

增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥对番茄生长、产量及品质的影响

覃柳兰, 梁祖珍, 邹虎成, 李玉洪, 秦莉, 雷裕华, 谭海文

(桂林市农业科学研究中心·广西农业科学院桂林分院 广西桂林 541006)

摘要:为探究增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥对番茄种植过程的影响,以番茄多美瑞 F₁ 为试验材料,将 EM 菌和真希生物纳米有机硒肥进行根部淋施和叶面喷施,研究不同施用方式对番茄生长、产量和品质的影响。结果表明,施用 EM 菌和生物纳米有机硒肥对促进番茄的生长、提高产量和品质等方面有积极作用,不同施用方式的效果不同,其中 T1 处理根部淋施 EM 菌 150 倍液+真希 500 倍液 3 次+叶面喷施 EM 菌 150 倍液+真希 300 倍液 2 次的施用方式效果最佳,不但能促进番茄生长,提高产量(增产 19.83%),增加果实中蛋白质、可溶性糖、维生素 C 和硒含量,显著降低果实中重金属镉含量,还能改善风味,提高经济效益。

关键词:番茄;EM 菌;生物纳米有机硒肥;产量;品质

中图分类号: S641.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-2871(2023)08-065-06

Addition of effective microorganisms and nano-bio selenium fertilizer affects growth, yield, and quality of tomato

QIN Liulan, LIANG Zuzhen, ZOU Hucheng, LI Yuhong, QIN Li, LEI Yuhua, TAN Haiwen

(Guilin Agricultural Science Research Center/Guilin Branch of Guangxi Academy of Agricultural, Guilin 541006, Guangxi, China)

Abstract: In this paper, in order to explore the effect of increasing effective microorganisms and nano-bio selenium fertilizer on the planting process of tomato, the tomato duomeirui F₁ was used as the test material through root spraying and leaf spraying with effective microorganisms and zhenxi nano-bio selenium fertilizer, we studied the effects of different application methods on growth, yield, and quality of tomato. The results showed that it had a positive effect on promoting the growth, yield and quality of tomato when applying effective microorganisms and nano-bio selenium, and it had different effects on different application methods. Among these application methods, 3 times of root spraying with 150 times of effective microorganisms + 500 times of zhenxi and 2 times of leaf spraying with 150 times of effective microorganisms + 300 times of zhenxi was the best application method. It could not only promote the growth of tomato, increase its yield (by 19.83%), increase the content of protein, soluble sugar, vitamin C and selenium in fruits, significantly reduce the content of heavy metals (Cd) in fruits, but also improve flavor and economic benefits.

Key words: Tomato; Effective microorganisms; Nano-bio selenium fertilizer; Yield; Quality

番茄 (*Solanum lycopersicum*) 是全球栽培最广泛、价值最高的果菜兼用作物^[1]。如今,消费市场高品质番茄的需求越来越强烈,口感好、风味佳、营养丰富的番茄越来越受欢迎。受市场和经济效益影响,育种家把提高番茄产量和抗性性状作为育种的主要目标^[2],而忽略了番茄品质和风味的提升,导致现今生产的番茄酸度和硬度较高,甜度和香味不足^[3],出现高产不优质的矛盾,达不到生产者和消

费者的期望值,这在很大程度上制约了番茄产业的健康持续发展。

EM 菌 (Effective microorganisms) 是日本琉球大学比嘉照夫教授研究开发的,由光合菌、乳酸菌、酵母菌、放线菌和丝状菌 5 科 10 属 80 多种有益微生物组成的一种具有多元功能的活菌制剂^[4]。EM 菌可抑制有害微生物,促进作物生长发育,具有保护生态环境、改良土壤理化性状、培肥地力、提高作

收稿日期: 2023-01-28; 修回日期: 2023-04-13

基金项目: 广西重点研发计划项目(桂科 AB22080068); 桂林市自筹经费科技项目(20210119z); 国家土壤质量雁山观测实验站 (NAES019SQ09)

作者简介: 覃柳兰,女,农艺师,研究方向为蔬菜育种与栽培技术应用及推广。E-mail: 417341454@qq.com

通信作者: 梁祖珍,女,农业技术推广研究员,研究方向为蔬菜栽培技术应用及推广。E-mail: 13788585350@126.com

物产量和品质的功效^[5]。EM菌已广泛应用于蔬菜栽培中,且均取得了较好的效果。施用EM菌,可以促进植株健壮生长,降低枯萎病发生,克服连作障碍^[6],同时提高产品中可溶性糖、维生素C和可溶性蛋白质含量^[7],降低产品有机酸和硝酸盐含量^[8],钝化土壤及肥料中的重金属,显著降低产品中砷、汞、铅、镉、铬5种重金属含量,从而实现提质增效^[9]。

硒是生命体必需的重要微量元素之一,其抗氧化机制可保护机体,提高植物中谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-px)活性,减少植株体内膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)的积累,通过提高其抗氧化能力来增强植株抗逆性^[10],同时减少植株对重金属的积累,增强对营养元素的吸收,合成更多的黄酮、氨基酸、多酚等,降低乙烯产生和呼吸速率,提高过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性,延缓作物成熟衰老,从而保持和提升作物的外观和内在品质^[11]。硒在自然界中主要以4种形态存在:硒酸盐、亚硒酸盐、单质硒和硒化物。硒氧化物(包括硒酸盐和亚硒酸盐)具有高度水溶性、生物累积性和较强的毒性,不仅伤害机体,还严重污染环境^[12]。相对亚硒酸盐和硒酸盐,纳米硒活性强,生物相容性好,毒性低,安全性高^[11]。生物纳米有机硒肥是选用微生物菌把无机硒高效转化为红色活性纳米硒,内含多种活性生物酶、氨基酸、小肽、有机质等营养物质,其生理活性强,抗氧化性和可吸收利用性高,可促进作物提质增产^[13]。叶面喷施生物纳米有机硒肥300倍稀释液,可以有效增加黄瓜、豆角、辣椒、生菜等蔬菜的硒含量,产量也得到了不同程度的提高^[14]。

关于EM菌和硒肥对蔬菜产量及品质等各项指标影响的研究很多,但尚未报道EM菌和生物纳米有机硒肥在番茄栽培中的综合应用,因此笔者以番茄为供试材料,通过EM菌和生物纳米有机硒肥不同施用方式的处理,研究其对番茄生长、产量和品质的影响,并通过核算经济效益,筛选出适宜的施用方法,进一步为富硒蔬菜安全生产提供技术参考。

1 材料与方 法

1.1 试验时间和地点

试验于2022年1月18日至6月23日在桂林市农业科学研究中心试验示范基地5连栋大棚内进行,该地土壤为棕壤,肥力中等。

1.2 材 料

1.2.1 供试品种 砧木品种为宝砧2号(桂林市农业科学研究中心提供),番茄接穗品种为多美瑞F₁(广州亚蔬园艺种苗有限公司提供)。

1.2.2 供试肥料 EM菌:必佳GXEM原液(强力发酵增肥液),液体,1 mL有效活菌数(CFU)≥10⁶·mL⁻¹,由桂林绿云生物技术开发有限公司生产;硒肥:生物纳米有机硒肥,商品名为真希,液体,总养分(N+P₂O₅+K₂O)含量(w,后同)6.0%,硒含量为1500 mg·kg⁻¹,由桂林海朴植物营养科技有限公司生产;基肥:生物牛粪有机肥,粉末,总养分(N+P₂O₅+K₂O)含量≥5.0%,有机质含量≥60%,由桂林车田河牧业有限公司生产。

1.3 试验设计

T1为根部淋施EM菌150倍液+真希500倍液3次+叶面喷施EM菌150倍液+真希300倍液2次;T2为根部淋施真希500倍液3次+叶面喷施真希300倍液2次;T3为根部淋施EM菌150倍液3次+叶面喷施EM菌150倍液2次;CK为常规栽培,不施EM菌和真希。每个处理3次重复,共12个小区,随机区组设计,小区面积为12 m²,每小区种植番茄株数为32株,株距为50 cm,行距为75 cm。

1.4 栽培措施

1.4.1 嫁接 2022年1月18日砧木与接穗同时播种,2022年3月17日嫁接,采用套管嫁接法。

1.4.2 整地施基肥 深翻土地,起高垄,垄面宽1.0 m、沟宽0.5 m、沟深0.3 m;垄中央开沟,每个小区基肥均按15 000 kg·hm⁻²施入;银灰色地膜覆盖,覆盖地膜前,将畦面喷水至土壤含水量为60%~70%。

1.4.3 定植 于2022年3月30日定植,双行种植,定植后淋透定根水。

1.4.4 根部淋施 根部淋施时间为4月1日、4月18日、5月7日。T1、T2、T3每个小区均按浓度要求配制成10 kg溶液淋施根部。

1.4.5 叶面喷施 叶面喷施时间为5月27日、6月10日。T1、T2、T3每个处理均按浓度要求配制成10 kg溶液喷施叶面。

1.4.6 水分管理 畦面地膜上布置微喷式滴灌带(规格:斜5孔,圆内径28 mm,扁放宽度45 mm,壁厚0.19 mm,每斜排孔距离14 cm,斜排5个孔每个孔距离是2 cm,额定工作压力0.1 MPa,喷洒幅度为1.5~2.5 m。定植后,晴天每3~4 d滴水1次,阴雨天每7~8 d滴水1次,每次滴水约15 min,保持土壤含

水量在 60%~70%。

1.4.7 其他田间管理 其他整枝、追肥、病虫害防治等栽培技术田间管理一致。

1.5 测定项目及方法

1.5.1 田间测定 在番茄果实成熟期,每处理随机选取长势基本一致的 10 株,于 6 月 17 日测定叶纵径、叶横径、茎粗、单株坐果数、单果质量和叶片番茄味,3 次重复。叶纵径用直尺测量最大叶片从叶尖到叶柄之间的长度;叶横径用直尺测量最大叶片中间最宽的长度;茎粗用游标卡尺测量所测植株距离地面 10 cm 处的接穗茎粗度;单株坐果数通过数 10 株的总果数再取平均值;单果质量用天平称量 10 个性状大小基本一致的果实再取平均值;叶片番茄味通过闻叶片的气味来测定。

1.5.2 农艺性状测定 每处理随机选取 10 个性状大小基本一致的果实,于 6 月 17 日测定果实纵径、横径、肉厚、心室数、果浆量、果肉质量和果实番茄味,3 次重复。果实纵径用游标卡尺测量果梗连接处到果脐的长度;果实横径用游标卡尺测量果实中间最宽的长度;肉厚用游标卡尺测量果实纵切面中间的肉厚度;心室数通过数每个果实的心室数再取平均值;果浆量用天平称量每个果实的果浆再取平均值;果肉质量即去果浆后的果肉质量,用天平称量每个果实的果肉质量再取平均值;果实番茄味通过生食和煮食来测定。

1.5.3 营养品质测定 每处理随机选取 10 个性状大小基本一致的果实,于 6 月 17 日送广西锐德检测认证技术有限公司测定蛋白质、可溶性糖、维生素 C、镉、硒含量,3 次重复。检测方法:蛋白质含量测定按 GB 5009.5—2016 第一法^[15];可溶性糖含量测定按 NY/T 1278—2007^[16];维生素 C 含量测定按 GB 5009.86—2016 第一法^[17];镉含量测定按 GB 5009.15—2014^[18];硒含量测定按 GB 5009.93—2017 第一法^[19]。

1.5.4 经济效益分析 根据番茄生产增加的成本及当年的市场批发价格(其中,真希价格为 150 元·kg⁻¹;EM 菌价格为 20 元·kg⁻¹;番茄市场批发价格为 3.0 元·kg⁻¹),计算出各试验组的增加利润。

1.6 数据分析与处理

试验所获取的数据通过 WPS Office 2021 和 DPS 2006 软件进行分析和处理,WPS Office 2021 用于数据整理和平均值、标准差等计算以及表格的绘制;DPS 2006 软件用于统计分析,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 增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥对番茄生长的影响

由表 1 可见,增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥,番茄各生长指标表现不同。叶纵径方面,T1 处理与 CK 差异显著,T2、T3 处理与 CK 之间差异不显著,其中 T1 处理叶纵径最长,较 CK 增长了 6.99%;叶横径方面,T1、T3 处理与 CK 之间差异不显著,T2 处理与 CK 差异显著,其中 T1 处理叶横径最大,较 CK 增长 2.52%;茎粗方面,各处理均显著高于 CK,其中 T1 处理最高,较 CK 增长了 20.77%;叶片番茄味方面,T1 和 T2 处理均浓郁,T3 处理淡,而 CK 无番茄味。结果表明,增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥可以提高番茄茎粗,增加叶片番茄味,促进番茄生长发育,T1 处理各项生长指标均最高,进一步说明了两者的复合施用具有协同增效作用,比单独施用效果好。

表 1 增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥对番茄生长指标的影响

Table 1 Effects of increasing effective microorganisms and nano-bio selenium fertilizer on growth indexes of tomato

| 处理 | 叶纵径/cm | 叶横径/cm | 茎粗/mm | 叶片番茄味 |
|----|---------|----------|---------|-------|
| T1 | 54.35 a | 46.80 a | 12.50 a | 浓郁 |
| T2 | 50.25 b | 43.55 b | 11.35 b | 浓郁 |
| T3 | 49.15 b | 45.00 ab | 11.25 b | 淡 |
| CK | 50.80 b | 45.65 a | 10.35 c | 无 |

注:表中同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

2.2 增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥对番茄产量的影响

由表 2 可见,增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥,番茄产量均有不同程度的增加,且各处理之间差异显著,其中 T1 处理产量最高,达 74 466.90 kg·hm⁻²,较 CK 增产 19.83%,产量由高到低依次为 T1>T2>T3>CK。单株坐果数方面,T1 和 T2 处理均显著高于 CK,较 CK 增加了 5.88%,而 T3 处理与 CK 无差异。单果质量方面,T1、T2、T3 处理均高于 CK,且不同处理之间差异显著,其中 T1 处理最高,达 155.12 g,较 CK 增长了 13.17%,单果质量由高到低依次为 T1>T2>T3>CK。结果表明,增施 EM 菌和生物纳米有机硒肥可显著提高番茄产量,两者复合施用效果更佳。

表2 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄产量的影响
Table 2 Effects of increasing effective microorganisms and nano-bio selenium fertilizer on yield of tomato

| 处理 | 单株坐果数 | 单果质量/g | 产量/(kg·hm ⁻²) | 比CK+/% |
|----|---------|----------|---------------------------|--------|
| T1 | 18.00 a | 155.12 a | 74 466.90 a | 19.83 |
| T2 | 18.00 a | 151.15 b | 72 561.00 b | 16.76 |
| T3 | 17.00 b | 144.38 c | 65 460.45 c | 5.33 |
| CK | 17.00 b | 137.07 d | 62 146.20 d | |

2.3 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄果实农艺性状的影响

由表3可见,T1处理番茄农艺性状各项指标均最高,除果实纵径外,其他指标均显著高于CK,且果实肉厚多汁,风味浓郁,其中肉厚和果肉质量分别较CK增长了19.14%、23.79%。各处理果实纵径均高于CK,但差异不显著;T2和T3处理果实横径与CK差异不显著,T2处理高于CK,T3处理低于CK;T2处理肉厚显著高于CK,T3处理高于CK,但与CK差异不显著;T2、T3处理心室数与CK无差异;T2、T3处理果浆量与CK差异不显著,T2处理高于CK,T3处理低于CK;T2、T3处理果肉质量均显著高于CK。结果表明,增施EM菌和生物纳米有机硒肥可以提高番茄果实农艺性状指标,增强风味,两者复合施用效果更佳。

表3 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄农艺性状的影响

Table 3 Effects of increasing effective microorganisms and nano-bio selenium fertilizer on agronomic traits of tomato

| 处理 | 果实纵径/mm | 果实横径/mm | 肉厚/mm | 心室数/个 | 果浆量/mL | 果肉质量/g | 果实番茄味 |
|----|---------|----------|--------|--------|---------|----------|-------|
| T1 | 60.05 a | 71.68 a | 9.65 a | 4.25 a | 25.38 a | 129.41 a | 浓郁 |
| T2 | 58.68 a | 67.18 b | 8.65 b | 4.00 b | 24.33 b | 123.28 b | 浓郁 |
| T3 | 56.55 a | 62.68 c | 8.33 c | 4.00 b | 24.03 b | 119.84 b | 淡 |
| CK | 56.25 a | 65.45 bc | 8.10 c | 4.00 b | 24.05 b | 104.54 c | 无 |

2.4 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄品质的影响

由表4可见,增施EM菌和生物纳米有机硒肥,番茄品质的各项指标均得到不同程度的改善。T1、T2、T3处理蛋白质含量均显著高于CK,但3个

处理之间差异不显著,其中T2处理最高,达0.80 g·100 g⁻¹,较CK提高12.68%。各处理可溶性糖含量由高到低依次为T1>T2>T3>CK,T1处理可溶性糖含量达2.07%,较CK显著增加8.38%,T2、T3处理可溶性糖含量均与CK差异不显著。T1、T2、T3处理维生素C含量均高于CK,各处理之间差异显著,其中T2处理维生素C含量最高,达11.00 mg·100 g⁻¹,较CK增加24.01%。镉含量由高到低依次为CK>T1>T2>T3,且各处理之间差异显著,其中T3处理镉含量最低,达3.70 μg·kg⁻¹,较CK降低46.38%。T1、T2、T3处理硒含量均高于CK,且各处理之间差异显著,其中T1处理硒含量最高,达13.00 μg·kg⁻¹,其次是T2处理,达7.90 μg·kg⁻¹,而T3处理则<6.00 μg·kg⁻¹,CK未检测出硒。结果表明,增施EM菌和生物纳米有机硒肥可以显著降低番茄镉含量,提高蛋白质、可溶性糖、维生素C及硒含量,从而改善品质,且增施EM菌可促进硒的吸收。

表4 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄品质的影响

Table 4 Effects of increasing effective microorganisms and nano-bio selenium fertilizer on quality of tomato

| 处理 | w(蛋白质)/(g·100 g ⁻¹) | w(可溶性糖)/% | w(维生素C)/(mg·100 g ⁻¹) | w(镉)/(μg·kg ⁻¹) | w(硒)/(μg·kg ⁻¹) |
|----|---------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| T1 | 0.78 a | 2.07 a | 10.60 b | 5.20 b | 13.00 a |
| T2 | 0.80 a | 1.93 b | 11.00 a | 4.90 c | 7.90 b |
| T3 | 0.79 a | 1.92 b | 10.10 c | 3.70 d | <6.00 c |
| CK | 0.71 b | 1.91 b | 8.87 d | 6.90 a | 0.00 d |

2.5 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄经济效益的影响

由表5可见,增施EM菌和生物纳米有机硒肥虽然增加了投入,但都明显提高了经济效益。T1处理番茄总产值最高,达223 400.70元·hm⁻²,且增加利润也最高,达18 990.15元·hm⁻²。增加利润由高到低依次为T1>T2>T3,且各处理之间差异显著。结果表明,虽然增施EM菌和生物纳米有机硒肥增加了成本投入,但提高了产量和产值,两者复合施用(T1处理)比CK增加利润18 990.15元·hm⁻²。

表5 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄经济效益的影响

Table 5 Effects of increasing effective microorganisms and nano-bio selenium fertilizer on economic benefit of tomato

| 处理 | 增加真希投入/(元·hm ⁻²) | 增加EM菌投入/(元·hm ⁻²) | 增加人工投入/(元·hm ⁻²) | 增加投入合计/(元·hm ⁻²) | 产量/(kg·hm ⁻²) | 总产值/(元·hm ⁻²) | 增加产值/(元·hm ⁻²) | 增加利润/(元·hm ⁻²) |
|----|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| T1 | 10 282.95 | 4 076.10 | 3 612.90 | 17 971.95 a | 74 466.90 a | 223 400.70 a | 36 962.10 a | 18 990.15 a |
| T2 | 10 282.95 | | 3 612.90 | 13 895.85 b | 72 561.00 b | 217 683.00 b | 31 244.40 b | 17 348.55 b |
| T3 | | 4 076.10 | 3 612.90 | 7 689.00 c | 65 460.45 c | 196 381.35 c | 9 942.75 c | 2 253.75 c |
| CK | | | | | 62 146.20 d | 186 438.60 d | | |

3 讨论与结论

3.1 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄生长及产量的影响

EM菌含有大量的有益微生物和蛋白质、氨基酸等活性营养物,有益微生物通过快速繁殖而抑制有害菌的增殖,并将根系分泌物转化成糖类、氨基酸和维生素等多种生理活性物质,改善土壤微生态环境,增强土壤酶活性,从而促进植物生长发育,提高产量;或者直接被植物吸收,提高光合作用效率,增加光合产物积累,从而使作物增产^[20]。生物纳米有机硒肥含有高活性的纳米硒和多种活性营养物质,能消除氧自由基,提高胆色素原脱氨酶和尿卟啉原合酶活性,促进尿卟啉原III及叶绿素合成前体物质的合成,从而提高叶绿素含量,增强光合作用效率,促进植物生长,增加作物产量^[21-22]。本研究结果表明,增施EM菌和生物纳米有机硒肥均能提高番茄茎粗,促进番茄生长发育,提高番茄产量,与CK相比,T1、T2、T3分别增产19.83%、16.76%、5.33%,这与王瑞良等^[23]、杨森等^[24]的观点一致。此外,笔者在田间观察还发现增施EM菌和生物纳米有机硒肥的植株叶片变绿变厚,植株强壮,笔者的试验进一步说明了两者的复合施用增产效果更明显。

3.2 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄品质的影响

番茄的风味和口感决定于葡萄糖、果糖、柠檬酸和苹果酸的组成成分及含量,甜味主要与果糖和葡萄糖有关,酸味主要与柠檬酸和苹果酸有关,鲜味主要与游离氨基酸中的谷氨酸和赖氨酸有关,适宜的糖酸比能使番茄风味浓郁,有滋有味^[25]。EM菌在繁殖代谢过程中会分解土壤中的养分,释放出钾、钙、镁等营养素及氨基酸等有机物^[26],可以被植物根系吸收利用,或通过叶面喷施直接被作物吸收,从而提高品质。施用EM菌发酵有机肥,可以提高番茄可溶性蛋白、可溶性糖和维生素C含量^[27]。硒是植物细胞的激活剂,与碳水化合物代谢、氨基酸代谢和次级代谢密切相关^[11],适量施硒可提高作物中的可溶性固形物、可溶性糖和维生素C含量^[28]。本研究结果表明,在以有机肥为基肥的基础上,增施EM菌和生物纳米有机硒肥可以增大番茄果实纵径,增加肉厚和果实质量,提高番茄蛋白质、可溶性糖和维生素C含量,从而提高营养品质,增强风味,这可能与EM菌和生物纳米有机硒肥促进氨基酸等营养物的产生、调节了糖酸比有关。

3.3 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄果实重金属镉含量的影响

镉是常见的重金属污染物,镉含量超标会对人体及动植物造成伤害。蔬菜是需要精耕细作的“短、平、快”作物,在追求产量的生产过程中往往需要频繁地投入肥料和农药,导致土壤盐碱化严重,重金属含量超标,影响食品安全,这与绿色发展战略背道而驰。EM菌是复合活菌剂,在适宜条件下可以钝化重金属活性而降低蔬菜中重金属含量。冷鹏等^[29]研究表明,施用新型EM菌肥可以有效降低有机蔬菜中的五大重金属(镉、砷、汞、铅、铬)含量,其中番茄仅为CK组的23.81%~36.36%。大量研究表明,硒在一定浓度范围内对重金属镉、铅等有拮抗作用,施硒可以降低番茄果实中的重金属镉和铅含量^[30]。本研究结果表明,无论单施还是配施EM菌和生物纳米有机硒肥(真希)均能显著降低番茄果实中的镉含量,较CK降低了24.64%~46.38%,使番茄食用更安全,这与前人研究结果相一致。

3.4 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄果实硒含量的影响

目前,人们主要通过药品及膳食补充硒元素,而在种养过程中施用外源硒肥来增加农产品的硒含量是最为广泛的方法。施用生物纳米有机硒肥可以有效提高蔬菜的硒含量,且与施用浓度和施用次数等因素有关^[14,24]。本研究结果表明,根部淋施真希500倍液3次+叶面喷施真希300倍液2次可以有效提高番茄果实中的硒含量,且配施EM菌的硒含量更高(T1处理硒含量为13.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$),这可能是EM菌的活性物质促进了硒的吸收。

3.5 增施EM菌和生物纳米有机硒肥对番茄经济效益的影响

本试验结果表明,增施EM菌和生物纳米有机硒肥虽然增加了成本投入,但提高了产量和产值,两者复合施用(T1)的总产值达到最高,为223 400.70元 $\cdot\text{hm}^{-2}$,增加利润也最多,比CK多获得18 990.15元 $\cdot\text{hm}^{-2}$,这与梁祖珍等^[31]和庄映红等^[32]研究结果相一致。

综上所述,增施EM菌和生物纳米有机硒肥能促进番茄生长发育,果实香气变浓,风味更佳,同时显著降低重金属镉含量,有效提高作物产量和品质,并可生产附加值高的富硒蔬菜,提高经济效益,对蔬菜产业高质量发展具有深远而重要的意义。EM菌是有益活菌,对土壤和作物无害,为产生持续

的效果需要定期补充以维持其数量优势,一般 7~10 d 施一次。生物纳米有机硒肥含有硒成分,低浓度的硒有促进作用,而高浓度的硒有抑制甚至毒害作用,因此需根据不同作物、不同硒肥种类、不同施硒浓度和不同施用次数来协调使用,以防硒含量超标。本试验结果表明,根部淋施 EM 菌 150 倍液+真希 500 倍液 3 次+叶面喷施 EM 菌 150 倍液+真希 300 倍液 2 次是番茄最佳施用方式。

参考文献

- [1] TIEMAN D M, ZHU G T, RESENDE M F R, et al. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor[J]. *Science*, 2017, 355(6323):391-394.
- [2] ALSEEKH S, SCOSSA F, WEN W W, et al. Domestication of crop metabolomes: desired and unintended consequences[J]. *Trends in Plant Science*, 2021, 26(6):650-661.
- [3] 程国亭, 娄茜棋, 栗现芳, 等. 番茄果实风味物质组成及其影响因素研究进展[J]. *中国蔬菜*, 2022(7):23-33.
- [4] 倪永珍. EM 技术应用研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [5] 丁秀华. 浅谈 EM 及其在蔬菜上的应用效果[J]. *辽宁农业科学*, 1999(4):41-42.
- [6] 孙红霞, 武琴, 郑国祥, 等. EM 对茄子、黄瓜抗连作障碍和增强土壤生物活性的效果[J]. *土壤*, 2001, 33(5):264-267.
- [7] 王东升, 王蓓, 李伟明, 等. 氨基酸水溶肥料和 EM 微生物菌剂对设施白菜生长和品质的影响[J]. *土壤通报*, 2020, 51(3):661-667.
- [8] 甘金佳, 毛玲莉, 蒋水元, 等. 施用 EM 菌发酵有机肥对番茄植株生长、产量和品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2021, 49(24):178-181.
- [9] 潘玲华, 梁祖珍, 罗丽, 等. EM 生物菌肥在黑皮冬瓜上的应用[J]. *南方园艺*, 2015, 26(2):43-44.
- [10] 李红侠, 薛宏宇, 刘小阳, 等. 叶面喷施对胡萝卜 GSH 含量和 GSH-PX 活性的影响[J]. *光谱实验室*, 2013, 30(4):1785-1787.
- [11] 李栋, 李佳奇, 连文超, 等. 农药胁迫和硒元素等干预对作物品质的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(19):6422-6431.
- [12] 徐巧林, 吴文良, 赵桂慎, 等. 微生物硒代谢机制研究进展[J]. *微生物学通报*, 2017, 44(1):207-216.
- [13] 杨辉, 王丽红, 孔阳, 等. 微生物合成纳米硒的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(15):339-344.
- [14] 覃柳兰, 梁祖珍, 庄映红, 等. 微生物纳米硒在蔬菜栽培中的应用研究初报[J]. *南方园艺*, 2021, 32(3):19-21.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [16] 中华人民共和国农业部. 蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘量法: NY/T 1278—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定: GB 5009.86—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中镉的测定: GB 5009.15—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中硒的测定: GB 5009.93—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [20] 岳明灿, 王志国, 陈秋实, 等. 减施化肥配施微生物菌剂对番茄产质量和土壤肥力的影响[J]. *土壤*, 2020, 52(1):68-73.
- [21] MIN Z, CHUNLI L, PING C. Effects of processing conditions of the green- leafy vegetable juice enriched with selenium on its quality stability[J]. *Journal of Food Engineering*, 2004, 62(4):393-398.
- [22] 赵肖琼, 赵润柱, 罗杰, 等. 硒对胁迫下番茄幼苗叶绿素合成代谢的影响[J]. *园艺与种苗*, 2022, 42(3):7-8, 27.
- [23] 王瑞良, 张永娥, 姚静, 等. “EM”菌发酵有机肥对番茄生长发育及土壤理化性状的影响[J]. *中国果菜*, 2009(5):21-24.
- [24] 杨森, 楚蓁, 于志强, 等. 生物纳米硒对组培生姜植株生长与产量的影响[J]. *中国瓜菜*, 2022, 35(5):85-89.
- [25] 程国亭, 娄茜棋, 栗现芳, 等. 番茄果实风味物质组成及其影响因素研究进展[J]. *中国蔬菜*, 2022(7):23-33.
- [26] 杨振华, 张迪. EM 菌液对不同基因型草莓果实产量及品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2021, 49(22):141-146.
- [27] 滕世辉, 王道利, 周绪元, 等. EM 有机肥肥效特性及其在番茄有机栽培上的应用效果[J]. *蔬菜*, 2009(11):36-38.
- [28] 张一雯, 迟凤琴, 张久明, 等. 喷施外源硒对番茄和西瓜果实硒含量及品质的影响[J]. *北方园艺*, 2021(2):47-52.
- [29] 冷鹏, 方瑞元, 张祥胜, 等. 新型 EM 菌肥对有机蔬菜产量及重金属含量的影响[J]. *中国果菜*, 2018, 38(10):25-28.
- [30] 张庆社, 闫妞, 赵玉玲, 等. 叶面喷施外源硒对番茄果实品质的影响[J]. *现代农业科技*, 2017(10):66-67.
- [31] 梁祖珍, 庄映红, 覃柳兰, 等. “EM+生物纳米有机硒肥”对荔浦芋产量和品质的影响[J]. *南方园艺*, 2022, 33(5):21-25.
- [32] 庄映红, 梁祖珍, 覃柳兰, 等. “真希富硒微生物肥+EM 生物菌液”在黄瓜生产上的应用效果研究[J]. *上海蔬菜*, 2021(4):60-62.