

华南地区桉树林中 VA 菌根菌资源及其组成*

弓明钦 陈羽 王凤珍 叶秦

摘要 对广东、广西及福建 3 省(区) 7 种不同桉树人工林土壤中 VA 真菌的种类资源及组成调查的结果表明,在桉树根际已知的 26 种 VA 真菌中,包括球囊霉属、无梗囊霉属、硬囊霉属和盾巨囊霉属等 4 个属。其中,球囊霉属 17 种(包括未定种),占已知 VA 菌总数的 65.4%;硬囊霉属 4 种,占 15.4%;无梗囊霉属 3 种,占 11.5%;盾巨囊霉属 1 种,占 3.8%。所有样品中全部包含 VA 菌根真菌;其中福摩萨球囊霉、地球囊霉、多果无梗囊霉、地表球囊霉及球囊霉属未定种第 23 号,为不同类型桉树根际的优势种;福摩萨球囊霉和地球囊霉分别为广东及广西桉树人工林中的重要资源菌种;主要分布于北方碱性土中的摩西球囊霉,在华南地区中性偏碱或碱性土壤中也有分布。

关键词 VA 菌根菌 真菌资源 桉树人工林

桉属(*Eucalyptus*) 树种是既有外生菌根又具内生菌根的树种。1934 年 Asai^[1] 首次报道了桉树根部具有内生菌根,1954 年 Maeda^[2] 才再次证实了这一事实^[2]。但是,首次对桉树内生菌根开展深入研究,并在室内控制条件下完成 VA 菌的菌根合成,却是由 Malajczuk 等^[3] 于 1981 年完成。之后 Boudarga、Lapeyrie 等^[4,5],也分别开展了有关研究。苏利英等^[6] 最早报道我国桉树的 VA 菌调查,证明在广西地区栽培的黑桉(*Eucalyptus aggregata* Denué et Maiden) 等 42 种桉树,全部具有内生菌根,但该文尚未报道有关内生菌根菌的内容。

在这些为数不多的研究中,尽管对桉树内生菌根在桉树生长中所起作用的说法不尽相同,但是比较多的事实仍然证明,VA 菌根对桉树苗期生长具明显的促进作用。郭秀珍等^[7] 报道了大叶桉(*Eucalyptus robusta* Smith) 幼苗接种地表球囊霉(*Glomus versiforme* (Karsten) Berch) 的增产效果;弓明钦等^[8] 报道了赤桉(*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) 幼苗接种摩西球囊霉(*Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe) 和地表球囊霉等两个 VA 菌的生长效应;Robsen 等在废弃煤矿地上栽种经 VA 菌接种的赤桉和镰刀桉(*Eucalyptus drepanophylla* F. Muell ex Benth) 幼苗,其生长量分别比对照提高了 3 倍和 5 倍^[9]。因此,研究桉树 VA 菌根对于桉树发展仍具有重要意义,在土壤条件恶劣的地方造林,某些外生菌根难于发展,而内生菌根则可能起重要作用。

为摸清华南地区桉树人工林土壤中 VA 菌根菌的资源,找出那些可能为促进桉树生长起重要作用的优良菌种,也为筛选优良菌株供生产应用,1992~1995 年,在广东、广西及福建收集不同立地条件下各主栽桉树树种的根际土壤样品,鉴定并分析其 VA 真菌的种类及其组成。

1 材料及方法

1.1 样品收集

1996—06—26 收稿。

弓明钦研究员,陈羽,王凤珍(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520);叶秦(深圳市农业科学研究中心)。

* 本研究为中澳合作 9044 项目(1992~1994 年)及“八五”攻关课题“桉树菌根应用技术研究”部分研究内容;北京市农林科学院张美庆先生协助鉴定 VA 菌菌种;仲崇祿协助样品的收集,谨致深切谢意。

土壤样品分别在广东、广西等不同地区有代表性的人工林地里采集,以当地主栽桉树种为对象,选择生长健壮,无病虫害的优势株,在距树根基部 40~60 cm 处选取对称性的两个点,先去其地表杂物再用小铲挖取地表下 0~35 cm 深的带根土壤,两个点共挖取根际土约 2 kg,混合后用塑料袋包装,编号,记录,带回风干后备用。广东及广西各采土壤样品 7 个,福建仅采 1 个。采集样品的树种包括尾叶桉(*Eucalyptus urqhylla* S. T. Blake)、柠檬桉(*E. citriodora* Hook)、大叶桉、赤桉、巨尾桉(*E. grandis* W. Hill er Maiden × *E. urqhylla* S. T Blake)、雷林 1 号桉(*E. leizhou* No. 1) 及窿缘桉(*E. exserta* F. Muell) 等共 7 种。各采集点的基本情况见表 1。

表 1 各土壤采集点的基本情况

采集号	树种	树龄(a)	立地条件	采集地点	土壤类型	土壤 pH
GD92006	尾叶桉	2	新造林地	广东博罗	赤红壤	4.62
GD94003	尾叶桉	3	松林中间种	广东广州	赤红壤	3.94
GD94001	尾叶桉	4	混交林	广东广州	赤红壤	4.76
GX93024	尾叶桉	3	新造林地	广西柳州	红壤	5.30
GD93001	柠檬桉	8	生产林地	广东廉江	赤红壤	6.38
GD94002	柠檬桉	10	散生绿化树	广州市郊	赤红壤	4.44
GX93017	柠檬桉	12	公路绿化树	广西南宁	赤红壤	6.62
FJ9202	柠檬桉	10	散生绿化树	福建龙海	滨海沙壤	未测
GX93041	大叶桉	10	公路绿化带	广西北海	砖红壤	7.92
GX93049	大叶桉	12	公路绿化带	广西百色	石灰土	7.60
GX93022	赤桉	4	生产林地	广西玉林	赤红壤	6.35
GD93002	雷林桉	7	生产林地	广东廉江	赤红壤	4.73
GX93021	巨尾桉	3	生产林地	广西玉林	赤红壤	4.65
GX93025	窿缘桉	10	生产林地	广西柳州	红壤	4.31
GD93002	窿缘桉	15	公路绿化带	广东韶关	红壤	4.60

1.2 样品处理

用 Schenck^[10] 的湿筛倾析法分离 VA 菌的孢子;根据孢子形态、大小、色泽及微观结构等的不同,按 Schenck 和 Perez^[11] 的鉴定手册进行菌种的分类及鉴定;同时根据样品中各类孢子的数量及比例,确定其优势种。

2 研究结果

2.1 华南桉树人工林土壤中 VA 菌的菌种组成

VA 菌的鉴定结果表明:华南地区已收集的 15 个桉树林的根际土壤中,全部都具有 VA 菌根真菌,已知有 VA 真菌资源 26 种(包括未定种)。其中,已确定种名的有 19 种,未定种 3 种,还有 4 个未定种为新种(待发表)。全部 VA 菌隶属于 4 个属,即无梗囊霉属(*Acaulospora*)、球囊霉属(*Glomus*)、硬囊霉属(*Sclerocystis*) 和盾巨囊霉属(*Scutellospora*) 等(表 2)。其中,球囊霉属真菌 17 种(包括未定种),占已知 VA 真菌总数的 65.4%;硬囊霉属真菌 4 种,占已知 VA 菌总数的 15.4%;无梗囊霉属真菌 3 种,占已知 VA 菌总数的 11.5%;盾巨囊霉属真菌仅 1 种,占已知 VA 菌总数的 3.8%。球囊霉属真菌仍是桉树根际土壤中的一类重要的真菌资源,其次为无梗囊霉属和硬囊霉属。虽然盾巨囊霉属仅见 1 个未定种,然而它在这些样品中出现 4 次,分布频度也较高,在某些特殊地方常见。

2.2 不同省区桉树林中的 VA 菌根菌资源的分布特点

从各个 VA 菌在不同省区桉树林土壤中的分布来看,除了广西地区仅发现 *Glomus* 和 *Sclerocystis* 两个属的真菌外,广东及福建均包含已知 4 个属的真菌。其中,广东省的 7 个样品中包含 13 个种共 20 个种次;广西地区的 7 个样品中则有 13 个种共 21 个种次;福建省虽然仅 1 个土壤样品,却包含了 9 个种共 9 个种次(表 3)。因此,研究结果表明,华南地区桉树人工林根际土壤的 VA 菌根菌资源,不仅种类较多,资源丰富,而且分布广泛,确是一种值得利用的生物资源。值得注意的是,在发生频度都较高的两种 VA 菌中,福摩萨球囊霉仅在广东的土壤样品中出现;而地球囊霉则只在广西和福建的土壤样品中出现,而且相互未见重复分布。

表 2 华南地区桉树 VA 菌资源及组成

菌种代号	名称	学名
1	孔窝无梗囊霉	<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janes
2	多果无梗囊霉	<i>A. myriocarpa</i> Spain, Sieverding & Schenck
3	细凹无梗囊霉	<i>A. scrobiculate</i> Trappe
4	聚果球囊霉	<i>Glomus aggregatum</i> Schenck & Smith
5	近明球囊霉	<i>G. claroideum</i> Schenck & Smith
6	缩球囊霉	<i>G. constrictum</i> Trappe
7	福摩萨球囊霉	<i>G. formosanum</i> Wu & Chen
8	地球囊霉	<i>G. geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker
9	根内球囊霉	<i>G. intraradices</i> Schenck & Smith
10	大果球囊霉	<i>G. macrocarpum</i> Tul. & Tul.
11	小果球囊霉	<i>G. microcarpum</i> Tul. & Tul.
12	微丛球囊霉	<i>G. microaggregatum</i> Koske, Gemma & Olexia
13	摩西球囊霉	<i>G. mosseae</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe)
14	隐球囊霉	<i>G. occultum</i> Walker
15	地表球囊霉	<i>G. versiforme</i> (Karsten) Berch
16	帚状硬囊霉	<i>Sclerocystis coremioides</i> Berk. & Broome
17	厚梗硬囊霉	<i>S. pachycaulis</i> Wu & Chen
18	弯丝硬囊霉	<i>S. sinuosa</i> Gerdemann & Bakshi
19	台湾硬囊霉	<i>S. taiwanensis</i> Wu & Chen
20	无梗囊霉属之一种	<i>Acaulospora</i> sp.
21	球囊霉属之一种	<i>Glomus</i> sp.
22	球囊霉属未定种“10号”	<i>G. sp.</i> “10”
23	球囊霉属未定种“11号”	<i>G. sp.</i> “11”
24	球囊霉属未定种“23号”	<i>G. sp.</i> “23”
25	球囊霉属未定种“31号”	<i>G. sp.</i> “31”
26	盾巨囊霉属之一种	<i>Scutellospora</i> sp.

表 3 不同省区桉树林中的 VA 菌组成

省区	<i>Glomus</i>		<i>Acaulospora</i>		<i>Sclerocystis</i>		<i>Scutellospora</i>		合计	
	种	种次	种	种次	种	种次	种	种次	种	种次
广东	8	12	3	3	1	2	1	3	13	20
广西	11	19			2	2			13	21
福建	6	6	1	1	1	1	1	1	9	9
合计		37		4		5		4		50

2.3 不同桉树林下的 VA 菌根菌资源

尾叶桉林中已知 VA 菌资源共 9 种, 其中, 福摩萨球囊霉、地球囊霉和球囊霉属未定种“23”号(*Glomus* sp. No. 23) 等 3 种, 分别为某些立地条件下的优势种; 其中, 福摩萨球囊霉、盾巨囊霉属之一也分别出现两次, 在尾叶桉林中的分布频度均为 50%, 在尾叶桉与其它树种的混交林地土壤中的 VA 菌种类资源较多, 有 6 个种次; 而一般造林地, 特别是新造林地中 VA 菌的分布较少(表 4)。

表 4 不同桉树林下的 VA 菌组成

树种	菌种代号																										VA 菌种数	优势种数				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26						
尾叶桉 1																									+		1	1				
尾叶桉 2								+																				-	2	1		
尾叶桉 3	-		-					+				-																	-	6	1	
尾叶桉 4									+																					2	1	
柠檬桉 1														-		-														3	0	
柠檬桉 2		+							+																				-	-	4	2
柠檬桉 3																															3	1
柠檬桉 4																															9	2
大叶桉 1																															2	0
大叶桉 2																															4	1
赤桉																															4	0
雷林桉																															2	0
巨尾桉																															4	1
窿缘桉 1																															2	1
窿缘桉 2																															2	1
出现次数	1	1	1	1	2	2	5	6	2	1	1	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	3	1	2	1	1	4					
优势种数	0	1	0	0	0	0	4	5	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0					

注: “+”表示优势种; “-”表示一般种。

对柠檬桉而言, 已知有根际 VA 菌 16 种。其中, 多果无梗囊霉、福摩萨球囊霉、地球囊霉、大果球囊霉和地表球囊霉等 5 种, 分别为不同林地土壤条件下的优势种; 近明球囊霉、地表球囊霉和盾巨囊霉之一也分别出现两次, 分布频度均为 50%。本次调查的几个柠檬桉林, 其树木年龄均在 8 年生以上, 由于树龄较长, 其根系土壤的菌种分布与活动较多, 同上述尾叶桉林地短时间的生长期相比, 菌种显然要丰富得多。

大叶桉也是在一些地方分布较多, 栽培面积较大的造林树种。已知大叶桉根系有 VA 菌 5 种, 其中, 地球囊霉在福建地区成为优势种, 在广东大叶桉上也有分布。本次调查的两个大叶桉根际土壤样品的 pH 值都较高, 因此, 属于碱性土壤菌种的摩西球囊霉, 在本区也有少量分布。

窿缘桉是华南地区 50 年代以来发展面积最大、分布最广的造林树种。在本次调查的 2 个土壤样品中仅分离到 4 种 VA 菌。其中, 福摩萨球囊霉和地球囊霉为其优势种。

在其它 3 种桉树的根际土壤中, 分离到 VA 菌共 8 种, 除了微丛球囊霉在两个土壤样品中出现外, 其它仅为个别出现。

2.4 几个 VA 菌的频度

将上述 26 个菌种在不同地区出现次数换算成频度进行统计, 得出表 5 的结果。发生频度最高的 VA 菌为地球囊霉, 频度为 40%, 其次为福摩萨球囊霉, 频度为 33.3%; 属于中等频度的有 3 个菌种, 即盾巨囊霉之一、摩西球囊霉及球囊霉属之一, 频度分别为 26.6% 和

20%; 其余菌种仅出现 1~2 次, 频度一般较低。

表 5 不同 VA 菌种的出现频度

菌 种 名 称	频度(%)
地球囊霉	40
福摩萨球囊霉	33.3
盾巨囊霉属之一种	26.6
摩西球囊霉、球囊霉属之一种	20.0
近明球囊霉、缩球囊霉、根内球囊霉、微丛球囊霉、帚状硬囊霉、隐球囊霉、地表球囊霉、球囊霉属未定种“11号”	133
孔窝无梗囊霉、多果无梗囊霉、细凹无梗囊霉、聚果球囊霉、无梗囊霉属之一种、大果球囊霉、小果球囊霉、厚梗硬囊霉、弯丝硬囊霉、台湾硬囊霉、球囊霉属未定种“10号”、球囊霉属未定种“23号”、球囊霉属未定种“31号”	6.6

值得注意的是, 在发生频度都较高的两种 VA 菌中, 福摩萨球囊霉仅在广东的土壤样品中出现; 而地球囊霉则在广西和福建的土壤样品中出现, 其原因尚待进一步研究。

3 结果与讨论

(1) 华南地区桉树人工林根际土壤中已知有 VA 菌根菌 26 种, 隶属于 4 个属; 其中球囊霉属 17 种, 占已知 VA 菌总数的 65.4%; 其次为硬囊霉属和无梗囊霉属, 分别占已知 VA 菌总数的 15.4% 和 11.5%, 盾巨囊霉属仅 1 种, 占已知 VA 菌总数的 3.8%。华南地区桉树林根际土壤中 VA 菌不仅分布广泛, 其种类资源也非常丰富, 是提高华南地区桉树人工林生产力不可忽视的一类生物资源。

(2) 福摩萨球囊霉、地球囊霉、盾巨囊霉之一种等菌种, 是华南地区桉树林地土壤中出现频度较高的菌种, 也是在多个地点中占优势的菌种。其中, 福摩萨球囊霉和盾巨囊霉属之一种主要分布在广东省的桉树人工林中; 而地球囊霉则主要分布在广西和福建, 这些菌种在桉树生长中有可能产生重要的促进作用, 值得进一步筛选和试验。

(3) 作为主要的碱性土中分布的摩西球囊霉, 在我国南方也有分布, 只是在土壤 pH 值较高的地方才有分布。

(4) 在不同的立地条件下, 其桉树林中根际土壤中的 VA 菌组成及分布不同。新开的林地或纯林地, 其 VA 菌的种类组成较少, 频度低; 而树龄较老的林地中, 其 VA 菌组成较复杂; 混交林中的土壤 VA 菌组成一般也较纯林为多。

(5) 有资料表明, VA 菌根菌在桉树生长初期能起重要的促进作用, 随着时间的推移, 外生菌根逐渐取代了内生菌根, 而内生菌根也逐渐失去了作用^[12]。本研究中的这些 VA 菌种资源在桉树生长中究竟能发挥多大作用? 能否在同外生菌根的对抗中起到应有的作用? 一些有潜在应用价值的优势种, 能否在促进桉树生长中起到积极作用, 都是值得今后继续研究的课题。

参 考 文 献

- 1 Asai T. Uber das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in den Landpflanzen. Japanese Journal of Botany, 1934, 7: 107~150.
- 2 Maeda M. The meaning of mycorrhiza in regard to systematic botany. Kumamoto Journal of Science Series B, 1954, 3: 57~84.

- 3 Malajczuk N, Linderman R G, Kough J. et al. Presence of VAM in *Eucalyptus* sp. and *Acacia* sp., and their absence in *Banksia* sp. after inoculation with *Glomus fasciculatus*. New Phytologist, 1981, 87: 567 ~ 572.
- 4 Boudarga K, Dexheimer J. Sur la mycorrhization controlee de semis d *Eucalyptus camaldulensis* Dehnardt par *Gigaspora margarita* Bocker and Hall, Annales des Sciences Forestieres, 1989, 46(2): 131 ~ 139.
- 5 Lapeyrie F F, Chilvers G A. An endomycorrhiza-ectomycorrhiza succession associated with enhanced growth of *Eucalyptus dumosa* seedlings planted in calcareous soil. New Phytologist, 1985, 100: 93 ~ 104.
- 6 苏利英, 梁秀棠. 广西栽培树种菌根调查初报. 广西植物, 1985, 5(2): 127 ~ 138.
- 7 郭秀珍, 毕国昌. 林木菌根研究. 北京: 中国林业出版社, 1989. 168.
- 8 弓明钦, 陈羽, 王凤珍. 桉树幼苗菌根接种及其生长效应的研究. 林业科学研究, 1992, 5(6): 639 ~ 645.
- 9 张美庆. 国际菌根研究进展. 土壤学报, 1994, 31(增刊): 21 ~ 25.
- 10 Schenck N C. Methods and principles of mycorrhizal research. The American Phytopathological Society, 1982.
- 11 Schenck N C, Perez Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi(2nd edition), INVAM Gainesville, Florida, U. S. A. 1988.
- 12 Chilvers A G, Lapeyrie F F, Horan D P. Ectomycorrhizal vs endomycorrhizal fungi with the same root system. New Phytol. 1987, 107: 441 ~ 448.

Resou ces and Dist ibution of VAM Fungus Communities in *Eucalyptus* Fo est in Southe n China

Gong Mingqin Chen Yu Wang Fengzhen

Abst act Distribution of VAM fungus communities in different artificial forests consisted of 7 *Eucalyptus* species in Guangdong, Guangxi and Fujian Provinces were reported in the paper. 26 species of VAM fungi isolated from the rhizosphere of *Eucalyptus* trees belong to 4 genera: *Glomus A caulosp ora*, *Sclerocytis* and *Scutellospora*. Among them 17 species (including unidentified species) in *Glomus*, 4 in *Sclerocytis*, 3 in *A caulosp ora* and 1 in *Scutellosp ora* take respectively the ratios of 65.4%, 15.4%, 11.5% and 3.8% of the total VAM isolated. VAM fungi were examined in all soil samples in the survey. *Glomus formosanum*, *Glomus geosporum*, *Acaulosp ora myriocarpa*, *Glomus verdiforme* and *Glomus* sp. No. "23" were generally prevalent species in rhizospere of different *Eucalyptus* trees. *Glomus formosanum* and *Glomus geosporum* are impotant resources of VAM fungi in the *Eucalyptus* field in Guangdong and Guangxi respectively. *Glomus mosseae* which mainly distributed in alkaline soil in the north of China were also discovered in the weekly alkaline or alkaline soil in southern China.

Key wo ds VA mycorrhizal fungi(VAM fungi) fungus resources *Eucalyptus* plantation trees