

文章编号: 1001-1498(1999) 06-0591-08

# 蓝桉和尾叶桉混合菌根研究<sup>\*</sup> 混合菌根的接种效应

陈应龙<sup>1</sup>, 弓明钦<sup>1</sup>, M. Brundrett<sup>2</sup>, B. Dell<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东广州 510520;

2. CSIRO Forestry & Forest Products, Perth, WA 6014, Australia;

3. Murdoch University, Perth, WA 6150, Australia)

**摘要:** 接种苗木在生长量和生物量上均表现出极其显著的生长优势, ECM 真菌蜡蘑菌单接种及其与4种 VA 菌根菌剂混合接种, 对苗木生长的促进作用尤为显著。在接种后16周时, 与对照苗相比, 蓝桉和尾叶桉接种苗木的高生长量最大增幅分别为28.86% (LS) 和86.65% (LG); 两种桉树地上部分平均干质量最大增幅分别为129.93% (LS) 和133.34% (L), 地下部分分别为119.93% (LF) 和174.83% (LG)。桉树对不同菌根菌及其组合的菌根依赖性表现出很大的差异, 对混合接种的真菌组合有相对高的菌根依赖性, 而对土壤菌剂依赖性很小。菌根感染与苗木生物量间有显著的相关性。试验结果还证实了P素对桉苗生长的促进作用, P素水平对菌根的接种效应有一定的影响。

**关键词:** 混合接种; 外生菌根; VA 菌根; 桉树; 接种效应; 相关性

中图分类号: S718.81

文献标识码: A

桉树 (*Eucalyptus*) 是菌根营养型树种, 不仅能形成外生菌根和 VA 菌根, 还能形成混合菌根<sup>[1-3]</sup>。桉树原产于澳大利亚, 在当地桉树原始林中, 拥有世界上最丰富的桉树菌根菌资源; 目前已收集 ECM 菌种81个属近400种<sup>[1,4]</sup>。这些采自于不同气候条件和土壤类型的桉树菌根菌, 在温室和苗圃试验基础上, 筛选出多种适应于不同宿主树种及环境条件的优良菌根菌株, 并建立了菌根菌资源信息数据库。随着对桉树菌根研究的深入, 桉树混合菌根的作用越来越引起人们的关注, 但目前对混合菌根的认识仍然很少。本文采用菌根真菌混合接种技术, 对蓝桉 (*E. globulus* (F. Muell.) Kirkp) 和尾叶桉 (*E. urophylla* S. T. Blake) 混合菌根进行了较系统的研究。现报道这一研究的第一部分结果, 即混合菌根的接种效应。

## 1 材料与方法

详见本研究第一部分的报道<sup>[5]</sup>。现仅将接种处理代码及相应菌种名称抄录如下:

G——球囊霉菌 (*Glomus* sp.), A——光壁无梗囊霉 (*Acaulospora laevis* Gerd. & Trappe), S——美丽盾巨囊霉 (*Scutellospora calospora* (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders), F——土壤菌剂, L——蜡蘑菌 (*Laccaria lateritia* G. M ale.), LG——蜡蘑菌 × 球囊霉菌, LA——蜡蘑菌 ×

收稿日期: 1998-06-24

基金项目: 中澳合作 ACIAR 项目 (9425)。

\* 澳大利亚 CSIRO 和中国林科院热林所为研究工作的顺利开展提供了便利条件, 项目双方成员给予了大力支持。第一作者在澳期间得到 N. M alajczuk, L. Abbott 和 I. Tommerup 等博士的关心和指导, 北京林业大学雷增普教授和北京市农林科学院张美庆研究员审阅了全文。特致谢意!

第一作者简介: 陈应龙 (1969-), 男, 安徽潜山人, 研究实习员, 硕士。

光壁无梗囊霉, LS——蜡蘑菌×美丽盾巨囊霉, LF——蜡蘑菌×土壤菌剂, CK——对照。

## 2 结果与分析

### 2.1 菌根接种效应

2.1.1 对苗木生长量的影响 对试验苗木6~16周连续进行了6次生长量观测, 苗高生长量显著性分析结果列于表1, 苗高平均值及多重比较统计于表2。各观测时期试验苗木, 在接种处理间生长量差异极其显著( $P < 0.005$ ) (表1)。16周时, 除土壤菌剂(F)单接种的蓝桉苗外, 其它8种菌根菌接种处理苗均高于同期对照苗, 尾叶桉接种苗效果更为显著(图1, 表2), 其平均生长量增加幅度为34.05%~86.65%, 其中, 蓝桉和尾叶桉接种苗最大增幅分别为28.86% (LS) 和86.65% (LG) (表2)。

表1 试验苗木连续6次高生长量显著性分析

时间/周	变源	自由度	蓝 桉				尾 叶 桉			
			平方和	均方	F 值	显著性	平方和	均方	F 值	显著性
6	真菌间	9	25.992 5	2.823 2	3.26	***	15.463 6	1.710 7	5.09	***
	P 素水平间	1	72.814 9	71.477	82.62	***	9.954	9.955 9	29.61	***
	交互作用	9	5.190 2	0.576 7	0.67	NS	3.066 1	0.340 7	1.01	NS
	机 误	123	106.407 1	0.865 1			44.389 7	0.336 3	-	-
8	真菌间	9	125.932	12.888	4.17	***	115.522	12.87	7.03	***
	P 素水平间	1	491.999	468.183	151.61	***	149.369	146.712	80.08	***
	交互作用	9	58.663	6.518	2.11	*	39.661	4.407	2.41	*
	机 误	123	379.837	3.088	-	-	241.818	1.832	-	-
10	真菌间	9	391.24	37.36	6.16	***	585.749	65.569	9.93	***
	P 素水平间	1	1 531.68	1 487.18	245.09	***	828.446	816.044	123.61	***
	交互作用	9	231.91	25.77	4.25	***	93.968	10.441	1.58	NS
	机 误	123	746.34	6.07	-	-	871.457	6.602	-	-
12	真菌间	9	747.82	70.75	4.98	***	1 517.99	165.88	11.15	***
	P 素水平间	1	2 599.57	2 520.56	177.28	***	1 935.08	1 918.77	128.97	***
	交互作用	9	492.25	54.69	3.85	***	525.9	58.43	3.93	***
	机 误	123	1 748.85	14.22	-	-	1 963.8	14.88	-	-
14	真菌间	9	1 783.82	168.33	6.76	***	2 460	260.3	8.23	***
	P 素水平间	1	4 894.12	4 812.16	193.35	***	3 176.15	3 185.51	100.67	***
	交互作用	9	688.76	76.53	3.07	***	1 118.16	124.24	3.93	***
	机 误	123	3 061.24	24.89	-	-	4 176.98	31.64	-	-
16	真菌间	9	1 930.64	179.54	6.16	***	3 920.03	399.6	9.51	***
	P 素水平间	1	5 034.06	4 985.03	171	***	2 693.9	2 686	63.95	***
	交互作用	9	717.24	79.69	2.73	* *	2 090.22	232.25	5.53	***
	机 误	123	3 585.77	29.15	-	-	5 544.57	42	-	-

注: 显著性水平  $P < 0.05$  (\*),  $P < 0.01$  (\*\*),  $P < 0.005$  (\*\*\*) , NS 表示差异不显著(下同)。

混合接种 ECM 和 VA 菌根菌, 对两种桉树苗均有显著的促生作用。在16周时, 蓝桉混合接种蜡蘑菌×球囊霉菌(LG)、蜡蘑菌×光壁无梗囊霉(LA)或蜡蘑菌×美丽盾巨囊霉(LS), 苗高生长量比对照苗分别增加了20.65%, 20.40%和28.86%, 尾叶桉苗木相应增加86.65%, 67.57%和81.51%; 其中, 真菌组合 LS 对蓝桉生长影响最大, 而 G 对尾叶桉生长效应最明显(表2)。蜡蘑菌与土壤菌剂(LF)混合接种, 也能促进桉苗生长, 但较其它混合接种苗差, 与蜡蘑菌(L)单独接种相差较小, 说明土壤菌剂的实际促生作用极其微弱, 这与其极低的菌根接种潜力和有限的菌根菌繁殖体是密切相关的(参见第 部分的菌根合成结果)。

表2 尾叶桉和蓝桉平均高生长量及多重比较

cm

接种处理	蓝桉						尾叶桉					
	6 <sup>①</sup>	8	10	12	14	16	6	8	10	12	14	16
G	4.24	7.08	11.26	17.58	23.94	28.95 d(1.15)	2.40	4.14	7.99	14.54	19.28	25.59 c(38.32)
A	4.88	7.77	11.91	17.69	24.28	28.66 d(0.14)	2.61	4.75	8.97	17.13	24.66	31.78 ab(71.78)
S	4.95	8.46	13.25	19.49	26.29	31.52 bc(10.13)	2.05	3.91	7.84	15.88	22.71	32.81 a(77.35)
F	4.90	8.13	11.89	16.99	21.87	24.97 e(-12.75)	1.99	3.88	7.36	12.85	17.70	24.80 c(34.05)
L	4.70	8.97	14.04	19.38	26.71	30.88 c(7.89)	2.93	6.22	12.06	20.50	26.50	33.84 a(82.92)
LG	4.93	8.55	13.65	20.33	29.30	34.53 b(20.65)	2.41	5.18	11.41	19.48	25.16	34.53 a(86.65)
LA	4.64	8.63	14.97	22.74	30.28	34.46 b(20.40)	2.35	4.72	10.35	19.09	26.40	31.00 b(67.57)
LS	5.60	9.74	15.68	23.64	33.06	36.88 a(28.86)	2.28	4.80	9.48	18.65	23.98	33.58 a(81.51)
LF	5.69	10.03	15.04	20.17	27.86	32.41 bc(13.24)	2.64	5.53	11.63	20.21	24.92	30.88 b(66.92)
CK	5.00	7.51	11.46	17.75	24.10	28.62 d(-)	1.81	3.04	5.84	10.87	14.15	18.50 d(-)

①该栏数字为观测时间/周,表中数据为各处理同期两个磷素水平下苗高平均值;对16周时苗高进行了多重比较(同一列字母相同者表示差异不显著,  $P < 0.01$ , 括号内为16周苗高与相应对照苗增加百分值(%))。

2.1.2 对苗木生物量的影响 试验苗木16周时的生物量在真菌接种处理间差异极显著 ( $P < 0.005$ , 表3)。与对照苗相比,除土壤菌剂(F)单接种苗增加的幅度较小外,其它接种苗均表现

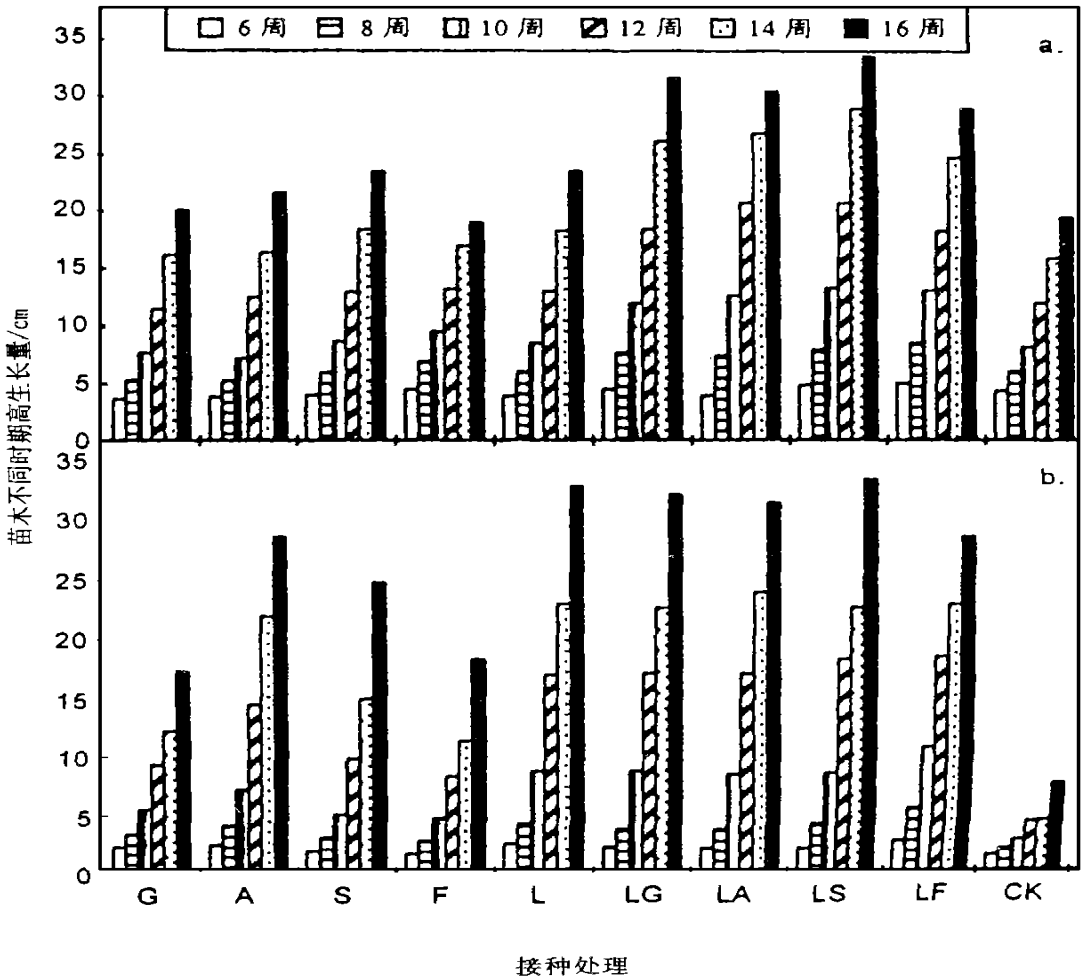


图1 蓝桉(a)和尾叶桉(b)在低P水平下不同时期高生长量

出明显的接种效应(表4)。在两个 P 素水平条件下,蓝桉接种苗木地上部分平均干质量增加幅度为35.15%(G)~129.93%(LS),地下部分干质量增加幅度为30.38%(G)~119.93%(LF);尾叶桉接种苗木地上部分和地下部分增加幅度分别为34.90%(G)~133.34%(L)和42.68%(S)~174.83%(LG)。无论在较低 P 素水平(P1)或较高 P 素水平(P2)条件下,接种光壁无梗囊霉菌(A)苗木平均生物量均高于同一树种的其它 VA 菌单接种苗(图2,图3);在低磷条件下,单接种蜡蘑菌(L)对尾叶桉苗期生长作用要明显好于 VA 菌单接种苗,但在蓝桉树种上这种差异相对较小(图2)。

表3 苗木生物量显著性分析

项目	变源	自由度	蓝 桉				尾 叶 桉			
			平方和	均方	F 值	显著性	平方和	均方	F 值	显著性
地上部分	真菌间	9	139.246	16.8	5.88	***	247.625	27.514	9.13	***
	P 素水平间	1	480.443	480.443	168.08	***	441.988	441.99	146.62	***
	交互作用	9	69.276	7.697	2.69	*	36.828	4.092	1.36	NS
	机 误	59	168.636	2.858	-	-	180.873	3.015	-	-
地下部分	真菌间	9	20.319	2.318	5.28	***	79.233	8.804	8.24	***
	P 素水平间	1	52.633	52.633	118.71	***	83.395	83.395	78.04	***
	交互作用	9	3.676	0.408	0.93	NS	16.796	1.866	1.75	NS
	机 误	59	25.879	0.438	-	-	64.119	1.069	-	-

表4 苗木16周时平均生物量

g·株<sup>-1</sup>

接种处理	蓝 桉						尾 叶 桉					
	P1 <sup>①</sup>		P2		P1+ P2		P1		P2		P1+ P2	
	地上	地下	地上	地下	地上	地下	地上	地下	地上	地下	地上	地下
G	1.845	0.778	8.068	2.853	4.96(35.15)	1.82(30.30)	2.573	1.383	8.133	4.330	5.35(34.90)	2.86(56.31)
A	3.403	1.113	8.928	2.900	6.17(68.11)	2.01(44.09)	5.433	2.185	9.995	4.588	7.71(94.41)	3.39(85.31)
S	1.850	0.948	8.683	3.145	5.27(43.60)	2.05(46.97)	3.193	1.175	8.528	4.040	5.86(47.69)	2.61(42.68)
F	2.325	0.735	5.148	2.755	3.74(1.88)	1.75(25.31)	2.088	1.218	7.608	4.110	4.85(22.18)	2.66(45.77)
L	2.775	1.255	11.530	3.257	7.15(97.02)	2.26(62.01)	6.418	4.043	12.100	5.655	9.26(133.34)	4.85(165.34)
LG	4.933	2.248	8.083	3.333	6.51(77.45)	2.79(100.40)	6.495	4.100	10.008	5.945	8.25(107.95)	5.02(174.83)
LA	4.525	2.048	8.683	3.148	6.60(80.07)	2.60(86.57)	6.470	3.325	10.900	5.365	8.69(118.88)	4.35(137.76)
LS	5.785	2.225	11.080	3.367	8.43(129.93)	2.80(100.79)	6.198	2.613	8.143	3.213	7.17(80.71)	2.91(59.40)
LF	4.695	2.215	7.348	3.910	6.02(64.19)	3.06(119.93)	7.000	3.573	10.503	3.883	8.75(120.55)	3.73(103.99)
CK	1.665	0.810	5.670	1.975	3.67(0)	1.39(0)	0.488	0.375	7.448	3.280	3.97(0)	1.83(0)
平均	3.38	1.44	8.32	3.06	5.85	2.25	4.64	2.40	9.34	4.44	6.99	3.42

①该栏数据为 P 素水平。括号内为接种处理苗生物量与相应对照苗增加百分值(%)。

试验苗木地上部分和地下部分干物质分析结果还反映出混合菌根真菌的接种效应更加显著。在低磷条件下(P1),混合接种的蓝桉植株的生物量。不仅优于未接种苗,而且明显好于单接种苗,表现出极大的生长优势(图2)。混合菌根在高 P 水平时的接种效应也很明显,但差于低 P 条件下的效果(图3)。

2.1.3 对苗木根系生长的影响 接种菌根真菌对苗木根系的发展有一定的影响,处理间特异根长(SRL,即单位质量根系长度  $\text{cm} \cdot \text{g}^{-1}$ )有一定的差异(图4-a~b),在低 P 水平条件下,差异更明显(图4-a)。在低 P 水平时,混合接种苗木单位质量根系长度普遍小于 VA 菌单接种苗,表明接种外生菌根菌蜡蘑菌后菌根发展较好,在根系表面形成了大量菌套,根系内外附着较多的菌丝体,同时也表明混合接种减少了细根的数目,这是由于菌套的形成限制了细根的发展,根外菌丝取代了部分细根的吸收功能。

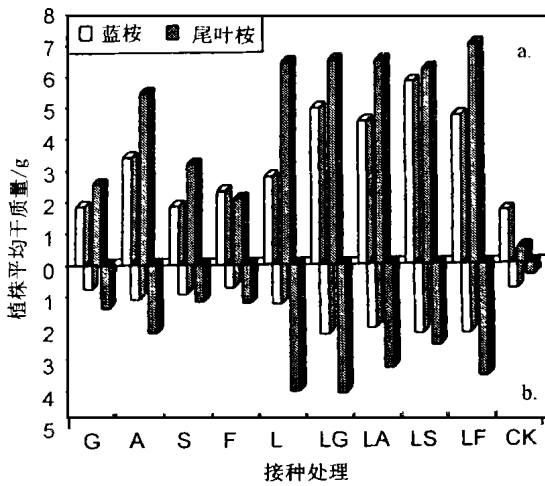


图2 低 P 水平苗木16周时的平均干质量 (a. 地上部分, b. 地下部分)

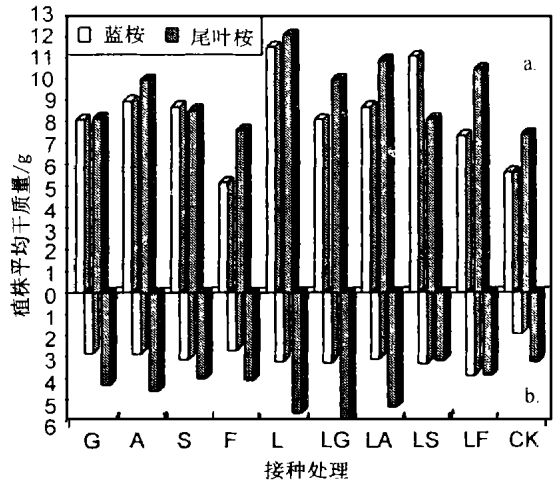


图3 高 P 水平苗木16周时的平均干质量 (a. 地上部分, b. 地下部分)

2.1.4 菌根依赖性 两种桉树对菌根真菌的依赖性(MD)均较高,但对不同真菌的菌根依赖性差异较大(图4-c),具体表现在对混合菌根的依赖性最大,VA 菌根及 ECM 依赖性相对较小,对土壤菌剂依赖性最小。在4种 VA 菌根真菌接种处理中,蓝桉和尾叶桉对光壁无梗囊霉(A)的依赖性都较大。蓝桉对外生菌根菌蜡蘑菌(L)单接种或混合接种均有显著高的菌根依赖性;对尾叶桉来说,混合接种蜡蘑菌和美丽盾巨囊霉(LS)有最大的依赖性。菌根依赖性的大小直接反映了菌根的接种效应。

2.2 P 素对接种效应的影响

数据分析结果表明,基质中 P 素水平对两种桉树苗生长量和生物量产生了较大的影响,P 素水平间差异极其显著( $P < 0.005$ ,表1,表3),较高的 P 素水平更有利于苗木干物质的积累(表4)。以蓝桉16周时测定的生物量为例,在低 P 水平(P1),地上部分及地下部分平均干质量分别为3.38 g 和1.44 g,而在高 P 水平下(P2)则分别为8.32 g 和3.66 g,约为 P1 条件下相应部分干质量的2.5倍。不仅如此,P 素水平与接种处理间存在一定的交互作用,影响了菌根的接种效应(表1,表3),主要表现在对苗高生长上,尤其对尾叶桉12~16周时接种效应的影响极其显著( $P < 0.005$ ),但 P 素与菌根菌间的这种交互作用在苗木生物量(16周)上不显著(表3)。从植株平均干质量条形图中可以看出,在低 P 水平(P1)条件下,菌根菌间接种效应差异较大,能较好地体现出菌根的实际接种效应(图2);而较高 P 素水平对菌根的接种效应有一定的掩饰作用,菌根作用未能充分体现出来

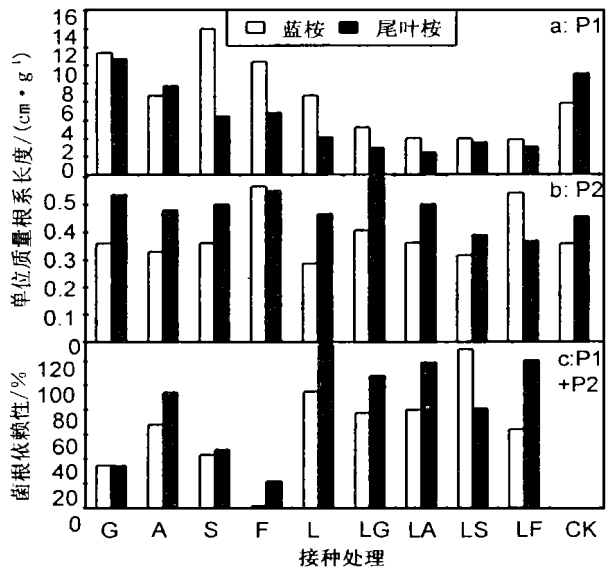


图4 接种苗16周时单位质量根系长度及菌根依赖性

从植株平均干质量条形图中可以看出,在低 P 水平(P1)条件下,菌根菌间接种效应差异较大,能较好地体现出菌根的实际接种效应(图2);而较高 P 素水平对菌根的接种效应有一定的掩饰作用,菌根作用未能充分体现出来

(图3)。同时,同一菌种(或菌株)在不同P素水平条件下所表现出来的相对促生作用也存在一定的差异(图2,图3)。因此,基质中有效P含量是菌根接种试验必须考虑的一个重要因素。

### 2.3 菌根感染率与生物量间的相关性

对16周时的VA菌根感染率、ECM根段长与相应的生物量及单位质量根系长度间的相关性进行了统计分析,揭示出各因子间显著的相关性作用(图5)。从图5中可以看出VAM和ECM间有负交互作用,即随着ECM感染根段长的增加,VA菌根感染率有逐渐下降的趋势。VA菌根和ECM与苗木植株地上部分和地下部分的生物量有极显著的相关性,即菌根合成能促进苗木生物量增加,证实了菌根的接种效应。菌根感染率与苗木单位质量根系长度呈负相关,说明菌根能显著增加根系的生物量,这不仅是由于根系上菌丝体数量增加的结果,也是根系本身在菌根真菌的促进作用下得到了发展的结果。

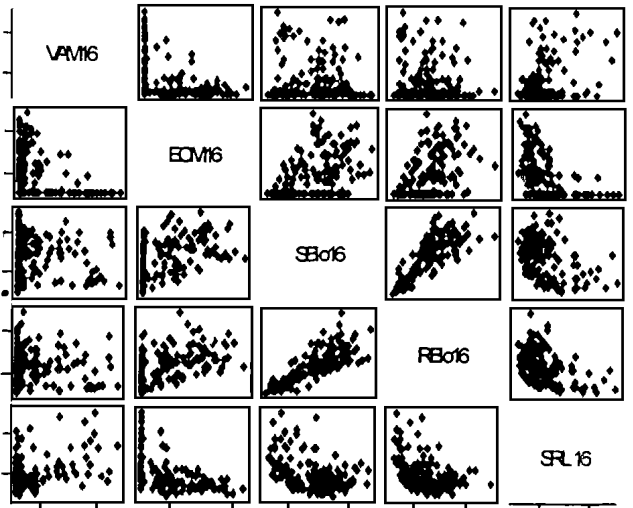


图5 菌根合成与生物量间相关性分析(综合树种和P水平)

[VAM16和CM16分别为16周时VAM感染率(%) and ECM根段长(m); SB016、RBo16和SRL16分别为16周时地上、地下部分生物量和特异根长]

## 3 结论与讨论

### (1) 桉树苗期菌根接种试验结果表

明,桉树对菌根具有较大的依赖性,证实了桉树是菌根营养型树种。与对照苗木相比,菌根菌单接种或混合接种,均能显著促进蓝桉和尾叶桉苗期的生长,表现较大的接种优势,尤其是混合接种。与VA菌根菌相比,外生菌根菌蜡蘑菌表现出较强的感染能力和接种潜力;蜡蘑菌单接种或与VA菌根菌混合接种,在桉树苗培育上具有较大应用前景。

桉树外生菌根的促生作用已得到了广泛的研究,但对桉树VA菌根及混合菌根的研究较少,对其实际接种潜力尚缺乏统一认识。Adjoud等<sup>[6]</sup>研究表明,3种VA菌根菌分别接种11种桉树树种,苗木平均干质量比对照增加49%,但树种与菌种不同组合表现出一定的差异;国内研究也表明,窿缘桉(*E. exserta* F. Muell)<sup>[7]</sup>和尾叶桉<sup>[8]</sup>接种VA菌根菌接种效应明显。混合接种能显著促进幼苗的生长,与尾叶桉混合接种彩色豆马勃(*Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker et Couch)和苏格兰球囊霉(*Glomus caledonium* (Nicol. & Gerd) Trappe & Gerd)研究<sup>[8]</sup>,以及灌木桉(*E. dumosa* A. Cum. Ex Schau)混合菌根等的研究结果一致<sup>[9]</sup>。但也有报道认为,单接种VA菌对苗木的生长没有显著作用,VA菌混合接种巨桉(*E. grandis* Hill ex Maid)<sup>[10]</sup>和蓝桉<sup>[11]</sup>对外生菌根菌的接种效应有一定的抑制作用。这表明开展菌根菌(株)的筛选和接种条件的研究是有必要的,“适树适菌”是菌根技术在实际生产中能否发挥应有作用的一条重要原则。

(2) 菌根接种试验揭示了基质P素水平与菌根接种效应间的交互作用,在较低的P素水平条件下,菌根作用显著。有关研究也表明,土壤中P素的有效含量,在很大程度上制约了菌

根菌的接种效果<sup>[12,13]</sup>。P 素被普遍认为是植物生长的一个重要限制因子,尤其是桉树,许多生物的和非生物的因素能阻碍土壤中 P 素的移动,而菌根正是在促进植物对 P 素的吸收上发挥其重要作用的。在生产实践中,菌根的合理应用可以改善林地土壤的营养结构,减少肥料的用量,提高经济效益。同时也说明,菌根技术的应用,需要与生产实践紧密结合,方能取得较好的效果。P 素在菌根合成过程中的影响程度及其影响机制,还有待进一步研究。

(3) 经林地表土接种的苗木在生长量和生物量上没有显著的优势,其接种效应不明显,这一结果与其极低的菌根感染率相关。研究结果说明了该林地土壤中菌根菌有效繁殖体数量少,甚至完全缺少,桉树苗在这一土壤条件下不能合成良好的菌根,因此生长受到限制。生产菌根化苗以引进优良菌根菌,是解决这一问题的有效措施。

#### 参考文献:

- [1] 弓明钦,陈应龙,仲崇祿. 菌根研究及应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997. 84 ~ 88.
- [2] Brundrett M, Bougher N, Dell B, et al. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture [M]. ACIAR Monograph 32. Canberra, Australia, 1996.
- [3] 郭秀珍, 毕国昌. 林木菌根及应用技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 161 ~ 163.
- [4] Malajczuk N, Bougher N. Ectomycorrhizas of *Cuscutaria* and *Eucalyptus* [R]. CSIRO Australia. Part, 1993. 32 ~ 34.
- [5] 陈应龙, 弓明钦, Brundrett M, 等. 蓝桉和尾叶桉混合菌根研究 . 菌根合成及真菌间的相互关系[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5): 452 ~ 460.
- [6] Adjoud D, Plenchette C, Halli-Hargas R. Response of 11 *Eucalyptus* species to inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi [J]. Mycorrhiza, 1996, (6): 129 ~ 135.
- [7] Liang X butang. Inoculation of forest and fruit trees with VA mycorrhizal fungi in Guangxi Province, China [A]. In: Brundrett M, Dell B, Malajczuk N, et al. eds. Mycorrhizas for Plantation Forestry in Asia [C]. ACIAR Proceedings, 1994, 91 ~ 94.
- [8] 陈应龙, 弓明钦, 王凤珍, 等. ECM 和 VAM 菌混合接种对尾叶桉生长效应的研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(5): 481 ~ 487.
- [9] Chilvers G G, Lapeyrie F F, Horan D P. Ectomycorrhizal VS endomycorrhizal fungi within the same root system [J]. New Phytol., 1987, (107): 441 ~ 448.
- [10] Muchovej R M C, Amorim E F C. Development and effect of endo-ectomycorrhizal fungi on seedlings of *Eucalyptus grandis* [J]. In: Abstracts of the 8th NACOM [C], Jackson Wyoming, 1990. 251.
- [11] Wu T H, Malajczuk N, Brundrett M. Competition and effectiveness of arbuscular and/or ectomycorrhizal fungi on seedlings of bluegum (*Eucalyptus globulus*) [A]. In: Abstracts of the First International Conference on Mycorrhizas [C]. Berkeley USA, 1996.
- [12] Abbott L K, Robson A D. The effect of VA mycorrhizae on plant growth [A]. In: Powell C L, Bagyaraj eds. VA Mycorrhiza [M]. 1984. 113 ~ 130.
- [13] Dell B, Malajczuk N. Fertilizer requirements for ectomycorrhizal eucalypts in forestry nurseries and field plantings in southern China [A]. In: Brundrett M, Dell B, Malajczuk N, et al. eds. Mycorrhizas for Plantation Forestry in Asia [C]. ACIAR Proceedings, 1994, (62): 96 ~ 100.

## Studies on Dual Mycorrhizas of *Eucalyptus globulus* and *E. urophylla* Inoculant Efficacy on the Growth

CHEN Ying-long<sup>1</sup>, GONG Ming-qin<sup>1</sup>, M. Brundrett<sup>2</sup>, B. Dell<sup>3</sup>

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

2. CSIRO Forestry and Forest Products, Perth WA 6014, Australia; 3. Murdoch University, Perth WA 6150, Australia)

**Abstract:** The second part of the results based on a glasshouse experiment. The inoculant effectiveness of 4 VA mycorrhizal fungi and 1 ectomycorrhizal fungus alone or in combination on the growth of *Eucalyptus globulus* and *E. urophylla* saplings was reported. There were substantial differences on the growth among treatments ( $P < 0.005$ ). Large responses of height growth and biomass stimulated by fungal inoculation were observed for both plants during 16-week growing in a sterilized Karrakatta yellow sand. Average heights of inoculated *E. globulus* and *E. urophylla* seedlings were respectively increased by up to 28.86% (*Laccaria* + *Scutellospora*, LS) and 86.65% (*Laccaria* + *Glomus*, LG), compared to those of uninoculated ones at 16 weeks after inoculation. Dry weights of sapling were up to 129.93% (tops) and 119.93% (roots) for *E. globulus*, 133.34% (tops) and 174.83% (roots) for *E. urophylla* respectively relative to controls. The growths of both plants were more significantly enhanced by dual inoculation with *Laccaria* and one of 4 VA mycorrhizal fungi than those inoculated individually. There were strong interactions between fungal colonization and plant growth, which reflected the inoculation efficacy. Ectomycorrhizal fungi had a major impact on root system form—substantially reducing the proportion of fine roots (specific root length), but this did not occur when only VAM fungi were present. The results also revealed that phosphorus level in soils greatly affected the growth of plants and interacted fungal efficacy as well.

**Key words:** dual inoculation; ECM; VAM; *Eucalyptus*; inoculant effect; interaction