

赤红壤表土育苗施石灰后施 P、Zn、B 对巨桉苗生长的影响*

仲 崇 禄

关键词 巨桉 石灰 施肥 苗木

对巨桉(*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden) 苗营养研究国内外有些报道^[1-5], 但未见有关对巨桉施石灰调整土壤酸度后再施肥的报道。热带地区的赤红壤, 多呈酸性, P 普遍缺乏, B 或 Zn 都是影响树木生长的主要微量元素, 也影响巨桉苗生物量的积累^[4]。石灰, P、B 和 Zn 肥极易从商业性化学产品中获得, 所以该试验选用石灰调节土壤 pH 值, 并用 P、B、Zn 及其组合作为施肥处理。本研究的目的是探讨在赤红壤和腐殖质赤红壤上单施石灰及施石灰后再用 P、Zn 和 B 单独施用或组合施用对巨桉苗生长量和生物量的影响。

1 材料和方法

1.1 材料

试验在澳洲 CSIRO 的 Davies 实验室的温室中进行, 试验期间的温度为 19.0 ~ 36.0 。种子采自澳大利亚昆士兰州的 Ravenshoe。土壤取自昆士兰州北部热带森林中 0~30 cm 的表土^[4]。并且过 5 mm 细筛。培养容器为上口直径 10 cm, 底部直径 8 cm 且高 12 cm 的黑色塑料杯, 使用时再内衬底部密封的塑料袋。

1.2 试验方法

种子表面消毒后播种于经高温灭过菌的沙土中。试验用土在 60 烘箱中烘 3 d, 以消灭土壤中的真菌, 然后称土重(0.8 kg/杯)。培养杯置于温室中的铁丝床上, 每隔两周移动一次铁床, 以便受光均匀。试验采用 2 因素完全随机区组设计(a two factorial complete randomized block), 土壤类型为 2 种, 每种处理有 5 杯, 重复 3 次。每种土壤均用 7 种处理, 分别是 CK(对照, 未施任何营养元素)、L(只施石灰, 3.0 g CaCO₃ 粉末/kg 土)、LP(施石灰+ NaH₂PO₄ · H₂O, 22.7 mg P/kg 土); LZn(施石灰+ ZnSO₄ · 7H₂O, 2.3 mg Zn/kg 土); LB(施石灰+ H₃BO₃, 0.7 mg B/kg 土); LPZn(施 LP+ LZn); LPZnB(施 LP+ LZn+ LB)^[5]。试验开始前 2 周施石灰于育苗杯中后, 用玻璃棒搅匀并每天浇一次水, 使石灰与土壤充分混合。滴注营养液后 3 d, 每杯移植入 1 株苗(苗高约 2.5 cm, 主根长约 6.0 cm)。移植后 105 d 时收获, 内容包括测量苗高 H (cm), 地径 D_0 (cm), 全部苗木都在 105 烘干至恒重, 每株苗按叶、根系及茎枝三部分称得对应的生物量, 分别用 W_l 、 W_u 和 W_s 表示(g/株), 并计算地上生物量 $W_a = W_l + W_s$ (g/株)、地下生物量即根系生物量 W_u (g/株) 和总生物量 $W_t = W_a + W_u$ (g/株)。

1995—05—10 收稿。

仲崇禄研究员(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)。

* 本文为 1987~1990 年中澳合作项目“借助菌根菌接种提高桉树和木麻黄人工林生产力研究”的部分内容。试验期间得到澳大利亚科工组织 P. Reddell 博士和热林所弓明钦研究员的帮助, 特此致谢。

2 结果与分析

2.1 生长及生物量指标方差分析

以生长和生物量指标平均值作方差分析, 结果表明巨桉苗高、地径、地上生物量、茎枝生物量、叶生物量、根生物量和总生物量在施肥处理间土壤间及土壤与施肥的交互作用间均有显著差异, 而重复间无显著差异(表 1)。说明育巨桉苗时, 不同施肥处理和不同土壤会显著地影响苗木的生长和生物量的积累。但各指标的交互作用项都存在着显著差异, 为鉴别各施肥处理的效果, 还需按土壤类型进行多重比较分析(表 2)。

表 1 生长量和生物量指标的方差分析

变源	自由度	F 值						
		H	D ₀	W _a	W _s	W _l	W _u	W _t
土壤 S	1	43.8***	38.5***	183.9***	80.5***	149.9***	67.5***	173.7***
施肥 F	6	181.7***	373.9***	437.0***	279.0***	298.9***	189.2***	427.4***
重复	2	0.91 ^{NS}	0.74 ^{NS}	0.98 ^{NS}	0.15 ^{NS}	1.18 ^{NS}	0.17 ^{NS}	0.72 ^{NS}
S × F	6	4.5***	7.6***	11.7***	4.9***	15.1***	3.85**	8.2***

注: *** 示 0.01 水平上显著; ** 示 0.05 水平上显著; NS 示无显著差异。

表 2 7 个指标的平均值及多重比较

(Duncan 法, P= 0.05)

土类	处理	H	D ₀	W _a	W _s	W _l	W _u	W _t	综合评价值	序号
赤	CK	12.0 e (1.0)	0.11 e (1.0)	0.099 f (1.0)	0.046 d (1.0)	0.054 f (1.0)	0.044 c (1.0)	0.143 f (1.0)	0.100	7
	L	26.4 bc (2.2)	0.23 b (2.2)	1.638 c (16.5)	0.639 b (14.1)	0.998 c (18.6)	0.642 a (14.6)	2.280 c (15.9)	0.825	4
	LP	26.4 bc (2.2)	0.27 a (2.6)	2.013 b (20.3)	0.704 ab (15.5)	1.309 b (24.3)	0.623 a (14.2)	2.637 b (18.4)	0.910	3
红	LZn	21.6 d (1.8)	0.15 d (1.4)	0.362 ef (3.65)	0.112 cd (2.5)	0.250 e (4.6)	0.105 bc (2.4)	0.467 e (3.3)	0.312	6
	LB	25.6 c (2.1)	0.20 c (1.9)	0.641 d (6.47)	0.215 c (4.7)	0.427 d (7.9)	0.202 b (4.6)	0.844 d (5.9)	0.480	5
壤	LPZn	28.1 ab (2.3)	0.28 a (2.6)	2.353 a (37.7)	0.706 ab (15.5)	1.648 a (30.6)	0.590 a (13.4)	2.943 a (20.6)	0.974	1
	LPZnB	28.4 a (2.4)	0.27 a (2.5)	1.866 b (18.8)	0.802 a (17.6)	1.064 c (19.8)	0.670 a (15.2)	2.536 bc (17.7)	0.925	2
腐	CK	16.2 c (1.0)	0.12 d (1.0)	0.197 e (1.0)	0.089 e (1.0)	0.108 d (1.0)	0.087 c (1.0)	0.284 d (1.0)	0.100	7
	L	27.8 ab (1.7)	0.24 c (1.9)	2.185 c (11.1)	0.705 c (8.0)	1.480 b (13.7)	0.731 a (8.4)	2.916 b (10.3)	0.808	4
	LP	28.6 a (1.8)	0.27 b (2.2)	2.539 b (12.9)	0.862 b (9.7)	1.678 ab (15.5)	0.803 a (9.2)	3.343 a (11.8)	0.913	3
质	LZn	25.4 b (1.6)	0.20 d (1.6)	1.051 d (5.3)	0.317 d (3.6)	0.733 c (6.8)	0.296 b (3.4)	1.348 c (4.7)	0.468	5
	LB	25.5 b (1.6)	0.19 d (1.6)	0.861 d (4.4)	0.250 d (2.8)	0.611 c (5.6)	0.231 b (2.7)	1.092 c (3.8)	0.422	6
红	LPZn	29.1 a (1.8)	0.29 a (2.4)	2.566 ab (13.0)	0.955 ab (10.8)	1.611 ab (14.9)	0.855 a (9.8)	3.421 a (12.0)	0.966	2
	LPZnB	29.2 a (1.8)	0.30 a (2.4)	2.841 a (14.4)	1.035 a (11.7)	1.806 a (16.7)	0.827 a (9.5)	3.669 a (12.9)	0.994	1

注: (1) 同一类土壤的同一列中, 字母相同者为无显著差异, 字母不同者有显著差异; (2) 括号中数字是每种土壤各处理某一指标值与相应对照处理指标值的倍数比值; (3) 综合评价值及序号是把两种土壤分开计算并排序的。

2.2 施肥效应分析

表 2 反映了两种土壤上 7 种不同处理巨桉苗 7 个指标均值的变化、多重比较及综合评价的结果。从表 2 得知:大多数施石灰和施肥处理的指标均值均大于对应的对照值。除赤红壤上施石灰和锌处理 LZn 的茎枝生物量 W_s 和地下生物量 W_u , 及腐殖质赤红壤上 LZn 处理、施石灰和硼处理 LB 的地径外,两种土壤上其它值均与对应的对照值有显著差异。

2.2.1 赤红壤 与对照有显著差异的各处理,其各指标值与对应对照值的倍数比变化范围如下: $H = 1.8 \sim 2.4$; $D_0 = 1.4 \sim 2.6$; $W_a = 3.6 \sim 37.7$; $W_s = 4.7 \sim 17.6$; $W_l = 4.6 \sim 30.6$; $W_u = 4.6 \sim 15.2$; $W_t = 3.3 \sim 20.6$ 。与施石灰 L 处理无显著差异的有:LP、LB 和 LPZn 的 H ; LP 和 LPZn 的 W_s ; LPZn 和 LPZnB 的 W_u ; LPZnB 的 W_l 和 W_t 。与施石灰 L 有显著差异且值大于对应 L 处理的有:LPZnB 的 H ; LP、LPZn 和 LPZnB 的 D_0 和 W_a ; LPZnB 的 W_s ; LP 和 LPZn 的 W_l 和 W_t 。除 LB 处理的 H 外, LZn 和 LB 处理的指标都与 L 处理间有显著差异,其值也均小于 L 处理对应的值。

2.2.2 腐殖质赤红壤 与对照有显著差异的各处理,其各指标值与对应对照值的倍数比变化范围如下: $H = 1.7 \sim 1.8$; $D_0 = 1.9 \sim 2.4$; $W_a = 4.4 \sim 14.4$; $W_s = 2.8 \sim 11.7$; $W_l = 5.6 \sim 16.7$; $W_u = 2.7 \sim 9.8$; $W_t = 2.7 \sim 9.8$ 。与 L 处理有显著差异且平均值大于对应 L 处理的有:LP、LPZn 和 LPZnB 处理的 D_0 、 W_a 、 W_s 和 W_t , 及 LPZnB 处理的 W_l 。LZn 和 LB 处理,除 H 外的其它 6 个指标都与对应施石灰 L 处理的指标间有显著差异,但其平均值小于施石灰处理的指标值。与对应 L 处理间无显著差异的有:所有处理的 H 、LP 和 LPZn 的 W_l 、LP、LPZn 和 LPZnB 处理的 W_u 。

2.2.3 综合评价 依据 H 、 D_0 、 W_a 、 W_u 和 W_t 等 5 个指标,用多目标决策分析中一维选优法计算综合评价值^[6](表 2),计算时定义各指标权重系数均为 0.20。综合评价值大,施肥效果好。施肥处理优劣顺序:赤红壤为 LPZn, LPZnB, LP, L, LB, LZn, CK; 腐殖质赤红壤为 LPZnB, LPZn, LP, L, LZn, LB, CK。

2.3 施肥对巨桉苗高径比和生物量分配的影响

2.3.1 施肥对巨桉苗高径比的影响 高径比是衡量苗木质量的重要指标之一,一般认为高径比越小,苗木壮且质量好,利于造林成活。赤红壤上,含 P 的施肥处理的高径比都小于对照,相反,单 L、LZn 或 LB 处理的高径比都大于对照;腐殖质赤红壤,所有处理的高径比都小于对照的高径比,但含 P 处理的高径比降低幅度较大,而 LZn 或 LB 处理的高径比只是稍低于对照的高径比, L 处理的高径比居中(表 3)。说明,赤红壤上施 P 有利于巨桉苗木质量的提高,但单施石灰、施石灰和锌或施石灰和硼不利于苗木质量的提高,而腐殖质赤红壤的所有处理都能改善苗木质量,其中以含 P 处理为佳。

2.3.2 施肥对巨桉苗生物量分配的影响 赤红壤上,施石灰后再施 P、Zn、B 和 P+ Zn,巨桉茎枝、叶或根系生物量与总生物量的比值与对照处理间有显著差异,并且茎枝或根系生物量与总生物量的比值均小于对照。而叶生物量与总生物量比值都大于对照,但单施石灰及施石灰加施 P+ Zn+ B 处理的茎枝、叶或根系生物量占总生物量的比值与对照处理间无显著差异。腐殖质赤红壤上,所有施石灰或施石灰后再施肥使叶生物量与总生物量比值显著比对照的比值增加,而使根生物量的比值显著减少。但茎枝生物量占总生物量比值都小于对照的比值,只有 LPZn 和 LPZnB 处理与对照间无显著差异(表 3)。

表 3 各部分生物量所占百分比 (%) 及其多重比较和高径比

处理	赤 红 壤				腐 殖 质 赤 红 壤			
	W_s/W_t	W_l/W_t	W_u/W_t	H/D_0	W_s/W_t	W_l/W_t	W_u/W_t	H/D_0
CK	31.4 a	39.9 c	28.7 a	1.09	31.8 a	37.0 c	31.2 a	1.35
L	28.0 ab	44.0 bc	28.1 ab	1.15	24.2 cd	50.9 ab	24.9 b	1.16
LP	26.6 bc	50.0 ab	23.4 cd	0.98	25.8 bcd	50.2 ab	23.9 b	1.06
LZn	24.0 c	53.3 a	22.7 cd	1.44	23.6 d	54.5 a	21.9 b	1.27
LB	25.5 bc	50.4 ab	24.0 bc	1.28	23.0 d	55.7 a	21.3 b	1.34
LPZn	24.0 c	56.0 a	20.0 d	1.00	28.0 abc	47.0 b	25.0 b	1.00
LPZnB	31.6 a	42.1 c	26.3 abc	1.05	28.3 ab	49.2 ab	22.5 b	0.97

注: (1) 百分数经反正弦转换($x = \arcsin x$)后, 再进行方差分析及多重比较; (2) 同一列中, 字母相同者为差异不显著, 不同者为差异显著(Duncan 法, $P = 0.05$)。

3 结 语

(1) 苗高、地径和生物量指标在施肥处理间及交互作用间都存在着显著差异。除赤红壤上施石灰和锌处理 LZn 的茎枝生物量 W_s 和地下生物量 W_u , 及腐殖质赤红壤上 LZn 处理、施石灰和硼处理 LB 的地径外, 两种土壤上其它值均与对应的对照值有显著差异。

(2) 赤红壤上, 含石灰和 P 的施肥处理对应的高径比都小于对照, 相反, 单施石灰 L 或施石灰后再施 Zn 或 B 处理的高径比都大于对照, 而腐殖质赤红壤上所有处理的苗木高径比都小于对照的高径比。两种赤红壤上含石灰和磷肥的所有处理都使巨桉苗高径比明显地变小。

(3) 以巨桉苗高、地径、地上生物量、地下生物量和总生物量为基础, 选出各施肥处理的优劣顺序, 赤红壤为 LPZn > LPZnB > LP > L > LB > LZn > CK; 腐殖质赤红壤为 LPZnB > LPZn > LP > L > LZn > LB > CK。两种土壤上所有含石灰和磷的处理都好于单施石灰 L 或施石灰后再施 Zn 或 B 处理, 并且所有施肥处理都好于对照处理。故用赤红壤培育巨桉苗时, 施磷肥是必要的, 同时多种肥料的组合施用也是必要的。

(4) 两种参试土壤上, 施石灰处理和施石灰后再施 P、Zn 或 B 处理会影响巨桉苗木叶、(茎 + 枝) 和根系生物量的分配。

参 考 文 献

- Sch ǒ nau A P G. The effects of fertilizing on the foliar nutrient concentration in *Eucalyptus grandis*. Fertil. Res., 1981, 2: 73 ~ 87.
- Sch ǒ nau A P G. Additional effects of fertilising on several foliar nutrient concentration and ratio in *Eucalyptus grandis*. Fertil. Res., 1982, 3: 385 ~ 397.
- Sch ǒ nau A P G, Herbert M A. Relationship between rate, fertilising and foliar nutrient concentration for *Eucalyptus grandis*: preliminary investigations. Fertil. Res., 1983, 4: 369 ~ 380.
- 仲崇祿, Paul Reddell. 六种土壤类型上巨桉苗缺素试验. 林业科学研究, 1994, 6(6): 705 ~ 708.
- 仲崇祿. 巨桉苗期矿质营养试验. 林业科学研究, 1996, 9(5): 538 ~ 543.
- 洪伟. 多目标决策在林业中的应用. 林业勘察设计, 1987, 14(2): 40 ~ 46.

Effect of Lime, P, Zn and B Nutrients on Growth of *Eucalyptus grandis* Seedlings on Latored Surface Soil

Zhong Chonglu

Abstract In greenhouse, 7 nutrient treatments were conducted on latored soil (Ga) and humus latored soil (Bg), with *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. The 7 treatments were CK (no nutrients, control), L (only lime), LP (= L + P), LZn (= L + Zn), LB (= L + B), LPZn (= L + P + Zn) and LPZnB (= L + P + Zn + B). The results showed that there were significant differences in seedlings heights (H), diameter (D_0) and biomass production between the 7 treatments, and between the interactions of nutrients and soil type. Except (shoot + stem) or root biomass of LZn in Ga soil, and diameter of LZn or LB treatments in Bg soil, there were significant differences in other indexes (H , D_0 and biomass) between 6 nutrient treatments and CK. In Ga soil, the H/D_0 rates in whole treatments with P nutrient were all less than those of CK treatment; in the opposite, the rates in L, LZn and LB treatments were all more than those of CK treatment. In Bg soil, the H/D_0 rates in whole treatments were all less than those of CK treatment. Based on H , D_0 , biomass above ground, root biomass and total biomass, by the Multiple Objective Strategic Decision Analysis methods, treatments were optimized and ordered from the excellent to the poor: LPZn > LPZnB > LP > L > LB > LZn > CK in Ga soil; LPZnB > LPZn > LP > L > LZn > LB > CK in Bg soil. When using the surface soil to grow *Eucalyptus grandis* seedlings, it is necessary to apply P, lime, lime + P, lime + P + Zn and/or B to soil. Finally, distribution relationships among different parts of biomass were described in the two types of soils.

Key words *Eucalyptus grandis* lime nutrient seedlings