

AM 真菌接种对甘薯产量和品质的影响^{*}

刘文科 冯 固^{**} 李晓林

(中国农业大学资源与环境学院植物营养系
农业部植物营养与养分循环重点实验室 北京 100094)

摘 要 通过田间试验方法研究了接种 AM 真菌对甘薯产量和品质的影响。结果表明,种植 6 周时接种能够提高甘薯的菌根侵染率、生长和吸 P 量,收获时可提高甘薯的产量和品质。从接种效果看,本地分离的菌株接种效果好于异地分离菌株,混合菌株好于单一菌株。

关键词 AM 真菌 甘薯 田间接种 产量 品质

Effects of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on the yield and quality of sweet potato. LIU Wen-Ke, FENG Gu, LI Xiao-Lin (Department of Plant Nutrition, College of Resources and Environment, China Agricultural University; Key Laboratory of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, Ministry of Agriculture; Beijing 100094, China), *CJEA*, 2006, 14 (4): 106~108

Abstract Effects of inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi on sweet potato yield and quality were investigated in field condition. The results show that the inoculation can increase mycorrhizal fungi colonization, growth and P uptake of sweet potato six weeks after transplantation and also improve the yield and tuber quality of sweet potato on harvest. In summary, the mycorrhizal fungi strain from the native soil performs better than that from exotic soil and mixed strains perform better than the single one.

Key words Arbuscular mycorrhizal fungi, Sweet potato, Field inoculation, Yield, Quality

(Received Feb.9,2005;revised May 24,2005)

丛枝菌根(Arbuscular mycorrhiza, AM)真菌可改善宿主植物的营养状况,促进植物生长。这种有益作用促使人们不断尝试把 AM 真菌应用到农业生产中。AM 真菌的接种效应不仅取决于菌株与宿主间的兼容性、土壤生态适应性,还与菌株的田间竞争力、接种剂侵染势、存活时间和耐高 P 能力等特征有关。由于在灭菌土壤条件下得到的结果很难准确指示 AM 真菌在田间复杂情况下的表现,故此为了解 AM 真菌的应用潜力,需在田间条件下进行研究。选择高菌根依赖性的植物作为宿主,考察 AM 真菌田间条件下共生状态和效应是非常必要的。田间条件下,接种 AM 真菌能够提高农作物的品质和产量的报道已有很多^[1],包括果树、蔬菜、大田作物和花卉等。甘薯是我国第四大作物,具有很强的菌根依赖性。迄今,关于甘薯接种 AM 真菌的田间研究报道不多。本试验旨在研究现有的优良菌株、混合菌剂及国外商业菌剂在田间条件下的接种效应,评价其在田间的生态适应性和功能有效性,筛选高效菌株,为 AM 真菌的农业实践提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验菌种包括 3 个单一菌株、1 个混合菌种及 1 个商业菌剂。其中“BEG141”(*Glomus intraradices*)由法国国家农业研究所提供,“BEG167”(*Glomus mosseae*)由北京市农林科学院植物营养与资源研究所张美庆研究员分离,“BEG168”(*Glomus etunicatum*)由中国农业大学植物营养系筛选,“Endorize-1”(*Glomus intraradices*+ *Glomus mosseae*)为法国 Biorhizo 公司提供的商业菌剂,混合菌株为“M4”(*Glomus intraradices*+ HB-Bd45-Gsp4+ *Glomus etunicatum*+ *Glomus mosseae*)。前 4 个菌株的接种剂由华中农业大学农业微生物实验室协助扩繁,混合菌株 M4 由本研究小组扩繁配制而成。供试作物为甘薯(*Ipomoea batatas* L.),品种

^{*} 国家自然科学基金(30470341)和中国-欧共同体合作项目(NICA4-CT-2000-30014)资助

^{**} 通讯作者

收稿日期:2005-02-09 改回日期:2005-05-24

为“红兴 335”。试验在北京市大兴区庞各庄镇南小营村进行,土壤类型为褐土。土壤有机质含量为 7.2 g/kg,全 P 含量为 0.82g/kg,速效磷含量为 13.4mg/kg,速效钾含量为 99.7mg/kg,pH(水:土 2.5:1)为 8.45。试验共设 6 个处理,包括 5 个接种处理和 1 个不接种处理。每处理 3 次重复,共 18 个小区,随机区组排列。区组间隔 2 垄(1m),小区间隔 1m,每小区面积为 4m²。每小区 4 垄,每垄 10 株,共植 40 株。采用营养钵接种方法。营养钵为用报纸制作的小袋(高 9cm,直径 5cm),袋内先加入 80g 灭菌土壤,放入 50g 菌种,对照处理加 50g 灭菌菌种,再覆盖 80g 灭菌土壤,用于移栽苗时集中接种。2003 年 5 月 8 日定植甘薯秧苗。移栽时,先将秧苗插入营养钵中,浇水至最大持水量的 80%,然后垄上挖穴,浇水,营养钵放入穴中,盖土。生长期间按常规方法进行管理。甘薯生长期间,分别在生长 6 周和收获时取样 2 次。第 1 次取样在小区固定位置取 2 株甘薯。收获时将小区内薯块按重量分成 1 级(鲜重<0.1kg)、2 级(鲜重 0.1~0.2kg)、3 级(鲜重 0.2~0.5kg)和 4 级(鲜重>0.5kg)4 个等级,分别称各级薯块的产量。薯块的出干率按烘干法测定。植株 P 含量按钼钒黄比色法^[2]测定;采用盐酸水解-夏费-索姆吉法(Shaffer-Somogyi)测定可溶性总糖含量^[2];采用丙酮石油醚提取-分光光度计比色法测定胡萝卜素含量^[3]。根系经常规步骤透明、酸化^[5],用曲利本蓝染色^[6],乳酸甘油脱色后,采用网格交叉法测定菌根侵染率^[5]。试验数据采用 SAS6.02 软件进行方差分析,采用 LSD 法进行处理间多重比较。

2 结果与分析

2.1 移栽 6 周时的甘薯菌根侵染率、生物量和 P 营养状况

移栽后 6 周时,接种处理对甘薯的菌根侵染率有显著的影响(表 1)。“Endo-1”、“M4”、“BEG167”和“BEG141”的菌根侵染率显著高于对照。与对照相比,菌株“BEG168”接种处理显著增加甘薯的地上部生物量,但只达到 10%的显著水平。从此可以看出,甘薯的菌根侵染率与其促生效应间无关,菌根形成能力高的

表 1 移栽 6 周时甘薯菌根侵染率、地上部生物量和 P 营养状况

Tab.1 The root colonization, shoot dry weight, P concentration and P uptake of sweet potato six weeks after transplanting

| 菌株 | 侵染率/% | 地上部生物量*/g·株 ⁻¹ | 地上部 P 含量/g·kg ⁻¹ | 地上部吸 P 量/mg·kg ⁻¹ |
|---------|--------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Strains | Colonization | Shoot dry weight | Shoot P concentration | Shoot P uptake |
| CK | 59.5c | 4.46b | 3.4a | 15.13b |
| Endo-1 | 83.6a | 8.03ab | 3.3a | 26.23ab |
| M4 | 79.1a | 8.35ab | 3.5a | 28.19ab |
| BEG168 | 68.7bc | 9.83a | 3.6a | 35.17a |
| BEG167 | 73.1a | 7.58ab | 3.2a | 24.34ab |
| BEG141 | 75.6ab | 5.99ab | 3.6a | 21.45ab |

* 表示处理间差异显著水平为 10%,无标记的指标表示差异显著水平为 5%,下同。

菌株未必能够提高植物生长。在吸 P 方面,“BEG168”接种处理显著提高了甘薯的吸 P 量。综合上述结果,各菌株在甘薯生长和 P 吸收上有一定的促进作用,总体为本地菌株表现好于引进菌株。同时也可以看出,混合菌株也表现出一定的侵染优势,好于一些单一菌株。

2.2 收获时甘薯各级薯块产量及小区产量

表 2 不同接种处理各级别薯块重量及产量

Tab.2 Yield and fresh weight of different size tubers of inoculation treatments

| 菌株 | 薯块重量/kg Weight of tuber | | | | 小区产量/kg | 单产/ kg·hm ⁻² | 增产比例/% |
|---------|-------------------------|-------------|-----------|--------|------------|----------------------------|----------------|
| | 薯块级别 | Tuber grade | | | | | |
| Strains | <0.1kg | 0.1~0.2kg | 0.2~0.5kg | >0.5kg | Plot yield | Average yield | Increase ratio |
| CK | 1.91a | 3.84b | 13.02a | 3.72ab | 22.49b | 56225b | 0.00 |
| Endo-1 | 2.44a | 5.99a | 12.26a | 5.22ab | 25.91ab | 64783ab | 15.22 |
| M4 | 2.72a | 3.71b | 14.84a | 6.14a | 27.41a | 68525a | 21.88 |
| BEG168 | 2.47a | 5.98a | 15.13a | 2.45b | 26.02ab | 65058ab | 15.71 |
| BEG167 | 2.44a | 4.09ab | 13.79a | 3.67ab | 23.99ab | 59975ab | 6.67 |
| BEG141 | 2.19a | 3.39b | 13.89a | 5.10ab | 24.58ab | 61442ab | 9.28 |

“Endo-1”和“BEG168”。很明显增产的原因是由于接种处理增加了 4 级和 2 级薯块的产量。

AM 真菌接种处理增加了甘薯的产量,增产幅度为 6.67%~21.88%。与对照相比,“M4”接种处理增产达到 10%的显著水平(表 2)。从重量分布来看,4 个级别的薯块中以第 3 级薯块在产量中占据的比例最大。增产比例较大的处理为“M4”、

2.3 AM 真菌接种对甘薯品质的影响

表3 不同接种处理薯块的品质指标

Tab.3 Tuber quality indexes of different inoculation treatments

| 菌株 | 出干率/% | 可溶性总糖含量/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{FW}$ | 胡萝卜素含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ |
|---------|--------------------|---|--|
| Strains | Dry matter percent | Reducing sugar content | Total carotenes content |
| CK | 0.24ab | 57.2b | 6.00b |
| Endo-1 | 0.24ab | 61.0ab | 9.77a |
| M4 | 0.24ab | 67.6a | 9.97a |
| BEG168 | 0.24ab | 60.4ab | 8.51ab |
| BEG167 | 0.25a | 64.8ab | 11.17a |
| BEG141 | 0.23b | 61.8ab | 9.47ab |

与不接种对照相比,接种 AM 真菌对甘薯出干率无显著的影响,但菌株间差异显著(表 3)。接种“BEG167”处理的出干率在 10% 水平上显著高于“BEG141”接种处理。接种“M4”处理的可溶性糖含量高于对照 18.18%,差异显著。虽然其他接种处理与对照无显著差异,但各处理含量仍高出对照 4.3%~11.92%。各接种处理均提高了甘薯块的胡萝卜素含量,以“BEG167”效果最好,提高了 86.16%;“M4”和“Endo-1”分别提高了 66.17%和 62.83%。“BEG141”和“BEG168”处理也提高了 57.83%和 41.83%。

3 讨论

通常认为接种早期的快速侵染是高效 AM 真菌的表现。接种剂来源差异和接种反应通常在 AM 形成后的植物生长早期比较显著^[7]。因此,选择高效菌种的重要指标是它能否快速侵染植物,并迅速达到一定的侵染率^[4]。本试验中,除“BEG168”外,其他菌株接种 6 周后宿主甘薯菌根侵染率显著高于对照处理。这说明这些菌株或菌剂具有很强的土壤生态适应性,具有应用潜力。但“BEG168”接种却在 10% 水平上提高了甘薯生物量,并提高了甘薯的吸 P 量。这表明接种效果的大小不仅要有一定的侵染水平为基础,还取决于 AM 真菌的功能。AM 菌株功能的发挥程度除与真菌代谢活性有关外,还与其菌丝分布、吸收的空间特征有关。Smith 等^[8]研究表明,菌株 *Scutellospora calospora* 和 *Glomus caledonium* 均能增加植物 P 吸收和生长,但各自采用的方式差异很大,前者仅能获得根系附近的 P,而后者既可从根附近又可从远根处吸收 P。这种功能的互补性是 AM 真菌增加宿主吸 P 效应的原因。所以,多种菌株混合接种可能是提高接种效益的一条有效途径。本试验表明,混合菌株不仅具有较高的侵染优势,在功能表现上也较好。“M4”接种处理在甘薯产量和品质上的表现好于其他菌株,说明混合菌株的组合筛选很有必要。上述分析表明,接种 AM 真菌能够促进甘薯的生长和产量,并能改善薯块的品质,体现出 AM 真菌在甘薯上应用的潜力。AM 真菌的接种效果存在显著的菌株间差异,而且与应用土壤条件有关,并受控于多种环境因子,因此在 AM 真菌的应用上必需进行筛选,选择高效菌株在生产上应用。

参 考 文 献

- 1 刘润进,李晓林.丛枝菌根及其应用.北京:科学出版社,2000.1~224
- 2 鲍士旦.土壤农化分析.北京:中国农业出版社,2000.316~320
- 3 韩雅珊.食品化学实验指导.北京:北京农业大学出版社,2000.100~101
- 4 王幼珊,张美庆.VA 菌根真菌与宿主植物间的相互选择性.北京农业科学,1989,1(6):4~7
- 5 Giovannetti M. B., Mosse B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 1980, 84: 489~500
- 6 Phillips J. M., Haymann D. S. Improved procedures for cleaning and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 1970, 55: 158~160
- 7 Scullion J., Eason W. R., Scott E. P. The effectivity of arbuscular mycorrhizal fungi from high input conventional and organic grassland and grass-arable rotations. *Plant and Soil*, 1998, 204: 243~254
- 8 Smith F., Jakobsen A. I., Smith S. E. Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*. *New Phytologist*, 2000, 147: 357~366