘兴剑, 郝日明. 紫金山含明党参早春草本层的群落学分析. 植物资源与环境学报, 2000, **9**(2): 30- 33.
- [ 7 ] 国家环保局, 中国科学院植物研究所. 稀有濒危植物的保护和研究. 北京: 环境科学出版社, 1991. 187- 188.
- [ 8 ] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴. 北京: 科学出版社, 1987. 1055.
- [ 9 ] 盛海燕, 常杰, 殷现伟, 等. 明党参、峨参种子散布和种子库动态研究. 生物多样性, 2002, **10**(3): 269- 273.
- [ 10 ] 邱英雄, 黄爱军, 傅承新. 明党参的遗传多样性研究. 植物分类学报, 2000, **38**(2): 111- 120.