

天然阔叶林优势种群空间格局及其关联性分析

吴开华, 唐雪海, 吴文友, 黄庆丰*, 肖文杰, 巩永芳

(安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036)

摘要: 天然栎类阔叶混交林是皖南山区低山丘陵常见植被类型。本文以铜陵县叶山林场天然栎类阔叶林为研究对象, 通过大样地调查, 采用 Ripley's $K(d)$ 点格局分析法对优势种群空间格局及其关联性进行了分析。结果表明, 优势种群栎类直径分布呈偏左正态分布, 具有同龄林直径分布特点, 为发展种群。在种群空间格局上, 麻栎在 0~39 m 的尺度上为聚集分布, 在 40~42 m 尺度上为随机分布, 在大于 41 m 尺度上为均匀分布。青冈栎在 0~40 m 尺度上聚集分布, 在 41~47 m 尺度上呈现随机分布, 大于 47 m 尺度上均匀分布。在种群的空间关联性上, 麻栎和青冈栎在 0~34 m 尺度上负相关, 在大于 43 m 的尺度上呈现出显著的正相关。麻栎和青冈栎大树 (胸径 ≥ 20 mm) 和小树 (胸径 < 20 mm) 之间的关联性都表现为小尺度上 (0~25 m) 正关联, 大尺度 (51~65 m) 上的负关联, 中等尺度上 (26~50 m) 的不显著关联。在大多尺度上, 栎类与其伴生树种都无显著关联。

关键词: 栎类; 种群格局; 点格局分析; 关联性

中图分类号: S718.542

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2013)04-0618-05

Spatial distribution patterns and associations of the dominant species in natural broadleaved forest

WU Kai-hua, TANG Xue-hai, WU Wen-you, HUANG Qing-feng, XIAO Wen-jie, GONG Yong-fang
(School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: Natural Quercus broadleaved mixed forest is a common type of vegetation in mountainous area of South Anhui. Based on the investigation of the large plot of natural Quercus broadleaved mixed forest in Yeshan Forestry-farm of Tongling County, the spatial distribution patterns and their associations of the dominant tree species with the Ripley's $K(d)$ point pattern analysis were analyzed. The results indicated that the diameter distribution of Quercus dominant populations showed a left-skewed distribution, with even-aged forest diameter distribution characteristics, and were of developing populations. The spatial distribution pattern of *Quercus acutissima* population was aggregated, random and uniform distribution on a scale from 0 to 39 m, 40 to 42 m and over 42 m, respectively. The spatial distribution pattern of *Cyclobalanopsis glauca* was aggregated, random and uniform distribution on a scale from 0 to 40 m, 41 to 47 m and more than 47 m, respectively. The spatial relationships of the population between *Quercus acutissima* and *Cyclobalanopsis glauca* were negatively correlated from 0 to 34 m, and positively associated on a scale of more than 43 m. The spatial relationship between the larger tree ($DBH \geq 20$ cm) and the small tree ($DBH < 20$ cm) for *Quercus acutissima* and *Cyclobalanopsis glauca* were positively associated on a small scale (0-25 m), negatively correlated on a large scale (51-65 m), and were not correlated on a medium scale (26-50 m). On most scales, there were no correlation between the tree species of Quercus and other associated tree species.

Key words: Quercus; spatial distribution pattern of population; point pattern analysis; association

收稿日期: 2013-03-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(31070569)和“十二五”国家科技支撑计划林业生态科技工程项目(2011BAD38B0702)共同资助。

作者简介: 吴开华, 男, 硕士研究生。E-mail: wkh@ahau.edu.cn

* 通信作者: 黄庆丰, 男, 教授。E-mail: huangqf@ahau.edu.cn

空间分布格局是指种群个体在水平空间的配置状况或分布状态, 它反映了种群个体在水平空间上彼此间的相互关系, 是种群生物学特性、种内与种间关系以及环境条件综合作用的结果, 是种群空间属性的重要方面, 也是种群的基本数量特征之一^[1]。群落中种群的空间格局不仅因种而异, 而且同一种在不同发育阶段及生境条件下也有明显的差别^[2-3]。种群的空间分布和空间关联性是一致的, 对林分主要树木种群的空间分布和空间关联性的研究, 能有有效的说明林分种群的生态关系, 有助于了解群落内物种之间的相互作用, 以及不同物种在不同生境中定居的分异^[4]。人们很早就利用样方法和距离法来进行种群空间分布格局的研究^[1], 但传统的样方取样及其格局分析方法只能分析一种尺度下的格局, 而距离法中的 Ripley's $K(d)$ 函数可以分析任意距离尺度分布格局, 因而是最常用分析方法^[1, 3-8]。

天然栎类阔叶林是安徽省森林资源重要组成部分, 在皖南山区低山丘陵常见分布, 在水源涵养、水土保持和生物多样性保护中发挥了巨大作用。黄庆丰等利用角尺度方法对该类森林林木空间分布格局进行了研究^[9-10]。本研究采用 Ripley's $K(d)$ 函数分析方法对铜陵叶山天然栎类阔叶林优势种群空间分布格局及其关联性进行研究, 旨在正确认识栎类优势种群在阔叶林中的地位和作用及其相互关系, 为该地区栎类阔叶林保护和恢复重建提供理论依据。

1 研究地概况

研究地位于安徽省铜陵县叶山林场, 地理坐标东经 $117^{\circ}42'42''\sim 188^{\circ}09'41''$ 、北纬 $30^{\circ}45'30''\sim 31^{\circ}08'18''$; 北亚热带湿润性季风气候, 四季分明, 平均温度为 16.2°C , 最高气温 40.2°C , 最低气温 -11.9°C ; 年平均降水量为 $1\ 364.4\ \text{mm}$; 平均日照 $2\ 106.7\ \text{h}$, 蒸发量 $1\ 334.7\ \text{mm}$ 。地貌类型为丘陵, 最高海拔 $487\ \text{m}$, 土壤为黄红壤, 土壤厚度为 $80\sim 120\ \text{cm}$ 。地带性植被为亚热带常绿阔叶林与落叶阔叶混交林, 由于人为破坏等原因, 现存的植被均为人工林和天然次生林。人工林主要组成树种有马尾松 (*Pinus massoniana*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、毛竹 (*Phyllostachys pubescens*) 等; 天然次生林主要组成树种有麻栎 (*Quercus acutissima*)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、白栎 (*Quercus albus*)、黄檀 (*Dalbergia hupeana*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*) 等。

2 研究方法

2.1 样地调查

在对研究地进行全面踏查的基础上, 选择地形条件、群落外貌特征和树种组成典型的地段, 设置 $150\ \text{m}\times 130\ \text{m}$ ($1.95\ \text{hm}^2$) 矩形大样地进行每木检尺, 起测直径 $5\ \text{cm}$, 记录树种名称、树高、胸径、冠幅以及大样地的坡度、坡向、海拔等林木和林地因子, 并用全站仪 (南方 NTS-325) 对所调查的乔木进行坐标 (x, y, z) 定位, 其中: x, y 是平面直角坐标, z 是海拔高度。

2.2 数据分析方法

在同一林分中, 不同的物种的分布格局不定相同; 对于同一物种, 在不同的空间尺度上的分布格局也不尽相同, 随着时间、环境因子的变化种群的分布格局也呈现动态的变化。研究表明, 植物群落中的 3 种分布类型, 即随机分布、集群分布和均匀分布, 他们与样方大小关系密切, 以前的研究者在种群格局分析上采用传统的样方取样和分析方法, 只能分析一种尺度下的分布格局, 所得的结果和实际群落结构有较大的偏差, 所以国内外学者多采用 Ripley K 函数进行空间点格局分析^[1, 3-8]。但是, Ripley K 函数在进行空间格局分析时, 包括了以某一距离 (尺度) 为半径的圆中的所有信息, 随着距离 (尺度) 的增大, 大距离 (尺度) 上的分析结果就包括了小距离 (尺度) 的信息, 这种累积效应的计算混淆了大尺度与小尺度的效应。为了克服 Ripley K 函数的缺陷, 一些研究者在 Ripley K 函数和 Mark 函数的基础上用 O -ring 分析。 O -ring 分析用圆环代替 Ripley K 函数的圆圈, 这就避免了格局分析中的累积效应^[3, 6, 8, 11]。 O -ring 统计包括单变量统计和双变量统计。单变量统计被用于分析单个对象的分布格局, 用 $O_{11}(r)$ 表示统计值; 双变量统计被用于分析两个对象的格局, 用 $O_{12}(r)$ 表示统计值。根据 Wiegand 等的定义^[11], 双变量 O -ring 统计值 $O_{12}(r)$ 的计算公式为:

$$O_{12}^w(r) = \frac{\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} \text{Point} s_2 [R_{1,i}^w(r)]}{\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} \text{Area} [R_{1,i}^w(r)]}$$

式中: n_1 为格局 1 点的数目, $\text{Points}_2 [R_{1,i}^w(r)]$ 表示以格局 1 中第 i 个点为圆心, r 为半径, 宽度为 w 的圆环中包括的格局 2 的点的数目。 $\text{Area} [R_{1,i}^w(r)]$ 表示研究区域的面积。

本文用单变量 O -ring 统计方法分析麻栎、青冈

栎的空间分布格局;用双变量 *O-ring* 统计方法分析群落中树种的种间关联性。在进行 *O-ring* 统计时,为避免空间格局的误判,必须谨慎选择零假设 (null model)。对于单变量 *O-ring* 统计,若物种的空间分布没有表现出明显的聚集性,则使用完全空间随机零假设;若物种的分布呈明显的空间异质性,则使用异质性 Poisson 过程零假设;用双变量 *O-ring* 统计比较不同树种空间关联性时,采用随机标签零假设,固定一个对象,另一对象进行随机模拟^[6, 8, 11, 14]。

2.3 数据处理

采用 Programita (Wiegand, 2008 版) 软件完成数据分析过程,空间尺度为 0~65 m,步长为 1 m, Monte-Carlo 随机模拟的数目为 100 次,得到由上下两条包迹线围成的 99%置信区间。

3 结果与分析

3.1 优势种群及其直径结构

大样地调查结果表明,该样地内共有乔木树种 19 种,林木总株数 1 661 株,其中麻栎 1 131 株,占总株数的 68.1%;青冈栎 242 株,占 14.5%。两树种合计株数 1 372 株,占大样地的林木个体总数的 82.6%,处于绝对优势,故选定麻栎、青冈栎为点格局分析对象。图 1 为大样地栎类(麻栎和青冈栎)直径结构分布图,由该图知,栎类种群直径分布呈偏左正态分布,具有同龄林直径结构分布特点。直径正态分布曲线的形状随着林分年龄的增加而变化,即幼龄林平均直径较小,直径分布呈左偏正态分布(偏度值大于零),其峰度为正值;随着林分年

龄的增加,林分平均直径逐渐增加,直径分布曲线的偏度由大变小,峰度也由大变小,林分直径分布逐渐接近于正态分布曲线(偏度值和峰度值均为零)^[12]。由此可判读栎类种群仍处于向上的生长时期,且有趋向于正态分布的趋势。

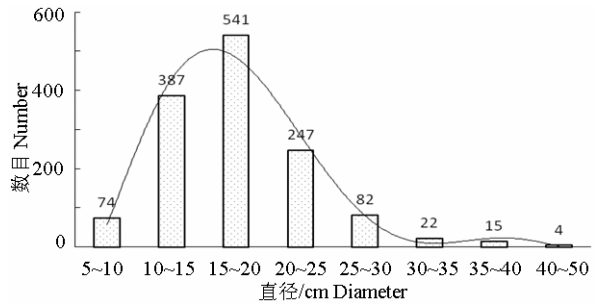


图 1 优势种群直径分布

Figure 1 Diameter distribution of dominant population

3.2 单种群格局分析

对麻栎和青冈栎 2 个主要种群的格局分析表明(图 2):麻栎在 0~39 m 的尺度上,表现为聚集分布;在 40~42 m 尺度上表现为随机分布;在大于 41 m 尺度上表现为均匀分布。青冈栎在 0~40 m 尺度上聚集分布,在 41~47 m 尺度上呈现随机分布;大于 47 m 尺度上表现为均匀分布。

3.3 种群空间关联性

由图 3 (a) 可以看出麻栎和青冈栎在 0~34 m 及 37 m 尺度负相关;35~36 m 及 38~42 m 则没有表现出明显的关联性;在大于 43 m 的尺度上呈现出显著的正相关。

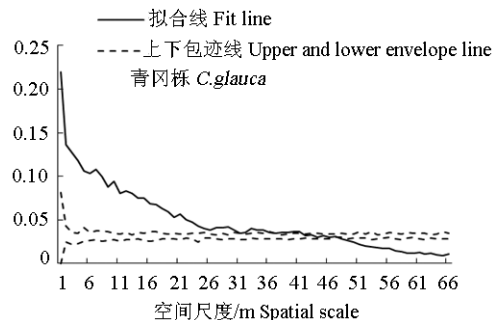
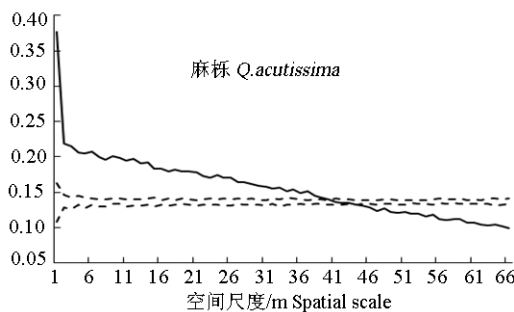


图 2 优势种群点格局分析

Figure 2 Point pattern analysis of dominant population

栎类与群落中其它树种的 *O-ring* 分析如图 3 (b),由该图可以看到在大部分尺度上栎类与群落其它树种的无关联,在 0~1 m 尺度,栎类与其它树种负关联,在 7~8 m、11 m、38 m、40~49 m、52~53 m、55~58 m 及 60 m 尺度上正关联。

按照栎类种群的直径分布,种群中栎类的平均

胸径为 18.5 cm。将林木分为大树(≥20 cm)和小树(<20 cm) 2 个直径组,进行大树和小树点格局分析。*O-ring* 分析的结果如图 3 (c)、(d),由该图知,麻栎的大树和小树在 0、2 m、11 m、13 m、17 m、19~29 m 和 32~40 m 尺度上正关联;在 1 m、3~10 m、12 m、14~16 m、18 m、30~31 m、41~

55 m、57 m、60~61m 及 63~64 m 尺度上无显著关联; 56 m、58~59 m、62 m 及 65 m 尺度上负关联。青冈栎的大树和小树在 0~21 m、23m 及 28 m

尺度上正关联; 在 22 m、24~27 m、29~47 m 及 51m 尺度上无显著关联; 48~50 m 和 52~65 m 尺度上负关联。

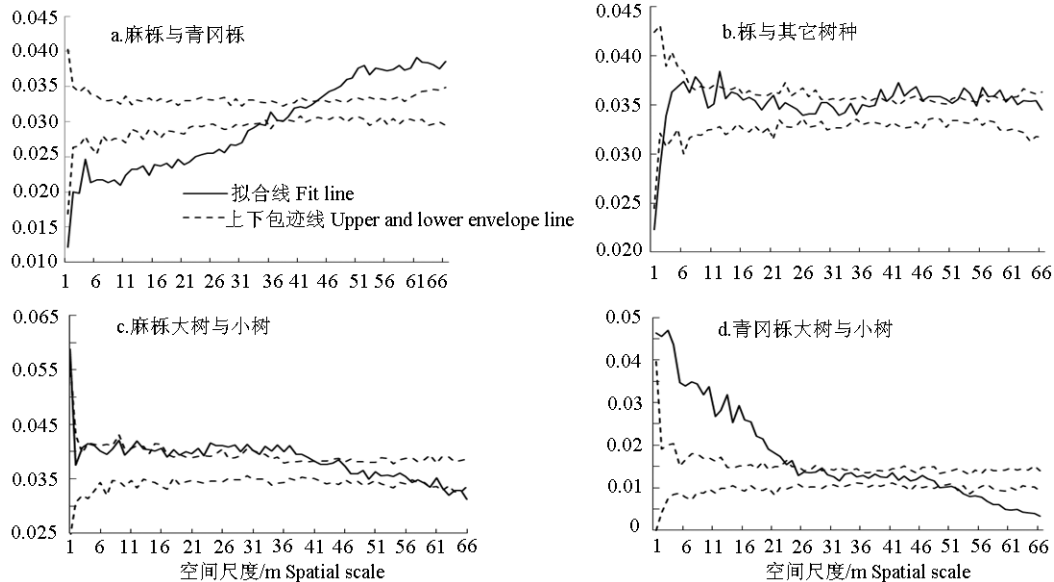


图 3 栎类关联性点格局分析

Figure 3 Point pattern analysis of associations of *Quercus*

4 小结与讨论

天然栎类阔叶林优势种群的麻栎在 0~39 m 的尺度上为聚集分布, 且尺度越小, 聚集分布强度越显著; 在 40~42 m 尺度上表现为随机分布; 在大于 41 m 尺度上表现为均匀分布。青冈栎与麻栎表现出相似的格局, 在 0~40 m 尺度上聚集分布, 同样表现为随尺度的减小聚集强度越显著; 在 41~47 m 尺度上呈现随机分布; 大于 47 m 尺度上表现为均匀分布。

麻栎和青冈栎在 0~34 m 尺度上表现为负相关, 在大于 43 m 的尺度上正相关。表明尺度较大时两个不同树种之间在生长上相互促进。栎类树种与群落其它树种间在大多尺度上表现为无关联; 而对于栎类的大树和小树之间的关联性变化较大, 麻栎的大树和小树在 0、2 m、11 m、13 m、17 m、19~29 m 和 32~40 m 尺度上正关联; 在 1 m、3~10 m、12 m、14~16 m、18 m、30~31m、41~55 m、57 m、60~61m、及 63~64 m 尺度上无显著关联; 56 m、58~59 m、62 m 及 65 m 尺度上负关联。青冈栎的大树和小树在 0~21 m、23 m 及 28 m 尺度上正关联; 在 22 m、24~27 m、29~47 m 及 51 m 尺度上无显著关联; 48~50 m 和 52~65 m 尺度上负关联。

树种表现的不同的空间格局, 这与森林群落的自然稀疏过程、干扰格局以及环境的变化有密切关

系^[13]。对铜陵叶山天然栎类阔叶混交林优势种群空间格局及其关联性分析可以看出, 在所分析的群落中栎类种群在小于 40 m 尺度上呈聚集分布, 而在较大尺度下呈均匀分布趋势。从种群生物学的角度来看, 这种分布格局的形成主要原因是由于同一种植物的个体对环境等条件的要求基本一致的原因形成的。由于天然林中栎类深根性, 萌芽更新力强, 栎类种子自然下落易集聚在凹处, 自然散布能力较差, 故易在较小尺度上形成聚集分布。在栎类与其伴生树种的关联性的分析中可以发现, 栎类与其伴生树种仅在几个尺度上存在关联, 在 1m 尺度上的负关联应该是在小尺度上不同种的个体之间的竞争导致。对栎类大小树的关联性分析可以看出, 在较小尺度上, 栎类大树和小树呈明显的正关联, 这也进一步解释了栎类在较小尺度上聚集分布的原因, 说明栎类大树和小树在生长上能够相互促进, 但随着尺度的增大, 表现出明显的负关联。

参考文献:

- [1] 惠刚盈, 李丽, 赵中华, 等. 林木空间分布格局分析方法[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4717-4728.
- [2] 伊力塔. 灵空山林区辽东栎(*Quercus liaotungensis*)种群空间分布格局[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3354-3261.
- [3] 祝燕. 北京暖温带次生林种群分布格局与种间空间关联性[J]. 生物多样性, 2011, 19(2): 252-259.
- [4] 张金屯. 植物种群空间分布的点格局分析[J]. 植物生

- 态学, 1998, 22(4): 344-349.
- [5] 汤孟平, 周国模, 施拥军, 等. 天目山常绿阔叶林优势种群及其空间分布格局[J]. 植物生态学报, 2006, 30(5): 743-752.
- [6] 张健, 郝占庆, 宋波, 等. 长白山阔叶红松林中红松与紫椴的空间分布格局及其关联性[J]. 应用生态学报, 2007, 18(8): 1681-1687.
- [7] 宋于洋. 梭梭种群不同发育阶段的空间格局与关联性分析[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4317-4327.
- [8] 王磊, 孙启武, 郝朝运, 等. 皖南山区南方红豆杉种群不同龄级立木的点格局分析[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2): 272-278.
- [9] 黄庆丰, 宫守飞, 许剑辉. 天然落叶与常绿阔叶林林分的空间结构[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(10): 1-3.
- [10] 黄庆丰, 陈龙勇, 郝焰平. 麻栎混交林空间结构与物种多样性研究[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(9): 1010-1014.
- [11] Wiegand T, Moloney K A. Rings, circles and null-models for point pattern analysis in ecology[J]. *Oikos*, 2004, 104: 209-229.
- [12] 孟宪宇. 测树学[M]. 2版. 北京: 中国林业出版社, 1996: 68.
- [13] GreiR-Smith P. Quantitative Plant Ecology[M]. London: Blackwell, 1983: 21-36.
- [14] Diggle P J. Statistical analysis of spatial point patterns[M]. New York: Academic Press, 1983.