

钦州湾红树林丛枝菌根初步研究

王桂文, 李海鹰, 孙文波

(广西科学院生物研究所, 广西南宁 530003)

摘要: 海漆(*Excoecaria agallocha*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄(*Kandlia candel*)、白骨壤(*Avicennia marina*)是钦州湾分布广、生长量大的4种红树植物, 该项研究初步调查了丛枝菌根真菌在这四种植物根系的定居情况。在这四种植物的根际土壤均分离到丛枝菌根真菌孢子, 其孢子密度以海漆根际的最高, 其次为桐花树、秋茄、白骨壤。同时, 海漆根系的侵染率和物种丰富度也最高, 但在所取的白骨壤根样中没有观察到丛枝菌根的侵染。菌根侵染主要是以根内菌丝、胞内菌丝膨大扭曲、泡囊等形态出现。海水和土壤质地是影响菌根侵染率的主要因素。在所采土样中仅发现球囊霉属(*Glomus*)、无梗囊霉属(*Acaulospora*)丛枝菌根真菌, 计有17种和多个未确定种。

关键词: 红树林; 丛枝菌根真菌; 分布

中图分类号: Q949.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2003)05-0445-05

Primary study on arbuscular mycorrhizas of mangrove in Qinzhou Bay

WANG Gui-wen, LI Hai-ying, SUN Wen-bo

(*Institute of Biology, Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530003, China*)

Abstract: Colonization of the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on root system of four mangrove plants in Qinzhou Bay was surveyed. The AMF spores density in soil of different plant rhizosphere and the intensity of AMF infection were analyzed. *Excoecaria agallocha* possessed the highest spore density, infection intensity, and species richness of AMF, and *Aegiceras corniculatum*, *Kandlia candel*, *Avicennia marina* rank in turns. AM structures were not found in the root samples of *Avicennia marina*. Curled and expanded intracellular hyphae, vesicles, and intercellular hyphae were the most discernible AM structures. Saline and soil character were the main factors that influenced the AMF infection of mangrove. Seventeen AMF were isolated and belong to the genera of *Glomus* and *Acaulospora*.

Key words: mangrove; arbuscular mycorrhizal fungi; distribution

红树林是生长于热带和亚热带海岸和河口潮间带的木本植物群落, 是陆地到海洋过渡的生态系, 开放性, 生物繁多, 生产力高, 具有独特的生态功能和重大的生态经济效益, 成为目前全球海洋生物多样性保护的重点对象之一。我国对红树林生态的研究从种群与群落、生理生态、土壤、底栖动物等生态

系统特征, 以及红树林林栖鸟类、昆虫、病害、土壤微生物等都进行了研究(范航清等, 1995; 林鹏, 2001)。菌根是真菌与植物根系互利共生的共生体。丛枝菌根(arbuscular mycorrhizae, 简称 AM)是自然界中分布最广泛的一类内生菌根真菌, 它们在增加植物对磷和其他微量元素的吸收, 增强植物的抗旱、抗

收稿日期: 2002-07-29 修订日期: 2003-03-12

基金项目: 广西自然科学基金(桂科自 9811017)

作者简介: 王桂文(1969-), 男, 广西玉林人, 助理研究员, 微生物专业, 主要从事植物组培、植物共生菌研究。

病、抗盐碱及促进土壤团粒结构形成中起重要作用。除大量存在于农业和树林土壤中之外,还广泛存在于高山、海滩、沙漠、盐碱滩、废矿山、低地、半干旱灌木丛等生态环境比较差的地方(刘润进等,2000;弓明钦等,1997)。原来一直认为水生植物没有菌根形成(Khan,1974),但近年来的研究表明,AM 在湿地植物中亦广泛形成(Rickerl 等,1994;Cornwell 等,2001)。研究发现,丛枝菌根真菌(arbuscular mycorrhizal fungi,简称 AMF)也是红树林生态群落中的一员,研究红树林菌根真菌的定居情况可以揭示红树林生长与菌根真菌之间的相关性及菌根真菌在红树林生态系统中的地位,丰富红树林生态学研究。台湾学者曾对台湾岛淡水河口的秋茄(*Kandlia candel*)的菌根进行过初步研究,从中确定内生菌根真菌 10 种及未被国际普遍认可的新种 8 种(胡弘道,1988)。印度学者也对恒河河口红树林与菌根真菌的相互关系进行了研究(Chaudhuri 和 Sengupta,2001)。广西钦州湾大风江河口及七十二泾分布广泛且数量较大的红树植物有海漆(*Excoecaria agallocha*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄、白骨壤(*Avicennia marina*)等 4 种,本文报道丛枝菌根真菌在这些植物根系定居情况的初步研究结果。

1 材料与方 法

1.1 材料采集

从 1999 年 4 月至 2001 年 11 月,在春夏季节(4~6 月)和秋冬季节(9~11 月),在广西钦州湾七十二泾外口和大风江近海沿岸设点取样,在高潮带、中潮带、低潮带所生长的红树植物冠幅周围的根际,取 0~25 cm 土层的根样以及贴近根际的土样 1.5~2 kg,当天或者第二天带回实验室后马上洗取根样,保存在 1/2 FAA 固定液中。土样风干保存。在某些位点的某个潮位带可能只有一种植物,或某种植物只分布在某个潮位。为减少干扰,尽量选取纯林成分或单独一株红树植物的根际取样。

1.2 材料处理

1.2.1 根样处理 根样从 FAA 固定液中取出,清水冲洗,用碱解离,乳酸酚棉蓝染色,标本片置光学显微镜下观察记录 AMF 在每个根段上的侵染情况,并统计其侵染率,仅出现菌丝侵染的记为+/-。

1.2.2 土壤处理 取去掉砂砾的风干土样 20 g,采

用湿筛倾注一蔗糖离心法筛取孢子,在体视显微镜下分别计算 65、150、320 目筛面上取得的孢子数,累加后计算其孢子密度(即 100 g 干土壤中的孢子数)。孢子果以一个孢子来计数。对低潮带孢子数量可能较少的土样,称取 100 g 干土样来分离。

1.2.3 AM 真菌的鉴定 取湿筛得到的孢子,用水、乳酸、PVLG 及 PVLG 与 Melzer's 1:1 混合液等制片液制成标本片,于光学显微镜下观察孢子颜色、大小等形态特征及其壁层结构,Melzer's 反应,参照分类指南(Schenck 和 Yvonne,1988)及国际 VA 菌根保藏中心(INVAM)在 Internet 上提供的种的描述及图片进行分类鉴定。

2 结果与讨论

2.1 钦州湾红树林根际土壤 AMF 孢子密度的生态变化

2.1.1 不同植物根际 AMF 孢子数量差异 海漆、桐花树、秋茄、白骨壤等植物的根际土壤 AMF 孢子密度统计见表 1。在这四种生长在不同潮位的红树植物的根际普遍分离到 AMF 孢子,在所取的 98 份土壤样品中,仅低潮带生长的桐花树、白骨壤各有一份样品即使加大土样量仍未分离到孢子。以海漆根际土壤平均孢子密度最高,桐花树(235)、秋茄(126)次之,白骨壤最少(平均 30 个)。这可能与它们的生长分布特点有关:海漆主要分布于高、中潮带,秋茄主要分布于中潮带,白骨壤主要分布于中低潮带,桐花树则在各潮带都有分布,但以中潮带为主,潮位越高每天受海水浸泡时间越短,说明海水的浸泡强度对 AMF 的生长可能产生不利影响。

在表 1 中,分布在高潮带的海漆和桐花树其根际土壤 AM 孢子数量比中潮带还少,主要是在本研究的取样点中,高潮带的海漆和桐花树分布的地点往往是生长环境比较恶劣,土质多为较差的砂砾壤土。在野外取样中,潮间带划分只是根据作者目测确定,未必很准确。在地势比较开阔平坦的红树植物集中地(俗称“榄坪”),即使不是处于低潮带,退潮后其土壤仍处于高度饱水状态。再者,红树林根系庞大复杂、部分取样植物所处位点平均取样很困难。因此,本文统计数据仅反映调查结果,只是 AMF 在这四种红树植物根系上定居情况的大概反映。

2.1.2 AMF 孢子密度的季节性差异 春夏季节取样其 AMF 孢子数量比秋季要少,内江受淡水影响

较多的位点尤其明显。各种植物根际土壤孢子密度季节变化最明显的是桐花树,其次是海漆和白骨壤,秋茄的季节变化不甚明显(表 2)。

2.1.3 AMF 孢子密度的生态地理变化 从东场镇关塘开始,沿大风江出海,每隔 5 km 左右设点取样,所分离到的 AMF 孢子数量逐渐减少,到达九河位点后急剧减少,但在外口沙角位点有所增加,在同

期的七十二泾长期受海水影响的位点却有较高的孢子密度(如钦港 196,中山公园 321)。大风江各取样点其 AMF 孢子密度变化趋势见图 1。这说明红树植物根际的 AMF 孢子密度明显受到海水(咸水)盐分的影响,亦即海水明显影响 AMF 的生长及其对红树植物的侵染,和其他文献报道的结果相似(胡弘道,1988;Chaudhuri 和 Sengupta,2001)。

表 1 钦州湾红树植物根际土壤 AM 真菌孢子密度差异
Table 1 Spore density of AM fungi in mangrove rhizosphere soil of Qinzhou Bay

植物 Species	位点所处潮带 Sites ¹⁾	统计土样数 No. of sampling	孢子密度 ²⁾ Spore density	平均孢子密度 Mean of spore densities
海漆 <i>Excoecaria agallocha</i>	H	8	423	559
	M	7	714	
秋茄 <i>Kandlia candel</i>	H	3	210	126
	M	8	123	
	L	2	15	
桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	H	7	130	235
	M	24	326	
	L	8	56	
白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	M	2	55	30
	L	4	17	

¹⁾ H:高潮带 High tide zone; M:中潮带 Middle tide zone; L:低潮带 Low tide zone。表 3 同理。

²⁾ 每 100 g 干土的孢子数。 Number of spores per 100g dry soils.

表 2 红树植物根际不同季节孢子密度差异
Table 2 Spore density of different seasons in mangrove soil

植物 Species	取样季节 Season of sampling	取样数量 Number of sampling	平均孢子密度 Mean of spore densities
桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	S	15	62
秋茄 <i>Kandlia candel</i>	A	22	409
白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	S	5	167
海漆 <i>Excoecaria agallocha</i>	A	7	122
	S	2	9
	A	4	24
	S	6	532
	A	10	826

注:在表 2 和表 3 中,S 代表春夏季节,A 代表秋冬季节。

Note: In table 2 and table 3, S and A refer to spring-summer and autumn-winter, respectively.

2.2 红树植物的 AMF 感染情况

可能由于生长环境特殊,红树植物根样碱软化和脱色素往往要经过 121 °C 处理 20~30 min,海漆的根段还要适当延长碱处理时间。试验中用酸性品红染色效果不理想,经试验改用棉兰染色。

红树植物的根系很发达,可以扩展到很大的范围。除白骨壤外,大多数根样都观察到 AMF 的侵

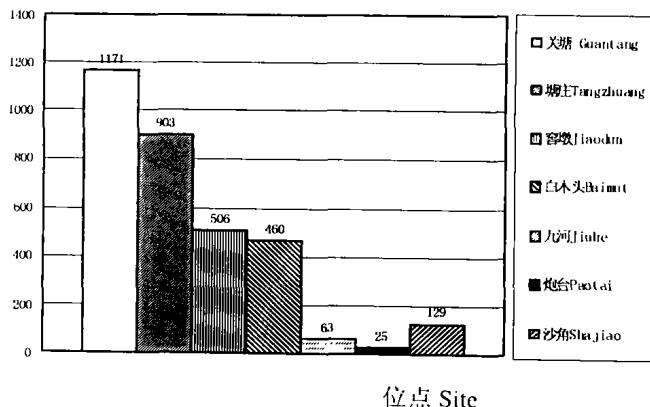


图 1 大风江沿岸红树林根际 AM 孢子数量变化(个/100 g)

Fig. 1 Trend of spore number in the mangrove rhizosphere soil of Dafeng River (per 100 g soil)

染,出现 AMF 侵染的样品比例分别为:海漆 100%,桐花树 60%,秋茄 50%,白骨壤 0%。在部分样品中仅分离到 AMF 孢子而观察不到 AMF 侵染,很有可能是生长环境影响了 AMF 的侵染,所分离到的孢子是上游或陆上随水冲刷下来的;或者由于取样的局限性,而红树植物根系发达,所观察到的根段并不代表整个植株的实际情况。

AMF 的侵染主要是以孢囊、胞内菌丝膨大弯曲、根内菌丝的形式出现,很少观察到丛枝结构(图版 I)。在海漆中,最常见的结构是胞内菌丝卷曲、膨大,在所有的海漆样品中均大量出现,感染率很高。表 3 是生长在七十二泾的各种红树植物 AMF 定居情况统计。和根际土壤 AMF 孢子密度相对应,海漆根系的 AMF 侵染率普遍很高,依次为桐花树、秋茄,白骨壤根系中观察不到 AMF 侵染。从表

中发现,海水的影响强度和土壤状况是影响 AMF 在红树植物中侵染的两个重要因素:生长于高、中潮带的植物往往有较高的侵染率,表中 0196、0197、0198 是同一地点生长于高、中、低不同潮带的桐花树植物,其根际土壤孢子密度和侵染率逐步降低;生长于沙子、半沙半壤的地方常有较高侵染率,如 9692、0181、0182 号样品,而生长于淤泥中即使不是低潮带,却往往观察不到 AMF 侵染。

表 3 七十二泾四种红树植物 AMF 的定居状况

Table 3 Arbuscular mycorrhizae of mangrove plants in Qishierjing of Qinzhou Bay

植物 Species	样号 No.	取样季节 ¹⁾ Season of sampling	取样点所 处潮带 ²⁾ Sites	土壤性质 ³⁾ Soil types	孢子密度 Spore density (个/100g)	AMF 感染率 Rates of AMF infection(%)
海漆	0195	S	H	Sandy loam	1247	68
<i>Excoecaria</i>	0184	S	M	Sandy loam	800	57
<i>agallocha</i>	1191	A	H	Loam with grit	870	85
	1192	A	M	Loam with grit	430	42
	1286	A	M	Sandy loam	460	68
	0196	S	H	Loam	322	13
	0197	S	M	Loam with grit	133	6
	0198	S	L	Silt	43	0
	0182	S	H	Sandy	30	37
	9691	S	M	Up sandy, down clayey	18	5
	9692	S	M	Sandy	30	78
桐花树	0193	S	M	Loam	84	4
<i>Aegiceras</i>	0181	S	L	Up sandy, down clayey	59	20
<i>corniculatum</i>	0185	S	L	Silt	90	3
	1296	A	H	Sandy loam	155	3
	1195	A	M	Loam with grit	75	0
	1281	A	M	Clayey mud	290	7
	1287	A	M	Sandy loam	280	4
	1284	A	M	Alluvial soil	90	0
	1283	A	M	Clayey mud	155	0, + / -
	1293	A	M	Clayey mud	490	30
	9441	S	H	Loam with grit	309	59
	0183	S	M	Sandy loam	277	7
秋茄	0194	S	M	Sandy loam	101	2
<i>Kandlia</i>	0191	S	L	Silt	15	0
<i>candel</i>	1193	A	M	Loam	155	0
	1285	A	M	Alluvial soil	40	0
	1292	A	M	Sandy loam	10	0
白骨壤	9683	S	L	Silt	14	0
<i>Avicennia</i>	0192	S	L	Silt	12	0
<i>marina</i>	1282	A	M	Clayey mud	55	0
	1294	A	M	Clayey mud	0	0

¹⁾ 同表 2 As Table 2; ²⁾ 同表 1 As Table 1; ³⁾ 沙壤土 Sandy loam; 壤土 Loam; 砂砾壤土 Loam with grit; 淤泥 Silt; 粘土 Clayey mud; 冲积浮土 Alluvial soil; 沙子 Sandy; 表层沙子下层粘土 Up sandy, down clayey.

2.3 钦州湾红树林 AMF 多样性

调查中发现,从低潮带根际土壤分离到的 AMF 孢子大多数为深色的,即深棕色或棕黑色甚至黑色,

鉴定中很难观察清楚其壁层结构,往往难以确定其分类地位。另外,所分离到的孢子绝大多数小于 100 μm , 大于 100 μm 的孢子的比率仅为 0.17%~

6.0%, 大于 200 μm 的更少。这可能与生长环境有关。

按最新的 AMF 分类观点, 硬囊霉属 (*Sclerocystis*) 归入球囊霉属 (*Glomus*), 并新增设两个新属: 原囊霉属 (*Archaeospora*) 和类球囊霉属 (*Paraglomus*) (Morton 和 Redecker, 2001)。本调查初步分离鉴定的孢子分属于球囊霉属、无梗囊霉属 (*Acaulospora*) 二属丛枝菌根真菌, 其中球囊霉属占 70%, 无梗囊霉属占 30%。球囊霉属占多数, 种类比较丰富。曾分离到辅助细胞但没有发现巨孢囊霉属 (*Gigaspora*) 孢子。初步分离鉴定了 17 种 AM 真菌: *Glomus aggregatum*, *G. clariodeum*, *G. diaphanum*, *G. deserticola*, *G. etunicatum*, *G. fecundisporum*, *G. fesciculatum*, *G. geosporum*, *G. hoi*, *G. microcarpum*, *G. mosseae*, *G. rubiformis*, *Acaulospora gedanensis*, *A. laevis*, *A. polanica*, *A. morrowae*, *A. myriocarpa*。其中 *G. etunicatum*, *G. geosporum* 为优势种, 出现的机率最高。各种红树植物中又以海漆和桐花树这两种植物根际分离到的 AMF 种类最多。另有多种可能是新的分类单元有待确证。

致谢: 感谢北京农林科学院营养资源所张美庆研究员在 AMF 分类方面的技术指导。

参考文献:

- 弓明钦, 陈应龙, 仲崇禄. 1997. 菌根研究与应用[M]. 北京: 中国林业出版社.
- 刘润进, 李晓林. 2000. 丛枝菌根研究与应用[M]. 北京: 科学出版社.
- 范航清, 梁士楚. 1995. 中国红树林研究与管理[M]. 北京: 科学出版社.
- 胡弘道. 红树林生态与菌根相关性之研究(一)土壤性质、菌根菌种类与菌根形态[C]. 国立台湾大学森林系研究报告, 1~21.
- Chaudhuri S, A Sengupta. 2001. Mycorrhizal relations of mangrove plant community of the Ganges River estuary in India[J]. *Abstract of Third International Conference on Mycorrhizas, Adelaide, Australia*.
- Cornwell WK, Bedford BL, Chapin CT. 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus-poor wetland and mycorrhizal response to phosphorus fertilization [J]. *American Journal of Botany*, **88** (10): 1 824-1 829.
- Khan AG. 1974. The occurrence of mycorrhizas in halophytes, hydrophytes and xerophytes and endogone spores in adjacent soils[J]. *Journal of General Microbiology*, **81**: 7-14.
- Lin P (林 鹏). 2001. A review on the mangrove research in China(中国红树林研究进展)[J]. *Journal of Xiamen University(Natural Science)(厦门大学学报(自然科学版))*, **40**(2): 592-603.
- Morton JB, Redecker D. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters[J]. *Mycologia*, **93**(1): 181-195.
- Rickerl DH, Sancho FO, Ananth S. 1994. Vesicular-arbuscular endomycorrhizal colonization of wetland plants [J]. *Journal of Environmental Quality*, **23**: 913-916.
- Schenck NC, Yvonne Perez. 1988. Manual of the Identification of VA mycorrhizal fungi, INVAM, University of Florida, Gainesville.