

# 安徽琅琊山青檀种群结构与空间分布格局研究

张兴旺<sup>1</sup>, 张小平<sup>2</sup>, 郝朝运<sup>2</sup>, 郭传友<sup>1</sup>

(1. 淮北师范大学 生命科学学院 资源植物生物学安徽省重点实验室, 安徽 淮北 235000; 2. 安徽师范大学 安徽省重要生物资源保护与利用研究重点实验室, 安徽 芜湖 24100)

**摘要:** 通过设置 500 m<sup>2</sup> 样方 8 个, 应用“相邻格子法”获取野外资料, 采用空间序列代替时间的方法与 6 种聚集度指标, 对安徽琅琊山青檀的种群结构与空间分布格局进行了研究。结果表明: (1) 各样地的青檀种群结构大致可分为增长型、稳定型和衰退型 3 种类型; (2) 不同样地青檀种群分布格局主要为集群分布; (3) 不同发育阶段种群分布格局有所差异, 总体上有集群分布向随机分布、聚集度高向聚集度低的变化趋势; (4) 不同区组大小的青檀种群分布格局不同, 但在不同样地之间差异不明显, 种群的格局规模大体为 16 m<sup>2</sup> 和 32 m<sup>2</sup>。青檀种群结构和格局动态与群落区域的小生境, 青檀本身生物学、生态学特性以及人为干扰有密切关系。

**关键词:** 青檀; 种群结构; 分布格局

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2011)06-0782-07

## Population structure and spatial distribution pattern of *Pteroceltis tatarinowii* in Langyashan Mountain of Anhui Province

ZHANG Xing-Wang<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-Ping<sup>2</sup>,  
HAO Chao-Yun<sup>2</sup>, GUO Chuan-You<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Resources and Plant Biology of Anhui, School of Life Sciences, Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China; 2. Key Laboratory of Conservation and Employment of Biological Resources of Anhui, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** Population structure and spatial distribution pattern of *Pteroceltis tatarinowii* in Langyashan Mountain of Anhui Province were studied in this paper. 8 plots of 500 m<sup>2</sup> were respectively established. Sample data obtained in contiguous grid quadrat, substituted spatial series for time series and six aggregate indexes were used in this study. The results showed: (1) Population structure of *P. tatarinowii* in 8 plots presented growing, stable or senescent type; (2) Population distributions were mostly clumped; (3) At different developmental stages, distribution pattern presented a trend from clump to random and aggregation intensity decreased somewhat; (4) Size of blocks affected the spatial distribution pattern and the pattern scales of 8 plots were about 16 m<sup>2</sup> and 32 m<sup>2</sup>. It proved that the spatial distribution pattern of *P. tatarinowii* populations were closely related to its biological and ecological characteristics, community composition, environmental factors and human disturbance.

**Key words:** *Pteroceltis tatarinowii*; population structure; distribution pattern

种群是构成群落的基本单位, 其结构不仅对群落结构有直接影响, 并能客观体现群落的发展、演变趋势(Wu 等, 2002)。种群空间分布格局是生物群落中各种内外因素相互作用的结果, 它是了解种群

收稿日期: 2010-11-27 修回日期: 2011-08-26

基金项目: 国家自然科学基金(30840020); 淮北师范大学青年科研项目(2011xqxm48); 资源植物生物学安徽省重点实验室资助项目(KLPRB200902) [Supported by the National Natural Science Foundation of China(30840020); Young Teachers Foundation of Huaibei Normal University(2011xqxm48); Key Laboratory of Resources and Plant Biology Foundation of Anhui Province(KLPRB200902)]

作者简介: 张兴旺(1979-), 男, 安徽寿县人, 讲师, 主要从事植物生理生态研究, (E-mail) Zhangxingwang79@126.com.

特征、种间关系以及种群与环境关系的重要手段,也是种群和群落结构动态与稳定性的标志(Greig-Smith, 1952; 张运春等, 2007)。研究种群分布格局的目的不仅是对种群的水平结构进行定量描述,更重要的是用以揭示格局的成因,阐述种群及群落的动态变化等,为种群保护措施的制定提供一定的科学依据(康华靖等, 2007)。

青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)又名翼朴、檀树,为榆科青檀属落叶乔木,是我国特有单种属植物,被列为国家三级保护植物(傅立国等, 1992),对研究榆科系统发育有很大的学术价值。青檀浑身是宝,其韧皮纤维(檀皮)是制造宣纸的主要原料;材质坚硬细密,是建筑和高档家具用材;叶片含有 17 种氨基酸和多种微量元素,可作为高级营养型饲料添加剂(丁佐龙等, 1997);目前,学界对青檀的研究主要集中在叶生理特性及形态解剖结构(王晓英等, 2009; 张川红等, 2008)、种子生理特性(泮香香等, 2002; 张兴旺等, 2007)、育苗技术(泮香香等, 2001)、幼苗水分生理(韦小丽等, 2007)、人工林栽培管理和檀皮质量与加工等方面(方升佐等, 2002, 2007),有关青檀种群结构和分布格局的研究未见报道。本研究在安徽琅琊山选择具有代表性的地段设置样方进行调查,对不同生境条件、不同年龄阶段下的青檀种群结构和空间分布格局进行分析,有助于了解种群分布的空间特征、数量动态以及发展趋势,为阐明青檀种群的繁殖扩散、种群更新和群落演替提供理论依据,对珍稀植物青檀种群的合理保护和利用具有重要的理论和现实意义。

## 1 研究地概况

研究地位于安徽省东部滁州市的琅琊山风景区( $32^{\circ}14' \sim 32^{\circ}20' \text{ N}$ ,  $118^{\circ}11' \sim 118^{\circ}20' \text{ E}$ )。本区地处北亚热带北缘,属于亚热带湿润季风气候,雨量充沛,四季分明,年平均气温  $15.2^{\circ}\text{C}$ , 1 月平均温度  $1.6 \sim 1.9^{\circ}\text{C}$ , 7 月平均气温  $28.2 \sim 28.5^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-10^{\circ}\text{C}$ , 极端最高气温  $41.2^{\circ}\text{C}$ ; 全年无霜期  $210 \sim 230 \text{ d}$ ; 年平均降水量为  $1100 \text{ mm}$ ; 平均日照为  $2079 \sim 2269 \text{ h}$ ; 土壤为典型的石灰岩山地黄棕壤及下蜀系土母质上的粘盘黄棕壤(安徽植被协作组, 1981)。由于作为国家重点风景名胜区以及全国 10 个重点森林公园之一,长期以来受到了较好的保护,植物资源较丰富,类型多样,与青檀伴生的乔木

层主要有朴树(*Celtis tetrandra*)、榉树(*Zelkova schneideriana*)、栎树(*Koelrcuteria paniculata*)、醉翁榆(*Ulmus gaussenii*)、琅琊榆(*U. chenmouii*)、黄檀(*Dalbergia hupeana*)、五角枫(*Acer mono*)等,伴生的灌木层有山胡椒(*Lindera glauca*)、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)、柘树(*Cudrania tricuspidata*)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)等,伴生的草本层植被有禾本科(*Poaceae*)、菊科(*Compositae*)、毛茛科(*Ranunculaceae*)、蔷薇科(*Rosaceae*)、百合科(*Liliaceae*)和蕨类(*Pteridophyta*)灌丛等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

在琅琊山天然次生林中,以青檀为建群种的群落主要分布在醉翁亭至南天门一线约  $3.5 \text{ km}$  的沟谷两侧,群落类型为落叶阔叶林。在全面踏查的基础上,采用典型样地调查的方法,沿山沟或山坡设置样地 8 个,每块样地面积为  $20 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ , 合计  $4000 \text{ m}^2$ 。记录各样地群落类型、海拔高度、坡向、坡度、群落透光度等生境指标。对样方内乔木、灌木进行每木调查,记录其胸径、树高、冠幅等指标,同时以每个样方的两边为坐标轴,测定每株青檀的相对坐标( $x, y$ )。每木调查时,如果一个树桩上有多个无性系分株,则记录径级最大的一株。在每一样地的 4 角与中央分别设置 1 个  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  的小样方,记录草本层和层间植物的名称、高度或盖度等指标。各样地的环境资料见表 1。

### 2.2 分析方法

2.2.1 种群大小级结构分析 以大小级代替年龄级的方法,分析琅琊山青檀种群结构与动态特征。对于种群大小级的划分标准,许多学者提出了不同的标准,本文参考刘智慧(1999)等研究方法,将青檀植株划分为 5 级: I 级幼苗( $BD < 2.5 \text{ cm}$ ,  $h < 0.33 \text{ m}$ ); II 级幼树( $DBH < 2.5 \text{ cm}$ ,  $h \geq 0.33 \text{ cm}$ ); III 级小树( $2.5 \text{ cm} \leq DBH < 7.5 \text{ cm}$ ); IV 级中树( $7.5 \leq DBH < 22.5 \text{ cm}$ ); V 级大树( $DBH \geq 22.5 \text{ cm}$ )。

2.2.2 种群分布格局分析 把各样地划分成  $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$  的小样方 20 个,应用相邻格子法记录样地内的数据资料,用以种群空间分布格局的拟合。格局类型采用方差/均值的  $t$  检验方法;在判定分布格局时,同时结合丛生指数、负二项式分布参数、Cassie 指数、平均拥挤度和聚块性指数分析聚集强度(张光

富等, 2005); 格局规模采用 Greig-Smith 和 Kershaw 的方法(郝朝运等, 2006), 分别在 1、2、4、8、16、32、64 m<sup>2</sup> 等尺度下对青檀种群的分布格局进行分析。在  $2r=2^{i+1}$  的单位组中,  $r=2^i$  的单位组之间的方差用以下公式计算:

$$(MS)_r = 2r(SS)_r/n$$

$$(SS)_r = 1/r \sum_{i=0}^{n/r} x_i^2(r) - 1/(2r) \sum_{i=0}^{n/2r} x_i^2(2r)$$

式中,  $(MS)_r$  为 Greig-Smith 法的格局强度,  $x_i(r)$  为在  $r$  个单位组中第  $i$  个组合的个体数,  $n$  为单

位格子的总数。Kershaw 法各区组的格局强度  $K_r$  通过下面公式计算:

$$K_r = \sqrt{2(MS)_r/(NS)_r}$$

式中,  $(NS)_r$  为  $r$  区组的单位组面积。

### 3 结果与分析

#### 3.1 种群大小级结构

由于在同一环境下同一树种的龄级与径级对环

表 1 不同调查样地青檀群落环境情况

Table 1 Enviromental conditions of *Pteroceltis tatarinowii* population in different plots

样地 Plot	面积 Area (m <sup>2</sup> )	海拔 (m) Elevation	坡度 Slop (°)	坡向 Aspect	群落透光率 TC (%)	青檀重要值 IV (%)	群落类型 Community types
Q1	500	210	30	W	30	44.08	青檀、黄檀林
Q2	500	230	35	W	35	8.38	青檀、五角枫、化香林
Q3	500	145	30	SE30°	40	10.35	青檀、五角枫林
Q4	500	160	10	SE20°	35	11.39	青檀、栎树林
Q5	500	140	40	SE20°	20	38.91	青檀、琅琊榆林
Q6	500	125	30	SE25°	15	59.38	青檀、五角枫、朴树林
Q7	500	120	15	SW10°	25	35.71	青檀、朴树林
Q8	500	100	15	SW15°	20	28.26	青檀、榉树、五角枫林

注: TC=群落透光率; IV=重要值。

Note: TC=Transparence of community; IV=Important value.

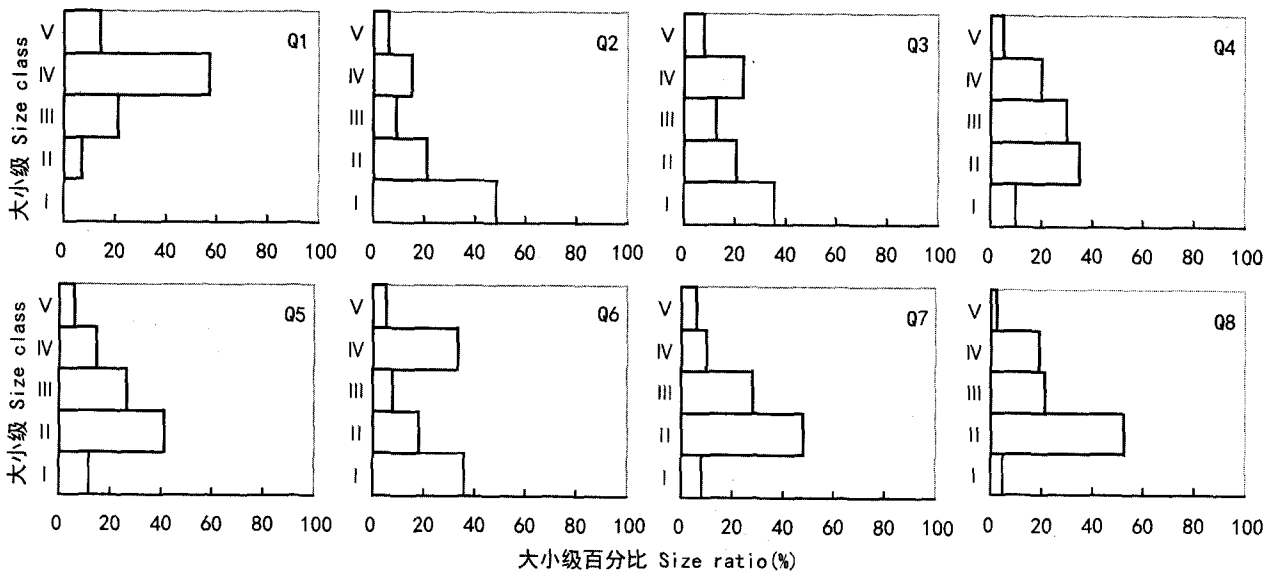


图 1 8 个样地的青檀种群大小级结构

Fig. 1 Size structure of *Pteroceltis tatarinowii* in eight plots

境的反应规律具有一致性, 所以用大小级代替年龄级对青檀种群年龄结构进行分析(张金屯等, 2004)。整理种群的野外取样数据, 以各大小级的个体数量百分比为横轴, 以大小级为纵轴绘制青檀种群大小级分布图。

由图 1 可知, 不同青檀种群的大小结构存在一定的差异, 通过对其分析可将其大致分为三种类型。(1)增长型: 包括 Q2、Q3 和 Q6 的种群, 其结构图大致呈金字塔类型。种群个体在各大大小级均有分布, 幼苗、幼树的储备量较丰富, 绝大多数个体没有进入

生理衰老期,种群表现出较强的更新能力,各阶段发育良好,呈增长趋势。(2)稳定型:包括 Q4、Q5、Q7 和 Q8 种群,其结构图呈中部膨大型,虽然幼苗数量较少,但幼树、小树和中树的数量较多,占种群个体总量的 80% 以上,在一定时期内,该种群仍具有一定的更新能力,处于稳定发展阶段。(3)衰退型:包括样地 Q1 种群,其结构图大致呈倒金字塔型,幼苗、幼树和小树的数量较少,大树、中树数量较多,种群几乎没有更新资源,呈现衰退趋势。该种群中幼苗甚至完全缺损,这主要与种群所处的生境以及群落的结构所决定,Q1 种群位于南天门附近,坡度大、海拔相对较高、岩石裸露率大,水肥条件差,群落中

中树较多,郁闭度较大,所以导致幼苗缺损。

### 3.2 种群分布格局

3.2.1 不同样地种群分布格局研究 不同样地青檀种群的测定结果见表 2, *t* 检验表明,除了 Q6 样地外,各个样地的青檀种群的方差/均值比均显著大于 1, Q1-Q8 种群的丛生指数与 Cassie 指数均大于零,聚集性指标和平均拥挤度指数均大于 1, 负二项指数都小于 8, 综合分析认为该区青檀种群的分布格局呈现集群分布,这与大多数落叶阔叶林中优势植种群的分布格局相同,各样地的聚集强度依次为 Q5 > Q7 > Q3 > Q1 > Q4 > Q2 > Q8 > Q6, 说明环境以及自身生物学特性等的综合作用对种群分布格局有

表 2 青檀种群空间分布格局

Table 2 The spatial distribution pattern of *Pteroceltis tatarinowii* population

样地 Plot	$S^2/\bar{x}$ Variance/mean	<i>t</i> 检验 <i>t</i> -test	分布型 Distribution Pattern	<i>I</i>	<i>K</i>	<i>C<sub>A</sub></i>	<i>m</i> *	<i>m</i> * / $\bar{x}$
Q1	2.351	4.163	Clump	1.351	1.037	0.964	2.751	1.965
Q2	1.804	2.478	Clump	0.804	2.053	0.487	2.453	1.487
Q3	2.563	4.817	Clump	1.563	1.248	0.801	3.510	1.800
Q4	1.965	2.974	Clump	0.965	1.865	0.536	2.765	1.536
Q5	2.793	5.525	Clump	1.793	0.948	1.055	3.493	2.054
Q6	1.263	0.811	Poisson	0.263	6.841	0.146	2.063	1.146
Q7	2.758	5.418	Clump	1.758	1.422	0.703	4.258	1.703
Q8	1.712	2.194	Clump	0.712	2.950	0.339	2.812	1.339

注:  $S^2/\bar{x}$ . 方差均值比率; *I*. 丛生指数; *K*. 负二项指数; *C<sub>A</sub>*. Cassie 指数; *m*\*. 平均拥挤指数; *m*\* /  $\bar{x}$ . 聚块指数。

Note:  $S^2/\bar{x}$ . Variance/mean; *I*. David & Moore's index; *K*. Negative binominal distribution index; *C<sub>A</sub>*. Cassie index; *m*\*. Degree of mean crowding; *m*\* /  $\bar{x}$ . patches index.

明显的影响。

3.2.2 不同发育阶段种群分布格局研究 为进一步分析青檀种群分布格局,本研究采用空间差异替代时间变化来研究青檀种群分布格局动态。从表 3 中可见,青檀种群从幼苗—幼树—小树—中树—大树的空间分布格局因生境不同而有所差异,各地段内不同发育阶段种群的分布格局大体上表现为由集群型分布向随机型分布的转变,聚集度由大减小,趋于减弱,其中幼苗、幼树多为集群分布,小树、中树以及大树多为随机型分布。青檀种群的分布格局随年龄变化说明,种群分布格局与其生物学特性和生境条件息息相关。青檀是一种喜阳喜钙植物,以种子进行繁殖,其果实类型为具翅坚果,每年的 9 月下旬至 10 月上旬借助风力散播,具有很大的随机性。经过一定休眠期的青檀种子只有在适宜的斑块中才能萌发,各样地的环境条件如坡度、坡向、海拔地势等存有差异,易形成幼苗分配不均,呈聚集生长。如 Q3 种群,该种群位于琅琊寺附近的山坡上,坡向朝南,

坡度较缓,群落透光率较高,海拔相对较低,水肥条件较好,所以幼苗聚集度较高。在幼苗或幼树的发育期间,如果不受干扰,环境变化不大,其集群分布的状态将继续维持,随着年龄的增长,种群对光照、养分、水分的需求增大,种内、种间竞争加剧,再加上人为的干扰等因素,导致自疏和他疏,使种群聚集强度下降,进入大树阶段不仅存有竞争,而且由于生理衰老,导致个体死亡,种群聚集度再次下降。由集群分布变化到随机分布,体现着种群发育生长过程的一种生存策略和适应机制。

3.2.3 不同区组尺度下种群分布格局分析 为揭示不同区组尺度下格局强度的变化情况,将样地划分为 1、2、4、8、16、32、64 m<sup>2</sup> 等 7 个区组,分别采用 Greig-Smith 和 Kershaw 方法对青檀种群空间分布格局进行分析(表 4)。Greig-Smith 法的分析结果显示,随着区组的增加, Q2、Q3、Q5、Q6、Q8 种群格局强度在 16 m<sup>2</sup> 处达到峰值,随后逐渐降低; Q1、Q7 种群在 32 m<sup>2</sup> 处达到峰值; Q4 种群格局强度在 16

表 3 青檀种群分布格局动态  
Table 3 Dynamics of spatial distribution patterns of *Pteroceltis tatarinowii*

样地 Plot	大小级 Size class	个体数 Number of trees	$S^2/\bar{x}$	$t$ 检验 $t$ -test	分布型 Distribution pattern	$I$	$K$	$C_A$	$m^*$	$m^*/\bar{x}$
Q1	I	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	2	2.000	6.165	Clump	1.000	0.100	10.000	1.100	11.000
	III	6	1.790	2.433	Clump	0.790	0.380	2.632	1.090	3.632
	IV	16	1.526	1.622	Poisson	0.526	1.520	0.658	1.326	1.658
	V	4	0.842	-0.487	Poisson	-0.158	-1.267	-0.790	0.042	0.211
Q2	I	16	3.237	6.894	Clump	2.237	0.358	2.796	3.037	3.796
	II	7	1.030	0.093	Poisson	0.030	11.667	0.086	0.380	1.086
	III	3	1.596	1.839	Poisson	0.596	0.251	3.976	0.746	4.976
	IV	5	0.987	-0.041	Poisson	-0.013	-19.055	-0.052	0.237	0.947
	V	2	0.947	-2.790	Poisson	-0.053	-1.898	-0.527	0.047	0.473
Q3	I	14	2.722	5.307	Clump	1.722	1.248	0.801	3.510	1.800
	II	8	0.895	-0.324	Poisson	-0.105	-3.800	-0.263	0.295	0.737
	III	5	0.789	-0.649	Poisson	-0.211	-1.187	-0.842	0.039	0.158
	IV	9	1.047	0.144	Poisson	0.047	9.620	0.104	0.497	1.104
	V	3	0.895	-0.324	Poisson	-0.105	-1.425	-0.702	0.045	0.302
Q4	I	4	1.895	2.758	Clump	0.895	0.224	4.474	1.095	5.474
	II	14	1.820	2.526	Clump	0.820	1.865	0.536	1.520	2.171
	III	12	0.947	-0.162	Poisson	-0.053	-11.400	-0.088	0.547	0.912
	IV	8	0.895	-0.324	Poisson	-0.105	-3.800	-0.263	0.295	0.737
	V	2	0.947	-0.162	Poisson	-0.053	-1.901	-0.526	0.047	0.474
Q5	I	4	1.895	2.758	Clump	0.895	0.224	4.474	1.095	5.474
	II	14	2.571	4.844	Clump	1.571	0.445	2.245	2.711	3.245
	III	9	1.047	0.144	Poisson	0.047	9.620	0.104	0.497	1.104
	IV	5	0.789	-0.649	Poisson	-0.211	-1.187	-0.842	0.039	0.158
	V	2	0.947	-0.162	Poisson	-0.053	-1.901	-0.526	0.047	0.474
Q6	I	14	1.970	2.990	Clump	0.970	0.722	1.386	1.670	2.386
	II	7	1.586	1.808	Poisson	0.586	0.605	1.654	0.936	2.676
	III	3	1.597	1.835	Poisson	0.597	0.252	3.976	0.747	4.976
	IV	13	1.178	0.549	Poisson	0.178	3.649	0.274	0.828	1.240
	V	2	0.947	-0.162	Poisson	-0.053	-1.901	-0.526	0.047	0.474
Q7	I	4	2.421	4.380	Clump	1.421	0.141	7.105	1.621	8.105
	II	24	3.035	6.276	Clump	2.035	0.590	1.696	3.235	2.696
	III	14	0.917	-0.255	Poisson	-0.083	-8.463	-0.118	0.617	0.882
	IV	5	0.789	-0.649	Poisson	-0.211	-1.187	-0.842	0.039	0.158
	V	3	0.895	-0.324	Poisson	-0.105	-1.425	-0.702	0.045	0.302
Q8	I	2	0.947	-2.790	Poisson	-0.053	-1.898	-0.527	0.047	0.473
	II	22	2.096	3.377	Clump	1.096	1.004	0.996	1.196	1.087
	III	9	1.047	0.145	Poisson	0.047	9.620	0.104	0.497	1.104
	IV	8	0.632	-1.136	Poisson	-0.369	-1.132	-0.884	0.032	0.079
	V	1	0.947	-0.162	Poisson	-0.053	-1.901	-0.526	0.047	0.474

注：“—”表示该大小级个体太少或缺失。Note: “—” means the plants are very few or absent.

$m^2$  处达到峰值后,随后降低,但在  $64 m^2$  又出现新的峰值;青檀种群的空间分布格局与其所处的群落类型有关。Kershaw 法的结果与 Greig-Smith 法的结果有所不同,Kershaw 法分析得出,随着区组的增加,不同种群在不同区组下格局强度的变化基本一致,都呈下降趋势,8 个样地的 Kershaw 值在  $64 m^2$  处降到最低。此外,Greig-Smith 和 Kershaw 的值

都比较小,这与样地中青檀的数量偏少有密切关系。

总体而言,多数青檀种群在  $16 m^2$  和  $32 m^2$  区组尺度上出现峰值,表明青檀的聚块规模大体介于两者之间。但是,在不同群落下青檀种群格局变化规律上,2 种方法所得到的结果明显不同,Greig-Smith 法显示,不同群落下青檀种群的格局强度的变化趋势存在明显差异,而 Kershaw 法得到不同种

群中格局变化规律基本一致的结果, 这种差异可能与 Kershaw 法的一些缺陷有关, 因此, 在比较不同

种群中青檀格局强度的变化规律时, 应主要参考 Greig-Smith 法的分析结果。

表 4 青檀种群空间分布格局规模分析结果

Table 4 Results of spatial distribution pattern scales of *Pteroceltis tatarinowii* population

样地 Plot	测定方法 Method	样地面积 Area of plot (m <sup>2</sup> )						
		1	2	4	8	16	32	64
Q1	Greig-Smith	0.288	0.316	0.364	0.332	0.520	0.604	0.436
	Kershaw	0.759	0.562	0.427	0.288	0.255	0.194	0.117
Q2	Greig-Smith	0.264	0.028	0.240	0.256	0.644	0.476	0.416
	Kershaw	0.727	0.167	0.346	0.253	0.284	0.172	0.114
Q3	Greig-Smith	0.392	0.440	0.492	0.624	1.196	0.616	0.220
	Kershaw	0.885	0.663	0.496	0.395	0.387	0.196	0.083
Q4	Greig-Smith	0.464	0.516	0.600	0.380	0.740	0.508	1.552
	Kershaw	0.963	0.718	0.548	0.308	0.304	0.178	0.220
Q5	Greig-Smith	0.366	0.432	0.364	0.516	1.124	1.104	0.644
	Kershaw	0.856	0.657	0.427	0.359	0.375	0.263	0.142
Q6	Greig-Smith	0.392	0.616	0.656	0.608	1.300	0.584	0.292
	Kershaw	0.885	0.785	0.573	0.390	0.403	0.191	0.096
Q7	Greig-Smith	0.448	0.472	0.388	0.824	1.064	1.812	0.272
	Kershaw	0.947	0.687	0.440	0.454	0.365	0.337	0.092
Q8	Greig-Smith	0.328	0.484	0.484	0.576	0.708	0.604	0.324
	Kershaw	0.810	0.696	0.492	0.379	0.297	0.194	0.101

## 4 讨论

种群的年龄结构在一定程度上反映了种群与环境之间的相互关系以及其在群落中的地位和作用, 因此, 研究种群的年龄结构对于深入分析种群动态和进行预测预报具有重要意义(孙儒泳等, 1993; Svensson 等, 2001)。本研究表明, 不同样地青檀种群大小结构存在增长型、稳定型和衰退型 3 种类型, 反映出生境差异对种群结构变化速率的显著影响, 从而形成不同的发育类型。总体而言, 几个样地的青檀种群幼苗储备量不足, 造成幼苗缺乏的原因可能与青檀种子的结实率低、休眠期较长、萌发率低等生物学因素有关。此外, 青檀是一种喜阳喜钙树种, 其生长较为缓慢, 由于种群中间级别的个体较多, 群落郁闭度较高, 林内光照条件较差, 使林冠下的低龄级个体生长受抑, 加之与同层的植物生存竞争激烈, 因而导致位于草本层的青檀幼苗数量很少甚至缺损。

种群的分布格局是物种与环境长期相互适应、相互作用的结果, 是种群相对静止的一种表现形式, 它不仅与物种的生物学特性和种群间的竞争排斥有关, 而且也与物种的生境有密切的关系(党海山等, 2009)。青檀种群格局规模大体介于 16 m<sup>2</sup> 或 32 m<sup>2</sup> 之间。不同样地的青檀种群分布格局总体表现

为集群分布, 这主要与其所处的群落环境有关。青檀的果为具翅的坚果, 在种子传播的过程中, 受风力的影响很大, 由于青檀群落一般生长在石灰岩山地上, 岩石裸露率比较大, 不同群落的坡度、坡向、海拔不同, 种子在散播的过程中, 在生境中容易形成小斑块, 因而造成了青檀种群的集群分布。宋萍等(2005)的研究表明, 集群分布能更好地改变微气候和小生境(如根系分泌物的影响, 或利于其生长发育的小气候), 比单独个体有较大的抵抗不良环境的能力。因此, 集群分布对青檀种群的存在是有利的。

从种群分布格局动态来看, 青檀种群具有一定的扩散性。在其生长过程中, 分布格局从集群分布趋于随机分布或轻度集群分布的过渡, 显示出扩散的趋势, 不同样地之间差异不明显。青檀种子的散布特点和根系萌蘖特性, 导致青檀幼苗基本上聚集在中树或大树周围, 所以低龄级阶段多呈集群分布, 这种高强度集群也有利于个体的存活和发展。随着种群个体的发育, 种群个体对环境的要求加强, 特别是对光的要求, 使得种内和种间竞争加剧, 增加了种群个体的死亡率。因此, 到了中树和大树阶段, 青檀种群的分布格局就发生了明显的变化, 由集群分布转变为随机分布。不同发育阶段青檀种群的格局动态变化反映了种群在生长发育过程中的一种生态策略和适应机制。

青檀种群结构和空间分布格局的研究,有助于了解种群数量动态及发展趋势,不仅为生境改变或由于人为干扰而引起种群结构改变时进行调节提供理论基础,而且对于青檀种群濒危机制的探索、种群的合理保护和利用具有重要的理论和现实意义。针对自然状态下青檀种子量大而实生苗较少的现象,今后应加强对青檀种子雨和种子库,以及幼苗生长动态变化的研究,以找出影响种群更新的主要限制因子,从而为青檀种群的复壮提供依据。

## 参考文献:

- 安徽植被协作组. 1981. 安徽植被[M]. 安徽:安徽科学技术出版社:12-13
- 孙儒泳,李博,诸葛阳,等. 1993. 普通生态学[M]. 北京:高等教育出版社:56-57
- 傅立国,金鉴明. 1992. 中国植物红皮书—稀有濒危植物[M]. 北京:科学出版社:386-387
- Dang HS(党海山), Zhang YJ(张燕君), Zhang KR(张克荣), et al. 2009. Population structure and its dynamics of *Abies fargesii* in Qingling Mountains(秦岭巴山冷杉种群结构与动态)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 28(8):1 456-1 461
- Ding ZL(丁佐龙), He YH(何云核), G H(高慧), et al. 1997. Composition of nutritive ingredient in Whinghack berry leaves(青檀叶营养成分分析)[J]. *J Anhui Agric Univ*(安徽农业大学学报), 24(10):18-20
- Fang SZ(方升佐), Cui TL(崔同林), Yu MK(虞木奎). 2007. Effects of soil-forming rocks and sprout ages on the bark quality of *Pteroceltis tatarinowii*(成土母岩和条龄对青檀檀皮质量的影响)[J]. *J Beijing Fore Univ*(北京林业大学学报), 29(2):124-127
- Fang SZ(方升佐), Li GY(李光友), Fu XX(馥香香), et al. 2002. Effects of site conditions on mineral element conditions in the bark of *Wingceltis(Pteroceltis tatarinowii)*(立地条件对青檀檀皮中矿物质元素含量的影响)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), 38(1):8-14
- Fu XX(馥香香), Fang SZ(方升佐), D Y(杜艳). 2002. A study on mechanism of dormancy and germination condition of *Pteroceltis tatarinowii* Maxim. seeds(青檀种子休眠机理及萌发条件的探讨)[J]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境学报), 11(1):9-13
- Fu XX(馥香香), Fang SZ(方升佐), Wang HW(汪红卫), et al. 2001. Studies on annual growth dynamics of one-year seedlings of *Pteroceltis tatarinowii*(青檀一年生播种苗的年生长规律)[J]. *J Nanjing Fore Univ*(南京林业大学学报), 25(6):11-14
- Gao BQ(高邦权), Zhang GF(张光富). 2005. Studies on population structure and distribution pattern of *Celtis sinensis* in Laoshan National Forest Park of Nanjing(南京老山国家森林公园朴树种群结构与分布格局研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 25(5):406-412
- Hao CY(郝朝运), Liu P(刘鹏), Wu ZW(邬周伟). 2006. Study on *Heptacodium miconioides* population structure and spatial distribution pattern in the central Zhejiang Province(浙江中部七子花种群结构与空间分布格局的研究)[J]. *Fore Res*(林业科学研究), 19(6):778-784
- Kang HJ(康华靖), Liu P(刘鹏), Chen ZL(陈子林), et al. 2007. Size-class structure and distribution pattern of *Emmenopterys henryi* in different habitats(不同生境香果树种群的径级结构与分布格局)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), 43(12):22-27
- Lai JS(赖江山), Zhang M(张谧), Xie ZQ(谢宗强). 2006. Structure and distribution pattern of dominant populations in the evergreen broadleaved forest in Three Gorges Reservoir area(三峡库区常绿阔叶林优势种群的结构和格局动态)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 26(4):1 073-1 079
- Liu ZH(刘智慧). 1999. A primary study on the structure and dynamics of *Castanopsis fargesii* population on Jiyun Mountain, Sichuan Province(四川省缙云山栲树种群结构和动态的初步研究)[J]. *Acta Phytocol et Geobot Sin*(植物生态学与地植物学学报), 14(2):120-128
- Song P(宋萍), Hong W(洪伟), Wu CZ(吴承祯), et al. 2005. Population structure and its dynamics of rare and endangered plant *Alsophila spinulosa*(珍稀濒危植物桫欏种群结构与动态研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 16(3):413-418
- Svensson JS, Jeglum JK. 2001. Structure and dynamics of an undisturbed old-growth Norway spruce forest on the rising Bothnian coastline [J]. *Fore Ecol Manag*, 151:67-79
- Wang XY(王晓英), Huang YQ(黄玉清), Wang DM(王冬梅), et al. 2009. Photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of *Pteroceltis tatarinowii* in response to different habitats in karst area(青檀光合作用和荧光特性对岩溶区不同生境的响应)[J]. *Fore Res*(林业科学研究), 22(4):475-481
- Wei XL(韦小丽), Yu LF(喻理飞), Zhu SQ(朱守谦), et al. 2007. Effect of soil drying-wetting alternation on physiology and growth of *Pteroceltis tatarinowii* seedlings(土壤干湿交替对青檀幼苗生理及生长的影响)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), 43(8):24-28
- Wu XP, Zheng Y, Ma KP. 2002. Population distribution and dynamics of *Quercus liaotungensis*, *Fraxinus rhynchophylla* and *Acer mono* in Dongling Mountain, Beijing [J]. *Acta Bot Sin*, 44(2):212-223
- Zhang CH(张川红), Zheng YQ(郑勇奇), Zong YC(宗亦臣), et al. 2008. Morphological variation among different sources of *Pteroceltis tatarinowii* in warm temperate zone(暖温带不同地区青檀形态特征分析)[J]. *Fore Res*(林业科学研究), 21(5):737-741
- Zhang JT(张金屯), Meng DP(孟东平). 2004. Spatial pattern analysis of individuals in different age-classes of *Larix princeps* in Luya Mountain Reserve, Shanxi, China(芦芽山华北落叶松林不同龄级立木的点格局分析)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 24(1):35-40
- Zhang XW(张兴旺), Cao JJ(操璟璟), Gong YX(龚玉霞), et al. 2007. Seed dormancy and germination in rare plant *Pteroceltis tatarinowii* Maxim. (珍稀植物青檀种子休眠与萌发的研究)[J]. *J Biol*(生物学杂志), 24(4):28-31
- Zhang YC(张运春), Zhang QY(张桥英), Luo P(罗鹏), et al. 2007. Spatial pattern analysis of the clonal tree *Symplocos laurina*(克隆乔木黄牛奶树空间点格局分析)[J]. *J Beijing Fore Univ*(北京林业大学学报), 29(3):67-73