

文章编号: 1674-7054(2012)04-0318-07

海南甘蔗丛枝菌根种类鉴定

邵金诚, 李增平

(海南大学 环境与植物保护学院, 海南 海口 570228)

摘 要: 从海南 7 个市县的甘蔗主产区采集了 20 份甘蔗根际土样, 采用 Gendeman 的湿筛倾析-糖液离心法分离土样中的孢子, 依据形态学方法初步鉴定出 6 属 31 种丛枝菌根真菌, 包括 19 个确定种, 12 个待确定种; 其中, 无梗囊霉属(*Acaulospora*) 有 11 个种, 已确定 7 个种; 原囊霉属(*Archaeospora*) 有 1 个确定种; 球囊霉属(*Glomus*) 有 12 个种, 已确定 5 个种; 巨孢囊霉属(*Gigaspora*) 有 2 个确定种; 盾巨孢囊霉属(*Scutellospora*) 有 4 个确定种; 多孢囊霉属(*Diversispora*) 有 1 个待定种。对已确定的 19 个种的菌根真菌进行了形态描述。孢子分离结果表明: 球囊霉属(*Glomus*) 分离频率最高, 是海南甘蔗根际丛枝菌根真菌的优势属; 悬钩子球囊霉(*G. rubiforme*) 分离频率最高, 是 31 个种中的优势种。

关键词: 甘蔗; 丛枝菌根真菌; 鉴定; 海南

中图分类号: S 566.1; Q 939.5

文献标志码: A

丛枝菌根(Arbuscular Mycorrhizas, AM) 真菌在自然界中广泛分布, 能与 67% 以上的陆生植物共生形成特殊的丛枝菌根结构^[1]。AM 真菌不仅可以促进寄主植物对水分和营养物质的吸收^[2], 提高植物的抗逆性^[3], 还能改良有机物或重金属污染的土壤^[4-5], 在维持生态系统健康平衡方面具有重要意义。海南动植物和微生物资源极其丰富, 但对当地土生丛枝菌根真菌资源的研究不多, 仅有张美庆等在海南崖县梅山木麻黄根际土壤中发现国内新记录种——亮色盾巨孢囊霉^[6], 石兆勇等对海南岛局部地区龙脑香科植物根际 AM 真菌多样性进行了调查^[7], 梁昌聪等对海南霸王岭雨林常见植物 AM 真菌进行了初步调查^[8], 高秀兵等对海南橡胶树根际 AM 真菌种类进行了调查研究^[9]。甘蔗是海南重要的经济作物和我国最重要的糖料作物, 进行海南甘蔗根际 AM 真菌种类的初步调查, 找出海南本地优势土著菌, 对进一步开发海南植物根际 AM 真菌资源, 促进植物根际 AM 真菌在甘蔗上的应用研究具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 土样采集

1.1.1 采样时间及地点 分别于 2011 年 11 月和 2012 年 2 月在海南的白沙、昌江、澄迈、定安、儋州、海口、临高 7 个市县的甘蔗主产区采集甘蔗根际土样 20 份。具体采集地点、采样对象及样品编号见表 1。

1.1.2 采样方法 选择甘蔗长势良好的田地, 从分蘖茎数多、生长旺盛、无杂草的蔗丛根际中采集土样, 土壤采集采用五点随机取样法, 采集时先去掉表层枯叶, 距蔗株约 10 cm 处挖取 0~15 cm 深的土样, 各个采样点分别采集土样 0.4 kg, 5 个点共采集土样 2 kg, 带回室内风干混合后于阴凉干燥处保存备用。采集土样的同时随机采集带有根尖的甘蔗根样, 放入 FAA 固定液中 4℃ 保存备用。

1.2 分离鉴定

1.2.1 根样染色 将固定的根样剪成 1 cm 的小段, 碱解后使用酸性品红染液染色, 然后在显微镜下观察拍照。

收稿日期: 2012-11-16

基金项目: 国家甘蔗产业技术体系建设专项资金(nycytx-24); 海南大学热带微生物资源的收集与利用教育部重点实验室开放基金; 海南大学“211 工程”建设资金

作者简介: 邵金诚(1987-), 男, 安徽安庆人, 海南大学环境与植物保护学院 2009 级硕士研究生。

通信作者: 李增平(1967-), 男, 教授, 主要从事植物病理学等研究。E-mail: lzping301155@126.com

表 1 土样采集地点、甘蔗品系及样品编号

市/县	采集地点	甘蔗品系	样品编号
白沙县	昌江糖厂	新台糖 22 号	Bs1
昌江县	海尾镇才地文村	粤糖 93159 号	Cj1
	海尾镇高速路口	新台糖 22 号	Ci2
澄迈县	福山镇红光农场	新台糖 22 号	Cm1
	老城镇高速路口	新台糖 22 号	Cm2
定安县	安良镇	新台糖 22 号	Da1
	富文镇(线虫病区壮苗)	新台糖 22 号	Da2
	龙河镇糖厂	新台糖 22 号	Da3
	龙门镇上大坡村	新台糖 22 号	Da4
	雷鸣镇三口坡村	新台糖 22 号	Da5
儋州市	排浦镇高速路口一公里	新台糖 22 号	Dz1
	西华农场	新台糖 22 号	Dz2
	王五镇东光农场	新台糖 22 号	Dz3
	王五镇东光农场	粤糖 93159 号	Dz4
	和庆农场	新台糖 22 号新植蔗	Dz5
海口市	龙华区挺丰村	新台糖 22 号宿根蔗	Hk1
	秀英区群榜村	新台糖 22 号	Hk2
临高县	多文镇高速路口	粤糖 93159 号	Lg1
	皇桐镇	新台糖 22 号新植蔗	Lg2
	皇桐镇	新台糖 22 号宿根蔗	Lg3

1.2.2 AM 真菌的孢子分离鉴定 采用湿筛倾斜—蔗糖密度梯度离心法分离土样中的孢子,用毛细管吸取单个孢子于载玻片上,以水为浮载剂,用 Melzer’s 染液进行染色,测量孢子的大小、孢壁厚度和连孢菌丝大小,观察孢子的形状、颜色、孢壁颜色、组成、孢子内含物等。采用 Morton 和 Redecker 2001 年的 AMF 分类系统,参考国际 VA 菌种保藏中心(<http://invam.caf.wvu.edu/myc-Info>) 和 <http://www.lrz-muenchen.Del-schuessler/amphylo> 提供的种的描述以及图片,并参考近年来国内有关 AM 真菌的报道进行种类鉴定。

1.3 数据处理 采用 Microsoft Office Excel 2003 软件进行数据处理。分离频率(Isolation Frequency,IF) 指某种或属 AMF 的分离次数在所有土壤样本中 AMF 分离次数的比例。

2 结果与分析

2.1 甘蔗根际 AM 真菌侵染观察 镜检甘蔗根际,可见清晰的菌丝、根内孢子和泡囊等结构,所有根段镜检后发现都有 AM 真菌侵染存在,侵染率为 100%,但侵染程度不一,这说明甘蔗根系确有 AM 真菌定殖(见图 1) 。



图 1 甘蔗根际 AM 真菌的菌丝(左)、根内孢子(中) 和根内泡囊(右)

2.2 甘蔗根际 AM 真菌种类 从 20 个土样中初步分离鉴定出 6 个属 31 个种 AM 真菌,包括已确定种 19 个种。其中无梗囊霉属(*Acaulospora*) 有 7 个确定种,分别为双网无梗囊霉(*A. bireticulata*) 、詹氏无梗囊霉

(*A. gerdemannii*)、光壁无梗囊霉(*A. laevis*)、蜜色无梗囊霉(*A. mellea*)、瑞氏无梗囊霉(*A. rehmsii*)、细凹无梗囊霉(*A. scrobiculata*)、疣状无梗囊霉(*A. tuberculata*)；原囊霉属(*Archeospora*)有1个确定种,为薄壁原囊霉(*A. leptoticha*)；球囊霉属(*Glomus*)有5个确定种,为白色球囊霉(*G. albidum*)、象牙白球囊霉(*G. eburneum*)、脆球囊霉(*G. fragile*)、凹坑球囊霉(*G. multiforum*)、悬钩子球囊霉(*G. rubiforme*)；巨孢囊霉属(*Gigaspora*)有2个确定种,为极大巨孢囊霉(*Gi. gigantea*)、分支巨孢囊霉(*Gi. ramisporophora*)；盾巨孢囊霉属(*Scutellospora*)有4个确定种,为异配盾巨孢囊霉(*S. heterogama*)、黑色盾巨孢囊霉(*S. nigra*)、西瑞达盾巨孢囊霉(*S. poracerradensis*)、疣壁盾巨孢囊霉(*S. verrucosa*) (见表3)。

表3 海南甘蔗根际丛枝菌根真菌种类

属名	种名	样品编号	分离频率
无梗囊霉属 (<i>Acaulospora</i>)	<i>A. bireticulata</i>	Cm1, Dz1, Hk1, Dz5	0.20
	<i>A. gerdemannii</i>	Lg1	0.05
	<i>A. laevis</i>	Cj1, Da3, Dz2, Dz4, Lg3, Lg2	0.30
	<i>A. mellea</i>	Cj1, Cm1, Dz1, Dz2, Dz3, Lg3	0.30
	<i>A. rehmsii</i>	Bs1, Da3, Dz1, Dz3	0.20
	<i>A. scrobiculata</i>	Dz1, Hk1	0.10
	<i>A. tuberculata</i>	Cm1, Da2, Da4, Dz1, Dz3, Dz4, Hk2, Dz5, Lg3	0.45
	<i>Acaulospora</i> sp. 1	Bs1, Da4, Da5	0.15
	<i>Acaulospora</i> sp. 2	Cj2, Cm1, Da4, Dz3	0.20
	<i>Acaulospora</i> sp. 3	Lg3, Lg2	0.10
	<i>Acaulospora</i> sp. 4	Cm2, Da4, Lg2	0.15
	原囊霉属 (<i>Archeospora</i>)		
	<i>A. leptoticha</i>	Dz2	0.05
多孢囊霉属 (<i>Diversispora</i>)	<i>Diversispora</i> sp. 1	Bs1	0.05
球囊霉属 (<i>Glomus</i>)	<i>G. albidum</i>	Bs1, Cj1, Cm2, Da4, Dz1, Dz3	0.30
	<i>G. eburneum</i>	Bs1, Cm2, Da4, Dz3	0.20
	<i>G. fragile</i>	Bs1, Cm2, Da1, Dz2, Dz3	0.25
	<i>G. multiforum</i>	Cj2, Cm2, Da3, Da4, Dz3	0.25
	<i>G. rubiforme</i>	Bs1, Cm1, Da1, Da2, Da4, Da5, Dz3, Hk2, Lg3, Lg2	0.50
	<i>Glomus</i> sp. 1	Bs1, Cj1, Da4, Dz4	0.20
	<i>Glomus</i> sp. 2	Cj2, Da5, Dz5	0.15
	<i>Glomus</i> sp. 3	Hk1, Hk2	0.10
	<i>Glomus</i> sp. 4	Hk1, Dz3	0.10
	<i>Glomus</i> sp. 5	Bs1, Dz3, Lg1	0.15
	<i>Glomus</i> sp. 6	Bs1, Dz5, Hk2	0.15
	<i>Glomus</i> sp. 7	Bs1	0.05
	巨孢囊霉属 (<i>Gigaspora</i>)		
	<i>Gi. gigantea</i>	Bs1, Cj1, Da2, Hk1	0.20
	<i>Gi. ramisporophora</i>	Da1, Da5, Lg1	0.15
盾巨孢囊霉属 (<i>Scutellospora</i>)	<i>S. heterogama</i>	Hk1	0.05
	<i>S. nigra</i>	Bs1	0.05
	<i>S. poracerradensis</i>	Cj2, Da3, Dz3, Hk2	0.20
	<i>S. verrucosa</i>	Bs1	0.05

分离鉴定出的 AM 真菌中,球囊霉属(*Glomus*)占40%,分离频率为2.45,为海南甘蔗根际 AM 真菌优势属,该属的悬钩子球囊霉(*Glomus rubiforme*),分离频率为0.5,为海南甘蔗 AM 真菌优势种。

2.3 甘蔗根际 19 种 AM 真菌记述

1) 双网无梗囊霉 *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe, Mycotaxon, 8: 471–475, 1997. (见图版1)

孢子果未知,孢子单生于土壤,侧生于菌丝上,孢子球形或椭圆形,大小为(105~124) $\mu\text{m} \times$ (126~

173) μm ; 孢子未成熟时无色透明, 成熟以后淡黄绿色, 老化的孢子黑色易碎; 孢子表面有明显的双层网络结构, 孢壁2层(L1, L2), 厚1~2 μm , 孢子内含油滴, 与 Melzer's 染液反应不明显。

样本来源: Cm1, Dz1, Hk1, Dz5。

2) 詹氏无梗囊霉 *Acaulospora gerdemannii* Schenck & Nimlson. Mycologia, 71: 178–198, 1979. (见图版2) 孢子圆形或近圆形, 大小为(125~200) $\mu\text{m} \times$ (150~250) μm 。浅黄色到黄褐色, 孢壁2层(L1, L2), L1 黄色到黄褐色, 厚1~2 μm , 表面不光滑, 常有菌丝缠绕, 呈脑纹状环绕, 易碎, 边缘破口不整齐; L2 为均一壁, 浅黄色至黄色, 厚8~10 μm 。孢子内含物不易溢出。

样本来源: Lg1。

3) 光壁无梗囊霉 *Acaulospora laevis* J. W. Gerdemann & J. M. Trappe, Mycologia Mernois, 33, 1974. (见图版3) 孢子单生于土壤中, 侧生于产孢子囊菌丝上, 橙棕色至红棕色, 球形或近球形, 直径175~184 μm , 表面光滑。孢子壁3层(L1, L2, L3), L1 厚1~2 μm , 紧贴于L2, 在 Melzer's 试剂中呈浅黄色; L2 橙棕色至红棕色, 厚3~6 μm ; L3 膜状, 无色, 厚0.5~1 μm , 与 Melzer's 试剂无反应。

样本来源: Cj1, Da3, Dz2, Dz4, Lg3, Lg2。

4) 蜜色无梗囊霉 *Acaulospora mellea* N. C. Schenck, J. L. Spain, E. Sieverding & R. H. Howeler, Mycologia, 76: 689, 1984. (见图版4) 孢子单生于土壤中, 侧生于产孢子囊菌丝上, 蜂蜜色至黄棕色, 圆形或椭圆形, 大小为(107.5~112.5) $\mu\text{m} \times$ (120~240) μm 。孢子壁3层(L1, L2, L3), 在 Melzer's 试剂中最内层呈浅紫红色, L1 黄色至黄灰色, 厚1~5 μm , 紧贴于L2, 厚度均匀, 较光滑; L2 浅橙棕色至深橙棕色, 厚1~3 μm ; L3 膜状, 厚1~2 μm 。

样本来源: Cj1, Cm1, Dz1, Dz2, Dz3, Lg3。

5) 瑞氏无梗囊霉 *Acaulospora rehmsii* Sieverding & Toro, Angewandte Botanik, 61: 217–223, 1987. (见图版5) 孢子果未见, 孢子浅黄至黄棕色, 成熟孢子常呈红棕色至黑红棕色, 球形或近球形, 直径为114~119 μm 。孢子无柄。孢壁4层(L1, L2, L3, L4), L1 黄色至黑红棕色, 厚3~13 μm , 外表具迷宫状纹饰, 纹饰宽1~4.5 μm , 高1~5 μm ; L2 为无色膜状壁, 厚0.5~2.0 μm ; L3 与L4 紧连在一起, 厚0.5~1.5 μm , 在 Melzer's 试剂中呈红色。

样本来源: Bs1, Da3, Dz1, Dz3。

6) 细凹无梗囊霉 *Acaulospora scrobiculata* J. M. Trappe, Mycotaxon, 6: 363, 1977. (见图版6) 孢子单生于土壤中, 侧生于产孢子囊菌丝上, 淡黄色或黄色, 球形或近球形, 直径为120~124 μm , 孢子表面均匀布满圆形或卵形的凹坑, 凹坑直径1~3 μm , 有部分凹坑汇合在一起形成长4~9 μm , 宽2~3 μm 的小沟, 在 Melzer's 染液中无明显反应。孢子壁3层(L1, L2, L3), L1 淡黄色, 厚约1 μm , 紧贴L2; L2 浅黄色至亮黄色, 厚2~6 μm ; L3 为膜状壁, 无色, 厚约1 μm 。

样本来源: Dz1, Hk1。

7) 疣状无梗囊霉 *Acaulospora tuberculata* D. P. Janos & J. M. Trappe, Mycotaxon, 15: 519, 1982. (见图版7) 孢子单生于土壤中, 黄棕色至红棕色, 球形或近球形, 直径为150~250 μm , 孢子表面光滑, 与 Melzer's 染液染色反应不明显。孢子壁3层(L1, L2, L3), L1 厚0.5~1.5 μm , 紧贴于L2; L2 厚7~12 μm , 表面满布瘤状突起; L3 黄色至黄棕色, 厚0.5~2 μm 。

样本来源: Cm1, Da2, Da4, Dz1, Dz3, Dz4, Dz5, Hk2, Lg3。

8) 薄壁原囊霉(多产孢囊霉) *Archeospora leptoticha* (Skenck & Sminth) Morton & Redecker, Mycotaxon, 93(1): 181–195, 2001. (见图版8) 孢子单生, 球形或近球形, 直径为155~200 μm 。孢壁单层, 厚5~7 μm , 淡黄色, 壁上有网状纹饰。连孢菌丝由孢壁延伸而成, 漏斗状, 厚1~5 μm , 连点处宽9.5 μm 。

样本来源: Dz2。

9) 白色球囊霉 *Glomus albidum* Walker & Rhodes, Mycotaxon, 12: 509–514, 1981. (见图版9) 孢子果未知, 孢子单生, 球形或近球形或不规则形, 大小为(200~230) $\mu\text{m} \times$ (170~240) μm , 浅黄色。孢壁2层(L1, L2), 厚2~3.5 μm , 连点处不增厚, L1 无色透明, 稍厚或与L2 等厚, 1.5~2 μm , L2 浅黄色, 厚1~1.5 μm , 与 Melzer's 反应不明显。孢子内含有白色至近透明的大小不等的圆珠状油滴。

样本来源: Bs1, Cj1, Cm2, Dz3, Da4, Dz1。

10) 象牙白球囊霉 *Glomus eburneum* L. J. Kennedy, J. C. Stutz, J. B. Morton, Mycologia, 91(6): 1084, 1999. (见图版 10) 孢子果未知, 孢子单生于土壤中, 无色透明至浅黄色, 球形或近球形, 直径为 80 ~ 150 μm 。孢子壁 2 层(L1, L2), L1 无色透明, 易逝壁, 厚 1 ~ 2 μm ; L2 无色透明至浅黄色, 层状壁, 厚 2.5 ~ 4 μm , 压碎孢子易皱缩与 L1 分开, 在 Melzer's 试剂中无反应。连孢菌丝基部宽 4 ~ 7 μm , 壁厚 1 ~ 2.5 μm , 由 L1 和 L2 组成; 连点有隔。

样本来源: Bs1, Cm2, Dz3, Da4。

11) 脆球囊霉 *Glomus fragile* (Berk. & Broome) J. W. Gerdemann & J. M. Trappe, Mycologia Memoir, 5: 76, 1974. (见图版 11) 孢子果未知, 孢子单生于土壤中, 黄色至黄棕色, 球形或近球形, 大小为(55 ~ 75) $\mu\text{m} \times$ (50 ~ 60) μm , 在 Melzer's 试剂中不反应。孢壁 2 层(L1, L2), L1 无色, 厚 1 ~ 1.5 μm ; L2 黄棕色, 层状, 厚 2 ~ 2.5 μm 。连孢菌丝, 基部宽 6 ~ 10 μm ; 连点附近有隔。

样本来源: Bs1, Cm2, Da1, Dz2, Dz3。

12) 凹坑球囊霉 *Glomus multiforum* J. Blaszkowski & M. Tadyeh, Mycologia, 89: 805, 1997. (见图版 12) 孢子果未知, 孢子单生土壤中, 黄色至黄棕色, 球形或近球形, 直径 120 ~ 155 μm 。孢壁 3 层(L1, L2, L3), L1 无色, 厚 1 ~ 2 μm ; L2 无色, 厚 1 ~ 2.5 μm ; L3 黄色至黄棕色, 层状壁, 厚 6 ~ 12 μm , 孢子表面有圆形或卵圆形均匀分布的凹坑, 大小为 1 ~ 3 μm 。孢子在 Melzer's 试剂中不反应。

样本来源: Cj2, Cm2, Da3, Da4, Dz3。

13) 悬钩子球囊霉 *Glomus rubiforme* (Gerd. & Trappe) R. T. Almeida & N. C. Schenck, Mycologia, 82: 709, 1990. (见图版 13) 孢子果, 球形或近球形或卵形或椭圆形, 大小为(85 ~ 90) $\mu\text{m} \times$ (108 ~ 135) μm , 淡棕色至暗橙色。孢壁 2 层(L1, L2), L1 黄色至棕色, 厚 1 ~ 5 μm , 厚度不均匀; L2 淡黄色至黄色, 层状, 厚 1 ~ 3 μm 。孢子壁在连点处加厚, 在 Melzer's 试剂中无反应。连孢菌丝呈漏斗状, 淡棕色, 菌丝壁厚 8 ~ 12 μm , 连点处菌丝宽约 20 μm 。

样本来源: Bs1, Cm1, Da1, Da2, Da4, Da5, Dz3, Hk2, Lg3, Lg2。

14) 极大巨孢囊霉 *Gigaspora gigantea* (Nicol. & Gerd.) J. W. Gerdemann & J. M. Trappe, Mycologia Memoirs, 76, 1974. (见图版 14) 孢子单生, 黄绿色, 球形或近球形, 大小为(250 ~ 300) $\mu\text{m} \times$ (450 ~ 500) μm , 表面光滑。孢壁 3 层(L1, L2, L3), L1 淡黄色, 厚 2.5 ~ 3.5 μm ; L2 黄绿色, 厚 10 ~ 25 μm , 在 Melzer's 试剂中呈紫红色; L3 黄绿色, 厚约 1 μm , 内含颗粒状物。

样本来源: Bs1, Cj1, Da2, Hk1。

15) 分支巨孢囊霉 *Gigaspora ramisporophora* J. L. Spain, E. Sieverding & N. C. Schenck, Mycotaxon, 34: 668, 1989. (见图版 15) 孢子单生, 金黄色至黄棕色, 球形或近球形, 直径为 200 ~ 250 μm 。孢壁 3 层(L1, L2, L3), L1 无色至淡黄色, 厚约 1 μm ; L2 黄至黄棕色, 厚 5 ~ 10 μm , 在 Melzer's 试剂中呈紫红色; L3 淡黄至黄棕色, 厚 1 ~ 2.5 μm , 在 Melzer's 试剂中呈紫红色。孢子内含颗粒状物。

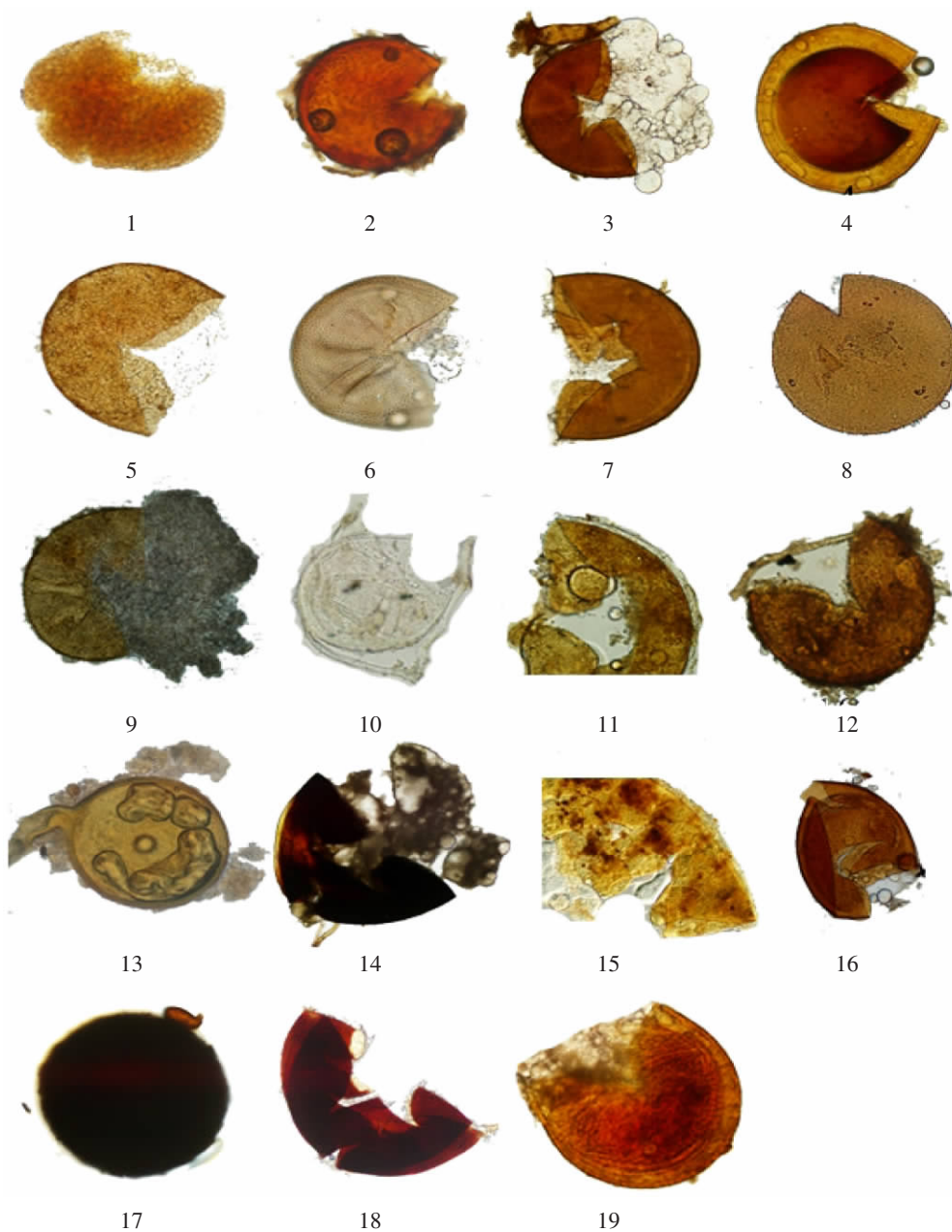
样本来源: Da1, Da5, Lg1。

16) 异配盾巨孢囊霉 *Scutellospora heterogama* (Nicol. & Gerd) Walker & Sanders, Mycologia, 77: 702 ~ 720, 1985. (见图版 16) 孢子单生, 黄色至黄棕色, 球形或近球形, 大小为(185 × 190) μm ~ (190 × 205) μm 。孢壁 4 层(L1, L2, L3, L4), L1 黄棕色, 厚 1 ~ 2 μm ; L2 黄色, 与 L1 紧贴, L3, L4 无色透明。孢子在 Melzer's 染液中变深棕色。

样本来源: Hk1。

17) 黑色盾巨孢囊霉 *Scutellospora nigra* (Redhead) Walker & Sanders, Mycotaxon 27: 173, 1986. Fig. 1: *Gigaspora nigra* Redhead, Mycologia, 71: 184, 1979. (见图版 17) 孢子单生, 黑褐色至黑色, 球形, 直径为 340 ~ 443 μm 。孢壁 2 层(L1, L2), L1 黑至黑棕色, 内壁层状壁。柄样细胞大小为(40 ~ 60) $\mu\text{m} \times$ (80 ~ 100) μm 。L2 为浅棕色连续层状壁。

样本来源: Bs1。



图版 甘蔗根际 19 种 AM 真菌

18) 西瑞达盾巨孢囊霉 *Scutellosporacerradensis* J. L. Spain & J. C. deMiranda, Mycotaxon, 60: 130, 1997. (见图版 18) 孢子单生, 浅黄色至黄棕色, 球形或近球形或椭圆形, 直径为 $270 \sim 300 \mu\text{m}$ 。孢壁 4 层 (L1, L2, L3, L4), L1 无色, 厚 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$, 紧贴于 L2, 在 Melzer's 试剂中无反应; L2 无色, 厚 $1.5 \sim 3 \mu\text{m}$, 在 Melzer's 试剂中呈淡红色; L3 无色至浅黄色, 厚 $2.5 \sim 3 \mu\text{m}$, 在 Melzer's 试剂中呈紫红色; L4 无色, 厚约 $1 \mu\text{m}$, 不易与 L3 分离。孢子压破后可在连孢菌丝处观察到。

样本来源: Cj2, Da3, Dz3, Hk2。

19) 疣壁盾巨孢囊霉 *Scutellospora verrucosa* (Koske & Walker) Walker & Sanders, Mycologia, 77(5): 702, 1985. (见图版 19) 孢子单生, 黄至黄棕色, 球形或近球形, 直径为 $200 \sim 225 \mu\text{m}$ 。孢壁 3 层 (L1, L2, L3), L1 易碎, 透明至桔黄色, 厚 $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$, 表面有密集、矮小的圆形疣突; L2 桔黄至桔棕色, 半透明, 厚 $6.2 \sim 7.5 \mu\text{m}$, 在 Melzer's 试剂中呈红棕色反应; L3 无色, 厚 $1 \sim 2 \mu\text{m}$, 与 Melzer's 试剂不反应。

样本来源: Bs1。

3 讨 论

本次调查共分离出丛枝菌根真菌 31 个种,结果表明,海南省甘蔗根际有丰富的丛枝菌根真菌资源。在已鉴定出的 19 种丛枝菌根真菌中,10 个种与石兆勇^[1]报道的相同,6 个种与梁长聪^[8]报道的相同,5 个种与高秀兵^[9]报道的相同,说明海南植物根际土壤中的丛枝菌根真菌具有一定的相似性。此外,疣状无梗囊霉(*Acaulospor tuberculata*)、白色球囊霉(*Glomus albidum*)、脆球囊霉(*Glomus fragile*)、凹坑球囊霉(*Glomus multiforum*)、分支巨孢囊霉(*Gigaspora ramisporophora*)、西瑞达盾巨孢囊霉(*Scutellospora poracerraden-sis*) 等 6 个种的 AM 真菌为我国热带地区首次记载。甘蔗作为海南重要的经济作物,与国民生产生活密切相关。而海南传统粗放的种植与管理模式,单一的种植种类以及生态环境因素,使得甘蔗种植容易遭受干旱及各种病虫害如黑穗病、花叶病、宿根矮化病、根腐病和根结线虫病等的危害,严重影响了甘蔗产量。因此,进一步探索能提高甘蔗抗逆性的生防丛枝菌根真菌,具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 刘润进,陈应龙. 菌根学. [M] 北京: 科学出版社,2007.
- [2] 邹碧莹,张云翼. 丛枝菌根(AM) 真菌对植物营养代谢的影响研究进展 [J]. 现代农业科学, 2008(15): 10-13.
- [3] 孙吉庆,刘润进,李敏. 丛枝菌根真菌提高植物抗逆性的效应及其机制研究进展 [J]. 植物生理学报, 2012(48): 845-852.
- [4] 周笑白,周集体,项学敏,等. 丛枝菌根真菌在有机污染物污染土壤植物修复中的应用 [J]. 辽宁化工, 2011,40(8): 860-863.
- [5] 王发园,林先贵. 丛枝菌根在植物修复重金属污染土壤中的作用 [J]. 生态学报, 2007,27(2): 793-801.
- [6] 张美庆,王幼珊,刑礼军. 我国东南沿海地区 AM 真菌群落生态分布研究 [J]. 菌物系统,1998,18(3): 274-277.
- [7] 石兆勇,陈应龙,刘润进. 尖峰岭地区龙脑香科植物根围的 AM 真菌 [J]. 菌物学报,2003,22: 211-215.
- [8] 梁昌聪,赵素叶,刘磊,等. 海南霸王岭热带雨林常见植物丛枝菌根真菌调查 [J]. 生态学杂志,2010,29(2): 269-273.
- [9] 高秀兵,李增平. 海南橡胶树丛枝菌根真菌调查 [J]. 热带作物学报,2010,31(10): 1806-1812.

Identification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sugarcane in Hainan Province

SHAO Jin-cheng, LI Zeng-ping

(College of Environment and Plant Protection, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: Sugar cane is the most important sugar crop in China, and Hainan Province is one of the four major sugar cane producing areas. Arbuscular mycorrhizae (AM) are highly beneficial for the sugarcane in growth and stress resistance. Twenty samples of sugarcane rhizosphere soil were collected from 7 cities or towns in Hainan, from which a total of 31 AM fungi belonging to 6 genera were isolated by using Gendemann's Wet-screening method. Of these AM fungi 19 were identified and described based on their main morphological characteristics and 12 were not yet identified. The identified AM fungi included 7 *Acaulospora* species, 1 *Archaeospora* species, 6 *Glomus* species, 2 *Gigaspora* species and 4 *Scutellospora* species. Spore isolation from the samples showed that *Glomus* gave the highest isolation frequency among the 6 genera of AM fungi isolated and that *Glomus rubiforme* was isolated at the highest frequency among the 31 AM fungus species.

Key words: sugar cane; arbuscular mycorrhizal fungi; identification; Hainan Province