

文章编号: 1001-1498(1999) 05-0474-05

# 施肥对蓝桉幼林生长的影响

何蓉<sup>1</sup>, 蒋云东<sup>1</sup>, 曾芳群<sup>1</sup>, 陈德艾<sup>2</sup>, 赵明寿<sup>2</sup>, 王萍<sup>2</sup>

(1. 云南省林业科学研究院, 云南昆明 650204; 2. 云南省保山市林业局, 云南保山 678000)

**摘要:** 经 5 a 研究表明, 在云南省保山市石灰岩红壤地区施肥能明显促进蓝桉幼林生长, 肥效在 1.5 a 时最大, 9 个施肥处理的树高、胸径平均增长 33.69%、48.39%, 造林后 5 a 时, 生长反应已经呈下降趋势, 9 个施肥处理的树高、胸径平均增长 16.45%、10.71%。P 肥是促进蓝桉增产的主要因素, 每株施 430 g 钙镁磷肥的几个处理增产效果较好, N、K 肥增产效果不明显, 有机肥对蓝桉生长有促进作用。在 9 个施肥处理中, 处理 6(钙镁磷肥做底肥, 用量 430 g·株<sup>-1</sup>、追施尿素 65 g·株<sup>-1</sup>)、处理 9(钙镁磷肥做底肥, 用量 430 g·株<sup>-1</sup>、追施尿素 130 g·株<sup>-1</sup>、追施氯化钾 54 g·株<sup>-1</sup>)、处理 10(在处理 9 的基础上增施 5 kg 有机肥)肥效明显。经济效益最佳的处理为处理 6 和处理 9。

**关键词:** 蓝桉; 施肥效应; 幼林生长; 经济效益

中图分类号: S725.5 文献标识码: A

林木施肥是林木经营中的主要技术之一。我国目前的林木施肥技术研究已逐步展开, 施肥的经济效益研究也日益重视。近几年对杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 施肥的研究较多<sup>[1]</sup>, 但对桉树(*Eucalyptus* spp.) 的研究较少。云南省是蓝桉(*Eucalyptus globulus* Labill) 栽植的主要地区, 蓝桉适宜在土层深厚的中性和酸性红壤(占全省土壤面积的 32.27%)、紫色土(占 14.07%)<sup>[2]</sup> 地区栽植, 并在保山、大理、楚雄、玉溪生长最好, 是云南省重要的工程、建筑用材和纸浆材树种<sup>[3]</sup>, 本文主要研究蓝桉幼林施肥的肥效及其变化规律, 以及施肥的经济效益, 为云南省广大红壤地区蓝桉的合理施肥提供参考和理论依据。

## 1 试验地概况

试验地位于云南省保山市辛街乡(98°43'30" E, 24°46'32" N), 丘陵地貌, 海拔 1 650 m, 年均气温 15.5℃, 年降水量 966.5 mm, 相对湿度 75%, 10℃ 积温 5 000℃; 土壤为石灰岩红壤, 土壤厚度 1 m 以上, 母质为石灰岩。pH 5.80, 有机质为 18.10 g·kg<sup>-1</sup>, 有效 N 为 85.12 mg·kg<sup>-1</sup>, 有效 P 含量不足 2 mg·kg<sup>-1</sup>, 有效 K 为 210.46 mg·kg<sup>-1</sup>; 土壤质地 0~30 cm 为轻粘土, 30 cm 以下为中粘土。试验地造林前植被为云南松(*Pinus yunnanensis* Franch.) 等。

收稿日期: 1997-09-16; 修订日期: 1999-03-10

基金项目: 世界银行贷款 1991~2000 年国家造林项目和森林资源发展与保护项目“主要树种丰产林施肥技术科研与推广”内容之一。

第一作者简介: 何蓉(1965-), 女, 四川荣昌人, 工程师。

## 2 材料和方法

### 2.1 造林与施肥方法

1992年7月造林,建立蓝桉施肥试验林 $1\text{ hm}^2$ 。苗木为当地优良种源,选用1级苗造林,撩壕整地( $70\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ ),株行距 $1.5\text{ m} \times 3\text{ m}$ 。每小区80株,中间30株为测量株。按表1中的配比用量对各处理分次施肥,钙镁磷肥做基肥一次施入定植穴,与表土混匀后定植;造林当年9月和次年7月分别在距树兜30、50 cm处追施N、K肥。

### 2.2 施肥量及配比

试验采用 $L_9(3^4)$ 正交设计,三因素,三水平共排列9个处理,重复3次,随机区组排列。另增加第10处理(在第9处理基础上每株增加5 kg 垃圾肥做底肥),与处理9比较有机肥效应。每个重复10个小区,共30个小区。各处理施肥配比及时间见表1、表2。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同施肥处理对蓝桉树高、胸径和材积生长的影响

从数据分析得出(表3),造林后1.5 a时,各处理间的蓝桉树高、胸径差异极显著( $F$ 值分别为5.59、7.71,  $F_{0.01} = 3.60$ )<sup>[4]</sup>。各施肥处理的树高与对照相比均有不同程度的增长(7.19%~75.41%),平均增长率达33.69%,这说明施肥对蓝桉树高生长有比较明显的影响;蓝桉施肥对胸径生长也有明显的影响,1.5 a时各处理均有明显的增长(15.60%~97.86%);材积平均增长率达211.11%。经LSD检验,第9处理树高、胸径显著高于第1、4处理;第10处理树高、胸径生长量均极显著高于其余9个处理,说明有机垃圾肥对蓝桉生长的促进作用显著。

造林后3.5 a时,蓝桉树高各处理间的差异与造林后1.5 a时比较有所下降,这说明施肥对蓝桉树高生长的促进作用开始下降。胸径平均增长率从1.5 a时的48.39%下降到10%左右;胸径在各处理间差异显著( $F$ 值3.57\*,  $F_{0.05} = 2.46$ )。经LSD检验,第9处理胸径极显著高于对照和未施磷肥的处理,第10处理胸径极显著高于对照和未施磷肥的处理,施肥对蓝桉胸径生长仍有明显的影响。

造林后4 a时,施肥各处理间的树高、胸径、材积均差异显著,树高、胸径、材积的 $F$ 值分别为2.49、3.51、3.90,  $F_{0.05} = 2.46$ 。经LSD检验,处理2、6、8、9、10树高显著大于对照,处理3、6、9、10胸径显著大于对照,处理6、9、10材积显著大于对照。这说明施肥对蓝桉生长仍有影

表1 N、P、K肥各水平的施肥量  $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$

水平	N(尿素)	P(钙镁磷)	K(氯化钾)
1	0	0	0
2	65	215	54
3	130	430	108

表2 各处理的施肥时间及每株施肥量

处 理	基 肥	追 肥	追 肥
	1992-07	1992-09	1993-07
1 ( $N_1P_1K_1$ )	不施肥	不施肥	不施肥
2 ( $N_1P_2K_2$ )	215 g 钙镁磷	54 g 氯化钾	
3 ( $N_1P_3K_3$ )	430 g 钙镁磷	54 g 氯化钾	54 g 氯化钾
4 ( $N_2P_1K_2$ )		65 g 尿素	54 g 氯化钾
5 ( $N_2P_2K_3$ )	215 g 钙镁磷	65 g 尿素	54 g 氯化钾
6 ( $N_2P_3K_1$ )	430 g 钙镁磷	65 g 尿素	
7 ( $N_3P_1K_3$ )		65 g 尿素	65 g 尿素
8 ( $N_3P_2K_1$ )	215 g 钙镁磷	65 g 尿素	65 g 尿素
9 ( $N_3P_3K_2$ )	430 g 钙镁磷	65 g 尿素	65 g 尿素
10 ( $N_3P_3K_2$ )	加 430 g 钙镁磷加 5 kg 有机肥	65 g 尿素	65 g 尿素
	5 kg 有机肥	5 kg 有机肥	54 g 氯化钾

注:钙镁磷肥购自云南磷肥厂,有效成分按14%  $P_2O_5$ 计;尿素购自云南宣威沾益氮肥厂,有效成分按46% N计;氯化钾由德国进口,有效成分按56%  $K_2O$ 计。

响。

造林后 5 a 时, 蓝桉树高在各处理间均差异不显著 ( $F = 1.47, F_{0.05} = 2.46$ ), 这说明施肥对蓝桉树高生长的促进作用已减弱。胸径、材积在各处理间的差异均显著。经 LSD 检验, 处理 10、9、6 胸径极显著高于处理 1、4、7, 处理 3 显著高于对照。处理 10、6、9 材积显著高于未施 P 肥的处理 1、4、7, 说明施肥对蓝桉的胸径、材积生长仍有明显的影响, P 肥是主要因素, 每株施 430 g 钙镁磷效果显著。

从多重比较看出, 施肥处理 6、9、10 的胸径生长量均极显著高于对照, 这说明处理 6、9、10 的施肥方案最有利于蓝桉胸径生长。

蓝桉施肥对材积的生长有明显的影响, 施肥后各处理的材积均有不同程度的增长, 在 1.5 a 时肥效最高, 处理 10 比对照增加 5.83 倍, 处理 2 至处理 10 的平均值比对照高 3.14 倍; 造林后 3.5 a 时, 各处理间的平均年生长量较接近, 处理 10 比对照增加 86%, 肥效有所下降; 造林后 4 a 时, 处理比对照增加 71%; 造林后 5 a 时, 年均生长量开始下降, 但仍是处理 10 的肥效最好, 比对照增加了 77%。

表 3 施肥对蓝桉树高、胸径、材积逐年生长量的影响

处理	树高/m				胸径/cm				材积/m <sup>3</sup>			
	1.5 a	3.5 a	4 a	5 a	1.5 a	3.5 a	4 a	5 a	1.5 a	3.5 a	4 a	5 a
1	4.31	10.46	12.50	12.85	3.27	8.29	9.37	9.71	0.001 2	0.019	0.028	0.031
2	5.59	11.65	14.05*	15.50	4.58	9.25	10.42	10.68	0.003 2	0.026	0.039	0.046
3	5.80*	11.70	13.53	14.91	4.79	9.39	10.56*	10.91*	0.003 5	0.027	0.039	0.046
4	4.62	10.14	12.70	13.88	3.78	8.39	9.38	9.80	0.001 7	0.019	0.029	0.034
5	5.80*	11.23	13.48	14.77	4.85	9.07	10.03	10.42	0.003 6	0.024	0.035	0.041
6	6.03*	12.38	14.62**	15.61	5.20**	10.30**	11.13**	11.46**	0.004 2*	0.034*	0.047**	0.053*
7	5.05	10.37	12.03	13.81	4.43	8.76	9.60	9.81	0.002 6	0.021	0.029	0.034
8	5.67*	11.26	13.95*	14.92	4.72	9.28	10.13	10.56	0.003 3	0.025	0.037	0.043
9	5.74*	11.91	14.54*	15.48	4.87**	10.01**	11.17**	11.48**	0.003 5	0.031*	0.047**	0.053*
10	7.56**	12.65	15.05**	15.85	6.47**	10.40**	11.14**	11.62**	0.008 2*	0.035*	0.048**	0.055*

注: \* 和 \*\* 分别表示 LSD 检验结果差异显著或极显著。处理 1 为对照。

### 3.2 肥种对蓝桉生长的影响

由表 4 看出, P 肥对树高、胸径生长的影响较大。各年的分析结果均是 P 肥第 3 水平肥效最大, 第 2 水平次之, 未施 P 肥的处理生长量明显较低, 仅优于对照。造林后 5 a 时, 每株施 430 g 钙镁磷肥的处理树高比对照增加 19.19%, 胸径比对照增加 16.20%, 材积比对照增加 61.36%; 每株施 215 g 钙镁磷肥

的处理树高比对照增加 17.22%, 胸径比对照增加 8.72%, 材积比对照增加 38.54%; 未施 P 肥的处理与对照相差不大。说明云南红壤地区蓝桉造林施用 P 肥非常重要。

从各年的树高、胸径、材积生长量可以看出, 施过有机肥的处理 10, 其生长始终处于优势, 树高、胸径、材积都显著高于对照和未施 P 肥的处理。

N 肥对蓝桉生长的促进作用不明显, 各水平间情况相似; K 肥各水平间情况有差异, K<sub>1</sub> 和

表 4 造林后各年蓝桉树高、胸径的极差值

树龄/a	N		P		K	
	树高/m	胸径/cm	树高/m	胸径/cm	树高/m	胸径/cm
1.5	0.26	0.46	1.20	1.12	0.23	0.29
3.5	0.09	0.37	1.68	1.42	0.27	0.22
4.0	0.24	0.18	1.82	1.50	0.75	0.26
5.0	0.33	0.19	1.82	1.51	0.49	0.27

注: 极差值是各肥种的 3 个水平的施肥处理中, 树高(或胸径)的最高平均值与最低平均值的差值。

K<sub>2</sub> 之间肥效相近, 处理 3(N<sub>1</sub>P<sub>3</sub>K<sub>3</sub>) 的 K 肥施用过量, 减弱了 P 肥的肥效, 材积生长量比对照还小, 说明 K 肥过量也不利于蓝桉生长。

### 3.3 蓝桉施肥的经济效益评估

从表 5 看出, 造林后 5 a 时, 各处理的产出与投入的比值均大于 2, 处理 7 的最小为 2.06, 处理 6 的最大为 3.13, 比对照大的有处理 2、3、6、9、10。3.5~5 a 各处理的产出与投入比值基本稳定, 最大值在 3 左右, 最小值在 2 左右, 施肥经济效益大于对照的处理也基本不变。施肥后经济效益较好的处理依次为处理 6、9、2、10、3, 处理 4、5、7 经济效益低于对照。从商品材积的角度来看, 材积产量高的处理为处理 10(124.38 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>)、处理 6(119.14 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>)、处理 9(118.57 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>)、处理 3(103.14 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>) 和处理 2(102.75 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>), 说明以上这几种施肥方案较为可取, 其余各处理方案不可取。

## 4 结 论

(1) 施肥对蓝桉生长有明显的促进作用, 其树高、胸径、材积均有不同程度的增长, 造林后 1.5 a 左右增产率最大, 材积、树高、胸径分别平均增产 211.11%、33.69%、48.39%; 造林后 3.5~5 a 年增产率呈下降趋势。

(2) P 肥是促进蓝桉生长的主要因素, 造林后 5 a 时, 每株施 430 g 钙镁磷肥的平均树高、胸径、材积分别比对照增长 19.19%、16.20%、61.36%。有机肥对蓝桉生长有促进作用, 且肥效保持的时间长。N 肥对蓝桉生长的促进作用不明显, K 肥的效果不明显, 施肥量为 108 g·株<sup>-1</sup> 时则不利于蓝桉生长。

(3) 造林后 3.5~5 a, 各处理的经济效益均高于对照, 产出与投入的比值大于对照的是处理 6、9、2、10、3, 说明这几个处理的施肥方案比较可取。从产出投入比值分析可知, 最好的施肥方案是处理 6: 造林时钙镁磷肥做底肥, 用量为 430 g·株<sup>-1</sup>, 2 个月后追施尿素 65 g·株<sup>-1</sup>; 以及处理 9: 造林时钙镁磷肥做底肥, 用量为 430 g·株<sup>-1</sup>, 2 个月后追施尿素 65 g·株<sup>-1</sup>, 1 a 后再追施相同量的尿素。

### 参考文献:

- [1] 陈道东, 李贻铨, 张瑛, 等. 花岗岩立地上杉木幼林施肥生长效益研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(林木施肥与营养专刊): 34~40.
- [2] 云南省土壤肥料工作站, 云南省土壤普查办公室. 云南土壤[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996.
- [3] 云南省林业科学研究所. 云南主要树种造林技术[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1985.
- [4] 曾芳群, 蒋云东, 何蓉, 等. 蓝桉施肥试验研究报告[J]. 云南林业科技, 1995, (1): 1~7.
- [5] 贺建栋, 龚臻祺, 陈道东, 等. 头耕土杉木幼林施肥效应的研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(林木施肥与营养专刊): 88~92.
- [6] 吴泽鹏, 叶淡元, 李尚弟, 等. 尾叶桉两年施肥效应研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(林木施肥与营养专刊): 161~166.

表 5 蓝桉施肥后各年的产出与投入比值

处理	1.5 a	3.5 a	4 a	5 a
1	0.19	2.63	2.47	2.50
2	0.42	2.78	2.63	2.84
3	0.43	2.49	2.44	2.69
4	0.23	2.01	1.94	2.16
5	0.43	2.25	2.18	2.42
6	0.53	3.33	2.96	3.13
7	0.31	1.95	1.84	2.06
8	0.41	2.47	2.33	2.54
9	0.40	2.67	2.84	3.00
10	0.84	2.73	2.58	2.79

注: 1. 林龄 5 a 时, 商品材积按当时市场价 200 元·m<sup>-3</sup> 计算。2. 化肥价按 1992 年价格计算, 尿素 0.75 元·kg<sup>-1</sup>, 氯化钾 0.65 元·kg<sup>-1</sup>, 钙镁磷肥 0.35 元·kg<sup>-1</sup>; 3. 基本费用 3 225 元·hm<sup>-2</sup>。4. 施肥费用 675 元·hm<sup>-2</sup>, 有机肥费用 630 元·hm<sup>-2</sup>, 年利息按 15% 计算。

## Study on the Effect of Fertilization on *Eucalyptus globulus* Plantation in Yunnan

HE Rong<sup>1</sup>, JIANG Yun-dong<sup>1</sup>, ZENG Fang-qun<sup>1</sup>  
CHEN De-ai<sup>2</sup>, ZHAO Ming-shou<sup>2</sup>, WANG Ping<sup>2</sup>

(1. Yunnan Academy of Forest Sciences, Kunming 650204, Yunnan China;

2. Forest Bureau of Baoshan City, Baoshan 678000, Yunnan, China)

**Abstract:** 10 fertilization tests of different match and ratio of N, P, K were conducted on young *Eucalyptus globulus* plantation in limestone red soil in Baoshan City for 5 years. The results of tests indicated that fertilization obviously promoted the growth of young *E. globulus* plantation. At 1.5 years after afforestation, the growth response was at the highest point, the height and DBH of the tree were promoted by 33.69%, 48.39% for the 9 manuring treatments. At 5 years after afforestation, the growth response were promoted by 16.45%, 10.71% for the 9 manuring treatments. Phosphoric fertilizer is the main factor in promoting the growth of *E. globulus* plantation. Applying 430 g calcium magnesium phosphate as base fertilizer for each tree, can make the best growth response. The growth responses of N, K fertilizer is not obvious. Organic fertilizer can promote the growth of the trees. Among the 10 treatments, the 3 treatments of No. 6 (65 g carbamide, 430 g calcium magnesium phosphate), No. 9 (130 g carbamide, 430 g calcium magnesium phosphate, 54 g KCl), No. 10 (treatment No. 9 added with 5 kg organic fertilizer) gained remarkable growth effect. The treatments with best economic benefit are No. 6 and No. 9.

**Key words:** *Eucalyptus globulus*; effect of fertilization; growth; economic benefit