林业科学研究 2002, 15(5): 515 520
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2002)05-0515-06

柚木菌根及其对苗期生长影响的研究

弓明钦, 王凤珍, 陈 羽, 梁坤南
(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要: 在广东、广西、云南 7 个点进行采样调查的结果表明, 在自然条件下, 7 个柚木根系样品全部感染 AM 菌, 感染率达 40% 70%, 感染指数达 11.67 19.17; 4 个 AM 菌对 12 个不同地理种源柚木苗人工接种的结果表明, 全部处理均形成感染, 感染率达 70% 100%; 利用 3 个 AM 菌对 4 个柚木无性系进行人工接种, 感染率达 86% 100%, 感染指数达 28.33 52.50; 接种株苗高比对照增加 54.0% 408%, 地径增加 5% 430%, 生物量增加 116.4% 2 574.8%; 统计结果表明, 无论无性系、菌种或无性系× 菌种在苗木高、地径及生物量上与对照的差异均为极显著; 综合比较, 3 个菌种对柚木生长均有接种效果, 以 G9004 效果最好, G6008 菌株次之, 再次是 G3006 菌株。

关键词: 柚木; AM 菌; 生长影响
中图分类号: S796 S718.81 文献标识码: A

柚木(*Tectona grandis* L.)原产印度、缅甸、泰国和印度尼西亚等地, 在我国海南、云南、广西、广东、福建及台湾等省区均有引种栽培[1]。柚木是世界著名的热带珍贵用材树种之一, 其材质优良、纹理通直细致, 耐浸渍, 耐朽力强, 不受虫蛀, 不易着火, 易于加工, 向来是一种高级用材, 为船舶制造、建筑、屋架、车辆、桥梁及家具等制造业的优质原材料。

柚木为马鞭草科(Verbenaceae)半落叶高大乔木。在一些条件较好的地方, 15 年生树高可达 20 35 m, 胸径达 27 35 cm, 在广州 20 年生柚木树高可达 23 m, 胸径达 49.75 cm[2]。因此, 只要条件适合, 柚木的生长速度是可以加快的, 寻求适合的丰产栽培技术也就成为发展柚木首要解决的问题之一。

菌根(Mycorrhiza)对许多热带的慢生树种有促进作用, 并已被许多事实所证明[3 8], 那么, 菌根与柚木有无共生关系? 菌根对柚木生长有无促进作用, 就成为人们关心的问题之一。迄今为止, 国际上对柚木菌根的研究仍然不多, 资料中甚为少见。Lee[9]指出, 柚木属丛枝菌根营养型树种; Setiabudi B[10]对柚木等树种的菌根形成及解剖学进行了初步研究; Aliss[11]调查了印度中部热带林中柚木及龙脑香科(Dipterocarpaceae)沙罗双(*Shorea robusta* Gaetn)VA 真菌的生态条件, 记录了 VA 真菌 22 种; 弓明钦等[12]也初步记录了柚木菌根情况。尽管如此, 有关柚木菌根人工接种及其应用的研究则更少。

为了摸清我国热带地区自然条件下柚木的菌根情况, 探索菌根对柚木不同种源及无性系的侵染能力, 以及柚木幼苗接种 AM 菌(即 VA 菌根菌)的效果等, 作者先后在广东、广西及云南等地进行了有关调查; 在广州热林所苗圃及温室进行有关苗期接种试验, 现将有关结果报告

收稿日期: 2000-12-10
基金项目: "九五"攻关项目"柚木单板类人造板材树种良种选育与栽培技术研究"子专题(1996 2000)部分研究内容; 部分材料来源于作者原有研究资料
作者简介: 弓明钦(1939-), 男, 四川彭州人, 研究员.

如下。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试菌种 多型球囊霉(*Glomus versiforme* (Karsten) Berch) G9004 菌株、G8000 菌株、苏格兰球囊霉(*Glomus caledonium* (Nicol. & Gerd.) Trappe & Gerd.) G3006 菌株、G6008 菌株。菌种引自中国科学院南京土壤研究所和北京市农林科学院营养资源研究所, 由作者利用三叶草(*Trifolium repens* L.) 在无菌基质中进行生物繁殖, 3 个月后晾干供试。

1.1.2 供试柚木 柚木不同种源共 12 个, 其中 3070、3071、3072、3005 来自印度, 1006、8014 来自泰国。7701、7549 来自缅甸, 8011 来自印度尼西亚, 3054 来自老挝, 7784、77109 来自中国。种子经处理后在沙池育苗, 长至 8 10 cm 高时供试。苗木由本所邝炳朝研究员提供。

供试柚木无性系共 4 个, 71-5、74-12, 71-38, 71-12, 由本所繁育中心组培室生产。相同无性系中选择生长势及高度基本一致的苗木供试。

1.2 试验方法

1.2.1 自然条件下柚木感染 AM 菌调查 分别在广东、广西、云南的人工林或散生树中选择 7 个点的柚木根系土壤及根样, 每点在离树基部 50 80 cm 处, 去其地表杂物及表土层, 挖取地下 4 15 cm 深的土壤及吸收根系, 按照 AM 菌根研究常规对根样进行处理[13], 选择 30 40 个根段进行镜检观测, 统计感染率及感染强度。

1.2.2 不同地理种源苗木的 AM 菌接种 采用 20 cm × 20 cm 的黑色塑料育苗袋, 装入未消毒的油茶(*Camellia oleifera* Abel.) 林地的黄心土, 属强酸性(pH = 4.5) 赤红壤; 移植时每袋放入自繁 AM 菌菌种 10 g, 接触幼苗根部, 覆土, 按常规方法育苗, 淋水, 每处理苗木 20 株, 重复 4 次, 3 个月后每处理混合选取根样, 按上述 AM 菌根研究常规进行处理, 挑选 20 段根样进行显微观测, 计数统计感染率及感染强度。

1.2.3 不同无性系苗木的 AM 菌接种 采用 10 cm × 12 cm 黑色塑料袋, 装入无菌混合基质, 每袋再放入 AM 菌剂 18 g, 移入已经炼苗并已生根的组培苗 1 株, 再用无菌基质覆盖, 试验每处理 32 株, 重复 4 次, 常规管理, 每周淋施 1 ‰复合液 1 次, 定期测定苗木生长量, 10 个月后收获, 每处理选择平均苗高的幼苗各 5 株, 测定其菌根感染及生物量等指标。

1.3 观测记录方法

$$\text{菌根感染率} = \frac{\text{AM 菌感染根段数}}{\text{检查根段总数}} \times 100\%$$

菌根感染指数 M.I. = [Σ(菌根感染级 × 感染株数) / (感染最高级 × 调查总株数)] × 100

菌根感染分级标准及菌根依赖性(MD) 公式见文献[14]。

2 试验结果

2.1 柚木在自然条件下感染 AM 菌的调查结果

广东、广西、云南 3 省区 7 个地点的柚木根样检测结果表明, 在自然条件下 7 个根系样品全部具有 AM 感染。菌根感染率达 40% 70%, 菌根感染指数达 11.67 19.17。从而证明柚木在自然条件下 AM 菌感染普遍, 但感染指数不太高(表 1)。

2.2　不同地理种源柚木苗接种 AM 菌的效果

供试 12 个不同地理种源的柚木苗接种 AM 菌 12 个月的观测结果表明, 所有供试 12 个不同地理种源的柚木苗, 与 4 个 AM 菌进行交叉接种, 均可形成 AM 菌感染, 感染率最低达 70.0%, 最高达 100%; 而 4 个 AM 菌株也同样可与 12 个不同地理种源中的任何一种幼苗形成 AM 菌根。其中, 感染率超过 80% 的达到 32 个处理, 占处理总数的 66.67%。从而更加说明 AM 菌与任何柚木苗有较好的亲合力, 更加证明 AM 菌对柚木感染的普遍性与重要性(表 2)。

表 1　柚木自然感染 AM 菌的调查结果

地点	样树概况	树高/m	检查根段数/条	具 AM 菌根段数/条	AM 菌感染率/%	感染指数 (M. I.)
广东广州 1	坡地人工林	8	30	17	56.70	11.67
广东广州 2	坡地人工林	10	30	15	50.00	15.00
广东开平 1	路边散生大树	18	30	12	40.00	11.67
广东开平 2	屋边散生大树	15	30	21	70.00	19.17
广西钦州	公路行道树	10	30	20	66.67	17.50
云南德宏 1	农田边散生树	9	40	19	47.50	11.88
云南德宏 2	公路行道树	13	30	17	56.67	14.17

表 2　不同地理种源柚木苗接种 AM 菌的感染率比较　　%

菌种号	种源号											
	3070	3071	3072	8011	3054	3005	1006	7701	8014	7549	7784	77109
G9004	83.3	86.65	93.30	73.3	71.65	95.00	90.00	88.35	56.85	88.35	86.65	68.30
G3006	85.0	81.65	90.00	93.3	83.35	91.65	96.65	98.35	93.35	76.65	78.35	71.70
G6008	90.0	93.35	70.00	93.3	75.00	96.65	78.30	76.68	81.65	98.35	56.65	80.00
G8000	96.7	86.65	94.95	100.0	86.65	91.65	96.65	95.00	71.65	86.70	76.65	81.65

表 3　不同无性系柚木苗接种 AM 菌的效果

菌株	观测指标	无性系			
		71-38	71-5	71-12	74-12
G3006	苗高/cm	14.5**	24.2**	13.1**	18.1
	地径/mm	6.34	13.24**	3.76**	10.26**
	AM 菌感染率/%	100	93.3	93.3	100
	感染指数	52.5	42.5	35.0	38.33
	生物量/g	2.3978	7.9348**	1.4076**	5.4336**
G6008	苗高/cm	18.8**	17.4**	21.0**	14.26**
	地径/mm	11.7	9.42**	11.98**	7.68**
	AM 菌感染率/%	100	100	100	100
	感染指数	38.33	30.8	34.16	35.0
	生物量/g	5.7458**	3.1652**	7.2318**	3.7688**
G9004	苗高/cm	27.1**	24.8**	27.14**	14.6**
	地径/mm	12.36**	11.4**	12.96**	8.92**
	AM 菌感染率/%	100	86.6	100	100
	感染指数	36.6	28.33	37.5	35.0
	生物量/g	8.2498	6.5852**	7.6500**	4.3622**
CK(对照, 不接种)	苗高/cm	12.0	4.88	8.5	8.1
	地径/mm	6.04	2.3	2.26	4.24
	AM 菌感染率/%	10.0	13.3	9.5	11.2
	感染指数	3.0	4.2	2.3	3.4
	生物量/g	2.6550	0.3168	0.2860	0.9710

注: *** $P < 0.01$; ** $P < 0.05$.

2.3 不同无性系柚木苗接种 AM 菌的效果

利用 3 个 AM 菌种对 4 个不同无性系柚木苗进行人工接种的结果表明(表 3),各有关的 16 个交叉组合处理的幼苗全部都可形成 AM 菌根,其菌根感染率均超过 86%,菌根感染指数达 28.33 52.50,其中指数超过 35.0 的处理达 9 个,占全部处理的 75%(表 3)。证明实施人工接种不仅可以大幅度提高菌根感染率,更可以增加 AM 菌的感染强度,从而提高 AM 菌的接种效果。从苗高、地径及生物量 3 个指标来看,除了 G3006 菌株 × 71-38 无性系的效果稍差外,其它接种处理的苗木比对照均有显著的增长。

统计结果表明,在不同无性系、菌种以及菌种 × 无性系之间在苗高上均为差异极显著;不同无性系在地径上的差异显著,在菌种及菌种 × 无性系之间差异极显著;在生物量上不同无性系之间的差异不显著,而在菌种或菌种 × 无性系之间的差异极显著(表 4)。

表 **4** 接种后 **11** 个月苗高、地径和生物量的方差分析

	变异来源	dF	ss	ms	F	F. pr
苗高	无性系	3	240.80	80.16	5.06	0.003***
	菌种	3	2 283.82	761.27	48.09	< 0.001***
	菌种× 无性系	9	886.12	98.46	6.22	< 0.001***
	误差	59(1)	93 391	15.83		
地径	无性系	3	85.688	28.563	3.58	0.019*
	菌种	3	603.926	201.309	25.22	< 0.001***
	菌种× 无性系	9	292.626	32.514	4.07	< 0.001***
	误差	59(1)	470.908	7.981		
生物量	无性系	3	21.384	7.128	1.00	0.397
	菌种	3	343.412	114.471	16.14	< 0.001***
	菌种× 无性系	9	240.460	26.718	3.77	< 0.001***
	误差	59(1)	418.547	7.094		

不同无性系对菌根依赖性测定结果表明,71-38 无性系对 G9004 菌株的依赖性较强,对 G6008 菌株的依赖性为中等,而对 G3006 菌株则无依赖性;71-5 无性系对 G6008 和 G9004 的依赖性均较强,对 G3006 的依赖性属特强;71-12 及 74-12 无性系对 3 个菌株均有较强的依赖性(表 5)。

表 **5** 不同无性系对 **3** 个菌株的菌根依赖性(MD)

无性系	G3006 菌株	G6008 菌株	G9004 菌株
71-38	90.31	216.4	310.7
71-5	2 504.7	999.1	2 078.6
71-12	514.2	2 528.6	2 674.8
74-12	559.6	388.1	449.2

注:* MD> 300 为强依赖性,MD > 200 为中等依赖性,MD< 200 依赖性弱或没有依赖性。

2.4 接种 AM 菌对苗木生长的影响

不同无性系幼苗接种 AM 菌后,分别于 1、2、3、4、6、9、10、11 个月调查其苗木平均高,观察其苗木生长过程及变化,其结果见表 6。

从表 6 可以看出,无论哪个菌种在 4 个无性系苗木上的效果均优于对照,平均高比对照高 8 64 cm;从接种后第 2 个月至第 4 个月开始,苗高增幅明显加快,接种后第 4 个月至第 10 个月正是干旱季节,苗木高虽有增长,但苗高增幅速度较慢,到次年春雨季生长增幅又再次提高。从总体情况来看,3 个菌种在无性系 71-5、71-38 以及 71-12 幼苗上的效果较好,而对 74-12 无性系的接种效果稍差;而不同菌株在不同无性系上的接种效果表明不一样,对 71-5 无性系以 G3006 菌株效果好,其次分别为 G9004 和 G6008;对于 71-38 无性系而言,则以 G9004

菌种效果最好, 其次为 G3006 和 G6008; 而在 71- 12 无性系上则以 G9004 和 G6008 菌株的接种效果好, 而 G3006 的接种效果反而较差。方差分析结果表明: 接种后第 1 个月不同无性系表现极显著差异, 而菌种差异并不明显, 菌种与无性系之间仅表现显著差异; 从第 2 个月开始, 除个别月份无性系出现显著差异外, 其它的无性系、菌种以及无性系 × 菌种与对照处理均呈极显著差异。再次表明 AM 菌对柚木不同无性系幼苗生长的促进效果是十分显著的。

表 **6**　不同接种处理柚木平均高增长情况

无性系	处理	接种后相关月份平均高增长情况/ cm							
		1	2	3	4	6	9	10	11
74- 12	G3006	4.27	5.41	8.04	9.39	10.00	11.28	11.66	14.24
	G6008	4.20	5.29	7.17	8.22	8.70	8.82	10.07	11.02
	G9004	3.87	4.92	6.26	7.07	7.76	8.27	9.13	10.31
	CK	3.68	4.68	5.30	6.75	7.33	7.67	8.22	9.32
71- 5	G3006	4.66	6.01	9.33	12.16	13.34	14.59	15.61	19.29
	G6008	4.25	6.00	8.73	10.24	10.85	11.64	12.46	13.86
	G9004	4.48	5.56	8.12	11.49	13.50	14.71	15.51	17.35
	CK	3.57	4.36	5.48	6.52	6.71	6.71	6.71	6.90
71- 38	G3006	4.22	5.24	7.56	10.09	10.67	11.13	12.31	13.70
	G6008	3.98	5.59	8.15	9.73	10.34	10.79	11.81	12.56
	G9004	4.44	6.02	9.08	12.29	13.62	14.05	15.38	19.86
	CK	4.19	4.99	6.08	7.53	8.13	8.18	8.18	10.09
71- 12	G3006	4.83	5.89	8.62	10.89	12.72	13.18	13.70	14.53
	G6008	4.83	6.44	9.45	11.95	13.18	13.28	14.03	16.42
	G9004	4.98	6.58	10.04	13.57	15.47	15.79	16.88	19.43
	CK	4.99	5.89	7.02	7.86	8.55	8.55	9.00	9.20

3　结语与讨论

(1) 柚木在自然条件下可以感染 AM 菌形成内生菌根, 而实施 AM 菌人工接种其柚木幼苗可以形成很好的菌根; 不同地理种源以及不同无性系均可表现出相似的接种效果, 从而证明柚木确实具有内生菌根, 亦是一种菌根营养型树种。但是柚木是否也有外生菌根, 目前尚缺乏充分论据。

(2) 对柚木幼苗实施 AM 菌的人工接种可以取得较好的接种效果。接种后不仅菌根感染率大大提高, 菌根感染指数也明显增加, 对苗木高、地径以及生物量的增长有明显的促进作用; 除了个别无性系处理外, 绝大多数柚木无性系 AM 菌均有较强的依赖性, 进一步证明 AM 菌的人工接种对柚木苗生长的重要性。

(3) 不同菌种对不同无性系人工接种的效果不一致, 说明不是所有 AM 菌接种都会有明显的效果, 使用前必须对菌种进行必要的筛选, 选出最佳的菌种及无性系 AM 菌共生组合。本研究结果表明, G9004 菌种可与任何一个供试无性系形成较好的共生体, G6008 菌株和 G3006 菌株可与 71-12、71-5 及 74-12 三个无性系形成较好的共生体, 而与 71-38 无性系共生的效果稍差。

(4) 不同无性系苗木对接种 AM 菌后的生长指标与无性系对不同 AM 菌依赖性测定的结果, 两者之间有时结论并非一致, 这可能是因为不同菌种对柚木促生作用的反应不一致, 有些菌种促进地下根系发展的作用大于对地上部分的作用, 从而导致总体生物量的增加。但就总的结果而言, 供试的 G9004 菌株表现最好, 其次为 G6008 和 G3006 菌株。

(5)本试验结果表明,AM菌技术对慢生树种柚木幼苗培育有较好的促进作用,建议将AM菌人工接种技术列入今后柚木育苗技术研究之中,加以推广应用。

参考文献:

[1] 西南林学院,云南省林业厅. 云南树木图志(中)[M]. 昆明:云南科技出版社, 1990. 1002 1004
[2] 华南主要经济树木编写组. 华南主要经济树木[M]. 北京:农业出版社, 1976. 48 50
[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. 31 39
[4] 仲崇禄,弓明钦,徐大平,等. 接种菌根菌对桉树生长的影响[J]. 林业科学研究, 2001, 14(2): 181 187
[5] 陈立龙,弓明钦,陈羽,等. 外生菌根菌接种对红椎生长及光合作用的影响[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 515 522
[6] 弓明钦,王凤珍,陈羽,等. 西南桦对菌根的依赖性及其接种效应研究[J]. 林业科学研究, 2000, 13(1): 8 14
[7] 仲崇禄,弓明钦,徐大平,等. 巨尾桉瓶内菌根化组培苗的造林效应[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 190 196
[8] 仲崇禄,弓明钦,林什全,等. 木麻黄人工林AM菌资源调查与苗木接种试验[J]. 林业科学研究, 2002, 15(4): 427 431
[9] Lee S S. Mycorrhizal Research in Malaysian Plantation Forestry[A]. In: BIO-REFOR Proceedings of Kangar Workshop, Malaysia[C]. 1994. 153 157
[10] Setiabudi B. Morphology and Anatomy of Mycorrhizae on *Shorea stenoptera*、*Eucalyptus urophylla*、*Tectona grandis*、*Cupressus paperanum* and *Manihot esculento* (In Indonesian)[R]. Sarjana Report, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor, 1980
[11] Alis S, Nibha Gupt. Ecology of the VAM Fungi in Tropical Forests of Central India[A]. In: Programmes and Abastracts of Third Asian Conference on Mycorrhizae (ACOM III)[C]. Indonesia, 1994. 22.
[12] 弓明钦,陈应龙,仲崇录. 菌根研究与应用[M]. 北京:中国林业出版社, 1997. 30 32
[13] Mark B, Neale B, Bernie D, et al. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture[M]. ACIAR Monograph, Canberra, Australia, 1996
[14] 弓明钦,王凤珍,陈羽,等. 相思菌根的菌种筛选及其接种效应研究[J]. 林业科学研究, 2000, 13(3):268 273

Research on Mycorrhiza of *Tectona grandis* and Its Effect on Seedling Growth

GONG Ming-qin, WANG Feng-zhen, CHEN Yu, LIANG Kun-nan
(Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: The results of sampling investigation at 7 sites in three provinces of south China showed that all of the seven root samples of Teak were infected by Arbuscular mycorrhizal fungi with an infecting rate of 40% 70% and infecting index of 11.67 19.17 in the natural condition. The research results of teak seedlings of 12 provenances inoculated artificially by 4 AMF showed all the inoculated treatments were with an infection rate of 70% 100%. 4 clones of teak seedlings were inoculated with 3 AMF and the infection rate was 86% 100% and the infection index 28.33 52.5. The height, ground diameter and biomass of inoculated seedlings increased respectively by 54.0% 408%, 5% 430% and 116.4% 2 574.8% compared with the control seedlings. The results of variance analysis showed that the differences among clones, mycorrhizal strains or clone × mycorrhizal strains on seedling height, ground diameter and biomass comparing with contrast were high remarkable. In conclusion, the three mycorrhizas strains have inoculation effect on the growth of seedlings, with the best one strain G9004, followed by strain G6008 and strain G3006.

Key words: *Tectona grandis;* arbuscular mycorrhiza fungi; growth effect