

不同有机肥对尾叶桉生长的影响^{*}

杨晓慧¹ 廖焕琴¹ 刘德浩² 王金烽¹ 张卫华¹

(1. 广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520;

2. 惠州市林业科学研究所, 广东 惠州 516001)

摘要 通过对比4种不同有机肥对尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)胸径、树高和地径的影响,分析不同N、P、K含量的有机肥对桉树生长的影响,筛选出最有利桉树生长的有机肥种类。结果表明:处理D即N:P:K为15:5:11时对桉树的胸径和地径增长促进效果最好;处理C即N:P:K为9:11:10时对桉树树高的增长效果最好。

关键词 尾叶桉; 有机肥; 生长性状

中图分类号: S723.7 **文献标识码**: A **文章编号**: 2096-2053(2018)-01-0021-05

Effects of Different Organic Fertilizer on Growth of *Eucalyptus urophylla*

YANG Xiaohui¹ LIAO Huanqin¹ LIU Dehao² WANG Jinfeng¹
ZHANG Weihua¹

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/ Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Huizhou Institute of Forestry, Huizhou, Guangdong 516001, China)

Abstract To select the most favorable types of organic fertilizer, the diameter at breast height (DBH), tree height (TH) and ground diameter (GD) of *Eucalyptus urophylla* treated by four different organic fertilizers were compared and the effects of different organic fertilizers with different N, P and K content on the growth of *E. urophylla* were analyzed. The results showed that the effect of the treatment D with N: P: K = 15: 5: 11 was the best for the growth of DBH and ground diameter of *E. urophylla*. Treatment C with N: P: K = 9: 11: 10 was the best for tree height of *E. urophylla*.

Key words *Eucalyptus urophylla*; organic fertilizer; growth traits

桉树(*Eucalyptus* spp.)是桃金娘科桉属树种的总称,共有945个种、亚种和变种。桉树原产地为澳大利亚、印度尼西亚及其附近的岛屿^[1]。桉树作为速生树种,其用途广泛,木材产量高,人工培植的周期短,对生长环境的适应性非常强,是我国南方发展速生丰产林的战略树种。

国外桉树施肥试验始于1946年,而我国在70年代初才开始对桉树施肥进行试验研究^[2]。目前,我国桉树人工林经营的施肥现状存在较大问题,例如,长期大量使用化学肥料,导致土壤本身的

肥力退化;肥料的利用率较低,造成严重的环境污染与生态破坏;肥料功能单一,没有改良土壤、防病虫害、抗旱、保持水土等功能^[3]。因此,研究出使桉树生长效果达到最佳的肥料类型,合理施用化肥,提高肥料利用率具有重要意义。

本试验主要通过对比4种不同有机肥对桉树胸径、树高和地径的影响,分析不同N、P、K含量的有机肥对桉树生长的影响,筛选出最有利于桉树生长的有机肥种类,为桉树人工林的可持续发展提供有力的依据。

^{*} 基金项目:广东省省级科技计划项目“珍贵树种培育创新团队建设”(2016B070701008)。

第一作者:杨晓慧(1982—),女,副研究员,主要从事桉树和红锥选育工作,E-mail: xiaohuiyang@sinogaf.cn。

通信作者:张卫华(1977—),女,高级工程师(教授级),主要从事桉树和红锥选育工作,E-mail: zwh523@sinogaf.cn。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于广东省湛江市遂溪县界炮镇国营雷州林业局遂溪林场南昌候队 1002 小班, 地理位置为 109° 56' 47" E, 21° 23' 15" N, 海拔 31 m, 气压 1 001.3 hpa。年平均气温 23.5 ℃。年降水量 1 190 mm, 属热带海洋性季风气候。试验地较平坦, 土壤为黄红壤, 较为瘠薄, 主要灾害为台风和暴雨。

试验地株行距设置为 3 m × 1.2 m, 造林密度为 2 777 株 /hm², 造林地经全面清理后, 进行块状整地挖明穴 (60 cm × 40 cm × 40 cm), 并在种植前 1 周施入统一的基肥后回填表土, 清除残留草根石块。苗木于 2013 年 5 月初定植, 2014 年 8 月 12 日 (树龄 1 a) 进行施肥处理, 各处理施入总养分量相同。统一在每株树上坡树冠外缘处挖沟 (长 × 宽 × 深为 30 cm × 20 cm × 15~20 cm), 将配好的肥料均匀放入沟内, 与沟内的泥土拌匀, 覆土, 压实。造林当年结合施肥锄草抚育 2 次。2014 年 9 月 25 日, 2014 年 10 月 29 日以及 2014

年 12 月 05 日分别对胸径、树高和地径进行测量。

1.2 试验材料

本试验所选材料为生长状况基本一致的 6 个月生尾叶桉 (*Eucalyptus urophylla*) 无性系 3229。

1.3 试验方法

试验采用单因素完全随机区组设计, 按施用肥料品种不同设 5 个处理, 分别为对照 (CK, 不施肥)、处理 A (广东省林业科学研究院桉树专用肥, 施肥量为 750 g · 株⁻¹)、处理 B (肥料 2, 施肥量为 750 g · 株⁻¹)、处理 C (肥料 3, 施肥量为 500 g · 株⁻¹) 和处理 D (林场常规施肥), 3 次重复, 共 12 个试验小区 (每小区面积 400 m²)。各肥料营养元素比见表 1。

1.4 统计分析

利用 Microsoft excel 2003 软件进行试验数据整理统计; 利用 PASW Statistics 18 软件进行统计检验、方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同肥料处理对桉树胸径的影响

桉树的胸径在不同处理的差异较明显 (表 2)。

表 1 参试肥料养分含量及施用方法
Tab.1 Nutrient content and application of tested fertilizer

编号 Code	处理 Treatments	配比 Ratio	用量 Usage/(g · 株 ⁻¹)
A	广东省林业科学研究院桉树专用肥	N : P : K=6 : 9 : 5	750
B	肥料 2	N : P : K=10 : 8 : 5	750
C	肥料 3	N : P : K=9 : 11 : 10	500
D	林场常规用肥	N : P : K=15 : 5 : 11	400

表 2 不同肥料处理对桉树胸径的影响
Tab.2 Diameter at breast height (DBH) of *Eucalyptus* treated by four different organic fertilizers

化肥种类 Fertilizer types	胸径 DBH/cm			总显著性 Significant
	9 月	10 月	11 月	
CK (8 月)	1.120 ± 0.067 b	1.120 ± 0.057 d	1.120 ± 0.081 b	c
A	2.350 ± 0.045 a	2.510 ± 0.045 c	2.930 ± 0.072 a	b
B	2.350 ± 0.044 a	2.660 ± 0.046 b	3.020 ± 0.072 a	b
C	2.410 ± 0.044 a	2.550 ± 0.045 bc	3.000 ± 0.072 a	b
D	2.390 ± 0.044 a	3.030 ± 0.045 a	3.070 ± 0.072 a	a

注: 表中数据为平均值 ± 标准误, 同列不同小写字母表示在 α=0.05 水平差异显著。
Note: Data in the table are means ± standard error. Values in each line with different lower case superscripts are at $P < 0.05$; and no marked means no difference.

施肥处理一个月后, 处理 A (2.350 ± 0.045 cm)、处理 B (2.350 ± 0.044 cm)、处理 C (2.410 ± 0.044 cm) 和处理 D (2.39 ± 0.044 cm) 与对照相比 (1.12 ± 0.067 cm) 差异显著 ($P < 0.05$), 但不同处理间胸径差异不显著, 说明在施肥 1 个月后, 不同肥料处理均有利于桉树胸径的生长。施肥处理两个月后, 各施肥处理与对照相比均达到显著水平 ($P < 0.05$)。处理 D 胸径增长至 3.03 cm, 与处理 B、C 间差异均达到显著水平 ($P < 0.05$), 而处理 B 桉树胸径生长的速度较处理 C 有所增加, 但两者差异不显著。处理 B 桉树胸径生长的速度较处理 A 差异不显著。施肥处理 3 个月后, 各施肥处理胸径达到 3 cm 左右, 远高于对照组 (1.12 cm)。处理 A (2.930 ± 0.072 cm)、B (3.020 ± 0.072 cm)、C (3.000 ± 0.072 cm) 和 D (3.070 ± 0.072 cm) 之

间差异不显著, 说明处理 C ($500 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$) 已能满足苗木的生长。从整体看, 各施肥处理与对照相比均达到显著水平 ($P < 0.05$), 而处理 A、B 和 C 之间差异不显著, D 处理与其他三组处理差异显著 ($P < 0.05$), 且桉树的胸径增长量最高, 说明林场常规施肥策略已能满足桉树生长的需要。

2.2 不同肥料处理对桉树树高的影响

对不同肥料处理桉树平均树高生长进行方差分析, 结果表明, 不同的肥料处理在不同月份对桉树树高存在不同影响 (表 3)。施肥处理 1 个月后, 处理 B (2.720 ± 0.036) 树高较其他三组最高, 处理 A、C 和 D 之树高间差异不显著, 说明施肥 1 个月后处理 B 最有利于桉树生长。施肥处理 2 个月后, 各施肥处理与对照 (1.81 m) 相比均达到显著水平 ($P < 0.05$)。处理 D 树高增长至

表 3 不同肥料处理对桉树树高的影响
Tab.3 Tree height (TH) of *Eucalyptus* treated by four different organic fertilizers

化肥种类 Fertilizer types	树高 TH/m			总显著性 Significant
	9 月	10 月	11 月	
CK (8 月)	1.810 ± 0.049 c	1.810 ± 0.049 c	1.810 ± 0.062 c	b
A	2.520 ± 0.045 b	2.810 ± 0.039 b	3.120 ± 0.055 b	a
B	2.720 ± 0.036 a	2.840 ± 0.039 b	3.130 ± 0.055 b	a
C	2.460 ± 0.036 b	2.900 ± 0.039 b	3.280 ± 0.055 a	a
D	2.50 ± 0.036 b	3.130 ± 0.039 a	3.070 ± 0.055 b	a

注: 表中数据为平均值 $\pm$ 标准误, 同列不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

Note: Data in the table are means $\pm$ standard error. Values in each line with different lower case superscripts are at $P < 0.05$; and no marked means no difference.

表 4 不同肥料处理对桉树地径的影响
Tab.4 Ground diameter (GD) of *Eucalyptus* treated by four different organic fertilizers

化肥种类 Fertilizer types	地径 GD/cm			总显著性 Significant
	9 月	10 月	11 月	
CK (8 月)	2.550 ± 0.074 c	2.550 ± 0.069 d	2.550 ± 0.078 c	d
A	3.460 ± 0.069 b	3.650 ± 0.055 c	4.200 ± 0.088 b	c
B	3.590 ± 0.055 ab	3.940 ± 0.055 b	4.460 ± 0.088 a	b
C	3.540 ± 0.055 ab	3.880 ± 0.055 b	4.590 ± 0.088 a	b
D	3.660 ± 0.055 a	4.290 ± 0.055 a	4.540 ± 0.088 a	a

注: 表中数据为平均值 $\pm$ 标准误, 同列不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

Note: Data in the table are means $\pm$ standard error. Values in each line with different lower case superscripts are at $P < 0.05$; and no marked means no difference.

表 5 施肥后桉树胸径、树高和地径的相关性分析

Tab.5 The correlation analysis of the diameter at breast height (DBH), tree height (TH) and ground diameter(GD) of *Eucalyptus* treated by four different organic fertilizers

项目	胸径 DBH	树高 TH
树高 TH	0.769**	
地径 GD	0.881**	0.754**

注: ** 表示在 $\alpha=0.01$ 水平上显著。
Note: ** indicates significantly different at $\alpha=0.01$ level.

3.13 cm, 与处理 A、B、C 间差异均达到显著水平 ($P < 0.05$), 而处理 C 桉树树高生长的速度较处理 A 和 B 有所增加, 但三者差异不显著。施肥处理 3 个月后, 各施肥处理树高均超过 3 m, 远高于对照组 (1.81 m)。其中, 处理 C 树高增长量最高, 达到 3.28 m, 说明处理 C 已能满足桉树早期生长需求。然而, 整体上看, 处理 A、B、C 和 D 之间差异不显著。

2.3 不同肥料处理对桉树地径生长的影响

对不同肥料处理桉树平均地径生长进行方差分析, 表 4 结果表明, 不同的肥料处理在不同月份对桉树地径存在不同影响。施肥处理 1 个月后, 处理 D (3.660 ± 0.055 cm) 地径较其他三组处理高, 处理 A、B 和 C 之间地径差异不显著, 说明施肥 1 个月后处理 D 最有利于桉树地径生长。施肥处理 2 个月后, 各施肥处理与对照 (2.550 ± 0.069 cm) 相比均达到显著水平 ($P < 0.05$)。处理 D 地径增长至 4.29 cm, 与处理 A、B 和 C 间差异均达到显著水平 ($P < 0.05$)。处理 A 桉树地径生长的速度与处理 B 和 C 相比较小, 其差异达到显著水平, 而处理 B 和 C 之间差异不显著。施肥处理 3 个月后, 各施肥处理地径均超过 4 cm, 远高于对照组 (2.55 cm)。其中, 处理 C 地径增长量最高, 达到 4.59 cm, 而其与处理 B 和 C 间差异不显著, 说明处理 C 已能满足桉树早期生长需求。从整体显著性水平上看, 处理 A、B、C 与 D 之间差异显著 ($P < 0.05$), 而处理 B 和 C 之间差异不显著。

2.4 施肥后桉树胸径、树高和地径的相关性分析

对施肥后桉树胸径、树高和地径的相关性进行分析 (表 5)。结果显示, 胸径与树高的相关性达到 0.769, 胸径与地径的相关性达到 0.881, 树高与地径的相关性达到 0.754。因此,

胸径、树高、地径 3 个生长指标之间极显著相关 ($P < 0.01$)。

3 结论与讨论

不同作物对不同肥料肥效反应差异显著 ($P < 0.05$), 肥料本身的养分含量、植物对肥料的吸收规律以及土壤的保肥释肥能力都会直接影响到植物对肥料的利用效率^[4-5]。科学合理施肥, 不仅可以为桉树生长提供必需的养分, 促使桉树达到更好更快的生长效果, 而且还可以有效维持桉树林地土壤肥力, 减缓土壤养分下降的速度, 有利于桉树人工林经营的可持续发展^[6]。

我国桉树主要种植在福建省、广东省及广西壮族自治区等地区, 这些地区雨量充沛, 土壤基本以地带性红壤为主。随着桉树林施肥的逐步增加, 土壤酸化也日益严重, 造成土壤中 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 等离子对 P、K 营养元素的固定, 从而减弱肥料的效力^[7]。本试验在广东省雷州市开展, 该地以红壤为主, 较为贫瘠, 因此在桉树生长期应适时追肥, 以满足桉树生长需要。目前, 桉树专用肥绝大多数仍以速溶性的无机肥为主, 其肥效快, 特别是对于桉树幼苗期生长促进作用明显, 但无机肥存在肥效持续时间短, 劳力成本高等缺点^[8]。以往对总养分含量相同条件下有机—无机复混肥 A (包括基肥、追肥)、有机—无机复混肥 B (包括基肥、追肥)、无机肥 C 这 3 种肥料处理对尾细桉 (*E. urophylla* × *E. tereticornis*) 生长的影响进行了分析, 结果表明施用有机—无机复混肥 A 的处理在苗木生长 17 个月的时候长势最好^[9], 这可能是因为有机质中含有多种植物需要的微量元素, 能够直接影响作物的生长。另外有机质还能改善土壤的结构, 使土壤容重变小, 孔隙增大易于截留水分, 释放营养元素^[10]。

不同树种对各种营养元素的吸引量和比例不尽相同^[11-12]。张晓晖等^[13]研究桉树的营养特性表明, 桉树人工林对 N、P、K、Ca 的需求量较大, 对 Mn、Fe 有很强的富集能力。此外, 桉树不同生长时期对营养元素的需求不同, 研究表明, 桉树前期对 N 的需求较旺, 全生育期 N 的吸收量高于 K, 远高于 P; 生长中、后期 P、K、Ca、Mg 的累积量增加, 柠檬桉 (*E. citriodora*) 最为明显; 对 P 的需求量较少, 但它的施肥效果显著^[14]。因此可先对植物进行营养诊断再进行施肥、补充植物体内所需营养元素, 以满足植物不同时期生长需求, 并提高肥料利用率。本文研究了含有不同 N、P、K 的有机肥对桉树胸径、树高、地径的影响。结果显示, 处理 D 即 N:P:K 为 15:5:11 时对桉树的胸径和地径增长促进效果最好。处理 C 即 N:P:K 为 9:11:10 时对桉树树高的增长效果最好。

参考文献

- [1] 江海涛. 桉树组培快繁研究及其应用进展[J]. 现代建设, 2012, 11(7): 64-67.
- [2] 周文龙, 杨曾奖. 桉树施肥及营养诊断中的几个问题[J]. 广东林业科技, 1994, 10(4): 5-10.
- [3] 任中秀, 包雪梅, 于家宜, 等. 我国桉树人工林施肥现状、存在问题及对策[J]. 桉树科技, 2013, 30(4): 52-59.
- [4] 李宝福. 不同肥料等养分量施肥对桉树生长的影响[J]. 河北林果研究, 2001, 16(3): 219-225.
- [5] 曹继钊, 陈海军, 张家昌, 等. 桉树新型肥料品种肥效试验初探[J]. 广西林业科学, 2011, 40(1): 22-25.
- [6] 李娜, 曹继钊, 唐黎明, 等. 不同施肥方式和施肥量对桉树生长量影响初探[J]. 广西林业科学, 2009, 38(2): 102-106.
- [7] 张国彪, 梁文涛. 桉树人工林施肥肥效影响因素初探[J]. 广东化工, 2015, 42(3): 80-80.
- [8] 杨启军, 曹继钊, 欧代敏, 等. 桉树人工林肥料发展[J]. 广西林业科学, 2013, 42(2): 194-196.
- [9] 何国华, 李慧, 彭仕尧, 等. 3种肥料处理对尾细桉生长的影响研究[J]. 桉树科技, 2014, 31(1): 4-9.
- [10] 周伟红. 有机肥对土壤培肥和作物产量的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007.
- [11] 赵亚林, 张方秋, 张卫华, 等. 马大杂种相思幼期养分需求特性研究[J]. 林业与环境科学, 2010, 26(1): 16-21.
- [12] 彭玉华, 黄志玲, 曹艳云, 等. 红锥不同种源叶片养分含量分析[J]. 林业与环境科学, 2012, 28(5): 62-66.
- [13] 张晓晖, 余雪标. 桉树人工林生态问题研究[G]//莫晓勇. 桉树人工林培育的理论与方法. 北京: 中国林业出版社, 2005: 228-234.
- [14] 苏英吾, 李向阳. 华南土壤肥力与桉树施肥[J]. 中南林业调查规划, 1997, 16(3): 35-38.