

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第12期 Vol.32 No.12 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 12 期

2012 年 6 月 (半月刊)

目 次

- 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例..... 孙永光,赵冬至,吴 涛,等 (3645)
- 鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征..... 张全军,于秀波,钱建鑫,等 (3656)
- 青岛市湿地生态网络评价与构建..... 傅 强,宋 军,毛 锋,等 (3670)
- 大堤型湖滨带生态系统健康状态驱动因子——以太湖为例..... 叶 春,李春华,王秋光,等 (3681)
- 绿色屋顶径流氮磷浓度分布及赋存形态..... 王书敏,何 强,张峻华,等 (3691)
- 坡度对农田土壤动物群落结构及多样性的影响..... 何先进,吴鹏飞,崔丽巍,等 (3701)
- 枣园桃蛀果蛾寄生蜂种类及其与寄主的关系..... 姚艳霞,赵文霞,常聚普,等 (3714)
- 基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价..... 邹丽丽,陈晓翔,何 莹,等 (3722)
- 温度、盐度和 pH 对马氏珠母贝稚贝清滤率的联合效应 朱晓闻,王 辉,刘 进,等 (3729)
- 鸡桑药共生模式库区土壤养分变化及流失风险..... 赵丽平,杨贵明,赵同科,等 (3737)
- 黑河中游典型土地利用方式下土壤粒径分布及与有机碳的关系 张俊华,李国栋,南忠仁 (3745)
- DEM 栅格分辨率和子流域划分对杏子河流域水文模拟的影响 邱临静,郑粉莉,Yin Runsheng (3754)
- 粒度变化对城市热岛空间格局分析的影响..... 郭冠华,陈颖彪,魏建兵,等 (3764)
- 基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例 陈 杰,梁国付,丁圣彦 (3773)
- 城市能源利用碳足迹分析——以厦门市为例..... 林剑艺,孟凡鑫,崔胜辉,等 (3782)
- 高寒牧区村域生态足迹——以甘南州合作市为例..... 王录仓,高 静 (3795)
- 太湖湖滨带生态系统健康评价..... 李春华,叶 春,赵晓峰,等 (3806)
- 秦岭大熊猫栖息地巴山木竹生物量..... 党坤良,陈俊娴,孙飞翔,等 (3816)
- 盐胁迫对盐生植物黄花补血草种子萌发和幼苗生长的影响..... 尤 佳,王文瑞,卢 金,等 (3825)
- 海南霸王岭山地原始林与伐后林中木质藤本对支持木的选择..... 刘晋仙,陶建平,何 泽,等 (3834)
- 闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应..... 王振兴,朱锦懋,王 健,等 (3841)
- 基于形态及分子标记的濒危植物夏蜡梅自然居群的遗传变异研究 金则新,顾婧婧,李钧敏 (3849)
- 不同径级油松径向生长对气候的响应..... 姜庆彪,赵秀海,高露双,等 (3859)
- 珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布..... 袁春明,孟广涛,方向京,等 (3866)
- 巨桉与 5 种木本植物幼树的耗水特性及水分利用效率的比较..... 胡红玲,张 健,万雪琴,等 (3873)
- 银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响..... 黄澈澈,胡庭兴,张念念,等 (3883)
- 基于氡示踪剂和热扩散技术的栓皮栎水分运输速率与效率研究..... 孙守家,孟 平,张劲松,等 (3892)
- 石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性..... 张显强,曾建军,湛金吾,等 (3902)
- 含铜有机肥对土壤酶活性和微生物群落代谢的影响..... 陈 琳,谷 洁,高 华,等 (3912)
- 钝叶枧不同性别花的花部形态与传粉特征比较..... 王 茜,邓洪平,丁 博,等 (3921)
- 我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性..... 何奇瑾,周广胜 (3931)
- 烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及籽粒蛋白质品质的影响..... 樊高琼,杨恩年,郑 亭,等 (3940)

专论与综述

- 中国产业共生发展模式的国际比较及对策 石 磊,刘果果,郭思平 (3950)

研究简报

- 吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化 张国坤,卢京花,宋开山,等 (3958)
- 杨树人工林生态系统通量贡献区分析..... 金 莹,张志强,方显瑞,等 (3966)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-06



封面图说: 鸳鸯——在分类上属雁形目,鸭科。英文名为 Mandarin Duck(即“中国官鸭”)。鸳指雄鸟,鸯指雌鸟,故鸳鸯属合成词。常常栖息于山地河谷、溪流、湖泊、水田等处,雌雄偶居,以植物性食物为主,也食昆虫等小动物。繁殖期 4—9 月间,雌雄配对后迁至营巢区。巢往往置于树洞中,用干草和绒羽铺垫,每窝产卵 7—12 枚。江西省婺源鸳鸯湖是亚洲最大的野生鸳鸯越冬栖息地。鸳鸯是一种美丽的禽鸟,中国传统文化又赋予它很多美好的寓意,因此,在许多文学艺术作品中经常用以表达爱情。

彩图提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201109101326

袁春明, 孟广涛, 方向京, 柴勇, 李贵祥, 蔺汝涛, 王 骞, 李品荣. 珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布. 生态学报, 2012, 32(12): 3866-3872.

Yuan C M, Meng G T, Fang X J, Chai Y, Li G X, Lin R T, Wang Q, Li P R. Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant *Alcimandra cathcartii*. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3866-3872.

珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布

袁春明^{1,2}, 孟广涛^{2,*}, 方向京², 柴 勇², 李贵祥², 蔺汝涛³, 王 骞², 李品荣²

(1. 国家林业局云南珍稀濒危森林植物保护和繁育重点实验室, 昆明 650204; 2. 云南省林业科学院, 昆明 650204;

3. 云南高黎贡山国家级自然保护区保山管理局, 保山 678000)

摘要:珍稀濒危植物长蕊木兰为国家 I 级保护植物。然而, 由于受研究尺度和分析方法的限制, 对其种群生态特征等方面仍不清楚。以云南高黎贡山原生的中山湿性常绿阔叶林 4 hm² 样地调查数据为基础, 应用 Ripley 的 L 函数分析了长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布格局。研究发现: (1) 长蕊木兰种群的年龄结构为反“J”型, 属稳定型种群。 (2) 长蕊木兰种群个体的空间分布格局与空间尺度关系密切, 空间尺度小于 75 m 时为聚集分布, 大于 75 m 时为随机分布。生境异质性在长蕊木兰种群空间分布格局的形成中可能发挥了重要的作用。 (3) 不同发育阶段个体的空间分布格局存在明显的差异, 中树和小树阶段的分布格局在中、小尺度上呈聚集分布, 在较大尺度上呈随机分布; 大树阶段在整个空间尺度上均呈现随机分布。 (4) 长蕊木兰不同发育阶段的空间关联性主要表现为中、小尺度上的负相关, 在较大尺度上则趋向于无关联。

关键词:长蕊木兰; 点格局分析; 空间关联性; 高黎贡山; 中山湿性常绿阔叶林

Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant

Alcimandra cathcartii

YUAN Chunming^{1,2}, MENG Guangtao^{2,*}, FANG Xiangjing², CHAI Yong², LI Guixiang², LIN Rutao³, WANG Qian², LI Pinrong²

1 Key Laboratory for Conservation of the Rare, Endangered and Endemic Forest Plants in Yunnan of State Forestry Administration, Kunming 650204, China

2 Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China

3 Baoshan Management Authority of the Yunnan Gaoligong Mountains National Nature Reserve, Baoshan 678000, China

Abstract: Understanding the population's change patterns in time and space of endangered species is essential for decision-making to conservation of the rare and endangered species. However, most populations of these species are small, and it is difficult to use traditional quadrat sampling techniques for demographic analysis. *Alcimandra cathcartii*, a rare and endangered plant, is one of the first-class nationally protected species in China, but little is known about the population ecology of this species because of the limitations of research scale and analytic methods. The objective of this present study is to examine: 1) the age structure of *A. cathcartii* population; 2) spatial distribution pattern and its change with spatial scale; and 3) the spatial distribution pattern and spatial relationship at different spatial scales and growth stages. The Ripley's L-function was used to analyze the spatial pattern and spatial association of different development stages, based on the investigation data from 4-hm² plot in a primary middle-mountain moist evergreen broad-leaved forest in Gaoligong Mountain, Yunnan. The 4-hm² plot was divided into 100 quadrats, and all stems of *A. cathcartii* with diameter at breast height (DBH) ≥ 1 cm were measured, tagged, and mapped. All individuals of this species were divided into three growth

基金项目: 云南高黎贡山森林生态系统定位研究站建设项目

收稿日期: 2011-09-10; 修订日期: 2012-04-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: menggt2001@163.com

stages according to its DBH sizes: small trees, $1\text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5\text{ cm}$; medium trees, $7.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 22.5\text{ cm}$; and large trees, $\text{DBH} \geq 22.5\text{ cm}$. The results showed that the number of small individuals of *A. cathcartii* was the highest in three growth stages. The age structure of the species was inverted “J” shape curve, and the population is currently in rising stage and is stable. The distribution pattern of this population is closely related to the spatial scale, with an aggregation distribution in less than 75 m and a random distribution in $\geq 75\text{ m}$ spatial scale. The habitat heterogeneity may play an important role in the formation of the spatial distribution of the population. There were obvious differences in spatial distribution patterns among different growth stages of the population. The smaller individuals showed aggregation distribution at smaller spatial scale, while larger trees were random distribution type at all spatial scales (0—100m). The spatial relationships among different development stages are negative correlation at smaller scale, while it tends to be no association at larger scale. This indicates that there may be different mechanism on the formation of distributions at different spatial scales and growth stages. Based on the analysis, it was suggested that the age structure and spatial distribution pattern of *A. cathcartii* population were determined by the combined impact of the species bioecological properties, intra- and inter-specific interactions, and environmental factors. The results of this study implicates that it is important for conservation of small populations of *A. cathcartii* to strengthen protection of the forest ecosystem and habitats with these rare and endangered species.

Key Words: *Alcimandra cathcartii*; point pattern analysis; spatial association; Gaoligong Mountains; mid-montane moist evergreen broad-leaved forest

种群的年龄结构与分布格局是指种群个体在时间和空间上的配置或分布状态,反映了种群个体在时空上彼此间的相互关系。种群的空间分布格局不但因种而异,而且同一物种在不同发育阶段、不同生境条件下也有明显差异^[1-3]。种群空间分布格局的研究对于确定种群特征、种内和种间相互作用,以及种群与环境之间的关系具有非常重要的作用,对生物多样性保护及种群的保育具有一定的指导意义。

珍稀濒危植物大多为小种群物种,对其种群生态学的研究很难应用传统的小样方取样技术^[4]。况且,种群的空间分布格局存在着尺度的依赖性,传统的样方取样及其格局分析方法只能分析一种尺度下的格局^[5]。近年来,大样地监测与点格局分析技术得到了较为广泛的应用^[6-7]。大样地监测技术的应用为这些小种群珍稀濒危物种的种群生态研究提供了新的途经。点格局分析的统计学理论是由 Ripley 于 1977 年首先提出的,并逐步发展形成的一种种群格局分析的新方法^[8-12]。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,以点图为基础进行种群分布格局类型的分析^[10]。该方法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的信息,因而检验能力较强^[13]。

长蕊木兰 (*Alcimandra cathcartii*) 是木兰科稀有的单种属植物,分布于中国云南西南部至东南部及西藏南部和东南部、印度东北部、不丹、缅甸北部和越南北部^[14]。该物种早已被列为国家 I 级保护植物^[15]。然而,由于受研究尺度和分析方法的限制,目前对其种群生态等方面的研究尚未见报道。本文以云南高黎贡山中山湿性常绿阔叶林 4hm² 样地调查数据为基础,应用点格局分析方法试图探讨以下问题:(1)天然群落中小种群物种长蕊木兰种群的年龄结构特征;(2)种群的空间分布格局及随空间尺度的变化;(3)种群不同发育阶段的空间分布格局和空间关联性。研究的目的是从空间格局的角度了解小种群珍稀濒危物种长蕊木兰种群的某些生物生态学特性及生态学过程,并为进一步研究其濒危机制及制定科学的保育措施提供参考。

1 样地概况

研究样地位于高黎贡山南段的云南腾冲、龙陵和保山三地交界处。研究区属中亚热带山地季风气候。年均温 15.5℃,1 月均温 9.2℃,7 月均温 19.7℃,降雨量 1650 mm,干湿季分明,雨季降水量约占全年的 74%—84%^[16];土壤为黄棕壤,植被类型为原生的地带性植被中山湿性常绿阔叶林。

研究样地地理位置为东经 $98^{\circ}45'53.1''$ — $98^{\circ}46'1.3''$, 北纬 $24^{\circ}50'9.8''$ — $24^{\circ}50'17.3''$ 之间, 海拔 2135—2230 m。群落乔木层组成树种主要有薄片青冈 (*Cyclobalanopsis lamellosa*)、硬壳柯 (*Lithocarpus hancei*)、肖樱叶桉 (*Eurya pseudocerasifera*)、长果大头茶 (*Gordonia longicarpa*)、多沟杜英 (*Elaeocarpus lacunosus*)、多花山矾 (*Symplocos ramosissima*)、龙陵新木姜子 (*Neolitsea lunglingensis*)、尖叶桂樱 (*Laurocerasus undulata*)、毛柄槭 (*Acer pubipetiolatum*)、星毛鹅掌柴 (*Schefflera minutistellata*) 和长蕊木兰 (*Alcimandra cathcartii*) 等; 灌木层有针齿铁仔 (*Myrsine semiserrata*)、聚果九节 (*Psychotria morindoides*)、梗花粗叶木 (*Lasianthus biermanni*)、单叶常春木 (*Merrillioanax listeri*) 和虎刺 (*Damnacanthus indicus*) 等; 草本有乌毛蕨 (*Blechnum orientale*)、宽叶楼梯草 (*Elatostema platyphyllum*)、橙花开口箭 (*Tupistra aurantiacea*) 等。

2 研究方法

2.1 野外调查

在面积较大且受人为干扰较轻的中山湿性常绿阔叶林的原生林中, 设置 $200\text{ m} \times 200\text{ m}$ 的样地 1 个, 参照 BCI (Barro Colorado Island, Panama) 50 hm^2 样地的技术规范^[17], 用全站仪将样地分为 100 个 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的样方, 每个样方再划分为 16 个 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 的小样方。以 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的样方为单位, 对样方内胸径 (DBH) $\geq 1.0\text{ cm}$ 的长蕊木兰及其它林木个体逐一进行调查, 并挂牌编号。记录每个林木个体的胸径、树高、冠幅及树木空间位置等。

2.2 数据分析

采用立木的大小级来代替不同的年龄结构。根据野外实地调查情况, 将 $\text{DBH} \geq 1.0\text{ cm}$ 长蕊木兰的径级大小分为 $1.0\text{ cm} \leq \text{DBH} < 2.5\text{ cm}$, $2.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5\text{ cm}$, 以后每隔 5 cm 为一级, 最后到 $\text{DBH} \geq 57.5\text{ cm}$ 的 13 个等级, 以分析不同龄级的个体数量。

采用 Ripley 的 L 函数进行长蕊木兰种群的空间格局分析。Ripley 的 L 函数是由 Ripley 的 K 函数改进而来的; Ripley 的 K 函数是分析样方内以某点为圆心, 以一定长度 r 为半径的圆内植物个体数目的函数, 其计算方法及边缘校正方法在有关文献中已有论述^[11-12, 18]。为简化不同龄级立木的格局分析, 按胸径大小将长蕊木兰活立木划分为 3 个发育阶段: $1\text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5\text{ cm}$ 为小树, $7.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 22.5\text{ cm}$ 为中树, $\text{DBH} \geq 22.5\text{ cm}$ 为大树, 以检验不同龄级阶段个体的空间分布格局及空间关联性。

用 Monte-Carlo 拟合检验计算上、下包迹线, 即置信区间, 并以空间尺度 r 为横坐标, 上下包迹线为纵坐标绘图^[19]。单变量分析中, 种群实际分布数据计算得到的不同尺度下的函数值在包迹线内, 则符合随机分布; 若在包迹线上, 则为集群分布; 若在包迹线下, 则为均匀分布。在双变量分析中, 种群实际分布数据计算得到的不同尺度下的函数值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生态学软件包 ADE-4 中完成。空间尺度 r 的最大值为样地边长的 $1/2$, 即 100 m , 步长为 1 m , 拟合次数 1000 次, 置信水平为 99%。

3 结果与分析

3.1 种群年龄结构

4 hm^2 样地中共调查到 $\text{DBH} \geq 1\text{ cm}$ 的长蕊木兰 119 株, 其中 1 — 2.5 cm 的幼树有 15 株, 占总株数的 12.6%; 2.5 — 7.5 cm 的小树最多达 30 株, 占总株数的 25.2%。从小树到中树、大树的生长阶段 ($\text{DBH} \geq 2.5\text{ cm}$), 随年龄的增长, 立木株数逐渐减少 (图 1)。虽然本次未调查幼苗及 1 cm 以下的幼树, 但不难看出, 从

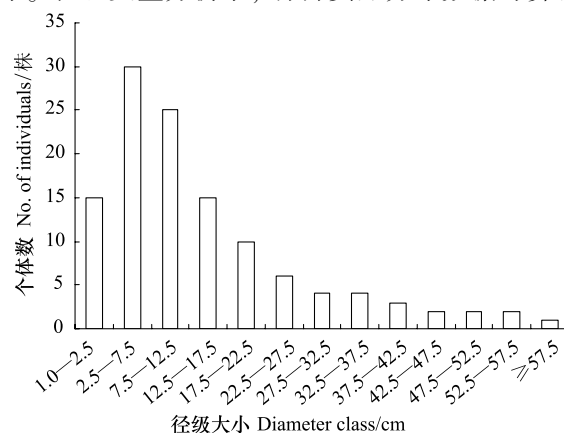


图 1 高黎贡山中山湿性常绿阔叶林长蕊木兰种群的径级结构
Fig. 1 Diameter-class of *Alcimandra cathcartii* population in midmontane moist evergreen broad-leaved forest in the Gaoligong Mountains

种群年龄结构来看,长蕊木兰应属于稳定型种群。

3.2 种群空间分布格局

长蕊木兰种群个体在 $200\text{ m} \times 200\text{ m}$ 样地中的点分布图见图 2,它直观地表达了种群在样地内的空间分布状态。长蕊木兰种群个体的空间分布格局与空间尺度存在明显的关系(图 2)。空间尺度小于 75 m 时为聚集分布,其聚集强度开始随空间尺度的增大逐渐增强,在 30 m 时达到最大(最大聚集强度为 $L(r) = 13.74$),随后则逐渐减弱。空间尺度大于 75 m 后则为随机分布。

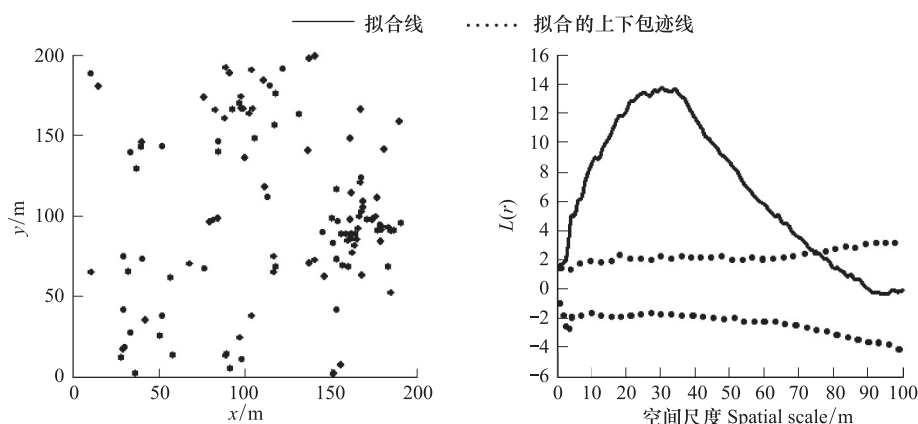


图 2 高黎贡山中山湿性常绿阔叶林长蕊木兰种群的分布点图与空间分布格局

Fig. 2 Mapped point pattern and spatial pattern of *Alcimandra cathcartii* population in midmontane moist evergreen broad-leaved forest in the Gaoligong Mountains

3.3 种群不同发育阶段的空间分布格局

长蕊木兰不同发育阶段个体的空间分布格局存在明显的差异(图 3)。小树阶段($1\text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5\text{ cm}$)在空间尺度小于 49 m 时为聚集分布(最大聚集强度为 $L(r) = 18.92$,最大聚集尺度为 $r = 25\text{ m}$),大于 49 m 为随机分布。中树阶段($7.5\text{ cm} \leq \text{DBH} < 22.5\text{ cm}$)在空间尺度小于 86 m 时为聚集分布(最大聚集强度为 $L(r) = 23.06$,最大聚集尺度为 $r = 35\text{ m}$),在此之后则为随机分布;大树阶段($\text{DBH} \geq 22.5\text{ cm}$)在所研究的尺度上均为随机分布(图 3)。

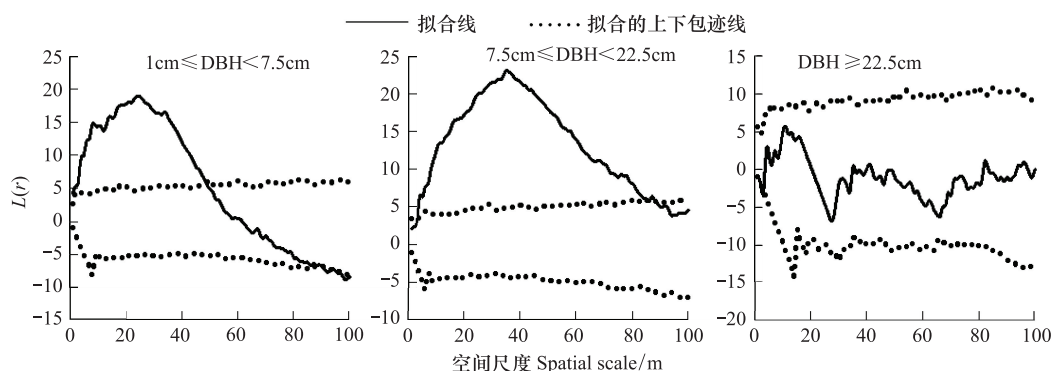


图 3 高黎贡山中山湿性常绿阔叶林长蕊木兰种群不同发育阶段个体的分布格局

Fig. 3 Spatial patterns of different growth stages of *Alcimandra cathcartii* population in midmontane moist evergreen broad-leaved forest in the Gaoligong Mountains

3.4 种群不同发育阶段的空间关联性

双变量分析结果显示,长蕊木兰不同发育阶段之间主要表现为小尺度上的负关联和较大尺度上的无关联(图 4)。胸径 $1\text{—}7.5\text{ cm}$ 的个体与胸径在 $7.5\text{—}22.5\text{ cm}$ 的个体间在 17 m 尺度内表现为负关联,在大于 17 m 后趋向于无关联(图 4a);胸径 $1\text{—}7.5\text{ cm}$ 的个体与胸径在大于 22.5 cm 个体间在 39 m 的尺度内表现为负相

关,在 39 m 以上的尺度表现为无关联(图 4b);胸径 7.5—22.5 cm 的个体与胸径大于 22.5 cm 个体间在 60 m 的尺度内表现为负相关,在 60 m 以上的尺度表现为无关联(图 4c)。

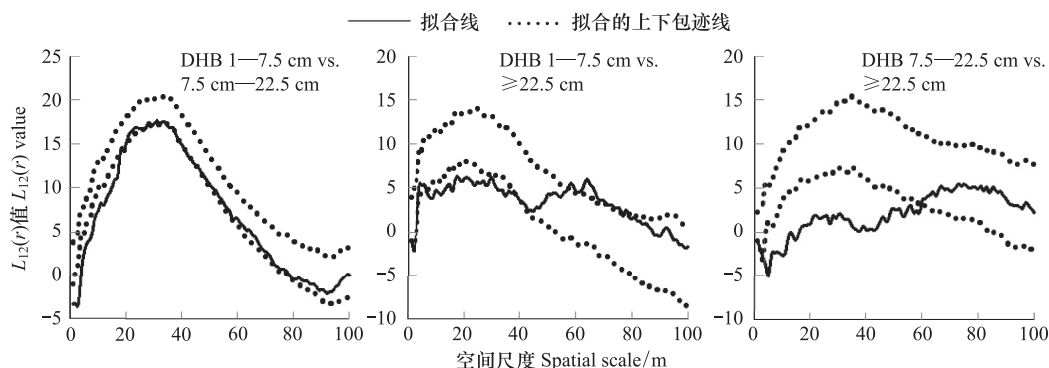


图 4 高黎贡山中山湿性常绿阔叶林长蕊木兰种群不同发育阶段的空间关联性

Fig. 4 Spatial associations of different growth stages of *Alcimandra cathcartii* population in midmontane moist evergreen broad-leaved forest in the Gaoligong Mountains

4 结论与讨论

长蕊木兰作为所研究的中山湿性常绿阔叶林中的一个伴生种,其种群数量相对较小。然而,本研究表明在保护较好的天然群落中长蕊木兰仍属稳定型种群。一个种群的年龄结构反映了该种群的动态变化及其发展的趋势。长蕊木兰种群的年龄结构为反“J”型,表明长蕊木兰种群幼苗的补充充裕,种群更新良好。长蕊木兰种群的小树、中树和大树的个体数量依次减少,即呈现基部宽、顶部窄的种群结构,小树和幼树长成大树潜力大,显示出在研究区域该种群是稳定发展的。

长蕊木兰种群的空间分布主要表现为中、小尺度下的聚集分布和较大尺度下的随机分布。这种分布格局可能是由于种子传播限制^[20]、环境异质性^[21-23],以及种内种间竞争^[24]等因素综合作用的结果。一般认为,在小尺度上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。本研究样地内相对高差达 95 m,且山脊沟谷相间,地形较为复杂,生境的异质性较强;样地中长蕊木兰种群在大于 10 m 的尺度上仍然表现出显著的聚集分布格局,因此生境异质性在长蕊木兰种群空间分布格局的形成中发挥了重要的作用^[25]。

长蕊木兰种群不同发育阶段个体的空间分布格局具有明显的差异。小树阶段个体的聚集分布(最大聚集尺度为 25 m)可能与其母树种子传播的限制有关。由于重力的作用,种子多散布在母树周围,由种子萌发产生的幼树或小树也表现为聚集分布。其次,长蕊木兰为喜光树种,其幼苗的更新有赖于林窗的干扰作用,从而也可以形成聚集分布的格局。长蕊木兰中树阶段的个体在更大的尺度上(0—86 m)仍然表现为显著的聚集分布,说明生境异质性在长蕊木兰种群的空间分布格局形成中发挥了一定的作用。长蕊木兰种群大树阶段个体的分布在所研究的空间尺度上(0—100 m)均为随机分布,这与其它研究结果是一致的。这是因为随着龄级的增大,种内与种间竞争加剧,种群个体死亡率提高,密度下降,种群一般由聚集向随机分布转变^[26-28]。

长蕊木兰不同发育阶段的空间关联性主要表现为中、小尺度上的负关联,在较大尺度上趋向于无关联。这种关联性与其空间分布格局存在一定的关系,即种子传播限制及生境异质性使得长蕊木兰种群在中、小空间尺度上形成聚集分布,从而产生显著的空间关联性,而在较大的尺度上却倾向于随机分布,同时空间关联性减弱。在中、小尺度上,长蕊木兰种群的聚集分布也导致种内作用关系强烈,同种个体通过密度制约效应减少了个体数量,为其他物种入侵和定居提供了空间,从而实现群落中物种的共存^[24]。另外,长蕊木兰耐荫性相对较弱,林冠下长蕊木兰的个体不能很好地存活和生长,它的建成需要一定的光环境,这也预示着长蕊木兰种群与群落中的其它种群之间可能存在比较强烈的种间竞争。

本研究对不同空间尺度(0—100 m)和不同发育阶段分布格局的研究探讨了长蕊木兰种群空间格局形成

的过程,揭示出长蕊木兰种群的分布格局随空间尺度及发育阶段而变化,不同空间尺度及不同发育阶段长蕊木兰种群分布格局的形成可能存在不同的机制。长蕊木兰种群的年龄结构及空间分布格局是种群自身的生物生态学特性、种内种间关系以及环境条件综合作用的结果。小种群珍稀濒危物种的保护是我国当前生物多样性保护的重要内容之一,如何有效地保护这些物种是一项艰巨的任务。本研究的一个重要发现是,在保护较好的天然群落中,小种群物种长蕊木兰的种群发展稳定,能够维持自身的生存与繁衍。因此,对于长蕊木兰等小种群珍稀濒危植物的保护,关键是对其所处森林生态系统的保护。

References:

- [1] Xie Z Q, Chen W L, Liu Z Y, Jiang M X, Huang H D. Spatial distribution pattern of *Cathaya argyrophylla* population. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(1): 95-101.
- [2] Liu S Y, Yue Y J, Yu X X, Liu Y. Spatial pattern of *Robinia pseudoacacia* plantation population in mountainous area of Beijing. *Journal of Northeast Forestry University*, 2010, 38(4): 33-36.
- [3] Zhu Y, Bai F, Liu H F, Li W C, Li L, Li G Q, Wang S Z, Sang W G. Population distribution patterns and interspecific spatial associations in warm temperate secondary forests, Beijing. *Biodiversity Science*, 2011, 19(2): 252-259.
- [4] Yuan C M, Sima Y K, Geng Y F, Hao J B, Mao Y L, Wei D K, He Q J. Population distribution, age structure and its dynamic feature of endangered species *Pterospermum kingtungense*. *Journal of Northeast Forestry University*, 2011, 39(5): 15-16, 33-33.
- [5] Zhang J T. Analysis of spatial point pattern for plant species. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(4): 344-349.
- [6] Zhang J, Hao Z Q, Song B, Ye J, Li B H, Yao X L. Spatial distribution patterns and associations of *Pinus koraiensis* and *Tilia amurensis* in broad-leaved Korean pine mixed forest in Changbai Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(8): 1681-1687.
- [7] Ma K P. Assessing progress of biodiversity conservation with monitoring approach. *Biodiversity Science*, 2011, 19(2): 125-126.
- [8] Ripley B D. Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 1977, 39(2): 172-212.
- [9] Ripley B D. *Spatial Statistics*. New York: Wiley, 1981.
- [10] Diggle P J. *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. New York: Academic Press, 1983.
- [11] Dale M R T. *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [12] Dale M R T, Powell R D. A new method for characterizing point patterns in plant ecology. *Journal of Vegetation Science*, 2001, 12(5): 597-608.
- [13] Zhang J T, Meng D P. Spatial pattern analysis of individuals in different age-classes of *Larix principis-rupprechtii* in Luya mountain reserve, Shanxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(1): 35-40.
- [14] Liu Y H, Luo X R, Wu R F, Zhang B N. *Flora Reipublicae Popularis Sinicae Vol 30*. Beijing: Science Press, 1996.
- [15] Fu L G, Jin J M. *The Red Data Book of China's Plants: Rare and Endangered Species*. Beijing: Science Press, 1992.
- [16] Li H, Guo H J, Dao Z L. *Flora of Gaoligong Mountains*. Beijing: Science Press, 2000.
- [17] Condit R. *Tropical Forest Census Plots: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and a Comparison with Other Plots*. Berlin: Springer, 1998.
- [18] Haase P. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science*, 1995, 6(4): 575-582.
- [19] Manly B F J. *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 1997.
- [20] Grubb P J. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews*, 1977, 52(1): 107-145.
- [21] Harms K E, Wright S J, Calderón O, Hernández A, Herre E A. Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature*, 2000, 404(6777): 493-495.
- [22] Queenborough S A, Burslem D F R P, Garwood N C, Valencia R. Habitat niche partitioning by 16 species of Myristicaceae in Amazonian Ecuador. *Plant Ecology*, 2007, 192(2): 193-207.
- [23] Lin Y C, Chang L W, Yang K C, Wang H H, Sun I F. Point patterns of tree distribution determined by habitat heterogeneity and dispersal limitation. *Oecologia*, 2011, 165(1): 175-184.
- [24] He F L, Duncan R P. Density-dependent effects on tree survival in an old-growth Douglas fir forest. *Journal of Ecology*, 2000, 88(4): 676-688.
- [25] Getzin S, Wiegand T, Wiegand K, He F L. Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands. *Journal of Ecology*, 2008, 96(4): 807-820.
- [26] Toriola D, Chereyre P, Buttler A. Distribution of primary forest plant species in a 19-year old secondary forest in French Guiana. *Journal of*

Tropical Ecology, 1998, 14(3): 323-340

- [27] Zhang J C, Chen L, Guo Q S, Nie D P, Bai X L, Jiang Y X. Research on the change trend of dominant tree population distribution patterns during development process of climax forest communities. *Acta Phytocologica Sinica*, 1999, 23(3): 256-268.
- [28] Wu D R, Zhu Z D. Preliminary study on structure and spatial distribution pattern of *Phoebe bournei* in Luo Boyan Nature reserve in Fujian province. *Scientia Silvae Sinicae*, 2003, 39(1): 23-30.

参考文献:

- [1] 谢宗强, 陈伟烈, 刘正宇, 江明喜, 黄汉东. 银杉种群的空间分布格局. *植物学报*, 1999, 41(1): 95-101.
- [2] 刘淑燕, 岳永杰, 余新晓, 刘彦. 北京山区刺槐林种群的空间点格局. *东北林业大学学报*, 2010, 38(4): 33-36.
- [3] 祝燕, 白帆, 刘海丰, 李文超, 李亮, 李广起, 王顺忠, 桑卫国. 北京暖温带次生林种群分布格局与种间空间关联性. *生物多样性*, 2011, 19(2): 252-259.
- [4] 袁春明, 司马永康, 耿云芬, 郝佳波, 毛云玲, 魏大坤, 何琪金. 濒危植物景东翅子树种群的分布、年龄结构及其动态特征. *东北林业大学学报*, 2011, 39(5): 15-16, 33-33.
- [5] 张金屯. 植物种群空间分布的点格局分析. *植物生态学报*, 1998, 22(4): 344-349.
- [6] 张健, 郝占庆, 宋波, 叶吉, 李步杭, 姚晓琳. 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. *应用生态学报*, 2007, 18(8): 1681-1687.
- [7] 马克平. 监测是评估生物多样性保护进展的有效途径. *生物多样性*, 2011, 19(2): 125-126.
- [13] 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. *生态学报*, 2004, 24(1): 35-40.
- [14] 刘玉壶, 罗献瑞, 吴容芬, 张本能. 中国植物志. 第三十卷. 北京: 科学出版社, 1996.
- [15] 傅立国, 金鉴明. 中国植物红皮书: 稀有濒危植物. 北京: 科学出版社, 1992.
- [16] 李恒, 郭辉军, 刀志灵. 高黎贡山植物. 北京: 科学出版社, 2000.
- [27] 张家城, 陈力, 郭泉水, 聂道平, 白秀兰, 蒋有绪. 演替顶极阶段森林群落优势树种分布的变动趋势研究. *植物生态学报*, 1999, 23(3): 256-268.
- [28] 吴大荣, 朱政德. 福建省罗卜岩自然保护区闽楠种群结构和空间分布格局初步研究. *林业科学*, 2003, 39(1): 23-30.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 12 June, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

| | |
|---|--|
| Temporal and spatial dynamic changes and landscape pattern response of Hemeroby in Dayang estuary of Liaoning Province, China | SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, WU Tao, et al (3645) |
| Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland | ZHANG Qunjun, YU Xiubo, QIAN Jianxin, et al (3656) |
| Evaluation and construction of wetland ecological network in Qingdao City | FU Qiang, SONG Jun, MAO Feng, et al (3670) |
| Driving forces analysis for ecosystem health status of littoral zone with dikes: a case study of Lake Taihu | YE Chun, LI Chunhua, WANG Qiuguang, et al (3681) |
| The concentrations distribution and composition of nitrogen and phosphorus in stormwater runoff from green roofs | WANG Shumin, HE Qiang, ZHANG Junhua, et al (3691) |
| Effects of slope gradient on the community structures and diversities of soil fauna | HE Xianjin, WU Pengfei, CUI Liwei, et al (3701) |
| Investigation of populations of parasitic wasps parasitizing <i>Carposina sasakii</i> Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) in jujube orchards in China, with respect to the wasp-host relationship | YAO Yanxia, ZHAO Wenxia, CHANG Jupu, et al (3714) |
| Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model | ZOU Lili, CHEN Xiaoxiang, HE Ying, et al (3722) |
| Combined effects of temperature, salinity and pH on the clearance rate of juveniles of <i>Pinctada martensii</i> (Dunker) | ZHU Xiaowen, WANG Hui, LIU Jin, et al (3729) |
| Soil nutrient dynamics and loss risks in a chicken-forage mulberry-medicinal plant intercropping system | ZHAO Liping, YANG Guiming, ZHAO Tongke, et al (3737) |
| Soil particle size distribution and its relationship with soil organic carbons under different land uses in the middle of Heihe river | ZHANG Junhua, LI Guodong, NAN Zhongren (3745) |
| Effects of DEM resolution and watershed subdivision on hydrological simulation in the Xingzihe watershed | QIU Linjing, ZHENG Fenli, YIN Runsheng (3754) |
| Impacts of grid sizes on urban heat island pattern analysis | GUO Guanhua, CHEN Yingbiao, WEI Jianbing, et al (3764) |
| Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration: a case study of Gongyi City | CHEN Jie, LIANG Guofu, DING Shengyan (3773) |
| Carbon footprint analysis on urban energy use: a case study of Xiamen, China | LIN Jianyi, MENG Fanxin, CUI Shenghui, et al (3782) |
| The ecological footprint of alpine pastures at the village-level: a case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China | WANG Lucang, GAO Jing (3795) |
| The ecosystem health assessment of the littoral zone of Lake Taihu | LI Chunhua, YE Chun, ZHAO Xiaofeng, et al (3806) |
| The biomass of <i>Bashania fargesii</i> in giant pandas habitat in Qinling Mountains | DANG Kunliang, CHEN Junxian, SUN Feixiang, et al (3816) |
| Effects of salinity on seed germination and seedling growth in halophyte <i>Limonium aureum</i> (L.) Hill | YOU Jia, WANG Wenrui, LU Jin, et al (3825) |
| Liana-host tree associations in the tropical montane primary forest and post-harvest forest of Bawangling, Hainan Island, China | LIU Jinxian, TAO Jianping, HE Zeet al (3834) |
| The response of photosynthetic characters and biomass allocation of <i>P. bournei</i> young trees to different light regimes | WANG Zhenxing, ZHU Jinmao, WANG Jian, et al (3841) |
| Genetic variation among populations of the endangered <i>Sinocalycanthus chinensis</i> based on morphological traits and ISSR profiles | JIN Zexin, GU Jingjing, LI Junmin (3849) |
| Growth response to climate in Chinese pine as a function of tree diameter | JIANG Qingbiao, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (3859) |
| Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant <i>Alcimandra cathcartii</i> | YUAN Chunming, MENG Guangtao, FANG Xiangjing, et al (3866) |
| The water consumption and water use efficiency of the seedlings of <i>Eucalyptus grandis</i> and other five tree species in Sichuan Province | HU Hongling, ZHANG Jian, WAN Xueqin, et al (3873) |
| Effects of leaf litter of <i>Cinnamomum septentrionale</i> on growth and resistance physiology of <i>Brassica rapa</i> in the decomposition process of litter | HUANG Weiwei, HU Tingxing, ZHANG Niannian, et al (3883) |
| Water transport velocity and efficiency in <i>Quercus variabilis</i> detected with deuterium tracer and thermal dissipation technique | SUN Shoujia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3892) |
| The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification | ZHANG Xianqiang, ZENG Jianjun, CHEN Jinwu, et al (3902) |
| Effects of organic materials containing copper on soil enzyme activity and microbial community | CHEN Lin, GU Jie, GAO Hua, et al (3912) |
| Comparison of floral morphology and pollination characteristics between the sexes in <i>Eurya obtusifolia</i> | WANG Qian, DENG Hongping, DING Bo, et al (3921) |
| Climatic suitability of potential spring maize cultivation distribution in China | HE Qijin, ZHOU Guangsheng (3931) |
| Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat | FAN Gaoqiong, YANG Ennian, ZHENG Ting, et al (3940) |
| Review and Monograph | |
| International comparison and policy recommendation on the development model of industrial symbiosis in China | SHI Lei, LIU Guoguo, GUO Siping (3950) |
| Scientific Note | |
| The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years | ZHANG Guokun, LU Jinghua, SONG Kaishan, et al (3958) |
| Footprint analysis of turbulent flux over a poplar plantation in Northern China | JIN Ying, ZHANG Zhiqiang, FANG Xianrui, et al (3966) |

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 12 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 12 (June, 2012)

| | | | |
|---------------|--|-----------------|---|
| 编 辑 | 《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by | Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn |
| 主 编 | 冯宗炜 | Editor-in-chief | FENG Zong-Wei |
| 主 管 | 中国科学技术协会 | Supervised by | China Association for Science and Technology |
| 主 办 | 中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 | Sponsored by | Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China |
| 出 版 | 科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071 | Published by | Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China |
| 印 刷 | 北京北林印刷厂 | Printed by | Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China |
| 发 行 | 科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net | Distributed by | Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net |
| 订 购 | 全国各地邮局 | Domestic | All Local Post Offices in China |
| 国外发行 | 中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044 | Foreign | China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China |
| 广告经营 许 可 证 | 京海工商广字第 8013 号 | | |



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元