

浙江古田山自然保护区甜槠种群结构与动态

徐学红¹, 于明坚^{*1}, 胡正华², 李铭红³, 张方钢⁴

(1. 浙江大学生命科学学院, 杭州 310029; 2. 南京气象学院环境科学系, 南京 210044;

3. 浙江师范大学化学与生命科学学院, 金华 321004; 4. 浙江自然博物馆, 杭州 310012)

摘要:应用“相邻格子法”对浙江古田山自然保护区的甜槠种群进行调查, 将 25 个样地分为不同演替阶段和不同生境的森林群落两大类型。对甜槠种群结构和动态进行分析, 绘制甜槠种群大小结构图和存活曲线; 并用泊松方差/均值比率等 5 个聚集度指标测定其种群分布格局。结果显示: 马尾松林→马尾松针阔叶混交林→次生常绿阔叶林→成熟山坡常绿阔叶林的演替过程中, 马尾松林中甜槠个体极少, 针阔叶混交林中种群结构为增长型; 次生和成熟常绿阔叶林中其种群结构都比较稳定, 但从群落外貌和结构仍可看出前者的次生性。不同生境的群落包括成熟沟谷常绿阔叶林、成熟山坡常绿阔叶林、黄山松林和黄山松针阔叶混交林, 甜槠由沟谷地带的零星个体变为山坡上的稳定型种群, 中山地带的黄山松林和黄山松针阔叶混交林中甜槠种群呈增长型, 但不会取代黄山松的优势地位。种群空间格局大都为集群分布, 并符合负二项式分布, 仅两个次生群落的甜槠种群因缺 I、II、III 级幼苗而呈随机分布。此外, 对成熟常绿阔叶林中不同大小级个体分布格局动态的研究表明: 甜槠在幼苗、幼树时为集群分布, 随着甜槠个体进一步增大, 其分布格局由集群分布变为随机分布。甜槠以其较强的更新能力, 成为本区低海拔成熟常绿阔叶林中十分稳定的优势种。

关键词: 甜槠; 种群大小结构; 种群分布格局; 演替; 生境

The structure and dynamics of *Castanopsis eyrei* population in Gutian Mountain Natural Reserve in Zhejiang, East China

XU Xue-Hong¹, YU Ming-Jian^{*1}, HU Zheng-Hua², LI Ming-Hong³, ZHANG Fang-Gang⁴ (1. College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. Department of Environmental Sciences, NIM, Nanjing 210044, China; 3. College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China; 4. Zhejiang Museum of Natural History, Hangzhou 310012, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 645~653.

Abstract: *Castanopsis eyrei* is one of the main dominant species of subtropical evergreen broad-leaved forests in China. This study was carried out in Gutian Mountain, a National Natural Reserve in Zhejiang, Eastern China, to describe the structure and dynamics of the population. The method of tally with contiguous grid quadrates in 20×20m² plots was used to analyze the field data.

Through substituting spatial data for temporal data and the distribution along vertical transects, the 25 plots were divided into two categories, the forests at different successional stages and the forests in different habitats. The forests at different successional stages included warm coniferous forests dominated by *Pinus massoniana*, warm coniferous and broad-leaved mixed forests dominated by *P. massoniana* and evergreen broad-leaved trees, secondary evergreen broad-leaved forests and mature evergreen broad-leaved forests at hillside; and there were two types in different habitats, they are mature evergreen broad-leaved forests which distributed in humid valley and hillside, temperate coniferous forests dominated by *Pinus taiwanensis*,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30200034); 浙江省自然科学基金资助项目(301026)

收稿日期: 2004-02-11; **修订日期:** 2004-12-15

作者简介: 徐学红(1979~), 女, 浙江平湖, 硕士生, 主要从事植物生态学与保护生物学研究。E-mail: xhxu50@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: ymj918@mail.hz.zj.cn

致谢: 温州师范学院丁炳扬教授、古田山自然保护区管理局方腾和陈声文先生参加了野外调查, 特此致谢

Foundation item: This work was supported by grants from the National Natural Sciences Foundation of China (No. 30200034); the Natural Sciences Foundation of Zhejiang Province (No. 301026)

Received date: 2004-02-11; **Accepted date:** 2004-12-15

Biography: XU Xue-Hong, Master candidate, mainly engaged in plant ecology and biological conservation.

temperate coniferous and broad-leaved mixed forests dominated by *P. taiwanensis* and evergreen broad-leaved trees. As the *C. eyrei* populations are old in Gutian Mountain, the size structure was divided into 9 size classes.

. The size structure, spatial pattern and population dynamics were described for *C. eyrei* populations. The *C. eyrei* individuals were rarely found in warm coniferous forests. In the warm coniferous and broad-leaved mixed forests, there were many seedlings and saplings; the size structure of the populations showed a growing trend. In the secondary and mature evergreen broad-leaved forests, the size structure of *C. eyrei* showed a reverse J-shaped distribution, the population tended to be stable besides some sizes absent.

C. eyrei was a species adapting the mild moisture habitat. There were few *C. eyrei* individuals in the evergreen broad-leaved forest in the valley, because it was too humid to subsist. The *C. eyrei* population size structure in the mature evergreen broad-leaved forest at hillside was described above. The size structure of the *C. eyrei* populations seemed to be a pyramid type in temperate coniferous and temperate coniferous and broad-leaved mixed forests, but they could not take the place of *P. taiwanensis* in these relatively steady forests except for some disasters.

Some often used methods for quantifying the spatial pattern in population ecology, the T-test, the indices of clumping, negative binomial parameter, Cassie. R. Mi, and the mean crowing were employed to detect the spatial pattern of *C. eyrei* populations in 20 plots. The populations were significantly clumped in all the plots except that there are two showed Possion, this may be explained by its seed dispersal characteristics.

In order to determine the spatial pattern dynamics of the whole lifespan, the population was divided into 6 size classes in several mature evergreen broad-leaved forests. The patterns of seedlings and saplings were clumped, which was relevant to their seed dispersal and shade tolerance properties. However they were the Possion distribution on the stages of middle, large and old trees. With the strengthening intraspecific and interspecific competitions while saplings grown up, the self-thinning began, and the seedling mortality increased over time, which made the spatial pattern to be Possion.

Generally, *C. eyrei* was proved to be a steady dominant population in mature evergreen broad-leaved forests at the low altitude of this region with its strong regeneration ability.

Key words: *Castanopsis eyrei*; population size structure; population spatial pattern; succession; habitat

文章编号:1000-0933(2005)03-0645-09 中图分类号:Q948 文献标识码:A

森林群落优势种群年龄(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较大的意义。其中,种群大小结构能很好地反应种群动态变化^[1],分布格局能很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^[2]。

浙江省古田山国家级自然保护区很多年来人为干扰极少,至今仍保存着一片很好的天然植被,成熟森林年龄超过 100a,在中亚热带低海拔地区极为罕见。古田山海拔不高,但垂直带上已涵盖了常绿阔叶林、沟谷常绿落叶阔叶混交林→山地常绿落叶阔叶混交林、黄山松针阔叶混交林→黄山松林等森林植被类型,其缓冲区和试验区还有次生常绿阔叶林、马尾松林、马尾松针阔叶混交林等次生植被^[3]。其中的成熟常绿阔叶林具我国典型常绿阔叶林的基本特征,尤其是分布面积最大的甜槠(*Castanopsis eyrei*)林,极具典型性和代表性。

甜槠(*C. eyrei*)是中亚热带常绿阔叶林主要建群种和优势种之一,在我国亚热带森林生态系统中占重要地位。有关甜槠种群结构的研究已有零星报道,但已报道的甜槠林面积和林龄都比古田山小^[4,5]。本文对古田山不同演替阶段和不同生境的森林群落中甜槠种群结构和动态进行了分析,旨在认识该种群在常绿阔叶林及其它亚热带森林群落中的地位和作用,了解典型常绿阔叶林的演替和优势种群更新等特点,为该地区生物多样性保护、退化植被恢复等提供理论依据。

1 样地自然概况

研究样地设在古田山自然保护区,位于浙江省开化县境内西北部,与江西省婺源县、德兴市接壤,约位于北纬 29°10'19.4"~29°17'41.4";东经 118°03'49.7"~118°11'12.2"。

古田山属中亚热带湿润季风区,受季风影响较大,1年中气候有明显的季节性变化。本区年均降水天数 142.5d,年均降水量 1963.7mm,相对湿度为 92.4%。年均温 15.3℃,极端最高气温为 38.1℃,极端最低气温为 -6.8℃,生长期总积温为 5221.5℃,无霜期约为 250d。

本区土壤基本上属中亚热带山地红黄壤类型。海拔 500~700m 以下为红壤;海拔 700~1000 m 为黄红壤;海拔更高处有红黄壤出现^[3]。

2 研究方法

共调查 42 个 20×20m² 样地,本文选取其中 25 个有甜槠的样地,将其分为不同演替阶段和不同生境的森林群落两大类型。甜槠种群的调查采用“相邻格子法”^[6],每个样地含 16 个 5×5m² 格子,对样地内植物进行每木调查,记录乔木层个体的胸径(DBH)、高度、冠幅,以及灌木、草本的高度、盖度等指标,并记录群落的生态学特征及周围生境(表 1,乔木层甜槠的重要值(iv)根据(1)式计算):

乔木层重要值=(相对多度+相对显著度+相对频度)/3

(1)

由于甜槠木材坚硬,不易钻取木芯,故本文采用大小结构分析其种群结构和动态特征。根据古田山甜槠种群年龄较大等特点,并参考其他学者的方法^[4,7~12],将甜槠种群大小级结构作如下处理:胸径<2.5cm 的,按其树高划分为<33cm、33~100cm、≥100cm 三级;胸径≥2.5cm 以上的,按其胸径大小分级:2.5~7.5cm 之间为一级,7.5cm 以上的则胸径每增加 10cm 为一级。据此,古田山甜槠种群大小级共分为 9 级。

表 1 不同样地群落及甜槠种群概况

Table 1 An outline of *C. eyrei* populations and plant communities in various plots

样地号 Plot number	群落类型 Community types	海拔(m) Altitude	坡度(°) Slope	坡向(°) Aspect	地形 Landform	岩石裸露 Bareness rate of rock	郁闭度 Canopy coverage	重要值(%) Importance value
G03	CFF	500	35	SW5	沟谷 Valley	很少 least	90	2.97
G05	CCF	650	57	SW20	山坡 Hillside	多 more	85	25.58
G06	CLF	610	40	SW60	山坡 Hillside	极少 rare	95	28.41
G10	DCCFs	520	52	NE45	山坡 Hillside	极少 rare	80	10.71
G11	SPCF	370	32	SE5	山坡 Hillside	少 less	85	15.80
G13	CTF	420	35	SE20	沟谷 Valley	较多 much	80	2.3
G14	CGFs	320	47	NE5	山坡 Hillside	较少 little	90	7.52
G15	PSF	950	42	SW80	山坡 Hillside	极少 rare	85	4.91
G16	PTF	880	43	SE10	山坡 Hillside	极少 rare	80	8.38
G17	CFF	550	40	SE20	近沟谷 Near valley	较少 little	95	11.07
G18	CSDF	750	55	SE60	山坡 Hillside	少 less	90	39.43
G20	CCF	500	45	SE30	山坡 Hillside	较少 little	90	11.53
G21	CCFs	450	50	NW80	山坡 Hillside	少 less	85	35.01
G23	PSF	920	30	SW60	山坡 Hillside	无 none	95	1.29
G24	CSF	600	45	SE40	山坡 Hillside	无 none	95	51.34
G25	DCF	550	10	SW30	山坡 Hillside	无 none	95	13.08
G26	DCF	480	35	NE30	山脊 Ridge	少 less	85	17.72
G27	CSDF	650	45	SW30	山脊 Ridge	少 less	85	26.82
G29	CSDF	450	35	NW70	山坡 Hillside	无 none	80	19.80
G33	SCDF	500	40	NW70	山脊 Ridge	少 less	90	9.58
G34	CTF	350	35	W	沟谷 Valley	较多 much	90	1.30
G35	PMFs	300	20	SE15	山坡 Hillside	较少 little	75	0.45
G37	SPCF	320	35	SW70	山坡 Hillside	较多 much	75	15.87
G40	CCCFs	400	30	NW20	山脊 Ridge	无 none	80	9.93
G43	PTF	810	35	SE10	山坡 Hillside	极少 rare	85	5.38

CFF 栲树林 *Castanopsis fargesii* forest; CCF 甜槠-青冈林 *C. eyrei*-*Cyclobalanopsis glauca* forest; CLF 甜槠-石栎林 *C. eyrei*-*Lithocarpus glaber* forest; DCCFs 虎皮楠-甜槠-青冈林(次生) *Daphniphyllum oldhami*-*C. eyrei*-*Cy. glauca* forest (secondary); SPCF 木荷-马尾松-甜槠针阔叶混交林 *Schima superba*-*Pinus massoniana*-*C. eyrei* forest; CTF 钩栗林 *C. tibetana* forest; CGFS 青冈林(次生) *Cy. glauca* forest (secondary); PSF 黄山松-木荷针阔叶混交林 *P. taiwanensis*-*S. superba* forest; PTF 黄山松林 *P. taiwanensis* forest; CSDF 甜槠-木荷-虎皮楠林 *C. eyrei*-*S. superba*-*D. oldhami* forest; CCFs 甜槠-青冈林(次生) *C. eyrei*-*Cy. glauca* forest (secondary); CSF 甜槠-木荷林 *C. eyrei*-*S. superba* forest; DCF 虎皮楠-甜槠林 *D. oldhami*-*C. eyrei* forest; SCDF 木荷-甜槠-虎皮楠林 *S. superba*-*C. eyrei*-*D. oldhami* forest; PMFS 马尾松林(次生) *P. massoniana* forest (secondary); CCCFs 青冈-栲树-甜槠林(次生) *Cy. glauca*-*Ca. fargesii*-*C. eyrei* forest (secondary)

本文采用泊松(Poisson)之方差/均值比率法^[6~8,13,14] V/m ,并将比值与期望值之间的差异进行 t 检验;丛生指标(Index of clumping)^[7,8,14] $I=V/m-1$;负二项式(Negative binomial parameter)^[5,6,12] $k=m/(V/m-1)$;Cassie. R. Mi 指标^[14] $C=(V-m)/m^2$;平均拥挤指数(Index of mean crowing)^[7,8,14] $M=m+(V/m-1)$;(公式中的 V 为种群多度的方差, m 是种群多

度的均值)5 个指标来测定不同演替阶段和不同生境的森林群落中甜槠种群分布格局。

3 结果与分析

3.1 甜槠种群大小结构和动态

3.1.1 甜槠种群大小结构 马尾松林(G35)和成熟沟谷常绿阔叶林(G03、G17、G13、G34)共 5 个样地因甜槠个体数极少没有作图,其他 20 个样地甜槠种群大小结构及存活曲线分别见图 1、图 2。

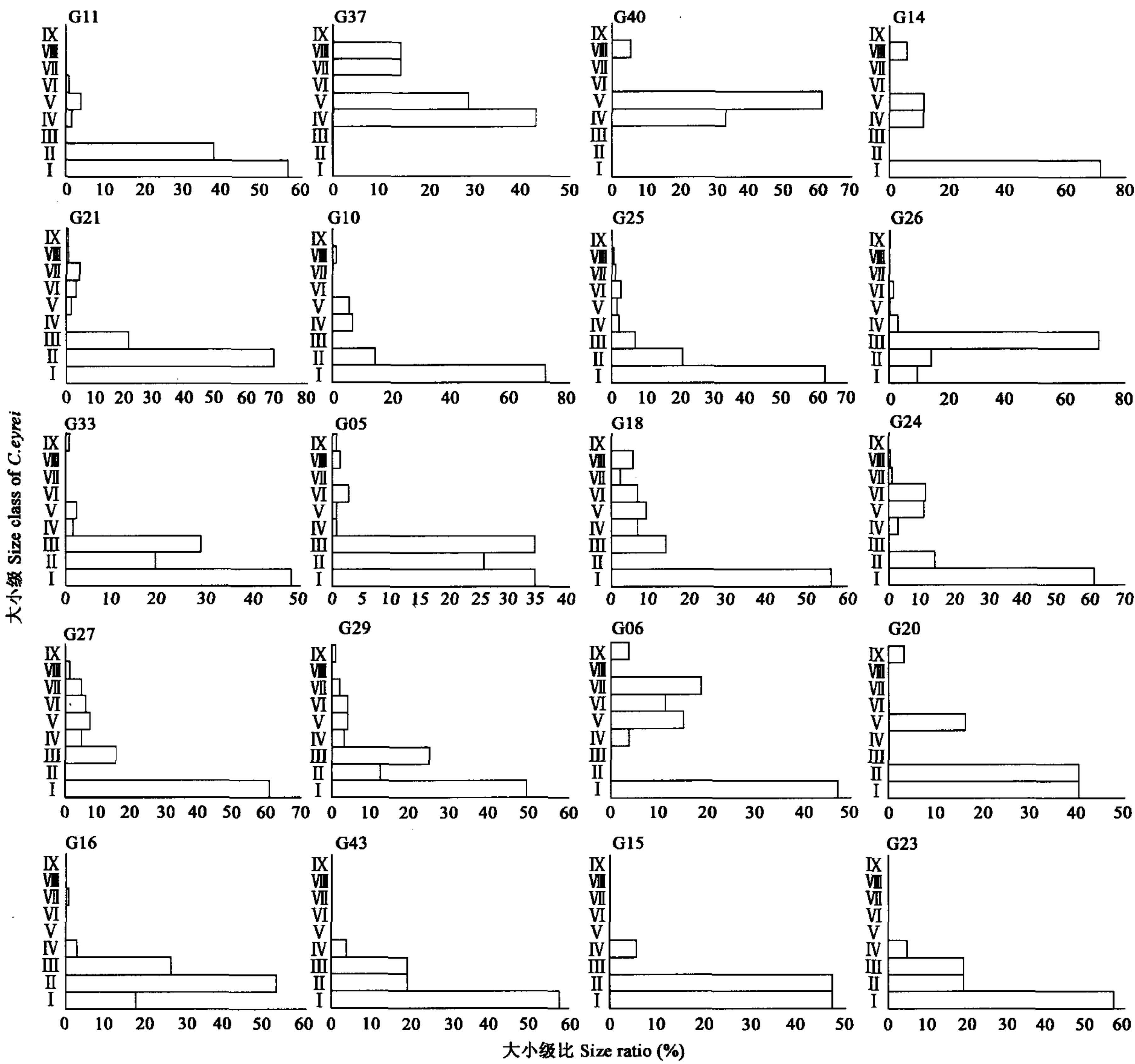


图 1 各样地甜槠种群大小结构

Fig. 1 The size structure of *C. eyrei* populations in 20 plots

(1)不同演替阶段的群落中甜槠种群结构

次生木荷-马尾松-甜槠针阔叶混交林阶段(G11、G37):

G11 甜槠胸径小于 2.5cm 的占绝对优势,大树个体较少,存活曲线略呈弧状,因 III 级个体缺失出现断点,其种群大小结构在总体上呈增长型。而 G37 大小结构分布不规则,中树、大树较多,幼苗、幼树数量很少,存活曲线呈断点凹型,种群更新能力减弱,呈衰退趋势。

次生常绿阔叶林阶段(G10、G14、G21 和 G40):

G40 大小结构和存活曲线与 G37 相似,种群呈衰退趋势;G14 是 20 世纪 60 年代择伐后恢复的次生林,群落中大树数量少,有一定数量的甜槠幼苗。G10(虎皮楠-甜槠林)、G21(甜槠-青冈林)中甜槠种群大小呈倒 J 型,存活曲线介于凸型和凹型之间,由

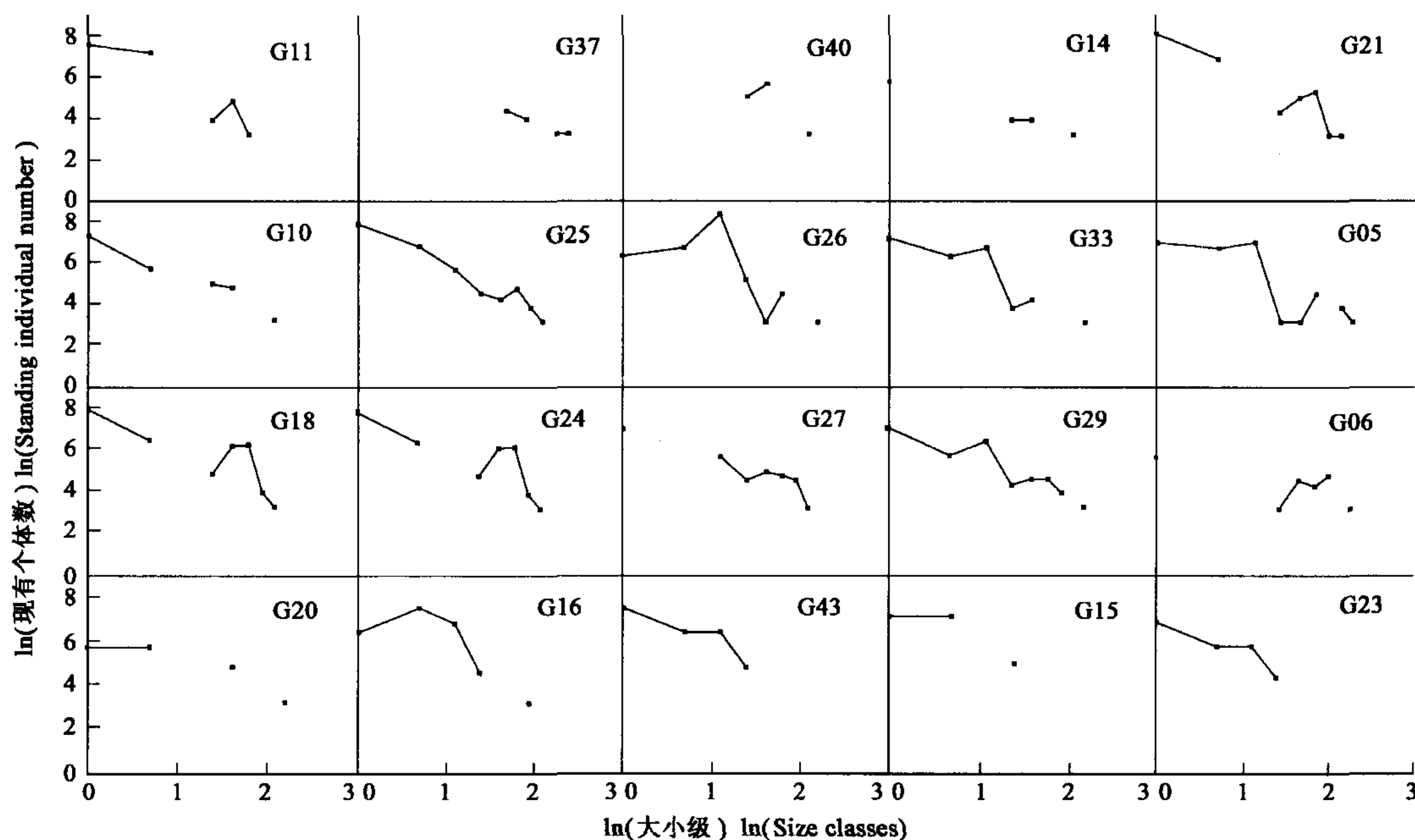


图 2 各样地甜槠种群存活曲线
Fig. 2 The survival curves of *C. eyrei* populations in 20 Plots

于个别级数的缺失出现断点,基本属稳定型种群。这些样地结合其群落外貌可明显看出其次生性。

成熟山坡常绿阔叶林(以下称成熟山坡常绿林)阶段(G25、G26、G33、G05、G06、G18、G20、G24、G27、G29):

G25(虎皮楠-甜槠林)、G26(虎皮楠-甜槠林)、G33(木荷-甜槠-虎皮楠林)3个样地的存活曲线均介于凸型和凹型之间,G33缺失Ⅵ~Ⅷ三级而呈不完整的倒J型,G25、G26甜槠种群大小结构则表现为倒J型,甜槠种群相对稳定。

G05、G06、G18、G20、G24、G27、G29等7个样地中甜槠的优势度最大,其重要值最高者达51.34%。G05、G18、G24、G27、G29样地中甜槠种群大小级略有缺失,大体上呈倒J型,存活曲线介于凸型和凹型之间,属稳定型种群;G06和G20样地幼苗比重大(G06幼苗占47%左右,G20幼苗占80%左右),大树数量少,两者大小结构呈间歇型分布,但可认为种群也属稳定型。

(2)不同生境的群落中甜槠种群结构 本文调查的不同生境的森林群落主要包括:中山地带的黄山松林和黄山松针阔叶混交林,低海拔处沟谷地带的成熟常绿阔叶林(简称成熟沟谷常绿林)和成熟山坡常绿林。

黄山松林(G16、G43)和黄山松-木荷针阔叶混交林(G15、G23)4个样地的甜槠种群集中分布于Ⅰ~Ⅳ级,即胸径都不超过7.5cm,群落中有较多的甜槠幼苗和幼树,存活曲线呈凸型,G15因Ⅲ级个体缺失而出现断点,4个样地中甜槠种群均呈增长型。

3.1.2 种群大小结构动态

(1)不同演替阶段的群落中甜槠种群大小结构的变化 群落演替现存阶段在空间上的差异可以反映种群在时间上的变化^[7],因此把甜槠种群的大小结构与群落演替的各阶段联系起来分析,可以反映其种群动态。用“空间差异”代替“时间变化”分析古田山马尾松林→木荷-马尾松-甜槠针阔叶混交林(简称马尾松针阔叶混交林)→次生常绿阔叶林(前三者均处于山坡)→成熟山坡常绿林演替过程中甜槠种群结构动态。

马尾松林是常绿阔叶林演替系列中的一个演替阶段^[12,15]。G35是马尾松林,甜槠在该群落中个体数极少,重要值仅0.45%。调查的其它马尾松林样地(G12、G36等)中均无甜槠,表明马尾松林中甜槠尚未大量侵入。

马尾松针阔叶混交林阶段(G11),成年马尾松在群落中的重要地位明显被常绿阔叶树种取代(木荷iv:32.85%;马尾松iv:27.33%;甜槠iv:15.80%)。这是因为混交林的林冠郁闭度变大(G11郁闭度为85%大于G35郁闭度75%),群落内光强不足,马尾松的更新和繁殖受到抑制^[16]。甜槠种子萌发率高,幼苗耐阴性强,在针阔叶混交林下能较好生长,其大小结构总体呈增长型。自然状况下群落可向木荷、甜槠共优的常绿阔叶林方向演替。

次生常绿阔叶林阶段(G10、G21),马尾松已基本消失,甜槠占优势的群落其重要值最大为35.01%,明显大于马尾松针阔叶混交林中甜槠重要值(iv:15.87%)。此时甜槠种群结构稳定,分别表现出虎皮楠和甜槠,木荷、虎皮楠和甜槠种间的相持状况。结合群落外貌和结构,此时的群落仍表现出明显的次生性,此后群落将逐步发育而趋向稳定。由于群落结构和功能渐趋复杂,这一过程与其早期阶段相比较为缓慢。

成熟山坡常绿林中甜槠单优或与其他树种共优,其林冠郁闭度变大,林下光照严重减弱,虽然甜槠幼苗耐阴性较强,可在林下生长,但光照仍是限制甜槠幼树存活的重要因素。通过自疏和种内竞争,一部分幼树进一步发育,其上方光照得到改善,并最终进入林冠层;或是成熟林中林分受到干扰,如出现林窗,储备的幼苗可能进行补充更新,进入下一个生长阶段,从而促进甜槠种群更新和发育。

(2)不同生境的群落中甜槠种群大小结构的变化 G16、G43 是分布于海拔 800m 以上的黄山松林,G15、G23 为黄山松针阔叶混交林,其海拔高度在 900m 以上。4 个群落中黄山松占优势(iv: 18.35%~33.01%),林下甜槠幼苗和幼树数量较多,但在群落中的优势度不大(iv: 1.29%~8.38%)。黄成林等报道,在裸岩、陡坡、峰岭等特殊生境中,可形成黄山松稳定群落;如立地条件较优越,黄山松种群在森林群落演替中作为先锋树种,黄山松群落逐渐演变成针阔叶混交林,最终演替为落叶阔叶林群落^[17]。古田山的黄山松林和黄山松针阔叶混交林虽然立地条件尚可,但已经是中山地带的稳定群落。一般情况下,群落的物种组成和结构不会发生显著变化,甜槠种群将维持目前在群落中的地位。

甜槠适合在山脊、陡坡等较中生的生境中生长发育^[5],成熟沟谷常绿林(G03、G13、G17、G34)一般以耐阴湿的钩栗、栲树等为优势种,而甜槠仅见零星分布,更不可能成为沟谷地带森林群落的优势种。

成熟山坡常绿林,25 个样地时空变化如图 3。

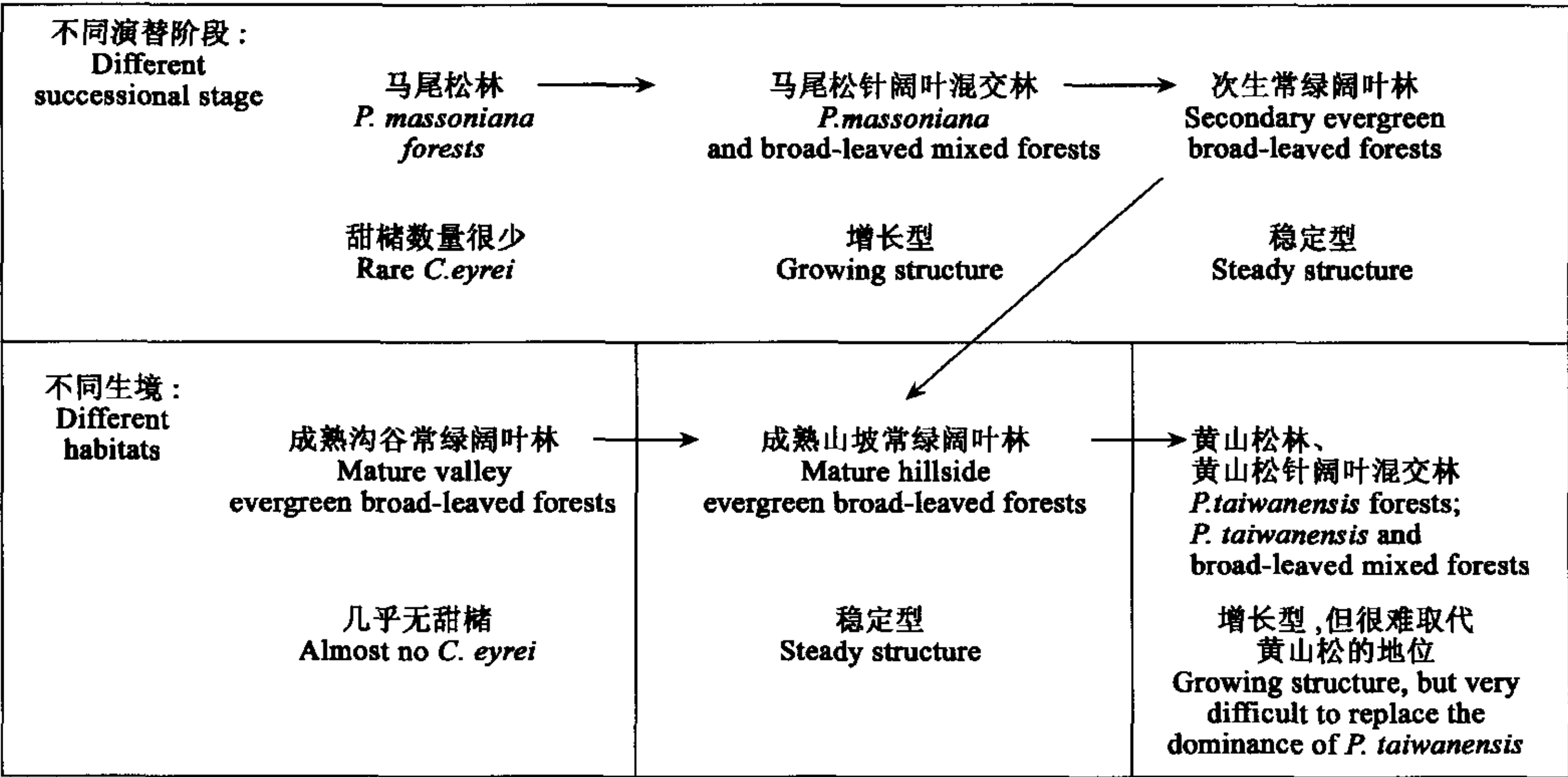


图 3 不同演替阶段和不同生境群落中甜槠种群大小结构动态

Fig. 3 Dynamics of size structure of *Castanopsis eyrei* populations in forest communities in different succession stages and habitat

3.2 甜槠种群分布格局动态

3.2.1 不同演替阶段和不同生境的群落中甜槠种群分布格局 本文采用的 5 种聚集度指标测定结果基本一致。除 G37、G40 样地的甜槠种群呈随机分布外,其他不同演替阶段和不同生境的群落中甜槠种群都是集群分布(表 2)。

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^[12,18]。甜槠以种子繁殖,其果实大而重,传播距离较近,常散布于母树周围,且甜槠幼苗耐阴性较强,在郁闭的林下生长良好。不同群落甜槠种群集群分布的原因各异,其中马尾松针阔叶混交林、黄山松林和黄山松针阔叶混交林中甜槠种群是由侵入的甜槠幼苗、幼树组成的(种子是否由动物从其它群落中带入有待研究);次生常绿阔叶林和成熟山坡常绿林甜槠集群分布是因其大小级较全。G40 样地没有 I~Ⅲ级甜槠幼苗,且其他龄级的数量也少,故其种群呈随机分布。

3.2.2 不同大小级甜槠的分布格局动态 典型样地的种群格局动态趋势可以反映整个格局甜槠种群动态的大致趋势^[11]。同一种群在不同龄级的分布格局是有差异的,有必要进行动态分析。本文选择成熟山坡常绿林中的甜槠种群,将野外样地抽样数据按不同大小级进行处理,用以代表甜槠从幼苗到老树整个生命周期的分布格局动态^[4,5,7]。根据古田山甜槠种群年龄较大的具体情况,将甜槠分为 6 个不同的等级:Ⅰ 幼苗,0.33m 以下;Ⅱ 幼树,0.33 以上,胸径<2.5cm;Ⅲ 小树,胸径 2.5~7.49cm;Ⅳ 中树,胸径 7.5~17.49cm;Ⅴ 大树,胸径 17.5~47.49cm;Ⅵ 老树,胸径≥47.5cm。

根据甜槠在 10 个成熟山坡常绿林群落中的优势度选取 3 个代表性样地,用泊松之方差/均值比率法^[6,16]测定甜槠种群各等级的分布格局。

表 2 不同演替阶段和不同生境森林群落中甜槠种群分布格局

Table 2 The spatial pattern of *C. eyrei* populations in forest communities in different succession stages and habitat

样地号 Plot number	方差 <i>V</i>	均值 <i>m</i>	方差/均值 <i>V/m</i>	<i>t</i> 值 <i>t</i> -value	结果 Result	<i>I</i>	<i>K</i>	<i>C</i>	<i>M</i>
G05	67.899	9.156	7.416	17.570	集群 Clumped	6.416	1.427	0.701	15.572
G06	5.416	1.656	3.270	6.216	集群 Clumped	2.270	0.730	1.370	3.926
G10	65.613	5.438	12.067	30.307	集群 Clumped	11.067	0.491	2.035	16.504
G11	36.396	8.313	4.378	9.252	集群 Clumped	3.378	2.460	0.406	11.691
G14	5.099	1.094	4.662	10.029	集群 Clumped	3.662	0.299	3.348	4.756
G15	34.267	6.625	5.172	11.426	集群 Clumped	4.172	1.588	0.630	10.797
G16	79.816	8.906	8.962	21.804	集群 Clumped	7.962	1.119	0.894	16.868
G18	21.816	5.594	3.900	7.942	集群 Clumped	2.900	1.929	0.518	8.494
G20	8.613	1.938	4.445	9.435	集群 Clumped	3.445	0.562	1.778	5.383
G21	107.166	11.344	9.447	23.133	集群 Clumped	8.447	1.343	0.745	19.791
G23	18.916	4.094	4.621	9.915	集群 Clumped	3.621	1.131	0.884	7.714
G24	67.899	9.156	7.416	17.570	集群 Clumped	6.416	1.427	0.701	15.572
G25	69.882	11.094	6.299	14.513	集群 Clumped	5.299	2.093	0.478	16.393
G26	73.133	16.500	4.432	9.400	集群 Clumped	3.432	4.807	0.208	19.932
G27	38.499	5.156	7.466	17.709	集群 Clumped	6.466	0.797	1.254	11.623
G29	12.991	6.281	2.068	2.925	集群 Clumped	1.068	5.880	0.170	7.349
G33	41.396	8.188	5.056	11.108	集群 Clumped	4.056	2.019	0.495	12.243
G37	0.263	0.438	0.600	-1.095	随机 Possion	-0.400	-1.094	-0.914	0.038
G40	1.050	1.125	0.933	-0.183	随机 Possion	-0.067	0.386	-0.059	1.058
G43	77.950	8.125	9.594	23.535	集群 Clumped	8.594	0.945	1.058	16.719

m Average; *V* Variance; *I* 丛生指标 Index of clumping; *K* 负二项式 Negative binomial parameter; *C* Cassie. R. Mi 指标; *M* 平均拥挤指数 Index of mean crowing

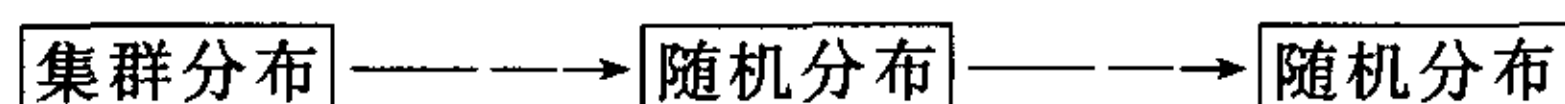
表 3 甜槠种群不同大小级个体分布格局

Table 3 The spatial pattern of different size classes in *C. eyrei* populations

样地号 Plot number	大小级 Sizeclass	方差 <i>V</i>	均值 <i>m</i>	方差/均值 <i>V/m</i>	<i>t</i> 值 <i>t</i> -value	结果 Result
G24	I	160.807	10.05	16	41.0792	集群 Clumped
	II	18.2292	1.5625	11.6667	29.2119	集群 Clumped
	III	0.3625	0.1204	0.3125	-1.8828	随机 Possion
	IV	1.89583	1.1875	1.59649	1.63356	随机 Possion
	V	1.0625	1.4375	0.73913	-0.7144	随机 Possion
	VI	0	0	—	—	—
G06	I	4.55729	0.7813	5.83333	13.2366	集群 Clumped
	II	—	—	—	—	—
	III	0.29583	0.0625	4.73333	10.2242	集群 Clumped
	IV	0.11667	0.25	0.46667	-1.4606	随机 Possion
	V	0.4	0.5	0.8	-0.5477	随机 Possion
	VI	0.0625	0.0625	1	0	随机 Possion
G33	I	20.1823	3.9063	5.16667	11.4109	集群 Clumped
	II	9.76563	3.9063	2.5	4.10792	集群 Clumped
	III	0.0625	0.0625	1	0	随机 Possion
	IV	0.2	0.25	0.8	-0.5477	随机 Possion
	V	0	0	—	—	—
	VI	0.0625	0.0625	1	0	随机 Possion

m Average; *V* Variance

3 个代表性样地(G24、G06 和 G33)中甜槠重要值依次为 51.34%、28.41%、9.58%，种群结构基本稳定。由表 3 可见，3 个典型样地中甜槠种群的幼苗、幼树都呈集群分布；小树在不同样地中的个体数相差较大，分布格局也各异，G24、G33 随机分布，G06 集群分布；中树、大树、老树呈随机分布格局；老树在群落中均匀分布，甚至缺失。说明甜槠在群落中的优势度与其不同大小级个体的分布格局没有直接关系。不同大小级个体分布格局动态大致如下：



(幼苗、幼树、小树) (小树、中树、大树) (老树)

不同发育阶段影响甜槠分布格局动态变化的生态因子不同。甜槠在幼苗和幼树甚至小树阶段表现为集群分布,与种子传播和幼苗耐阴性较强有密切关系。甜槠成熟种子集中于母树周围,幼苗在阴蔽生境中生长很快,在与其他树种的竞争过程中,常处于优势。随着甜槠种群的继续发育,密度制约因素引起的种内和种间竞争加剧,导致种群个体死亡增加,密度迅速下降,故小树转变为大树后趋向随机分布。从群落结构上看,除非林冠层个体死亡出现林窗,否则下层的幼树是很难长大而达到上层的^[5]。当大树死亡或倒伏后,小树发育为大树,进入林冠层,抢占上层空间的生态位,使同一集群内的个体出现分化,产生自疏现象,至中树、大树、老树阶段种群分布格局发生明显变化、呈随机分布。

4 结语

本文研究了古田山不同演替阶段和不同生境的群落中的甜槠种群动态,可推测森林原来的立地情况,演绎森林的演替动态。20个样地在大小级结构图中在不同龄级上存在一定缺失,推测可能是干扰的时空异质性在采样的时间和空间断面上的反应^[19]。同一发育阶段的甜槠种群存在两种不同类型的种群结构,如针阔叶混交林 G11 和 G37 的差异,可能主要是种群的生境条件的差异引起的。G37 分布于岩石裸露较多的地带,而 G11 则岩石裸露很少。次生常绿阔叶林中 G14、G40 种群结构与同一阶段的其他样地(G10、G21)不同,则是因为 G14 是 1960 年左右经择伐后恢复的次生青冈林,群落中甜槠重要值较低(7.52%),甜槠大树数量少,幼苗、小树数量较多。由于甜槠耐阴性强,在古田山自然保护区几乎无人干扰的情况下,甜槠在群落中的优势度将会增加^[10],群落能逐渐发展为甜槠占优势的成熟常绿阔叶林。而 G40 甜槠种群呈衰退趋势的原因有待于进一步的研究。

甜槠种群在幼苗、幼树、甚至小树阶段呈集群分布,而到中树、大树、老树阶段呈随机分布,这是稳定型种群不同大小级分布格局动态的一般规律。一个种群仅几棵中树、大树有利于其个体获得足够资源,维持个体的正常发育及产生大量种子,而种子在发育过程中有少量可最终发育成大树,从而维持了整个种群的稳定。这种分布格局的变化可能是甜槠种群对生境条件的适应,以利于其发展。但这只是一般的规律,具体的分布格局动态会因地段的不同而有变化。

将古田山成熟山坡常绿林与黄山^[4]、天台山^[7]的常绿林中甜槠种群结构进行比较可知:三者甜槠占优势的群落都主要分布于山坡和山脊上,古田山甜槠种群年龄较黄山和天台山的大,但三者甜槠种群大小结构较为相似,黄山甜槠种群呈进展型和平稳增长型,其他两地甜槠种群呈稳定型;分布格局均为集群分布。不同大小级分布格局(动态)则显示,三者的幼苗、幼树呈集群分布,小树以后为随机分布,估计这是甜槠作为优势种时的普遍现象。

References:

- [1] Wu X P, Zheng Y, Ma K P. Population distribution and dynamics of *Quercus liaotungensis*, *Fraxinus rhynchophylla* and *Acer mono* in Dongling Mountain, Beijing. *Acta Botanica Sinica*, 2002, **44**(2): 212~223.
- [2] Arista M. The structure and dynamics of an *Abies pinsapo* forest in southern Spain. *Forest Ecology and Management*, 1995, **74**: 81~89.
- [3] Yu M J, Hu Z H, Yu J P, et al. Forest vegetation types in Gutianshan natural Reserve in Zhejiang. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)*, 2001, **27**(4): 375~380.
- [4] Zhang Q F, Chen X Y, Wu H Q, et al. Structure and distribution pattern of *Castanopsis eyrei* population in Huangshan Mountain, Anhui Province. *Journal of Plant Resources and Environment*, 1997, **6**(4): 35~39.
- [5] Jin Z X. Studies of population structure and dynamics of *Castanopsis eyrei* at Tiantai Mountain of Zhejiang Province. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, **18**(6): 10~15.
- [6] Song Y C. *Vegetation Ecology*. Shanghai: East China Normal University Press, 2001. 127~134, 563~564.
- [7] Cai F, Song Y C. A study on the structure and dynamics of *Schima superba* population on Wuyi Mountain. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, **21**(2): 138~148.
- [8] Liu Z H. A preliminary study on the structure and dynamics of *Castanopsis fargesii* population on Jinyun Mountain, Sichuan Province. In: Zhong Z C ed. *Ecology study of evergreen broad-leaved forests*. Chongqing: Southwest China Normal University Press, 1988. 360~374.
- [9] Parker A J, Peet R K. Size and age structure of conifer forests. *Ecology*, 1984, **65**: 1685~1689.
- [10] Zorimer C G. Age, structure and disturbance history of a southern *Appalachian virgin* forest. *Ecology*, 1980, **61**: 1169~1184.
- [11] Miyadokoro T, Nishimura N, Yamamoto S. Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old-growth coniferous forest, Central Japan. *Forest Ecology and Management*, 2003, **182**: 259~272.
- [12] Hoshino D, Nishimura N, Yamamoto S. Age, Size Structure and spatial pattern of major tree species in an old-growth *Chamaecyparis obtuse* forest, Central Japan. *Forest Ecology and Management*, 2001, **152**: 31~34.

- [13] Fei H P. *Biostatistics*. Hangzhou: Zhejiang Education Press, 1991. 55~126.
- [14] Cheng T. The character study of sub-natural forest community. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2002, **22**(3): 253~256.
- [15] Dezzotti A. *Austrocedrus chilensis* and *Nothofagus dombeyi* stand development during secondary succession, in northwestern Patagonia, Argentina. *Forest Ecology and Management*, 1996, **89**: 125~137.
- [16] Ding S Y, Song Y C. Declining causes of *Pinus massoniana* in the processes of succession of evergreen broad-leaved forest. *Acta Botanica Sinica*, 1998, **40**(8): 755~760.
- [17] Huang C L, Wu Z M, Chen X H. Study on major plant community types and successional rules of *Pinus taiwanensis* community in Mt. Huangshan, China. *Journal of Anhui Agricultural University*, 1999, **26**(4): 388~393.
- [18] Yan S J, Hong W, Wu C Z, *et al.* The structure and distribution pattern of dominant populations in *Castanopsis carlesii* community. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2002, **10**(1): 15~21.
- [19] Hong W, Liu J, Wu C Z. A Study on structure and spatial distribution pattern of *Castanopsis hystrix* population. *Scientia Silvae Sinicae*. 2001, **37**(sp. 1): 6~10.

参考文献:

- [3] 于明坚,胡正华,余建平,等. 浙江古田山自然保护区森林植被类型. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2001,**27**(4):375~380.
- [4] 张庆费,陈小勇,吴化前,等. 安徽黄山甜槠种群的结构与分布格局. 植物资源与环境,1997,**6**(4):35~39.
- [5] 金则新. 浙江天台山甜槠种群结构与动态. 生态学杂志,1999,**18**(6):10~15.
- [6] 宋永昌. 植被生态学. 上海:华东师范大学出版社,2001. 127~134;563~564.
- [7] 蔡飞,宋永昌. 武夷山木荷种群结构和动态的研究. 植物生态学报,1997,**21**(2):138~148.
- [8] 刘智慧. 缙云山栲树种群结构和动态的初步研究. 见:钟章成主编. 常绿阔叶林生态学研究. 重庆:西南师范大学出版社,1988. 360~374.
- [13] 裴洪平. 生物统计学. 杭州:浙江教育出版社,1991. 125~126.
- [14] 陈彤. 漳平市天然次生阔叶林群落特征. 福建林学院学报,2002,**22**(3):253~256.
- [16] 丁圣彦,宋永昌. 常绿阔叶林演替过程中马尾松消退的原因. 植物学报,1998,**40**(8):755~760.
- [17] 黄成林,吴泽民,陈晓红. 黄山山顶面区主要植物群落类型及黄山松群落演替规律的探讨. 安徽农业大学学报,1999, **26**(4):388~393.
- [18] 闫淑君,洪伟,吴承祯,等. 武夷山天然米槠林优势种群结构与分布格局. 热带亚热带植物学报,2002,**10**(1):15~21.
- [19] 洪伟,柳江,吴承祯. 红锥种群结构和空间分布格局的研究. 林业科学,2001,**37**(专刊 1):6~10.