

油茶林 AM 真菌群落结构及土壤因子对其生态多样性的影响

张磊, 刘君昂, 李河, 李琳, 闫法领

(中南林业科技大学 经济林培育与保护教育部重点实验室, 长沙 410004)

摘要: 从攸县、浏阳、邵阳等油茶林样地共分离出 3 属 8 种丛枝菌根 (AM) 真菌, 即球囊霉属 *Glomus* 5 种、无梗囊霉属 *Acaulospora* 2 种和盾巨孢囊霉属 *Scutellospora* 1 种。其中, 球囊霉属 *Glomus* 的摩西球囊霉 *Glomus mosseae* 的孢子密度、分离频度、相对多度和重要值均最高, 分别为油茶林地 AM 真菌优势属和优势种。油茶林地 AM 真菌孢子密度平均为 16 个/50g 土。植物数量与孢子密度 ($r=0.72$, $P<0.01$)、植物种的丰富度与 AM 真菌种的丰富度 ($r=0.79$, $P<0.01$) 以及植物种的丰富度与 AM 真菌孢子密度 ($r=0.69$, $P<0.01$) 均呈极显著正相关关系。土壤因子对 AM 真菌的生态多样性的影响顺序为: 土壤有机质 > 氮含量 > pH 值 > 速效磷。

关键词: 油茶; AM 真菌; 群落结构; 土壤因子; 生态多样性

Diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Camellia oleifera* stands in Hunan

ZHANG Lei, Liu Jun-ang, LI He, Li Lin, YAN Falin

(Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004)

Abstract: Eight species of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi were isolated in the rhizospheric soil of *Camellia oleifera* stands, of these five were *Glomus*, two were *Acaulospora* and one was *Scutellospora*. *Glomus mosseae* showed the highest spore density, distribution frequency, relative abundance and importance value, being the dominant genus and species in Hunan *Camellia oleifera* stands, respectively. The average AM fungi spore density was 16 per 50 g soil. There were significantly positive correlation between plant quantities and spore density ($r=0.72$, $P<0.01$), plant species richness and AM fungal species richness ($r=0.79$, $P<0.01$), plant species richness and spore density of AM fungi ($r=0.69$, $P<0.01$). The order on soil factors affect diversity and ecological distribution of AM fungi is organic matter > total N > pH value > available P.

Keywords: *Camellia oleifera*; arbuscular mycorrhizal fungi; spore density; edaphic factor

油茶 (*Camellia oleifera*) 是我国南方特有的木本油料树种。经油茶籽压榨而成的茶油是一种质优味美的绿色保健食用油, 有东方橄榄油之称。具有降低血脂、肝脂, 减轻血小板聚集

力效,防止血栓形成等保健功效,而且对预防冠心病和防治动脉粥样硬化有良好的作用(徐学兵,1995)。除食用外,茶油在工业、医药领域也有诸多用途,可作为肥皂、凡士林、机械润滑油、防锈油等生产原料,茶饼是优质天然有机肥料,也可做农药使用(李群,2006)。随着国家保障粮油安全战略的提出我国营造了大面积油茶人工林,而人工纯林生物多样性简单,生态系统薄弱,大量不合理施肥造成的生态环境质量明显下降,施用化肥所引起的土壤环境污染的问题和土壤板结重金属含量过高等问题也日益突出。因此减少化肥用量,提高效率,恢复退化土壤成为我国油茶产业发展乃至农林业可持续发展所面临的一个突出问题。

生物群落是生态系统的重要组成单元,为同一生境中相互作用、呈现规律性组合的生物群体,主要以其丰富度、相对多度、密度、频度、优势度和重要值等参数构成群落结构特征。丛枝菌根(Arbuscular mycorrhizal,AM)真菌是土壤生态系统中重要生物群落之一,菌根真菌与植物共生的关系在自然界中普遍存在,能与90%以上的植物建立共生关系。丛枝菌根真菌依赖于宿主植物提供的其生长发育所需的碳氮源等物质,同时通过在土壤中形成庞大的菌丝网络将整个植被群落联系起来,在生物间的物质交换、信息传递、能量流动、保护和提高生物多样性、稳定生态平衡等方面发挥着巨大的作用(刘润进,2007; O'Conner等,2002; Rosendahl,2008)。不仅能促进宿主植物生长提高产量,而且大大提高了宿主植物抗逆性的机能有利于双方在干旱盐碱等恶劣环境中的生存。

研究油茶林AM真菌群落结构特征及其与植物群落土壤因子的相互作用关系,对于保持生态系统平衡和稳定,提高生态系统生产力,保护与合理利用自然资源具有重要意义。本研究旨在确定油茶林AM菌根真菌优势类群,探索油茶林地AM真菌群落结构特征及其与植物群落土壤因子的相互关系,为进一步研究菌根真菌群落对油茶的影响及开发油茶生物菌肥提供基础。

1 材料与方法

1.1 样品采集

选择湖南省三个油茶主产区浏阳、攸县、邵阳作为研究区域,于2009年5月在每个产区选取3块样地,每块样地200 m²,每个样地选定具有代表性的3个样方,每个样方1 m²(共27个样方)。每个样方内5点取样,先去掉上层的枯枝落叶层,采根围5~20 cm深的土壤共约2 kg,混合均匀,装袋。贴上标签记录采样时间、地点、植物种类数量等。

样地1~3位于浏阳市镇头镇土桥林场,样地4~6位于攸县上云桥镇,样地7~9位于邵阳县塘田市镇经济林场。地理坐标为26°40'~28°12'N,113°17'~110°40'E,海拔300 m以下,

平均气温16.9~18.2 °C，年平均无霜期为274~288 d，积温5 105~5 457 °C，年平均日照时数1 758 h左右，年均降水量1 231~1 419 mm。油茶树龄为20~30 a。林地地势平坦，略有起伏，土壤多为红黄壤。抚育措施主要为锄抚。主要林下植物为白茅*Imperata cylindrica*、狗尾草*Setaria viridis*、胡枝子*Leapedeza bicolor*、求米草*Oplismenus undulatifolius*、三叶草*Trifolium hybridum*、狗娃花*Heteropappus hispidus*、野菊*Dendranthema indicum*等。

1.2 土壤养分及化学性质的测定

pH 值采用 1/5 比例水浸玻璃电极法测定；有机质采用重铬酸钾 K₂Cr₂O₇ 容量法测定；全氮测定采用半微量凯氏定氮法；全磷测定方法为氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法；全钾采用氢氧化钠碱熔-火焰光度计法测定；速效氮采用蒸馏法测定；采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定速效磷；速效钾采用 1 mol/L 醋酸铵浸提-火焰光度计法测定。

1.3 AM真菌分离鉴定

取每份风干土样 50 g，采用湿筛倾注-蔗糖离心法分离 AM 真菌孢子（Gerdemann 等 1963；Daniels 等，1982；Koske 等，1992）。在显微镜（NIKON Eclipse 80i）下着重观察孢子果的形态特征，孢子聚集方式和孢子的形态特征，孢壁结构，连孢菌丝等。根据上述特征，参照 Schenck&Perez 的“VA 菌根真菌鉴定手册”描述以及相应分类单元进行油茶林 AM 真菌属种的鉴定。

1.4 AM真菌参数测定及数据分析

孢子密度（spore density）指每 50 g 土样中 AM 真菌的孢子数。分离频度（isolation frequency.F）指物种出现的频率，本文 F=AM 真菌种或属出现次数/土样数。相对多度（relative abundance.RA）= AM 真菌某属或种的孢子数/ AM 真菌总孢子数。重要值（importance value.IV）即频度和相对多度的和：IV=（F+RA）。优势种（dominant species）指 IV≥50% 的 AM 真菌属或种，10%<IV<50%的为普通属或种，IV≤10%的为稀有属或种。不同样地 AM 真菌种群差异性用 Sorenson 相对系数表示，Sorenson 值=2j/(a+b)，a、b 分别为两地 AM 真菌种类数目，j 为两地共同存在的 AM 真菌种类数目。

用 Microsoft Office Excel 2003 进行原始数据统计，所得数据采用 DPS9.50 软件分析。

2 结果与分析

2.1 油茶林地AM真菌种属构成

从 9 个样地植物根围土壤中分离出 8 种 AM 菌根真菌（见表 1）。邵阳、浏阳、攸县分离到 AM 真菌的种类数目分别为 7、7 和 6 种。球囊霉属 *Glomus* 孢子密度、分离频度、相对多度和重要值分别为 12.97、100%、80.28%和 291.39，在所有样地中均最高，为共同优势

属；球囊霉属的摩西球囊霉 *Glomus mosseae* 孢子密度、分离频度、相对多度和重要值最高，和苏格兰球囊霉 *Glomus caledonium*、缩球囊霉 *Glomus constrictum* 一起为共同优势种。幼套球囊霉 *Glomus etunicatum* 为浏阳的优势种。聚丛球囊霉 *Glomus aggregatum*、蜜色无梗囊霉 *Acaulospora mellea* 为邵阳的优势种。无梗囊霉属 *Acaulospora* 出现在邵阳、攸县 4 个样地的 8 个样方中，属于普通属。盾巨孢囊霉属 *Scutellospora* 只在浏阳的 2 个样方中出现，属于稀有属。浏阳与邵阳样地之间的 Sorenson 相似系数最高（0.92），高于浏阳与攸县（0.86）、攸县与邵阳（0.77）。

表 1 油茶林根围内丛枝菌根真菌孢子密度、频度、相对多度和重要值

Table 1 Spore density, isolation frequency, relative abundance and importance value of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Camellia oleifera* stands

AM 真菌种类	孢子密度/个	分离频度/%	相对多度/%	重要值/%
摩西球囊霉 <i>G. mosseae</i>	4.78a	59.26	29.59	88.85
苏格兰球囊霉 <i>G. caledonium</i>	3.04ab	55.56	18.81	74.37
缩球囊霉 <i>G. constrictum</i>	2.33ab	44.44	14.45	58.89
聚丛球囊霉 <i>G. aggregatum</i>	1.89ab	37.04	11.7	48.74
幼套球囊霉 <i>G. etunicatum</i>	0.93b	14.81	5.73	20.54
蜜色无梗囊霉 <i>A. mellea</i>	1.85ab	48.15	11.47	59.62
细凹无梗囊霉 <i>A. scrobiculata</i>	1b	29.63	6.19	35.82
美丽盾巨孢囊霉 <i>S. calospora</i>	0.48b	7.41	1.61	9.02

Note: Data in the table followed with different letters are significantly different at $P=0.01$.

2.2 油茶林地植物数量与孢子密度相关分析

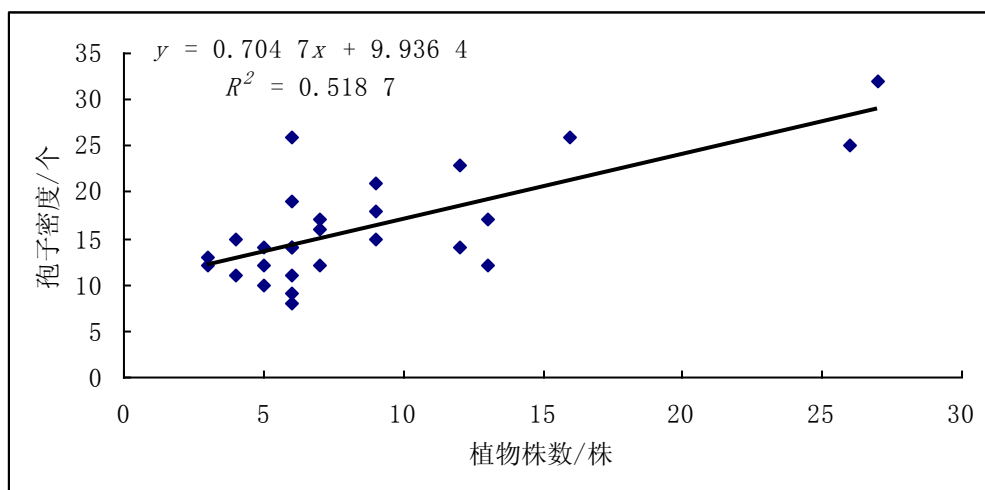


图1 植被数量与其根围内丛枝菌根真菌孢子密度相互关系

Fig.1 The relationship of plant quantities and spore density of AM fungi

油茶林各样方植物数量与 AM 真菌孢子密度呈极显著正相关关系 ($r=0.72$, $P<0.01$) (见图1)，植被丰富的样方孢子密度亦丰富，其中样方8植被数量仅为6，孢子密度为9个/50 g 土

样；而样方20植被数量为27，孢子密度最高，为32个/50 g 土样。浏阳样地（19个/50 g 土样）平均孢子密度略高于邵阳样地（17个/50 g 土样）和攸县样地（12个/50 g 土样）。3个地区样地之间的平均孢子密度差异并不显著（ $P < 0.01$ ）。

2.3油茶林植物种丰富度与AM真菌种丰富度、孢子密度相互关系分析

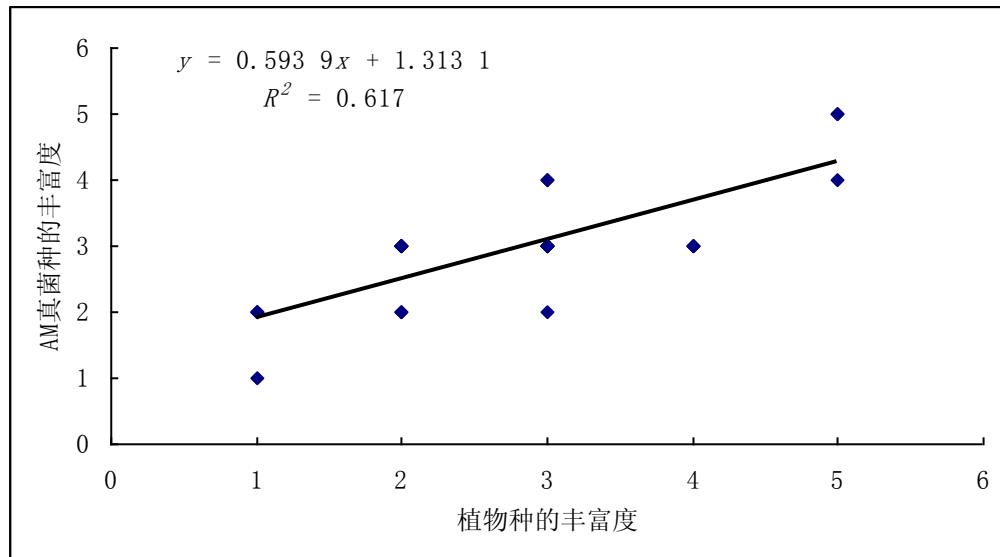


图2 植物种的丰富度与 AM 真菌种丰富度相互关系

Fig.2 The relationship of plant species richness and AM fungal species richness

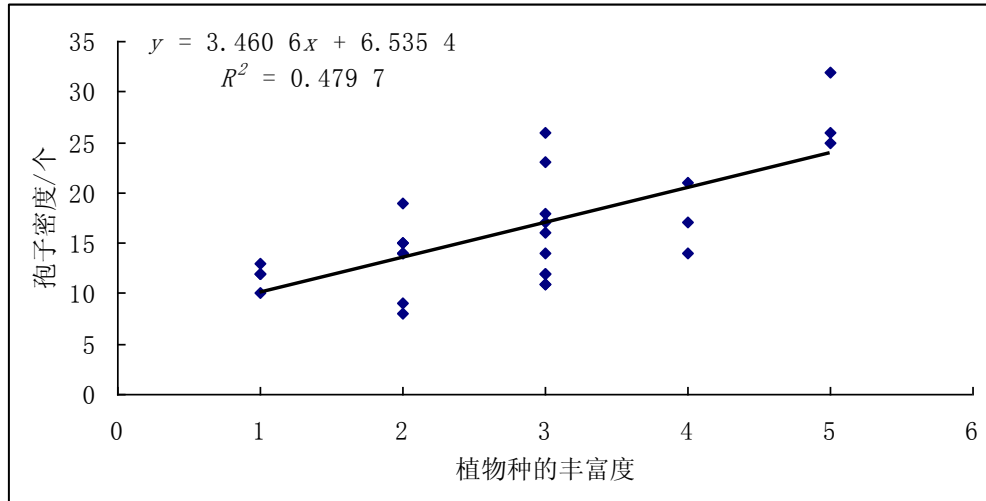


图3 植物种的丰富度与 AM 真菌孢子密度相互关系

Fig.3 The relationship of plant species richness and spore density of AM fungi

植物种丰富度与 AM 真菌种丰富度呈极显著正相关关系 ($r=0.79$, $P < 0.01$) (见图2)，同时植物种丰富度与 AM 真菌孢子密度亦呈显著正相关关系 ($r=0.69$, $P < 0.01$) (见图3)。各样方植物种丰富度和 AM 真菌种丰富度范围都在1~5之间不等。样方17植物种丰富度和 AM 真菌种丰富度最低，均为1，但其孢子密度并不最低，为12个/50 g 土样。样方20和样方26的植物种丰富度最高都为5它们的 AM 真菌孢子密度同样最高。

2.4 土壤养分及理化性质对油茶林AM真菌多样性的影响

为确定湖南油茶林土壤因子对 AM 真菌生态多样性的影响,测定各样地土壤养分、化学性质见表 2。

表 2 样地土壤养分含量及理化性质

Table 2 Soil composition and physical and chemical characteristics

样地	浏阳市镇头镇	攸县上云桥镇	邵阳县塘田市镇
全氮/(g. kg ⁻¹) Total N	1.40±0.20a	1.97±0.36a	1.59±0.38a
全磷/(g. kg ⁻¹) Total P	0.41±0.13b	0.61±0.14ab	0.87±0.21a
全钾/(g. kg ⁻¹) Total K	2.11±0.33b	2.56±0.14ab	1.89±0.53b
速效氮/(mg. kg ⁻¹) Available N	17.05±0.36a	13.90±0.45b	13.70±1.15b
速效磷/(mg. kg ⁻¹) Available P	3.90±0.43a	4.06±0.29a	3.75±0.30a
速效钾/(mg. kg ⁻¹) Available K	82.51±3.51b	136.35±1.51a	65.49±13.50b
有机质/(g. kg ⁻¹) Organic Matter	14.83±1.44a	16.58±5.21a	8.09±2.68b
pH 值 pH value	7.01±0.31ab	6.70±0.21b	7.52±0.41a

Note: Data in the table followed with different letters are significantly different at $P=0.01$.

分析了各样地土壤全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾、有机质和 pH 值对 AM 真菌生态多样性的影响 (见表 3)。结果表明油茶林 AM 真菌种的丰度与土壤有机质、氮含量显著正相关 ($P \leq 0.01$); 而与土壤全磷、速效磷、全钾和速效钾含量的变化没有相关性; 在中性土壤中随着土壤 pH 值的增高 AM 真菌菌种的丰度明显减少呈显著负相关。油茶林土壤中 AM 真菌的孢子密度随着土壤有机质、氮含量、速效磷速效钾的增加而增加呈显著正相关 ($P \leq 0.01$), 而在中性土壤中当土壤 pH 值增高时 AM 真菌孢子密度则明显下降。

表 3 油茶林土壤 AM 真菌多样性与土壤性质的相关性

Table 3 Correlation between the diversity of AM fungi and characteristics of soil of *Camellia oleifera* stands

	孢子密度	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	速效钾	有机质	pH 值
AMF 丰度	0.456*	0.635**	0.153	0.203	0.634**	0.072	0.134	0.734**	-0.612**
孢子密度	1	0.723**	0.223	0.133	0.804**	0.633**	0.793**	0.793**	-0.441*
全氮		1	0.524*	0.465*	0.768**	0.587**	0.829**	0.829**	-0.319
全磷			1	0.321	0.514*	0.613**	0.415	0.415	-0.256
全钾				1	0.473*	0.342	0.912**	0.912**	-0.196
速效氮					1	0.725**	0.701**	0.701**	-0.516*
速效磷						1	0.682**	0.682**	-0.263
速效钾							1	0.534*	-0.321
有机质								1	-0.635**
pH 值									1

Note: * Correlation is significant at the 0.05 level; ** Correlation is significant at the 0.01 level.

3 小结与讨论

作为土壤根际微生物的主要成员和专性活体营养共生真菌, AM 真菌具有独特的群落结构特征。本研究的油茶林中 AM 真菌平均孢密度为 16 个/50 g 土样, 其变化范围为 9~32 个/50 g 土, 和泰山植被区各样地相近 (钟凯等, 2010), 与干热河谷土壤中孢子密度(3~3200 个/50 g 土, 平均 752 个/50 g 土) 西双版纳热带雨林土壤中孢子密度(29~390 个/50 g 土, 平均 239 个/50 g 土)相比较本研究的 AM 真菌孢子密度低 (李建平等, 2003; 房辉等, 2006), 与这可能与油茶林多为人工林, 植被种类少生物多样性结构简单有关。本研究从各样地分离到隶属 3 属的 8 种 AM 真菌, 表明油茶林地 AM 真菌物种较丰富, 但明显低于海南海南霸王岭热带雨林 (梁昌聪等, 2010)、西双版纳热带雨林和泰山植被区。各样地之间 Sorenson 相似系数即相似程度明显高于内蒙古草原各样地 (0.50~0.64) 和泰山植被区各样地 (0.60~0.85) (钟凯, 2010; Su 等, 2007), 这与两地的生态环境尤其是植被存在较大差异有关。土壤的营养成分及化学性质明显地影响油茶林土壤 AM 真菌种的丰度和孢子密度, 各因子影响其生态多样性的顺序是: 土壤有机质>氮含量>pH 值>速效磷。

王东雪等通过盆栽接种试验发现 *Glomus versiforme* 和 *Glomus mosseae* 都能侵染油茶形成丛枝菌根并对油茶幼苗的生长及氮磷的吸收均有影响 (王东雪等, 2010)。本研究表明油茶林 AM 真菌以球囊霉属 *Glomus* 分布最为广泛, 其中摩西球囊霉 *Glomus mosseae* 出现频率最高, 与苏格兰球囊霉、缩球囊霉为油茶林地优势菌种, 与苏琍英等人研究结果油茶植株可以同时与多种 AM 真菌共生结论一致 (苏琍英, 1985); 在本研究中不同地区油茶林样地的 AM 真菌种类存在着一定的差异, 表现出 AM 真菌对不同生境的适应性, 表明保持植被数量与种类的丰富度对提高 AM 真菌物种多样性具有重要作用, 也从一定角度支持了“植物多样性决定了 AM 真菌多样性”理论 (苏琍英等, 1985; Al-Raddod, 1993; Helgason, 1998; Zhao, 2001)。有研究表明土壤类型影响菌种对植物的侵染效果, 不同菌种对土壤壤类型的适应性不同, 本研究中湖南地区油茶林样地土壤多为红黄壤, 关于其他类型土壤中的 AM 真菌生态多样性及影响因素有待进一步研究。当前国内外对于油茶 AM 真菌资源的利用还鲜有研究, 为了更好的利用好油茶耐干旱耐贫瘠适应盐碱地的特性, 充分发挥 AM 真菌在土壤生态修复、增强植株抗逆性和促进植物生长生产的作用, 开发油茶丛枝菌根真菌类生物菌肥, 需要进一步深入研究 AM 真菌与油茶生长、发育和抗逆性的相关关系。

参考文献:

- 房辉, Damodaran PN, 曹敏. 2006. 西双版纳热带次生林中的丛枝菌根调查[J]. 生态学报, 26(12):4179-4185.
- 李建平, 李涛, 赵之伟. 2003. 金沙江干热河谷(元谋段)丛枝菌根真菌多样性研究[J]. 菌物系统, 22(4): 604-612.
- 李群. 2006. 发展油茶前景广阔[J]. 湖南农业, (5):8.

- 梁昌聪,赵素叶,刘磊,等.2010.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, 29(2):269-273.
- 刘润进,陈应龙. 2007.菌根学[M].北京:科学出版社,1-447.
- 苏珮英,梁秀棠. 1985.广西栽培树种菌根调查初报[J].广西植物, 5(2): 127-138
- 王东雪,陈国臣,江泽鹏.2010.丛枝菌根对油茶幼苗生长和氮磷吸收的影响[J].林业科技开发, 24 (1):23-26.
- 徐学兵. 1995.油茶研究进展述评[J].中国油脂, 20(5):7-9.
- 钟凯,袁玉清,赵洪海,等. 2010.泰山丛枝菌根真菌群落结构特征[J].菌物学报, 29(1):44-50.
- Al-Raddod AM.1993.Distribution of different Glomus species in rainfed areas in Jordan[J].Pure and Applied Science, 20(2):165-182.
- Daniels BA,Skipper HD.1982.Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil.In:Schenck NC (ed.) Method and principles of mycorrhiza research[J].American Society for Phytopathology Press,Saint Paul, 29-37.
- Gerdemann JW,Nicholson J.1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting[J].Transactions of the British Mycological Society, 46:235-244.
- Helgason T,Dabiell TJ,Husband R,Fitter AH,Young JGW.1998. Ploughing up the wood-wide web[J].Nature, 394(6692):431.
- Koske RE, Gemma JN, Flynn T. 1992.Mycorrhizae in Hawaiian angiosperms: A survey with implications for the origin of the native flora[J].American Journal of Botany, 79: 853-862.
- O'Conner PT,Smith SE,Smith FA.2002. Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity and community structure in a semiarid herbland[J].New Phytologist, 154(1):209-218.
- Rosendahl S.2008. Communities populations and individuals of arbuscular mycorrhizal fungi[J].New Phytologist, 178(2):253-266.
- Su YY,Guo LD.2007.Arbuscular mycorrhizal fungi in non-grazed,restored and over-grazed grassland in the Inner Mongolia steppe[J]. Mycorrhiza, 17(8):689-693.
- Zhao ZW,Xia YM,Qin XZ,Li XW,Chen LZ. 2001.Arbuscular mycorrhizal status of plants and the spore density of arbuscular mycorrhizal fungi in the tropical rain forest of Xishuangbanna[J].Southwest China Mycorrhiza, 11(3):159-162.

基金项目：国家林业局948项目(2009-4-30)。