

濒危植物明党参种群生存过程研究

李伟成, 葛 滢, 盛海燕, 常 杰*

(浙江大学生命科学学院, 杭州 310029)

摘要:对中国特有单种属濒危植物明党参杭州种群的生存过程进行了数量分析。针对难以测量明党参个体年龄的问题,基于实验数据利用 Logistic 生长模型估算其年龄并得到可估测年龄最高界限为 50 a。数量分析表明,目前明党参种群表现出衰退趋势,种群年龄结构类似于老年型,种群的净增殖率、瞬时增长率和周限增长率均较低,世代周期较长。运用 Leslie 矩阵模型分析预测未来 30 a 中种群个体数量将呈现出下降趋势。在所研究的样地中,明党参种群种子萌发和幼苗期(0~5 a),成熟期(15~25 a)和老年期(45~50 a)受到了环境筛的强烈作用。

关键词:濒危植物; 明党参; 种群动态; 年龄结构; Deevey 曲线; 致死压力

Analysis on population surviving process of *Changium smyrnioides*, an endangered plant

LI Wei-Cheng, GE Ying, SHENG Hai-Yan, CHANG Jie** (College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1187~1193.

Abstract: *Changium smyrnioides* Wolff, a monotypic species of Umbellaceae, occurs only in a narrow zone in the eastern to middle part of the Yangtze River Basin, south part of China. As a result of human activity and its biological characteristics, *C. smyrnioides* has already become an endangered species. It is important to understand the basic life history and growth process as well as endangered mechanism. Because of the difficulty in estimating the age of *C. smyrnioides* individuals, a Logistic Growth Model was used to estimate the age of the individuals by non-destructive method, based on the experimental data of seed-seedling conversion rate and seedling survival rate. The static life table and fecundity schedule, the killing power, Deevey curve and Leslie Matrix Model were used to analyze the numerical dynamics of the population. All data were obtained from the field investigation, including the age structure, seed production and natural germination rate. The killing power indicated that there were three bottlenecks throughout the whole life history of *C. smyrnioides*. The first bottleneck, which is the low survival rate of seedling, was caused by environmental stress; the other two bottlenecks, high death rates of mature and aged individuals, were caused by human activity and shortage of light, respectively. That limited the development and recruitment of the populations. On the sense of meta-population, the local population of *C. smyrnioides* had a trend toward extinction for its age structure indicating the low birthrate but high mortality. Net reproductive rate (R_0), instantaneous rate of increase (r_p), finite rate of increase (λ) and generation span (T) showed that the population was the decreasing type. When the mean offspring number is 1.678, the population of Nan Peak would increase. Under the static hypothesis of two main parameters, the mean birthrate b_i and livability P_i , the Leslie Matrix Model predicted that the population size would decrease in the coming 30 years, and the ratio of the old individuals in the population would increase. The population inhabited in seasonal gap originally, but it now takes refuge in the corridor near the edge of forest where sunlight is rich and competitive species is less. According to the cause of population declining, we suggest to take the method of *insitu* and *exsitu* conservation combined with human-aided

基金项目:国家重点基础研究规划资助项目(G2000046805)

收稿日期:2003-07-14; **修订日期:**2003-11-16

作者简介:李伟成(1978~),男,浙江人,硕士,主要从事生态系统模型及生态工程研究。

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: jchang@mail.hz.zj.cn

Foundation item: the National Key Project for Basic Research in China(No. G2000046805)

Received date: 2003-07-14; **Accepted date:** 2003-11-16

Biography: LI Wei-Cheng, Master, mainly engaged in ecosystem analysis and modeling, and ecological engineering.

offspring number increasing.

Key words: endangered plant; *Changium smyrnioides*; population dynamic; age structure; Deevey curve; killing power

文章编号: 1000-0933(2004)06-1187-07 中图分类号: Q948 文献标识码: A

明党参(*Changium smyrnioides* Wolff)只分布在亚热带的长江流域,范围为 $29^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$, $114^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$,是我国特有的单种属植物,现野生种群仅在浙江、江苏、江西、安徽、湖北等省有分布,其根为名贵的中药材^[1,2]。由于人为因素及其自身的生物学特性如种子产量少及幼苗成活率较低等原因^[1,3],明党参种群分布范围越来越狭窄,数量日益减少,1984年已被国家列为珍稀濒危植物^[4]。以往国内学者对明党参的研究大多集中于分类学、生物学特性、药用及化学成分、遗传多样性、系统进化的研究^[3,5],而种群数量及物种生存过程的研究未见报道。

种群个体数量变化是种群生态学的核心内容。关于濒危物种的生存研究,动物种群主要采用种群生存力分析(population viability analyses, PVA),但在植物种群中进行PVA分析非常困难^[6]。植物种群中主要采用生存分析方法^[7~10],所利用的数据参数虽然较PVA少,但从所利用模型的简化效果来看,分析结果可信度较高。然而对明党参进行种群生存分析存在很大的困难:每年地上部枯萎,根系生长多年但没有与年龄有关的痕迹,难以确定年龄的问题。在实验基础上尝试运用Logistic模型估测明党参植株的年龄;基于该方法,采用空间代替时间的方法,建立静态生命表,进行Deevey曲线和致死压力分析;并利用Leslie矩阵模型定量地对明党参种群数量的动态特征进行阐述,寻找其生活史中的环境筛和生存瓶颈,探讨其濒危的原因和机制,以期为更有效地利用明党参及其保护提供重要理论根据。

本文在传统的生存分析基础上,还利用了PVA中的射影矩阵(projection matrix)对濒危物种明党参进行生存分析和种群动态预测。

1 材料与方法

1.1 自然分布区概况

明党参分布区位于中亚热带北缘-北亚热带,属典型的亚热带季风气候。杭州地区年平均温度 16.4°C ,1月份为最冷的月份(月平均温度 3.9°C),年霜期约120d,年降水量1100~1600 mm,10~翌年2月份这段时间相对干旱(降水量只占全年的20%~27%)。

野外调查在杭州明党参自然分布区内进行,明党参主要分布于落叶阔叶林、竹林、路边(路宽)和林缘,明党参为冬性草本植物,其生活时间(12~翌年6月份)与常绿及春夏植物都有交叉,同生的植物主要有:(1)常绿植物,络石(*Trachelospermum jasminoides*)、常春藤(*Hedera helix*);(2)春夏植物,蓬蘽(*Rubus hirsutus*)、野蔷薇(*Rosa multiflora*)、冷水花(*Pilea notata*)、牛膝(*Achyranthes bidentata*)、接骨草(*Sambucus chinensis*)、天葵(*Semiaquilegia adoxoides*)、尖距紫堇(*Corydalis shearerii*)、苘草(*Arthraxon hispidus*)等。

1.2 野外调查

样方调查及生长参数 2001~2003年于杭州($120^{\circ}10'\text{E}$, $30^{\circ}15'\text{N}$)南高峰、翁家山连续观察明党参 $10\times 10\text{ m}^2$ 样地3个,玉皇山 $30\times 10\text{ m}^2$ 样地1个,葛岭、玉皇山、南天竺等地 $1\times 1\text{ m}^2$ 小样方32个,逐一记录样方内明党参植株株高、冠幅、最大带柄叶长等参数,进行统计学分析。

生殖力 在种子成熟期(5月下旬~6月初)对植株种子的产量进行调查,距上述大样方约5 m处选择4个 $1\times 1\text{ m}^2$ 样方,将样方中植株全部取回,统计单株种子数量和样方中种子数量^[1]。建立个体植株种子产量与年龄、最大带柄叶长的线性模型,以此来估算各龄级植株的种子产量。

种子-幼苗转化率 在明党参种子将萌发时,选择具健康植株样方($1\times 1\text{ m}^2$)共16个,观察半径2 m内幼苗数,建立自然萌发率经验模型。将采集的种子置于塑料碗(直径12 cm,高6 cm)内,置于阔叶林和竹林中(土壤类型为腐殖质土和黄土,各8个重复),观测种子萌发情况。

幼苗存活率 在明党参种群自然分布区内,选取沙质土(小水沟附近)和腐殖质土两种土壤生境,分别选定4个 $1\times 1\text{ m}^2$ 的样方,其中两个样方地面植被去除(样方内所有植物的地上部分均去除,定时去除),两个样方地面植被保留,每个样方栽种16株幼苗(实验室内种子萌发所得,处于刚出现真叶阶段),每株幼苗用塑料标签定位。

1.3 野外样方植株年龄的判断

明党参的地下部生长可塑性较高,不具备与年龄相联系的形态学构造和表现特征,但是根据根体积年均增长量与植株年龄的模型、最大带柄叶长与根体积的经验回归方程可以确定明党参年龄^[2],而且达到了非破坏性这一目的。假设最大带柄叶长为 y 、根体积为 x ,则有经验回归方程: $y = 9.511x^{0.3444}$ ($r = 0.8704, n = 44$),这样通过测量最大带柄叶长就可以估测明党参的年龄。得到最大带柄叶长与年龄之间的关系及以最大带柄叶长为根据来划分年龄的分类方法的验证^[2],此不复赘述。用SAS拟合

实验数据得到关于明党参生物量积累的 Logistic 增长方程(图 1): $V_{it} = \frac{V_k}{1 + \left(\frac{V_k}{V_0} - 1\right)e^{-r_m t}}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, 50$)。其中,明党参的内禀生长速率 $r_m = 0.3056$; i 为个体年龄, V_{it} 为 i 时刻个体体积; V_k 是自然环境中观察到的最大根体积, 为 160.28; t 是离散时间。拟合相关性系数 $r = 0.9613$ ($P < 0.05$)。

一般被子植物的寿命与生殖前期之比为 10 : 1^[8], 因此根据样方观察及模型估算, 可以假设明党参植株最大年龄约 50 a, 同时以生活史(营养生长期、生殖生长期、衰老期)的年龄正态分布来考虑, 假设年龄 45 a 时出现个体衰退现象。

1.4 静态生命表的编制及 Deevey 曲线的绘制

采用静态生命表来表述世代重叠、寿命较长、多年生和年龄结构稳定的明党参比较合适。本文采用的静态生命表包含以下内容^[8,11]: I_i , 年龄级; J_i , I_i 龄级开始时的标准化存活数; d_i , 从 I_i 到 I_{i+1} 期的标准化死亡率; g_i , I_i 龄级的个体死亡率, $g_i = g_i/J_i \times 1000$; L_i , 从 I_i 到 I_{i+1} 时的平均存活个体数, $L_i = (J_i + J_{i+1})/2$; T_i , I_i 龄级及以上各龄级的个体存活总数, $T_i = J_i + J_{i-1} + \dots$; e_i , 进入 i 龄级个体的平均生命期望, $e_i = T_i/J_i$; a_i , I_i 龄级开始时的实际存活数; K_i , 种群致死压力(killing power) $K_i = \ln J_i - \ln J_{i+1}$ ^[10]。在此基础上取存活数的对数坐标绘制 Deevey 曲线。

1.5 种群生殖力表的编制

种群生殖力表^[8]的内容含有 i , 年龄级; J_i , I_i 龄级时的存活率; m_i , I_i 龄级植株平均生产的子代数; 组合项 $J_i m_i$ 与 $i J_i m_i$ 是计算种群净增殖率(R_0)、瞬时增长率(R_p)、周期增长率(λ)和世代平均周期(T)的统计组成部分。计算公式如下:

$$R_0 = \sum J_i m_i, T = \sum i J_i m_i / \sum J_i m_i, R_p = \ln R_0 / T, \lambda = e^{R_p}$$

1.6 Leslie 矩阵模型

近年来国内外植物种群统计学研究仍十分活跃, 主要涉及两类模型, 即图解模型和转移矩阵模型^[9], 后者如 Dagmar 运用扩展 Leslie 矩阵分析了一种蝇类的年龄结构并进行了种群的预测^[12]。Leslie 矩阵模型考虑了种群年龄结构, 可以预测种群的数量变化, 它把不同年龄的个体且具有不同的生育能力和死亡率计算入内, 已在种群生态学中得到大量运用^[13,14]。本文按年龄以 5 a 为 1 组, 划分成 10 个组。 b_i 为 I_i 组每一个体在一个时段中繁殖子世代的平均数, P_i 为 I_i 组个体存活一个时段到下一时段升入 I_{i+1} 组的个体数所占的比例(即死亡率 $d_i = 1 - P_i$), 假设 b_i, P_i 不随时段的变化而改变, 而且个体寿命上限为 50 a, 超过上限视为小概率事件。

2 结果与分析

2.1 种群存活过程

野外样方的 Deevey 曲线(图 2)显示明党参种群的存活曲线基本属于 Deevey-I 型, 即直线型, 只是在早期(特别是 1 年龄)死亡率极高, 一旦活到某一年龄(3~5 a)后, 死亡率就很低, 在整个生活史中还有其它两个波动。

2.2 种群致死压力分析

明党参种群在种子苗期(1 a)中受到强烈的环境筛的过滤作用(表 1, 图 2~图 3), 标准存活数骤降, 1 年龄幼苗的存活率很低, 野外平均存活率只有 10.9%。野外栽培实验(表 1)表明种植在沙质土中的明党参幼苗存活率稍高于腐殖质土, 种植在地表植物去除样方内的幼苗存活率显著低于地表植物未被去除的($P < 0.01$)。因为腐殖质土遇上连续降雨易造成幼苗根部积水, 导致幼苗烂根; 遇上干旱因植物去除降低了土壤保水能力, 导致幼苗大量死亡。同时周围植物的去除使明党参幼苗失去支持和遮盖物, 容易受小动物的攻击和机械损伤。推测明党参幼苗的低存活率是水分、小动物及幼苗本身的生物学特性的综合结果。

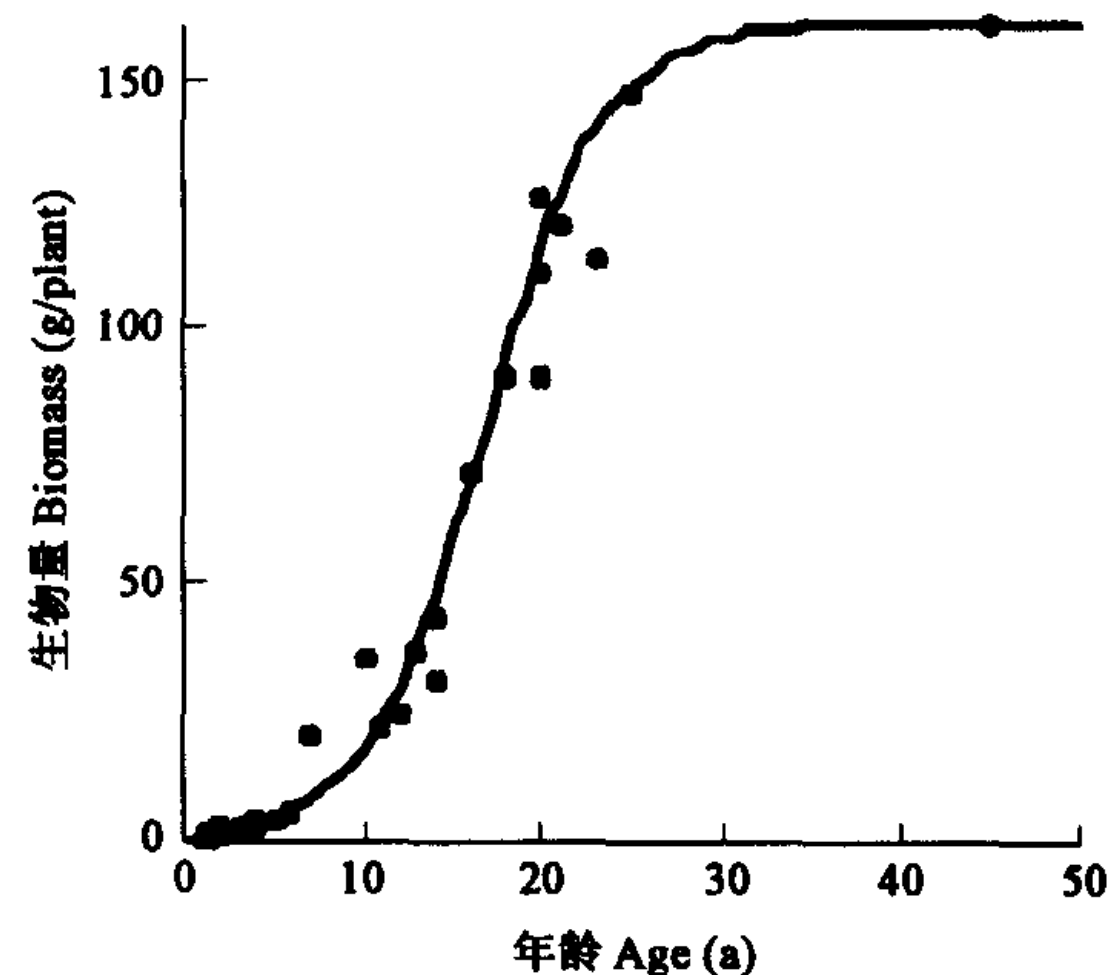


图 1 明党参年龄-体积的 Logistic 拟合曲线

Fig. 1 Simulated Logistic growth curve of age-volume for *Changium smyrnioides*

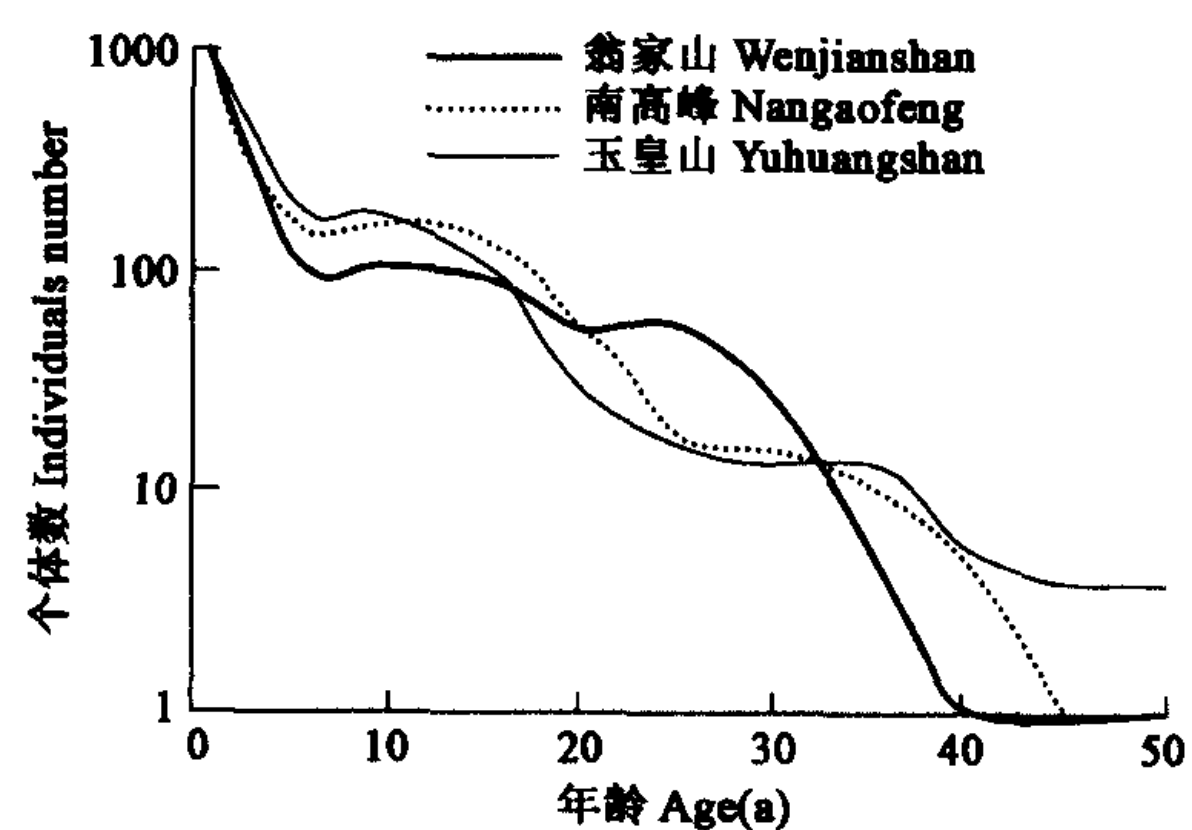


图 2 明党参 Deevey 存活曲线

Fig. 2 Deevey survivorship of *Changium smyrnioides* population

表 1 野外幼苗存活情况

Table 1 Survivorship of *Changium smyrnioides* seedling in fields

生境类型 Habitat types	野外移植幼苗数 Seedling numbers /m ²	1a 后幼苗存活数 Seedling numbers after one year /m ²	存活率 Livability(%)
腐殖质土+植被完好 Humus soil+Vegetation reserved	16	2.5±2.1	15.6
腐殖质土+植被去除 Humus soil+Vegetation removed	16	0.5±0.7	3.1
沙质土+植被完好 Sand soil+Vegetation reserved	16	3.0±0	18.8
沙质土+植被去除 Sand soil+Vegetation removed	16	1.0±0	6.0

5~15 a 是明党参植株存活率较高的一段时期(图 2,图 3),南高峰与玉皇山样方在 15~20 a 出现一个死亡小高峰($K = 1.1331, 1.2432$),在 30~50 a 段中出现第 3 个死亡高峰期(图 3),3 个样地内种群致死压力 K 分别为 1.6094, 1.6864 和 0.7731。

2.3 种群年龄结构

研究种群的年龄结构对分析种群动态和预测具有重要价值^[8,10]。明党参种群生活史的两个瓶颈发生在 1~5 a 和 15~30 a 两个时间段(图 3)。在自然条件下,明党参年龄结构表现为锥体基部窄,中部宽的种群(图 4),种群的死亡率大于出生率(表 2)。

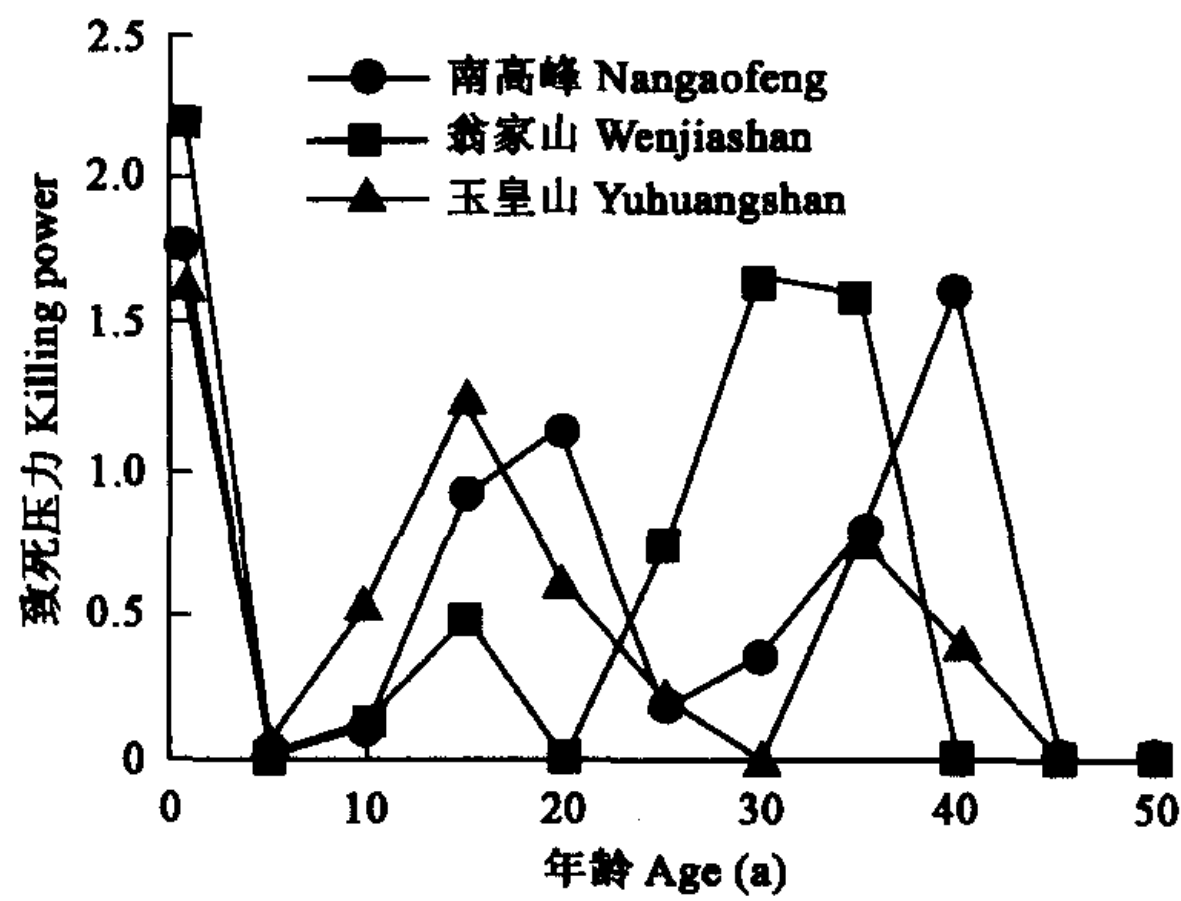


图 3 明党参种群致死压力

Fig. 3 Killing powers of *Changium smyrnioides* population

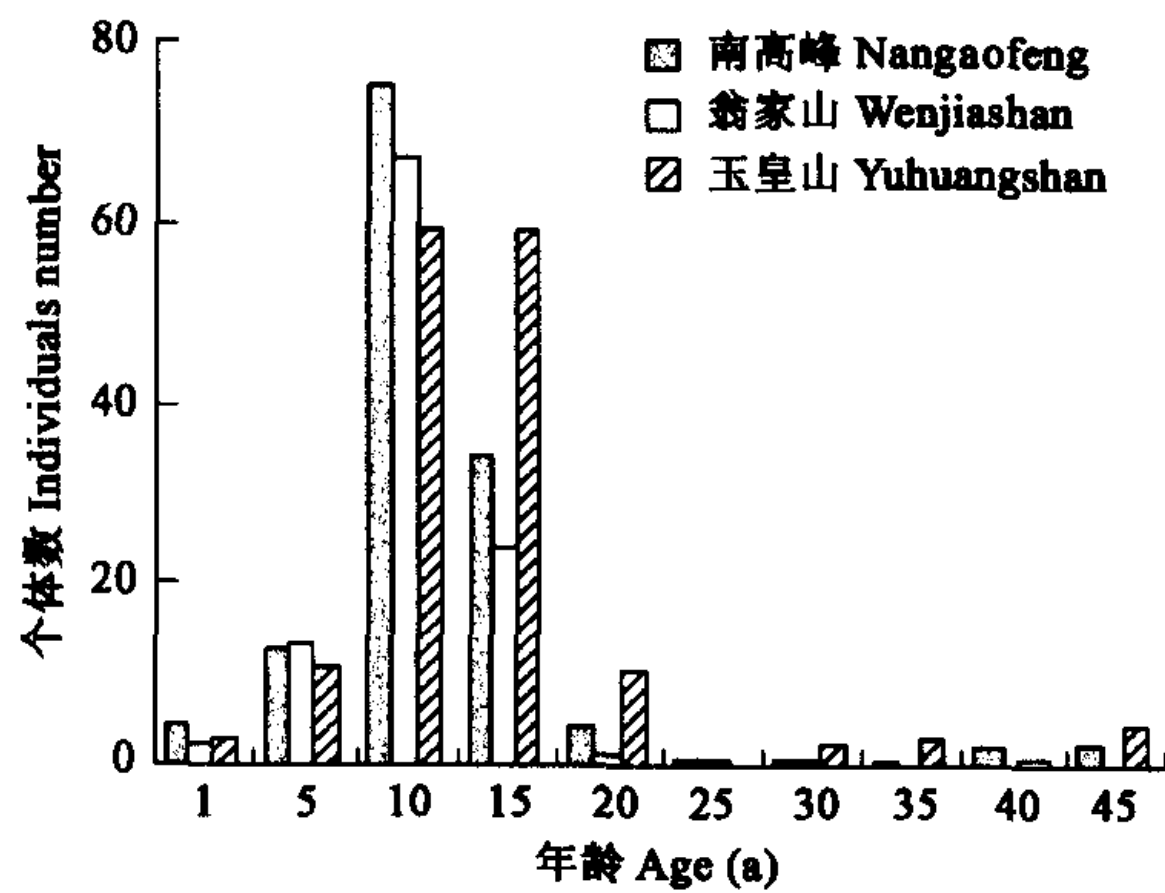


图 4 明党参种群年龄结构

Fig. 4 Age structure of *Changium smyrnioides* population

表 2 明党参种群生殖力表

Table 2 Fecundity schedule of *Changium smyrnioides* population

种群 Population	I	J_i	m_i	$J_i^* m_i$	$J_i^* m_i^* I$
南高峰样方 <i>Changium smyrnioides</i> population for Nangaofeng	1	1	0.00	0.0000	0.00
	5	0.170	0.34	0.0580	0.29
	10	0.165	0.24	0.0390	0.39
	15	0.149	0.51	0.0760	1.14
	20	0.059	0.36	0.0210	0.42
	25	0.019	0.16	0.0030	0.08
	30	0.016	0.33	0.0050	0.15
	35	0.011	0.21	0.0020	0.07
	40	0.005	0.52	0.0030	0.12
	45	0.001	0.68	0.0007	0.03
	50	0.001	0.00	0.0000	0.00
	$R_0 = 0.21 \quad R_p = -0.1218 \quad \lambda = 0.8853 \quad T = 12.81(a)$				
翁家山样方 <i>Changium smyrnioides</i> population for Wenjiashan	1	1	0.00	0.0000	0.0000
	5	0.110	0.34	0.0374	0.1870
	10	0.108	0.24	0.0259	0.2592
	15	0.094	0.51	0.0479	0.7191
	20	0.057	0.36	0.0205	0.4104
	25	0.057	0.16	0.0091	0.2280
	30	0.027	0.33	0.0089	0.2673
	35	0.005	0.21	0.0011	0.0368
	40	0.001	0.52	0.0005	0.0208
	45	0.001	0.68	0.0007	0.0306
	50	0.001	0.00	0.0000	0.0000
	$R_0 = 0.152 \quad R_p = -0.1421 \quad \lambda = 0.8676 \quad T = 13.26(a)$				
玉皇山样方 <i>Changium smyrnioides</i> population for Yuhuangshan	1	1	0.00	0.0000	0.0000
	5	0.195	0.34	0.0663	0.3315
	10	0.177	0.39	0.0691	0.4248
	15	0.104	0.51	0.0531	0.7956
	20	0.03	0.52	0.0156	0.2161
	25	0.016	0.41	0.0066	0.0640
	30	0.013	0.47	0.0061	0.1287
	35	0.013	0.41	0.0053	0.0956
	40	0.006	0.52	0.0031	0.1248
	45	0.004	0.61	0.0024	0.1224
	50	0.004	0.00	0.0000	0.0000
	$R_0 = 0.23 \quad R_p = -0.1497 \quad \lambda = 0.8609 \quad T = 10.02(a)$				

R_0 净增殖率 Net reproductive rate; R_p 瞬时增长率 Instantaneous rate of increase; λ 周限增长率 Finite rate of increase; T 世代平均周期 Generation span

2.4 明党参种群生殖力

野外调查发现,各年龄植株平均每株产生 136 粒种子,种子产量不高^[1]。野外种子埋藏实验结果表明,明党参种子萌发率与土壤含水率密切相关(表 3),阔叶林下土壤非常潮湿导致种子全部腐烂,种子萌发率为零;竹林下土壤湿度较低,种子萌发率较

高。但是野外种子萌发率远远低于实验室内的种子萌发率^[15],自然生境对种子下落到萌发这一过程中存在着巨大的选择作用。

生殖力表是反映种群存活率与种群生殖力之间关系的一个重要工具^[8,17]。从明党参种群生殖力表(表 2)可以看到种群的瞬时增长率 $R_0 = -0.1218, -0.1421, -0.1497$, 表明瞬时出生率小于瞬时死亡率; 净增长率 $R_0 = 0.21, 0.53, 0.23$, 均小于 1, 表明样地内明党参种群平均每一世代可以增殖的倍数不能使种群数量平衡; 而世代平均周期较长 ($T = 12.81a, 12.26a, 10.02a$); 周限增长率 $\lambda = 0.8853, 0.8676, 0.8609$, 也小于 1, 表明种群内个体数下降。从上述结果判断, 明党参种群呈衰退型, 种群更新能力不强。

用个体产生平均子代数(假设 m_i 对于各个龄级是常数)计算种群变化, 发现当 $m_i = 1.678$ 时, 种群开始出现正增长(图 5)。但在自然条件下, m_i 值远远小于 1.678, 这也表示明党参种群更新能力弱。

2.5 种群数量预测

通过 Leslie 矩阵分析可以定量地预测种群地数量动态变化^[14]。张文辉等在已有的 Leslie 模型分析濒危植物状况的前提下, 综合分析了 10 种濒危植物的种群数量动态^[18]。本文利用 Leslie 矩阵, 以 5 a 为时间间隔, 预测明党参种群在未来 30 a 中种群数量和年龄结构地变化。明党参种群的 Leslie 射影矩阵和预测结果(表 4)分别给出:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0.34 & 0.23 & 0.4 & 0.29 & 0.13 & 0.14 & 0.03 & 0.07 & 0.68 & 0 \\ 0.22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.94 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.78 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.78 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.41 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.13 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.33 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

由表 4 可以得到, 明党参种群数量将从现在的 110 株/100 m² 下降到 30 a 后的 43 株/100 m², 种群数量减少约 3/4, 幼苗数量也逐年减少, 年龄结构逐渐向老龄化发展。Leslie 矩阵分析得到明党参种群数量有减少趋势, 种群呈现衰退现象, 结果与种群生殖力分析结果类似。

3 讨论

明党参种群数量的不断下降说明其濒危状况正在进一步加剧, 情况不容忽视。明党参种群呈衰退型是由多方面原因造成的。种群生殖过程是研究种群动态全过程的一个重要环节, 植株种子产量和种子本身的生物学特性直接影响种群数量变化^[11,19]。自然条件下, 明党参传粉主要依赖蚊蝇等昆虫, 随机性很大, 且微气候的变化可以决定性地影响传粉效率及结实率^[3]。明党参种子脱落后不能马上萌发, 需要 3~5 个月的生理后熟过程及低温刺激^[15], 与大多数冬性植物的情况一致^[16]; 种子脱落时间与长江流域的梅雨季节相遇, 大多数种子因此而腐烂^[3]。从种子到幼苗这一过程转化率很小, 导致明党参在整个生活史中形成一个生理与环境不协同的瓶颈。然而这种生活史并非濒危的决定因素, 同科的峨参(*Anthriscus sylvestris*)种子散布期也逢梅雨季节, 但不濒危, 可能与峨参产生种子数量大, 且伴有无性

表 3 不同条件下明党参种子萌发率

Table 3 Seed germination of *Changium smyrnioides* under different conditions

生境 Habitat	土壤类型 Soil types	土壤含水量(%) Soil water content	萌发率(%) Germination
落叶阔叶林 broadleaved forest	腐殖质土 Humus soil	31.3±4.3	0±0
竹林 Bamboo grove	黄土 Yellow soil	16.4±3.3	39.1±8.5
实验室 Laboratory	沙 Sand	10.2±4.5	64.8±10.1

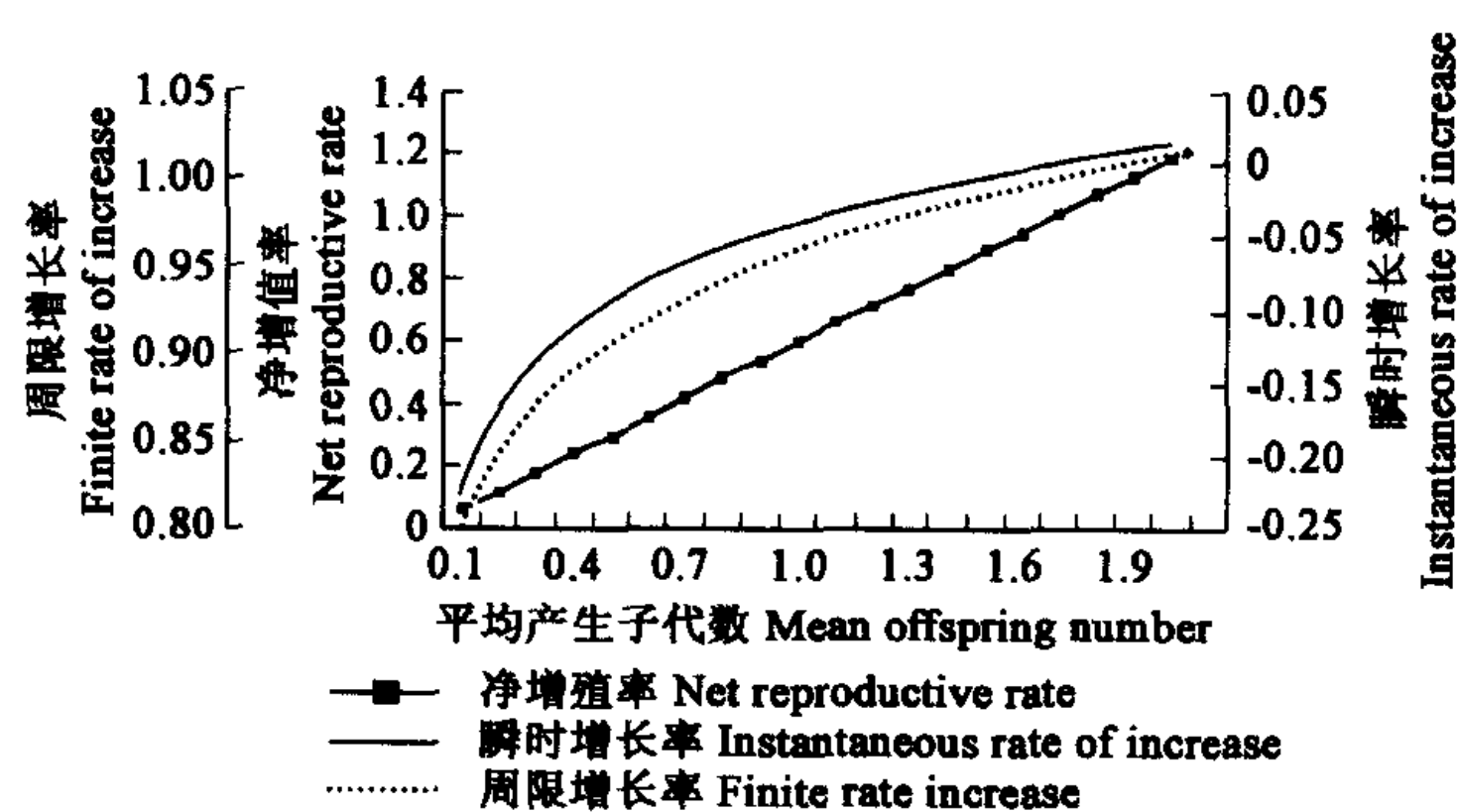


图 5 各年龄级植株平均子代数与种群增长率的关系

Fig. 5 Relationship between increase rate of population and mean offspring number

繁殖的特性有关^[15]。

明党参主要生境为中亚热带-北亚热带光照较充足的冬季林窗或林缘。该生境中微环境因子(主要是水分和光照)波动较大,导致其种子萌发率和幼苗成长为成熟植株的机率下降。除此以外,明党参种群还有两个较高致死压力时期,分别是成熟期(15~30 a)和老年期(45~50 a)。成熟期的致死压力与生境被破坏和挖掘有关;而老年期还与生理寿命及光照条件有关,因为老年植株需要更多的光能来保证自身的营养生长与生殖生长^[4]。种群生殖力表、静态生命表和种群年龄结构都明确的体现出了这3个死亡高峰期。

人为因素与明党参种群的衰退有着直接联系,由于明党参的根是名贵中药,野生的价值更是比驯化栽培的高、品质好,所以导致被大量的采挖^[3]。尽管近年来药材收购较少,但仍然可以发现有人挖采。同时杭州地区的明党参主要分布在风景区,其开花结实期(5~6月份)正值旅游旺季,游人的折枝、践踏都会影响种群繁衍。由于种群自身恢复能力差^[4],加上生境变迁,在野外常常观察到的是零星散布的植株。

明党参种群年龄结构、生殖力和 Leslie 矩阵分析都表明其出生率小于死亡率,个体数量逐渐降低。种群数量降低对种群的未意味着:(1)如果现在种群的个体数量多或密集,则数量的降低可能是其达到或超过环境容纳量时的一种负反馈调节,有助于种群稳定发展^[20];(2)对于个体数量较少的种群,个体数量的减少在集合种群意义上意味着衰退(我们接下来要做的工作),是种群走向灭亡的前兆。显然明党参属于后者。

References:

- [1] Sheng H Y, Chang J, Yin X W, *et al.* Seed dispersal and seed bank dynamics of the endangered *Changium smyrnioides*. *Biodiversity Science*, 2002, **10**(3): 269~273.
- [2] Li W C, Chang J, Fan M Y, *et al.* A study on non-destructive model for estimating individual age of an endangered plant *Changium smyrnioides*. *Journal of Biomathematics*, 2003, **18**(3): 339~344.
- [3] Qiu Y X, Fu C X. Studies on the endangerment mechanism of and conservation strategies for *Changium smyrnioides*. *Biodiversity Science*, 2001, **9**(2): 151~156.
- [4] 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**(2): 445~447.
- [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**(2): 75~83.
- [6] Menges E S. Population viability analyses in plants: challenges and opportunities. *TREE*, 2000, **15**(2): 51~56.
- [7] Begon M, Mortimer M. *Population Ecology: A unified study of animals and plants*. Blackwell Scientific Publications, 1981.
- [8] Shang Y C, Cai X M. *General Ecology*. Beijing University Press, 1995.
- [9] Zhong Z C. *Study on ecological adaptive mechanism of plant population*. Science Press, 2000.
- [10] Ge Y, Chang J. Existence Analysis of Populations of *Mosla hangchowensis*, an endangered plant. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 2001, **42**: 141~147.
- [11] Yue C L, Jiang H, Zhu Y M. Analysis on numeric dynamics of population of *Cimicifuga nanchuanensis*, an endangered plant. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(5): 793~796.
- [12] Dagmar S, Wolfgang M P. A model for the development of the cabbage root fly (*Delia radicum* L.) based on the extended Leslie model. *Ecological Modelling*, 1996, **91**(15): 67~76.
- [13] Yang Q F. *The mathematics modeling*. Zhejiang University Press, 1999.
- [14] Zheng Y R, Zhang X S, Xu W D. Model forecast on population dynamics of spruce on sandy land. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, **21**(2): 130~137.
- [15] Yin X W, Chang J, Ge Y, *et al.* A comparison of dormancy and germination of seeds between an endangered species, *Changium smyrnioides*, and a non-endangered species, *Anthriscus sylvestris*. *Biodiversity Science*, 2002, **10**(4): 425~430.
- [16] Walter Larcher, ed. Zhai Z H, Guo Y H, Ma Y Z, *et al.* Translator. *Plant ecophysiology*. Agriculture University of China Press, 2001.

表4 明党参种群南高峰 10×10 m² 样方数量动态预测(未来 30 a)

Table 4 Numeric dynamics of *Changium smyrnioides* population in 30 years

年龄级 Age class	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆
1	110	20	22	18	17	11	8
5	14	24	4	5	4	4	3
10	14	14	24	4	5	4	4
15	14	13	13	23	4	5	4
20	12	11	10	10	18	3	4
25	8	10	9	8	8	14	3
30	8	6	8	7	7	7	11
35	5	3	3	3	3	3	3
40	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1
总计 Total	188	104	96	91	69	54	43

- [17] Smith L D, Hughes T P. An experimental assessment of survival, re-attachment and fecundity of coral fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1999, **235**:147~164.
- [18] Zhang W H, Zu Y G, Liu G B. Population ecological characteristics and analysis on endangered cause of ten endangered plant species. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(9): 1512~1520.
- [19] Probert R J, Longley P L. Recalcitrant seed storage physiology in three aquatic grasses (*Zizania palustris*, *Spartina anglic* and *Porteresia courctata*). *Annals of Botany*, 1989, **63**: 53~63.
- [20] Chang J, Ge Y. *Ecology*. Hang Zhou; Zhejiang University Press, 2001.

参考文献:

- [1] 盛海燕, 常杰, 殷现伟, 等. 濒危植物明党参种子散布和种子库动态研究. 生物多样性, 2002, **10**(3): 269~273.
- [2] 李伟成, 常杰, 樊梅英, 等. 濒危植物明党参个体年龄非破坏性估测模型. 生物数学学报, 2003, **18**(3): 339~344
- [3] 邱英雄, 傅承新. 明党参的濒危机制及其保护对策的研究. 生物多样性, 2001, **9**(2): 151~156.
- [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**(2): 75~83.
- [8] 尚玉昌, 蔡晓明. 普通生态学. 北京: 北京大学出版社, 1995.
- [9] 钟章成. 植物种群生态适应机理研究. 北京: 科学出版社, 2000.
- [11] 岳春雷, 江洪, 朱荫湄. 濒危植物南川升麻种群数量动态的分析. 生态学报, 2002, **22**(5): 793~796.
- [13] 杨启帆. 数学建模. 杭州: 浙江大学出版社, 1999.
- [14] 郑元润, 张新时, 徐文铎. 沙地云杉种群增长预测模型研究. 植物生态学报, 1997, **21**(2): 130~137.
- [15] 殷现伟, 常杰, 葛滢, 等. 濒危植物明党参与非濒危植物峨参种子休眠和萌发比较. 生物多样性, 2002, **10**(4): 425~430.
- [16] Walter Larcher 著, 翟志席, 郭玉海, 马永泽, 等译. 植物生态生理学. 北京: 中国农业大学出版社, 1997.
- [18] 张文辉, 祖元刚, 刘国彬. 十种濒危植物的种群生态学特征及致危因素分析. 生态学报, 2002, **22**(9): 1512~1520.
- [20] 常杰, 葛滢. 生态学. 杭州: 浙江大学出版社, 2001.