

兴安落叶松林径级分布格局及其关联性¹⁾

雷娜庆 铁牛 刘洋 孟军贵 阿日根 刘文军

(内蒙古农业大学 呼和浩特 010019)

(鄂尔多斯市林业局)

摘要 基于大兴安岭 1.05 hm² 兴安落叶松原始林样地调查数据,采用点格局分析法的 O-ring 统计,分析兴安落叶松原始林不同径阶的空间分布格局及其空间关联性,探讨形成原因及动态变化趋势。结果表明:林分主要由兴安落叶松(*Larix gmelini*)和白桦(*Betula platyphylla*)组成,伴生少量山杨(*Populus davidiana*)。林分整体及3个树种的直径结构呈倒“J”型分布,属增长型种群。林分空间分布格局随空间尺度和林木径级的增大从聚集分布转为随机分布。兴安落叶松和白桦间的空间关联性为负相关;小径级和大径级林木的种内关联性呈负相关,而中径级与小径级、大径级之间主要表现为不相关。

关键词 兴安落叶松; O-ring 统计; 空间分布格局; 空间关联性

分类号 S758.5+3

Spatial Distribution Patterns and Associations of Diameter Class in *Larix gmelinii* in Cold-temperate Zone Forest // Lei Naqing, Tie Niu, Liu Yang, Meng Jungui, A Rigen (Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, P. R. China); Liu Wenjun (Ordos Forest Farm) // Journal of Northeast Forestry University 2017 45(2): 1-5.

With the data collected from 1.05 hm² stationary sample plot of natural forest in Daxing' an Mountains in Inner Mongolia, we studied the spatial distribution patterns and associations of diameter class in *Larix gmelinii* in cold temperate zone forest by using a point pattern analysis method of the O-ring statistic, and the reasons and the dynamic change trend. The forest in this region mainly consists of *Larix gmelini* and *Betula platyphylla* with a bit of *Populus davidiana*. All the three types of trees are in a form of rapid growing. The distribution of diameter the three types of trees follows the shape of a re-verted "J". As the scale and diameter of individual tree increase, the spatial distribution in the forest experiences a process of turning larger random distribution from their aggregated distribution. The spatial relationship of *Larix gmelini* and *Betula platyphylla* shows negative correlations. The spatial relationship of small diameter class and big diameter class shows negative correlations. The spatial relationship of middle diameter class is uncorrelated.

Keywords *Larix gmelinii*; O-ring function; Spatial distribution pattern; Spatial correlation

DOI:10.13759/j.cnki.dlxb.2017.02.001

森林的特征、质量、功能、干扰机制等可通过林分结构表达,而合理的林分结构是充分发挥森林多种功能和经营的基础^[1];林分的结构决定其格局分布,格局分布又影响结构。以往对林分分布格局的研究大多依靠单一尺度的若干样方,而物种的空间分布格局与空间尺度密切相关,而研究不同尺度时的分布格局及其关联性的变化,对了解单株林木的生长情况、解决造林中植株配置和采伐问题具有科学指导作用^[2]。点格局分析是目前最常用的空间分布格局研究方法,可以分析不同尺度的分布格局及空间关联性,有利于研究时间尺度和格局的关系,最大限度地利用坐标图的信息,检验能力较强,描述的结果更符合实际^[2-3]。

大兴安岭是我国重要的国有林区,发挥着不可或缺或生态功能,兴安落叶松是该林区最重要的树种之一,其木材蓄积丰富,是该地区今后荒山造林和

森林更新的主要树种。直径是最基本的测树因子,测定时误差小,与其他因子(如树高、年龄等)有一定相关性,反映林分生态的规律性^[4]。因此,笔者应用点格局 O-ring 统计分析 1.05 hm² 兴安落叶松原始林,旨在认识自然状态下不同径级的兴安落叶松林的分布格局及其空间关联性,分析其形成的原因,探究其自然演替规律及生态系统将来的发展方向,从而为天然林保护和结构优化等经营措施提供合理的理论依据。

1 研究区概况

研究地区位于大兴安岭西北坡,根河林业局潮查林场境内的内蒙古大兴安岭森林生态系统定位研究站,地理坐标为 121°30'~121°31'E,50°49'~50°51'N。海拔 800~1 100 m,中山山地,土壤为棕色针叶林土;该区属寒温带大陆性季风气候,年降水量为 450~550 mm,年平均气温-5.4℃,昼夜温差大,冬季寒冷漫长,夏季短暂且降雨多,生长季短。以兴安落叶松构成的明亮针叶林为主要森林类型,主要有白桦和山杨伴生。常见林下植被有杜鹃(*Rhododendron* sp.)、杜香(*Ledum palustre*)、越橘(*Vaccinium* sp.)、红花鹿蹄草(*Pyrola incarnata*)等。

1) 国家自然科学基金项目(31360180)。

第一作者简介:雷娜庆,女,1990年6月生,内蒙古农业大学林学院,硕士研究生。E-mail:lnq0605@emails.imau.edu.cn。

通信作者:铁牛,内蒙古农业大学林学院,教授。E-mail:wang-tieniu@126.com。

收稿日期:2016年8月14日。

责任编辑:戴芳天。

2 研究方法

2.1 样地设置及数据采集

2015年8月,经实地踏查,在无人为干扰的兴安落叶松原始林中,选择具有代表性的地段,设置一块 1.05 hm^2 固定样地($50\text{ m}\times 210\text{ m}$)。样地坡度 13° ,西南坡,平均海拔为 820 m 。将样地划分为105个 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 的小样地,进行每木检尺。记录树种、胸径、树高、冠幅、枝下高等林分因子,并对每株树木定位,标注其坐标,对调查木编号挂牌。起测径阶为 6 cm 。

2.2 数据处理

实测得该样地平均胸径为 16.19 cm ,根据国家林业局颁发的国家森林资源连续清查技术规定(2014年)及样地实际情况,本研究取 2 cm 为径距,将林木划分为4个径级,即I为小径级,胸径= $4\sim 12\text{ cm}$; II为中径级,胸径= $14\sim 24\text{ cm}$; III为大径级,胸径= $26\sim 36\text{ cm}$; IV为特大径级,胸径> $>38\text{ cm}$ 。

本研究用单变量O-ring统计分析兴安落叶松原始林整体及划分径级后的各径级空间分布格局,用双变量O-ring统计分析兴安落叶松和白桦的种间关联性及不同径级的兴安落叶松或白桦的种内关联性。采用的O-ring统计是Wiegand等基于Ripley's K函数和Mark相关函数发展起来的^[4-6],是将林木个体视为空间上的点,基于点与点的距离统计,有效地消除了Ripley's K函数在大尺度格局分析时易受小尺度累计效应影响的缺点^[7]。在O-ring统计中,应结合样地树种的空间分布图(图1),慎重选择零模型,以免误判空间格局^[8]。本研究在单变量统计中,采用完全空间随机零假设^[9]。在双变量O-ring统计中,用前提条件零假设(antecedent condition null model),分析时固定大径组的林木个体位置,随机变化小径组的林木^[5,10]。

依据Monte Carlo空间随机模拟的结果,单变量 $O_{11}(r)$ 统计(双变量 $O_{12}(r)$)在某一尺度时在包迹线上,则为聚集分布(空间上正关联);在包迹线下,则为均匀分布(负关联);若处于包迹线之间,表示随机分布(关联性不显著)^[11]。O-ring统计分析通过Programita(2014版)软件完成^[6]。空间尺度依据样地边长采用 25 m ,步长 1 m ,进行199次Monte Carlo模拟,置信区间为99%。

3 结果与分析

3.1 直径结构与树种组成

1.05 hm^2 原始林样地,由兴安落叶松、白桦和山杨组成,林分密度为 $1\ 304\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$,平均胸径为

16.19 cm (表1)。样地中兴安落叶松密度 $638\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$,胸高断面积 17.68 m^2 ,显然是本样地的优势种。白桦的密度为 $640\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$,胸高断面积 10.07 m^2 ,伴生树种山杨的密度仅为 $26\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。由于山杨的密度和胸高断面积很小,故不做研究。

表1 样地树种数量特征

| 树种 | 林分密度/ 株·hm ⁻² | 胸径/cm | | 胸高断 面积/m ² |
|-------|-----------------------------|-------|-------|--------------------------|
| | | 最大值 | 平均值 | |
| 林分合计 | 1 304 | 50.00 | 16.19 | 28.17 |
| 兴安落叶松 | 638 | 50.00 | 18.36 | 17.68 |
| 白桦 | 640 | 47.50 | 13.80 | 10.07 |
| 山杨 | 26 | 25.00 | 13.83 | 0.42 |

直径结构是指林分内植株数量按直径大小的分布状态,是探索林分动态的有效方法之一^[12]。表2显示,各径阶的植株数量分布差异很大,在 6 cm 径阶时的植株数量最多,占总数量的25%;其次为 8 cm 径阶,表明更新情况良好;在 $8\sim 16\text{ cm}$ 径阶时白桦的植株数量多于兴安落叶松,分析原因可能是兴安落叶松在天然更新时,相对较小径阶幼苗幼树的生长受到了光、养分等条件的抑制,生长缓慢。而白桦为先锋树种,适应性较强,小径阶植株数量较多,但随后逐渐被代替^[7]。 40 cm 径阶以上植株数量相当少,白桦和山杨更是零星分布。整体上林分的分布特征为:小径阶的植株数量最多,随着径阶增长,植株数量开始急剧减少,林分直径结构呈倒“J”型分布,表明该林分处于增长阶段。

表2 林分径阶分布

| 径阶/ cm | 兴安落叶松密 度/株·hm ⁻² | 白桦密度/ 株·hm ⁻² | 山杨密度/ 株·hm ⁻² | 整体林分密 度/株·hm ⁻² |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 6 | 179 | 147 | 2 | 328 |
| 8 | 97 | 128 | 5 | 230 |
| 10 | 67 | 82 | 5 | 153 |
| 12 | 40 | 73 | 2 | 115 |
| 14 | 34 | 48 | 3 | 85 |
| 16 | 21 | 44 | 3 | 68 |
| 18 | 21 | 22 | 2 | 45 |
| 20 | 19 | 25 | 2 | 45 |
| 22 | 19 | 22 | 1 | 42 |
| 24 | 9 | 12 | 0 | 21 |
| 26 | 21 | 10 | 1 | 32 |
| 28 | 20 | 7 | 0 | 28 |
| 30 | 19 | 8 | 0 | 28 |
| 32 | 13 | 7 | 0 | 20 |
| 34 | 15 | 2 | 0 | 17 |
| 36 | 11 | 1 | 0 | 12 |
| 38 | 8 | 1 | 0 | 8 |
| 40 | 3 | 1 | 0 | 4 |
| 42 | 6 | 0 | 0 | 7 |
| 44 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| 46 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| 48 | 3 | 1 | 0 | 4 |
| 50 | 3 | 0 | 0 | 3 |

3.2 整体林分及兴安落叶松、白桦不同径级的空间分布格局

植株个体的空间分布大致反映了兴安落叶松原始林的分布格局(图 1),但很难量化与空间尺度的关系。从图 2 可以看出分布格局随尺度呈多样化。兴安落叶松原始林整体在空间尺度 ≤ 3 m 范围内为聚集分布,且聚集度逐渐减弱,至尺度 ≥ 14 m 时变为随机分布(图 2a)。兴安落叶松、白桦的空间分布与整体林分的空间分布格局基本一致,在小尺度时聚集度最大,逐渐减弱趋于随机分布(图 2b、图 2g)。小径级兴安落叶松和白桦均为聚集分布,在最小尺度上聚集程度最大,为 0.165 5 和 0.116 2,最

大聚集规模为 3.14 m^2 (图 2c、图 2h)。中径级的兴安落叶松在 3~7、18 m 尺度上呈聚集分布,其它范围内表现为随机分布(图 2d);中径级白桦在 0~1、7~18 m 时呈聚集分布,其余尺度时随机分布(图 2i)。大径级的兴安落叶松分布为聚集占主导,只在 0~1 m 范围为随机分布(图 2e)。大径级的白桦在 1~4、7、11~17、19~20、21~23 m 尺度时随机分布,其他尺度上聚集分布(图 2j),大径级的林木在某些尺度范围上表现为聚集分布,但其聚集强度远小于小径阶。特大径级的兴安落叶松为随机分布,在空间尺度 3~5 m 时将变为均匀分布(图 2f)。样地中无特大径级的白桦。

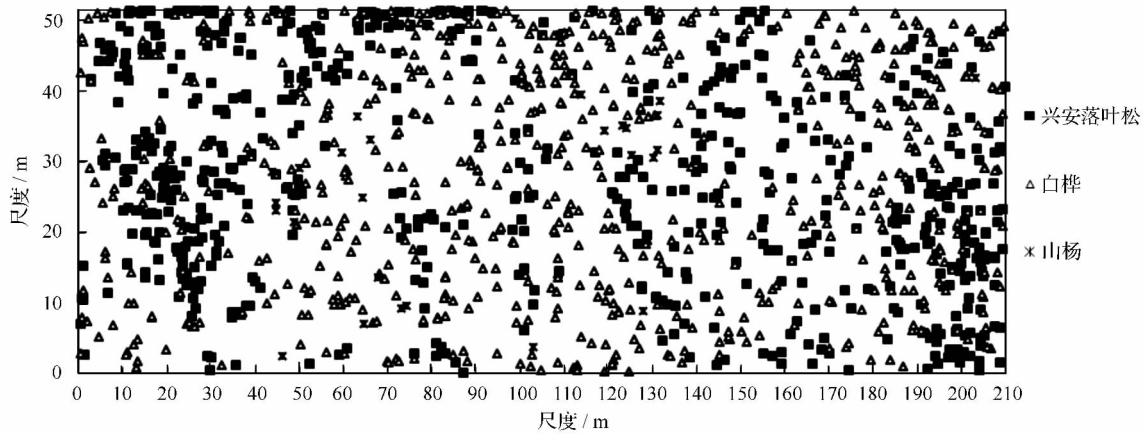


图 1 样地各树种空间分布

3.3 兴安落叶松和白桦种间及不同径阶的种内空间关联性

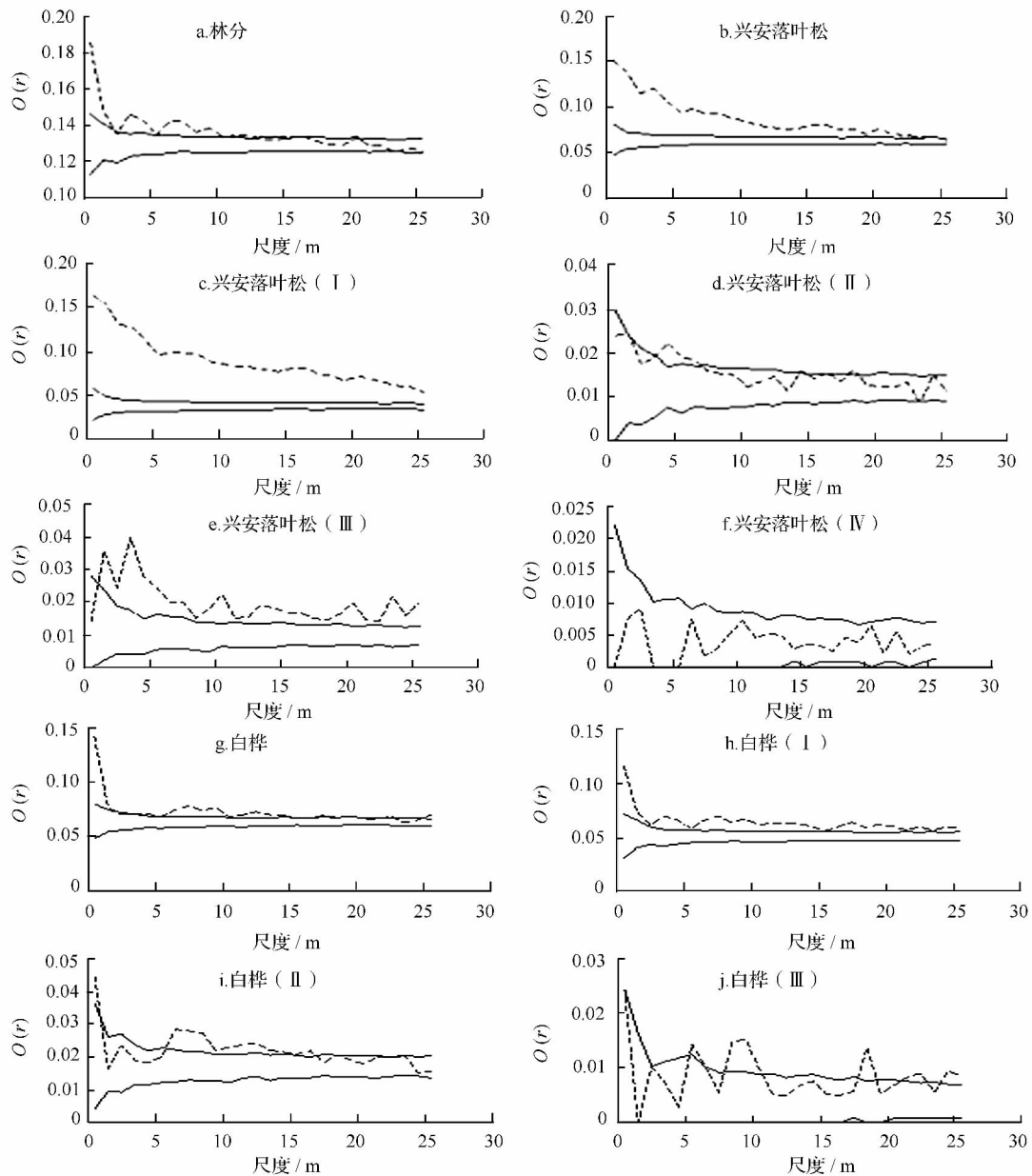
以兴安落叶松为单优种的群落内乔木层的竞争除了兴安落叶松和白桦的种间竞争以外最主要的竞争来自各径级的种内竞争。从表 3 得知兴安落叶松和白桦在 21、24 m 尺度以外均为显著负相关,说明树种之间存在生态位上的竞争,有物种更替现象,群落结构不稳定。兴安落叶松的小径级与中径级的空间关联性在 0~9 m 范围内为正相关,在 10~12、14~16、18、20 m 时表现不相关,其余尺度上负相关;与大径级及特大径级的兴安落叶松之间均为显著负

相关,表明大径阶的林木不利于小径级林木个体生长。中径级的兴安落叶松和大径级兴安落叶松之间在 1~8、10、21 m 尺度是正相关,在其余空间范围内为不相关,与特大径级兴安落叶松之间呈不相关。大径级和特大径级的兴安落叶松之间主要表现不相关。小径级白桦与大径级为负相关,而与中径级为不相关为主,中径级和大径级的白桦之间也呈不相关,即表明不存在竞争关系。该样地种间和不同径阶的种内空间关联性主要以负相关和不相关为主,且对空间尺度有很强的依赖性。

表 3 样地各树种不同径阶的空间关联性

| 树 种 | 尺度/m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| 落白 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | r | - | - | r | - |
| 落小落中 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | r | r | r | - | r | r | r | - | r | - | r | - | - | - | - | - | - |
| 落小落大 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 落小落特大 | r | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | r | r |
| 落中落大 | r | + | + | + | + | + | + | + | + | r | + | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | + | r | r | r | r |
| 落中落特大 | r | r | r | r | r | r | r | - | + | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r |
| 落大落特大 | r | r | r | r | + | r | + | r | r | + | r | + | + | r | r | r | r | r | + | + | r | r | r | r | r | r | r |
| 白小白中 | + | r | r | r | r | r | r | + | r | r | r | r | r | r | + | r | r | r | r | r | r | r | r | r | - | r | + |
| 白小白大 | r | r | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 白中白大 | r | r | r | r | r | r | r | r | r | + | r | r | r | + | r | + | r | r | r | r | r | r | r | + | r | r | + |

注:落表示落叶松;白表示白桦;小表示小径级;中表示中径级;大表示大径级;特大表示特大径级;+表示正相关;-表示负相关;r表示不相关。



虚线表示 O-ring 统计值 实线表示置信区空间为 99% 的包迹线的上下界限。

图 2 样地各树种不同径阶的分布格局

4 结论与讨论

本研究样地由兴安落叶松、白桦和少量山杨组成,建群种兴安落叶松处于明显优势地位,林分直径分布呈倒“J”型,为典型的兴安落叶松原始林,这与苏松锦的研究结果基本一致^[13]。样地平均胸径为 16.25 cm,小径级林木数量多,在野外调查时发现胸径 < 5 cm 的天然更新幼苗幼树数量很丰富,表明林分天然更新情况良好。在后续研究中,可以考虑幼苗、幼树的分布以及与主林层间的关联性。

整体林分及兴安落叶松、白桦的空间分布格局随着尺度和径级的增长从聚集分变为随机分布,最终趋于均匀分布,这与 Purves D W、Law R 和李俊等

的研究结果相同^[14-15]。这是林分自我调节的机理之一,在一定程度上说明了林分的发展趋势^[16-18]。在小尺度时,分布格局受不同程度的种间种内竞争、种子扩散限制等因素的制约;在较大尺度时,由于物种分布的异质性及环境因子的异质性导致分布格局的变化^[19-20]。小径级的兴安落叶松和白桦均为聚集分布,原因可能是早期属天然更新,幼株倾向于在母树周围萌发,聚集分布有利于共同抵御外部竞争,有效利用资源促进自身生长^[21]。中径级的兴安落叶松和白桦在大多范围内都表现为随机分布,特大径级的兴安落叶松主要为随机分布。因为随着树木个体的发育,大径组的植株个体占据林冠层,在有限的空间内,为了争夺光照、养分、水分和生长空间等

有利资源,产生种内种间竞争,使大量的个体死亡,导致树木扩散使聚集度减弱,又因为大尺度会增加环境条件的相应变化,从而会形成随机分布^[7,9]。

树种的空间关联性随着尺度和不同发育阶段呈多样化,总体上随着空间尺度的增加趋于不相关。样地中兴安落叶松和白桦间为显著负相关,表明存在激烈竞争,在经营管理中应采取缓和种间矛盾的措施^[17],可对一些病腐木进行择伐。小径级的林木与大径级和特大径级林木之间均为负相关,因兴安落叶松和白桦为喜光树种,大径级的林木树冠占高林层,且对小径级林木产生遮阴和争夺其他资源从而抑制其生长。中径级的林木与大径级、特大径级之间从正相关变为不相关,表明生态位接近,形成良好的共存关系。研究样地中大径级和特大径级的林木株树相对少,互相间距离较大,基本不存在竞争,因此种间关系以不相关为主。

本研究应用点格局 O-ring 统计,基于胸径因子分析了兴安落叶松原始林分的结构、兴安落叶松和白桦的种间关联性,有助于更好地了解物种特性、林分动态变化过程和物种共存机制,也有效地反映了空间尺度对物种生态过程的影响^[21-22]。但环境异质性、斑块性等都会影响林分,使其在不同尺度上形成不同的分布格局。在今后的研究中可以在更大尺度上结合林木年龄、树高等因子进一步深入探讨。

参 考 文 献

- [1] 张建国,段爱国,童书振.林分直径结构模拟与预测研究概述[J].林业科学研究,2004,17(6):787-795.
- [2] 赵中华,惠刚盈,胡艳波,等.2 种类型阔叶红松林优势种群空间分布格局及其关联性[J].林业科学研究,2011,24(5):554-562.
- [3] 张金屯.植物种群空间分布的点格局分析[J].植物生态学报,1998,22(4):57-62.
- [4] 铁牛.长白落叶松人工林林分直径分布研究[J].林业资源管理,2014(6):95-98,109.
- [5] HAO Z Q,ZHANG J,SONG B,et al. Vertical structure and spatial associations of dominant tree soecies in an old-growth temperate forest[J]. Forest Ecology And Management,2007,252(1/2/3):1-11.
- [6] WIEGAND T,MOLOENY K A. Rings,circles,and null-models for point pattern analysis in ecology[J]. Oikos,2004,104(2):209-229.
- [7] 胡尔查,王晓江,张文军,等.乌拉山自然保护区白桦种群的年龄结构和点格局分析[J].生态学报,2013,33(9):2867-2876.
- [8] STOYAN D,PENTTINEN A. Recent applications of point process meth-ods in forestry statistics [J]. Statistical Science,2000,15(1):61-78.
- [9] 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.
- [10] NAKASHIZUKA T. Species coexistence in temperate,mixed deciduous forests [J]. Trends in Ecology & Evolution,2011,16(4):205-210.
- [11] 杜志,亢新刚,包昱君,等.长白山云冷杉林不同演替阶段的树种空间分布格局及其关联性[J].北京林业大学学报,2012,34(2):14-19.
- [12] 王剑波.天然次生林主要林分类型的结构特征及优化调整的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2011.
- [13] 苏松锦,刘金福,马瑞丰,等.戴云山黄山松种群的空间分布格局与关联性[J].资源科学,2015,(37)4:841-848.
- [14] PURVES D W,LAW R. Fine-scale spatial structure in a grassland community: quantifying the plant's view[J]. Journal of Ecology,2002,90(1):121-129.
- [15] 李俊,郝小贤.将乐林场栲树种群结构与分布格局[J].西北林学院学报,2015,30(5):187-190,213.
- [16] WANG B Y,YU S X. Multi-scale analyses of population distribution patterns [J]. Chinese Journal of Plant Ecology,2005,29(2):235-241.
- [17] 王蕾,张春雨,赵秀海.长白山阔叶红松林的空间分布格局[J].林业科学,2009,45(5):54-59.
- [18] 尹爱国,苏志尧,李彩红.广东石门台自然保护区山顶矮林优势种群分布格局及动态[J].生态学杂志,2006,25(1):55-59.
- [19] 闫海冰,韩有志,杨秀清,等.华北山地典型天然次生林群落的树种空间分布格局及其关联性[J].生态学报,2010,30(9):2311-2321.
- [20] 王绪高,郝占庆,叶吉,等.长白山阔叶红松林物种多度和空间分布格局的关系[J].生态学杂志,2008,27(2):145-150.
- [21] 马克明,祖元刚.兴安落叶松种群格局的分形特征信息维数[J].生态学报,2000,20(2):187-192.
- [22] 连江龙.小波多尺度分析的应用研究[D].福州:福建师范大学,2008.
- [23] 康迎昆,周显昌,尹唯为.落叶松正反交径生长量分析[J].林业科技,2013,38(4):11-13.