

# 丛枝菌根对甘草幼苗生长及抗性的影响

范继红, 毕红艳, 邹原东, 徐 琰

(北京农业职业学院 园艺系, 北京 102442)

**摘 要:**为了探索丛枝菌根真菌对甘草幼苗的侵染特性,揭示不同丛枝菌根与甘草幼苗生长的关系,以甘草为试材,通过盆栽方式栽植,以不接种丛枝菌根菌为对照(CK),研究接种丛枝菌根菌对甘草1年生幼苗生长及抗性生理指标的影响。结果表明:接种的4种丛枝菌根真菌都能与甘草幼苗形成菌根,显著促进甘草幼苗的生长,丛枝菌根明显提高了甘草幼苗的抗性指标,提高甘草幼苗可溶性糖和可溶性蛋白质含量,降低了游离脯氨酸和丙二醛含量。

**关键词:**丛枝菌根;甘草幼苗;生长;抗性

**中图分类号:**S 567.23<sup>+</sup>9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)10-0145-05

菌根(Mycorrhiza)作为自然界中一种极为普遍和重要的共生现象,其中分布最为广泛的菌根类型为丛枝菌根(Arbuscular mycorrhiza, AM),是植物在长期生存进化过程中与菌根真菌一起协同进化的产物<sup>[1]</sup>。AM是出现时间最早、生存历史最长的菌根,可能形成于陆生植物形成的初期<sup>[2]</sup>,自然界中约有90%以上的维管植物形成AM<sup>[3]</sup>。AM有助于促进宿主植物吸收养分<sup>[4]</sup>、提高抗逆性<sup>[5]</sup>、增强竞争力和提高对重金属污染的耐受力<sup>[6]</sup>,从而改善宿主植物的生长状况。

甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.)属豆科甘草属多年生草本植物,药用部位是根、根茎,味甘甜,性平和,生用泻火解毒缓急止痛,炙用散寒补中益气,善于调和药性,解百药之毒,被誉为国之药老,有“十方九草”之说,是最常用的大宗药材,年需求量巨大。连续多年的掠夺性采挖使我国野生甘草资源日趋枯竭,生态环境严重恶化,通过人工栽培甘草代替野生甘草,是实现甘草资源可持续利用的根本有效措施<sup>[7]</sup>。目前,甘草人工栽培的技术已开始受到重视并取得阶段成果,如野生变家植驯化、人工栽培和发芽低的问题基本解决,干旱胁迫、密度、钙等环境条件对甘草酸产量的研究也非常丰富<sup>[8-11]</sup>。有关甘草AM方面的研究还比较少,目前主要有甘草AM

真菌资源的调查<sup>[12]</sup>及接种AM真菌对甘草生长影响方面<sup>[13]</sup>。该试验研究了不同AM真菌对甘草侵染情况以及对一年生甘草幼苗生长的影响,为AM真菌在甘草上的应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试菌种为摩西球囊霉 *Glomus mosseae*, 地表球囊霉 *G. versiforme*, 聚丛球囊霉 *G. aggregatum*, 幼套球囊霉 *G. etunicatum*。所用菌种购于北京市农林科学院植物资源与营养研究所。供试植物为乌拉尔甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.), 种子购于北京市大兴区时珍中草药技术有限公司。

供试基质采用混合配制基质,分别用草炭+蛭石+沙子混合作接种基质,混合比例为草炭:蛭石:沙子=1:0.5:1,基质有机质含量为1.305%,全氮量为0.098%。基质经高压湿热灭菌2 h (121℃),晾凉备用。

### 1.2 试验方法

播种前进行种子浸种消毒,先用1%高锰酸钾溶液将种子消毒30 min,流水冲洗干净,然后以清水浸种1 d,浸种完成后将种子取出,再以流水冲洗干净。将种子均匀摊到已高温消毒的湿纱布上,上面再盖一层湿纱布进行催芽,种子露白后进行播种,播种同时接菌。

栽植盆选用塑料盆,上口径25 cm,盆底直径20 cm,高40 cm。栽植盆使用前用2%高锰酸钾溶液消毒10 min,每盆装基质至35 cm处,每盆接种10 g菌剂,每处理20盆,每盆5棵。根据试验安排酌情浇水,

**第一作者简介:**范继红(1974-),女,博士,副教授,现主要从事植物生理生态学及菌根生态学等研究工作。E-mail: 378185557@qq.com.

**基金项目:**北京市自然科学基金资助项目(6142005)。

**收稿日期:**2016-12-07

每隔 1 个月浇 1 次 Hoagland 营养液。以不接种 AM 真菌直接栽植甘草为对照,其它管理方式均相同。

### 1.3 项目测定

定期用直尺和游标卡尺测量苗高、主根长度和地径;鲜质量采样称量;干质量采用烘干称重法测定;根冠比为地下干质量与地上干质量的比值;组织含水量采用烘干称重法测定;相对含水量(%)=(自然鲜质量-干质量)×100/(饱和鲜质量-干质量);自然饱和亏(%)=(饱和鲜质量-自然鲜质量)×100/(饱和鲜质量-干质量);可溶性糖含量采用蒽酮显色法测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法测定;游离脯氨酸含量采用酸性水合茚三酮显色法测定;MDA 含量采用硫代巴比妥酸显色法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 丛枝菌根对甘草幼苗生长量的影响

由表 1 可知,接种的 4 种 AM 真菌均能和甘草形成丛枝菌根,菌根显著提高了甘草的苗高、地径、主根长、鲜质量、干质量等生长指标。从苗高、地径看,接种 *G. versiforme* 的甘草苗都表现突出,其平均苗高达到 42.0 cm,比对照高 1 倍,地径为 1.46 mm,比对照增加 0.51 mm;接种 *G. mosseae* 的甘草苗在高生长方面表现不突出,苗高为 33.3 cm,比对照增加

了 13 cm,地径为 1.08 mm,仅比对照增加 0.13 mm,差异不显著。

植物的地上部分与地下部分的生长具有相关性,根系生长的强弱直接影响植物地上部分的生长和代谢,而且根作为甘草药材的药用部位,是考察药材质量的关键部位。*G. etunicatum* 对甘草主根长度的促进作用最显著,主根长达到 17.3 cm,比对照增加了 7.2 cm。*G. versiforme* 虽然对高生长促进作用显著,但在促进主根生长方面的作用不是很明显,接种 *G. versiforme* 的甘草苗主根长为 14.4 cm,比对照增加了 4.3 cm。

4 种 AM 真菌对甘草幼苗的鲜质量、干质量等生物量指标都有显著的影响,*G. versiforme*、*G. aggregatum* 和 *G. etunicatum* 3 个菌种对甘草高生长促进作用均显著,但对鲜质量、干质量的影响却不尽相同,接种 *G. etunicatum* 的甘草苗鲜质量、干质量增加都是最多的,地上干质量为 3.23 g,地下干质量为 2.08 g,根冠比达到了 0.64,而接种 *G. versiforme* 和 *G. aggregatum* 的甘草根冠比为 0.47 和 0.41;接种 *G. mosseae* 的甘草苗虽然促进高生长不是最显著的,但其地上干质量为 2.37 g,地下干质量为 1.45 g,根冠比也达到了 0.61,表现出很强的促进根系生长能力。

表 1 丛枝菌根对甘草幼苗生长量的影响

Table 1 Effect of the AM on the growth of *G. uralensis* seedlings

菌种名称 Strain name	苗高 Plant height /cm	地径 Basal diameter /mm	主根长 Taproot length /cm	地上鲜质量 Overground fresh weight/g	地下鲜质量 Underground fresh weight/g	地上干质量 Overground dry weight/g	地下干质量 Underground dry weight/g	根冠比 Root/Shoot ratio
Gm	33.3±1.54b	1.08±0.34b	15.9±0.84a	6.69±0.54b	3.64±0.76a	2.37±0.31b	1.45±0.53a	0.61
Gv	42.0±1.15a	1.46±0.15a	14.4±0.85b	6.98±0.15b	2.75±0.87b	2.47±0.58b	1.15±0.41b	0.47
Ga	40.2±2.58a	1.12±0.28b	13.7±0.98b	7.40±0.58b	2.59±0.75b	2.73±0.57b	1.13±0.51b	0.41
Ge	41.1±3.03a	1.39±0.23a	17.3±0.93a	8.68±0.23a	4.08±0.91a	3.23±0.91a	2.08±0.73a	0.64
CK	20.3±1.03c	0.95±0.08b	10.1±0.13b	3.14±0.23c	0.87±0.21c	1.00±0.04c	0.30±0.06c	0.30

注:不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。Gm;*G. mosseae*,Gv;*G. versiforme*,Ga;*G. aggregatum*,Ge;*G. etunicatum*,CK;对照。

Note: Different lowercase letters in the same line show significant difference at 0.05 level. Gm;*G. mosseae*,Gv;*G. versiforme*,Ga;*G. aggregatum*,Ge;*G. etunicatum*,CK; contral.

### 2.2 丛枝菌根对甘草幼苗含水量的影响

由图 1、2 可知,4 个 AM 真菌对甘草幼苗的水分代谢影响比较小,不同处理间差异不显著,这也可能与温室栽培环境有关。接种 *G. mosseae* 的处理相对含水量为 72.11%,明显高于对照(51.59%),接种其它 3 个菌种的甘草幼苗相对含水量都在 60%以上,也均高于对照,但差别不显著。从自然饱和和亏测定结果看,接种 *G. mosseae* 的处理下降最多,自然饱和和亏为 29.89%,显著低于对照(45.41%),其它 3 个处理的自然饱和和亏数值在 36%~40%,略低于对照(图 2)。

### 2.3 丛枝菌根对甘草幼苗主要渗透调节物质的影响

#### 2.3.1 丛枝菌根对甘草幼苗可溶性糖含量的影响

由图 3 可知,接种 AM 真菌后甘草幼苗可溶性糖含量明显增加,不同 AM 菌对可溶性糖含量影响差别较大,接种 *G. aggregatum* 对甘草幼苗可溶性糖含量影响最大,其它 3 种也高于对照,但差别不明显。不同生长期可溶性糖含量有显著差异。7 月甘草幼苗的可溶性糖含量普遍比较低,接种 *G. etunicatum* 的处理的可溶性糖含量增加最多,叶片可溶性糖含量为 0.75%,约为对照的 3.41 倍。接种 *G. mosseae* 的处理

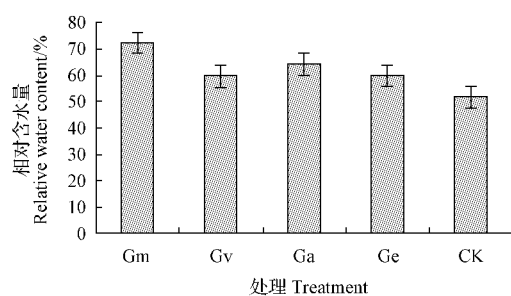


图1 丛枝菌根对甘草幼苗相对含水量的影响  
Fig. 1 Effect of the AM on the content of relative water content of *G. uralensis* seedlings

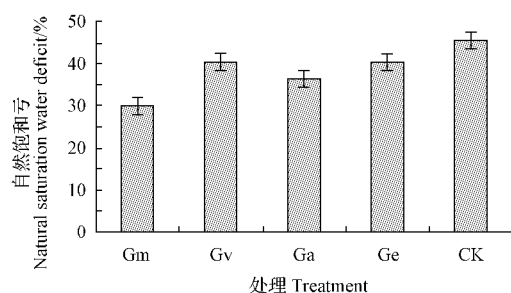


图2 丛枝菌根对甘草幼苗自然饱和亏的影响  
Fig. 2 Effect of the AM on the content of natural saturation water deficit of *G. uralensis* seedlings

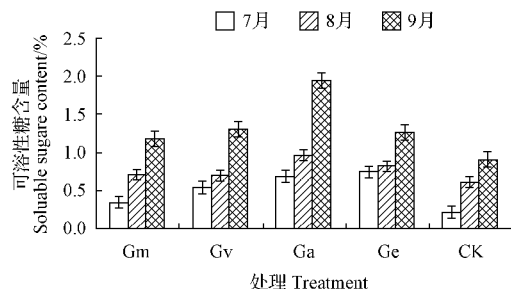


图3 丛枝菌根对甘草幼苗可溶性糖含量的影响  
Fig. 3 Effect of the AM on the content of soluble sugars of *G. uralensis* seedlings

的可溶性糖含量增加最少,叶片可溶性糖含量为 0.35%,约为对照的 1.58 倍。8 月甘草幼苗可溶性糖含量较 7 月没有明显提高,每个处理间的差别也不明显。这个阶段接种 *G. aggregatum* 的甘草幼苗可溶性糖含量增加最多,可溶性糖含量为 0.96%,可溶性糖含量是对照的 1.57 倍,而接种 *G. versiforme* 的甘草幼苗可溶性糖增加最少,仅为对照的 1.13 倍。9 月甘草幼苗可溶性糖含量增加最多,形成丛枝菌根的甘草幼苗与对照相比可溶性糖含量显著增加,同一个接种处理内部比较,可溶性糖含量比 8 月的显著增加。接种 *G. aggregatum* 的甘草幼苗可溶性糖含量增加最多,可溶性糖含量为 1.94%,为对照的 2.15 倍。

2.3.2 丛枝菌根对甘草幼苗可溶性蛋白质含量的影响 由图 4 可知,甘草幼苗可溶性蛋白质含量不同阶段差别较大,接菌处理生长初期没有明显差异,生长后期可溶性蛋白质含量明显高于对照。7 月所有处理下的甘草幼苗可溶性蛋白质含量均在  $1.2399 \sim 1.4382 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,差别不明显。8 月接种 *G. aggregatum* 的甘草幼苗可溶性蛋白质含量明显高于对照和其它 3 组接菌处理,可溶性蛋白质达到  $3.5049 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,为对照的 1.71 倍。其它 3 组处理可溶性蛋白质也明显高于对照,但三者之间差别不显著。9 月接种 *G. etunicatum* 的甘草幼苗可溶性蛋白质含量升高较多,可溶性蛋白质含量为  $6.1859 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,为对照的 2.06 倍。接种 *G. mosseae* 和 *G. versiforme* 处理为对照的 1.74 和 1.69 倍,差异显著。

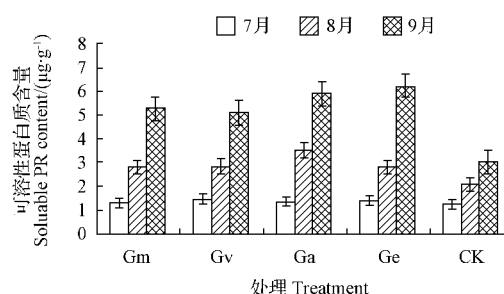


图4 丛枝菌根对甘草幼苗可溶性蛋白质含量的影响  
Fig. 4 Effect of the AM on the content of soluble protein of *G. uralensis* seedlings

2.3.3 丛枝菌根对甘草幼苗游离脯氨酸含量的影响 由图 5 可知,随着丛枝菌根的形成,甘草幼苗叶片游离脯氨酸含量降低,9 月不接菌的对照甘草幼苗叶片游离脯氨酸含量为  $164.25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,所有接种 AM 菌的处理均低于对照。对比 3 个阶段数据发现,接种丛枝菌根处理与对照及不同丛枝菌根处理之间,7 月和 8 月的脯氨酸含量变化很小,稍低于对照,差异不明显。9 月接种 *G. mosseae* 和 *G. aggregatum* 的甘草幼苗脯氨酸含量与 7、8 月相比,略有升高,且低于接种 *G. versiforme* 和 *G. etunicatum* 的处理,低于对照。

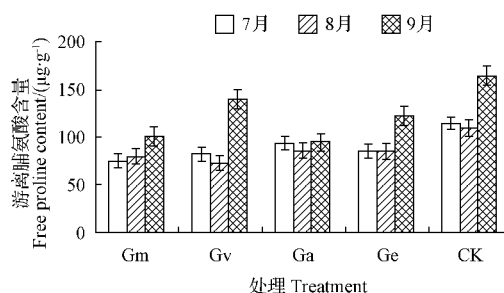


图5 丛枝菌根对甘草幼苗游离脯氨酸含量的影响  
Fig. 5 Effect of the AM on the content of free proline of *G. uralensis* seedlings

#### 2.4 丛枝菌根对甘草幼苗丙二醛(MDA)含量的影响

植物器官在逆境下受到伤害,通常发生膜的过氧化作用,其中 MDA 是膜脂过氧化最重要的产物之一,MDA 的积累可能对膜和细胞造成一定的伤害。形成丛枝菌根后,甘草幼苗由于受 AM 菌侵染,提高了抵抗不良环境的能力,MDA 积累越少,AM 菌的侵染可以有效的减轻干旱胁迫对宿主细胞膜的破坏程度。由图 6 可知,感染丛枝菌根后甘草幼苗 MDA 含量降低,与对照差异显著,但不同丛枝菌根之间差异不显著。7 月 MDA 含量最高,8、9 月逐渐下降。接种 *G. mosseae* 的苗木 MDA 含量最低,7 月叶片 MDA 含量为  $0.0316 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ ,约为对照的一半。其它 3 个处理 MDA 含量接近,在  $0.0354 \sim 0.0398 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ ,差异不显著。

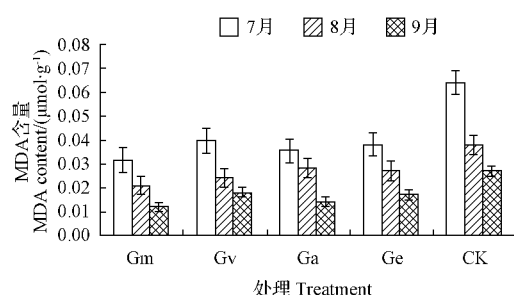


图 6 丛枝菌根对甘草幼苗 MDA 含量的影响

Fig. 6 Effect of the AM on the content of MDA of *G. uralensis* seedlings

### 3 结论与讨论

不同的 AM 菌在促进植物生长发育中,很可能存在不同的作用机制。该试验中,在对甘草幼苗高生长的影响来看,接种 *G. versiforme*、*G. aggregatum* 和 *G. etunicatum* 的 3 个处理均有显著影响,但在地上干质量、地下干质量和根冠比来看,接种 *G. mosseae* 的效果最好。AM 真菌能促进寄主的生长发育,虽然菌根真菌消耗植物叶片合成的碳水化合物,但它促进了根系对矿质营养的吸收,最终使得菌根植物的生长发育超过对照。但不同的 AM 真菌促进生长发育的效果不一样,对此不同研究者所做的解释也不同,GRAHAM 等<sup>[14]</sup>认为不同菌种促生作用的不同是由于 AM 真菌外生菌丝的不同或是寄主与 AM 真菌亲和性不同及侵染早晚造成的。

丛枝菌根能增强植物根系吸水能力而提高植株抗旱性,AM 真菌主要是通过菌丝的吸收作用和改善植株矿质营养及内源激素的平衡状况,从而影响植物的水分代谢,提高植物的耐旱力。很多试验发现,接种丛枝菌根菌后宿主可溶性糖、可溶性蛋白质、脯氨酸等渗透调节物质含量增加,为菌根共生体

的生长创造适宜的物质条件。任嘉红等<sup>[15]</sup>在研究丛枝菌根对沙棘抗旱机理时发现,在干旱胁迫条件下,随丛枝菌侵染率的增加,沙棘可溶性糖含量、叶绿素含量、超氧化物歧化酶活性等逐渐增加,叶片游离脯氨酸含量、MDA 含量、细胞膜相对透性值逐渐降低,表明 AM 真菌能增加细胞的渗透调节能力,增强膜系统保护酶的活性,更有效地清除超氧自由基和活性氧,减轻因干旱胁迫对宿主造成的伤害程度。

该试验中 4 个 AM 真菌均能与甘草幼苗形成菌根,促进了甘草幼苗的生长,提高了甘草幼苗可溶性糖和可溶性蛋白质含量,降低了游离脯氨酸和 MDA 含量,与对照差异显著。但不同 AM 真菌之间表现不是很统一,有些接菌处理间差异不显著,这可能与丛枝菌根与甘草的作用机制及温室栽培环境的弱光高湿有关,有待进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 李晓林,冯固.丛枝菌根生理生态[M].北京:华文出版社,2001.
- [2] 小川真.作物と土をつなぐ共生微生物菌根の生態学[M].农文协,1987.
- [3] 刘润进,李晓林.丛枝菌根及其应用[M].北京:科学出版社,2000.
- [4] SMITH S E, SMITH F A, JAKOBSEN I. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses[J]. Plant Physiology, 2003, 133: 16-20.
- [5] POZO M J, CORDIER C, DUMAS-GAUDOT E, et al. Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to Phytophthora infection in tomato plants[J]. Journal of Experimental Botany, 2002, 53: 525-534.
- [6] JONER E J, BRIONES R, LEYVAL C. Metal binding capacity of arbuscular mycorrhizal mycelium[J]. Plant and Soil, 2000, 226: 227-234.
- [7] 魏胜利,王文全,王海.我国中西部地区甘草资源及其可持续利用的研究[J].中国中药杂志,2003,28(3):202-206.
- [8] 刘长利,王文全,李帅英.干旱胁迫对甘草生长的影响[J].中国中药杂志,2004,29(10):931-933.
- [9] 刘长利,王文全.外源钙对人工培育甘草药材中甘草酸积累的影响[J].中华中医药学刊,2009,27(11):2281-2283.
- [10] 孙志蓉,翟明普,王文全.密度对甘草苗生长及甘草酸含量的影响[J].中国中药杂志,2007,32(21):2222-2226.
- [11] 唐晓敏,王文全,杨全. NaCl 处理对甘草生长、生理指标及药效成分含量的影响[J].吉林农业大学学报,2008,30(2):172-175.
- [12] 赵婧,贺学礼.河北省安国市药用植物 AM 真菌资源和分布研究[J].河北农业大学学报,2010,33(1):39-44.
- [13] 刘盛林,贺学礼.水分胁迫下 AM 真菌对甘草生长的影响[J].核农学报,2009,23(4):692-696.
- [14] GRAHAM J H, LINDERMAN R G. Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal *Glomus* spp. in relation to root colonization and growth of troyer citrigo[J]. New Phytol, 1982, 91: 183-189.
- [15] 任嘉红,张晓刚. VA 菌根真菌提高沙棘抗旱性机理的研究[J].晋东南师范专科学校学报,2002,19(5):17-20.

# 重茬土壤、枯叶腐解液对 广藿香扦插苗生理生化指标的影响

吴燕燕<sup>1</sup>, 李明<sup>1,2</sup>, 黄结雯<sup>1</sup>, 马婷玉<sup>1</sup>, 段修冉<sup>1</sup>, 潘丽萍<sup>1</sup>

(1. 广东药科大学 中药学院, 广东 广州 510006; 2. 国家中医药管理局 岭南药材生产与开发重点研究室, 广东 广州 510006)

**摘要:**为了研究和探讨广藿香连作障碍成因及其作用机制,以广藿香扦插苗(2、8周龄苗)为试材,采用盆栽试验法,研究了广藿香重茬土壤、枯叶腐解液对其扦插苗叶片生理生化指标的影响。结果表明:2、8周苗龄广藿香扦插苗培育在广藿香重茬土壤和含不同浓度的枯叶腐解液的培养基质中60 d,叶片过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)活性均较对照土呈升高的变化趋势,且随枯叶腐解液浓度的增加而升高,2、8周幼苗叶片CAT、POD、SOD活性均呈含高浓度枯叶腐解液的土壤>重茬土>含低浓度枯叶腐解液的土壤>对照土的变化规律;丙二醛(MDA)含量也较对照土显著升高,呈含高浓度枯叶腐解液的土壤>含低浓度枯叶腐解液的土壤>重茬土>对照土的变化规律。广藿香植株枯叶腐解物导致的化感自毒作用可能是其连作障碍的主要因素之一。

**关键词:**广藿香;重茬土;枯叶腐解液;扦插;生理生化指标

**中图分类号:**S 567.23<sup>+</sup>9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)10-0149-05

广藿香(*Pogostemon cablin* (blanco) Benth.) 属唇形科刺蕊草属植物,以干燥地上部分入药,性辛、微

温,具有芳香化湿、开胃止呕、发表解暑功效,是岭南的常用中药<sup>[1]</sup>。近年来在医药和精油市场对广藿香的需求有逐年增加的趋势,但在其栽培生产中出现严重的连作障碍问题<sup>[2]</sup>。连作障碍指在正常的管理措施下,在同一块地连续多年种植相同作物造成作物产量降低、品质变劣、生长状况变差、病虫害加剧的现象。研究表明,化感自毒作用是导致植物连作障碍的重要因素之一<sup>[3-5]</sup>。

植物通过淋溶、植株残体腐解、根系分泌化感物质等方式使其临近植物或其自身产生化感自毒作

**第一作者简介:**吴燕燕(1990-),女,硕士研究生,研究方向为中药资源与质量。E-mail:1024795026@qq.com.

**责任作者:**李明(1963-),女,教授,硕士生导师,现主要从事中药资源及质量等研究工作。E-mail:13539843803@163.com.

**基金项目:**广东省科技计划资助项目(2014A020208133; 2013B020503066)。

**收稿日期:**2016-12-13

## Effect of Arbuscular Mycorrhizal on Growth and Resistance of *Glycyrrhiza uralensis* Seedling

FAN Jihong, BI Hongyan, ZOU Yuandong, XU Yan

(Department of Horticulture, Beijing Vocation College of Agricultural, Beijing 102442)

**Abstract:** Taking 1-year-old seedlings of *G. uralensis* as experiment material, the effect of arbuscular mycorrhizal on the growth and resistance of *Glycyrrhiza uralensis* seedling were studied. The results indicated that the four kinds of inoculated arbuscular mycorrhizal fungi could form mycorrhizal fungi with *G. uralensis* seedlings, and promote the growth of these seedlings significantly. Moreover, arbuscular mycorrhizal fungi improved remarkably the resistance index of the seedlings, including the content of soluble sugar and protein increased, as well as, the contents of proline and MDA decreased.

**Keywords:** arbuscular mycorrhizal (AM); *Glycyrrhiza uralensis*; growth; resistance