

巴山冷杉种群结构及空间分布格局的研究^{*}

李景侠, 张文辉

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 在太白山自然保护区设置 20 m × 20 m 样地 8 块, 应用相邻格子法进行每木调查, 并对巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 种群结构和分布格局进行了动态分析。结果表明, 种群大小结构为进展型, 幼苗、幼树的后备资源储备量大, 约 954 株/hm²; 种群在 I ~ IV 发育阶段死亡率较高, 达 82.3%, 随后死亡率趋于稳定; 存活曲线属于 Pearl III 或 Deevey C 型; 种群的空间分布格局总体为聚集分布, 负二项分布参数 (K) 1.600, 扩散型指数 (I_d) 1.629, 丛生指标 (I) 7.677, Cassie 指标 (C_A) 0.625, 扩散系数 (C) 8.677, 聚块性指标 (m^*/m) 1.625。离散拟合符合负二项分布模型; 但随着植株年龄的增长及发育阶段的不同, 分布格局由初期的聚集分布逐渐扩散为随机分布, 离散拟合由负二项 (Negative Binomial) 分布转变为泊松 (Poisson) 分布。

[关键词] 巴山冷杉; 种群结构; 分布格局

[中图分类号] Q948.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)05-115-04

植物种群的年龄结构是种群内不同年龄个体数量的分布, 它不仅反映了种群不同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了种群与环境间的相互关系以及在群落中的作用和地位; 结合种群的生态需求, 各龄级的死亡率和产生后代的能力, 能更好地对种群的未来做出估计^[1]。而种群的分布格局是种群在水平空间上的配置状况, 是植物的生物学特性和环境条件长期适应和选择的结果, 是研究种群动态的重要手段。

巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 为松科 (Pinaceae) 常绿乔木, 在秦岭海拔 2 400 m 以上常形成纯林或与金背杜鹃 (*Rhododendron clementinae* subsp. *aureodorsale*)、牛皮桦 (*Betula utilis*) 等形成混交林^[2], 在林业和生态环境建设中发挥着重要的作用。但以往对其的研究主要集中于苗木培育及利用等方面^[3~5], 有关种群结构和动态的研究尚未见报道。本研究以太白山自然保护区巴山冷杉天然林为研究对象, 对其种群结构、分布格局及其动态进行了分析, 旨在为巴山冷杉林的培育及天然林的保护提供理论基础。

1 试验地自然概况

太白山自然保护区位于东经 107°41' ~ 107°51', 北纬 33°49' ~ 34°08', 海拔 720 ~ 3 767 m, 相对高差

3 000 m, 处在我国暖温带和北亚热带分界线上。巴山冷杉生长地海拔 2 500 ~ 3 200 m, 气候恶劣, ≤ 0 低温 150 ~ 200 d, 绝对低温 -20 ~ -25 °C, 6 ~ 9 月份平均气温 14 ~ 10 °C, 年均降水 800 ~ 900 mm, 无霜期 121 d, 平均相对湿度 83%; 土壤为山地暗棕壤。植被垂直带谱明显, 由下而上依次为落叶林带、桦木林带、山地针叶林带和高山灌丛草甸带。

2 研究方法

2.1 样地调查

在全面踏查的基础上, 选择巴山冷杉集中分布且林分保存良好的上板寺、下板寺等地进行样地调查, 设置样地 8 块, 面积 3 200 m²; 记录样地群落类型、海拔、坡向、坡度、土壤等环境因子; 调查每株乔木、灌木的种类、树高、枝下高、胸径 (基径)、冠幅及坐标值; 并在每样地设置 1 m × 1 m 小样方 5 个, 进行草本植物调查。

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^[1, 6~7]。立木级结构按两种方法处理, 胸径在 5 cm 以下的个体按树高分

* [收稿日期] 2001-06-08

[基金项目] 陕西省自然科学基金研究计划项目 (98SM 08)

[作者简介] 李景侠 (1960-), 女, 陕西合阳人, 副教授。主要从事树木学及生物多样性教学和研究。

为 2 级: I 级高 0.1~1.5 m, II 级高 > 1.5 m; 胸径大于 5 cm 的个体按 5 cm 间隔段划分。

2.3 空间分布格局研究

2.3.1 拟合模型与测度方法 分布格局的测定用泊松(Poisson)分布、负二项(Negative Binomial)分

布进行拟合,以 χ^2 检验判断其拟合程度^[8~11]。

2.3.2 聚集强度各指数的测定 采用的聚集强度指数有负二项分布参数(K)、扩散型指数($I\delta$)、丛生指标(I)、Cassie 指标(C_A)、扩散系数(C)、聚块性指标(m^*/m)等,判别标准见表 1^[8~11]。

表 1 聚集强度的判别标准

Table 1 The standard of index test for *Abies fargesii* population

种群分布格局 Population spatial pattern	聚集强度参数 Clump intensity index					
	K	C	I	$I\delta$	$1/K$	m^*/m
随机 Random	$\rightarrow \infty$	1	0	1	0	1
聚集 Clustering	> 8	> 1	> 0	> 1	> 0	> 1
均匀 Even					< 0	< 1

3 结果与分析

3.1 种群结构、生命表及存活曲线

3.1.1 种群结构 以径级为横坐标, 1 hm^2 面积上的种群数量为纵坐标,绘制成巴山冷杉种群大小径级结构图(图 1)。

由图 1 可以看出,种群结构从整体上为金字塔形,结构合理,基本处于稳定状态,属于 Bodenheimer 所述的进展型种群。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。

3.1.2 种群生命表及存活曲线 依据野外调查的各径级存活数(a_x)及标准化存活量(l_x),计算出各径级的死亡量(d_x)、总寿命(T_x)、消失率(K_x)等,

得太白山巴山冷杉种群生命表(表 2);并以标准化存活数(l_x)为纵坐标,径级为横坐标,绘制出巴山冷杉种群的存活曲线(图 2)。

从表 2 及图 2 可以看出,巴山冷杉种群的基本特征: I, II 级苗木的库存量相对较大,累计达到 954 株/ hm^2 ; I~IV 级死亡率较高,为 82.3%,度过这一阶段高强度的环境选择后,种群的死亡率逐渐降低且趋于稳定;在 IV~VII 阶段死亡率为 74.3%,VIII~XI 阶段死亡率为 77.6%;存活曲线属于 Pearl III 型或 Deevey C 型。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坚实的基础,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,造成 I~IV 阶段死亡率较高;随着年龄增长,种群的抗性及适应环境的能力随之增强,死亡率逐渐趋于稳定。

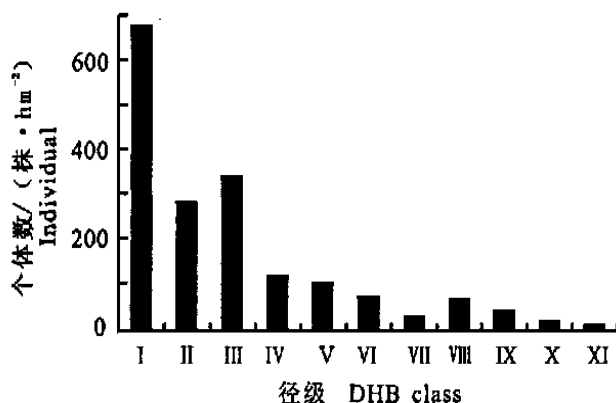


图 1 巴山冷杉种群径级结构图

Fig 1 The DBH class structure of *Abies fargesii* population

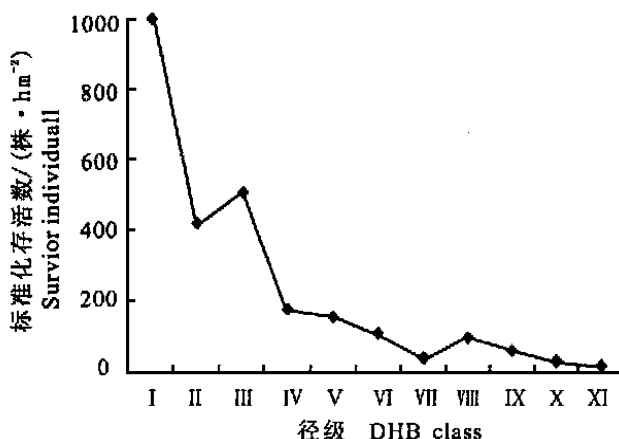


图 2 巴山冷杉种群存活曲线

Fig 2 The survivor curve of *Abies fargesii* population

表 2 巴山冷杉种群生命表

Table 2 Life-table of *A. bies fargesii* population

X	lx	dx	qx	L x	T x	ex	ax	lnax	ln lx	K x
I	1000.0	582.5	582.5	708.8	2130.0	2.1	673	6.5	6.9	0.9
II	417.5	- 89.2	- 213.5	462.1	1421.2	3.4	281	5.6	6.0	- 0.2
III	506.7	329.9	651.0	341.8	959.1	1.9	341	5.8	6.2	1.1
IV	176.8	22.3	126.1	165.7	617.4	3.5	119	4.8	5.2	0.1
V	154.5	44.6	288.5	132.2	451.7	2.9	104	4.6	5.0	0.3
VI	110.0	65.4	594.6	77.3	319.5	2.9	74	4.3	4.7	0.9
VII	44.6	- 55.0	- 1233.3	72.1	242.2	5.4	30	3.4	3.8	- 0.8
VIII	99.6	34.2	343.3	82.5	170.1	1.7	67	4.2	4.6	0.4
IX	65.4	32.7	500.0	49.0	87.7	1.3	44	3.8	4.2	0.7
X	32.7	10.4	318.2	27.5	38.6	1.2	22	3.1	3.5	0.4
XI	22.3	22.3	1000.0	11.1	11.1	0.5	15	2.7	3.1	3.1

3.2 种群的分布格局

Possion分布和负二项分布的 χ^2 拟合检验等方法,应用扩散系数、负二项参数、聚块性指数测定太白山巴山冷杉种群分布格局,结果见表3。

表3 巴山冷杉种群分布格局测定结果

Table 3 Result of distribution pattern of *A. bies fargesii* population

径级 DBH class	C	K	$I\delta$	I	CA	m^*/m	Poisson 分布的 χ^2 拟合检验 χ^2 test for fitting poisson distribution	负二项分布的 χ^2 拟合检验 χ^2 test for negative binom ial distribution	分布格局 类型 Pattern types
I ~ XI	8.677	1.600	1.629	7.677	0.625	1.625	60.213 02*	6.389	负二项分布 Negative binom ial distribution
I ~ IV	6.297	1.025	1.986	5.298	0.976	1.976	509.435*	5.359	负二项分布 Negative binom ial distribution
V ~ VII	1.102	7.191	1.185	0.103	0.139	1.139	1.253	0.731	负二项分布 泊松分布 Negative binom ial distribution Poisson distribution
VIII ~ XI	1.229	2.500	1.474	0.229	0.399	1.400	0.692	0.438	负二项分布 泊松分布 Negative binom ial distribution Poisson distribution

从表3的聚集参数看,太白山巴山冷杉种群负二项参数(K)为1.600、扩散系数(C)为8.677、扩散型指数($I\delta$)为1.629、丛生指标(I)7.677、Cassie 指标0.625、聚块性指标(m^*/m)1.625,根据表1各参数的生物学意义,各项指数均表明太白山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。

种群分布格局是物种与环境长期相互适应、相互作用的结果,它不仅与物种的生物学特性和种群间的竞争排斥有关,而且与物种的生境(包括土壤、地形、地貌等)有密切联系。太白山巴山冷杉种群的分布格局与大多数自然种群一样,服从聚集分布,其主要原因是:巴山冷杉主要靠有性繁殖,种子的传播量与传播距离成反比,在母体周围的种子量大于其他地方,当种子萌发后就会产生一簇簇的个体群;

巴山冷杉生长地处石河石海之上,林地岩石巨大,坡度陡,地表起伏不平,种子落地后不可能均匀分布;生境的异质性导致发芽率不均,土层深厚,含

水量高的地段巴山冷杉种子发芽率高,产生幼苗的机率较大,相反,种子转化为幼苗的机率就小,使其分布呈现聚集状态;生境的异质性使环境选择对于每一植株的机率不等,条件差的地段植株容易被淘汰,造成分布不均;此外,“聚集有利于个体生存”,所以种群表现出高强度的聚集现象。

根据巴山冷杉的种群结构、生命表及存活曲线可以看出: I ~ IV阶段种群的聚集强度最大,依次为VIII ~ XI阶段和V ~ VII阶段。由聚块性指标 m^*/m 的值可以看出,太白山巴山冷杉种群由I ~ IV阶段向V ~ VII阶段转化的过程中,种群呈明显的扩散趋势;由V ~ VII阶段向VIII ~ XI阶段转化过程中,又呈现轻微的聚集趋势。离散拟合的结果在I ~ IV阶段符合负二项分布模型,其余2个阶段符合负二项分布及泊松分布。I ~ IV阶段强烈的聚集分布是由种子传播的特性和生境的异质性所致。如前所述,巴山冷杉靠种子繁殖后代,种子传播距离及生境异质性导致种子转化为幼苗的机率不等,是造成这一阶段聚集

分布的主要因素。在由 I ~ IV 阶段向 V ~ VII 阶段转化过程中, 其随机扩散趋势明显, 聚集强度指标较低, 趋于随机分布, 因为在这一过程中环境筛的强度过滤, 死亡率高达 82.3%, 也就是到达 V ~ VII 阶段种群密度明显降低, 导致分布格局发生了变化。种群密度降低与种内种间的竞争有关, 随着植物的生长, 对光照、养分、水分等竞争作用及占据空间的能力相应增大, 在土壤较薄、水分条件差的小生境或个体密度较大处, 由于竞争使部分生长弱的植株死亡, 导致聚集强度降低。在 V ~ VII 阶段向 VIII ~ XI 阶段的转化过程中, 种群又表现出轻微的聚集趋势。从图 2 可以看出, 种群在这一阶段的死亡率较前一阶段有所增加, 造成这一现象的原因可能与植株的衰老及环境选择有关。

4 结 论

1) 太白山巴山冷杉种群结构为进展型, 幼苗、幼树的后备资源贮备量大, 如无人干扰或自然灾害等的发生, 种群将会稳定发展。

2) 太白山巴山冷杉种群在 I ~ IV 发育阶段死亡率较高, 达 82.3%, 随后死亡率趋于稳定, 剩余个体基本能达到生理寿命。存活曲线属于 Pearl III 型或 Deevey C 型。

3) 太白山巴山冷杉种群的分布格局从整体上看为聚集分布, 聚集强度指标较高, 离散拟合符合负二项分布。但不同的发育阶段聚集强度有差异, I ~ IV 发育阶段聚集强度最大, 随后种群呈现明显的扩散趋势, 离散拟合符合负二项和泊松分布。

[参考文献]

- [1] 苏志尧, 吴大荣, 陈北光. 粤北天然林优势种群结构与空间格局动态[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 337- 341.
- [2] 雷明德. 陕西植被[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 常有明. 冷杉资源的开发和利用[J]. 中国野生植物, 1990, (1): 26- 28.
- [4] 樊金栓. 秦岭冷杉和巴山冷杉树脂道分布与结构的研究[J]. 西北林学院学报, 1991, 6(2): 9- 16.
- [5] 樊金栓. 冷杉的培育及综合利用[J]. 西北林学院学报, 1991, 6(4): 65- 71.
- [6] 张治国, 王仁卿. 中国分布北界的山茶(*Camellia japonica*) 种群大小结构和空间分布格局分析[J]. 植物生态学报, 2000, 24(1): 118- 122.
- [7] 吴大荣, 苏志尧, 李秉滔. 福建三明莘口青钩栲种群结构和空间分布格局动态初步研究[J]. 林业科学, 2000, 36(3): 27- 32.
- [8] 张 峰, 上官铁梁. 山西翅果油树群落优势种群分布格局的研究[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 590- 594.
- [9] 谢宗强, 陈伟烈. 银杉种群的空间分布格局[J]. 植物学报, 1999, 41(1): 95- 101.
- [10] 李先琨, 黄玉清, 苏宗明. 元宝山南方红豆杉种群分布格局及动态[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 169- 172.
- [11] 张文辉. 裂叶沙参种群生态学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998.

Study on *Abies fargesii* population structure and spatial pattern

L I jing-xia, ZHANG Wen-hui

(College of forestry, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 3 200 m² plots were established in Taibai Mountain Nature Reserve for the obtaining of sampling data by tally in the contiguous quadrats. Through the dynamic analysis of *Abies fargesii* population structure and distribution pattern, the results showed that: the diameter structure was developing and the resources of little and young trees were great, about 954 plants/hm²; the death rate of I - IV population was as high as 82.3%, and then it became steady. The survivor curve belonged to Pearl III or Deevey C type; the distribution pattern was clustering in general. Parameter of negative binomial (K) was 1.600. Dispersal index (I_d) was 1.629. Index of clumping (I) was 7.677. Cassie index (C_A) was 0.625. Distribution index (C) was 8.677 and index of patchiness (m^*/m) was 1.625. The result of discrete distribution fitting was negative binomial distribution. With the increase of age and difference of development phases, the distribution pattern changed from aggressive distribution to random distribution and the result of discrete distribution fitting changed from negative binomial distribution to Poisson distribution.

Key words: *Abies fargesii*; population structure; spatial pattern