

武夷山天然米槠林优势种群结构与分布格局

闫淑君¹ 洪伟¹ 吴承祯¹ 毕晓丽¹ 蓝斌²

(1 福建农林大学 福建 南平 353001; 2. 厦门鹭江大学, 福建 厦门 361000)

摘要: 在武夷山国家级自然保护区以米槠、杨梅叶蚊母树、罗浮栲和黄瑞木为优势的群落内,应用相邻格子法设置 3 600 m² 样地获得野外调查资料,进行优势种群结构和空间格局的研究。结果表明:1)米槠、杨梅叶蚊母树、罗浮栲和黄瑞木种群结构呈金字塔型。2)在分布格局上,四种优势种群都呈集群分布,但聚集强度不同,K 值为 0.2661-1.2877;在不同发育阶段米槠种群的空间分布格局都呈集群分布;杨梅叶蚊母树、罗浮栲种群,大树呈随机分布,幼树、中树均为集群分布;黄瑞木种群幼树为集群分布,中树则为随机分布;这种差异与其生物生态学特性及与物种的竞争排斥作用有密切联系。3)不同区组对种群空间分布格局产生影响。

关键词: 种群结构; 空间格局; 米槠; 杨梅叶蚊母树; 罗浮栲; 黄瑞木

中图分类号: Q948.121 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3395(2002)01-0015-07

The Structure and Distribution Pattern of Dominant Populations in *Castanopsis carlesii* Community

YAN Shu-jun¹ HONG Wei¹ WU Cheng-zhen¹ BI Xiao-li¹ LAN Bin²

(1 Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, China; 2. Xiamen Lujiang College, Xiamen 361000, China)

Abstract: Population structure and spatial distribution pattern were investigated in a 3 600 m² plot of forest community dominated by *Castanopsis carlesii*, *C. fabri*, *Distylium myricoides* and *Adinandra millettii* in Wuyishan State Nature Reserve, Fujian, China. Method of Tally with contiguous grid quadrats was used to analyze field data obtained. The results indicated that the populations of the four species had a great amount of reserve seedlings. Spatial distribution pattern of these dominant populations appeared to have clumping distribution, but the clumping intensity showed differences with K values (negative binomial distribution index) from 0.2661 to 1.2877. *Castanopsis carlesii* population at different developmental stages all showed clumping distribution, while *D. myricoides* and *C. fabri* exhibited random distribution for large trees, and clumping distribution for saplings and median trees. As for *Adinandra millettii*, population random distribution was shown in median trees, and clumping distribution in saplings. Such differences are due to the biological and ecological characteristics of the species and the competitive exclusion principle. Varies plot sizes had also an effect on spatial distribution pattern.

Key words: Population structure; Spatial pattern; *Castanopsis carlesii*; *Distylium myricoides*; *Castanopsis fabri*; *Adinandra millettii*

种群的年龄结构是种群内不同年龄的个体数量的分布情况,它不仅反映了种群数量动态及其

收稿日期: 2001-05-14 接受日期: 2001-09-17

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(BC910026); 福建省自然科学基金重大资助项目(2000F007)

发展趋势,并在很大程度上反映了种群与环境间的相互关系以及它们在群落中的作用和地位^[1,2]。用特定时间方法对森林乔木树种大小级结构进行研究是相对于年龄测定的合理而可靠的指标^[3]。本文用立木级结构代替年龄结构来分析种群的动态^[4]。种群分布格局与种群本身的特性有关,同时也受生境条件或种群间效应的直接影响。通过对群落中优势种群空间分布格局的测定,可以揭示群落空间结构特征,从而为种群密度控制、群落演替趋势预测、森林资源持续经营提供理论依据。米楸(*Castanopsis carlesii*)林是我国亚热带地区典型的地带性植被类型,由于我国亚热带地区所处的地理位置特殊,该类型也成为世界上罕见的植被类型。武夷山国家级自然保护区内的米楸林由于受人为干扰少几乎处于原始状态。有关武夷山天然米楸群落生态学与种群生态学研究鲜见报道^[5-6]。为此,我们选择该保护区内地带性植被米楸群落为研究对象,探讨其优势种群的结构及动态,为植被的保护和经营管理提供科学依据。

1 自然概况

武夷山自然保护区位于福建省武夷山、建阳、光泽、邵武四县(市)交界处,北部与江西省毗连,地处北纬 27°33′-27°54′,东经 117°27′-117°51′,属典型的亚热带季风气候,区内年平均气温在 8.5-18℃之间,极端最低温-15℃,年降水量一般为 1 486-2 150 mm,局部高达 3 000 mm 以上,因山高林密,年蒸发量仅 1 000 mm 左右,相对湿度 78%-84%,无霜期 253-272 d。主峰黄岗山年均气温 8.5℃,年降水量 3 103.9 mm,雾日长达 120 d,是福建省温度最低、湿度最大、雨量最多、雾日最长的地方。区内组成群落的植物种类丰富,有明显的优势种,建群种优势度差异较为显著。该区保存着较为完整的中亚热带常绿阔叶林,绝大部分属于天然原始林。

2 研究方法

样地调查 选取米楸(*Castanopsis carlesii*)+杨梅叶蚊母树(*Distylium myricoides*)+罗浮栲(*Castanopsis fabri*)群落的地段,设置样地 3 600 m²,采用 5 m × 5 m 相邻格子法^[9]进行每木调查,记录胸径(或地径, D)和株高(H),并记录样地海拔高度、坡向、坡度、坡位以及群落透光度等。

种群数量与结构建立 用立木级结构代替年龄结构分析种群动态,大小结构按两种方式处理:胸径在 2.5 cm 以下的个体分 2 级,胸径大于 2.5 cm 的个体分为 3 级,具体划分如下^[2]:

D < 2.5 cm	I	H < 33 cm	I 级幼苗阶段
	II	H ≥ 33 cm	II 级幼苗阶段
D ≥ 2.5 cm	III	2.5 cm ≤ D < 7.5 cm	幼树阶段
	IV	7.5 cm ≤ D < 22.5 cm	中树阶段
	V	22.5 cm ≤ D	大树阶段

空间分布格局 对胸径大于 2.5 cm 的优势种个体进行空间分布的测定,采用的聚集强度指标有负二项式分布指数 K、聚块性指数 m^*/\bar{x} 、丛生指标 I 和平均拥挤度 $m^*[10,11]$ 等。

种群空间分布格局分析 采用 Greig-smith^[12,13]提出的格局分析方法,以棋盘状样方(或样条)的材料,采取相邻样方逐步合并的方法,求出均方随区组大小的变化,并以均方-区组大小图解表示。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。

3 结果和分析

3.1 米槠群落物种组成

根据米槠群落乔木层树种的种类、胸径、树高等, 计算得到米槠群落乔木层主要物种重要值的大小(表 1)。从表 1 看出, 米槠的重要值位于本群落之首, 相对优势度和相对频度亦居各物种之冠, 而相对密度低于杨梅叶蚊母树, 说明米槠数量虽较少, 但个体高大且大树数量占群落大树总量的 90%, 在森林的群落学方面起着显著作用。杨梅叶蚊母树相对密度居各物种之冠, 数量甚多, 但树木较小。罗浮栲植株大, 但数量少。据此, 本群落命名为“米槠 + 杨梅叶蚊母树 + 罗浮栲”群落。

表 1 天然米槠林(乔木层)19 种植物的重要值
Table 1 Importance values of 19 tree species in *Castanopsis carlesii* community

树种 Species	相对密度 Relative density	相对频度 Relative frequency	相对优势度 Relative dominance	重要值 Importance value
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	14.02	11.87	35.26	61.15
杨梅叶蚊母树 <i>Diospylum myricoides</i>	20.24	7.06	5.09	32.39
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	4.20	5.22	5.27	14.69
黄瑞木 <i>Adianandra mulletii</i>	5.12	5.06	1.85	12.03
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzlii</i>	3.36	3.32	5.25	11.93
赤楠 <i>Singium buxifolium</i>	4.70	4.59	2.19	11.48
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	2.69	1.90	6.60	11.19
硬斗石栎 <i>Lithocarpus hancei</i>	3.36	3.00	1.22	7.58
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	2.52	3.17	1.76	7.45
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	2.35	2.37	2.12	6.84
交让木 <i>Daphniphyllaraceae macrobotryum</i>	2.02	2.85	1.72	6.59
细齿叶柃 <i>Eurya nitida</i>	2.35	2.53	1.22	6.10
大明立花 <i>Rapanea nerifolia</i>	1.76	3.00	0.18	4.94
细枝柃 <i>Eurya loquaxina</i>	1.93	2.22	0.64	4.79
薯豆 <i>Elaeocarpus japonicus</i>	1.93	2.22	0.48	4.63
南岭山矾 <i>Symplocos confusa</i>	1.26	2.06	0.63	3.95
黄丹木姜子 <i>Litsea elongata</i>	1.09	1.58	0.75	3.42
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	1.26	1.58	0.49	3.33
细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i>	1.18	1.27	0.53	2.98

3.2 优势种群结构、静态生命表和存活曲线

3 600 m² 样地群落优势种米槠、杨梅叶蚊母树、罗浮栲及黄瑞木数量的统计如图 1。从图 1 可以看出 4 个优势种群结构都属于基部宽顶部窄的金字塔型结构, 即为增长型种群, 表现出有丰富的幼苗贮备。杨梅叶蚊母树和罗浮栲的 I、II 级幼苗分别占其种群个体总数的 92.3% 和 95.4%, 而 III 级幼树分别只占其种群个体总数的 6.07% 和 1.82%。米槠的中树和大树明显多于其它三种, 但其幼苗小于杨梅叶蚊母树和罗浮栲。黄瑞木 III 级幼树与米槠相等, 而其它各阶段的个体数均小于米槠相应阶段的个体数。从静态生命表可见, 各优势种群幼苗占有较大比重, 表明它们均为增长型(表 2)。

存活曲线是根据生命表绘制的, Silvertown(1982)提出, 对于长生命期的多年生植物(主要是乔、灌木)可应用静态生命表(Static life table)来分析种群的动态^[14]。根据优势种群的静态生命表(把各立木级的现存个体数转化为标准数, 一般为 1 000)绘出各优势种群的存活曲线(图 2)。按 Leak^[15]的划

分,存活曲线凹型是增长型种群(Increasing population),直线型是稳定种群(Stationary population)。从图 2 的存活曲线上看,其形状介于凹型和直线型之间,这表明各优势种群处于稳定增长的状态。这一结果和种群结构图和静态生命表的分析结果相一致。米楮的存活曲线更趋近于凹型,说明该种群具有更强的增长型特征,是典型的增长种群。

表 2 米楮、杨梅叶蚊母树、罗浮栲和黄瑞木种群静态生命表

Table 2 Static life table of *Custanopsis carlesii*, *Distylium myricoides*, *Custanopsis fabri*, and *Adinandra millettii* populations

C	米楮 <i>C. carlesii</i>		杨梅叶蚊母树 <i>D. myricoides</i>		罗浮栲 <i>C. fabri</i>		黄瑞木 <i>A. millettii</i>	
	I	P	I	P	I	P	I	P
I II	867	65.10	8197	92.36	2942	95.49	375	69.19
III	131	9.83	539	6.07	56	1.82	131	24.17
IV	203	15.24	136	1.53	72	2.34	36	6.64
V	131	9.83	3	0.04	11	0.35	0	0.00

C: 立木级 Diameter cla: I: 现存个体数 Standing individuals; P: 各阶段在种群中的百分比 Percentage in population at various class

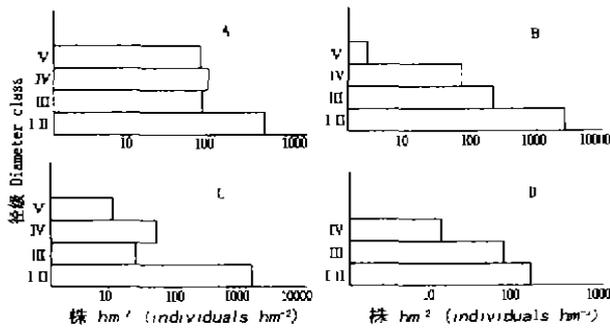


图 1 米楮(A)、杨梅叶蚊母树(B)、罗浮栲(C)和黄瑞木(D)种群大小的结构

Fig.1 Number of individuals in populations of *C. carlesii* (A), *D. myricoides* (B), *C. fabri* (C) and *A. millettii* (D) Diameter (D) class: I = sapling with D < 2.5 cm and height < 33 cm; II = sapling, height ≥ 33 cm; III = young tree with D 2.5–7.5 cm; IV = median tree, D 7.5–22.5 cm; V = big tree D ≥ 22.5 cm

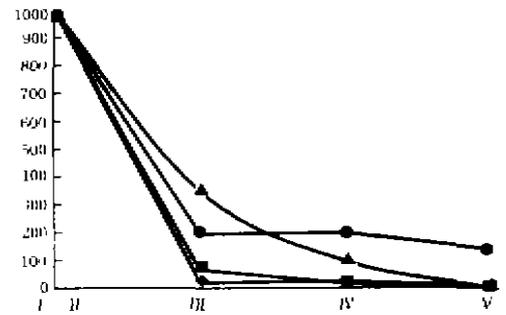


图 2 米楮(A)、杨梅叶蚊母树(B)、罗浮栲(C)和黄瑞木(D)种群存活曲线图

Fig. 2 Survival curves of the populations of *C. carlesii* (A), *D. myricoides* (B), *C. fabri* (C) and *A. millettii* (D) ● A ■ B ◆ C ▲ D: For I to V see Fig. 1

3.3 优势种群空间分布格局及其动态

优势种群空间分布格局 聚集度指标测定表明(表 3), 4 个优势种群的方差均值比率均大于 1, 达到显著水平($t > t_{0.05}$)为集群分布, 但是各优势种群的聚集程度不同, 米楮的聚集程度最小, K 值为 1.2877, 黄瑞木聚集程度最强, K 值为 0.2661。影响优势种群分布格局的主要因素是种群本身的生物生态学特性, 如米楮是靠种子繁殖, 果实较大、较重, 壳斗为不规则瓣裂, 其传播距离不远, 常散布于母树周围, 加上它们的幼苗在群落中对环境的适应性强, 容易成活、长大, 种子萌发率和幼苗成活率均较高, 所以米楮种群的分布格局呈现集群分布。

不同发育阶段优势种群的空间分布格局 同一种群在不同发育阶段的空间分布格局存在差异(表 4)。米楮种群在 3 个阶段的空间分布格局都呈集群分布, 且大树的聚集强度较大, 表现出米楮在该群落中占据着重要位置, 且中树、大树占有绝对的优势, 从而成为该群落的建群种。通常

发展中的种群其分布格局是由随机分布向集群分布转变,米槠已完成随机分布的过程,正处于集群分布阶段。尽管米槠种群在不同发育阶段均呈现集群分布,但聚集程度不一样,小树和大树聚集强度大于中树,且以大树最大。分析米槠种群分布格局产生动态变化的原因,发现影响不同发育阶段种群分布格局的因素是不同的。在小树阶段,其分布格局主要是由米槠本身的生物生态学特性决定的,在蔽荫环境中,米槠种子能正常发芽,生长很快,在与其他树种的竞争过程中,经常处于优势的位置,并逐步扩展。随着种群的继续发育,密度制约因素引起的种内和种间竞争加剧,增加种群个体的死亡,导致了种群个体密度迅速下降。也就是说,在中树和大树阶段影响其种群分布格局的主要原因已不再是种群本身生物生态学特性单方面的因素,而是由环境条件等诸多因素共同决定的。

表 3 优势种群在群落中的分布格局

Table 3 Spatial pattern of dominant populations in community

优势种 Dominant species	S ²	\bar{x}	S ² / \bar{x}	T 检验 T test	分布型 Distribution pattern	K	m*/ \bar{x}	l	m*
米槠 <i>C. carlesii</i>	2.2041	1.1597	1.9006	7.6128	Clump	1.2877	1.8072	0.9006	2.0958
杨梅叶蚊母树 <i>D. myricoides</i>	10.7803	1.6736	6.4414	45.9966	Clump	0.3076	4.2322	5.4144	7.0830
罗浮栲 <i>C. fabri</i>	0.5978	0.3472	1.7219	6.1022	Clump	0.4810	3.1106	0.7219	1.0800
黄瑞木 <i>A. millettii</i>	1.0980	0.4236	2.5920	13.4569	Clump	0.2661	4.6827	1.5920	1.9836

S²: 方差 Variance; \bar{x} : 平均数 Mean; S²/ \bar{x} : 方差均值比率 Variance/mean; K: 负二项式分布指数 Negative binomial distribution index; m*/ \bar{x} : 聚块性指数 Patches index; l: 丛生指标 Clump; m*: 平均拥挤度 Mean crowding

表 4 优势种群各立木级分布格局测定结果

Table 4 Spatial pattern of dominant populations at different diameter class

优势种 Dominant species	C	S ²	\bar{x}	S ² / \bar{x}	T 检验 T test	分布型 Distribution pattern	K	m*/ \bar{x}	l	m*
米槠 <i>C. carlesii</i>	S	0.4871	0.3264	1.4924	4.1626	Clump	0.6630	2.4771	0.4924	0.8085
	M	0.6993	0.5069	1.3793	3.2082	Clump	1.3355	1.7296	0.3793	0.8767
	L	0.5710	0.3264	1.7495	6.3357	Clump	0.4356	3.2593	0.7495	1.0638
杨梅叶蚊母树 <i>D. myricoides</i>	S	8.8731	1.3264	6.6896	48.0948	Clump	0.2331	5.3208	5.6896	7.0576
	M	0.5937	0.3403	1.7445	6.2934	Clump	0.4570	3.9581	0.7445	1.3469
	L	0.0069	0.0069	1.000	0.0000	Random	-	0.000	0.0000	0.0000
罗浮栲 <i>C. fabri</i>	S	0.2044	0.1389	1.4712	3.9832	Clump	0.2946	4.3197	0.4712	0.6000
	M	0.2609	0.1806	1.4445	3.7575	Clump	0.4062	3.4074	0.4445	0.6154
	L	0.0278	0.0278	1.0000	0.0000	Random	-	0.0000	0.0000	0.0000
黄瑞木 <i>A. millettii</i>	S	0.8570	0.3056	2.8043	15.2519	Clump	0.1694	6.8420	1.8043	2.0909
	M	0.1328	0.1181	1.1245	1.0528	Random	0.9481	1.9923	0.1245	0.2353
	L	0.0000	0.0000	-	-	-	-	-	-	-

C: 立木级 Diameter class; S: 幼树 Sapling tree; M: 中树 Median tree; L: 大树 Large tree; S², \bar{x} , S²/ \bar{x} , K, m*/ \bar{x} , l, m* are the same as Table 3.

杨梅叶蚊母树种群在幼树、中树阶段的空间分布均为集群分布,且聚集强度较高,中树阶段虽为集群分布,但是集群强度减弱,到大树阶段则变为随机分布。聚块性指数用来分析种群中个体的聚集或扩散的趋势,中树阶段聚块性指数减少,有扩散的趋势,但强度不大,到大树阶段,种群表现出较强的扩散趋势,表现为随机分布。其分布格局和动态取决于种群生物学特性和生境条件及其相互作用。杨梅叶蚊母树为灌木,喜阴湿环境,高大的乔木层为其生存提供了良好的小生境,在

幼苗期表现为聚集分布,随着个体的生长,同一物种和不同物种之间为了生存而相互竞争、排斥,到中树阶段聚集度已有所下降,到大树阶段,由于与其它乔木的竞争增强,一般呈随机分布。

罗浮栲幼树、中树都呈集群分布,大树呈随机分布,罗浮栲种子能在荫蔽条件下萌发,幼苗、幼树能耐一定荫蔽,高大的乔木层为罗浮栲提供这一条件,因此,经过一定时期,罗浮栲将与米槠共同占据林冠层。黄瑞木种群在幼树阶段为集群分布,且聚集强度较高, K 值为 0.1694,到中树阶段有明显的扩散趋势,虽然仍有集群分布的趋向,但是没有达到显著水平,而成为随机分布。

优势种群空间分布格局分析 将各种群划分为 1、2、4、8、16、32 共 6 个区组(每 1 单位格子面积为 100 m^2 , 即 1S), 采用 Greig-Smith 方法^[12,13]对米槠、杨梅叶蚊母树、罗浮栲和黄瑞木种群空间分布格局进行分析(表 5)。这 4 种优势种的均方比都有明显的峰值,前三者的均方比峰值出现在 8S 区组上,而黄瑞木的出现在 16S 区组上,每一物种对应的均方比峰值代表不同格局规模的平均面积,也说明 4 种优势种聚集程度明显。

表 5 不同区组优势种群空间分布格局分析结果
Table 5 Spatial pattern analysis of dominant populations at different plots

优势种 Species	均方比 Mean variance ratio (Individual ²)				
	1S	2S	4S	8S	16S
米槠 <i>C. arbutifolia</i>	8.8125	5.8125	3.0000	50.0000	0.1250
杨梅叶蚊母树 <i>D. myricoides</i>	41.8125	46.0000	66.2500	266.5000	40.5000
罗浮栲 <i>C. fabri</i>	1.5000	0.2500	1.6875	4.2500	0.1250
黄瑞木 <i>A. millettii</i>	4.3750	2.9375	7.3125	3.1250	40.5000

4 讨论

4 个优势种群的种群结构、静态生命表和存活曲线都表明它们为增长型,尤其是杨梅叶蚊母树和罗浮栲,它们有相当丰富的幼苗,杨梅叶蚊母树为灌木,长成中、大树的机率小,而罗浮栲为亚热带常绿阔叶林常见树种,它萌芽性强、速生,经过一定时期,它的中、大树将得到补充。米槠的中树和大树均超过其他优势种群,而其幼苗(I、II 级幼苗)较少,在 4 种优势种中,米槠的幼苗占种群总个体的比率最小为 65.09%,但总体上说来米槠种群为增长型。

从整个群落来看,4 种优势种群的分布格局均呈集群分布,与郑元润^[16]、吴宁^[17]和张利权^[18]的研究结果一致,即绝大多数自然种群都服从聚集分布而不服从随机分布。随着种群个体的生长发育,其分布格局也在不断变化,随个体的年龄与体积的增大,它们对环境条件的要求更高,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^[4,9]。米槠种群在同一群落中的不同发育阶段上分布格局均呈集群分布,且大树的聚集程度更大, K 值为 0.4356。幼苗、幼树呈集群分布与其种子传播有密切的关系,它的果实为坚果,以重力传播为主,成熟果实和种子都集中在母树周围,在种子萌发和幼苗生长的相当长的时期内,如果环境变化不大,这种集群分布仍然延续。同时该群落中的杨梅叶蚊母树和黄瑞木为灌木或小乔木,也为米槠的生长提供了良好的环境条件。因为罗浮栲为速生树种,它将和米槠共同占据林冠层,形成典型的、多树种组成的、稳定的常绿阔叶林群落。

对于杨梅叶蚊母树、罗浮栲和黄瑞木种群分布格局的动态而言,从幼树→中树→大树阶段种群的分布格局,由集群分布逐渐向随机分布过渡。幼苗和幼树阶段,种群分布格局表现为集群分布是由其本身的生物学和生态学特性决定的,它们的种子散落在母树的周围,造成幼苗和幼树的集

群分布;幼树向中树转化的过程中,有扩散的趋势,但是在此阶段仍然是集群分布,中树向大树转化的过程中,明显呈扩散趋势,群聚解体,能成为大树、进入主林层的个体必然是同一群聚内个体间竞争的优势者,其抢占上层空间的生态位,并在资源利用上占据优势。它们在由中树向大树的转化过程中,除了种内的竞争外,还要强烈地与群落内其他物种竞争地上部分和地下部分的资源,因此死亡率较高,自疏与它疏都较严重,种群在空间的扩散较强烈,进入主林层的大树数量少,只能与早先的大树共同分享生存空间,一般呈随机分布。种群在幼年阶段聚集强度高有利于存活和发展群体效应,而成年时,由于个体增大,集群强度降低则有利于获得足够的环境资源。由于种群之间的竞争,形成复杂种间关系,推动群落的演替进展。正是种群在群落水平上的自我调节,使植物群落对环境资源的部分利用发展到充分利用,植物群落结构和环境才得以向稳定方向发展并延续。由于 4 种优势种群为增长型种群,只要减少人为干扰,加强保护,就会有一个正向演替,使米槠林得到有效发展。

参考文献:

- [1] 彭少麟. 森林群落的波动 [J]. 应用生态学报, 1993, 4(2):120-125.
- [2] 苏志尧, 吴大荣, 陈北光. 粤北优势种群的结构和动态格局 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(3):337-341.
- [3] 刘玉成, 缪世利. 缙云山常绿阔叶林次生演替优势种群动态 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(1): 26-35.
- [4] 刘智慧. 四川省缙云山栲树种群结构和动态的初步研究 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14(2) 120-128.
- [5] 洪伟, 吴承祜. Shannon-Wiener 指数的改进 [J]. 热带亚热带植物学报, 1999, 7(2): 120-124.
- [6] 毕晓丽, 洪伟, 吴承祜, 等. 武夷山米槠种群生命表分析 [J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(3):243-247.
- [7] 吴承祜, 洪伟, 郑群端. 福建万木林自然保护区观光木群落物种相对多度模型的拟合研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(3): 235-242.
- [8] 吴承祜, 洪伟, 吴继林, 等. 两种珍稀植物群落物种多度分布的核方法研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(4):301-307.
- [9] 陆阳. 南亚热带森林种群分布格局取样技术研究 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(4):273-282.
- [10] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1980, 25-27.
- [11] 洪伟. 闽江流域森林生态研究 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2000, 64-84.
- [12] Greig-Smith P. Data on pattern within plant communities. I. The analysis of pattern [J]. J Ecol, 1961, 49: 695-702.
- [13] Greig-Smith P. Data on pattern within plant communities. II. *Ammophila arenaria* (L.) Link [J]. J Ecol, 1961, 49:703-708.
- [14] 吴承祜, 洪伟, 谢金寿, 等. 长苞铁杉种群生命表分析 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(3):333-336.
- [15] Leak W B. An expression of diameter distribution for unbalanced, uneven-age stands and forests [J]. For Sci, 1964, 10:39-50
- [16] 郑元润. 不同方法在沙地云杉种群分布格局分析中的运用性研究 [J]. 植物生态学报, 1997, 21(5): 480-484.
- [17] 吴宁. 贡嘎山麦吊杉群落优势种群的分布格局及相互关系 [J]. 植物生态学报, 1995, 19(3):270-278.
- [18] 张利权. 浙江省松阳县黄山松种群的年龄结构与分布格局 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(4): 328-335.
- [19] 徐文铎, 郑元润. 沙地云杉种群结构与动态的研究 [J]. 应用生态学报, 1993, 4(2):126-130.