

## 2 种 AM 真菌对草莓产量和品质的影响

仝雅娜, 杨小玲, 宋兰芳, 崔少杰, 华明艳, 马洪英, 孔维东

(天津市设施农业研究所, 天津 301700)

**摘要:** 供试材料为以色列引进的草莓品种 S<sub>3</sub>, 在日光温室条件下研究了接种地表球囊霉 (*Glomus versiforme*) 和摩西球囊霉 (*Glomus mosseae*) 对草莓果实产量及品质的影响。结果表明, 这 2 种 AM 真菌均能促进根系生长, 提高草莓单果重和单株产量, 其中, 摩西球囊霉的促增效果比地表球囊霉促增效果显著。2 个菌种混合使用比 1 个菌种促增效果更显著, 其中, 摩西球囊霉和地表球囊霉菌土各 16 g 的混合处理对草莓果实产量的促进作用最强, 草莓果实可溶性固形物含量、维生素 C 含量、可溶性糖含量分别提高了 22.26%、36.09% 和 15.07%, 果实硬度提高, 而可滴定酸含量下降了 28.99%, 改善了草莓风味。

**关键词:** 草莓; AM 真菌; 单株产量; 可溶性固形物; 维生素 C; 可溶性糖; 可滴定酸

中图分类号: S668.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2016)03-0447-05

### Effects of *Glomus versiforme* and *Glomus mosseae* on production and qualities of strawberry

TONG Yana, YANG Xiaoling, SONG Lanfang, CUI Shaojie, HUA Mingyan, MA Hongying, KONG Weidong

(Tianjin Facility Agriculture Research Institute, Tianjin 301700)

**Abstract:** The strawberry variety "S<sub>3</sub>" from Israel was studied in a solar greenhouse to understand how *Glomus versiforme* and *Glomus mosseae* affect its yield and quality. The results showed that both fungi could improve the strawberry quality, fruit weight and yield of a single plant. *Glomus mosseae* was more effective than *Glomus versiforme*. Moreover, the treatment with both fungi was far more effective than just applying one of them. The treatment containing 16 g *Glomus mosseae* soil and 16 g *Glomus versiforme* soil had the best effect on promoting yields. It increased the content of soluble solids, vitamin C, and soluble sugar by 22.26%, 36.09% and 15.07%, respectively. The firmness of the fruit increased, while the content of titrable acids decreased by 28.99%, thus improving the strawberry flavor.

**Key words:** strawberry; AM mycorrhizal; yield per plant; soluble solids; vitamin C; soluble sugar; Contents of titrable acids

丛枝菌根真菌 (*Carbuncular mycorrhizal fungi*, 简称 AM 真菌) 是菌根中分布最广泛、最普遍的一类, 与农业生产密切相关。丛枝菌根真菌是土壤中的菌根真菌与植物根系形成的一种共生体<sup>[1-2]</sup>。这种真菌与植物之间在生理生化方面具有高度依赖性<sup>[3]</sup>。大量试验表明, AM 真菌能促进园艺植物对土壤中 P、Zn、Cu、K、N、Mg、Mn、S 和 Ca 等元素的吸收<sup>[4]</sup>。丛枝菌根对果树的实生苗有促进作用, 能显著增强组培苗如葡萄、苹果、猕猴桃、菠萝、柑橘、桃等的苗质、根系及抵抗力<sup>[5]</sup>。丛枝菌根对茄科、葫芦科、

百合科蔬菜生长发育具有正效应, 能促进其营养生长, 提高产量和品质, 促进开花坐果, 增强对土传病害的抗性<sup>[6-7]</sup>。由于 AM 真菌对植物生长发育有促进作用, 因而受到人们的广泛关注, 并在多个领域得到了广泛应用<sup>[8-9]</sup>。

草莓 (*Fragaria ananasa* Duch) 属于蔷薇科 (Rosaceae) 蔷薇亚科 (Rosoideae) 草莓属 (*Fragaria*), 为多年生草本植物, 是一种营养价值和经济价值较高的小浆果, 常被人们誉为“果中皇后”<sup>[10]</sup>。近些年, 草莓生产已经进入稳定发展的阶

收稿日期: 2015-11-05

基金项目: 天津市农业科技成果转化与推广项目 (201303040), 天津市农业科学院院长基金 (13012) 和天津市农业科技成果转化与推广项目 (201503110) 共同资助。

作者简介: 仝雅娜, 博士, 助理研究员。E-mail: tongyana03@163.com

段,2000年后,科研工作者开始研究将AM真菌接种在草莓植株上,以求达到提高实生苗抗病性、增产增收的效果。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

以抗病性好、产量高的以色列草莓品种S<sub>3</sub>为试材。以地表球囊霉(*Glomus versiforme*, 简写成G.v)和摩西球囊霉(*Glomus mosseae*, 简写成G.m)为供试菌剂。供试菌剂由北京市农林科学院植物营养与资源研究所“丛枝菌根真菌种质资源库(BGC)”提供。试验地点在天津农业科学院创新基地,供试土壤取自前茬种植草莓的试验地土壤,肥力中等。定植前土壤及栽培用花盆(19 cm×16 cm)使用0.2%的KMnO<sub>4</sub>进行消毒。

### 1.2 方 法

**1.2.1 方案设计与培养条件** 试验在日光温室内进行盆栽试验,试验采用随机区组设计,设7个处理(见表1),每处理30盆,每盆定植1株,重复3次。

草莓苗于2014年8月27日定植,苗龄为3叶1心的匍匐茎苗。缓苗15 d后,每周浇灌1次N:P:K=1:1:1的水溶性肥(1 g·L<sup>-1</sup>),每盆每次100 mL,草莓开花结果期每2周施用1次山崎草莓全营养液,每盆每次100 mL。草莓生长过程各处理光照和温度条件一致。现蕾前和现蕾期:白天温度保持在22~28℃,超过30℃,通风降温;夜间保持在8~10℃。开花期:白天温度保持在22~25℃,夜间8~12℃。果实膨大期和成熟期:白天温室保持在18~23℃,不超过25℃,夜间8~12℃。温室内的湿度应控制在40%~50%,开花期用蜜蜂授粉,整个生长期不施用其他生长激素。其他方面按常规管理。

表 1 6种AM菌根处理的菌土接种量

Table 1 The amount of fungi soil applied in the 6 kinds of AM mycorrhiza treatment

处理 Treatment	接种菌土重量/g Soil weight	
	G.m	G.v
CK	0	0
1	16	0
2	32	0
3	0	16
4	0	32
5	8	8
6	16	16

**1.2.2 分析测定方法** 产量调查,1个处理随机选取10棵成熟草莓进行单果重和单株产量的测定,取其平均值。

果实硬度等用TA.XT.Plus型质构仪测定。

取成熟果实样品测定维生素C、可溶性糖、可滴定酸、可溶性固形物含量<sup>[11]</sup>。果实维生素C测定采用2,6-二氯酚酚滴定法;可溶性糖采用蒽酮法;可滴定酸采用氢氧化钠滴定法;可溶性固形物采用折射仪法。

**1.2.3 数据分析** 采用Microsoft Excel对测定数据进行绘图与做表,用SPSS19.0数据处理系统进行显著性差异分析和相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 AM真菌接种对单果重的影响

由表2可见,随着AM真菌接种量的增加,平均单果重也随之增加。接种AM真菌的6个处理分别比对照增加了3.83%、5.05%、3.56%、9.52%、10.16%和29.64%。平均单果重结果顺序是:6>5>4>2>3>1。6种AM菌根处理的一、二茬果的平均单果重不同,一茬果高于二茬果(见图1)。方差分析结果显示,对照的平均单果重与其他6个处理差异极显著( $P<0.01$ )。

表 2 6种AM菌根处理对产量的影响

Table 2 The influences on the yield by 6 kinds of AM mycorrhiza treatments

处理 Treatment	平均单果重/g Average single fruit weight	单株产量/g Yield per plant
CK	19.13±0.129 <sup>sG</sup>	215.88±0.419 <sup>dD</sup>
1	19.87±0.050 <sup>eE</sup>	261.07±0.821 <sup>cC</sup>
2	20.13±0.073 <sup>cC</sup>	267.92±0.217 <sup>bB</sup>
3	19.81±0.082 <sup>fF</sup>	217.38±0.308 <sup>dD</sup>
4	20.96±0.057 <sup>dD</sup>	268.87±0.320 <sup>bB</sup>
5	21.08±0.124 <sup>bB</sup>	260.18±1.275 <sup>cC</sup>
6	24.80±0.104 <sup>aA</sup>	313.75±0.885 <sup>aA</sup>

注:同列数据不同大写字母间表示差异极显著( $P<0.01$ ),不同小写字母间表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Note: The data in the same column followed by different capital letters mean significant difference at 0.01 level, different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level. The same below.

### 2.2 AM真菌接种对单株产量的影响

试验结果表明,处理6的单株产量最高,其他5个处理的单株产量均高于对照(见表2),产量分别增加43.6、52.4、1.8、53.2、40.3和95.9 g。除处理3与对照差异不显著外,其他处理与对照均为极显著性差异。

### 2.3 AM真菌接种对可溶性固形物的影响

不同菌种处理的草莓可溶性固形物含量不同(见表3),其中处理2的可溶性固形物含量最高,

其次是处理 1, 分别比对照高 1.87% 和 1.40%, 处理 1 和处理 2 与对照差异显著, 其他处理虽然也高于对照, 但差异均不显著。

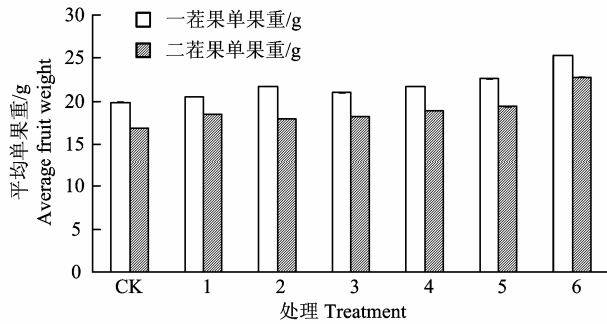


图 1 6 种 AM 菌根处理对单果重的影响

Figure 1 The influences on average fruit weight by 6 kinds of AM mycorrhiza treatments

### 2.4 AM 真菌接种对维生素 C 的影响

由表 3 可见, 菌种接种的数量和种类不同, 草莓果实维生素 C 的含量不同。摩西球囊霉接种数量多的处理, 维生素 C 含量最高, 达到 107.7 mg/100 g, 其他处理分别比对照高 23.65%、36.09%、8.56%、7.88%、3.18% 和 6.52%。其他 6 个处理与对照均为显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

### 2.5 AM 真菌接种对可溶性糖的影响

可溶性糖含量随接种菌种的数量和种类的不

同, 也有较明显变化 (见表 3)。处理 2 在所有处理中, 草莓可溶性糖含量最高, 处理 6 次之。处理 1、2、4、5、6 均显著高于对照, 分别高出 0.574%、0.644%、0.421%、0.166% 和 0.624%, 处理 3 与对照差异不显著。

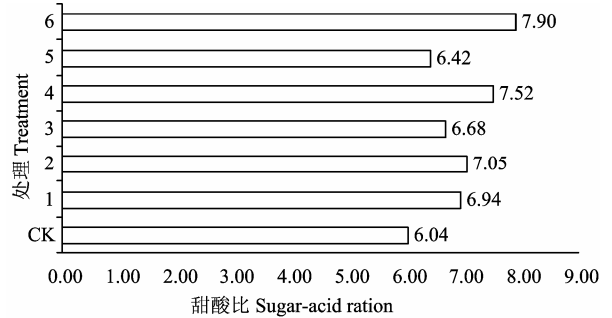


图 2 6 种 AM 菌根处理对甜酸比的影响

Figure 2 The influences on sugar-acid ratio by 6 kinds of AM mycorrhiza treatments

### 2.6 AM 真菌接种对可滴定酸的影响

不同处理对可滴定酸影响略有区别 (见表 3)。处理 3、4、6 与对照有极显著性差异, 其他处理与对照差异不显著。对照和 6 个不同处理的糖酸比结果显示 (见图 2), 分别高出 14.92%、16.71%、10.67%、24.60%、6.35% 和 28.99%。

表 3 6 种 AM 菌根处理对品质的影响

Table 3 The influences on the quality by 6 kinds of AM mycorrhiza treatments

处理 Treatment	可溶性固形物/% Soluble solids	维生素 C/mg·(100 g) <sup>-1</sup> Vitamin C	可溶性糖/% Soluble sugar	可滴定酸/% Contents of titrable acids
CK	8.40±0.116 <sup>c</sup>	79.14±0.000 <sup>gG</sup>	4.273±0.044 <sup>d</sup>	0.708±0.031 <sup>dD</sup>
1	9.80±0.702 <sup>b</sup>	97.86±0.001 <sup>bB</sup>	4.845±0.163 <sup>bc</sup>	0.698±0.012 <sup>dD</sup>
2	10.27±0.371 <sup>a</sup>	107.7±0.001 <sup>aA</sup>	4.916±0.520 <sup>a</sup>	0.698±0.008 <sup>dD</sup>
3	8.60±0.306 <sup>c</sup>	85.92±0.002 <sup>cC</sup>	4.280±0.035 <sup>d</sup>	0.640±0.007 <sup>cC</sup>
4	8.67±0.176 <sup>c</sup>	85.38±0.055 <sup>dD</sup>	4.694±0.233 <sup>bc</sup>	0.624±0.008 <sup>bB</sup>
5	8.67±0.267 <sup>c</sup>	81.66±0.002 <sup>fF</sup>	4.439±0.161 <sup>c</sup>	0.691±0.007 <sup>dD</sup>
6	9.33±0.521 <sup>c</sup>	84.30±0.003 <sup>eE</sup>	4.897±0.099 <sup>b</sup>	0.620±0.005 <sup>aA</sup>

表 4 6 种 AM 菌根处理对果实硬度的影响

Table 4 The influences on the firmness of fruits by 6 kinds of AM mycorrhiza treatments

处理 Treatment	果实弹性/g.sec Fruit elastic	果皮硬度/g The skin hardness	果皮脆性/mm Peel brittleness	果肉硬度/g The fruit hardness	果肉粘性/g.sec Pulp viscosity
CK	0.045±0.003	9.033±0.492	0.229±0.012	10.652±0.127 <sup>e</sup>	-0.365±0.170 <sup>b</sup>
1	0.049±0.005	9.267±0.142	0.245±0.013	14.748±1.713 <sup>de</sup>	-0.488±0.040 <sup>ab</sup>
2	0.050±0.004	10.411±0.792	0.246±0.021	16.681±0.594 <sup>c</sup>	-0.540±0.007 <sup>a</sup>
3	0.051±0.002	9.641±0.303	0.247±0.005	15.642±1.034 <sup>de</sup>	-0.500±0.052 <sup>ab</sup>
4	0.054±0.006	10.458±0.785	0.254±0.008	16.981±2.249 <sup>b</sup>	-0.605±0.015 <sup>a</sup>
5	0.051±0.001	9.827±0.560	0.253±0.005	16.648±1.110 <sup>d</sup>	-0.538±0.034 <sup>a</sup>
6	0.052±0.003	12.675±0.881	0.255±0.008	19.577±3.481 <sup>a</sup>	-0.596±0.18 <sup>a</sup>

## 2.7 AM 真菌接种对果实硬度的影响

从表 4 可见,不同处理的果实弹性、果皮硬度、果皮脆性、果肉硬度、果肉粘性均与对照有区别。对果实硬度的多个指标做多重比较,结果表明,果实弹性依次为  $4>6>3>5>2>1>CK$ ,果实硬度依次为  $6>4>2>5>3>1>CK$ ,果皮脆性依次为  $6$

$>4>5>3>2>1$ ,果肉硬度依次为  $6>4>2>5>3>1>CK$ ,果实粘性依次为  $4<6<2<5<3<1<CK$ 。反差分析结果发现,果实弹性、果实硬度、果实脆性的 6 个处理与对照差异不显著,处理 2、4、5 和 6 与对照的果肉硬度和果肉粘性为显著性差异,处理 1、3 与对照差异不显著。

表 5 穿刺试验所得草莓的各项质地参数间的相关性

Table 5 The correlation of parameters in the puncture test

项目 Item	果实弹性 Fruit elastic	果皮硬度 The skin hardness	果皮脆性 Peel brittleness	果肉硬度 The fruit hardness	果肉粘性 Pulp viscosity
果实弹性 Fruit elastic	1				
果皮硬度 The skin hardness	0.173	1			
果皮脆性 Peel brittleness	0.880**	0.110	1		
果肉硬度 The fruit hardness	0.557**	0.087	0.534*	1	
果肉粘性 Pulp viscosity	-0.101	-0.249	-0.049	-0.428	1

注: \*\* 在 0.01 水平(双侧)上显著相关, \* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

Note: \*\* means significant difference at the 0.01 level (bilateral), \* means significant difference at the 0.05 level (bilateral).

## 2.8 相关性分析

利用质构仪穿刺法对草莓果实的质地进行评价,是仪器模仿人体口腔对果实的触觉感受。表 5 为本研究草莓质地参数间的相关性分析结果。草莓果实弹性与果皮脆性、果肉硬度呈极显著的正相关性,与果皮硬度呈正相关性,与果肉粘性呈负相关性,其中与果皮脆性的相关性最高 ( $R=0.880$ ),这说明草莓果实弹性越大,果皮脆性越强。此外,果皮硬度与果皮脆性、果肉硬度呈正相关,与果肉粘性呈负相关性,但差异均不显著。果皮脆性与果肉硬度呈显著的正向相关性 ( $R=0.534$ ),与果肉粘性呈负相关性,这表明果皮脆性越强,果肉硬度指数越大。同时,果肉硬度与果肉粘性呈负相关性。综合分析,果实弹性、果皮硬度、果皮脆性、果肉硬度和果肉粘性指数均能反映果肉的质地变化。

## 3 讨论与结论

$S_3$  品种抗白粉病、炭疽病等常见病害,在生产中基本不用农药,是良好的绿色草莓品种,但因其单果重比其他品种偏小,所以增加果实大小可以提高果实的商品性,从而增加其市场占有率。果实弹性、果皮硬度、果皮脆性、果肉硬度、果肉粘性不仅是判断果实成熟的重要指标,同时也是判断果实品质的重要指标。果实硬度为探头所受到的果实给予的力,和果实组织、成熟度有关<sup>[12]</sup>。果实弹性在一定程度上反映果实组织对破坏后回复原有形状的趋势,果实弹性能量的大小关系到果实抵抗外界压力的能力。果皮脆性表示的是探头穿刺整果时行驶

的第一个峰的力值与运行距离的比值,反映了果实的致密程度和坚硬程度,也是检测果蔬新鲜度的重要指标<sup>[12-13]</sup>。果实硬度逐渐下降,果实粘性增大,果实品质呈下降趋势。通过质构测定可以看出果实的成熟度,判断出其商品价值。本试验结果发现,接种 AM 真菌促进了草莓的单果重、单株产量及品质的增加。在 6 个处理中,6 号处理效果最明显,其次是 4 号处理,产量和品质提高的最多。由此可见,地表球囊霉和摩西球囊霉混合使用,对草莓产量的促进作用更强,摩西球囊霉对提高草莓品质的效果最好。

菌根真菌在宿主的生长中所起到的结果不同,是由于菌根真菌是专性活体营养微生物,不同的菌根真菌与宿主植物共生体的建立机制不同<sup>[14-17]</sup>。菌根种类不同,其对宿主植物的促生效果不同。供试菌株的促生效果,接种量在不同土壤中的用量问题还有待进一步研究。针对近年来草莓栽培户一年一换地<sup>[18]</sup>,造成建棚拆棚的、土地利用率低的现象,可以探讨关于通过筛选、接种菌种来缓解草莓连茬障碍的问题。

## 参考文献:

- [1] 赵方贵,贺学礼. VA 菌根与磷素营养[J]. 西北农业学报, 1999, 8(5): 106-108.
- [2] 吴强盛,邹英宁,王贵元. 丛枝菌根真菌生态学研究进展[J]. 长江大学学报(自然科学版农学卷), 2007, 4(2): 76-80.
- [3] 袁志林,陈庆连. 菌根共生体形成的过程中的信号识别与转到机制[J]. 微生物学通报, 2007, 34(1): 161-164.

- [4] MARSCHNER H, DELL B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis[J]. *Plant and Soil*, 1994, 159: 89-102.
- [5] QUARTINI P. Effect of native carbuncular mycorrhizal fungi and *Glmus mosseae* on acclimatization and development of micropropagated *Citrus limon* (L.)Burm[J]. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 2003, 78: 39-45.
- [6] AUGE R M, MOORE J L, SYLVIA D M, et al. Mycorrhizal promotion of host stomatal conductance in relation to irradiance and temperature [J]. *Mycorrhiza*, 2004, 14: 85-92.
- [7] 李敏, 刘润进. 蔬菜作物菌根研究新进展[J]. *中国农学通报*, 2000, 16(6): 1-4.
- [8] 李敏, 刘鹏起, 刘润进. 丛枝菌根真菌对芋组织培养苗生长的影响[J]. *园艺学报*, 2003, 29(5): 451-453.
- [9] 李登武, 王冬梅, 余仲东. AM 真菌与植物共生的生理生化效应研究进展[J]. *西北植物学报*, 2002, 22(5): 1255-1261.
- [10] 谭昌华, 代汉萍, 雷家军. 世界草莓生产与贸易现状及发展趋势(上)[J]. *世界农业*, 2003(5): 10-12.
- [11] 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, 2006: 202; 267.
- [12] 潘秀娟, 屠康. 质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(3): 166-170.
- [13] KAJUNA S, BILANSKI I W, MITTAL G S. Textural changes of banana and plantain pulp during ripening [J]. *J Sci. Food Agric*, 1997, 75: 244-250.
- [14] 邹琦. *植物生理学实验指导*[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 72-75.
- [15] 盖京平. 我国北方部分地区丛枝菌根真菌的多样性及其生长效应的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003: 10-20.
- [16] 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.
- [17] 苏友波, 林春, 张福锁, 等. 不同 AM 菌根菌分泌的磷酸酶对根际土壤有机磷的影响[J]. *土壤*, 2003, 35(4): 334-338.
- [18] 赵英杰, 赵伶. 温室草莓、油桃连茬栽培的可行性研究[J]. *农村科技开发*, 2007(7): 15-16.