

海南粗榧早期生长特性 及栽培前景*

李 意 德

张 振 才

(中国林业科学研究院热带林业研究所)

(海南省尖峰岭热带林自然保护区)

摘要 通过对海南粗榧早期生长特性的研究,表明该树种属中等生长速度类型。14年生幼林(833株/ha)年平均胸径生长量0.42 cm,树高0.39 m,材积0.72 m³/ha,地上部分总生物量为7.678 t/ha,净生产力为0.548 t/ha·a。尽管生产力水平较低,但其经济价值很可观,按树皮生物量中含的三尖杉酯碱和高三尖杉酯碱的价格计算,其药用价值近80万元/ha。若适当增大种植密度,并进行集约经营管理,提高生产力水平,在短轮伐期经营方式下,其经济价值可望能提高6倍以上。

关键词 海南粗榧; 生长特性; 生物量; 生产力; 经济价值

海南粗榧(*Cephalotaxus mannii* Hook. f.)是中国林业科学研究院热带林业研究所(下称热林所)等单位的科技人员于70年代对海南植物进行抗癌药物筛选时发现的一种抗白血病植物^[1],其有效成分为三尖杉酯碱和高三尖杉酯碱。近20年来,由于国内外医药市场的需要,加之该树种材质优良(为海南岛二类珍贵用材),以致人为地对天然野生的资源肆意滥伐,目前资源已很少,1987年被列为我国第一批受二级重点保护的濒危植物^[2]。因此,研究海南粗榧的栽培技术以扩大资源具有重要的社会、生态和经济意义。

1 海南粗榧的生态、生物学特性

海南粗榧属三尖杉科的热带常绿大乔木,分布于海南、云南等地的热带林中。在海南岛生长海拔700~1000 m的热带山地雨林中,最大胸径达110 cm,最高达25 m以上。树皮光滑而薄,树叶深绿色、光滑。多在狭窄的沟谷、涧旁出现,性喜气温凉爽、雨量充沛、云雾多、湿度大、地表腐殖质丰富的阴湿环境^[1];在幼龄期,为典型的耐荫湿、喜土壤肥力高的树种。

2 试验地及幼林概况

人工小试种植海南粗榧始于70年代中后期,由热林所科研人员在海南岛尖峰岭天池林场选地试种。试验地选择在60年代中期采伐后的天然更新林地上(海拔820 m)种植,残留的上

本文于1990年9月28日收到。

*本文经黄全副研究员审阅。参加野外调查的还有陈焕强、黄林运,一并致谢。

1) 中国人民解放军第187医院等,1977,海南粗榧的研究。

层林郁闭度约0.3, 面积1.5 ha。有各种小地形, 如小山坡、沟谷、水沟两边平地等。初植株行距3 m × 4 m, 密度833 株/ha。种植时间为1976年, 其后3年补植过部分苗木, 所用苗木为在海南各大林区挖的天然野生苗, 苗高20~30 cm, 1977~1979年均有过抚育措施, 其后一直未管理。从目前的生长情况来看, 在沟谷近水旁的平地上幼树长势较好, 林相较一致, 其他立地上的长势极差, 平均高度仅1~2 m。

3 调查结果及分析

于1990年3月选择生长最好的地段(面积约0.2 ha)观测了104株, 测定项目有胸径、树高、冠幅等。根据其径级分布伐取解析木6株, 并作地上部分生物量(分树干、树皮、树枝、树叶四个组分)测定。

3.1 幼林生长特征

根据观测株资料统计结果表明, 平均胸径为5.9 cm, 平均树高为5.5 m, 平均冠幅为1.5 × 1.5 m², 按最大林龄(14年)计算, 胸径年平均生长量为0.42 cm, 树高为0.39 m。根据海南岛天然树种生产速度类型分类^[3], 该树种属中生类型。树高和胸径的早期生长有如下回归关系:

$$H = 1.725374 + 0.638725 D_{1.3} \quad (r = 0.96)$$

表明有明显的线性回归关系($r_{0.01(102)} = 0.254$)。

观测株的径级分布如表1。从表1可看出, 各径级分配比例基本符合正态分布, 大多数观测株胸径集中在4 cm和6 cm径级范围。观测株中有4株胸径较大, 其中有两株是60年代采伐原始林后留下的更新幼树(前生树), 胸径最大, 分别为18.7 cm和22.3 cm, 据其中一株解析木表明年龄在25年以上, 与种植苗木非同源; 另外两株胸径各为14.2 cm和15.3 cm, 为试种苗木中生长最好的。幼树个体之间的生长分化现象尚不显著, 其原因一是初植密度较小, 林分尚未郁闭, 种群内竞争的矛盾尚未激化; 二是种群间(海南粗榧与上层林木)的竞争也未激烈地表现出来。

表1 观测株径级分布

径级 (cm)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	>18
株数	11	34	36	12	6	1	1	1	1	1
比例 (%)	10.58	32.69	34.62	11.54	5.77	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96

3.2 幼树生长过程

6株解析木的参数见表2。在下面的分析中, 4株栽培幼树取平均值与前生树进行比

表2 解析木参数

解析木号	CM-1	CM-2	CM-3	CM-4	CM-5	CM-6
胸径 (cm)	2.0	4.7	5.6	7.9	18.7	11.6
树高 (m)	3.1	4.85	6.3	6.9	13.6	8.7
年龄 (a)	5	11	11	12	25	14
说明	更新苗木	栽培	栽培	栽培	前生树	栽培

3.2.5 胸高形数 形数是反映树干形状的指标。1~10年生的幼树其形数($f_{1.3}$)大多在0.6以上, 10~15年生生在0.4~0.6范围, 15年以后变化缓慢, 一般在0.42~0.47之间变动, 多数稳定在0.44左右, 可认为0.44为其胸高形数指标。按照形数与形率的关系 $f = q^2$, 海南粗榧形率 q 值为0.66, 与海南岛大多数天然林木的形率一致^[4]。

3.3 材积生长量

海南粗榧幼树期的带皮材积可用幂函数

$$V = aD^b \text{ 或 } V = a(D^2H)^b$$

来拟合。根据6株解析木资料, 其回归方程式为:

$$V = 1.91893 \times 10^{-4} D^{2.266234} \quad (1)$$

$$\text{或 } V = 1.09814 \times 10^{-4} (D^2H)^{0.867104} \quad (2)$$

通过比较式(1)和(2)的相关指数(R^2 分别为0.999、0.996)、剩余标准差(0.0022和0.0039)、 F 统计值(3377.5和1049.2), 表明式(1)优于式(2), 并且式(1)中只用一个易于测定的且可准确量测的胸高直径参数($D_{1.3}$), 式(2)中有树高(H)参数, 一般野外测定时误差较大。下面的分析中以式(1)的计算值作为实际材积近似值。

102株观测株(不包括前生树)的材积总值为1.23572 m³, 按初植密度(833株/ha)和最大树龄14年生计算, 单位面积材积为10.09171 m³/ha, 年平均生长量为0.72084 m³/ha。由于初植密度小, 生产力水平较低, 为了提高林分生产力, 可提高初植密度。按现在的平均冠幅, 将幼龄期的株行距提高到1 m × 1.5 m或1.5 m × 1.5 m是可行的。

3.4 地上部分生物量

3.4.1 生物量及其分配比例 6株解析木的生物量及其分配比例经计算处理后列于表3。

表3 6株样木地上部分生物量及分配比例

(单位: kg)

样号	树干		树皮		树枝		树叶		地上部分总计	
	干重	%	干重	%	干重	%	干重	%	干重	%
CM-1	0.5526	67.52	0.0560	6.84	0.1442	17.62	0.0656	8.02	0.8184	100
CM-2	3.4554	69.46	0.2115	4.25	0.6842	13.75	0.6235	12.53	4.9746	100
CM-3	5.2222	62.88	0.5073	6.11	1.3403	16.14	1.2350	14.87	8.3048	100
CM-4	10.0138	59.46	0.6332	3.76	3.7556	22.30	2.4381	14.48	16.8407	100
CM-5	71.7500	72.64	4.4501	4.51	14.9903	15.18	7.5866	7.68	98.7770	100
CM-6	25.8112	52.11	1.7416	3.52	13.7969	27.86	8.1783	16.51	49.5280	100
平均		64.01		4.83		18.81		12.35		100

从表3可看出, 海南粗榧地上部分生物量分配比例变化不大, 树干(不包括树皮)占地上部分总量的50%~72%, 平均64%; 树皮3%~7%, 平均4.8%; 树枝13%~28%, 平均18.8%; 树叶7%~17%, 平均12.4%。需要说明的是, 样木CM-6生长在小林窗下(3年前因台风刮倒一株上层木), 光照较强, 因而长势极好, 枝叶繁茂, 其枝、叶生物量大, 比例高, 接近或超过最大样木(CM-5)的值。可见海南粗榧随年龄的增加对光的需要量越来越大, 说明了种植后控制上层林木郁闭度的重要性。

3.4.2 生物量预测模型 为了预测海南粗榧早期生长的生物量, 有必要建立各种生长模型。生物量的回归模型一般用幂函数

$$W = a(D^2H)^b \quad \text{或} \quad W = aD^b$$

进行拟合，而树叶生物量用倒数函数

$$\frac{1}{W_L} = a + \frac{b}{D^2H} \quad \text{或} \quad \frac{1}{W_L} = a + \frac{b}{W_{ST}}$$

拟合效果更佳^[6]。式中 W 为生物量； W_L 为树叶生物量； W_{ST} 为树干生物量。考虑到样木 CM-6 生长在小林窗下，其枝、叶生物量过大，在建模时凡有枝、叶参与拟合的均舍去该样木数据，以保证模型的普遍性。各回归模型及方差分析结果见表 4。经方差分析，7 个回归方程式均达极显著水平， F 统计值均大于临界值，相关指数除树枝较小(0.97)外，其余均在 0.99 以上，模型的系统误差较小，均不超过 $\pm 4\%$ 。

表 4 生物量回归方程及其方差分析

组 分	回 归 方 程	L	Q	S	F	R^2	N	E
地上部分总量	$W = 0.1345788(D^2H)^{0.7824098}$	6769.85	8.2859	1.7155	2297.4	0.9987	5	1.26
树 干	$W_{ST} = 0.08412661(D^2H)^{0.7968062}$	3680.17	6.1733	1.2423	2380.6	0.9983	6	-1.29
树 皮	$W_{BK} = 0.009407004(D^2H)^{0.722779}$	13.92	0.0898	0.1498	615.8	0.9935	6	-3.41
树 枝	$W_{BR} = 0.02330659(D^2H)^{0.7763474}$	153.62	4.2790	1.1943	104.7	0.9721	5	3.74
树 叶	$\frac{1}{W_L} = 0.096548 + \frac{151.478389}{D^2H}$	36.86	0.0910	0.1742	1211.9	0.9975	5	-0.37
树干+树皮	$W_{SBK} = 0.0933381(D^2H)^{0.7912531}$	4146.23	7.2997	1.3509	2268.0	0.9982	6	-1.45
树干+树皮+树枝	$W_{SBB} = 0.1190129(D^2H)^{0.7824141}$	5818.87	2.9870	0.9978	5841.2	0.9995	5	1.37

注：自变量取值范围 $D < 20$ cm, $H < 14$ m。

L ——总平方和； Q ——剩余平方和； S ——剩余标准差； F ——方差分析统计检验值； R^2 ——相关指数； N ——样本数； E ——模型系统误差(%)。

F 临界值： $f_{0.01(1,3)} = 34.1$ ； $f_{0.01(1,4)} = 21.2$ 。

3.4.3 净生产力 用上述生物量模型对 102 株观测株进行计算，其地上部分总生物量为 940.129 kg，其中树干 639.951 kg、树皮 46.367 kg、树枝 157.315 kg、树叶 123.403 kg¹⁾。折合单位面积生物量为：7.678、5.226、0.379、1.285、1.008 t/ha，按最大树龄 14 年生计算，上述各项净生产力(不包括凋落物)分别为：0.548、0.373、0.027、0.092、0.072 t/ha·a。

4 海南粗榧扩大栽培前景探索

海南粗榧作为国家二级重点保护的珍稀濒危植物，同时又是新近发现的抗癌和珍贵用材树种，研究该树种的栽培技术不仅具有重要的物种保护等生态意义，而且有很大的社会及经济价值。

4.1 经济价值计算

所调查的幼林，虽未经管理，其净生产力水平较低，但仅从药用用途(按目前国内市场价格计算)来说，其经济价值仍是较高的(表 5)，按(高)三尖杉酯碱含量计算，价值近 80 元/ha。

1) 由各组分模型计算的地上部分生物量总和为 967.036 kg，由于模型系统误差，该结果与地上部分总生物量模型计算结果(940.129 kg)比较超出 26.91 kg，相对误差 2.86%。

表5 幼林经济价值计算

(密度: 833株/ha, 年龄: 14a)

组 分	生物量 (t/ha)	净生产量 (t/ha·a)	(高)三尖杉酯碱				总 酯 碱				原 料		
			含量 (%)	单 价 (万元/ kg)	总 值 (万元/ ha)	年 平 均 (万元/ ha)	含 量 (%)	单 价 (万元/ kg)	总 值 (万元/ ha)	年 平 均 (万元/ ha)	单 价 (元/kg)	总 值 (万元/ ha)	年 平 均 (万元/ ha)
树 皮	0.379	0.027	0.30 ^①	70	79.59	5.67	1.45 ^①	4.0	21.98	1.57	—	—	—
树干+树皮	5.605	0.400	—	—	—	—	0.02 ^②	4.0	4.48	0.32	3.50	1.962	0.14

注: 表中单价为1989年收购价, 由中国医学科学院药物研究所实验工厂强则银副研究员提供。

① 实验室含量, 按参考文献[1]中第I、II级植株树皮中含量加权平均。

② 由强则银副研究员提供, 为云南产的海南粗榧含量, 海南岛产的可能高于此值。

4.2 扩大栽培前景

从表5可看出, 海南粗榧的经济价值可观, 确有栽培前景。如果种植者卖(高)三尖杉酯碱、或者总酯碱, 其收入巨大, 但种植者从原料中提取各种酯碱实际上是不现实的, 卖原料才符合客观实际; 而卖原料收入又较低, 14年生未经管理的幼林仅有1.96万元/ha, 年平均为1400元/ha。因此, 只有提高初植密度以及进行集约经营管理等措施才能提高林分的净生产力水平。根据本文的分析, 将初植株行距增大到1m×1.5m(6667株/ha)或1.5m×1.5m(4444株/ha)是可行的。另外, 因酯碱含量在幼龄期最高^[1], 以及该树种的萌芽能力较强, 可采用密植型的短轮伐期经营方式, 有希望将两种密度的林分参数($D_{1.3}$ 和 H)分别提高30%和40%, 按10年生短轮伐期计算, 其生物量及经济价值可望提高5~6倍(表6)以上。

表6 集约经营海南粗榧经济效益估算^①

密 度 (株/ha)	林 龄 (a)	$D_{1.3}$ (cm)	H (m)	树干+树皮生物量 (t/ha)	单 价 (元/kg)	总 值 (万元/ha)	年 平 均 (万元/ha)
6667 (1.0m×1.5m)	10	5.5	5.1	33.534	3.50	11.74	1.17
4444 (1.5m×1.5m)	10	5.9	5.5	26.517	3.50	9.28	0.93

① 初植密度提高后, 在10年轮伐期内, 种内竞争矛盾尚未激化, 树型等无多大变化, 故仍采用本文提出的模型估算生物量。

5 结 语

(1) 人工种植的海南粗榧, 在未经管理的情况下, 其幼龄期生长速度与海南岛大多数热带山地雨林中天然林木一样, 属于中生类型, 其胸径和树高的年平均生长量为0.4cm(m)左右。14年生幼林净生产力为: 材积0.72m³/ha·a, 地上部分总生物量7.678t/ha, 按药用价格计算, 其经济价值近80万元/ha。

(2) 由于海南粗榧的生态幅度较窄, 因此, 种植时需注意以下几点: ①把好选地关, 最好选中海拔山区的沟谷、涧旁的小平地造林; ②控制上层林木的郁闭度, 初植时可为0.4左右, 此后逐渐降至0.2左右, 但不能全部砍去上层林木, 以免空气湿度过小; ③采用短期(10年左右)轮伐经营方式; ④初植株行距宜采用1.0m×1.5m或1.5m×1.5m。

参 考 文 献

- [1] 陈毓亨等, 1977, 我国抗癌植物——三尖杉的资源利用, 中草药通讯, (6): 14~17.
- [2] 中国科学院植物研究所, 1987, 中国珍稀濒危植物, 上海教育出版社, 13.
- [3] 李善淇, 1988, 海南岛尖峰岭天然林主要树种生长过程的探讨, 林业科学研究, 1(2): 169~178.
- [4] 李善淇, 1988, 海南岛尖峰岭热带林分生产力的探讨, 林业科学研究, 1(3): 301~308.
- [5] Kira, T. et al., 1967, Comparative ecological on three main types of forest vegetation in Thailand, IV, Dry matter production, with special reference to Khao Chong rain forest, *Nature & Life in SE Asia*, (5): 149~174.

*Early Growth Performance of Cephalotaxus mannii
and Its Cultivative Prospect*

Li Yide

(The Research Institute of Tropical Forestry, CAF)

Zhang Zhencai

(Jianfengling Natural Reserve Region of Tropical Forest, Hainan Province)

Abstract *Cephalotaxus mannii* Hook. f. is a raw material resources of new medicine used for anti-cancer (leukaemia), which was found in 1970's in China. The natural resources of the plant is now being less and less. Protecting and establishing this raw medicinal resources base become more and more important. An investigation on the early growth performance of a 14-year-old plantation of *C. mannii* under un-extensive management was carried out at Jianfengling Forest Region, Hainan Province of China. It was showed that the mean annual increment (m.a.i.) was 0.42 cm in DBH, 0.39 m in tree height, 0.72 m³ in volume (o.b.v.) and the total aboveground biomass (TAGB) was 7.678 t/ha, the net production (excluding tree litter) was 0.548 t/ha/a with 833 individuals per ha in tree density. Although the stand productivity was low, the economic value of the medicine was high up to 800 thousand Yuan(RMB) per ha according to the harringtonine and homo-harringtonine in the bark biomass and their market price in 1989. Finally, the cultivating prospect of *C. mannii* also been discussed in this paper.

Key words *Cephalotaxus mannii*; growth performance; biomass; productivity; economic value