

濒危植物元宝山冷杉种群结构与分布格局

李先琨, 苏宗明, 向悟生, 宁世江, 唐润琴, 欧祖兰, 李瑞棠

(广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 桂林 541006)

摘要:元宝山冷杉是广西特有、列入《中国植物红皮书》的珍稀濒危植物, 种群数量不足 900 株。在元宝山自然保护区设置 5 块样地, 应用相邻格子法进行调查获取野外资料。对元宝山冷杉种群进行统计, 编制种群的特定时间生命表、绘制大小结构图和存活曲线, 并进行种群动态谱分析; 应用理论分布模型和聚集强度指数进行种群分布格局分析。结果表明: 元宝山冷杉种群幼苗个体比例大, 小个体级死亡率较高。个体胸径超过 21cm 后, 生命期望陡降。谱分析表明, 种群的动态过程存在周期性。由于种内和种间竞争的影响及林窗效应, 种群结构有波动性变化过程, 元宝山冷杉种群当前仍为稳定型种群。元宝山冷杉种群呈现聚集分布, 在不同发育阶段的分布格局有差异: 幼苗、幼树阶段为集群分布, 中龄阶段向随机分布发展, 大树呈均匀分布。种群在不同发育阶段的空间分布格局差异与其生物学和生态学特性密切相关, 同时受群落内小环境的影响。

关键词:元宝山冷杉; 种群结构; 分布格局; 动态分析

Study on the Structure and Spatial Pattern of the Endangered Plant Population of *Abies yuanbaoshanensis*

LI Xian-Kun, SU Zong-Ming, XIANG Wu-Sheng, NING Shi-Jiang, TANG Run-Qin, OU Zu-Lan, LI Rui-Tang (Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, 541006, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(12): 2246~2253.

Abstract: *Abies yuanbaoshanensis* is an endangered evergreen conifer endemic to Guangxi, and listed in the Red Data Book of plant in P. R. C., with less than 900 individuals remaining on earth. 5 plots were established in Yuanbaoshan Nature Reserve, and field data were obtained by tallying with contiguous grid quadrature method. The time-specific life table, survivorship curve and size structure of *Abies yuanbaoshanensis* population were analyzed and a spectral analysis of the population dynamic was made in this paper. The results showed that size distribution of the whole population generally fit the reverse “J” type and had a stability structure, majority of the individuals were seedling. The survivorship curve indicates that the mortality is high at the younger stage than in others. The expected average life largely decreased for *Abies yuanbaoshanensis* population after $DBH > 21\text{cm}$. Spectral analysis shows an obvious periodic fluctuation existed in the population. In the stage of the mature forest, the structure of the *Abies yuanbaoshanensis* had a process of fluctuation accompanying the regeneration or rehabilitation through forest gaps. Although, the spatial patterns of *Abies yuanbaoshanensis* population differed at various developmental stages, the general was clump: clump for seedlings and saplings, random for adult trees and even for big trees respectively. These differences at various developmental stages were related to their biological and ecological characteristics and microenvironments.

Key words: *Abies yuanbaoshanensis*; population; structure; spatial pattern; dynamic

文章编号: 1000-0933(2002)12-2246-08 中图分类号: Q948.1, S718.54 文献标识码: A

种群的大小和年龄结构是种群内不同大小、年龄个体数量的分布状况, 不仅反映种群不同大小和年龄个体的组配情况, 也反映了种群数量动态及其发展趋势, 并在很大程度上反映种群与环境间的相互关系及

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39960018); 广西科学基金资助项目(桂科自 9811013, 桂科配 0007008)

收稿日期: 2001-09-18

作者简介: 李先琨(1967~), 男, 广西桂林人, 副研究员。主要从事植物生态学和恢复生态学研究。

其在群落中的作用和地位^[1]，结合种群的生态需求、存活和死亡状况以及繁育后代的能力，就能对种群的未来作出更好的估计，另一方面，还可以重建种群过去的干扰历史^[2,3]。种群分布格局是种群在水平空间上的配置或分布状况，是由种群特性、种间关系和环境条件的综合影响所决定的，对于这方面的研究十分活跃^[4~10]。

元宝山冷杉(*Abies yuanbaoshanensis*)是松科冷杉属的常绿针叶乔木，为 20 世纪 70 年代发现的新种，是世界上仅产于广西融水县元宝山的子遗、濒危植物，是研究我国第四纪冰川时期植物区系和气候变迁的“活化石”^[11]，在国家公布的首批珍稀濒危保护植物中，被列为一级保护的濒危植物^[12]。

由于元宝山冷杉分布范围窄、数量少，自然更新能力差、结实周期长、结实量极少，种群处于极度濒危状态。研究元宝山冷杉种群与环境因子之间的关系和种群适应机理，将为保护元宝山冷杉这一珍稀濒危植物、防止种群衰退，提供理论依据，对保存物种多样性，具有重要的现实意义。对于元宝山冷杉，除国内少数科研人员作过初步的调查研究外，国外尚无人涉足^[13~15]。

1 元宝山冷杉分布地自然条件概况

元宝山冷杉分布区位于广西融水县中部的元宝山自然保护区(国家森林公园)，地处 25°22′~25°32′N、109°07′~109°13′E 之间，是广西起源最古老的山体，为大苗山山脉的主峰之一，一般海拔 1000~1500m，主峰蓝坪峰海拔为 2081m，最低处海拔为 285m。元宝山山地气候特征明显，年平均气温 16.4℃，1 月份平均气温 4~8℃，极端最低气温-8℃，7 月份平均气温 24~27℃，极端最高气温 32℃，≥10℃的年活动积温 5300℃；年降水量达 2379mm，是广西降水量最多的地区之一^[16]。

元宝山冷杉分布在海拔 1700~2050cm 范围的中山针阔混交林内，以元宝山冷杉、南方铁杉(*Tsuga tchekiangensis*)、南方红豆杉(*Taxus chinensis* var. *mairei*)、木莲(*Manglietia fordiana*)、红岩杜鹃(*Rhododendron haofui*)、红皮木姜(*Listea pedunculata*)、尾叶山茶(*Camellia caudate*)、杜鹃(*Rhododendron* sp.)等为乔木层优势种，灌木层以箭竹(*Sinarundinaria nitida*)为主，草本以短药沿阶草(*Ophiopogon bockianus*)、苔草(*Carex* sp.)等种类为主，群落总盖度 95%以上，其中乔木层郁闭度 0.85 以上，灌木层盖度 40%~60%，草本层盖度 60%~90%。林内潮湿、苔藓相当发达、附生现象突出，枯立木、枯倒树较多，地被物丰富。土壤为花岗岩发育的棕黄壤，覆盖度较小(35%~45%)、岩石出露较多，土层浅(30~50cm)，质地疏松。元宝山冷杉林处于老龄阶段，群落种类丰富而复杂。

2 调查与研究方法

2.1 外业调查

在元宝山冷杉集中分布区约 20hm² 范围内，选取有代表性的地段建立样地，设置 20m×30m 的样方 5 个。用相邻格子法进行每木调查，以 5m×5m 为基本单元，记录 $H \geq 3m$ 的全部乔木树种的胸径、树高、枝下高、冠幅等，灌木层、草本层也同时进行高度、盖度、多度等详细调查，对乔木植物的幼苗幼树逐一记录其高度。

2.2 种群大小级划分

年龄结构是种群的重要特征，许多学者在对种群结构和动态进行研究的过程中，都采用了大小结构分析法^[10,17~21]，元宝山冷杉是极度濒危的物种，为保护其每一个个体，使其种群不再受到人为的损毁，在缺乏解析资料的情况下，采用立木级结构代替年龄结构分析种群动态，对于种群大小结构立木级的划分标准，许多学者提出了不同的标准^[4~10,15,17~22]，根据元宝山冷杉生活史特点，将种群划分为 7 个大小级：Ⅰ. 幼苗 1 级(S1)，个体高度 $H < 50cm$ ；Ⅱ. 幼苗 2 级(S2)， $H = 50 \sim 100cm$ ；Ⅲ. 幼树(S3)， $H \geq 100cm$ ，胸高直径 $DBH < 3.0cm$ ；Ⅳ. 小树(S4)， $20.0 > DBH \geq 3.0cm$ ；Ⅴ. 中龄树(S5)， $35.0 > DBH \geq 20.0cm$ ；Ⅵ. 成年树(S6)， $50.0 > DBH \geq 35.0cm$ ；Ⅶ. 大树(S7)， $DBH \geq 50.0cm$ 。

2.3 种群结构特征分析

绘制元宝山冷杉种群的大小结构柱状图和存活曲线图，采用陈晓德的量化方法^[23]定量描述种群动态，结合 Leak. W. B. ^[24]的划分理论划分种群结构类型。文献^[23]的方法如下：

$$V_n = \frac{S_n - S_{n+1}}{\max(S_n, S_{n+1})} \cdot 100\% \quad V_{pi} = \frac{1}{\sum_{n=1}^{k-1} S_n} \cdot \sum_{n=1}^{k-1} (S_n \cdot V_n)$$

式中, V_n 表示种群从 n 到 $n+1$ 级的个体数量变化动态, V_{pi} 表示整个种群结构的数量变化动态指数, S_n , S_{n+1} 分别表示第 n 与第 $n+1$ 年龄级种群个体数, 当考虑未来的外部干扰时:

$$V_{pi} = \frac{\sum_{n=1}^{k-1} (S_n \cdot V_n)}{K \cdot \min(S_1, S_2, S_3, \dots, S_K) \cdot \sum_{n=1}^{k-1} S_n}$$

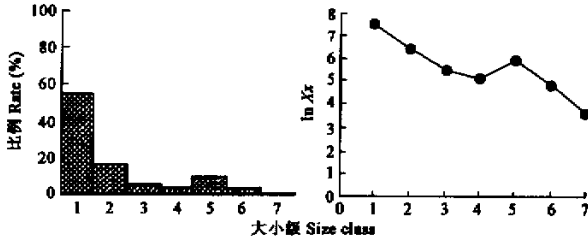


图1 元宝山冷杉种群结构与种群存活曲线图

Fig. 1 Population structure and survivorship curve of *Abies yuanbaoshanensis*

Size class: 1. $H < 50\text{cm}$; 2. $100 > H \geq 50\text{cm}$; 3. $H \geq 100\text{cm}, DBH < 3.0\text{cm}$; 4. $20.0 > DBH \geq 3.0\text{cm}$; 5. $35.0 > DBH \geq 20.0\text{cm}$; 6. $50.0 > DBH \geq 35.0\text{cm}$; 7. $DBH \geq 50.0\text{cm}$

$\text{Ln}Xx$: 种群数量(株/ hm^2)的自然对数 nature logarithmic values of population numbers (stems/ hm^2)

式中, K 为种群年龄级数量, V_{pi} 与 V_n 取正、负、零值的意义分别反映种群或相邻年龄级个体数量的增长、衰退、稳定的动态关系。

2.4 静态生命表

依据文献[4, 22, 25]的方法, 综合样地调查数据编制元宝山冷杉种群的静态生命表, 进行种群分析。

2.5 波谱分析

依据伍业钢[26]的方法, 以下式进行波谱分析:

$$X_t = A_0 + A_1 \sin(W_1 t + \theta_1) + A_2 \sin(W_2 t + \theta_2) + \dots + A_k \sin(W_k t + \theta_k) = A_0 + \sum_{k=1}^p A_k \sin(W_k t + \theta_k)$$

式中, X_t 为时间序列($t = 1, 2, \dots, h$), 代表种群年龄大小的分布状况; A_0 为周期变化的平均值, 确定了种群波动的基线; A_k 为谱波的振幅, 标志各个周期的作用; θ_k 为各谱波的相角, W_k 为各谱波的频率, t 为大小级。

根据三角公式, 令 $\alpha_i = A_k \sin \theta_k, b_k = A_k \cos \theta_k, \alpha_0 = A_0$, 则:

$$X_t = \alpha_0 + \sum_{k=1}^p (\alpha_k \cos W_k t + b_k \sin W_k t),$$

其中, $\alpha_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t; \alpha_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n X_t \cos \frac{2\pi k}{n} (t-1); b_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n X_t \sin \frac{2\pi k}{n} (t-1)$, 由此求出 α_0, α_k, b_k 值, 由 $A_k^2 = \alpha_k^2 + b_k^2, \theta_k = \tan^{-1}(\alpha_k / b_k)$ 可得各谱波的振幅及相角。

综合样地数据对乔木层个体($D \geq 3\text{cm}$)进行精细分析, 分别将元宝山冷杉个体的胸径分成 10 级(级差 5.0cm)和 15 级(级差 3.0cm)进行分析。

2.6 种群分布格局

对不同发育阶段的元宝山冷杉种群按结构分析的方法划分为 7 个个体级, 用方差/均值比率法对不同发育阶段的种群进行空间格局类型划分, 计算聚集强度指标, 种群分布格局和聚集强度采用方差/均值比的 t 检验法、负二项参数(k)法、格林指数、扩散型指数法、Cassie 指标法、丛生指标法、平均拥挤指数与聚块

性指数法和 χ^2 检验的方法进行,并进行格局分布拟合^[22,27~29]。

3 结果与分析

3.1 种群结构

种群的大小结构不仅反映了不同个体的组配情况,也反映了种群数量动态及其发展趋势,并在很大程度上反映了种群和环境间相互关系及它们在群落中的作用和地位。多次调查表明,元宝山冷杉种群数量不大,种群所有个体总和不足 900 株,其中成年个体约百余株。在设置的 3000m² 样方内,有元宝山冷杉个体 194 株,从种群结构来看,幼苗阶段数量(106 株)又明显高于后几个阶段,DBH≥20cm 的个体有 31 株、最大为 74cm。

从元宝山冷杉年龄金字塔看,元宝山冷杉种群立木 S₁~S₇ 级均存在,虽然种群结构有波动变化过程,种群个体数量也不多,但目前仍为稳定型种群。依据量化分析方法进行分析,元宝山冷杉种群相邻各级间个体数量变化动态为: V₁ = 66.98%, V₂ = 62.86%, V₃ = 30.77%, V₄ = -59.09%, V₅ = 68.18, V₆ = 71.43%, 整个种群年龄结构的动态指数 V_{pi} = 58.17%;在考虑到种群的外部干扰时, V_{pi}' = 8.31% > 0, 种群表现为稳定型种群。

表 1 元宝山冷杉种群静态生命表(1999)

Table 1 Static life-table of <i>Abies yuanbaoshanensis</i> population								
序号 No.	胸径区间 ^① (X-X')	区间 ^② 长度(cm)	区间 ^③ 存活数 X _x	存活数 ^④ 标准化 L _x	LogL _x ^⑤	区间死亡数 ^⑥ 标准化 D _x	死亡率 ^⑦ Q _x	期望寿命 ^⑧ E _x
1	H: 0~50cm		106	1000	3.000	670	0.670	1.32
2	H: 50~100cm		35	330	2.519	207	0.627	1.99
3	H>100cm, D<3.0cm		13	123	2.090	95	0.772	3.50
4	3~6	3.0	9	28	1.447	19	0.679	12.64
5	6~9	3.0	1	9	0.954	0	0	38.78
6	9~12	3.0	1	9	0.954	9	1.000	37.22
7	12~15	3.0	0	0	0	—	—	—
8	15~18	3.0	1	9	0.954	—	—	36.11
9	18~21	3.0	3	28	1.447	—	—	11.11
10	21~24	3.0	11	104	2.017	76	0.731	2.36
11	24~27	3.0	3	28	1.447	—	—	6.39
12	27~30	3.0	4	38	1.580	0	0	3.84
13	30~33	3.0	4	38	1.580	19	0.500	2.84
14	33~36	3.0	2	19	1.279	0	—	4.68
15	36~39	3.0	2	19	1.279	10	0.526	3.95
16	39~42	3.0	1	9	0.954	0	0	7.33
17	42~45	3.0	1	9	0.954	—	—	5.22
18	>45	30.0	3	28	1.447	—	—	1.18

① Diameter interval; ② Interval scale; ③ Survival at interval; ④ Standardized survival; ⑤ Logarithmic standard survival; ⑥ Standardized death at interval; ⑦ Mortality; ⑧ Expectative life

3.2 静态生命表

由表 1 可知元宝山冷杉种群结构存在波动性,幼年阶段个体较丰富,中龄径级数量较少或缺失(第 7 级; DBH = 12~15cm)使得在计算死亡率和存活率时出现间隔,成年阶段数量稳定,表明其幼年阶段的个体向成年阶段的发育是不连续的。死亡率在第 1、2、3、6、10、13、15 级出现明显的峰值,可能由于元宝山冷杉早年的种群生长,形成郁闭的林冠,使得林内光照条件相对较差,林冠下的低龄级个体生长受抑制,种群在从幼苗进入幼树阶段、从幼树进入小树阶段、从乔木层第 3 亚层到第 2 亚层和从第 2 亚层到第 1 亚层转化的过程中,都伴随着个体数目的急剧减少,只有当一些自然的因素(如大风、积雪、自然死亡等)或外部干扰使得一些高龄级个体倒伏或死亡而形成林窗空间时,林下存活的低龄个体才能迅速生长占据林窗。当种群个体进入林冠上层时,由于光照条件改善,竞争地位增强,死亡率维持在一个低水平阶段,以后由于个体逐渐达到生理年龄,死亡率又会上升。

3.3 波谱分析

元宝山冷杉种群动态是通过其不同径级个体数量分布的波动表现的。为分析其种群动态,本文采用两种级差(分别以 5cm、3cm 为级差)进行波谱分析,所得各波序的振幅如图 2, 2(a)是从 3 cm 开始,以 5cm 为级差所表现出的种群周期波动振幅;2(b)是以 3cm 为级差表现的种群周期波动。图 2(a)中数据长度 N 为每 5cm 一级的级数, $N=10$,故实际胸径长度为 $N\times 10=50\text{cm}$,总波序 $K=N/2=5$;图 2(b)中数据长度 N 为每 3cm 一级的级数, $N=15$,实际胸径长度为 $N\times 15=45\text{cm}$,总波序 $K=N/2=8$ 。

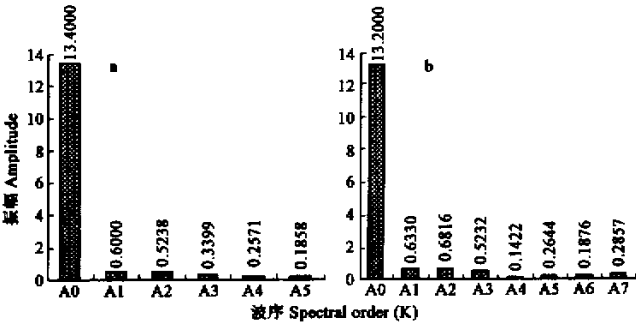


图 2 元宝山冷杉种群动态的波谱分析

Fig. 2 Spectral analysis for population dynamic of *Abies yuanbaoshanensis*

元宝山冷杉的整个生长过程受基波影响是显著的,即不管级差如何划分,A0 值均为最大,证明元宝山冷杉种群生长过程受其整个生命周期生物学特性控制的趋向性非常明显。

由图 2(b)可以找出较明显的周期反映种群发展过程,如 A0 反映 $15\times 3=45\text{cm}$ 的周期,A2 反映 $15\times 3/3=15\text{cm}$ 的周期,A5 反映 $15\times 3/6=7.5\text{cm}$ 的周期,A7 反映 $15\times 3/8=6\text{cm}$ 的周期,由此可见,元宝山冷杉种群的天然更新确实存在周期性,而且所表现的波动不是单一周期性,大周期内有小周期。这种波动与局部林窗效应的恢复有关,不同时期产生的林窗大小、数量不同,表现在年龄结构上,产生了不同大小级立木比例的波动,但种群仍然能够保持稳定和延续。

3.4 种群空间分布格局及其动态

3.4.1 不同发育阶段种群空间分布格局 从表 2 可以看出,元宝山冷杉种群总体上为集群分布,且聚集程度较强,各项指标为:

$v/m=15.5251, t=55.3123, X^2=450.2268, k=0.8204, GI=0.0753, d=22.4577, C_A=1.2189, I_d=3.1825, I=14.5251, m^*=20.9918, m^*/m=2.2189$,分布拟合遵从负二项分布。

元宝山冷杉种群在幼苗(S_1 、 S_2)、幼树(S_3)、小树(S_4)阶段的空间分布呈集群分布格局,Ⅰ级幼苗聚集程度极强, $v/m=12.1744$, t 值为 42.5333, $k=0.5465$,到了中龄树($S_4\sim S_5$)阶段,聚集强度减弱,向随机分布和均匀分布格局发展。幼苗、幼树的聚集程度高,说明幼苗幼树在更小尺度上受生境异质性的影响,这可能是由于种子的散布和萌发、微地形变化、光照及水分与土壤因素的影响而造成的。

3.4.2 不同取样单位上元宝山冷杉种群空间分布格局 从表 2 可以看出,在不同取样单位上,元宝山冷杉种群均表现为集群分布,但在 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 取样单元上聚集程度较强。不同发育阶段的种群分布格局也有所差异,在 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 单元上种群分布格局中集群分布向随机分布转化出现在Ⅴ级(S_5 ; $DBH=20\sim 35\text{cm}$)阶段,而在 $5\text{m}\times 5\text{m}$ 单元上则较早出现在Ⅲ级(S_4 ; $DBH=3\sim 20\text{cm}$)阶段,表明种群格局规模在个体胸径大于 20cm 后发生了变化。

4 结论与讨论

4.1 种群结构

通过多年调查数据,元宝山冷杉种群数量不大,种群所有个体的总和不足 900 株。从种群结构来看,幼苗阶段数量又明显高于后几个阶段,虽然种群发展过程有一定的波动,然而,就种群本身的结构而言,仍属

于稳定型种群。

表 2 元宝山冷杉种群分布格局及其动态

Table 2 Distributing pattern and dynamic of *Abies yuanbaoshanensis* population

$N=30$ $S=10\text{m}\times 10\text{m}$

个体级 Size class	个体数 Number of individual	均值 Mean	方差 Variance	V/m	t	χ^2	k	GI
I	106	3.5333	43.0161	12.1744	42.5333	353.0566	0.5465	0.1064
II	35	1.1667	6.9023	5.9163	18.7209	171.5714	0.1381	0.1446
III	13	0.4333	0.7368	1.7003	2.6672	49.3077	0.292	0.0584
IV	10	0.3333	0.4368	1.3103	1.1813	38	0.606	0.0345
V	22	0.7333	1.2368	1.6865	2.6146	48.9091	0.746	0.0327
VI	7	0.2333	0.1851	0.7931	0.7867	23	—1	—0.0345
VII	2	0.0667	0.0664	0.9655	0.1314	28	—1	—0.0345
I ~ VII	194	6.4667	100.3954	15.5251	55.3123	450.2268	0.8204	0.0753

个体级 S	d	$C_A(1/k)$	I_δ	I	m^*	m^*/m	分布拟合* Distribution model	结果* Result
I	19.0230	1.8298	3.9245	11.1744	14.7077	2.8298	NB	C
II	10.9743	7.2411	5.1933	4.9163	6.083	8.2411	NB	C
III	2.3807	3.4247	2.6293	0.7003	1.1336	4.4247	NB P	C
IV	1.1680	1.6502	2.0	0.3103	0.6436	2.6502	NB	C
V	2.3405	1.3405	3.3766	0.6865	1.4198	2.3405	NB	C→R
VI	—0.7675	—1	0	0.2069	0.4402	0	P	E
VII	—0.0665	—1	0	0.0345	0.1012	0	P	E
I ~ VII	22.4577	1.2189	3.1825	14.5251	20.9918	2.2189	NB	C

$N=120$ $S=5\text{m}\times 5\text{m}$

个体级 S	个体数 n	均值 m	方差 v	V/m	t	χ^2	k	GI
I	106	0.8833	4.4401	5.0265	31.0702	598.1509	0.254	0.0383
II	35	0.2197	1.0151	3.4802	19.1350	414.1429	0.0696	0.0729
III	13	0.1083	0.1310	1.2094	1.6173	143.9231	0.408	0.0175
IV	10	0.0833	0.0770	0.9244	0.5833	110	—1	—0.0084
V	22	0.1833	0.1678	0.9152	0.6528	108.9091	—2	—0.0040
VI	7	0.0583	0.0554	0.9496	0.3835	113	—1	—0.0084
VII	2	0.0167	0.0165	0.9916	0.0926	118	—1.5	—0.0084
I ~ VII	194	1.6167	9.9359	6.1459	39.7052	741.3608	0.6255	0.0267

个体级 S	d	$C_A(1/k)$	I_δ	I	m^*	m^*/m	分布拟合	结果
I	19.1928	3.9370	5.5633	4.0265	4.9098	4.9370	NB	C
II	13.3852	14.3678	6.1513	2.4802	2.7719	15.3678	NB	C
III	1.5712	2.4510	3.0769	0.2094	0.3177	3.4510	NB P	C
IV	—0.5624	—1	0	—0.0756	0.0077	0	P	C→R
V	—0.6361	—0.5	0.5194	—0.0848	0.0985	0.5	P	R→E
VI	—0.3615	—1	0	—0.0504	0.0079	0	P	E
VII	—0.0325	—0.6667	0	—0.0084	0.0083	0.3333	P	E
I ~ VII	22.8507	1.5987	4.1761	5.1459	6.7626	2.5987	NB	C

* NB 负二项分布 Negative binomial distribution P 泊松分布 Poisson distribution C 集群分布 Clumped distribution R 随机分布 Random distribution E 均匀分布 Evenness distribution

元宝山冷杉种群结构存在波动性,其中Ⅴ级的比例高于Ⅳ级,谱分析表明,种群在个体胸径分别为 6.0 ~7.5cm、15cm 时均出现波动。可能因为种群的更新与林窗有一定关系,由于上层林木对光照条件的

万方数据

的影响以及种内与种间个体的竞争,使得个体较难通过强烈的环境筛选进入种群的更替层,由样方资料可

知其幼树、小树一般都出现在林窗附近。由于群落环境的影响,林内的幼树向小树生长转化过程中对光资源的需求相对不足,林窗空间则能提供相对充足的光资源有利于其个体的生长发育和种群的更新。

4.2 种群分布格局

元宝山冷杉种群在不同发育阶段上分布格局有差异,从集群分布向均匀分布发展。在中幼龄阶段表现为集群分布,且在幼苗阶段聚集程度极强,中成年阶段向随机分布发展最终达到均匀分布。

元宝山冷杉种群的空间分布格局受种群本身的生物学特性影响,群落中由于过熟的立木较多,易形成林窗,元宝山冷杉在林窗形成异龄群聚,种群的空间分布格局表现为集群分布。种群的空间分布格局与群落生境有关,群落内巨大的岩石裸露与土壤侵蚀,形成了许多植物无法定居生长的空白区,与裸岩凹处积聚的土壤上生长的元宝山冷杉形成鲜明对比。在元宝山冷杉群落内,裸岩面积在局部地段达到 70%,导致种群表现为集群分布;而在不同尺度的取样单元上,种群分布格局发生转化的阶段有差异。

元宝山冷杉种群的空间分布格局受群落特征影响主要体现在群落的组成和结构上。元宝山冷杉作为共优种,其分布受制于其他共优种,特别是生态习性相近的南方铁杉和阔叶树种,在这些共优种的树冠下,元宝山冷杉的个体极少。群落内灌木层(主要为箭竹)、草本层(沿阶草)的结构直接影响元宝山冷杉的分布,在灌木或草本盖度高的地段,由于箭竹地下根系盘结、地上枝叶繁茂、荫蔽潮湿,阻碍种子的萌发和生长,使得种群的更新极度困难,与银杉种群相似^[9]。

4.3 元宝山冷杉种群濒危原因与保护对策

植物的生存不仅决定于它们对现代生境条件的反应,并且也决定于它们对地质时代气候条件、山地条件的反应^[9]。元宝山冷杉作为第四纪冰川袭击后残存的物种,分布区域极其狭小,种群数量不足 900 株,客观上成为种群生存与延续的一大障碍。元宝山冷杉生长极为缓慢,成年个体中开花结实植株不多,且有间隔期 1~3a,种子产量极少,繁殖能力极低,饱满种子率 20%~70 %、平均 40%,饱满种子的场圃发芽率仅 6.8%^[16]。元宝山冷杉群落内生境不利于其种子的散播和发芽,加之在幼苗阶段虽然需要一定的荫蔽,但随年龄增加对光照要求逐渐增强,进入幼树、小树阶段后,由于林冠的过分荫蔽,个体往往在林缘、林窗才能正常生长。地质时代的气候变迁与现代生境下种群天然更新的巨大障碍,造成元宝山冷杉的极度濒危。

元宝山冷杉种群不仅亟须有效保护,更需要采取一定的技术措施促进种群的延续与发展,首先,突破种群繁殖难关,扩大种群数量。由于元宝山冷杉的自然生境严酷,数量稀少,种群的生存与发展难以保证,天然条件下更新繁殖率低,加强元宝山冷杉繁殖技术的研究,提供一定数量的种苗以延续其种群显得非常迫切和必要。其次,对群落进行适度干扰。由于元宝山冷杉个体进入幼树、小树阶段后对光资源的要求增强,在自然生境中荫蔽度大,抑制了植株的生长发育,造成死亡高峰。另外,灌木草本层浓密的箭竹、沿阶草等植物,阻止了种子的萌发和幼苗的存活,须对群落生境进行适度干扰、促进种群的演替。

参考文献

[1] Wang Z F(王峥峰), An S Q(安树青), Zhu X L(朱学雷), *et al.* Distribution pattern of tree populations in tropical forest and comparison of its study methods. *Chinese Journal of Applied Ecology*(in Chinese)(应用生态学报), 1998, **9**(6): 575~580.

[2] Lorimer C. Age structure and disturbance history of a southern Apalachian virgin forest. *Ecology*, 1980, **61**:1169~1184.

[3] Harper J L. *Population Biology of Plants*. London: Academic Press, 1977. 599~643.

[4] Zhao X N(赵学农), Liu L H(刘伦辉), Gao S Y(高圣义), *et al.* A study on the structural dynamics and spacial pattern of *Vatica xishuangbannaensis* population. *Acta Botanica Sinica*(in Chinese)(植物学报), 1993, **35**(7):552~560.

[5] Su Z Y(苏志尧), Wu D R(吴大荣), Chen B G(陈北光). Structure and spatial pattern dynamics of dominant populations in a natural forest in north Guangdong Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*(in Chinese)(应用生态学报), 2000, **11**(3): 337~341.

[6] Kohyama M. Estimating stationary size distribution of trees in rain forests. *Annals of Botany*, 1991, **68**:173~180.

- [7] Zhu X L(朱学雷), An S Q(安树青), Zhang L X(张立新), *et al.* Population structure of tropical montane rainforest on Wuzhi Mountain of Hainan. *Chinese Journal of Applied Ecology*(in Chinese)(应用生态学报),1999, **10**(6):641~644.
- [8] Guo J P(郭晋平), Shi H Q(石会全), Kang R L(康日兰), *et al.* A study on the age structure and dynamics of *Picea wilsonii* wildwood in Guancenshan Mountain. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报),1997, **17**(2): 185~189.
- [9] Xie Z Q(谢宗强), Chen W L(陈伟烈), LU P(路鹏), *et al.* The demography and age structure of the endangered plant population of *Cathaya argyrophylla*. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1999, **19**(4):523~528.
- [10] Brodie C, Howle G, Fortin M J. Development of a *Populus balsamifera* clone in subarctic Québec reconstructed from spatial analyses. *Journal of Ecology*, 1995, **83**:309~320.
- [11] Fu L G(傅立国) ed. *The Red Data Book of plant in P. R. C.* (Vol. 1). Beijing: Science Press, 1992. 60~61.
- [12] Yu Y F(于永福). The landmark of wild plant conservation in China. *Journal of Plant*(in Chinese)(植物杂志), 1999, (5):3~11.
- [13] Huang S X(黄仕训), Wang C M(王才明), Wang Y(王燕). Liminary study on phytocoenological characters of *Abies yuanbaoshanensis* community. *Guihaia*(in Chinese)(广西植物),1996, **16**(3):239~246.
- [14] Xie Q(谢强), Qin G C(覃干超), Huang J L(黄家林). An analysis of the chief tree population of the *Abies yuanbaoshanensis* community and their niche relationships. *Journal of Guangxi Normal University*(in Chinese)(广西师范大学学报),1998, **16**(2):79~85.
- [15] Pan B M(潘百明), Qin G C(覃干超). A preliminary study on the structure and dynamics of the *Abies yuanbaoshanensis* population. *Journal of Guangxi Normal University*(in Chinese)(广西师范大学学报),1998, **16** (2):86~91.
- [16] Tang R Q(唐润琴), Li X K(李先琨), Ou Z L(欧祖兰), *et al.* The Fruiting Characteristics and reproductive capacity of seeds of *Abies yuanbaoshanensis*. *Plant Research* (in Chinese)(植物研究),2001, **21**(3):403~408.
- [17] Zhong Z C(钟章成). *Ecological study on evergreen broadleaved forest*(in Chinese). Chongqing: Southwest Normal University Press, 1988. 253~314.
- [18] Liang S C(梁士楚). A preliminary study on the structure and dynamics of *pubescent hornbeam* population in karst mountain of Guiyang. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*(in Chinese)(植物生态学与地植物学学报),1992, **16**(2):108~117.
- [19] Cai F(蔡飞). A study on the structure and dynamics of *Cyclobalanopsis glauca* population at hills around west lake in Hangzhou. *Scientia silvae sinicae* (in Chinese) (林业科学), 2000, **36**(3):67~72.
- [20] Liu F(刘峰), Chen W L(陈伟烈), He J S(贺金生). Population structure and regeneration of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* in shennongjia. *Acta phytocologica sinica* (in Chinese) (植物生态学报), 2000, **24**(4):396~401.
- [21] Johnson J B. Stand structure and vegetation dynamics of a subalpine treed fen in Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Vegetation Science*, 1997, **8**:337~342.
- [22] Wang B S(王伯荪), Li M G(李鸣光), Peng S L(彭少麟). *Phytopopulology* (in Chinese). Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1995. 39~112.
- [23] Cheng X D(陈晓德). A study on the method of quantitative analysis for plant population and community structural dynamics. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese) (生态学报), 1998, **18**(2): 214~217.
- [24] Leak W. B. Age distribution in virgin red spruce and northern hardwoods. *Ecology*, 1975, **56**: 1451~1454.
- [25] Smith R L, translated by Li J D(李建东), *et al.* *Elements of ecology and field biology* (in Chinese). Beijing: Science Press, 1988. 188~231.
- [26] Wu Y G(伍业钢), Han J X(韩进轩). A spectral analysis of the population dynamics of *Korean pine* in the mixed broad-leaved *Pinus koraiensis* forest. *Chinese Journal of Ecology*(in Chinese)(生态学杂志), 1988, **7**(1):19~23.
- [27] Ladvager (拉德维格) JA, Regnolds (蓝诺兹) JF, translated by Li YZ(李育中译). *Statistical Ecology* (in Chinese). Huhehaote: Neimengga University Press, 1990. 10~24.
- [28] Jiang H (江洪). *Population Ecology of Spruce (Picca asperata)* (in Chinese). Beijing: Chinese Forestry Press, 1992. 41~50.
- [29] Li, X K(李先琨), Huang Y Q(黄玉清), Su Z M(苏宗明). A study on distribution pattern and dynamics of *Taxus mairei* population on Yuanbaoshan Mountain, Guangxi, China. *Chinese Journal of Applied Ecology* (in Chinese)(应用生态学报), 2000, **11**: 169~172.