

西天目山黄山松阔叶林的 冠层干扰与动态推测*

夏冰 兰涛 贺善安 邓飞

(江苏省植物研究所, 南京 210014)
中国科学院

杨逢春

(浙江天目山自然保护区管理局, 临安 311311)

摘要 根据年龄结构和直径生长图分析研究了浙江省西天目山黄山松阔叶混交林的冠层干扰年表和发展动态。结果表明黄山松在该林地的定居发生在1861~1880年之间, 黄山松定居30~40年后, 其他阔叶树开始在林下萌发生长, 形成目前的黄山松阔叶混交林, 该林将被阔叶树取代。林冠平均干扰强度为5.3%(每10年), 意味着在该林地条件下, 由黄山松林向阔叶林演替所需的时间约为190年。

关键词 黄山松; 冠层干扰; 森林演替

Estimation of canopy disturbance and dynamics of a stand of *Pinus taiwanensis* and broadleaf trees in the west Tianmu Mountain Xia Bing, Lan Tao, He Shan-An and Deng Fei (Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014), Yang Feng-Chun (Managing Office of Tianmu Mountain National Nature Reserve, Linan 311311), *J. Plant Resour. & Environ.* 1995, 4(3): 15~20

The canopy disturbance chronology and forest dynamics of a mixed stand of *Pinus taiwanensis* and broadleaf tree species in Tianmu Mountain National Nature Reserve, Zhejiang Province, China, were studied by analyzing their age structure and radial growth patterns. The results showed that the establishment of *Pinus taiwanensis* took place in about 1861~1880, then after about 30~40 years, the other broadleaf tree species began to germinate under the pine forest to form recent mixed forest, which would be substitute by pure broadleaf forest in future. The average disturbance intensity for the stand per decade was about 5.3%, which implied that succession time from *Pinus taiwanensis* forest to broadleaf forest in the stand was about 190 years.

Key words *Pinus taiwanensis* Hayata; canopy disturbance; forest dynamics

1. 引言

森林的发展演替是生态学的核心内容之一。传统理论认为, 森林演替是一定气候条件下由树木间的竞争所驱动的某个确定过程, 其终点即为顶极群落^[16]。森林冠层干扰可以看作是

收稿日期 1995-04-08

* 国家自然科学基金资助项目(项目编号39200021)。陈树元、董晓耘、徐建华同志参加了野外调查工作。姚淦同志帮助鉴定植物, 特此致谢。

林窗(canopy gap)的产生,而林窗的大小有很大差异,既可指一株或数株冠层树木死亡或倒伏所形成的中、小林窗,也可是大面积林地消失后形成的大林窗。林窗的产生必引起光照强度和环境的改变,故可使森林的组成和种群也发生相应的变化,进而影响森林的发展动态^[6,7,17]。目前,林窗的产生已被公认为是推动森林发展和演替的主要动力。因此,研究林窗的历史对了解森林演替具有重要意义。

树木年轮资料除广泛用于重建过去的气候外,在研究森林干扰方面也极有利用价值。森林冠层树木的死亡,使原被压木及其与之相邻的树木生长得以加快,在树木年轮中表现为年轮宽度保持一段较细时期后迅速增大并持续一段时间。这一现象即为生长释放(growth release)。根据生长释放可推测中、小林窗的发生年代^[8,14];较大林窗的产生则需通过检测一定数量目前正处于冠层的树木的年龄结构和它们是否拥有同步生长释放现象来判断。例如在某林地有新树种的迁入和大部分老树种有相近的年龄结构,这些现象往往反映了过去曾发生过较大规模的干扰,造成了大量树木的死亡,使先锋树种得以侵入,并定居生长^[12,13,15]。

西天目山黄山松(*Pinus taiwanensis* Hayata)阔叶林,多分布于海拔800~1 200 m左右的山脊坡面^[1,4],按演替规律,它们将逐渐被纯阔叶林取代,目前的黄山松阔叶混交林,应是在较大规模干扰之后,先形成黄山松林,继而演变为现在的黄山松阔叶混交林。作者尝试用树木年轮资料来分析西天目山黄山松阔叶林的干扰历史,进而推测其未来发展动态。

2. 林地概况与调查方法

调查的黄山松阔叶林位于浙江省临安县境内西天目山老殿附近的山脊坡面,北纬30°21',东经119°25';坡向南偏东,海拔1 030~1 160 m;冠层分为2层:上层主要为黄山松和阔叶树;次层林冠全部是阔叶树,林下无黄山松幼苗、幼树。阔叶树主要有:绵栎(*Lithocarpus henryi* Rehd. et Wils.)、枫香(*Liquidambar formosana* Hance)、短柄枹(*Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata* Nakai)、刺楸(*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.)、鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii* Hance)、小叶青冈(*Cyclobalanopsis gracilis* (Rehd. et Wild.) Cheng et T. Hong)、交让木(*Daphniphyllum macropodum* Miq.)和椴(*Tilia* ssp.)等。林冠层高度8~20 m。

在山脊林缘处随机选一点并以此为始,沿山脊线每隔50 m定点,共设4点(第4点之后该黄山松阔叶林开始消失)。然后由这4点开始,沿垂直于山脊的东南坡向林内前进20 m处做圆心,10 m为半径划圆,共划定4个面积为314 m²的样圆。对样圆内胸径≥5 cm的树木在胸高处钻取芯样,共117个;同时测量其树高、胸径、与圆心的距离及磁方位角、树冠在东西南北方向的垂直投影长度及可直接接受到垂直光照的投影长度。4个样圆总面积为1 256 m²(约0.126 hm²)。

取回的芯样经砂纸打磨光滑,用年轮宽度测试仪测定年轮宽度(精度0.01 mm)所得的年轮宽度数量即为树木的胸高年龄。黄山松和阔叶树的年龄结构以各自在10年为单位的年龄组中所占的百分率来计算。对于阔叶树中少数年轮不清晰者舍去不用。

3. 研究结果

3.1 年龄结构与空间分布

从年龄结构看(见图1),80%的黄山松是在1861~1880年间定居在该片林地中的,到1910年以后再无黄山松进入。大量阔叶树(81%)进入的时间在1911~1950年的这40年间。根据黄山松在良好生境下的演替规律^[3,4],可以认为1861年前后该林地发生大规模干扰事件,整个林地成为一大林窗,使先锋树种黄山松得以进入生长,以后在黄山松的庇荫下其他阔叶树种陆续侵入,直至目前状况,并继续朝阔叶纯林方向演化,最终成为阔叶纯林。

树木的空间分布格式根据 Clark 和 Evans 的方法判断^[9]。当 $R=1$ 时为随机分布; $R<1$ 时为聚丛分布; $R>1$ 时为均匀分布。本研究定义:冠层树木只包括冠幅在东西南北4个方位中有两个以上(含两个)方位可直接接受到垂直光照者。样地内树木空间相互距离根据树木距圆心的距离和磁方位角来计算。冠层树木的空间分布格式不同于样地所有树木的分布格式(见表1)。冠层树木的空间分布计算如下: $R=0.99$, t 检验知 R 可视为1,说明冠层树木为随机分布。而将样地内所有树木作为一个整体(即不仅包括冠层树木也包括我们定义的非冠层树木),其 $R=1.28$, 经 t 检验, R 显著大于1,为均匀分布。对于随机分布的树木,每一株都可作为判断森林干扰的估计点,每个估计点都代表一定的林地面积。鉴于只有冠层树木为随机分布,故本研究定义:冠层干扰强度等于每10年中具有生长释放的冠层树木占全部冠层树木的百分率(见表1)。

本研究之所以用10年而不是1年为单位来推测干扰强度,是因为树芯样取自胸高处而不是根基,树木又处在较密的针阔混交林内,难于用交叉定年的原理准确定年,即无法排除伪年轮和遗失轮;此外,也考虑到树木生长释放常有1~2年的滞后现象。

表1 黄山松阔叶林树木空间分布分析*

Tab 1 Analysis for spatial distribution of trees in the stand of *Pinus taiwanensis* and broadleaf trees

	观测数量 N Number of distances measured	距离总和 $\sum r$ (m) Sum of distances	平均距离 \bar{r}_A (m) Mean distance	密度 D 株/m ² Density	期望平均 距离 \bar{r}_E (m) Expected mean distance	R 比值 R rate	标准误差 σ_{r_E} Standard error	t 值 t-value
林地内所有树木 All trees	113	243.5	2.117	0.0900	1.667	1.2699	0.0820	5.488
冠层树木 Canopy trees	50	119.0	2.380	0.0398	2.506	0.9500	0.1853	-0.6800**

$$* \bar{r}_A = \sum r \div N, D = N \div \text{面积}(1256 \text{ m}^2), \bar{r}_E = \frac{1}{2 \times \sqrt{D}}, \sigma_{r_E} = \frac{0.26136}{\sqrt{N \times D}}, t = \frac{\bar{r}_A - \bar{r}_E}{\sigma_{r_E}}, R = \frac{\bar{r}_A}{\bar{r}_E}$$

3.2 直径生长分析

该样地树木的直径生长特点可用历年年轮宽度图来分析。对全部树芯样品的年轮宽度系列的直观分析,可见其直径生长主要分为4类(见图2),图2A示直径生长由快迅速减慢并稳定在一定水平上,其生长趋势表现为缓慢下降或稳定不变。这一类型仅出现在黄山松中,可能是先锋树种的特有生长方式之一。图2B示一种波浪型的生长趋势,在1930~1940年和1951~1961年这两段时期,直径生长较慢,而紧随其后的1941~1950年和1962~1972年期间生长加快,表明后两段时期内有生长释放。黄山松的直径生长只有上述两种类型。图2C表示的是一种趋势性变化较明显的生长类型,在1943~1960这18年中直径生长相对较慢,1961年以后迅

速增大直到1971年。属典型的生长压制,释放现象。图2D表示了一种波动大而无规则的现象,从直观上不易判断其生长的趋势性变化。图2C、D可理解为耐荫树种特有的生长方式之一。

3.3 生长释放的判别标准

树木的直径生长不仅受压制和释放的影响,还受气候条件变化的影响。例如某一年或连续数年气候条件的改变可使树木年轮宽度产生某种趋势的变化。从西天目山仙人顶气象站(海拔1496 m,与取样地水平距离约2 km)提供的月平均气温、月最低温和月降水量三项指标看,无一有连续5年以上的减少或增大。此外,树木当年的生长情况对以后1至数年的生长有一定影响(这种影响可用偏相关来表示),但这种影响的滞后效应为时不长,如华东地区的马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)只有1年^[5]。即使在年轮气候学中,也只有3年^[2,10]。因此可以认为,该地区气候条件改变所引起的树木直径生长趋势性变化的持续时间一般不超过8年。为了将这种由气候变化引起的树木直径生长的趋势性变化与树木相互间作用引起的生长压制和生长释放相区别,本研究规定凡持续10年或10年以上的直径生长的相对减慢为生长压制;压制形成后,生长明显加速并持续5年以上且加速期的平均生长量大于压制期的50%以上,称之为生长释放。

为便于分辨生长压制期和释放期的年数,同时便于判断直径生长的变化趋势,本研究用11年加权滑动平均对所有年轮宽度系列进行分析处理。采用加权滑动平均法可避免应用简单滑动平均所引起的趋势变更点偏移。权重系数采用 Fritts 提出的用通过波长大于8年以上的趋势性变化的滤波器^[11],即1~11年的权重系数分别是:0.0030,0.0161,0.0537,0.1205,0.1933,0.2256,0.1933,0.1280,0.0537,0.0161和0.0030,经此处理后,再结合原有的年轮宽度图就比较容易判断生长压制期和生长释放期以及起始年代(见图3)。图3中的A,B,C,D分别对应于图2中的A,B,C,D。图3A中无生长释放现象,图3B中虽有4个波峰,但只有2个波峰符合我们定义的生长释放判别标准,它们分别始于1942年和1961年,平均生长量分别增加71%和55%;图3C中有1次生长释放,在1961年,平均生长量增长100%以上;图3D中不存在生长释放。(见图3)

3.4 干扰推测与讨论

调查的黄山松阔叶林冠层干扰历史见表2。在1891~1990年的100年间,每10年的平均干扰强度达5.3%,最大的10年是1951~1960年,为12.0%,最小的为1901~1910年,1.7%。

表2 黄山松阔叶混交林干扰年代表

Tab 2 Disturbance chronology for the stand of *Pinus taiwanensis* and broadleaf tree species

	1891~ 1900	1901~ 1910	1911~ 1920	1921~ 1930	1931~ 1940	1941~ 1950	1951~ 1960	1961~ 1970	1971~ 1980	1981~ 1990
干扰强度(%) Disturbance intensity	5.2	1.7	3.4	3.4	6.9	6.9	12.0	3.4	8.6	1.7
平均干扰强度(%) Average disturbance intensity	5.3									

根据冠层干扰强度有可能推测某群落先锋树种被耐荫树种完全取代所需的时间。对取样地而言,假设耐荫树种经一次生长释放便可进入冠层,而且冠层树种的空间分布格式为随机分布,则5.3%/10年的干扰强度可理解为每10年就有5.3%黄山松冠层从整个林冠层消失,这意味着该黄山松阔叶林中黄山松被阔叶树完全取代所需的时间 $P_{10年}$ 为: $P=1/\text{平均林冠干}$

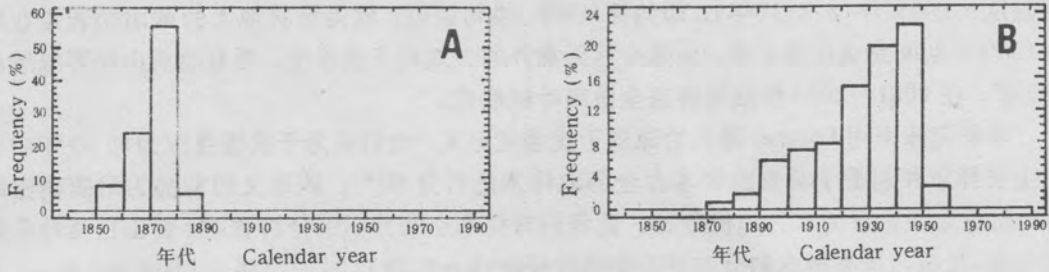


图1 黄山松(A)和阔叶树(B)胸高年龄结构

Fig 1 Age structures at breast height of *Pinus taiwanensis* (Fig. 1 A) and broadleaf tree species (Fig. 1 B)

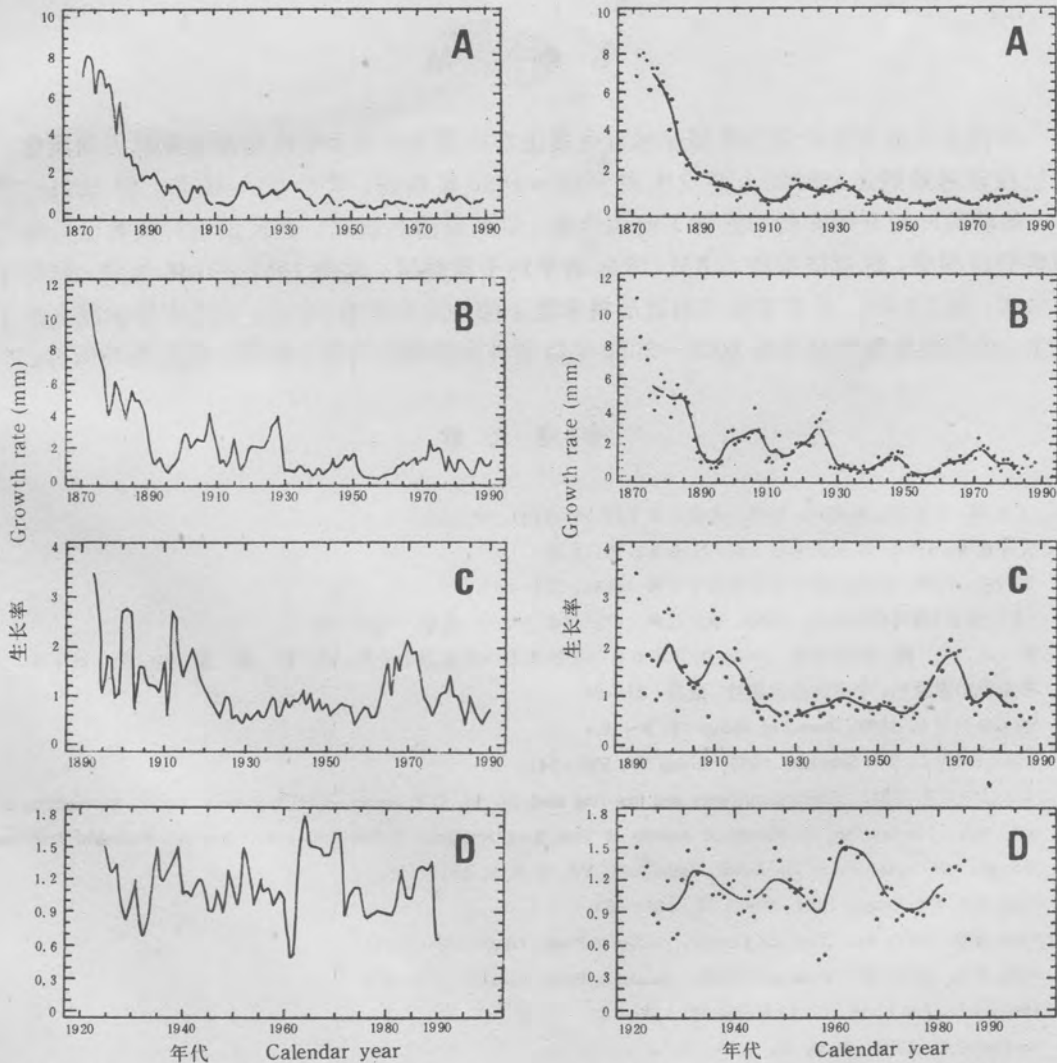


图2 取样树木的直径生长类型图

Fig 2 Typical radial growth patterns of trees sampled. See explanations in the text

图3 加权滑动平均后的取样树木直径生长曲线

Fig 3 Radial growth curves treated by weighted moving average. See explanations in the text

扰强度 $\times 100\% = 18.8$ (10年),即约需190年。换句话说,就是该林地上的黄山松若是在1861~1880年期间完成定居的话,如果今后无意外的大规模干扰发生,现有的黄山松可继续存活190年,在2051~2070年期间将完全被阔叶树取代。

本研究未采用 Lorimer 等人的冠层干扰强度定义,他们认为干扰强度应为每10年中出现的生长释放和起源于林窗的树木占全部取样木的百分率^[14]。该定义的前提为耐荫稠密阔叶林,呈稳定状态且树木为随机分布。而我们对树木空间分布的分析表明,黄山松阔叶林是过渡状态,且林内所有树木的分布并不是随机分布($R=1.28$),这一结果与 Clark and Evans 对林地内所有树木的空间分布结果相似($R=1.14$)。另外,黄山松本身只有在无遮荫的条件下才能萌发生长。因此,我们认为宜采用本文定义的干扰强度。

4. 小 结

所调查的西天目山黄山松阔叶林系由黄山松林演变而来并继续向阔叶纯林方向演化。黄山松在该林地的定居时间主要发生在1861~1880年期间,其后30~40年,即1911~1950年,耐荫阔叶树开始在黄山松林下萌发生长,直到目前的状况。在黄山松林向黄山松阔叶林演替的过程中,林冠层保持5.3%/10年的平均干扰强度,其中1951~1960年间,冠层干扰为最大,达12.0%。目前该林地的冠层树木处于随机分布状态。今后,如无意外的较大的干扰发生,该黄山松阔叶林将在2051~2070年以前被耐荫阔叶树完全取代,成为阔叶纯林。

参 考 文 献

- 1 王日玮,项斯端,陈启瑞. 1986; 杭州大学学报 13(增刊): 26~42.
- 2 吴祥定等. 1990; 树木年轮与气候, 气象出版社, 北京.
- 3 张利权. 1990; 植物生态学与地植物学学报 14(4): 228~334.
- 4 《浙江森林》编写领导小组. 1993; 浙江森林, 中国林业出版社, 北京. 116~128.
- 5 夏冰, 兰涛, 徐建华等. 1994; 南京老山马尾松的树木年轮生态学分析, 见: 铁铮, 颜帅, 吴斌主编, 青年林业科学家论丛, 中国林业出版社, 北京. 23~27.
- 6 Brokaw N V L. 1987; *Journal of Ecology* 75: 9~19.
- 7 Brokaw N V L, S M Scheiner. 1989; *Ecology* 70: 538~541.
- 8 Brubaker L B. 1987. Forest disturbance and tree-ring analysis. In: G C Jacoby and J Hornbeck (eds.). Proceedings of the International Symposium on Ecological Aspects of Tree Ring Analysis. CONF-86081144. National Technical Information Service, US Department of Commerce, Springfield, VA, U.S.A. 101~118.
- 9 Clark P J, F C Evans. 1954; *Ecology* 35: 445~453.
- 10 Fritts H C. 1976; *Tree-Ring and Climate*. Academia Press. London. 240~241.
- 11 Fritts H C. 1976; *Tree-Ring and Climate*. Academia Press. London. 268~277.
- 12 Henry J D, J M Swan. 1974; *Ecology* 55: 772~783.
- 13 Lorimer C G. 1980; *Ecology* 61: 1169~1184.
- 14 Lorimer C G, L E Frelich. 1989; *Canadian Journal of Forest Research* 19: 651~663.
- 15 Lusk C, J Odgen. 1992; *Journal of Ecology* 80: 379~393.
- 16 Odum E P. 1969; *Science* 164: 262~270.
- 17 Runkle J R. 1982; *Ecology* 63: 2533~2546.

(责任编辑:盛国英)