

文章编号:1001-1498(2004)03-0327-07

施肥对尾叶桉 MLA 无性系幼林 生物量及养分含量的影响*

梁坤南¹, 周文龙¹, 李贻铨²

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所,广东 广州 510520; 2. 中国林业科学研究院林业研究所,北京 100091)

摘要:对建立在广东开平的尾叶桉 MLA 6 年生无性系施肥试验林进行了生物量和养分的测定与分析,结果表明:尾叶桉 MLA 无性系幼林早期施肥促进了无性系的生长,也促进了生物量的增加。生长最佳的施肥处理 $N_{75}P_{200}K_{60}$,其 6 年生的生物量最大,地上生物量和树干生物量分别为 $65.95, 54.94 t \cdot hm^{-2}$,分别是不施肥处理的 2.37 和 2.36 倍,分别是最大施肥量处理 $N_{75}P_{300}K_{95}$ 的 1.65 倍和 1.67 倍。通过胸径和树高与生物量建立的回归方程,可预测尾叶桉 MLA 无性系单株或林分生物量。叶片的 N、P、K 含量较高,施肥促进了尾叶桉无性系对营养元素的吸收和积累。

关键词:尾叶桉;尾叶桉 MLA 无性系;生物量;养分含量

中图分类号:S792.39 **文献标识码:**A

尾叶桉 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake) 是我国南方重要的短周期纸浆材树种,因生长快,周期短(6~7 a),造纸性能好,在我国南方地区得到迅速推广种植,尤其是尾叶桉无性系的推广应用,使桉树人工林的生产力得到大幅度的提高。在栽培技术方面,施肥是提高林木产量的重要手段之一。施肥对尾叶桉的生长起到显著的促进作用,此方面已有许多报道^[1~12]。但这些报道多侧重在尾叶桉生长指标方面,而目前作为纸浆材使用较多的单位面积木片产量则报道较少。林木生物量是衡量短周期纸浆材林产量高低的重要指标之一。本文对 6 年生尾叶桉无性系施肥试验林进行生物量及养分状况的测定与分析,以期对尾叶桉无性系制定合理的施肥方案提供科学依据。

1 试验地概况^[12]

试验地位于广东省西南部开平市境内的镇海林场,22°25'~22°40' N,112°15'~112°45' E。海拔 80 m,坡度为 15°以下的丘陵地,土壤为粉砂质砂岩发育的赤红壤,土层深厚,厚度大于 1.5 m,0~40 cm 土层有机质含量 $20.49 g \cdot kg^{-1}$,全 N 含量 $0.64 g \cdot kg^{-1}$,有效 P 含量 $0.41 mg \cdot kg^{-1}$,有效 K 含量 $14.87 mg \cdot kg^{-1}$ 。土壤严重缺 P,少 K、N,有机质中下。植被原为马尾松

收稿日期:2003-12-02

基金项目:世行贷款国家造林项目(1991—1995)和森林资源发展和保护项目(1996—2000)“主要树种丰产林施肥技术研究”课题(90-08)以及广东桉树发展工程“桉树营养诊断与林地改良的研究”内容之一

作者简介:梁坤南(1962—),男,广西北流人,副研究员。

* 参加本试验的还有何其轩、潘一峰、刘文明等同志,试验得到广东省开平市林业局和镇海林场的大力支持,在此一并致谢!

(*Pinus massoniana* Lamb.) 人工林, 林下植被主要有芒箕 (*Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Bernh.)、桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk.) 等。气候为南亚热带季风气候, 年降水量 1 822 mm, 多集中在 3—9 月份。年平均气温 22.1, 极端最高气温 38.3, 极端最低气温 1, 有霜期 3 d, 年平均相对湿度 80%。

2 试验材料和方法

尾叶桉优良无性系选用由广东省雷州林业局选出的、广东省林科院组培生产的 MLA (*Eucalyptus urophylla* cl. MLA), 是高度抗青枯病的无性系^[11]。

肥料选用尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (N-46%))、过磷酸钙 ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (P_2O_5 -12%)) 和氯化钾 (KCl (K_2O -60%))。N、 P_2O_5 和 K_2O 的施肥

水平分别为 2、4、2, 其施肥的有效含量见表 1。试验以混合正交设计产生 8 个施肥处理(肥料配比)(表 2), 以不施肥为对照(CK)。大田采用随机区组排列, 3 次重复。25 株小区, 中间 9 株为试验观测株。试验地采用撩壕整地, 壕宽 40 cm、深 40 cm。壕间距 3.0 m。株行距 2.0 m \times 3.0 m, 密度 1 667 株 hm^{-2} 。P、K 肥作基肥; N 肥平分 3 次施用, 作基肥、种植后当年和第 2 年施入。

表 1 施肥水平和施肥量

施肥水平	因子和施肥量		
	N/(kg hm^{-2})	P_2O_5 /(kg hm^{-2})	K_2O /(kg hm^{-2})
1	50	150	50
2	75	200	75
3		250	
4		300	

表 2 施肥试验处理

处理号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
肥料配方	$\text{N}_{50}\text{P}_{150}\text{K}_{50}$	$\text{N}_{75}\text{P}_{150}\text{K}_{75}$	$\text{N}_{50}\text{P}_{200}\text{K}_{75}$	$\text{N}_{75}\text{P}_{200}\text{K}_{50}$	$\text{N}_{50}\text{P}_{250}\text{K}_{75}$	$\text{N}_{75}\text{P}_{250}\text{K}_{50}$	$\text{N}_{50}\text{P}_{300}\text{K}_{50}$	$\text{N}_{75}\text{P}_{300}\text{K}_{75}$	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$

注: 右下标表示施肥的有效质量, 单位: kg hm^{-2} 。

造林后 6 个月观测树高、胸径, 并调查成活率。之后分别于 1、2、3、4、5、6 年生时进行树高、胸径的调查, 并测定不同施肥处理叶片中营养元素的含量。6 年生时按生长最好、施肥量最大及不施肥等选取 5 个处理(1、4、5、8 和 9), 进行地上生物量测定, 每个处理每个重复选 2 株平均木, 共计 30 株, 采用全部称量法测定各组分(去皮树干、树皮、树叶、树枝)的鲜质量, 并采集各组分样品(500~800 g), 在 80 恒温下烘至恒质量, 求植物含水量, 将各组分鲜质量换算成干质量。

植物体养分测定: 全 N 测定用蒸馏法, P 的测定用磷钼蓝比色法, K、Ca、Mg 用原子吸收光谱分析法测定。试验数据采用 GESTAT 统计软件包^[14], 对树高、胸径、单株材积和各组分生物量进行方差分析和多重比较。材积公式^[15]为: $V = H \times D^2 / 30\ 000$

3 结果与分析

3.1 施肥对尾叶桉 MLA 无性系生物量的影响

3.1.1 施肥对尾叶桉 MLA 无性系各组分生物量的影响 施肥不仅影响无性系的生长^[12,13], 而且也影响了生物量。经方差分析结果表明, 不同处理间除树皮、树枝、树叶的干质量差异不显著外, 地上部分干质量和树干干质量达显著差异(表 3)。这种显著差异主要体现在生长最

佳的施肥处理 4 与不施肥处理 9 间的差异,处理 4 的树干干质量和地上部分干质量分别达到 $32.96 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ ($54.94 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)、 $39.56 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$ ($65.95 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$),分别是不施肥处理的 2.37 和 2.36 倍,也分别是施肥量最大处理 8 的 1.65 倍和 1.67 倍;此外,施肥处理 5 的地上部分干质量和树干干质量也与不施肥处理的干质量差异显著(表 3)。从表 3 也可以看出,4 个施肥处理的各项生长指标和生物量指标均高于不施肥处理 9,说明施肥促进了无性系生长,也增加了地上部分各组分的生物量。尾叶桉无性系地上部分以树干占比例大,达 $81.17\% \sim 84.17\%$,树皮次之,为 $10.54\% \sim 12.91\%$,而枝叶最高的处理也仅占 6.14% 。枝叶多少在一定程度上反映树木生长状况,生长最佳的施肥处理 4 的树枝干质量和树叶干质量分别比对照处理 9 的高 202% 和 82%;而且不管地上部分,还是树干、树皮、树枝和树叶的生物量都比其它 4 个处理的高。

表 3 不同处理对尾叶桉 MLA 无性系地上部分各组分的影响

施肥处理	树高/ m	胸径/ cm	单株材 积/ m^3	地上部分干质量		树干干质量		树皮干质量		树枝干质量		树叶干质量	
				kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
1. N ₅₀ P ₁₅₀ K ₅₀	15.17	9.67ab	0.047 7	28.89 abc	100.0	23.45 abc	81.17	3.73	12.91	0.99	3.43	0.72	2.49
4. N ₇₅ P ₂₀₀ K ₅₀	16.73	11.05 a	0.068 7	39.56 a	100.0	32.96 a	83.32	4.17	10.54	1.54	3.89	0.89	2.25
5. N ₅₀ P ₂₅₀ K ₇₅	15.97	9.95 ab	0.055 3	31.78 ab	100.0	26.75 ab	84.17	3.44	10.82	0.85	2.68	0.74	2.33
8. N ₇₅ P ₃₀₀ K ₇₅	14.93	9.10 bc	0.041 3	24.01 bc	100.0	19.68 bc	81.97	2.95	12.29	0.81	3.37	0.57	2.37
9. N ₀ P ₀ K ₀	14.08	7.78 c	0.028 9	16.78 c	100.0	13.93 c	83.02	1.85	11.02	0.51	3.04	0.49	2.92
F 值	2.1	5.5	3.6	4.1		4.0		3.7		2.6		1.7	
显著水平	0.178 ^{ns}	0.02 [*]	0.056 ^{ns}	0.044 [*]		0.044 [*]		0.054 ^{ns}		0.119 ^{ns}		0.233 ^{ns}	

3.1.2 尾叶桉 MLA 无性系各组分对肥效的敏感性 各施肥处理的生长量和生物量与对照比较(表 4),最佳施肥处理 4 在形态和生物量中,树枝生物量对肥效最敏感,其次为树干生物量、单株材积和地上生物量。综合各施肥处理各指标对肥效的敏感性,它们的先后顺序为树枝、树皮、树干、地上部分、单株材积、树叶、胸径和树高,其中树干、地上部分和材积的敏感性近似。

表 4 尾叶桉 MLA 无性系幼林施肥处理的生长量和生物量与对照的比值

施肥处理	树高	胸径	单株材积	地上部分干质量	树干干质量	树皮干质量	树枝干质量	树叶干质量
1. N ₅₀ P ₁₅₀ K ₅₀	1.08	1.24	1.65	1.72	1.68	2.02	1.94	1.47
4. N ₇₅ P ₂₀₀ K ₅₀	1.19	1.42	2.37	2.36	2.37	2.25	3.02	1.82
5. N ₅₀ P ₂₅₀ K ₇₅	1.13	1.28	1.91	1.89	1.92	1.86	1.67	1.51
8. N ₇₅ P ₃₀₀ K ₇₅	1.06	1.17	1.43	1.43	1.41	1.59	1.59	1.16
平均	1.12	1.28	1.84	1.85	1.85	1.93	2.06	1.49
9. N ₀ P ₀ K ₀	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

3.1.3 尾叶桉 MLA 无性系各组分生物量估算 以最佳施肥处理和对照处理各组分生物量与 D 和 $(D^2 H)$ 进行非线性回归,分别得出两种处理的各组分生物量最佳估算模型(表 5)。在所有非线性模型中,以地上部分生物量和树干生物量的回归效果较好,经检验,相关系数和 F 值均达到极显著水平。因此,若无性系造林施肥采用最佳处理,则用 6 年生的平均胸径或平均树高和平均胸径,以下列模型来估算 6 年生的无性系单株或单位面积地上生物量和树干生物量,对尾叶桉无性系的木片产量估算有实际应用价值。

表 5 尾叶桉 MLA 无性系各组分生物量估算模型

组分	最佳施肥处理			不施肥对照处理		
	相关模型	相关系数	F 检验水平	相关模型	相关系数	F 检验水平
地上部分	$W_{\text{地上}} = 0.021\ 354 D^{3.127\ 370}$	0.979	0.000 6 ***	$W_{\text{地上}} = 0.055\ 460 D^{2.772\ 770}$	0.973	0.001 1 ***
树干	$W_{\text{树干}} = 0.014\ 300 D^{3.218\ 193}$	0.983	0.000 4 ***	$W_{\text{树干}} = 0.056\ 371 D^{2.674\ 736}$	0.971	0.001 2 ***
D 树皮	$W_{\text{树皮}} = 178.129\ 332 - 31.942\ 636 D + 1.461\ 5 D^2$	0.961	0.021 0 *	$W_{\text{树皮}} = 0.004\ 488 D^{2.921\ 336}$	0.965	0.001 9 ***
树枝	$W_{\text{树枝}} = 60.829\ 080 - 11.757\ 342 D + 0.576\ 670 D^2$	0.851	0.144 2 ^{ns}	$W_{\text{树枝}} = 0.000\ 164 D^{3.877\ 186}$	0.746	0.088 8 ^{ns}
树叶	$W_{\text{树叶}} = 0.000\ 070 D^{3.923\ 802}$	0.961	0.002 2 ***	$W_{\text{树叶}} = 0.000\ 029 D^{4.681\ 726}$	0.790	0.056 9 ^{ns}
地上部分	$W_{\text{地上}} = 0.020\ 589 (D^2 H)^{0.990\ 513}$	0.915	0.010 0 **	$W_{\text{地上}} = 0.008\ 682 (D^2 H)^{1.117\ 690}$	0.966	0.001 7 ***
树干	$W_{\text{树干}} = 0.011\ 817 (D^2 H)^{1.039\ 387}$	0.937	0.005 8 ***	$W_{\text{树干}} = 0.008\ 846 (D^2 H)^{1.087\ 536}$	0.973	0.001 1 ***
D ² H 树皮	$W_{\text{树皮}} = 25.366\ 8 - 0.022\ 010 D^2 H + 0.000\ 005\ 5 (D^2 H)^2$	0.924	0.056 0 ^{ns}	$W_{\text{树皮}} = 0.000\ 715 (D^2 H)^{1.160\ 309}$	0.944	0.004 6 ***
树枝	$W_{\text{树枝}} = 0.000\ 000\ 6 (D^2 H)^{1.914\ 226}$	0.630	0.180 0 ^{ns}	$W_{\text{树枝}} = 0.000\ 025 (D^2 H)^{1.457\ 328}$	0.691	0.128 6 ^{ns}
树叶	$W_{\text{树叶}} = 0.000\ 053 (D^2 H)^{1.274\ 484}$	0.921	0.009 0 ***	$W_{\text{树叶}} = 0.000\ 002\ 4 (D^2 H)^{1.796\ 618}$	0.755	0.082 7 ^{ns}

注:相关模型中 W (生物量)、 D (胸径)、 H (树高)的单位分别为 kg、cm 和 m。

3.2 施肥对尾叶桉 MLA 无性系树体营养元素的影响

3.2.1 施肥对不同组分以及树体营养元素含量的影响 从表 6 可以看出施肥对各组分生物量和营养元素含量的影响。施肥能增加 Ca 的吸收,使树皮 Ca 的含量成倍增加,最高的是不施肥处理 9 的 2.34 倍,树枝 Ca 的含量也高于不施肥处理,树干 Ca 的含量除施肥处理 4 外,其余均高于不施肥处理 9;树皮和树枝的 P 含量施肥处理要比不施肥的高。在贮藏器官的树干和树皮中,施肥处理的 S 和 B 营养元素含量低于不施肥处理的含量。同样,施肥对树体营养元素的平均含量也存在影响,与不施肥处理比较,施肥增加了树体的 Ca、P 的平均含量,说明施肥促进了 Ca 和 P 的吸收;然而施肥增加了生物量,也对 Mg、S 和 B 的含量起到稀释作用,因此,这些营养元素在树体的含量低于不施肥处理。

此外,不同营养元素在植物体各组分的分布不同,树干中各种营养元素的含量最低。树叶中 N 的含量最高,达 $8.262 \sim 15.745 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,大小排序为树叶 > 树枝 > 树皮 > 树干,P、Mg、S、B 与 N 大小排序基本一致。树叶和树皮 K 的含量略高于树枝的含量,而树皮中 Ca 的含量最高,其次是树枝。总的来说,N、P、K 三大施肥要素在叶片的含量较高,通过叶片测定可基本上反映树体的营养水平。

3.2.2 施肥对不同组分以及树体养分积累的影响 N、P、K、Ca、Mg 和 S 在各器官中的积累量施肥处理要高于不施肥处理(表 7)。积累量的高低,由生物量所决定,生物量越大,器官中养分积累量也越多;但也有例外,尽管树皮的生物量不大,但由于 Ca 的含量高,因此,树皮中 Ca 的积累量要大于其它器官 Ca 的积累量。N 的积累主要在树干,其次在树叶,施肥处理中以最佳施肥处理的 N 积累量最大。

表6 施肥对6年生尾叶桉无性系幼林地上部分各组分生物量和营养元素含量的影响

处理	组分	生物量/ kg	营养元素含量/(g·kg ⁻¹)						
			N	P	K	Ca	Mg	S	B
1	树干	23.45	1.110	0.049	1.011	1.140	0.050	0.030	0.002 7
	树皮	3.73	2.092	0.609	8.851	15.239	0.260	0.307	0.008 3
	树枝	0.99	4.841	0.849	8.124	7.729	0.350	0.464	0.011 9
	树叶	0.72	15.745	0.924	7.332	5.220	0.789	1.924	0.019 3
	(平均 [*])	28.89	1.729	0.171	2.425	3.288	0.106	0.128	0.004 1
4	树干	32.96	2.005	0.031	0.685	0.856	0.049	0.071	0.002 2
	树皮	4.17	3.301	0.441	6.892	12.844	0.290	0.249	0.008 0
	树枝	1.54	4.504	0.892	7.053	6.124	0.331	0.337	0.009 7
	树叶	0.89	13.49	0.984	6.940	4.326	0.803	1.520	0.019 0
	(平均 [*])	39.56	2.497	0.129	1.728	2.403	0.102	0.133	0.003 5
5	树干	26.75	0.739	0.089	0.808	1.381	0.046	0.083	0.002 3
	树皮	3.44	1.682	1.081	8.937	16.271	0.240	0.301	0.010 6
	树枝	0.85	3.706	0.852	6.494	6.640	0.322	0.364	0.010 4
	树叶	0.74	8.626	0.762	9.730	6.040	0.474	1.610	0.021 0
	(平均 [*])	31.78	1.104	0.232	2.048	3.242	0.084	0.150	0.003 9
8	树干	19.68	0.585	0.075	0.800	2.401	0.047	0.034	0.004 4
	树皮	2.95	1.884	0.800	8.583	16.346	0.299	0.328	0.010 4
	树枝	0.81	4.188	0.817	7.632	6.405	0.277	0.485	0.010 2
	树叶	0.57	13.681	0.931	9.259	5.877	0.768	1.734	0.023 4
	(平均 [*])	24.01	1.177	0.209	2.188	4.332	0.103	0.126	0.005 8
9	树干	13.93	0.847	0.055	0.772	0.991	0.064	0.089	0.006 7
	树皮	1.85	1.802	0.290	8.843	6.979	0.311	0.346	0.012 2
	树枝	0.51	5.334	0.720	9.194	5.825	0.250	0.473	0.011 6
	树叶	0.49	14.223	0.933	9.464	5.111	0.730	1.553	0.022 6
	平均 [*]	16.78	1.479	0.127	2.172	1.918	0.116	0.172	0.007 9

注: *指经各组分生物量加权得到的树木元素平均含量。

施肥处理的树体仅 Ca 和 P 的含量高于不施肥处理,但施肥的树体养分除 S 和 B 外,其它养分积累量均高于不施肥处理,尤其是 Ca 积累量是不施肥处理的 2.95~3.23 倍,其次是 K,为 1.44~1.92 倍(表 7)。不同施肥处理树体养分积累量大小排序不相同,最佳施肥处理 4,为 N>Ca>K>P>S>Mg>B,其它 3 个施肥处理则为 Ca>K>N>P>S>Mg>B,而对照处理的为 K>Ca>N>S>P>Mg>B。4 个施肥处理的 7 种养分积累量之和均高于不施肥处理,尤其是最佳施肥处理 4 的 7 种养分积累量之和是不施肥处理 9 的 2.75 倍。因此,施肥处理,尤其是最佳施肥处理除极大地促进了尾叶桉的生长外,也促进了对营养元素的吸收和积累。

表7 施肥对尾叶桉无性系幼林地上部分不同组分生物量和树体养分积累量的影响

处理	组分	生物量/ kg	养分积累量/(g·株 ⁻¹)							合计
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	
1	树干	23.45	26.03	1.15	23.71	26.73	1.17	0.70	0.062	79.56
	树皮	3.73	7.80	2.27	33.01	56.84	0.97	1.15	0.031	102.08
	树枝	0.99	4.79	0.84	8.04	7.65	0.35	0.46	0.012	22.15
	树叶	0.72	11.34	0.67	5.28	3.76	0.57	1.39	0.014	23.01
	(合计)	28.89	49.96	4.93	70.04	94.98	3.06	3.69	0.120	226.79
4	树干	32.96	66.08	1.02	22.58	28.21	1.62	2.34	0.071	121.92
	树皮	4.17	13.77	1.84	28.74	53.56	1.21	1.04	0.033	100.18
	树枝	1.54	6.94	1.37	10.86	9.43	0.51	0.52	0.015	29.65
	树叶	0.89	12.01	0.88	6.18	3.85	0.71	1.35	0.017	24.99
	(合计)	39.56	98.79	5.11	68.36	95.05	4.05	5.25	0.140	276.75
5	树干	26.75	19.77	2.38	21.61	36.94	1.23	2.22	0.062	84.22
	树皮	3.44	5.79	3.72	30.74	55.97	0.83	1.04	0.036	98.12
	树枝	0.85	3.15	0.72	5.52	5.64	0.27	0.31	0.009	15.63
	树叶	0.74	6.38	0.56	7.20	4.47	0.35	1.19	0.016	20.17
	(合计)	31.78	35.09	7.39	65.08	103.03	2.68	4.76	0.120	218.14
	树干	19.68	11.51	1.48	15.74	47.25	0.92	0.67	0.087	77.67
	树皮	2.95	5.56	2.36	25.32	48.22	0.88	0.97	0.031	83.34
	树枝	0.81	3.39	0.66	6.18	5.19	0.22	0.39	0.008	16.05
	树叶	0.57	7.80	0.53	5.28	3.35	0.44	0.99	0.013	18.40
	(合计)	24.01	28.26	5.03	52.52	104.01	2.47	3.02	0.140	195.45
9	树干	13.93	11.80	0.77	10.75	13.80	0.89	1.24	0.094	39.35
	树皮	1.85	3.33	0.54	16.36	12.91	0.58	0.64	0.023	34.38
	树枝	0.51	2.72	0.37	4.69	2.97	0.13	0.24	0.006	11.12
	树叶	0.49	6.97	0.46	4.64	2.50	0.36	0.76	0.011	15.70
	(合计)	16.78	24.82	2.13	36.44	32.19	1.95	2.88	0.130	100.55

4 结论

(1) 施肥促进了尾叶桉的生长,也增加了尾叶桉的生物量。施肥处理与不施肥处理间地上生物量和树干生物量差异显著。处理4的生长最好,各组分生物量也最大,尤其是树干生物量(54.94 t·hm⁻²)和地上生物量(65.95 t·hm⁻²)分别是不施肥处理的2.37和2.36倍,也分别是最大施肥量处理的1.65倍和1.67倍。各组分生物量的排序为:树干>树皮>树枝>树叶,树干生物量占地上生物量的81.20%~84.17%,树皮为10.54%~12.29%。

(2) 地上生物量和树干生物量分别与D和(D²H)的回归相关最密切,而F值检验极显著。造林施肥采用最佳处理,可以6年生树高和胸径,估算单株或林分的地上生物量和树干生物量。

(3) 不同营养元素在植物体各组分的含量不同,各种营养元素在树干的含量最低。N、P、K

三大施肥要素在叶片的含量较高,通过叶片测定可基本上反映树体的营养水平。施肥促进了树干和树皮中的 N、P 和 Ca 含量的增加,使 Ca 在树皮中含量成倍的增加。N、P、K、Ca、S 和 Mg 在树体中的积累量施肥处理比不施肥处理高,因此,施肥处理极大地促进了尾叶桉 MLA 无性系的生长,也促进了对营养元素的吸收和积累。

参考文献:

- [1] 李贻铨,洪顺山,周文龙,等. 杉、松、桉幼林两年施肥效应研究[J]. 林业科学研究,1995,8(3): 235~240
- [2] 周文龙. 尾叶桉幼林施肥效应研究[J]. 林业科学研究,1995,8(2): 159~163
- [3] 陈代喜,陈建波,黄锦芬,等. 尾叶桉幼林施肥效应初步研究[J]. 广西林业科学,1995,24(4): 169~172
- [4] 周文龙,梁坤南. 尾叶桉幼林前三年施肥效应的研究[J]. 林业科学研究,1996,9(Mem.): 146~150
- [5] 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(Mem.): 161~166
- [6] 周文龙,梁坤南. 施肥对尾叶桉养分的影响[J]. 林业科学研究,1996,9(Mem.): 151~156
- [7] 周文龙,梁坤南. 不同 P 肥对尾叶桉幼林生长效应的研究[J]. 林业科学研究,1996,9(Mem.): 157~160
- [8] 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
- [9] 李尚弟,吴泽鹏,叶淡元,等. 尾叶桉、湿地松 1~6 年生施肥效应研究[J]. 广东林业科技,1999,15(1): 16~24
- [10] 黄益宗,冯宗炜,黎向东,等. 应用“416A”最优混合设计研究尾叶桉肥效与营养诊断[J]. 林业科学,1999,35(6): 10~18
- [11] 肖文光,肖路明,刘朝,等. 施肥对尾叶桉无性系 MLA 生长影响的研究[J]. 广东林业科技,1998,14(2): 14~18
- [12] 梁坤南,周文龙. 尾叶桉无性系幼林施肥效应的研究[J]. 林业科学研究,1999,12(2): 127~131
- [13] 梁坤南,周文龙,李贻铨. 尾叶桉无性系施肥 6 年的生长效应[J]. 广东林业科技,2003,19(1): 1~5
- [14] Payne R W, Lane P W, Ainsley A E, et al. The Genstat 5 Reference Manual[M]. Oxford: Oxford University Press, 1989
- [15] Mckenney D W, Davis J, Turnbull J W, et al. The Impact of Australian Tree Species Research in China[A]. Canberra: ACIAR Economic Assessment Series, 1991. 12

Effects of Fertilization on Biomass and Nutrient Contents of *Eucalyptus urophylla* cl. MLA Young Plantation

LIANG Kun-nan¹, ZHOU Wen-long¹, LI Yi-quan²

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: The biomass and nutrient contents of *Eucalyptus urophylla* cl. MLA plantation with early-stage fertilizer trial established at Kaiping, Guangdong, were measured and analyzed at 6 year old. The results showed that fertilizer applied at early-stage promoted the growth and increasing of biomass of *E. urophylla* cl. MLA plantation. The treatment with the best increment at 6 year old had the biggest biomass with the biomass on ground of $65.95 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ and stem biomass of $54.94 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, which were respectively 2.37 times and 2.36 times that of no fertilizer treatment, and 1.65 times and 1.67 times that of the treatment with the biggest fertilizer quantity respectively. The single biomass and stand biomass of *E. urophylla* cl. MLA plantation might be forecasted by the regression equation established through height, DBH and biomass. N, P and K in foliage had bigger nutrient concentrations. Fertilizers applied had promoted to absorb and accumulate to nutrient elements for *E. urophylla* clone.

Key words: *Eucalyptus urophylla*; *Eucalyptus urophylla* cl. MLA; biomass; nutrient contents