

湖北神农架地区巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 种群结构特征与空间分布格局

蒋雪琴¹, 刘艳红^{1,*}, 赵本元²

(1. 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 湖北神农架国家级自然保护区管理局, 湖北 442421)

摘要: 巴山冷杉群落是湖北神农架地区主要的群落类型之一, 从生命表特征、年龄结构、存活曲线以及种群和不同龄级个体空间分布格局等方面研究了湖北神农架地区巴山冷杉的种群结构特征与空间分布规律。研究结果表明: 巴山冷杉的种群年龄结构图呈现的是幼苗比例最大, 中龄树、幼树和成龄树比例次之的规律; 巴山冷杉幼苗储备丰富, 巴山冷杉自身的生物学特性及环境因素是形成这种现象的主要原因; 湖北神农架地区巴山冷杉种群的存活曲线接近于 Deevey C 型, I 径级巴山冷杉死亡率最高, II 径级开始巴山冷杉幼树死亡率大幅度下降, 直至老龄期死亡率逐渐升高; 巴山冷杉种群不同年龄级的个体呈现出集群分布或随机分布, 处于不同发育阶段的个体群, 其空间分布格局是随时间变化的。

关键词: 神农架; 巴山冷杉; 种群结构和动态; 空间分布格局

文章编号: 1000-0933(2009)05-2211-08 中图分类号: Q145, Q948, S718.5 文献标识码: A

Structure characteristics and spatial distribution of *Abies fargesii* population in Shennongjia National Nature Reserve, China

JIANG Xue-Qin¹, LIU Yan-Hong^{1,*}, ZHAO Ben-Yuan²

1 Key laboratory of Silviculture and Forest Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 10083, China

2 Shennongjia National Nature Reserve Administration in Hubei Province, Hubei 442421, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5): 2211 ~ 2218.

Abstract: Life history characteristics and spatial distribution of *Abies fargesii* population in Shennongjia National Nature Reserve was studied using the life table, age structure and survivorship curve of the *Abies fargesii* population in Shennongjia nature reserve to explain: 1) population growth characteristics, and 2) how can biological and environmental factors affect population distribution and dynamics? *Abies fargesii* is distributed mainly on certain attitude that ranges from 2000 m to 3104.5m in shennongjia nature reserve. We sampled trees in 30 plots (20m × 20m), and, in each plot, we chose 5 grids (5m × 5m) for shrubs, 10 grids (1m × 1m) for grasses, and 10 grids (1m × 1m) for regeneration layer. The diameter at breast height (DBH) of each tree was recorded. We determined the life table, age structure and survivorship curve of the *Abies fargesii* to analyze population structure and dynamics. The age structure of the population indicates that *Abies fargesii* population is a developing population. The survivorship curve of *Abies fargesii* population generally matches a Deevey Type I, although seedlings is rare and have low survival rate due to high crown density. The spatial distribution in different growth periods are clumped or random. Populations tend to clump when interspecific competition is not severe in a wet and cold habitat in shennongjia nature reserve. Intraspecific competition also affects the clustering intensity of different growth periods.

基金项目: 国家林业局自然保护区研究与评价中心重点资助项目: 影响金丝猴可持续生存的关键因子评价和保护研究; 三峡库区植物调查与补充编目研究资助项目 (KY-03-07-01)

收稿日期: 2008-07-24; 修订日期: 2009-04-23

致谢: 野外调查工作得到神农架国家级自然保护区管理局的帮助, 特表谢忱。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuyh0710@sohu.com

Key Words: Shennongjia Nature Reserve; *Abies fargesii*; population structure; population dynamics; spatial distribution

种群结构是植物种群的重要属性,不仅反映了种群个体在空间上的组配方式,也在一定程度上反映了种群的发展趋势^[1,2]。空间分布格局是种群研究的重要内容,是种群的重要结构特征之一,种群的分布格局是由种群特性,种群关系和环境条件的综合影响所决定,在某种意义上它与环境条件的相关是因果关系,或者说,种群格局是对环境适应和选择的结果,因而种群空间分布格局通常反映一定环境因子对个体行为,生存和生长的影响^[3]。

湖北神农架地区巴山冷杉(*Abies fargesii*)隶属于松科(Pinaceae),冷杉属(*Abies*)为我国特有种^[4]。上世纪70年代,由于人为的大量砍伐,神农架自然保护区中大片的原始巴山冷杉消失,巴山冷杉原始森林砍伐后,取而代之的是一丛丛低矮的箭竹林和高山草甸。目前,在神农架巴山冷杉纯林仅分布于大小神农架、神农顶、板壁岩、罗圈套、金猴岭、姊妹峰、龙头山以及海拔2600m以上的一些人迹罕至的无名山头,呈割裂的岛屿状分布。为加快恢复神农架的巴山冷杉种群,神农架自然保护区管理局自1997年以来,每年都定期在已退化为草甸的地方人工种植一定数量的巴山冷杉,近年来对巴山冷杉相关研究主要集中在群落学特征^[5~9]培育和利用^[10],仅李景侠等对太白山巴山冷杉种群结构和分布格局作了相关的研究^[11]。对于湖北神农架地区大面积分布的巴山冷杉群落也仅有对其群落特征、优势种群结构^[12]及种子雨的时空格局进行了研究^[13]。

巴山冷杉种群在湖北神农架地区的生长状况和动态如何?包括种间与种内竞争等的生物因素和环境因素如何影响巴山冷杉种群的空间分布,为了巴山冷杉种群能够得到更有效的保护,本文通过对巴山冷杉种群生活史特征、年龄结构、种群空间分布格局等方面的研究,探讨湖北神农架地区巴山冷杉种群分布和动态规律及影响机制,为更好地保育巴山冷杉群落提供一定的理论依据。

1 研究区自然概况

神农架林区位于湖北省西北部,北纬 $31^{\circ}15' \sim 31^{\circ}21'$,东经 $109^{\circ}56' \sim 110^{\circ}58'$,属大巴山脉向东延伸的余脉,主峰神农顶海拔(h)3105m,为华中第一峰。北亚热带与暖温带的过渡地区,受夏季湿热的东南季风和冬季干冷析北方大陆气流的影响,降水量夏季多,冬季少,春秋介于冬夏之间。由于山体庞大,地势陡峭,自山麓至山顶有明显的垂直气候带,大致可分为北亚热带($h < 1800\text{m}$)、温带($1800\text{m} < h < 2600\text{m}$)和寒温带($h > 2600\text{m}$),其植被变化自山麓至山顶依次为常绿阔叶林、落叶阔叶混交林、常绿针叶与落叶阔叶混交林和寒温带性针叶林。随着气候、植被类型的垂直变化,神农架自然保护区的土壤呈明显的垂直带分布:海拔600~1500m为山地黄棕壤;海拔1500~2200m为山地棕壤;海拔2200~2900m为山地暗棕壤;海拔2900m以上为棕色针叶林土。

巴山冷杉林天然分布处于我国的东部边缘,在神农架自然保护区海拔2000m以上才开始有分布,2500m以上能成林,2700m以上比较集中,形成大片或带状纯林,而且多生长于山头或山脊处。巴山冷杉林上限达神农顶海拔3105.4m,其垂直分布范围内尚有红桦林生长,所在地土壤为棕色森林土或山地棕色灰化土。该群落除巴山冷杉外,多有铁杉(*Tsuga chinensis*)、华山松(*Pinus armandi*)等针叶树和红桦(*Betula albo-sinensis*)、糙皮桦(*B. utilis*)、陕甘花楸(*Sorbus koehneana*)、椅杨(*P. wilsonii*)、山杨(*P. davidiana*)、槭树(*Acer* sp.)等落叶阔叶树混生。巴山冷杉林多处于高度垦殖区内,砍伐严重,而且多处于地势陡峭的边缘之地,成过熟林中断梢、腐倒木较多,自然更新不良,自下限的桦木极易侵入。若采伐过度,箭竹(*Sinarandi narianitida*)或杜鹃(*Rhododendrom* sp.)或其他灌丛也极易取而代之^[14]。

2 研究方法

2.1 样地调查

2007年7月通过实地踏查发现,巴山冷杉群落在神农架自然保护区分布于海拔2000m以上区域,上限达神农顶海拔3105.4m处。在此海拔范围内选择不同海拔及不同坡向分布的巴冷杉种群典型区域设置样方,样方大小为 400m^2 ,共30个样方,其分别代表着巴山冷杉林生长的不同生境。在每个 $20 \times 20\text{m}^2$ 乔木样方内再

设置 5 个 $5 \times 5 \text{ m}^2$ 灌木样方、10 个 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 草本样方及 10 个 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 更新苗样方;每个样方中进行群落学调查,乔木层记录郁闭度、每木树高、胸径、冠幅及生长状况,灌木层和草本层的株数、高度、盖度以及样方所在地的海拔、坡向、坡度、坡位等环境因子;更新层记录其株数并测量高度及年龄。

2.2 种群数量与结构的建立

巴山冷杉材质坚硬,用生长锥钻取木芯困难,外部形态也很难精确测定生长年龄,因而采用立木级结构代替年龄结构分析种群动态。立木级结构按两种方法处理,胸径在 5cm 以下划定为幼树,并按树高分为 2 级,高度 $\leq 2.5 \text{ m}$ 为 I 级,高度 $> 2.5 \text{ m}$ 称为 II 级;胸径 $\geq 5 \text{ cm}$ 的个体按 5cm 间隔段划分,依次类推^[11,15]。

2.3 数据处理

2.3.1 生命表的编制

本文以树木的胸径作为度量树木年龄的指标。根据立木级结构的处理方法总共将神农架地区的巴山冷杉种群的年龄结构划分为 13 个径级^[11]。统计各个龄级内的巴山冷杉的株数,按照静态生命表的编制方法,依据野外调查的各径级存活数(n_x)及标准存活量(l_x),计算出各径级的死亡量(d_x)、总寿命(T_x)、死亡率(q_x)等编制神农架巴山冷杉种群生命表(表 1)^[16,17];

2.3.2 年龄结构图与存活曲线的绘制

以调查数据的个体数为纵坐标,径级为横坐标,绘制巴山冷杉种群的年龄结构柱状图。以各生命表中径级为横坐标,以 $\lg l_x$ 为纵坐标绘制巴山冷杉种群的存活曲线。

2.3.3 种群空间分布格局分析

(1) 空间分布格局及动态分析

离散分布拟合理论, χ^2 检验,判定观察的频度与泊松(Poisson)分布、负二项(Negative Binomial)分布的吻合程度;种群扩散系数 $C = S^2/m$,当 $C = 1$,判定为随机分布, $C < 1$ 为均匀分布; $C > 1$ 为集群分布,应用 t 检验实测值与 1 的差异程度($P < 0.05$);

$$\text{Morisita 指数} \quad I = (\sum x^2 - \sum x) / [(\sum x)^2 - \sum x] \times n,$$

当 $I = 1$ 为泊松分布, $I < 1$ 为均匀分布; $I > 1$ 为聚集分布,应用 $\chi^2 = I \times (\sum x - 1) + n - \sum x$ 与 $X^{2(n-1)}$ 检验差异显著性($P < 0.05$)^[18~20]。

种群聚集强度测定:采用聚块性指标 $= (m^*/m)$ 。

$$\text{其中, } m^* = \frac{\sum x^2}{\sum x} - 1 = \bar{x} + \frac{s^2 - \bar{x}}{\bar{x}} \quad [20,21]$$

以上各式中 s^2 为样本方差; m 为总体平均数; n 为抽样单位的总数; x 为出现的株数。

(2) 种群分布与环境的相关分析

为判断环境因子与神农架地区巴山冷杉种群分布之间的关系,将海拔、坡向、坡度、坡位 4 个环境因子作为因变量,分别与每个样方内巴山冷杉个体数量进行相关分析^[15]。相关系数 r 的计算公式为 $r = L_{xy} / \sqrt{L_{xx}L_{yy}}$,并对 r 的可信度进行 t 检验^[22]。求算时,海拔用实测数据,坡向、坡度和坡位按如下指标进行分级^[23]:

用数字将 8 个方位坡向分为 8 级:1 表示北坡,2 表示东北坡,3 表示西北坡,4 表示东坡,5 表示西坡,6 表示东南坡,7 表示西南坡,8 表示南坡;按所测坡度上下限,均分为 6 级:I 级为 $< 15^\circ$,每 5° 增加 1 级;上坡位定为 1 级,中坡位为 2 级,下坡位为 3 级。

3 结果与分析

3.1 巴山冷杉种群生命表特征分析

巴山冷杉种群的基本特征:巴山冷杉种群小径级的数量较大,表现出丰富的后备资源,这与巴山冷杉的生物学及生态学特性有关。该树种耐荫性强,林下更新容易,因此在目前情况下,如无人干扰及自然灾害,种

群将会长期延续下去;但巴山冷杉的死亡率在径级 I 转为径级 II 很高。

从表 1 中生命期望一栏可以看出:湖北神农架地区巴山冷杉种群中年轻的种群平均生存余年最长,即平均生存能力强,随径级的增加,生命期望基本上呈递减趋势,这种趋势符合种群的生物学特征,体现了生命力下降的趋势。而在第 VII 径级,生命期望值增加,自第 VIII 径级开始生命期望值以逐渐降低,这说明在第 V 径级经历了自疏作用后,此阶段种群处于稳定发展期,且生命力仍相对旺盛,因此,具有较高的生命期望。这一阶段巴山冷杉种群生命期望值的变化与其死亡率之间的变化规律是存在着密切地相互关系,并且客观存在的。

表 1 湖北神农架地区巴山冷杉种群静态生命表

Table 1 Life table of Form. *Abies fargesii* population in shennongjia nature reserve in Hubei

径级 x DHB class	存活数 n_x Number of survival	存活数标准 l_x Standard survival	死亡数 d_x Standard death at interval	死亡率 q_x Mortality	平均存活数 L_x Average number of survival	从第 x 径级起 超过 x 径级的 有活个体总数 T_x Total survival individuals from x DBH class to above $x + 1$ DBH class	生命期望 e_x Expecting life
I	10548	1000	10389	984.9	5354	6610	0.63
II	159	15.1	-173	-1088.1	246	1256.5	7.9
III	332	31.5	93	280.1	285.5	1011	3.0
IV	239	22.7	54	225.9	212	725.5	3.0
V	185	17.5	3	16.2	183.5	513.5	2.8
VI	182	17.3	99	544.0	132.5	330	1.8
VII	83	7.7	21	253.0	72.5	197.5	2.4
VIII	62	5.9	24	387.1	50	125	2.0
IX	38	3.6	8	210.5	34	75	2.0
X	30	2.8	16	533.3	22	41	1.4
XI	14	1.3	4	285.7	12	19	1.4
XII	10	0.9	8	800.0	6	7	0.7
XIII	2	0.2	2	1000.0	1	1	0.5

* $l_x = n_x/n_0 \times 1000$; $d_x = n_x - n_{x+1}$; $q_x = d_x/n_x \times 1000$; $e_x = T_x/n_x$

3.2 巴山冷杉种群年龄结构分析

从图 1 中可以看出,巴山冷杉种群胸径在 5cm 以下的幼树(II 级)较少,个体数仅为 159 株,占巴山冷杉乔木样本数量的 1.38%;以胸径为 5~40cm(III~VIII 级)的中龄组个体数较多,共 1083 株,占巴山冷杉样本数量 9.11%;IX 级以上的成年树总数为 94 株,占总样本数量的 0.8%。因此,纵观湖北神农架地区巴山冷杉种群的年龄结构,呈现的是幼苗比例最大,中龄树、幼树和成龄树比例次之的规律。湖北神农架地区巴山冷杉种群的幼苗储备非常丰富,有 10548 株,占更新层 90% 以上,但 5cm 以下幼树缺失。

3.3 巴山冷杉种群存活曲线特征

从图 2 中可以看出,神农架巴山冷杉的存活曲线基本接近于 Deevey C 型。I 径级巴山冷杉存活率最高,巴山冷杉表现出丰富的后备资源;II 径级巴山冷杉幼树存活率大幅度下降,直至老龄期死亡率达到最大。

该树种耐荫性强,林下更新容易, I 径级巴山冷杉存活率最高,表现出丰富的后备资源;但 I 径级转变成

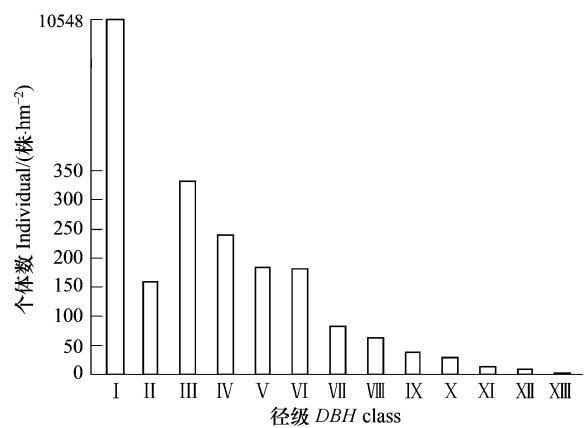


图 1 神农架地区巴山冷杉种群径级结构

Fig. 1 The DBH class structure of *Abies fargesii* population in shennongjia nature reserve

Ⅱ径级时幼苗出现了大量的死亡,大部分幼苗难以成功的转变成Ⅱ径级的幼树,从而导致存活曲线所表现出的特征是从幼苗转变成幼树过程的死亡率达到最高值。

3.4 种群空间分布格局分析

3.4.1 种群的分布格局

从表2可以看出,离散分布拟合和Morisita指数判定的结果显示均表明巴山冷杉种群的分布格局为强聚集分布;离散拟合结果符合负二项分布模型。

由聚块性指数 m^*/m 的值可以看出,I~Ⅷ径级整体表现出较强的聚集趋势;Ⅰ~Ⅳ、Ⅴ~Ⅶ径级呈现轻微的聚集趋势,其原因在于在林下灌木层种类丰富、数量较多,故种间竞争激烈,使得其聚集强度不如Ⅷ~ⅩⅢ。而Ⅷ~ⅩⅢ径级呈现较强的聚集趋势,其原因是:作为群落中的优势个体,正处于旺盛生长期的巴山冷杉能充分利用资源生长,因此其聚集程度进一步增加。

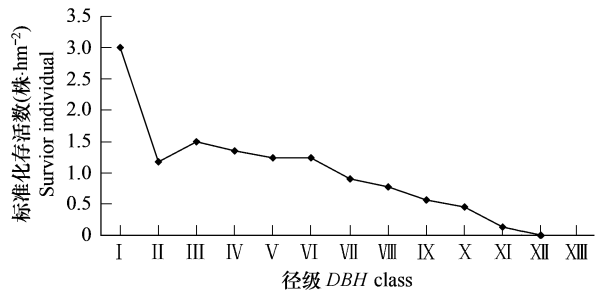


图2 巴山冷杉种群的存活曲线

Fig. 2 Survival curve of *Abies fargesii* population in Shennongjia Nature Reserve

表2 巴山冷杉分布格局及聚集强度

Table 2 Result of distribution pattern of *Abies fargesii* population

径级 DBH class	聚块性指数 Index of patchiness (m^*/m)	离散分布拟合 Discrete distribution fitting			扩散系数 Dispersion coefficient				Morisita 指数 morisita's index			
		泊松分布 Poisson	负二项分布 Negative binomial	格局 Pattern	C	T	$t_{0.05}$	格局 Pattern	I	χ^2	$\chi^2_{0.05}$	格局 Pattern
I ~ ⅩⅢ	1.119	2302 *	297.2 *	集群 Cluster	1.489	12.19	2.042	集群 Cluster	4.835	4788 *	43.77	集群 Cluster
I ~ Ⅳ	0.661	413.6 *	124.8 *	集群 Cluster	0.160	-14.72	2.042	随机 Random	10.82	12101 *	43.77	集群 Cluster
Ⅴ ~ Ⅶ	0.620	244.0 *	5.257	集群 Cluster	0.095	-13.58	2.042	随机 Random	10.96	4511 *	43.77	集群 Cluster
Ⅷ ~ ⅩⅢ	1.850	668.2 *	21.03 *	集群 Cluster	0.478	-4.885	2.042	随机 Random	6.342	964 *	43.77	集群 Cluster

3.4.2 种群分布与环境的相关分析

从表3中可以看到4个环境因子变量与样方内巴山冷杉分布密度的相关分析结果,巴山冷杉种群的分布多度与坡位及海拔呈显著正相关($P < 0.05$),说明巴山冷杉较适宜海拔高及阴坡的生境。在神农架自然保护区海拔2000m以上才开始有巴山冷杉林分布,2500m以上能成林,2700m以上比较集中,形成大片或带状纯林,海拔越高温度越低且湿度越大,巴山冷杉对此生境的选择说明其具有喜湿冷的生活特性;巴山冷杉分布对光照条件较弱的坡向的选择说明,巴山冷杉种群具有耐阴性,巴山冷杉多分布于阴坡和半阴坡,西南和正南坡未见有巴山冷杉分的分布,阳坡光照过强会导致水分散失剧烈,影响其对生境湿度的需要。因此,巴山冷杉种群分布的聚集程度主要受水分、温度及光照的综合影响,湿冷阴的区域是巴山冷杉种群生存的适宜环境。

表3 巴山冷杉种群的个体数量与其环境因子之间相关性

Table3 Correlation analysis between individual numbers of *Abies fargesii* population and its environmental factors

	海拔 Altitude	坡向 Slope direction	坡度 Slope gradient	坡位 Slope position
相关系数 correlation coefficient(R^2)	0.739 *	0.827 *	-0.546	-0.816
双尾检验概率 2-tailed Sig.	0.001	0.002	0.026	0.029

* : $P < 0.05$

综上所述,环境因子和生物因素的综合作用导致湖北神农架地区巴山冷杉种群表现出的分布特征。在湿冷向阴的环境当中,当巴山冷杉群落中种间竞争较弱时,其种群的聚集强度较高;而在不同发育阶段,巴山冷

杉的空间分布格局动态变化,受种内竞争的影响。

4 结论与讨论

巴山冷杉群落是湖北神农架地区主要的自然植被类型之一,在海拔 2000m 以上才开始有分布,本文从生命表特征、年龄结构、存活曲线以及不同龄级个体群空间分布格局等方面对湖北神农架地区的种群结构特征与空间分布格局进行了较为细致的研究,结论如下:

湖北神农架地区巴山冷杉种群在其生长过程中,巴山冷杉种群小径级的数量较大,表现出丰富的后备资源,但转变成幼树阶段的存活率很低,当胸径当到 VI 径级时,由于种内不同个体间为争夺空间与阳光,将遭遇一次死亡高峰,随后死亡率又下降,种群进入了一个平稳发展期。从第 X 径级开始,巴山冷杉种群的死亡率又逐渐增加,直至其衰老死亡。

巴山冷杉的年龄径级结构图呈现的是幼苗比例最大,中龄树、幼树和成龄树比例次之的规律。巴山冷杉幼苗储备丰富,从这一特征来看巴山冷杉自身的生物学特性及环境因素是形成这种现象的主要原因。巴山冷杉种群主要靠种子繁殖后代,植物的耐荫性及大量种子为幼苗的产生提供了一定的基础,而幼苗的大量产生必然会竞争有限的环境资源,在竞争中部分幼苗死亡,从而使幼苗转变成幼树的死亡率很高,随着年龄增长,种群的抗性及其适应环境的能力随之增强,死亡率也逐渐趋于稳定。实地调查中发现,神农架地区巴山冷杉林,胸径超过 60cm 的巴山冷杉极少,这在一定程度上说明,样地内巴山冷杉胸径越接近 XII 径级,就表示越接近其实际寿命,所以对于巴山冷杉种群来说,种群越年轻,生长力越旺盛,能有利地利用群落内的空间和土壤条件,反之越接近其实际寿命利用土壤养分、水分等条件生长的能力下降,死亡率较高。

巴山冷杉属于耐荫树种,但苗期适当的光照也是幼苗生长存活的必要条件,尤其是幼树阶段需要较强的光照^[12],由于树冠的互相遮蔽,使得群落内植株对光照的获得大大减少。另外,对于郁闭度较高的巴山冷杉来说,林内光照条件相对较差导致种内和种间竞争激烈,空间生态位受到限制,这也是抑制巴山冷杉幼苗向幼树转化的主要原因。野外观察发现,在较阴蔽的环境条件下,常有幼树死亡的现象发生,而在林窗下,有较多的幼树发生。由此可见巴山冷杉在林窗中幼苗向幼树转化的成活率会大大提高。

就存活曲线而言,湖北神农架地区巴山冷杉种群的存活曲线接近于 Deevey C 型。从整体来看,除巴山冷杉幼苗由于生存压力而存活率低,巴山冷杉幼树存活率较高,中龄期种群存活率最高,随后存活率开始下降,至老龄期死亡率达到最大。其原因在于:第 I 径级的巴山冷杉位于林下,而林下草本植物与灌木丰富,与巴山冷杉幼苗共同竞争土壤水分及营养物质,从而影响了幼苗进入径级 II,即幼树阶段;能够进入第 II 径级的巴山冷杉幼树逐渐高于灌木层,相对而言其光照、养份等资源增大,存活率增高;进入中龄期后,巴山冷杉个体生长迅速,其树冠进行种群的林冠层,竞争力很强,存活率继续增加;之后随着年龄增长,种群的抗性及其适应环境的能力随之减弱,对于巴山冷杉种群来说其利用土壤养分、水分等条件生长的能力下降,使种群的存活率开始下降。从中我们可知,就整体而言,除巴山冷杉的新生幼苗外,湖北神农架地区巴山冷杉种群对环境具有较强的适应能力。

湖北神农架巴山冷杉种群的分布格局从整体上看为聚集分布,离散拟合符合负二项分布及泊松分布。但不同的发育阶段聚集强度有差异。植物种群在不同的年龄阶段空间格局存在差异,与种群新生个体的产生、成年个体的死亡以及外界的干扰有关。巴山冷杉种群不同年龄级的个体呈现出集群分布或随机分布。在不同群落环境下,种内与种间关系会直接影响巴山冷杉种群整体及各阶段的分布格局。另外巴山冷杉不同年龄阶段种群分布格局不同也与生境条件和种群生物学特性相关。巴山冷杉以种子繁殖,在一定范围内其散播带有随机性。但由于生境异质性、种子大小等,巴山冷杉的种子只在有利于其萌发生长的小环境形成聚集,导致在较小尺度上,种群呈强烈的集群分布,从而形成了种群斑块镶嵌分布^[27]。另外,巴山冷杉种群的分布多度与海拔及坡向成显著正相关($P < 0.05$),湿冷阴的区域是巴山冷杉种群生存的适宜环境。

从上述结论中可以看出,湖北神农架地区巴山冷杉种群的生活史特征与空间分布格局具有较为明显的特性。在实际调查中发现,神农架地区不同海拔巴山冷杉种群中幼苗储备非常丰富,但 5cm 以下幼树缺失。未

受到火灾、采伐等干扰的情况下,导致这种现象发生的主要原因是:首先,巴山冷杉自身的生物学特性;其次幼树在林内郁闭度较高的乔木群落下,受光照等环境以及种间竞争的影响,死亡率较高^[11,12]。然而,幼树的数量虽然不多,但一旦幼树长成中龄树,其存活率就有所增加。因此在幼树缺失的情况下,幼苗非常丰富的储备量、该树种较长的寿命和中龄树个体数量的丰富能够维持种群的长期稳定性^[25,26]。调查中还发生巴山冷杉死亡个体胸径 20cm 以下的数目较多,巴山冷杉个体为争夺空间、养分而导致激烈的种内竞争产生自疏作用,也是导致幼树缺失的原因之一。

从整体来看,巴山冷杉种群能以幼苗的丰富储备量以及成年树木较强存活率在群落中保持稳定的优势,表现出其对环境较强的适应能力,这也是巴山冷杉在神农架地区长期稳定存在并成为优势群落的原因。如果巴山冷杉群落中幼树大量缺失且幼树转化为成龄树的存活率较低时,将可能导致巴山冷杉在群落演替中逐渐退出主林层,这可能就是导致巴山冷杉森原始森林砍伐后取而代之的是一丛丛低矮的箭竹林和高山草甸的原因。

种群的空间分布是指组成种群的个体在其生活空间中的位置状态或布局,本文对巴山冷杉种群空间分布格局的研究中将研究区域内的巴山冷杉种群按照其年龄结构分为不同的个体群,通过大量的样方调查和数学分析,解释随着时间的推移,不同龄级的个体群在群落中空间分布格局的变化规律,从而客观地反映出巴山冷杉种群的动态变化规律。

References:

- [1] Liu F, Chen W L, He J S. Population structure and regeneration of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* in Shennongjia. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2000, 24(4):396—401.
- [2] Zhang Z G, Wang R Q. Study on *camellia japonica* population size structure and spatial pattern. *Acta Phytoecological Sinica*, 2000, 24(1):118—122.
- [3] Wang X C, Han S J, Zou C J. Geostatistical analysis of the pattern of *Betula ermanii* population in Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(7):781—784.
- [4] Wang B S. The community of plant. Beijing: Higher Education Press, 1987. 51—52.
- [5] Li B, Ban J D. Studies on farges fir forests if Shennongjia Nature Preserve in west Hubei. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1988, 6(4):345—356.
- [6] Li T Y. Preliminary study on *Abies fargesii* community in Shirensan Nautre Preserve in Lushan County. *Journal of Xinyang Normal University*, 1991, 4(1):80—85.
- [7] Guan Z T. The Geography of Conifers in Sichuan. Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 1982.
- [8] Fu Z J. Preliminary studies on *Abies fargesii* in Taibai Mountain in Qinling. *Journal of Baoji College of Arts and Sciences*, 1997, 17(4):60—63.
- [9] Liu J J, Ling Z Z. A primary study on farges fir (*Abies fargesii*) forests in the Taibai Mountains. *Journal of Northwest Forestry University*, 1995, 10(1):9—14.
- [10] Fan J S. Comparison analysis on essential oil of *Abies fargesii* and *A. chinensis*. *Journal of Northwest Forestry College*, 1998, 13(3):42—44.
- [11] Li J X, Zhang W H. Study on *Abies fargesii* population structure and spatial pattern. *Journal of northwest Sci-Tech Univ. of Agri. and for.*, 2001, 29(5):115—118.
- [12] Yu Q, Xie Z Q. Community characteristics and population structure of dominant species of *Abies fargesii* forests in Shennongjia National Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5):1931—1941.
- [13] Zou L, Xie Z Q, Qingmei Li. Spatial and temporal pattern of seed rain of *Abies fargesii* in Shennongjia Nature Reserve, Hubei. *Biodiversity Science*, 2007, 15(5):500—509.
- [14] Zhu Z Q, Song C S. Scientific Survey of shennongjia Nautre Reserve. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999.
- [15] Yang H, Anru Lou. Life history characteristics and spatial distribution of the *Betula platyphylla* population in the Dongling Mountain region, Beijing, China. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 31(2):272—282.
- [16] Yu D P, Zhou L, Dong B L, *et al.* Structure and dynamics of *Betula ermanii* population on the Northern slope of Changbai Mountain. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(5):30—34.
- [17] Sun R Y, Li Q F, Niu C J, *et al.* Primary Ecology. Beijing: Higher Education Press, 2002. 68—71.
- [18] Micheal J C. Plant ecology. Oxford London Edinburgh: Blackwell Scientific Publications, 1983. 473—524.

- [19] Qu Z X, Wu Y S, Wang H X. Plant Ecology. Beijing: People Education Press, 1983. 24—98.
- [20] Xie Z Q, Chen W L, Liu Zh Y, *et al.* Spatial distribution pattern of *Cathaya argyrophylla* population. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(1): 95—101.
- [21] Zhang W H. Population ecology research of *Adenophora lobophylla*. hae. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1998. 56—157.
- [22] Rosner B (Translated by Sun SG) (2004). Fundamentals of Biostatistics 5th edn (in America). Beijing: Science Press, 2004. 412—437.
- [23] Zhang J T. Quantitative Ecology. Beijing: Science Press, 2004. 245—251.
- [24] Wu C Z, Hong W. Life table analysis of *Tsuga longibracteata* population. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(3): 333—336.
- [25] Gao X M, Ma K P, Chen L Z. Species diversity of some deciduous broad-leaved forests in the warm-temperate zone and its relations to community stability. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(3): 283—290.
- [26] Miyadokoro T, Nishimura N, Yamamoto S. Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old growth coniferous forest, central Japan. *Forest Ecology and Management*, 2003, 182(3): 259—272.
- [27] Moles A T, Ackerly D D, Tweddle J C, Dickie J B, Smith R, Leishman M R, Mayfield M M, Pitman A, Wood J T, Westoby M (2007) Global patterns in seed size. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 109—116.

参考文献:

- [1] 刘峰, 陈伟烈, 贺金生. 神农架地区锐齿槲栎种群结构与更新的研究. *植物生态学报*, 2000, 24(4): 396~401.
- [2] 张国治, 王仁卿. 中国分布北界的山茶 (*Camellia japonica*) 种群大小结构和空间格局分析. *植物生态学报*, 2000, 24(1): 118~122.
- [3] 周晓峰, 邹春静, 韩士杰等. 长白山岳桦种群格局的地统计学分析. *应用生态学报*, 2002, 13(7): 781~784.
- [4] 王伯荪. 植物群落学. 北京: 高等教育出版社, 1987. 51~52.
- [5] 李傅. 鄂西神农架自然保护区巴山冷杉的研究. *武汉植物研究*, 1988, 6(4): 345~356.
- [6] 李天煜. 鲁山县石人山自然保护区巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 群落的初步研究. *信阳师范学院学报 (自然科学版)*, 1991, 4(1): 80~85.
- [7] 管中天. 四川松杉植物地理. 成都: 四川人民出版社, 1982.
- [8] 傅志军. 秦岭太白山巴山冷杉初步研究. *宝鸡文理学院学报*, 1997, 17(4): 60~63.
- [9] 刘建军, 令志哲. 太白山冷杉林初步研究. *西北林学院学报*, 1995, 10(1): 9~14.
- [10] 樊金栓. 巴山冷杉和秦岭冷杉精油比较分析. *西北林学院学报*, 1998, 13(3): 42~44.
- [11] 李景侠, 张文辉. 巴山冷杉种群结构及空间分布格局的研究. *西北农林科技大学学报*, 2001, 29(5): 115~118.
- [12] 于倩, 谢宗强, 熊高明, 等. 神农架巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 林群落特征及其优势种群结构. *生态学报*, 2008, 28(5): 1931~1941.
- [13] 邹莉, 谢宗强, 李庆梅, 等. 神农架巴山冷杉种子雨的时空格局. *生物多样性*, 2007, 15(5): 500~509.
- [14] 朱光泉, 宋朝枢. 神农架自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [15] 杨慧, 娄安如, 高益军, 等. 北京东灵山地区白桦种群生活史特征与空间分布格局. *植物生态学报*, 2007, 31(2): 272~282.
- [16] 于大炮, 周莉, 董百丽, 等. 长白山北坡岳桦种群结构及动态分析. *生态学杂志*, 2004, 23(5): 30~34.
- [17] 孙儒泳, 李庆芬, 牛翠娟. 基础生态学. 北京: 高等教育出版社, 2002. 68~71.
- [19] 曲仲湘, 吴玉树, 王焕校. 植物生态学. 北京: 人民教育出版社, 1983. 24~98.
- [20] 谢宗强, 刘正宇. 银杉种群的空间分布格局. *植物学报*, 1999, 41(1): 95~101.
- [21] 张文辉. 裂叶沙参种群生态学研究. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998. 56~157.
- [23] 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004. 245~251.
- [24] 吴承祯, 洪伟. 珍稀濒危植物长苞铁杉种群生命表分析. *应用生态学报*, 2000, 11(3): 333~336.
- [25] 高贤明, 王巍, 杜晓军, 等. 暖温带若干落叶阔叶林群落物种多样性及其与群落动态的关系. *植物生态学报*, 2001, 25(3): 283~290.