

桉树幼林配施微肥效果的研究

卢凯

(广西国有钦廉林场, 广西 钦州 535000)

摘要: 为探讨微肥对桉树生长的影响, 对桉树幼苗配施 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 6 种微量元素进行随机区组施肥试验, 通过测定 1 年生幼树树高和胸径, 结果发现: 与对照(只含 N、P、K)相比, 配施 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 6 种微量元素有助于提高桉树的树高和胸径, 单种微肥以配施 B 肥效果最佳, 每配施多一种微量元素均有一定程度的增加, 以全肥(含有 6 种微量元素)效果最好, 增幅最大, 配施多种微量元素比单种元素的效果更好。

关键词: 桉树幼林; 施肥; 微量元素; 树高; 胸径

中图分类号: S753.53+2

文献标志码: A

Effect of Micro-nutrient Fertilizer on Young *Eucalyptus* Plantations

LU Kai

(Guangxi State-owned Qinlian Forest Farm, Qinzhou 535000, Guangxi, China)

Abstract: Artificial fertilization is very important for the growth of *Eucalyptus* plantations. The commonly used fertilizers mainly contain the micro-nutrients of nitrogen, phosphorus and potassium. In order to explore the effect of micro-nutrient fertilization on the growth of *Eucalyptus* plantations, a randomized block fertilization experiment was conducted on one-year-old *Eucalyptus* trees with six trace elements: B, Zn, Cu, Fe, Mn and Mo. The results showed that the combination of B, Zn, Cu, Fe, Mn and Mo could improve the height and diameter at breast height of *Eucalyptus*. The treatment involving B applied as a single micro-nutrient fertilizer had the best effect, and each additional microelement provided some additional increase in growth. A total micro-nutrient fertilizer (containing all 6 micro-nutrients) had the best effect and provided the largest growth increase. The results showed that application of multiple micro-nutrients resulted in better growth than did application of any one single micro-nutrient.

Key words: young *Eucalyptus* plantation; fertilization; micro-nutrients; tree height; DBH

桉树(*Eucalyptus*)具有速生高产、适应能力强、轮伐期短、干型通直、材质优良、木材用途广泛、易于杂交培育等特点。我国于 1890 年引进桉树, 20 世纪 50 年代后取得初步成功, 20 世纪 80 年代后快速发展, 桉树人工林的成功种植是我国林业史上一项重大成果, 对我国林业发展和木材储备发挥了巨大作用^[1-4], 桉树成为我国华南地区具有代表性的人工林速生树种。

近些年, 桉树人工林大面积扩增过程中, 因经营管理不科学, 出现土壤养分失衡、水分流失和环境污染等生态问题, 引起社会的广泛关注和众多学者的争论^[5-6]。学者 DELL 等^[7]和 XU 等^[8]研究表明, 人工施肥有利于提高桉树生长量, 长期单一施用氮、磷、钾肥, 桉树经营效果不佳。在我国, 对于桉树

人工林在微量元素施肥的应用研究上少有报道, 尤其在桉树幼林进行微量元素施肥的系统研究则更少。为探究微量元素对桉树幼林生长量的影响, 本文选用 1 年生桉树无性系幼林配施不同微肥试验, 旨在为桉树科学经营和发展提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于广西南宁市江南区南晓镇, 海拔 220 m, 低丘陵地形, 坡度 20 ~ 25°。年平均气温 21.9℃, 年均降雨量 1 805 mm。土壤以花岗岩发育而成的砖红壤为主, 有少量石砾, 土层的平均厚度在 75 cm 以上, 腐殖层厚度 20 cm 左右, 保水保肥

能力较好。试验地前茬为马尾松(*Pinus massoniana*)纯林,林下植被主要有岗松(*Baekkea frutescens*)、茅草(*Imperata cylindrica*)、铁芒箕(*Dicranopteris dichotoma*)、乌毛蕨(*Blechnum orientale*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、野牡丹(*Melastoma*

candidum)等,林地皆伐后炼山备耕。

试验地在造林前按设计小区取土样测定其主要理化性质,对有机质、氮磷钾和各微量元素等含量进行方差分析,结果表明,各种测定指标在各小区之间无显著的差异。试验地土壤主要理化性质如表1。

表1 试验地土壤主要理化性质

土层厚度/cm	土壤质地	pH值	有机质/(g kg ⁻¹)	全氮/(g kg ⁻¹)	全磷/(g kg ⁻¹)	全钾/(g kg ⁻¹)	碱解氮/(mg kg ⁻¹)	速效磷/(mg kg ⁻¹)	速效钾/(mg kg ⁻¹)	有效Fe/(mg kg ⁻¹)	有效B/(mg kg ⁻¹)	有效Zn/(mg kg ⁻¹)	有效Mn/(mg kg ⁻¹)	有效Cu/(mg kg ⁻¹)
0~20	沙壤土	5.0±0.2	15.2±1.2	1.6±1.3	0.8±0.2	13.6±1.1	18.7±1.6	0.8±0.3	11.1±0.9	2.4±0.6	0.3±0.1	0.95±0.1	10.3±1.0	0.3±0.1
21~50	砾壤土	5.1±0.2	11.5±1.1	1.1±0.3	0.5±0.1	12.1±1.1	9.8±1.0	0.3±0.1	6.8±0.4	1.9±0.5	0.2±0.1	0.75±0.1	7.5±1.0	0.2±0.1

1.2 供试苗木

供试苗木为尾巨桉(*E. urophylla* × *E. grandis*)无性系 DH32-29 组培苗,供苗单位为广西国有东门林场,造林前随机抽取测定苗高,平均苗高 18.5±2.1 cm。

1.3 供试肥料及用量

(1)基肥为 N、P、K 养分含量 25%(5-15-5)、有机质 10%的复合肥,500 g 株⁻¹。

(2)追肥为 N、P、K 养分含量 40%(16-10-14)的复合肥,500 g 株⁻¹。

(3)微肥: B 肥为 1 g H₃BO₃、Zn 肥为 2 g ZnSO₄·7H₂O、Cu 肥为 1 g CuSO₄·5H₂O、Fe 肥为 1 g FeSO₄·7H₂O、Mn 肥为 1 g MnSO₄·H₂O、Mo 肥为 0.5 g (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O。

1.4 试验设计

采用单因素随机区组设计,以不同追肥处理作为试验设计对象,各小区(处理)随机排列,每个处理作 3 个重复。种植密度为 2 m × 3 m,每小区每行 15 株,种植 4 行,以中间 2 行作为测定对象。

1.4.1 单种微量元素施肥设计

设计 8 个处理如下: (1)对照 CK1: N、P、K; (2)N、P、K+1 g B; (3)N、P、K+2 g Zn; (4)N、P、K+1 g Cu; (5)N、P、K+1 g Fe; (6)N、P、K+1 g Mn; (7)N、P、K+0.5 g Mo; (8)全肥: N、P、K+1 g B+2 g Zn+1 g Cu+1 g Fe+1 g Mn+0.5 g Mo。

1.4.2 多种微量元素施肥设计

设计 7 个处理如下: (1)对照 CK2: N、P、K; (2)N、P、K+1 g B; (3)N、P、K+1 g B+2 g Zn; (4)N、P、K+1 g B+2 g Zn+1 g Cu; (5)N、P、K+1 g B+2 g Zn+1 g Cu+1 g Fe; (6)N、P、K+1 g B+2 g Zn+1 g

Cu+1 g Fe+1 g Mn; (7)全肥: N、P、K+1gB+2 g Zn+1 g Cu+1 g Fe+1 g Mn+0.5 g Mo。

1.5 技术实施

2013 年 12 月完成林地炼山和挖坑,坑规格为 40 cm × 40 cm × 30 cm; 2014 年 3 月完成施放基肥、回坑、苗木定植,4 月补植,5 月按以上试验设计进行追肥处理,6 月和 10 月除草抚育各一次,2015 年 5 月测定 1 年生幼树。

1.6 土壤及林木测定

造林前测定试验地土壤营养养分,2015 年 6 月测定幼树的树高、胸径。土壤和植物养分测定分析按文献[9]测定。

1.7 数据处理

以各小区测定值平均值作为统计分析依据,用 SAS、SPSS 软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 单种微量元素处理对桉树幼林生长量的影响

2.1.1 对桉树幼林高度的影响

由表 2 可知,配施 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 微量元素处理的桉树幼树树高均高于 CK 对照处理,增长幅度在 11.00% ~ 34.65%,增幅从小到大依次为: Mn 处理<Fe 处理<Mo 处理<Cu 处理<Zn 处理<B 处理<全肥处理,说明配施微量元素有助于促进桉树树高生长。配施单种微量元素处理中,以 B 处理的效果最明显,比对照提高了 21.16%; 而施全肥处理则比单种微量元素处理的增幅大,全肥处

理提高了 34.65%，整体来看，配施多种微量元素对桉树树高生长能产生协同增加效应。通过方差分析结果表明，不同处理之间的幼树树高差异极显著

($f=36.17, P=0.000<0.001$)。由表 3 可知，全肥与其他处理之间的差异达到极显著水平；配施微量元素的所有处理与对照之间的差异亦达到差异极显著水平。

表 2 不同处理的桉树幼林高度生长量统计表

处理	树高/m				比 CK 增加/%
	I	II	III	平均	
N、P、K(CK)	4.95	4.65	4.85	4.82	
N、P、K+B	6.01	5.81	5.70	5.84	21.16
N、P、K+Zn	5.80	5.83	5.79	5.81	20.54
N、P、K+Cu	5.71	5.86	5.44	5.67	17.63
N、P、K+Fe	5.38	5.40	5.35	5.38	11.62
N、P、K+Mn	5.34	5.41	5.29	5.35	11.00
N、P、K+Mo	5.46	5.61	5.27	5.45	13.07
全肥	6.51	6.31	6.65	6.49	34.65

表 3 不同处理的幼林高度生长量多重比较

排序(x_i)	处理	平均值	$x_i - x_8$	$x_i - x_7$	$x_i - x_6$	$x_i - x_5$	$x_i - x_4$	$x_i - x_3$	$x_i - x_2$
1	全肥	6.49	1.67**	1.14**	1.11**	1.04**	0.82**	0.68**	0.65**
2	N、P、K+B	5.84	1.02**	0.49**	0.46**	0.39*	0.17	0.03	
3	N、P、K+Zn	5.81	0.99**	0.46**	0.43**	0.36*	0.14		
4	N、P、K+Cu	5.67	0.85**	0.32*	0.29	0.22			
5	N、P、K+Mo	5.45	0.63**	0.10	0.07				
6	N、P、K+Fe	5.38	0.56**	0.03					
7	N、P、K+Mn	5.35	0.53**						
8	N、P、K(CK)	4.82							

注：*和**分别表示 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ ，下同。

2.1.2 对桉树幼林胸径的影响

从表 4 可以看出，配施 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 微量元素处理的幼树胸径均高于 CK 对照处理，增长幅度在 9.81% ~ 31.78%，增幅从小到大依次为：Fe 处理 < Mn 处理 < Mo 处理 < Cu 处理 < Zn 处理 < B 处理 < 全肥处理，说明配施微量元素更有利于促进桉树幼林胸径生长。而施 B、Zn、Cu 元素处理要比施 Fe、Mn、Mo 元素处理的胸径大，配施单种微量元素处理中，以 B 处理的效果最明显，比对照

提高了 20.33%；而施全肥处理则比单种微量元素处理的胸径大，全肥处理则提高了 31.78%，整体来看，配施多种微量元素对幼树的胸径生长能产生协同增加效应。通过方差分析结果表明，不同处理之间的幼树胸径生长量差异极显著($f=19.23, P=0.000<0.001$)。通过表 5 多重比较结果表明，全肥与其他处理之间的差异达到极显著水平；配施微量元素的所有处理与对照之间的差异均达到差异极显著水平。

表 4 不同处理对桉树幼树胸径生长量

处理	胸径/cm				比 CK 增加/%
	I	II	III	平均	
N、P、K(CK)	4.35	4.21	4.29	4.28	
N、P、K+B	5.23	5.15	5.08	5.15	20.33
N、P、K+Zn	5.14	5.21	5.04	5.13	19.86
N、P、K+Cu	5.04	5.32	4.98	5.11	19.39
N、P、K+Fe	4.59	4.76	4.64	4.70	9.81
N、P、K+Mn	4.82	4.97	4.63	4.81	12.38
N、P、K+Mo	4.97	5.10	4.81	4.96	15.89
全肥	5.61	5.35	5.95	5.64	31.78

表 5 不同处理对桉树幼树胸径生长量多重比较

排序(x _i)	处理	平均值	x _i - x ₈	x _i - x ₇	x _i - x ₆	x _i - x ₅	x _i - x ₄	x _i - x ₃	x _i - x ₂
1	全肥	5.64	1.35**	0.94**	0.83**	0.68**	0.53**	0.51**	0.49**
2	N、P、K+B	5.15	0.87**	0.45*	0.34	0.19	0.04	0.02	
3	N、P、K+Zn	5.13	0.85**	0.43*	0.32	0.17	0.02		
4	N、P、K+Cu	5.11	0.83**	0.41*	0.30	0.15			
5	N、P、K+Mo	4.96	0.68**	0.26	0.12				
6	N、P、K+Mn	4.81	0.53**	0.11					
7	N、P、K+Fe	4.70	0.42*						
8	N、P、K(CK)	4.28							

2.2 多种微量元素处理对桉树幼林高度的影响

2.2.1 对桉树幼林高度影响

从表 6 可知，配施 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 微量元素处理的幼树树高均高于 CK 对照处理，每配施多一种微量元素，增幅都有一定程度提高，全肥处理树高则高于其他组合处理，增长幅度在 21.16% ~ 34.65%，增幅从小到大依次为：B 处理<B、Zn 处理<B、Zn、Cu 处理<B、Zn、Cu、Fe 处理<B、

Zn、Cu、Fe、Mn 处理<全肥处理，说明 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 微量元素中，每配施多一种微量元素，均更利于促进幼树树高生长。

通过方差分析结果表明，不同处理的幼树高生长总体达到差异极显著的水平 ($f=51.75$ ， $P=0.000<0.001$)。通过表 7 多重比较结果表明，配施微量元素的所有处理与对照之间的差异也都达到差异极显著水平。

表 6 不同处理对桉树幼树高度生长量

处理	树高/m				比 CK 增加/%
	I	II	III	平均	
N、P、K(CK)	4.95	4.65	4.85	4.82	
N、P、K+B	6.01	5.81	5.70	5.84	21.16
N、P、K+B、Zn	6.39	6.12	5.98	6.20	28.63
N、P、K+B、Zn、Cu	6.45	6.25	6.29	6.33	31.33
N、P、K+B、Zn、Cu、Fe	6.41	6.38	6.4	6.40	32.78
N、P、K+B、Zn、Cu、Fe、Mn	6.44	6.31	6.51	6.42	33.20
N、P、K+B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo(全肥)	6.51	6.31	6.65	6.49	34.65

表 7 不同处理对桉树幼树高度生长量多重比较

排序(xi)	处理	平均值	x _i - x ₇	x _i - x ₆	x _i - x ₅	x _i - x ₄	x _i - x ₃	x _i - x ₂
1	N、P、K+B、Zn、C、Fe、Mn、Mo(全肥)	6.49	1.67**	0.65**	0.29	0.16	0.09	0.07
2	N、P、K+B、Zn、Cu、Fe、Mn	6.42	1.60**	0.58**	0.22	0.09	0.02	
3	N、P、K+B、Zn、Cu、Fe	6.40	1.58**	0.56**	0.20	0.07		
4	N、P、K+B、Zn、Cu	6.33	1.51**	0.49**	0.13			
5	N、P、K+B、Zn	6.20	1.38**	0.36*				
6	N、P、K+B	5.84	1.02**					
7	N、P、K(CK)	4.82						

2.2.2 对桉树幼林胸径的影响

从表 8 可以看出，配施 B、Zn、Cu、Fe、Mn、

Mo 微量元素处理的幼树胸径均高于 CK 对照处理，每配施多一种微量元素，增幅都有一定程度提高，

全肥处理的胸径则高于其他组合处理, 增长幅度在 20.33% ~ 31.78%, 增幅从小到大依次为: B 处理 < B、Zn 处理 < B、Zn、Cu 处理 < B、Zn、Cu、Fe 处理 < B、Zn、Cu、Fe、Mn 处理 < 全肥处理, 说明 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 微量元素中, 每配施多一种微量

元素, 都更有利于促进幼树的胸径生长。通过方差分析结果表明, 不同处理的幼树胸径生长总体达到差异显著的水平($f=5.28, P=0.004>0.001$)。通过表 9 多重比较结果表明, 配施微量元素的所有处理与对照之间的差异也都达到差异极显著水平。

表 8 不同处理桉树幼树胸径生长量

处理	胸径/cm				比 CK 增加/%
	I	II	III	平均	
N、P、K(CK)	4.35	4.21	4.29	4.28	
N、P、K+B	5.65	5.35	4.45	5.15	20.33
N、P、K+B、Zn	5.71	5.42	4.96	5.36	25.23
N、P、K+B、Zn、Cu	5.68	5.37	5.39	5.48	28.04
N、P、K+B、Zn、Cu、Fe	5.84	5.17	5.64	5.55	29.67
N、P、K+B、Zn、Cu、Fe、Mn	5.81	5.19	5.74	5.58	30.37
N、P、K+B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo(全肥)	5.61	5.35	5.95	5.64	31.78

表 9 不同处理的桉树幼树胸径生长量多重比较

排序(xi)	处理	平均值	$x_i - x_7$	$x_i - x_6$	$x_i - x_5$	$x_i - x_4$	$x_i - x_3$	$x_i - x_2$
1	N、P、K+B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo(全肥)	5.64	1.36**	0.49**	0.28	0.16	0.09	0.06
2	N、P、K+B、Zn、Cu、Fe、Mn	5.58	1.30**	0.43*	0.22	0.1	0.03	
3	N、P、K+B、Zn、Cu、Fe	5.55	1.27**	0.40*	0.19	0.07		
4	N、P、K+B、Zn、Cu	5.48	1.20**	0.33	0.12			
5	N、P、K+B、Zn	5.36	1.08**	0.21				
6	N、P、K+B	5.15	0.87**					
7	N、P、K(CK)	4.28						

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)在施用 N、P、K 复合肥基础上, 添加 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 等任何一种微量元素均能明显提高桉树幼林高度和胸径生长, 其中以 B 处理最好, 幼树高度提高 21.16%, 胸径提高 20.33%; 每配施多一种微量元素都能在一定程度上提高桉树幼林高度和胸径, 以全肥处理最佳, 比 CK 高度提高 34.65%, 胸径提高 31.78%。结果说明, 配施多种微量元素比单种元素的效果好, 配施多种微量元素对桉树幼树高度和胸径生长能产生协同增加效应。

(2)单种微量元素处理对桉树幼林的生长有促进作用, 以 B 最好, Zn 次之。而全肥(含 6 种微量

元素)的肥效更全面, 促生作用效果最明显。

3.2 讨论

本研究在施用 N、P、K 复合肥基础上, 配施 B、Zn、Cu、Fe、Mn、Mo 等微量元素, 能使养分均衡, 利于促进桉树幼树对营养物质的吸收, 促进林木生长。本试验仅测定了 1 年生幼树指标, 要更为全面的反映微量元素对桉树生长的影响作用, 还需要做更长时间的观测, 至少完成一个采伐期的数据分析, 这样才能对生产的指导作用提供更准确的依据。目前, N、P、K 复合肥的普遍使用可能引起了元素间新的不平衡, 会出现微量元素缺乏或微量元素之间不平衡的现象, 这些问题在农作物的生长和产量上都已印证, 而在桉树林木的生长上需要进一步研究和论证。

参考文献

- [1] 刘涛,谢耀坚.中国桉树人工林快速发展动因分析与展望[J].桉树科技,2020,37(4):41-50.
- [2] 廖观荣.我国桉树人工林立地土壤问题研究概况[J].生态环境,2003,12(1):119-121.
- [3] 项东云.新世纪广西桉树人工林可持续发展策略讨论[J].广西林业科学,2002,31(3):114-121.
- [4] 谢耀坚.中国桉树人工林可持续经营战略初探[J].世界林业研究,2003,16(4):59-64.
- [5] 钟继洪,骆伯胜.短轮伐林地土壤肥力的数值化综合评价[J].农业系统科学与综合研究,2003,19(1):75-80.
- [6] SHIVA V, BANDYOPADHYAY J. *E. urophylla* × *E. grandis* a disastrous tree for India[J].The Ecologist, 1983,13(5): 184-187.
- [7] DELL B, XU D P, ROGERSA 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.
- [8] 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.
- [9] 中国林业科学研究院林业研究所.森林土壤样品的采集与制备:LY/T 1210—1999[S].北京:标准出版社,2000:13-26,68-115.