

# 宝天曼落叶阔叶林样地栓皮栎种群空间格局

袁志良<sup>1</sup> 王 婷<sup>2</sup> 朱学灵<sup>3</sup> 沙迎迎<sup>1</sup> 叶永忠<sup>1\*</sup>

1 (河南农业大学生命科学学院, 郑州 450002)

2 (河南农业大学林学院, 郑州 450002)

3 (河南省宝天曼自然保护区, 内乡 474350)

**摘要:** 种群空间格局分析有利于更好地理解格局形成的潜在生态过程。本研究在温带—亚热带过渡区的宝天曼自然保护区内选择两个1 ha固定监测样地, 以栓皮栎(*Quercus variabilis*)为研究对象, 采用单变量和双变量g(r)函数分析了两个典型样地中栓皮栎种群空间分布格局、4个不同生长阶段的空间分布格局和空间关联性, 以及栓皮栎活立木与残干间的空间关联性。结果表明: (1)栓皮栎种群分布格局以聚集为主, 样地I的聚集性更强, 而样地II则表现出较大的随机性; (2)在两个样地中, 早期阶段的个体均表现为聚集分布格局, 而后期阶段的个体则表现为随机分布格局; (3)样地I中栓皮栎种群不同生长阶段均表现为空间正相关, 样地II中栓皮栎种群的早期阶段与其后的两个阶段间均表现为空间负相关; (4)样地I中栓皮栎活立木与残干之间为空间正相互作用, 样地II中栓皮栎活立木与残干之间无空间关联性。宝天曼自然保护区栓皮栎种群空间分布格局可能受环境异质性的作用, 并对自身的天然更新产生影响。

**关键词:** 空间格局, *Quercus variabilis*, 宝天曼自然保护区

## Patterns of spatial distribution of *Quercus variabilis* in deciduous broad-leaf forests in Baotianman Nature Reserve

Zhiliang Yuan<sup>1</sup>, Ting Wang<sup>2</sup>, Xueling Zhu<sup>3</sup>, Yingying Sha<sup>1</sup>, Yongzhong Ye<sup>1\*</sup>

1 College of Life Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002

2 College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002

3 The Administrative Bureau of Baotianman Nature Reserve, Neixiang, Henan 474350

**Abstract:** Point pattern analysis of species in a community is important in gaining a better understanding of the underlying ecological processes controlling the observed structure. In this paper, univariate and bivariate spatial point pattern analysis based on the pair-correlation function were used to evaluate the spatial patterns of *Quercus variabilis*. We compared the spatial patterns and associations of *Q. variabilis* at four different growth stages, and the relationships between standing trees and snags of *Q. variabilis* in two fully-mapped 1-ha forest plots in the Baotianman National Nature Reserve. We found that: (1) Aggregation was the main pattern type of *Q. variabilis* in the plots, with one plot showing stronger aggregation and the other exhibiting more randomness. (2) At different growth stages of *Q. variabilis* in the two plots, aggregation was found in younger stages and randomness in the older. (3) Positive interactions were found between the different growth stages of *Q. variabilis* in Plot I, and negative interactions in Plot II. (4) There are positive associations between standing trees and snags of *Q. variabilis* in Plot I, and spatial segregation in Plot II. Our study suggests that the spatial distribution of *Q. variabilis* may be influenced by environmental heterogeneity. This is important because the spatial distribution of this species in turn affects self regeneration of *Q. variabilis* populations in Baotianman National Nature Reserve.

**Key words:** spatial pattern, *Quercus variabilis*, Baotianman National Nature Reserve

空间格局分析是研究种群特征、种间相互作用以及种群与环境关系的重要手段(Dale, 1999; Condit *et al.*, 2000), 有利于更好地理解种群格局形成的潜在生态过程(He *et al.*, 1997; Druckenbrod *et al.*, 2005; Wiegand *et al.*, 2007)。近年来, 国外学者以热带雨林动态监测样地为平台对物种空间分布格局开展了大量研究, 取得了显著成效, 但迄今为止, 在温带—亚热带过渡区动态监测样地开展物种空间分布格局的研究还未见报道。

宝天曼自然保护区位于伏牛山南坡, 西连秦岭, 东接淮河, 地处南暖温带—北亚热带过渡区, 植被属暖温带落叶阔叶林向亚热带常绿阔叶林的过渡型(尚富德等, 1998)。作为联合国“人与生物圈保护计划”的组成部分, 宝天曼自然保护区是我国同纬度天然阔叶林保存最为完好的地区和河南省生物多样性的分布中心, 同时也是我国栓皮栎(*Quercus variabilis*)现代分布中心的重要组成部分(傅焕光和于光明, 1978; 吴征镒, 1980)。特殊的地理环境促使了南北植物区系的交汇和融合, 丰富的植物资源引起了林学和生态学工作者的广泛关注。

作为本区的地带性优势树种, 栓皮栎是我国分布最广的乔木树种和最重要的造林树种之一(吴明作, 1998), 具有重要的生态、经济和景观价值。此前, 有关宝天曼自然保护区栓皮栎的研究主要涉及到群落特征及物种多样性(程瑞梅和肖文发, 1998)、生物量和净生产力(刘玉萃和吴明作, 1998), 栓皮栎林恢复过程中高等植物物种多样性变化(史作民等, 1998), 种群生态位、生命进程、年龄动态及数量稳定性(吴明作等, 1999a, b, c)、种群数量动态(吴明作和刘玉萃, 2000)、生殖生态(吴明作等, 2001)和生物量(吴明作等, 2000)等。但是, 以上对本区植物种群的研究多是基于短期的、小面积样地的调查结果, 无法较准确地反映植物种群中蕴藏的生态学规律, 因此, 大面积长期定位监测成为必然。

参照巴拿马巴洛科罗拉多岛(Barro Colorado Island, BCI)50 ha热带雨林样地的技术规范, 2008至2010年间, 河南农业大学和中科院植物研究所合作, 在河南宝天曼自然保护区内建立了1块面积为25 ha的落叶阔叶林固定样地和5个不同植被类型的1 ha卫星样地。

本文以大面积长期定位监测样地为平台, 以样地的第一轮调查数据为基础, 采用g-function (pair-

correlation functions)对两个卫星样地中栓皮栎种群的空间分布格局进行了研究, 以期对深入认识栓皮栎种群的分布格局、动态及更新, 为进一步探讨暖温带和亚热带过渡区森林生态系统生物多样性格局和过程提供基础数据。

## 1 样地概况

宝天曼国家级自然保护区(111°46'55"-112°03'32"E, 33°35'43"-33°20'12"N)南北长24.3 km, 东西宽25.9 km, 总面积23,198 ha。年均气温15.1℃, 年均降水量855.6 mm, 年均相对湿度68%, 海拔800 m以上地带≥0℃的年活动积温小于4,500℃<sup>①</sup>。2008年和2009年的6-10月间, 在全面踏查的基础上, 我们在保护区的核心区内选取群落保护较好、天然栓皮栎保存完好的区域建立了两个1 ha样地(100 m×100 m)。

样地I为栓皮栎林, 其中心点坐标为111°55'36.91"E, 33°29'40.51"N, 中心海拔1,301 m, 最高海拔1,317.6 m, 最低海拔1,277.6 m, 最大高差40 m。本群落分为4个基本层次, 乔木I层高18 m, 盖度85%, 主要由栎属(*Quercus*)和槲树属(*Tilia*)等组成。乔木II层高8-10 m, 盖度40%, 主要由四照花(*Cornus kousa* subsp. *chinensis*)、毛柞(*Cornus walteri*)、三桠乌药(*Lindera obtusiloba*)等组成。灌木层高1-2.5 m, 盖度20-50%不等。草本层稀疏, 盖度15-30%, 高度20-60 cm不等。

样地II为短柄枹(*Quercus serrata* var. *brevipe-tiolata*)林, 中心坐标为111°55'28.33" E, 33°29'50.72" N, 中心海拔1,250 m, 最高海拔1,272 m, 最低海拔1,229 m, 最大高差43 m。群落分为4个基本层次, 乔木I层高16 m, 盖度90%, 主要由栎属和槲树属(*Acer*)等组成。乔木II层高8-10 m, 盖度20-40%, 主要由四照花、千金榆(*Carpinus cordata*)、老鸱铃(*Styrax hemsleyanus*)等组成。灌木层高1-2.5 m, 盖度30-50%不等, 草本层盖度30-50%, 高度20-60 cm不等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

参照BCI 50 ha样地的技术规范, 用全站仪将样

<sup>①</sup> 朱学灵 (2008) 宝天曼自然保护区水曲柳群落和陕西紫茎群落对旅游干扰的生态响应. 硕士学位论文. 河南农业大学, 郑州.

地分成25个20 m×20 m的样方, 每个20 m×20 m的样方又进一步分为16个5 m×5 m的小样方。测量样方内所有胸径 $\geq 1$ cm的木本植物(含死亡树木)的胸径和坐标, 定位并挂牌。

根据样地调查所得数据, 结合栓皮栎生活史特征和树木高度所处冠层位置, 将栓皮栎划分为A–D 4个阶段: A阶段,  $1 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5 \text{ cm}$ ; B阶段,  $7.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 17.5 \text{ cm}$ ; C阶段,  $17.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 32.5 \text{ cm}$ ; D阶段,  $\text{DBH} \geq 32.5 \text{ cm}$ 。

## 2.2 数据处理

本文采用目前常用的 $g(r)$ 函数法(pair-correlation function)(Ripley, 1981; Stoyan & Stoyan, 1994; Wiegand *et al.*, 2007)来分析栓皮栎种群及不同生长阶段的空间分布格局类型, 量化各空间分布格局发生的尺度, 并判断栓皮栎不同生长阶段之间以及活立木与残干之间的空间关联性。

$g(r)$ 函数是由Ripley's K函数衍生而来, 因其能有效地剔除Ripley's K函数不断累积的小尺度效应, 在目前的格局分析中得到了更加广泛的应用。与Ripley's K函数类似,  $g(r)$ 函数也包括单变量和双变量分析, 单变量分析常被用来分析单一对象的空间格局, 而双变量分析常被用来分析两个不同对象的空间关联性。本文通过99次Monte Carlo随机模拟计算99%的置信区间, 在单变量分析中, 当 $g(r)$ 高于上

包迹线为聚集分布, 在上下包迹线间为随机分布, 低于下包迹线为规则分布; 在双变量分析中, 当 $g(r)$ 高于上包迹线表示两类格局为显著正相关, 在上下包迹线间为无关联, 低于下包迹线为显著负相关。本文采用的零模型是完全随机零模型。点格局及空间关联分析通过R软件中的Spatstat软件包实现。

## 3 结果

### 3.1 栓皮栎种群空间分布格局

单变量点格局分析结果显示(图1), 样地I内栓皮栎为显著的聚集分布格局, 10 m以内随着研究尺度的增大聚集强度逐渐减弱, 10–25 m之间聚集强度有所波动, 18.7 m处聚集度最大。样地II内栓皮栎以随机分布格局为主, 仅在1.2–5.2 m之间, 6.7–8.1 m之间表现为聚集分布。

### 3.2 栓皮栎种群不同生长阶段的空间分布格局

两个样地的栓皮栎在4个不同的生长阶段的点格局分析表明(图2, 3), 两个样地中栓皮栎胸径小于7.5 cm和大于32.5 cm的个体均为随机分布。样地I中栓皮栎个体胸径在7.5–32.5 cm之间的均表现为聚集分布, 而样地II中胸径位于7.5–17.5 cm之间的个体在7.3 m以内为聚集分布, 7.3 m以外为随机分布, 17.5–32.5 cm之间的个体在4.2–5.1 m之间表现

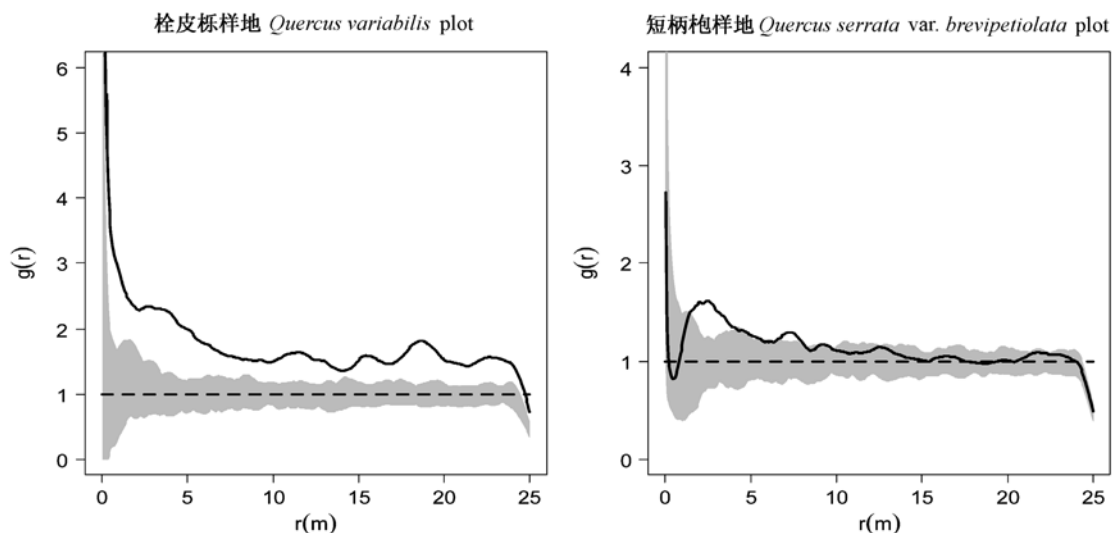


图1 两样地中栓皮栎空间分布格局

Fig. 1 Spatial patterns of *Quercus variabilis* in two plots

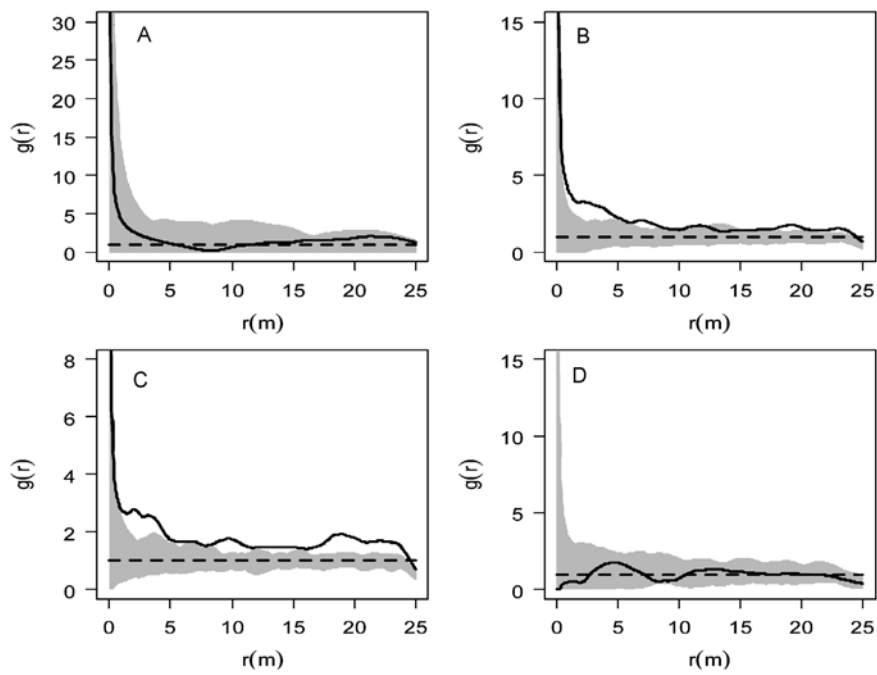


图2 样地I栓皮栎各生长阶段个体空间分布格局(A:  $1\text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5\text{ cm}$ ; B:  $7.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 17.5\text{ cm}$ ; C:  $17.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 32.5\text{ cm}$ ; D:  $\text{DBH} \geq 32.5\text{ cm}$ )

Fig. 2 Spatial pattern of different growth stages of *Quercus variabilis* in Plot I

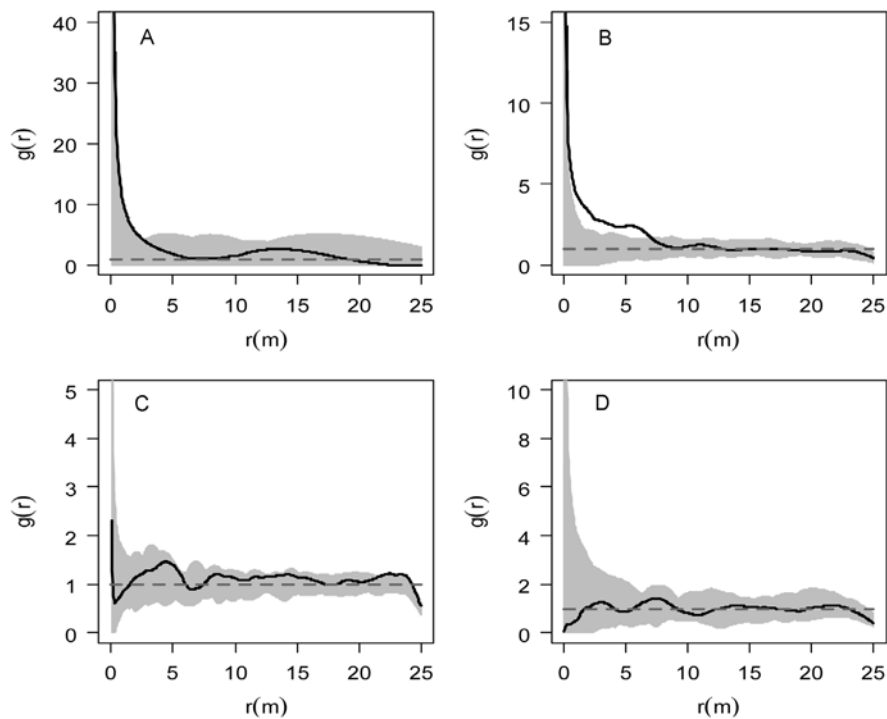


图3 样地II栓皮栎各生长阶段个体空间分布格局(A:  $1\text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5\text{ cm}$ ; B:  $7.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 17.5\text{ cm}$ ; C:  $17.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 32.5\text{ cm}$ ; D:  $\text{DBH} \geq 32.5\text{ cm}$ )

Fig. 3 Spatial pattern of different growth stages of *Quercus variabilis* in Plot II

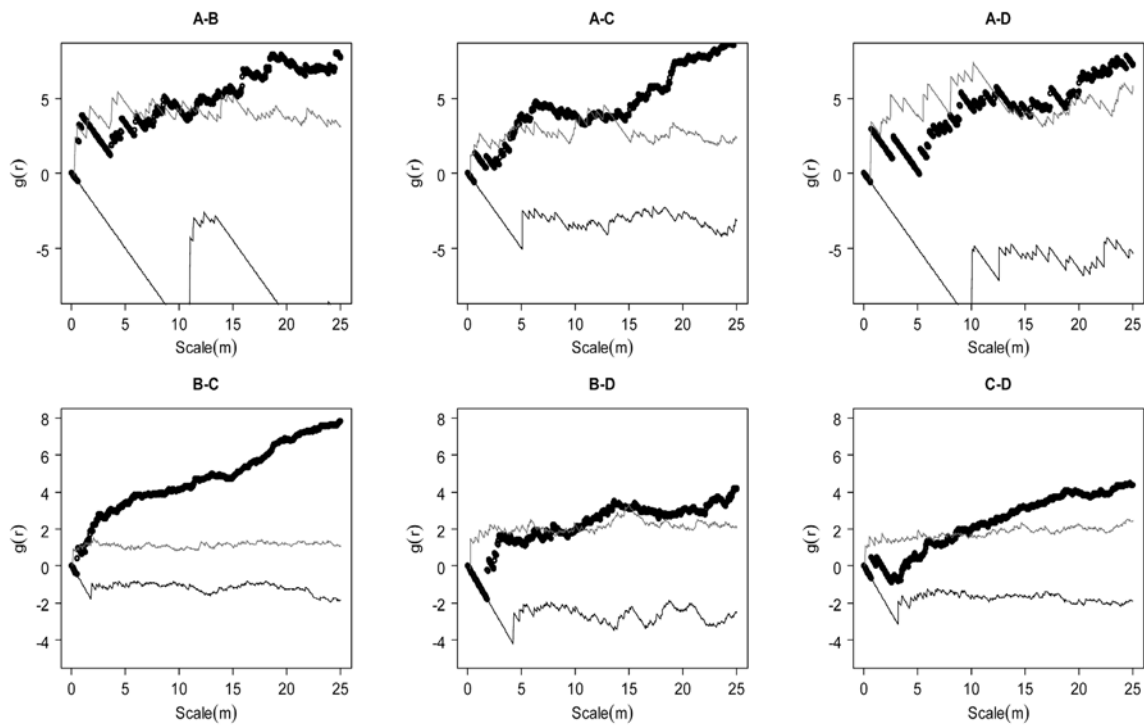


图4 样地I栓皮栎各生长阶段间相互关系(A:  $1\text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5\text{ cm}$ ; B:  $7.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 17.5\text{ cm}$ ; C:  $17.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 32.5\text{ cm}$ ; D:  $\text{DBH} \geq 32.5\text{ cm}$ )

Fig. 4 Associations of different growth stages of *Quercus variabilis* in Plot I

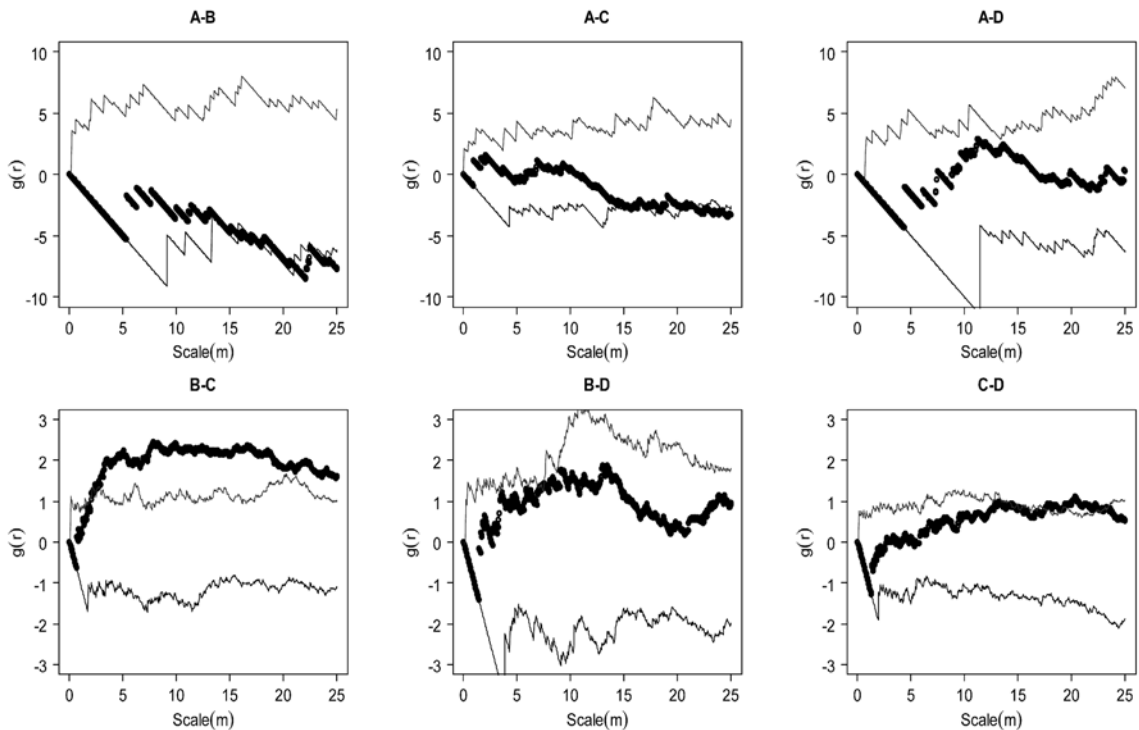


图5 样地II栓皮栎各生长阶段间相互关系(A:  $1\text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5\text{ cm}$ ; B:  $7.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 17.5\text{ cm}$ ; C:  $17.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 32.5\text{ cm}$ ; D:  $\text{DBH} \geq 32.5\text{ cm}$ )

Fig. 5 Associations of different growth stages of *Quercus variabilis* in plot II

为聚集分布, 其他为随机分布。

### 3.3 栓皮栎不同生长阶段的空间关联性

双变量分析结果显示(图4,5), 样地I中栓皮栎各生长阶段之间整体上呈正相关, 而样地II中各生长阶段之间多表现出无关联。其中, 值得注意的是样地I中胸径7.5–17.5 cm的个体与17.5–32.5 cm的个体间表现出显著的正相关, 而样地II中胸径小于7.5 cm的个体与胸径在7.5–32.5 cm的个体间均表现出一定程度的负相关, 胸径在7.5–17.5 cm和17.5–32.5 cm的个体间则表现出显著的正相关。

### 3.4 栓皮栎立木与残干的空间关联性

两个样地中栓皮栎活立木与残干之间空间关系的分析结果显示(图6), 样地I中在小于2.5 m的尺度内两者无关联, 在大于2.5 m的尺度上两者则表现显著的正相关; 样地II中活立木与死亡树木之间基本上表现为无关联。

## 4 讨论

聚集分布格局是自然界中最常见的分布格局(He *et al.*, 1997; Plotkin *et al.*, 2002)。其产生主要是因为种子传播限制(Grubb, 1977)、环境异质性(Harms *et al.*, 2000; Queenborough *et al.*, 2007)以及

二者的共同作用(Lin *et al.*, 2011)。这样的格局有利于种群发挥群体效应, 形成适于自身生长的环境, 抵御外来种的入侵, 从而维持种群的正常发展(韩路等, 2007)。对于本区内的栓皮栎而言, 其坚果较重, 种子成熟后, 借助外界风力及动物的搬运所能传播的距离有限, 多数散落在母树周围的区域内, 因此, 种子传播限制可能是造成本区栓皮栎聚集格局的重要原因之一。

一般认为, 在小尺度上造成的空间分布格局主要是受种群自身生物学特性的影响, 而在较大尺度上的空间分布格局则更多的是受到生境异质性的作用。在大于10 m的尺度上, 如果偏离完全随机零模型表现聚集, 可以解释为受到生境异质性的影响(Getzin *et al.*, 2008)。样地I在大于10 m的尺度上依然表现出强烈的聚集分布格局, 而样地II则在大于8 m的尺度上就表现出随机分布格局, 因此, 样地I中生境异质性在栓皮栎种群空间分布格局的形成中可能发挥了一定的作用, 这一点在两样地栓皮栎个体分布图中也有所体现(图7)。

随机分布多出现在发育成熟、稳定的群落内。由于病虫害, 与草本灌木层的竞争, 种内、种间相互竞争等原因使得个体在不同时期大量死亡, 即产

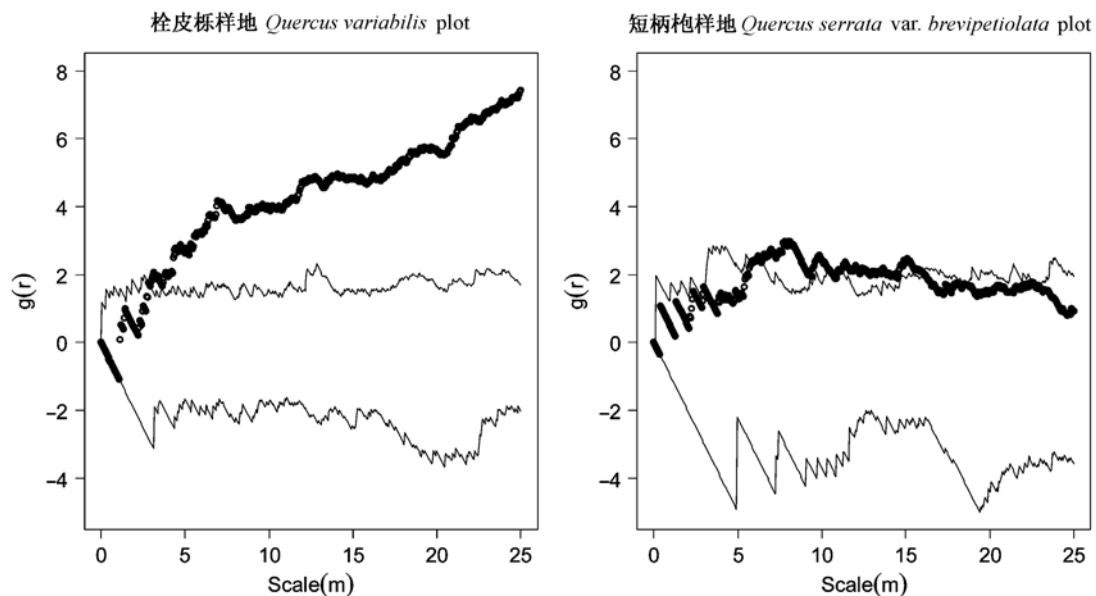


图6 两样地中栓皮栎活立木与残干的空间关联性

Fig. 6 Associations of standing trees and snags of *Quercus variabilis* in two plots

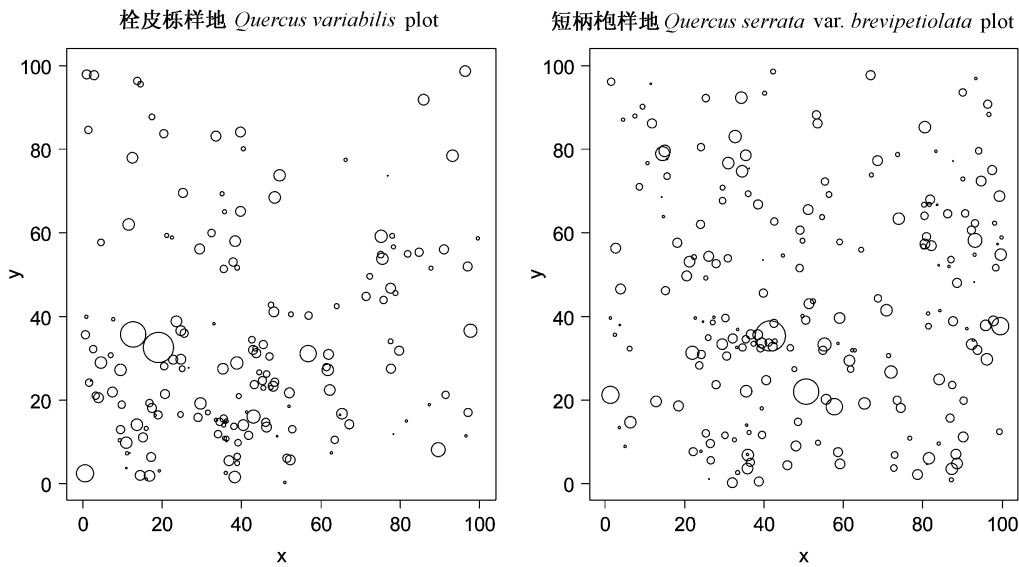


图7 两样地中栓皮栎分布图

Fig. 7 Distribution maps of *Quercus variabilis* in two plots

生自疏和他疏效应,从而导致随机分布和均匀分布格局的产生(林玥等, 2009), 两个样地中成熟期个体随机分布格局的产生可能就属于这种情况。两个样地中生长阶段早期个体均表现为随机分布格局, 可能是由于栓皮栎在自身甚至同属种类的林分下更新困难而导致的。

空间关联性研究有利于进一步加深对栓皮栎空间格局形成过程的理解。样地I中栓皮栎4个生长阶段间均呈现正相关关系, 这与样地I中栓皮栎强烈的聚集分布格局是一致的, 这种现象的产生可能是由于扩散限制导致种内不同生长阶段个体聚集在一起, 更新生态位重叠, 也可能是由于栓皮栎不同生长阶段个体的生境偏好相对一致。同时, 样地I中活立木与死亡残干的空间关联性分析表明两者之间存在正相互作用, 部分栓皮栎个体的死亡必将为周围同种个体的生长提供更多的空间, 这对于样地中具有强烈聚集分布格局的栓皮栎而言是十分有利的, 因此, 栓皮栎种群的空间分布格局对其自我更新具有一定的影响。

样地II中栓皮栎不同阶段的个体间表现出负的空间关联性, 这与本样地中栓皮栎相对随机、均匀分布格局是一致的, 表明样地II的栓皮栎种群处于相对稳定的演替阶段, 具有一定的自身稳定性,

从而抑制同种幼小个体(占总个体数目2.8%)的生长发育。

**致谢:** 感谢何芳良教授、沈国春博士和张健博士对本文写作和数据处理给予的大力帮助! 感谢吴明作博士对本文的写作提出了宝贵的意见!

#### 参考文献

- Cheng RM (程瑞梅), Xiao WF (肖文发) (1998) Community characteristics of *Quercus variabilis* forest and species diversity in Baotianman, Henan Province. *Journal of Plant Resources and Environment* (植物资源与环境), **7**(4), 8–13. (in Chinese with English abstract)
- Condit R, Ashton PS, Baker P, Bunyavejchewin S, Gunatilleke S, Gunatilleke N, Hubbell SP, Foster RB, Itoh A, LaFrankie JV, Lee HS, Losos E, Manokaran N, Sukumar R, Yamakura T (2000) Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science*, **288**, 1414–1418.
- Dale MRT (1999) *Spatial Patterns Analysis in Plant Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Druckenbrod DL, Shugart HH, Davies I (2005) Spatial pattern and process in forest stands within the Virginia piedmont. *Journal of Vegetation Science*, **16**, 37–48.
- Fu HG (傅焕光), Yu GM (于光明)(1978) *The Cultivation and Utilization of Quercus variabilis* (栓皮栎栽培与利用). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Getzin S, Wiegand T, Wiegand K, He FL (2008) Heterogeneity

- influences spatial patterns and demographics in forest stands. *Journal of Ecology*, **96**, 807–820.
- Grubb PJ (1977) Maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, **52**, 107–145.
- Han L (韩路), Wang HZ (王海珍), Peng J (彭杰), Mo ZX (莫治新) (2007) Spatial distribution patterns and dynamics of major population in *Populus euphratica* forest in upper reaches of Tarim River. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), **27**, 1668–1673. (in Chinese with English abstract)
- Harms KE, Wright SJ, Calderon O, Hernandez A, Herre EA (2000) Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature*, **404**, 493–495.
- He FL, Legendre P, LaFrankie JV (1997) Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Vegetation Science*, **8**, 105–114.
- Lin Y (林玥), Ren JY (任坚毅), Yue M (岳明) (2009) Spatial patterns and associations in a birch-fir forest in Mt. Taibai. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), **27**, 47–54. (in Chinese with English abstract)
- Lin YC, Chang LW, Yang KC, Wang HH, Sun IF (2011) Point patterns of tree distribution determined by habitat heterogeneity and dispersal limitation. *Oecologia*, **165**, 175–184.
- Liu YC (刘玉萃), Wu MZ (吴明作) (1998) Biomass and net productivity of *Quercus variabilis* forest in Baotianman Natural Reserve. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **9**, 569–574. (in Chinese with English abstract)
- Plotkin JB, Chave J, Ashton PS (2002) Cluster analysis of spatial patterns in Malaysian tree species. *The American Naturalist*, **160**, 629–644.
- Queenborough SA, Burslem D, Garwood NC, Valencia R (2007) Habitat niche partitioning by 16 species of Myristicaceae in Amazonian Ecuador. *Plant Ecology*, **192**, 193–207.
- Ripley BD (1981) *Spatial Statistics*. Wiley, New York.
- Shang FD (尚富德), Wang PJ (王磐基), Feng GP (冯广平), Zeng Y (曾颖), Wang ZD (王正德) (1998) Study on the Characteristics and causes of formation of plant diversity in the Funiushan Transition Region. *Journal of Henan University (Natural Science)* (河南大学学报(自然科学版)), **28**(1), 54–60. (in Chinese with English abstract)
- Shi ZM (史作民), Liu SR (刘世荣), Cheng RM (程瑞梅) (1998) Changes in plant species diversity in a restoration sequence of *Quercus variabilis* forest stands in Baotianman Mountain. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **22**, 415–421. (in Chinese with English abstract)
- Stoyan D, Stoyan H (1994) *Fractals, Random Shapes and Point Fields*. Wiley, Chichester.
- Wiegand T, Gunatilleke S, Gunatilleke N (2007) Species associations in a heterogeneous Sri Lankan dipterocarp forest. *The American Naturalist*, **170**, E67–E95.
- Wu MZ (吴明作) (1998) Research status on *Quercus variabilis*. *Shaanxi Forestry Science and Technology* (陕西林业科技), **4**, 65–69. (in Chinese with English abstract)
- Wu MZ (吴明作), Liu YC (刘玉萃), Jiang ZL (姜志林) (2001) The reproductive ecology and stable mechanism of *Quercus variabilis* (Fagaceae) population. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**, 225–230. (in Chinese with English abstract)
- Wu MZ (吴明作), Zheng DF (郑东方), Liu YC (刘玉萃) (2000) A study on the biomass and volume dynamic and the density regulation of *Quercus variabilis* population. *Henan Science* (河南科学), **18**, 399–404. (in Chinese with English abstract)
- Wu MZ (吴明作), Liu YC (刘玉萃) (2000) Spectral analysis of dynamic and stability of *Quercus variabilis* population. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **19**(4), 23–26. (in Chinese with English abstract)
- Wu MZ (吴明作), Liu YC (刘玉萃), Yang YZ (杨玉珍), Li ZJ (李战军) (1999a) Study on niches of main population of *Quercus variabilis* (Fagaceae) forest in Henan Province. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), **19**, 511–518. (in Chinese with English abstract)
- Wu MZ (吴明作), Jiang ZL (姜志林), Liu YC (刘玉萃), Li ZJ (李战军), Zhang HL (张鸿礼) (1999b) A study on the life process and stability of *Quercus variabilis* (Fagaceae) population. *Journal of Nanjing Forestry University* (南京林业大学学报), **23**(5), 55–59. (in Chinese with English abstract)
- Wu MZ (吴明作), Jiang ZL (姜志林), Liu YC (刘玉萃) (1999c) Study on the age dynamic and stability of *Quercus variabilis* (Fagaceae) population. *Henan Science* (河南科学), **17**, 69–73. (in Chinese with English abstract)
- Wu ZY (吴征镒) (1980) *Vegetation of China* (中国植被). Science Press, Beijing. (in Chinese)

(责任编辑: 闫文杰)