

杉木幼树冠层结构与生物量 关系的初步研究*

龚 垒**

(南京林产工业学院)

摘 要

本文探讨了5年生杉木树冠的结构特点及其与植株生物量的关系。不问冠型如何,同一林分幼杉各器官干重的比重都比较稳定;树冠针叶干重密度为0.18—0.44千克/米³,针叶面积(仅计一面)密度为0.97—2.40米²/米³,比Kira等(1969)报道的阔叶树的叶面积密度大4—5倍;针叶主要着生在二级和一级侧枝上,集中分布在树冠中下部。闽北地区Ⅰ-Ⅲ地位级杉木造林后4年内干物质生产速率平均为345克/米²/年,对辐射能的利用率为0.17%。浓密型杉木的生长要显著快于稀疏型杉木。

根据幼杉冠层结构的特点,提出:(1)应加强幼林抚育,改善中下部林冠的光照条件,以发挥比重最大的中下部冠层针叶的光合潜力;(2)为使幼杉树冠发育良好,闽北地区Ⅰ-Ⅲ地位级杉木的栽植密度应在2×2米至2×3米之间;(3)为提高杉木幼林期林地的光能利用率,可在幼林内间作农作物;(4)抚育采伐时应尽量保留浓密型杉木而去除稀疏型杉木;(5)可以考虑把浓密型杉木单独造林;(6)可以指望把浓密型杉木作为优良的育种原始材料。

树木的冠型(crown form)和生产力的关系,近年来已受到较多的注意。冠型这一概念应包括树冠的大小、形状及组成。过去这方面的研究大多较为注重树种之间的差别,而对同一树种内不同个体或类型乃至品种之间在树冠特性上的差别则注意较少。

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方重要的造林树种,它的树冠形状比较稳定,通常生长旺盛的杉木树冠都呈圆锥形。但是,树冠结构上的变异和变化却比较大。60年代,有人曾根据枝叶疏密和节间长短而把杉木划分为“浓密型”、“稀疏型”等类型(叶培忠等,1964)。在混杂的人工林中,浓密型杉木要比稀疏型杉木生长快(宜春地区林科所,1978;《怎样选育杉木良种》编写组,1976;杨国华,1978)。近年来,对于杉木树冠结构也开始进行了深入研究(姜志林等,1980)。

本文探讨了5年生杉木幼林树冠结构的特点,包括侧枝分布和叶量分布的规律,着重比较了浓密型杉木和稀疏型杉木在树冠结构方面的差别及其与植株生长量之间的关系,以供生产上优树选育、确定造林密度和幼林抚育管理的参考。

一、材料和方法

研究是在福建省三明地区官庄林场进行的。该场位于福建沙县,北纬26°24',东经117°

* 研究是在熊文愈教授指导下进行的。研究中得到周本琳、叶镜中、姜志林(南京林产工业学院森林学教研组);杨国华、白晓琼、曾志光(江西省林业科学研究所);宋均庭、李志强、丁发胜(江西省宜春地区林科所);潘一乐(中国农业科学院蚕业研究所);李又芬(南京林产工业学院植物学教研组)等同志的支持帮助。蒙福建省气象台、福建省气象局农气资源区划领导小组及沙县气象站分别提供辐射能观测资料及气候资源资料。福建省三明地区官庄林场杨再玉等同志参加调查工作。谨向以上单位和个人表示衷心谢意。

** 现在中国农业科学院蚕业研究所工作。

48', 属中亚热带海洋性季风气候, 年平均气温19.2℃, 最冷月1月份平均气温为8.8℃, 最热月7月份为28.4℃; 年平均降水量1,600多毫米, 年平均蒸发量不到1,500毫米, 年平均空气相对湿度为81%, 全年雾日平均为69天。

调查林分为1977年春营造的杉木纯林, 株行距 2×2 米, 造林当年及1978年每年给幼林松土除草二次, 1979年又松土除草一次, 调查时林分郁闭度为0.5—0.8, 平均树高在3.4—4.3米之间, 平均胸径在4.5—5.6厘米之间, 按该省标准, 地位级为Ⅱ—Ⅲ级。

在杉木生长逐步转入停滞、休眠阶段(俞新妥, 1964)的1980年9月至次年1月, 调查树高、胸径、枝盘数等项目。除林缘木、病害木、虫害木及多主梢木等生长不正常的杉木外, 进行每木调查, 共计1,281株树。

在上述调查基础上, 在林内挖取8株生长状况不同的杉木, 分别测量树高、胸径、从地面起每隔50厘米的树干直径及枝幅以及枝盘数和一、二级侧枝长度等, 还测定了植株现存量。其中3株(分别代表浓密型、中间冠型和稀疏型)还测量了一级侧枝与主干所成角度并作了树干解析。树干解析时除取零圆盘和胸径圆盘外, 在各年高生长交接处附近分别取圆盘。

根系挖掘深度在1米左右, 挖出的根系经清理、洗净凉干后称重, 并取样50—100克测定干物率, 每株树均取2个根样, 取平均值。树干在分段称取鲜重后即分3—5段取样测定木材和树皮的干物率。枝条划分为一、二级侧枝, 按年龄逐盘测定鲜重, 并按高度每株树分3或4个层次取标准枝测定各类枝条的枝、叶干物率。各株树各器官干物率均分别测定。干重测定的烘烤温度为85℃。针叶一般连续烘烤8小时后可达到恒重, 枝、干及根系烘至恒重所需时间较长。

为探求决定叶量的因素, 又在同一林分内选取冠层结构不同的6株5年生杉木, 逐株测量了全部一级侧枝的长度, 每株各分层选取6根一级侧枝, 测量了其上级侧枝长度及针叶数, 从而分层推算出全株的针叶总数。

文内所用“幼杉”一词, 除非特别说明, 都是指5年生杉木。

二、结果和讨论

1. 幼杉冠层结构的基本特点

1) 主干 据我们在杉木幼林(2—5年生)观察以及3株5年生杉木树干解析材料, 杉木栽植当年因根系受损伤处于恢复阶段, 高生长和直径生长迟缓。其后几年生长渐趋加快。图1、图2是3株解析木的连年高生长曲线和材积生长曲线。可以看出, 不问冠型如何, 3株杉木主干生长的趋势是一致的。

2) 枝盘 从主干上长出一级侧枝, 可以1根或数根为一盘几乎同时出生, 同盘枝条上下相距一般不超过5厘米, 形成所谓“枝盘”。一年之中, 最初出生的枝盘称为“年盘”, 长势最为旺盛, 表现为枝条较为粗长、当年二级侧枝发生得较多, 针叶较肥大。以后陆续发生的枝盘则因生长期较短, 长势渐次减弱, 可称为“季盘”。但是在以后两年里, 由于季盘枝位于上方, 受光条件较好, 其生长逐渐赶上乃至超过年盘枝, 从而使树冠位置逐年上移。

所调查的1,281株5年生杉木的枝盘数, 在6—32盘之间, 平均为18—21盘, 变异系数

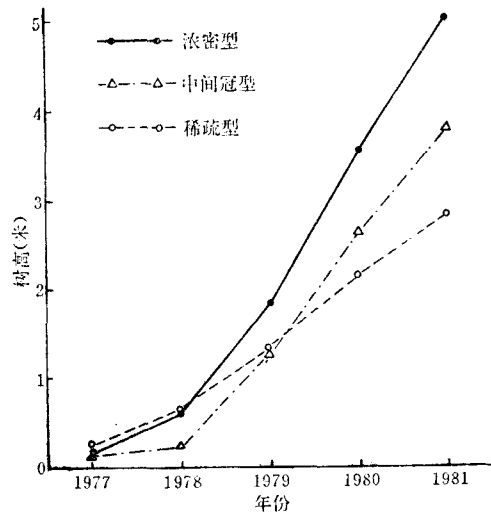


图1 5年生杉木的高生长曲线

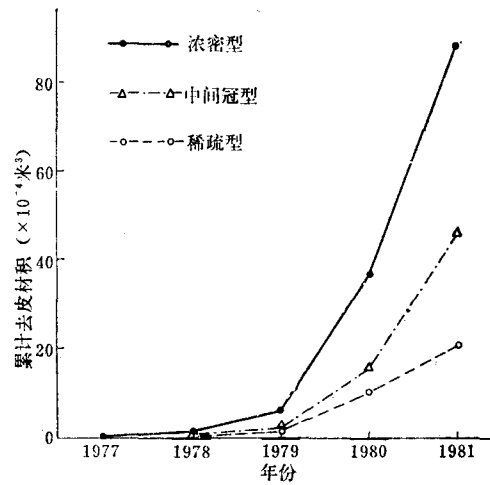


图2 5年生杉木材积生长曲线

在0.18—0.24之间。对14株5年生杉木全部枝盘的调查结果表明,每个枝盘有1—9根一级侧枝,平均在3—4之间,株内变异系数为0.37,株间变异系数为0.08。从表1可以看出,枝盘数多寡与生长量之间关系极为密切。

表1 不同枝盘数幼杉的生长量(共1,281株)

枝 盘 数	株 数		树高 (米)	胸径 (厘米)	枝 盘 数	株 数		树高 (米)	胸径 (厘米)
	<i>n</i>	(%)	$\bar{x} \pm \sigma_{n-1}$	$\bar{x} \pm \sigma_{n-1}$		<i>n</i>	(%)	$\bar{x} \pm \sigma_{n-1}$	$\bar{x} \pm \sigma_{n-1}$
6	1	0.1	2.00±0	1.80±0	20	100	7.8	3.95±0.46	5.19±0.80
7	2	0.2	2.18±0.81	2.15±0.92	21	120	9.4	3.97±0.50	5.34±1.01
8	1	0.1	1.90±0	1.90±0	22	101	7.9	4.24±0.51	5.69±1.02
9	3	0.2	2.60±0.53	2.43±0.75	23	92	7.2	4.32±0.49	5.90±0.94
10	9	0.7	2.59±0.65	2.72±0.88	24	66	5.2	4.33±0.46	5.91±1.05
11	11	0.9	2.40±0.22	2.52±0.51	25	59	4.6	4.72±0.46	6.61±0.91
12	25	2.0	2.71±0.40	3.15±0.72	26	40	3.1	4.66±0.47	6.78±0.90
13	35	2.7	2.85±0.48	3.36±0.92	27	27	2.1	4.84±0.51	6.96±0.90
14	55	4.3	2.99±0.50	3.60±0.88	28	16	1.2	4.91±0.52	7.36±0.89
15	74	5.8	3.15±0.53	3.77±0.96	29	8	0.6	4.74±0.38	6.58±0.96
16	82	6.4	3.31±0.48	4.03±0.78	30	4	0.3	5.42±0.76	7.78±1.52
17	100	7.8	3.36±0.52	4.15±0.93	31	4	0.3	4.35±0.26	7.00±0.62
18	126	9.8	3.58±0.53	4.56±1.00	32	3	0.2	5.43±0.26	7.87±0.31
19	117	9.1	3.70±0.47	4.73±0.84	Σ	1281	100	3.80	4.98

3) 冠形和枝角 5年生杉木树冠呈圆锥形,这主要是由于杉木顶端优势很强,主梢的高生长远大于侧枝生长的缘故。表2是各年份主梢高生长量与该年年盘枝平均伸长量的比值。由表可知,这种比值,从栽植第二年起有逐年上升趋势,表明杉木正逐步进入高生长旺

盛阶段。这一上升趋势能持续多少年,是值得进一步研究的。虽然表 2 表明浓密型杉木各年份的这种比值均大于稀疏型杉木,但经 t 检验(显著性水平为 5%,下同),1978、1979、1980 三年中,只有 1979 年差异是显著的。

表 2 5 年生杉木主梢高生长量与年盘枝当年平均伸长量的比值

冠 型	调查株数	1978 年	1979 年	1980 年
浓 密 型	3	1.54 ± 0.47	1.89 ± 0.13	2.14 ± 0.77
中间冠型	3	1.62 ± 0.46	1.68 ± 0.22	2.18 ± 0.58
稀 疏 型	3	1.15 ± 0.19	1.49 ± 0.18	1.64 ± 0.18
平均(合计)	(9)	1.44 ± 0.41	1.69 ± 0.23	1.99 ± 0.55

一级侧枝并不成直线延伸,一般所说的一级侧枝与主干的夹角,即“枝角”,只是一种近似的概念。枝角随枝条年龄和着生部位而有很大不同。大致说来,树冠最下层的 4 年生枝条因受重力作用较大,枝态呈水平、下垂甚至卧伏状。树冠下部的 3 年生枝条多成水平方向伸展,往上角度逐渐变小,但仍保持在 65° 以上。2 年生枝条位于树冠中部,枝角一般在 80° — 50° 之间。树冠上部的 1 年生枝条,除了最上一盘常与主干成直角外,其余的枝角多小于 60° 。不同个体之间枝角的频数分布有一定变异。

2. 幼杉地上部器官的垂直分布

表 3 是树冠疏密中等、分枝角度适中的一株 5 年生杉木地上部各器官干重的垂直分布表。

表 3 5 年生杉木地上部各器官干重的垂直分布(以地上部总干重的百分数表示)

高度 (米)	树 干			侧 枝			针 叶				各器官
	木材	树皮	合计	一级	二级	合计	3,4 年生	2 年生	1 年生	合计	合计
0.0—0.5	10.7	3.9	13.7	微	微	0.1	/	/	0.3	0.3	14.1
0.5—1.0	7.7	2.2	9.9	6.7	1.6	8.3	2.3	6.7	2.6	11.6	29.8
1.0—1.5	5.3	1.5	6.8	3.8	1.4	5.2	0.8	7.0	2.3	10.1	22.1
1.5—2.0	3.6	1.0	4.6	2.2	0.7	2.9	/	3.9	2.4	6.3	13.8
2.0—2.5	2.2	0.9	3.1	1.2	0.4	1.6	/	1.2	2.7	3.9	8.6
2.5—3.0	1.4	0.6	2.0	0.8	0.3	1.1	/	0.2	3.6	3.8	6.9
3.0—3.5	0.8	0.4	1.2	0.3	0.1	0.4	/	/	2.2	2.2	3.8
3.5—4.0	0.3	0.2	0.5	0.1	/	0.1	/	/	0.3	0.3	0.9
全株合计	32.0	9.8	41.8	15.1	4.5	19.7	3.1	19.0	16.4	38.5	100.0

为便于比较,全部数字都以相对干重,即地上部总干重的百分数表示。这株杉木高 4.0 米,胸径 5.0 厘米,整株树干重为 5,595 克,地上部干重为 4,594 克,地下部为 1,001 克。

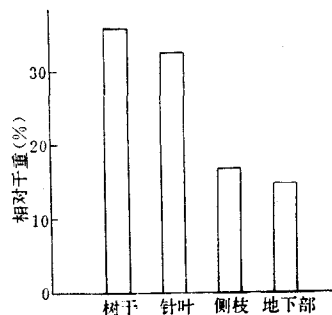
由表可以看出:(1)除基部(0—0.5 米)因枝叶较少干重略低外,地上部干重由基

部向梢部逐渐减少。(2) 树干在地上部中所占比重最大, 其分布由基部到梢部逐渐减少。

(3) 侧枝的分布, 无论是一级侧枝还是二级侧枝, 除近地面 (0—0.5米) 较少外, 变化趋势与树干一致。侧枝集中分布于树冠中下部 (0.5—1.5米), 这部分侧枝干重占全部侧枝干重的68.5%。一级侧枝的干重大约是相应高度二级侧枝的3倍。(4) 幼杉针叶可由地面一直分布至树冠顶部。因针叶主要着生在各级侧枝上, 故其干重垂直分布规律与侧枝一致。如表3所示, 冠层中下部针叶较多。针叶中又以2年生、1年生的比重为大。

3. 针叶在冠层中的分布

针叶是杉木光合作用的主要器官。在我们所调查的5年生杉木林分中, 针叶在植株总干重 (包括地下部干重) 中所占比重比较稳定, 大约在30—35%之间, 略小于树干, 而比地下部和枝条要高 (图3)。在所调查的8株冠型不同的幼杉中, 各器官间的相对比例并无显著差别。



杉木针叶可着生于主干及各级侧枝上。主干针叶位于树冠最内层, 寿命较短, 一般只能存活2年, 最多3年。树干针叶数量也较少。据观察, 就单位长度着生的针叶数而言, 主干与各级侧枝并没有显著差别; 而着叶主干的长度却只有侧枝长度的1—2%。因此, 在实际研究中, 除了个别例外 (如无侧枝的独干杉), 主干的针叶量是可以忽略不计的。

图3 幼杉各器官的相对干重 (8株树平均, 以整株树干重为100%) 针叶在冠层不同部位的分布数量是不一样的。如将树冠划分为如图4所示的6个部分, 则这6个部分的相对叶量如表4所示。

表4 5年生杉木树冠不同部位的针叶量 (以整株树针叶干重的百分数表示)

部位	I	II	III	IV	V	VI
重	下部内层	下部中层	下部外层	中部内层	中部外层	上部
1	13.0	27.8	10.3	12.8	27.7	8.4
2	11.4	36.7	12.5	15.1	17.4	6.9
3	8.0	35.7	13.4	13.8	22.6	6.5
4	9.7	38.1	16.4	9.1	23.6	3.1
5	6.9	21.5	8.9	18.5	38.0	6.1
6	8.3	26.2	5.3	19.2	33.2	7.8
7	11.6	32.7	10.8	12.4	26.9	5.5
8	11.1	36.7	14.5	6.0	14.0	17.7
平均	10.0±2.1	31.9±6.1	11.5±3.5	13.4±4.4	25.4±7.9	7.8±4.3

由表4可以看出, 下部中层树冠 (II) 和中部外层树冠 (V) 叶量最多, 共占整个树冠

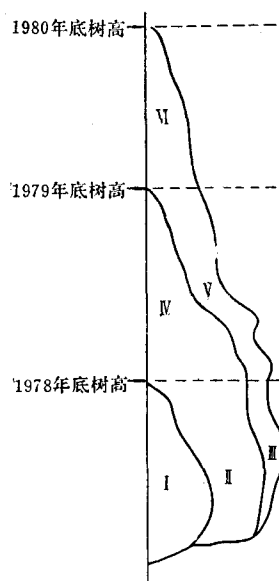


图4 幼杉树冠分区示意图(半个剖面)

I. 下部内层, 为1978年底时的树冠; II. 下部中层, 为1979年形成的下部树冠; III. 下部外层, 为1980年形成的下部树冠; IV. 中部内层, 为1979年形成的中部树冠; V. 中部外层, 为1980年形成的中部树冠; VI. 上部树冠, 1980年形成的树冠。

叶量的57%; 下部外层树冠(III)和中部内层树冠(IV)次之, 约占25%; 下部内层树冠(I)和上部树冠(VI)叶量最少, 合起来不到20%。不同部位树冠叶量分布的多寡与二级侧枝数量的多寡相对应(图5)。

按树冠上、中、下来区分, 则下部树冠的叶量约占整个树冠的一半以上; 中部树冠的叶

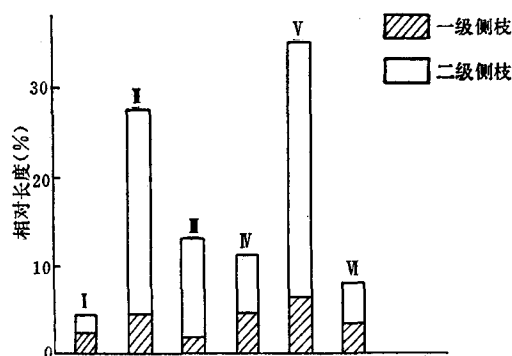


图5 树冠不同部位侧枝的相对长度
(以整个树冠侧枝总长度为100%)

量近乎40%; 上部树冠由于侧枝很少, 叶量一般不到整个树冠的10%。因此, 加强对幼林的抚育, 及时清除林内杂灌, 改善中下部林冠的光照条件, 对于发挥比重最大的中下部冠层针叶的光合潜力, 是很重要的。

将树冠划分为内、中、外3层, 则内层(I)针叶占10%, 中层(II、IV)针叶和外层(III、V、VI)针叶大致相等, 各占45%。

表5 5年生杉木不同年龄针叶的比例(以整株树针叶总数的百分数表示)

重 复	叶 龄	3、4年生			2年生		1年生	
1		4.1			39.6		56.3	
2		3.2			58.1		38.7	
3		6.8			51.7		41.5	
4		15.8			54.2		30.0	
5		15.7			45.9		38.4	
6		5.9			40.0		54.1	
平 均		8.6±5.7			48.2±7.6		43.2±10.1	

就针叶年龄来说, 3年生及3年生以上的老针叶约占整个树冠针叶数的9%, 2年生及1年生针叶各占48%和43%(表5)。3年生及3年生以上针叶较少的原因是杉苗栽植后2年内幼树处于恢复阶段, 生长迟缓, 一、二级侧枝发生较少; 另外也是由于这类针叶多处于树冠下层和内层, 受光条件差, 部分已老化枯落所致。

5年生杉木冠幅最大部分出现在树冠中下部。据1,281株5年生杉木调查结果, 最大冠幅一般在2—3米。因此, 为使幼杉树冠发育有一足够的空间, 栽植过密是不恰当的。在闽北Ⅱ-Ⅲ地位级立地条件下, 我们认为杉木栽植密度以 $2 \times 2 - 2 \times 3$ 米为宜。

4. 幼杉的生产力

衡量林木生长的快慢和林分的生产能力, 除了用树高、胸径、材积作指标外, 还采用单位土地面积干物质生产速率(生产力)以及对太阳辐射能的利用率等(Květ等, 1971)。单位土地面积上材积增长速率、干物质生产速率以及对太阳辐射能的利用率一般具有平行关系, 有些指标之间还可以粗放地相互换算(Kira, 1975)。

8株冠型不同的5年生杉木的树高、胸径、干重等的测定数据见表6。这8株杉木在树高、胸径、枝盘数方面的平均值恰在所调查林分的平均值范围之内。

表 6 8株5年生杉木的生长量

重 复	冠型	植株干 重 (克)	针叶干 重 (克)	枝盘数 (盘)	树高 (米)	胸径 (厘米)	带皮材 积 ($\times 10^{-4}$ 米 ³)	树冠体 积 (米 ³)	树冠叶 干重密度 (千克/米 ³)	树冠叶 面积密度 (米 ² /米 ³)	辐射能利 用率*
1	浓密型	9,832	3,251	26	5.66	6.3	108.9	7.30	0.445	2.35	0.31
2	浓密型	7,616	2,566	24	3.95	5.5	84.3	6.11	0.420	2.22	0.24
3	中间冠型	5,595	1,764	23	4.00	5.0	60.5	6.07	0.290	1.53	0.17
4	中间冠型	5,193	1,646	20	3.83	4.8	60.5	5.47	0.301	1.59	0.16
5	中间冠型	5,133	1,740	23	4.42	5.3	71.9	6.75	0.258	1.36	0.16
6	中间冠型	3,802	1,169	18	3.91	4.3	45.9	4.20	0.276	1.46	0.12
7	稀疏型	3,586	1,248	22	3.59	4.1	43.2	5.43	0.230	1.22	0.11
8	稀疏型	3,349	1,015	12	2.85	3.2	28.2	5.53	0.184	0.97	0.10
平 均		5513 ± 2225	1799 ± 761	21 ± 4.4	3.95 ± 0.63	4.8 ± 1.0	62.9 ± 25.5	5.86 ± 0.94	0.30 ± 0.09	1.59 ± 0.47	0.17 ± 0.07

* 以幼杉生长期间达到林冠上方的总入射太阳辐射(385千卡/厘米²)为基础。

由表6可知, 8株5年生杉木每株的平均干重为5,513克。这个数字未加进枯落器官的损失量, 也未去除杉苗本身的干重。由于这两者都很小, 所以, 5,513克可作为造林后4年内单株的干物质增量。由此计算出, 4年内干物质生产速率平均为345克/米²/年。按照Larcher(1975)所引植物有机物质的含能量资料, 对于常绿针叶树来说, 每克干针叶所含能量约为4.9—5.0千卡, 每克木材约含4.7—4.8千卡。根据幼杉各器官干重的比例, 现以4.8千卡/克作为整株5年生杉木含能量的平均值, 则可估算出各株杉木及林分对日光能的利用率(表6)。

由表6可以看出, 杉木栽植初期因树冠未充分发育, 对辐射能的利用率是很低的, 平均只有0.17%。据我们的资料推算, 栽植后头二年, 这种效率还不到万分之四。冯宗炜等

(1980) 提出, 在杉木栽植后头二年内间作玉米, 不但有一定的经济效益, 也有利于幼杉的生长。通过间作农作物而减少杉木幼林期辐射能的损失, 这确是一个值得进一步探讨总结的课题。

5. 幼杉冠层结构与生物量的关系——浓密型杉木与稀疏型杉木的比较

1) 分枝习性 不同冠型的 5 年生杉木的分枝习性如表 7 所示。表列 6 项指标, 浓密型杉木均大于稀疏型杉木。除每盘一级侧枝数外, 其余各项指标的差异均是显著的。

表 7 不同冠型 5 年生杉木分枝习性的比较

冠型	株数	枝盘数 (盘/株)	一级侧枝数 (根/株)	一级侧枝数 (根/盘)	一级侧枝长 (米/株)	二级侧枝长 (米/株)	一级侧枝长
							二级侧枝长
浓密型	4	26.0±2.8	96.8±8.8	3.73±0.25	78.2±5.6	271.5±36.0	3.46±0.25
中间冠型	6	21.3±2.0	76.5±8.7	3.59±0.25	59.7±10.4	165.3±84.6	2.73±1.07
稀疏型	4	16.2±4.6	54.5±13.4	3.39±0.27	45.0±8.4	110.6±17.7	2.48±0.24

2) 针叶量 对 14 株 5 年生杉木的调查表明, 冠型不同的杉木个体间针叶量差别很大。

(1) 每株 5 年生杉木着生的针叶数, 由稀疏型杉木的 7.6 万变动于浓密型杉木的 23.6 万。平均而言, 浓密型杉木之针叶数约为稀疏型的二倍 (表 8、表 9)。(2) 每株杉木的针叶干重, 由稀疏型的 1,015 克变动于浓密型的 3,251 克。平均而言, 两者相差 1.5 倍 (表 6、表 8)。(3) 树冠针叶密度, 由稀疏型杉木的 0.18 千克/米³变动于浓密型杉木的 0.44 千克/米³。平均而言, 两者相差一倍以上 (表 6、表 8)。

表 8 不同冠型 5 年生杉木针叶量的比较

冠型	针叶数 (万/株)	针叶干重 (克/株)	树冠叶密度 (千克/米 ³)
浓密型	21.0±3.8	2908±484	0.43±0.02
中间冠型	17.8±2.5	1578±283	0.28±0.02
稀疏型	9.5±2.7	1132±165	0.21±0.03

表 9 不同冠型 5 年生杉木侧枝长度和针叶数量的比较

冠型		枝盘数 (盘)	侧枝长度 (米)			侧枝着叶数 (万)		
			一级	二级	合计	一级	二级	合计
浓密型	1	24	86.4	336.6*	423.0	4.8	18.8*	23.6
	2	30	75.9	249.9	325.8	4.4	13.9	18.3
中间冠型	1	22	70.7	235.4*	306.1	4.7	14.9*	19.6
	2	22	68.9	187.0*	255.9	4.3	11.8*	16.1
稀疏型	1	18	52.7	124.7	177.4	3.6	7.8	11.4
	2	13	36.4	102.5	138.9	2.0	5.6	7.6

* 包括极少量三级侧枝

进一步的调查表明, 全株三分之二以上的针叶着生于二级侧枝上。平均而言, 二级侧枝的总长度和其上着生的针叶数大约是一级侧枝的 3 倍(表 9)。由表 9 还可以看出, 在决定针叶量的因素中, 除枝盘数外, 二级侧枝数量同样也是一个很重要的指标。

单位侧枝长度上的针叶数目、单个针叶的平均干重或平均叶面积也是影响叶量的因素, 但在我们所取样的杉木上并不是主要的。

必须指出, 针叶在侧枝上的分布并不是均匀一致的。不但同树不同侧枝针叶着生密度(单位侧枝长度上的针叶数)有变化, 就是同一侧枝, 往往两端针叶小而着生密, 中间大而着生稀。因此, 在进行叶量调查时, 如果取样数量少而无代表性, 则会造成很大误差。

3) 生长量 综合以上调查材料, 不同冠型 5 年生杉木生长量方面的差异可列表对比如下(表 10)。

表 10 不同冠型 5 年生杉木生长量的比较

冠 型	树高 (米)		胸径 (厘米)		植株现存量 (千克)		带皮材积 ($\times 10^{-4}$ 米 ³)	
	平均	比值	平均	比值	平均	比值	平均	比值
浓 密 型	4.2 ± 0.7	118	6.0 ± 0.6	151	8.7 ± 1.6	248	96.6 ± 17.4	270
中间冠型	4.0 ± 0.2	113	4.8 ± 0.4	122	4.9 ± 0.8	140	59.7 ± 10.6	167
稀 疏 型	3.5 ± 0.5	100	4.0 ± 0.6	100	3.5 ± 1.7	100	35.7 ± 10.6	100

由上表可以看出, 无论在树高、胸径、植株现存量、带皮材积等方面, 浓密型杉木均优于稀疏型杉木。经 t 检验, 除树高外, 两种冠型杉木在其余 3 个指标上的差异均是显著的。

4) 讨论 杉木冠型研究中, 最早提出应区分浓密型树冠和稀疏型树冠的是叶培忠教授和他的学生(叶培忠等, 1964)。这一术语后来被广泛采用。浓密型杉木的增产效果也为各地的研究所证实。这里有两个问题值得提出来加以讨论。

(1) 有关浓密型杉木的区分标准问题: 对于冠型疏密的区分, 目前尚无统一的看法。叶培忠等(1964)虽然最早提出冠型疏密的概念, 但在报告中并无具体的标准。以后, 有人提出应以枝盘数及侧枝针叶着生密度等作为指标。他们认为, 枝叶浓密、冠层难分、主干被枝叶遮蔽不清是浓密冠型杉木的特征(《怎样选育杉木良种》编写组, 1976; 杨国华, 1978)。我们认为, 除了根据树冠形态初步鉴别外, 还应考虑树冠叶密度。由于针叶主要着生在二级侧枝和一级侧枝上, 针叶量与各级侧枝有相应的比例关系, 故以侧枝数量, 特别是二级侧枝数量作为冠型指标, 也是可行的。但是, 我们的调查表明, 单纯用一级侧枝盘数或单位侧枝长度上针叶着生数目作为区分树冠疏密的主要指标, 还是不够的。根据我们对 5 年生杉木的观测, 浓密型杉木有如下特点: 树冠叶密度大于 0.35 千克/米³; 一级侧枝盘数大于或等于 23 盘, 亦即大于或等于林分平均枝盘数加一个标准差; 二级侧枝与一级侧枝的长度比值大于 3。中间冠型和稀疏型杉木有时也具有上列第二或第三个特征。这里需要说明的是, 浓密型杉木的这三个特征, 是在闽北 II - III 地位级的杉木林中观测得到的, 是否适合于不同气候区的杉木, 尚须进一步考察。这些特征也是在冠型混杂的 5 年生杉木林中得来的, 由于树冠叶密度一般都有随树木老弱而变小的趋势(Kira, 1975), 因此, 随着树龄的增加, 区分冠型疏密的尺度应相应降低。此外, 建立一个简便易行的树冠叶密度的测定方法, 也是需要进一步研究的。

(2) 浓密型杉木的增产效果问题: 有关不同冠型杉木生长量的比较数字, 都是在冠型混杂的杉木纯林中调查得到的。由于不同林分在立地条件、林龄、栽培技术方面的一致, 以及不同的调查者对于冠型疏密标准认识上的差别, 从而使得不同冠型杉木产量的比较数字变动幅度很大。从各地调查材料和我们的资料可以看出: 第一, 在一个冠型混杂的林分中, 浓密型杉木确比其它冠型杉木长得快。例如, 7—10年生林分中, 浓密型杉木的材积生长要比稀疏型杉木大 100% (《怎样选育杉木良种》编写组, 1976)。在 5 年生林分中, 则大 170% (表 10)。为发挥浓密型杉木的高产潜力, 生产上除考虑将浓密型杉木单独造林外, 对现有的冠型混杂的林分, 在抚育采伐时应注意尽可能保留浓密型杉木。第二, 冠型疏密性状是可以遗传的。Kramer 和 Kozlowski (1979) 认为冠型的某些方面, 如枝角、分枝数量、新梢生长量和持续期及顶端优势程度受遗传控制, 但也因环境而变化。从我们的调查来看, 同株杉木不同年份的枝盘数、二级侧枝与一级侧枝长度比值以及叶密度虽有变化, 但浓密型杉木在这些方面总是大于稀疏型杉木, 因而具有相对稳定性。因此, 可以指望选择浓密型杉木作为优良的育种原始材料。

参 考 文 献

- 叶培忠、陈岳武 1964 杉木自然类型的研究。林业科学 9 (4): 297—309。
 宜春地区林科所 1978 杉木优树性状的初步分析。江西林业科技 4: 18—22。
 姜志林、叶镜中 1980 杉木树冠形态结构的初步研究。南京林产工业学院学报 4: 46—52。
 《怎样选育杉木良种》编写组 1976 怎样选育杉木良种。福建人民出版社, 第 10—13 页。
 俞新妥 1964 杉木幼树年生育规律的初步研究。林业科学 9 (4): 345—351。
 杨国华 1978 杉木选优的几个问题。江西林业科技 4: 5—17。
 Kira (吉良), T. 1975 Primary production of forests. In "photosynthesis and Productivity in Different Environments" (J.P.Cooper, ed.), IBP 3. 5—40. Cambridge University Press.
 Kira (吉良), T. et al. 1969 Structure of forest canopies as related to their primary productivity. *Plant and Cell Physiol.* 10: 129—142.
 Kramer, P.J. and T.T.Kozlowski 1979 Physiology of Woody Plants. 612—627. Academic Press.
 Květ, J. et al. 1971 Methods of growth analysis. In "Plant Photosynthetic Production: Manual of Methods" (Z.Šesták et al., eds.), 343—391. Dr W.Junk N.V. Publishers, The Hague.
 Larcher, W. 1975 Physiological Plant Ecology. Translated by M.A.Biederman-Thorson. 81—85. Springer-Verlag

A PRELIMINARY STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN CANOPY STRUCTURES AND BIOMASS OF YOUNG CHINESE FIRS

Gong Lei

(Nanking Technological College of Forest Products)

The relation of the canopy structures of five-years old Chinese firs (*Cunninghamia lanceolata*) to their biomass has been discussed in the paper. Some results obtained are as follows:

1. In the same stand there is no obvious difference in the proportion of the different parts between trees. Trunk has the highest proportion—36%, needles—32%, branches—17% and underground part has the lowest proportion—15% on the basis of dry weight.

2. The needle dry weight density of canopy of five-years old Chinese firs varies between 0.18 and 0.44 Kg m^{-3} , and the average is 0.30 Kg m^{-3} . The needle area density of canopy varies among trees between 0.97 and 2.40 m^2m^{-3} , and the average is 1.59 m^2m^{-3} . These weights are higher than those observed in the broad-leaf forest which are reported between 0.2 and 0.4 m^2m^{-3} .

3. There are about 160 thousand needles on a five-years old Chinese Fir tree. They are mainly on the second-order and first-order branches. Among them, two-years old and more older needles are less than 10 per cent; one-year old and new needles are 48 and 43 percent respectively.

4. The rate of dry matter production of Chinese firs in site of Class II—III in the four years after planted in North Fujian, China is 345 $\text{gm}^{-2}\text{year}^{-1}$ and the utilization efficiency of solar energy is 0.17 per cent on the average.

5. In the stand of five-years old Chinese firs, there are differences in branching habit, needle quantity, growth rate and so on, among trees with different canopy forms. There are obvious differences in branching habit, dry weight and wood volume between trees with dense canopy and those with sparse one.

6. According to the canopy structural characters of young Chinese firs, some recommendations for forestry management are suggested as follows:

a. The light condition in the middle and lower parts of young forest canopy should be improved.

b. The planting density of Chinese firs in site of Class II—III should be between $2 \times 2 \text{ m}$ and $2 \times 3 \text{ m}$.

c. Some crops can be intercropped in the young forest stand.

d. Chinese firs with dense canopy are more productive and better as breeding material than those with sparse one.

e. Trees with dense canopy should be reserved in thinning.