

# 微量元素对尾叶桉幼林生长的影响

杨曾奖<sup>1</sup>, 徐大平<sup>1</sup>, 陈俊勤<sup>2</sup>, 刘玉舜<sup>2</sup>

(1 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2 广东省林业局, 广东 广州 510173)

**摘要:** 为研究桉树的微营养, 在花岗岩发育的严重水土流失立地上开展了尾叶桉施肥试验. 结果表明: 微量元素的缺乏不同程度地影响了尾叶桉的生长, 特别是硼素的缺乏. 在施用大量元素肥料的同时, 硼的添加使得尾叶桉生长显著加快; 4.5 年生时, 全素肥料处理的尾叶桉胸径、树高生长是缺硼处理的 230.2% 和 173.5%. 在不添加硼素的情况下, 不仅严重影响了生长, 同时表现出典型的硼素缺乏症状: 枝条组织坏死成肿瘤状, 叶腋间可见丛状腋芽, 枝条和干型畸形生长.

**关键词:** 微量元素; 硼; 尾叶桉; 缺素症状

中图分类号: S725.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2005)02-0091-04

## Effects of micronutrients on the growth of *Eucalyptus urophylla*

YANG Zeng-jiang<sup>1</sup>, XU Da-ping<sup>1</sup>, CHEN Jun-qin<sup>2</sup>, LIU Yu-lin<sup>2</sup>

(1 Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China;

2 Forestry Bureau of Guangdong Province, Guangzhou 510173, China)

**Abstract:** A fertilizer experiment was carried out to study the effects of micronutrients on the growth of *Eucalyptus urophylla* on a seriously eroded hilly land where soils are developed from granite. Results showed that deficiency of micronutrients had a negative effect on tree growth of *E. urophylla* incoordinately, especially while boron (B) was absent. Tree height and DBH growth under all nutrients treatment had 73.5% and 130.2% higher than those in the B deficient treatment at 4.5 years after planting, respectively. Without B application, tree grew very slowly and had very typical B deficient symptoms, such as bad tissue of young branches, emergence of multiple buds in axillary, and unusual growth of stems and branches.

**Key words:** micronutrients; boron; *Eucalyptus urophylla*; deficient symptoms

桉树施肥试验始于 1946 年, 我国于 20 世纪 70 年代初开始, 80 年代初、中期开展了较为系统的试验研究<sup>[1]</sup>. 时至今日, 对桉树施肥的研究报道已有一些<sup>[2-10]</sup>, 几乎所有田间试验都表明, 合理的施肥能促进桉树作为外来树种人工林的发展和提高树木的生长. 奇怪的是, 笔者的调查发现, 大部分的人工林施肥计划只包括大量元素氮、磷和钾, 很少考虑到树木持续生长所需要的微量元素. 在澳大利亚和亚洲的经验表明, 这种造林施肥方法只能取得有限的产量,

有时会导致人工林失败<sup>[11, 12]</sup>. 尾叶桉 *Eucalyptus urophylla* 自 1973 年开始引进以来, 以其优良的制浆性能和速生丰产的特性, 已成为我国华南地区桉树人工林的主要树种, 并正以每年约 10 万  $\text{hm}^2$  以上的速度更新和发展<sup>[13, 14]</sup>. 因此, 在较为系统研究了尾叶桉大量元素施肥的基础上, 开展微量元素施肥研究, 对不断提高其产量, 提高我国桉树人工林的经营水平, 以及进一步了解花岗岩发育的严重水土流失立地微量元素缺乏的状况, 具有非常重要的意义.

收稿日期: 2004-01-12

作者简介: 杨曾奖(1962-), 男, 副研究员; E-mail: ewater@pub.guangzhou.gd.cn

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(3963024); 广东省水利厅科研项目“高效水土保持林营建及植被恢复技术的研究”的

内容之一

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

# 1 材料与方法

## 1.1 试验地概况

试验地位于韩江上游的五华县华城镇荷树坳村,该区主要为海拔300 m左右的丘陵山地,试验地海拔约200 m,土壤为花岗岩发育的红壤.由于严重的水土流失,土层裸露,表土被冲失殆尽,被当地群众称为“烂头山”.原有林分为低于2.5 m的马尾松 *Pinus massoniana* 残次林,林下多裸露,有稀疏的芒萁和岗松.试验地0~40 cm土壤养分:有机质 1.625 g·kg<sup>-1</sup>,全N、全P和全K质量分数分别为0.134、0.081、6.353 g·kg<sup>-1</sup>,速效P(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)和速效K(K<sub>2</sub>O)质量分数分别为0.243、12.620 mg·kg<sup>-1</sup>,有效B、Cu、Zn、Fe、Mn质量分数分别为0.078、0.055、3.968、2.401、31.033 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤pH 4.7,质地为粗砂质壤土,土壤极度贫瘠.

## 1.2 试验设计和调查

试验设计为6个处理:①全肥[w(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)为15%的过磷酸钙150 g+w(N)为46%的尿素50 g+w(K<sub>2</sub>O)为60%的氯化钾50 g+3.8 g ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O+3.8 g CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O+7.7 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>+7.7 g FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O+1.9 g MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O+0.1 g (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O];②对照(只含N、P、K);③缺Zn;④缺Cu;⑤缺Mn、Mo和Fe;⑥缺B.完全随机区组设计,4次重复,每小区有效观测株数为15株,区组之间用保护行隔离.造林株行距为2 m×2 m,穴规格40 cm×40 cm×30 cm,施肥前回土1/3,放上肥料再回土一半拌匀后覆满土,选择了生长均匀一致的营养袋壮苗,于1997年4月1日雨后种植.

定期对试验林进行观测,包括树高、径粗和冠幅生长,以及外观表现等.根据野外调查、观察记载的

资料,采用Statistic12.5统计软件中的方差分析对各处理的林分生长情况的差异性进行分析.

# 2 结果与分析

## 2.1 缺素对生长的影响

对生长的调查结果(表1)表明,没有添加硼的2个处理,明显地影响了尾叶桉的生长,种植后3个月,无论径粗生长,还是树高的生长都明显地小于有硼的处理,比全素肥料处理的树高生长减少了34.8%~35.4%,地径生长减少了17.5%~26.8%.2.5年生时,树高减少了22.5%~26.4%,胸径减少53.7%~55.5%.从初期生长看,没有添加锌的处理有着比全素处理更加好的生长表现,铜的添加或减少并不影响生长,而Mo、Mn和Fe的缺乏,在一定程度上影响了尾叶桉的生长,2.5年生时比全肥处理树高生长减少2.5%,胸径减少19.4%.随着时间的延长,全素肥料的处理有着较其他处理更好的生长后势,充分发挥着全素肥料的作用,4.5年生时其胸径和树高生长是缺乏所有微量元素对照处理的190.6%和142.9%,是缺B处理的230.2%和173.5%.各微量元素的缺乏都不同程度地影响了尾叶桉的生长.

方差分析结果表明(表1),从种植后3个月到4.5年间的多次调查,无论径粗、树高和冠幅,处理间的差异都达到了显著或极显著的水平.Duncan's s多重比较结果显示,4.5年生时,全素处理的树高生长除与缺Cu、缺Zn处理间差异不明显外,显著优于缺Mo、Fe、Mn的处理,而后者又显著优于对照和缺B的处理.胸径的差异与树高的差异相一致.树冠的差异则以全素处理为最大,使其保持相对旺盛的生长势头.

表1 不同处理对尾叶桉生长的影响<sup>1)</sup>

Tab. 1 Effects of growth of *Eucalyptus urophylla* when micronutrients are deficient

处理 treatments	1997-07-07			1998-11-20			1999-11-27			2001-11-08				
	d <sub>0</sub> /cm	h/m	c/m	d <sub>0</sub> /cm	d <sub>BH</sub> /cm	h/m	c/m	d <sub>0</sub> /cm	d <sub>BH</sub> /cm	h/m	c/m	d <sub>BH</sub> /cm	h/m	c/m
全肥 all nutrients	2.57a	1.75a	1.33ab	4.66b	1.73b	2.42b	1.33ab	5.17ab	2.16ab	2.76a	1.40a	4.65a	5.10a	2.07a
缺铜 -Cu	2.46a	1.66a	1.29b	4.95b	1.90b	2.55b	1.29b	5.04ab	2.04ab	2.94a	1.31ab	4.00a	4.67ab	1.82b
缺锌 -Zn	2.65a	1.78a	1.49a	5.60a	2.34a	2.77a	1.49a	5.55a	2.33a	3.08a	1.33ab	3.96ab	4.67ab	1.80b
缺钼、铁、锰 -Mo、-Fe、-Mn	2.19b	1.44b	1.27b	4.47b	1.56b	2.26b	1.27b	4.90ab	1.74b	2.69a	1.26ab	3.36bc	4.24b	1.70b
缺硼 -B	1.88c	1.14c	1.19b	3.36c	0.79c	1.85c	1.19b	3.55b	0.96c	2.14b	1.06c	2.02c	2.94d	1.48c
对照 control	2.15b	1.13c	1.43ab	3.90c	1.07c	1.97c	1.43ab	3.73b	1.00c	2.03b	1.17bc	2.44bc	3.57c	1.49c
F	5.64 **	14.35 **	2.52 *	14.25 **	15.07 **	11.10 **	8.46 **	10.26 **	8.27 **	3.43 *	14.86 **	17.36 **	7.94 *	

1) 表中同列数据后具相同字母者表示差异不显著(Duncan's s法); d<sub>0</sub>为地径, d<sub>BH</sub>为胸径, h为高, c为冠幅

## 2.2 缺素症状表现

缺素症状主要表现在不添加硼的处理。起初幼林生长减缓, 生势衰弱, 顶部扩展的叶片开始出现组织坏死, 继而叶腋间可见丛状腋芽, 而后发现上部或顶部枝条皮层分生组织有黑斑状坏死, 不久, 坏死组织成肿瘤状, 长度可达 3~4 cm, 宽达枝条的 1/3~2/3, 严重影响枝条向上生长, 致使枝条畸形下垂且易于折断, 顶端优势不明显, 因此, 不施硼肥处理的树高生长明显减缓。症状的严重出现可以在种植后的 4~5 月发现, 随主枝的折断, 根系的不断扩展, 其上可以萌生多条新的芽条, 或者畸形的枝条继续顽强地向上生长。分生组织坏死成肿瘤状, 枝条和干型畸形生长是缺硼的典型症状。

与缺硼的处理相比较, 其他各处理起初并未有典型的缺素症状出现, 但随着时间的推移, 由于造林地土壤条件极其贫瘠, 所以幼林生长至第 2 年, 几乎所有的处理均出现了 N、P、K 大量元素的缺乏症状, 叶黄, 老叶出现很多的紫红色斑点, 生势衰减, 失去

了当年生机勃勃的景象。大量元素的缺乏, 使树木的生长减缓, 硼缺乏的病症有所缓解, 表现出大量元素和硼素缺乏的共同症状, 但仍然顽强不断, 缓慢畸形地努力延伸着。无疑在如此严重水土流失的花岗岩裸露地区, 土壤极度贫瘠, 仅靠 250 g 的基肥, 难以让树木长时间保持良好的生长。

## 2.3 缺素对叶片养分含量的影响

对不同处理叶片养分分析结果(表 2)表明, B 的添加使叶片中 B 的含量明显增加, 对照和不添加 B 的处理平均  $w(B) = 2.83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 加 B 处理其叶片平均  $w(B) = 26.68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 是不加 B 处理的 9.4 倍。而 Cu、Zn、Mo 的添加, 并不能有效地提高叶片中对应元素的含量, 这或许由于土壤中并不缺乏的原因所造成。表中结果同时表明, 微肥的加入促进了大量元素 N、P、K 的吸收, 全肥处理的叶片 N 含量是缺素处理平均值的 156.9%, P 为 108.7%, K 为 110.6%, 从而促进了树木的生长。

表 2 不同处理的叶片养分含量

Tab. 2 Nutrient content of different treatments in leaves (1.5 年生, one and a half-year-old)

处理 treatments	$w/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$						
	N	P	K	Zn	Cu	Mo	B
全肥 all nutrients	13.974	0.785	8.868	4.487	1.221	1.43	32.14
缺锌 - Zn	6.845	0.673	7.561	5.479	2.505	1.38	21.87
缺铜 - Cu	9.285	0.713	9.231	5.149	1.337	1.48	28.88
缺钼、锰、铁 - Mo、- Mn、- Fe	11.726	0.729	6.487	3.364	1.373	1.39	23.81
对照 control	8.711	0.725	8.220	2.550	2.649	1.51	3.48
缺硼 - B	7.971	0.771	8.607	4.635	2.522	1.23	2.18

## 3 讨论与结论

植物营养学家都知道, 要使植物代谢作用调节良好, 植物新组织迅速生长及发育不受阻碍, 则植物吸收的大量元素和微量元素不仅数量上要充足, 而且比例也应恰当。自 1840 年德国植物矿质营养学家 J. V. Liebig(李比希) 以来就知道当可利用养分元素的浓度不足时会成为产量的限制因子。李比希养分的“最低因子律”指出: 当营养环境中缺乏某个因子时, 产量即受这个因子的制约, 而且产量是随着这个因子的增加而提高<sup>[15]</sup>。植物种类不同对养分需求的差别很大。农作物所需要的养分研究得相当详细, 而对树木和野生植物的特殊要求——这种研究对于地球植被所特有的分布格局的原因可提供重要认识——却所知很少<sup>[16]</sup>。为此, 必须要加强林木的营养研究工作, 以更好地了解其对营养的需要。

目前, 大量元素(N、P、K) 肥料的广泛应用, 在改

善了原来大量元素缺乏的同时, 引起了元素间新的不平衡, 导致出现微量元素缺乏的现象变得更加普遍。农业如此, 林业更加需要引起重视, 因为林业上绝大部分使用的是无机不完全肥料。在花岗岩严重水土流失地区, 表土几乎无存, 在有机质质量分数低于  $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  的贫瘠立地上进行植被恢复工作, 只有靠人工施肥的手段才能保证植物的正常生长。本试验结果告诫人们, 在保证大量元素供给的情况下, 切勿忽略微量元素的作用。植物必需的营养元素, 在植物体内不论数量多少都是同等重要的; 任何一种营养元素的特殊功能都不能被其他元素所代替, 这就是营养元素的“同等重要律和不可代替律”。只有平衡施肥, 才能达到更为理想的施肥效果。

2002 年在广东省湛江地区浅海沉积物发育的砖红壤上种植的尾巨桉、2003 年江西赣州地区紫色土上由绿源公司营造的巨桉幼林以及江西定南林业局新造桉林中, 笔者都发现严重的桉树幼林缺 B 症状,

幼树枝条膨大,组织坏死,造成顶端优势不明显,幼树成“扫把”状。云南的蓝桉明显缺B则早见报道<sup>[12]</sup>,无疑,B的缺乏造成桉树生长不良已变得非常普遍。

本文虽然再三强调微量元素肥料的作用,但也必须同时提醒人们,微量元素并非越多越好,微肥的过量使用可造成植物的毒害,以B素为例,当桉树叶片中 $w(B)$ 在 $20\sim 40\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时是适量的,低于 $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为缺乏,大于 $60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 会产生毒害现象。日前就发现广东清远一林业纸业公司有一片尾叶桉林,其叶片边缘灼烧状干枯卷曲,测得其叶片 $w(B)$ 高达 $111.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,出现了典型的B中毒现象,给生产带来损失。Zn、Cu、Mo、Mn和Fe的缺乏和中毒典型现象较少发现,其适量范围也有待继续的研究和探求。

以往在对严重侵蚀地进行植被恢复中,更多地只是强调树种的选择和搭配,而没有重视营养和平衡施肥,造成年年造林不见林的情况。通过本课题的研究,从植物营养的角度解决了严重侵蚀地植被恢复过程中至关重要的难题。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 杨曾奖,郑海水,翁启杰.整地施肥对尾叶桉生长效应的研究[J].广东林业科技,1996,12(2):10-13.
- [3] 周文龙.尾叶桉幼林施肥效应的研究[J].林业科学研究,1995,8(2):159-163.
- [4] 周文龙,梁坤南.尾叶桉前三年施肥效应研究[J].林业科学研究,1996,9(增刊):146-150.
- [5] 吴泽鹏,叶淡元,李尚弟,等.尾叶桉二年施肥效应研究[J].林业科学研究,1996,9(增刊):158-161.
- [6] 林书蓉,李淑仪,廖观荣,等.短轮伐期桉树人工林科学施肥的研究[J].林业科学研究,1999,12(3):275-282.
- [7] 陈少雄,王观明,项东云.尾叶桉施肥效果研究[J].林业科学研究,1996,9(6):573-578.
- [8] 李淑仪,林书蓉,廖观荣,等.雷林1号桉叶片营养诊断研究[J].林业科学研究,1997,10(1):13-18.
- [9] 林书蓉,李淑仪,廖观荣,等.桉树氮、磷、钾施肥研究初报[A].张万儒,刘寿波.森林与土壤[C].北京:中国科学技术出版社,1992.287-292.
- [10] 何蓉,蒋云东,曾芳群,等.施肥对蓝桉幼林生长的影响[J].林业科学研究,1999,12(5):474-478.
- [11] DELL B, XU D P, ROGERS A C, et al. Micronutrient disorders in eucalypt plantations: causes, symptoms, identification, impact and management[A]. WEI R P, XU D P. Eucalyptus Plantation[C]. Singapore: World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 2003. 241-252.
- [12] XU D P, DELL B. Nutrient management of eucalypt plantation in South China[A]. WEI R P, XU D P. Eucalyptus Plantation[C]. Singapore: World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 2003. 269-289.
- [13] 徐建民,白嘉雨,甘四明.尾叶桉家系综合选择的研究[J].林业科学研究,1996,9(6):562-567.
- [14] 宋永芳.我国桉树资源的利用与展望[J].林产化工通讯,1998,(4):3-7.
- [15] 黄德明.作物营养和科学施肥[M].北京:农业出版社,1993.58-59.
- [16] 拉夏埃尔 W.植物生理生态学[M].李博,张陆德,岳绍先,等译.北京:科学出版社,1985.132-148.

【责任编辑 李晓卉】