西双版纳地区龙脑香科植物 AM 真菌的初步研究

石兆勇^{1 2} 陈应龙¹ 刘润进² 王维华²

(1 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520)

(2 莱阳农学院菌根实验室, 山东莱阳 265200)

摘要 对云南省西双版纳地区 17 种龙脑香科树种根系丛枝菌根(Arbuscular mycorrhiza, AM) 真菌的定居情况进行了调查, 并对根围土壤中 AM 真菌进行了分离和鉴定。结果表明, 调查根样均有不同程度的菌根感染, 感染率最高可达 40%, 调查揭示了西双版纳地区龙脑香科植物在自然条件下可形成丛枝菌根。初步从龙脑香科植物根际土壤中分离、鉴定出 32 种 AM 真菌, 隶属于无梗囊霉属(*Acaulospora*)、球囊霉属(*Glomus*)、原囊霉属(*Achaespora*)、拟球囊霉属(*Paraglomus*) 和盾巨孢囊霉属(*Scutellospora*), 其中, 无梗囊霉属和球囊霉属真菌为西双版纳地区龙脑香科植物 AM 真菌优势类群。

关键词 AM 真菌 龙脑香科 菌根感染率 孢子密度 丰度

PRELIMINARY RESEARCH ON ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI OF DIPTEROCARPACEAE IN XISHUANGBANNA, SOUTHERN YUNNAN

SHI Zhao-Yong^{1 2} CHEN Ying-Long¹ LIU Run-Jin² and WANG Wei-Hua²

(1 Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, China)

(2 Mycorrhiza Laboratory, Laiyang Agricultural College, Laiyang 265200, China)

Abstract In order to investigate the status of arbuscular mycorrhizae (AM) in tropical dipterocarpaceae forest, rhizospheric soil with roots of seventeen species of dipterocarpaceae plants grown in both native forests and plantations in tropical region Xishuangbanna, Yunnan Province, were sampled to determine their mycorrhizal colonization, spore density, isolation frequency, relative abundance and species richness of AM fungi. The mycorrhizal colonization rate of host plants were measured under a BX50 Olympus Microscope with Automatic Photo Micrographic System (320-640 ×) after staining with 0.5% acid fuchsin. Spores of AM fungi in aliquots (20 ml) of each soil were isolated by wet-sieving decanting and cane sugar centrifugal method, which were used to identify according to the newest taxonomic system described by Morton and Redecker (2001). Species richness was measured as the number of species compared with the number of individuals in the community. Results showed that most roots collected were colonized by AM fungi, typical arbuscules and vesicles were formed with various colonization rates (up to 40%, grade VIII), and 0-1.86 vesicles per mm root length. Species richness on *Parashorea chinensis* was the highest (4.31), while *Shorea assamica* showed the lowest (1.63). *Hopea mollissima* gave the maximum spore density (7.76), *Vatica astrotricha* the minimal (3.09). Thirty-two AM fungal species belonging to the genera *Acaulospora*, *Glomus*, *Paraglomus*, *Achaespora* and *Scutellospora* were identified. The frequencies and relative abundances of AM fungi varied. *Acaulospora* and *Glomus* were likely the dominant proportion in the rhizospheric soil of dipterocarpus plants in the tropical region. It was suggested that most dipterocarpus plants can form typical AM and there was high species diversity of AM fungi in tropical dipterocarpaceae forest. The functional role of these AM fungi in the physiology of dipterocarpus plants needs further research.

Key words Dipterocarpaceae, Arbuscular mycorrhizae, Colonization status, Spore density, Species richness

在热带雨林生态系统中, 龙脑香科(Dipterocarpaceae)植物具有重要的地位。该科树种是亚洲

热带雨林的特征种, 它的存在指示出热带雨林的分布。龙脑香科植物在我国天然分布有 5 属 13 种, 局

收稿日期: 2002-04-17 接受日期: 2002-12-12

基金项目: 国际热带木材组织(ITTO) PD38/98 项目(2001-2003) 和中国林业科学研究院基金重点课题 2001-03 (2002-2004)

调查工作得到中国科学院西双版纳热带植物园、云南省林业科学院及其所属普文林场的大力支持, 杨德军先生和张永洪先生协助样品的收集, 谨致谢意!

E-mail: shizy1116@hotmail.com; liurj@lyac.edu.cn

限分布于云南西南至东南部、西藏东南部、广西西南部及海南(童绍全等,1990)。由于环境条件的变化及人为因素的影响,我国的龙脑香科树种大部分濒临灭绝。因此,研究和保护我国龙脑香科植物不仅有着很高的经济效益,而且在资源保存、物种多样性研究以及热带植物区系的保护等方面,都有不可估量的价值。

菌根是生态系统的重要组成部分,具有促进植物对营养元素的吸收和生长发育、提高植物的抗逆性、改善植物的根际环境及保护物种多样性的功能。Grime等(1987)和Read(1990)研究认为菌根共生体是决定生态系统多样性的潜在因素,菌根对植物群落的结构和功能有一定调节作用。AM真菌是土壤中最普遍最为重要的真菌类群之一(Read,1994)。调查表明,80%以上的植物能与AM真菌形成丛枝菌根。丛枝菌根多样性的保存对环境保护和植物的可持续生产至关重要(Giovannetti & Pearson,1994)。对龙脑香科植物的菌根研究表明,大多数龙脑香科植物能形成外生菌根(ECM),并对其有很强的依赖性(Lee,1998)。至于龙脑香科丛枝菌根的研究,国内外鲜见报道。到目前为止,除Shamsudin(1979)报道香坡垒(*Hopea odorata*)和Chalermpongse(1987)报道*Dipterocarpus macrocarpus*有AM外,其余的未见有关龙脑香科AM的报道。可见,开展对龙

脑香科植物根围AM真菌的研究具有非常重要的意义。

1 材料和方法

1.1 样品采集

2001年9月对云南版纳地区的17种龙脑香科植物(包括引种)进行采样。具体方法是:在植物根围选好地点,去掉枯枝落叶层,挖取5~50 cm的土层根样及贴近根系的根际土壤约2 kg,把根和土壤装入袋中,记录采样时间、地点和根围环境等并编号(表1)。同一地点各树种分别随机采样5份。

1.2 菌根感染率的测定

用KOH透明-乳酸甘油酸性品红染色法(Biemann & Linderman,1981)测定菌根感染发育状况。为了便于区别把感染率分成不同的级别,规定每5%为1级,即0~5%为I级,6%~10%为II级,以此类推。

1.3 AM真菌孢子的分离和鉴定

用湿筛倾注—蔗糖离心法(Biemann & Linderman,1981)分离、镜检孢子,记录孢子数和孢子的分类特征,参照检索表对AM真菌孢子进行鉴定(Schenck & Perez,1988),按照Morton和Redecker(2001)的最新分类系统给出下面的图式。

表 1 龙脑香科植物样品采集情况
Table 1 Samples situation of different species of Dipterocarpaceae

样品编号 Sample code	宿主植物 Host plants	采样地点 Site location	土壤类型 Soil type	树龄 Tree ages (a)
D ₁	坡垒 <i>Hopea hainanensis</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	28
D ₂	版纳青梅 <i>Vatica xishuangbannaensis</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	22
D ₃	坡垒 <i>H. hainanensis</i>	普文林场(院内) Puwen forest farm (in yard)	紫色赤红壤 Purple latosolic red earth	30
D ₄	河内坡垒 <i>H. horgayensis</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	9
D ₅	小瘤龙脑香 <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	20
D ₆	香坡垒 <i>H. odorata</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	21
D ₇	娑罗双 <i>Shorea robusta</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	13
D ₈	毛坡垒 <i>H. mollissima</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	15
D ₉	望天树 <i>Parashorea chinensis</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	23
D ₁₀	羯布罗香 <i>D. turbinatus</i>	普文林场 Puwen forest farm	赤红壤 Latosolic red earth	20
D ₁₁	羯布罗香 <i>D. turbinatus</i>	普文林场(院内) Puwen forest farm (in yard)	赤红壤 Latosolic red earth	37
D ₁₂	版纳青梅 <i>V. xishuangbannaensis</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	19
D ₁₃	坡垒 <i>H. hainanensis</i>	西双版纳热带植物园(林内) Xishuangbanna tropical botanical garden(in forestry)	砖红壤 Latosol	39
D ₁₄	云南娑罗双 <i>S. assamica</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	21
D ₁₅	小瘤龙脑香 <i>D. tuberculatus</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	21
D ₁₆	具翼龙脑香 <i>D. alatus</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	22
D ₁₇	青梅 <i>V. astrotricha</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	39
D ₁₈	坡垒 <i>H. hainanensis</i>	西双版纳热带植物园(散生) Xishuangbanna tropical botanical garden (scatter)	砖红壤 Latosol	26
D ₁₉	娑罗双 <i>S. robusta</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	12
D ₂₀	缠结龙脑香 <i>D. intricatus</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	22
D ₂₁	越南龙脑香 <i>D. retusus</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	14
D ₂₂	羯布罗香 <i>D. turbinatus</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	14
D ₂₃	广西青梅 <i>V. guangxiensis</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	11
D ₂₄	狭叶坡垒 <i>H. chinensis</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	11
D ₂₅	锡兰龙脑香 <i>D. zeylanicus</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	24
D ₂₆	毛坡垒 <i>H. mollissima</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	25
D ₂₇	河内坡垒 <i>H. horgayensis</i>	西双版纳热带植物园 Xishuangbanna tropical botanical garden	砖红壤 Latosol	36
D ₂₈	望天树 <i>P. chinensis</i>	勐腊补蚌 Bubeng in Mengla county	山地红壤 Mountain red earth	175
D ₂₉	羯布罗香 <i>D. turbinatus</i>	勐腊曼东 Mandong in Mengla county	山地红壤 Mountain red earth	90
D ₂₈	天然林 Natural forest			

1.4 AM 真菌丰度、密度、频度和相对多度

依据张美庆等(1998)改进的方法计算出 AM 真菌的丰度、密度、频度和相对多度。在计算孢子密度

时 ,为了减少误差 ,采用孢子级数对孢子数加以修正。规定每 5 个孢子为 1 级 ,即孢子数 1 ~ 5 个为 1 级 ,6 ~ 10 个为 2 级 ,以此类推。

1.5 数据分析

将试验数据输入计算机进行方差分析。采用邓肯氏新复极差测验 ($p = 0.05$)。

2 实验结果

2.1 AM 真菌资源状况

从根系菌根感染和土壤中 AM 孢子检查情况可以看出,调查的龙脑香科植物大部分都能被 AM 真菌感染而形成丛枝菌根,菌根感染率和泡囊数因宿主植物的不同而差异显著。在所调查的 17 个树种中,以天然林的柳安属的望天树(*Parashorea chinensis*)菌根感染率和泡囊数最高,分别为 40% 和 1.9 个 $\cdot\text{mm}^{-1}$ 根长。菌根感染率最低的则只有 2%,且未观察到有泡囊发生。感染级数差别很大,望天树高达 8 级,最低的则只有 1 级。虽然不同的树种在菌根

感染率和泡囊着生数目上差异显著,但是原始林与人工林差异则不显著(表 2)。

2.2 AM 真菌种的丰度和孢子密度

将龙脑香科植物根围 20 ml 土壤中所检索到的 AM 真菌的数目列于表 2。AM 真菌种的丰度和孢子密度都因宿主植物的不同而不同,且差异显著。种的丰度以普文望天树最高为 4.31,是西双版纳热带植物园云南娑罗双的 2.64 倍。孢子密度以天然望天树最高为 7.83,热带植物园中的青梅最低为 3.09。AM 真菌种的平均丰度和孢子平均密度分别为 2.46 和 4.23。

2.3 AM 真菌的种类及其频度和相对多度

从表 3 可以看出,共分离、鉴定出 AM 真菌 32 种,其中无梗囊霉属(*Acaulospora*) 7 种,占 22%,球囊霉属(*Glomus*) 22 种,占 69%,*Glomus* 和 *Acaulospora*

表 2 龙脑香科不同种植物的菌根着生状况及 AM 真菌的丰度和密度

Table 2 Arbuscular mycorrhizal status, species richness and spores density of AM fungi of different species of Dipterocarpaceae in different sites

样品编号 Sample code	菌根感染率(%) Colonization rate	感染级数 Colonization degrees	泡囊(个 $\cdot\text{mm}^{-1}$ 根长) Vesicles (No $\cdot\text{mm}^{-1}$ root)	种的丰度 Species richness	孢子密度(级/土样) Spores density (Degree/sample)
D ₁	10 ^{ad}	II	0.5 ^c	3.17 ^c	3.83 ^c
D ₂	5 ^d	I	0.2 ^c	2.66 ^d	4.54 ^{bc}
D ₃	8 ^{cd}	II	0.4 ^c	2.43 ^d	3.32 ^{cd}
D ₄	20 ^{bc}	IV	1.1 ^b	3.78 ^b	3.21 ^{cd}
D ₅	4 ^d	I	0.2 ^c	2.13 ^c	4.87 ^b
D ₆	15 ^c	III	0.5 ^c	2.40 ^d	3.75 ^c
D ₇	25 ^b	V	1.3 ^{ab}	3.79 ^b	3.80 ^c
D ₈	3 ^d	I	0	1.97 ^e	7.76 ^a
D ₉	35 ^{ab}	VII	1.8 ^a	4.31 ^a	3.56 ^c
D ₁₀	10 ^{ad}	II	0.4 ^c	2.33 ^d	3.45 ^{cd}
D ₁₁	3 ^d	I	0	1.78 ^{ef}	3.18 ^{cd}
D ₁₂	2 ^d	I	0.1 ^c	1.84 ^c	3.32 ^{cd}
D ₁₃	2 ^d	I	0.1 ^c	2.07 ^c	4.65 ^b
D ₁₄	3 ^d	I	0	1.63 ^f	3.15 ^{cd}
D ₁₅	3 ^d	I	0.2 ^c	1.72 ^{ef}	3.21 ^{cd}
D ₁₆	5 ^d	I	0.2 ^c	3.03 ^c	3.48 ^c
D ₁₇	3 ^d	I	0.1 ^c	2.52 ^d	3.09 ^d
D ₁₈	2 ^d	I	0	1.81 ^{ef}	3.51 ^c
D ₁₉	2 ^d	I	0	1.77 ^{ef}	3.13 ^{cd}
D ₂₀	5 ^d	I	0.2 ^c	2.14 ^c	5.06 ^b
D ₂₁	3 ^d	I	0	1.88 ^c	7.21 ^a
D ₂₂	5 ^d	I	0.3 ^c	2.21 ^{de}	5.43 ^b
D ₂₃	10 ^{ad}	II	0.4 ^c	1.69 ^{ef}	3.45 ^{cd}
D ₂₄	2 ^d	I	0	1.67 ^{ef}	3.44 ^{cd}
D ₂₅	3 ^d	I	0	1.70 ^{ef}	3.27 ^{cd}
D ₂₆	4 ^d	I	0.1 ^c	2.35 ^d	3.57 ^c
D ₂₇	3 ^d	I	0	3.36 ^{bc}	4.06 ^c
D ₂₈	40 ^a	VIII	1.9 ^a	3.82 ^b	7.83 ^a
D ₂₉	28 ^b	VI	1.0 ^b	3.45 ^b	6.46 ^{ab}

同一列数字后不同字母表示各处理在 $p = 0.05$ 水平上差异显著 Different letters in the same column denote significant difference between treatments at $p = 0.05$ level D₂₈ 天然林 Natural forest D₁ ~ D₂₉ 同表 1 See Table 1

表 3 云南龙脑香科不同种植物 AM 真菌的频度和相对多度
Table 3 The frequency (F) and relative abundance (RA) of AM fungi of different species of Dipterocarpaceae in Yunnan province

AM 真菌 Arbuscular mycorrhizal fungi	频度 K (%)	相对多度 RA (%)	植物编号 Codes of host plants
无梗囊霉属 <i>Acaulospora</i> (7 种)			
双网无梗囊霉 <i>A. appendicola</i>	14	8	D ₁ , D ₄₋₅ , D ₇ , D ₉₋₁₁ , D ₁₃ , D ₂₁₋₂₂ , D ₂₈₋₂₉
细齿无梗囊霉 <i>A. denticulate</i>	31	23	D ₁₋₂ , D ₄ , D ₆₋₇ , D ₉₋₁₁ , D ₁₂ , D ₁₄ , D ₁₆ , D ₁₈₋₂₅ , D ₂₇₋₂₉
凹坑无梗囊霉 <i>A. excavate</i>	12	7	D ₃₋₄ , D ₇ , D ₉ , D ₁₆₋₁₇ , D ₂ , D ₂₂ , D ₂₆ , D ₂₈₋₂₉
孔窝无梗囊霉 <i>A. foveata</i>	21	10	D ₁₋₃ , D ₆₋₇ , D ₉₋₁₁ , D ₁₅₋₁₇ , D ₂ , D ₂₃ , D ₂₆ , D ₂₈₋₂₉
格但无梗囊霉 <i>A. gedanensis</i>	8	3	D ₄ , D ₇ , D ₁₃ , D ₁₇ , D ₂₂ , D ₂₈
浅窝无梗囊霉 <i>A. lacunose</i>	16	6	D ₂ , D ₄ , D ₇ , D ₉ , D ₁₄ , D ₁₇ , D ₁₉ , D ₂₁ , D ₂₄ , D ₂₆₋₂₉
刺无梗囊霉 <i>A. spinosa</i>	30	19	D ₁₋₁₃ , D ₁₆₋₁₈ , D ₂₋₂₂ , D ₂₆₋₂₈
原囊霉属 <i>Achaeospora</i> (1 种)			
薄壁原囊霉 <i>A. leptoticha</i>	9	4	D ₂ , D ₄ , D ₇ , D ₉ , D ₁₃₋₁₄ , D ₂₈
球囊霉属 <i>Glomus</i> (22 种)			
聚丛球囊霉 <i>G. aggregatum</i>	18	12	D ₂₋₃ , D ₅ , D ₇ , D ₉₋₁₃ , D ₁₅ , D ₁₈₋₁₉ , D ₂₈₋₂₉
双型球囊霉 <i>G. ambisporum</i>	6	2	D ₇₋₈ , D ₂₁ , D ₂₇ , D ₂₉
澳洲球囊霉 <i>G. australe</i>	12	3	D ₁₋₂ , D ₄ , D ₇₋₉ , D ₂₇₋₂₉
苏格兰球囊霉 <i>G. caledonium</i>	10	2	D ₃₋₄ , D ₆₋₇ , D ₉ , D ₁₆ , D ₂₂ , D ₂₈
近明球囊霉 <i>G. claroideum</i>	34	22	D ₂₋₇ , D ₉₋₁₄ , D ₁₆₋₂₂ , D ₂₅₋₂₉
副冠球囊霉 <i>G. coronatum</i>	15	8	D ₁₋₃ , D ₆ , D ₉₋₁₂ , D ₁₈ , D ₂ , D ₂₇₋₂₉
沙荒球囊霉 <i>G. deserticola</i>	9	5	D ₄ , D ₆₋₇ , D ₉ , D ₂₆ , D ₂₈₋₂₉
两型球囊霉 <i>G. dimorphicum</i>	5	1	D ₄ , D ₁₅₋₁₆ , D ₂₈
长孢球囊霉 <i>G. dolichosporum</i>	31	15	D ₁₋₉ , D ₁₁₋₂₂ , D ₂₆ , D ₂₈₋₂₉
幼套球囊霉 <i>G. etunicatum</i>	36	26	D ₁₋₁₂ , D ₁₄ , D ₁₆₋₂₉
聚生球囊霉 <i>G. fasciculatum</i>	7	2	D ₂ , D ₆ , D ₇ , D ₉ , D ₁₄ , D ₂₈
多产球囊霉 <i>G. fecundisporum</i>	6	3	D ₄ , D ₇ , D ₉ , D ₂₇
福摩萨球囊霉 <i>G. formosanum</i>	11	7	D ₁₋₄ , D ₇ , D ₉ , D ₂₇₋₂₉
地球囊霉 <i>G. geosporum</i>	8	3	D ₃ , D ₆ , D ₁₆₋₁₇ , D ₂₆ , D ₂₈
晕环球囊霉 <i>G. halonatum</i>	3	2	D ₉ , D ₂₉
何氏球囊霉 <i>G. hoi</i>	4	1	D ₁₆ , D ₂₈ , D ₂₉
大果球囊霉 <i>G. macrocarpum</i>	33	20	D ₁₋₁₃ , D ₁₆₋₁₈ , D ₂ , D ₂₂₋₂₉
微丛球囊霉 <i>G. microaggregatum</i>	21	9	D ₂₋₄ , D ₆₋₉ , D ₁₆₋₁₈ , D ₂ , D ₂₂ , D ₂₅₋₂₆ , D ₂₈₋₂₉
小果球囊霉 <i>G. microcarpum</i>	19	10	D ₁ , D ₄₋₆ , D ₈₋₁₀ , D ₁₂ , D ₁₆ , D ₁₉ , D ₂₁ , D ₂₄ , D ₂₇₋₂₉
摩西球囊霉 <i>G. mosseae</i>	23	13	D ₁₋₁₃ , D ₁₆₋₁₇ , D ₂₇₋₂₉
网状球囊霉 <i>G. reticulatum</i>	6	1	D ₇ , D ₉ , D ₁₄ , D ₂₄ , D ₂₇
地表球囊霉 <i>G. versiforme</i>	20	11	D ₄ , D ₇ , D ₉ , D ₁₁ , D ₁₄₋₁₇ , D ₂₁ , D ₂₃₋₂₅ , D ₂₇ , D ₂₈
拟球囊霉属 <i>Paraglomus</i> (1 种)			
隐拟球囊霉 <i>P. occlum</i>	7	2	D ₃ , D ₇ , D ₉ , D ₂₇ , D ₂₉
盾巨孢囊霉属 <i>Scutellospora</i> (1 种)			
盾巨孢囊霉之一种 <i>Scutellospora</i> spp.	4	2	D ₁₄ , D ₂₈ , D ₂₉

D₁ ~ D₂₉ :同表 1 See Table 1 D₂₈ :天然林 Natural forest

属的真菌出现频率最高。从种的出现频度和相对多度来看 ,*Acaulospora* 属的细齿无梗囊霉(*Acaulospora denticulate* Sieverding & Toro)和刺无梗囊霉(*Acaulospora spinosa* Walker & Trappe)以及 *Glomus* 属的近明球囊霉(*Glomus claroideum* Schenck & Smith) ,长孢球囊霉(*Glomus dolichosporum* Zhang & Wang) ,幼套球囊霉(*Glomus etunicatum* Becker & Gerd.)和大果球囊霉(*Glomus macrocarpum* Gerd. & Ttappe) 6 个种相对较高 ,这 6 个种可能为该地区龙脑香科植物的常见 AM 种。

3 讨 论

AM 真菌是活体专性共生真菌 ,植物的多样性在一定程度上决定 AM 真菌的多样性(Al-Raddea , 1995)。从调查的龙脑香科植物的菌根状况来看 ,该科能形成丛枝菌根 ,这与 Shamsudin(1979)和 Chalempongs(1987)分别发现龙脑香科植物香坡垒(*H. odorata*)和龙脑香(*Dipterocarpus macrocarpus*)能形成丛枝菌根的结果相一致。然而 ,很多对龙脑香科的调查则仅局限于外生菌根 ,没有关于丛枝菌根

方面的报道(Lee & Alexander, 1996; Moyersoen *et al.*, 2001)。

从菌根感染率和泡囊的着生数目可以看出,其菌根感染率大部分都很低,在 10% 以下,这可能与所取的根样有关。因为在调查过程中,发现即使同一树种其粗的根段比细根段感染率要低,这与已报道的对热带莎草的结果一致(Muthukumar & Manian, 1996)。龙脑香科植物是高大的乔木,因此,在取样时难以发现足量的细根,所以测定结果可能多数要偏低。另外,还可能与调查植物的树龄以及调查季节、取样方式等有关。我们曾对 6 个月的狭叶坡垒(*Hopea chinensis* Hand.-Mazz.)林下幼苗做过调查,未发现 AM 真菌的感染。从树种水平来看,望天树的两个样品均较其它树种高,这可能与宿主植物本身的遗传特性等有关。

从对 AM 真菌的丰度和密度研究来看,每一种植物有多种 AM 真菌与之根系共生,并因宿主不同而变化,这可能与宿主植物自身特性有关,但也可能受其它因素的影响,如土壤条件等。另外,一些土样是直接采集于原始的热带雨林,由于热带原始林中植物种类繁多且根系交织分布,因此难以排除其它 AM 真菌的宿主植物对龙脑香科树种根围 AM 真菌的影响。

对龙脑香科植物根围 AM 真菌的分离和鉴定可知,龙脑香科植物根围的 AM 真菌具有丰富的多样性。以无梗囊霉属和球囊霉属为优势属,这两个属真菌在其它热带雨林植物上也较常见(赵之伟等, 2001)。但是被认为广幅型真菌的摩西球囊霉(*Glomus mosseae*)(张美庆等, 1994)出现的频率并不高,可能是由于环境条件所致或在野生宿主根围少于栽培植物根围(张美庆等, 1999)的原因。

综上所述,通过对云南版纳地区龙脑香科植物菌根状况的初步调查,我们认为,云南西双版纳地区龙脑香科的多数植物能够与 AM 真菌形成丛枝菌根,根围 AM 真菌较丰富。但这些真菌对龙脑香科树种的功能性作用,以及环境条件对菌根形成的影响等,还有待进一步研究。

参 考 文 献

Al-Raddad, A. M. 1995. Interaction of *Glomus mosseae* and *Pae-cilomyces lilacinus* on meloidogyne jaranica of tomato. *Mycorrhiza*, **5**: 223 ~ 236.
Biemann, B. & R. G. Linderman. 1981. Quantifying vesicular ar-

buscular mycorrhizae: a proposed method towards standardization. *New Phytologist*, **87**: 63 ~ 67.
Chalermpongse, A. 1987. Mycorrhizal survey of dry-deciduous and semi-evergreen dipterocarp forest ecosystems in Thailand. In: Kostermans, A. C. J. H. ed. *Proceedings of the third round table conference on dipterocarps*. East Kalimantan: Mulawarman University Press.
Giovannett, M. & V. G. Pearson. 1994. Biodiversity in arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, **98**: 705 ~ 715.
Grime, J. P., J. M. L. Mackey & S. H. Hillier. 1987. Floristic diversity in model system using experimental microcosms. *Nature*, **328**: 420 ~ 422.
Lee, S. S. & I. J. Alexander. 1996. The dynamics of ectomycorrhizal infection of *Shorea leprosula* seedlings in Malaysian rain forests. *New Phytologist*, **132**: 297 ~ 305.
Lee, S. S. 1998. Root and nutrition. In: Appanah, S. & J. M. Turnbull eds. *A review of dipterocarps: taxonomy, ecology and silviculture*. Bogor, Indonesia: CIFOR, 99 ~ 114.
Morton, J. B. & D. Redecker. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia*, **93**: 181 ~ 195.
Moyersoen, B., P. Becker & I. J. Alexander. 2001. Are ectomycorrhizas more abundant than arbuscular mycorrhizas in tropical heath forest? *New Phytologist*, **150**: 591 ~ 599.
Muthukumar, T. & U. Manian 1996. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in tropical sedges of southern India. *Biology and Fertility of Soils*, **22**: 96 ~ 100.
Read, D. G. 1994. Plant-microbe mutualisms and community structure. In: Ernst-Deltlef, S. & H. A. Mooney eds. *Biodiversity and ecosystem function*. New York: Springer-Verlag. 181 ~ 209.
Read, D. J. 1990. Mycorrhizas in ecosystems-nature's response to the "Law of the minimum". In: Hawksworth, D. J. ed. *Frontiers in mycology*. Wallingford: CAB International. 101 ~ 130.
Shamsudin, M. N. 1979. Mycorrhiza of tropical forest trees. In: Furtado, J. I. ed. *International symposium of tropical ecology*. Malaysia: Kuala Lumpur. 173.
Tong, S. Q. (童绍全) & G. D. Tao (陶国达). 1990. Dipterocarpaceae. In: Li, X. W. (李锡文), Y. H. Li (李延辉), S. Q. Tong (童绍全) & G. D. Tao (陶国达) eds. *Flora reipublicae popularis sinicae*. Beijing: Science Press, **50** (2): 114 ~ 131. (in Chinese)
Zhang, M. Q. (张美庆), Y. S. Wang (王幼珊) & L. J. Xing (邢礼军). 1998. The ecological distribution of AM fungi community in south and east coast of China. *Mycosystema* (菌物系统), **17**: 274 ~ 277. (in Chinese with English abstract)
Zhang, M. Q. (张美庆), Y. S. Wang (王幼珊) & L. J. Xing (邢礼军). 1999. The relationship between the distribution of AM fungi and environmental factors. *Mycosystema* (菌物系统), **18**: 25 ~ 29. (in Chinese with English abstract)
Zhang, M. Q. (张美庆), Y. S. Wang (王幼珊), C. Zhang (张驰) & L. Huang (黄磊). 1994. The ecological distribution characteristics of some genera and species of VAM fungi in northern China. *Acta Mycologica Sinica* (真菌学报), **13**: 166 ~ 172. (in Chinese with English abstract)
Zhao, Z. W. (赵之伟), X. W. Li (李习武), G. H. Wang (王国华), L. Z. Cheng (程立忠), T. Sha (沙涛), L. Yang (杨玲) & L. C. Ren (任立成). 2001. AM fungi in the tropical rain forest of Xishuangbanna. *Mycosystema* (菌物系统), **20**: 316 ~ 323. (in Chinese with English abstract)