

# 两种捷克丛枝菌根真菌组合菌剂对设施黄瓜苗期生长的影响

孙秀秀 晋文娟 李衍素 闫妍 于贤昌 贺超兴\*

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

**摘要:** 采用日光温室穴盘育苗, 在黄瓜播种时接种 2 种不同的捷克商品丛枝菌根真菌 (AMF) 组合菌剂 BF 和 VT, 比较了不同菌剂对黄瓜苗期生长的影响。结果表明: VT 和 BF 组合菌剂均能不同程度地侵染黄瓜幼苗根系, 接种 35 d 时侵染率分别为 49.30%、37.65%; 接种 BF 和 VT 菌剂的幼苗株高、茎粗、干质量、鲜质量均明显高于未接菌处理, 且以接种 VT 菌剂表现最佳; 与未接菌对照相比, 接种 VT 菌剂可使黄瓜幼苗的根系活力、叶绿素含量、光合速率显著提高, 表明蔬菜专用菌剂 VT 对黄瓜幼苗生长有较好的促进效果。

**关键词:** 设施黄瓜; 丛枝菌根真菌菌剂; 幼苗生长; 光合生理

丛枝菌根真菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, AMF) 是一种可以与植物根系共生的土壤微生物, 能促进植物生长、改善根际环境、通过延长的菌丝提高植物对有益营养元素 P、K、Ca、Cu、Fe 的吸收, 提高植物耐受逆境的能力, 抵御其他有害微生物对

植物的侵害, 同时能够提高作物的产量和品质 (陈双臣等, 2016)。虽然单个丛枝菌根真菌菌种与黄瓜共生的作用已有报道 (王秀芹等, 2001; 王倡宪等, 2003; 吕桂云等, 2006; 秦海滨等, 2007, 2008), 但不同丛枝菌根真菌共生后可以不同方式和途径影响植物的代谢过程 (Marschner, 1997), 将不同菌种组合成菌剂用于苗期接种, 具有菌种用量少、操作方便、成本低廉的优点 (任志雨等, 2008), 生产中尚没有适合国内黄瓜育苗的商品组合菌剂。本试验将 2 个由捷克引进的商品 AMF 组合菌剂应用于黄瓜育苗, 对黄瓜幼苗生长发育及光合生理指标进行测定, 以期筛选出适合国内黄瓜育苗的商品用 AMF 组合菌剂。

孙秀秀, 女, 硕士研究生, 专业方向: 设施蔬菜栽培, E-mail: 1335450247@qq.com

\* 通讯作者 (Corresponding author): 贺超兴, 硕士生导师, 研究员, 专业方向: 设施蔬菜栽培, E-mail: hechaoxing@caas.cn

收稿日期: 2015-09-28; 接受日期: 2015-12-09

**基金项目:** 科技部中捷政府间科技合作项目 (41-13), 国家外专局引进国外技术、管理人才项目 (20150326041), 中国农业科学院科技创新工程项目 (CAAS-ASTIT-2013-IVFCAA3), 农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室资助项目

used pumpkin cultivars could be divided into 4 types at germination stage and seedling stage. They were drought resistant, moderate drought resistant, moderate drought sensitive and drought sensitive. In both stages, higher drought resistant cultivars were 9, including 'Dawei No.10', 'Jiahetaimu', 'Jingan No.1', 'Kunlun', 'Ribenglishen', 'Ribenyuba', 'Ribengqianglishi', 'Shenzhen' and 'Shengli (white)'. The relative germination rate, germination potential, germination index, vigor index, and plant height could be conducted as credible indexes for drought resistance identification. The relative dry weight could also be used as useful indicators for drought resistance identification. Through comprehensive analysis of these 14 cultivars in salt tolerance, cold tolerance, heat tolerance and drought resistance, it was found that 'Ribenyuba' and 'Ribengqianglishi' showed strong multi-resistances, these 2 cultivars could be used as high-quality rootstocks in cucumber grafting.

**Key words:** Rootstock-used pumpkin; Drought resistance; Morphological index

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试黄瓜品种为中农 106 号, 由中国农业科学院蔬菜花卉研究所选育而成; 供试菌剂为捷克 Symbiom 公司生产的蔬菜专用商品复合菌剂 VT (mycorrhiza for vegetable, 简称 VT, 系 *Glomus claroideom*、*G. funneliformis*、*G. diversispora* 和 *G. rhizophagus* 的混合菌) 和植物通用菌剂 BF (mycorrhiza for plants, 简称 BF, 系 *G. intradices* BEG140、*G. microageregatum* BEG、*G. claroideum* BEG 210 的混合菌), 均由捷克科学院植物研究所 Vosatka Miroslav 教授提供, 菌剂经检测每克含菌根孢子 800~1 000 个。

### 1.2 试验方法

试验于 2015 年春在中国农业科学院蔬菜花卉研究所的日光温室内进行, 设接种 VT 菌剂、接种 BF 菌剂和不接菌 (CK) 3 个处理, 每处理 3 次重复。将黄瓜种子在 55 °C 温水中浸种 10 min, 再在常温水中浸泡 8 h 后, 置于 30 °C 恒温培养箱中催芽。育苗基质由草炭: 蛭石按 2 V: 1 V 的比例配制而成, 基质于鼓风干燥箱中 160 °C 处理 2 h, 连续处理 2 次, 自然冷却后备用。2 月 4 日将催好芽的黄瓜种子播于穴盘并同时接种菌剂, 采用 50 孔穴盘育苗, 穴盘用 70% 酒精擦后晾干, 接菌处理每个穴盘增施 10%(160 g) 的菌根菌剂, 菌剂跟基质拌匀装穴盘, 每盘约 1 600 g; 不接菌处理 (CK) 穴盘增施等量灭菌菌剂, 以保证微量元素一致。

### 1.3 项目测定

播种后 32、39、46、53 d 分别测定幼苗株高 (从子叶到生长点的高度)、茎粗 (与子叶展开方向平行的子叶节的茎粗); 播种后 36 d 取 10 株幼苗, 分别取幼苗地上部和地下部, 用清水冲洗表面杂物, 再用去离子水冲洗干净, 擦干水分后, 分别称鲜质量, 得到平均单株鲜质量, 然后 105 °C 杀青 15 min, 75 °C 烘至恒重, 称重, 得平均单株干质量。接种第 60 天时, 选择各处理黄瓜植株相同位置的第 5 功能叶片, 采用 LI-6400 光合测定仪测定光合速率  $P_n$ 、气孔导度  $G_s$ 、胞间  $CO_2$  浓度  $C_i$ 、蒸腾速率  $T_r$  等光合指标, 叶绿素含量采用丙酮法测定, 根系活力采用 TTC 法测定 (刘永军等, 2000)。播种后 35 d 取根样, 进行侵染率的测定, 按照频率标准法计算菌根侵染率 (Biermann & Linderman, 1981)。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 软件和 DPS v7.05 分析软件进行试验数据处理, 采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 接种不同 AMF 菌剂对黄瓜幼苗生长的影响

由图 1 可以看出, 与不接菌对照相比, 2 种不同菌剂接菌处理后的黄瓜幼苗株高及茎粗生长量均有提高, 其中接种 VT 处理的效果最佳, 与其他 2 个处理之间差异显著。播种后 53 d, 接种 VT 处理的黄瓜幼苗株高、茎粗分别较不接菌对照显著增加了 108.0%、31.7%。

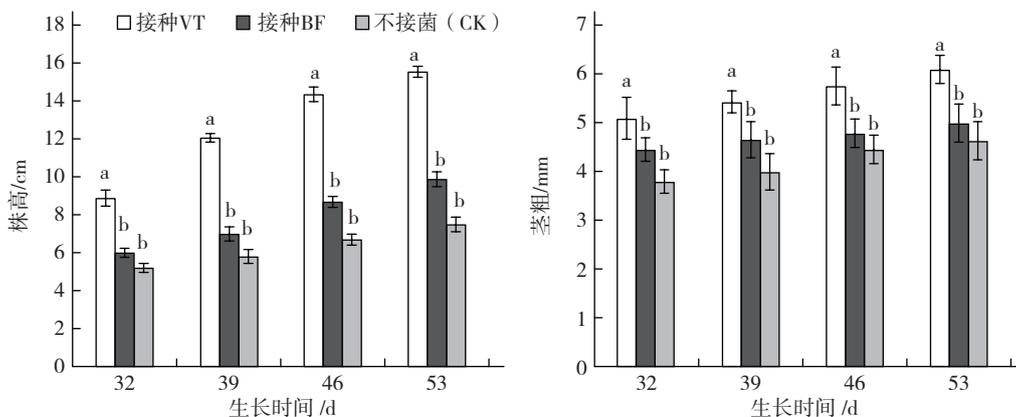


图 1 不同 AMF 菌剂对黄瓜幼苗株高和茎粗生长的影响

图柱上不同小写字母表示各处理间差异显著 ( $\alpha=0.05$ )。

### 2.2 接种不同 AMF 菌剂对黄瓜幼苗光合特性的影响

从表 1 可以看出, 接种 BF 处理的黄瓜幼苗净光合速率、气孔导度及蒸腾速率最高, 较对照

和接种 VT 处理差异均达显著水平。其中, 净光合速率较对照和接种 VT 处理分别提高了 34.43% 和 9.54%。接种 VT 处理除净光合速率显著高于不接种对照外, 其他指标均显著低于对照。

表 1 接种不同 AMF 菌剂对黄瓜幼苗光合特性的影响

处理	净光合速率	气孔导度	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度	蒸腾速率
	$\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
接种 VT	10.48 b	0.22 c	322.88 b	3.25 c
接种 BF	11.48 a	0.36 a	349.33 a	5.04 a
不接种 (CK)	8.54 c	0.24 b	346.79 a	3.65 b

注: 表中同列数据后不同小些字母表示差异显著 ( $\alpha=0.05$ ), 下表同。

### 2.3 接种不同 AMF 菌剂对黄瓜幼苗叶绿素含量与根系活力的影响

与对照相比, 接种 AMF 菌剂处理的黄瓜植株叶片叶绿素含量和根系活力均有明显增加, 其中接种 VT 菌剂后叶片叶绿素总量和根系活力分别较对照显著提高 19.43% 和 50.17%。接种 BF 菌剂的幼苗叶绿素含量虽比对照有所增加, 但二者之间差异不显著; 接种 BF 处理的根系活力较对照显著提高 18.94% (表 2)。

表 2 接种不同 AMF 菌剂对黄瓜幼苗叶绿素含量和根系活力的影响

处理	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总量	根系活力
	$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (FW)
接种 VT	16.72 a	5.43 a	22.13 a	56.84 a
接种 BF	15.06 b	4.78 ab	19.85 b	45.02 b
不接种 (CK)	14.02 b	4.51 b	18.53 b	37.85 c

### 2.4 接种不同 AMF 菌剂对黄瓜幼苗物质积累及根系菌根侵染率的影响

由表 3 可知, 接种 VT、BF 菌剂处理的黄瓜幼苗生长势均优于对照, 其中接种 VT 菌剂的幼苗平均单株地上部鲜质量、地下部鲜质量、地上部干质量和地下部干质量分别比对照增加 85.83%、72.06%、43.26% 和 112.05%, 差异均达显著水平。接种 BF 菌剂后植株地上部鲜质量、地下部鲜质量、地上部干质量和地下部干质量分别比对照增加 22.05%、33.82%、9.30% 和 15.66%。接种 VT 菌剂的鲜质量根冠比与其他 2 种处理差异不显著, 干质量根冠比显著高于其他 2 种处理。菌根侵染率以接种 VT 菌剂处理最高。综上, 接种 AMF 蔬菜菌剂 VT 处理在促进黄瓜植株生长和干物质积累方面效果最好, 是适于黄瓜应用的菌根菌剂。

表 3 接种不同 AMF 菌剂对黄瓜幼苗同化产物积累和根系菌根侵染率的影响

处理	鲜质量/ $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$		干质量/ $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$		根冠比		菌根侵染率/%
	地上部	地下部	地上部	地下部	鲜质量	干质量	
	接种 VT	4.72 a	2.34 a	0.616 a	0.176 a	0.495 ab	
接种 BF	3.10 b	1.82 ab	0.470 b	0.096 a	0.586 a	0.204 b	37.65
不接种 (CK)	2.54 b	1.36 b	0.430 b	0.083 b	0.535 a	0.193 b	—

## 3 结论与讨论

丛枝菌根共生体可加速植株根系生长, 加速养分循环利用, 在植株根系发育过程中, 如能与适宜的菌根真菌形成良好的菌根结构, 可提高产量, 尤其在干旱脊薄土壤中这一效应更大 (刘润进和李晓林, 2002)。单个丛枝菌根真菌菌种与黄瓜共生的作用已有报道, 王秀芹等 (2001) 接种 VA 菌根培育的黄瓜菌根苗较普通苗有较强的生长能力, 可明

显提高黄瓜产量。任志雨等 (2008) 还发现, 育苗时接种丛枝菌根真菌菌种 *Glomus mosseae* 的黄瓜菌根苗定植后, 植株生长势得到改善, 产量增加且品质改善, 表现为硝酸盐含量下降, VC、可溶性固形物含量增加。还有研究发现, 接种丛枝菌根可提高黄瓜幼苗对立枯病的抗性 (秦海滨等, 2014), 增强苗期对低温的抗性 (韩冰等, 2011), 大大提高黄瓜菌根苗的菌根侵染率, 并增强苗期植株营养吸收能力, 改善幼苗质量 (Clark & Zeto, 2000; 韩

冰等, 2012)。

本试验结果表明, 接种捷克生产的由几种不同菌种混合而成的蔬菜专用菌根菌剂 VT, 在苗期可明显增加设施黄瓜幼苗的叶片叶绿素含量、光合速率和根系活力, 增加植株生长势、株高、茎粗, 且植株地上部、地下部鲜、干质量均比对照显著增加。不同菌种的丛枝菌根真菌通过侵染设施黄瓜幼苗根系可使其苗期生长更健壮, 根系更发达, 根系活力更高, 促进了植株根系对水分和养分的吸收, 进而促进了植株的生长。本所研究人员在温室番茄苗期试验中接种 VT 菌剂也获得了较好的效果 (陈双臣等, 2016)。

目前, 单一菌种接种菌根苗由于效果不稳定而尚未广泛应用于生产, 而多菌种菌剂的 AMF 菌剂扩繁必须依赖寄主植物专业化生产, 这是国内菌根育苗接种菌剂的生产中亟待解决的问题, 捷克 Symbiom 公司生产的蔬菜专用菌剂 VT 实现了专业化、标准化生产, 具有良好的推广前景。

#### 参考文献

- 陈双臣, 汪蒙蒙, 郑彩霞, 杨瑞娟, 王忠红, 晋文娟, 贺超兴. 2016. 两种丛枝菌根菌剂对温室番茄穴盘幼苗生长的影响. 中国蔬菜, (2): 40-44.
- 韩冰, 贺超兴, 闫妍, 郭世荣, 于贤昌. 2011. AMF 对低温胁迫下黄瓜幼苗生长和叶片抗氧化系统的影响. 中国农业科学, 44 (8): 1646-1653.
- 韩冰, 徐刚, 郭世荣, 贺超兴, 孙艳军, 高文瑞, 李德翠. 2012.

- 丛枝菌根真菌对苗期黄瓜生长及生理特性的影响. 江苏农业学报, 28 (6): 1392-1397.
- 刘润进, 李晓林. 2002. 丛枝菌根及其应用. 北京: 科学出版社: 122-135.
- 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.
- 吕桂云, 陈贵林, 齐国辉, 高志奎, 高洪波. 2006. 菌根化育苗对大棚黄瓜生长发育和果实品质的影响. 应用生态学报, 17 (12): 2352-2356.
- 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.
- 秦海滨, 贺超兴, 张志斌, 王怀松, 任志雨. 2008. 丛枝菌根真菌对温室黄瓜生长及产量品质的影响. 中国瓜菜, 21 (6): 10-13.
- 秦海滨, 张志斌, 贺超兴. 2014. 丛枝菌根真菌提高黄瓜幼苗抗立枯病作用研究. 华北农学报, 29 (s): 98-102.
- 任志雨, 贺超兴, 李树和, 张志斌. 2008. 丛枝菌根真菌对有机栽培黄瓜生长、产量和品质的影响. 华北农学报, 23 (6): 135-138.
- 王倡宪, 秦岭, 冯固, 李晓林. 2003. 三种丛枝菌根真菌对黄瓜幼苗生长的影响. 农业环境科学学报, 22 (3): 301-303.
- 王秀芹, 张福曼. 2001. VA 菌根菌对日光温室黄瓜生长发育的影响. 园艺学报, 28 (2): 139-143.
- Biermann B, Linderman R G. 1981. Quantifying vesicular-arbuscular mycorrhiza: a proposed method towards standardization. New Phytol, 87: 63-67.
- Clark R B, Zeto S K. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. Journal of Plant Nutrition, 23 (7): 867-902.
- Marschner H. 1997. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press: 537-594.

## Effects of Two Different AMF Strains Mixture Inoculum Inoculation on Cucumber Seedlings Grown in Solar Greenhouse

SUN Xiu-xiu, JIN Wen-juan, LI Yan-su, YAN Yan, YU Xian-chang, HE Chao-xing\*

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

**Abstract:** To test the effects of different AMF (arbuscular mycorrhizal fungi) strains mixture inoculum on cucumber seedling growth, seeds of cucumber were covered with 2 different AMF inoculums BF (mycorrhiza for plants) and VT (mycorrhiza for vegetables) from Czech Republic after sowing in the trays in solar greenhouse. Thirty-five days after inoculation the infection rates were 49.30%, 37.65%, respectively. The plant height, stem diameter, fresh and dry weight of those seedling inoculated with AMF were higher than that of the control. Compared with the control, VT inoculation could significantly improve the root activity, chlorophyll content and photosynthetic rate of cucumber leaves. Comprehensive analysis showed that VT had better effect in promoting the growth of greenhouse cucumber seedlings.

**Key words:** Greenhouse cucumber; Arbuscular mycorrhizal fungi inoculum; Plant growth; Physiology of photosynthetic