

黄牛木种群空间分布格局研究

韦彩丽, 谢正生, 邓丽婷, 何晓慧, 孔令华

(华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642)

摘要:为促进黄牛木 *Cratoxylum cochinchinense* 在珠三角地区生态建设中的推广和应用,采用样方调查法,于2016-2017年在广州市和台山市3个黄牛木天然林集中分布区布设样地,通过绘制种群空间分布点位置图,结合方差均值比率法和聚集度指标,分析种群的空间分布类型、聚集程度,从而揭示黄牛木种群的空间分布特性、生长动态及演替规律。结果表明:①研究样地内植物种类共有122种,隶属49科96属,样地群落丰富度表现为石花山样地>茶山样地>白云山样地,群落植被分层明显,各层的种数表现为灌木层(41种)>乔木层(40种)>草本层(29种)>层间植物(12种);②不同调查样地,黄牛木种群均表现为聚集分布,聚集程度为白云山样地>茶山样地>石花山样地;③不同地形条件,黄牛木种群对坡向具有一定的选择性,聚集程度表现为阴坡优于阳坡;④不同发育阶段,黄牛木种群从幼树至老树的时间序列上,其空间分布格局表现为从聚集至均匀至随机,随着发育程度的增加,种群具有扩散的趋势。

关键词: 黄牛木; 种群; 空间分布; 方差均值比率法; 聚集度指标

中图分类号: S718.54⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3776(2021)02-0001-07

Spatial Distribution of *Cratoxylum cochinchinense* Population

WEI Cai-li, XIE Zheng-sheng, DENG Li-ting, HE Xiao-hui, KONG Ling-hua

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In 2016, sample plots were established in concentrated distributed Guangzhou and Taishan, Guangdong province by typical sampling method. Investigations were carried out on DBH, crown diameter, tree height, clear bole height of *C. cochinchinense* tree with height >1.3 m, and ground diameter crown diameter and tree height of *C. cochinchinense* tree with height <1.3 m. The result demonstrated that there were 122 plant species, belonging to 49 families and 96 genera. Vegetation stratification of the communities was obviously as follows: shrub layer (41 species) > tree layer (40 species) > herb layer (29 species) > interlayer plant (12 species). The surveyed *C. cochinchinense* population showed aggregation distribution in different plots. Aggregation of *C. cochinchinense* was more at shady slope. Spatial distribution *C. cochinchinense* population changed from aggregation to even, indicating scattered distribution with age.

Key words: *Cratoxylum cochinchinense*; population; spatial distribution; variance to mean ratio; degree of aggregation

黄牛木 *Cratoxylum cochinchinense* 是亚热带地区的先锋树种^[1], 亦是我国南方地区的乡土树种^[2], 喜光, 耐贫瘠, 抗逆性好, 常野生于向阳杂木林中, 生长慢但萌芽力强, 在石山的石崖灌丛中生长良好^[3], 其黄褐色树干形成的特色林内景观以及春夏形成的彩色繁花景观具有较高的观赏价值, 是极具潜力的城市景观树种^[4]。2018年10月, 深圳市和中山市顺利获批为“国家森林城市”, 至此, 珠三角地区的9个城市全部成为“国家森林城

收稿日期: 2020-11-22; 修回日期: 2021-02-01

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2015BAD07B06-8)

作者简介: 韦彩丽, 硕士, 从事城市林业与景观生态研究; E-mail:2291992883@qq.com。通信作者: 谢正生, 硕士, 副教授, 从事森林生态学研究; E-mail:zsxie@scau.edu.cn。

市”，标志着我国首个森林城市群——珠三角森林城市群顺利创建。但是，该地区仍存在较多困难山林地亟需进行生态修复。黄牛木因其优良的抗逆特性和景观价值，可作为“新一轮广东绿化大行动”中景观优化、林相改造等生态修复工程的理想备选树种。

空间分布格局是种群生态研究的热点内容之一。关于种群空间分布特征的研究，国内外学者已有大量的报道^[5-7]，研究方法也较为成熟^[8-9]。但是，关于黄牛木选种、培育及种群生态学方面的研究及报道几乎为空白。为揭示黄牛木种群的生长及分布规律，本研究对黄牛木天然林集中分布区进行了实地调查，分析其种群空间分布格局和动态变化规律，以期促进黄牛木在珠三角地区森林生态修复中的推广和应用，为其天然林的抚育管理提供理论基础和科学参考。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

分别在广东省的广州市和台山市布设样地。广州市是珠三角核心城市，地理位置为 $112^{\circ}57' \sim 114^{\circ}3'E$ ， $22^{\circ}26' \sim 23^{\circ}56'N$ ，属海洋性亚热带季风气候，多台风，全年平均气温在 $20 \sim 22^{\circ}C$ ，平均相对湿度为 77%，年降水量约为 1 720 mm，雨量充沛，利于植物生长，为四季常绿、花团锦簇的“花城”。台山市位于珠江三角洲西南部，地理位置为 $112^{\circ}81' \sim 112^{\circ}9'E$ ， $22^{\circ}26' \sim 22^{\circ}81'N$ ，属亚热带海洋性季风气候，全年平均气温为 $21.8^{\circ}C$ ，年平均日照为 2 006 h，年均降水量为 1 936 mm。

1.2 研究方法

1.2.1 样方设置与调查 通过查阅广东植物种质资源相关文献^[10-11]以及珠三角地区各个城市的地方植物志，2016–2017 年，陆续对珠三角地区进行林分踏查，实地考察各城市的植物组成及黄牛木种群的分布情况。研究采用典型样地法，在黄牛木集中分布区选择具有代表性的天然群落设置样地，分别在广州市茶山公园的鸡笼顶（东南坡）设置样地 3 900 m²、白云山风景名胜区的林园景区（西北坡）设置样地 3 900 m²以及台山市石花山森林公园的西严寺东侧设置样地 3 200 m²（其中东南坡 2 000 m²，西北坡 1 200 m²），样地总面积为 11 000 m²。在外业调查过程中，测定样地内树高>1.3 m 的黄牛木个体的胸径、冠幅、树高、枝下高等生长因子，树高≤1.3 m 的黄牛木个体测定地径、冠幅、树高等，并记录所有黄牛木个体的相对坐标。同时，将样地划分成 10 m×10 m 的栅格样方，在每一个 10 m×10 m 栅格的四个角以及对角线位置上布设 2 m×2 m 的小样方，记录小样方内所有的植被种类及群落生长状况。

1.2.2 群落结构划分 群落结构从树冠到地面进行划分，研究将黄牛木样地中小样方内的植被种类分为乔木层、灌木层、草本层以及层间植物。其中，乔木层可分为两个亚层，第一亚层高度在 8 m 以上，第二亚层高度在 4 m 以上，覆盖度在 50% 以上；灌木层高度一般在 3 m 以下，覆盖度明显受到上层林木的影响，一般为 30%~40%，以常绿阔叶矮高位芽植物为主；草本层一般高度在 1 m 以下，覆盖度在 10% 以下，局部分布或聚集生长；层间植物主要指藤本种类，包含寄生、附生植物。

1.2.2 种群发育阶段划分 采用“空间替代时间法”，即以林木的胸径大小作为指标来度量其年龄大小。参照林木发育阶段的划分方法^[12]，将不同胸径（DBH）大小的黄牛木个体划分为 5 个不同的龄组：幼苗（DBH<1 cm，树高≤1.3 m）、小树（1≤DBH<5 cm）、中树（5≤DBH<11 cm）、大树（11≤DBH<15 cm）、老树（DBH≥15 cm）。

1.2.3 种群空间分布格局分析 将实地调查所得数据进行数字化处理，导入 ArcGIS 信息平台，分别绘制各样地黄牛木种群的空间分布点位置图，结合方差均值比率法和聚集度指标探讨种群的分布格局。

（1）方差均值比率法 方差均值比率法建立在 Poisson 分布的预期假设上，一个 Poisson 分布的总体有方差（ S^2 ）和均值（ X ）相等的特性，即 $S^2/X = 1$ 。如果 $S^2/X > 1$ ，则种群趋于集群分布，如果 $S^2/X < 1$ ，则种群趋于均匀分布。方差和均值的计算方法如下：

$$X = \sum_{i=1}^N X_i / N$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 / (N - 1)$$

式中, N 为基本样方的个数, X_i 为第 i 个样方内的个体数。

实测与预测的偏离程度可用 t 检验验证, t 值的计算公式如下:

$$T = (S^2/X - 1) / \sqrt{2(N - 1)}$$

通过查自由度 ($N - 1$)、置信度为 95% 的 t 分布表, 进行显著性检验。当 $|t| < t_{N-1, 0.05}$ 双侧时, 种群为随机分布, 否则为聚集或均匀分布。

(2) 聚集强度指标

①负二项参数 (K) 的计算:

$$K = X^2 / (S^2 - X)$$

当 $K < 0$ 时, 种群呈均匀分布; 当 $K > 0$ 时, 种群呈聚集分布; 当 K 值趋于无穷大时 (一般为 8 以上), 种群逼近 Poisson 分布, 呈随机分布。 K 值愈小, 种群聚集程度愈高。

②扩散指数 (C) 的计算:

$$C = S^2/X$$

当 $C = 1$ 时, 种群呈随机分布; 当 $C > 1$ 时, 种群呈聚集分布; 当 $C < 1$ 时, 种群呈均匀分布。

③Cassie 指数 (Ca) 的计算:

$$Ca = 1/K$$

当 $Ca = 0$ 时, 种群呈随机分布; 当 $Ca > 0$ 时, 种群呈聚集分布; 当 $Ca < 0$ 时, 种群呈均匀分布。

④丛生指数 (I) 的计算:

$$I = S^2/X - 1$$

当 $I = 0$ 时, 种群呈随机分布; 当 $I > 0$ 时, 种群呈聚集分布; 当 $I < 0$ 时, 种群呈均匀分布。

⑤平均拥挤度 (m) 与聚块性指标 (m/X): 当 $m/X = 1$ 时, 种群呈随机分布; 当 $m/X > 1$ 时, 种群呈聚集分布; 当 $m/X < 1$ 时, 种群呈均匀分布。

2 结果与分析

2.1 黄牛木群落结构

外业调查发现, 3 个样地均为黄牛木天然群落, 植被繁茂, 多为华南地区常见种类。群落结构相似且成层现象明显, 调查样地中植物高度多集中于 2 ~ 10 m。对小样方内的群落组成和分层情况进行统计, 结果见表 1。

表 1 黄牛木群落组成调查结果统计
Table 1 Composition of families, genus and species in investigated *C. cochinchinense* community

样地	科数/科	属数/属	种数/种	乔木层		灌木层		草本层		层间层	
				种数/种	占比/%	种数/种	占比/%	种数/种	占比/%	种数/种	占比/%
茶山	38	62	74	28	36.84	23	30.26	16	22.37	7	10.53
白云山	31	52	59	13	22.41	22	37.93	16	27.59	8	12.07
石花山	41	70	78	18	23.08	30	38.46	20	25.64	10	12.82
总计	49	96	122	40	32.79	41	33.61	29	23.77	12	9.83

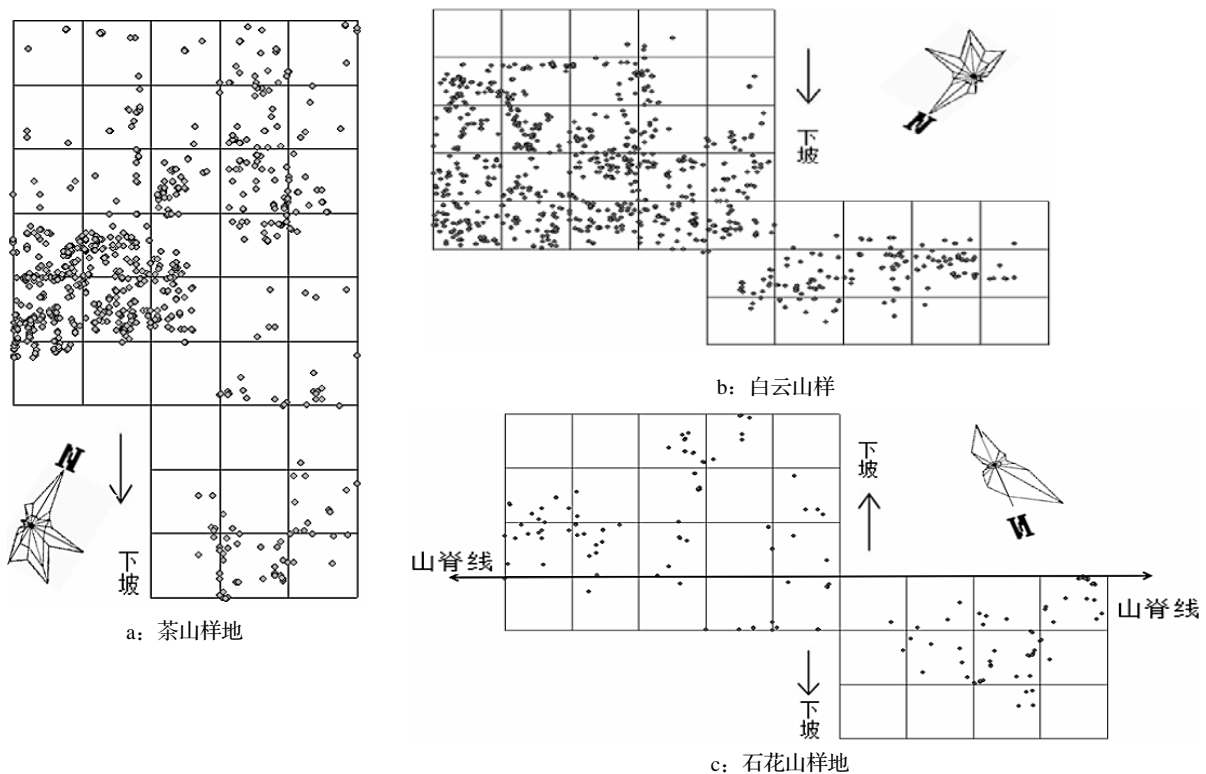
从表 1 可以看出, 调查样地的植物种类共有 122 种, 隶属 49 科 96 属。其中, 茶山样地共有 38 科 62 属 74

种, 不低于 5 种的科分别为樟科 Lauraceae、大戟科 Euphorbiaceae、含羞草科 Rubiaceae、桑科 Moraceae; 白云山样地有 31 科 52 属 59 种, 其中, 茜草科 Rubiaceae 和禾本科 Gramineae 的属数和种数最多, 均有 6 属 6 种, 分别占白云山样地总属数和总种数的 11.54% 和 10.17%; 石花山样地有 41 科 70 属 78 种, 其中, 大戟科的属和种明显多于其他科植物, 有 7 属 9 种, 分别占石花山样地总属数和总种数的 10% 和 11.54%; 茜草科植物种类次之, 有 6 属 8 种。从科、属、种的数量来看, 均表现为石花山样地>茶山样地>白云山样地, 表明黄牛木样地植被丰富度依次为石花山样地>茶山样地>白云山样地。

从表 1 还可以看出, 调查样地各层级植物种类数量由多到少依次为灌木层 (41 种)>乔木层 (40 种)>草本层 (29 种)>层间植物 (12 种), 分别占植物种类总数的 33.61%、32.79%、23.77%、9.83%。其中, 茶山样地的乔木层有 28 种, 灌木层有 23 种, 草本层有 16 种、层间植物有 7 种, 分别占样地种类总数的 36.84%、30.26%、22.37%、10.53%; 白云山样地的乔木层有 13 种, 灌木层有 22 种, 草本层有 16 种、层间植物有 8 种, 分别占样地种类总数的 21.41%、37.93%、27.59%、12.07%; 石花山样地的乔木层有 18 种, 灌木层有 30 种, 草本层有 20 种、层间植物有 10 种, 分别占样地种类总数的 23.08%、33.33%、23.58%、9.76%。

2.2 种群空间分布格局分析

通过对调查的数据进行处理和分析, 借助 GIS 地理信息平台, 将黄牛木个体的分布格局进行直观化呈现, 得到黄牛木种群空间分布点位置图, 见图 1。



注: 图中栅格尺寸为 10 m x 10 m。

图 1 黄牛木种群空间分布点位置图

Figure 1 Spatial distribution of *C. cochinchinense* population

从图 1 中可以看出, 不同研究样地种群个体的聚集程度存在一定的差异, 单个样地的黄牛木种群呈现从某个中心位置逐渐向外扩散的趋势。运用方差均值比率法和聚集度指标测定 3 个样地的黄牛木种群分布格局, 结果见表 2。从表 2 可知, 不同样地下, 黄牛木种群的 t 检验结果表现为聚集或均匀分布, 负二项式参数 K 值表现为聚集分布。研究表明, 当样方内个体聚集程度极低或极高时, t 检验与实际有所偏离, 而 K 值检验几乎不

受影响，故主要以 K 值来判定种群的空间分布格局， K 值越大表示种群的聚集程度越低，反之则高。因此认为，研究样地的黄牛木种群均为聚集分布，聚集程度为白云山样地>茶山样地>石花山样地。同时，对种群的聚集度指标 Cassie 指数、丛生指数以及聚块性指标进行分析，所得结果也呈现与之相一致的结论，这与图 1 呈现的种群空间分布情况相吻合。

表 2 不同样地的种群空间分布格局测定结果
Table 2 Spatial distribution pattern of *C. cochinchinense* in different sample plots

样地	小样方 /(m×m)	样方数 /个	方差均值比率					聚集强度指标					
			X	S^2	C	t 检验	测定结果	K	Ca	I	m	m/X	测定结果
茶山	2×2	67	0.836	2.509	3.001	129.102	C、U	0.128	7.813	2.002	2.837	3.395	C
白云山	2×2	75	1.046	3.467	3.315	143.467	C、U	0.100	10.027	2.314	3.360	3.212	C
石花山	2×2	29	0.294	0.649	2.207	74.984	C、U	0.677	1.477	1.209	1.503	5.117	C

注：C 为聚集分布，U 为均匀分布；下同。

2.3 坡向对种群空间分布格局的影响

种群的海拔、坡向等生境条件不同，其分布格局可能存在一定的差异。由于各样地之间的海拔差异较小（茶山样地海拔 85 ~ 93 m，白云山样地海拔 130 ~ 139 m，石花山样地海拔 90 ~ 96 m），故研究主要探讨坡向对种群空间分布的影响。广州和与台山两地相距约 130 km，相比之下，广州茶山和白云山相距约 6 km，可近似认为位于同一地理位置。采取胸径代替年龄时间进行分析，运用方差均值比率法和聚集度指标测定相同样地不同坡向的种群空间分布格局，结果见表 3。

表 3 不同坡向的种群空间分布格局测定结果
Table 3 Effect of aspect on spatial distribution pattern of *C. cochinchinense* in different sample plots

样地（坡向）	小样方 /(m×m)	样方数 /个	方差均值比率					聚集强度指标					
			X	S^2	C	t 检验	测定结果	K	Ca	I	m	m/X	测定结果
茶山-白云山 （东南坡）	2×2	67	0.836	2.509	3.002	129.102	C、U	0.128	7.813	2.002	2.837	3.395	C
茶山-白云山 （西北坡）	2×2	75	1.046	3.467	3.314	143.467	C、U	0.100	10.027	2.314	3.360	3.212	C
石花山（东南坡）	2×2	15	0.220	0.355	1.614	38.088	C、U	-0.516	-1.939	0.614	0.834	3.792	C
石花山（西北坡）	2×2	14	0.433	1.131	2.610	99.831	C、U	0.222	4.505	1.610	2.044	4.716	C

从表 3 中可以看出，茶山-白云山样地东南坡的 K 值为 0.128，西北坡的 K 值为 0.100，表明其聚集程度为西北坡>东南坡，即阴坡>阳坡；石花山东南坡的 K 值为 -0.516<0，为均匀分布，西北坡的 K 值为 0.222>0，为聚集分布，表明其种群聚集程度亦为西北坡>东南坡，即阴坡>阳坡。综上，黄牛木种群的聚集程度表现为阴坡>阳坡，说明种群对阴坡具有一定的选择性。

2.4 不同发育阶段种群空间分布格局分析

黄牛木种群特征始终处于动态变化中，不同生长时期的黄牛木种群斑块大小不同，对环境空间大小和生存条件的要求也有不同。同一个体的密度、不同物种间的竞争、动物的影响以及阳光、水分等环境因子的不均匀分布，都有可能改变种群的聚集分布和空间格局。运用 2.3 中的方法测定不同年龄阶段的种群分布格局动态，结果见表 4。

从表 4 中可以看出，在不同的发育阶段，各个样地的黄牛木种群空间分布格局存在差异，但总体分布趋势一致。茶山样地和白云山样地中的黄牛木在幼树和小树阶段表现为聚集分布，在中树和大树阶段为均匀分布，老树则为随机分布；石花山样地的黄牛木仅在幼树阶段表现为聚集分布，小树到大树阶段为均匀分布，老树为随机分布。综上，随着年龄的增大，黄牛木种群呈现出扩散趋势，种群从幼树至老树的时间序列上，空间分布格局表现为从聚集分布至均匀分布至随机分布。

表 4 不同发育阶段的种群空间分布格局测定结果

Table 4 Spatial distribution pattern of different aged *C. cochinchinense* in different sample plots

样地	龄组	小样方 /(m×m)	样方数 /个	方差均值比率					聚集强度指标					
				X	S^2	C	t 检验	测定结果	K	Ca	I	m	m/X	测定结果
茶山	幼树	2×2	19	0.210	0.662	3.147	133.136	C、U	0.194	5.150	2.147	2.358	11.213	C
	小树	2×2	61	0.569	1.061	1.864	53.553	C、U	0.582	1.717	0.864	1.433	2.517	C
	中树	2×2	37	0.241	0.308	1.276	17.122	C、U	-0.397	-2.520	0.276	0.517	2.146	U
	大树	2×2	4	0.021	0.020	0.985	-0.959	R	-0.021	-47.781	-0.015	0.005	0.246	U
	老树	2×2	1	0.005	0.005	1.000	0	R	0	-194.000	0	0.005	1.000	R
白云山	幼树	2×2	21	0.221	0.626	2.841	13.213	C、U	0.283	3.534	1.841	2.061	9.347	C
	小树	2×2	39	0.374	0.761	2.033	7.418	C、U	0.683	1.463	1.033	1.408	3.760	C
	中树	2×2	26	0.195	0.343	1.762	5.467	C、U	-0.493	-2.029	0.762	0.956	4.908	U
	大树	2×2	6	0.041	0.060	1.466	3.349	C、U	-0.045	-22.224	0.466	0.508	12.371	U
	老树	2×2	1	0.005	0.261	1.000	0	R	0	2 402.007	0	0.005	1.000	R
石花山	幼树	2×2	2	0.038	0.239	6.373	333.136	C、U	0.072	13.951	5.373	5.411	144.284	C
	小树	2×2	9	0.069	0.102	1.486	30.131	C、U	-0.081	-12.337	0.486	0.555	8.069	U
	中树	2×2	19	0.150	0.204	1.358	22.226	C、U	-0.207	-4.821	0.358	0.508	3.390	U
	大树	2×2	5	0.031	0.030	0.975	-1.560	R	-0.032	-31.050	-0.025	0.006	0.195	U
	老树	2×2	1	0.006	0.006	1.000	0	R	0	-159.000	0	0.006	1.000	R

注: R 表示随机分布。

3 结论与讨论

3.1 结论

茶山、白云山、茶山 3 个样地均为黄牛木天然群落, 植被繁茂且多为华南地区常见种类, 各样地植被丰富度表现为石花山样地>茶山样地>白云山样地。黄牛木群落结构相似且成层现象明显, 各层级植物种类数量由多到少依次为灌木层(41 种)>乔木层(40 种)>草本层(29 种)>层间植物(12 种)。各样地黄牛木种群的空间分布格局均表现为聚集分布, 在母树周围的聚集分布现象最为明显, 并呈现逐渐向外扩散的趋势。不同样地的种群聚集程度存在差异, 表现为白云山样地>茶山样地>石花山样地。不同坡向黄牛木种群的聚集程度存在差异, 表现为西北坡>东南坡, 即阴坡>阳坡, 表明黄牛木种群对阴坡具有一定的选择性。不同发育阶段黄牛木聚集程度呈现从幼树、小树、中树至老树逐步降低的现象, 空间分布格局表现为从聚集分布至均匀分布至随机分布; 随着发育程度的增加, 种群具有扩散趋势。

3.2 讨论

种群是群落结构和功能的基本单位, 不同种在同一空间的分布存在差异, 同一个种在不同发育阶段、不同生境条件下也有明显差异^[13-15]。种群空间分布格局是指个体在水平空间的配置和分布状况, 是个体与环境长期适应和选择的结果^[16], 反映了环境变化、各种干扰、竞争作用、生活史策略以及森林更新等各种因子的综合作用^[17]。种群在一定空间内都存在一个特有的分布格局, 它可以反映物种之间的关系、环境适应机制和空间异质性等^[18]。根据种群中个体的聚集程度, 种群空间分布格局的类型一般可分为随机分布、均匀分布和聚集分布。本研究中的黄牛木种群呈现聚集分布, 与其自身的生物学特性及其所处的生境特征密切相关, 尽管黄牛木种子具翅, 但其传播能力有限, 使得幼苗多聚集在母树周围。同时, 黄牛木种子数量大, 自然脱落后易聚集萌发, 因此, 其种群多呈现显著的集群分布, 这与前人的研究结果具有相似之处^[19-20]。不同样地的种群聚集程度存在差异, 可能是种子传播扩散条件、生境异质性、种内-种间竞争等因素相互作用的结果, 也可能是取样尺度的影响。一般来说, 种群在小尺度范围内表现为聚集分布, 而在大尺度上则表现为随机分布, 本研究仅对实际取样尺度进行分析, 难免因种群对尺度的依赖性而导致分布格局的研究结果受到影响。

胥晓等^[21]通过对不同坡向的四川冶勒红豆杉 *Taxus wallichiana* var. *chinensis* 种群空间分布格局的研究证实了种群分布对坡向具有选择性这一结论。黄牛木种群对阴坡具有一定的选择性, 其原因可能是阴坡水分条件较好, 有利于黄牛木种子的萌发; 同时, 位于同一海拔的光照强度阴坡较阳坡温和, 更适合黄牛木幼苗的存活与

生长。不同坡向影响着种群的分布格局, 意味着在森林经营上可充分利用自然力, 采取相应的抚育措施; 不同坡向黄牛木种群的聚集程度大小, 可作为造林密度对坡向的选择依据。

对种群不同发育阶段空间分布格局的研究报道较多^[22-24], 黄牛木种群不同发育阶段的研究结果支持前人的结论。这种从幼树、小树、中树至老树聚集程度逐步降低的现象, 是由于随着幼树、小树的生长, 植物对光照、水分以及营养条件的需求加大, 为争夺足够的生存空间与资源, 个体之间的竞争就会加剧, 竞争力低的个体死亡, 种群密度就可能下降, 存活下来的个体呈扩散趋势, 种群格局就可能发生变化; 从小树发育成为中树的过程中, 种群对空间、阳光、水分和其他资源的需求进一步加大, 种内竞争更为激烈, 从而造成自疏和它疏现象, 使得种群的聚集强度进一步下降而呈现均匀分布; 如果扩散慢, 则种群仍保持为均匀分布, 如果扩散快, 种群分布类型就会发生变化, 由均匀分布趋向随机分布。种群的这种分布格局变化模式反映了新生个体的产生、成年个体的死亡和人为干扰等^[25]。梅世秀等^[26]对不同发育阶段锐齿槲栎 *Quercus aliena* var. *acuteserrata* 种群的分布格局进行了研究, 指出不同地区、不同年龄的锐齿槲栎林应采取不同的经营策略和管理措施, 这对黄牛木种群的抚育管理具有借鉴意义。

在黄牛木天然林的保护管理和珠三角地区的绿化建设中, 应采取以下措施: 一是深入了掌握其分布及生长规律, 了解周边环境对其生长演替的影响, 适时进行人工疏伐, 促进其天然群落的生长和更新; 二是进一步研究黄牛木天然群落的生境条件, 总结黄牛木天然林的植被组合特征, 为林相改造工程的树种选择和配置提供参考; 三是开展黄牛木种苗的繁殖培育工作, 为造林工程提供充足的优质苗源。本研究对黄牛木种群的空间分布特征、生境选择以及各个发育阶段的生长分布规律进行了分析, 为黄牛木种群的深入研究提供理论基础, 下一步要扩大取样范围, 并选择空间点格局分析等不受尺度影响的方法进行深入研究, 提高研究结果的准确度和说服力, 同时要对单株个体扩散速率进行研究, 确定其单位面积的保存量和间伐量, 促进其天然林的更新生长和保护管理, 加快其在生态建设中的推广和运用。

参考文献:

- [1] 陈勇, 廖绍波, 李伟东, 等. 番禺区主要植被类型及其改造途径[J]. 中国农学通报, 2006 (06): 137-140.
- [2] 许建新, 吴永彬, 冯志坚, 等. 广东增城南香山森林公园植物资源及主要植被类型初步研究[J]. 林业与环境科学, 2007, 23 (5): 20-26.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [4] 刘东蔚, 王海军, 陈勇, 等. 深圳羊台山黄牛木群落学特征研究[J]. 生态科学, 2014, 33 (2): 379-385.
- [5] 白雪娇, 邓莉萍, 李露露, 等. 辽东山区次生林木本植物空间分布[J]. 生态学报, 2015, 35 (01): 98-105.
- [6] 许梅, 董树斌, 张德怀, 等. 北京市紫椴种群空间分布格局研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45 (08): 81-88.
- [7] 李杰. 亚热带常绿阔叶混交林化香树种群的空间分布格局[J]. 北方园艺, 2018 (01): 92-98.
- [8] 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): 344-349.
- [9] 马克明, 傅伯杰, 周华峰. 北京东灵山地区森林的物种多样性和景观格局多样性研究[J]. 生态学报, 1998, 19 (1): 1-7.
- [10] 中国科学院华南植物园. 广东植物志: 第9卷[M]. 广州: 广东科技出版社, 2009.
- [11] 吴志敏, 冯志坚, 李镇魁, 等. 广东省野生木本植物资源[J]. 华南农业大学学报, 1996 (02): 103-107.
- [12] 苏志尧, 吴大荣, 陈北光. 粤北天然林优势种群结构与空间格局动态[J]. 应用生态学报, 2000, 11 (3): 337-341.
- [13] 孙莹. 不同生境条件下蓝花楹生长发育差异研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2016.
- [14] 王艳莉, 齐欣宇, 杨昊天, 等. 不同生境下砂蓝刺头 (*Echinops gmelini*) 形态结构及生物量分配特征[J]. 中国沙漠, 2018, 38 (4): 78-86.
- [15] 周禧琳, 吕瑞恒, 韩路, 等. 和田河不同生境灰胡杨种群结构特征及竞争关系分析[J]. 西北林学院学报, 2018, 33 (01): 43-48.
- [16] LARCHER W. Physiological plant ecology[M]. Berlin: Springer, 1995, 540-581.
- [17] 古炎坤. 生态资源可持续发展理论与实践: 广州市白云山国家重点风景名胜区[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005, 3-12.
- [18] 农友, 郑路, 贾宏炎, 等. 广西大青山次生林的群落特征及主要乔木种群的空间分布格局[J]. 生物多样性, 2015, 23 (3): 321-331.
- [19] 郭米香, 杨乃坤, 刘海燕, 等. 贵州特有植物红花泡果茶种群空间格局及数量动态研究[J]. 广西植物, 2019, 39 (10): 1359-1369.
- [20] 刘招辉, 张建亮, 刘燕华, 等. 大院资源冷杉种群的空间分布格局分析[J]. 广西植物, 2011, 31 (05): 614-619.
- [21] 胥晓, 苏智先, 严贤春. 坡向对四川冶勒红豆杉种群分布格局的影响——基于斑块信息的分析[J]. 应用生态学报, 2005, 16 (6): 985-990.
- [22] 田慧霞, 李钧敏, 毕润成, 等. 山西太岳山白桦种群结构和空间分布格局[J]. 生态学杂志, 2017, 36 (1): 1-10.
- [23] 赵欣鑫, 巨天珍, 王爽, 等. 小陇山国家级自然保护区水榧种群结构和空间分布格局分析[J]. 江苏农业科学, 46 (5): 235-239.
- [24] 蒋雪琴. 湖北神农架地区巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 种群结构特征及其优势种间关系分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [25] 岳永杰, 余新晓, 张振明, 等. 北京山区天然次生林群落结构与种群分布格局研究——以雾灵山自然保护区为例[J]. 水土保持学报, 2007 (06): 192-196.
- [26] 梅世秀, 袁志良, 叶永忠, 等. 宝天曼自然保护区锐齿槲栎种群空间分布格局研究[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45 (02): 220-225.