

珍稀濒危植物长苞铁杉的分布格局

吴承祯¹ 洪伟¹ 吴继林² 黄毅¹

(¹福建林学院, 南平 353001; ²福建省永安市林业局, 永安 366000)

摘要:应用聚集度指标、Iwao 方程和 Taylor 幂法则模型等测定方法研究珍稀濒危植物长苞铁杉 (*Tsuga longibracteata* Cheng) 的空间分布格局。结果表明, 长苞铁杉的空间分布呈随机分布。文中还根据 Iwao 的 M^* 与 \bar{x} 的回归方程, 计算长苞铁杉在不同密度和允许误差下的理论抽样面积。

关键词: 空间分布格局; 珍稀濒危植物; 长苞铁杉; 聚集度指标

中图分类号: Q948.15⁺7; S718.54⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)01-0031-04

Spatial distribution pattern of the endangered and rare plant *Tsuga longibracteata* Cheng WU Cheng-zhen¹, HONG Wei¹, WU Ji-lin², HUANG Yi¹ (¹Fujian College of Forestry, Nanping 353001; ²Yong'an Forestry Bureau, Yong'an 366000), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9 (1): 31~34

Abstract: The spatial distribution pattern of the endangered and rare plant *Tsuga longibracteata* Cheng was studied using aggregate index and Iwao's equation and Taylor's model. The results showed that the spatial distribution pattern of *Tsuga longibracteata* Cheng was random pattern in population. According to Iwao's equation, the theoretical sampling area of forest survey were analyzed and calculated under different population densities and allowing errors.

Key words: spatial distribution pattern; endangered and rare plant; *Tsuga longibracteata* Cheng; aggregate index

种群空间分布格局研究一直是种群生态学最活跃的一个研究领域^[1-11]。掌握种群空间分布型的信息, 不仅可以了解物种的生态学特性, 揭示出种群分布的空间结构及其空间分布特征, 而且还是研究取样技术、试验设计和资料代换的基础, 同时, 可为评价群落生产力、预测群落发展的趋势提供可靠的理论依据。研究空间分布型的方法很多, 目前应用效果较好、方法较为简便的为聚集度指标法, 用这一方法测定种群的空间分布型, 在昆虫、植物病株的空间分布研究方面使用非常广泛。

长苞铁杉 (*Tsuga longibracteata* Cheng) 是我国特有珍贵树种, 也是第四纪冰川期遗留下来的古老树种^[12], 属松科铁杉属 (*Tsuga* Carr.)。现有资源甚少, 列为国家三级保护植物^[13]。在福建省天宝岩自然保护区保存有一片较完好的以长苞铁杉为优势种的混交林, 面积约 72 hm², 在国内实属罕见。有关长苞铁杉植物种群空间分布格局研究未见报道^[14-16], 本文以天宝岩自然保护区长苞铁杉为研究对象, 探讨长苞铁杉种群在群落中的空间分布格

局, 并计算它们在不同密度允许误差下的抽样面积, 为调查研究中取样技术的确定提供理论基础。

1 研究地区概况

福建省天宝岩自然保护区位于福建省永安市, 东经 117°31'~117°33.5', 北纬 25°55'~25°58' 之间, 总面积约 1 976.5 hm²。本区气候属亚热带季风气候型, 四季分明, 水热条件优越。根据永安市气象站资料, 自然保护区平均气温 15℃, 最冷月(1月)平均温度 5℃, 最热月(7月)平均温度 23℃, 绝对最低温 -11℃, 绝对最高温 40℃, 无霜期 290 d 左右, 平均年降水量 2 000 mm, 全年大于 10℃ 的活动积温 4 520~5 800℃, 持续天数为 225~250 d。空气相对湿度较大, 各月平均湿度在 80% 左右。保护区

收稿日期: 1999-06-28

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(F991)

作者简介: 吴承祯, 男, 1970年7月生, 在职博士生, 副教授, 主要从事数量生态与林业系统工程领域研究。

的山体为戴云山余脉,属中低山地貌,海拔680~1604.8 m,区内大部分面积为砾岩和石灰砂所覆盖,土层较薄,自然生态条件比较脆弱,遭破坏后不易恢复。土壤的垂直带谱大致是海拔800 m以上为红壤,800~1350 m为黄红壤,1350 m以上为黄壤,山势陡,土壤呈酸性反应。保护区植物种类繁多,共有173科670属1409种25个亚种及变种。其中蕨类植物33种68属165种;裸子植物6科17属21种;被子植物134种585属1223种。古老珍稀植物丰富,其中属国家重点保护的珍稀树种有钟萼木(*Bretschneidera sinensis* Hemsl.)、长苞铁杉(*Tsuga longibreteata* Cheng)、穗花杉(*Amentotaxus argotaenia* (Hance) Pilger)等14种。

2 研究方法

2.1 外业调查方法

在福建省天宝岩自然保护区选择长苞铁杉为研究对象,在具代表性的分布地段设置6块600 m²的样地,划分为24个5m×5m的小格子样方,对每一格子的长苞铁杉等物种进行每木检测,记录其种名、树高、胸径、冠幅等指标,并记录整个样方的生境条件、植被情况,每一样地挖3个土壤剖面取土样带回室内分析。

2.2 分布格局测定方法

2.2.1 聚集度指标法

(1) 扩散系数 $C^{[1]}$:

$C = S^2/\bar{x}$ 是检验种群扩散是否属于随机型的一个系数,其中 S^2 为方差, \bar{x} 为种群平均密度。当 $C=0$ 时,为均匀分布;当 $C>1$ 时为聚集分布;当 $C=1$ 时为随机分布。扩散系数 C 以 $\sqrt{2/(n-1)}$ 为标准差进行 t 检验, t 值的计算公式为: $t = (S^2/\bar{x} - 1)/\sqrt{2/(n-1)}$ 。然后查自由度为 $n-1$ 和置信度为95%的 t 分布表,进行显著性检验。扩散系数 C 亦可用 X^2 来检验其是否呈随机分布, $X^2 = nS^2/\bar{x}$ 。如果种群属 Poisson 分布,则 X^2 计算值小于 X^2 表中在0.05水平上自由度为 n 的数值;否则为聚集分布。

(2) 聚集度指标 I (从生指数)^[1]:

$I = S^2/\bar{x} - 1$ 。当 $I < 0$ 时,为均匀分布;当 $I > 0$ 时为聚集分布;当 $I = 0$ 时为随机分布。

(3) 扩散指数 $I_b^{[1]}$:

$I_b = n(\sum X_i^2 - N)/[N(N-1)]$ (n 为小样方总数, N 为全部样方内总株数),当 $I_b < 1$ 时,为均匀分布;当 $I_b > 1$ 时为聚集分布;当 $I_b = 1$ 时为随机分布。扩散指数的随机分布偏离度用 F_0 值进行显著性检验:

$F_0 = [I_b(\sum X_i - 1) + n - \sum X_i]/(n-1)$ (X_i 为小样方内种群株数)。将 F_0 值与0.05水平上的 F 表中 $N_1 = N-1$, $N_2 = \infty$ 相对应处 F 值进行比较,当 $F_0 > F_{0.05}$ 时,种群为聚集分布。当 $F_0 \leq F_{0.05}$ 时,种群则为随机分布。

(4) Cassie. R. M. 指标 $Ca^{[2]}$:

$Ca = (S^2 - \bar{x})/\bar{x}^2$ 。当 $Ca < 0$ 时,为均匀分布;当 $Ca > 0$ 时为聚集度分布;当 $Ca = 0$ 时为随机分布。

(5) 平均拥挤度与平均密度的比值 $M^*/\bar{x}^{[1]}$:

当 $M^*/\bar{x} < 1$ 时,为均匀分布,当 $M^*/\bar{x} > 1$ 时为聚集度分布;当 $M^*/\bar{x} = 1$ 时为随机分布。其中 $M^* = \sum X_i^2/\sum X_i - 1$ 。

2.2.2 Iwao M^* 与 \bar{x} 回归法^[1]

回归方程为: $M^* = \alpha + \beta\bar{x}$, 其中截距 α 和回归系数 β 揭示种群分布的特征。当 $\alpha \approx 0$ 时,分布的基本成分为单个个体;当 $\alpha > 0$ 时,分布的基本成分为个体群;当 $\alpha < 0$ 时,个体间相互排斥。 α 和 β 的联合可分为: $\alpha \approx 0, \beta \approx 1$, 分布的基本成分为单个个体,种群符合随机分布;当 $\alpha > 0, \beta \approx 1$ 或 $\alpha \approx 0, \beta > 0$ 或 $\alpha > 0, \beta > 1$ 时,种群分布型均呈聚集型;当 $\alpha < 0, \beta > 1$ 时,即为均匀分布。但实际应用中 α 和 β 值不会恰好为0和1,存在一定的偏离。本文应用下式对 Iwao 模型随机偏离程度进行检验^[7], 即:

$$F = \frac{\frac{1}{2}[n\alpha^2 + 2\alpha(\beta-1)\sum \bar{x}_i + (\beta-1)^2\sum \bar{x}_i^2]}{\frac{1}{(n-1)}\sum (M_i^* - \alpha - \beta\bar{x}_i)^2} \quad (1)$$

如果 $F \geq F_\alpha(2, n-2)$, 认为种群为聚集分布型,反之为随机型。

2.2.3 Taylor 幂法则模型(Taylor, 1963)^[1]

Taylor 指数即:

$$S^2 = a\bar{x}^b \quad \text{亦即: } \log S^2 = \log a + b \log \bar{x}$$

其中指数 b 是聚集度指标,反映物种特定属性,当 $b = 0$ 时,均匀分布;当 $b > 1$ 时为聚集分布;当 $b = 1$ 时为随机分布。 a 为取样、统计因素。

3 结果与分析

3.1 空间分布型测定

福建省天宝岩自然保护区长苞铁杉群落主要树种有长苞铁杉、甜槠 [*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch]、深山含笑 (*Michelia maudiae* Dunn)、杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]、木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ)、薯豆 (*Elaeocarpus japonica* Sieb. et Zucc)、福建樱 (*Prunus fokiensis* Yu) 等。本文以长苞铁杉为研

究对象,研究其在群落中的分布格局。

3.1.1 聚集度方法 聚集度指标测定结果表明,长苞铁杉的各项聚集度指标即 C 、 I 、 I_d 、 M^*/\bar{x} 、 Ca 判定结果基本一致,即样地 2、3、4、6 中长苞铁杉种群属于聚集分布,而样地 1、5 中长苞铁杉种群属于均匀分布,但是扩散系数和扩散指数经统计检验表明,6 个样地中长苞铁杉均呈现随机分布,说明长苞铁杉种群分布格局处于聚集分布与随机分布、均匀分布与随机分布的临界状态,但大体上呈现随机分布(表 1)。

表 1 长苞铁杉种群聚集度指标测定¹⁾

Table 1 The measurement of the sample aggregate index of *Tsuga longibracteata* Cheng in population¹⁾

样地号 No. of plots	\bar{x}	S^2	C	t	I	I_d	F_0	M^*/\bar{x}	Ca	结果 Result
1	2.50	2.17	0.87	-0.44	-0.13	0.98	0.95	0.95	-0.04	Random
2	1.63	1.98	1.22	0.75	0.22	1.19	1.36	1.13	0.13	Random
3	0.25	0.37	1.48	1.63	0.48	3.20	1.48	2.92	1.92	Random
4	0.71	0.74	1.04	0.14	0.04	1.06	1.04	1.06	0.06	Random
5	0.92	0.86	0.94	-0.20	-0.06	0.94	0.95	1.00	-0.07	Random
6	0.29	0.30	1.05	0.17	0.05	1.14	1.04	1.17	0.12	Random

¹⁾ \bar{x} : 种群平均密度 Mean density of population; S^2 : 方差 Variance; C : 扩散系数 Coefficient of dispersal; I : 聚集度指标 Aggregate index; I_d : 扩散指数 Index of dispersal; M^*/\bar{x} : 平均拥挤度和平均密度的比值 Ratio of mean crowding and mean density of population; Ca : Cassie R. M. 指标 R. M. Cassie's index.

3.1.2 Iwao 回归 进一步对 6 块样地的资料作 M^* 对 \bar{x} 的回归,将长苞铁杉种群的调查资料用 Iwao 方程进行回归,建立回归方程: $M^* = 0.229 6 + 0.872 5\bar{x}$ ($r = 0.970$ $P = 0.01$), 结果表明,长苞铁杉个体基本成分是单个个体,种群符合随机分布。模型相关系数达到 0.97,说明回归模型适合度较高,应用(1)式对模型进行随机分布偏离度的检验,结果表明长苞铁杉的 F 值 = 2.52, 小于 $F_{0.05}(2, 4) = 6.944$, 说明其空间分布格局为随机分布。

3.1.3 Taylor 法 按照 Taylor 的幂法则模型,根据遗传算法^[17]的思想编制 Taylor 法则模型拟合程序,对长苞铁杉的调查资料进行回归。其模型为: $S^2 = 1.075 6\bar{x}^{0.842 2}$, 相关系数 $r = 0.972$ 。在 Taylor 法则模型中, $a > 1$, b 趋近于 1, 说明种群在一切密度下都为随机型分布。

聚集度指标、Iwao 的回归法及 Taylor 法测定结果表明,长苞铁杉的空间分布格局呈随机分布。笔者认为形成这种分布格局的原因一方面是由于目前长苞铁杉种群个体均为高大植株,对阳光、营养等的竞争已自然形成一种适应其生长特性的分布格局;

另一方面是由于长苞铁杉为阳性树种,其更新能力弱,即使种子传播呈现一定的聚集性,但只有在具备充足阳光的林间空隙(林窗)的地段,长苞铁杉幼苗才有可能长大进入乔木层,而林间空隙通常是随机的,这样就造就长苞铁杉种群属于随机分布格局。

3.2 最适抽样法

根据 Iwao 统计方法,只要明确了 $M^* = \alpha + \beta\bar{x}$ 的直线回归方程,并知道平均密度就可以确定取样调查计划。最适抽样数计算公式为: $N = [(\alpha + 1)/(\bar{x} + \beta - 1)]/D^2$, 其中 N 为最适抽样数, D 为允许误差。该公式可推导如下:

设样本平均数的标准误差 $S/N^{0.5}$ 为绝对误差,以变异系数为相对允许误差 D ,

$$\text{即 } D = C = \frac{S/N^{0.5}}{\bar{x}} \text{ 则 } S^2 = ND^2 - \bar{x}^2 \quad (2)$$

又根据 Iwao(1971, 1972)提出平均拥挤度和平均数 \bar{x} 的关系式:

$$M^* = \alpha + \beta\bar{x}, \quad M^* = S^2/\bar{x} + \bar{x} - 1$$

$$\text{则 } S^2/\bar{x} + \bar{x} - 1 = \alpha + \beta\bar{x} \quad (3)$$

将(2)式代入(3)式得:

$$ND^2 \bar{x}^2 / \bar{x} = \alpha + 1 + (\beta - 1) \bar{x}$$

$$\text{则 } N = [(\alpha + 1) / \bar{x} + (\beta - 1)] / D^2$$

依上述空间分布信息, 计算在各种密度和允许误差下的最适抽样面积(见表2)。

表2 长苞铁杉林间调查的理论抽样面积

Table 2 The theoretical sampling area under different population densities in *Tsuga longibracteata* Cheng forest

允许误差 Allowing error	平均密度(株/hm ²) Mean density (Individuals/hm ²)									
	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100
D=0.1	0.585	0.380	0.277	0.216	0.175	0.146	0.124	0.107	0.093	0.082
D=0.2	0.146	0.095	0.069	0.054	0.044	0.037	0.031	0.027	0.024	0.021
D=0.3	0.065	0.043	0.031	0.024	0.020	0.017	0.014	0.012	0.011	0.009

4 讨论

聚集度指标是测定种群空间分布的主要方法, 由于各测定指标构造方法不一样, 所以有时会出现各指标测定结果不一致的现象。本文应用聚集度指标、Iwao 方程和 Taylor 幂法则模型对珍稀濒危植物长苞铁杉种群空间分布格局进行系统研究, 结果表明长苞铁杉种群分布格局处于聚集分布与随机分布之间的临界状态, 经统计方法检验表明其属随机分布。测定结果表明, 分布的基本成分为单个个体, 个体分布呈随机分布($\beta < 1$), 这与长苞铁杉的生物学与生态学特性有关, 因为长苞铁杉属强阳性树种, 而现存的长苞铁杉个体均为高大植株, 小径级林木极少, 大植株对阳光、营养等的竞争就必然使得种群格局呈随机分布。

根据 Iwao 的 M^* 与 \bar{x} 回归方程, 计算珍稀濒危植物长苞铁杉种群在不同密度和允许误差下的抽样面积, 从而为长苞铁杉取样技术的确定提供理论依据。如当长苞铁杉种群的植株密度为 500 株/hm² 时, 只要抽取 0.216 hm² 长苞铁杉林分(即 90 个小区)进行调查, 抽样精度可达 90%。关于对调查数据的资料代换以及抽样方式的比较等问题还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1980. 113~125.
- [2] Pielou E C. Mathematical ecology [M]. New York: Wiley-Interscience, 1985. 84~193.
- [3] Hedrick P W. Population biology [M]. New York: Jones and Barlett Publishers Inc, 1984. 85~106.
- [4] 洪伟, 郑康宏, 龚其锦. 毛竹在杉木与毛竹混生林中的空间分布型的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1990, 9(2): 56~64.
- [5] 陈辉, 郑仁华, 洪伟. 马尾松毛虫种群空间分布格局 Weibull 分布的拟合[J]. 福建林学院学报, 1992, 12(4): 359~363.
- [6] 洪伟, 罗顺跃, 陈顺立, 等. 油茶主要病虫害生态空间分布规律的研究[J]. 应用生态学报, 1992, 3(4): 308~312.
- [7] 洪伟. Iwao M^*-M 模型随机分析偏离度检验方法的研究[J]. 植物保护学报, 1989, 16(2): 107~112.
- [8] 郑元润. 不同方法在沙地云杉种群分布格局分析中的适用性研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21(5): 480~484.
- [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] 陆阳. 南亚热带森林种群分布格局取样技术研究[J]. 植物生态学和地植物学学报, 1986, 10(4): 272~281.
- [11] 王峥峰. 热带森林乔木种群分布格局及研究方法的比较[J]. 应用生态学报, 1998, 9(6): 575~580.
- [12] 林金星, 胡玉熹, 王献溥, 等. 中国特有植物长苞铁杉的生物学特性及其保护[J]. 生物多样性, 1995, 3(3): 147~152.
- [13] 国家环境保护局, 中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危保护植物名录[M], 第一册. 北京: 科学出版社, 1987. 68.
- [14] 邹惠渝, 周晓白. 珍稀树种长苞铁杉更新特性的研究[J]. 南京林业大学学报, 1994, 17(1): 45~50.
- [15] 祁承经. 湖南省越岭北部罗汉洞的银杉与长苞铁杉混交林[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1983, 7(1): 58~65.
- [16] 王献溥. 广西兴安苗儿山保护区铁杉与阔叶树混交林的主要类型及其合理利用的方向[J]. 广西植物, 1990, 10(2): 155~160.
- [17] 洪伟, 吴承祯. Taylor 幂法则模型的遗传算法最优拟合[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(1): 1~5.

(责任编辑: 惠红)