

# 丛枝菌根真菌对不同甜瓜品种产量及营养品质的影响

王锐竹, 贺超兴\*, 王怀松, 张志斌

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

**摘 要:** 研究了大棚栽培条件下不同品种甜瓜播种时接种丛枝菌根真菌 (Arbuscular mycorrhiza fungus, AM) GM (*Glomus mossea*-2) 和 GV (*Glomus versiforme*) 对甜瓜产量和营养品质的影响。结果表明: 接菌处理的幼苗在光合速率、根系活力等生理指标上均优于对照; 不同品种的单瓜质量均以接种 GM 的处理为最高; 果实硝酸盐和亚硝酸盐含量都有显著性下降, 维生素 C 含量 GM 处理显著高于对照, 但 GV 处理有所下降。对根系侵染率分析表明, 两个供试菌剂中 GM 为优势菌种, ‘丰雷’ 和 ‘中蜜 5 号’ 为 8 个供试甜瓜品种中 GM 的最佳宿主。

**关键词:** 甜瓜; 品种; AM 真菌; 有机土; 产量; 营养品质

**中图分类号:** S 652

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2010) 11-1767-08

## Effect of AM Fungi on the Yield and Nutrient Quality of Different Muskmelon Varieties in Greenhouse

WANG Rui-zhu, HE Chao-xing\*, WANG Huai-song, and ZHANG Zhi-bin

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The effect of 2 strains AM fungi (GM *Glomus mossea*-2, GV *Glomus versiforme*) inoculation on the yield and nutrient quality of 8 different muskmelon varieties were studied under protected cultivation. The results showed that most varieties muskmelon seedlings inoculated with AM fungi grew better than ordinary seedlings, especially in photosynthetic rate and root activity. The single fruit weight of GM inoculation plants might grow bigger than non-mycorrhizal ordinary plants, so the yield of AM muskmelon was increased. The nitrate and nitrite content in AM fruit were significantly decreased than control fruit, but the content of soluble solids, total sugar and vitamin C in AM fruit became higher than control fruit, so the nutrient quality of muskmelon were improved by AM Fungi inoculation. From the root AM fungi colonization ratio between GM and GV, the GM is screened to be the best AM fungi strains to inoculate muskmelon, and the suitable host muskmelon varieties are Fenglei and Zhongmi 5.

**Key words:** muskmelon; variety; AM fungi; organic soil substrate; yield; nutrient quality

丛枝菌根 (*Arbuscular mycorrhiza*, AM) 真菌可改善宿主植物的营养状况, 促进生长, 其作为

---

**收稿日期:** 2010 - 05 - 11; **修回日期:** 2010 - 08 - 16

**基金项目:** 国家科技支撑计划项目 (2008BADA6B03, 2009BADA4B04); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项项目; 农业部园艺作物遗传改良重点开放实验室项目

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: hechaoxing@126.com)

潜在的生物农药和生物肥料在生态农业中的优势日益显现 (Xavier & Boyetchko, 2002)。国内外学者对其资源、分类、生理生态及其应用等方面进行了广泛的研究 (刘润进和李晓林, 2000)。

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, 包括林木 (Cavagnaro et al., 2006)、蔬菜 (Matthias et al., 2001)、大田作物和花卉等 (Bolandnazar et al., 2007)。本试验旨在研究菌根菌对不同甜瓜品种的接种效应, 筛选高效菌株及最佳宿主品种, 为 AM 真菌的生产应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试甜瓜品种 8 个, 分别是 901、908、中蜜 1 号、中蜜 5 号、中蜜 7 号 (由中国农业科学院蔬菜花卉研究所选育)、丰雷 (天津市农业科学院蔬菜所选育)、早醉仙、风味 3 号 (新疆农业科学院园艺所选育)。种子用 70% 酒精浸泡 5 min 后用蒸馏水冲洗, 30 °C 催芽。

供试 AM 真菌 *Glomus versiforme* (简称 GV) 由中国农业大学冯固博士提供, *Glomus mossea-2* (简称 GM) 由匈牙利科学院土壤科学与农业化学研究所 Tunde Takacs 博士提供。2 个菌种的接种用菌剂均为经玉米栽培后扩繁出的含孢子、菌丝和侵染根段的沙性根际土。

用于甜瓜大棚栽培的基质为由腐熟麦秸、有机肥与土壤 (2:1:1) 混合配制而成的富含有机质的有机土壤基质, 采用槽式栽培, 前茬种植番茄。有机土基本理化性状为: pH 7.26, 有机质 131 g · kg<sup>-1</sup>, 速效磷 165 mg · L<sup>-1</sup>, 速效氮 442 mg · L<sup>-1</sup>, 速效钾 509 mg · L<sup>-1</sup>。试验前定植槽内的有机土经土壤高温热水消毒机灭菌消毒处理, 出水温度 93 °C, 栽培槽 20 cm 底的处理温度达 60 °C 以上并持续 3 h 左右。

育苗基质为草炭: 蛭石 = 1:1, 于烘箱中 160 °C 高温灭菌 2 h, 自然冷却后继续 160 °C 烘 2 h 后放凉备用。

### 1.2 方法

试验于 2007 年在中国农业科学院蔬菜花卉研究所塑料连栋大棚进行。每个品种设接种 GV、接种 GM 处理和不接菌对照, 各处理设 3 次重复, 每个重复 10 株。使用 50 孔育苗穴盘进行育苗, 育苗穴盘用 70% 酒精擦后晾干, 接菌处理穴盘每个孔施 10 g 接种物, 未接种处理 (对照) 每孔施 10 g 灭菌接种物, 每个处理随机排列, 重复 3 次。

2007 年 7 月 11 日对 8 个品种甜瓜种子催芽, 7 月 12 日将发芽的种子播种于各处理育苗穴盘中, 8 月 1 日定植于有机土砖槽中。

每个重复随机选 5 株在定植后 15 d 测定株高及叶片数; 在定植后 40 d 测定叶片光合速率。

在每株的 9~12 节位子蔓人工授粉, 坐瓜后每株留 1 个瓜, 成熟后小区测产, 计算平均单瓜质量。取成熟果实测定硝酸盐、亚硝酸盐、总糖、维生素 C 含量 (汤章城, 1999; 刘永军 等, 2000)。

定植 40 d 后取叶片测定叶绿素含量 (丙酮法)、可溶性糖含量 (折光糖度法)。

接种 30 d、45 d 和 60 d 后取根测定菌根侵染率及根系活力 (TTC 还原法)。菌根侵染率是将甜瓜根系取样, 将 30 个根段采用苯胺蓝 (Aniline blue) 染色后, 镜检后通过频率标准法计算 (汪洪钢等, 1989)。

植株光合速率使用 LI-6400 便携式光合测定仪测定。

所有数据用 DPS 数据处理软件进行处理, 差异显著性采用 Duncan's 新复极差法测验分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种甜瓜的 AM 真菌侵染率

从表 1 可以看出, 接菌后 30 d 各品种 GV 处理菌根侵染率显著高于 GM 处理, 这与菌种的侵染特性有关。各品种接菌后 45 d GM 侵染率比接菌后 30 d 有显著提高, 均明显高于同期 GV 处理; 各品种接种 GV 的侵染率在 45 d 时也比 30 d 显著提高, 说明接菌 30 ~ 45 d AM 真菌进入了快速生长期。接菌 60 d 时各品种接菌处理侵染率与 45 d 变化不大, 但是 GM 处理侵染率仍显著高于 GV 处理, 说明接菌后 45 ~ 60 d AM 真菌生长进入稳定期。对照苗所用育苗基质与定植有机土定植前亦经高温灭菌处理, 其镜检下的菌根侵染率始终为 0。

表 1 供试甜瓜品种不同时期根系的菌根侵染率

Table 1 Root AMF colonization ratio in muskmelon at different growth period

%

接菌天数/d Days of colonization	处理 Treatment	中蜜 1 号 Zhongmi 1	中蜜 5 号 Zhongmi 5	丰雷 Fenglei	中蜜 7 号 Zhongmi 7	901	908	早醉仙 Zaozuixian	风味 3 号 Fengwei 3
30	GV	20.44 a	21.27 a	24.81 a	19.89 a	22.49 a	24.14 a	29.62 a	27.55 a
	GM	12.63 b	16.32 b	13.98 b	12.74 b	16.57 b	14.27 b	21.01 b	18.83 b
45	GV	43.76 b	51.04 b	39.58 b	49.76 b	39.89 b	46.38 b	32.97 b	38.00 b
	GM	66.21 a	67.43 a	58.32 a	63.44 a	51.75 a	57.08 a	50.32 a	48.56 a
60	GV	44.31 b	54.90 b	40.68 b	48.57 b	43.28 b	46.16 b	34.63 b	35.90 b
	GM	65.87 a	69.13 a	58.94 a	65.47 a	50.76 a	55.09 a	51.47 a	49.43 a

注: 同列数值后不同字母表明 Duncan's 多重比较差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

Note: The different small letters within a columne means significant difference by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ). The same below.

### 2.2 AM 真菌对各品种甜瓜株高和叶片数的影响

由图 1 可以看出, 定植后 15 d, 8 个品种接种 GV 处理的平均株高均优于对照, 其中中蜜 1 号接种 GV 处理株高为对照的 2.55 倍, 丰雷为对照的 2.02 倍; 接种 GM 的处理除 901 外, 其余平均株高均优于对照。

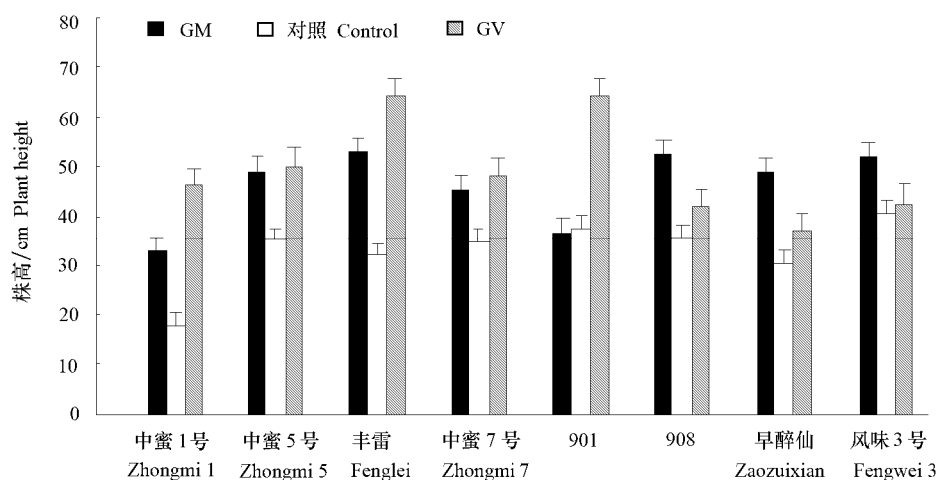


图 1 定植 15 d 后 AM 真菌对 8 个甜瓜品种株高的影响

Fig. 1 Effect of AM fungi on plant height in 8 muskmelon cultivars at 15 days after transplanting

由图 2 可以看出, 8 个甜瓜品种的接菌处理其叶片数均高于对照, 其中 GV 处理对中蜜 1 号、丰雷、901 的叶片数增加作用明显; GM 处理中早醉仙的叶片数明显多于对照, 因此接菌处理促进了甜瓜植株的生长, 加快了叶片的出叶速度。

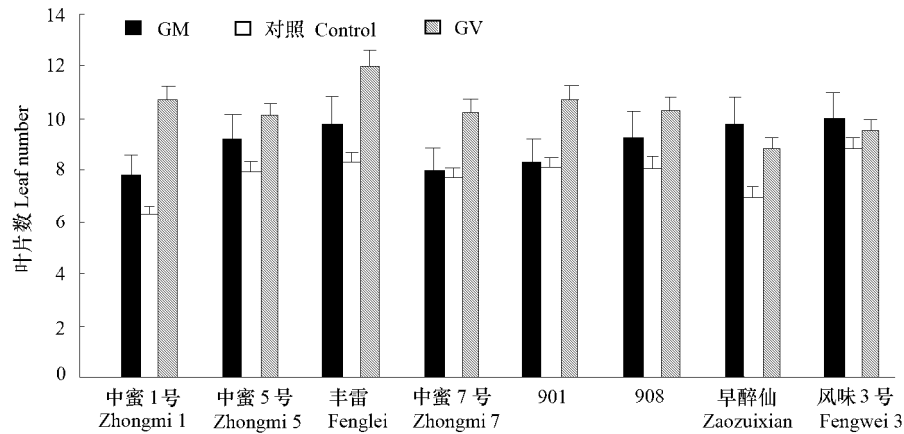


图 2 定植 15 d 后 AM 真菌对 8 个甜瓜品种叶片数的影响

Fig. 2 Effect of AM fungi on leaf number in 8 muskmelon cultivars at 15 days after transplanting

2.3 AM 真菌对甜瓜光合生理指标及产量的影响

从表 2 可以看出, 各品种叶绿素、光合速率均以接种 GM 为最优并显著优于对照; 根系活力的测定结果表明, 除 908 外其它各品种均以接种 GM 的结果为最优并显著高于对照。

表 2 AM 真菌对各甜瓜品种叶绿素含量、光合速率、根系活力及产量的影响

Table 2 Effect of AM fungi on chlorophyll content, photosynthetic rate, roots activity and yield in different muskmelon cultivars

品种 Cultivar	处理 Treatment	叶绿素含量/(mg·g <sup>-1</sup> ) Chlorophyll content	光合速率/(μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> ) Photosynthetic rate	根系活力/(μg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ) Root activity	单瓜质量/kg Single fruit weight
中蜜 1 号 Zhongmi 1	GM	23.20 a	3.66 a	0.563 a	1.15 a
	GV	19.19 b	3.34 b	0.436 ab	1.06 c
	对照 Control	18.67 b	3.43 b	0.378 b	1.05 b
中蜜 5 号 Zhongmi 2	GM	26.16 a	4.33 a	0.549 a	1.02 a
	GV	23.40 ab	3.71 b	0.547 ab	0.90 b
	对照 Control	22.12 b	2.67 c	0.431 b	0.84 c
丰雷 Fenglei	GM	25.46 a	3.66 a	0.598 a	0.94 a
	GV	23.21ab	3.37 b	0.406 b	0.92 b
	对照 Control	21.38 b	2.47 c	0.404 b	0.74 c
中蜜 7 号 Zhongmi 7	GM	29.97 a	4.18 a	0.662 a	0.86 a
	GV	21.10 c	2.56 b	0.575 ab	0.72 b
	对照 Control	24.34 b	1.96 c	0.469 b	0.86 a
901	GM	26.38 a	4.10 a	0.587 a	0.98 a
	GV	24.01 ab	3.61 b	0.429 ab	0.82 c
	对照 Control	22.87 b	2.56 c	0.336 b	0.89 b
908	GM	27.23 a	4.24 a	0.510 b	0.91 a
	GV	22.80 b	3.79 b	0.698 a	0.87 c
	对照 Control	24.18 ab	3.65 b	0.543 ab	0.90 b
早醉仙 Zaozuixian	GM	28.69 a	6.20 a	0.553 a	1.15 a
	GV	26.45 ab	4.74 b	0.547 ab	1.06 c
	对照 Control	19.91 b	4.12 c	0.476 b	1.05 b
风味 3 号 Fengwei 3	GM	26.95 a	4.14 a	0.604 a	1.02 a
	GV	25.57 ab	3.55 b	0.544 c	0.90 b
	对照 Control	23.34 b	3.07 c	0.591 b	0.84 c

本试验中栽培密度相同, 甜瓜每株仅留 1 个瓜, 因此平均单瓜质量可以代表甜瓜产量。由表 2 中可见各品种均以接种 GM 处理产量最高, 除早醉仙及中蜜 7 号外其它各品种 GM 处理的产量与对照有显著性差异, 其中丰雷的 GM 处理其产量比对照高 27.03%, 中蜜 5 号的 GM 处理其产量比对照高 21.43%。

该结果表明菌根苗显著增加了甜瓜苗的光合同化能力和根系营养吸收活力, 从而提高了光合同化水平和同化物的积累, 最终促进了甜瓜平均单瓜质量的增大和产量的增加。

## 2.4 AM 真菌对甜瓜果实营养品质的影响

从表 3 可以看出, 各品种接菌处理的硝酸盐及亚硝酸盐含量均显著低于对照, 其中品种丰雷与中蜜 5 号的 GM 处理的果实硝酸盐含量分别比对照下降 47.75% 和 45.17%, 为各品种处理中下降幅度最大的。亚硝酸盐含量以风味 3 号 GM 处理减量效果最明显, 比对照下降 73.08%。

各品种 GM 处理的甜瓜总糖含量均较 GV 和对照要高, 特别是中蜜 7 号、风味 3 号、901、中蜜 5 号 GM 处理总糖含量分别比对照高 11.42%、51.98%、17.70%、18.70%。

8 个品种维生素 C 含量均以接种 GM 的处理含量较高, 且显著高于对照, 其中风味 3 号效果最明显, 其 GM 处理比对照高 43.76%; 其次为中蜜 1 号、908, 其 GM 处理维生素 C 含量比对照高 33.87% 和 31.76%。接种 GV 后除 908 外, 其它 7 个品种维生素 C 含量均低于对照。

各品种 GM 处理的可溶性固形物含量均比对照高 11.0%~22.2%, 其中中蜜 5 号、中蜜 7 号 GM 处理均比对照提高 22.2%, 是可溶性固形物增幅最大的 2 个品种。

表 3 AM 真菌对各甜瓜品种品质的影响  
Table 3 Effect of AM fungi on nutrient quality of muskmelon fruits in different cultivars

品种 Cultivar	处理 Treatment	硝酸盐/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Nitrate	亚硝酸盐/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Nitrite	总糖/% Total sugar	维生素 C/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Vitamin C	可溶性固形物/% Soluble solids
中蜜 1 号 Zhongmi 1	GM	441 b	0.12 c	9.15 a	166.0 a	12.6 a
	GV	408 c	0.15 b	9.04 ab	122.0 b	11.2 b
	对照 Control	610 a	0.18 a	8.13 b	124.0 b	10.6 c
中蜜 5 号 Zhongmi 5	GM	261 c	0.21 b	12.38 a	137.0 a	17.6 a
	GV	438 b	0.15 c	11.34 b	69.0 c	16.9 ab
	对照 Control	476 a	0.29 a	10.43 c	125.0 b	14.4 b
丰雷 Fenglei	GM	244 c	0.18 c	10.26 ab	67.0 a	14.4 a
	GV	404 b	0.21 b	10.38 a	50.4 c	14.1 ab
	对照 Control	467 a	0.26 a	8.51 b	54.4 b	12.6 b
中蜜 7 号 Zhongmi 7	GM	480 c	0.18 c	10.15 a	69.0 a	15.4 a
	GV	518 b	0.26 b	10.01 ab	37.4 c	13.8 b
	对照 Control	541 a	0.34 a	9.11 b	65.4 b	12.6 c
901	GM	243 c	0.15 c	9.71 a b	67.0 a	12.5 a
	GV	254 b	0.23 b	9.94 a	37.4 c	12.4 ab
	对照 Control	296 a	0.31 a	8.25 b	57.1 b	10.7 b
908	GM	304 c	0.37 b	10.47 a	86.7 a	13.1 ab
	GV	387 b	0.29 c	9.02 b	85.5 a	13.4 a
	对照 Control	433 a	0.42 a	8.12 c	65.8 b	11.8 b
早醉仙 Zaozuixian	GM	389 b	0.21 c	8.29 a	128.0 a	12.6 a
	GV	455 ab	0.23 b	8.07 ab	99.3 c	11.8 b
	对照 Control	476 a	0.26 a	6.58 c	106.0 b	10.8 c
风味 3 号 Fengwei 3	GM	351 c	0.07 c	7.28 a	136.0 a	9.8 a
	GV	383 b	0.16 b	7.03 b	65.0 c	7.6 c
	对照 Control	487 a	0.26 a	4.79 c	94.6 b	8.8 b

可见在甜瓜苗期接种菌根真菌后,菌根对甜瓜的总糖和可溶性固形物有很大促进作用,同时还对有害物硝酸盐、亚硝酸盐含量有大幅度降低作用,因此采用菌根苗技术进行甜瓜栽培具有明显的改善其风味和营养品质的作用。

### 3 讨论

AM 真菌的接种效应不仅与菌种、土壤环境有关,还与菌种和宿主间的亲和性有密切关系,导致不同的 AM 真菌促进植物生长发育的效果有差异(刘润进和李晓林,2000)。本研究的结果也证明了不同菌种对不同品种促生效果有差异,其中 GV 对植株地上部株高、叶片数影响较为明显,8 个甜瓜品种中大多数在接种 GV 后株高及叶片数指标要高于接种 GM。Graham 和 Eissenstat (1994)发现不同菌种促生作用的不同是由于丛枝菌根真菌外生菌丝的不同,也有研究认为这种促生差异是由于寄主与丛枝菌根菌亲和性不同及侵染早晚所造成的(Boddington & Dodd, 1998),寄主—真菌亲和性的基因控制着植物与真菌间的相互识别、真菌侵染、植物反应、菌根的最终形态及进行碳水化合物和矿质养分交换的功能(Graham & Eissenstat, 1994)。Bradbury 等(1991)研究了不同菌根真菌与不同寄主之间侵染的遗传控制和生理机制,认为丛枝菌根真菌的孢子和侵染根段是最好的接种源。在土壤中每个孢子都能产生菌丝,如果菌丝不能侵入寄主,那么菌丝生长到一定阶段就会停止,若能侵染则共生菌丝能从寄主中获得营养而继续生长(Siqueira, 1982)。所以在丛枝菌根优势菌种的筛选时,应以能相互共存、具有多方面促生效应的菌种为接种剂。

本试验结果表明:2 种不同 AM 真菌处理均促进了甜瓜幼苗的生长,使甜瓜的株高、叶片数、叶绿素含量、光合速率、植株根系活力等形态和生理指标均比对照有不同程度的增长,促进了甜瓜的生长发育并提高了甜瓜产量,改善了其风味和营养品质。土壤微生物在土壤物质转化中起重要作用,AM 真菌通常被认为能够增加作物对 P 的吸收能力,从而降低 P 肥的使用(Amijee & Stribley, 1987)。

AM 真菌群落在蔬菜栽培中会逐年下降,而在有机栽培中建立菌种多样化体系能够确保高效菌种群落的生存(Gosling et al., 2006)。一些研究表明多年使用的栽培土壤不利于 AM 真菌菌种的高效繁殖(Scullion et al., 1998),然而有机栽培的低磷土壤比普通土壤更有利于 AM 真菌的生长(Gosling & Shepherd, 2005),所以保证有机基质的更新是使 AM 真菌高效发挥作用的前提。尽管 AM 真菌能够提高宿主植物吸收养分的能力,但是在某些情况下 AM 真菌并不能显著提高宿主植物的光合同化吸收(Gosling et al., 2006),在实际生产中有时会造成作物的减产(Lerat et al., 2003),然而这一结论是在各种胁迫存在下得出的。本试验中的富有机质土壤基质为栽培 1 茬后的新基质,土壤营养物质含量较高,因而为甜瓜生长提供了适宜的生存环境,通过在苗期接种 AM 真菌,使其定植后的促生效果更加显著。

AM 真菌能够促进根系对矿质元素的吸收,提高光合速率,最终使得菌根植物的生长发育超过对照(Amijee & Stribley, 1987)。但不同的 AM 真菌促进生长发育的效果不同,在本试验条件下 GM 为优势菌种,丰雷及中蜜 5 号为最佳宿主品种。不同丛枝菌根菌作用效果的不同,可归因于不同丛枝菌根真菌侵染速度和对营养元素代谢影响的不同,间接地影响各营养物质的生物合成与代谢,从而影响菌根植物的生长发育。亦有观点认为 AM 真菌作用效果的不同是由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(Graham & Linderman, 1982)。上述分析表明,接种 AM 真菌能够促进甜瓜的生长和产量,并能改善甜瓜的品质,体现出 AM 真菌在甜瓜栽培上应用的潜力。

丛枝菌根不仅能提高作物产量, 还能改善作物的某些品质。杨兴洪等(1994)研究表明丛枝菌根菌能提高西瓜的含糖量, 齐国辉等(2001)研究发现, AM 真菌能提高草莓的含糖量、糖酸比, 改善草莓的风味。赵士杰和李树林(1993)在韭菜上, 齐国辉等(2001)在草莓上都取得了丛枝菌根能显著提高植物维生素 C 含量的结果。本试验结果表明, 接种 AM 真菌能够降低甜瓜果实硝酸盐及亚硝酸盐含量, 提高果实中维生素 C、总糖及可溶性固形物等风味物质的含量。这些结果与秦海滨等(2007)对黄瓜接种 GM 处理的试验结果基本一致, 其作用机制与菌根增强植株根系对矿质元素的营养吸收能力和光合速率密切相关(贺超兴等, 2006), 相关的代谢机制有待进一步研究解决。

## References

- Amijee F, Stribley P. 1987. Soluble carbohydrate of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycologist*, 2 (1): 20.
- Boddington C L, Dodd J C. 1998. A comparison of the development and metabolic activity of mycorrhizas formed by arbuscula mycorrhizal fungi from different genera on two tropical forage legumes. *Mycorrhiza*, 8: 149 - 157.
- Bolandnazar S, Aliasgarzad N, Neishabury M R, Chaparzadeh N. 2007. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa* L.) yield and water use efficiency under water deficit condition. *Scientia Horticulturae*, 114: 11 - 15.
- Bradbury S M, Peterson R L, Browley S R. 1991. Interaction between three alfalfa nodulation genotypes and two *Glomus* species. *New Phytol*, 119 (1): 115 - 120.
- Cavagnaro T R, Jackson L E, Six J, Ferris H, Goyal S, Asami D, Scow K M. 2006. Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability, and soil aggregates in organic tomato production. *Plant and Soil*, 282: 209 - 225.
- Gosling P, Shepherd M. 2005. Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. *Agric Ecosyst Environ*, 105: 425 - 432.
- Gosling P, Hodge A, Goodlass G, Bending G D. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113: 17 - 35.
- Graham J H, Eissenstat D M. 1994. Hostgenotype and the formation and function of VA mycorrhizae. *Plant and Soil*, 159: 179 - 185.
- Graham J H, Linderman R G. 1982. Development of external hyphen by different isolates of mycorrhizal *Glomus* spp. in relation to root colonization and growth of troyer citrange. *New Phytol*, 91 (2): 183 - 189.
- He Chao-xing, Zhang Zhi-bin, Wang Huai-song, Tunde Takacs, Tnton Attila. 2006. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and nutrient absorption in tomato seedling. *China Vegetables*, (1): 9 - 11. (in Chinese)
- 贺超兴, 张志斌, 王怀松, Tunde Takacs, Tnton Attila. 2006. 丛枝菌根真菌对番茄苗期生长及矿质营养吸收的作用. *中国蔬菜*, (1): 9 - 11.
- Lerat S, Lapointe L, Piche Y, Vierheilig H. 2003. Variable carbon-sink strength of different *Glomus mosseae* strains colonizing barley root. *Can J Bot*, 81: 886 - 889.
- Liu Run-jin, Li Xiao-lin. 2000. Arbuscular mycorrhizal and its application. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 刘润进, 李晓林. 2000. 丛枝菌根及其应用. 北京: 科学出版社.
- Liu Yong-jun, Guo Shou-hua, Yang Xiao-ling. 2000. Plant physiological and biochemical experimental techniques. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 刘永军, 郭守华, 杨晓玲. 2000. 植物生理生化实验技术. 北京: 中国农业出版社.
- Matthias C R, Sara F W, Kristine A N, Walter F, Schmidt, Margaret S T. 2001. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. *Plant and Soil*, 233 (2): 167 - 177.
- Qi Guo-hui, Chen Gui-lin, Lü Gui-yun. 2001. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the yield and quality of strawberry grown in replanted soil. *Journal of Fruit Science*, 18 (6): 341 - 344. (in Chinese)

- 齐国辉, 陈贵林, 吕桂云. 2001. 丛枝菌根真菌对重茬草莓产量及品质的影响. 果树学报, 18 (6): 341 - 344.
- Qin Hai-bin, He Chao-xing, Zhang Zhi-bin, Wang Huai-song, Ren Zhi-yu. 2007. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of cucumber in greenhouse. Journal of Inner Mongolia Agricultural Sciences: Natural Sciences Edition, 28 (3): 69 - 72. (in Chinese)
- 秦海滨, 贺超兴, 张志斌, 王怀松, 任志雨. 2007. 丛枝菌根真菌对温室有机土栽培黄瓜的作用研究. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 28 (3): 69 - 72.
- Scullion J, Eason W R, Scott E P. 1998. The effectivity of arbuscular mycorrhizal fungi from high input conventional and organic grassland and grass-arable rotations. Plant and Soil, 204 (2): 243 - 254.
- Siqueira J O. 1982. Spores germination and germ tubes of vesicular-arbuscular Mycorrhizal fungi *in vitro*. Mycologia, 74 (6): 952 - 959.
- Tang Zhang-cheng. 1999. Experimental guide of modern plant physiology. Beijing: Science Press: 392 - 394. (in Chinese)
- 汤章城. 1999. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社: 392 - 394.
- Wang Hong-gang, Wu Guan-yi, Li Hui-quan. 1989. Effect of VAM on mung bean growth and water use. Acta Pedologica Sinica, 26 (4): 393 - 400. (in Chinese)
- 汪洪钢, 吴观以, 李慧荃. 1989. VA 菌根对绿豆生长及水分利用的影响. 土壤学报, 26 (4): 393 - 400.
- Xavier I J, Boyetchko S M. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi as biostimulants and bioprotectants of crops // Khachatourians G G, Arora D K. App Mycol and Biotechnol. (II): Agriculture and Food Production. Amsterdam: Elsevier: 311 - 330.
- Yang Xing-hong, Luo Xin-shu, Liu Run-jin. 1994. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and yield of watermelon. Journal of Fruit Science, 11 (2): 117 - 119. (in Chinese)
- 杨兴洪, 罗新书, 刘润进. 1994. 丛枝菌根真菌对西瓜产量及品质的影响. 果树科学, 11 (2): 117 - 119.
- Zhao Shi-jie, Li Shu-lin. 1993. The physiological study of VAM in promoting *Allium tuberosum* increase production. Soils and Fertilizers, (4): 38 - 40. (in Chinese)
- 赵士杰, 李树林. 1993. VA 菌根促进韭菜增产的生理基础研究. 土壤肥料, (4): 38 - 40.

---

## 欢迎订阅《园艺学报》2010 年增刊 ——中国园艺学会 2010 年学术年会论文摘要集

本论文摘要集共收录果树、蔬菜、西瓜甜瓜和观赏植物方面论文摘要 137 篇, 其中果树 51 篇, 蔬菜 56 篇, 西瓜甜瓜 10 篇, 观赏植物 12 篇, 其它 8 篇, 内容涉及种质资源、遗传育种、分子生物学、栽培技术、生理生化、贮藏保鲜等。

每册定价 40 元。欲购者请与《园艺学报》编辑部联系。

编辑部地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部;

邮政编码: 100081; 电 话: (010) 82109523;

E-mail: [yuanyixuebao@126.com](mailto:yuanyixuebao@126.com); 网址: <http://www.ahs.ac.cn>。