

六种土壤类型上巨桉苗缺素试验*

仲崇禄 Paul Reddell

关键词 巨桉、苗木、土壤类型、缺素试验

巨桉(*Eucalyptus grandis* Hill ex Maid)天然分布于澳大利亚东海岸, (16°~33° S)。在世界热带和亚热带国家和地区, 巨桉是目前人工栽培面积最大的树种之一。巨桉营养研究国外有些报道^[1~2], 但对巨桉苗在不同土壤类型上缺素反映的研究还未见报道。任何植物对营养缺乏的第一反应都表现在生产率的降低^[1]。同时, 不同土壤类型, 其营养元素(大量和微量)一般是有较大的差异。本试验采用澳大利亚昆士兰州热带地区的6种典型的森林土壤并施以13个处理(11个缺素、1个对照和1个全素), 目的在于确定6种土壤营养限制因子、营养特性和桉苗在营养缺乏状态下在6种土壤上的表现。

1 材料和方法

1.1 材料

试验在澳洲CSIRO的Davies实验室进行, 试验期间的温度为19.0~36.6℃。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0~30cm的表土(表1),

表1 6种土壤的主要特性

项 目	土 名 代 号					
	Ga	Ty	Pi	Ki	Bg	Hu
澳洲分类名称	Galamara	Tyson	Pingin	Kirrima	Bulgun	Hull
对应中国系统分类名	赤红壤	赤红壤	铁质砖红壤	黄红壤	腐殖质赤红壤	滨海砂土
母质	变质岩	花岗岩	玄武岩	花岗岩	混合冲积物	滩脊
海拔(m)	250	30	240	30	10	2
降水(mm/a)	3 800	3 800	3 810	2 250	—	—
植被	低山雨林	低山雨林	低山雨林	阔叶林	阔叶林	阔叶林
pH	4.96	4.73	5.43	5.10	5.00	5.70
有机质(g·kg ⁻¹)	6.10	16.90	40.40	40.70	27.40	6.50
N(g·kg ⁻¹)	0.40	1.30	2.70	2.00	1.20	0.60
有效P(mg·kg ⁻¹)	2.0	8.3	6.0	4.6	8.7	5.3
全P(g·kg ⁻¹)	0.19	0.17	1.49	0.16	0.43	—
全S(g·kg ⁻¹)	0.34	0.29	0.75	0.31	1.30	—
游离铁(g·kg ⁻¹)	22.1	11.6	158.0	13.5	—	3.8
交换性物质						
Ca(cmol(1/2Ca)kg ⁻¹)	0.067	0.360	1.200	0.090	0.100	0.870
Mg(cmol(1/2Mg)kg ⁻¹)	0.150	0.310	1.070	0.150	0.145	0.250
K(cmol(K)kg ⁻¹)	0.047	0.105	0.310	<0.02	<0.03	<0.01
阳离子交换总量 (cmol(+)kg ⁻¹)	1.48	2.61	4.27	2.65	3.05	1.50

1994-11-06 收稿。

仲崇禄助理研究员(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520); Paul Reddell(澳大利亚科工组织土壤所戴维斯实验室)。

* 属1987~1990年中澳合作项目8736部分内容。试验期间得到热林所弓明钦副研究员大力支持, 特此致谢。

并且过 5 mm 筛。处理用营养液是修改过的 UWA 营养液(表 2)。培养容器为上口直径 12 cm、底部直径 10 cm、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灭过菌的沙土中。试验用土壤在 60 °C 烘箱中灭菌 3 d,然后称土壤(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。试验为裂区设计,主区为土壤类型,副区为营养处理,每种营养处理 2 株苗,重复 3 次。营养处理有全素(COM)、对照(Nil)、缺磷(-P,全素中只缺 P,并用 KCl 等量代换 KH_2PO_4 中的

K,其它类推)、缺氮(-N)、缺钾(-K)、缺硫(-S)、缺钙(-Ca)、缺锌(-Zn)、缺铜(-Cu)、缺硼(-B)、缺钼(-Mo)、缺镁和锰[-(Mg+Mn)]、缺铁和钴[-(Fe+Co)]。营养元素是以营养液的形式滴注到土壤表面,待其干燥后在塑料容器内摇动让营养元素均匀地分布在土中。滴注营养液后 7 d,每杯移植入 2 株苗(苗高约 2.0 cm,主根长约 7.0 cm)。移植后 107 d 时收获,测量苗高、地径。全部苗木都在恒温(105 °C)条件下烘 2 d,每株苗按茎枝、叶、根称量并计算地上生物量($D_a = \text{茎} + \text{枝} + \text{叶}$)、地下生物量即根系生物量(D_u)和总生物量($D_t = D_a + D_u$)。

2 结果与分析

2.1 巨桉苗缺素状态下的形态表现

缺素处理开始后大约 2 个月,Bg 土壤上缺 K 处理苗木出现明显缺素反应。试验中,某些大量元素缺乏时巨桉苗出现症状如下:

- N:最初老叶轻度黄化,进而叶中脉附近伴有暗红色出现,甚至黄化扩展到幼叶上。
- P:老叶尖端暗紫色,逐渐向中脉扩展,老叶背面紫色更明显。幼叶短小,呈暗蓝绿色。
- K:老叶卷曲,有时伴有坏死斑出现。
- S:小幼叶脉间黄化比老叶更严重。
- Ca:幼叶叶缘向下卷,沿叶缘出现不规则黄绿色斑点,严重时苗外端枝条出现皮部坏死。

2.2 苗高、地径和生物量的分析

2.2.1 方差分析 各指标平均值的方差分析结果表明,巨桉苗平均高、平均地径及平均地上生物量在土壤类型间、营养处理间及交互作用间均有极显著差异(表 3)。

2.2.2 苗高和地径 表 4 反映 6 种土壤上 13 个处理后巨桉苗平均高和平均地径的变化。总的来看,6 种土壤上只 CK 处理苗高和地径降低。

Ga 土壤:-P 和 -(Fe+Co)时,苗高分别减少 71%和 94%,缺其它元素时其苗高比全素处理还高 2%~36%。Ty 土壤:-S、-Ca 和 -(Mg+Mn)时,苗高降低。Pi 土壤:-P 和 -(Fe

表 2 调整的 UWA 培养液组成

化学成分	含盐量 (mg/kg 土)	相当元素用量 (mg/kg 土)
KH_2PO_4	100	28.7 K;22.7 P
NH_4NO_3	280	100 N(分 4 次施)
K_2SO_4	140	62.9 K;25.8 S
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100	27.3 Ca;48.3 Cl
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	80	8.0 Mg;10.4 S
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5	1.3 Cu;0.7 S
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10	2.3 Zn;1.1 S
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	15	3.7 Mn;2.1 S
H_3BO_3	0.7	0.12 B
$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5	0.11 Co;0.08 S
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.4	0.16 Mo
FeNaEDTA	20	3.0 Fe;1.2 Na

表3 平均苗高(H)、平均地径(D₀)和平均地上生物量(D_a)方差分析

指标	变异来源	自由度	SS	MS	F值及显著水平
H(cm)	土壤处理(A)	5	5 404.58	1 080.90	12.55***
	营养处理(B)	12	9 886.26	823.86	19.10***
	交互作用(A×B)	59(1)	9 948.93	168.62	3.91***
D ₀ (cm)	土壤处理(A)	5	0.277 105	0.055 421	16.21***
	营养处理(B)	12	0.716 370	0.059 697	29.13***
	交互作用(A×B)	59(1)	0.441 343	0.07 480	3.63***
D _a (g/株)	土壤处理(A)	5	806.06	161.21	26.21***
	营养处理(B)	12	626.17	52.18	52.47***
	交互作用(A×B)	59(1)	275.83	4.67	4.57***

表4 6种土壤上13个处理的平均苗高(H,cm)和平均地径(D₀,cm),及其相应与全素比较值(%)

编号	处理	Ga		Ty		Pi		Ki		Bg		Hu	
		H	D ₀	H	D ₀	H	D ₀	H	D ₀	H	D ₀	H	D ₀
1	COM	31.6 (100)	0.28 (100)	39.3 (100)	0.34 (100)	32.2 (100)	0.30 (100)	28.3 (100)	0.29 (100)	28.1 (100)	0.26 (100)	31.5 (100)	0.31 (100)
2	CK	12.5 (39)	0.11 (39)	35.9 (91)	0.33 (97)	25.6 (79)	0.22 (73)	15.3 (54)	0.09 (31)	18.2 (65)	0.13 (50)	9.6 (30)	0.10 (32)
3	-P	9.1 (29)	0.09 (32)	40.8 (104)	0.25 (74)	29.0 (90)	0.20 (67)	11.5 (41)	0.08 (28)	17.4 (62)	0.13 (50)	8.2 (26)	0.08 (26)
4	-N	36.7 (116)	0.28 (100)	41.2 (105)	0.33 (97)	40.4 (125)	0.32 (106)	35.9 (127)	0.23 (79)	33.7 (120)	0.27 (104)	27.7 (88)	0.24 (77)
5	-K	35.5 (112)	0.27 (96)	53.4 (136)	0.38 (112)	71.7 (120)	0.32 (106)	21.0 (74)	0.19 (65)	26.3 (93)	0.26 (100)	20.6 (65)	0.21 (68)
6	-S	35.9 (114)	0.25 (89)	36.6 (93)	0.32 (94)	44.1 (137)	0.35 (116)	40.4 (142)	0.25 (86)	37.1 (132)	0.26 (100)	4.6 (15)	0.05 (16)
7	-Ca	34.2 (102)	0.20 (71)	26.3 (66)	0.27 (79)	39.2 (121)	0.27 (90)	39.8 (140)	0.28 (95)	26.4 (94)	0.23 (88)	26.4 (54)	0.26 (84)
8	-Zn	41.4 (130)	0.32 (114)	43.2 (110)	0.42 (123)	38.8 (115)	0.27 (90)	39.7 (127)	0.26 (90)	42.3 (150)	0.33 (127)	17.1 (97)	0.16 (51)
9	-Cu	38.3 (121)	0.26 (93)	44.0 (112)	0.35 (102)	36.4 (113)	0.31 (103)	44.7 (157)	0.30 (103)	33.8 (120)	0.30 (115)	29.1 (93)	0.29 (93)
10	-B	43.2 (136)	0.31 (111)	43.4 (110)	0.31 (91)	37.0 (115)	0.29 (97)	36.2 (127)	0.33 (113)	36.6 (130)	0.30 (115)	30.7 (97)	0.30 (97)
11	-Mo	38.4 (121)	0.24 (86)	47.0 (119)	0.34 (100)	35.4 (110)	0.30 (100)	32.3 (114)	0.28 (96)	30.2 (107)	0.28 (107)	24.2 (77)	0.20 (64)
12	-(Mg+Mn)	37.0 (117)	0.27 (96)	35.5 (90)	0.32 (94)	29.1 (90)	0.31 (103)	33.0 (116)	0.27 (93)	31.7 (113)	0.28 (107)	25.8 (99)	0.26 (84)
13	-(Fe+Co)	2.0 (6)	0.04 (14)	41.3 (105)	0.34 (100)	— (—)	— (—)	30.8 (108)	0.28 (96)	32.5 (115)	0.25 (96)	24.1 (99)	0.26 (84)

注:括号中的数值为同一土壤某处理与全素处理(COM)比较值(%)。

+Co)时,苗高比全素处理都减少10%。Ki土壤:-P和-K苗高分别减少59%和26%。Bg土壤:-P时,苗高减少38%;-K时仅减少7%,但是其症状特别明显;-Ca苗高减少6%;缺其它元素,苗高增加。Hu土壤:所有处理都使苗高减少,其中-S、-P、-Zn或-K处理减少幅

度较大,为 35%~85%。

Ga 土壤:除 -Zn 和 -B 增加及 -N 持平外,其它元素缺乏都使地径比全素减少。Ty 土壤:-P、-Ca、-N、-S、-B 或 -(Mg+Mn) 会使地径减少 3%~21%,其它处理持平或增加。Pi 土壤:-P、-Ca、-Zn 或 -B 地径减少 3%~33%,其它缺素地径不变或增加。Ki 土壤:除 -Cu 或 -B 地径增加外,其它缺素处理地径都降低。Bg 土壤:-P、-Ca、和 -(Fe+Co) 地径分别减少 4%~50%,其它缺素地径增加。Hu 土壤:所有缺素处理都使地径减少 3%~84%。总的来看,6 种土壤上 -P 或 -Ca 都使地径减少。

2.2.3 生物量分配及分析 图 1 显示了 6 个土壤类型上 13 个处理的苗木地上生物量和地下生物量分配,以及地上生物量中(茎+枝)与叶的关系。

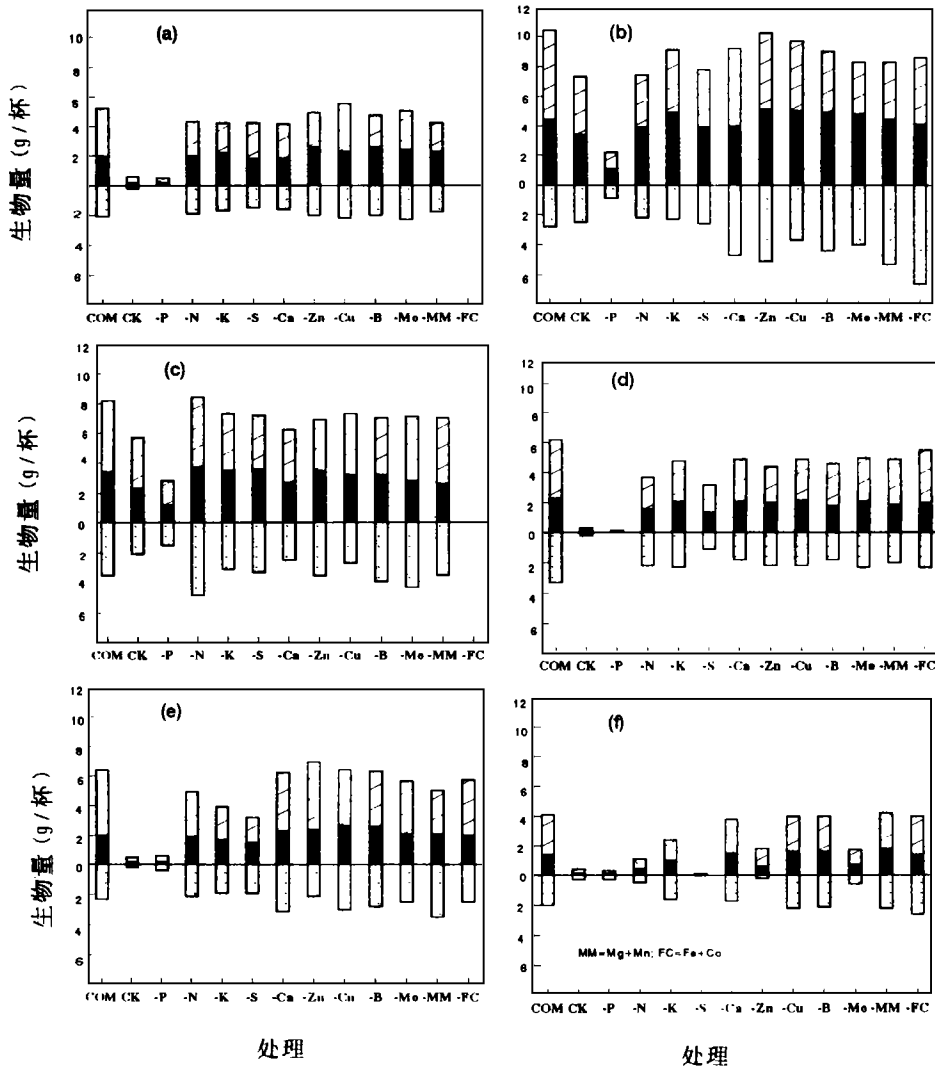


图 1 6 种土壤上 13 个处理的巨桉苗根、(茎+枝)及叶生物量分配 (a)Ga 土壤;(b)Ty 土壤;(c)Pi 土壤;(d)Ki 土壤;(e)Bg 土壤;(f)Hu 土壤

叶 茎+枝 根

全素处理的地上生物量比相应土壤上对照处理多 1.4~23.0 倍。同一全素处理不同土壤类型间有近 3 倍差异,最好的是 Ty 和 Pi 土壤,最差的是 Ga 和 Hu 土壤。对照处理土壤类型间的地上生物量相差达 26 倍。从 6 种土壤上 13 个处理的地上生物量看,除 Ga 土壤-Cu、Pi 土壤-N、Bg 土壤-Zn 和 Hu 土壤-(Mg+Mn)外,其它缺素处理都比全素少。并发现每类土壤上都有 1 种以上的元素严重地限制巨桉苗的地上生物量,这些元素有 Ga 土壤的 P、K、Ca、(Mg+Mn)、(Fe+Co)、Ty 土壤的 P、N、S、Pi 土壤的 P、Ca、Ki 土壤的 P、N、S、Zn、B、Bg 土壤的 P、N、K、S、Cu、Hu 土壤的 P、N、K、S、Zn、Mo。

Ki 土壤所有缺素处理,Ty 土壤-P、-N、-K、-S、-Cu,Bg 土壤-P、-K、-N、-S、-Zn,都减少地下生物量值。Ga 土壤除-Cu、-B,Pi 土壤除-N、-B、-Mo 外,Hu 土壤除-Cu、-B、-(Mg+Mn)、-(Fe+Co)外,其它元素缺乏也都减少地下生物量值。

参 考 文 献

- 1 Nobie A D, Herbert M A. Influence of soil organic matter content on the responsiveness of *Eucalyptus grandis* to nitrogen fertilizer. 19th IUFRO World Congress, Montreal, Canada, IUFRO, 1990.
- 2 Schönau 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.

Nutrient Omission Experiment of *Eucalyptus grandis* Seedlings in Six Forest Soil Types

Zhong Chonglu Paul Reddell

Abstract In greenhouse, 13 treatments were conducted. The study on nutrient deficiency treatments of *Eucalyptus grandis* seedlings showed that more than one nutrient limited growth of heights, diameter and biomass production of *E. grandis* seedlings in each of the tropical soils that were examined, and biomass is most sensitive in the three indexes. Nutrients that limited seedling growth on each soil type were: P and Ca of Galmarra soil; P, N and S of Tyson soil; P and Ca of Figin soil; P, N, S, Zn and B of Kirrima soil; P, N, K and S of Bulgun soil; P, N, K, S, Zn and Mo of Hull soil. When these nutrients that mentioned above were omission from the complete nutrient formulation (COM) in the relative soil types, biomass above ground (*Da*) of seedlings were reduced by 24%~98%, comparing with *Da* values of COM treatment. A simple guide to diagnosis of foliar symptoms of deficiencies of 5 major elements (N, P, K, S and Ca) has been prepared.

Key words *Eucalyptus grandis*, seedling, soil type, nutrient deficiency treatment

Zhong Chonglu, Assistant Professor (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520); Paul Reddell (CSIRO, Division of Soils, Davies Laboratory, Townsville, Australia).