

浙江天童披针叶茴香-南酸枣群落优势种群结构及空间格局

曹永慧, 萧江华, 李迎春, 陈双林, 吴明

(中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江富阳 311400)

摘要: 以浙江天童披针叶茴香 *Illicium lanceolatum*-南酸枣 *Choerospondias axiliaris* 群落为对象, 应用每木调查法、时空互代法和相邻格子法研究分析群落优势种群结构和分布格局。种群结构分析包括胸径级结构和垂直层次结构, 空间格局分析包括各种不同垂直层次个体的空间分布格局。5个优势种群总体相对优势度达到74.85%, 大小级指数除南酸枣和橄榄槭 *Acer olivaceum* 为正值外, 披针叶茴香、红楠 *Machilus thunbergii* 和华东楠 *M. leptophylla* 均为负值, 各个种在垂直空间上占据了不同的位置。不同种之间以及同种不同层次之间表现出复杂多样的分布格局, 体现出多级复合分布特征, 披针叶茴香、华东楠表现为聚集分布, 而南酸枣、橄榄槭表现为均匀分布, 红楠表现为随机分布。各个物种通过占据不同的水平和垂直空间, 在群落中得以共存。表5参23

关键词: 森林生态学; 披针叶茴香; 南酸枣; 种群结构; 分布格局; 浙江天童

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2009)01-0044-08

Population structure and spatial patterns of dominant populations in *Illicium lanceolatum*-*Choerospondias axiliaris* community in Tiantong, Zhejiang Province

CAO Yong-hui, XIAO Jiang-hua, LI Ying-chun, CHEN Shuang-lin, WU Ming

(The Research Institute of Subtropical Forestry, The Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: The population structure and spatial distribution patterns of 5 dominant populations in the *Illicium lanceolatum*-*Choerospondias axiliaris* community of Tiantong (29°48'N, 121°47'E) were investigated by using every-tree measuring method, time specific method for life-table analysis and contiguous grid method. Spatial distribution and spatial association of individuals in different layers of 5 dominant populations were analyzed. The total relative basic area(RBA) of the 5 species was 74.85%. The size distribution index (SDI) of *I. lanceolatum*, *Machilus thunbergii* and *M. leptophylla* was negative and relatively low, except for *C. axiliaris* and *Acer olivaceum* which had a positive value. The species occupied different vertical spaces. The spatial distribution varied among intra- and inter-specific cohorts in the different layers and size classes and showed complex multilevel distribution patterns. The *I. lanceolatum* and *M. leptophylla* had an aggregated distribution, *C. axiliaris* and *A. olivaceum* had an uniform distribution and *M. thunbergii* had a random distribution. There were differences in spatial associations among intra- and inter-specific cohorts in the different layers and spatial scales examined. The first layer and the second layer of *I. lanceolatum* weren't repellent at different scales, which showed that it was strongly tolerable to the shade. The spatial associations indicated that *I. lanceolatum* and *M. thunbergii* were significantly positively associated. The negative association among cohorts increased and the positive association was decreased as the scales increased. By occupying different horizontal and vertical spaces and having different life history strategies, the dominant species of the com-

收稿日期: 2008-05-27; 修回日期: 2008-09-16

基金项目: 浙江省杭州市科技计划项目(20080632B44); 浙江省科技横向合作项目(2005–2010)

作者简介: 曹永慧, 助理研究员, 博士研究生, 从事森林生态系统管理研究。E-mail: fjcyh77@sina.com。通信作者: 萧江华, 研究员, 博士生导师, 从事竹林培育和竹林生态研究。E-mail: jhxbamboo@126.com

munity could co-exist, resulting in rich biodiversity in the studied community. [Ch, 5 tab. 23 ref.]

Key words: forest ecology; *Illicium lanceolatum*; *Choerospondias axiliaris*; population structure; spatial pattern; Tiantong of Zhejiang Province

种群结构客观地体现群落的发展趋势,因此,研究种群结构对阐明种群生态特性、更新对策乃至群落的形成、稳定性与演替规律等都具有重要意义^[1-7]。披针叶茴香 *Illicium lanceolatum* 系八角科*Illiciaceae* 八角属重要药用植物之一,中国特有种,也是传统药用植物,根、根皮有活血止痛、祛风除湿之效^[8]。由于它对某些疾病诸如关节疼痛等的良好医疗功效,近年来引起国内外重视。目前,披针叶茴香野生种群规模较小,多零星分布,挖根式利用方式致使现有野生资源日益稀少。在尚未实现大面积人工栽培情况下,摸清现存披针叶茴香野生种群分布格局及更新状态,对于未来人工大面积栽培生境选择及高效药用林栽培模式配置具有重要理论意义。浙江天童保存着我国东部地区典型的常绿阔叶林,此外还有南酸枣 *Choerospondias axiliaris*, 华东楠 *Machilus leptophylla*, 披针叶茴香等构成的山谷常绿落叶阔叶混交林^[9]。在过去的 20 a, 针对天童常绿阔叶林,从植物区系和群落分类与结构、植被次生演替过程的变化规律、优势种的生理生态与生殖、种间关系、退化群落凋落物和土壤碳库等方面进行了大量的研究^[9-15],但是对于常绿落叶混交林研究较少,尤其对于以披针叶茴香为优势种的群落研究甚少,对其群落内部物种空间上的分化及关联更是尚未涉及^[9]。笔者以披针叶茴香-南酸枣群落为对象,研究其优势种群的结构及空间分布格局动态,以期为深入理解披针叶茴香-南酸枣群落内种间关系特征及其作用机制和过程奠定基础。

1 研究区概况

研究区域为浙江宁波鄞州天童山区(29°48'N, 121°47'E),平均海拔为 300 m 左右。该区属于典型亚热带气候,年平均气温为 16.2 ℃,最热月(7 月)平均气温 28.1 ℃,极端最高气温 38.7 ℃。全年平均降水量为 1 551.0 mm,年蒸发量 1 320.1 mm。土壤为黄红壤,厚薄不一,一般为 1 m 左右^[9]。

该区地带性植被为常绿阔叶林,建群种或优势种主要有丝栗栲 *Castanopsis fargesii*、木荷 *Schima superba* 等。群落高度为 15 ~ 20 m,分层明显,可分为乔木层、灌木层、草本层和藤本植物。披针叶茴香-南酸枣群落主要分布在海拔 270 ~ 330 m 的山沟中,生境较湿润,土壤为山地黄棕壤。

2 研究方法

2.1 样地调查

在全面踏查的基础上,于天童酸枣坑选择具有代表性地段,采用相邻格子法进行披针叶茴香-南酸枣群落调查。取样数依据统计学要求,根据天童保护区前有统计调查分析资料^[9]以及披针叶茴香在该区域自然分布野生种群的规模较小、群落片段面积比较狭小的实际分布状况,在群落中设 32 个样方(样方面积 10 m × 10 m),统计小样方面积为 5 m × 10 m,共计 64 个小样方,样地表现面积共为 3 200 m²。现有调查面积已基本涵盖了披针叶茴香自然分布区域。记录每样地海拔高度、坡向、坡度、坡位等,并逐个小样方进行每木调查,记录胸径>1.5 cm 的所有乔木和灌木的种类、树高、胸径和株数以及所有草本种名,并选取 2.5 m × 2.5 m 的小样方调查灌木地径、株数和盖度,选取 2 m × 2 m 小样方调查所有草本多度、盖度。样地海拔为 250 ~ 300 m,坡度 20°,坡向东偏北 30°。

2.2 数据处理

2.2.1 优势种确定 考虑到本文拟重点研究披针叶茴香,且群落披针叶茴香种群个体数量虽多,但平均胸径较小,笔者将使用重要值大小排序来确定群落的优势种。

2.2.2 多样性指数 多样性指数采用 Shannon-Wiener 指数^[16]。

2.2.3 种群结构 通常以时空互代法来研究种群的年龄结构,即用立木级结构代替年龄结构分析种群动态。种群个体大小结构按曲仲湘^[17]标准划分。

此外,以大小级指数(size distribution index, I_{SD})计算偏离种群胸径分布范围中点值的系数(coef-

ficient of skewness), 并以此来估计种群更新的连续性^[4]也较为常用。计算公式为:

$$I_{SD} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - 0.5)^3, \quad x_i = d_i / D.$$

其中: N 为样方内某一种群的总个体数, x_i 为第 i 个个体胸径的标准化变化范围($0 \sim 1$), 即第 i 个个体胸径与样方内该种群最大个体的胸径(D)的比值。种群结构为 L 型或逆-J 型的种群小径级个体数量最多, 其 I_{SD} 为负值, 相对比较小, 而种群结构为单峰型的种群缺乏小径级个体, 其 I_{SD} 为正值, 并相对比较大。

2.2.4 种群空间分布格局 采用扩散系数 I_D , 聚集指数 I_C , 扩散指数 I_a , 平均拥挤度 M^* 等进行测定^[18]。在此基础上, 笔者还采用 m^*-m 法^[19-21]加以探讨。

3 结果与分析

3.1 群落物种组成及结构特征

群落中共出现 69 个植物种, 总基部面积为 $71.31 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$, 多样性指数为 4.479。群落为多种共优势类型, 以披针叶茴香、南酸枣、华东楠、红楠 *Machilus thunbergii* 以及橄榄槭 *Acer olivaceum* 为优势种, 除南酸枣、橄榄槭为落叶乔木, 均为常绿阔叶乔木, 累积相对优势度达到了 74.85% (表 1)。在这些树种中, 披针叶茴香个体数最多, 达 563 株(样地内), 其次为华东楠, 为 171 株, 而南酸枣为阳性先锋树种, 在群落中仅残留为少量的大径级个体(13 株), 在群落中具有最大胸径和平均胸径, 分别为 83.1 cm 和 (45.0 ± 11.9) cm。披针叶茴香最大胸径和平均胸径分别为 11.0 cm 和 (1.7 ± 0.1) cm。大小级指数南酸枣和橄榄槭均为最大为 0.020, 其余种均为负值, 披针叶茴香为 -0.052。

表 1 披针叶茴香-南酸枣群落优势种的种群参数

Table 1 Population parameters of dominant species in the *Illicium lanceolatum*-*Choerospondias axillaris* community

植物名称	样方个体数	大小级指数	最大胸径/cm	平均胸径/cm	相对优势度/%	重要值/%
南酸枣	13	0.020	83.1	45.0 ± 11.9	46.99	19.25
披针叶茴香	563	-0.052	11.0	1.7 ± 0.1	2.74	13.65
华东楠	171	-0.090	39.8	3.9 ± 0.9	13.82	10.09
红楠	87	-0.062	17.5	2.2 ± 0.6	1.22	6.02
橄榄槭	4	0.020	36.2	15.9 ± 8.9	10.08	4.79

由表 2 知, 南酸枣种群仅存在 IV 级和 V 级个体, 严重缺乏小径级幼苗、幼树, 属于倒金字塔型结构, 为衰退型种群, 其中 V 级大树个体最多, 占 84.6%, 林下未见有更新幼苗。披针叶茴香和红楠只有 4 个龄级, 两者均未出现 V 级大树, 种群大小结构属于金字塔型结构, 为增长型种群, 表现出丰富的幼苗储备(包括 I 级和 II 级幼苗), 其中披针叶茴香幼苗数为 $2816 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占其种群个体总数的

表 2 披针叶茴香-南酸枣群落优势种群静态生命表

Table 2 The static life table of dominant populations in the *Illicium lanceolatum*-*Choerospondias axillaris* community

立木级	南酸枣		披针叶茴香		华东楠		红楠		橄榄槭	
	个体数	比例/%	个体数	比例/%	个体数	比例/%	个体数	比例/%	个体数	比例/%
I	0	0	31	5.45	41	23.88	8	9.20	2	40
II	0	0	420	74.55	84	49.25	66	75.86	1	20
III	0	0	105	18.64	26	14.93	11	12.64	0	0
IV	2	15.4	7	1.36	10	5.97	2	2.30	0	0
V	11	84.6	0	0	10	5.97	0	0	2	40
合计	13	100	563	100	171	100	87	100	5	100

80%; 红楠幼苗数为 464 株·hm⁻², 占其种群个体总数的 85.06%。橄榄槭种群缺乏Ⅲ级Ⅳ级个体, 年龄结构不完整, 为不规则的倒金字塔型、衰退型种群。华东楠 5 个龄级都有分布, 年龄结构完整, 属于稳定型种群。这与用大小级指数指征的研究结果一致。

群落林木层可以分为 4 层, 由上至下分别为第一乔木层(第Ⅳ层)、第二乔木层(第Ⅲ层)、第一灌木层(第Ⅱ层)和第二灌木层(第Ⅰ层)。第Ⅰ层为 3 m 以下, 主要由连蕊茶 *Camellia fraterna*, 浙江新木姜子 *Neolitsea aurata*, 黄丹木姜子 *Lindera elongate*, 山矾 *Symplocos sumuntia* 等灌木以及群落优势种披针叶茴香、华东楠、红楠等的幼树构成。第Ⅱ层为 8 m 以下, 个体高度级的顶点在 4~6 m, 主要由披针叶茴香、华东楠、红楠、盐肤木 *Rhus chinensis* 等中径级个体及幼树构成。第Ⅲ层为 8~18 m, 个体高度级的顶点在 14~16 m, 主要由南酸枣、华东楠、橄榄槭和木荷等构成。第Ⅳ层为 18~26 m, 个体高度级的顶点为 20~22 m, 主要由南酸枣、华东楠、红楠、栲树 *Castanopsis fargesii*、枫香 *Liquidambar formosana* 和木荷等构成。

各个优势种在空间层次上表现出不同的数量分布特征。调查样地内, 南酸枣个体数从第Ⅳ层向第Ⅲ层递减; 披针叶茴香第Ⅰ层个体数最多, 第Ⅱ层个体相对较少, 没有个体进入第Ⅲ层; 华东楠个体数从第Ⅰ层向第Ⅲ层递减, 第Ⅲ层只有 1 个个体进入, 后又向第Ⅳ层增加为 7 个个体; 红楠个体数从第Ⅰ层向第Ⅳ层递减, 且第Ⅲ层没有个体进入, 只有 1 个个体进入第Ⅳ层; 橄榄槭仅第Ⅰ、Ⅲ层有个体分布(表 3)。

表 3 披针叶茴香-南酸枣群落优势种群各层次分布格局动态

Table 3 The patterns of spatial distribution for dominant populations in different layers in the community

植物名称	层次	个体数	扩散系数	聚块性指 数(m*/m)	Cassie 指标	t	Poisson 分 布的 χ^2 检验	负二项分布 的 χ^2 检验	分布格局	基本成分	聚块大 小/m ²
	合计	13	0.857	0.171	-0.829	-0.233	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
南酸枣	Ⅲ	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ	11	0.929	0.310	-0.690	-0.115	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
披针叶 茴香	合计	563	6.443	1.634	0.634	8.853	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	100
	I	456	6.580	1.785	0.785	9.076	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	100
	II	107	2.487	2.003	1.003	2.419	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	50
华东楠	合计	171	7.591	3.730	2.730	10.721	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	100
	I	142	9.139	5.141	4.141	13.239	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	50
	II	13	1.271	2.574	1.574	0.441	$P>0.05$	$P<0.05$	随机	个体群	325
	III	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
红楠	IV	14	1.969	5.016	4.016	1.576	$P>0.05$	$P<0.05$	随机	排拆	—
	合计	87	0.987	0.989	-0.011	-0.021	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	个体群	25
	I	61	1.042	1.050	0.050	0.068	$P>0.05$	$P<0.05$	随机	单株个体	—
	II	24	1.268	1.971	0.971	0.436	$P>0.05$	$P<0.05$	随机	排拆	—
橄榄槭	IV	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	合计	5	0.857	0.171	-0.829	-0.233	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	排拆	—
	I	3	0.929	0.310	-0.690	-0.115	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	排拆	—
	III	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

说明: 群落共分为 4 层, 由上而下分别为第一乔木层(第Ⅳ层 18 m≤H<26 m)、第二乔木层(第Ⅲ层 8 m≤H<18 m)、第一灌木层(第Ⅱ层 3 m≤H<8 m)、第二灌木层(第Ⅰ层 H<3 m)。

3.2 种群空间分布格局

3.2.1 优势种群不同层次的分布格局动态 从表4看出,群落乔木层中不同优势种群的总体分布格局不同。披针叶茴香种群扩散系数(I_b)为2.657,经t检验, $t=2.695 \geq t_{0.05}(31)$,随机偏离显著,为聚集分布。 χ^2 拟合检验符合负二项分布。华东楠、红楠种群 I_D 分别为1.714和1.175,均大于1,但经t检验随机偏离不显著;进一步 χ^2 拟合检验,呈随机分布。南酸枣、橄榄槭 I_D 分别为0.857,0.964,t检验偏离不显著,两种群聚集指数 $I_c < 0$, $C_A < 0$,聚块性指数 $M^*/X < 1$;以上各项指数表明,2个种群呈均匀分布。

表4 披针叶茴香-南酸枣群落优势种群乔木层分布格局测定结果

Table 4 The analysis results of spatial distribution of dominant populations in the community

植物名称	扩散系数	聚集指数	扩散指数	平均拥挤度 m^*/m	聚块性指数 (m^*/m)	Cassie指标	t	Poisson分布的 χ^2 检验	负二项分布的 χ^2 检验	格局类型
南酸枣	0.857	-0.143	0	0.030	0.171	-0.829	-0.233	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀
披针叶茴香	2.657	1.657	2.855	2.553	2.848	1.848	2.695	$P<0.05$	$P>0.05$	集群
华东楠	1.714	0.714	3.222	1.059	3.071	2.071	1.161	$P>0.05$	$P<0.05$	随机
红楠	1.175	0.175	1.611	0.485	1.563	0.563	0.285	$P>0.05$	$P<0.05$	随机
橄榄槭	0.964	-0.036	0	0.033	0.482	-0.518	-0.059	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀

不同种以及同种不同层次之间表现出复杂多样的分布格局(表3)。以总个体数考虑,南酸枣、红楠和橄榄槭为均匀分布,但是南酸枣的基本成分是单个个体,红楠的基本成分是个体群,而橄榄槭个体间存在竞争。披针叶茴香、华东楠为聚集分布,二者的基本成分都是个体群。分布格局在同种不同层次之间也有很大的差别。披针叶茴香各层次、华东楠和橄榄槭第I层以及南酸枣第IV层均表现出与其总个体相同的分布格局;红楠第I层为随机分布,且基本成分为单个个体。华东楠种群从第I层向第II层或第IV层,由集群分布逐渐转变为随机分布,基本成分则由个体群变为个体间排斥。红楠第II层虽为随机分布,但基本成分由第I层的单个个体变为个体间相互排斥。分布格局呈现出这些差异,既是外界生态环境因子长期综合作用的结果,也与种群本身的生物学特性有关。

3.2.2 优势种群不同年龄级的分布格局动态 种群空间分布常因种类和发育阶段的差异而不同^[2]。不同年龄级分布格局表明(表5),披针叶茴香除缺乏V级成年大树外,各龄级均有分布,分布格局从幼龄个体到成年个体,呈现出明显的规律性变化,即I级、II级和III级个体都为聚集分布,其中I级分布基本成分为单个个体,II级和III级基本成分为个体群,而IV级个体已呈现出均匀分布的格局,且基本成分为单个个体。

南酸枣缺乏I级、II级和III级幼龄个体,且IV级成年个体也仅为1株,主要为V级大树,在群落中以均匀分布的方式存在,其基本成分为单个个体。华东楠5个龄级齐全,分布格局也表现出与披针叶茴香种群类似的变化规律,即I级、II级和III级个体都为聚集分布,基本成分为个体群,而IV级和V级个体已呈现出均匀分布的格局,且基本成分也转变为单个个体。红楠有4个龄级,分布格局从幼龄个体到成年个体表现出明显差异,即I级个体为聚集分布,基本成分为单个个体;II级个体为随机分布,基本成分转变为个体群;III级个体则变为单个个体的均匀分布格局。由于II级个体所占比例最大,导致红楠种群总体为个体群的随机分布格局。橄榄槭各龄级数量较少,因此分布格局较难以确定,其整体为单个个体构成的均匀分布格局。

4 结论

4.1 种群结构

笔者应用大小级指数和立木级结构^[17]共同来研究种群的年龄结构,得出一致结论:除南酸枣、橄榄槭外,披针叶茴香、红楠和华东楠大小级指数为较小负值,在不同龄级上是连续的,表明它们更新是连续的,也进一步证明大小级指数可以更好地用来分析种群更新。研究中发现,披针叶茴香个体集

表 5 披针叶茴香-南酸枣群落优势种群不同年龄级的分布格局动态

Table 5 The patterns of spatial distribution of dominant populations in different size classes in the community

植物名称	大小级	个体数	扩散系数	聚块性指数(m^*m)	Cassie 指标	t	Poisson 分布 χ^2 检验	负二项 χ^2 检验	分布格局	基本成分	聚块大小/ m^2
	合计	13	0.857	0.171	-0.829	-0.233	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
南酸枣	IV	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	V	11	0.893	0.223	-0.777	-0.174	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
	合计	563	6.443	1.634	0.634	8.853	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	100
披针叶茴香	I	31	2.333	4.222	3.222	2.168	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	单株个体	225
	II	420	6.602	1.855	0.855	9.112	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	100
	III	105	2.571	2.036	1.036	2.555	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	75
	IV	7	0.929	0.310	-0.690	-0.115	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
	合计	171	7.591	3.730	2.730	10.721	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	100
华东楠	I	41	12.246	21.383	20.383	18.292	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	125
	II	84	6.656	5.433	4.433	9.200	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	125
华东楠	III	26	3.246	8.237	7.237	3.653	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	个体群	325
	IV	10	0.893	0.223	-0.777	-0.174	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
	V	10	1.411	3.978	2.978	0.669	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
	合计	87	0.987	0.989	-0.011	-0.021	$P>0.05$	$P<0.05$	随机	个体群	150
红楠	I	8	1.619	6.984	5.984	2.207	$P<0.05$	$P>0.05$	集群	单株个体	625
	II	66	1.303	1.351	0.351	0.493	$P>0.05$	$P<0.05$	随机	个体群	200
	III	11	0.893	0.223	-0.777	-0.174	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
	IV	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	合计	5	0.857	0.171	-0.829	-0.233	$P>0.05$	$P<0.05$	均匀	单株个体	—
橄榄槭	I	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	IV	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

中于第 I 层和第 II 层, 幼苗、幼树具很强的耐荫性, 由于其根萌蘖特性也很强, 使得它们的种群得以维系, 将会在群落中长期存在, 并能长期维持在群落中的优势地位。这也表明披针叶茴香种群适应于位于林冠层以下的阴湿环境生存。红楠个体集中于第 I 层, 该种幼树具有一定耐荫性, 其中径级个体耐荫性较弱, 但是由于该种果实为浆果状核果, 种子产量高, 可移动性强, 萌发率高, 可能长期存在于第 I 层中, 表现为灌木种的特征, 与披针叶茴香种群共存^[1,2,9]。而南酸枣则在第 I 层和第 II 层缺损, 这与其为阳性先锋树种有关, 但其始终位于林冠顶层、落叶乔木的生物学特性为披针叶茴香更新提供了必要的光照、耐荫生存环境。

4.2 种群空间分布格局

不同种以及同种不同层次、不同年龄级之间表现出复杂多样的分布格局。在样地调查中发现, 南酸枣仅为残留的少量大树, 林下无更新幼苗, 由于其为阳性先锋树种, 因此, 虽有种子, 但它们林下萌发较难。披针叶茴香为耐荫树种, 尽管种子的萌发率不高, 但萌发的幼苗大多集中在母树周围, 再加上母树的周围也常常以根萌蘖方式形成新的更新幼苗, 因此, 通常形成集群分布的格局, 基本成分都是个体群。华东楠种群的结实树龄较小, 并且结实率较高, 果实成熟后常常落在母株周围, 所以总

个体数和第Ⅰ层的分布格局为聚集分布；而随着个体增长和分布层次的递增，其个体间竞争加强，导致分布呈现出随机分布。

不同发育阶段影响空间格局^[1-2]。披针叶茴香除缺乏V级成年大树外，各龄级均有分布，分布格局从幼龄个体到成年个体。这是因为披针叶茴香幼龄个体有2个来源：种子繁殖和萌蘖繁殖。披针叶茴香种子大都落在母树周围，加之较耐荫，群落的郁闭度较高，林下种子萌发率高，幼苗围绕母树周围聚集生长。此外，披针叶茴香有较强的根萌蘖特性，它的幼苗也多集中在母株周围。随着幼龄个体生长，它们对环境资源的需求加大，种内竞争加强造成密度下降，种群分布格局也发生变化，由集群分布变为均匀分布。种群在幼年阶段集群密度高有利于个体的存活和发挥群体效应，而成年个体由于形体增大，集群密度降低更有利于少数个体获得充分环境资源^[2]，披针叶茴香种群符合这种更新发展模式，也为人工栽培密度配置提供依据。

调查同时发现，个别高大个体分布于小林窗内，而郁闭度较高的空间，多集群分布幼小个体，所以披针叶茴香的集群分布可以看作是它的一种生态适应。这与它自身生物学特性及随着生长对阳光等环境资源的需求有密切关系，这为今后人工栽培生产实践提供理论依据。研究认为，披针叶茴香较耐荫，因此，今后人工栽培生境选择应重点考虑位于林冠层下；此外，受天然伴生种南酸枣、橄榄槭等为阳性落叶乔木树种的启发，披针叶茴香虽较耐荫，幼苗和幼树期必需阴湿环境，为促进更好生长、性状稳定和提高药效成分含量，后期生长仍需要一定的光照，该种群人工经营较适合林下立体式复合套种或高密度荫棚精细管理。

考虑到篇幅限制，作者将在另文中利用Iwao的 ω 指数测定揭示群落物种与层次之间的分布关联格局，以揭示独立种群或物种之间的空间关联程度。更多的研究有待进一步补充和另文撰写。

参考文献：

- [1] 达良俊，杨永川，宋永昌. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成种的种群结构及更新类型[J]. 植物生态学报, 2004, **28** (2): 376 – 384.
DA Liangjun, YANG Yongchuan, SONG Yongchang. Population structure and regeneration types of dominant species in an evergreen broadleaved forest in tiantong national forest park, Zhejiang Province, eastern china [J]. *Acta Phytocol Sin*, 2004, **28** (2): 376 – 384.
- [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格局[J]. 生态学报, 2006, **26** (9): 2927 – 2938.
YANG Yongchuan, DA Liangjun, CHEN Bo. Population structure and spatial patterns for the main tree species in *Castanopsis carlesii-Schima superba* community in Tiantong, Zhejiang Province, China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2006, **26** (9): 2927 – 2938.
- [3] NANAMI S, KAWAGUCHI H, TATENO R, et al. Sprouting traits and population structure of co-occurring *Castanopsis* species in an evergreen broad-leaved forest in southern China[J]. *Ecol Res*, 2004, **19**: 341 – 348.
- [4] ARéVALO J R, FERNÁNDEZ-PALACIOS J M. Spatial patterns of trees and juveniles in a laurel forest of Tenerife, Canary Islands[J]. *Plant Ecol*, 2003, **165**: 1 – 10.
- [5] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京：高等教育出版社，1987: 49 – 55.
- [6] 赵则海，祖元刚，杨逢建，等. 东灵山辽东栎林木本植物种间联结取样技术的研究[J]. 植物生态学报, 2003, **27**: (3): 396 – 403.
ZHAO Zehai, ZU Yuangang, YANG Fenjian, et al. Study on the sampling technique of interspecific association of ligneous plant in *Quercus liaotungensis* forest in dongling mountain[J]. *Acta Phytocol Sin*, 2003, **27** (3): 396 – 403.
- [7] MANABE T, NISHIMURA N, MIURA M, et al. Population structure and spatial patterns for trees in a temperate old-growth evergreen broad-leaved forest in Japan[J]. *Plant Ecol*, 2000, **151**: 181 – 197.
- [8] 林祁. 八角属药用植物资源[J]. 中草药, 2002, **33** (7): 654 – 657.
LIN Qi. Medicinal plant resources of *Illicium* L. [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2002, **33** (7): 654 – 657.
- [9] 宋永昌，王祥荣. 浙江天童国家森林公园的植被和区系[M]. 上海：上海科学技术文献出版社，1995.
- [10] 杨同辉，达良俊，宋永昌，等. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林生物量研究(I)群落结构及主要组成树种生物量特征[J]. 浙江林学院学报, 2005, **22** (4): 363 – 369.

- YANG Tonghui, DA Liangjun, SONG Yongchang, *et al.* Biomass of evergreen broad-leaved forest in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province (I)community structure and fresh weight biomass of main tree species [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2005, **22** (4): 363 – 369.
- [11] 杨同辉, 达良俊, 李修鹏. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林生物量研究(Ⅱ)群落生物量及其分配规律[J]. 浙江林学院学报, 2007, **24** (4): 389 – 395.
- YANG Tonghui, DA Liangjun, LI Xiupeng. Biomass of evergreen broad-leaved forest in Tiantong national forest park, Zhejiang Province (II)aboveground biomass and its allocation pattern[J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, **24** (4): 389 – 395.
- [12] 阎恩荣, 王希华, 周武. 天童常绿阔叶林不同退化群落的凋落物特征及与土壤养分动态的关系[J]. 植物生态学报, 2008, **32** (1): 1 – 12.
- YAN Enrong, WANG Xihua, ZHOU Wu. Characteristics of litterfall in relation to soil nutrients in mature and degraded evergreen broad-leaved forests of tiantong, east China[J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2008, **32** (1): 1 – 12.
- [13] 丁圣彦, 卢训令. 不同干扰背景下栲树幼苗幼树的生理生态特性比较——以浙江天童常绿阔叶林为例 [J]. 生态学报, 2007, **27** (9): 3892 – 3900.
- DING Shengyan, LU Xunling. Comparing ecophysiological characteristics of *Castanopsis fargesii* seedlings and saplings under different disturbance regimes: A case study of the Tiantong evergreen broad-leaved forest, Zhejiang Province of China. [J]. *Acta Ecol Sin*, 2007, **27** (9): 3892 – 3900.
- [14] 阎恩荣, 王希华, 陈小勇. 浙江天童地区常绿阔叶林退化对土壤养分库和碳库的影响[J]. 生态学报, 2007, **27** (4): 1646 – 1655.
- YAN Enrong, WANG Xihua, CHEN Xiaoyong. Impacts of evergreen broad-leaved forest, degradation on soil nutrients and carbon pools in Tiantong, Zhejiang Province[J]. *Acta Ecol Sin*, 2007, **27** (4): 1646 – 1655.
- [15] 戴慧, 王希华, 阎恩荣. 浙江天童土地利用方式对土壤有机碳矿化的影响[J]. 生态学杂志, 2007, **26** (7): 1021 – 1026.
- DAI Hui, WANG Xihua, YAN Enrong. Effects of land use type on soil organic carbon mineralization in Tiantong, Zhejiang Province[J]. *Chin J Ecol*, 2007, **26** (7): 1021 – 1026.
- [16] OHSAWA M, WILDPRET W, ACRO M D. *A Comparative Study on Evergreen Broad-leaved Forests and Trees of the Canary Islands and Japan*[M]. Chiba: Laboratory of Ecology, Chiba University, 1999: 67 – 87.
- [17] 曲仲湘. 植物生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1982: 102 – 118.
- [18] 张峰, 上官铁梁. 山西翅果油树群落优势种群分布格局研究[J]. 植物生态学报, 2000, **24** (5): 590 – 594.
- ZHANG Feng, SHANGGUAN Tieliang. Population patterns of dominant species in elaeagnus mollis communities, Shanxi [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2000, **24** (5): 590 – 594.
- [19] ITOW S. Application of the m^*-m method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size[J]. *Res Popul Ecol*, 1972, **14**: 97 – 128.
- [20] 丁钦岩. 关于个体群大小的定义及其模型特征分析[J]. 昆虫知识, 1993, **30** (5): 304 – 306.
- DING Qinyan. The definition of the size of colony and the analysis on its model character [J]. *Entomol Knowl*, 1993, **30** (5): 304 – 306.
- [21] 丁钦岩. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [22] ITOW S. Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding[J]. *Res Popul Ecol*, 1977, **18**: 243 – 260.
- [23] SAKIO H. Effects of natural disturbance on the regeneration of riparian forests in a Chichibu Mountains Central Japan [J]. *Plant Ecol*, 1997, **132**: 181 – 195.