

## 蚯蚓粪有机肥袋料栽培对番茄生长、产量和品质的影响

蒋洪丽<sup>1, 3</sup>, 雷 琪<sup>1, 3</sup>, 吴淑芳<sup>1, 3\*</sup>, 冯 浩<sup>1, 2, 3</sup>

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

3. 西北农林科技大学中国旱区节水农业研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 陕北设施大棚普遍存在土壤肥力差、有机质含量低、过量施用化肥等问题。为加快该区设施大棚农业发展、提高水土资源利用率、增加农民收入, 利用蚯蚓粪有机肥袋料栽培和传统土壤栽培 2 种模式, 选用适宜当地种植的“金棚秋盛”番茄品种, 采用水肥一体化滴灌灌溉方式, 研究了蚯蚓粪有机肥对番茄生长、产量和品质的影响。研究表明: 与传统土壤栽培相比, 蚯蚓粪有机肥袋料栽培显著促进了番茄植株的生长, 提高株高 5.2%, 增加茎粗 29.1%, 提高坐果率 15.4%, 且能增加产量 22.0%, 并提高产值 113.4%。番茄氨基酸、总糖、维生素 C 含量和糖酸比以及果型和果色等外观品质均高于传统土壤栽培模式。研究表明, 蚯蚓粪有机肥袋料栽培能有效提高番茄产量、改善果实品质和提高农户收入, 是适宜在陕北大棚推广的有效栽培模式。

**关键词:** 蚯蚓粪有机肥; 番茄; 产量; 果实品质

陕北地区地处黄土高原, 地势起伏大, 地形破碎, 基本农田面积小, 土地生产力低, 但光照资源丰富, 适宜发展设施农业<sup>[1]</sup>。在中国加入 WTO 和西部大开发的环境下, 国家和陕西省通过很多扶持政策促进了陕北的生态建设和设施农业的发展<sup>[2]</sup>。到 2014 年, 设施蔬菜面积由 2008 年的不足 1.3 万  $\text{hm}^2$  增加到 6.7 万  $\text{hm}^2$ <sup>[3]</sup>, 设施蔬菜产量占全省蔬菜总产量的 35.6%<sup>[4]</sup>。2018 年中央一号文件提出乡村振兴战略后, 陕西省省委、省政府和榆林市、延安市等也陆续出台相关政策<sup>[5]</sup>。《延安市乡村振兴战略规划(2018-2022 年)》提出构建“一主两翼”现代农业生产体系, 即做强苹果产业、做优设施农业和做现代化养殖业。良好的政策为陕北的设施农业提供了发展机遇, 但其发展仍受到耕地资源短缺、利益趋势和农户种植水平不高等不利因素的影响, 且还存在盲目施肥和化肥滥用的情况。结合设施农业调查发现, 土壤利用强度高和农产品投入过大是设施土壤退化的根本原因, 不合理的利用方

式严重影响了设施栽培的土壤健康质量和农产品质量安全<sup>[6]</sup>。

梁家河村是陕北黄土丘陵沟壑区的典型代表, 土壤贫瘠、耕地面积小, 农户知识和管理水平较低, 设施农业种植结构和经营方式单一, 生产的产品质量不高、综合效益低, 难以满足市场需求, 且产业融合度低。目前, 随着新农村建设试点的实施和乡村旅游业的迅速发展, 对设施农业特色产品的需求旺盛。为了保持设施栽培土壤的持续生产功能和提高农产品质量安全, 需要创新有限土地资源管理和引入更安全长效的种植模式, 以提高水土资源利用效率和加快该区设施农业的发展。

蚯蚓粪有机肥具有良好的通气排水性, 含有大量氮、磷、钾等大量元素和丰富的铁、锰、锌等微量元素, 以及多种氨基酸、微生物和活性酶等营养物质, 多孔结构也使其有很好的供肥力和保肥力<sup>[7]</sup>。可作为育苗基质、土壤改良剂和生物有机肥等用于农业生产<sup>[8]</sup>, 能促进植物生长发育<sup>[9-11]</sup>、提高作物产量和品质<sup>[12-14]</sup>、改善土壤肥力<sup>[15-17]</sup>、缓解土壤连作障碍<sup>[18]</sup>、降低土传病害发病率<sup>[19-20]</sup>等。

以传统土壤栽培模式为对照, 通过试验研究了蚯蚓粪有机肥袋料栽培对设施大棚番茄生长、产量和品质的影响, 为蚯蚓粪有机肥在陕北设施农业中推广应用提供参考和依据。

收稿日期: 2021-06-07; 录用日期: 2021-08-22。

基金项目: 中国科学院 STS 区域重点项目 (KFJ-STQ-108)。

作者简介: 蒋洪丽 (1998-), 硕士研究生, 研究方向为蚯蚓粪有机肥设施农业研究。E-mail: JHLwyyx@163.com。

通讯作者: 吴淑芳, E-mail: wsfs@163.com。

## 1 材料及方法

### 1.1 试验区概况

试验在黄土高原中南部的陕西省延川县文安驿镇梁家河村 (110°15'E, 36°45'N) 进行。试验区是典型的陕北黄土丘陵沟壑区, 属半湿润易旱气候区, 年均气温 11.5℃, 年降水量 500 ~ 600 mm, 降雨年际和季节变化大, 主要集中在夏季 7 ~ 9 月。梁家河地区土壤肥力水平偏低, 土壤贫瘠, 试验前测得 0 ~ 20 cm 表层土壤理化性质为: 有机质 9.1 g/kg, 全氮 1.1 g/kg, 全磷 1.0 g/kg, 全钾 22.4 g/kg; 粘粒、粉粒、砂粒的含量分别为 18.1%、57.0%、24.9%, 属粉质粘壤土。试验大棚所在地地下水深约 20 m, 测试得地下水中的钠离子含量超过 250 mg/L, 全盐含量超过 11 g/L, 水质为高度含盐水。

### 1.2 试验材料

试验所用番茄品种为“金棚秋盛”, 是经过嫁接育苗技术培育的适合当地种植的品种。蚯蚓粪有机肥来自陕西却行生物科技有限公司。蚯蚓粪有机肥的有机质含量为 237 g/kg, 全氮、磷、钾含量分别为 9.3、11.5、9.3 g/kg。本研究中施用的钾肥是山东五神牛生物科技有限公司生产的磷酸二氢钾 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), 每袋为 400 g。生物有机肥来自宜川县鸿鹏农牧有限责任公司, 有机质含量为 400 g/kg。

### 1.3 试验设计

试验设置 2 个处理, 分别为施用蚯蚓粪有机肥袋料栽培模式和原棚内传统土壤栽培模式。每个处理 3 次重复。蚯蚓粪基质袋料栽培处理每小区种植 7 行, 每行设置 22 个基质袋, 每袋中装入 15 kg 蚯蚓粪有机肥, 在袋中分别挖穴移栽间距 10 cm 幼苗两株, 点水补墒定植、盖好, 袋四周用土夯实, 株距为 35 cm, 行距是 1.8 m。传统土壤栽培处理每小区同样种植 7 行, 每行的一侧种植 22 株幼苗, 株距为 35 cm, 行距是 1.8 m。田间水分管理均为番茄根部水肥一体化滴灌方式, 根据具体的土壤干湿状况和植物需水情况进行灌溉 (图 1)。施肥方面, 传统土壤栽培处理施用了磷肥和生物有机肥作基肥, 2 种肥的用量分别为 572.62 和 257.68 kg/hm<sup>2</sup>。除此之外, 蚯蚓粪有机肥处理和传统土壤处理均在第一期果膨大期和第二期果膨大期时分别随滴灌追施 76.35 和 229.05 kg/hm<sup>2</sup> 的钾肥。考虑到夏季高温番

茄定植管理技术要求高, 易发病害, 且晚期上市能提高经济效益, 故将番茄定植时间做了适当延后, 于 2019 年 7 月 28 日定植。

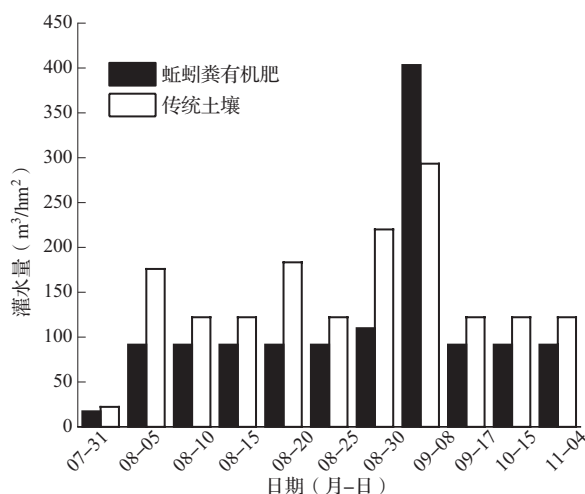


图1 不同栽培模式的灌水量情况

### 1.4 相关指标的采集与数据分析

根据生育期每两到三周用卷尺测一次株高, 用游标卡尺测量番茄植株地上部分主茎的横茎和纵茎, 记录每一穗果的开花数和坐果数。在番茄果实成熟期选取两处理中长势均匀的植株, 从中随机采摘成熟番茄用电子天平称量单果重, 并按照单株坐果数计算产重; 用游标卡尺测量番茄的果高、横径和纵径, 观察并记录果实颜色 and 有无裂果、畸形果的情况, 并从每个处理中随机挑选 12 个新鲜番茄样品送至西北农林科技大学检测中心进行品质检测。通过市场调查和销售情况, 了解到蚯蚓粪有机肥袋料栽培的番茄售价为 7 元/kg, 传统土壤栽培的番茄售价为 4 元/kg, 用于计算产值 (纯收入)。

试验数据用 Excel 2016 进行计算和整理, 采用 SPSS 26.0 中 *t* 检验来比较差异显著性, 图形采用 Origin 2021 绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 蚯蚓粪有机肥对番茄农艺性状的影响

#### 2.1.1 蚯蚓粪有机肥对番茄株高、茎粗的影响

蚯蚓粪有机肥可以显著促进番茄植株株高和茎粗的增长 (图 2)。番茄植株定植后的前 20 d, 2 个处理的株高增长速度相接近, 20 d 以后蚯蚓粪有机肥处理的株高增长速度要明显高于传统土壤处理; 后 4 次的测量高出传统土壤处理 4.1% ~ 6.2%, 增

长效果明显 ( $P<0.05$ ), 到 11 月 24 日, 蚯蚓粪有机肥处理的株高相比传统土壤处理高出 9.33 cm。在前期传统土壤处理的茎粗大于蚯蚓粪有机肥处理, 但在 9 月 17 日以后的增长幅度很小, 而蚯蚓粪有机肥处理仍能保持继续增长, 且与传统土

壤处理形成显著差异 ( $P<0.05$ )。后 4 次结果表明蚯蚓粪有机肥处理的茎粗比传统土壤处理分别增加了 31.5%、31.8%、33.0% 和 29.1%。到 11 月 24 日, 蚯蚓粪有机肥处理的茎粗相比传统土壤处理粗 3.16 mm。

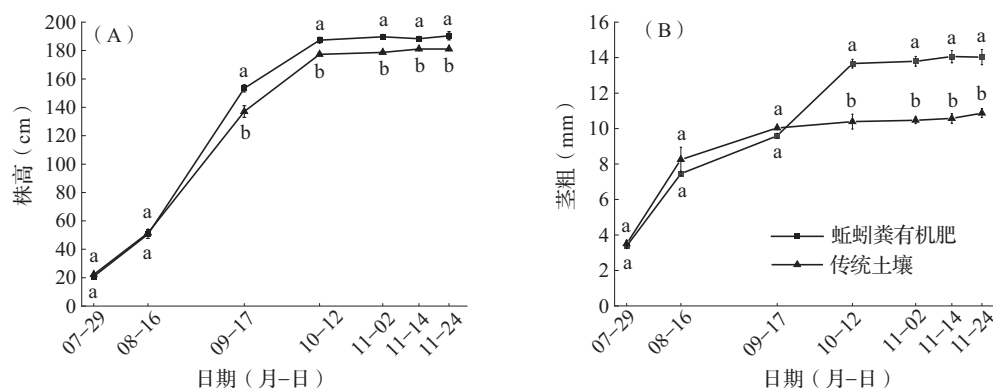


图2 不同栽培模式下番茄株高和茎粗的变化

注: 图中不同小写字母表示同一时间点不同处理间差异显著 ( $P<0.05$ )。

### 2.1.2 蚯蚓粪有机肥对番茄坐果率的影响

蚯蚓粪有机肥处理的番茄坐果率均大于传统土壤处理的番茄坐果率; 且 2 个处理的坐果率都随着番茄的生育期呈先上升后下降的趋势 (图 3)。在第五穗时, 传统土壤处理的坐果率明显下降, 相比蚯蚓粪有机肥处理的坐果率低 38.0%, 两处理间呈现显著差异 ( $P<0.05$ )。从整个生育期来看, 蚯蚓粪有机肥处理的番茄坐果率比传统种植高 14.4%, 且差异显著。

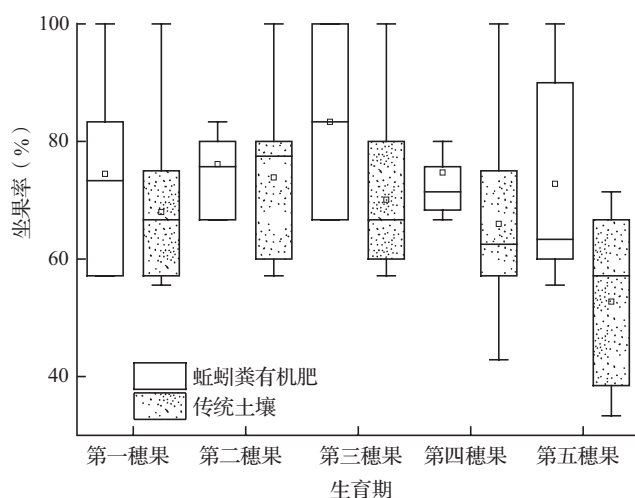


图3 不同栽培模式下的番茄坐果率

### 2.1.3 蚯蚓粪有机肥对番茄产量和生产效益的影响

蚯蚓粪有机肥袋料栽培处理的番茄相比传统土壤栽培其单果重、产量及投入成本信息见表 1。由表 1 可以看出, 蚯蚓粪有机肥处理的番茄单果重为 281.71 g, 比传统土壤处理重 7.4%, 产量也高出 22.0%, 且形成显著性差异 ( $P<0.05$ )。两者单果重和产量形成显著性差异的原因是蚯蚓有机肥含有大量植物所需的营养物质和良好的通气排水性, 多孔结构也使其有很好的供肥力和保肥力, 能促进植物生长发育。从表 1 中可以看出, 蚯蚓粪有机肥处理的生产成本比传统土壤处理高出 388069 元 /hm<sup>2</sup>, 其成本的增加是因为蚯蚓有机肥的购买和运输费用较高, 每袋成本均价为 25 元。蚯蚓有机肥处理的产投比 (净收入 / 成本) 仅为 2.21, 而传统土壤处理可达 65.20, 但其产值较传统土壤处理高出 68 万元 /hm<sup>2</sup>, 净收入也高出 29 万元 /hm<sup>2</sup>。且蚯蚓粪有机肥袋料栽培是一次性投入的, 第二、三茬除追加少量钾肥可继续无投入种植, 同样能产生较高经济效益, 加之蚯蚓有机肥处理种植的番茄更美观、果实品质高, 在形成品牌后市场售价会有所提高, 具有很好的增值潜力。

表 1 不同栽培模式下的产量和生产效益情况

| 处理     | 成本 (元 /hm <sup>2</sup> ) |      |      |        | 单果重<br>(g)     | 产量<br>(t/hm <sup>2</sup> ) | 产值<br>(万元 /hm <sup>2</sup> ) |
|--------|--------------------------|------|------|--------|----------------|----------------------------|------------------------------|
|        | 基肥                       | 钾肥   | 水费   | 合计     |                |                            |                              |
| 蚯蚓粪有机肥 | 396825                   | 611  | 1501 | 398938 | 281.71 ± 4.89a | 182.84 ± 26.50a            | 127.99                       |
| 传统土壤   | 5291                     | 1832 | 1934 | 9058   | 262.35 ± 2.04b | 149.91 ± 9.31b             | 60.00                        |

注：同列标有不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

## 2.2 蚯蚓粪有机肥对番茄品质的影响

### 2.2.1 蚯蚓粪有机肥对番茄外观品质的影响

蚯蚓粪有机肥处理的番茄果型较好，为（近）圆形果，无裂果、畸形果的现象，而传统土壤处理有轻微的裂果和畸形果的现象，裂果率为 6.5%，

其百颗畸形果数为 4 ~ 6 颗（表 2）。在番茄成熟期观察发现，蚯蚓粪有机肥处理的番茄果色多呈现为熟透的红色，而传统土壤处理存在相当一部分的粉色果，果皮偏透明，粉果的番茄红素低于红果，营养价值较低。

表 2 不同栽培模式下的番茄外观品质

| 处理     | 果高 (cm)      | 果径 (cm)      | 果型指数         | 果型    | 裂果 | 畸形果 | 果色    |
|--------|--------------|--------------|--------------|-------|----|-----|-------|
| 蚯蚓粪有机肥 | 6.75 ± 0.37a | 8.26 ± 0.45a | 0.82 ± 0.04a | （近）圆形 | 无  | 无   | 红色    |
| 传统土壤   | 6.23 ± 0.45a | 8.47 ± 0.40a | 0.74 ± 0.07a | 扁圆形   | 轻  | 轻   | 红色、粉色 |

注：表中“轻”表示发生率在 1% ~ 10%。

### 2.2.2 蚯蚓粪有机肥对番茄果实品质的影响

蚯蚓粪有机肥处理的果实营养品质要高于传统土壤处理（表 3），2 个处理的脯氨酸由于含量太低未被检测出，胱氨酸的含量相同；蚯蚓粪有机肥处理的蛋氨酸含量高出了 1 倍，剩余的 14 种氨基酸含量比传统土壤处理高出 5.56% ~ 26.67%。蚯

蚓粪有机肥处理的总糖含量相比传统土壤处理提高 6.43%，总酸含量提高 3.13%，糖酸比提高了 3.20%，维生素 C 含量有所增加；硝酸盐含量降低了 16.83%，但均明显低于中国蔬菜硝酸盐标准允许量 432 mg/kg，显著提高了果实的营养价值。

表 3 不同栽培模式下的番茄果实品质

| 检测项目  | 单位 | 传统土壤  | 蚯蚓粪有机肥 | 增加量 (%) |
|-------|----|-------|--------|---------|
| EAA   |    |       |        |         |
| 苏氨酸   | %  | 0.019 | 0.021  | 10.53   |
| 缬氨酸   | %  | 0.012 | 0.013  | 8.33    |
| 蛋氨酸   | %  | 0.002 | 0.004  | 100     |
| 异亮氨酸  | %  | 0.012 | 0.013  | 8.33    |
| 亮氨酸   | %  | 0.019 | 0.021  | 10.53   |
| 苯基丙氨酸 | %  | 0.015 | 0.019  | 26.67   |
| 赖氨酸   | %  | 0.022 | 0.025  | 13.64   |
| 小计    |    | 0.101 | 0.116  | 14.85   |
| NEAA  |    |       |        |         |
| 天冬氨酸  | %  | 0.090 | 0.107  | 18.89   |
| 丝氨酸   | %  | 0.018 | 0.019  | 5.56    |

续表

| 检测项目      | 单位       | 传统土壤  | 蚯蚓粪有机肥 | 增加量 (%) |
|-----------|----------|-------|--------|---------|
| 谷氨酸       | %        | 0.408 | 0.487  | 19.36   |
| 脯氨酸       | %        | 未检出   | 未检出    | —       |
| 甘氨酸       | %        | 0.014 | 0.016  | 14.29   |
| 丙氨酸       | %        | 0.013 | 0.014  | 7.69    |
| 胱氨酸       | %        | 0.004 | 0.004  | 0       |
| 酪氨酸       | %        | 0.009 | 0.01   | 11.11   |
| 小计        |          | 0.556 | 0.657  | 18.17   |
| CEAA、NEAA |          |       |        |         |
| 组氨酸       | %        | 0.011 | 0.013  | 18.18   |
| 精氨酸       | %        | 0.014 | 0.016  | 14.29   |
| 小计        |          | 0.025 | 0.029  | 16.00   |
| 氨基酸总计     |          | 0.682 | 0.802  | 15.60   |
| 总糖        | %        | 1.40  | 1.49   | 6.43    |
| 总酸        | g/kg     | 5.12  | 5.28   | 3.13    |
| 维生素 C     | mg/100 g | 30.69 | 31.06  | 1.21    |
| 可溶性固形物    | %        | 4.7   | 4.7    | 0.00    |
| 亚硝酸盐      | mg/kg    | 未检出   | 未检出    | —       |
| 硝酸盐       | mg/kg    | 101   | 84     | -16.83  |
| 蛋白质       | g/100 g  | 1.04  | 0.90   | -13.46  |

注：(1) 最低检出限：脯氨酸 3 pmol；亚硝酸盐：1.0 mg/kg。(2) EAA 为人体必需氨基酸；NEAA 为非必需氨基酸；CEAA 为儿童必需氨基酸。

3 讨论

蚯蚓粪有机肥因为丰富的营养物质和良好的理化特性受到关注，广泛应用于农业生产、动物饲料、吸附和除臭等方面<sup>[7-8, 21]</sup>。目前，国内外施用蚯蚓粪有机肥种植生菜<sup>[22]</sup>、烟草<sup>[23]</sup>和胡椒等<sup>[24]</sup>作物的效果明显，关于蚯蚓粪有机肥对番茄农艺性状、产量和品质的影响，许多学者也做出了大量研究。

3.1 蚯蚓粪有机肥对番茄农艺性状的影响

已有众多研究表明，蚯蚓粪有机肥能促进番茄生长并实现增产。本研究表明，蚯蚓粪有机肥可以显著增加番茄植株株高和茎粗以及提高坐果率(图 2 和 3)，这与前人的研究结果一致<sup>[18, 25]</sup>。果实膨大期，番茄植株的生长速度加快，且蚯蚓粪有机肥处理比传统土壤处理更能持续增长；蚯蚓粪

有机肥处理的第五穗坐果率也较传统土壤处理提高了 43.8%。蚯蚓粪有机肥处理的单果重和产量均高于传统土壤处理，这也与前人的研究结果相符合。吴珏等<sup>[26]</sup>研究发现，施用蚯蚓粪处理的番茄单果质量、果实横径及产量均大于对照，可提高产量 4.9% ~ 16.2%。张宁<sup>[12]</sup>发现蚯蚓粪能提高番茄和西瓜的单果重和总产量。另有研究表明，蚯蚓粪肥通过增加开花数和果实单果重来增加作物产量<sup>[27-28]</sup>。这是因为蚯蚓粪有机肥富含多种矿质元素、有机质和多种微生物，疏松多孔的性质也使其具有一定的吸附和富集能力，可作为一种缓释肥，能在较长时间持续提供养分<sup>[29-30]</sup>。

3.2 蚯蚓粪有机肥对番茄品质的影响

蚯蚓粪有机肥能持续为作物提供养分，提高品质<sup>[31]</sup>。蚯蚓粪有机肥能提高番茄植株的光合作用和根系活力，促进其对养分的吸收，进而提高番

茄的品质和产量<sup>[32]</sup>。本试验的番茄果实外形更圆,维生素C、总糖、总酸和总氨基酸含量更高,结果与前人一致<sup>[33]</sup>。程远等<sup>[34]</sup>认为果型越圆的樱桃番茄,其总糖、有机酸、总氨基酸含量和可溶性固形物越高,果实风味也相对好一些。本试验的结果也表明了这一点,这也为挑选良好的番茄提供了一定的理论依据。

本研究中,虽然蚯蚓粪有机肥处理的生产成本高,但番茄的产量、品质和口感都有所提高,对番茄售价具有正向促进的作用,可提高经济收入。且蚯蚓粪有机肥的肥力高,可作为基质进行长期种植,可“一次引入,多次使用”。有研究表明,施用蚯蚓粪有机肥种植芥菜的4个连续播种期中,磷元素在第一茬吸收最高,氮和钾元素在第二茬吸收最高,并可持续在4个播种期提供养分<sup>[35]</sup>。Meena等<sup>[36]</sup>也表明蚯蚓粪不仅能提高第一茬作物的产量,对后续种植的作物也有显著的剩余优势。

在梁家河地区是首次使用蚯蚓粪有机肥种植作物,随着政策的实施形成当地特色有机设施农业以后,能促进当地形成特色品牌和产业链,增加农户收入。同时随着人们生活水平的提高,对果实品质也提出了更高的要求,所以使用蚯蚓粪有机肥种植优质果蔬也有一定的潜在市场和增值潜力。目前,在陕北温室大棚中应用蚯蚓粪有机肥袋装基质种植番茄已获得了初步成效,可以在当地推广种植其他经济作物。

#### 4 结论

与传统土壤栽培模式相比,蚯蚓粪有机肥袋料栽培模式可以显著促进番茄植株的生长,提高株高、茎粗和坐果率,降低裂果率和畸形果率,改善果实品质和外观品质,果实的适口性更好、风味更佳、营养价值更高;番茄产量提高了22.0%,产值提高113.4%。应用蚯蚓粪有机肥进行基质袋料栽培是提高番茄产量、改善品质和提高农户收入的有效栽培措施,值得在陕北温室大棚中进一步推广,也可以应用于当地其他经济作物栽培。

#### 参考文献:

- [1] 党永华, 吴金娥. 陕北黄土高原区日光温室蔬菜产业发展的几点思考[J]. 中国农学通报, 2006, 22(6): 269-272.
- [2] 李平安, 王同经, 张兴先. 西部开发 生态先行——关于陕北生态环境建设的几个问题[J]. 决策咨询通讯, 2003(1): 60-63.
- [3] Hu W, Zhang Y, Huang B, et al. Soil environmental quality in greenhouse vegetable production systems in eastern China current status and management strategies [J]. Chemosphere, 2017, 170: 183-195.
- [4] 中国农业研究网. 陕西省蔬菜设施数量和面积不断增加[EB/OL]. (2015-04-13)[2021-06-07]. <http://ny.chinain.com/news/20150413/154007798.shtml>.
- [5] 卢东宁, 孙文. 乡村振兴战略视阈下陕北地区农业现代化路径分析[J]. 辽宁农业科学, 2019(3): 55-59.
- [6] 张艳霞, 陈智坤, 胡文友, 等. 陕西省设施农业土壤退化现状分析[J]. 土壤, 2020, 52(3): 640-644.
- [7] 周美荣, 孙振江, 申晓强. 蚯蚓粪的研究及应用[J]. 山西农业科学, 2012, 40(8): 921-924.
- [8] 庞宇飞, 张高升, 王志旺, 等. 蚯蚓粪的应用现状研究[J]. 现代农业科技, 2017(12): 196, 198.
- [9] 刘忠华, 赵帅翔, 刘会芳, 等. 蚯蚓粪复合基质对番茄穴盘育苗影响的试验研究[J]. 中国土壤与肥料, 2019(4): 208-212.
- [10] 聂欣. 基于蚯蚓堆肥的蔬菜、水稻、烟草育苗基质开发及其持水性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2017.
- [11] Zucco M A, Walters S A, Chong S, et al. Effect of soil type and vermicompost applications on tomato growth [J]. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 2015, 4: 135-141.
- [12] 张宁. 蚯蚓堆肥对西瓜和番茄生长、品质及产量的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [13] Haghighi M, Barzegar M R, Silva J A T D. The effect of municipal solid waste compost, peat, perlite and vermicompost on tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) growth and yield in a hydroponic system [J]. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 2016, 5: 231-242.
- [14] Zaller J G. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties [J]. Scientia Horticulturae, 2007, 112(2): 191-199.
- [15] 井大炜, 王明友, 张红, 等. 蚯蚓粪配施尿素对豇豆根系特征与根际土壤腐殖质的影响[J]. 农业机械学报, 2017, 48(1): 212-219.
- [16] 吴军虎, 邵凡凡, 刘侠. 蚯蚓粪对土壤团聚体组成和入渗过程水分运移的影响[J]. 水土保持学报, 2019, 33(3): 81-87.
- [17] Athokpam H, Wani S H, Sarangthem I, et al. Effects of vermicompost and boron on tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Pusa ruby) flowering, fruit ripening, yield and soil fertility in acid soils [J]. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, 2016, 9(5): 847-853.
- [18] 许永利, 张俊英, 袁跃广, 等. 设施番茄连作土壤的改良措施研究[J]. 北方园艺, 2010(5): 60-62.
- [19] 董卫华, 陈旭, 周静, 等. 蚯蚓粪肥对大棚有机番茄生产中土壤理化性质和生产效益的影响[J]. 现代农业科技, 2018(19): 72-73.

- [20] Yattoo A M, Ali M N, Baba Z A, et al. Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea: a review [J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2021, 41 (7): 1–26.
- [21] 刘大伟, 陈井生, 王芳, 等. 蚯蚓粪在农业生产中的应用研究进展 [J]. *湖北农业科学*, 2019, 58 (14): 8–11.
- [22] 杨乐琦. 观赏生菜高效优质栽培技术研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- [23] 程亚倩, 周洁, 李司童, 等. 蚯蚓粪肥对陕西烟区烤烟生长及品质的影响 [J]. *西南农业学报*, 2020, 33 (2): 347–356.
- [24] Huerta E, Vidal O, Jarquin A, et al. Effect of vermicompost on the growth and production of amashito pepper, interactions with earthworms and rhizobacteria [J]. *Compost Science & Utilization*, 2010, 18 (4): 282–288.
- [25] 尚庆茂, 张志刚. 蚯蚓粪在番茄育苗上的应用效果 [J]. *中国蔬菜*, 2005 (9): 10–12.
- [26] 吴珏, 李建勇, 刘娜. 蚯蚓粪有机肥对番茄产量、品质和土壤化学性质的影响 [J]. *上海农业学报*, 2018, 34 (4): 16–19.
- [27] 仲随军, 宋忠俭, 樊继刚. 蚯蚓粪有机肥在甜瓜上的应用效果研究 [J]. *现代农业科技*, 2012 (10): 287.
- [28] 于跃跃, 王胜涛, 金强, 等. 施用蚯蚓粪对草莓生长和土壤肥力的影响 [J]. *中国农学通报*, 2014, 30 (7): 219–223.
- [29] 周东兴, 申雪庆, 周连仁, 等. 蚯蚓粪对番茄农艺性状和品质的影响 [J]. *东北农业大学学报*, 2012, 43 (11): 28–33.
- [30] 李司童. 蚯蚓粪替代部分化肥对土壤性状及烤烟生长与品质的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [31] Rathore S, Kumar R. Vermicompost fertilization and pinching improves the growth, yield, and quality of super food (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the western Himalaya [J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2021, 43 (23): 1–16.
- [32] 刘学才, 陈玲, 李胜奇, 等. 施蚯蚓粪对日光温室土壤及番茄产量与品质的影响 [J]. *应用生态学报*, 2021, 32 (2): 549–556.
- [33] Wang X, Zhao F, Zhang G, et al. Vermicompost improves tomato yield and quality and the biochemical properties of soils with different tomato planting history in a greenhouse study [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2017, 8: 01978.
- [34] 程远, 万红建, 姚祝平, 等. 不同品种樱桃番茄氨基酸组成及风味分析 [J]. *核农学报*, 2019, 33 (11): 2177–2185.
- [35] Nurhidayati N, Machfudz M, Murwani I. Direct and residual effect of various vermicompost on soil nutrient and nutrient uptake dynamics and productivity of four mustard Pak–Coi (*Brassica rapa* L.) sequences in organic farming system [J]. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2018, 7 (2): 173–181.
- [36] Meena B P, Kumar A, Lal B, et al. Sustainability of popcorn–potato cropping system improves due to organic manure application and its effect on soil health [J]. *Potato Research*, 2019, 62 (3): 253–279.

### Effect of vermicompost organic fertilizer bagged cultivation on tomato growth, yield and quality

JIANG Hong-li<sup>1, 3</sup>, LEI Qi<sup>1, 3</sup>, WU Shu-fang<sup>1, 3\*</sup>, FENG Hao<sup>1, 2, 3</sup> (1. College of Water Resource and Architectural, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi 712100; 3. Institute of Water Saving Agriculture in Arid and Semiarid Areas of China, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract:** Problems such as poor soil fertility, low organic matter content and excessive application of chemical fertilizer are common in facility greenhouses in northern Shaanxi. In order to speed up the development of greenhouse agriculture, improve the utilization rate of water and soil resources, and increase farmers' income, the effect of vermicompost organic fertilizer on tomato growth, yield and quality were studied. The two cultivation models of vermicompost organic fertilizer bagged cultivation and traditional soil cultivation were set up. The tomato "Jinpengqiusheng" suitable for local was used, and drip irrigation with integrated water and fertilizer was adopted. The results showed that compared with traditional soil cultivation, vermicompost organic fertilizer treatment promoted significantly the growth of tomato plants, which increased plant height by 5.2%, stem diameter by 29.1%, and fruit setting rate by 15.4%. And it increased the yield by 22.0% and output value by 113.4%. The contents of amino acid, total sugar, vitamin C, sugar acid ratio, fruit shape and color of tomato were higher than those of traditional soil cultivation model. The results of the experiment showed that vermicompost organic fertilizer bagged cultivation could effectively improve tomato yield, fruit quality and farmers' income, and it was an effective cultivation model suitable for promotion in greenhouse in northern Shaanxi.

**Key words:** vermicompost organic fertilizer; tomato; yield; fruit quality