

# 广东西江林场杉木马尾松荷木混交林分 调 查 研 究\*

曾 天 勋      古 炎 坤

(华南农业大学林学系)

我国长期以来多营造杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 纯林。由于杉木针叶养分元素较低, 叶面角质层较厚, 枯枝落叶分解缓慢, 常形成酸性腐殖质, 不利于维持地力, 尤其是连栽杉木, 会导致地力衰退<sup>[3, 4, 9]</sup>。为了克服这些不利因素, 近十余年来, 许多地方开展了杉木混交林的试验研究。诸如广东、广西、福建、浙江等地做过杉松、杉荷、杉樟、杉柳杉、杉火力楠和杉香椿等的混交造林试验, 获得了一定的经验和成效<sup>[1, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14]</sup>。广东西江林场第一代杉木人工林有的已被砍伐, 并继续栽植第二代。由于土壤肥力下降, 生长不如前代, 七十年代初期采伐杉木后做了不同更新方式试验, 包括杉松等混交试验<sup>[13]</sup>, 现已将蔚然成林。1983年3—4月, 我们在本场东风工区做了杉木萌芽更新(以下简称杉木萌更)林分及杉木萌更与马尾松 (*Pinus massoniana*) 混交, 杉木萌更与荷木 (*Schima superba*)、马尾松混交林的林分调查。本文为调查结果。

## 一、调查地区的自然条件

西江林场位于北纬23° 05'—23° 08', 东经111° 49'—111° 55', 跨广东省郁南、云浮两县, 全场面积14万多亩, 地形属高丘陵低山, 多数山丘海拔200—500米, 最高600多米, 坡度较陡, 以25—35度的为多, 土壤为在页岩上发育的赤红壤, 大都为中壤, 酸性, pH 5—5.6。

本场地处南亚热带季风气候区, 热量足, 雨量充沛。据本场三坑气象观测站1979—1982年的气象记录: 年平均温度21.7℃, 2月为低温月, 平均12.9℃, 7月为高温月, 平均29.1℃, 极端最高和极端最低温度分别为38.8℃和0.6℃; 年降水量平均为1537.2毫米, 年蒸发量平均为1244.9毫米, 降水量超过蒸发量, 全年除11—1月较干旱, 蒸发量稍大于降水量外, 其余月份比较湿润, 相对湿度为73—85%。

\* 参加调查的还有何国强、李裕胜、何一心和叶振棠; 外业蒙广东西江林管局、西江林场的大力支持与协助; 本文承我系徐燕千教授审阅, 提供修改意见; 陈国泽同志绘图; 一并表示谢忱!

表1 不同林分生长、蓄积和生物量<sup>1)</sup>

Table 1. Growth, stock and biomass in different stands

林分类型 Crop type	标准地号 Plot No.	林分组成 (按蓄积计) Composition on the stock	树种 Species	密度 (株/亩) No. of trees mu <sup>-1</sup>	郁闭度 Crown-coverage	平均高 (米) av. ht. (m)	平均胸径 (厘米) av. d. b. h. (cm)	优势高 (米) Dominant ht. (m)	优势胸径 (厘米) Dominant d. b. h. (cm)	蓄积量 (立方米/亩) Stock (m <sup>3</sup> mu <sup>-1</sup> )	生物量 Biomass		
											平均木 Mean sample-tree	林分 Crop	
											公斤/株 kg. sing- tree	公斤/亩 kg. mu <sup>-1</sup>	
I	7	5 杉 5 马	杉木 (C.I.) 马尾松 (P.m.)	392 156	0.65	2.85 4.58	3.1 4.8	4.28 5.33	6.1 8.3	1.42	3.6 7.2	50 100	2536.6
	8	6 马 4 杉	杉木 (C.I.) 马尾松 (P.m.)	456 224	0.53	3.25 4.70	3.1 5.0	4.38 5.72	6.5 8.5	1.45	3.1 6.0	52 100	2783.8
	9	5 杉 5 马	杉木 (C.I.) 马尾松 (P.m.)	500 248	0.57	3.42 4.78	3.3 4.9	5.58 5.67	7.7 8.7	1.08	3.0 5.9	51 100	2959.8
	10	6 杉 3 荷 1 马	杉木 (C.I.) 马尾松 (P.m.) 荷木 (S.s.)	272 160 130	0.62	3.86 3.52 5.54	4.7 2.8 4.5	5.47 5.90 7.65	8.1 4.6 7.4	1.64	5.3 2.0 8.5	265 100 425	2797.4
I	11	5 杉 3 荷 2 马	杉木 (C.I.) 马尾松 (P.m.) 荷木 (S.s.)	256 222 70	0.60	3.80 4.20 6.80	4.9 3.2 5.9	5.97 4.63 8.02	8.3 5.4 9.2	1.79	6.0 2.3 12.8	261 100 557	2960.6
	12	5 荷 4 杉 1 马	杉木 (C.I.) 马尾松 (P.m.) 荷木 (S.s.)	274 198 146	0.62	2.23 3.70 5.72	4.0 2.6 5.3	5.49 4.07 6.83	8.0 4.2 8.1	1.57	3.9 1.7 10.9	229 100 641	2989.7

续表 1

13	5 马 4 杉 1 荷	杉木 (C.l.)	330		3.13	3.7	4.04	5.2	2.4	66	1854.0
		马尾松 (P.m.)	230	0.50	4.20	4.4	5.07	7.8	3.6	100	
		荷木 (S.s.)	94	4.40	3.1	5.58	4.3	2.6	1.13	72	
14	4 杉 3 马 3 荷	杉木 (C.l.)	210		2.83	3.2	4.70	6.0	3.1	135	1512.9
		马尾松 (P.m.)	146	0.45	3.62	3.4	4.07	5.6	2.3	100	
		荷木 (S.s.)	120	3.88	3.7	5.03	6.0	4.7	0.67	204	
15	4 杉 3 马 3 荷	杉木 (C.l.)	216		2.72	3.2	4.47	6.8	2.3	115	1325.4
		马尾松 (P.m.)	140	0.40	3.38	2.9	3.90	5.5	2.0	100	
		荷木 (S.s.)	108	3.65	3.3	5.40	5.4	5.2	0.66	260	

1) 杉木均为萌芽更新, 马尾松、荷木为实生苗造林, 林龄 8 年; 林木起测径阶均为 2; 2) 杉木 (Cunninghamia lanceolata) 缩写为 C.l.); 马尾松 (Pinus massoniana) 缩写为 P.m.); 荷木 (Schima superba) 缩写为 S.s.); 3) 1 mu = 1/15 ha; 4) 以马尾松 (P.m.) 为 100.

这里的原生自然森林植被为南亚热带季风常绿阔叶林，但已荡然无存。现有的主要是杉木、松树人工林和为数不多的杉松、杉阔混交林。林内植物以芒箕 (*Dicranopteris dichotoma*)、乌毛蕨 (*Blechnum orientale*)、粽叶芦 (*Thysanolaena maxima*)、芒 (*Miscanthus sinensis*) 和里白 (*Hicriopteris chinensis*) 等为常见。

## 二、调查方法

调查对象为本场东风工区1974年采伐三类杉木后进行第一次萌更，并与马尾松、荷木混交的林分，林龄8年。根据其组成分别做杉木萌更纯林、杉松混交林及杉松荷木混交林的调查，标准地12个，每标准地面积330平方米。调查内容为：林分结构和生物量，平均木树干解析，立木根系分布，枯落物数量，土壤剖面观察及土壤理化性质分析等。调查林分结构和林分因子用测树学常规法，测定立木生物量用分层切割法<sup>(2)</sup>；调查根系用全挖掘法，根系挖出后按其水平与垂直分布情况拍摄照片，而后称重和取样；树干解析和土壤调查分析亦按常规进行。

## 三、结果和分析

杉木的萌条数量不一，松、荷为实生苗造林，林木株数杉木最多，马尾松次之，荷木最少(表1)，且分布不均(图1、2、3)。按蓄积计算林分组成，把9个混交林标准地归纳为三种林分：杉木马尾松混交林为I；马尾松蓄积量少于荷木混交林为II，等于或多于荷木的为III(表1)。

(一)混交林分结构：三种林分的林木分布不均，稠密地段郁闭，竞争和分化较早。不同林分中有的树种间竞争剧烈，有的严重受压，如II的马尾松；有的明显居优势如I的马尾松，II的荷木(表1，图1、2)。林分中各树种林木株数按径阶分布的离散度，有的呈常态曲线，如I的马尾松，II的荷木(图4、5)，表明它们在林分中生长正常并占优势；有的小径木占多数，如I的杉木，II的马尾松(图4、5)，反映它们的林木结构不正常和受压抑；虽然II的杉木生长优于马尾松，但其林木分布的离散度(图5)以2、4径阶的小径木占多数，说明生长受抑；现场可见许多杉木被荷木遮蔽，侧枝大量干枯脱落，仅剩顶部少数活枝，生长明显下降(图7)。

### (二)混交林分的生长：

1、树种的树高和胸径生长：各林分的树种高径生长均有差异。其中树高、平均胸径、优势木高和优势木胸径：I马尾松>杉木，前者占优势(图1)；II荷木>杉木>马尾松，荷木占绝对优势，马尾松严重受压，杉木也受压(图2)；III三个树种的生长差异不大，均未居优势(表1、图3)。

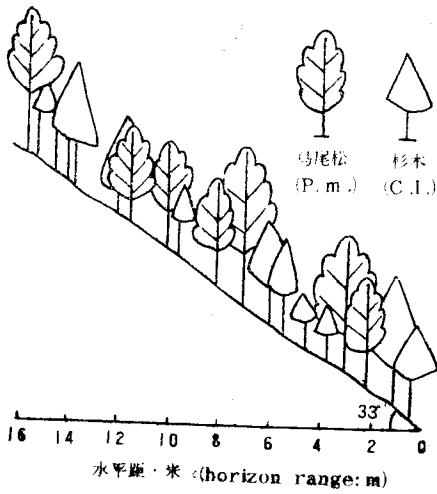


图1 混I林分垂直结构剖面图(9号标准地)

Fig.1 Vertical section in mixed crop I (plot 9)

带长(Belt length): 16米(m)

带宽(Belt range): 1.5米(m)

林龄(Age): 8年(yr.)

平均高(av. ht.): 杉(C.I.) 3.42米(m) 松(P.m.) 4.78米(m)

比例(Scale): 1 : 200

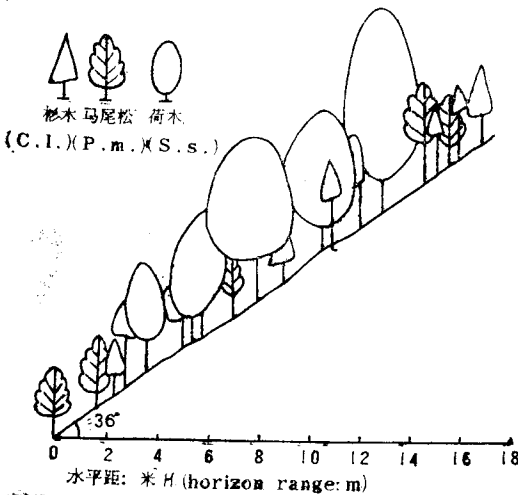


图2 混I林垂直结构剖面图(12号标准地)

Fig.2 Vertical section in mixed crop I (plot 12)

带长(Belt length) 18米(m)

带宽(Belt range): 1.5米(m)

林龄(Age): 8年(yr.)

平均高(av. ht.): 杉(C.I.) 3.23米(m) 松(P.m.) 3.7

米(m) 荷(S.s.) 5.72米(m)

比例(Scale): 1 : 200

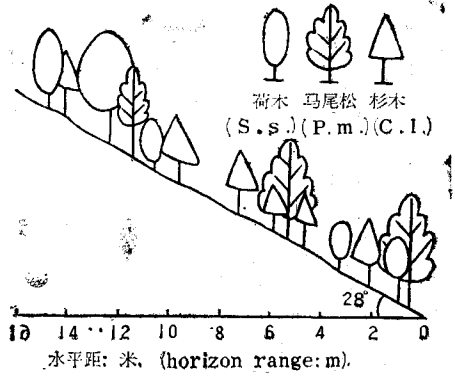


图3 混Ⅱ林分垂直结构剖面图(14号标准地)

Fig.3 Vertical section in mixed crop Ⅱ (Plot 14)

带长(Belt length): 16米(m)

带宽(Belt range) 1.5(m)

林龄(Age): 8年(yr.)

平均高(av. ht.): 杉(C.l.) 2.83米(m) 松(P.m.) 3.62米(m) 荷(S.s.) 3.88米(m)

比例(Scale): 1:200

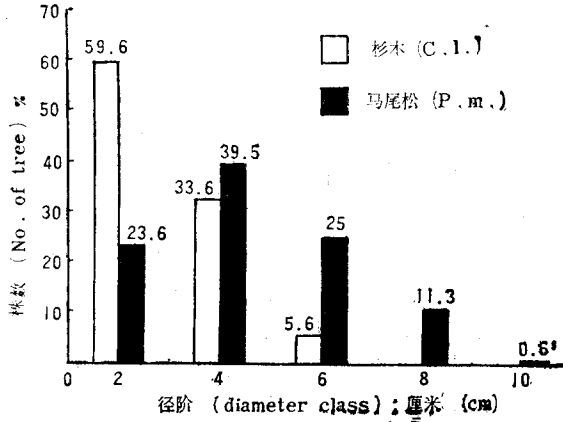


图4 混Ⅰ9号标准地杉木、马尾松株数分布的离散度

Fig.4 Degree of discrete distribution of number of trees based on diameter class of C.l. and P.m. in mixed crop (Plot 9)

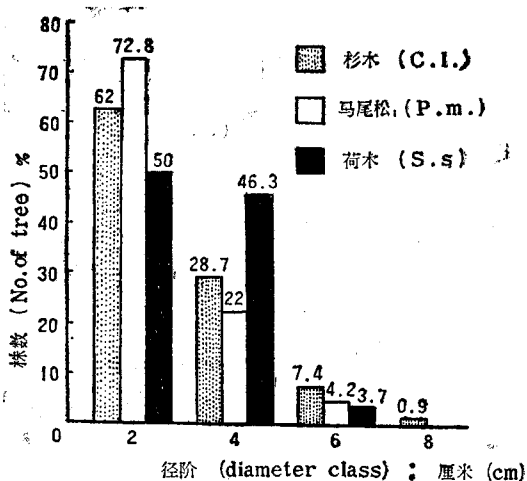


图5 混Ⅰ12号标准地杉木、马尾松和荷木株数分布的离散度

Fig.5 Degree of discrete distribution of number of trees based on diameter class of *C.l.*, *P.m.* and *S.s.* in mixed crop I (Plot 12)

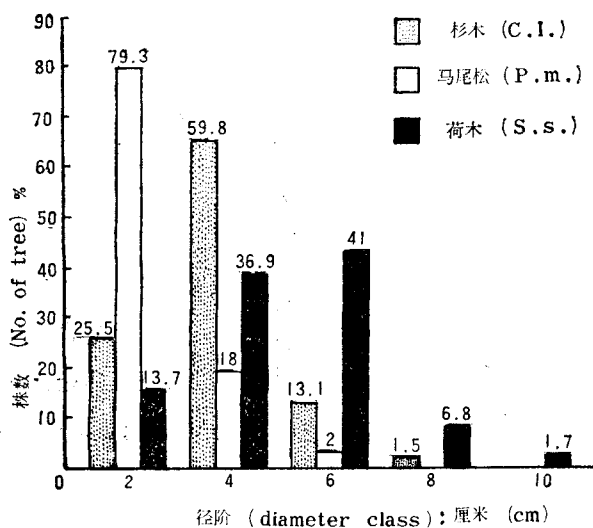


图6 混Ⅱ15号标准地杉木、马尾松和荷木株数分布的离散度

Fig.6 Degree of discrete distribution of number of trees based on diameter class of *C.l.*, *P.m.* and *S.s.* in mixed crop II (Plot 15)

表2 林木生长平均值差异性比较及其总体差异范围估测

Table 2 A comparison on difference of mean increment of forest trees and estimation of scope in its total difference

树种 Species	项目 Item	i-j	$\delta X_i - X_j$	$\frac{t a X_i - X_j}{\alpha = 0.05}$		$ X_i - X_j $	$ X_i - X_j  \pm t a X_i - X_j$	
				$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
杉木 (C.l.)	树高 Tree ht	I - I	0.20	0.56	0.93	0.46		
		II - III	0.18	0.49	0.82	0.74 *	II > III 0.25-1.23	
		I - III	0.17	0.47	0.78	0.28		
	胸径 d.b.h.	II - I	0.23	0.63	1.05	1.3 **	II > I 0.67-1.93	II > I 0.25-2.35
		II - III	0.26	0.72	1.20	1.1 *	II > III 0.38-1.82	
		III - I	0.32	0.64	1.05	0.2		
马尾松 (p.m.)	树高 Tree ht.	I - II	0.17	0.48	0.79	0.89 **	I > II 0.41-1.37	I > II 0.1-1.68
		I - III	0.16	0.44	0.74	1.03 **	I > III 0.59-1.47	I > III 0.29-1.77
		II - III	0.23	0.63	1.04	0.14		
	胸径 d.b.h.	I - II	0.15	0.41	0.69	2.0 **	I > II 1.59-2.41	I > II 1.31-2.69
		I - III	0.36	1.00	1.67	1.3 *	I > III 0.3-2.30	
		II - III	0.39	1.07	1.77	0.7 *		
荷木 (S.s.)	树高 Tree ht.	II - III	0.37	1.02	1.70	2.04 **	II > III 1.02-3.06	II > III 0.24-3.74
	树胸 d.b.h.	II - III	0.36	1.00	1.66	1.8 **	II > III 0.8-2.8	II > III 0.14-3.46

\*\*差异极显著；\*差异显著。

将表1各林分生长作同一树种在不同林分中高径生长的均值差异性比较及其总体差异范围估测结果列入表2，该表表明：

(1) II的杉木树高和胸径生长均显著地大于I与III，因II的杉木在尚未受压前生长正常，而I的杉木立木结构不稳定，小径木占大多数(图4)，III的杉木小径木亦占多数(图6)，所以高径生长均不佳。

(2) I的马尾松树高生长极显著地优于II和III，II与III的差异不大；胸径生长，I极显著地大于II，也明显大于III。由于I的马尾松生长占优势，林木结构和生长正常，所以生长量较大；而II的马尾松正严重受压，III的马尾松同杉木、荷木处在竞争状态，未能形成优势，故生长量也不大。



(3) I 的荷木树高、胸径生长已占绝对优势，而 II 的荷木同杉木、马尾松尚处在竞争状态，未成为优势，生长不如 I。

2、平均木生长过程：用不同林分各树种及杉木萌更纯林各 3 株平均木树干解析均值作对比（见图 7、8、9），表明各树种平均木生长过程与前述林分生长情况一致。

(1) 杉木的树高和胸径连年生长与平均生长量，I（除胸径连年生长外）均优于 II 和 III（图 7）。

(2) 马尾松的树高和胸径连年生长与平均生长量，I 均优于 II 和 III（图 8）。

(3) 荷木的树高和胸径连年生长与平均生长量，I 均优于 III（图 9）。

从图 7 可见，杉木不论在萌更纯林或混交林中，其树高连年生长和平均生长量均已下降，其中连年生长量尤降为明显，说明杉木萌条高生长已衰退；其胸径连年生长和平均生长量，除 I、III 外，纯杉（以下用 10 杉表之）和 II 的连年生长量已急剧下降，表明其胸径生长亦衰退。由此可见，杉木萌条在这样的立地已无发展前途，难于培育成规格材。这是因为立地为位于西江岸边的丘陵，地势开阔、光照强、常风大，杉木的生态特性不相适应。而马尾松（I）和荷木（II）则生长旺盛（图 8、图 9）。

**(三)混交林分蓄积量和生物量：**各混交林分树种平均木生物量的大小与林分结构、林分高径生长密切相关。混交林 I 马尾松的高径生长优于杉木，其平均木的生物量约为杉木的 2 倍；II 荷木的高径生长  $>$  杉木  $>$  马尾松，其平均木的生物量也显著大于马尾松，荷木和杉木的生物量分别为马尾松的 4—6 和 2.2—2.6 倍；III 各树种生长差异不明显，其平均木的生物量也一样（表 1，图 10）。不同林分平均木的生物量，杉木 II  $>$  I、III，马尾松 I  $>$  II、III，荷木 II  $>$  III，与林分结构和生长情况一致。

混交林分间单位面积生物量的大小同林分蓄积量成正相关。I、II 各标准地的蓄积量较大，其生物量亦相应的较大；III 各标准地的蓄积量较小，其生物量亦较小（见图 11）。这些同林分的立木结构、密度和生长密切相关。

**(四)混交林分树种间根系的关系：**通过挖掘根系以取得平均木生物量，并作根系分布及树种间根系相关的观察。杉木萌条已形成新的根系，原伐根的根系已基本上腐朽消失，萌条的根系仍表为浅根性，没有明显的主根，侧根粗细不一，密集交织成网，深 30—50 厘米，幅 50—60 厘米，有少数较粗的伸长侧根，主要伸向两侧和下方（照片 1、2）。马尾松为深根性，主根明显，深达 100 厘米以下，侧根少，深 20 厘米左右，伸展范围广（照片 3）。荷木根系的垂直根深超过 50 厘米，4 支侧根粗大而浅，向四周水平伸延，长达 150 厘米以上（照片 4）。杉木、马尾松的根系在土壤中的水平与垂直分布范围不相同（照片 3），彼此争夺水分养分的矛盾不大，两个树种若搭配恰当，可起互利作用<sup>(14)</sup>。杉、松、荷混交，若同时栽植，生长速度及生态特性难以协调，将会导致互相竞争光照、水分和养分，如混交 II 的荷木占明显优势，地上部分马尾松、杉木受压。地下部分根系也竞争剧烈，从照片 5 可见荷木粗大的扩展根系伸到和超越马尾松与杉木根系的情况。

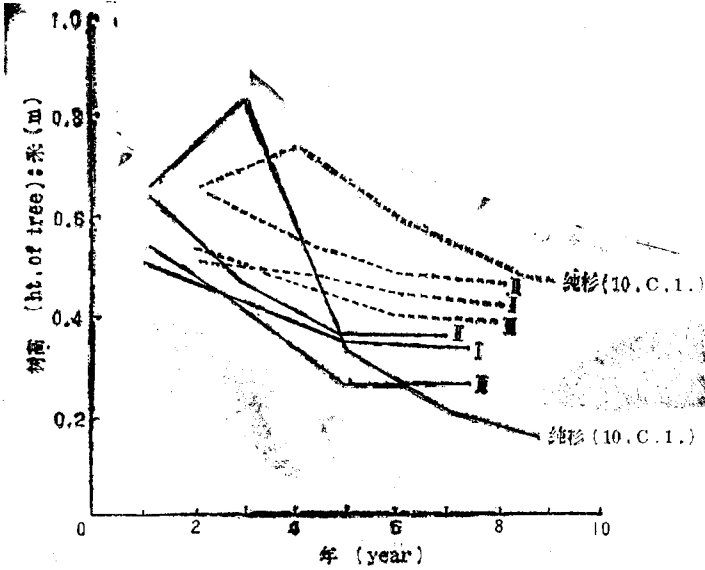
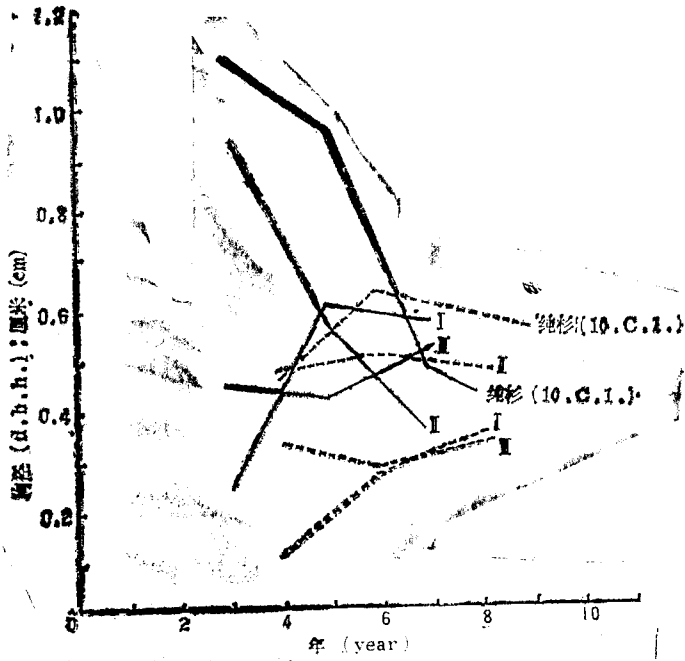


图7 不同林分的杉木平均胸径和树高生长曲线

Fig.7 Increment curve of d. b. h. and height of mean sample-tree of C.I. in different stands

- 连年生长(Current annual increment);
- .....平均生长(Mean annual increment);
- I, I, I —混交型(Mixed type).

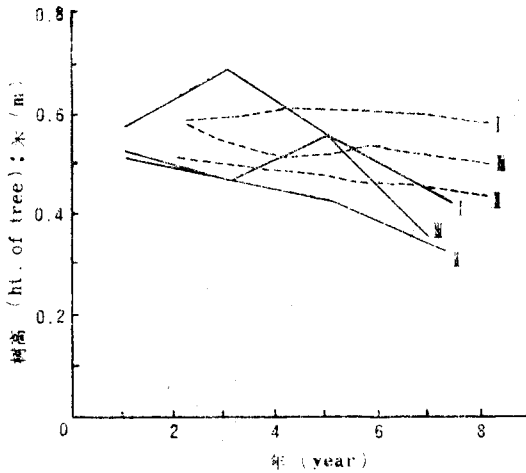
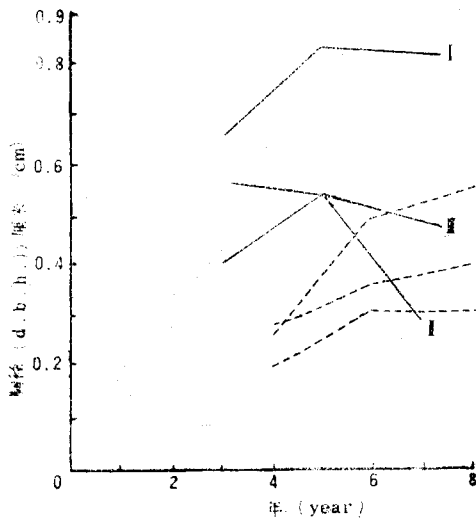


图8 不同林分马尾松平均木胸径和树高生长曲线

Fig. 8 Increment curve of d.b.h. and height of mean sample-tree of *P. m.* in different stands

- 连年增长(Current annual increment);
- .....平均生长(Mean annual increment);
- I、II、III——混交型(Mixed type).

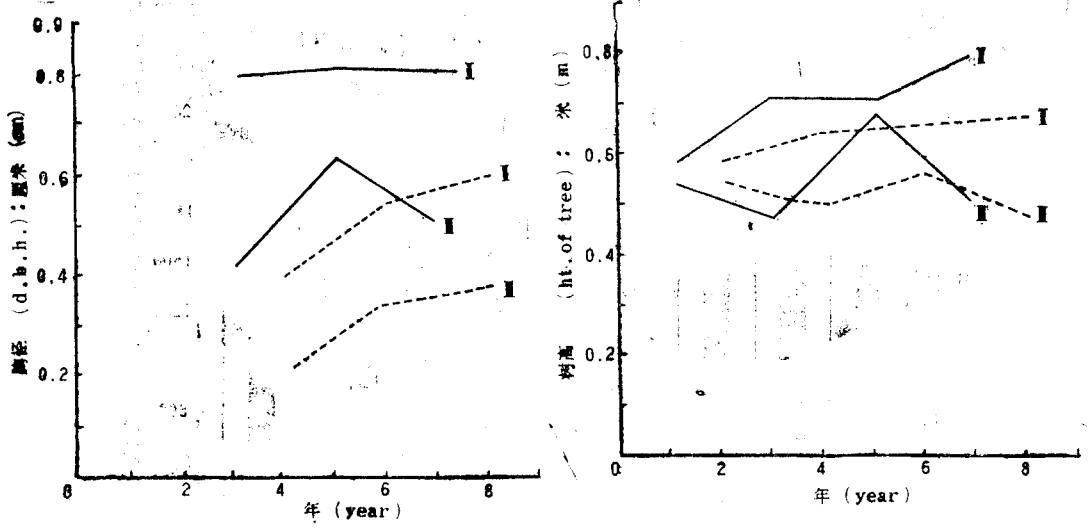


图9 不同林分荷木平均木胸径和树高生长曲线

Fig. 9 Increment curve of d.b.h. and height of mean sample-tree of S.s. in different stands

— 连年生长 (Current annual increment);  
 ..... 平均生长 (Mean annual increment);  
 I、I、— 混交型 (Mixed type).

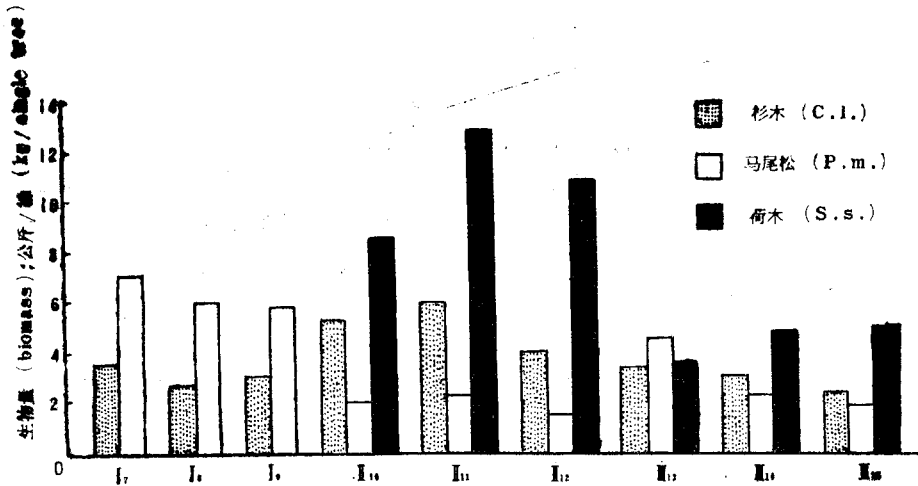


图10 不同混交林分各树种平均木的生物量比较

Fig. 10 A comparison on biomass of mean sample-tree of each species in different mixed stands

I—I 为混交型 (Mixed type)  
 7—15 为标准地号 (Plot No.)

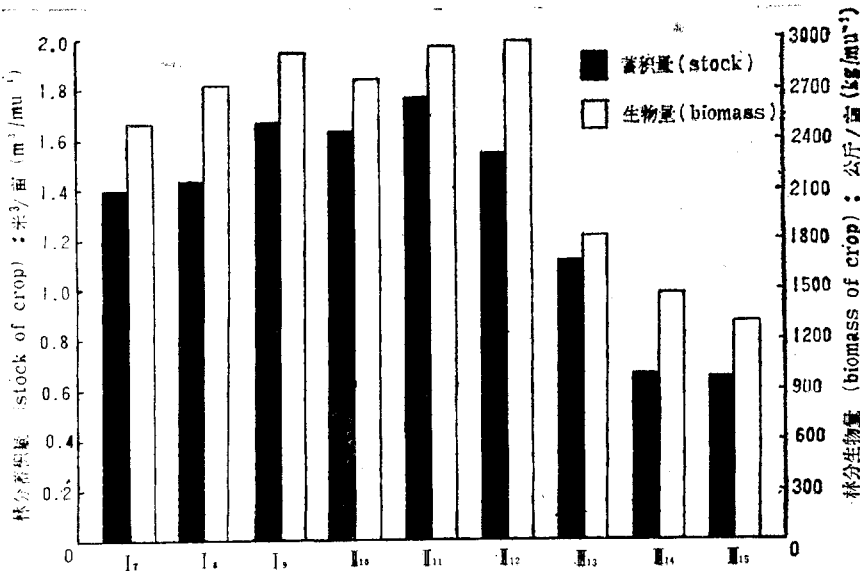


图 11 不同混交林分的蓄积和生物量比较

Fig. 11 A comparison on stock and biomass in different mixed stands

I—II 为混交型 (Mixed type)

I—II 为标准地号 (Plot No.)

### (五) 混交林分的枯落物和土壤理化性状:

1: 林分枯落物与养分元素: 林分组成不同, 林下的枯落物数量各异, I、II 和 III 的枯落物现存量比10杉少; 针荷混交 II、III 又较杉松混交 I 的为少, 说明10杉和杉松混交林的枯落物分解较慢, 累积较多; 粗灰分含量则 I、II 和 III 均多于10杉, 其中 II、III 又多于 I, 表明针阔叶混交林分的枯落物含粗灰分较高; K、Ca 和 SiO<sub>2</sub> 的含量, 各混交林分均大于10杉; 而 N、P 和 Mg 的含量则10杉大于混交林分; 详见表 3。

2、林分土壤的理化性状: 林分不同, 其枯落物的数量和土壤的理化性状亦各异 (表 4)。不同林分土壤的全 N、速效 K 和速效 P 的均值比较如表 5。

但不同林分间土壤的全 N、速效 K 和速效 P 方差分析 (表 5) 表明, 只有 I 的速效 P 与10杉、II 和 III 的差异显著, 全 N 和速效 K 均无显著差异。

林分间土壤有机质含量经 F 检验, 用单因素均匀复合体方差分析结果:

$S_{\text{间}} = 4.12, S_{\text{内}} = 0.26375, F = 15.62$ , 而  $F_{0.05(3,8)} = 4.07, F_{0.01(3,8)} = 7.59$ , 所以  $15.62 > 7.59$ , 林分间土壤有机质含量差异显著。再用 LSD 法进一步比较每两类型土壤有机质含量的差异程度 (见表 7)。

表 3 不同林分的枯落物重量及其养分元素含量<sup>1)</sup>  
 Table 3 Existing state of litter weight in different stands and its contents in nutrient elements

林分类型	标准地号	枯落物现存量 (公斤/亩)		粗灰分 Ash (%)	全 N Total N (%)		全 P Total P (%)		全 K Total K (%)		Mg (ppm)		Ca (ppm)		SiO <sub>2</sub> (%)			
		Existing state of litter weight (kg.mu <sup>-1</sup> )	Value		比较 <sup>2)</sup> Comparison	实值 Value	比较 <sup>2)</sup> Comparison	实值 Value	比较 <sup>2)</sup> Comparison	实值 Value	比较 <sup>2)</sup> Comparison	实值 Value	比较 <sup>2)</sup> Comparison	实值 Value		比较 <sup>2)</sup> Comparison		
10杉 (10C.1.)	1, 2, 3	548.2	100	7.11	100	0.9714	100	0.0551	100	0.1620	100	544.3	100	1539.9	100	4.69	100	
	I	7, 8, 9	518.4	94.6	8.72	123	0.8243	85	0.0494	90	0.2005	124	440.7	81	1580.4	103	5.81	124
	II	10, 11, 12	297.3	54.2	11.53	162	0.8721	90	0.0456	83	0.2984	184	432.3	79	1533.2	99	7.14	152
III	13, 14, 15	412.8	75.3	11.64	164	0.7924	82	0.0393	71	0.2758	170	290.0	53	2306.9	150	7.57	161	

1) 表内实值均为三个标准地的平均值。

2) 均以10杉(10C.1.)为100作对比。

表4 不同林分根系分布层的土壤性质

Table 4 Soil properties on the distribution zone of root system in different stands

林分类型	标准地号	剖面层次	容重	pH	有机质	全 N	速效 P	速效 K
Crop type	Plot No.	Order in soil profile (cm)	Bulk density (g.cm <sup>3</sup> )		Organic matter (%)	Total N (%)	Efficient P (ppm)	Efficient K (ppm)
10杉 (10 C.I.)	1	0-50	1.23	5.74	1.25	0.0695	0.413	2.304
	2	0-60	1.19	5.98	0.88	0.0731	0.198	1.661
	3	0-50	1.25	5.48	1.26	0.0928	0.112	1.982
I	7	0-40	1.36	5.59	1.83	0.1624	0.325	2.612
	8	0-30	1.25	5.48	1.87	0.1478	0.460	1.998
	9	0-65	1.18	5.51	2.41	0.1473	0.272	2.511
II	10	0-100	1.35	5.58	1.37	0.0928	0.000	1.853
	11	0-70	1.26	5.38	1.77	0.0737	0.416	2.645
	12	0-100	1.17	5.59	1.69	0.0683	0.025	2.223
III	13	0-47	0.93	5.61	2.27	0.1035	0.332	3.653
	14	0-47	1.02	5.54	2.40	0.0446	0.000	1.953
	15	0-70	1.28	5.55	2.31	0.0826	0.090	2.736

·土壤质地全为中壤

表5 不同林分土壤全N、速效P和速效K含量的均值比较

Table 5 A comparison on the mean values of content of total N, efficient P and efficient K in soil of different stands

林分类型 Crop type	10杉 (纯杉林) (10.C.I)			I			II			III		
	全N Total N	Eff. P <sup>2</sup>	Eff. K	全N Total N	Eff. P	Eff. K	全N Total N	Eff. P	Eff. K	全N Total N	Eff. P	Eff. K
标准地数 Plot number	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$\bar{X}$	4.76	0.723	5.947	6.73	1.057	7.121	4.76	0.441	6.721	4.58	0.422	8.342
$X_i$	1.58	0.241	1.982	2.24	0.35	2.374	1.58	0.15	2.24	1.53	0.14	2.780
比较 Comparison	全N: I > 纯杉 = II > III; 速效P: I > 纯杉 > II > III; 速效K: III > I > II > 纯杉.											

1) 表内全N为%的反正弦变换值。

2) 表内P、K上的Eff.为“速效, Efficient”的缩写。

表 6 不同林分间土壤全N、速效P和K含量方差分析

Table 6 Variance analysis on the contents of total N, efficient P and efficient K in different stands soil

变差来源 Variable source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F	Fa	显著性 Significance level
-------------------------	-----------------------	-----------	-------------------	---	----	---------------------------

杉木纯林与混交 I 的全N含量

Contents of total N in crop of C.I. and mixed I

林分间 Intercrop	0.65	1	0.65	-0.89	$F_{0.10(1,4)} = 4.54$	无显著差异
林分内 Intracrop	-2.92	4	-0.73			
总的 Sum	-2.27	5				

杉木纯林与混交 II 的全N含量

Contents of total N in crop of C.I. and mixed II

林分间 Intercrop	-6.66	1	-6.66	-1.24	$F_{0.10(1,4)} = 4.54$	无显著差异。而均值： $I > \text{纯杉} = \text{II} > \text{III}$ ，故纯杉、I、II和III之间全N含量无显著差异。
林分内 Intracrop	21.41	4	5.36			
总的 Sum	14.80	5				

杉木纯林与混交 I 的速效P含量

Contents of efficient P in crop of C.I. and mixed I

林分间 Intercrop	0.25	1	0.25	15.15*	$F_{0.05(1,4)} = 7.71$	差异显著。而均值： $I > \text{纯杉} > \text{II} > \text{III}$ ，故I与纯杉、II和III的速效P含量差异显著。
林分内 Intracrop	0.066	4	0.0165			
总的 Sum	0.316	5				

杉木纯林与混交 II 的速效K含量

Contents of efficient K in crop of C.I. and mixed II

林分间 Intercrop	0.98	1	0.98	2.68	$F_{0.10(1,4)} = 4.54$	无显著差异。而均值： $\text{II} > \text{I} > \text{III} > \text{纯杉}$ ，故它们之间的速效K含量无显著差异。
林分内 Intracrop	1.46	4	0.365			
总的 Sum	2.44	5				



表7 不同林分间土壤有机质含量差异性比较

Table 7 A Comparison of content of organic matter between soil in different stands

林分类型 Crop type	均值 Mean $X_i$	两均值间之差 Difference between two means			$t_{0.05} \delta X_i - X_j$	$t_{0.01} \delta X_i - X_j$
		$\bar{X}_i - \bar{X}_{10\text{杉}}$	$X_i - X_{II}$	$X_i - X_{II}$		
		10杉 (10C.I.)				
II	8.77	2.69**	1.49**	0.58	0.967	1.407
I	8.19	2.11**	0.91			
I	7.28	1.20*				
10杉 (10C.I.)	6.08					

•• 差异极显著, \*差异显著。

从表7可见,混交林分I、II和III的土壤有机质含量与10杉相较,均差异显著,说明混交林有提高土壤有机质含量的作用。

#### 四 讨论和结论

(一) 三种混交林分的立木结构均不佳,9号标准地林木最多,每亩748株,15号标准地最少也达464株/亩(表1),但立木分布不均,因而导致林分产量低。

(二) 三种混交林分的生长和产量均不高,15号标准地蓄积量最小0.66米<sup>3</sup>/亩,11号标准地最高1.79米<sup>3</sup>/亩,年平均生长量分别为0.08和0.22米<sup>3</sup>/亩,低于西江林场管理局杉木、马尾松幼龄林年平均生长量0.38和0.23米<sup>3</sup>/亩(广东省西江林场管理局森林资源调查材料汇总,1981年)。可见这样的杉木萌更与马尾松、荷木混交,经济效益并不可观。

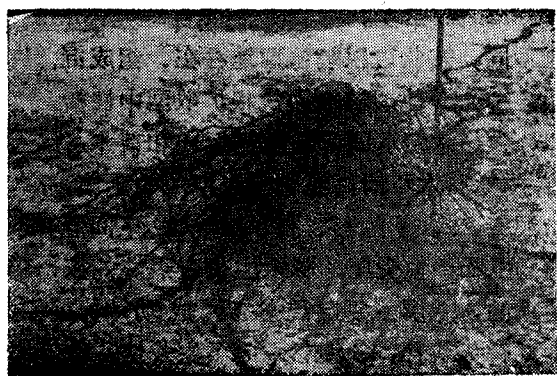
(三) 各树种平均木的树干解析材料表明,杉木在三类立地更新,纯林和混交林都无发展前途,马尾松(I)和荷木(II)能够适应这种生境,并生长正常。

(四) I的杉木生长已衰退,而马尾松生长正常,每亩保持156—248株,立木结构呈常态曲线(图4),继续发展下去,杉木必然会被淘汰。II的马尾松严重受压,杉木也受压,将来均会被淘汰,而荷木将占优势,每亩现有立木70—146株,最终完全可能变成荷木林。III的杉木、马尾松和荷木现在未形成优势,但杉木的树高连年增长已下降,马尾松和荷木均生长正常,而高径生长和生物量,荷木稍优于马尾松,这样马尾松最终

会被排挤掉，从而形成荷木林（现在荷木保持94—120株/亩）。

（五）杉木、马尾松的根系结构、分布范围不同，彼此可以较协调地存在，组成混交林。杉木为浅根性中性偏阳树种，马尾松为深根性喜光树种，荷木为浅根扩散型中性树种，三者相混交，彼此相互协调并不容易。Ⅰ、Ⅱ林分为杉木萌更同时栽植马尾松和荷木，目前地上地下部分处在竞争状态。有人早就认为荷木比杉木更耐高温与干燥瘠薄的土壤，生长速率也更快，两者不宜单株混交，而应块状混交<sup>[8]</sup>。Ⅰ的杉、松、荷为株行间混交，由于中性的荷木生长已占绝对优势，故Ⅱ的马尾松严重受压，杉木生长衰退。如按树种的生态学特性，马尾松与荷木混交是可以协调的，单层或复层混交都可成功<sup>[6]</sup>，而Ⅱ的马尾松严重受压，应归因于三个树种同时更新与栽种：初期杉木萌条生长快，荷木生长亦比马尾松快，林分开始郁闭时，马尾松便受压，无能和杉、荷竞争。所以杉、松、荷混交，不宜同时栽植。

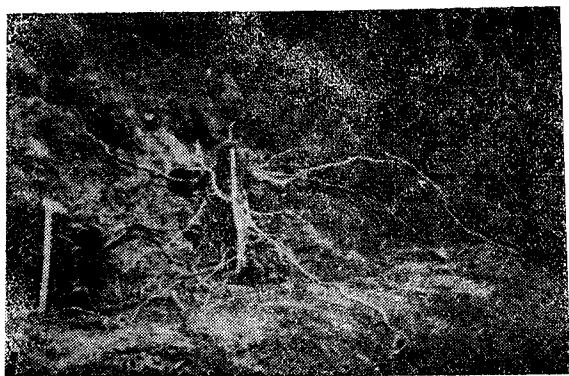
（六）不同林分的枯落物累积量不同，土壤的理化性质也受影响，尤其对土壤有机质含量的影响。三种混交林分土壤有机质含量均显著地多于10杉（表7）。故营造混交林是提高林地土壤肥力的有效途径。



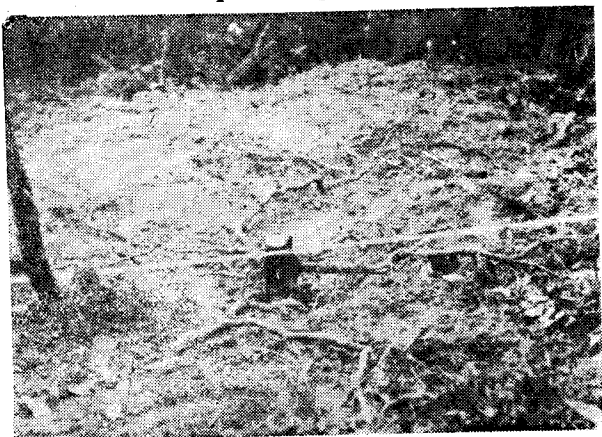
照片 1 杉木萌条垂直根系  
 Plate 1 Vertical root system  
 of sprouting tree



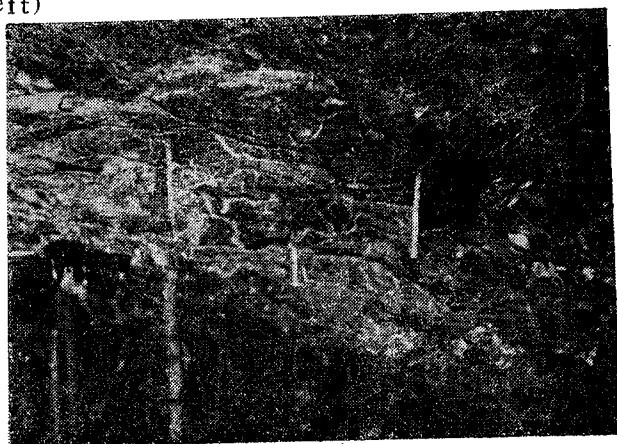
照片 2 杉木萌条水平根系  
 Plate 2 Horizontal root system  
 of sprouting tree



照片 3 马尾松(右)和杉木(左)根系的相关  
 Plate 3 Relationship between  
 the root system of  
*P.m.* (right) and *C.l.*  
 (left)



照片 4 荷木水平根系  
 Plate 4 Horizontal root system of  
*S.s.*



照片 5 杉松荷混交林分各树种根系的相关. 杉木(左下)马尾松(右下)荷木(上)  
 Plate 5 Relationship between the root system of *C.l.* (left below)  
*P.m.* (right below) and *S.s.* (above) in mixed stand

## 参 考 文 献

- [1] 广西六万林场, 1978: 马尾松火力楠混交林的好处。林业发展趋势与丰产经验, 国家林业总局森林经营局, 296—299页。
- [2] 冯宗炜等, 1980: 我国亚热带湖南桃源杉木人工林生态系统生物量的研究。杉木人工林生态学研究论文集, 中国科学院林业土壤研究所, 173—188页。
- [3] 朱济凡等, 1979: 杉木人工林生长发育与环境关系的研究。中国林业科技三十年(1949—1979), 144—163页。
- [4] 阳含熙, 1979: 杉木营林的研究。同上, 164—175页。
- [5] 何庭亮等, 1978: 马尾松、荷木混交林生长规律的探讨。林业发展趋势与丰产经验, 286—295页。
- [6] 李昌华等, 1980: 杉木樟木混交林和土壤条件。杉木人工林生态学研究论文集, 166—170页。
- [7] 李荫森等, 1972: 松荷混交林调查研究。林业科技资料, 1期。
- [8] 林业部林研所林木生态研究室, 1958: 杉木造林。中国林业出版社, 82—85页。
- [9] 张宪武等, 1980: 杉木连栽与土壤中毒。杉木人工林生态学研究论文集, 143—151页。
- [10] 张鼎华等, 1983: 闽东南丘陵地区杉木与柳杉混交林的调查研究。林业科技通讯, 9期, 9—12页。
- [11] 南方14省(区)用材林基地科研经验交流会议资料, 1978: 丘陵栽杉成材的主要经验。林业发展趋势与丰产经验, 212—224页。
- [12] 浙江石墙林场, 1978: 因地制宜栽杉与柳杉, 同上, 321—324页。
- [13] 谢国仁, 1978: 杉木人工林更新试验, 同上, 349—356页。
- [14] 福建省混交林调查组, 1979: 闽南丘陵地区杉松混交林的调查研究。林业科学, 15期, 88—96页。

AN INVESTIGATION OF ARTIFICIAL MIXED FOREST OF  
CUNNINGHAMIA LANCEOLATA, PINUS MASSONIANA AND  
SCHIMA SUPERBA IN XIJIANG FOREST FARM, GUANGDONG

Zeng Tian-xun

Gu Yan-kun

(Department of Forestry, South China Agricultural University)

Abstract

In this paper, an investigation was made on the structure, growth, biomass and root system of mixed stands of *Cunninghamia lanceolata*, *Pinus massoniana* and *Schima superba* and litter of different stands and its effects on the soil property in Xijiang Forest Farm of Guangdong. The investigative data were analyzed by means of comparative methods and procedures of statistics. The conclusions were given as follow:

1. There were fewer contradictions between the tree species in the mixed forest of *C. lanceolata* and *P. massoniana*, so this mixed stand is a better one in mixed stand types.

2. The relationships between the tree species in mixed forest of *C. lanceolata*, *P. massoniana* and *S. superba* were very complicated. In this kind of stand the parts of the forest trees which were above and under the ground are highly competitive with one another for the light and nutrient. This has shown that if these tree species were used to establish mixed forest, they mustn't be planted at the same time.

3. As in the hilly area along the Xijiang River of Guangdong Province the relative illumination was strong and wind speed was usually great, *C. lanceolata* will not be adapted such environmental conditions. Therefore, the established forest of *C. lanceolata* must be transformed into *P. massoniana* or *S. superba* or mixed forest of *P. massoniana* and *S. superba*.

4. In comparison with pure forest of *C. lanceolata*, different mixed forests can significantly increase the content of organic matter in the soil.