

灵空山林区辽东栎 (*Quercus liaotungensis*) 种群空间分布格局

伊力塔, 韩海荣*, 程小琴, 康峰峰, 张志杰

(北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要:为了揭示辽东栎种群空间分布格局的形成机制、种群分布规律和动态变化,采用标准地法,应用偏离指数、Lloyd 的平均拥挤度和聚块指数、Morisita 指数及均方-区组分析,在 5 个取样尺度下对不同群落类型中辽东栎 (*Quercus liaotungensis* Koidz.) 种群进行了格局分析。结果表明:辽东栎种群的空间分布格局受群落内小环境及辽东栎树种本身的生物学特性的共同影响。气候和立地条件基本一致时,群落内地形起伏不平所形成的小环境以及辽东栎树种强烈的伐桩萌芽更新能力对辽东栎种群的空间分布类型具有显著影响;辽东栎种群的空间分布格局受群落学特征的影响主要体现在群落种类组成和结构上。辽东栎作为共优种,在群落内的分布受制于其它共优种,特别是在油松 (*Pinus tabulaeformis*) 的树冠下,辽东栎株数极少;而在无油松分布的辽东栎母树周围,出现辽东栎植株集聚的现象。研究表明辽东栎种群在不同群落类型中多表现为集群分布;随着种群的发育其分布格局由集群分布向随机分布过渡。

关键词:辽东栎; 分布格局; 群落类型; 尺度; 分布指数

文章编号:1000-0933(2008)07-3254-08 中图分类号:Q948 文献标识码:A

Spatial distribution patterns of *Quercus liaotungensis* population in Lingkong Mountains

YI Li-Ta, HAN Hai-Rong, CHENG Xiao-Qin, KANG Feng-Feng, ZHANG Zhi-Jie

The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, 100083, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3254 ~ 3261.

Abstract: To study the mechanisms of formation of spatial distribution patterns and variations of *Quercus liaotungensis* populations, *Q. liaotungensis* populations in different community types were analyzed in five sampling scales (2m × 2m, 3m × 3m, 4m × 4m, 5m × 5m and 10m × 10m) using David and Moore's index, Lloyd's index, Morisita index and the methods by comparing mean square and block size. The results indicated that the distribution pattern of *Q. liaotungensis* population was determined by its biological characteristics and the microenvironment in communities. Under similar climate and site conditions, the spatial distribution pattern was significantly correlated both with microsite associated with microtopography and the ability of re-sprouting of stumps. The effects of the population characteristics on the patterns were represented mainly in the composition and structure of the community. The spatial distribution of *Q. liaotungensis* in a given population was also determined by other co-dominant species. For example, under the canopy of *Pinus tabulaeformis* only few

基金项目:国家林业局太岳山森林生态系统定位站项目

收稿日期:2007-09-29; **修订日期:**2008-04-15

作者简介:伊力塔(1980~),男,博士生,主要从事生态系统研究. E-mail: yilita@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hanhr@bjfu.edu.cn

致谢:瑞士联邦研究所(Swiss Federal Research Institute WSL)李迈和教授对英文写作给予帮助,特此致谢!

Foundation item: The project was financially supported by Taiyue Mountain forest ecosystem station of China Bureau of Forestry

Received date:2007-09-29; **Accepted date:**2008-04-15

Biography: YI Li-Ta, Ph. D. candidate, mainly engaged in eco-system. E-mail: yilita@126.com

individuals of *Q. liaotungensis* could be found. But a dense *Q. liaotungensis* cover could be found around a *Q. liaotungensis* mother tree. The present study found that *Q. liaotungensis* populations show clumped distribution patterns in early succession stages and random patterns in later succession stages in different communities.

Key Words: *Quercus liaotungensis*; distribution pattern; community types; scale; dispersion index

植物种群的空间分布格局分析是研究植物种群特征、群落结构和功能、群落生态关系等的重要手段^[1~3]。因此,成为了植物种群研究的重要内容,是种群的重要结构特征之一。群落中种群的空间格局不仅因种而异,而且同一种在不同的发育阶段及生境条件下也有明显的差别^[4,5]。研究种群的分布格局不仅可以了解种群的空间分布特点,更重要的是可揭示种群及群落的动态变化及其成因。尺度问题一直是格局分析中十分重要的方面,不同的样方大小可能得到不同的格局结果^[6]。

栎属(*Quercus*)属于壳斗科(Fagaceae),多表现为灌木或乔木,全世界至少有450余种^[7],是壳斗科中最大的属。栎属植物分布极为广泛,从整个温带地区延伸到中美洲的热带山地森林,向南延伸到哥伦比亚;在非洲只分布在地中海盆地^[8],不仅是亚热带常绿阔叶林的主要建群种,而且是温带阔叶落叶林的优势种之一;同时还是硬叶常绿阔叶林的主要成分^[9]。栎属中的蒙古栎(*Q. mongolica*)、辽东栎、栓皮栎(*Q. variabilis*)等大部分种分布在温带地区。其中,辽东栎是我国分布较为广泛的一种栎类。在暖温带主要分布在河南、山西、陕西、河北和山东等地的山地丘陵地带常有大面积的天然林^[10]。本文主要研究不同群落类型中多个尺度辽东栎种群的空间分布格局,对辽东栎种群水平结构进行定量描述,揭示其格局的形成机制、种群分布规律和动态变化^[11],期望能为辽东栎林生态系统的保育与可持续经营提供理论依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于山西省沁源县韩洪乡灵空山,地理坐标为东经112°01′~112°15′,北纬36°31′~36°43′。具有典型的暖温带大陆性季风气候特征,年均温8℃,年日照2600h,无霜期125d,年降雨量600~650mm,多集中在7~9月份。地势西高东低,海拔1150~2088m(平均值为1760m),地貌属大起伏喀斯特侵蚀高中山,岩石主要为石灰岩,土壤以褐土和棕壤为主。经营面积4931hm²,主要乔木树种有辽东栎、油松、白桦(*Betula platyphylla*)、棘皮桦(*Betula dahurica*)、核桃楸(*Juglans mandshurica*)、山杨(*Populus davidiana*)等。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置

在全面踏查的基础上,选择辽东栎种群集中分布且林分保持良好的典型地段设置20m×30m标准地19块;记录标准地群落类型、海拔、坡度、坡向、土壤等环境因子;进行每木调查(包括记录树种、测胸径、树高、枝下高、冠幅等);同时以每个标准地的两边为坐标轴,测定每株乔木的坐标(x, y)。根据坐标选择系列的取样尺度,在2m×2m、3m×3m、4m×4m、5m×5m、10m×10m等5个取样尺度分别进行统计计算,以避免单一尺度取样的缺陷。

1.2.2 数据处理

本研究选用的格局分析指标有:偏离指数、Lloyd的平均拥挤度(m^*)和聚块指数(m^*/m)、Morisita指数以及集群分布格局规模判定^[5,6,12~16]。

偏离指数:偏离指数的统计基础是Poisson分布中的方差与均值相等。均匀分布时,抽样单位中出现个体数大多接近于均值,故方差小于均值;集群分布时,抽样单位中出现个体数大多大于或小于均值,方差大于均值。因此, $C=1$ 为随机分布; $C<1$ 为均匀分布; $C>1$ 为集群分布。

$$C = \frac{s^2}{\bar{x}} \quad (1)$$

式中, C 表示偏离指数, s^2 表示样本方差, $\bar{x}$ 表示样本平均数。该值的显著性可用 t 检验。

$$t = \frac{\frac{s^2}{\bar{x}} - 1}{\sqrt{2/(n-1)}} \quad (2)$$

式中, n 表示抽样单位总数, 比较 t 与 $t_{0.05}(n-1)$ 确定其差异显著性。

Lloyd 的平均拥挤度(m^*)和聚块指数(m^*/m): 平均拥挤度表示每个个体在同一单位中其个体的平均数, 由于针对每个个体, 其值依赖于现有的总个体数。聚块性指数考虑了空间格局本身的性质, 并不涉及密度, 其值越大, 集聚性越强:

$$m^* = \frac{\sum x^2}{\sum x} - 1 = \bar{x} + \frac{s^2 - \bar{x}}{\bar{x}} \quad (3)$$

式中, m^* 表示平均拥挤度, x 表示出现的株数, m 表示总体平均值。

Morisita 指数: 如果个体是随机分布(泊松分布)的, $I=1$; 趋于均匀分布则 $I<1$; 趋于集群分布则 $I>1$ 。 I 不受 $\bar{x}$ 的影响, 但与取样单位的最多和最少个体数目有关:

$$I = \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \quad (4)$$

式中, I 表示 Morisita 指数。该方法的显著性检验可用 χ^2 检验:

$$X^2 = I \times (\sum x - 1) + n - \sum x \quad (5)$$

比较 X^2 与 $\chi^2(n-1)$ 确定其差异显著性。

集群分布格局规模判定: 参照 Greig-Smith 的均方-区组分析步骤。首先计算每级区组观测值的平方和; 随后将平方和除以相应区组大小, 并在相邻两级区组间求差; 最后用后一级区组对应的样方数去除相应的差值, 从而得出前一级区组对应的均方值; 并以均方-区组表格判定格局规模。凡均方出现明显峰值的, 即说明该区组大小聚集分布明显, 反之, 则聚集性较差^[14~19]。

2 结果与分析

2.1 辽东栎纯林中辽东栎种群的空间分布格局

该群落中辽东栎种群空间分布格局的各指数判定见表 1。其中, 偏离指数判断显示: 种群在 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 、 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 两个尺度下为集群分布, 其余取样尺度下均为随机分布。而 Morisita 指数判定 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 、 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 、 $4\text{m} \times 4\text{m}$ 尺度下为集群分布, $5\text{m} \times 5\text{m}$ 、 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 尺度下为随机分布。在均方-区组表(表 2)可以看出, $2\text{m} \times 2\text{m}$ 区组有个峰值, 而且 Lloyd 聚块指数值在 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 尺度下也为最大。在辽东栎纯林中由于透过林冠的光强度在不同位点的差异会造成林下植物的斑块。降落在母树周围的辽东栎种子以及萌芽更新常产生簇生的幼株群, 加之在林内小环境的差别, 有利于幼苗生长的小环境形成而产生聚集, 以争夺环境资源, 导致在辽东栎纯林中较小的格局规模上辽东栎种群的集群分布。

2.2 辽东栎-油松群落中辽东栎种群的空间分布格局

由表 1 可看出, 偏离指数和 Morisita 指数判定在不同取样尺度下均为集群分布。均方-区组表(表 2)在 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 和 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 区组显示较大峰值, Lloyd 聚块指数在 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 区组最大。因此, 可以认为该群落中辽东栎种群在格局规模为 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 时, 表现为明显的集群分布。

在该群落类型中, 辽东栎和油松共优。因辽东栎为阳性树种, 在荫蔽的油松林冠下很难成活, 植树较少; 但在辽东栎母树周围和附近的林窗下, 常形成辽东栎植株的聚集。这样就导致辽东栎种群的集群分布。

2.3 辽东栎-白桦群落中辽东栎种群的空间分布格局

由该群落中辽东栎种群空间分布格局的判定来看(表 1), 除了在 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 尺度下的 Morisita 指数判定为集群分布以外, 偏离指数与 Morisita 指数均判定该种群为随机分布。在调查地内有一棵风倒白桦以及因辽东栎郁闭产生的 5 棵枯梢白桦, 从而使得辽东栎占据了群落上层, 加上该群落种群生长在下坡, 土壤条件较好, 进一步促使了辽东栎种群的随机分布。

表 1 不同群落中辽东栎种群空间分布格局的判定

Table 1 Identification distribution pattern for *Quercus liaotungensis* population in different communities

群落类型 Community type	样方边长 Block size (m)	偏离指数 Coefficient of dispersion				Lloyd 指数 Lloyd index			Morisita 指数 Morisita index		
		<i>C</i>	<i>t</i>	<i>t</i> _(0.05)	格局 Pattern	<i>m</i> [*]	<i>m</i> [*] / <i>m</i>	<i>I</i>	χ^2	$\chi^2_{(0.05)}$	格局 Pattern
辽东栎纯林	2	1.4375	3.0777	1.9842	C	1.7231	1.3254	1.3357	142.308	123.225	C
<i>Q. liaotungensis</i>	3	1.6420	3.1451	2.0106	C	3.1923	1.2126	1.2389	78.8154	65.1708	C
pure forests	4	1.5865	2.0318	2.0639	R	5.7231	1.1006	1.1091	38.0769	36.4150	C
	5	1.2944	0.8061	2.1315	R	8.2538	1.0237	1.0342	19.1454	24.9958	R
	10	0.9538	-0.0565	3.1824	R	31.6077	0.9801	0.9989	2.8615	7.8147	R
辽东栎-油松	2	2.0729	9.2603	1.9760	C	1.6190	2.8912	2.9260	308.857	178.485	C
<i>Q. liaotungensis</i> -	3	2.1884	6.9803	1.9949	C	2.3571	1.9643	1.9880	151.000	89.3912	C
<i>P. tabulaeformis</i>	4	2.4615	6.4540	2.0227	C	3.5000	1.6667	1.6867	96.0000	54.5722	C
community	5	3.5776	8.7412	2.0687	C	5.9286	1.6939	1.7143	82.2857	35.1725	C
	10	9.7143	13.7785	2.5706	C	21.0952	1.5068	1.5250	48.5714	11.0705	C
辽东栎-白桦	2	1.1291	0.9084	1.9842	R	0.3478	1.5123	1.5810	111.783	123.225	R
<i>Q. liaotungensis</i> -	3	0.9855	-0.0710	2.0106	R	0.4348	0.9263	0.9684	47.3043	65.1708	R
<i>B. platyphylla</i>	4	1.1703	0.5899	2.0639	R	1.0435	1.1342	1.1858	28.0870	36.4150	R
community	5	1.4812	1.3177	2.1315	R	1.8261	1.2703	1.3280	22.2174	24.9958	R
	10	2.8261	2.2365	3.1824	R	6.8696	1.1947	1.2490	8.4783	7.8147	C
辽东栎-核桃楸	2	2.3835	9.7335	1.9842	C	1.6296	6.0357	6.2678	235.963	123.225	C
<i>Q. liaotungensis</i> -	3	2.6512	8.0894	2.0106	C	2.1481	3.8985	4.0484	127.259	65.1708	C
<i>J. mandshurica</i>	4	4.7006	12.8193	2.0639	C	4.5926	4.2524	4.4160	112.815	36.4150	C
community	5	4.2444	8.8853	2.1315	C	4.6667	2.7654	2.8718	63.6667	24.9958	C
	10	8.7284	9.4653	3.1824	C	12.2963	1.8217	1.8917	26.1852	7.8147	C
辽东栎-白桦-山杨	2	1.4888	3.4387	1.9842	C	1.6639	1.3982	1.4101	147.387	123.225	C
<i>Q. liaotungensis</i> -	3	1.7123	3.7353	2.0040	C	2.8067	1.3208	1.3320	94.1765	73.3115	C
<i>B. platyphylla</i> -	4	2.2686	4.8308	2.0452	C	5.1596	1.3008	1.3118	65.7899	42.5570	C
<i>P. davidiana</i> community	5	2.3479	3.6914	2.1315	C	8.6387	1.1615	1.1713	35.2185	24.9958	C
	10	1.3754	0.4597	3.1824	R	29.7815	1.0011	1.0095	4.1261	7.8147	R
辽东栎-油松-棘皮桦	2	0.8384	-1.1371	1.9842	R	0.0800	0.3200	0.3333	83.0000	123.225	R
<i>Q. liaotungensis</i> -	3	1.1533	0.7512	2.0106	R	0.6400	1.2544	1.3067	55.3600	65.1708	R
<i>P. tabulaeformis</i> -	4	0.9167	-0.2887	2.0639	R	0.8800	0.8800	0.9167	22.0000	36.4150	R
<i>B. dahurica</i> community	5	0.5093	-1.4720	2.1315	R	1.0400	0.6656	0.6933	7.6400	24.9958	R
	10	0.2533	-0.9145	3.1824	R	5.4400	0.8704	0.9067	0.7600	7.8147	R

R, C represent random and clump distribution, respectively

2.4 辽东栎-核桃楸群落中辽东栎种群的空间分布格局

由表 1 可知,偏离指数和 Morisita 指数的判定结果完全一致,辽东栎种群在该群落中无论哪种取样尺度,均为集群分布。均方-区组表(表 2)中,2m×2m 和 4m×4m 区组的峰值较大,对应的 Lloyd 聚块指数也表现出了较大值,这表明了该群落内辽东栎种群在这两个区组上集聚性最强。但 5m×5m 区组的峰值由于取样不足,不能得到正确的反映。因此,在该群落笔者考察的区组范围内辽东栎种群表现出强烈的集群分布。这与该群落所在生境的空间异质性有关。该群落所在地段山体起伏不平,使得土壤厚度不均匀,从而影响了辽东栎更新的集聚程度。

2.5 辽东栎-白桦-山杨群落中辽东栎种群的空间分布格局

该群落类型中辽东栎种群空间分布格局的偏离指数以及 Lloyd 指数、Morisita 指数判定见表 1。偏离指数和 Morisita 指数的判定结果完全一致。即在 2m×2m、3m×3m、4m×4m、5m×5m 取样尺度下判定为集群分

布,而在 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的取样尺度下判定结果为随机分布。由均方-区组表(表 2)可以看出,在 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 和 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 区组下有两个峰值,而 Lloyd 指数在表现为集群分布的取样尺度下并没有显著的差值。该群落类型受到人为影响较为严重,因砍伐而残留的辽东栎伐桩较多,从而使得辽东栎伐桩内萌芽更新产生的萌芽条较多,聚集性较强,固在小取样尺度下均表现为集群分布。

2.6 辽东栎-油松-棘皮桦群落中辽东栎种群的空间分布格局

由表 1 的偏离指数以及 Morisita 指数的判定结果来看,该群落中辽东栎种群在各个取样尺度下均表现为随机分布。该群落所在地段地势较缓(坡度仅为 11°),由于林分的自然稀疏,林内的光照充足,加上土壤条件较为均匀,使得辽东栎种群在各个取样尺度下均表现出随机分布。

表 2 各种群落中辽东栎种群分布格局的均方-区组表

Table 2 The mean square and block size of *Quercus liaotungensis* population among different communities

群落类型 Community type	均方值 Square value			
	$2\text{m} \times 2\text{m}$	$3\text{m} \times 3\text{m}$	$4\text{m} \times 4\text{m}$	$5\text{m} \times 5\text{m}$
辽东栎纯林 <i>Q. liaotungensis</i>	0.5703	0.2372	0.4066	1.4325
辽东栎-油松 <i>Q. liaotungensis-P. tabulaeformis</i>	0.3381	0.1927	0.0144	0.7867
辽东栎-白桦 <i>Q. liaotungensis-B. platyphylla</i>	0.0833	0.0291	0.0211	0.1975
辽东栎-核桃楸 <i>Q. liaotungensis-J. mandshurica</i>	0.1695	0.0003	0.2073	0.6325
辽东栎-白桦-山杨 <i>Q. liaotungensis-B. platyphylla-P. davidiana</i>	0.5164	0.1507	-0.0042	2.3125
辽东栎-油松-棘皮桦 <i>Q. liaotungensis-P. tabulaeformis-B. dahurica</i>	0.0448	0.0647	0.0561	0.1075

2.7 辽东栎种群空间分布格局的综合分析

从上述格局分析方法对辽东栎种群的研究结果来看,用各种指数方法拟合效果较好。张谧^[6]在分析米心水青冈(*Fagus engleriana*)-曼青冈(*Cyclobalanopsis oxyodon*)群落的格局时,也是采用了同样的方法。偏离指数、Morisita 指数、Lloyd 指数以及均方-区组分析判定的结果在多数情况下吻合性较好,个别情况下判定结果有些出入,需要根据实际野外调查来弥补误差。

由图 1 可看出,除了辽东栎-核桃楸群落类型中辽东栎种群的聚集强度高于其它群落类型外,各区组聚集强度差异并不大。而且,各个群落类型在 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 以上尺度聚集指数趋向一致,是格局判别的较为适宜的尺度。

在种群发育过程中,其分布格局不是固定不变的。因此,要追踪整个生命过程中分布格局的动态变化是不可能的。通常的方法就是以空间差异代替时间变化^[20],即用不同群落类型中种群分布格局的变化来代替种群发育中分布格局的动态。由聚块指数(m^*/m)的值可以分析辽东栎种群个体在不同群落类型中聚集或扩散的趋势。其值由大变小,说明种群逐渐呈现扩散趋势;反之,种群呈聚集趋势^[20]。随着种群的发育、个体的年龄与体积的增大,它们对环境条件的要求也将提高。受环境条件的限制,种群会发生自疏与它疏,从而导致种群由集群分布向随机分布过渡^[12]。从表 1 可看出,辽东栎-核桃楸群落中辽东栎个体的聚块指数(m^*/m)值最大,而且表现出聚集分布;而辽东栎-油松-棘皮桦和辽东栎纯林群落中辽东栎个体的聚块指数(m^*/m)值最小,而且大部分均表现出随机分布,属于成熟群落类型;其余群落类型介于之间,属于过渡类型。

3 讨论

林下更新苗匮乏是许多落叶栎林的共同特征^[21,22]。由于栎类坚果是昆虫、鸟类、啮齿类等动物以及真菌等微生物的重要食物源,因此从坚果成长、成熟、脱落、萌发到幼苗期间一直遭受着巨大的捕食压力,从而导致栎林实生更新困难。在此情况下,萌条更新则成为辽东栎的主要更新方式。由于萌生种群成活率高、生长快等特性,使辽东栎植株种群数量能够顺利地不同群落中得以发展,并在之后数个径级保持相对稳定,从而解决了出现在辽东栎林更新过程中“更新苗匮乏”的现象,使辽东栎林保持较高的稳定性^[22]。在本研究范围内,辽东栎种群的空间分布格局在不同群落类型中多表现为集群分布状态。这也能说明辽东栎以萌芽更新为

主的事实。结合野外调查的实际情况来看,出现聚群分布状态不但是由于辽东栎树种本身的生物学特性而且也与群落内小环境有关。调查区内辽东栎种群的面积均不大,气候和立地条件基本一致,但群落内地形起伏不平所形成的小环境对辽东栎种群的空间分布类型和格局规模有显著影响;如,在辽东栎-核桃楸群落类型中因所在生境地形起伏较大,辽东栎种子自然下落易集聚在凹处,自然散布能力较差,从而使得在不同取样尺度下均表现为集聚分布。而在辽东栎-白桦-山杨群落中由于人为砍伐较为严重,使得辽东栎伐桩内萌芽更新数量较多,从而在小尺度下呈现集聚分布。除此之外,辽东栎种群的空间分布格局也受到群落学特征的影响,主要体现在群落种类组成和结构上。在灵空山林区油松作为辽东栎的共优种,在油松的树冠下,辽东栎株数极少;而在无油松分布的辽东栎母树周围,出现辽东栎植株集聚的现象。

由于种群个体数,所处生境条件的异质性以及种内、种间关系的变化等因素均可引起种群分布格局产生相应的变化。所以,种群空间分布格局具有尺度依赖性^[23]。在研究种群空间分布格局时人为地确定某个单位尺度进行调查,所得结果只能代表那个尺度上的格局强度^[1]。因此,种群分布格局的研究不应该在单一随机性取样尺度上进行,集群性发生的真正尺度只能通过同一种群进行多次不同样方大小的反复取样来判断^[14,24]。由于将辽东栎林中的每一个体都进行了定位,所以可按任意大小进行取样,这样便可以考察任意尺度上的辽东栎种群的空间分布状况,这样格局强度和格局规模的判断更具有真实性。虽说这样的调查方法增加了工作量,但在此基础上应用均方-区组分析,可以确定格局判断的最适宜尺度(见图 1,各个群落类型在 5m × 5m 以上尺度聚集指数趋向一致)。可以详尽地分析种群在各种尺度上的空间分布格局,能够较好地了解格局动态。

对于不同发育阶段的种群,影响其分布格局的因子也有所不同。在辽东栎幼苗和幼树较多的群落中,由于本身的生物学特性而呈集聚分布,聚集强度高有利于存活和发挥群体效应,但随着种群的继续发育,种群个体对环境条件的要求也将加强,由密度制约因素引起的种内和种间竞争加剧,种群个体死亡率增加,导致种群的密度下降^[25,26],逐渐呈随机分布。本研究表明,辽东栎群落最终将实现从混交林向阔叶林的演替。由此可见,辽东栎在暖温带地区具有较强的适应性,是暖温带山区地带性森林植被类型,具有很好的发展前景^[27]。辽东栎的大树对环境有较强的适应能力,所以环境因素对其影响不大。影响辽东栎大树生长和发育,进而影响其分布格局的主要因素是个体之间对资源的相互争夺。通过一定时间的淘汰过程,辽东栎种群密度会逐渐下降。密度下降后,群落中会有更多的空间和资源供其它生活的个体生存,更有利这些个体的生长发育。由于辽东栎具有很强的萌蘖性,所以当种群的密度下降后,会有很多的后代个体补充到种群中。在灵空山地区基本上无大的自然灾害,林场的防护措施也非常好,辽东栎种群除进行竞争而产生的自疏外,并没有特别的干扰。因此,在辽东栎林的经营过程中,应遵循其种群分布格局规律,一味的保护对辽东栎林的更新和发展并不是一项很好的措施。正确的经营策略应该是在其群落发育到一定时期,有选择地进行适当的干扰(例如择伐、下层抚育等),进行人工稀疏,减小密度,改善林内生态条件,这样会更有利于辽东栎林的生长和发育。

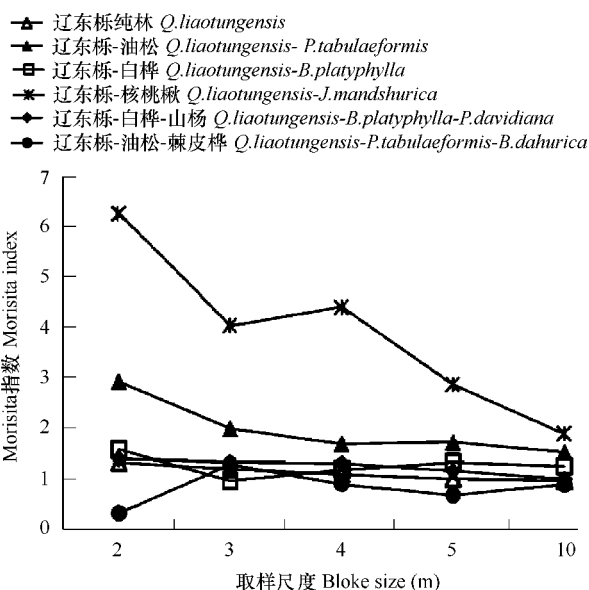


图 1 辽东栎种群在不同群落中的 Morisita 指数值

Fig. 1 The Morisita's index of *Quercus liaotungensis* population among different communities

A. 辽东栎纯林 *Q. liaotungensis*; B. 辽东栎-油松 *Q. liaotungensis-P. tabulaeformis*; C. 辽东栎-白桦 *Q. liaotungensis-B. platyphylla*; D. 辽东栎-核桃楸 *Q. liaotungensis-J. mandshurica*; E. 辽东栎-白桦-山杨 *Q. liaotungensis-B. platyphylla-P. davidiana*; F. 辽东栎-油松-棘皮桦 *Q. liaotungensis-P. tabulaeformis-B. dahurica*

References:

- [1] Li M H, He F H, Liu Y, *et al.* Spatial distribution pattern of tree individuals in the Schrenk spruce forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 1000 — 1006.
- [2] Yang Y C, Da L J, Chen B. Population structure and spatial patterns for the main tree species in *Castanopsis carlesii-Schima superb* community in Tiantong, Zhejiang Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(9): 2927 — 2938.
- [3] Nanami S, Kawaguchi H and Tateno R, *et al.* Sprouting traits and population structure of co-occurring *Castanopsis* species in an evergreen broad-leaved forest in southern China. *Ecological Research*, 2004, 19: 341 — 348.
- [4] Jiang H. Population Ecology of *Picea asperata*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1992. 33 — 78.
- [5] Zhang H F, Li X. Spatial distribution pattern of *Populus euphratica* populations in the lower reaches of Tarim River. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2006, 26(10): 2125 — 2130.
- [6] Zhang M, Xiong G M, Zhao C M, *et al.* The structures and patterns of a *Fagus engleriana-Cyclobalanopsis oxyodon* community in Shennongjia area. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(5): 603 — 609.
- [7] Willis J C A. A dictionary of the flowering plants and 7th edition, Revised by H. K. Airy Shaw. Cambridge: Cambridge University Press, 1973.
- [8] Zhou Z K. Origin, phylogeny and dispersal of *Quercus* from China. *Acta Botanica Yunnanica*, 1992, 14(3): 227 — 236.
- [9] Delectis Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agenda Academiae Sinicae Edita. Flora Reipublicae Popularis Sinicae. Tomus 22. Beijing: Science Press, 1998. 211 — 212.
- [10] Wang L M, Ren X W, Liu Y Q. Geographic distribution of Deciduous oaks in China. *Journal of Beijing Forestry College*, 1985(2): 57 — 69.
- [11] Doncaster C P. The spatial distribution of ant nests on Ramsey Island, South Wales. *J Animal Ecol*, 1981, 50: 195 — 218.
- [12] Hong W, Liu J, Wu C Z. A study on structure and spatial distribution pattern of *Castanopsis hystrix* population. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 37 (Sp. 1): 6 — 10.
- [13] Li X K, Huang Y Q, Su Z M. Distribution pattern and its dynamics of *Taxus chinensis* var. *mairei* population on Yunbaoshan Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(2): 169 — 172.
- [14] Xie Z Q, Chen W L, Liu Z Y, *et al.* Spatial distribution pattern of *Cathaya argyrophylla* population. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(1): 95 — 101.
- [15] Zhang W H, Xu X B, Zhou J Y, *et al.* Pattern and dynamics of the spatial population distribution of endangered *Abies chensiensis*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2005, 25(9): 1840 — 1847.
- [16] Zhang W H, Wang Y P, Kang Y X, *et al.* Spatial distribution pattern of *Larix chinensis* population in Taibai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(2): 207 — 212.
- [17] Greig-Smith P. Quantitative Plant Ecology. 3rd ed. Oxford: Blackwell, 1983.
- [18] Yan S J, Hong W, Wu C Z, *et al.* The structure and distribution pattern of dominant population in *Castanopsis carlesii* community. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2002, 10(1): 15 — 21.
- [19] Hao C Y, Liu P, Wu Z W. Study on *Heptacodium miconioides* population structure and spatial distribution pattern in the central Zhejiang Province. *Forest Research*, 2006, 19(6): 778 — 784.
- [20] Yin A G, Su Z Y, Li C H. Distribution patterns and dynamics of dominant mountaintop elfin forest populations in Shimentai Nature Reserve in Guangdong. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 25(1): 55 — 59.
- [21] Wang W, Li Q K, Ma K P. Establishment and spatial distribution of *Quercus liaotungensis* Koidz. seedlings in Dongling Mountain. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(5): 595 — 600.
- [22] Gao X M, Wang W, Du X J, *et al.* Size structure, ecological significance and population origin of *Quercus wutaishanica* forest in Beijing Mountainous area. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(6): 673 — 678.
- [23] Wang B Y, Yu S X. Multi-Scale analyses of population distribution patterns. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(2): 235 — 241.
- [24] Kershaw K A, Looney J H H. Quantitative and Dynamic Plant Ecology. 3rd ed. London: Edward Arnold, 1985.
- [25] Kenkel N C. Pattern of self-thinning in jack pine: testing the random mortality hypothesis. *Ecology*, 1988, 69(4): 1017 — 1024.
- [26] Peterson C J, Squers E R. An unexpected changes in spatial pattern across 10 years in an aspen-white-pine forest. *Journal of Ecology*, 1995, 83: 847 — 855.
- [27] Wang W, Liu C R, Ma K P, *et al.* Population structure and dynamics of *Quercus liaotungensis* in two broad-leaved deciduous forests in Dongling Mountain, Northern China. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(4): 425 — 432.

参考文献:

- [1] 李明辉, 何风华, 刘云, 等. 天山云杉种群空间格局与动态. 生态学报, 2005, 25(5):1000~1006.
- [2] 杨永川, 达良俊, 陈波. 天童米槠-木荷群落主要树种的结构及空间结构. 生态学报, 2006, 26(9):2927~2938.
- [4] 江洪. 云杉种群生态学. 北京:中国林业出版社, 1992. 33~78.
- [5] 张绘芳, 李霞. 塔里木河下游胡杨种群空间分布格局分析. 西北植物学报, 2006, 26(10):2125~2130.
- [6] 张溢, 熊高明, 赵常明, 等. 神农架地区米心水青冈-曼青冈群落的结构与格局研究. 植物生态学报, 2003, 27(5):603~609.
- [8] 周浙昆. 中国栎属的起源演化及其扩散. 云南植物研究, 1992, 14(3):227~236.
- [9] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第二十二卷). 北京:科学出版社, 1998. 211~213.
- [10] 王良民, 任宪威, 刘一樵. 我国落叶栎的地理分布. 北京林学院学报, 1985(2):57~69.
- [12] 洪伟, 柳江, 吴承祯. 红锥种群结构和空间分布格局的研究. 林业科学, 2001, 37(Sp.1):6~10.
- [13] 李先琨, 黄玉清, 苏宗明. 元宝山南方红豆杉种群分布格局及动态. 应用生态学报, 2000, 11(2):169~172.
- [14] 谢宗强, 陈伟烈, 刘正宇, 等. 银杉种群的空间分布格局. 植物学报, 1999, 41(1):95~101.
- [15] 张文辉, 许晓波, 周建云, 等. 濒危植物秦岭冷杉种群空间分布格局及动态. 西北植物学报, 2005, 25(9):1840~1847.
- [16] 张文辉, 王延平, 康永祥, 等. 太白山太白红杉种群空间分布格局研究. 应用生态学报, 2005, 16(2):207~212.
- [18] 闫淑君, 洪伟, 吴承祯, 等. 武夷山天然米槠林优势种群结构与分布格局. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(1):15~21.
- [19] 郝朝运, 刘鹏, 邬周伟. 浙江中部七子花种群结构与空间分布格局的研究. 林业科学研究, 2006, 19(6):778~784.
- [20] 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. 生态学杂志, 2006, 25(1):55~59.
- [21] 王巍, 李庆康, 马克平. 东灵山地区辽东栎幼苗的建立和空间分布. 植物生态学报, 2000, 24(5):595~600.
- [22] 高贤明, 王巍, 杜晓军, 等. 北京山区辽东栎林的径级结构、种群起源及生态学意义. 植物生态学报, 2001, 25(6):673~678.
- [23] 王本洋, 余世孝. 种群分布格局的多尺度分析. 植物生态学报, 2005, 29(2):235~241.
- [27] 王巍, 刘灿然, 马克平, 等. 东灵山两个落叶阔叶林中辽东栎种群结构和动态. 植物学报, 1999, 41(4):425~432.