

格氏栲林林窗自然干扰规律

刘金福¹, 洪 伟^{1*}, 李俊清², 杨文晖³

(1. 福建农林大学林学院, 福建南平 353001; 2. 北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083; 3. 福建泉州市林业局, 福建泉州 362000)

摘要:通过对格氏栲(*Castanopsis kawakamii*)林林窗自然干扰的基本规律的研究,得到了描述林窗干扰状况的一些重要特征。结果表明:格氏栲林中扩展林窗(EG)所占面积比例为 34.46%,而实际林窗(CG)所占的面积比例为 17.81%,干扰频率每年分别为 0.69%和 0.36%,林窗干扰返回间隔期为 281 a;EG的大小变化为 63~1 257 m²之间,平均为 244 m²,而CG的大小变化为 22~707 m²之间,平均为 126 m²;形成林窗的主要方式是干中折断,比例占 36.22%,其次为枯立,比例占 32.28%;大多数的林窗是由 1~5 株形成木形成,3 株形成木形成的林窗最多;大多数林窗是在前 50 a 形成的,其中 10~40 a 之前形成的林窗最多;林窗分布格局是均匀分布型的。林窗形成木主要由格氏栲、大叶乌饭(*Vaccinium mandarinorum*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、狗骨柴(*Tricalysia dubi*)组成。林窗形成木的地径主要集中在 60 cm 以下,地径 20~60 cm 的主林层乔木形成林窗的比例较大。

关键词:格氏栲林;林窗;自然干扰特征

Gap natural disturbance regime in the *Castanopsis kawakamii* forest

LIU Jin-Fu¹, HONG Wei^{1*}, LI Jun-Qing², YANG Wen-Hui³ (1. Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping, 353001, China; 2. College of Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing, 100083, China; 3. Forestry Bureau of Fujian Quanzhou, Quanzhou, 362000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(10): 1991~1999.

Abstract: This paper, through the study of the gap disturbance patterns in the forest, described some important characteristics related to the disturbance regimes in *Castanopsis kawakamii* forest. The results showed that the areas occupied by the expanded gaps (EG) accounted for 34.46% and by the canopy gaps (CG) accounted for 17.81% of the total land areas in *Castanopsis kawakamii* forest. The natural gap disturbance frequencies were 0.69% for EG and 0.36% for CG Per year, respectively, and the recovering interval of canopy gaps was about 281 a. Most EG size in *Castanopsis kawakamii* forest varied from 63 to 1257 m² with an average size of 244 m². Majority CG size in the forest varied from 22 to 707 m² with an average size of 126 m². The most effective way to form the gap patterns was the breakage of trunk and the standing die, and their proportions for all gapes existed were 36.22% and 32.28%, respectively. Large

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(D0210016);福建省教委科学基金资助项目(20043)

本文外业调查工作得到福建农林大学莘口教学林场郑燕明高工、刘春华高工的大力支持,谨此致谢

* 通讯作者 Author for correspondence

收稿日期:2002-08-01;修订日期:2003-01-08

作者简介:刘金福(1966~),男,博士,副教授。主要从事森林生态学、数量生态学研究。E-mail:ljf802@public.npqtt.fj.cn

Foundation Item: Natural Science Foundation of Fujian Province(No. D0210016) and Educational Committee Science Foundation of Fujian Province(No. K20043)

Received date: 2002-08-01; **Accepted date:** 2003-01-08

Biography: LIU Jin-Fu, Ph. D., Associate professor, main research field: forest ecology and quantity ecology. E-mail: ljf802@public.npqtt.fj.cn

amount of gaps were formed by 1~5 gap makers, of which three-gap-maker gaps were the majority. However, most gaps were formed 50 years ago, and most of which ranged from 10 to 40 years old. The gap distribution patterns in the forest belonged to the uniform type. Major gap makers in the forest were *Castanopsis kawakamii*, *Vaccinium mandarinorum*, *Lindera glauca* and *Tricalysia dubi* with diameters below 60 cm. When the gap makers allocated in the canopy layer and the ground diameter was about 20~60 cm, the greater probability to make the gaps in the forest occurred.

Key words: *Castanopsis kawakamii* forest; Gaps; Natural Disturbance Regimes

文章编号:1000-0933(2003)10-1991-09 中图分类号:Q948.S718.54+2 文献标识码:A

格氏栲(*Castanopsis kawakamii* Hayata),也称青钩栲、吊皮锥、赤枝栲,是中国中亚热带南缘特有的壳斗科常绿阔叶大乔木,属国家二级保护植物,系珍稀用材树种。其自然分布区范围狭窄,在我国仅分布于福建、台湾、广东、广西、江西等地区,多零星生长在海拔200~1000 m的丘陵地的常绿阔叶林中。但在福建三明小湖地区有近700hm²以珍稀濒危植物格氏栲占优势的林分,具有300多年历史,是中国罕见稀有的天然群落,堪称“世界之最格氏栲林”^[1,2]。据调查^[1],这片格氏栲林已是成熟的群落,林中的大树有较明显的两个世代,多数在130 a上下,少数在180 a左右,正处于树种更替时期。由于格氏栲天然林禁止砍伐,人为干扰不大,该群落的演替无疑是进展演替,格氏栲天然更新的不利因素影响更加显著,格氏栲将有可能从建群种的地位逐渐降为共建种,成为天然林中的一个伴生成分的种群。因此,如何合理保护与可持续保持格氏栲的优势种地位,已成为迫切需要解决的课题。早在20世纪50年代末,格氏栲林就以被植物学家誉之“凤毛麟角”的独特自然森林景观,引起许多生态专家、学者的极大关注,相继开展一系列研究和保护工作^[1~14]。但所开展的研究工作较侧重于区系、外貌及一般群落结构的研究,而格氏栲林林窗的研究目前仅限于张其水等^[15]分析格氏栲林林窗对枯枝落叶分解和微生物活动的影响效应,关于林窗形成及其对格氏栲林群落结构动态干扰规律的研究尚属空白。林窗是森林循环的起点,是森林群落结构的基础,林窗及其干扰的研究对格氏栲林天然更新具有极其重要的作用,是了解格氏栲林群落动态变化规律的关键^[16,17]。

森林林窗(Forest gap),常指由于某一林冠乔木的死亡等原因造成林地上形成不连续的林中隙地,它是森林更新和生长的一潜在空间。林窗概念最初是由英国植物生态学家的Watt提出的^[18],随着这一术语广泛采用和研究的发展,其含义逐渐扩大。美国森林生态学家Runkle对林窗的要领进行扩充,将定义分为两类^[19]:①冠林窗(Canopy gap),简称(CG):指直接处于林冠空窗下的土地面积;②扩展林窗(Expanded gap),简称(EG):指由冠空窗周围的树木所围成的土地面积,包含实际林窗和其边缘到周围树木干基部所围的面积两部分。现在林窗的概念仍以冠林窗概念应用居多,一般计算干扰频率只用冠林窗为基础来计算^[20]。所谓林窗干扰状况(Gap disturbance regime)是指林窗的大小、结构、形成方式等特征的时空变化规律,其研究是认识森林生态长期动态变化规律的基础,越来越引起人们的高度重视^[17,21~24]。本文基于前人研究的经验,试图客观评价格氏栲林的林窗干扰状况的特征,进一步认识格氏栲林的动态变化规律,从而为开展格氏栲林生态系统研究,合理和持续利用资源提供科学依据。

1 研究地区自然概况

格氏栲自然保护区位于福建三明市西南部,总面积约1125.6hm²,地处于26°07'~26°10'N、117°24'~117°27'E,海拔高度为180~604m,属福建武夷山东伸支脉地带,其东南方为戴云山脉;该区气候属中亚热带季风型气候,年均温度19.5℃,极端最低气温为-5.5℃,最高气温40℃,>10℃年积温为6215℃;年均降雨量为1500mm,3~8月份的降雨量约为全年的75%;年均相对湿度79%;年均风速1.6 m/s;土壤类型主要为暗红壤,其次为红壤和紫色土,土层较厚,土层腐殖质丰富,水肥条件均较好,植物种类丰富,群落类型多样,林冠层呈波浪状,郁闭度高达0.8左右。格氏栲群落的上层种类主要以格氏栲(*Castanopsis kawakamii*)、木荷(*Schima superba*)、马尾松(*Pinus massoniana*)组成,其中格氏栲占绝对优势。格氏栲树冠常年浓绿,冠幅十分庞大,树形优美通直,树皮呈灰褐色,林相整齐,呈黄绿色,整个群落浓郁苍翠,形成中亚热带常绿阔叶林所特有的外貌特征。由于海拔低,无明显垂直分布带,格氏栲多数分布在海拔450m以下^[2]。

2 研究方法

野外调查于 2000 年 11 月进行。采用样线调查法^[24~26],从格氏栲自然保护区管理站左侧林缘向森林走约 500 m,以某一随机点开始调查,从起点沿罗盘仪所指的方向,由西向东方穿行,计算所行走的步数(步数始终由一人测定,每步约 0.8 m),遇林窗则停下,记录林窗处于线路方向上所走的步数,标明林窗间隔的步数;按 EG 和 CG 分别测定林窗的长轴和与之垂直的短轴,对形成木进行每木检尺;依据解析木资料或文献^[10]等手段测定立枯或倒木的树龄,推估林窗中最先倒下的一株形成木的死亡时间,即推测出林窗的形成年龄;依枯立、干基折断、干中折断、掘根风倒等四类记载林窗形成方式;每遇一林窗都做上述记载,每次调查完,做好标记,以确保次日调查时方向一致。本次研究设置不重复两条方向一致的样线,按上述方式在一条样线上调查了 101 个林窗,在另一条样线上调查了 40 个林窗,后一条样线除对林窗特征详细测定外,还对所测定的每个林窗周围 10 m 处向左或右的方向上非林窗中设置 10 m×10 m 的样方,按常规调查方法进行每木检尺。考虑所调查的林窗皆接近于椭圆形,林窗面积一般按椭圆来计算^[25]。

3 结果与分析

3.1 林窗在森林景观中所占比例及干扰频率

3.1.1 林窗所占面积比例 采用样线法按第一条线行走,在格氏栲林中穿行了 4951.3 m,出现了 101 个林窗,林窗的线状密度为 20.59 个/km。在 4951.3 m 的线段上,处于 EG 中的线段总长为 1706 m,则 EG 在整个林分中所占比例平均为 $(1706/4951.3) \times 100\% = 34.46\%$,即理解为 EG 面积在林分面积中的比例,也认为 EG 的平均直径与穿越林分的线长百分比。在所调查的 141 个林窗中,CG 的平均面积为 $S_{CG} = 126.32 \text{ m}^2/\text{个}$,而 EG 的平均面积为 $S_{EG} = 244.37 \text{ m}^2/\text{个}$,则有 CG 和 EG 的平均面积相对比例为 CG 则为 $S_{CG}/S_{EG} = 51.69\%$,可得出 CG 在整个林分中所占面积的相对比例平均为 $34.46\% \times 51.69\% \times 100\% = 17.81\%$ 。

3.1.2 林窗干扰频率 林窗干扰频率计算方法参考文献^[21,27]。在 4951.3 m 的线路上遇见了 101 个林窗,其中最老的林窗年龄为 50a 左右,如果就以 50 a 为基准计算的话,则林窗的形成速率平均约为 0.41 个/km,EG 的形成速率每年为 0.69%,CG 的形成速率每年为 0.36%,即说明在格氏栲林中,平均每年约有 0.69% 的面积转化为扩展林窗,有 0.36% 的面积转化为冠林窗,平均每年每 km 约有 0.41 个林窗出现,根据此计算,林窗干扰的返回间隔为 281a,与实际格氏栲林有较明显的两个世代^[1]相符合。该林窗干扰返回率与其它森林类型相比,明显要快于温带吉林蛟河阔叶红松林(北纬 $43^{\circ}51' \sim 44^{\circ}05'$) 782a、长白山阔叶林红松林(北纬 $41^{\circ}42' \sim 42^{\circ}25'$) 667a,接近于亚热带常绿阔叶林(约北纬 $23^{\circ}27'$) 316a,却慢于海南热带山地雨林(北纬 $18^{\circ}50' \sim 19^{\circ}05'$) 159a^[27],表现出林窗干扰返回间隔从温带到热带依次缩短的规律,同时说明随着纬度的增加森林循环速率呈递减趋势,格氏栲林存在着相对较快的森林循环过程。

3.2 林窗的大小结构

林窗的大小是林窗的重要特征,林窗的大小不同,直接影响着林窗内的光及其生态环境,进而对树种的生长与更新产生不同的作用。根据林窗的两种不同定义,分别把扩展林窗(EG)和冠空窗(CG)按不同的面积大小(CG 以 50 m^2 ,EG 以 100 m^2 为级别,上限排外法),统计各大小级内出现的林窗数或相对百分比以及各级别的林窗面积在所调查的 141 个林窗面积总和中所占的比例,结果见表 1、表 2,两类林窗的相对的大小比例统计列于表 3。

由表 1 可知格氏栲林中的 EG 大多在 $100 \sim 400 \text{ m}^2$ 的范围内,其中 $100 \sim 200 \text{ m}^2$ 的 EG 的林窗个数所占比例最大,而大于 400 m^2 的则很少。从各级林窗在所有林窗中所占的面积百分比看, $300 \sim 400 \text{ m}^2$ 间所占的面积比例最大,占 36.85%,其次为 $100 \sim 200 \text{ m}^2$ 、 $400 \sim 500 \text{ m}^2$ 和 $100 \sim 200 \text{ m}^2$ 。大于 400 m^2 的 EG 林窗虽在林窗总个数中仅占 9.22%,但其在林窗 EG 总面积中则占 22.83%。可见,各级别的林窗在整个林分中的比例,不仅取决于其个数,而且取决于平均面积的大小。国内学者已研究认为^[27],亚热带常绿阔叶林扩展林窗在 $200 \sim 300 \text{ m}^2$ 之间的所占面积比例最大,海南岛热带山地雨林则以 $100 \sim 200 \text{ m}^2$ 所占面积的比例为最大,长白山阔叶红松林以 $400 \sim 500 \text{ m}^2$ 所占面积的比例为最大。对照之下,格氏栲林扩展林窗所占面积的比例最大的区间处于温带与亚热带之间。可见,从温带、中亚热带、亚热带到热带,明显存在森林扩展林窗所占面积的比例最大的区间依次降低的规律。

表 1 格氏栲林扩展林窗 EG 的大小结构

Table 1 Size structure of EG in *Castanopsis kawakamii* Forest

EG 大小级 EG size class(m ²)	<100	100~200	200~300	300~400	400~500	>500	∑
Gap 数 Gap numbers	22	47	19	40	10	3	141
个数百分比 Number(%)	15.60	33.33	13.48	28.37	7.09	2.13	100
面积百分比 Area(%)	4.92	22.33	13.07	36.85	13.48	9.35	100

表 2 格氏栲林冠林窗 CG 的大小结构

Table 2 Size structure of CG in *Castanopsis kawakamii* Forest

CG 大小级 CG size class(m ²)	<50	50~100	100~150	150~200	200~250	250~300	300~350	>350	∑
Gap 数 Gap numbers	7	66	22	29	2	4	9	2	141
个数百分比 Number(%)	4.96	46.81	15.60	20.57	1.42	2.84	6.38	1.42	100
面积百分比 Area(%)	1.25	23.96	14.32	28.53	2.42	5.71	15.87	7.94	100

表 3 格氏栲林冠林窗 CG/扩展林窗 EG 的相对大小

Table 3 The relative size of CG VS EG in *Castanopsis kawakamii* Forest

CG/EG 级 CG/EG Ratio class	<0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1	∑
Gap 数 Gap numbers	3	34	51	40	13	141
个数百分比 Number(%)	2.13	24.11	36.17	28.37	9.22	100

由表 2 可知 CG 的情况与 EG 有所不同,CG 的大小以 50~200 m² 居多,而少于 50 m² 和 200 m² 以上则占少数。按面积百分比计,虽然 50~200 m² 的所占比例仍较大,但 200 m² 以上的仍占 31.94%,而 <50 m² 的仅占 1.25%,表明 CG 在林窗中所占的面积比例既与其个数有关,又与其平均大小有关。表 3 表明了全部 141 个林窗中的 CG 和 EG 的比例关系,CG 和 EG 的相对比例在 0.2~0.8 之间的占 88% 以上,用所有 CG 的平均面积除以所有 EG 的平均面积,则 CG 平均约为 EG 面积的 51.69%。在所调查中的 141 个林窗中 EG 的最小面积是 63.62 m²,最大面积为 1256.64 m²,平均为 244.3665 m²,而 CG 的最小面积为 22.06 m²,最大为 706.86 m²,平均为 126.3177 m²。从 EG 的平均面积上看,格氏栲林林窗扩展林窗的平均面积小于温带长白山红松林(EG 343.61m²)^[24],大于南亚热带常绿阔叶林(EG 192.13m²)、海南热带山地雨林(EG 162.28 m²)^[27],表现出随纬度增加而增加的趋势,主要由各区林窗形成方式所决定的。如果格氏栲林扩展林窗不考虑大于 0.1hm² 的干扰的话,扩展林窗的最大面积从高纬度到低纬度也呈递减趋势。

3.3 林窗的形成方式

林窗是树冠干扰的产物,可能因为某种内在原因(如树木衰老)或外在因素(如频繁的风、雷电)或两者综合作用而发生折枝、枯立、风倒或死亡等事件,导致森林相对连续的林冠层出现间断的现象。格氏栲林中常见的形成方式基本与长白山红松林、南亚热带常绿阔叶林^[27]是相似的:①枯立,即树木由于病虫害或生理因素近于衰老而死亡,树叶或枝条脱落,但树干仍站立原处;②干中折断,即大风将树木至树干某处吹断;③掘根风倒,即大风将树木连根全部拔起而使其倒伏于地;④干基折断,即当树木生长达到一定年龄,特别近于其平均寿命的年龄时,由于种种原因而开始树势衰弱,木材干基的强度大大减弱,遇到一定大小的风吹,加上其自身重量,使树木干基部附近断裂而倒下。在格氏栲林中,由于林窗的形成与消失过程中主导因素差异,其因素所起作用也不尽相同。根据所调查到的各种主要方式分别进行统计,结果表明格氏栲林中干中折断所占比例最大,为 36.22%,而枯立和干基折断也较多,分别占 32.28%和 26.77%。而掘根风倒引起的,仅为 4.72%,即格氏栲林形成林窗的最主要方式是干中折断,其次为枯立。

格氏栲林林窗最为普遍是以林木风折形成的,以此形成林窗的林木再加上风倒木则占调查形成木总数的 67.71%。可见,在格氏栲林中,风是促使林木死亡形成林窗最重要的外界因素。根据实地观察,格氏栲林乔木层主要以高大乔木格氏栲树种为主,大多数格氏栲根基呈板根状,当受到外界风侵扰时,不易被风

掘根而倒,常常使格氏栲树干折断,表现出林窗形成以林木风折为主的。以枯立形式死亡而创造林窗的林木也占形成木总数的 32.28%,比例也未必较小,主要是格氏栲林大多数林木是百年以上的大树,年龄较大的林木易受到不利因素侵扰如病虫害或自然衰老而导致死亡,形成一定比例的以枯立形成的林窗。从而表明格氏栲林中一定比例的林木已处于自然衰老阶段,郁闭的树冠已开始变稀。

3.4 林窗的形成木数量

格氏栲林内形成一个林窗有的以一株形成木为主,有的以多株形成木。统计格氏栲林中林窗形成木及林窗的频数和百分比,结果表明格氏栲林中林窗由 3 株树木形成的林窗最多,占 21%;由 4 株树木形成的林窗占 18%;由 1 株树木形成的林窗占 15%;由 2、5 株树木形成的林窗均占 13%;由 6 株、9 株、10 株、11 株树木形成的林窗分别占 10%、5%、3%、2%。可见,格氏栲林中大多数的林窗是由 1~5 株形成木所形成的,这与长白山阔叶红松林、南亚热带常绿阔叶林和海南岛热带雨林中情况有较大差异,表现在后 3 者形成一个林窗的形成木数量大多在 1~4 株,且均由 2 株形成木形成的林窗比例最高^[27]。但与长白山阔叶红松林相比,在一定程度上中亚热带林木间的相互关系也比温带森林中树木间相互关系更紧密。

3.5 林窗的年龄结构

林窗的年龄是表征林窗动态特征和林窗更新动态的一个重要参数,是指林窗自形成以来至调查时的年数,单株树形成的林窗的年龄为形成木倒或枯后至今的年龄,对多个形成木的林窗,可取其中最早的一株形成木的形成年龄为多株形成木的林窗年龄。以 10 a 为龄级统计不同龄级内的林窗数,结果见表 4。表 4 表明在 10~40 a 前这段时间里形成的林窗较多,占 75.87%,且每隔 10 a 左右形成的林窗的数量差别不大;而其它时间段形成的林窗相对较少,整体上呈正态格局趋势,两头小,中间大。格氏栲林大约在 20~30 a 前形成的林窗数最多,占 26.95%,温带长白山阔叶红松林大约在 50~60a 间形成的林窗最多,占 25.1%,南亚热带常绿阔叶林最多在 10~20a 间,占 26.79%,热带山地雨林则在 20~30a 间达最多,占 41.51%。可见,从林窗形成到林窗被更新的树木或周围大树的侧生长所填充,高纬度所需时间长于低纬度,可能与林窗形成的生物和非生物因素以及林窗的填充速率有关。

表 4 林窗的年龄结构估计

Table 4 Estimation for age structure of gaps in *Castanopsis kawakamii* forest

林窗龄级 Age class(a)	<10	10~20	20~30	30~40	40~50	>50	Σ
林窗数 Number of gaps	11	34	38	35	19	4	141
百分比 Percentage(%)	7.80	24.11	26.95	24.82	13.48	2.84	100

3.6 林窗的空间分布格局

林窗的空分布格局是指林窗在整个格氏栲林的空间分布形式,与分析生物种群的分布格局相类似^[28]。本研究主要采用了样线线路调查方法,确定林窗的空间分布格局^[24],即分别以 50 步(40 m)、100 步(80 m)、200 步(160 m)为区段统计各区段内出现的林窗数,统计出在林中穿行的全线路出现不同林窗数的不同区段数。根据统计结果,运用研究种群分布格局的扩散指标 I_s 来研究格氏栲林林窗的分布格局,其原理与分析种群格局一样。 I_s 的计算公式为 $I_s = q \sum n_i(n_i - 1) / [(N - 1)N]$,其中 q 为区段数; n_i 为第 i 个区段中出现的林窗数; N 为所有区段中出现的林窗数总和。若 $I_s = 1.0$,则林窗呈随机分布;若 $I_s > 1.0$,则林窗呈聚集分布;若 $I_s < 1.0$,则林窗呈均匀分布。为此,用此公式分别计算出以 50 步(40 m)、100 步(80 m)、200 步(160 m)为单位区段的林窗扩散指标: $I_{s_{50}} = 0.5946$ 、 $I_{s_{100}} = 0.8263$ 、 $I_{s_{200}} = 0.9584$ 。计算结果表明:在格氏栲林中,不论多大尺度计算,林窗分布格局均呈现出均匀型的,但倾向随机型,与格氏栲林主林层乔木树种(25 m 以上)的均匀分布格局(据调查计算结果 $I_s = 0.9699$)是相一致的。主要原因在于林窗是由主林层乔木混合形成的,而这种混合的分布格局呈均匀式的。

3.7 林窗形成木的特征

林窗是由形成木枯立、折干或风倒等死亡后形成的,因此林窗形成木的特征直接或间接地影响林窗的各种特征和树种的更新。

3.7.1 组成结构 林窗形成木的组成结构是指形成林窗的主要形成木及其比例。以详细调查了40个林窗为总体,统计其形成木不同树种的株数及其比例,结果见表5。构成格氏栲林林窗形成木的主要树种是格氏栲(*Castanopsis kawakamii*)、大叶乌饭(*Vaccinium mandarinorum*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、狗骨柴(*Tricalysia dubi*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、冬青(*Ilex purpurea*)、木荷(*Schima superba*)和甜槠(*Castanopsis eyrei*),占调查了林窗形成木总数87.2%,均处于林中1~3层,对林窗的形成贡献率较大,尤其格氏栲形成木的比例占最大,占有所有树种的36.2%,是林窗的主要形成者,与其下2、3层树种同创造了各树种共存所需的群落环境。而其它12种只是零星出现,所占的比例微乎其微。

表5 林窗形成木的组成结构

Table 5 Species composition structure of gap makers in *Castanopsis kawakamii* forest

树种 Species	株数 Number of stems	比例 Percentage(%)
格氏栲 <i>C. kawakamii</i>	54	36.2
马尾松 <i>P. massoniana</i>	8	5.4
杉木 <i>C. lanceolata</i>	9	6.0
大叶乌饭 <i>V. mandarinorum</i>	21	14.1
甜槠 <i>C. eyrei</i>	4	2.7
木荷 <i>S. superba</i>	5	3.4
山胡椒 <i>L. glauca</i>	12	8.1
狗骨柴 <i>T. dubia</i>	10	6.7
冬青 <i>I. purpurea</i>	7	4.7
其它 Other species	19	12.8

表6 林窗形成木的径级结构

Table 6 Ground diameter class structure of gap makers in *C. kawakamii* forest

树种 Species	径级 Diameter class(cm)								
	<10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	≥80
格氏栲 <i>C. kawakamii</i>	5	2	5	18	10	5	3	1	5
马尾松 <i>P. massoniana</i>	0	0	1	0	3	1	2	0	1
杉木 <i>C. lanceolata</i>	1	3	3	2	0	0	0	0	0
大叶乌饭 <i>V. mandarinorum</i>	15	5	1	0	0	0	0	0	0
甜槠 <i>C. eyrei</i>	0	2	0	0	1	1	0	0	0
木荷 <i>S. Superba</i>	3	0	1	0	1	0	0	0	0
山胡椒 <i>L. glauca</i>	11	1	0	0	0	0	0	0	0
狗骨柴 <i>T. dubia</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0
冬青 <i>I. purpurea</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0
其它 Other species	15	1	2	1	0	0	0	0	0

3.7.2 径级结构 林窗形成木的径级结构是指形成林窗的各树种在不同粗度级(地径级)上的株数分配比例。以10cm为径级单位(上限排外法)统计各径级内的形成木数量,计算出其所占比例,列于表6。从表6可知,在以格氏栲占相对优势的格氏栲林中,林窗形成木种类以格氏栲占的比例最大,且格氏栲形成木主要介于30~50cm,其中30~40cm的比例最大,即形成林窗的可能性最大的阶段,表明格氏栲林中主林层主要优势种大多在达到20cm以上便有倒伏和枯立,有创建林窗的资格,而且主林层形成林窗的形成木大多数是大径级。但到达60cm后,形成木相对减少,形成林窗可能性则较少,大概是主林层大于60cm的林木由于本身的生理活力及外界的干扰力的两方面影响,经过环境筛选数量大减,导致大于60cm的大径级林木形成的林窗并不多。一般来说,不同树种形成林窗时的地径不同,越上层的树种,其形成林窗的形成木的径级较大,反之,就较小。其它树种形成木主要集中于0~20cm,<10cm的比例占的最大,表明其它树种在格氏栲林中小径材较多,且为大部分处于2、3层的树种。与格氏栲同在主林层的树种仅少数,如木荷、马尾松等,其形成木径级一般较大。而处于主林层下的树种种类相对较多,如大叶乌饭、山胡椒、狗骨柴等,大部分处于林中2~3层,其形成木的径级较小。这种结果主要与每个树种本身的生物特性和形态特性及寿命等因素有关,主林层的树种大多是长寿命的,粗壮而高大,体积大,处于2、3层的树种大多寿命短,一般体积小,在径级结构上表现出上层的树种偏向大径级、下层树种偏向小径级。同时,许多情况下,并未达到成熟或自然衰老死亡的程度的下层的树种,很可能被上层的已进入成熟或衰老阶段的树种因外界干扰

形成风倒、风折产生撞击而出现在林窗中,从而出现下层的形成木径级偏小的现象。

4 讨论

4.1 通过格氏栲林与其它典型类型森林林窗干扰规律比较,发现森林林窗自然干扰状况的许多特征存在着随纬度变化而变化的规律:从温带、中亚热带南亚热带到热带,林窗林窗干扰返回间隔期依次缩短,即森林循环速率呈递增趋势;扩展林窗所占面积的比例最大的区间依次降低,扩展林窗的平均面积和最大面积也存在减小趋势;同时还表现出高纬度森林林窗的填充时间明显高于低纬度。可见纬度变化对森林自然干扰特征是有影响的,但受纬度影响不明显的干扰特征可能更主要受到各个森林类型内在因素影响,有待于讨论。

4.2 林窗的形成年龄依据林窗中最先倒下的一株形成木死亡时间,因此形成木的死亡时间确定是至关重要。考虑到目前格氏栲林每个林窗无法做到长期定位监测,并受研究条件限制,因而对林窗的年龄难以精确估计。但在实地考察中形成林窗的最先倒或枯的形成木主要是格氏栲树种,笔者采用解析木资料或文献^[10]等手段测定立枯或倒木的树龄,结合保护区周围福建农林大学莘口林场营造格氏栲人工林择伐后树基及倒木的腐烂状况和当地老森林调查者的经验,对比推测出林窗的形成年龄,可以肯定这种推测林窗年龄的方法存在误差,但推估林窗年龄结果的趋势性是一致的。

4.3 格氏栲林中,形成林窗的比例最高的形成木数量均比长白山阔叶红松林、南亚热带常绿阔叶林和海南岛热带雨林高,可考虑两种原因,一是处于中亚热带南缘的格氏栲林的林木间相互关系相当密切,二是格氏栲林主林层主要以高大乔木格氏栲为主,除马尾松、木荷外其它乔木绝大部分处于林中2~3层,容易受到主林层林木倒下侵害。但与格氏栲林同属亚热带的南亚热带常绿阔叶林创造林窗的形成木数量的情况相比存在较大差异,有待于探讨其原因。

4.4 从林业持续发展和生物多样性保护原则出发,本研究成果对格氏栲林科学经营有着十分重要意义。格氏栲天然林经过林窗自然干扰而维持着其正常的结构和功能,表明在对格氏栲林进行经营时,应以自然的林窗特征和干扰规律为基础,尽量模拟林窗干扰的自然规律,才能对格氏栲进行科学的管理,从而实现格氏栲林的可持续经营。但从格氏栲林中格氏栲地位在大的时间尺度上将受到日益严峻的挑战的角度来看,林窗自然干扰规律很可能促进整个群落向物种丰富组成的复杂方向演变,如何保护格氏栲稀有珍贵基因与珍稀濒危的种质资源,值得研究与探讨。

4.5 根据实地观察,格氏栲林小树龄格氏栲林木株数在林冠下并不多,表明格氏栲在格氏栲林冠下天然连续更新比较困难,那么格氏栲林林窗自然干扰对格氏栲树种产生更新反应是否起到显著作用有待进一步研究。

References:

- [1] Editorial board of China forest. *China forest* (Vol 3. Broadleaf forest). Beijing: Chinese Forestry Press, 2000. 1549~1558.
- [2] Liu J F, Hong W. A study on the community ecology of *Castanopsis kawakamii*—study on the niche of the main population in *Castanopsis kawakamii* community. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(3): 347~352.
- [3] Wang B N. Samples of explicit solution and fitting of Cui-Lawson's single population growth model. *Journal of Ecology*, 1987, 6(2): 27~30.
- [4] Yang H X, Lu Z Y, Yang Z N. Numerical classification of plant communities I. Association analysis and principal component analysis. *Scienia Silvae Sinicae*, 1979, 15(4): 244~255.
- [5] Lin P, Qiu X Z. Study of the *Castanopsis kawakamii* forest in the Wakeng area of Sanming city, Fujian Province. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1986, 10(4): 241~253.
- [6] Fan H B. Structure features of *Castanopsis kawakamii* community. *Scienia Silvae Sinicae*, 2000, 36(2): 6~12.
- [7] Liu J F, Hong W, Li M J. A study on regulative model of *Castanopsis kawakamii* population. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1998, 6(4): 309~314.
- [8] Liu J F, Hong W, Li J H, et al. Population ecology of *Castanopsis kawakamii* II. Growth dynamics of dominance of *Castanopsis kawakamii* population. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9(5): 453~457.
- [9] Liu J F, Hong W. A study on forecast of population dynamics of *Castanopsis kawakamii*. *Chinese Journal Apply*

- Environment Biology*, 1999, 5(3): 247~253.
- [10] Liu J F, Hong W. Time species model of individual age and diameter in *Castanopsis kawakamii* population. *Acta Phytoecologica Sinica*, 1999, 23(3): 283~288.
- [11] Liu J F, Hong W. A modified logistic model of the growth pattern of dominance in a *Castanopsis kawakamii* population. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2001, 25(2): 225~229.
- [12] Liu J F, Hong W, Fan H B, et al. Study on the inter-specific association of species in the vegetation layer in *Castanopsis kawakamii* forest. *Sciencia Silvae Sinicae*, 2001, 37(4): 117~123.
- [13] Liu J F, Hong W, WU C Z. Fractal features of soil clusters under some precious hardwood stands in the central subtropical region, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(2): 197~205.
- [14] Liu J F, Hong W, Fan H B, et al. Quantitative characteristics in rare *Castanopsis kawakamii* forest, China. *Chinese Journal Apply Environment Biology*, 2002, 8(1): 14~19.
- [15] Zhang Q S, John C Z. Effects of gap size on litter decomposition and microbial activity in a subtropical forest. *Ecology*, 1995, 76(7): 1296~2204.
- [16] Whitmore T C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 1989, 70: 536~538.
- [17] Zang R G, Xu H C. Research advance on gap disturbance. *Sciencia Silvae Sinicae*, 1998, 34(1): 90~98.
- [18] Watt A S. Pattern and process in the plant communities. *Journal of Ecology*, 1947, 35: 1~22.
- [19] Runkle J R. Gap regeneration in some old-growth forests of eastern North America. *Ecology*, 1981, 63: 1533~1546.
- [20] Tyrrel L E, Crow T R. Structural characteristics of old-growth hemlock-hardwood forests in relation to age. *Ecology*, 1944, 75: 370~860.
- [21] Xi W M. Research advance on vegetation in gap. *Journal of Xi'nan Normal University(Natural Science Edition)*, 1992, 17(2): 268~274.
- [22] Hong W, WU C Z, Lin C L, et al. Gap edge effect of the forest communities in Longxi mountain, Fujian Province. *Sciencia Silvae Sinicae*, 2000, 36(2): 33~38.
- [23] Jiang Y X, Wang B S, Zang R G, et al. *Biodiversity and its formative mechanism in the tropical forest of Hainan Island*. Beijing: Science Press, 2002, 253~262.
- [24] Zang R G, Liu T, Guo Z L, et al. Gap disturbance regime in a broadleaved-korean pine forest in the Changbai Mountain Natural Reserve. *Acta Phytoecologica Sinica*, 1998, 22(2): 135~142.
- [25] Runkle J R. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology*, 1982, 63: 1533~1546.
- [26] Runkle J R. Comparison of methods for determining fraction of land area in tree fall gaps. *Forest Sciencia*, 1985, 31: 15~19.
- [27] Zang R G, Liu J Y, Dong D F. *Gap dynamics and forest biodiversity*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1999. 70~80, 94~105, 206.
- [28] Lawton R O, Putz F E. Natural disturbance and gap regeneration in wind-exposed tropical cloud forest. *Ecology*, 1988, 69: 764~777.

参考文献:

- [1] 中国森林编辑委员会. 中国森林(第3卷阔叶林). 北京: 中国林业出版社, 2000, 1549~1558.
- [2] 刘金福, 洪伟. 格氏栲群落生态学研究. 格氏栲林主要种群生态位的研究. *生态学报*, 1999, 19(3): 347~352.
- [3] 王本楠. 崔-Lawson 种群模型的显示解及拟合实例. *生态学杂志*, 1987, 6(2): 27~30.
- [4] 阳含熙, 卢泽愚, 杨周南. 植物群落数量分类的研究. *林业科学*, 1979, 15(4): 244~255.
- [5] 林鹏, 丘喜昭. 福建三明瓦坑的赤枝栲林. *植物生态学与地植物学学报*, 1986, 10(4): 241~253.
- [6] 樊后保. 格氏栲群落的结构特征. *林业科学*, 2000, 36(2): 6~12.
- [7] 刘金福, 洪伟, 李茂瑾. 格氏栲种群调节模型研究. *热带亚热带植物学报*, 1998, 6(4): 309~314.
- [8] 刘金福, 洪伟, 李家, 等. 格氏栲群落生态学研究 II. 格氏栲种群优势度增长动态规律研究. *应用生态学报*, 1998, 9(5): 453~457.
- [9] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群增长动态预测研究. *应用与环境生物学报*, 1999, 5(3): 247~253.
- [10] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群个体年龄与胸径的时间序列模型研究. *植物生态学报*, 1999, 23(3): 283~288.
- [11] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群优势度增长改进模型的研究. *植物生态学报*, 2001, 25(2): 225~229.
- [12] 刘金福, 洪伟, 樊后保, 等. 天然格氏栲林乔木层种群间关联性研究. *林业科学*, 2001, 37(4): 117~123.

- [13] 刘金福,洪伟,吴承祯. 中亚热带几种珍贵树种林分土壤团粒结构的分维特征. 生态学报, 2002, 22(2): 197~205.
- [14] 刘金福,洪伟,樊后保,等. 中国珍稀格氏栲林的数量特征. 应用与环境生物学报, 2002, 8(1): 247~253.
- [17] 臧润国,徐化成. 林窗干扰研究进展. 林业科学, 1998, 34(1): 90~98.
- [21] 奚为民. 林窗植被研究进展. 西南师范大学学报(自然科学版), 1992, 17(2): 268~274.
- [22] 洪伟,吴承祯,林成来,等. 福建龙栖山森林群落林窗边缘效应研究. 林业科学, 2000, 36(2): 33~38.
- [23] 蒋有绪,王伯荪,臧润国,等. 海南岛热带林生物多样性及其形成机制. 北京:科学出版社, 2002. 253~262.
- [24] 臧润国,刘涛,郭忠凌,等. 长白山自然保护区阔叶红松林林窗干扰状况的研究. 植物生态学报, 1998, 22(2): 135~142.
- [27] 臧润国,刘静艳,董大方著. 林窗动态与森林生物多样性. 北京:中国林业出版社, 1998. 80, 100~101, 206.

国外经典教材评介

生态学家的圣经

——生态学方法(第三版)(Ecological methods(3rd ed.))

刘丽华 (武汉大学 图书馆 430072) E

这本经典教材,其第一版就被评论家称为“生态学家的圣经”,一直进行着修订与重写。不仅因为自从第二版出版以来,所考虑的领域已经取得进展,而且范围也扩大到所有的大型动物,并将鱼类同其它脊椎动物一同考虑进来。

生态学方法这本书提供了一个将研究种群和生态系统的方法结合起来的技巧。书中描述了获取种群绝对和相对估计值的方法,并且对直接测量出生率、死亡率、迁移率以及建立和阐述生命表的步骤进行了评论。随后各章节检测了用来测量和描述生物多样性、种的富集度、能量流动和回归线关系的各种方法。

本书论述广泛,清楚地描述了很多分析所需的设备和方法。每章都有包括该章节内容的最新的详细的参考书目,参考书目包含可用的计算机程序和互联网网址。该书是生态这、昆虫学、动物学领域各层次研究者和学生的不可或缺的参考书。

本书有网址提供自从手稿完成后附加的解释、设备目录和计算机程序。网址为:<http://www.blackwell-science.com/southwood>.

本书主要内容 1. 动物种群研究简介; 2. 取样程序和扩散的描述和测定; 3. 用重捕试验来测定种群绝对数量; 4. 通过测量单位栖息地的空气、植物、植物产量和原产地的脊椎动物来估计种群绝对值; 5. 通过取样单位水生栖息地来估计种群绝对值; 6. 通过取样单位土壤或枯枝落叶层栖息地来估计种群绝对值; 7. 测定种群的相关方法和绝对估计值的来源; 8. 指标: 标记、产物、效果; 9. 通过调查和距离测量方法来估计野生动物种群; 10. 用试验估计出生率、死亡率及迁移率的方法; 11. 以年龄为特征的生命表的建立、描述和分析; 12. 年龄分布、时间为特征的生命表及种群预测模型; 13. 种的丰富度、多样性、聚集度; 14. 产量预测和能量分配的建立; 15. 大范围栖息地的空间和时间分析与分类。

索书号: Q14-3/S728(3)/2000Y; 收藏单位: 文理分馆外国教材中心(阅览部六楼)

地址: 湖北省武汉市武汉大学图书馆外教中心 430072 联系人: 刘丽华

电话: 027-87682740-847 E-mail: liulh@lib.whu.edu.cn