

# 丛枝菌根真菌对“金口”芹菜 生长和品质的影响

马 通<sup>1</sup>, 陈 潇<sup>1</sup>, 金 静<sup>2</sup>, 李 敏<sup>1,3</sup>, 易晓华<sup>3,4</sup>

(1. 青岛农业大学 菌根生物技术研究所, 山东 青岛 266109; 2. 青岛农业大学 农学与植物保护学院, 山东 青岛 266109;  
3. 即墨市锦云村芹菜种植研究所, 山东 青岛 266200; 4. 青岛农业大学 生命科学学院, 山东 青岛 266109)

**摘 要:**为探索丛枝菌根真菌对芹菜植株生长发育的影响,以摩西球囊霉(*Glomus mosseae*, Gm)、地表球囊霉(*Glomus versiforme*, Gv)和根内球囊霉(*Glomus intraradices*, Gi)为供试 AM 真菌,以“金口”芹菜为试材,研究了 3 种 AM 真菌对“金口”芹菜根系的侵染率、根系活力、生长和品质的影响。结果表明:不同 AM 真菌对芹菜根系的侵染率不同,Gm 真菌的侵染率显著高于 Gv 和 Gi。接种 AM 真菌均可显著提高芹菜根系活力。接种 AM 真菌的芹菜株高、根长、地上部和根鲜重、干重均显著高于对照,其中接种 Gm 处理最优。接种 AM 真菌的植株根/冠比均显著低于对照。接种 3 种 AM 真菌均可显著提高芹菜叶片叶绿素和叶柄维生素 C 含量,其中接种 Gm 真菌的芹菜含量最高;接种 AM 真菌的芹菜叶柄纤维素、硝态氮含量显著降低,降低幅度为 Gm>Gv>Gi。可见,Gm 真菌为适于“金口”芹菜生长并改善品质的优良菌种。

**关键词:**丛枝菌根真菌;“金口”芹菜;菌根依赖性;品质

**中图分类号:**S 636.306<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)10-0035-04

丛枝菌根(arbuscular mycorrhizas, AM)真菌是陆地植物根内广泛存在的一类内生菌根真菌,在植物吸收养分中起重要的作用<sup>[1-4]</sup>。AM 真菌能促进植物根系对水分的利用并提高叶片的叶绿素含量<sup>[5]</sup>,促进植物的光合作用,增加生物量<sup>[6]</sup>,促进植物的生长发育,改善品质<sup>[3,7-8]</sup>。大多数的蔬菜作物都可能成为菌根植物,AM 真菌能改善寄主植物养分和水分供应,诱导其对环境胁迫的耐性和对根系病害和线虫的抗性<sup>[8]</sup>。

芹菜(*Apium graveolens*)属伞形科植物,是消费者喜食的蔬菜,常吃芹菜有利于预防高血压,清热解毒。青岛即墨市金口镇的“金口”芹菜以脆嫩多汁而闻名,冬贮后的“金口”芹菜更有“金口玉芽”的美称。研究表明

接种 AM 真菌能显著增加移栽芹菜地上部干物质积累、株高和对磷的利用率<sup>[9]</sup>。在甲基溴熏蒸的磷吸附土壤中施磷肥,芹菜的菌根依赖性和 AM 真菌类型的功效被看作是必要的组成部分<sup>[10]</sup>。而有关 AM 真菌对“金口”芹菜生长和品质的影响尚鲜见报道,现以“金口”芹菜为试材,通过探索 AM 真菌对其生长和品质指标的影响,筛选出最适于芹菜生长的优良菌种,以期为进一步研究 AM 真菌在芹菜生产中的应用提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以即墨市优良地方品种“金口”芹菜幼苗为试材。育苗基质为草炭:珍珠岩:蛭石(3:1:1)和过筛的沙壤土经 121℃ 灭菌 2 h,分别装入 72 孔穴盘和直径 30 cm,高 25 cm 的陶盆中。

以地表球囊霉(*Glomus versiforme* (Karsten) Berch, Gv)、摩西球囊霉(*Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe, Gm)、根内球囊霉(*Glomus intraradices* Berch, Gi)为供试 AM 菌剂,由青岛农业大学菌根技术研究所扩繁。

**第一作者简介:**马通(1989-),男,山东滨州人,硕士研究生,研究方向为蔬菜栽培生理。E-mail:tongma1989@126.com

**责任作者:**易晓华(1972-),女,四川垫江人,博士,副教授,现主要从事天然产物活性物质的分离提取及应用等研究工作。E-mail:yxh0624@sina.com

**基金项目:**青岛科技局民生计划资助项目(14-2-3-43-nsh);山东省教育厅高等学校科研计划资助项目(J11LC07);山东省泰山学者建设工程资助项目。

**收稿日期:**2016-01-04

## 1.2 试验方法

试验于2014年7月20日至10月20日在日光温室中进行。7月20日播种芹菜于装有灭菌基质的穴盘中,9月1日定植于陶盆中。以接种 Gv、Gm、Gi 3 种 AM 真菌为处理,以不接种为对照(CK),重复 5 次,随机区组排列。将 3 种接种物 50 mL 分别放入装有 3.5 kg 灭菌土的陶盆中,对照则加入等量灭菌接种物和接种物滤液,混合均匀后,每盆定植 5 株芹菜苗,水分等管理一致。

## 1.3 项目测定

1.3.1 生长指标 芹菜收获时,采用常规方法测定植株的株高、根长、地上部鲜重、干重和地下部鲜重、干重。芹菜的菌根依赖性(%)=(接种 AM 真菌植株干重/非接种 AM 真菌植株干重)×100<sup>[11]</sup>。

1.3.2 菌根侵染率和根系活力 按照 0.1%酸性品红-乳酸甘油染色方法<sup>[12]</sup>测定菌根侵染率,菌根侵染率(%)= $\frac{\sum(0 \times \text{根段数} + 10\% \times \text{根段数} + 20\% \times \text{根段数} + \dots + 100\% \times \text{根段数})}{\text{总根段数}}$ 。采用 TTC 还原法测定<sup>[13]</sup>根系活力。

1.3.3 品质指标 参照王学奎<sup>[13]</sup>的方法测定各指标:叶片叶绿素含量用 SPAD-502 叶绿素仪测定,叶柄维生素 C 采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定,硝态氮含量采用紫外分光光度计法测定,粗纤维含量采用蒽酮紫外分光光度计法测定。

## 1.4 数据分析

采用 DPS v 7.05 统计分析软件进行方差分析(ANOVA),最小显著差数法(LSD)进行多重比较。

## 2 结果与分析

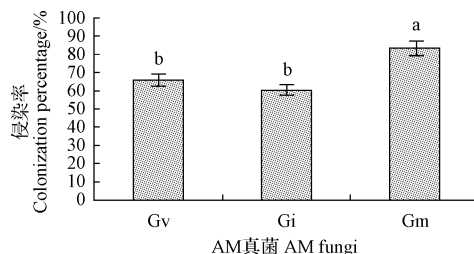
## 2.1 AM 真菌对芹菜侵染程度的影响

由图 1 可知,3 种 AM 真菌与芹菜根系都形成了菌根,而不同 AM 真菌对芹菜根系的侵染程度不同。Gm、Gv 和 Gi 对芹菜根系的侵染率分别为 83.3%、65.9%和 60.4%,Gm 侵染率显著高于 Gv 和 Gi。对照芹菜根系未发现 AM 真菌侵染。

## 2.2 AM 真菌对芹菜植株根系活力的影响

由图 2 可以看出,接种 AM 真菌可显著提高芹菜根

系活力,接种 Gm、Gv 和 Gi 植株的根系活力分别比对照高 33.9%、24.1%和 24.9%。其中,接种 Gm 的植株根系活力略高于接种 Gv、Gi 的植株,但差异不显著。



注:最小显著差数法(LSD)进行多重比较,不同字母表示  $P < 0.05$  水平下差异显著。下同。

Note: Least significant difference method for multiple comparisons. Different little letters in columns mean significant at  $P < 0.05$  level. The same as below.

图 1 AM 真菌对芹菜的侵染率

Fig. 1 Colonization percentage of AM fungi on celery

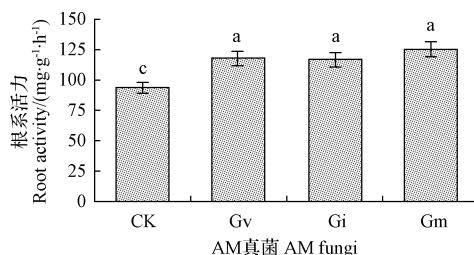


图 2 AM 真菌对芹菜根系活力的影响

Fig. 2 Effect of AM fungi on root activity of celery

## 2.3 AM 真菌对芹菜生长的影响

由表 1 可以看出,接种 Gm、Gv 和 Gi 真菌的芹菜株高、根长、地上部和根鲜质量、干质量均显著高于对照。接种 Gm 的芹菜生长指标均不同程度高于接种 Gv 和 Gi 处理,其中株高、地上部鲜质量以及对菌根的依赖性均显著高于 Gv 和 Gi 处理。各处理芹菜地上部产品器官鲜质量依次为 Gm>Gv>Gi>CK。接种 AM 真菌的植株根/冠比均显著低于 CK。芹菜对 3 种 AM 真菌均有较高的依赖性,其中,对 Gm 处理菌根依赖性最高,达 149.6%,显著高于 Gv 和 Gi 处理。

表 1 不同 AM 真菌对芹菜生长的影响

Table 1 Effect of different AM fungi on the growth of celery

处理	株高	根长	地上部鲜质量	根鲜质量	地上部干质量	根干质量	根冠比	菌根依赖性
Treatment	Plant height/cm	Root length/cm	Shoot fresh weight/g	Root fresh weight/g	Shoot dry weight/g	Root dry weight/g	Root-shoot ratio	Mycorrhizal dependence/%
CK	33.52c	23.91b	51.72c	19.31b	3.12b	1.74d	0.558a	—
Gv	42.80b	26.33a	77.20b	22.28a	4.64a	2.12a	0.457b	139.1b
Gi	42.13b	26.22a	75.74b	21.73a	4.63a	2.05a	0.443b	136.6b
Gm	46.91a	26.33a	87.44a	22.28a	5.06a	2.21a	0.437b	149.6a

## 2.4 AM真菌对芹菜叶片品质指标的影响

由表2可以看出,接种3种AM真菌均能显著提高芹菜叶片叶绿素含量、叶柄维生素C含量。其中,接种Gm的芹菜叶绿素和维生素C含量最高,分别比对照增加20.9%和41.8%,并显著高于接种Gv、Gi的处理。3种AM真菌均能显著降低叶柄纤维

维素和硝态氮的含量。接种Gm、Gi和Gv的芹菜叶柄纤维素含量分别比对照降低28.1%、24.4%和26.7%,菌种之间差异不显著;接种Gm、Gi和Gv的芹菜叶柄硝态氮含量分别比对照降低43.1%、29.4%和31.9%,且接种Gm处理显著低于其它菌种处理。

表2 AM真菌对芹菜叶片叶绿素、叶柄纤维素、维生素C及硝酸盐含量的影响

Table 2 Effect of AM fungi on chlorophyll, petiole cellulose, vitamin C and nitrate content of celery leaves

处理	叶绿素含量	纤维素含量	维生素C含量	硝酸盐含量
Treatments	Chlorophyll content/SPAD	Cellulose content/% FW	Vitamin C content/(mg · (100g) <sup>-1</sup> FW)	Nitrate content/(mg · (100g) <sup>-1</sup> FW)
CK	34.60c	1.35a	7.44c	123.35a
Gv	37.16b	0.99b	9.22b	84.01b
Gi	37.86b	1.02b	8.90b	87.11b
Gm	41.83a	0.97b	10.55a	70.19c

## 3 讨论与结论

AM真菌浸染植株根系形成丛枝菌根后,菌丝扩大了根系吸收范围,提高根系活力,有利于根系更好地吸收养分,从而促进植物生长发育。该研究表明Gm、Gv和Gi均能与芹菜根系形成菌根,芹菜对3种AM真菌均有较高的依赖性。接种AM真菌显著提高芹菜的根系活力,促进了芹菜地上部分和根的生长,同时降低了芹菜根/冠比,相对增加了地上部产量,其中接种Gm的效果最好,说明Gm是促进“金口”芹菜生长的优良菌种。

叶菜类蔬菜体内易积累大量硝酸盐,有研究报道AM真菌能提高硝酸还原酶的活性<sup>[14-15]</sup>,将硝酸盐还原成亚硝酸盐。而硝酸还原酶能将硝酸盐还原成亚硝酸盐,亚硝酸盐进入叶绿体或质体中,被亚硝酸还原酶降解成铵,最终铵参与蛋白质的合成中去<sup>[16]</sup>。该试验中,接种AM真菌能显著降低芹菜叶柄中硝态氮含量,这可能与AM真菌提高芹菜硝酸还原酶的活性有关。叶绿素是一类与光合作用有关的最重要的色素,研究表明接菌玉米具有较高的叶绿素含量,进而促进了植物光合作用,有利于植物生长<sup>[17]</sup>。该试验中,接种AM真菌后芹菜叶片的叶绿素含量显著增加,可能提高了光合速率,进而促进芹菜生长。而关于AM真菌对芹菜叶片光合作用的影响,有待于进一步研究。AM真菌显著增加芹菜维生素C含量,降低纤维素含量,接种Gm的效果最显著。综上所述,接种AM真菌提高了芹菜根系活力,促进了芹菜生长,提高了芹菜产量,改善了品质,Gm是适于“金口”芹菜应用的最佳菌种。

## 参考文献

[1] RUZICKA D R, HAUSMANN N T, BARRIOS-MASIAS F H, et al. Transcriptomic and metabolic responses of mycorrhizal roots to nitrogen patches

under field conditions[J]. Plant and Soil, 2012, 350: 145-162.

[2] 陈永亮, 陈保冬, 刘蕾, 等. 丛枝菌根真菌在土壤氮素循环中的作用[J]. 生态学报, 2014, 34(17): 4807-4815.

[3] 赵青华, 孙立涛, 王玉, 等. 丛枝菌根真菌和施氮量对茶树生长、矿质元素吸收与茶叶品质的影响[J]. 植物生理学报, 2014, 50(2): 164-170.

[4] CRIADO M V, GUTIERREZ B F H, ROBERTS I N, et al. Post-anthesis N and P dynamics and its impact on grain yield and quality in mycorrhizal barley plants[J]. Mycorrhiza, 2015(25): 229-235.

[5] 李敏, 刘润进, 李晓林. 大田条件下丛枝菌根真菌对西瓜生长和枯萎病的影响[J]. 植物病理学报, 2004, 34(5): 472-473.

[6] 姚娟, 王茂胜, 王通明, 等. 接种丛枝菌根真菌对烤烟叶片光合特性的影响[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(4): 30-35.

[7] 李聪, 贺超兴, 闫妍, 等. 不同时期接种AM真菌对大棚黄瓜产量及品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2014(8): 21-24.

[8] BAUM C, EL-TOHAMY W, GRUDA N. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 187: 131-141.

[9] RICE R W, DATNOFF L E, RAID R N, et al. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on celery transplant growth and phosphorus-use efficiency[J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(8): 1839-1853.

[10] KRIKUN J, HAAS J H, DODD J, et al. Mycorrhizal dependence of four crops in a P-sorbing soil[J]. Plant and Soil, 1990, 122: 213-217.

[11] MENGE J A, JOHNSON E L V, PLATT R G. Mycorrhizal dependence of several citrus cultivars under three nutrient regimes[J]. New Phytologist, 1978, 81: 553-559.

[12] 刘润进, 陈应龙. 菌根学[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 386-387.

[13] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.

[14] 贺忠群, 贺超兴, 张志斌, 等. 不同丛枝菌根真菌对番茄生长及相关生理因素的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 308-312.

[15] HO I, TRAPPE J M. Nitrate reducing capacity of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi[J]. Mycologia, 1975, 67: 886-888.

[16] MAY S K, 顾立江, 程红梅. 植物中硝酸还原酶和亚硝酸还原酶的作用[J]. 生物技术进展, 2011, 1(3): 159-164.

[17] 陈笑莹, 宋凤斌, 朱先灿, 等. 高温胁迫下丛枝菌根真菌对玉米光合特性的影响[J]. 华北农学报, 2013, 28(2): 108-113.

DOI:10.11937/bfyy.201610010

## 接穗不同切面长度对黄瓜双断根嫁接苗前期生长的影响

方 伟<sup>1</sup>, 张 青<sup>2</sup>, 惠成章<sup>1</sup>, 刘爱群<sup>1</sup>

(1. 辽宁省农业科学院 蔬菜研究所, 辽宁 沈阳 110161; 2. 海城市三星生态农业有限公司, 辽宁 海城 114224)

**摘 要:**以黄瓜品种“玛利亚”为接穗, 南瓜为砧木, 通过测定黄瓜成活率及幼苗各形态指标, 研究了在黄瓜双断根嫁接中, 接穗不同切面长度对黄瓜双断根嫁接苗前期生长的影响。结果表明: 黄瓜接穗切面长度为 1.0 cm, 有利于黄瓜双断根嫁接育苗, 适宜在黄瓜双断根嫁接生产中推广和利用。

**关键词:**双断根; 接穗; 不同切面长度

**中图分类号:**S 642.204<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)10-0038-03

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)属葫芦科黄瓜属一年生蔓生或攀援草本植物, 是我国设施栽培常见的蔬菜, 由于

**第一作者简介:**方伟(1981-), 男, 辽宁沈阳人, 硕士, 助理研究员, 现主要从事设施蔬菜栽培及蔬菜种苗工厂化繁育等研究工作。  
E-mail:fangwei19811112@163.com

**基金项目:**国家农村综合改革资助项目(GNZG-LN-2014-02); 鞍山市人民政府科技推广资助项目(KGHZ-2014-03)。

**收稿日期:**2015-12-16

设施栽培倒茬困难, 连作障碍日趋严重, 土传病害难以有效的控制, 因此黄瓜嫁接生产成为设施黄瓜栽培中主要的生产方式。但在黄瓜双断根嫁接过程中, 关于接穗切面长度的报道较少, 该试验旨在研究利用双断根贴接方法嫁接后, 接穗不同切面长度对黄瓜嫁接苗前期生长的影响, 以期今后黄瓜双断根嫁接技术的推广和应用提供一定的依据。

## Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth and Quality of 'Jinkou' Celery

MA Tong<sup>1</sup>, CHEN Xiao<sup>1</sup>, JIN Jing<sup>2</sup>, LI Min<sup>1,3</sup>, YI Xiaohua<sup>3,4</sup>

(1. Institute of Mycorrhizal Biotechnology, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109; 2. College of Agronomy and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109; 3. Jimo Insitute of Jinyuncun Celery Cultivation, Qingdao, Shangdong 266200; 4. College of Life Science, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract:** To explore the effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on the growth and development of celery, *Glomus mosseae* (Gm), *Glomus versiforme* (Gv) and *Glomus intraradices* (Gi) were used as AM fungi, and 'Jinkou' celery as tested plant material, effect of three type of AM fungi on 'Jinkou' celery root colonization rate, root activity, growth and quality were measured. The results indicated that the root colonization rate of different AM fungi on the root system was different, and the root colonization rate of Gm was significantly higher than that of Gv and Gi. AM fungi could significantly improve the root activity of celery. After inoculation, plant height, root length, above and underground biomass weight were significantly higher than that of the control. The best result was obtained with Gm treatment. The root/shoot ratio with inoculation AM fungi was distinctly lower than control. Furthermore, three AM fungi could significantly increase the contents of chlorophyll in celery leaves and vitamin C in celery petiole, and the highest was Gm inoculation; AM fungi inoculation significantly decreased the content of cellulose and nitrate nitrogen in petiole, and decreased by Gm>Gv>Gi. Therefore, it concluded that Gm inoculation could be used to improve 'Jinkou' celery growth and increase quality. Celery had a high dependence on three kinds of AM fungi, and it had the highest mycorrhizal dependence on Gm.

**Keywords:** AM fungi; 'Jinkou' celery; mycorrhizal dependence; quality