

新疆伊犁野生植物VA菌根真菌及其生态分布^{*}

迪丽努尔, 唐明, 王亚军

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 对新疆伊犁地区8种野生植物的VA菌根真菌进行了分离鉴定, 并对其生态分布进行了研究。结果表明, 在8种野生植物根围土壤中均有VA菌根真菌的孢子分布, 从中分离并鉴定出丽孢无梗囊霉(*Acaulospora elegans* Gerdemann & Trappe)、蜜色无梗囊霉(*Acaulospora mellea* Spain & Schenck)、苏格兰球囊霉(*Glaucium caldonium* Nicolson & Gerdemann)、缩球囊霉(*Glaucium constrictum* Trappe)、地球囊霉(*Glaucium geosporum* Nicolson & Gerdemann)、台湾球囊霉(*Glaucium fomesanum* Wu & Chen)和白色球囊霉(*Glaucium albidum* Walker & Rhodes)7种VA菌根真菌, 其中缩球囊霉和地球囊霉的出现频率较高, 为优势菌种; 同一菌种在不同宿主上的种群频度存在差异, 表现出较强的VA菌根真菌与宿主植物之间的选择性; 在不同地区的同种宿主上, 土壤中孢子数量与平均感染率亦存在差异, 并随海拔高度增加而递减, 表现出VA菌根真菌对生态环境的适应性。

[关键词] 丛枝菌根真菌; 野生植物; 生态分布; 新疆伊犁

[中图分类号] Q949.320.8

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)06-0096-05

VA菌根真菌资源丰富, 生态适应性强, 广泛存在于各种生态环境中。目前, 对VA菌根真菌的调查主要集中在农田栽培作物上, 而对野生植物资源的VA菌根真菌研究较少, 仅有少数报道。刘润进等^[1]的研究表明, 在被调查的野生植物中, 有95%均能形成丛枝菌根真菌, 而其根围土壤中均有AM的孢子, 这表明野生植物根围土壤中可能含有更多的菌根真菌。然而在土质肥沃的大田土壤中, 菌根真菌的孢子数量和种类反而较少^[2]。当前, 人们越来越重视对野生植物上VA菌根真菌的研究^[3-6]。新疆伊犁地区野生植物资源丰富, 但目前尚无对伊犁野生植物VA菌根真菌的研究报道。本研究对伊犁野生果林VA菌根真菌的资源 and 生态分布进行了调查, 以期开发和利用VA菌根真菌提供依据。

1 材料与方法

1.1 标本采集

2005-07~08从新疆伊犁地区的果子沟、小叶白蜡自然保护区、西天山雪岭云杉自然保护区等地采集小叶白蜡(*Fraxinus sogdiana* Bung)、野苹果(*Malus sieversii* Roem)、野欧洲李(*Prunus damestica* L.)、野櫻桃李(*Prunus divaricata* Ldb)、野杏

(*Prunus amniaca* L.)、雪岭云杉(*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey)、野核桃(*Juglans cathayensis* Dode)和野山楂(*Crataegus cuneata* Sieb. et Zucc.)等8种野生植物的菌根标本。每种树随机选取5株, 每株按东西南北4个方位, 除去5cm厚的表土后, 挖10~20cm深的土壤剖面, 剪取带有细根的根系, 将根系和根际土一同装入塑料袋中, 记录采集人姓名、采集时间、地点、立地条件、宿主植物种类等。

1.2 VA菌根真菌的鉴定

用湿筛倾析-蔗糖离心法^[7]获取孢子, 在体视镜下先观察记录孢子的颜色、大小、连孢菌丝的特征及孢子果形态等, 然后用微吸管挑取孢子置于载玻片上, 加浮载剂(水、乳酸等), 在Nikon Type 102显微镜下观测孢子的颜色、大小及孢壁颜色、类型、厚度等特征。根据Schenck & Perez的“VA菌根真菌鉴定手册^[8]”, 并参阅鉴定材料和近几年发表的有关VA菌根真菌的分类资料等进行种属的检索、鉴定。本文所述标本均保存于西北农林科技大学林学院微生物实验室。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 VA菌根真菌种群频度的测算 VA菌根

* [收稿日期] 2006-02-24

[基金项目] 教育部重点项目

[作者简介] 迪丽努尔(1980-), 女(维吾尔族), 新疆伊宁人, 在读硕士, 主要从事菌根真菌研究。

[通讯作者] 唐明(1962-), 女, 安徽涡阳人, 教授, 博士, 主要从事微生物学和森林保护学研究。E-mail: tangmingyl@yahoo.com

种群频度是生态或资源调查中必不可少的测定内容, 该指标可确定某个菌种的分布情况及在某些条件下的数量比例。根据某菌种在样方中出现的次数和样方总数计算种群频度。种群频度/% = (某菌种出现的样方数/全部样方数) × 100%。

菌种优势程度分级标准: 优势种, 种群频度 > 50%; 常见种, 种群频度 30% ~ 50%; 少见种, 种群频度 10% ~ 30%; 偶见种, 种群频度 < 10%^[3]。

1.3.2 VA 菌根真菌侵染率的测定与侵染等级的划分 将采取的宿主植物根系洗净后剪成 1 cm 左右长的根段, 在 FAA 固定液中固定, 根据 Phillips 等^[9]的染色方法, 将根段净化、软化、酸化、染色、去色后镜检, 计算侵染率并划分侵染率等级。菌根侵染率/% = (有菌根感染的根段长度/检查根段总长度) × 100%。侵染等级划分标准: 菌根侵染率 0 ~ 5% 为 1 级; 6% ~ 25% 为 2 级; 26% ~ 50% 为 3 级; 51% ~ 75% 为 4 级; 76% ~ 100% 为 5 级^[10]。

1.3.3 孢子密度的测定 分别从各带根土样中取 100 g 风干土 2 份, 一份在 105 °C 下烘干至恒重, 测定土壤含水量: 土壤含水量/% = [(土壤湿重 - 土壤干重)/土壤湿重] × 100%; 另一份用湿筛倾析-蔗糖离心法分离孢子, 在解剖镜下于培养皿内分格计数, 计算每 kg 烘干土中的孢子数^[10]: 每 kg 烘干土中的孢子数 = 孢子总数 × 1 000 / [(土壤湿重 × (1 - 土壤含水量))]。

2 结果与分析

2.1 新疆伊犁地区 8 种野生植物VA 菌根真菌的种类

在 8 种野生植物根围中共鉴定出 7 种 VA 菌根真菌, 隶属于 *Acaulospora* 和 *Glaucospora* 两属, 对其种的特征描述如下。

2.1.1 丽孢无梗囊霉 (*Acaulospora elegans* Gerdmann & Trappe) 孢子在土壤中单生, 无柄, 侧生在连孢菌丝上, 菌丝近端有一大而壁薄的产孢子囊。在孢子着生处连孢菌丝宽 31.0 ~ 35.0 μm, 连点直径 11.0 ~ 19.0 μm, 由外壁封闭。孢子黄棕色, 圆至近圆形, 直径 105.0 ~ 120.0 μm。壁 4 层, 分 2 组: A 组有 2 层, 第 1 层黄棕色, 厚 6.0 ~ 9.0 μm, 表面有双层纹饰, 纹饰为密集的细刺, 刺外附有一层蜂窝状隆起的透明网, 蜂窝直径 2.0 ~ 4.0 μm; 第 2 层为无色透明膜状壁, 厚约 1.0 μm, 与外壁分离后多皱; B 组有 2 层, 第 3 层为无色透明革质壁, 厚 4.0 ~ 5.0 μm, 外表附有粗糙颗粒; 第 4 层为无色透明膜状壁,

厚约 1.0 μm。

标本号: XJ-P-016, XJ-H-063。

2.1.2 蜜色无梗囊霉 (*Acaulospora mellea* Spain & Schenck) 孢子在土壤中单生, 孢子侧生在近端有孢子囊的菌丝上, 孢子黄褐色至黄棕色, 圆形, 直径 120.0 ~ 135.0 μm, 孢壁厚 4.0 ~ 10.0 μm。壁分为 5 层, 第 1 层为黄棕色层状壁, 厚 2.5 ~ 4.0 μm, 外表光滑; 第 2 层为无色透明膜状壁, 厚不足 1.0 μm, 附着在外壁上; 第 3 和第 4 层均为无色透明膜状壁, 厚不足 1.0 μm, 孢子破裂后易皱; 第 5 层为无色透明膜状壁, 壁厚 1.0 μm, 表面有细小颗粒附着。本研究观察到的孢子与前人^[3]描述基本一致, 只是孢子颜色稍浅。

标本号: XJ-Y-014, XJ-Y-005。

2.1.3 苏格兰球囊霉 (*Glaucospora caledonium* Nicolson & Gerdemann) 厚垣孢子在土壤中单生, 近球形, 直径 130.0 ~ 150.0 μm, 淡黄色。孢壁厚 3.0 μm, 共 2 层: 外层无色透明, 厚 1.0 ~ 2.0 μm, 连点处略增厚; 内层黄色, 厚 2.0 μm 左右, 层状壁。连孢菌丝淡黄色, 双层壁, 直径 6.0 μm, 沿孢子表面向一侧弯曲, 在连点处菌丝变宽呈喇叭状, 最大处直径 13.0 μm。

标本号: XJ-Y-047, XJ-Y-028, XJ-H-009, XJ-O-043, XJ-H-063, XJ-S-014, XJ-H-005, XJ-H-018。

2.1.4 台湾球囊霉 (*Glaucospora formosana* Wu & Chen) 孢子单生于土壤中或在孢子果内, 黄棕色至红棕色, 圆形, 直径 100.0 ~ 120.0 μm。孢壁厚 7.0 ~ 12.0 μm, 连点处增厚可达 19.0 μm。常有 2 个或 2 个以上的连点相邻着生或对生, 连点宽 13.0 ~ 20.0 μm, 连点处有隔。连孢菌丝壁在连点处厚 5.0 ~ 8.0 μm。

标本号: XJ-L-011, XJ-H-003。

2.1.5 缩球囊霉 (*Glaucospora constrictum* Trappe) 厚垣孢子在土壤中单生, 深红棕色, 球形, 部分椭圆形, 直径 96.0 ~ 250.0 μm。孢壁单层, 层状, 连点缢缩, 宽 7.0 ~ 12.0 μm, 内壁封闭或不封闭, 仅留一狭小孔道, 连孢菌丝在连点下方膨大至 11.0 ~ 23.0 μm, 颜色由红棕色逐渐变淡至黄色, 有些向孢子一侧弯曲, 在连点后 60.0 μm 处菌丝变细至 7.0 ~ 10.0 μm, 有些呈二叉分枝。

标本号: XJ-Y-027, XJ-Y-005, XJ-H-010, XJ-O-093, XJ-H-019, XJ-S-032, XJ-H-051, XJ-H-002, XJ-S-082, XJ-O-003。

2.1.6 地球囊霉 (*Glaucospora geosporum* Nicolson &

Gerdemann) 孢子单生于土壤中,球形至近球形,直径 120 0~ 145 0 μm,表面光滑,深棕色至黑色。连孢菌丝基部粗硬,孢壁厚 4 0~ 8 5 μm,可见一层壁,连孢菌丝单根,基部不扩张,壁加厚一段距离,孢子内含物与连孢菌丝间由内壁形成的隔分开。

标本号: XJ-B-006, XJ-B-011, XJ-B-012, XJ-X-008, XJ-X-019, XJ-H-037, XJ-P-079。

2 1 7 白色球囊霉 (*Glamus albidum* Walker & Rhodes) 孢子单生,圆形,直径 80 0~ 200 0 μm,淡黄色,孢壁厚 2 0~ 3 5 μm,在连点处不增厚。压迫孢子可见壁分 2 层,外层无色透明,稍厚或与内层等厚,1 0~ 2 5 μm,在 PVLG 试剂中膨胀至 3 0~ 3 5 μm;内层层状,黄色至淡黄色,稍薄,1 0~ 2 0 μm。孢子内含物为白色透明的圆珠状油滴。连孢菌丝单根,在连点处呈圆筒形或略有收缩,连点孔开放,连点宽 7 0~ 13 0 μm,连丝宽 7 0~ 15 0 μm,淡黄色,连丝壁厚 1 0~ 2 0 μm。菌丝壁 2 层,均由孢壁延伸而成。

标本号: XJ-H-036。

2 2 新疆伊犁地区 8 种野生植物菌根真菌的生态分布

2 2 1 7 种菌根真菌的种群频度 由表 1 可知,缩球囊霉和地球囊霉的种群频度较高,为优势种;苏格兰球囊霉为土壤中的常见种;台湾球囊霉和丽孢无

梗囊霉属少见种;而蜜色无梗囊霉及白色球囊霉仅在调查的少量土样中出现,为新疆伊犁地区野生植物根围土样中的偶见种。

表 1 新疆伊犁地区 8 种野生植物 VA 菌根真菌的种群频度

Table 1 Species frequency of VA mycorrhizal fungi of 8 kinds of wild plants

种名 Species	种群频度/% Species frequency	分级 Grade
缩球囊霉 <i>Glamus constrictum</i>	71	优势种 Predom inent
地球囊霉 <i>Glamus geosporum</i>	52	优势种 Predom inent
苏格兰球囊霉 <i>Glamus caledonium</i>	41	常见种 Common
台湾球囊霉 <i>Glamus fom osanum</i>	23	少见种 Rare
丽孢无梗囊霉 <i>Acaulospora elegans</i>	21	少见种 Rare
蜜色无梗囊霉 <i>Acaulospora melle</i>	6	偶见种 Very rare
白色球囊霉 <i>Glamus albidum</i>	8	偶见种 Very rare

2 2 2 菌根真菌对 8 种野生植物的侵染率及侵染等级 染色镜检及形态结构观察发现,8 种野生植物的根系均受到 VA 菌根真菌的侵染,但不同宿主之间的侵染率存在差异,结果见表 2。

表 2 VA 菌根真菌对 8 种野生植物的侵染率与侵染等级

Table 2 Infecting frequency and grade of VA mycorrhizal fungi of 8 kinds of wild plants

树种 Tree species	果子沟 Guozigou		小叶白蜡自然保护区 Baila nature reserve		西天山雪岭云杉自然保护区 Tianshan nature reserve	
	侵染率/% Infecting frequency	侵染等级 Grade	侵染率/% Infecting frequency	侵染等级 Grade	侵染率/% Infecting frequency	侵染等级 Grade
小叶白蜡 <i>Fraxinus sogdiana</i> Bung	-		33 5	3	21 1	2
野杏 <i>Prunus ameniaca</i> L.	85 4	5	79 3	5	90 5	5
野核桃 <i>Juglans cathayensis</i> Dode	100	5	100	5	93 5	5
野苹果 <i>Malus sieversii</i> Roem	100	5	87 4	5	86 3	5
野欧洲李 <i>Prunus damestica</i> L.	43 1	3	-		32 0	3
野樱桃李 <i>Prunus divaricata</i> Ldb	42 0	3	69 5	4	-	
雪岭云杉 <i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey	77 2	5	-		76 5	5
野山楂 <i>Crataegus cuneata</i> Sieb. et Zucc	23 4	2	35 8	3	-	

注: - 表示未进行调查。

Note: - . Not investigation

由表 2 可知,在被调查的野生植物中,VA 菌根真菌对野核桃和野苹果的侵染率最高,在 3 个调查

地的平均侵染率为 97. 8% 和 91. 2%,侵染等级为 5 级;其次为野杏和雪岭云杉,在 3 个调查地的侵染率

均达 75% 以上, 侵染等级均为 5 级, 说明这 4 种野生植物对 VA 菌根真菌的依赖性较大。而野欧洲李、野櫻桃李和小叶白蜡、野山楂的侵染率在各调查地均较低, 侵染等级为 3 级以下, 说明这 4 种野生植物对 VA 菌根真菌的依赖性相对较小。通过比较 VA 菌根真菌对不同地区同种宿主植物的侵染率发现, 同种宿主植物在不同地区对 VA 菌根真菌的依赖性不同, 例如野生櫻桃李在小叶白蜡自然保护区的侵染率为 69.5%, 而在果子沟为 42.0%。

2.2.3 VA 菌根真菌在 8 种野生植物上的分布

表 3 8 种野生植物 VA 菌根真菌的分布

Table 3 Distribution of VA mycorrhizal fungi in the sphere of 8 kinds of wild plants

树种 Tree species	地球囊霉 <i>G. geosporum</i>	白色球囊霉 <i>G. albidum</i>	台湾球囊霉 <i>G. formosanum</i>	蜜色无梗囊霉 <i>A. mellea</i>	缩球囊霉 <i>G. constrictum</i>	丽孢无梗囊霉 <i>A. elegans</i>	苏格兰球囊霉 <i>G. caledonum</i>
小叶白蜡 <i>Fraxinus sogdiana</i>	-	-	-	+	+	-	-
野杏 <i>Prunus amurens</i>	+	-	-	-	+	-	-
野核桃 <i>Juglans cathayensis</i>	+	+	+	-	+	+	+
野苹果 <i>Malus sieversii</i>	+	-	-	-	+	+	+
野欧洲李 <i>Prunus domestica</i>	+	-	-	-	+	-	+
野櫻桃李 <i>Prunus divaricata</i>	-	-	+	-	+	-	-
野山楂 <i>Crataegus cuneata</i>	-	-	-	-	+	-	+
雪岭云杉 <i>Picea chrenkiana</i>	-	-	-	+	-	-	+

注: - 无分布; + 有分布。

Note: - represents no distribution; + represents could be found

2.2.4 不同地域 VA 菌根真菌的分布 由表 4 可见, 不同地域土壤中孢子数量与平均侵染率存在差

异, 并随海拔高度增加而递减, 即表现为小叶白蜡自然保护区>果子沟>西天山雪岭云杉自然保护区。

表 4 不同地域土壤中 VA 菌根真菌孢子的数量与平均侵染率

Table 4 Spore quantity and colonization rate of VA mycorrhizal fungi in soils of different localities

地域 Localities	样品数量 Soil samples	每 kg 土中的孢子数 Spores/kg soil	平均侵染率/% Colonization rate	海拔高度/m Altitude
西天山雪岭云杉自然保护区 Tianshan Nature Reserve	21	563	40.1	1900
果子沟 Guozigou	16	867	73.5	950
小叶白蜡自然保护区 Baila Nature Reserve	18	1265	85.4	740

3 讨 论

本研究所采集的 8 种野生植物的根围土壤中都有 VA 菌根真菌的孢子。不同野生植物上菌根发育状况不同, 表明其对菌根菌的选择性不同。被调查的新疆伊犁地区 8 种野生植物根围的 VA 菌资源丰富, 种类较多, 分布广泛, 且有一定的规律性。然而, 由于不同植被区寄主植物、地理环境以及土壤条件的差异, VA 菌的分布具有不均衡性。这一结果与张

美庆等^[11]在栽培植物上所得结果, 及盖京苹等^[12]对山东省不同植被区野生植物丛枝菌根真菌的研究结果基本一致。Michelini 等^[13]研究了 4 个地区多种环境因子(矿质营养、有机质含量、土壤 pH、海拔高度和年降水量)对 AM 菌发育的影响, 发现不同地区侵染状况显著不同。野生植物多生长在荒山野岭中, 其赖以生存的环境及营养条件差, 而这些菌根化植物必然有其独特的吸收营养的能力和生存能力。刘润进等^[14]认为, 菌根化植物能扩大对养分的吸收范

围,增加根系对磷及在土中移动缓慢元素的吸收,从而促进其生长量或产量增加。本次调查发现的VA菌根着生的普遍性也说明,菌根是野生植物生存的必备条件之一。

本研究从 8 种野生植物根围土壤中存在的VA

菌根真菌孢子内,分离鉴定出 2 属 7 种VA 菌根真菌,其中缩球囊霉 *Glaucus constrictum* 和地球囊霉 *Glaucus geosporum* 为优势种。我国幅员辽阔,生态环境各异,野生植物资源极其丰富,这就决定了我国VA 菌根资源也将十分丰富。

[参考文献]

- [1] 刘润进,刘光亮,戴洪义,等. 野生植物菌根菌的初步调查[J]. 莱阳农学院学报, 1995, 12(2): 125-128
- [2] 张美庆,王幼珊. 我国北部的七种VA 菌根真菌[J]. 真菌学报, 1991, 10(1): 13-21
- [3] 张美庆,王幼珊. 我国北部的八种VA 菌根真菌[J]. 真菌学报, 1992, 11(4): 258-267
- [4] 吴铁航,郝文英,林线贵,等. 红壤中VA 菌根真菌(球囊霉目)的种类和生态分布[J]. 真菌学报, 1995, 14(2): 81-85
- [5] Janos D P, Trappe J M. Two new *Acaulospora* species from tropical America[J]. Mycotaxon, 1982, 76: 515-522
- [6] Roldan-Fajardo B E. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizal endophytes on the development of six wild plants colonizing a semiarid area in southeast Spain[J]. New Phytologist, 1994, 127(1): 115-121
- [7] Biemann B, Lindeman R G. Quantifying vesicular arbuscular mycorrhizae: a proposed methods towards standardization[J]. New Phytologist, 1981, 87: 63-67
- [8] Schenck N C, Perea Y. A manual for identification of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi[M]. Second edition. NVAM: University of Florida, 1988
- [9] Phillips J M, Hayman D S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and staining parasitic and vesicular-arbuscular Mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection[J]. Trans Br Mycol Soc, 1970, 55: 158-161
- [10] 弓明钦,陈应龙,仲崇禄. 菌根研究及应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997
- [11] 张美庆,王幼珊,张 弛,等. 我国北方VA 菌根真菌某些属和种的生态分布[J]. 真菌学报, 1994, 13(3): 166-172
- [12] 盖京苹,刘润进,李晓林. 山东省不同植被区内野生植物根围AM 菌的生态分布[J]. 生态学杂志, 2000, 19(4): 18-22
- [13] Micheli, Herley. Relationships between environment factors and levels of mycorrhizal infection of citrus on four islands in the Eastern Caribbean[J]. Tropical Agriculture, 1993, 70(2): 135-140
- [14] 刘润进,郝文英. VA 菌根真菌对植物水分代谢的影响[J]. 土壤学报, 1994, 31(增刊): 46-53

Arbuscular mycorrhizal fungi and their ecological distribution of some kinds of wild plants in Yili Region of Xinjiang

Dilnur, TANG Ming, WANG Ya-jun

(College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shanxi 712100, China)

Abstract: 2 genera 7 species of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi were identified by studying the AM fungi of 8 wild plants in Yili region of Xinjiang, which were *Acaulospora elegans* Gerdemann & Trappe, *Acaulospora mellea* Spain & Schenck, *Glaucus caledonius* Nicolson & Gerdemann, *Glaucus constrictum* Trappe, *Glaucus geosporum* Nicolson & Gerdemann, *Glaucus fomesanum* Wu & Chen, *Glaucus albidum* Walker & Rhodes. The species number of *Glaucus* genus was the highest in 3 regions and *G. constrictum*, *G. geosporum* were the dominant species. It showed that most of the wild plants could be infected by the VA mycorrhizal fungi. There were VA mycorrhizal fungi spores in every soil sample collected. The result obtained indicated that the same host plant can be infected by many kinds of VA mycorrhizal fungi at the same time, species richness was relatively high. The frequentness of VA mycorrhizal fungi differed in different host plants and reflected the stronger choice and adaptation between VA mycorrhizal fungi and the host plants. Under the same habitat the composition of VA mycorrhizal fungi differed in different host plant and demonstrated the adaptability to the ecological environment of VA mycorrhizal fungi.

Key words: arbuscular mycorrhizal fungi; wild plant; ecological distribution; Yili region of Xinjiang