明党参的濒危机制及其保护对策的研究

邱英雄 傅承新

(浙江大学生命科学学院系统进化植物学与生物多样性实验室, 杭州 310029)

摘要: 本文对明党参的资源状况、种群生态、种子结构、植株结实率与环境的关系及传粉生物学等方面进行了研究。从种子形态及分子水平对明党参的遗传多样性和遗传结构进行了分析。研究结果表明,明党参种子后熟阶段与梅雨气候的不协调是导致种子萌发率低及更新种群少的主要原因之一;人类活动破坏了明党参的适宜生境和种群数量,使得种群间基因流减小,进而导致严重的遗传漂变及种群间的分化。由此提出了对明党参就地和迁地保护的有效措施。

关键词: 明党参, 稀有植物, 种群生态, 传粉生物学, 遗传多样性

中图分类号: Q949.763.3, Q16 文献标识码: A 文章编号: 1005-0094(2001)02-0151-06

Studies on the endangerment mechanism of and conservation strategies for *Changium myrnioides*

QIU Ying-Xiong, FU Cheng-Xin

Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany and Biodiversity, College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029

Abstract: The resource, the population ecology, structure and characters of seeds, pollination biology and the relationship between plumpness of seeds and environment were investigated in the rare plant *Changium myrnioides*. The genetic diversity and genetic structure of the species were analysed by morphological characters of seeds, starch gel electrophoresis and RAPD analysis. The studies revealed lack of coordination between the ripening of the seeds and the season of East China, which resulted in low ratio of seed germination and low rate of population renewal. As human activity has destroyed and disturbed suitable habitat for the species, the range of each population has decreased and the habitat has become fragmented which has decreased gene flow between populations ($Nm < 1.0$). The low gene flow suggests that genetic drift may play a prominent role in shaping the present-day genetic composition. Based on these results, some management strategies are proposed for protecting this species effectively.

Key words: *Changium myrnioides*, rare plant, population ecology, pollination biology, genetic diversity

明党参(*Changium myrnioides*)是欧洲植物学家 Wolff 于 1957 年根据浙江吴兴的模式标本而定名的,其系统地位属伞形科芹亚科美味芹族明党参属(单人骅,余孟兰,1979)。明党参为典型亚热带植物,分布范围为 29°~32°N,114°~122°E,我国华东地区的浙、皖、苏为其主产区。它不仅是名贵的中药材,而且是我国特有的单型属植物,保护其种质及遗传资源无论在学术价值还是实际应用方面都显得非常重要。其分布范围和数量正日益减少,1984 年被

国家列为三级珍稀濒危植物(国家环保局,中国科学院植物研究所,1991)。国内一些学者已作过一些有关明党参的细胞学、花粉形态学及生态地理分布等研究工作(潘泽惠等,1995;舒璞,余孟兰,1990;程翔等,1993)。近年来我们对明党参的资源分布和破坏状况进行了广泛调查,并对种群生态、繁育生物学、遗传多样性及濒危机制进行了系统研究。本文系该研究的一部分,初步探讨了其濒危的原因及遗传多样性水平,并对明党参的就地、迁地保护及持

续利用提出了指导性原则。

1 材料和方法

1.1 研究材料调查与取样地区

图 1 为明党参分布范围和本研究调查取样的种群分布点(杭州南高峰、南京老山、安徽北部琅琊山、安徽中部大龙山、江西九江珠岭山、浙江宁波招宝山、鄞县鄞江镇和临安绍鲁乡)。明党参多垂直分布于海拔 50~400 m 的丘陵山地,多生长在排水良好的石灰岩山坡。

该种分布区域为我国经济较发达和人类活动密集地区之一。气候类型属亚热带湿润气候,年均降水量 1000~1600 mm,年均气温 14.5~16.2℃,全年 70% 的降雨量集中在 4~7 月份。植被为北亚热带常绿阔叶林及常绿与落叶阔叶混交林。

图 1 明党参种群分布范围及取样点示意图
Fig. 1 The distribution and sampling locations of *Changium smyrnioides*

1.2 研究方法

1.2.1 土壤的化学性质测定 采集各种群距地表 10 cm 深处的土壤约 200 g,晾干供土壤分析用。采用浸提-钼锑抗比色法测磷,碱解扩散法测氮,浸提-火焰光度法测钾,油浴法测有机质;土和水按 1:1 稀释,用 pH 试纸直接测定土壤的 pH 值。

1.2.2 种群分布格局及群落系数计算 采用周纪伦等(1992)提出的分布系数法计算种群的分布格局。群落相似系数的计算则按 $CC = 2W / (a + b)$ 公式进行,其中 CC 为群落系数, a 为 A 群落中的植物种类总数, b 为 B 群落中植物种类总数, W 为 A、B 两群落中共有的种数。

1.2.3 种子解剖性状分析 对果期和种子萌发试

验中的种子,按发育阶段定期用 FAA 固定,常规石蜡切片观察。

1.2.4 传粉生物学实验 取即将开放的花蕾,NaOH 软化后,用脱色苯胺兰染色,荧光显微观察闭花受精情况。常规石蜡切片法观察雌蕊柱头结构。野外直接观察昆虫的访花活动情况,捕捉访花昆虫,鉴别访花昆虫的种类。传粉效果以结实率表示,实验分三种情况(1)对花朵尚未开放的花序套袋;(2)将植株置入与外界自然力和昆虫完全隔离的玻璃房中;(3)观察自然状况下植株的繁育特性。

1.2.5 遗传多样性检测 从三个层次检测明党参各个种群的遗传多样性。形态变异的统计采用巢式方差等级分析方法(Maley & Parker, 1993)。收集各种群成熟的种子,每种群随机调查 20 株个体,每个体统计 10 粒种子。选取 4 个特征变量参数:种子长度、种子宽度、种子厚度、种长/种宽(R),统计种子形态性状在种群间、种群内及个体间变异。分子水平采用了等位酶分析(邱英雄等, 2000)和 RAPD 分析(另文发表)。

2 研究结果

2.1 种群生态及群落特征

2.1.1 种群土壤特性 通过野外研究和实验室分析,发现明党参多生长在排水良好的石灰岩山坡,其生长的土壤为由石灰岩发育而成的石灰土壤、黄棕壤及砂壤土,土壤质地疏松、潮湿, pH 值为 6.0~6.5。各种群的土壤成分分析,测得速效氮含量为 116.9~190.4 ppm (> 60 ppm),含量较高;速效磷含量为 8.1~18.0 ppm,平均为 14.3 ppm (> 10 ppm),含量也较高;速效钾含量为 130~270 ppm,平均为 212 ppm (> 160 ppm),为高含量;有机质含量为 2.30%~4.84%。结果表明,各种群土壤有机质含量均较高,满足了明党参营养生长的养分供应。

2.1.2 群落结构及种群分布格局 据各样方分析,明党参的群落中常见的伴生种有:乔木层为栎树(*Koelreuteria paniculata*)、糙叶榆(*Ulmus gaussenii*)、八角枫(*Alangium chinense*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、化香(*Platycarya strobilacea*)、山合欢(*Albizia kalkora*)、油桐(*Aleurites fordii*)、柘树(*Cudrania tricuspidata*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、白背叶(*Mallotus apelta*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、麻栎(*Quercus acutissima*)、白栎(*Quercus fabri*)。灌木和高草本层主要为菝葜(*Smilax china*)、野蔷薇(*Rosa*

multiflora)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、野花椒(*Zanthoxylum simulans*)、常春藤(*Hedera helix*)、虎杖(*Polygonum cuspidatum*)、牡荆(*Vitex negundo*)、络石(*Trachelospermum jasminoides*)等。草本层为石蒜(*Lycoris radiata*)、牛膝(*Achyranthes bidentata*)、野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia*)、马兰(*Aster ageratoides*)、苘草(*Arthraxon hispidus*)、泽兰(*Eupatorium japonicum*)、大蓟(*Cirsium japonicum*)、野菊花(*Decandranthema indicum*)、天门冬(*Asparagus cochinchinensis*)、山苦荬(*Ixeris chinensis*)等。五个采样点的群落系数平均值为 51.1% ,杭州南高峰与安徽琅琊山植物种类组成的相似程度最高 ,群落系数为 66.7% ;与江西珠岭山植物种类组成的相似程度最低 ,群落系数为 33.3% 。

选择杭州南高峰种群为实验地 ,采用 10 m × 10 m 的实验样地 1 和 2 ,以 1 m × 1 m 小样方为统计单位 ,进行种群分布格局计算。经显著性检验表明 :样地 1 和样地 2 的方差均值比分别为 3.966 和 3.743 ,大于 1 ,差异极显著。计算结果表明 ,明党参居群的个体分布呈现聚集分布。

2.2 种子的结构及萌发实验

2.2.1 种子结构 对明党参双悬果的解剖观察发现 ,该种果皮与种皮是愈合的 ,胚乳非常发达并含有大量淀粉。种子成熟时 ,胚仍处于球形或心形胚时期 ,直径仅约 0.14 ~ 0.16 mm(邱英雄 ,傅承新 ,2000)。由此可见 ,种子成熟时胚未分化成熟。种子萌发实验也发现需经一定时期的形态和生理后熟

阶段 ,种子才能萌发 ,休眠时间长达 4 ~ 5 个月左右。

2.2.2 种子萌发实验 针对实生苗少的现象 ,我们连续 2 年进行种子萌发实验 ,分别在室内和室外用不同土质播种 ,种子萌发情况见表 1 及表 2。

从室内种子萌发实验可知 ,明党参种子萌发率并不低 ,不同土质对种子萌发有影响。壤土萌发率低的主要原因可能是土壤板结、透水性差 ,沙质土萌发率可达 42% ,但不整齐 ,30 天后还陆续有种子萌发。

比较 2 年的种子萌发实验可知 ,1997 年野外实验的种子萌发率比 1996 年低 ,主要原因可能是 1997 年秋、冬雨水太多 ,引起了胚在分化过程中腐烂 ,即使种子初始萌芽 ,后期也有很多幼苗烂死。人为控制实验盆中明党参种子的水分 ,隔周对种子发育状况进行解剖观察 ,发现在水分过多的实验盆中 ,部分种子即使外表完整 ,但胚已经腐烂或未有继续分化的现象。野外种子成熟时 ,正值长江流域的梅雨季节 ,很多种子因此而腐烂 ,我们认为水分过多影响了胚的后熟期发育是造成野外实生苗少的主要原因之一。有关不同贮藏条件对明党参种子萌发率影响及外界条件对幼苗生长的影响的实验正在进行。

2.3 传粉生物学研究

通过近年野外和实验地观察 ,初步确定了明党参的传粉生物学特性。明党参为复伞形花序 ,花序及小花排列紧凑 ,花柱基部花盘隆起 ,开花时分泌蜜源物质。花开放前 ,花丝弯曲 ,花药内折贴于花柱旁 ;同时花瓣先端内折紧抱花药 ,从空间上限制了闭

表 1 室内不同土质的种子萌发率
Table 1 The ratio of seed germination in different soil types indoors

土质 Soil type	重复次数 Repetition	播期 Sowing date	种子数 No. of seeds	初始萌发期 Early germination time	萌发率% / 天数 Germination percentage/days	萌发率% / 天数 Germination percentage/days
沙土 Sand	3	1996. 11. 20	50	1997. 2. 19	12. 5/8	30/16
沙壤土 Sandy soil	3	1996. 11. 20	50	1997. 2. 18	42. 2/8	51/16
壤土 Loamy soil	3	1996. 11. 20	50	1997. 2. 24	20/8	22/16

表 2 室外不同土质的种子萌发率
Table 2 The ratio of seed germination in different soil types outdoors

土质 Soil type	重复次数 Repetition	播期 Sowing date	种子数 No. of seeds	初始萌发期 Early germination time	萌发率% / 天数 Germination percentage/days	萌发率% / 天数 Germination percentage/days
沙土 Sandiness	3	1997. 11. 20	50	1998. 1. 21	16. 3/8	18. 5/16
沙壤土 Sandy soil	3	1997. 11. 20	50	1998. 1. 15	21. 0/8	32/16
壤土 Loamy soil	3	1997. 11. 20	50	1998. 1. 26	13. 5/8	20/16

表 3 明党参访花昆虫名录
Table 3 Visiting insects of *Changium smyrnioides*

类群 Taxa	体长 Body length (mm)	胸径 Thorax width (mm)	毛被情况 Hairs
鞘翅目 Coleoptera			
皮蠹科(1 种) <i>Dermestidae</i> sp.	2.0	1.5	密毛 Dense hair
膜翅目 Hymenoptera			
土蜂属(1 种) <i>Scolia</i> sp.	16.0	5.0	稀疏硬毛 Hard and sparse hair
中华蜜蜂 <i>Apis indica</i>	10.0	5.0	密毛 Dense hair
褶翅小蜂(1 种) <i>Leucospidae</i> sp.	12.0	1.0	密毛 Dense hair
双翅目 Diptera			
食蚜蝇(1 种) <i>Syrphus</i> sp.	8.0	3.0	密毛 Dense hair
家蝇 <i>Musca domestica vicina</i>	5.0	2.5	密毛 Dense hair

花受精。同一朵花中 ,5 个雄蕊花丝伸展和花药开裂的时间也不一致 ,前后相差约 1 天 ,花丝全部展开 ,柱头也发育成熟。

荧光显微观察即将开放的花蕾 ,未见闭花受精的现象。取部分花药已开裂的刚开放小花 ,切片观察雌蕊的解剖结构 ,发现此时柱头的基本组织仍排列紧密。从解剖学上说明了雄蕊在发育时相上是先熟的。

明党参 4 月底至 5 月初为盛花期 ,有昆虫来访。访花昆虫的高峰为上午 9 : 30 ~ 10 : 30 及下午 2 : 15 ~ 3 : 00 ,每朵花每天平均能被昆虫采访 3.0 ± 1.2 次。开花的持续时间从上午 9 : 00 持续至下午 3 : 00 ,与昆虫的活动时间相近。传粉媒介比较复杂 ,主要为小甲虫 ,也有一些蜂类来访 ,少数为双翅目昆虫(表 3)。小甲虫为鞘翅目的皮蠹(*Dermestidae* sp.) ,这种昆虫活动能力弱 ,体型小不善飞翔 ,一般总是在一棵植株不同小花上采食花蜜。皮蠹在一朵花上停驻的时间较长 ,在咀嚼花蜜时 ,容易在胸腹部粘上花粉 ,当爬至另一朵小花活动时 ,其胸腹部的花粉易于被柱头获得。褶翅蜂(*Leucospidae* sp.)、中华蜜蜂(*Apis indica*)等体型较大的传粉昆虫也频繁地访花和吸食花蜜。膜翅目的蜂类在访花采蜜时 ,易和柱头接触 ,其体表丰富的毛丛的先前访花时采集的花粉便粘到柱头上而致受粉 ,同时其飞行距离短 ,常采取“ 就近原则 ”。蝇类常在花盘上舔吸花蜜 ,在一朵花停驻时间 3 ~ 5 分钟 ,有时也舔食花药及柱头 ,起到传粉的作用。

结实率能够反映物种生殖成功的程度 ,实验结果表明 ,自然生境下明党参植株结实率为 72.5% ,花序套袋结实率为 28.5% ,它们之间的差值反映了昆虫及自然力在传粉中的作用。在封闭玻璃房内 ,植株结实率也有 13.7% ,表明存在自花授粉。上述

试验中 28.5% 和 13.7% 间的差值反映了自然力能部分增强自花授粉的效果。

从明党参花部结构特征、雌蕊发育时相和结实率实验可见 ,明党参是以异花传粉为主的植物 ,鞘翅目昆虫在明党参的生殖成功中起了重要的作用。

2.4 生境条件与成株结实的关系

在野外种群中随机选择单株收集植株种子 ,记录植株生境 ,并在实验室记录发育良好种子与空瘪种子的比例。发现生境与种子空瘪率关系很大(表 4)。在开阔的生境 ,植株开花结实时易受风、雨胁迫 ,易倒状、枯死而影响结实 ;在上层盖度过大的乔木层及灌木层下的植株 ,种子的空瘪率可达 40% ;而且在阴湿的环境条件下虫害也非常严重 ,很多植株地上部分常在开花期死亡而影响结实率 ,这种现象在 4 ~ 5 月份南京老山种群表现尤为突出。

成株的结实率与气候条件也有一定的关系 ,连续 5 年对杭州南高峰实地观察发现 ,干旱季节种子败育最为严重。2000 年的统计表明 ,成株结实率仅为 19.8% ,其原因与当年春季雨量偏少 ,引起基生叶早枯 ,虫害严重 ,果实发育的营养受阻有关。

2.5 种子形态变异

双悬果形态性状是伞形科一个重要而稳定的分类指标。巢式方差等级分析表明 ,明党参各种群间种子形态性状变异相对量(V_{st})为 82.95 ,即约 83% 的变异来自种群间 ,只有约 17% 的变异来源于种群内植株个体间和个体内。种群内($\delta^2 t/s$)及个体($\delta^2 r$)方差分量百分比分别为 16.64 及 2.43 ,这与云南松球果种群内和个体平均方差分量百分比($\delta^2 t/s = 42.955$, $\delta^2 r = 14.53$)相比均很小 ,而种群间的变异分化系数比云南松($V_{st} = 48.85$)^①大得多。由此

① 虞泓 ,云南松遗传多样性与进化研究. 云南大学博士学位论文 , 1996

可见,明党参种子形态的多态性变异在种群间十分显著,而种群内较为稳定。

2.6 分子水平的多样性

稀有和濒危植物的遗传学研究是揭示稀有和濒危机制的一个重要方面,对稀有或濒危植物遗传多样性研究不仅能了解物种的进化历史以及稀有或濒危的机制,而且关系到能否采取科学有效的措施来保护濒危物种,是保护生物学研究的核心之一(Hamrick et al., 1991)。作者近年采用等位酶和 RAPD 分析方法检测了明党参种群的遗传结构,对明党参的遗传多样性及其分化程度作了探讨。

等位酶分析结果发现,明党参种群内多态位点比率(P)平均为 33.35%,接近 Hamrick & Godt (1989)对 449 种植物遗传多样性统计的平均值,比 Hamrick 统计的自交类型(20%)要高,而比长寿多年生草本植物平均值(39%)低。明党参杂合体过量位点仅 13%,比濒危植物石苣荬属(*Mosla*)的 14.3%(周世良等, 1998)略低。种群 F 值($F_{is} = 0.583$; $F_{it} = 0.841$)均远大于 0,说明杂合度严重不足。

明党参基因位点分化系数($F_{st} = 57.8\%$)比自交植物平均值(51.0%)还要高,说明明党参种群的变异主要存在于种群间。

作者采用 RAPD 技术对明党参各居群的遗传结构进行了研究,利用 Shannon-Wiener 指数对 RAPD 的数据结果进行了统计,结果表明,明党参的多态位点百分率为 69%,比其他学者研究的一些濒危或渐危种的多态位点百分率,如银杉的 32%(汪小全等, 1996)、矮牡丹的 22.5%及紫牡丹的 27.6%(裴颜龙等, 1995)、陆均松的 33.3%(苏应娟等, 1999)均高得多,表明明党参物种 DNA 水平的遗传多样性程度并不低。RAPD 得到的种群间分化系数为 51.2%,这与等位酶的种群间基因位点分化系数(F_{st}) 57.8%相近,结合种子形态性状变异相对量($V_{st} = 82.95$),从形态及分子水平均表明明党参种群间存在明显遗传分化。

3 结论与讨论

3.1 明党参濒危原因初探

从明党参的系统演化研究(舒璞,余孟兰, 1990;潘泽惠等, 1995)和作者的种群遗传多样性指标分析,认为明党参可能曾广布于华东地区。由于本种的垂直分布海拔较低(< 500 m),人为的毁林开荒、乱砍滥伐和开发旅游,破坏了明党参生长的适

宜生境。因此,明党参植株的过度采挖及生境的破碎化是明党参种群分化和种群缩小的根本原因之一。

明党参的种子结实率与生境和气候的关系很大。适宜盖度(50% ~ 70%)的生境,植株有高的结实率;干旱年份,种子败育现象明显,结实率很低。种子及幼苗活力非常脆弱,不易排水的土壤或雨水较多年份,均可能影响其种子萌发和幼苗生长。

明党参种子需要较长时间才能完成形态后熟阶段。种子成熟时正值长江流域梅雨季节,大量种子的胚不能完成后期发育而腐烂,只有落至排水较好的山地斜坡才能顺利地完成后熟阶段。即成熟期过多的水分制约了种子萌发和种群更新,这也是明党参种群难以扩大而导致濒危的另一主要原因。

明党参在种群内为集群分布,生境片段化使种群的地理分布呈间断的“岛屿”状,种群的有效规模变小。传粉媒介活动范围有限,双悬果表面光滑,成熟时,植株渐枯呈倾斜倒伏状态,种子靠重力传播,距离仅在 3 ~ 5 m。虽然明党参的繁育系统以异交为主,但上述特定的地理分布、集群型分布格局及短距离的传粉昆虫和种子传播限制了种群内植株间随机交配,使近交频繁发生。等位酶实验估计的异交率 π (0.21)也证实了这一点(邱英雄等, 2000)。根据 F 值计算出的明党参的基因流 $Nm = 0.18$ 。Wright(1965)指出,如果 $Nm < 1$,则遗传漂变导致了种群间分化,而遗传漂变作用加剧和遗传变异的减少会导致种群适合度的下降。由此可见,明党参分布的岛屿状和生境片段化后,产生了一些遗传漂变及自交衰退等不利遗传效应,种群基因流过小是种群分化的主要原因。

3.2 保护和取样对策

1)要保护和重建明党参种群的适宜生境。由于现有种群多位于城镇周围,易被开发为旅游地及森林公园,这就要求管理部门改变传统的经营模式和发展途径,做到利用和保护环境并重。药材部门要发展人工栽培明党参技术,满足药用需求。2)要就地保护明党参的遗传多样性。人们已认识到重要地方性特有类群,尤其是属级水平上的更容易灭绝(王印政, 1997)。通过对明党参遗传多样性的研究发现,由于明党参 F_{st} 值偏高,遗传多样性主要保持在各种群之间,而种群内部均一,因此在就地保护时,除了对所有种群进行必要保护外,应选择遗传多

表 4 生境与结实率的关系
Table 4 The relationship between environment and plumpness of seed

种群 Population	植株数 No. of individuals	生境(盖度) Environment(coverage) %	饱满种子(%) Plumpness of seed(%)
杭州南高峰 Mt. Nangao , Hangzhou	20	常绿落叶阔叶混交林(70%) Mixed evergreen-deciduous broad-leaved forest	84. 2 %
江西珠岭山 Mt. Zhuling , Jiangxi	20	灌草丛(30%) Shrub grassland	40. 6 %
南京老山 Mt. Lao , Nanjing	20	常绿落叶阔叶混交林(90%) Mixed evergreen-deciduous broad-leaved forest	59. 1 %
安徽琅琊山 Mt. Lanya , Anhui	20	常绿落叶阔叶混交林(50%) Mixed evergreen-deciduous broad-leaved forest	78. 7 %
安徽大龙山 Mt. Dalong , Anhui	20	山坡灌草丛(70%) In shrub grassland on slope	82. 4 %

样性程度高的种群 ,如杭州南高峰种群、滁州琅琊山种群进行重点保护。3)要科学合理 地取样以达到迁地保护目的。明党参是一个基因流小、群体间变异量接近 60% 的物种 ,根据 Hamrick(1991)对不同物种保护的取样策略研究结果 ,我们认为在明党参迁地保护取样时 ,至少要在 6 个群体中取样才能保存其 95% 的遗传多样性。4)保护和放养适宜的传粉昆虫以提高明党参生殖成功率。明党参种群间基因流较小 ,会加大植株近交程度 ,减小有效种群的范围 ,导致种群内难以建立和保持稳定的多态性。当环境条件不利时 ,种群会急剧缩小甚至灭绝。Godt & Johnson(1996)认为 ,要减轻小种群中的近交衰退和遗传变异的减少 ,必须采取措施增加基因流。对于明党参可以通过不同种群间人为的种子交流、植株的相互移栽等方法 ,使基因流维持在一定的水平。同时 ,应该保护参与传粉的昆虫 ,在开花季节放养传播距离远的传粉昆虫如蜜蜂等 ,增加传粉强度 ,提高明党参的生殖成功率。5)人工采种和播种 ,促进野生种群更新。明党参在完成其生活史的过程中 ,种子从萌发至幼苗阶段非常关键。由于种子的后熟与长江流域梅雨气候的不协调 ,影响种子的后熟。可以在 6 月份人为采收明党参种子 ,室内干燥低温保藏 30 ~ 40 天促使胚完成后熟 ,到 10 ~ 11 月中旬 ,在原明党参种群选择适宜生境播种 ,以增加更新种群中实生苗的数目。

参考文献

程翔,黄致远,宗世贤,1993. 珍稀中药材明党参生态地理分布、利用与保护. 中国中药杂志, 18(6): 327 ~ 329
国家环保局,中国科学院植物研究所,1991. 稀有濒危植物的保护和研究. 北京: 环境科学出版社, 187 ~ 188
王印政,1997. 物种的灭绝机制. 见: 蒋志刚等(主编), 保护生物学. 杭州: 浙江科学技术出版社, 98 ~ 103

裴颜龙,邹喻苹,张志宪,洪德元,1995. 矮牡丹与紫牡丹 RAPD 分析初报. 植物分类学报, 33(4): 350 ~ 356
潘泽惠,余孟兰,刘心恬,姚欣梅,1995. 中国伞形科特有属核型演化及地理分布. 植物资源与环境, 4(3): 1 ~ 8
邱英雄,黄爱军,傅承新,2000. 明党参的遗传多样性研究. 植物分类学报, 38(2): 111 ~ 120
邱英雄,傅承新,2000. 特有植物明党参的比较解剖学研究. 浙江大学学报, 26(4): 423 ~ 427
苏应娟,王艇,黄超,朱建明,1999. 陆均松不同种群的 RAPD 分析. 中山大学学报(自然科学版), (1): 99 ~ 101
单人骅,余孟兰,1979. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 55 (1): 122 ~ 124
舒璞,余孟兰,1990. 中国伞形科特有属的花粉形态研究. 见: 中科院江苏植物所(编), 南京中山植物园研究论文集. 江苏: 江苏科学技术出版社, 33 ~ 36
汪小全,邹喻苹,张大明,洪德元,刘正宇,1996. 银杉遗传多样性的 RAPD 分析. 中国科学(C), 26(5): 437 ~ 441
周世良,张方,王中仁,洪德元,1998. 石茅苣和石香薷的遗传多样性研究. 遗传学报, 25(2): 173 ~ 180
周纪伦,郑师章,杨持,1992. 植物种群生态学. 北京: 高等教育出版社, 99 ~ 101
Godt M J W and Johnson B R, 1996. Genetic diversity and population size in four rare Southern Appalachian plant species. Conservation Biology, 10: 796 ~ 805
Hamrick J L and Godt M J W, 1989. Allozyme diversity in plant species. In: Brown A H D, Cless M T and Kahler A L (eds.). Plant Population Genetics, Breeding, and Genetic Resources. Sunderland, Mass: Sinauer. 43 ~ 46
Hamrick J L, Godt M J W, Murawski K A and Loveless M D, 1991. Correlations between species traits and allozyme diversity implications for conservation biology. In: Falk D A and Holsinger K E (eds.). Genetics and Conservation of Rare Plants. New York : Oxford University Press, 75 ~ 86
Maley M L and Parker W H, 1993. Phenotypic variation in cone and needle characters of Pinus banksiana in northwestern Ontario. Canadian Journal of Botany, 71: 43 ~ 51
Wright S, 1965. The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. Evolution, 19: 395 ~ 420

(责任编辑 : 孙大川)