

雷州半岛桉树生产力制约因素分析

刘有美¹ 吴学仕²

(1 华南农业大学林学院, 广州 510642; 2 广东省雷州林业局,)

摘要 在全面调查了短轮伐期桉树生态系统特征的基础上, 对制约桉树生产力的若干因素——气候、土壤、品种、肥料、管理和投资结构, 进行综合分析与评价。探讨获得高产的同时又保护生态环境各因素的较佳选择, 为桉树人工林合理经营提供理论依据。

关键词 桉树人工林; 生产力; 制约因素
 中图分类号 S 718. 51

用短轮伐期(5~7 年)桉树生产浆粕造纸, 已被世界上造纸工业发达的国家公认是木材产量高、土地周转快、纸张白度好、工业黑液少的可行途径(Farrington et al, 1976; Hillis, 1972; Hall et al, 1973)。但在桉树经营过程中如何进一步挖掘生产潜力, 还未见有系统的研究报道。为了更有效地提高桉树生产力, 有必要对其制约因素——温度、水分、品种、土壤、肥料和管理进行分别研究(洪菊生等, 1990; 沈国舫, 1992; Evans, 1991), 并从更深的层次对现有材料进行综合归纳, 找出其规律性, 供林业工作者参考。

1 材料与方法

自 1990 年 12 月至 1994 年 4 月, 华南农业大学林学院与广东省雷州林业局合作开展短轮伐期桉树生态系统的长期研究, 1995 年以这一研究成果为基础, 吸收了雷州林业局历来的研究和生产的资料以及其他一些科技单位在雷州获得的研究成果, 出版了《雷州短轮伐期桉树生态系统研究》一书, 这些都是本文进行研究的材料基础。应用相关分析和综合评价法表达各制约因素的作用地位与关系。

2 结果与分析

2.1 水热条件与短轮伐期桉树生产力的关系

2.1.1 雷州半岛气象要素特点 1993~1994 年雷州半岛气象要素的高峰值区在 4~11 月份, 低峰值区在 12~3 月份, 各代表夏秋季和冬春季, 这两个类型季节气象要素的月平均值见表 1。表 1 显示, 雷州半岛的夏秋为高温多雨季节, 日照时间长, 是桉树生长的有利季节; 而冬春相对为低温干旱季节, 日照时间较短, 但两季的相对湿度差异很小, 这与半岛三面环海有关。

表 1 雷州半岛夏秋与冬春两类季节气象因素比较

月份	平均温度/℃	月日照时数/h	月降雨量/mm	月蒸发量/mm	相对湿度/(%)
4~11	26.2	161.3	203.4	278.8	82.5
12~3	17.0	75.4	21.8	104.3	81.4

2.1.2 桉树在两个类型季节下的生长表现 1993~1994 两年分别于 4 月和 12 月调查了雷林 1 号桉(*Eucalyptus leizhouensis* No. 1)和尾叶桉(*E. urophylla*)林分的生长, 4~11 月(夏秋季)与 12~3 月(冬春季)有较大差异, 结果如表 2。

表 2 两种桉树夏秋与冬春两时期生长差异(两年平均值)

项 目	雷林 1 号桉			尾叶桉		
	树高/ m	胸径/ cm	蓄积量/ m ³ ·(hm ²) ⁻¹	树高/ m	胸径/ cm	蓄积量/ m ³ ·(hm ²) ⁻¹
4~11 月均值	0.16	0.20	2.43	0.14	0.29	2.36
12~3 月均值	0.17	0.07	2.43	0.12	0.11	1.97
夏秋季生长占 冬春季比例/(%)	94.12	285.71	100	116.67	263.64	119.80

表 2 表明, 高温多雨的夏秋季桉树生长比冬春季快, 如尾叶桉 H、D、V 夏秋季月均生长量分别为冬春季月均生长量的 116.67%、263.64%和 119.80%; 尤其是胸径生长, 两树种夏秋季都非常迅速, 相当于冬春季近 3 倍。

一般而言, 生物产量与树种的光合速率直接相关。陈天杏等(1995)在雷州的研究发现, 赤桉(*E. camaldulensis*)在 7 月份的光合速率 $15.44 \mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 比细叶桉(*E. tereticornis*)和窿缘桉(*E. exserta*) $10.54 \mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 和 $9.71 \mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 大得多, 但 3 月份时的光合速率 $5.21 \mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 却比后两者 $5.58 \mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 和 $5.45 \mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 小; 在一天中赤桉的光合强度最大值出现在中午 11~13 时, 而细叶桉的光合强度最大值出现在上午 9~11 时。这说明高温时间长的雷州半岛应着重选用在强光照条件下光合速率大的树种, 如赤桉、刚果 12 号桉(*E. ABL12*)等, 但也不要忽视某些在冬春季节条件下也可以获得较大的物质积累的桉树品种, 如细叶桉和窿缘桉等。

2.2 土壤条件与短轮伐期桉树生产力的关系

2.2.1 雷州半岛的土壤地质特征 雷州半岛的地质基础是由第四纪形成的近海沉积物及随后的基性岩浆喷出两部分所组成, 它们分别是: (1) 下更新统湛江组地层(Qa), 厚度 48 m~150 m, 在半岛中部唐家一南兴圩一龙门坪一带成片出露, 北部埋于北海组地层之下, 只在冲沟两侧低洼处出现, 在北海组地层区内星罗棋布, 为杂色砂砾层、中粗砂与粉砂粘土互层。(2) 中更新统北海组地层(Qb), 厚度仅 7 m 左右, 全面覆盖于湛江组地层之上, 遍布雷州半岛北部, 由于沉积年代不长, 沉积层薄, 脱离海面后在冲沟处很快流失而露出湛江组地层, 上部为亚砂土, 下部为砂砾层夹铁质层。(3) 基性喷出岩(β), 第 1 期厚度 50 m, 第 2 期厚度为 122 m, 比较集中分布在南部的徐闻县和北部的湛江市西面和遂溪县一带。

在这 3 类基岩的基础上风化形成的土壤分别有粘重的铁质砖红壤(I, 玄武岩)、轻壤性红色硅质砖红壤(II, 湛江组地层)和砂壤性的硅质砖红壤(III, 北海组地层)。

2.2.2 三类土壤的理化性质及其宜林性 据 1992 年 12 月调查与采样分析, 桉树林下 3 类土壤的理化性质如表 3。

表 3 三类土壤理化性质分析结果(6 个剖面平均值)

土壤	有机质	全 N	全 P	全 K	水解 N	速效 P	速效 K
	$\text{g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$				$\text{mg}^{\circ}\text{kg}^{-1}$		
I	23.93	0.903	0.398	4.47	90.25	2.10	19.04
II	7.70	0.256	0.140	—	30.32	2.98	12.67
III	9.96	0.330	0.172	3.77	26.04	2.50	8.57

土壤	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$	阳离子 代换量 $/\text{cmol}^{\circ}\text{kg}^{-1}$	$<0.01\text{mm}$ 颗粒 $/(\%)$	质地 名称	土壤容重 $/\text{Mg}^{\circ}(\text{m}^3)^{-1}$	毛管 持水量 $/(\%)$	孔隙度 $/(\%)$
I	5.23	6.28	64.46	粘土	1.09	45.69	59.36
II	5.60	3.27	—	—	1.40	26.25	46.91
III	5.34	2.91	22.50	砂壤土	1.49	20.79	43.77

表 3 表明, 3 类土壤的肥力性状是 I 优于 II 和 III 尤其 I 与 III 有较大差异, 谭绍满等(1983)对 I 、III 两类土壤上柠檬桉(*E. citriodora*)(17~18 年生)和雷林 1 号桉(6 年生)的生长调查如表 4。

表 4 两种桉树在 I 、III 两类土壤上的生长量

树种	土壤	树高 $/\text{m}$	胸径 $/\text{cm}$	蓄积量 $/\text{m}^3^{\circ}(\text{hm}^2)^{-1}$	年材积生长量 $/\text{m}^3^{\circ}(\text{hm}^2^{\circ}\text{a})^{-1}$	林分密度 $/\text{株}^{\circ}(\text{hm}^2)^{-1}$
柠檬桉	I (龙门)	20.90	16.9	138.712.5	8.159.6	780
	III(迈进)	17.50	15.1	90.383.2	5.316.6	915
雷林 1 号桉	I (唐家)	12.17	10.4	119.100.0	19.850.0	3.450
	III(迈进)	10.97	7.3	85.303.5	13.120.0	3.450

表 4 表明, I 类土壤生产力明显比 III 类土壤高, 17 年生柠檬桉年材积生长量高 53.4%, 6 年生雷林 1 号桉年材积生长量高 51.29%。在林业应用上还应根据 3 类土壤的特点采取不同的营林措施: 玄武岩发育的砖红壤粘重, 干湿胀缩强烈, 易使根系受损, 影响幼林生长速度; 而孔隙度大(59.36%), 阳离子代换量高(6.82 cmol/kg)使其调节水气热的功能和保肥供肥能力较强, 所以此类土壤造林的表现是幼林生长较慢而成林后劲很足。浅海沉积物发育的硅质砖红壤, 尤其是 II 类土壤, 经耕作淋溶之后表层砂质增强, 阳离子代换量极低(2.91 cmol/kg), 总孔隙度较小(43.7%), 造林的表现与 I 类土恰好相反, 幼林生势较好而后期肥力不足, 若不连续施肥难于获得高产。II 类土壤介于上两者之间。

2.3 品种与短轮伐期桉树生产力的关系

2.3.1 适地适树推广良种 在玄武岩铁质砖红壤上适宜经营产量较高、周期较长的桉树, 以生产板材为主。在浅海沉积物硅质砖红壤上经营耐旱耐瘠, 轮伐期短的桉树, 以生产纸浆材为主。生产上应多用一些树种, 雷州林业局林科所做的引种试验和华南植物研究所所做的光与水的生理指标测定, 都证明赤桉、刚果 12 号桉、尾叶桉、巨桉(*E. grandis*)和细叶桉等, 在雷州半岛是可以发展的优良品种, 应大胆推广和不断选优。表 5 是在雷州半岛测定的上述树种的生产力和生理指标。由表 5 可见, 这些树种都具有对光对水分的

利用能力强的特性, 其光合速率冬春在 $4\ \mu\text{mol}^{\circ}(\text{m}^{\circ}\text{s})^{-1}$ 以上, 夏秋在 8 以上; 水分利用效率冬春在 4 以上, 夏秋在 2 以上。这是能够较快地合成和积累物质的基础, 其生产力都超过 $15\ \text{m}^3/\text{hm}^2\cdot\text{a}$ 。

表 5 雷州半岛可发展的桉树生产力和生理指标¹⁾(3 年生)

树种	测定时间	年均生长量 / $\text{m}^3\cdot(\text{hm}^2\cdot\text{a})^{-1}$	光合速率 / $\mu\text{mol}^{\circ}(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$	蒸腾速率 / $\mu\text{mol}^{\circ}(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$	水分利用效率
柠檬桉	1986 03	16 766	4.34	0.88	4.93
	1986.07		8.95	2.79	3.21
刚果 12 号桉	1986.03	17.590	3.78	0.79	4.78
	1986.07		10.76	3.10	3.47
雷林 1 号桉	1986 03	21.231	3.35	1.13	2.97
	1986 07		9.27	3.49	2.66
窿缘桉	1986 03	—	5.45	0.82	6.65
	1986 07		9.71	4.09	2.37
尾叶桉	1986 03	22 061	4.24	—	—
	1986 07		6.62	3.94	1.68
赤桉	1986 03	20 915	5.21	—	—
	1986 07		15.44	4.43	3.49
细叶桉	1986 03	—	5.58	—	—
	1986 07		10.54	4.09	2.58
巨桉		15.303	—	—	—

1) 光合速率为单位叶面积上单位时间内 CO₂ 的吸收量, 蒸腾速率为单位叶面积上单位时间内 H₂O 的移出量, 水分利用率为光合速率与蒸腾速率之比值

2.3.2 无性繁殖加快良种化 雷州林业局 80 年代加强引种与选优, 通过无性繁殖迅速推广, 使育苗工厂化, 苗床出苗数由 4.5~6.0 万株/hm² 提高至 120~135 万株/hm², 投资由 12 000 元/hm² 增至 39 000/hm²。但苗木成本却降低 10 倍, 造林种苗费由 1 200 元/hm² 降至 120 元/hm²。由于使用优良无性系造林, 又使林木年均产量由 4.8 m³/hm²·a 提高至 9.0 m³/hm²·a, 良种化在提高生产力上起了重要作用。

2.4 施肥与短轮伐期桉树生产力的关系

2.4.1 土壤供应的限度 1960 年以前, 雷州林业局不施肥经营的生产力水平平均为 4.035 m³/hm²·a 只为当今施肥高产林分的 1/4。林书蓉等(1993)在龙门林场和迈进林场对丰产栽培过程的研究, 认为土壤供应仅占林木总吸收量的少部分: 造林当年 I 类土区为 N 占 19.2%、P 占 18.9%、K 占 21.2%; 在 III 类土区为 N 占 10.4%、P 占 9.7%、K 占 7.1%, 其余均由施肥补充。可见施肥是培育速生丰产林必不可少的条件。

2.4.2 营养平衡施肥 据我们研究, 在雷州 II 类土区, 每生产 1 m³ 雷林 1 号桉木材, 需要 N、P、K 分别为 4.02 kg、0.99 kg 和 2.53 kg, 相当于尿素 8.73 kg, 过磷酸钙 6.18 kg 和

氯化钾 4.86 kg。我们在研究了该地区的林木吸收, 土壤淋溶, 大气飘入和枯落物归还等因素的综合作用之后, 提出了雷林 1 号校在 III 类土区的目标产量和理论施肥量, 见表 6。施肥的增产作用在 II、III 类地区可提高 52.22%~146.25%, 在 I 类土区提高 35.10%~93.20%。

表 6 雷林 1 号校目标产量与理论施肥量						kg/hm ²
项目	林 龄					总量
	1	2	3	4	5	
目标蓄积 / m ³ ·(hm ²) ⁻¹	9.50	28.50	56.25	82.50	90.00	
N	81.43	42.46	82.30	95.43	60.45	361.98
P	24.80	12.71	22.56	22.46	7.11	89.64
K	67.56	28.34	53.84	55.61	22.42	227.77

2.5 管理和萌更与短轮伐期桉树生产力的关系

2.5.1 整地方式的改革 从一锄法种裸根苗到深翻 30 cm、开大穴施基肥和种无性系营养杯苗, 体现雷州的桉树造林经历了一个大飞跃。当前的矛盾已经不是机械力不足的问题, 而是如何防止强度机耕引起水土流失和破坏土壤生态系统的问题, 已购入的深层松土机是热带亚热带滨海台地区整地造林的专用工具, 也可兼作挖树头机, 它可避免因翻土而过度损耗有机质与导致土壤微生物死亡。正确使用这一机械定会使桉树生产力进一步提高, 因为它可使 60 cm 以内土层, 特别是 20 cm~50 cm 土层疏松而有机质表层不翻动, 保护土壤效果良好。

2.5.2 间种与桉树生产力的关系 间种能改良土壤、保护生态环境、促进林木生长已为多次研究所证实, 包括间种菠萝 (*Ananas comosus*)、柱花草 (*Stylosanthes guyanensis*) 和山毛豆 (*Tephrosia candida*)。在 III 类土区雷林 1 号校间种菠萝 5 年后, 林分蓄积比纯林净增 26.44 m³/hm², 增产 44.6%; 枯落物增加 3778.95 kg/hm², 提高 116.8%; 土壤养分 (0 cm~20 cm 土层) 也提高, 有机质增加 0.50 g/kg, N 0.06 g/kg, P 0.01 g/kg, 速效 P 4.0 mg/kg, 缓性 K 2.3 mg/kg (黄锦龙等, 1991; 廖观荣等, 1994)。间种林分的侧根在 0 cm~60 cm 土层中生物量净增 0.609 kg/m³ 土, 20 cm~40 cm 土层中根幅扩大 30 cm, 为桉树的吸收创造了良好条件。间种还提高了林分的叶面积指数, 增强光合强度和水分利用效率, 这是林分蓄积量增加的生理基础, 见表 7。

表 7 雷林 1 号校间种林与纯林的叶面积指数及其对光和水分的利用效率				
林分	1.5 年生林分 (局林科所 1987.11)		3.5 年生林分 (迈进林场 1992.11)	
	光合速率 /μmol·(m ² ·s) ⁻¹	水分利用效率	叶面积指数	蓄积量 / m ³ ·(hm ²) ⁻¹
纯林	7.22	1.23	1.611	55.992
间种林	7.94	1.31	2.286	75.052

2.5.3 扦插苗造林和萌芽更新与桉树生产力的关系 90 年代以来, 雷州林业局以组培

苗和扦插苗为母株采穗育苗的技术有了新的发展,4年来营造 8051、33 和刚果 12 号桉 W₅ 无性系林分已达 3 000 多 hm^2 , 初步达到高生长明显, 林相整齐和蓄积量高的目的。但无性系林木主根不发达, 限制了对营养空间的充分利用, 抗风力也弱, 尤其在表层沙质的浅海沉积物土壤上更甚。因此, 林分后期表现早衰, 不利于进行萌芽更新。可见发展无性系林业应因品种和土壤而异, 不宜一刀切。

可进行萌芽更新 1~2 代是短轮伐期桉树经营的优点, 桉树的多萌性和健全的吸收根系相结合, 是可萌芽更新的理论依据。短轮伐期桉树实行萌芽更新, 更有利于在 15~18 年内采伐 3 代, 加快土地利用、提高木材产量, 由过去长周期的 $4.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a} \sim 6.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 增加至 $15 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a} \sim 22.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$, 造林投资大大节省。但萌芽更新以主根发达的实生林和肥沃土壤为好, 全过程连续施肥是萌芽更新速生丰产的保障。

2.6 生产投资与桉树生产力的关系

投资是实现高产计划的条件, 投资结构的合理性则是提高劳动生产率与提高产值的前提。雷州林业局自 1966 年~1993 年造林综合成本由 243.3 元/ hm^2 增加至 1 500 元/ hm^2 以上, 其林木年平均蓄积量也从 $3.45 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 提高至 $15 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$, 投资与产量的关系说明投资通过各种技术所发挥的增益有效性很大。但投资结构应合理, 前一时期的投资重点放在良种壮苗和机耕费用上, 今后应加大施肥方面的投资比重, 才能保障整个高产计划的实现。

3 讨论与建议

(1) 短轮伐期桉树的生产力是前述各因素综合作用的表现, 它们的最佳配合将产生较高的产量, 就这一理想目标而言, 雷州林业局仍有一定差距。在巴西和澳大利亚, 当地适生桉树的林分(12年生)生产力达到 $16.6 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a} \sim 19.3 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$, 雷州只达 $13.1 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a} \sim 15.30 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$, 说明我们对桉树生产力因素的认识与运用, 还有进一步提高的必要。

(2) 土壤疏松是短轮伐期桉树舒展根系, 吸收养分水分的关键, 但用深耕翻土的办法来疏松热带土壤, 会造成有机质和养分的极大消耗, 如迈进林场造林当年养分(N、P、K、Ca、Mg)淋失量达到 $161.15 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 为当年桉树吸收量 $127.87 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 的 1.26 倍。改翻土为下层松土, 既可达到松土目的, 又能保护表土肥力, 一举两得。

(3) 采用多品种多形式造林更新(无性系苗、实生苗、萌芽更新), 可以减轻不测之灾带来的严重损失。良种推广不可能一蹴而就, 不必过于苛求, 可以边推边换。实生苗能较好保存基因, 又有利于萌芽更新, 不可一概废弃。

(4) 采伐时若只移出木材, 让剩余物归还林地, 则养分输出仅占生物量贮存的 27.61%(10年生柠檬桉)和 33.09%(6年生雷林1号桉)。仅在林地保留采伐后的树叶, 两树种可归还养分量(kg/hm^2)分别达 N 51.42 和 33.38, P 2.97 和 1.87, K 9.81 和 7.22, Ca 30.79 和 7.45, Mg 16.27 和 5.31, 它们足以再生产木材 $3.0 \text{ m}^3/\text{hm} \sim 7.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

(5) 实行桉树(*Eucalyptus*)、松树(*Pinus*)、相思(*Acacia*)混交营林与林地轮种, 是维持地力与保护生态环境的正确方向, 当前的关键是加速相思木材的利用问题和生产工艺的研究, 以实现三者可同时经营同时利用。

参 考 文 献

- 沈国舫. 1992. 对发展我国速生丰产林有关问题的思考. 世界林业研究, 5(4): 67~74
- 陈天杏, 邓瑞文, 潘永言, 等. 1995. 桉树生理生态特性初报. 见: 曾天勋主编. 雷州短轮伐期桉树生态系统研究. 北京: 中国林业出版社, 13~20
- 林书蓉, 廖观荣, 韩锦光, 等. 1993. 桉树氮磷钾施肥效应初报. 见: 张万儒主编. 森林与土壤. 北京: 中国科技出版社, 287~293
- 洪菊生, 侯元兆. 1990. 营造速生丰产林的关键技术. 世界林业研究, 3(4): 27~39
- 黄锦龙, 刘有美, 傅冠旭, 等. 1992. 桉树间种菠萝对土壤性质和林木生长的影响. 热带亚热带土壤科学, 1(1): 32~37
- 盛炜彤. 1992. 国外工业人工林培育的目标及技术途径. 世界林业研究, 5(4): 75~83
- 廖观荣, 林书蓉, 韩锦光, 等. 1994. 雷州半岛桉树人工林地的生物改良研究. 热带亚热带土壤科学, 3(1): 8~20
- Evans J. 1991. 人工林的长期生产力——截至 90 年的研究状况. 见: 刘于鹤主编. 国际林联第十九届世界大会论文选集. 北京: 中国林业出版社, 50~59
- Farrington A. 1976. Utilization of young plantation *E. globulus*. Appita, (30): 9~313
- Hall M J. 1973. The effect of species, age and wood characteristics on eucalypt kraft pulp quality. Appita, (26): 54~348
- Hillis W E. 1972. Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. Appita, (26): 22~113

A STUDY ON THE LIMITING FACTORS TO THE PRODUCTIVITY OF EUCALYPT PLANTATION IN LEIZHOU PENINSULA

Liu Youmei¹ Wu Xueshi²

(1 Forest College, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642;

2 Leizhou Forestry Bureau of Guangdong Province)

Abstract

Based on the ecosystematic characteristics of short rotation eucalypt plantations shown in previous researches, the paper comprehensively analyses and appraises the limiting factors to the productivity of eucalypt plantations—climate, variety, soil, fertilization, managemental measures and investment structure. The purpose of the paper is to identify optimal production programs giving out high output while also preserving eco—environment for the rational management of eucalypt plantations.

Key words eucalypt plantation; productivity; limiting factors