

三峡库区常绿阔叶林优势种群的结构和格局动态

赖江山^{1,2}, 张 湓¹, 谢宗强^{1,*}

(1. 中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:重庆丰都世坪森林公园的常绿阔叶林是长江三峡库区低海拔区残存的较典型的常绿阔叶林。在此地选择具有代表性群落设立 1hm² 固定样地, 应用相邻格子法进行每木调查, 通过乔木层优势种群结构和格局研究, 探讨群落的特点和动态。结果表明: (1) 此群落的优势树种是小红栲 (*Castanopsis carlesii*)、丝栗栲 (*Castanopsis fargesii*) 和枫香 (*Liquidambar formosana*)。 (2) 小红栲和丝栗栲种群立木级结构呈不规则金字塔型, 幼苗储备丰富, 为增长种群, 种群从 I、II 级幼苗发育到幼树过程中的死亡率较高, 中等径级的株数偏少。枫香种群幼苗缺乏, 为衰退种群。 (3) 应用偏离指数、Lloyd 的平均拥挤度和聚块性指数及 Morisita 指数, 在 10 × 10m² 尺度下对优势种群进行格局分析, 发现 3 种优势种群成树总体上均为集群分布; 小红栲和丝栗栲种群在发育过程中分布格局是由集群分布过渡到随机分布, 而枫香是由随机分布过渡到集群分布。

关键词: 小红栲; 丝栗栲; 枫香; 增长种群; 衰退种群; 集群分布; 随机分布

文章编号: 1000-0933(2006)04-1073-07 中图分类号: Q948.1 文献标识码: A

Structure and distribution pattern of dominant populations in the evergreen broad-leaved forest in Three Gorges Reservoir Area

LAI Jiang-Shan^{1,2}, ZHANG Mi¹, XIE Zong-Qiang^{1,*} (1. Key Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1073 ~ 1079.

Abstract: Evergreen broadleaved forests, widely distributing from 22° to 40° north and south in latitude, are mainly dominated by species of Fagaceae, Lauraceae, Theaceae and Magnoliaceae, etc. The largest and most typical one is in China, occupying over 2.5 million square kilometers, across more than ten latitudes. Evergreen broadleaved forests are precious in China for their great ecological, economical and social benefits.

Three Gorges Reservoir Area (TGRA), extending from Yichang in Hubei province to Banan district in Chongqing Municipality, involving 20 counties, is about 54000 km². On the northern border of the middle subtropical zone in China, it is affected by subtropical monsoon climate. So the zonal vegetation would be the evergreen broadleaved forests. However, the zonal vegetation in this area has been destroyed enormously due to agricultural activities.

The *Castanopsis* forest in Shiping Forest Park in Fengdu county, Chongqing municipality, is the remaining typical evergreen broadleaved forest in TGRA. It is the secondary evergreen broadleaved forest which was restored through mountain closure after clear cutting in 1958.

The research plot was located in Shiping Forest Park (29°47'40"N, 107°37'40"E). The 1.0 hm² permanent plot was established in 2001, and was divided into 100 subplots. All the trees whose stems are over 2.5 cm in DBH were identified,

基金项目: 中国科学院资助项目 (KSCX2-SW-109); 国务院三峡工程建设委员会资助项目 (SX2004-011)

收稿日期: 2005-03-21; **修订日期:** 2005-09-10

作者简介: 赖江山 (1979 ~), 男, 福建漳州人, 博士生, 主要从事植物生态学研究. E-mail: lai@ibcas.ac.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Xie@ibcas.ac.cn

致谢: 陈伟烈、熊高明、樊大勇、于倩、衣英华、王华等参与样地调查, 陈伟烈、李振宇、高贤明帮助鉴定样地标本, 在此表示感谢

Foundation item: The project was supported by CAS' Knowledge Innovative Project (No. KSCX2-SW-109) and the State Council Three Gorges Construction Committee Project of China (No. SX2004-011)

Received date: 2005-03-21; **Accepted date:** 2005-09-10

Biography: LAI Jiang-Shan, Ph. D. candidate, mainly engaged in plant ecology. E-mail: lai@ibcas.ac.cn

measured, tagged, and mapped.

The community totally maintained of 39 woody plant species, belonging to 22 families and 29 genera (Tab.1). The dominant families were Lauraceae, Fagaceae, Symplocaceae and Coprifoliaceae. There were total 650 trees in the tree layer. Evergreen species made up 67.8% of Importance Values, and deciduous trees were 33.2%. *Castanopsis carlesii*, *Castanopsis fargesii* and *Liquidambar formosana* were dominant species.

The size-class distribution of *C. carlesii* and *C. fargesii* showed positive pyramidal type (Fig.1), indicating that both of them had rich saplings banks and regenerated well. The mid-size trees of the two *Castanopsis* species were few. It was supposed to result from the inter- and intra-specific competition. The size-class distribution of *L. formosana* showed negative pyramidal type, indicating that it lacked saplings banks and regenerated poorly.

Distribution pattern was analyzed using David and Moore's index, Lloyd's index and Morisita's index on plot size of 10 m × 10 m (Table 2). Each of the three dominant populations was divided into five classes as I: height < 33cm, II: height > 33 and DBH < 2.5 cm, III: DBH 2.5 ~ 7.5 cm, IV: DBH 7.5 ~ 22.5 cm and V: DBH > 22.5cm. The distribution patterns of adult trees in the three dominant populations were clumped pattern as a whole, and those of *C. carlesii* and *C. fargesii* changed from clumped pattern to random pattern during their upgrowth. While those of *L. formosana* altered from random pattern to clumped pattern. The results show significant correlation between the distribution pattern and number of trees.

Key words: *Castanopsis carlesii*; *Castanopsis fargesii*; *Liquidambar formosana*; progressive population declining population; clumped pattern; random pattern

常绿阔叶林是指壳斗科(Fagaceae), 樟科(Lauraceae), 山茶科(Theaceae)、木兰科(Magnoliaceae)等的常绿树种为主组成的森林, 因为分布于亚热带湿润气候条件下, 故也称为亚热带常绿阔叶林^[1]。亚热带常绿阔叶林大致分布在南北纬度 22° ~ 40° 之间的地区。由于受副亚热带高压的影响, 该区大范围陆地都分布着荒漠和沙漠, 因此全球亚热带常绿阔叶林的面积不大。由于特殊的地理环境, 我国的常绿阔叶林在全球分布面积最大, 发育最典型, 它横跨 10 个纬度以上, 北起秦岭-淮河, 南到两广南部, 西至四川和云南的大部分地区, 约分布在 250 余万 km² 范围内^[1]。我国亚热带常绿阔叶林群落类型丰富, 生物多样性较高, 对保护环境、维持全球性碳循环的平衡和人类可持续发展都具有极其重要的作用。

三峡库区东起湖北宜昌, 西迄重庆巴南区, 范围涉及湖北省、重庆市 20 个县(市、区), 幅员面积约 5.4 万 km²^[2]。三峡库区位于我国中亚热带北缘, 受亚热带季风气候的影响, 地带性植被是以栲(*Castanopsis*), 楠木属(*Phoebe*)为主的常绿阔叶林^[3]。但是, 经过数千年的垦殖, 库区的植被已发生了巨大的变化, 在海拔 1000m 以下的低海拔地区, 除残存小面积的未受人为强烈干扰的群落外, 几乎难以找到能反映原来面貌的植被类型。原始性的自然植被, 只有在中山以上地段才能见到。在三峡库区, 现在广泛分布的是马尾松林、柏木林及它们的疏林、各种灌丛、草地和农田^[3], 仅在库区东北部和南部山地残留原始性植被, 支撑着这些支流河源的生态功能。

重庆丰都世坪森林公园的栲树林是长江三峡库区低海拔区至今发现的残存的较典型的常绿阔叶林^[4]。根据调查, 该栲树林是 1958 年大面积皆伐后经长期封山育林恢复起来的次生常绿阔叶混交林。由于三峡库区低海拔地区地带性植被破坏殆尽, 而世坪地处三峡水库库腰地段, 所以这片森林对涵养库区水源、保持水土、延长水库寿命有重要的示范作用^[4]。同时, 它对库区退化生态系统恢复和重建都具有十分重要的意义。因此, 对该森林群落进行全面深入的研究是非常必要的。而优势种群以其在群落中的重要性而占据主导地位, 探讨优势种群的结构和分布格局对于全面认识该群落的发生与演替有着非常重要的意义。

1 研究地点及方法

1.1 研究地自然状况

重庆丰都世坪森林公园地理位置为 29°47'40"N, 107°37'40"E, 海拔 350 ~ 790m, 面积约 400hm²。境内年平均气温 18.3℃, 年平均降水量 1267.5mm。具有冬冷无严寒, 春早冷暖多变, 夏热多伏旱, 秋凉多绵雨的气候特

点。土壤为砂页岩母岩上发育的黄壤、黄棕壤, $\text{pH} < 5$ 。土层深厚肥沃, 表层腐殖质含量丰富。

1.2 研究方法

1.2.1 样地调查 选择该地区具有代表性的森林群落, 依照中国科学院森林生物多样性监测规范设立固定样地。样地为 $100 \times 100 \text{m}^2$ (水平投影) 的正方形, 海拔 $559 \sim 754 \text{m}$, 平均坡度 33.5° 。将样地分为 100 个 $10 \times 10 \text{m}^2$ 的小样方进行调查, 对胸径 2.5cm 以上的乔木每木检尺、挂牌并定位, 记录树种名、胸径、树高、枝下高、冠幅等; 对胸径 2.5cm 以下幼树、幼苗, 记其株数并测量株高; 最后调查灌木层和草本层植物, 记录各物种的高度、盖度、多度等。

1.2.2 种群数量和结构的建立 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。它不仅反映了种群内不同年龄个体的组配情况, 也反映了种群数量动态及其发展趋势, 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^[5,6]。对于栲树种群来说, 由于其木材坚硬, 不易钻取木芯, 没有可靠的外部特征可以确定其年龄, 因而要确定其个体年龄较为困难, 通过伐木来得到每个个体年龄又破坏性较大, 鉴于此, 这里采用大小结构代替年龄结构分析优势种群的结构动态特征。大小结构按两种方式处理, 胸径 2.5cm 以下的幼树按树高分为两级: I 级高小于 33cm , II 级高大 33cm ; 胸径大于 2.5cm 以上者, 则按胸径大小分级, 径阶为 5cm 。根据上述大小级划分标准, 以大小级为横轴, 以各大小级的株数为纵轴分别作优势种群大小级分布图。

1.2.3 空间分布格局 种群空间分布格局是生物群落中各种内外因素相互作用最直接的反应, 它是了解种群特征、种间关系以及种群与环境关系的重要手段^[7,8]。群落中种群的空间格局不仅因种而异, 而且同一种在不同的发育阶段及生境条件下也有明显的差别。本文借用和研究种群动态时所用的以空间差异代替时间变化的理论, 用不同大小等级种群的分布格局变化来揭示 3 种优势种群发育过程中分布格局的动态变化。参照国内惯用的分级标准, 结合本次调查实际情况, 把种群个体按以下 5 个不同的大小等级处理:

I 级 幼苗, 高度小于 33cm ;

II 级 幼树, 高度大于 33cm , 胸径小于 2.5cm ;

III 级 小树, 高度同上, 胸径 $2.5 \sim 7.5 \text{cm}$;

IV 级 中树, 高度同上, 胸径 $7.5 \sim 22.5 \text{cm}$;

V 级 大树, 高度同上, 胸径大于 22.5cm ;

另外, 把胸径大于 2.5cm 的个体总合记为“成树”, 分别作格局分析, 并比较 3 种优势种群“成树”之间的格局差异。

格局分析可以分为基于距离的分析方法和基于样方的分析方法两类^[9-12]。本研究以样方为基础采用相邻格子样方进行格局分析, 这种取样方法在亚热带森林群落中被认为是比较适用的^[13]。尺度问题一直是格局分析中十分重要的方面, 不同的样方大小可能得到不同的格局结果。陆阳^[13]在研究南亚热带森林种群分布格局时, 认为 $10 \times 10 \text{m}^2$ 的面积是研究亚热带常绿阔叶林群落中种群格局合适的样方大小。本研究选择样方为 $10 \times 10 \text{m}^2$, 总共包含样方 100 个。

格局分析指标包括: (1) 偏离指数 (方差均值比); (2) Lloyd 平均拥挤度和聚块性指数; (3) Morisita 指数。

(1) 偏离指数 (方差均值比)^[14]

$$c = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

其统计学基础是 Poisson 分布。方差与均值相等 ($c = 1$) 判定为随机分布; $c < 1$ 为均匀分布; $c > 1$ 为集群

分布。该值的显著性可用 t -检验:

$$t = \frac{\frac{s^2}{\bar{x}} - 1}{\sqrt{2/(n-1)}}$$

比较 t 与 $t_{0.05}(n-1)$ 确定其差异显著性。

(2) Lloyd^[15] 的平均拥挤度 (m^*)

$$m^* = \frac{\sum x^2}{\sum x} - 1 = \bar{x} + \frac{s^2 - \bar{x}}{\bar{x}}$$

聚块性指数为 m^*/m , m 为样本平均值。平均拥挤度表示每个个体在同一单位中的其它个体的平均数, 由于针对每个个体, 其值依赖于现有的总个体数。聚块性指数考虑了空间格局本身的性质, 并不涉及密度, 其值越大, 集聚性越强^[16]。

(3) Morisita 指数^[17]

$$I_{\delta} = \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \cdot n$$

如果个体是随机分布的, $I_{\delta} = 1$; 趋于均匀分布则 $I_{\delta} < 1$; 趋于集群分布则 $I_{\delta} > 1$ 。该方法可用 F 检验:

$$F = \frac{I_{\delta}(\sum x + 1) + n - \sum x}{n - 1}$$

分子自由度为 $n - 1$, 分母自由度为 ∞ 。

以上公式中, n 为样方数, x 为样方中的观测值, $\bar{x}$ 为样方中观测值的平均值, s^2 为样本方差。

2 研究结果与分析

2.1 群落乔木层的基本组成及结构

调查结果表明, 1hm² 样地里乔木层共有高等植物 39 种, 分属 22 科 29 个属, 其中种类较多的科有樟科(3 属 4 种), 壳斗科(2 属 4 种)、忍冬科(2 属 3 种)、山矾科(1 属 3 种), 这 4 个科占乔木层全部物种的 35.9%。剩下的分别是 3 个 2 属 2 种的科、4 个 1 属 2 种的科和 11 个 1 属 1 种的科。根据群落乔木层树种的密度、胸径、频度等, 计算得到群落乔木层主要物种的重要值(表 1)。群落乔木层共有 650 株, 其中, 常绿树种 435 株, 重要值占 67.8; 落叶树种 225 株, 重要值占 33.2。从表 1 看出, 小红栲(*Castanopsis carlesii*) 的重要值占 24.03, 位于本群落之首, 相对密度、相对优势度和相对频度均居各物种之冠。丝栗栲(*Castanopsis fargesii*) 和枫香(*Liquidambar formosana*) 重要值分别为 17.22 和 12.65。其他物种的重要值均没有超过 5。据此, 可以认为此群落是以“小红栲 + 丝栗栲 + 枫香”为优势种的次生常绿阔叶林。

表 1 群落中 10 种主要植物的重要值
Table 1 Importance values of 10 tree species in the community

种名 Species	相对密度 Relative density	相对优势度 Relative dominance	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value	重要值序 IV order
小红栲 <i>Castanopsis carlesii</i>	21.69	32.06	18.34	24.03	1
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	16.77	23.58	11.31	17.22	2
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	12.92	14.96	10.05	12.65	3
栎叶荚蒾 <i>Viburnum betulifolium</i>	6.92	0.89	6.03	4.61	4
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	3.85	3.01	5.53	4.13	5
南酸枣 <i>Choerospodias axillaris</i>	2.62	5.42	3.27	3.77	6
四川冬青 <i>Ilex szechwanensis</i>	3.69	2.05	5.53	3.76	7
灯台 <i>Cornus controversa</i>	2.92	4.85	3.02	3.60	8
薯豆 <i>Elaeocarpus japonicus</i>	3.38	3.10	4.02	3.50	9
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	3.85	1.04	3.02	2.63	10
其余 29 种 other 29 species				20.10	

2.2 优势种群的数量与结构

1hm² 样地群落优势种群小红栲、丝栗栲和枫香各大小级数量统计见图 1。小红栲和丝栗栲大小级分布图的形状基本相似, 都具有基部极宽顶部狭窄的金字塔型结构(从图 1)。经统计, 小红栲 $DBH < 2.5\text{cm}$ 幼树、幼苗占全体植株的 91.40%, 其中, I 级幼苗占 69.0%, II 级幼树占 22.39%; 丝栗栲 $DBH < 2.5\text{cm}$ 幼树占全体植株的 91.07%, 其中, I 级幼苗占 77.03%, II 级幼树占 14.04%; 表明小红栲和丝栗栲种群有极其丰富的幼苗储备, 属于增长型种群。另外, 两种栲树的金字塔型都不是很规则, 有一个共同的倾向, 金字塔中间有不同程度凹陷, 即中等径级的株数比较少。与两种栲树的种群结构很不相同的是, 枫香在群落中无 $DBH < 2.5\text{cm}$ 更新幼苗, $2.5\text{cm} < DBH < 32.5\text{cm}$ 占全部植株的 91.82%, 其中 $7.5\text{cm} < DBH < 22.5\text{cm}$ 即中等胸径的个体占 54.55%, 而 $DBH > 32.5\text{cm}$ 大树才占 8.18%。

2.3 优势种群空间分布格局

应用偏离指数及 Morisita 指数两种指数分别对 3 种优势种群不同等级和“成树”总体的格局判别(表 2)。3 种优势种群在群落中成树总体上都是呈集群分布。小红栲和丝栗栲在群落发育过程中分布格局变化很相似,第Ⅰ等级均是呈高度集群分布,第Ⅱ等级也呈集群分布,但是聚集强度明显小于Ⅰ等级,第Ⅲ等级也呈集群分布,但是处于从集群分布到随机分布的过渡阶段,第Ⅳ、Ⅴ等级已经呈现明显的随机分布。这就揭示了此处小红栲和丝栗栲两种栲树种群在其发育过程中分布格局是由集群分布过渡到随机分布。枫香没有幼苗,所以从第Ⅲ级开始分析。与小红栲和丝栗栲发育过程分布格局很不相同的是,枫香第Ⅲ级呈随机分布,而第Ⅳ、Ⅴ级呈集群分布,说明此群落枫香种群在发育过程是由随机分布走向集群分布。

3 讨论

本群落是在 1958 年大面积皆伐后经封山育林自然恢复起来的残存的次生常绿阔叶混交林。破坏后的迹地如果不再受人为干扰,还能经过萌生灌丛或萌生林阶段,形成了针阔混交林和常绿落叶阔叶混交林,最后恢复为次生的常绿阔叶林,这是亚热带常绿阔叶林地带进展演替的通常模式^[1]。从群落乔木层分析结果可以看出,群落中常绿树种的重要值占 67.8%;落叶树种重要值占 33.2%。可以初步认为此群落处于演替过程常绿落叶阔叶混交林阶段。

此群落中小红栲和丝栗栲有丰富的幼苗储备,可以维持种群的更新,也说明这两栲树种群在群落中处于增长状态。从小红栲和丝栗栲Ⅰ、Ⅱ级幼苗所占的比例说明小红栲和丝栗栲在幼苗的生长过程存在两个死亡高峰,即从Ⅰ级到Ⅱ级是一个死亡高峰,从Ⅱ级到小树又是一个死亡高峰。另外,两种栲树的金字塔型都不是很规则,有一个共同的倾向,金字塔中间有不同程度凹陷,即中等径级的株数比较少,这反映了此群落中栲树种群结构上的一个特征,从种群动态方面分析,这可能是由于种内和种间竞争造成的。小红栲和丝栗栲均是亚热带的耐荫性树种,其种子在林下能较好的萌发,所以形成很大的幼苗密度,但是由于林冠的密度大,随着幼苗的继续生长,加剧了种内和种间的竞争,导致大量的幼苗死亡,从而使种群的密度迅速下降,在种群径级结构上出现了中间部分不足的现象。从群落结构上看,除非冠层个体死亡出现林窗,否则下层的幼树很难长大而到达上层。枫香是强阳性树种,由于林内郁闭度比较大,所以林下基本没有枫香幼苗,可以预见,如果群落中不出现重大干扰或林窗,枫香的幼苗很难出现,没有幼苗的补充,随着演替进行,枫香大的个体不断死亡,数量逐渐减少,最后势必被其他种群挤出此群落。具体演替过程,还需定位追踪研究。

研究种群分布格局的目的不仅在于对种群水平格局进行定量描述,更重要的是揭示格局的成因,阐述种群及群落的动态变化。植物种群,特别是长生命期的植物,在其发展过程中,分布格局并不是一成不变的,而是随时间变化表现出动态变化的过程^[18]。一般说来,决定种群的分布格局的原因有多方面,比如环境条件的差异,物种的生物学特性,种内、种间的竞争等等。小红栲和丝栗栲种群在幼苗和幼树阶段,即在集群分布的阶段,其分布格局主要是由它们本身的生物学特性所决定的。栲属果实为坚果,籽粒密实,不易随风传播,成

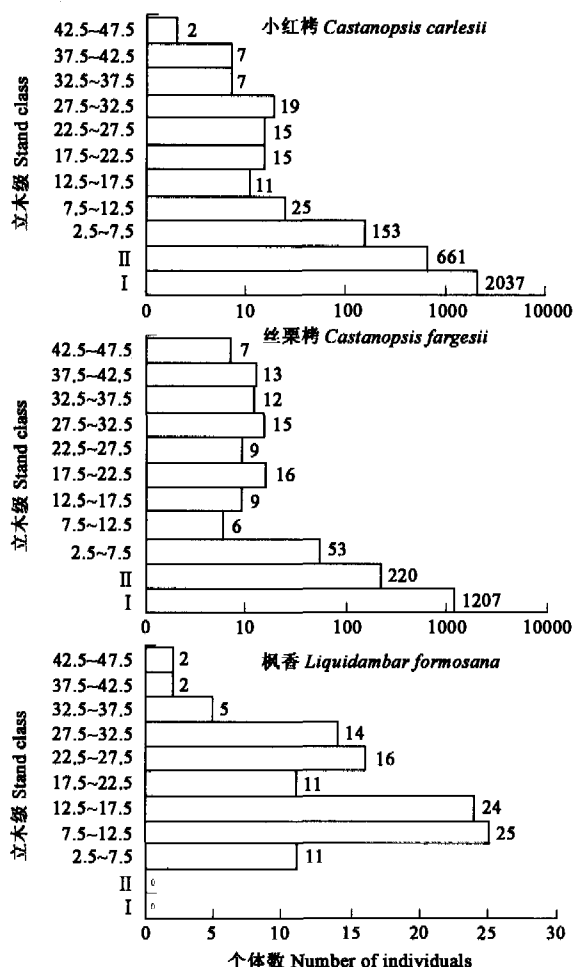


图 1 小红栲、丝栗栲和枫香立木级分布图

Fig.1 Pyramids of tree class on *C. carlessii*, *C. fargesii* and *L. formosana*

熟果实在重力作用下自然下落,如果不考虑动物传播因素,绝大多数种子都不易扩散到树冠覆盖范围以外,因此种群的幼苗就可以在母树周围形成集群分布。这一集群分布的状态可以一直持续到幼树阶段。以后,随着种群的继续发育,种群个体对环境的要求加强,特别是对光的要求。于是使种内和种间的竞争加剧,增加了种群个体的死亡率。因为在种群发育过程中,林冠的郁闭度不断增大,林内透光度很小,从而限制了林内下层个体的继续发育,导致了种群的密度迅速下降。因此,到了中树和大树阶段,种群的分布格局就发生了明显的变化,由集群分布变为随机分布。这说明了这一阶段影响种群分布格局的主要因子是种内和种间的竞争所导致的种群数量动态的变化。枫香种群在发育过成是由随机分布走向集群分布,这可能与枫香各等级数量分布不均有关系,由于枫香幼树很少,群落基本上都是胸径大于 7.5cm 的中大树,这可以从枫香的大小结构图可以看出。幼树数量少必然导致分别格局更接近随机分布,而中大树数量比较多,集群分布的可能性较大。由此可见,种群分布格局的变化是和种群的数量动态变化有关的,是互相联系的,值得更深入的进行研究。另外一个值得注意的因素是地形对种群分布格局的影响,由于此 1hm² 样地不是环境完全等质的平面,所以很可能是地形对这一分布格局有一定的影响,具体地形条件差异与优势种群分布格局的关系,有待进一步研究。

表 2 优势种群的格局判定

Table 2 The distribution pattern identification of dominant populations													
物种名称 Species	等级 Class	样方边长(m)		偏离指数 Coefficient of dispersion				Lloyd 指数 Lloyd's Index		Morisita 指数 Morisita's Index			
		Block	Size number of the block	C	t	t(0.05)	pattern	平均拥挤度 (m*) mean crowding	聚块性指数 m*/m index of patchiness	I _δ	f	f(0.05)	pattern
小红栲 <i>Castanopsis carlesii</i>	I	10	100	54.58	376.95	1.98	c	73.40	3.60	3.61	54.58	1.24	c
	II	10	100	2.87	13.19	1.98	c	5.10	1.57	1.57	2.87	1.24	c
	III	10	100	2.62	11.40	1.98	c	3.12	2.04	2.05	2.62	1.24	c
	IV	10	100	0.98	-0.11	1.98	r	0.43	0.95	0.97	0.98	1.24	r
	V	10	100	1.06	0.41	1.98	r	0.61	1.08	1.10	1.06	1.24	r
	Adults	100	100	2.58	11.19	1.98	c	1.09	1.61	1.62	2.58	1.24	c
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	I	10	100	42.25	290.20	1.98	c	52.89	4.38	4.39	42.25	1.24	c
	II	10	100	1.87	6.16	1.98	c	1.69	2.03	2.06	1.88	1.24	c
	III	10	100	1.46	3.28	1.98	c	0.98	1.85	1.89	1.47	1.24	c
	IV	10	100	1.22	1.53	1.98	r	0.43	1.89	1.98	1.22	1.24	r
	V	10	100	1.11	0.78	1.98	r	0.50	1.25	1.28	1.11	1.24	r
	Adults	10	100	1.65	4.55	1.98	c	2	1.46	1.47	1.65	1.24	c
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	III	10	100	1.23	1.60	1.98	r	0.29	4.08	4.76	1.23	1.24	r
	IV	10	100	1.69	4.87	1.98	c	1.10	2.61	2.67	1.69	1.24	c
	V	10	100	1.29	2.05	1.98	c	0.63	1.80	1.85	1.29	1.24	c
	Adults	10	100	1.89	6.26	1.98	c	1.57	2.24	2.28	1.89	1.24	c

c: 集群分布 Clumped pattern r: 随机分布 Random pattern

References:

[1] Zhong Z C. Ecological research of evergreen broadleaved forest. Chongqing: Southwestern China Normal University Press, 1988. 1 ~ 52.

[2] Yangtze River Conservancy Commission. Studies of affection of Three Gorges Project on ecology and environment. Wuhan: Hubei Science & Technology Press, 1997. 5.

[3] Chen W L, Zhang X Q, Liang S J, et al. Plant and compound agricultural ecosystem in Three Gorges Reservoir Area. Beijing: Science Press, 1994. 11.

[4] Xie Z Q, Chen W L. The remaining evergreen broad-leaved forest and its significance in the Three Gorges Reservoir Area. Acta Phytocologica Sinica, 1998, 22(5): 422 ~ 427.

[5] Peng S L. Fluctuation of forest community. Chinese Journal of Applied Ecology, 1993, 4: 120 ~ 125.

[6] Su Z Y, Wu D R, Chen B G. Structure and spatial pattern dynamics of dominant populations in a natural forest in north Guangdong Province. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11: 337 ~ 341.

[7] Connell J H. Territorial behavior and dispersion in some marine invertebrates. Research in Population Ecology, 1963, 5: 87 ~ 101.

[8] Greig-Smith P. Quantitative plant ecology. 3rd ed. London: Blackwell Scientific Publisher, 1983.

- [9] Pielou E C. An introduction to mathematical ecology. New York: Wiley-interscience, 1969. 82 ~ 148.
- [10] Lamont B B, Fox J E D. Spatial pattern of six sympatric leaf variants and two size classes of *Acacia aneura* in a semi-arid region of Western Australia. *Oikos*, 1981, 37: 73 ~ 79.
- [11] Eccles N S, Esler K J, Cowling R M. Spatial pattern analysis in Namaqualand desert plant communities: evidence for general positive interactions. *Plant Ecology*, 1999, 142: 71 ~ 85.
- [12] Dale M R T. Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 31 ~ 49.
- [13] Lu Y. The application of the sampling method to the population in the lower subtropical forest. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1986, 10: 272 ~ 281.
- [14] David F N, Moore P G. Notes on contagious distribution in plant populations. *Annals of Botany*, 1954, 18: 47 ~ 53.
- [15] Lloyd M. Mean crowing. *Journal of Animal Ecology*, 1967, 36: 1 ~ 30.
- [16] Wang B S, Li M G., Peng S L. Phytotopology. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1995. 10 ~ 15.
- [17] Morisita M. Composition of the I_d index. *Researches in Population Ecology*, 1971, 13: 1 ~ 27.
- [18] Liu Z H. A primary study on the structure and dynamics of *Castanopsis fargesii* population on Jinyun Mountain, Sichuan Province. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1990, 14: 120 ~ 128.

参考文献:

- [1] 钟章成. 常绿阔叶林生态学研究. 重庆: 西南师范大学出版社, 1988. 1 ~ 52.
- [2] 长江水利委员会. 三峡工程生态环境影响研究. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997. 5.
- [3] 陈伟烈, 张喜群, 梁松筠, 等. 三峡库区的植物与复合农业生态系统. 北京: 科学出版社, 1994. 11.
- [4] 谢宗强, 陈伟烈. 三峡库区残存的常绿阔叶林及其意义. *植物生态学报*, 1998, 22(5): 422 ~ 427.
- [5] 彭少麟. 森林群落波动的探讨. *应用生态学报*, 1993, 4: 120 ~ 125.
- [6] 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. *应用生态学*, 2000, 11: 337 ~ 341.
- [13] 陆阳. 南亚热带森林种群分布格局取样技术研究. *植物生态与地植物学学报*, 1986, 10(4): 272 ~ 281.
- [16] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 种群生态学. 广东: 广东高等教育出版社, 1995. 10 ~ 15.
- [18] 刘智慧. 四川缙云山栲树种群结构和动态的初步研究. *植物生态与地植物学学报*, 1990, 14(4): 120 ~ 128.