

# 不同来源AM真菌对朱砂根生长和生理特征的影响

穆宏平<sup>1,2</sup> 陈贻竹<sup>1</sup> 曹洪麟<sup>1</sup> 叶万辉<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> (中国科学院华南植物园, 广州 510650)

<sup>2</sup> (中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 朱砂根(*Ardisia crenata*)原产于东亚和东南亚地区, 现已入侵美国南部等地区。为了探讨AM真菌对朱砂根入侵能力的影响, 我们以根段接种的方法扩繁了源自入侵地美国德克萨斯州和原产地广东东莞、四川峨眉山和湖北兴山的朱砂根根系中的AM真菌, 研究了这些不同来源的AM真菌对朱砂根生长和生理状况的影响。结果表明4个不同来源的AM真菌均能够提高朱砂根的叶面积比(LAR)和相对生长速率(RGR), 而对其饱和净光合速率( $P_n$ )、呼吸速率( $R_d$ )、根冠比(R/S)和各器官中氮、磷营养元素含量均没有显著影响。四个不同来源的AM真菌对朱砂根的作用略有差异, 其中入侵地德克萨斯州与原产地广东东莞AM真菌对朱砂根生长的促进作用较强, 但入侵地AM真菌对朱砂根的促进作用并不普遍高于原产地, AM真菌的作用可能并不是导致入侵种群密度远高于本土种群密度的因素。

**关键词:** AM真菌, 入侵, 叶面积比, 相对生长速率, 互利共生作用增强假说

## Effects of arbuscular mycorrhizal fungi from different sources on the growth and physiology of *Ardisia crenata*

Hongping Mu<sup>1,2</sup>, Yizhu Chen<sup>1</sup>, Honglin Cao<sup>1</sup>, Wanhui Ye<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650

<sup>2</sup> Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

**Abstract:** *Ardisia crenata*, a shrubby flowering plant native to East and Southeast Asia, is now invasive in southern USA and elsewhere. We used the trap culture method with *A. crenata* root fragments of as inocula to obtain host-associated arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. AM fungi were obtained from the species' invasive range in Texas, USA, and its' native range in Dongguan in Guangdong Province, Emei Mountain in Sichuan Province and Xingshan in Hubei Province in China. The influences of these AM fungi from different sources on the growth and physiology of *A. crenata* were determined. Inoculation with all strains of AM fungi increased leaf area ratio (LAR) and relative growth rate (RGR), but did not influence net photosynthetic rate at saturated light ( $P_n$ ), respiration rate ( $R_d$ ), ratio of root to shoot (R/S), nitrogen and phosphorus concentration. There were some differences in the effects of AM fungi from different sources. AM fungi sourced from Dongguan in the native range and Texas in the invasive range had equal influence on *A. crenata*, being more stimulative than AM fungi from other sources. AM fungi sourced from the invasive range did not promote more growth of *A. crenata* than the combined AM fungi sourced from the native range. Therefore, we conclude that the effects of AM fungi may not be an important factor leading to higher density of *A. crenata* in invasive populations than in native populations.

**Key words:** arbuscular mycorrhizal fungi, invasion, leaf area ratio, relative growth rate, 'enhanced mutualism' hypothesis

丛枝菌根(arbuscular mycorrhiza, AM)真菌和植物之间共生形成丛枝菌根, 这是自然界存在的最为

广泛的共生关系, 世界上80%左右的维管束植物都能够形成丛枝菌根(van der Heijden *et al.*, 1998)。但

收稿日期: 2009-10-20; 接受日期: 2010-01-17

基金项目: 国家自然科学基金(30530160)和广东省自然科学基金(05200701)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: why@scib.ac.cn

AM真菌对宿主植物的专一性不强,因而对于外来种而言,它们在新的栖息地也能够和当地的AM真菌建立共生关系。近年来有关AM真菌和入侵植物关系的研究得到了越来越多的关注。

虽然已有研究表明,不同种类的AM真菌对同一种植物的生长和竞争能力的影响不同,有的促进植物生长,有的则起到抑制作用或者作用不明显(Johnson *et al.*, 1997; Streitwolf-Engel *et al.*, 1997; van der Heijden *et al.*, 2003)。但近年来更多的研究发现AM真菌能够促进植物入侵(Callaway *et al.*, 2001, 2004; Bray *et al.*, 2003; Nijjer, 2004; Walling & Zabinski, 2004)。Reinhart和Callaway(2006)提出互利共生作用增强假说(enhanced mutualisms hypothesis),认为外来植物在新的生境中可能遇到更有利的共生AM真菌,会受到比原生境中更强的共生促进作用。这能够在一定程度上解释入侵植物在入侵地的竞争力优于原产地的原因,但目前该假说还缺乏实验支持。

朱砂根(*Ardisia crenata*)是热带亚热带常绿阔叶林下一种常见的多年生常绿小灌木,在我国分布于西起西藏东南部、东至台湾、北起湖北、南至海南岛的广大地区。目前该种在美国南部、澳大利亚新威尔士和印度洋中一些海岛上已成为入侵植物(Lorence *et al.*, 1988; MacDonald *et al.*, 1991; Singhurst *et al.*, 1997; Csurhes & Edwards, 1998; Weber, 2003; Oppenheimer, 2004),在它所入侵的森林中形成高密度灌丛,严重抑制其他林下植物的生长和上层植物的幼苗更新,对当地群落的生物多样性造成了严重威胁(Dozier, 1999)。

Bray等(2003)在美国佛罗里达地区的研究表明,朱砂根根系中的AM真菌对其生长具有显著的促进作用,提高了其净光合速率,增加叶面积比,同时降低根冠比,使其相对生长速率增加1倍。我们的初步调查发现,朱砂根在原产地中国也能够形成AM真菌,但目前还不清楚在原产地AM真菌对朱砂根的影响。为探讨AM真菌在朱砂根入侵过程中的作用,并对互利共生作用增强假说进行检验,我们比较了原产地和入侵地AM真菌对朱砂根的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 野外采集朱砂根根系

分别在朱砂根原产地广东东莞(DG)、四川峨眉

山(EM)和湖北兴山(XS)及入侵地美国德克萨斯州(TX)4个不同地点的自然林下采集朱砂根根系,每个地点采集15株,并保证相邻植株间的距离在10 m以上,将根系自然风干后低温(4℃)保存。

### 1.2 根段接种法扩繁AM真菌

将朱砂根根系于0.5%NaClO溶液中浸泡30 s表面消毒后,无菌条件下剪切为长0.5–1.0 cm的根段。每一来源的朱砂根根段各自充分混匀后,层播于无菌河沙中,然后播种玉米,同时设不接种的对照。

及时适量浇水,每盆每周施加100 mL半量改进的Hoagland营养液(刘润进和李晓林, 2000)。为提高AM真菌产孢子的能力(Douds & Schenck, 1990),将营养液中的磷浓度减半,由速效磷 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 和有机磷植酸钾提供(速效磷300  $\mu\text{M}$ , 有机磷200  $\mu\text{M}$ )。其中植酸不能被植物吸收利用,需要被AM真菌、土壤微生物或者根系分泌物中的磷酸酶转换后才能被植物利用(DeLucia *et al.*, 1997)。

3个月后玉米达到成熟期时收获,收集玉米根系及根围基质,检测接种玉米根系的菌根侵染率。无菌条件下将玉米根系剪碎后,连同基质一起混合均匀,于4℃保存。

### 1.3 不同来源AM真菌接种朱砂根

以扩繁所得的4个不同来源的接种剂分别接种朱砂根,每个接种处理设12个重复,接种剂量为30 g/kg基质。每个接种处理分别设对照,接种等量经3 h高压湿热灭菌的接种剂及经过25  $\mu\text{m}$ 孔径(能够通过除植物根段和AM真菌繁殖体外的其他微生物)的滤液,以消除其他微生物对实验结果的影响(Koide & Li, 1989)。

实验在温室中进行。因朱砂根为林下耐荫植物,用遮阳网覆盖温室,使室内最大光合有效辐射(photosynthetic active radiation, PAR)为160  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,温度为20–32℃。各处理随机放置,实验过程中及时适量浇水。第一个月每盆每周施加50 mL上述半量Hoagland营养液,之后每盆每两周施加50 mL半量Hoagland营养液,并将磷营养浓度减半,以 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 提供无机磷(100  $\mu\text{M}$ ),以植酸钾提供有机磷(400  $\mu\text{M}$ ),来模拟自然条件下的缺磷环境。整个实验中累计施加的磷元素为17 mg/kg,其中速效磷3.4 mg/kg。必要时叶面喷施40 ppm啉虫脒(Acetamiprid)以防治害虫,该浓度对基质中微生物的影响可以忽略(姚晓华等, 2006)。

1.4 朱砂根生长和生理指标的测定

13 个月 后测定各处理条件下朱砂根的生长和生理状况, 测定光合作用的气体交换和叶面积, 然后收获全部个体, 检测菌根侵染率, 并测定生物量分配、相对生长速率及各组织的磷和氮元素含量。

1.4.1 气体交换测定

用 Li-6400 便携式光合作用仪 (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA) 在晴朗天气的上午 8:30 至 12:30 之间测定气体交换参数。首先随机选择 5 株朱砂根, 测定光合作用光响应曲线以估计饱和光强, 结果表明朱砂根在光合有效辐射约为  $400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时达到光饱和。然后测定各处理朱砂根叶片在光合有效辐射 (PAR) 为  $400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时的净光合速率作为其饱和净光合速率 ( $P_n$ ), 在 PAR 为 0 时的净光合速率的绝对值为其暗呼吸速率 ( $R_d$ ), 设置空气流速为  $500\ \mu\text{mol/s}$ ,  $\text{CO}_2$  浓度为  $380\ \mu\text{mol/mol}$ , 叶面温度为  $30^\circ\text{C}$ , 每处理分别测定 6 个重复。

1.4.2 生长和生物量分配测定

每株选择叶位一致的成熟叶片 10 片以上, 用 Li-3000A (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA) 型叶面积仪测定叶面积后, 于  $70^\circ\text{C}$  烘干至恒重后称重, 并计算比叶面积 (SLA)。每处理测定 6 个重复。气体交换和叶面积测定完成后, 收获所有个体,  $70^\circ\text{C}$  下烘干至恒重后称量, 并计算根冠比 (R:S)、叶面积比 (LAR) 和相对生长速率 (RGR)。

1.4.3 根系菌根侵染率测定

对每株朱砂根的根系随机采集 30 条 1 cm 长的根段, 采用 Philips 等 (1970) 的方法进行染色和显微镜检测, 用 Abbott 等 (1984) 的方法计算根系菌根侵染率和侵染密度。其中, 侵染率为侵染根段在镜检总根段中所占的百分比。侵染密度的计算如下:

按照侵染程度将根段分为 5 级, 1 级侵染程度最低, 根段内仅有极少量菌丝, 5 级侵染程度最高, 根段内遍布菌丝。统计各级根段的数目, 依次为  $N_1, N_2, N_3, N_4$  和  $N_5$ 。

侵染密度  $\% = (95 \times N_5 + 70 \times N_4 + 30 \times N_3 + 5 \times N_2 + N_1) / \text{镜检总根段数} \times 100\%$

1.4.4 组织氮和磷元素含量测定

按照 GB7888-87 的方法, 将各个器官分别充分粉碎后过  $0.02\ \text{mm}$  筛,  $70^\circ\text{C}$  烘干至恒重后, 称取  $0.1\text{--}0.2\ \text{g}$ , 用混合酸 (浓硫酸: 高氯酸 = 10:1) 消煮完全, 用 Optima 2000DV 型 ICP 等离子体发射光谱仪

(Optima, USA) 测定 P 含量, 用 TOC-VCPH 型总有机碳分析仪 (岛津, 日本) 测定 N 含量, 并计算各器官中的 N 浓度和 P 浓度。每处理测定 4–5 个重复。

1.5 数据统计与分析

用 SPSS 11.5 (SPSS Inc., USA) 对实验所得数据进行统计分析, 对不同处理中朱砂根的生长和生理指标进行单因素方差分析和多重比较, 并用 SigmaPlot 9.0 (SPSS Inc., USA) 制图。

2 结果

通过对 4 个不同来源的朱砂根根段接种扩繁得到了 4 个不同区域中与朱砂根自然共生的 AM 真菌菌种。4 个不同来源朱砂根根系接种的玉米根系 AM 真菌侵染情况无显著差异, 菌根侵染率均在 95% 左右, 不接种对照玉米植株的 AM 真菌侵染率均为 0, 表明扩繁所得菌种未受外界污染。以所得的 4 个不同来源 AM 真菌菌种接种朱砂根, 朱砂根的菌根侵染率达 90% 左右, 不同接种处理的菌根侵染率无显著差异 ( $P > 0.1$ )。虽然也有少数对照植株形成菌根, 但菌根侵染率和侵染密度极低, 可忽略其影响 (表 1)。

2.1 对朱砂根光合作用气体交换的影响

由图 1 可见, 4 种不同来源的 AM 真菌对朱砂根饱和净光合速率和暗呼吸速率的影响没有差异, 并且接种处理和对照植株的暗呼吸速率之间也无差异, 虽然接种处理植株的饱和净光合速率略高于对照, 但差异未达到显著水平, 说明 4 种来源的 AM 真菌对朱砂根的光合速率和呼吸速率均没有显著影响。

表 1 不同接种处理条件下朱砂根菌根侵染状况 (CK: 对照)  
Table 1 Root colonization of *Ardisia crenata* inoculated with inocula of different sources and controls

来源 Source	处理 Treatment	侵染密度 Infection density (%)	侵染率 Infection rate (%)
德克萨斯州	Inoculated	$59.34 \pm 13.92$	$88 \pm 6$
TX	CK	$0.10 \pm 0.04$	$4 \pm 2$
东莞	Inoculated	$63.53 \pm 7.13$	$94 \pm 2$
DG	CK	$1.38 \pm 0.51$	$4 \pm 2$
兴山	Inoculated	$65.86 \pm 5.00$	$97 \pm 3$
XS	CK	$0.29 \pm 0.24$	$5 \pm 3$
峨眉山	Inoculated	$83.07 \pm 4.98$	$98 \pm 2$
EM	CK	$1.87 \pm 0.77$	$6 \pm 2$

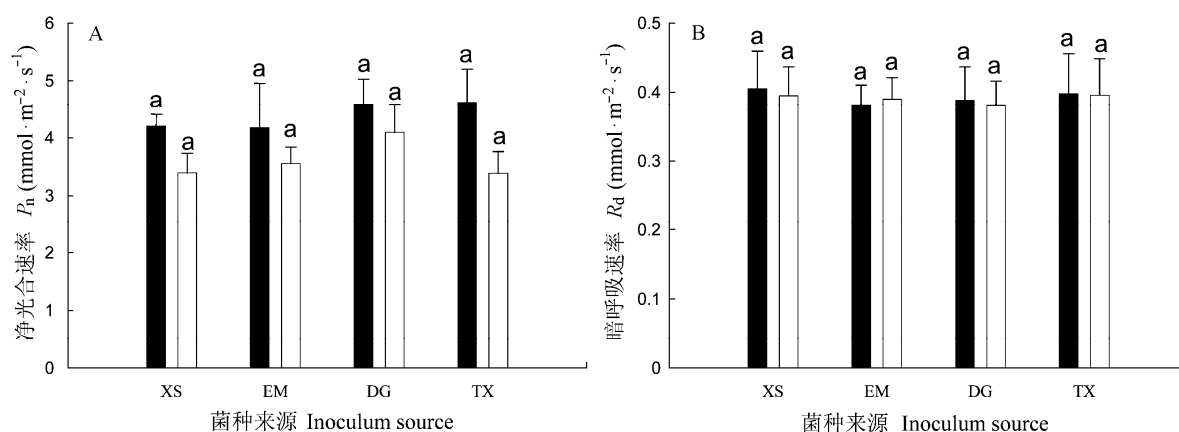


图1 不同接种处理中朱砂根的饱和光下净光合速率( $P_n$ , A)和暗呼吸速率( $R_d$ , B)。■为不同来源AM真菌接种处理, □为相应的对照。误差线表示 $\pm 1$ 标准误(s), 同一图中不同小写字母表示不同处理间差异显著(邓肯检验,  $P < 0.05$ )。

Fig. 1 Light saturated photosynthetic rate ( $P_n$ , A) and dark respiration ( $R_d$ , B) of *Ardisia crenata* in response to arbuscular mycorrhizal inocula of different sources. ■ inoculated with inocula of different sources, □ parallel controls. Error bars represent  $\pm 1$  standard error. Different letters in the same figure indicate significant differences (Duncan test,  $P < 0.05$ ).

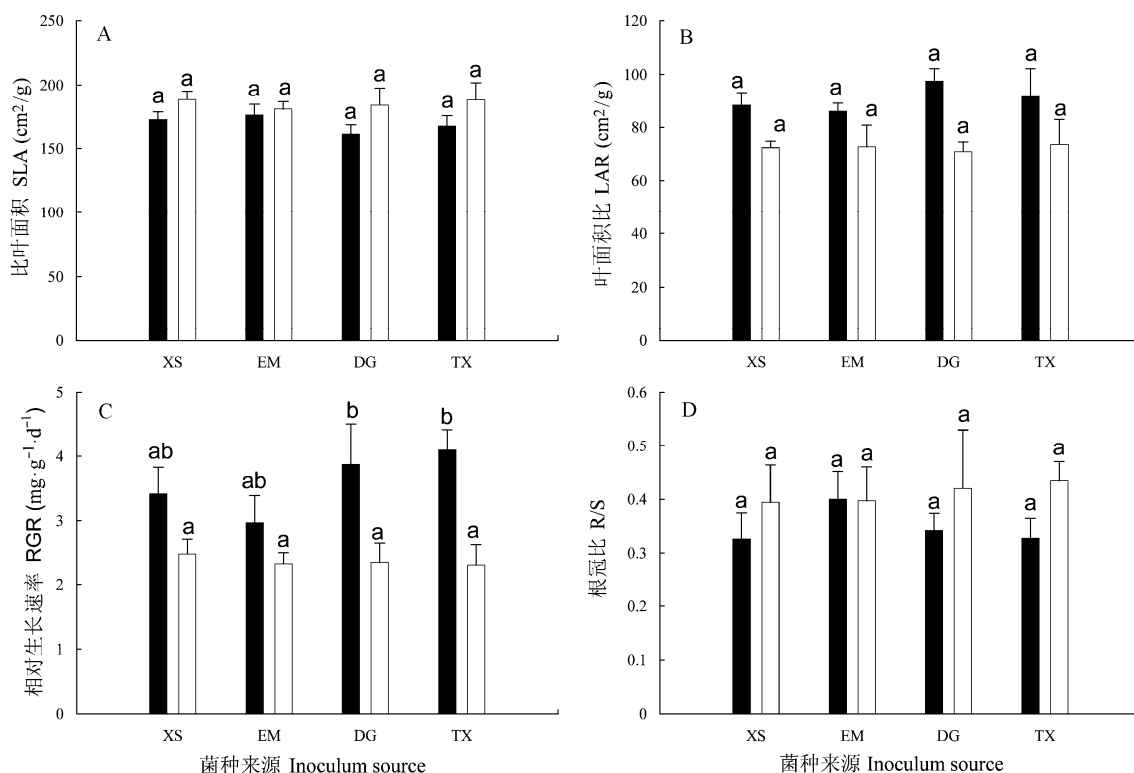


图2 不同接种处理中朱砂根的比叶面积(SLA, A)、叶面积比(LAR, B)、相对生长速率(RGR, C)和根冠比(R/S, D)。■为不同来源AM真菌接种处理, □为相应的对照。误差线表示 $\pm 1$ 标准误(s), 同一图中不同小写字母表示不同处理间差异显著(邓肯检验,  $P < 0.05$ )。

Fig. 2 Specific leaf area (SLA, A), leaf area ratio (LAR, B), relative growth rate (RGR, C) and root : shoot ratio (R/S, D) of *Ardisia crenata* in response to inocula of different sources. ■ inoculated with inocula of different sources, □ parallel controls. Error bars represent  $\pm 1$  standard error. Different letters in the same figure indicate significant differences (Duncan test,  $P < 0.05$ ).

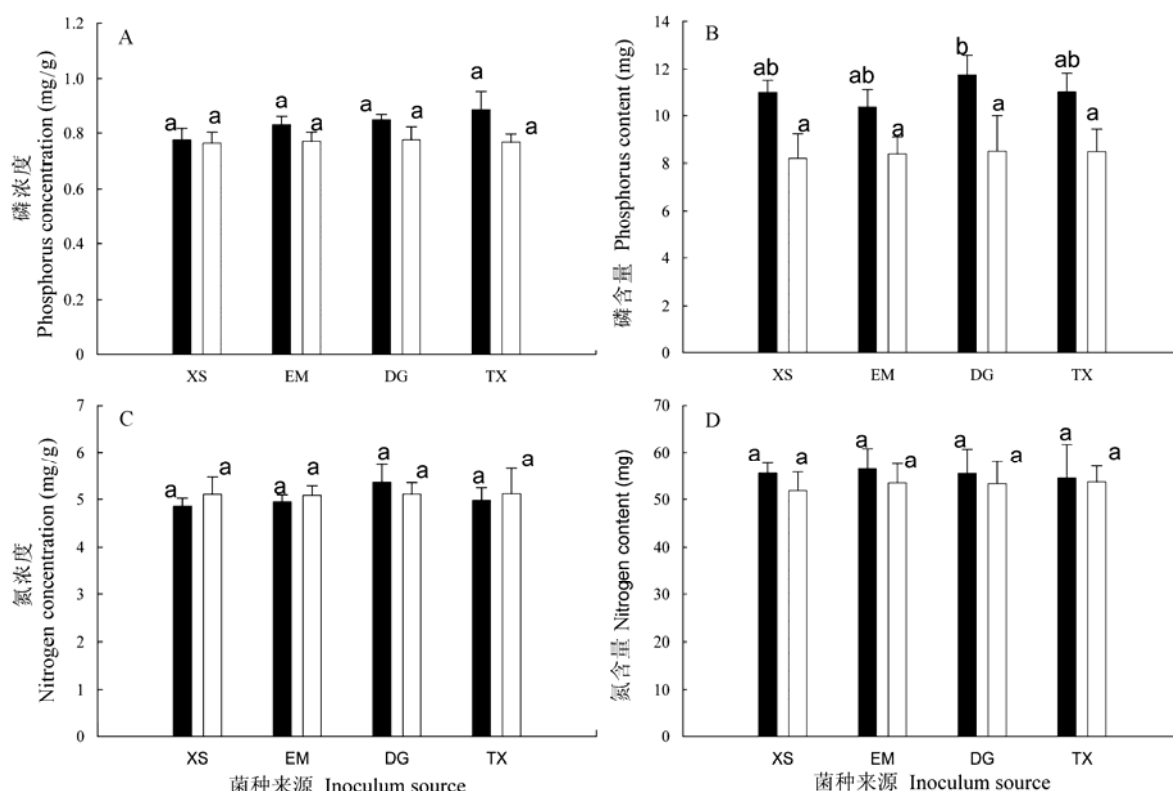


图3 不同接种处理中朱砂根的营养状况: 叶片中组织磷浓度(A)和氮浓度(C)以及植株磷含量(B)和氮含量(D)。■为不同来源AM真菌接种处理, □为相应的对照。误差线表示+1标准误(s), 同一图中不同小写字母表示不同处理间差异显著(邓肯检验,  $P<0.05$ )。

Fig. 3 Phosphorus (A) and nitrogen (C) concentration in leaf and phosphorus (B) and nitrogen (D) content in whole plant of *Ardisia crenata* in response to inocula of different sources. ■ inoculated with inocula of different sources, □ parallel controls. Error bars represent +1 standard error. Different letters in the same figure indicate significant differences (Duncan test,  $P<0.05$ ).

## 2.2 对朱砂根生长和形态的影响

接种AM真菌对朱砂根的比叶面积没有显著影响, 但其叶面积比的平均增加幅度为26%, 同时提高了朱砂根的相对生长速率。其中源自广东东莞和美国德克萨斯的AM真菌的促进作用较强, 能够使朱砂根相对生长速率提高65–78%。与对照相比, 接种处理的朱砂根根冠比有所降低, 但未达到显著水平, 不同接种处理间也无明显差异(图2)。

## 2.3 对朱砂根营养状况的影响

由图3可见, 接种AM真菌使朱砂根植株整体磷含量显著增加, 但各组织中的磷浓度(包括叶片)并没有显著变化。其中, 接种东莞AM真菌的朱砂根植株磷含量略高于其他接种处理。

接种处理的朱砂根植株整体氮含量略高于对照, 但差异不显著, 接种处理对各组织的氮浓度(包括叶片)均没有显著影响, 各接种处理间也没有显

著差异。

## 3 讨论

已有研究表明, 与以土壤为接种物相比, 以植物菌根根段为接种物更有利于分离与该类植物有功能亲和性的AM真菌, 有助于对寄主植物和AM真菌共生关系的研究(包玉英和孙芬, 2005)。Bray等(2003)在朱砂根的入侵地美国佛罗里达州也发现, 与接种幼套球囊霉(*Glomus etunicatum*)和集球囊霉(*Glomus fasciculatum*)相比, 接种朱砂根根段培养所得的AM真菌才对朱砂根生长具有较强的促进作用。因此, 本研究中我们也采用以朱砂根的根段接种扩繁AM真菌, 使所研究的AM真菌更接近于自然状况下作用于朱砂根的AM真菌。

Koide和Li (1989)指出盆栽培养所得的AM真菌混合基质菌种中可能存在细菌等其他微生物, 因此

建议设置对照时应该施加混合基质菌种的微生物滤液,以去除其他微生物的影响。因此,我们在实验中对不同来源的菌种各自设立对照,以更可靠地检验不同来源的AM真菌对朱砂根的作用。结果表明,各对照之间不存在明显差异,可见同一条件下培养的AM真菌菌种只需设一个对照即可。

我们的结果表明,AM真菌能够提高朱砂根相对生长速率,促进其生长,但是对其叶片组织磷浓度和净光合速率均没有显著的影响,而是提高了植株的叶面积比。也就是说,AM真菌能够改变植株的生物量分配,通过增加光合同化面积来促进朱砂根的生长。接种AM真菌使朱砂根植株总磷含量有所增加,表明AM真菌促进了朱砂根对磷营养元素的吸收和利用,但较快的生长速度可能会稀释组织磷浓度(Syvertsen & Graham, 1999),因此接种AM真菌的朱砂根植株组织磷浓度与对照相比并没有显著差异。

不同种类的AM真菌或者同种AM真菌的不同菌株由于遗传基础的不同,对植物的作用存在差异(Johnson *et al.*, 1997; Koch *et al.*, 2005)。另外,AM真菌群落的物种组成和相对多度不同,也会导致它们对植物的影响不同(Sharma *et al.*, 2009);而在外来植物引入地的AM真菌群落很有可能和原产地不同。“互利共生作用增强”假说提出,外来植物在新的生境中所受到的AM真菌的有益作用可能强于原产地,从而获得更强的竞争优势(Reinhart & Callaway, 2006)。我们在同等实验条件下比较了来自朱砂根原产地广东东莞、四川峨嵋和湖北兴山以及来自入侵地美国德克萨斯的AM真菌对朱砂根的作用,发现4种不同来源的AM真菌对朱砂根的生长均具有一定的促进作用,但彼此之间差异并不显著。虽然源自德克萨斯的AM真菌比源自湖北兴山和四川峨眉山的对朱砂根生长速率的促进作用强,但与广东东莞AM真菌的作用相当,因此并不能认定入侵地的AM真菌对朱砂根的共生促进作用更强。

本研究中原产地中国的AM真菌仅使朱砂根的相对生长速率平均增加50%左右,且对光合速率的影响不显著。而Bray等(2003)在佛罗里达州的实验同样以玉米为宿主扩繁朱砂根根段中的AM真菌,却发现当地与朱砂根自然共生的AM真菌对朱砂根具有很强的促进作用:接种处理的朱砂根植株最大净光合速率增加1倍,叶面积比为对照植株的

2.5–3.0倍,且根冠比减半,其相对生长速率比对照增加1倍以上。分析其原因发现:一方面上述两项研究中所用的朱砂根植株的种群分别来自原产地和入侵地,不同区域来源的同种植物对相同AM真菌的响应可能不同(van der Heijden *et al.*, 2001; Cavender & Knee, 2006);另一方面实验中所采用的培养基质和光照条件也有所不同,而这些因素均会影响AM真菌的作用(Son & Smith, 1988; van der Heijden *et al.*, 2001; Landis *et al.*, 2005; Ehinger *et al.*, 2009)。因此,虽然入侵地美国佛罗里达州AM真菌对朱砂根的促进作用强于原产地,但并不能由此得出入侵地AM真菌对朱砂根的促进作用一定强于原产地的普遍性结论。在原产地和入侵地同时开展实验,统一基质类型、营养水平、光照强度和宿主植物的遗传背景等实验条件,将能够得出更有价值的结论。

由于AM真菌与共生的植物之间无严格的专一性,在自然生态系统中,AM真菌可以通过其根外菌丝同时与一种或多种植物形成共生,在不同植物之间形成菌丝桥。已经有研究表明AM真菌菌丝桥能够在入侵植物与其伴生植物间传递营养物质,在较大程度上影响入侵植物的竞争能力(Zabinski *et al.*, 2002; Carey *et al.*, 2004),这可能是AM真菌促进某种植物在群落中的竞争力和优势度的重要方式。进一步研究自然的种间竞争存在时原产地和入侵地AM真菌对朱砂根的竞争能力的影响,将有助于揭示AM真菌在朱砂根入侵过程中的作用。

## 参考文献

- Abbott LK, Robson AD, De Boer G (1984) The effect of phosphorus on the formation of hyphae in soil by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. *New Phytologist*, **97**, 437–446.
- Bao YY (包玉英), Sun F (孙芬) (2005) Effect of different inoculum on the isolation of arbuscular mycorrhizal fungi. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol* (内蒙古大学学报), **36**, 173–177. (in Chinese with English abstract)
- Bray SR, Kitajima K, Sylvia DM (2003) Mycorrhizae differentially alter growth, physiology, and competitive ability of an invasive shrub. *Ecological Applications*, **13**, 565–574.
- Callaway RM, Newingham B, Zabinski CA (2001) Compensatory growth and competitive ability of an invasive weed are enhanced by soil fungi and native neighbors. *Ecology Letters*, **4**, 429–433.
- Callaway RM, Thelen GC, Barth S, Ramsey PW, Gannon JE (2004) Soil fungi alter interactions between the invader

- Centaurea maculosa* and North American natives. *Ecology*, **85**, 1062–1071.
- Carey EV, Marler MJ, Callaway RM (2004) Mycorrhizae transfer carbon from a native grass to an invasive weed: evidence from stable isotopes and physiology. *Plant Ecology*, **172**, 133–141.
- Cavender N, Knee M (2006) Relationship of seed source and arbuscular mycorrhizal fungi inoculum type to growth and colonization of big bluestem (*Andropogon gerardii*). *Plant and Soil*, **285**, 57–65.
- Csurhes S, Edwards R (1998) *Potential Environmental Weeds in Australia: Candidate Species for Preventative Control*. National Weeds Program, Biodiversity Group, Environment Australia, Canberra.
- DeLucia EH, Callaway RM, Thomas EM, Schlesinger WH (1997) Mechanisms of P acquisition for ponderosa pine under different climatic regimes. *Annals of Botany*, **79**, 111–120.
- Douds D, Schenck NC (1990) Increased sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi by manipulation of nutrient regimens. *Applied and Environmental Microbiology*, **56**, 413–418.
- Dozier H (1999) *Plant Introductions and Invasion: History, Public Awareness, and the Case of Ardisia crenata*. PhD dissertation, University of Florida, Florida.
- Ehinger M, Koch AM, Sanders IR (2009) Changes in arbuscular mycorrhizal fungal phenotypes and genotypes in response to plant species identity and phosphorus concentration. *New Phytologist*, **18**, 412–423.
- Johnson NC, Graham JH, Smith FA (1997) Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytologist*, **135**, 575–585.
- Koch AM, Croll D, Sanders IR (2005) Genetic variability in a population of arbuscular mycorrhizal fungi causes variation in plant growth. *Ecology Letters*, **9**, 103–110.
- Koide RT, Li M (1989) Appropriate controls for vesicular-arbuscular mycorrhiza research. *New Phytologist*, **111**, 35–46.
- Landis FC, Gargas A, Givnish TJ (2005) The influence of arbuscular mycorrhizae and light on Wisconsin (USA) sand savanna understories. 2. Plant competition. *Mycorrhiza*, **15**, 555–562.
- Liu RJ (刘润进), Li XL (李晓林) (2000) *Arbuscular Mycorrhiza and Its Application* (AM真菌及其应用). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Lorence D, Sussman RW (1988) Diversity, density, and invasion in a Mauritian wet forest. *Garden Monographs of the Systematics of the Missouri Botanical Garden*, **25**, 187–204.
- MacDonald IAW, Thébaud C, Strahm WA, Strasberg D (1991) Effects of alien plant invasions on native vegetation remnants on La Reunion (Mascarenes Islands, Indian Ocean). *Environmental Conservation*, **18**, 51–61.
- Nijjer S, Rogers WE, Siemann E (2004) The effect of mycorrhizal inoculum on the growth of five native tree species and the invasive Chinese tallow tree (*Sapium sebiferum*). *Texas Journal of Science*, **56**, 357–368.
- Oppenheimer HL (2004) New Hawaiian plant records for 2003. *Bishop Museum Occasional Papers*, **79**, 8–20.
- Philips JM, Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, **55**, 158–161.
- Reinhart KO, Callaway RM (2006) Soil biota and invasive plants. *New Phytologist*, **170**, 445–457.
- Sharma D, Kapoor R, Bhatnagar AK (2009) Differential growth response of *Curculigo orchoides* to native arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities varying in number and fungal components. *European Journal of Soil Biology*, **45**, 328–333.
- Singhurst JR, Ledbetter WJ, Holmes WC (1997) *Ardisia crenata* (Myrsinaceae): new to Texas. *Southwestern Naturalist*, **42**, 503–504.
- Son CL, Smith SE (1988) Mycorrhizal growth responses: interactions between photon irradiance and phosphorus nutrition. *New Phytologist*, **108**, 305–314.
- Streitwolf-Engel R, Boller T, Wiemken A, Sanders IR (1997) Clonal growth traits of two *Prunella* species are determined by co-occurring arbuscular mycorrhizal fungi from a calcareous grassland. *Journal of Ecology*, **85**, 181–191.
- Syvrtsen JP, Graham JH (1999) Phosphorus supply and arbuscular mycorrhizas increase growth and net gas exchange responses of two *Citrus* spp. grown at elevated (CO<sub>2</sub>). *Plant and Soil*, **208**, 209–219.
- van der Heijden EW, Kuyper TW (2001) Does origin of mycorrhizal fungus or mycorrhizal plant influence effectiveness of the mycorrhizal symbiosis? *Plant and Soil*, **230**, 161–174.
- van der Heijden MGA, Boller T, Wiemken A, Sanders IR (1998) Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology*, **79**, 2082–2091.
- van der Heijden MGA, Wiemken A, Sanders IR (2003) Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plants. *New Phytologist*, **157**, 569–578.
- Walling SZ, Zabinski CA (2004) Host plant differences in arbuscular mycorrhizae: extraradical hyphae differences between an invasive forb and a native bunchgrass. *Plant and Soil*, **265**, 335–344.
- Weber E (2003) *Invasive Plants of the World*. CABI Publishing, Wallingford.
- Yao XH (姚晓华), Min H (闵航), Yuan HP (袁海平) (2006) Microbial diversity in an acetamiprid-polluted upland soil. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **26**, 3074–3080. (in Chinese with English abstract)
- Zabinski CA, Quinn L, Callaway RM (2002) Phosphorus uptake, not carbon transfer, explains arbuscular mycorrhizal enhancement of *Centaurea maculosa* in the presence of native grassland species. *Functional Ecology*, **16**, 758–765.