

# 尾叶桉无性系幼林施肥效应的研究\*

梁坤南 周文龙

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 510520, 广州; 第一作者 36 岁, 男, 副研究员)

**摘要** 在广东省开平市镇海林场进行了尾叶桉无性系幼林施肥试验, 4.5 a 试验结果表明, 8 个不同施肥处理(肥料配方)间的生长差异极显著, 尤以  $N_{75}P_{200}K_{50}$  处理最好, 其平均树高为 15.23 m, 平均胸径为 11.07 cm, 每公顷材积为  $107.5 \text{ m}^3$ 。8 个施肥处理均与不施肥处理有极显著的差异。最好施肥处理的平均树高、平均胸径和每公顷材积分别是不施肥的 1.3、1.65 和 3.1 倍。以最佳施肥处理  $N_{75}P_{200}K_{50}$  的经济效益最好, 投入与产出比为 1 : 2.2, 与施肥量最高的处理相比, 投入少, 产出大, 内部收益率为 25.96%。

**关键词** 尾叶桉; 无性系幼林; 施肥效应

**分类号** S792.390.5

尾叶桉(*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake) 生长快, 干形通直, 轮伐期短, 近年来已成为广东、广西和海南等省区的重要短周期纸浆用材造林树种。利用尾叶桉速生种植材料(组培或扦插繁殖)的无性系造林也在各地兴起。速生种植材料对养分的需求较高, 怎样合理施肥才能发挥无性系速生的潜力, 报道较少。本试验旨在对尾叶桉无性系幼林进行施肥量、肥料配比和施肥效应的研究, 为尾叶桉无性系幼林的合理施肥和经济施肥以及充分促使速生种植材料生长提供科学依据。

## 1 试验地概况

试验地位于广东省西南部开平市境内的镇海林场, 22°25' ~ 22°40' N, 112°15' ~ 112°45' E, 海拔 80 m。坡度为 15° 以下的丘陵地, 土壤为粉砂质砂岩发育的赤红壤, 土层深厚, 厚度大于 1.5 m, 土壤中严重缺 P, 少 K, N 及有机质中下等(表 1)。植被原为马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.) 人工林, 林下植被主要有芒箕(*Dicranopteris pedata* (Houtt.) Nakaike)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk.) 等。气候为南亚热带季风气候, 年降雨量 1822 mm, 多集中在 3~9 月份。年平均气温 22.1℃, 极端最高气温 38.3℃, 极端最低气温 1℃。有霜期 3 d。年平均相对湿度 80%。

表 1 试验地土壤化学分析结果

深度 /cm	有机质 g · kg <sup>-1</sup>	全 N	速效 N	速效 P	速效 K	缓效 K	代换 Ca	代换 Mg	水解酸	pH	
										H <sub>2</sub> O	KCl
0~20	21.4	0.68	97.51	0.44	18.98	44.99	0.19	-	9.80	4.55	3.63
21~40	19.57	0.60	97.74	0.38	10.76	34.49	0.26	0.01	9.51	4.57	3.65
41~60	10.13	0.43	46.62	0.13	8.38	49.56	0.25	0.02	5.74	4.89	3.91

\* 本研究属世界银行贷款国家造林项目(1991~1995 年)“主要树种丰产林施肥技术科研与推广”课题内容之一。  
1998-06-22 收稿。

## 2 材料和方法

### 2.1 无性系苗的来源

选用的无性系为广东省雷州林业局选出的尾叶桉 MLA, 苗木取自广东省林科院组培室生产的组培苗。

### 2.2 试验处理与试验设计

选用的肥料为尿素  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  [ $w(\text{N}) = 46\%$ ], 过磷酸钙  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  [ $w(\text{P}_2\text{O}_5) = 12\%$ ] 和氯化钾  $\text{KCl}$  [ $w(\text{K}_2\text{O}) = 60\%$ ].  $\text{N}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$  和  $\text{K}_2\text{O}$  的施肥水平数分别为 2、4、2, 其施肥量见表 2。

施肥水平	因子和施肥量		
	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
1	50	150	50
2	75	200	75
3		250	
4		300	

试验以混合正交设计产生 8 个施肥处理 (肥料配比) (表 3), 以不施肥为对照 (CK)。大田采用随机区组排列, 3 次重复。每个小区 25 株 (5 株 5 行方块小区), 其中 9 株为试验观测株 (3 行 3 株)。

表 3 施肥试验处理

处理号	$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9(对照)
肥料配方	$\text{N}_{50}\text{P}_{150}\text{K}_{50}$	$\text{N}_{75}\text{P}_{150}\text{K}_{75}$	$\text{N}_{50}\text{P}_{200}\text{K}_{75}$	$\text{N}_{75}\text{P}_{200}\text{K}_{50}$	$\text{N}_{50}\text{P}_{250}\text{K}_{75}$	$\text{N}_{75}\text{P}_{250}\text{K}_{50}$	$\text{N}_{50}\text{P}_{300}\text{K}_{50}$	$\text{N}_{75}\text{P}_{300}\text{K}_{75}$	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$

### 2.3 试验地整地方式、造林密度

试验地采用撩壕整地, 壕宽 40 cm、深 40 cm。壕间距 3.0 m。株行距 2.0 m  $\times$  3.0 m, 密度 1 667 株  $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。

### 2.4 施肥方法

全部磷、钾肥作基肥, 而氮肥平分 3 次施用, 分别作基肥、种植后当年和第 2 年施入。

### 2.5 试验观测与数据整理

造林后 6 个月观测树高、胸径, 并调查成活率。以后分别于 1 年生、2 年生、3 年生和 4.5 年生时进行树高、胸径的调查, 并测定不同施肥处理叶片中营养元素的含量。

本文仅以 4.5 年生幼林的试验结果来评定施肥效果及经济效益。试验数据的统计分析采用 GESTAT 统计软件包<sup>[1]</sup>, 对树高、胸径和每公顷材积进行方差分析和多重比较。材积公式<sup>[2]</sup>为:  $V = H \times D^2 / 30\ 000$ 。

## 3 结果与分析

施肥对尾叶桉幼林生长具有明显的施肥效应和增产效果<sup>[3]</sup>。尾叶桉无性系幼林施肥同样具有明显的施肥效应和增产效果。

### 3.1 不同施肥处理与尾叶桉无性系幼林的生长

4.5 年生尾叶桉无性系幼林不同施肥处理的树高、胸径和材积按随机区组进行方差分析, 结果(表 4)表明, 区组间和处理间均有极显著的差异, 坡下部的区组好于坡上部的区组; 而区组与处理间存在交互作用, 说明各处理在坡位上的反应是不一致的, 也即是不同施肥处理对土壤肥力反应是不一致的, 说明了桉树必须因地施肥、因土施肥, 根据不同土壤条件, 采用不同的

## 施肥方案。

表 4 4.5 年生树高、胸径和每公顷材积方差分析

变异来源	自由度	树 高			胸 径			每 公 顷 材 积		
		平方和	均方	F 值	平方和	均方	F 值	平方和	均方	F 值
区 组	2	102.930	51.465	44.13* *	78.153	39.077	18.74* *	35287.6	17643.8	22.42* *
处 理	8	198.651	24.831	21.29* *	311.708	38.964	18.64* *	83770.1	10471.3	133.30* *
区组×处理	16	232.639	14.540	12.47* *	182.636	11.415	5.47* *	89891.3	5618.2	7.14* *
误 差	156(60)	181.925	1.166		325.309	2.085		122777.9	787.0	
总 和	182(60)	589.914			730.546			273353.3		
		$F_{0.01}(2, 156) = 4.75$			$F_{0.01}(8, 156) = 2.63$			$F_{0.01}(16, 156) = 2.12$		

对处理作进一步的多重比较(表5)表明,8个施肥处理间的树高、胸径和每公顷材积生长都存在极显著的差异。树高、胸径和材积生长均以第4处理最好,分别为15.23 m, 11.07 cm 和  $107.5 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 树高极显著好于处理 1、3、7 和 8; 胸径极显著好于处理 1、3、6、7 和 8; 材积极显著好于除处理 5 之外的其它处理。而所有施肥处理的树高、胸径和材积都与对照(不施肥处理)有极显著的差异,尤其是处理 4 的树高、胸径和材积分别是对照的 1.3、1.65 和 3.1 倍,可见尾叶桉无性系幼林的施肥效应极其明显。

表 5 不同施肥处理 4.5 年生树高、胸径、材积生长的邓肯多重比较

处理号	树高 / m	LSR		处理号	胸径 / cm	LSR		处理号	材积 / $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$	LSR	
		0.05	0.01			0.05	0.01			0.05	0.01
4	15.23	a	a	4	11.07	a	a	4	107.5	a	a
6	14.59	b	ab	5	10.34	ab	ab	5	94.1	ab	ab
5	14.58	b	ab	2	10.11	b	ab	2	86.2	bc	b
2	14.45	b	ab	6	9.90	b	b	6	85.3	bc	b
3	14.20	b	b	8	9.84	b	b	3	79.0	bc	b
1	14.16	b	b	3	9.80	b	b	8	78.8	bc	b
8	14.16	b	b	1	9.55	b	b	1	76.9	c	b
7	14.01	b	b	7	9.53	b	b	7	75.7	c	b
9	11.76	c	c	9	6.7	c	c	9	34.7	d	c

## 3.2 尾叶桉无性系幼林生长与 N、P、K 的肥效主次

正交试验方差分析结果表明,不同 N 水平对无性系幼林生长差异显著,而不同 P 和 K 水平间的生长差异不显著(表 6)。水平间差异不显著,而处理间的差异极显著,说明了 N、P、K 的配合施用加大了幼林的生长差异,互作明显。

表 6 正交试验方差分析

变异来源	自由度	树 高			胸 径			每 公 顷 材 积			
		平方和	均方	F 值	平方和	均方	F 值	平方和	均方	F 值	
区 组	2	90.506	49.253	28.30* *	63.102	31.551	11.95* *	29948	14974	12.55* *	
N	1	11.357	11.357	6.53*	15.769	15.769	5.97*	6074	6074	5.09*	
P	3	10.621	3.540	2.03	15.592	5.197	1.97	6716	2239	1.88	
K	1	5.217	5.217	3.00	1.156	1.156	0.44	1706	1706	1.43	
误 差	157(51)	273.244	1.740		414.423	2.640		187380	1194		
总 和	164(51)	373.381			488.363			222572			
		$F_{0.01}(2, 157) = 4.75$			$F_{0.05}(1, 157) = 3.90$			$F_{0.01}(1, 157) = 6.81$			$F_{0.05}(3, 157) = 3.06$

从表7直观分析表明,  $N_2(75)$ 、 $P_2(200)$ 和 $K_1(50)$ 的施肥水平最好,即处理4为最好的施肥处理,此配方与尾叶桉实生幼林施肥最好配方相吻合<sup>[4]</sup>。 $N$ 、 $P$ 、 $K$ 的树高、胸径、材积极差值分别为:(树高) $N=0.46$ 、 $P=0.59$ 、 $K=0.31$ ,(胸径) $N=0.54$ 、 $P=0.69$ 、 $K=0.14$ ,(材积) $N=10.6$ 、 $P=14.6$ 、 $K=5.7$ 。树高、胸径和材积的极差 $P>N>K$ ,因此说明了 $P$ 元素是影响尾叶桉幼林的主要因子, $N$ 次之。这与土壤严重缺 $P$ 有很大关系,土壤中速效 $P$ 含量仅为 $0.32\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,通过施 $P$ ,能很好地促进尾叶桉幼林的生长。

表7 不同 $N$ 、 $P$ 、 $K$ 水平与幼林树高、胸径和材积的生长

施肥水平	树 高/m			胸 径/cm			材 积/ $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	14.17	14.27	14.56	9.72	9.81	10.06	79.4	80.9	87.5
2	14.63	14.72	14.25	10.26	10.44	9.92	90.0	93.2	81.8
3		14.47			9.96			85.9	
4		14.13			9.75			78.6	

从表7还可看出,4.5年生树高、胸径和每公顷材积生长并不随施用 $P$ 肥的增加而增加,而是在 $P$ 水平2(即每公顷施有效 $P$ 200 $\text{ kg}$ )时生长达到了高峰,随后生长下降。2年生和3年生的树高、胸径和材积与磷肥水平的关系,与上述一致。

### 3.3 尾叶桉无性系幼林施肥经济效益分析

尾叶桉无性系幼林与实生苗幼林一样,施肥有效地促进了树高、胸径和材积的生长,经济效益也极为明显(表8)。所有施肥处理与对照比较均能获得纯利,而对照为负效益。8个施肥处理中,处理4( $N_{75}P_{200}K_{50}$ )的经济效益最好,4.5年生时可获纯利 $5\,525.42\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,是施肥量最多的处理8( $N_{75}P_{300}K_{75}$ )的2.35倍,表明了肥料投入并不是越多越好。处理4的投入产出比也是最好,达1.2.2,内部收益率最高达25.96%。因此,处理4为最佳施肥处理,能以较小的投入,获最大的经济效益。

表8 4.5年生尾叶桉无性系施肥试验经济效益分析

处 理	蓄积量/ $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$	商品材/ $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$	比对照 多%	投入成本/ $\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$			税收/ $\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$	产出/ $\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$	施肥纯利 $\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$	投入与 产出比	内部收 益率%
				造林投入 (不计息)	造林投入 (计息)	采伐 运输费					
1. $N_{50}P_{150}K_{50}$	76.90	53.83	121.61	3 412.00	4 510.72	3 875.76	4 844.7	16 149.00	2 917.82	1.4.93	18.87
2. $N_{75}P_{150}K_{75}$	86.20	60.34	148.41	3 597.00	4 755.30	4 344.48	5 430.6	18 102.00	3 571.62	1.4.99	20.51
3. $N_{50}P_{200}K_{75}$	79.00	55.30	127.67	3 590.50	4 746.71	3 981.60	4 977.0	16 590.00	2 884.69	1.4.90	18.24
4. $N_{75}P_{200}K_{50}$	107.50	75.25	209.80	3 675.50	4 859.08	5 418.00	6 772.5	22 575.00	5 525.42	1.2.20	25.96
5. $N_{50}P_{250}K_{75}$	94.10	65.87	171.18	3 719.00	4 916.58	4 742.64	5 928.3	19 761.00	4 173.48	1.2.05	21.97
6. $N_{75}P_{250}K_{50}$	85.30	59.71	145.82	3 804.00	5 028.96	4 299.12	5 373.9	17 913.00	3 211.02	1.1.92	18.74
7. $N_{50}P_{300}K_{50}$	75.70	52.99	118.16	3 797.50	5 020.36	3 815.28	4 769.1	15 897.00	2 292.26	1.1.80	15.67
8. $N_{75}P_{300}K_{75}$	78.80	55.16	127.09	3 982.50	5 264.94	3 971.52	4 964.4	16 548.00	2 347.14	1.1.79	15.48
9. $N_0P_0K_0$	34.70	24.29	0	2 656.50	3 511.94	1 748.88	2 186.1	7 287.00	59.92	1.1.39	5.30

注:1.造林投入包括:苗木、整地、肥料与施肥、造林定植、抚育等费用;计息按6.4%年利息计算。

2.切片厂的收购价折合为 $300\text{元}\cdot\text{m}^{-3}$ ,采伐运输费折合 $72\text{元}\cdot\text{m}^{-3}$ (按恩平市东安镇尾叶桉价格),税率为30%。

3.商品材按70%的出材率计,内部收益率为扣除了采伐运输费和税收后的结果。

4.投入与产出比=产出/(造林投入本息+采运成本)。

## 4 结 语

(1) 尾叶桉无性系幼林施肥与实生幼林施肥一样对幼林(树高、胸径、材积)具有明显的施肥效应和增产效果。无性系幼林 8 个不同施肥处理间的生长差异极显著, 尤以处理 4(  $N_{75}P_{200}K_{50}$ ) 最好, 4.5 年生材积生长量达  $107.5 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 年均生长量为  $23.89 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 与施肥量最高的处理 7 和 8 有极显著差异, 说明施肥投入越大, 不一定增产越高, 只有合理施肥才能有高产。8 个施肥处理均与不施肥处理有极显著的差异, 最佳施肥处理的平均树高、胸径和材积分别为不施肥处理的 1.3、1.65 和 3.1 倍。增产效果十分显著。

(2) 尾叶桉无性系幼林施肥配方与实生幼林施肥配方基本吻合。以 P 为主, 其其次为 P N K。N、P、K 三要素配合施用, 肥效才能显著。

(3) 尾叶桉无性系幼林施肥除有效促进林木生长外, 经济效益十分显著。4.5 年生材积生长最好的处理为  $N_{75}P_{200}K_{50}$ , 其经济效益也最好, 4.5 年生时可获纯利  $5525.42 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 投入与产出比为 1:2.2, 内部收益率达 25.96%。

## 参 考 文 献

- 1 Payne R W, Lane P W, Ainsley A E, et al. The Genstat 5 reference manual. Oxford University Press, 1989.
- 2 Mckenney D W, Davis J S, Turnbull J W, et al. The impact of Australian tree species research in China. Canberra: ACIAR Economic Assessment Series, 1991(12): 6~7.
- 3 周文龙, 梁坤南. 尾叶桉幼林前三年施肥效应的研究. 林业科学研究, 1996, 9(专刊): 146~150.
- 4 吴泽鹏, 叶淡元, 李尚弟, 等. 尾叶桉两年施肥效应研究. 林业科学研究, 1996, 9(专刊): 161~166.

## The Effect of Fertilization on Young Clone Plantation for *Eucalyptus urophylla*

Liang Kunnan      Zhou Wenlong

(The Research Institute of Tropical Forestry, CAF, 510520, Guangzhou, China)

**Abstract** The fertilizer trial of young clone plantation for *Eucalyptus urophylla* has been established at Zhenghai Forest Farm in Kaiping of Guangdong Province. The results of trial at 4.5 year-old have showed that there are significant differences on growth among eight fertilizer treatments. Especially in No. 4 treatment ( $N_{75}P_{200}K_{50}$ ), it's superior to that of the other seven treatments of fertilizer with the mean height of 15.23 m, mean DBH of 11.07 cm, and volume of  $107.5 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ . There are significant differences between eight fertilizer treatments and the control treatment (no fertilizer). The mean height, mean DBH and volume per hectare of the best fertilizer treatment of  $N_{75}P_{200}K_{50}$  are respectively 1.3, 1.65 and 3.1 times that of the control treatment (no fertilizer). The fertilizer treatment of  $N_{75}P_{200}K_{50}$  also has the best economic benefit with a ratio for input and output of 1 to 2.2 and a NPV of 25.96%.

**Key words** *Eucalyptus urophylla*; young clone plantation; fertilizer effect