

# 亚热带常绿落叶阔叶混交林 化香树种群的空间分布格局

李 杰

(华北水利水电大学 艺术与设计学院,河南 郑州 450046)

**摘 要:**基于3块1 hm<sup>2</sup>森林动态监测样地数据,通过点格局方法分析了优势种化香树在完全随机模型和泊松异质性模型下的空间分布格局,并分析了化香树随着径级增加分布格局的变化。结果表明:完全随机模型下,3个样地中的化香树在整个研究尺度上全表现为聚集分布格局;泊松异质性模型剔除生境异质性后,1号样地中化香树随着尺度的增大,分布格局由聚集逐渐转变为均匀分布;2号和3号样地中化香树在整个研究尺度中则表现出随机分布格局;并且随着径级的增大化香树聚集程度下降。从现有的空间格局可以推断生境异质性和种内竞争对格局的形成起着重要作用。

**关键词:**点格局;完全随机模型;泊松异质性模型;优势种

**中图分类号:**S 718 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)01-0092-07

种群的空间分布格局分析是研究种群特征、种群之间作用和种群与环境关系的重要手段之一,对理解森林群落生态系统的种群动态变化具有重要意义<sup>[1-3]</sup>。优势种对森林群落结构的塑造和群落环境的形成具有明显作用,既是群落骨架,又决定了群落外貌和类型<sup>[4]</sup>。分析优势种的空间分布格局有助于认识群落结构的形成与维持机制。化香树(*Platycarya strobilacea* Sieb.)属胡桃科化香树属落叶小乔木,主要分布在东亚地区。化香树的树皮能剥取纤维,叶可作农药,根部及老木含有芳香油,种子可榨油,具有重要的经济价值。目前关于化香树的研究主要集中在化合物的提取和分析等方面<sup>[5-6]</sup>。徐良等<sup>[7]</sup>分析了单叶化

香树的植物群落特点。张丽等<sup>[8]</sup>分析了化香树属的谱系地理格局。关于化香树种群的生态学特征研究仍然较少。该研究基于3块1 hm<sup>2</sup>森林动态监测样地数据,通过点格局方法分析了优势种化香树的空间分布格局,以期为进一步深入了解化香树种群的形成与维持机制奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

研究样地位于鹞落坪国家级自然保护区,地处安徽省岳西县(北纬30.95°~31.01°、东经116.03°~116.18°)。该区域年平均气温为12.7℃,最冷月1月平均气温约为2℃,最热月7月平均气温约为23℃,年降水量约1400 mm,空气湿度为80%左右<sup>[9-10]</sup>。

### 1.2 试验方法

王志高等<sup>[10]</sup>在鹞落坪自然保护区建立了3个100 m×100 m的1 hm<sup>2</sup>样地。3个样地分别为鹞落坪样地(1号)、吊罐井样地(2号)和庵基坪样地(3号)。采用全站仪将样地划分为25

**作者简介:**李杰(1982-),男,硕士,讲师,现主要从事园林植物及风景园林规划等研究工作。E-mail: zhukailj@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(51609085);2016年度河南省高校科技创新人才支持计划资助项目(16HASTIT024);2017河南省科技攻关资助项目(172102210054)。

**收稿日期:**2017-08-03

个 20 m×20 m 的大样方,再将大样方细分为 16 个 5 m×5 m 的小样方。以 5 m×5 m 的小样方为基本单元,调查样地内胸径 $\geq 2$  cm 的个体,同时记录树种名称、胸径、坐标和生长状况等。化香

树在 3 个样地中的概况如表 1 所示。重要值的计算公式为:重要值=(相对多度(%)+相对频度(%)+相对胸高断面积(%))/3。

表 1 化香树在群落中的数量指标

Table 1 Quantitative indices of *Platycarya strobilacea* in community

| 样地号<br>Plot number | 数值和排名<br>Numerical and ranking | 重要值<br>Importance value | 胸高断面积<br>Cross-sectional area at breast height/m <sup>2</sup> | 平均胸径<br>Mean DBH/cm | 多度<br>Abundance/个 |
|--------------------|--------------------------------|-------------------------|---|---------------------|-------------------|
| 样地 1<br>Plot 1     | 数值<br>样地内排名                    | 12.03<br>3              | 5.62<br>2   | 11.73<br>3          | 369<br>4          |
| 样地 2<br>Plot 2     | 数值<br>样地内排名                    | 3.59<br>4               | 0.01<br>64  | 15.10<br>11         | 148<br>3          |
| 样地 3<br>Plot 3     | 数值<br>样地内排名                    | 4.33<br>6               | 0.52<br>14  | 19.30<br>6          | 147<br>4          |

### 1.3 数据分析

采用双关联函数  $g(r)$  来分析不同尺度上化香树的空间分布格局。双关联函数  $g(r)$  是从 Ripley's K 函数优化而来。Ripley's K 函数就是以研究区域内某一点为圆心,以某一长度  $r$  为半径的圆内物种个体数目的函数<sup>[11-12]</sup>。相对于 Ripley's K 函数,在分析半径为  $r$  的尺度上, $g(r)$  函数采用特定宽度的圆环代替了 Ripley's K 函数的圆,这使得某一尺度上的格局独立于其它尺度的格局,从而大大弱化了 Ripley's K 函数的累积效应,使得结果更加稳定准确<sup>[13]</sup>。当  $g(r) > 1$  时,表示物种在  $r$  尺度上呈聚集分布格局,当  $g(r) = 1$  时,表示物种在  $r$  尺度上呈随机分布格局,当  $g(r) < 1$  时,表示物种在  $r$  尺度上呈均匀分布格局。

该研究中采用的模型有完全随机模型和泊松异质性模型。完全随机模型是空间点格局中使用最广泛的一种,该模型假设任何一个个体在研究区域内任何一个位置上出现的机率是相等的,同时点与点之间彼此独立,在生态学中常用来假设物种的空间分布不受任何生物或非生物过程影响<sup>[14]</sup>。然而生境异质性效应可能会掩盖物种分布格局的形式和种群统计行为,因此要排除环境异质性的影响,从而探讨植物之间纯粹的相互关系<sup>[15]</sup>。泊松异质性模型是依据密度函数决定个体的分布,可以排除大尺度环境异质性的影响,与

完全随机模型相比,它主要用来模拟物种与其生境之间的相互关系<sup>[14]</sup>。

点格局分析过程中的置信区间用上下包迹线来表示,通过重复 Monte Carlo 随机模拟 199 次产生 99% 的置信区间。点格局分析使用软件 R 2.15.3 中的'Spatstat'程序包实现。

## 2 结果与分析

### 2.1 化香树在样地中的优势地位及径级结构

化香树在 3 个样地中的重要值排名分别为第 3、第 4 和第 6,胸高断面积、平均胸径和多度也都较大。化香树的径级结构如图 1 所示。样地 1 和样地 3 中化香树的径级结构呈倒'J'型,样地 2 中化香树的径级结构呈偏正态分布。按照胸径大小分别将 3 个样地中化香树划分为小树( $DBH \leq 12$  cm)、中树( $12 \text{ cm} < DBH \leq 24$  cm)和大树( $DBH > 24$  cm)。

### 2.2 化香树种群的空间分布格局

基于完全随机模型分析得出,3 个样地中的化香树在整个研究尺度上均表现为聚集分布格局(图 2)。使用泊松异质性模型剔除生境异质性后,1 号样地中化香树在 0~5 m 尺度上为聚集分布,随着尺度的增大,逐渐转变为均匀分布格局;2 号和 3 号样地中化香树在整个研究尺度中则表现出随机分布格局。

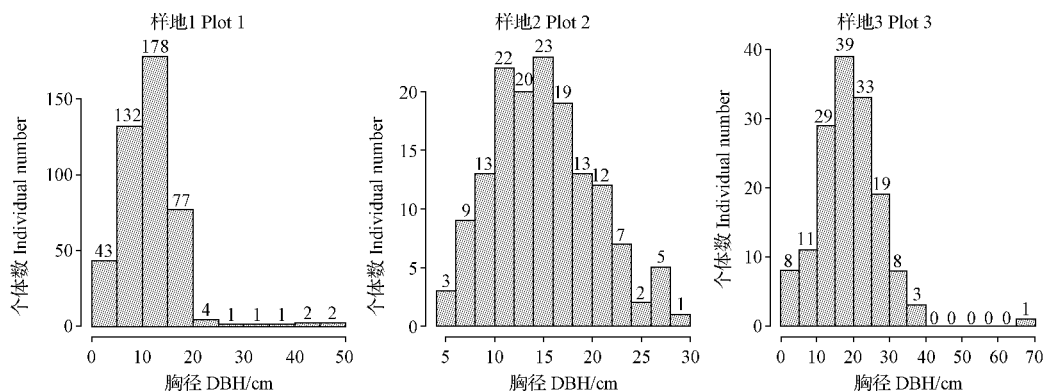
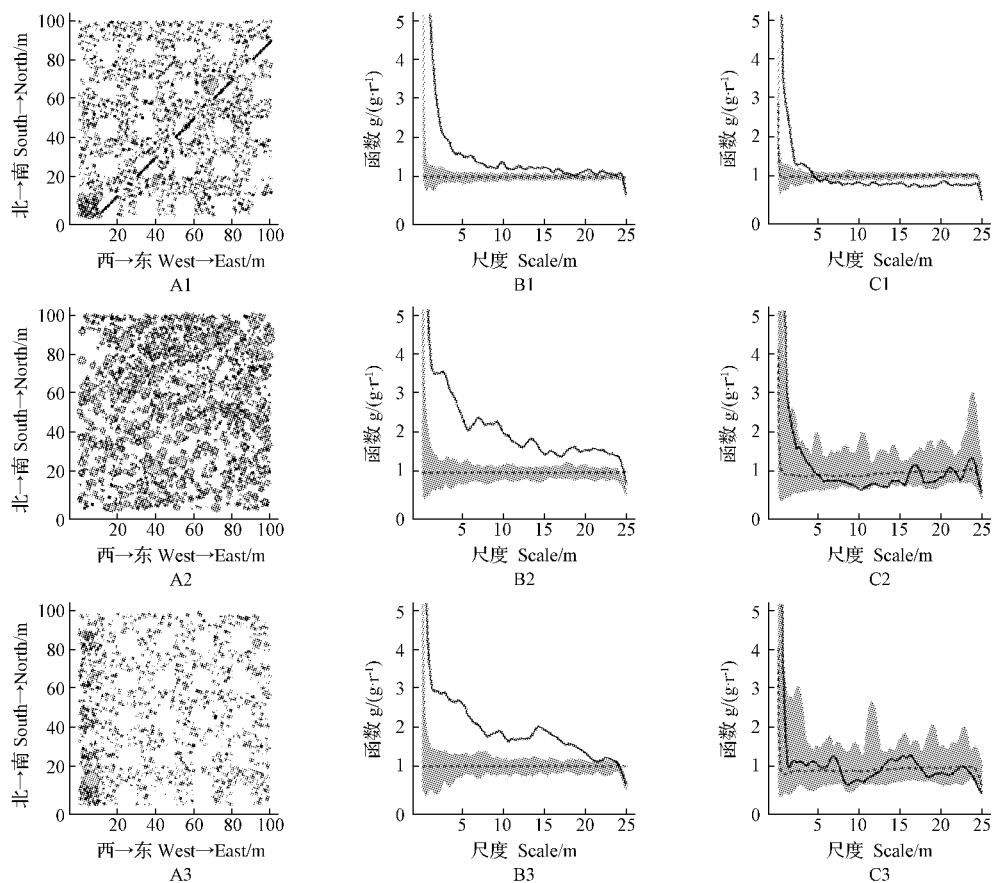


图1 化香树的胸径结构

Fig. 1 Diameter at breast height (DBH) class of *Platycarya strobilacea* in community

注:第1,2,3行分别为1号、2号和3号样地。实线为实际观测值,虚线为理论值,灰色区间为置信区间。下同。

Note: First, second and third lines represent the No. 1, 2 and 3 plot. The line is the observed value. Dotted line is the theoretical value. Grey interval is the confidence interval. The same below.

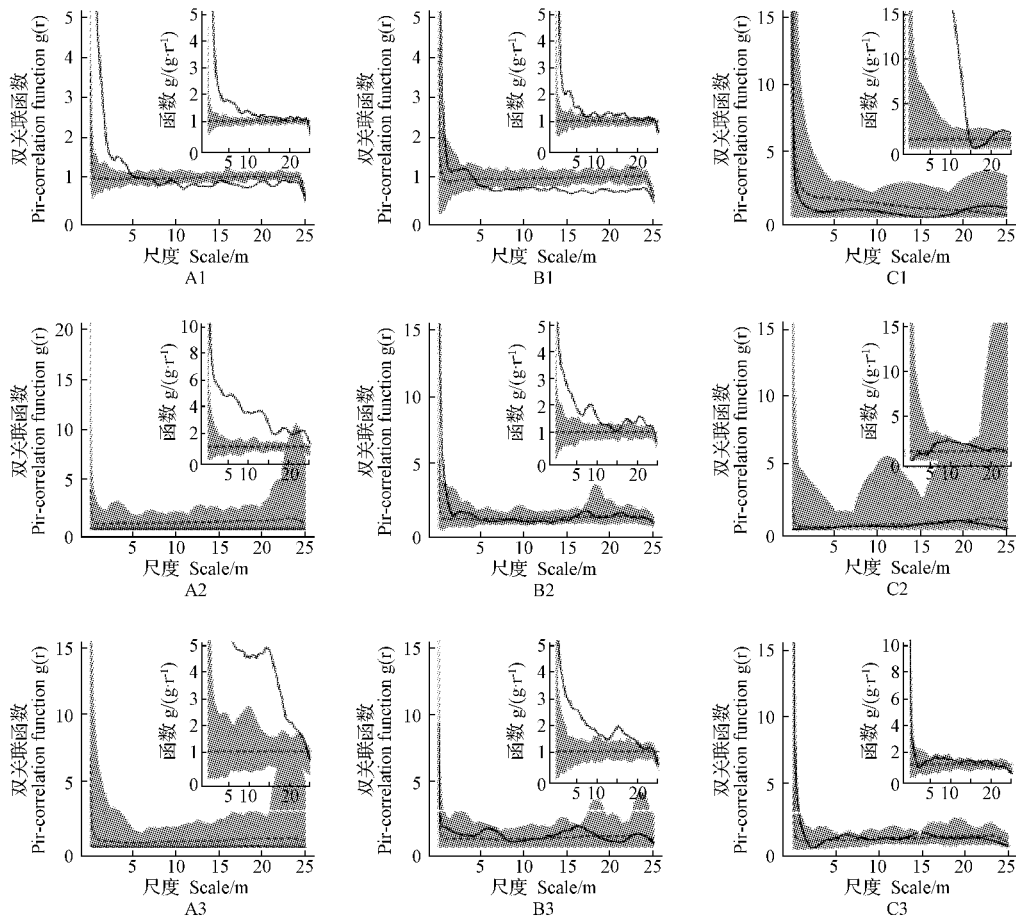
图2 化香树的物种分布散点图(左列)、基于完全随机(中间列)和泊松异质性(右列)模型的物种分布格局

Fig. 2 *Platycarya strobilacea* distribution in the plot. B (complete spatial randomness) and C (heterogeneous poisson process) panels showing the relationship between  $g(r)$  and scales, while A panels showing their corresponding distribution patterns

### 2.3 化香树不同径级的空间分布格局

1号样地中,完全随机模型下,化香树小树、中树和大树的空间格局差异不大,均在0~15 m呈聚集分布,随后呈随机分布。在泊松异质性模型下,化香树小树在0~5 m尺度上呈聚集分布,随后呈均匀分布,中树在0~5 m尺度上呈随机

分布,随后呈均匀分布,大树在整个尺度上呈随机分布。2号和3号样地化香树种群的空间格局较为相似。完全随机模型下,化香树种群中树的聚集程度较小树减弱,大树在整个尺度上表现为随机分布格局。在泊松异质性模型下,化香树种群小树、中树和大树的空间格局全表现为随机分布。



注:大图是基于泊松异质性分布模型下的分布格局。子图是基于完全随机模型下的分布格局。左列为小树( $DBH \leq 12$  cm),中列为中树( $12 \text{ cm} < DBH \leq 24$  cm),右列为大树( $DBH > 24$  cm)。

Note: A larger figure is distribution pattern based on the heterogeneous poisson distribution model. Sub-figure is distribution pattern based on the complete spatial randomness model. A are the young trees ( $DBH \leq 12$  cm), B are the adult trees ( $12 \text{ cm} < DBH \leq 24$  cm), C are the big tree ( $DBH > 24$  cm).

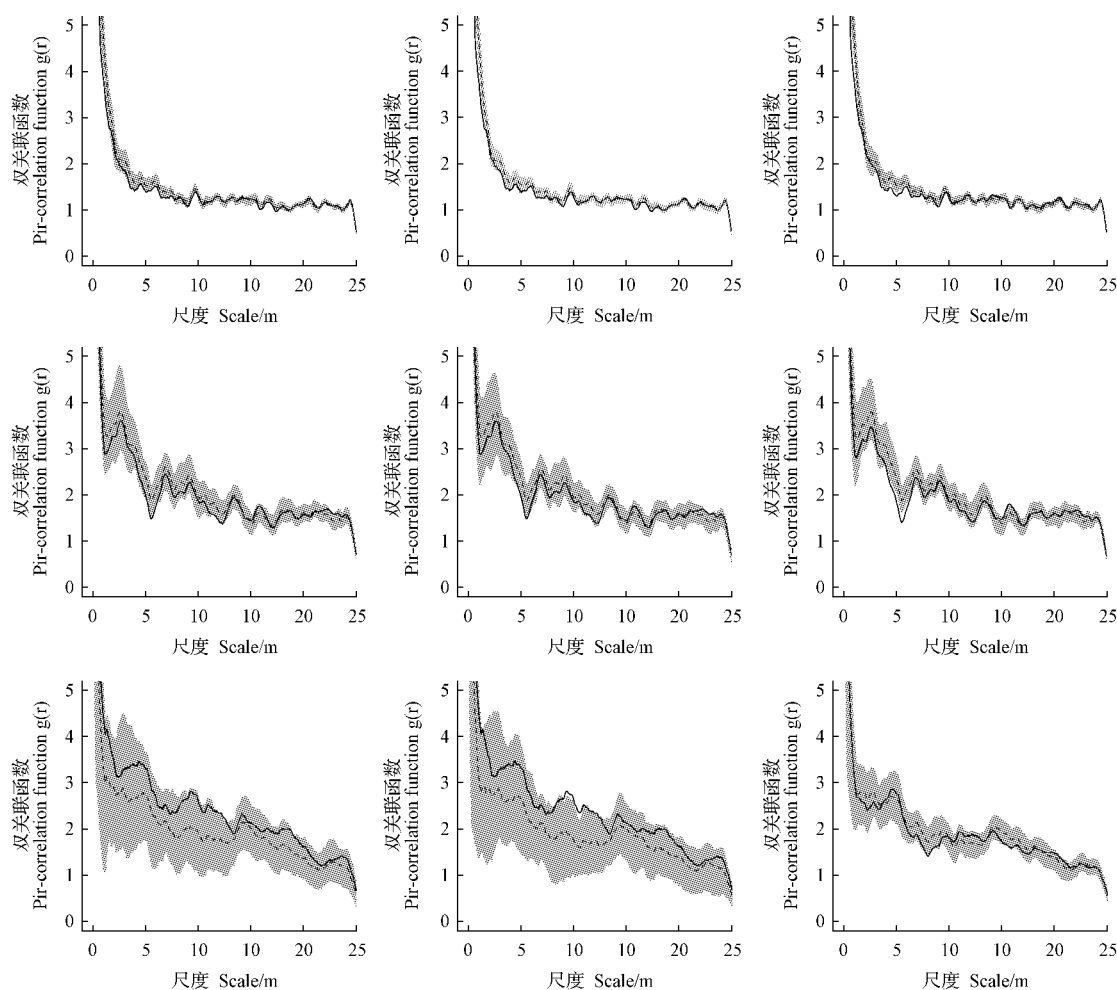
图3 化香树种群不同径级的空间分布格局

Fig. 3 Spatial distribution pattern of *Platycarya strobilacea* population under among different DBH class

### 2.4 化香树不同径级的空间相关

从图4可以看出,小树与中树没有表现出正相关或负相关;小树与大树没有表现出显著正相关或负相关;而中树和大树在部分尺度呈显著负

相关,这与实际是相符的。因为在化香树中树和 大树阶段,对光照、土壤等资源的竞争更加激烈, 从而2个阶段的化香树呈现出显著的负相关 关系。



注:左列为小树和中树的相关性,中列为小树和大树的相关性,右列为中树和大树的相关性。

Note: Left is the correlation between the small tree and the middle tree; middle is the correlation between the small tree and big tree; right is the correlation between middle tree and big tree.

图4 化香树种群不同径级的空间相关性

Fig. 4 Spatial correlation of different diameters of *Platycarya strobilacea*

### 3 结论与讨论

该研究发现,完全随机模型下化香树在研究尺度上呈聚集分布,这与许多研究结果是一致的,即自然界中大多数物种在一定尺度上呈聚集分布格局,这样的分布格局有利于物种发挥群体效应,维持种群的正常生长<sup>[16-18]</sup>。同时,相关研究表明物种如果在大于10 m的尺度上仍然呈聚集分布,就可以解释该物种受到生境异质性的影响<sup>[19]</sup>,因此生境异质性是影响该研究中化香树种群空间分布的原因之一。

基于泊松异质性模型排除生境异质性的影响之后,1号样地中化香树的空间格局由聚集逐渐转变为均匀分布,而2号和3号样地中化香树的空间格局则都表现为随机分布。1号样地中化香树的空间格局与2号和3号样地不一致,这是由于1号样地中化香树个体数量多,平均胸径只有11.12 cm,样地中化香树主要为小树,而2号和3号样地中化香树平均胸径较大,大树较多,大树一般更倾向于随机分布<sup>[20]</sup>。

随着化香树种群径级的增加,3块样地中化香树的聚集程度呈减弱趋势。随着植物的生长,其对光照、水、营养元素和空间等环境资源的需求

也加剧,从而导致种内和种间相互竞争,造成植物种群的自疏或它疏作用<sup>[4]</sup>,这很好的解释了随着化香树种群径级的增加而聚集强度下降这种现象。大径级的化香树聚集程度降低有利于其获得足够的环境资源,种群聚集程度的变化是种群的一种适应机制。同时这也说明化香树个体发育过程中经历了强烈的种内竞争,成年的化香树最终呈现随机或均匀分布格局。

该研究通过3块样地中化香树的空间格局分析,发现化香树在不同尺度上主要呈聚集分布,并且随着径级的增大,化香树的聚集程度下降。从现有的空间格局可以推断生境异质性和种内竞争对格局的形成起着重要作用。希望通过该研究,增加人们对该区域优势种化香树的认识,了解其生长发育过程中的机理,从而为其保护和管理提供参考依据。当然,该研究中仍有很大不足,例如没能考虑化香树幼苗的空间过程等。物种的空间格局仅仅是探讨森林格局与生态过程之间关系,以及多样性维持机制的第一步,其它很多问题都有待于进一步深入研究。

### 参考文献

- [1] 马映栋,刘文桢,赵中华,等.小陇山锐齿栎林种群空间格局及关联性变化分析[J].西北植物学报,2014,34(9):1878-1886.
- [2] 赵丽娟,项文化.常绿阔叶林石栎和青冈种群生活史特征与空间分布格局[J].西北植物学报,2014,34(6):1259-1268.
- [3] 梁爽,许涵,林家怡,等.尖峰岭热带山地雨林优势树种白颜树空间分布格局[J].植物生态学报,2015,38(12):1273-1282.
- [4] 李立,陈建华,任海保,等.古田山常绿阔叶林优势树种甜槠和木荷的空间格局分析[J].植物生态学报,2010,34(3):241-252.
- [5] 徐曼,汪咏梅,张亮亮,等.响应面法优化化香树果序提取物的提取条件研究[J].林产化学与工业,2013,33(5):71-76.
- [6] 高蓉,李稳宏,刘明霞,等.化香树果序中总黄酮不同提取方法对比研究[J].食品科学,2007,28(8):230-232.
- [7] 徐良,龙光日.世界唯一胡桃目单叶化香树植物群落学特点的研究[J].西北林学院学报,1997,12(4):1-6.
- [8] 张丽,金鑫,施菲,等.东亚特有植物化香树属谱系地理格局[C]//2011年全国系统与进化植物学暨第十届青年学术研讨会论文集,昆明:云南省植物学会,2011.
- [9] 王志高,张中信,段仁燕,等.鹞落坪国家级自然保护区吊罐井物种分布格局与种间关联的多尺度分析[J].植物科学学报,2016,34(1):21-26.
- [10] 王志高,张中信,汪文革,等.安徽岳西县鹞落坪国家级自然保护区森林群落结构的初步分析[J].植物生态学报,2016,40(6):615-619.
- [11] 段晓梅,张钦弟,毕润成.山西太岳山森林演替过程中建群种的动态特征和种间关系[J].西北植物学报,2014,34(8):1658-1665.
- [12] 李帅锋,刘万德,苏建荣,等.云南兰坪云南红豆杉种群年龄结构与空间分布格局分析[J].西北植物学报,2013,33(4):792-799.
- [13] 王道亮,李卫忠,曹铸,等.黄龙山天然次生林辽东栎种群空间格局[J].生态学报,2016,36(9):2677-2685.
- [14] 郭屹立,王斌,向悟生,等.广西弄岗北热带喀斯特季节性雨林监测样地种群空间点格局分析[J].生物多样性,2015,23(2):183-191.
- [15] 祝燕.古田山亚热带常绿阔叶林密度制约普遍性研究[D].北京:中国科学院植物研究所,2009.
- [16] 韩路,王海珍,彭杰,等.塔里木河上游天然胡杨林种群空间分布格局与动态研究[J].西北植物学报,2007,27(8):1668-1673.
- [17] 祝燕,白帆,刘海丰,等.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.
- [18] 袁志良,王婷,朱学灵,等.宝天曼落叶阔叶林样地栓皮栎种群空间格局[J].生物多样性,2011,19(2):224-231.
- [19] GETZIN S, WIEGAND T, WIEGAND K, et al. Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands[J]. Journal of Ecology, 2008, 96: 807-820.
- [20] 张俊艳,成克武,臧润国.海南岛热带天然针叶林主要树种的空间格局及关联性[J].生物多样性,2014,22(2):129-140.

## Spatial Distribution Pattern of *Platycarya strobilacea* Population in Subtropical Evergreen and Deciduous Broad-leaved Mixed Forest

LI Jie

(Art and Design College, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou, Henan 450046)

**Abstract:** This study based on three pieces of 1 hm<sup>2</sup> forest dynamic plots, the point pattern method was used to analysis the spatial distribution pattern of the dominant species *Platycarya strobilacea* under the completely random model and poisson heterogeneity model. And the change of distribution

doi:10.11937/bfyy.20170498

## 树冠不同部位叶片结构与固碳释氧和增湿降温相关性

张婧雯, 郭太君, 刘瑞文, 林 萌

(吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118)

**摘 要:**以桃叶卫矛(乔木)和长白忍冬(灌木)为试材,通过对桃叶卫矛和长白忍冬树冠表层、外层、中层、内层4个部位的解剖结构与树冠微环境和蒸腾速率、光合速率的研究,以期探讨树冠不同部位解剖结构与微环境和固碳释氧量、增湿降温量的关系。结果表明:2个树种树冠不同部位的蒸腾速率与叶下表皮细胞厚度、栅栏组织、海绵组织、叶片厚度呈极显著正相关,与木质部呈极显著负相关。光合速率与叶表细胞厚度、海绵组织、叶片厚度呈正相关,与木质部呈负相关。空气温度、叶面温度、空气CO<sub>2</sub>浓度与解剖结构之间相关性并不明显。除传输组织的韧皮部外,其它解剖结构基本均与固碳释氧量和增湿降温量有相关性。

**关键词:**园林树木;树冠微环境;解剖结构;固碳释氧;增湿降温

**中图分类号:**S 718.47 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)01-0098-06

城市现代化的生态系统较为脆弱,合理科学的配置园林植物能够使园林绿化在城市生态系统

建设中发挥最大的生态效益<sup>[1]</sup>。城市园林生态功能的评价主要以固碳释氧、蒸腾降温、滞尘能力等为主<sup>[2-3]</sup>。

**第一作者简介:**张婧雯(1991-),女,硕士研究生,研究方向为园林植物栽培生理与景观生态。E-mail:834662999@qq.com.

**责任作者:**郭太君(1957-),男,硕士,教授,现主要从事观赏植物资源与栽培生理生态的教学与科研等工作。E-mail:1197397709@qq.com.

**基金项目:**吉林省科技厅重点科技攻关资助项目(20150204045NY)。

**收稿日期:**2017-04-17

树冠质地会直接影响树冠内部微生境,所以合理的取样部位则直接影响园林树木生态功能评价结果的准确性<sup>[4]</sup>。一般在进行园林树木生态功能评价时,人们通常采取的是树冠向阳位置表层的叶片来计算整株的固碳释氧和增湿降温量<sup>[5-9]</sup>。林萌等<sup>[10]</sup>、郭太君等<sup>[4]</sup>在对树冠不同部位叶片固碳释氧和增湿降温生态功能的变化规律研究时,发现在树冠外1/3层中点或偏内的叶片取样部位

pattern with increased diameter at breast height were also analyzed. The results showed that *Platycarya strobilacea* was the aggregation distribution pattern in the three plots under completely random model. After eliminating habitat heterogeneity by poisson heterogeneity model, the distribution pattern of *Platycarya strobilacea* gradually transformed from aggregation distribution into uniform distribution with the increase of scale in the first plot. *Platycarya strobilacea* was the random distribution pattern in the second and third plots. The aggregation degree of *Platycarya strobilacea* was dropped with increased diameter at breast height. The results showed that habitat heterogeneity and intraspecific competition played an important role in the formation of spatial distribution pattern.

**Keywords:** point pattern analysis; completely random model; poisson heterogeneity model; dominant species