

短轮伐期桉树人工林科学施肥的研究*

林书蓉 李淑仪 廖观荣 蓝佩玲 廖新荣

(广东省生态环境与土壤研究所, 510650, 广州; 第一作者 60 岁, 女, 副研究员)

摘要 经多年对桉树不同土壤类型、不同树龄林分人工控制施肥量的肥料定位试验研究, 结果表明: (1) 桉树基肥施用效果明显, 其肥效可持续 5 a 以上, 但其肥效随树龄增长而下降。基肥每株施有机肥 2.5 kg, 配施 N 15 g、P 30 g、K 15 ~ 30 g 和适量 B、Cu、Zn 微量元素为宜; (2) 追肥效应因树龄而异, 2 年生大于 3 年生大于 1 年生, 施肥以每株 N 30 ~ 90 g、P 和 K 各 15 ~ 30 g 为宜; (3) 植桉后土壤有机质大部分有不同程度下降, 全 N、全 P、速效 N 变化不大, 全 K、速效 P、速效 K、B、Zn、Cu 含量明显下降。综合以上研究结果提出短轮伐期桉树人工林科学施肥的建议。

关键词 桉树; 施肥效应; 土壤养分

分类号 S725.5

桉树具有速生、高产、多种用途的优良特性。在我国热带、亚热带地区短轮伐期人工林生产中, 得到大面积的种植。桉树适植区土壤大多数是贫瘠的赤红壤和砖红壤, 在短期(6 ~ 7 a) 内要获得较高的生长量必须进行施肥, 这已被生产部门以及科学试验所证实^[1-3], 但系统的研究尚欠缺。笔者从 90 年代以来, 在桉树人工林施肥的定位试验点进行多年系统的研究, 并对短轮伐期桉树人工林的科学施肥进行探讨。现将结果总结如下。

1 试验地概况

试验地位于广东省热带北缘的雷州半岛, 雷州林业局下属的龙门、唐家、迈进、河头等林场。试验地属台地区, 地势平坦、地力均匀; 土壤为玄武岩、浅海沉积物及以上 2 种母质混合物发育的 3 种砖红壤, 土层深厚, 但肥力低下, 有机质、全 N 分别为 $3.90 \sim 20.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.32 \sim 0.96 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效 N、P、K 分别为 25 ~ 100、0.6 ~ 4.8、8 ~ 74 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。3 种砖红壤的肥力高低顺序为玄武岩砖红壤大于浅海沉积物砖红壤大于玄武岩+ 浅海沉积物砖红壤。

2 材料与方法

2.1 材料

参试树种为雷林 1 号桉(*Eucalyptus Leiz houensis* No. 1), 2 220 ~ 4 995 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$; 尾叶桉(*E. urq hylla* S. T. Blake), 1 665 ~ 2 220 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$; 柠檬桉(*E. citriodora* Hook. f.), 3 330 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。

供试肥料有尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P_2O_5 15%)、氯化钾(含 K_2O 60%)、滤泥(含有

* 本文为广东省林业厅重点项目“桉树人工林地力衰退防治技术研究”(1993 ~ 1997 年)的部分内容; 参加研究的还有雷州林业局的韩锦光、林松煜、赵贵、杨国清、王尚明、陈孝、卢健、郑日红等。

1998-08-04 收稿。

机质 20.3%、N 1.004%、 P_2O_5 0.737%、 K_2O 0.519%），以及雷州林业局自产桉树专用复合肥（1号肥、2号肥 N P K 分别为 1 2 2 和 2 1 1）。

2.2 方法

2.2.1 试验处理 采用人工控制施肥量的定位试验：(1) 基肥 N、P、K 效应试验，按土壤类型、不同树种布置 8 个试验（见表 3），均采用对比设计 N、P、K 3 个因素，N 5 个水平，P、K 4 个水平，以不施肥或加单施无机肥作对照共 12~13 个处理（具体处理见表 1、2）；(2) 不同基肥及施用量试验：包括单施无机肥（1号肥的 5 个施用量）、无机肥+有机肥（1号肥 5 个施用量配施滤泥），以有机肥、不施肥作对照共 12 个处理；(3) 有机肥施用量试验（处理见表 5）；(4) 追肥试验：不同土壤类型、树龄（1、2、3 年生）布置 4 个追肥试验（见表 7），试验处理同基肥的 N、P、K 效应试验（处理见表 6）。各 3 次重复，随机区组排列，每小区 5~6 行，每行 10 株，共 60 株。

施肥方法：(1) 基肥按施肥方案，挖穴后全部肥料施于穴底回土拌匀，雨后造林。(2) 追肥：1、2、3 年生（12 月龄、24 月龄、36 月龄）的当年 4 月在树两侧挖 40 cm × 20 cm × 30 cm 沟，将肥料施于沟底，回土拌匀，以后不再追肥。

2.2.2 生长量调查及计算方法 试验第 3 年及第 4 或第 5 年，在林木生长缓慢期（11~12 月份）进行生长量调查；调查小区中间 24~32 株，测树高（ H ）、胸径（ D ）生长量，用实验形数 0.4 计算单株材积 $V = \pi R^2 \times 0.4 \times (H + 3)^{[4]}$ 。试验数据进行方差分析、LSD 多重比较等数理统计和直观分析。

2.2.3 土壤样本的采集与分析 试验后第 2.5 年或 4.5 年在距树兜 30 cm 处的树冠投影周围，分东、南、西、北 4 点取土，再混匀为一混合土壤样本带回室内制样。按国标法进行各项分析，速效 P 用双酸浸提-钼锑抗比色法，其余项目按常规进行。

3 结果与讨论

3.1 基肥效应

3.1.1 基肥对材积生长的影响 据不同土壤类型、树种在造林时施基肥的试验结果（表 1、2，仅列出 1、7 号试验）表明，8 个试验的每个施肥处理比不施肥（对照）都有显著的增产效果，且各试验的 N、P、K 效应基本相同。

试验结果表明在单施无机肥时（表 1）按试验设计的 N、P、K 效应处理的试验结果，以施用全肥（处理 2、 $N_{15}P_{15}K_{30}$ ）效果最好，而施 $P_{15}K_{30}$ 缺 N（处理 1）、施 $N_{15}K_{30}$ 缺 P（处理 6）、施 $N_{15}P_{15}$ 缺 K（处理 9），生长量都不及全肥处理，4 a 时材积生长量分别只有全肥的 67.1%、42.2% 和 28.0%，与全肥处理间的差异达极显著水平。说明桉树施基肥应以 N、P、K 配合为好。

在施 $P_{15}K_{30}$ 的基础上施不同 N 量（0、15、30、60、90 g · 株⁻¹）、施 $N_{30}K_{30}$ 的基础上施不同 P 量（0、15、30、60 g · 株⁻¹）和施 $N_{30}P_{15}$ 相同基础上施不同 K 量（0、15、30、60 g · 株⁻¹）的不同处理结果表明，施 N、K 每株分别 15、30 g 范围内，随施用量增加材积量增加，当每株施用量超过 N_{15} 、 K_{30} 时材积量反而下降，当 P 的施用量在每株小于 60 g 时，随施用量增加而增加。经 LSD 比较 N、P、K 的较佳施用量分别为每株 15、30、30 g，即基肥配方应以 P 为主，配施 N、K。

值得注意的是，在有机肥与无机肥配合施用（表 2），N、P、K 施用效应虽与单施无机肥相似，也是 N、P、K 全肥最好，但 $P_{30}K_{30}$ （处理 1）、 $N_{30}K_{30}$ （处理 6）、 $N_{30}P_{30}$ （处理 9）与 $N_{30}P_{30}K_{30}$ （处理 3）间大部分的差异未达显著水平。最佳施用量是每株 N 15 g、P 30 g、K 15~30 g。

表 1 尾叶桉浅海沉积物砖红壤上基肥试验结果(7 号试验)

处 理	8 月龄			20 月龄			4 年 7 个月		
	H / m	%		V / 10 ⁻³ m ³ · 株 ⁻¹	%		V / 10 ⁻³ m ³ · 株 ⁻¹	%	
1 N ₀ P ₁₅ K ₃₀	2.21	194	d	6.06	1 122	c	26.8	260	bc
2 N ₁₅ P ₁₅ K ₃₀	2.94	258	bc	10.50	1 938	ab	40.0	387	ab
3 N ₃₀ P ₁₅ K ₃₀	2.88	253	bc	9.82	1 819	ab	42.0	402	a
4 N ₆₀ P ₁₅ K ₃₀	2.86	251	bc	8.94	1 656	ab	36.5	354	ab
5 N ₉₀ P ₁₅ K ₃₀	2.91	255	bc	9.45	1 750	ab	37.0	358	ab
6 N ₁₅ P ₀ K ₃₀	1.37	120	e	1.96	363	d	16.9	163	cd
7 N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀	3.00	268	b	11.1	2 057	a	42.8	415	a
8 N ₁₅ P ₆₀ K ₃₀	3.32	291	a	11.7	2 167	a	41.2	399	a
9 N ₁₅ P ₁₅ K ₀	1.45	127	e	0.86	159	d	11.2	108	d
10 N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	2.77	243	c	8.30	1 537	bc	32.8	318	ab
11 N ₁₅ P ₁₅ K ₆₀	2.91	255	bc	9.93	1 839	ab	38.1	368	ab
12 CK	1.14	100	f	0.54	100	d	10.3	100	d

注: 处理中 N₁₅为每株纯 N 15 g, P₁₅为每株纯 P₂O₅ 15 g, K₃₀为每株纯 K₂O 30 g(其余类推)。同一项内,不具有共同字母的数据,表明经 LSD 分析差异显著($P = 0.05$)(下同)。

表 2 雷林 1 号桉浅海沉积物砖红壤上基肥试验结果(1 号试验)

10⁻³m³ · 株⁻¹

处 理	8 月龄			20 月龄			31 月龄			5 年 7 个月		
	V	%		V	%		V	%		V	%	
1 N ₀ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥	1.81	460	bcd	6.63	201	abc	13.2	239	ab	30.5	184	ab
2 N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥	1.88	470	ab	7.40	224	ab	14.3	259	ab	27.7	167	ab
3 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥	1.86	465	ab	7.26	220	abc	13.7	249	ab	33.6	205	ab
4 N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥	1.60	400	de	5.53	168	bc	11.0	199	b	31.3	188	ab
5 N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥	1.40	463	e	5.70	173	bc	11.4	207	ab	26.9	162	b
6 N ₃₀ P ₀ K ₃₀ + 滤泥	1.85	463	bc	6.00	182	abc	12.3	224	ab	28.7	173	ab
7 N ₃₀ P ₁₅ K ₃₀ + 滤泥	1.86	465	ab	7.17	217	abc	14.2	258	ab	29.4	178	ab
8 N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀ + 滤泥	1.93	482	ab	7.13	216	abc	11.1	201	b	30.6	184	ab
9 N ₃₀ P ₃₀ K ₀ + 滤泥	1.61	402	cde	5.30	161	cd	10.1	184	b	30.9	186	ab
10 N ₃₀ P ₃₀ K ₁₅ + 滤泥	2.10	525	a	7.97	242	a	15.6	284	a	36.8	222	a
11 N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀ + 滤泥	1.80	450	bcd	6.80	206	abc	13.7	248	ab	29.7	179	ab
12 CK ₁	0.40	100	f	3.30	100	d	5.50	100	c	16.6	100	c
13 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1.70	425	bcd	6.96	211	abc	11.00	200	b	32.4	196	ab

3.1.2 基肥肥效的变化规律 据 8 个基肥试验, 历年施肥对材积生长影响的变化及方差分析结果(表 3, 仅列出最佳处理), 可见施肥当年肥效最大, 其肥效以 3_a 前较稳定, 大部分达极显著水平。以后随树龄增长肥效下降, 但至调查的 5_a 时仍有增产效果。

表 3 的结果还表明, 桉树基肥效果因立地(土壤)、树种、肥料品种而异, 施肥效应的大小与土壤肥力呈负相关, 即玄武岩+ 浅海沉积物砖红壤大于浅海沉积物砖红壤大于玄武岩砖红壤; 与树种的关系是雷林 1 号桉大于尾叶桉大于柠檬桉; 与苗木的关系是无性系苗大于实生苗。

表 3 基肥肥效的变化规律

%

试验号	土 壤	施肥种类	树 种	8月龄		20月龄		31月龄		4 _a		5 _a		备 注
				增产 %	F 值	增产 %	F 值	增产 %	F 值	增产 %	F 值	增产 %	F 值	
1	浅海沉积物	有机肥+ 无机肥	雷林1号桉	370	28.51	124	3.37	159	3.24			67	267	n=13, 试验苗为 实生苗
2	玄武岩		雷林1号桉	460	33.33	101	7.98	29	2.24			48	207	
3	浅海沉积物 + 玄武岩		雷林1号桉	209	23.19	282	6.43	160	3.59					
4	浅海沉积物		尾叶桉	146	37.71			53	3.94					
5	玄武岩		尾叶桉	582	36.12	70	1.68	28	1.87					
6	玄武岩		柠檬桉	69	23.68	57	2.41	21	1.52			25	1.84	
7	浅海沉积物	无机肥	尾叶桉	168	152.35	1957	13.98			315	5.786			n=12, 试验苗为 无性系苗
8	浅海沉积物		雷林1号	176		1538				480				

注: 增产%是最佳处理比不施肥处理的材积增长率。F 临界值 $F_{0.01} = 2.96$ ($n = 12, 26$); $F_{0.05} = 2.147$ ($n = 12, 26$); $F_{0.01} = 3.09$ ($n = 11, 24$); $F_{0.05} = 2.216$ ($n = 11, 24$)。

3.1.3 基施不同种肥料的施用效果 表 4 可知, 3 种肥料的肥效是不同的, 无机肥+ 有机肥施用效果最好, 其次是无机肥, 再次是有机肥。但是施无机肥+ 有机肥比单施无机肥的增产率是随树龄的增长而增长, 而施有机肥比无机肥的减产率恰恰相反, 有随树龄增长减少的趋势, 说明基肥施用有机肥不仅近期有效, 其肥效也较持久。因此桉树施肥应重视有机质肥料的施用。

表 4 不同种肥料对材积生长的影响

 $10^{-3} \text{m}^3 \cdot \text{株}^{-1}$

树 种	树 龄	无 机 肥		无机肥+ 有机肥		有 机 肥	
		V	%	V	%	V	%
雷林1号桉	8月龄	1.29	0	1.57	2.15	0.85	-34.1
	20月龄	7.12	0	7.81	9.75	4.43	-37.70
	5 _a	12.48	0	14.32	114.8	8.18	-34.40
尾叶桉	8月龄	0.66	0	1.22	84.8	0.57	-13.6
	20月龄	7.56	0	11.35	150.1	4.64	-38.6
	4 _a	31.46	0	35.49	112.8	28.70	-8.77

注: 无机肥中 V 是 1 号复合肥 5 个不同施肥处理的平均值; 无机肥+ 有机肥的 V 是 1 号复合肥 5 个不同施肥量各加滤泥 2.5 kg 处理的平均值; 有机肥的 V 是滤泥 2.5 kg 处理的结果。

3.1.4 有机肥不同施用量对材积生长的影响 上面已谈及基肥施用有机肥的重要性, 但有机肥的施用也不是越多越好, 在施滤泥 $1.5 \sim 2.5 \text{kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 范围, 随施用量增加而增加。施用量增加至 $3.5 \text{kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 时, 生长量反而下降 (见表 5)。说明桉树施滤泥应以 $2.5 \text{kg} \cdot \text{株}^{-1}$ 为宜。

表 5 有机肥不同施用量对材积生长的影响

 $10^{-3} \text{m}^3 \cdot \text{株}^{-1}$

处 理	8月龄			20月龄			4 _a		
	V	%	$LSD_{0.05}$	V	%	$LSD_{0.05}$	V	%	$LSD_{0.05}$
1.5 kg 滤泥+ $N_{15}P_{25}+ K_{25}$	1.08	771	a	8.55	1781	a	12.3	556	a
2.5 kg 滤泥+ $N_{15}P_{25}+ K_{25}$	1.12	800	a	8.84	1842	a	13.5	611	a
3.5 kg 滤泥+ $N_{15}P_{25}+ K_{25}$	1.09	779	a	8.13	1694	a	12.35	559	a
5 kg 滤泥+ $N_{15}P_{25}+ K_{25}$	1.08	771	a	7.88	1642	a	12.0	543	a
$N_{15}P_{25}+ K_{25}$	1.00	707	b	7.99	1665	a	10.1	457	b
CK(不施肥)	0.14	100	c	0.48	100	b	2.21	100	c
F 检验 (F)	62.41			5.39			6.21		

注: $F_{0.05} = 3.18$, $F_{0.01} = 5.20$ 。

3.2 追肥效应

3.2.1 不同树龄追肥对材积生长的影响 不同树龄时追肥试验结果(表6, 仅列出施肥后第3年的结果)表明追肥效果因树龄而异, 效果最大的是2年生(24月龄)时追肥, 除不施K(处理9)减1.87%外, 其余增产幅度为8%~54%, 方差分析达极显著水平。其次是3年生(36月龄)时追肥, 不施K(处理9)减产10%外, 增长幅度为1%~63%, 差异达90%水平, 最差是1年生(12月龄)追肥, 在玄武岩砖红壤上, 11个追肥处理有3个减产, 其余增产幅度4%~17%。在浅海沉积物砖红壤上11个追肥处理有7个减产, 其余4个处理增产幅度为7%~19%, 均未达显著水平。

按本试验设计的N、P、K效应处理的追肥结果可知, 除1年生外, 2、3年生追肥都以N₃₀P₃₀K₃₀全肥处理最好, 施P₃₀K₃₀缺N(处理1)、施N₃₀K₃₀缺P(处理6)、施N₃₀P₃₀缺K(处理9)都低于N₃₀P₃₀K₃₀处理, 尤其是施N₃₀P₃₀缺K还出现负增长。说明追肥也应以N、P、K配合较好。

2、3年生追肥的不同处理的结果还表明, 除2年生施P量处理外, N、P、K施用的效果, 都有随施用量增加材积生长量增加的趋势。但各处理间经LSD的多重比较, 结果是施N₃₀~90 g·株⁻¹, P、K各15~30 g·株⁻¹较好。同时在各处理中以高N低P、K(处理4、5)较好, 即重N轻P、K配方可达到较好的施肥效果。

表6 雷林1号桉追肥效应

10⁻³m³·株⁻¹

处 理	1 年生		1 年生		2 年生		3 年生			
	玄武岩砖红壤		浅海沉积物砖红壤		浅海沉积物砖红壤		浅海沉积物砖红壤			
	V	%	V	%	V	%	LSD _{0.05}	V	%	LSD _{0.05}
1 N ₀ P ₃₀ K ₃₀	22.6	111	20.4	99.5	13.2	112	cd	10.1	116	ab
2 N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀	21.5	105	23.2	113	13.7	117	bcd	9.26	107	ab
3 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	23.6	116	20.1	97.9	14.6	125	abcd	11.0	127	ab
4 N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	22.9	112	18.7	91.1	17.4	148	ab	13.2	151	ab
5 N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	21.2	104	23.0	112	18.1	154	a	14.2	163	a
6 N ₃₀ P ₀ K ₃₀	19.7	96.4	20.2	98.4	12.7	108	cd	8.8	101	b
7 N ₃₀ P ₁₅ K ₃₀	21.7	106	20.0	97.4	16.1	137	abc	11.5	132	ab
8 N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	19.2	94.0	24.5	119	12.7	108	cd	12.3	141	ab
9 N ₃₀ P ₃₀ K ₀	22.7	117	17.9	87.2	11.5	98.2	d	7.82	90	b
10 N ₃₀ P ₃₀ K ₁₅	19.2	94.0	19.9	96.9	13.8	117	bcd	10.2	118	ab
11 N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀	21.4	105	22.2	107	14.7	128	abcd	12.8	147	ab
12 CK	20.4	100	20.5	100	11.7	100	d	8.69	100	b
F 值	0.37(NS)		1.15(NS)		3.85			2.08		

注: F 临界值 $F_{0.01} = 3.09$, $F_{0.05} = 2.216$, $F_{0.10} = 1.90$ ($n = 11, 24$); NS: 不显著。

3.2.2 追肥效应的变化规律 表7 历年较佳施肥处理比对照的增产率结果表明, 除1年生追肥外的大部分试验, 在施肥的当年增产最大, 以后随时间推移增产率呈下降趋势, 但至4年7个月最后一次调查时仍有增产的效果。

3.3 施肥对土壤养分的影响

3.3.1 施肥对土壤有机质和N、P、K养分的影响 种植桉树后土壤有机质有不同程度的下降, 浅海沉积物砖红壤下降不多(表8), 而玄武岩砖红壤下降明显, 下降幅度为8.95~1.26 g·kg⁻¹, 两者均以不施肥最甚。但施肥处理都比不施肥处理的土壤有机质含量高, 表明科学施肥不仅对林木生长有利, 对林地土壤的培肥也有重大意义。

表 7 雷林 1 号桉追肥效应的变化规律

试验号	土 壤	追肥时 树龄/月	追肥后 7 个月		追肥后 21 个月		追肥后 31 个月		追肥后 4 年 7 个月		较佳处理
			增产%	F 值	增产%	F 值	增产%	F 值	增产%	F 值	
追 1	玄武岩	12	10.0	0.74	20.0	1.22	12.0	0.37			N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
追 2	浅海沉积物	12	18.0	1.25	-0.18	0.6	-8.9	1.15	21.0	1.76	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
追 3	浅海沉积物	24	60.0	3.86	38.0	1.40	48.0	3.85			N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
追 4	浅海沉积物	36	133.0	2.00	40.0	0.65	51.0	2.08	29.0	2.19	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀

注: (1) 增产% 是较佳处理比不施肥处理的材积增长率; (2) F 临界值 $F_{\alpha, 01} = 3.09, F_{0.05} = 2.216 (N = 11, 24)$ 。

表 8 施肥对土壤养分的影响(浅海沉积物+玄武岩砖红壤)

处 理	pH	全量/ $g \cdot kg^{-1}$				有效 N		速效/ $mg \cdot kg^{-1}$	
		有机质	N	P	K	$mg \cdot kg^{-1}$	P	K	
试验前	4.4	6.56	0.32	0.11	2.60	43.8	4.8	40.0	
1 N ₀ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥 1.2 kg	4.4	6.33	0.31	0.10	1.93	39.2	0.34	12.3	
2 N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥 1.2 kg	4.2	7.33	0.33	0.10	2.12	30	0.7	12.3	
3 N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥 1.2 kg	4.2	6.77	0.34	0.09	1.01	40.2	0.6	24.8	
4 N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥 1.2 kg	4.1	5.96	0.32	0.10	1.55	39.2	0.9	10.3	
5 N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀ + 滤泥 1.2 kg	4.1	6.71	0.32	0.07	1.28	34.6	0.7	9.6	
6 N ₃₀ P ₀ K ₃₀ + 滤泥 1.2 kg	4.1	6.46	0.29	0.10	1.63	33.6	0.5	16.3	
7 N ₃₀ P ₁₅ K ₃₀ + 滤泥 1.2 kg	4.1	6.04	0.28	0.13	2.02	31.3	0.5	17.9	
8 N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀ + 滤泥 1.2 kg	4.2	6.59	0.28	0.11	1.86	44.7	0.6	15.4	
9 N ₃₀ P ₃₀ K ₀ + 滤泥 1.2 kg	4.1	6.45	0.35	0.12	1.04	41.7	0.5	9.8	
10 N ₃₀ P ₃₀ K ₁₅ + 滤泥 1.2 kg	4.1	6.34	0.32	0.13	2.18	36.9	1.8	11.1	
11 N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀ + 滤泥 1.2 kg	4.3	6.54	0.38	0.14	2.05	44.7	1.0	16.4	
12 CK ₁ (不施肥)	4.1	4.77	0.29	0.14	2.16	31.1	0.5	10.5	
13 CK ₂ (N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	4.0	6.04	0.29	0.11	1.89	53.7	0.7	8.0	

注: 以上为雷林 1 号桉 2.5 年生的试验数据。

种植桉树后土壤的全 N、P 和有效 N 变化不大, 而全 K、速效 P、K 明显下降。另从不同施肥处理的土壤速效 P、K 看, 土壤速效 P 随施 P 量(6、7、3、8 处理) 增加而增加, 土壤速效 K 也是随施 K 量(9、10、3、11 处理) 增加而增加, 说明施基肥时应重视有机肥和 P、K 肥的施用, 以补充土壤有机质和 P、K 养分的不足。

3.3.2 施肥对土壤速效微量元素含量的影响 从表 9 可知种植桉树 4.5 a 后不同处理土壤的速效微量元素含量有所不同。施肥的 5 个处理除 Fe、Mn 有所增加外, 其余的 Cu、Zn、B 都明显低于不施肥处理, 这是由于施肥后桉树生长优于无肥区, 对 Cu、Zn、B 的吸收量大于无肥区

表 9 施肥对土壤速效微量元素含量的影响

处 理	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1.5 kg 滤泥+ N ₁₅ P ₂₅ K ₂₅	13.8	0.25	0.22	0.84	0.31
2.5 kg 滤泥+ N ₁₅ P ₂₅ K ₂₅	13.9	0.31	0.21	0.83	0.30
3.5 kg 滤泥+ N ₁₅ P ₂₅ K ₂₅	12.7	0.34	0.19	0.42	0.30
5.0 kg 滤泥+ N ₁₅ P ₂₅ K ₂₅	56.7	2.33	0.19	0.96	0.30
N ₁₅ P ₂₅ K ₂₅	16.9	0.25	0.21	0.15	0.37
CK(不施肥)	12.6	0.20	0.24	1.09	0.44

注: 于有机肥施用量试验地施肥后 4.5 a 采样。

而造成,且所有处理 Cu、Zn、B 含量均低于临界值^[5]。这说明在给桉树施足 N、P、K 等大量元素基础上应补充适量的 Cu、Zn、B 等微量元素。

4 结 语

施肥对桉树生长有明显的促进作用,尤以施基肥为好,其施用效果与土壤肥力呈负相关,不同树种施肥效应也不同。基肥的肥效随树龄增长而下降,基肥施用以有机肥+ 无机肥 N、P、K 配合,以 P 为主配施 N、K 为佳。追肥效应因树龄而异,2 年生大于 3 年生大于 1 年生,也是以 N、P、K 配合,但以 N 为主配施 P、K 为佳。根据肥效及土壤肥力变化规律,对桉树施肥提出以下建议:

(1) 重施基肥。基肥以有机、无机肥配合为宜,每株可施有机肥 2.5 kg 左右,配施 N 15 g、P 30 g、K 15~30 g 或 1 号肥 0.25 kg,另加施适量的 B、Zn、Cu 等微量元素(具体施用量有待研究)。按此施用量及配方可采用多种施用方法:(1) 造林时全部一次施于穴底回土,雨后造林,此法省工、有利于机械操作,能保证按配方进行。但如施肥后回土不深,易灼伤幼苗根系,影响造林成活率。(2) 造林时施有机肥+ P 肥或 P、K 肥作基肥,造林成活后再追施 N 或 N、P 肥,能保证幼苗成活率,但花工多,大面积施肥有困难。施用 1 号肥的也可按此法分基追 2~3 次施下。

(2) 适时追肥。基肥施用虽然效果显著,但其肥效随树龄增长,将随之下降,为了达到较高的生长量,还应进行追肥。据不同时期的追肥效果和肥效持续时间,追肥时建议如下:

1 年生时,在施足基肥基础上一般可不追肥,但也应视林木生长情况,对生长差的补追少量 N、K 肥。

2 年生时应重追肥,雷林 1 号桉每株施 N 30~90 g、P 和 K 各 15~30 g 或 2 号复合肥每株 200~500 g。柠檬桉每株 N 15 g、P 30 g、K 30 g 或 1 号肥 250 g。

3 年生时因 2 年生时追下的肥料仍有后效,可不追肥。

4 年生时每株追施 N 30~90 g、P 和 K 各 15~30 g 或 2 号复合肥 200~500 g,追肥后 2~3 年砍伐,其肥效仍保持较高水平,可充分发挥施肥的效益。

参 考 文 献

- 1 林书蓉,李淑仪,廖观荣,等.桉树氮、磷、钾施肥研究初报.见:张万儒,刘寿波主编.森林与土壤.北京:中国科学技术出版社,1992.287~292.
- 2 周文龙,梁坤南.尾叶桉前三年施肥效应研究.林业科学研究,1996,9(增刊):146~150.
- 3 吴泽鹏,叶淡元,李倘弟,等.尾叶桉二年施肥效应研究.林业科学研究,1996,9(增刊):158~161.
- 4 北京林学院.测树学.北京:北京林业大学出版社,1984.49.
- 5 中国南京土壤研究所.微量元素肥料.北京:化学工业出版社,1978.180.

A Study on Fertilization of Short Rotation Eucalyptus Plantations

Lin Shurong Li Shuyi Liao Guanrong Lan Peiling Liao Xinrong

(Institute of Eco-environment and Pedology, Science Academy of Guangdong Province, 510650, Guangzhou, China)

Abstract Present paper dealt with the fertilizing quantities by artificial control on eucalyptus at different forest age in stationary experiment. The result show that (1) The effect were striking in basal manure on eucalyptus, its effect could continued for 5 years and more, but its effect come down along with the increase of forest age. The suitable playing quantities of basal manure were organic manure 2.5 kg, in harmony with $N_{15}P_{30}K_{15-30}$ and fit B, Zn, Cu per tree. (2) The effect of top dressing varied from forest age to forest age, that were 2 years old > 3 years old > 1 years old. The suitable playing quantities of top dressing were $N_{30-60}, P_{15-30}, K_{15-30}$. (3) After eucalyptus plantation the vast majority of soil organic were come down differently, total N, total P and available N were not striking, but soil total K, available P, K, B, Zn, and Cu were significantly come down. In addition, the paper comprehended those results for scientific fertilization of short rotation eucalyptus plantation.

Key words eucalyptus; fertilizer application effect; soil nutrient