

## 北京山区黑桦天然次生林不同种群的格局分析

史宇<sup>1</sup> 余新晓<sup>1</sup> 岳永杰<sup>1</sup> 张振明<sup>1</sup> 甘敬<sup>2</sup> 王小平<sup>2</sup> 李金海<sup>2</sup>

(1 北京林业大学水土保持学院, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室 2 北京市园林绿化局)

**摘要:** 根据2006年6月对北京八达岭林场0.5 hm<sup>2</sup>黑桦天然次生林样地的调查结果, 采用点格局分析方法, 对群落内主要种群和黑桦种群各龄级个体在不同尺度下的空间分布格局和相互关系进行了研究。结果表明: ①黑桦和蒙椴种群单种格局在研究的尺度范围内呈显著的集群分布, 元宝槭种群在小尺度上呈集群分布, 在较大尺度上呈随机分布。②主要树种之间存在种间关联, 重要值最高的黑桦和蒙椴呈显著负相关关系, 说明此群落组成和结构不稳定, 正处于植被演替阶段。③黑桦种群各龄级木的分布格局随树龄的增加, 由集群分布逐渐趋向于随机分布。④黑桦种群相邻龄级木之间的相互关系主要是正相关关系, 而不相邻龄级木之间的关系多为负相关关系。

**关键词:** 八达岭林场; 天然次生林; 黑桦; 空间点格局; 相互关系; 不同龄级; 演替

**中图分类号:** S718.54 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1522(2009)05-0035-07

SHI Yu<sup>1</sup>; YU Xin-xiao<sup>1</sup>; YUE Yong-jie<sup>1</sup>; ZHANG Zhen-ming<sup>1</sup>; GAN Jing<sup>2</sup>; WANG Xiao-ping<sup>2</sup>; LI Jin-hai<sup>2</sup>.

**Pattern analysis of different populations in natural secondary forest of *Betula davurica* in mountainous area of Beijing.** *Journal of Beijing Forestry University* (2009) 31(5) 35-41 [Ch., 12 ref.]

<sup>1</sup> Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating of Ministry of Education, School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China;

<sup>2</sup> Beijing Municipal Bureau of Landscape and Forestry, 100029, P. R. China.

Based on the inventory results of 0.5 hm<sup>2</sup> sample plot of *Betula davurica* natural secondary forest in Badaling Forest Farm of Beijing in June of 2006, the method of point pattern analysis was employed to study the spatial distribution patterns of tree populations and the relationship of main populations of community and individuals in different age classes of *B. davurica* under different scales. The results showed that: 1) the distribution patterns of *B. davurica* population and *Tilia mongolica* population presented distinct cluster mode in 0.5 hm<sup>2</sup> plot. The distribution patterns of *Acer truncatum* population showed distinct cluster mode on a smaller scale extent and presented stochastic mode on a greater scale extent. 2) The correlations of dominant species were visible among populations. *B. davurica* population was negatively and significantly correlated with *T. mongolica* population with the highest importance value, suggesting that the composition and structure of community were unstable, and the community was in the vegetation succession stage. 3) The spatial distribution patterns of individuals in different age classes of *B. davurica* were transforming from cluster mode to stochastic one with the increase of age. And 4) the correlations of individuals in neighbouring age classes of *B. davurica* were positively correlated with each other, while the relationship was negatively correlated when the individuals were not in neighbouring age classes.

**Key words** Badaling Forest Farm; natural secondary forest; *Betula davurica*; spatial point patterns; correlations; different age classes; succession

收稿日期: 2008-11-21

http://www.bjfujournal.cn; http://journal.bjfu.edu.cn

**基金项目:** 国家林业局重点科研项目(2006-69)、“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A0201)、北京市科技计划重大项目(D070600100091)。

**第一作者:** 史宇, 博士生。主要研究方向: 森林水文、水土保持。电话: 010-82380384 Email: stern7444@163.com 地址: 100083 北京林业大学水土保持学院。

**责任编辑:** 余新晓, 教授, 博士生导师。主要研究方向: 森林水文、水土保持。电话: 010-62338846 Email: yuxinxiao111@126.com 地址: 同上。

种群分布格局是指种群个体在水平空间的配置或分布状况,反映了种群个体在水平空间上彼此间的相互关系<sup>[1]</sup>,是种群自身特性、种间关系及环境条件综合作用的结果。种群空间格局分析是研究群落结构、种群间相互作用及种群与环境关系的重要手段,一直是生态学研究热点之一<sup>[2]</sup>。按照种群内个体的聚集程度和方式,种群分布格局一般可分为随机分布、均匀分布和集群分布3种分布型。这些分布类型的确定,也就是说种群的分布类型与空间尺度有重要关系<sup>[3-4]</sup>。为了避免尺度问题对分析的影响,本文采用了“点格局分析法(point pattern analysis)”。它是以植物种的个体在空间的坐标为基本数据,每个个体都可以视为2维空间的1个点,这样所有个体就组成了在空间分布的点图,以点图为基础进行格局分析,即点格局分析。它可以分析各种尺度下的种群格局和种间关系,在拟合分析的过程中,最大限度地利用了坐标图信息,因而检验能力较强<sup>[5]</sup>。

黑桦(*Betula davurica*),桦木科(Betulaceae)桦木属植物,在我国分布于东北和华北地区,生于低山向阳山坡、山麓较干燥处或杂木林内<sup>[6]</sup>,是北温带森林重要的组成树种。黑桦天然次生林是北京山区天然次生林的常见群落类型,也是该地区天然次生林演替序列上的重要一环。研究黑桦林群落的种群空间格局及其动态,可以为森林群落演替趋势、森林生态系统可持续经营提供基础理论,格局分析的数量指标还可以为生物多样性保护、森林可持续经营评价等提供可靠依据<sup>[7]</sup>。目前,国内对这一方面的研究尚属空白。本文利用点格局分析方法,对黑桦天然次生林群落种群单种分布格局和种间关系,以及黑桦群落各龄级个体的分布格局和不同龄级间关系进行了初步研究。

## 1 研究区概况

北京市八达岭林场位于北京西北部延庆县境内,地理坐标为东经115°55',北纬40°17',相对高差为200 m左右,最高海拔为1 238 m,平均海拔为780 m。本区属半湿润半干旱的暖温带气候,年平均气温10.8℃,最高月(7月)平均气温26.9℃,最低月(1月)平均气温-7.2℃。无霜期短,仅160 d左右,年均降水量454 mm,多集中在7-8月,约占全年总降水量的59%,年平均相对湿度为56.2%,全年总蒸发量1 585.9 mm,是全年总降水量的3倍,以春季蒸发量为最高。本区属山地褐色土区,主要有典型褐土、碳酸盐褐土和淋溶褐土3种,其中,以典型褐土分布最广、面积最大,土层厚约30 cm。

研究区属于八达岭林场黑桦天然次生林,是在当地蒙古栎(*Quercus mongolica*)遭受重复砍伐后发育成的次生林型。从林分每公顷断面面积比例看,该群落的树种组成式为:8黑桦1蒙栎(*Tilia mongolica*)+元宝槭(*Acer truncatum*)-蒙古栎-核桃楸(*Juglans mandshurica*)-色木槭(*Acer mono*)-杜梨(*Pyrus betulaefolia*)-丁香(*Syzygium aromaticum*)-糠楸(*Tilia mandshurica*),全部为阔叶树。黑桦林下灌木层和草本层发育一般,灌木层盖度为50%,平均高度为1.70 m,灌木主要种类有六道木(*Abelia biflora*)、土庄绣线菊(*Spiraea pubescens*)、三裂绣线菊(*Spiraea trilobata*)、接骨木(*Sambucus williamsii*)、毛榛(*Corylus mandshurica*)、鸡树条荚蒾(*Viburnum sargent*)等。草本层盖度为45%,平均高度为0.3 m,主要种类有蓝萼香茶菜(*Rabdosia japonica* var. *galucocalyx*)、细叶苔草(*Carex duriuscula*)、三褶脉紫菀(*Aster ageratoides*)、草乌(*Radix aconiti*)、银背风毛菊(*Saussurea nivea*)、两色乌头(*Aconitum albviolaceum*)、大油芒(*Spodiopogon sibiricus*)、藜芦(*Veratrum nigrum*)等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

点格局分析取样要求取一个样地,面积要适当大,以便使种群的各种格局均能出现<sup>[8]</sup>。样地以长方形或正方形为好。在森林群落格局分析中,样地的边长应在50 m以上,因为小于50 m,大尺度的格局可能被忽略<sup>[5]</sup>。2006年,在八达岭林场以黑桦为优势种群的群落内,设置了100 m×50 m面积为0.5 hm<sup>2</sup>的长方形固定标准地(海拔为1 200 m,坡向为阴坡,坡度为15°,郁闭度为0.8),进行植被群落学调查。采用相邻网格法,将每个标准地划分成25 m×25 m小样方8个,记录每个小样方内的胸径大于5 cm的树木个体的位置和生长状况,位置以坐标值表示,坐标值直接用距离(m)表示。

为进行不同龄级之间的关系研究,对优势种群黑桦进行了龄级划分。本研究采用径级确定龄级,虽然龄级和径级是不同的,但在同一环境下,同一树种的龄级和径级对环境的反应规律具有一致性。试验区内,黑桦胸径最大值为36.5 cm,可根据黑桦个体胸径*D*的大小分为4个径级:径级Ⅰ为5 cm<*D*≤12.5 cm,径级Ⅱ为12.5 cm<*D*≤20 cm,径级Ⅲ为20 cm<*D*≤27.5 cm,径级Ⅳ为*D*>27.5 cm。

### 2.2 点格局分析方法

点格局分析的统计学理论是由Ripley<sup>[9]</sup>首先提出来的,经Diggle<sup>[10]</sup>等人发展,可以分析不同尺度的

种群空间分布格局及其种间关系,因而得到了广泛应用。

### 2.2.1 种群和不同龄级分布格局分析

点格局分析法的数据来源于植物种的个体在空间中的坐标,植物种的个体在空间中都可以看成是2维空间中的1个点,因此,1个样方中所研究的植物都可以用一系列点来表示,即样方中所研究的植物个体构成了空间分布的点图,以点图为基础进行格局分析。群落内不同种群和同一种群内不同龄级立木的分布格局分析均应用这一原理。

密度( $\lambda$ )和协方差( $k$ )是2维数集的1次和2次特征结构。对于点格局, $\lambda$ 是单位面积内的期望点数, $k$ 是点间距离分布的测定指标, $k$ 随着尺度的变化而变化<sup>[1]</sup>。证明该2次特征结构可以简化为1个函数方程  $K(r)$ , 公式为:

$$K(r) = \lambda^{-1} \quad (\text{从某一随意点起距离 } r \text{ 以内的其余期望点数}) \quad (1)$$

式中: $r$ 可以是大于0的任何值, $\lambda$ 为单位面积上的平均点数,可以用  $N/A$  来估计, $A$ 为样地面积, $n$ 为总点数(植物个体数)。在实践中,用下式估计:

$$k(r) = n^{-2} A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}^{-1} I_i(u_{ij}), i \neq j \quad (2)$$

式中: $u_{ij}$ 为2个点  $i$  和  $j$  之间的距离,当  $u_{ij} \leq r$  时,  $I_i(u_{ij})=1$ ,当  $u_{ij} > r$  时,  $I_i(u_{ij})=0$ ;  $W_{ij}$ 为以点  $i$  为圆心,  $u_{ij}$ 为半径的圆周长在面积  $A$  中的比例,其为1个点可被观察到的概率,可校正边界效应引起的误差。用  $K(r)$ 和随机分布  $k(r)$ 相比构造统计量,用  $L(r)$ 表示为:

$$L(r) = \sqrt{k(r)/\pi} - r \quad (3)$$

当  $L(r)=0$  时,表示随机分布;当  $L(r) > 0$  时,为集群分布;当  $L(r) < 0$  时,为均匀分布。

用 Monte-Carlo 拟合检验计算上下包迹线,即置

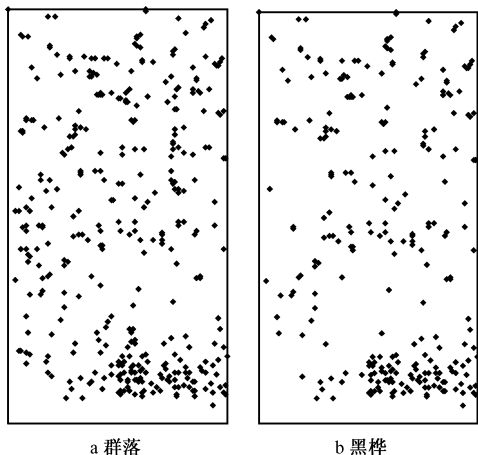


图1 群落和主要种群个体在样地中的分布点图

信区间。假定种群是随机分布,则用随机模型拟合一组点的坐标值,对每一个  $r$  值,计算  $L(r)$ ;同样,用随机模型再拟合新一组点坐标值,分别计算不同尺度  $r$  的  $L(r)$ ,这一过程重复进行,直到达到事先确定的次数, $L(r)$ 的最大值和最小值分别为上下包迹线的坐标值。

用  $r$  作为横坐标,上下包迹线作为纵坐标绘图,置信区间一目了然。用种群实际分布数据计算得到的不同尺度下的  $L(r)$ 值若在包迹线以内,则符合随机分布;若在包迹线以外,则显著偏离随机分布,呈集群分布。当种群表现为聚集分布时,把偏离随机置信区间的最大值作为最大聚集强度指标,而聚集规模为以聚集强度为半径的圆<sup>[12]</sup>。

### 2.2.2 种间关系和龄级间关系分析

两个种的关系分析实际上是两个种的点格局分析,龄级间的关系分析实际上是两个龄级的点格局分析,也叫多元点格局分析,其定义和计算原理与单种格局相近, $k_{12}(r)$ 可以用下式估计:

$$k_{12}(r) = (n_1 n_2)^{-2} A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}^{-1} I_i(u_{ij}) \quad (4)$$

式中: $n_1$ 和  $n_2$ 分别为种1和种2的个体数(点数), $i$ 和  $j$ 分别代表种1和种2的个体,同样计算  $L_{12}(r)$ :

$$L_{12}(r) = \sqrt{k_{12}(r)/\pi} - r \quad (5)$$

当  $L_{12}(r)=0$  时,表示两个种在  $r$  尺度下无关联性;当  $L_{12}(r) > 0$  时,表示正关联; $L_{12}(r) < 0$  时,表示负关联。仍然用 Monte-Carlo 方法检验拟合置信区间,以检验2个种或2个龄级之间是否有显著的关联。本文所有数据分析过程都通过 SPPA 和 Excel 软件完成。

## 3 结果与分析

### 3.1 单种分布格局

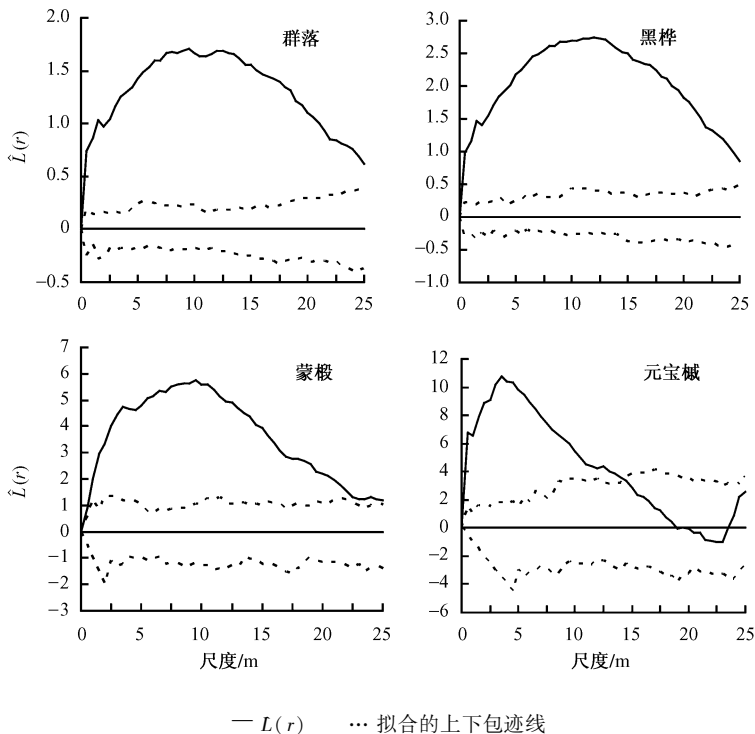
图1为八达岭黑桦天然次生林群落和3个主要

FIGURE 1 Point diagram of individual distribution of community and main populations in the sample plot

种群在  $50\text{ m} \times 100\text{ m}$  固定标准地中个体分布的点图。该林分密度为  $869\text{ 株}/\text{hm}^2$ , 郁闭度为 0.8, 黑桦的株数比例最大, 占总株数的 71.87%, 乔木层主要伴生种有蒙椴、元宝槭等。不同种群密度差异显著, 顺序为: 黑桦 > 元宝槭 > 蒙古栎 > 糠椴 > 核桃楸 > 色木槭 > 杜梨 > 丁香。由于大部分伴生树种数量稀少, 本文只对密度前 3 位的黑桦、蒙椴和元宝槭进行分布格局及种间关联性研究。从图 1 可看出, 群落和 3 个主要种群都呈明显的集群分布。3 个主要种群个体分布点图差异较大, 种群分布格局与尺度密切相关, 单种格局也呈明显的集群分布, 但单从图 1 无法看出种群分布随尺度变化的关系。

黑桦天然次生群落和 3 个主要树种的点格局分析见图 2。分析时, 取  $r$  的间隔为空间距离 0.5, 其最大值为样地最小边长的一半, 即 25 m。由图 2 可知, 群落的全部个体在所研究的空间尺度(0~25 m)范围内, 分布格局呈显著的集群分布, 聚集强度随着尺度的增大呈单峰曲线模式, 在尺度  $r=9.5\text{ m}$  时达

到最大,  $L(r)=1.71$ 。黑桦和蒙椴种群在尺度 0~25 m 范围内, 分布格局均呈显著的集群分布, 聚集强度随尺度的增大呈单峰曲线模式, 黑桦种群在尺度  $r=12\text{ m}$  时达到最大  $L(r)=2.74$ , 蒙椴种群在尺度  $r=11.5\text{ m}$  时达到最大  $L(r)=5.13$ 。元宝槭种群在整个空间尺度(0~25 m)范围内, 拟合曲线呈 N 型。当尺度在 0~14.5 m 时, 其分布格局呈显著的集群分布, 随着尺度的增大呈明显单峰曲线模式, 当尺度达到  $r=4\text{ m}$  时, 聚集强度最大,  $L(r)=10.39$ ; 当尺度在 14.5~25 m 时, 分布格局呈随机分布,  $r=23\text{ m}$  时, 聚集强度降至最低,  $L(r)=-1.01$ 。综合以上分析可知, 八达岭黑桦天然次生林群落在所研究的空间尺度范围内呈显著的集群分布, 黑桦和蒙椴的单种格局在空间尺度范围内也呈显著的集群分布, 元宝槭种群在小尺度上呈集群分布, 在较大尺度下呈随机分布。群落和主要种群分布格局均达到了最大聚集强度, 群落聚集强度明显小于单种, 单种格局聚集强度大小的顺序为: 元宝槭 > 蒙椴 > 黑桦。



—  $L(r)$     ... 拟合的上下包迹线

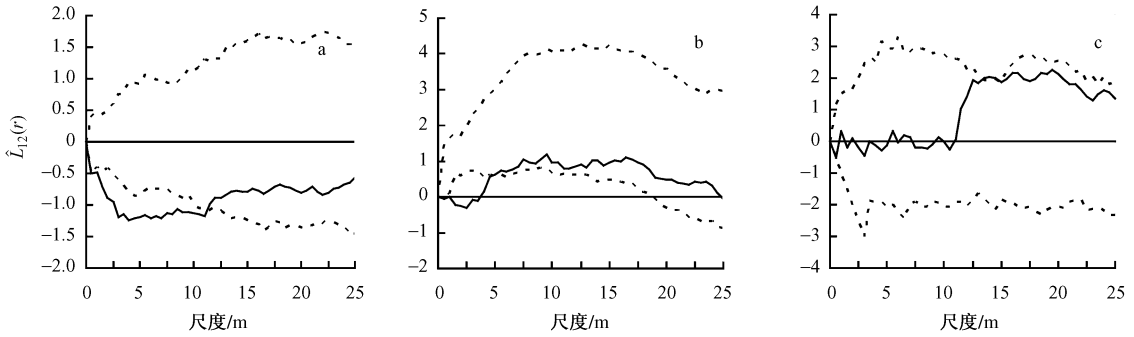
图 2 群落和主要种群点格局分析

FIGURE 2 Point pattern analysis of community and main populations

### 3.2 群落种间关联

黑桦天然次生林 3 个主要种的种间关系分析结果见图 3。由图 3 可知, 各树种之间关联性差异较大。黑桦与蒙椴种间关系在所研究的空间尺度范围内(0~25 m)为负关联, 其中在 0~11.5 m 尺度上为显著负关联关系。黑桦和元宝槭在尺度 0~3.5 m 范围内  $L(r)$  接近于 0, 因此在小尺度内, 黑桦和元宝槭关联性很低, 在 3.5~25 m 尺度下表现为正关

联, 但关联性不显著。蒙椴和元宝槭的关系在尺度 0~11 m 范围内  $L(r)$  接近于 0, 在尺度超过 11 m 后拟合曲线陡升, 两种群开始呈不显著的正关联关系。综合以上结果可知, 该群落最主要的 2 个种群——黑桦和蒙椴之间呈负关联, 原因可能是 2 种群之间竞争激烈, 造成了群落结构不稳定。元宝槭和黑桦、元宝槭和蒙椴都表现为一定的正关联, 可以认为, 元宝槭在群落中的适应性较强, 为稳定发展种群。



a. 黑桦和蒙椴; b. 黑桦和元宝槭; c. 蒙椴和元宝槭  
—  $L_{12}(r)$     ··· 拟合的上下包迹线

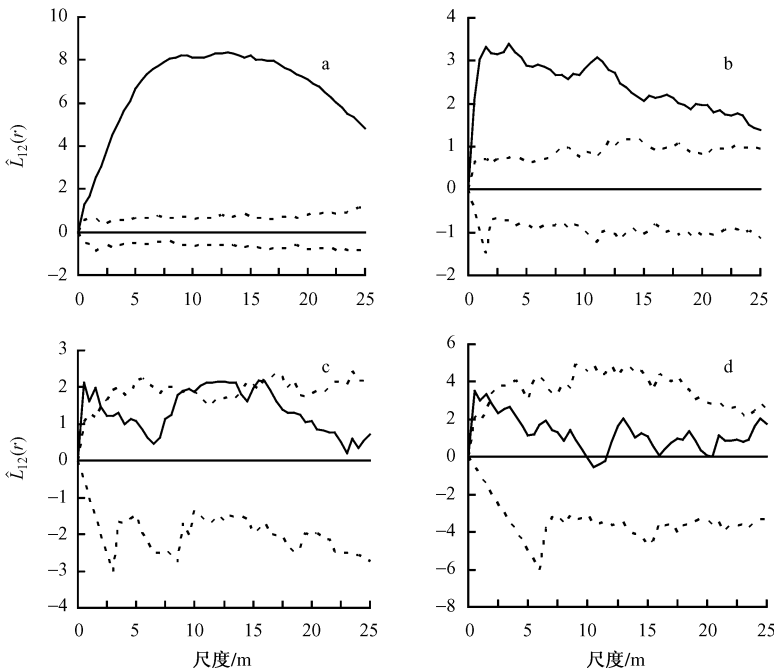
图3 群落种间关系分析

FIGURE 3 Interspecific correlations among communities

### 3.3 优势种群不同龄级分布格局

群落优势种群黑桦的不同龄级个体密度差异较大,经统计,龄级Ⅰ为 262 株/hm<sup>2</sup>,龄级Ⅱ 172 株/hm<sup>2</sup>,龄级Ⅲ 86 株/hm<sup>2</sup>,龄级Ⅳ为 42 株/hm<sup>2</sup>,表现出密度随树龄和胸径的增加而降低的规律。黑桦各龄级个体的点格局分布见图 4。由图 4 可知,不同龄级黑桦个体的分布格局差异较大;对于龄级Ⅰ和Ⅱ,全部个体在所研究的空间尺度(0~25 m)范围内,分布格局呈显著的集群分布,龄级Ⅰ在尺度达到  $r=13$  m

时聚集强度最大, $L(r)=8.36$ ,龄级Ⅱ在尺度达到  $r=3.5$  m 时,聚集强度最大, $L(r)=3.39$ ;龄级Ⅲ在尺度  $r < 2$  m 时为集群分布,在 2~10 m 尺度上为随机分布,在 10~14 m 尺度上为集群分布,在 14~25 m 尺度上又转为随机分布;龄级Ⅳ在尺度  $r < 2$  m 时为集群分布,在  $r > 2$  m 尺度上为随机分布。综合以上分析可知,黑桦种群随树龄的增加,聚集强度不断减小。分布格局总体上随树龄增加,逐渐由集群分布转变为随机分布,而在小尺度上仍为集群分布。



a. 龄级Ⅰ; b. 龄级Ⅱ; c. 龄级Ⅲ; d. 龄级Ⅳ  
—  $L_{12}(r)$     ··· 拟合的上下包迹线

图4 黑桦各龄级个体点格局分析

FIGURE 4 Point pattern analysis for 4 age classes of *B. dahurica*

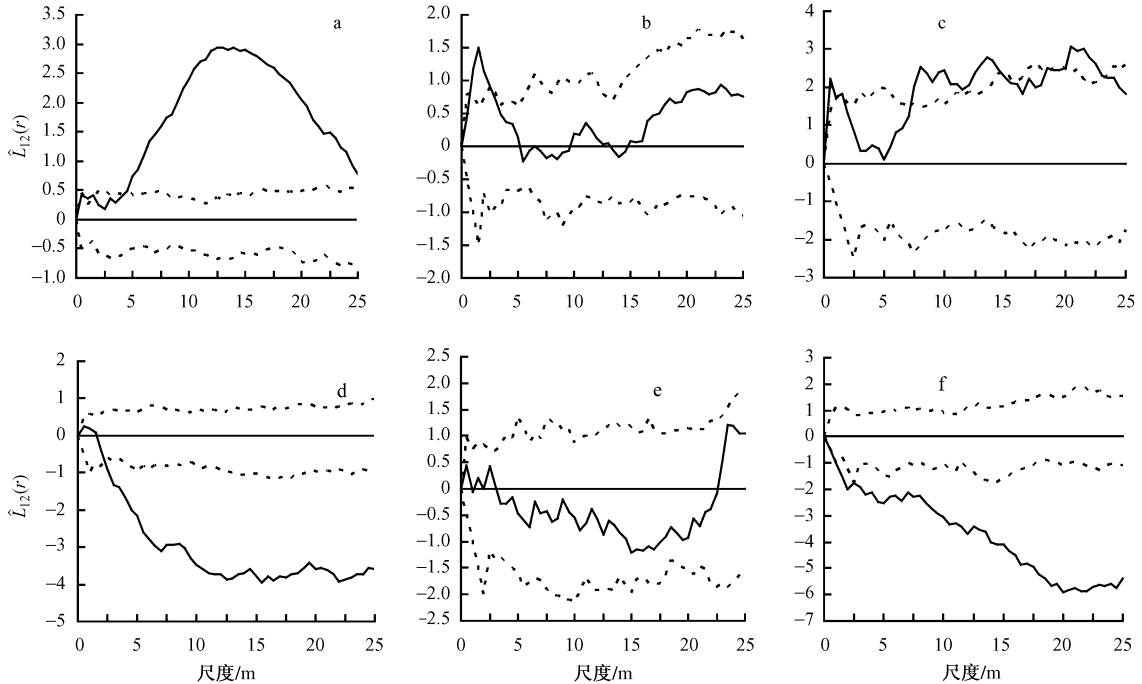
### 3.4 优势种群不同龄级关联分析

黑桦 4 个龄级间相互关系分析结果见图 5。图 5 中,龄级Ⅰ与Ⅱ的相互关系在几乎全部尺度下,都

呈显著的正相关关系。龄级Ⅱ与Ⅲ之间关系在尺度 0~5 m 时为正相关关系,其中在 0.5~3 m 尺度下正相关关系显著;在 5~15 m 尺度下,拟合曲线在

$L(r)=0$ 上下小幅波动,可认为其关联性很弱;在  $r > 15$  m 尺度上,又呈不显著的正相关关系。龄级Ⅲ与Ⅳ在所有研究的尺度上都呈正相关关系,在  $0 \sim 1.5$  m、 $5 \sim 15$  m、 $20 \sim 22.5$  m 尺度区间内为显著正相关关系。龄级Ⅰ与Ⅲ之间关系:在  $0 \sim 2$  m 尺度上为不显著的正相关关系,在  $r > 2$  m 尺度上为显著的相关关系。龄级Ⅱ与Ⅳ之间关系:在  $0 \sim 10$  m 尺度上为在  $L(r)=0$  上下小幅波动,种间关联性较弱;在

$10 \sim 22.5$  m 上为不显著的负相关关系;在  $22.5 \sim 25$  m 上为不显著的正相关关系。龄级Ⅰ与Ⅳ之间关系:在整个研究尺度上都呈显著的负相关关系。从分析结果来看,不同龄级黑桦立木相互关系差异较大。相邻龄级(如龄级Ⅰ与Ⅱ)之间的相互关系主要是正相关关系,而不相邻龄级之间的关系多为负相关关系。其中龄级Ⅰ与Ⅱ的正相关性最强,龄级Ⅰ与Ⅳ的负相关性最强。



a. 龄级Ⅰ与龄级Ⅱ; b. 龄级Ⅱ与龄级Ⅲ; c. 龄级Ⅲ与龄级Ⅳ; d. 龄级Ⅰ与龄级Ⅲ; e. 龄级Ⅱ与龄级Ⅳ; f. 龄级Ⅰ与龄级Ⅳ  
—  $L_{12}(r)$     ··· 拟合的上下包迹线

图5 黑桦各龄级之间关系的点格局分析

FIGURE 5 Point pattern analysis of paired age-class associations of *B. dahurica*

## 4 结论与讨论

八达岭黑桦天然次生林群落和主要种群分布格局基本上以集群分布为特征,在尺度  $0 \sim 25$  m 内,单种分布格局均出现了最大聚集强度,聚集强度随尺度的变化规律明显,说明  $100 \text{ m} \times 50 \text{ m}$  规格的长方形样地能够满足空间点格局分析的要求。各种群达到最大聚集强度的尺度不同,尺度最大的为黑桦,其次为蒙椴,最小为元宝槭,而最大聚集强度值的排序刚好相反,即元宝槭  $>$  蒙椴  $>$  黑桦。而对群落种间关联的分析可知,建群种黑桦和主要伴生树种蒙椴之间呈负关联关系。以上的结论证明,种群的分布格局是由种群本身生物学特性、生境条件以及两者之间的相互作用所决定。桦树林是在灌木林基础上,经自然演替而形成的,黑桦为阳生树种,在生长初期,没有其他乔木遮蔽,桦树林生长旺盛,分布也较为分散。随着黑桦林郁闭度不断增加,在林隙开

始出现椴树、元宝槭、核桃楸、杜梨等树种。椴树生理特征是稍耐荫或稍喜光,决定了其能在桦树林隙很好地生长,并通过萌蘖和自然下种不断增加密度,因此,虽然数量不多,却表现出了较大的聚集度。而随着蒙椴个体数不断增加,树木个体不断生长,在空间和资源上与黑桦产生了激烈的种间竞争。而元宝槭由于与其他树种在资源利用和生态位上都差异较大,表现出弱的种间关联性。随着演替的继续进行,在大的立地条件为阴坡的前提下,黑桦在与蒙椴等耐荫树种的竞争中不断衰败。

树种在不同发育阶段、不同龄级会表现出不同的空间格局,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<sup>[3]</sup>。本研究标准地的内优势种群黑桦的不同龄级个体分布呈现出明显的随年龄增加而分布聚集度降低的规律,分布格局随龄级增加,由集群分布逐渐转化为随机分布。这个研究结果与芦芽山华北落叶松 (*Larix principis-*

*rupprechtii*)天然林相反<sup>[8]</sup>,分析其原因,主要在于以下方面:天然落叶松处于成熟林阶段,林龄较高、林分稳定,可以说已经处于演替顶级的稳定阶段,因此,表现出了大龄个体集群分布特征更为明显的特点。而本研究区内,黑桦林是在栎类被砍伐破坏后,经过天然恢复生长起来的,林分结构非常不稳定,处于群落内部竞争激烈的演替阶段,黑桦林高龄级木数量少且分布聚集度低,正体现其稳定性差,难以形成以黑桦为建群种的稳定林分结构。从黑桦各龄级立木的相互关系研究可以看出,虽然由于天然下种和萌蘖苗的作用,使得相邻龄级之间体现了正相关性,但在不相邻的各级木之间普遍表现为显著的负相关关系。这说明在黑桦种群的种内竞争同样十分激烈,自疏作用很强。对比芦芽山华北落叶松天然林各龄级间都呈显著的正相关关系来看,黑桦种群各龄级间关系同样体现了其极度的不稳定性。

本文所用的点格局分析方法可以同时分析不同尺度下的格局,比传统的方法更具有优越性。从本研究的结果中也能看出,用点格局分析法能从不同尺度上,反映出天然次生林种群空间分布格局和种间关系,结果更加直观,避免了传统的分析方法受尺度局限严重,并且只能在1种尺度上分析得出单一分布特征的局限。同时点格局分析法能反映出格局强度、格局规模随尺度的变化关系。目前,点格局分析在实践中应用实例较少,应进行广泛的尝试。

## 参 考 文 献

- [1] DALE M R T. *Spatial pattern analysis in plant ecology* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1999: 207-276.
- [2] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [3] GREIG-SMITH P. *Quantitative plant ecology* [M]. 3rd ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1983.
- [4] SEWART G H. ROSE A B. The significance of life history strategies in the developmental history of mixed beech forests [J]. *New Zealand Vegetatio*, 1990, 87: 101-114.
- [5] 张金屯. 植物种空间分布的点格局分析[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 344-349.
- [6] 郑万钧. 中国树木志: 第2卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [7] 李明辉, 何风华, 刘云, 等. 林分空间格局的研究方法[J]. 生态科学, 2003, 22(1): 77-81.
- [8] 张金屯, 孟东平. 芦芽山华北落叶松林不同龄级立木的点格局分析[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 35-40.
- [9] RIPLEY B D. Modelling spatial pattern [J]. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 1977, 39: 178-212.
- [10] DIGGLE P J. *Statistical analysis of spatial point patterns* [M]. New York: Academic Press, 1983.
- [11] RIPLEY B D. *Spatial statistics* [M]. New York: Wiley, 1981.
- [12] 常静, 潘存德, 师瑞锋. 梭梭-白梭梭群落优势种种群分布格局及其种间关系分析[J]. 新疆农业大学学报, 2006, 29(2): 26-29.

(责任编辑 李 斐)