

江西九连山常绿阔叶林优势种群的 年龄结构与分布格局

简敏菲¹, 刘琪璟^{2*}, 朱 筠¹

(1. 江西师范大学 生命科学学院/江西省亚热带植物资源保护与利用重点实验室,
南昌 330022; 2. 北京林业大学 林学院, 北京 100083)

摘要: 以江西九连山常绿阔叶林为研究对象, 用“空间序列代替时间变化”的方法, 应用统计软件对该地区常绿阔叶林群落优势种群的年龄结构特征和分布格局进行线性回归分析。结果表明: 润楠的存活曲线表现为极显著的线性关系, 罗浮栲与赤楠等种群的存活曲线表现为显著的线性关系; 种群的年龄结构既有稳定型或增长型, 也有衰退波动型, 如木荷、润楠等种群的年龄结构为稳定增长型, 拟赤杨、枫香等种群的年龄结构为衰退型, 丝线吊芙蓉、罗浮槭、鹿角栲等种群的年龄结构由稳定型趋向衰退型。应用聚集度指标、方差和均值比率、负二项式分布等方法研究各主要优势种群的分布格局, 结果为构成群落乔木层的 12 个主要优势种群的分布格局均属聚集分布, 并符合负二项式分布。

关键词: 常绿阔叶林; 种群年龄结构; 种群分布格局; 九连山

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2010)03-0348-07

Age structure and distribution pattern of the dominant population in the evergreen broad-leaved forest of Jiulian Mountain in Jiangxi Province

JIAN Min-Fei¹, LIU Qi-Jing^{2*}, ZHU Du¹

(1. College of Life Science, Jiangxi Normal University, Jiangxi Provincial Key Lab of Protection and Utilization of Subtropical Plant Resources, Nanchang 330022, China; 2. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The dominant population age structure and distribution pattern of the evergreen broad-leaved forest community in Mount Jiulianshan of Jiangxi Province were analyzed by using the method of spatial sere substituting for temporal sere. The linear-regression analysis results were as follows; the survival curves of *Machilus microcarpa* population was best significantly linear, and the survival curves of *Castanopsis fabri* and *Syzygium buxi folium* population were also significantly linear. The age structure of the populations were summed up to be stable, increasing or declining. For example, the age structure of *Schima superba* and *Machilus microcarpa* was stable; and that of *Alniphyllum fortunei* and *Liquidambar formosana* was declining; while *Rhododendron westlandi*, *Acer fabri* and *Castanopsis lamontii* processed from stable to declining. The spatial distribution pattern of the main dominant population was studied by using aggregate indices, variance ratio and the Poisson distribution methods. The results showed that the spatial distribution pattern of all each 12 dominant trees were aggregated pattern, which were also consonant with the Poisson distribution of all the plots.

Key words: evergreen broad-leaved forest; population age structure; population distribution pattern; Mount Jiulianshan

收稿日期: 2008-12-22 修回日期: 2009-04-28

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-Q1-14); 中国科学院百人计划项目[Supported by Key Project of Knowledge Innovation Program of the Chinese Academy of Sciences(KZCX2-YW-Q1-14); the "One Hundred Talents Program" of Chinese Academy of Sciences]

作者简介: 简敏菲(1969-), 女, 江西高安人, 博士, 副教授, 主要从事区域生态研究, (E-mail)jianminfei0914@163.com.

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: liuqijing@gmail.com)

森林群落优势种群的年龄(大小)结构和分布格局,对于研究种群的生态特性、群落演替趋势及生态系统的基本特征具有重要的意义(徐学红等,2005)。种群大小结构能充分地反应种群动态变化(Wu等,2002),空间格局是植物种群的重要属性之一(张亚爽等,2005),分布格局能极大程度地反映该种群与生境间的关系及其在群落中的作用和地位(Arista,1995),并能反映种群个体在水平空间上彼此间的相互关系及群落中种间和种内的关系,以及环境对群落中物种的生存和生长的影响(刘智慧,1988;金则新,1999)。种群分布格局的研究能加深对种群特点和群落结构的认识,并为营林造林的植株配置提供理论依据(杨心兵等,2001)。空间分布型通常分为随机分布型、聚集分布型和均匀分布型三种(丁岩松,1980)。种群空间分布格局研究一直是种群生态学最活跃的一个研究领域(Pielou,1985;洪伟等,1990;陈辉等,1992;1999),研究空间分布型的方法很多,目前应用效果较好,方法较为简便的有聚集度指标,用聚集度指标测定种群的空间分布型,在昆虫、植物病株的空间分布研究方面使用非常广泛。但对群落中某些种群的空间分布研究较少,特别是对常绿阔叶林群落中种群的空间分布研究鲜见报道(洪伟等,1990)。

本文选择九连山常绿阔叶林群落中最典型的优势种群进行研究,通过分析其年龄结构特征和分布格局,揭示九连山常绿阔叶林优势种群的数量组成特征和动态变化规律,为认识九连山常绿阔叶林的生成、演替、动态及生态效益等方面提供一定的基础资料,对于制定合理有效的森林保护对策、加强生物多样性的保护提供有用的参考。

1 研究区概况

九连山国家级自然保护区地处 $114^{\circ}22' \sim 114^{\circ}31' E$, $24^{\circ}29' \sim 24^{\circ}38' N$ 之间,位于江西省赣州市龙南县的南部。研究区属典型亚热带气候区,全年温暖湿润,四季分明,水热条件优越,年均气温约 $16.4^{\circ}C$,1月平均气温 $6.8^{\circ}C$,7月平均气温 $24.4^{\circ}C$,历年极端最高气温 $37.0^{\circ}C$ (1986年),极端最低气温 $-7.4^{\circ}C$ (1991年),全年 $\geq 10^{\circ}C$ 的活动积温 $6\ 800^{\circ}C$ 以上(吉庆森等,2001)。年均降水量 $2\ 155.6\ mm$;10月至次年1月为旱季,年均蒸发量 $790.22\ mm$,年均相对湿度 85% ,2~9月为雨季,月均降水量最低 147.9

mm ,最高 $70.7\ mm$ 。保护区的山体属南岭东段九连山北坡,属中低山地貌,海拔 $280 \sim 1\ 430\ m$,区内地形坡度 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。土壤类型以砂岩、板岩发育而成的红黄壤和黄壤为主(刘信中等,2002)。有丰富的动、植物资源,保护区内植被保存完好,主要植被类型有亚热带常绿阔叶林、亚热带低山丘陵针叶林、常绿落叶阔叶混交林、山顶矮林及山地草甸,其常绿阔叶林的分布是江西最典型的常绿阔叶林主要分布区之一。常绿阔叶林群落主要由南岭栲(*Castanopsis fordii*)、鹿角栲(*C. lanontii*)、米栲(*C. carlesii*)、甜栲(*C. eyrei*)、罗浮栲(*C. fabri*)、丝栗栲(*C. fargesii*)、木荷(*Schima superba*)等组成多树种共优群落,植物区系主要由壳斗科、樟科和山茶科组成(简敏菲等,2008),具有我国亚热带南北植物分布最典型的过渡地带特点。

2 研究方法

2.1 取样调查与数据来源

样地调查采用经典的线路抽样布设方法(赵志模等,1990),根据不同的地形、不同的海拔高度以及森林植物群落的外貌,选择该地区具有代表性的常绿阔叶林群落为研究对象,并在群落中有代表性地设置样地。根据不同地形条件和常绿阔叶林最小面积取样原则,每个群落样地选取最小取样面积的样方进行群落学调查,共调查 20 个群落样地,在各样地内对乔木层所有个体分别进行每木检尺(起测胸径 $DBH \geq 2.5\ cm$),分别采用围尺实测胸径、采用测高仪或卷尺测枝下高、冠幅等指标,据此计算出重要值(宋永昌等,2001)确定优势种;对样地内灌木层($DBH < 2.5\ cm$)中的乔木幼苗、幼树、灌木树种等所有个体分别采用游标卡尺测定基径、采用卷尺测定其高度、冠幅等指标,据此计算总优势度(武吉华等,2004),确定优势种。每个物种个体无论大小,均统计计算个体数,根据每个个体的调查数据进行统计分析,据此选取各样地群落中最典型的优势种群分析其年龄结构、存活曲线及分布格局。

2.2 种群大小级划分

借鉴有关文献的研究方法(金则新,2002;胡小兵等,2002),以大小级结构代替年龄结构进行分析。各种群大小级的划分,根据常绿阔叶树的生长特点,以 $2.5\ cm$ 为间距来划分年龄大小结构。胸径小于 $2.5\ cm$ 的个体测定其基径,并划分成两级:基径小

于1 cm为1级,大于1 cm为2级;胸径大于2.5 cm的个体,按胸径每增加2.5 cm为1级划分(上限排除法)。本研究共划分为11级,胸径大于22.5 cm以上的均定为11级。

2.3 种群分布格局的测定方法

(1)方差和均值比率($C\chi$)(Schulter,1984; Ludwig & Reynolds,1988); $C\chi=V/m$ (1)

式中: V 为样本的个体数方差; m 为样本的样方中个体数均值。 $C\chi=1$,随机分布; $C\chi<1$,均匀分布; $C\chi>1$,聚集分布。

可用 t 值检验确定实测值和理论值的差异显著度: $t=(C\chi-1)/\sqrt{2/(N-1)}$ (2)

其中 N 为样方数,如果 $t<t_{0.05/2}=1.990$,则种群服从随机分布;如果 $t>t_{0.05/2}$,则种群服从聚集分布。

(2)负二项式分布:起源于公式 $pk(1-q)^{k-1}$ 的展开式, K 的近似值的计算: $K=m^2/(V-m)$... (3)

式中: V 为样本方差, m 为样本均值。生态含义: $K>0$ 种群为聚集分布,且 K 值随着聚集程度的增加而减少; $K<0$ 为偏聚集分布,即随机分布。

(3)Lloyd的平均拥挤指数(m^*)和聚块指数(C):平均拥挤是指平均每个个体在同一单位中有多少个其它个体,平均拥挤指数(m^*)的计测公式(陈辉等,1999): $m^*=\Sigma X_j^2/\Sigma X_j-1$ (4)

因为 $\Sigma X_j^2/\Sigma X_j=(V+m^2/m)$,故 $m^*=m+V/m-1$ (5)

聚块指数(C)为平均拥挤指数与平均密度之比,计算公式: $C=m^*/m$ (6)

若 $C=1$ 为随机分布; $C<1$ 为均匀分布; $C>1$ 则为聚集分布。

3 结果与分析

3.1 种群的大小级结构

根据统计结果分析,九连山所有群落中重要值最大的优势种群是拟赤杨、其次为木荷、丝线吊芙蓉、枫香、润楠、罗浮栲、甜槠、米槠、赤楠、丝栗栲、罗浮槭、鹿角栲等种群。因篇幅所限,本研究选取以上12个优势种群进行分析。根据大小级结构划分标准,对上述12个优势种群的野外取样数据进行整理分级,以大小级比为横轴,以大小级为纵轴绘得各优势种群的年龄结构图(图1)。从图1看出,木荷、润楠、罗浮栲、甜槠、米槠等种群龄级较完整,且有大量的幼苗、幼树存在,其年龄结构为稳定型。赤楠的大

小级分布图是基部宽,顶部狭窄的类型,其形状呈钟形,因而其年龄结构应视为增长型或稳定型。而拟赤杨、枫香的幼苗、幼树很少,幼苗贮备严重不足,种群天然更新困难,虽不能简单就此推论它们即将在群落中消失,但已是衰退型模式。丝线吊芙蓉、罗浮槭、鹿角栲等种群幼苗很少,种群天然更新开始出现困难,其年龄结构由稳定型趋向衰退型。丝栗栲幼苗尽管幼苗很多,但竞争所引起的种群自疏和他疏作用,使种群密度迅速下降,而且由于受到林冠严重荫蔽的限制,存活下来的幼树也很难生长达到群落的上层(除非林窗出现),于是大小级图上出现了中间部分的缺失。

3.2 种群的存活曲线

为了更进一步地对各优势种群年龄结构动态进行比较,最常见和最直观的方法是绘制存活曲线。存活曲线是对生命表的重要反映和有效解释,当特定年龄或年龄组的出生率和死亡率不能确定时,可以根据存活曲线的类型来判断森林树木种群是增长、下降还是稳定的动态特征。如果存活曲线是直线型则表明该种群是稳定种群,若为“凹型”,则为增长种群;若为“凸型”,则为下降种群(金则新,2002)。本文采用双对数存活曲线分析,以各个大小年龄级数的自然对数为横坐标,以现存个体数的自然对数为纵坐标绘制各优势种群的存活曲线(图2)。为了更准确地确定各优势种群存活曲线的特征,将各优势种群的存活曲线进行线性回归分析,采用SPSS11.5统计软件,配合直线回归方程并检验其显著程度(表1)。

综合分析图2、表1可以看出,润楠等种群的存活曲线表现出极显著的线性关系($P<0.01$),因而其年龄结构为增长型;罗浮栲、赤楠等种群的存活曲线表现出显著的线性关系($P<0.05$),其年龄结构皆为稳定型。拟赤杨、丝线吊芙蓉、枫香等种群的存活曲线为“凸型”,线性回归的结果是这些种群存活曲线不存在线性相关关系,由此可推断拟赤杨、丝线吊芙蓉、枫香等种群的年龄结构正逐步由稳定型趋向衰退波动型。木荷、甜槠、米槠、丝栗栲、罗浮槭等种群的存活曲线表现为“凹型”,通过对其种群的存活曲线进行线性回归,其线性相关虽未达到显著水平,但年龄结构仍表现为增长种群。润楠、罗浮栲、赤楠、木荷、甜槠、米槠、丝栗栲等种群结实丰富,天然下种能力强,有更新幼树、幼苗。且它们萌生能力强,能够在上述样地较稳定地存在,因此其年龄结构

为稳定型或增长型。拟赤杨、枫香幼苗很少，幼树、小树多分布在林缘的交错区，在林内个体数少，且生活力弱，很难更新。因此，枫香种群的年龄结构为衰退型种群，在群落中不能继续发展，将有逐渐被淘汰

的可能。由于乔木层木荷、甜槠、米槠等优势种群均具增长、发展和稳定的年龄结构，所以群落渐趋稳定。特别是甜槠、米槠、木荷的优势种和建群种地位在相当长的时期内不会由其它种类替代，因而推论

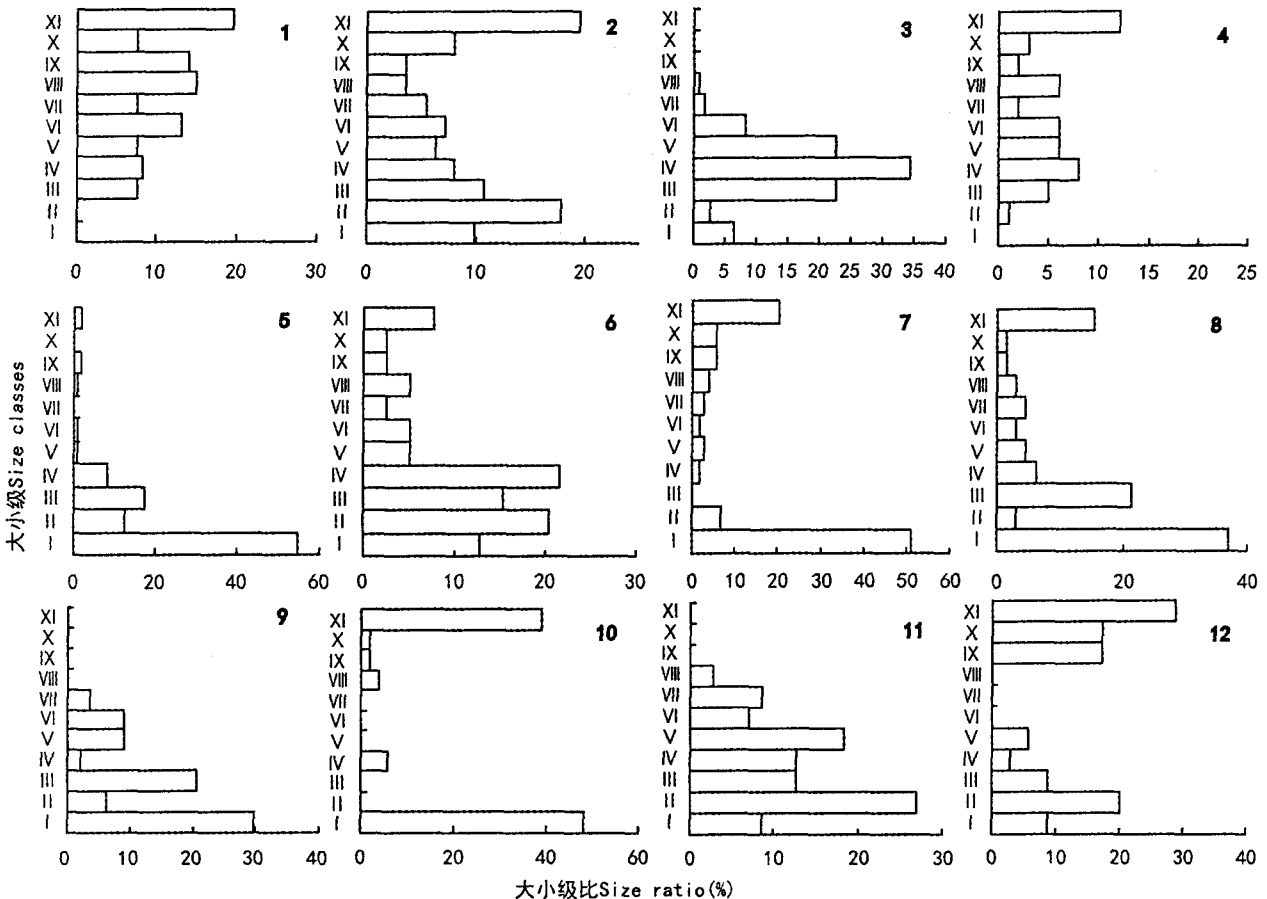


图 1 优势种群年龄大小结构 (图中种群代码 1-12 与表 1 同)

Fig. 1 Size structure of dominant populations

该群落目前的变化过程属进展演替类型。

3.3 种群的分布格局

种群在发育过程中，分布格局是随时间过程而表现出动态变化，本文采用空间代替时间的方法分析各优势种群的分布格局和动态，采用方差/均值比率法，以 t 检验确定显著度，并采用负二项式分布式和 Lloyd 的平均拥挤指数 (m^*) 和聚块指数 (C) 等其它方法辅助分析(表 2)。

表 2 中，各种指数的结果都表明：九连山常绿阔叶林群落各个优势种的种群均为聚集分布。从 K 值分析结果看，各优势种群中聚集程度较大的依次为：木荷、罗浮栲、润楠、拟赤杨、米槠等优势种群。从聚块性指数分析看，甜槠的值最大，其次是赤楠，

反映其集中分布的程度最大。由表 2 的 t 检验可知，九连山常绿阔叶林各优势种群中，各种群 t 检验值均大于 $>t_{0.05}/2=1.990$ ，各种群均不服从随机分布，均属于聚集分布。种群的聚集生长对种群的繁衍极其有利，本研究结果表明，各优势种群的聚集程度较高，体现了各优势种群在不同群落中处于良好的繁衍状态。

4 讨论与结语

4.1 种群年龄大小的结构类型

九连山常绿阔叶林乔木层各优势种群的年龄大小结构类型具有类似纺锤形的结构和不典型的金字

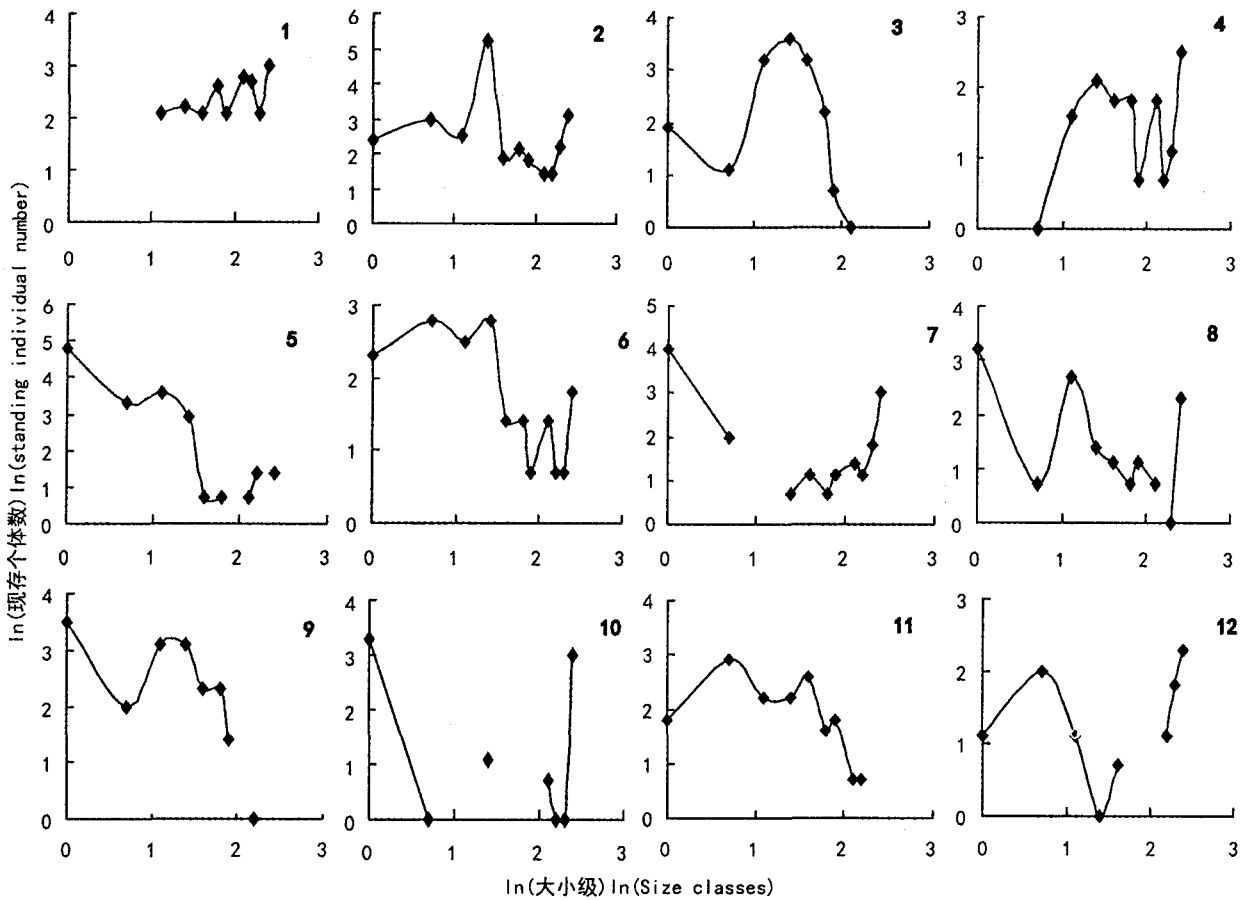


图 2 优势种群存活曲线 (纵、横坐标均为自然对数化,种群代码同表 1)

Fig. 2 The survival curves of dominant population (Codes are the same as Fig. 1, Coordinate axes are of nature logarithmic ones)

表 1 优势种群存活曲线的直线回归方程

Table 1 Linear regression equation of survival curves of dominant population

序号 No.	种群名称 Name of population	回归方程 Regression equation	相关系数 Coefficient
1	拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	$y=1.474+0.502x$	0.605
2	木荷 <i>Schima superba</i>	$y=3.049-0.373x$	-0.260
3	丝线吊芙蓉 <i>Rhododendron westlandi</i>	$y=2.500-0.386x$	-0.207
4	枫香 <i>Liquidambar formasana</i>	$y=0.565+0.483x$	0.349
5	润楠 <i>Machilus microcarpa</i>	$y=4.682-1.702x$	-0.870($P<0.01$)
6	罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	$y=2.920-0.778x$	-0.707($P<0.05$)
7	甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	$y=2.920-0.670x$	-0.480
8	米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	$y=2.509-0.732x$	-0.542
9	赤楠 <i>Syzygium buxi folium</i>	$y=3.715-1.124x$	-0.717($P<0.05$)
10	丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	$y=1.968-0.512x$	-0.332
11	罗浮槭 <i>Acer fabri</i>	$y=2.686-0.599x$	-0.566
12	鹿角栲 <i>Castanopsis lamontii</i>	$y=1.014+0.179x$	0.203

塔形结构(倒J型结构)。体现了各群落既有稳定增长的群落类型,又有趋向衰退波动型的群落。纺锤状结构类型的中间级别个体数量多,而较大,较小级别个体数量都很少,体现了群落中一些种群正处于

较稳定的发展或由稳定状态趋于衰退波动的状态。

本研究大多数种群的年龄大小结构类型属不典型的金字塔形,或称为倒“J”型,即低级幼苗个体数特别多,一般占总体数的 30%以上,大部分样地幼

苗个体数量接近 50%, 反映出多数种群的年龄结构属增长型状态。

对各优势种群的存活曲线进行线性回归分析表明, 优势种群润楠的存活曲线表现为极显著的线性关系, 种群的年龄结构为增长型; 罗浮栲、赤楠等种群的存活曲线表现出显著的线性关系 ($P < 0.05$), 其年龄结构皆为稳定型; 拟赤杨、丝线吊芙蓉、枫香等种群的年龄结构正逐步由稳定型趋于衰退波动型转变; 枫香种群的年龄结构表现出一定程度的过熟衰退型。综合分析其原因主要是研究区的一些中低

海拔区域在 20 世纪受人类活动的破坏较大, 大多数枫香、拟赤杨等阳生性的落叶阔叶树种群落类型多是在人工种植或栽培后演替形成的次生林, 由于其生长迅速, 且中幼龄阶段以高生长为主, 能很早占据群落的最高层, 经过一定的发展与演替过程后, 拟赤杨与枫香等落叶树种群落内林冠层荫蔽而改变了群落的光照环境, 加上其他常绿阔叶树种的侵入, 使群落的郁闭度进一步增大, 为林下的樟树、木荷、红楠、黄樟等较多的常绿成分提供了适宜的生长条件, 这就抑制了阳性的落叶树种群的更新, 导致群落内缺

表 2 九连山常绿阔叶林优势种群的分布格局

Table 2 The distribution pattern of dominant populations in Jiulianshan Mountain

序号 No.	物种 Name of population	方差 V Variance	均值 m Mean	$C\chi$	t 值 t-value	K	结果 Result	m^*	C	结果 Result
1	拟赤杨	7.39	1.41	5.24	25.97	0.33	C	5.65	4.01	C
2	木荷	4.55	1.46	3.12	12.96	0.69	C	3.58	2.45	C
3	丝线吊芙蓉	12.89	1.43	9.01	49.08	0.18	C	9.44	6.60	C
4	枫香	3.53	0.67	5.27	26.10	0.16	C	4.94	7.37	C
5	润楠	20.77	2.97	6.99	36.70	0.50	C	8.96	3.02	C
6	罗浮栲	2.67	1.03	2.59	9.75	0.65	C	2.62	2.55	C
7	甜槠	15.8	1.34	11.79	66.08	0.12	C	12.13	9.05	C
8	米槠	3.26	0.87	3.75	16.82	0.32	C	3.62	4.16	C
9	赤楠	16.20	1.45	11.17	62.29	0.14	C	11.62	8.02	C
10	丝栗栲	2.45	0.71	3.45	15.01	0.29	C	3.16	4.45	C
11	罗浮槭	8.16	0.95	8.59	46.48	0.13	C	8.54	8.99	C
12	鹿角栲	1.93	0.46	4.20	19.57	.14	C	3.66	7.95	C

注: 表中 P、A、C 分别表示随机分布 (Possion)、均匀分布 (Average) 和聚集分布 (Clumped)。

少幼苗幼树, 年龄结构因而转为衰退型。

同时, 各群落乔木层中甜槠、木荷、米槠等优势种群均具增长、发展和稳定的年龄结构, 特别是这些树种均具有较长的寿命, 因此它们所具有的优势地位在相当长的时期内不会由其它种类替代, 由此可以推定本区常绿阔叶林群落目前的变化进程属进展演替类型。

4.2 种群分布格局的动态特征

本研究各群落样地优势种群分布格局结果分析显示, 构成群落乔木层的主要树种的分布格局均属聚集分布, 从负二项式分布参数 K 值分析结果看, 各优势种群中聚集程度较大的依次为: 木荷、罗浮栲、润楠、拟赤杨、米槠等优势种群。从聚块性指数分析看, 甜槠的值最大, 其次是罗浮槭, 说明它们集中分布的程度最大, 也反映出这两个物种正处于稳定发展的阶段, 其它天然种群中, 赤楠、润楠等种群均具有较高的聚块性指数, 反映出它们具有明显的聚集分布。

植物种群, 特别是长命多年生植物种群, 在其发

育过程中, 分布格局呈现出一定动态的变化, 从而影响着群落的结构和演替等。典型样地的种群格局动态趋势可以反映整个格局种群动态的大致趋势。种群分布格局是种群本身生物学特性、生境条件以及两者之间的相互作用所决定的。一般来说, 种群在散布和发展时期的分布格局表现为聚集分布, 而在衰退期常表现为随机分布。九连山常绿阔叶林中绝大多数种群的分布状况均表现为聚集分布, 这些种群在群落中发展的种源均来自近邻的地带性常绿阔叶林, 具有方向性, 因而有利于其种群聚集分布格局的形成。在发展过程中, 种子散布范围受母树的控制, 可促成聚集强度的增大, 而在聚集规模达到相当水平之后, 种内和种间竞争加剧, 种群因自疏和它疏作用可造成聚集强度的下降。

同时, 九连山常绿阔叶林各群落的优势种群均属多年生植物种群, 受森林生境条件及其他环境因子的限制, 生长较为稳定缓慢。因此, 难于追踪种群整个发育过程中找出其分布格局的动态规律。种群稳定的径级结构具有类似于稳定的年龄结构性质,

所以本研究借鉴许多学者(杨心兵, 2001; 金则新, 2002; 徐学红, 2005)在进行乔木种群生态学研究时采用的径级代替年龄级的方法来分析种群的结构和动态特征。种群分布格局的动态变化可能是种群对生境条件的适应, 以利于其发展; 同时, 各种群具体的分布格局动态也会因地段及海拔高度的不同而发生变化, 这有待更深入的研究。

致谢 本研究野外工作得到了九连山国家级自然保护区管理局的大力帮助和支持; 梁跃龙、成军锋、周华、罗淑琴、杨盛锋、王琴、占青等参与了野外调查, 在此一并表示感谢!

参考文献:

- 丁岩钦. 1980. 昆虫种群数学生态学原理与应用[M]. 北京: 科学出版社
- 刘信中, 肖忠优, 马建华. 2002. 江西九连山自然保护区科学考察与森林生态系统研究[M]. 北京: 中国林业出版社
- 刘智慧. 1988. 缙云山栲树种群结构和动态的初步研究[C]// 钟章成, 等. 常绿阔叶林生态学研究. 重庆: 西南大学出版社: 360—374
- 宋永昌. 2001. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社
- 武吉华, 张坤, 江源, 等. 2004. 植物地理学(第四版)[M]. 北京: 高等教育出版社
- 赵志模, 郭依泉. 1990. 群落生态学原理与方法[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社
- Arista M. 1995. The structure and dynamics of an *Abies pinsapo* forest in southern Spain[J]. *Fore Ecol Management*, **74**: 81—89
- Chen H(陈辉), Zhen RH(郑仁华), Hong W(洪伟). 1992. Simulating of Weibull distribution with spatial distribution pattern of Pine caterpillar population(马尾松毛虫种群空间分布格局 Weibull 分布的拟合)[J]. *J Fujian Coll Fore*(福建林学院学报), **12**(4): 359—363
- Chen H(陈辉), Liu YB(刘玉宝), Wu CZ(吴承祯), et al. 1999. Spatial distribution pattern of dominant trees in a secondary evergreen broad-leaved forest in Northern Fujian and its application(闽北次生常绿阔叶林主要树种空间分布格局及其应用研究)[J]. *Chin J Appl Environ Bio*(应用与环境生物学报), **5**(6): 561—565
- Hong W(洪伟), Zheng KH(郑康宏), Gong QG(龚其锦). 1990. A study on the distribution pattern of Bamboo in the mixed forest of Chinese Fir-Bamboo(毛竹在杉木与毛竹混交林中的空间分布型的研究)[J]. *J Bamboo Res*(竹子研究汇刊), **9**(2): 56—64
- Hu XB(胡小兵), Yu MJ(于明坚), Chen YB(陈玉宝). 2002. The community structure and the quantity characteristics of *Cyclobalanopsis glance* in the Northern Region of Zhejiang Province(浙江青冈林群落结构与青冈种群数量特征)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), **22**(4): 432—438
- Jian MF(简敏菲), Liu QJ(刘琪璟), Tang PR(唐培荣), et al. 2008. Floristic analysis of the evergreen broad-leaved forest community from Jiulianshan National Nature Reserve in Jiangxi Province(江西九连山常绿阔叶林群落区系特征分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(4): 465—472
- Ji QS(吉庆森), Tang MC(唐茂聪), Li CH(李昌华). 2001. Climate resources of evergreen broad-leaved forest in Jiulianshan(江西九连山常绿阔叶林区气候资源)[J]. *Res Sci*(资源科学), **6**(Suppl.): 3—14
- Jin ZX(金则新). 1999. Studies of population structure and dynamics of *Castanopsis eyrei* at Tiantai Mountain of Zhejiang Province(浙江天台山甜槠种群结构与动态)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **18**(6): 10—15
- Jin ZX(金则新). 2002. Studies of dominant population structure and inter-specific association of the evergreen broad-leaved forest in Tiantai Mountain(浙江天台山常绿阔叶林优势种群结构及种间联结性研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **22**(3): 203—208
- Ludwig JA, Reynolds JF. 1988. Statistical ecology, a primer on methods and computing[M]. New York: A Wiley interscience publication: 129—131
- Pielou EC. 1985. Mathematical Ecology[M]. New York: Wiley-Interscience: 84—193
- Schulter D. 1984. A variance test for detecting species association, with some example application[J]. *Ecol*, **(65)**: 998—1 005
- 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
- Xu XH(徐学红), Yu MJ(于明坚), Hu ZH(胡正华), et al. 2005. The structure and dynamics of *Castanopsis eyrei* population in Gutian Mountain Natural Reserve in Zhejiang, East China(浙江古田山自然保护区甜槠种群结构与动态)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **25**(3): 645—653
- Yang XB(杨心兵), Tan YM(覃逸明), Liu SX(刘胜祥). 2001. Age structure and distribution pattern of *Pinus massoniana* population in Wuhan Ma'an Mountain Forest Park(武汉市马鞍山森林公园马尾松年龄种群结构与分布格局)[J]. *J Central Chin Norm Univ; Nat Sci Edi*(华中师范大学学报·自然科学版), **35**(2): 209—213
- Zhang YS(张亚爽), Su ZX(苏智先), Hu JY(胡进耀). 2005. Spatial distribution pattern of *Davidia involucrata* population in Wolong of Sichuan Province(四川卧龙自然保护区珙桐种群的空间分布格局)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), **27**(4): 395—402