

刘中良,高 昕,张艳艳,等. 基质栽培与土壤栽培番茄品质产量的比较研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):124-127.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.022

# 基质栽培与土壤栽培番茄品质产量的比较研究

刘中良<sup>1</sup>,高 昕<sup>2</sup>,张艳艳<sup>1</sup>,谷端银<sup>1</sup>,焦 娟<sup>1</sup>,高俊杰<sup>1</sup>,刘世琦<sup>3,4</sup>

(1. 泰安市农业科学研究院,山东泰安 271018; 2. 山东农业大学经济管理学院,山东泰安 271018;

3. 山东农业大学园艺科学与工程学院,山东泰安 271018; 4. 农业部园艺作物生物学重点开放实验室,山东泰安 271018)

**摘要:**利用比较试验,以番茄品种 STP-F318 为试材,开展了基质栽培与土壤栽培对番茄品质和产量的影响研究。结果表明,基质栽培较土壤栽培明显提高番茄的净光合速率,改善果实品质,其中 TCJ 处理净光合速率最大,达到  $17.53 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,番茄果实维生素 C 含量以 TCJ 处理最高,为  $31.92 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ,DCJ 处理次之,为  $31.45 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ,TCJ 处理与除 DCJ 处理外的其他处理差异显著。番茄红素含量和维生素 C 含量变化趋势类似,基质栽培较同茬土壤栽培均增加。DQJ 处理、TQJ 处理、TCJ 处理和 DCJ 处理的糖酸比分别为 8.23、8.31、8.42、8.54,口感更佳。除 DQJ 基质处理外,各处理同茬基质栽培较土壤栽培增产,其中 DCJ 处理产量最高,为  $192\ 501.75 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。从年经济效益看,泰山、岱岳 2 个基地基质栽培较土壤栽培分别提高了 116 083.10、57 003.97 元/ $\text{hm}^2$ 。

**关键词:**基质;番茄;净光合速率;品质;产量

**中图分类号:** S641.204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)01-0124-04

我国是世界上番茄栽培面积最大、生产总量最多的国家,常年产量稳定在 5 000 万 t 以上<sup>[1]</sup>。番茄作为我国设施主栽蔬菜作物之一,具有生育期长、需肥量大、产值高等特点,但在其生产中为追求高产量、高效益,而盲目施肥的现象普遍。相关研究表明,设施蔬菜 N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  投入量平均分别超出推荐量的 2.5 倍、10.4 倍和 2.5 倍<sup>[2]</sup>。过量施肥导致土壤养分比例失衡,引起蔬菜抗逆性变差,土壤盐渍化、土传病害加重等连作障碍问题致使蔬菜硝酸盐含量超标、品质下降<sup>[3]</sup>。此外,设施蔬菜生产长期处于高集约化、高复种指数的生产状态,土壤环境缺少雨水淋洗及高温高湿的生态环境,易导致土壤环境恶性循环<sup>[4]</sup>。化肥过量施肥、农作物秸秆和禽畜粪便已经成为导致我国农业资源环境质量下降的主要因素<sup>[5-6]</sup>。

我国农业废弃物产量巨大,如何利用已成为当前农村经济发展急需解决的问题<sup>[7]</sup>。基质栽培作为无土栽培的主要形式,可以有效实现农业废

弃物高效利用,避免了环境污染。目前,基质栽培广泛采用的是草炭和岩棉,易造成资源浪费、环境污染。农业废弃物基质化利用可有效解决因废弃物造成的环境和社会问题,且来源广泛、价格低廉,成为当前栽培的热点<sup>[8-9]</sup>。丰军辉等通过调查发现,农村农业废弃物基质化率为 15.50%<sup>[10]</sup>。李天鹏等研究表明, $V_{\text{菇渣}}:V_{\text{蚓粪}}=8:1$  适宜番茄育苗<sup>[11]</sup>。也有研究表明, $V_{\text{菇渣}}:V_{\text{蛭石}}=(8\sim4):1$  适宜番茄育苗<sup>[12]</sup>。基质栽培不仅提高了资源利用率,利于番茄生长,也显著改善番茄品质,提高产量。王鹏等研究发现,基质栽培可显著提高番茄果实的维生素 C、可溶性固形物和可溶性糖的含量,改善口感品质糖酸比,提高产量 12.5%~16.8%<sup>[13]</sup>。王博等研究表明,基质栽培可以提高设施番茄的品质<sup>[14]</sup>,也可有效克服青枯病等土传病害<sup>[15]</sup>。关于基质栽培番茄肥水管理亦有报道<sup>[16-17]</sup>。本研究以前期基质配方研究为基础,开展基质栽培与土壤栽培番茄产量及品质比较研究,为基质栽培示范推广提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试番茄品种为 STP-F318,由 AWET 种子有限公司选育。栽培基质(菌渣、稻壳、牛粪和沙子)由山东农业大学资源与环境学院提供,经充分腐熟后配制, $V_{\text{菌渣}}:V_{\text{稻壳}}:V_{\text{牛粪}}:V_{\text{沙子}}=4:2:1:1$ <sup>[18]</sup>,用量

收稿日期:2018-07-27

基金项目:山东省重点研发计划(编号:2018GNC110037);山东省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队项目(编号:SDAIT-05-09)。  
作者简介:刘中良(1984—),男,山东台儿庄人,硕士,农艺师,主要从事设施蔬菜无土栽培研究。E-mail:sdau0525@126.com。

通信作者:高俊杰,博士,研究员,主要从事设施蔬菜栽培生理研究。  
E-mail:sdau0525@foxmail.com。

600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。栽培基质及试验基地土壤理化性状见表 1。所需肥料为金正大量元素水溶肥料(N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O ≥ 60%, 20 - 20 - 20 + TE), 购于金正大生态工程集团股份有限公司。

1.2 试验设计

试验分别于 2017 年 7 月 10 日至 2018 年 1 月 24 日(秋冬茬)、2018 年 2 月 2 日至 2018 年 7 月 15 日(早春茬)在山东省泰安市农业科学研究院研究示范基地(泰山示范基地和岱岳示范基地)日光温室中进行,温室长度、跨度和脊高为 90 m × 12 m × 4.8 m。泰山基地秋冬茬番茄土壤栽培和基质栽培

分别以 TQT、TQJ 表示,早春茬以 TCT、TCJ 表示;岱岳基地秋冬茬土壤栽培和基质栽培分别以 DQT、DQJ 表示,早春茬以 DCT、DCJ 表示。番茄种子分别于 2017 年 7 月 10 日至 8 月 25 日、2018 年 2 月 2 日至 3 月 19 日穴盘育苗。基质栽培槽长、宽、深分别为 8、40、25 cm,槽距 1.4 m,栽培槽采用半隔离式,槽边用地膜与土壤隔离,槽底不铺。对照(CK)为种植户常规土壤栽培,栽培模式与基质种植模式一致,每槽种植 2 行,株距 30 cm,水肥一体化管理。2 茬番茄均于 5 穗果摘心打顶,每穗留 4 个果,其他均按照常规管理,水溶肥每茬用量为 1 500 kg/hm<sup>2</sup>。

表 1 基质与土壤养分情况

处理	pH 值	全氮含量 (%)	速效氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (%)	EC 值 (mS/cm)
基质	7.65	0.78	745.07	825.26	5 610.40	24.89	4.46
泰山基地土壤	6.18	0.20	619.90	484.19	2 581.96	0.92	1.72
岱岳基地土壤	6.45	0.24	638.51	462.74	2 627.03	0.96	1.85

1.3 指标测定

番茄果实指标于山东农业大学园艺科学与工程学院农业部园艺作物生物学重点开放实验室进行测定。待第 3 穗果成熟时(12 月 17 日、6 月 22 日),采用 LI - 6400 光合仪,于 10:00—10:30 选择顶部往下第 5 张成熟叶片测定光合速率;同时随机选取 10 棵 20 个 3 穗果测定品质指标。维生素 C 含量和可溶性糖含量分别采用 2,6 - 二氯酚酚比色法、硫酸 - 蒽酮比色法测定<sup>[19]</sup>;采用高效液相色谱法测定番茄红素含量<sup>[20]</sup>;糖酸比为可溶性糖含量与有机酸含量比值。每次收获计产,累计产量。番茄收益按照当地农贸市场实际收购价计算。

1.4 数据处理

收益公式:

$$P = Y \times I。$$

式中: *P* 为收益,元/hm<sup>2</sup>; *Y* 为产量,kg/hm<sup>2</sup>; *I* 为价

格,元/kg。

经济效益公式:

$$EI = P - FC - SC。$$

式中: *EI* 为经济效益,元/hm<sup>2</sup>; *Y* 为产量,kg/hm<sup>2</sup>; *FC* 为肥料成本,元/hm<sup>2</sup>; *SC* 为基质成本,元/hm<sup>2</sup>。

所有试验数据用 Excel 2003 整理,DPS 7.05 软件统计分析,Sigmaplot 14.0 软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 基质栽培与土壤栽培对番茄光合速率的影响

净光合速率与产量、品质存在密切关系。各处理番茄的净光合速率如图 1 所示,TCJ 处理净光合速率最大,达到 17.53 μmol/(m<sup>2</sup> · s),其次是 DCJ 处理,为 17.45 μmol/(m<sup>2</sup> · s),二者间无明显差异。此外,基质栽培番茄叶片净光合速率高于同茬土壤栽培净光合速率,表明基质栽培利于提高净光合速率。

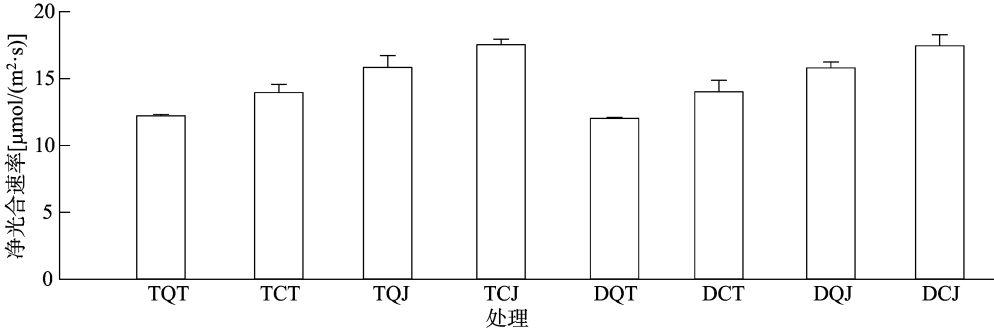


图1 基质栽培与土壤栽培对番茄叶片净光合速率的影响

2.2 基质栽培与土壤栽培对番茄品质的影响

番茄果实维生素 C、番茄红素和可溶性糖含量

是重要的品质指标。由表 2 可知,基质栽培处理改善番茄果实品质,其中维生素 C 含量以 TCJ 处理最

高,为 31.92 mg/100 g,DCJ 处理次之,为 31.45 mg/100 g,TCJ 处理与除 DCJ 处理外的其他处理差异显著,且基质栽培处理维生素 C 含量均高于同茬土壤栽培。番茄红素含量和维生素 C 含量变化趋势类似,基质栽培番茄果实番茄红素含量较同茬土壤栽培均增加,表明基质栽培对番茄果实番茄红素积累有促进作用,其中 DCJ 处理番茄红素含量最高,为 7.15 mg/100 g。各处理间可溶性糖含量多无显著差异,为 1.42% ~ 1.84%。糖酸比是评价番茄果实重要的口感品质,DQJ 处理、TQJ 处理、TCJ 处理和 DCJ 处理的糖酸比分别为 8.23、8.31、8.42、8.54,口感均较佳。此外,无论基质栽培还是土壤栽培,春茬番茄果实糖酸比优于秋茬,这可能与春季随着气温升高,温光适宜番茄生长有关。

2.3 基质栽培与土壤栽培对番茄产量及效益的影响

由表 3 可知,在泰山基地基质栽培番茄产量较土壤栽培显著提高,同茬基质栽培较土壤栽培增产

表 3 基质栽培与土壤栽培对番茄产量及效益的影响

处理	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	年产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	均价 (元/kg)	收益 (元/hm <sup>2</sup> )	肥料成本 (元/hm <sup>2</sup> )	基质成本 (元/hm <sup>2</sup> )	经济效益 (元/hm <sup>2</sup> )	年经济效益 (元/hm <sup>2</sup> )
TQT	130 033.51e	291 042.74	1.5	195 050.26	30 000	0	165 050.26	457 068.74
TCT	161 009.24c		2.0	322 018.48	30 000	0	292 018.48	
TQJ	150 126.75d	324 637.52	1.8	270 228.16	30 000	10 500	229 728.16	573 151.84
TCJ	174 510.76b		2.2	383 923.68	30 000	10 500	343 423.68	
DQT	136 074.76e	326 685.76	1.5	204 112.13	30 000	0	174 112.13	525 334.14
DCT	190 611.01a		2.0	381 222.01	30 000	0	351 222.01	
DQJ	133 241.25e	325 743.00	1.8	239 834.25	30 000	10 500	199 334.25	582 338.11
DCJ	192 501.75a		2.2	423 503.86	30 000	10 500	383 003.86	

注:肥料成本 = 1 500 kg/hm<sup>2</sup> × 20 元/kg = 30 000 元/hm<sup>2</sup>,基质成本 = 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> × 105 元/m<sup>3</sup> = 63 000 元/hm<sup>2</sup>,适用 3 年<sup>[21]</sup>,即 10 500 元/(茬·hm<sup>2</sup>)。

3 结论与讨论

我国农业废弃物资源数量大、种类多、分布广,由此引发的环境问题日趋严重,如何实现农业废弃物资源化利用将是一项前景广阔的产业<sup>[22]</sup>。以往研究主要以还田为主,单一产业处理难以消纳当地所有的农业废弃物<sup>[23]</sup>。光合速率反映作物利用光能的大小,直接关系作物光合产物的积累。本研究结果表明,基质栽培番茄较土壤栽培可明显提高光合速率,为增产奠定基础,TCJ 处理净光合速率最大,为 17.53 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。这与基质的生理生化特性相协调有很大的关系,例如基质栽培通气透水性、水肥利用率高于土壤栽培<sup>[24]</sup>。以往研究主要是基质处理间对比。毛碧增等研究表明,基质栽培显著

表 2 基质栽培与土壤栽培对番茄品质的影响

处理	维生素 C 含量 (mg/100 g)	番茄红素含量 (mg/100 g)	可溶性糖含量 (%)	糖酸比
TQT	26.06e	5.78c	1.42b	6.22c
TCT	28.27d	6.68ab	1.70ab	7.28b
TQJ	30.00bc	6.45abc	1.60ab	8.31a
TCJ	31.92a	7.06ab	1.81ab	8.42a
DQT	25.90e	5.77c	1.51ab	6.25c
DCT	28.48cd	6.67ab	1.73ab	7.16b
DQJ	30.05bc	6.37bc	1.62ab	8.23a
DCJ	31.45ab	7.15a	1.84a	8.54a

注:同列数据后不同小写字母表示在 5% 水平差异显著。下同。

8.39% ~ 15.45%,而在岱岳基地 DQJ 处理较 DQT 处理有所减产,减产率为 2.08%,DCJ 处理产量最高,为 192 501.75 kg/hm<sup>2</sup>。由于基质栽培番茄具有较好口感品质(糖酸比)和外观品相,均价上基质栽培高于土壤栽培 0.4 ~ 0.5 元/kg(市场价格)。从年经济效益上看,2 个基地基质栽培均高于土壤栽培,分别达到 573 151.84、582 338.11 元/hm<sup>2</sup>,较土壤栽培分别提高 116 083.10、57 003.97 元/hm<sup>2</sup>。

提高番茄幼苗的光合速率,有助于培育壮苗<sup>[25]</sup>。番茄果实中营养成分的含量决定其口感品质和营养品质。基质栽培明显提高番茄的番茄红素、维生素 C 和可溶性糖等品质含量,改善番茄糖酸比等口感品质<sup>[26-27]</sup>。相关研究表明,稻壳分解慢,能显著改善基质的通透性,为作物提供所需养分<sup>[28]</sup>。腐熟菌渣在腐熟过程中通过微生物降解将有机物向稳定的腐殖质发酵转化<sup>[29]</sup>。稻壳和菌渣等优化配制基质,能够明显地改善番茄的根际微环境,提高土壤的酶活性和有益微生物数量,提高根系活力,促进养分吸收<sup>[30]</sup>。本研究发现,基质栽培较土壤栽培番茄各品质指标有明显提高,其中番茄红素含量以 DCJ 处理最高,为 7.15 mg/100 g,维生素 C 含量以 TCJ 处理最高,为 31.92 mg/100 g,糖酸比以

DQJ 处理、TQJ 处理、TCJ 处理和 DCJ 处理较佳,分别为 8.23、8.31、8.42、8.54,均优于土壤栽培。由于本研究中基质原料来源同一批次,关于不同来源的基质对番茄品质的影响有待进一步研究和验证。

本研究结果表明,基质栽培较土壤栽培番茄产量显著提高。除 DQJ 基质处理外,基质栽培均较土壤栽培增产。王博等研究表明,基质栽培显著提高番茄产量,配方  $V_{\text{牛粪}}:V_{\text{玉米秆}}:V_{\text{菇渣}}:V_{\text{草炭}}:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{河沙}}=2.5:2:1:1:1:2.5$  的产量最高,为  $9\,317.89\text{ kg}/667\text{ m}^2$ <sup>[14]</sup>。马彦霞通过连续开展了 3 年的栽培基质研究表明,基质栽培年限越长越不利于番茄植株生长,但对基质酶活性和主要养分的影响较小<sup>[31]</sup>。本研究下一步将对基质栽培年限对番茄产量、品质的稳定性、年限性及补充率等进行深入研究。综合考虑番茄品质、产量及效益等因素,基质栽培番茄品质较土壤栽培有明显提高,产量、效益增加,总体优于土壤栽培。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国农业部. 番茄 2016 年市场分析及 2017 年市场预测[EB/OL]. (2017-01-22)[2019-10-08]. [http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/jcyj/201701/t20170122\\_5461550.htm](http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/jcyj/201701/t20170122_5461550.htm).
- [2] 张怀志,唐继伟,袁 硕,等. 津冀设施蔬菜施肥调查分析[J]. 中国土壤与肥料,2018(2):54-60.
- [3] 李俊良,崔德杰,孟祥霞,等. 山东寿光保护地蔬菜施肥现状及问题的研究[J]. 土壤通报,2002,33(2):126-128.
- [4] 顾京晏,顾 卫,张 化,等. 我国设施农业土壤次生盐渍化生物改良措施研究进展[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2016,52(1):70-75.
- [5] 郭利京,王 颖. 中国农业面源污染与经济增长关系及治理对策研究[J]. 东北农业大学学报(社会科学版),2017,15(5):30-38.
- [6] 吴义根,冯开文,李谷成. 我国农业面源污染的时空分异与动态演进[J]. 中国农业大学学报,2017,22(7):186-199.
- [7] Ding Z Y, Liu S, Meng F S, et al. Discussion on the reasonable utilization of agricultural wastes [C]//New energy and sustainable development: proceedings of 2016 international conference on new energy and sustainable development. Singapore: World Scientific Publishing, 2017:587-594.
- [8] 范如芹,罗 佳,高 岩,等. 农业废弃物的基质化利用研究进展[J]. 江苏农业学报,2014,30(2):442-448.
- [9] Torkashvand A M, Alidoust M, Khomami A M. The reuse of peanut organic wastes as a growth medium for ornamental plants [J]. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 2015,4(2):85-94.
- [10] 丰军辉,张俊飏,何 可. 成本限定下农业废弃物循环利用行为研究[J]. 中国农业大学学报,2014,19(4):234-242.
- [11] 李天鹏,赵海涛,颜志俊,等. 菇渣基质添加蚓粪对番茄幼苗的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2016,37(4):103-108.
- [12] 齐露露,姚 旭,李季蔓,等. 添加蚓粪和蛭石对菇渣育苗基质培育番茄幼苗的影响[J]. 中国农学通报,2018,34(18):54-58.
- [13] 王 鹏,王 净,刘社平,等. 不同有机基质配比对番茄生长发育、产量和果实品质的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):211-213.
- [14] 王 博,王树鹏,胡云飞,等. 不同配方复合基质对设施番茄栽培生长、品质及产量的影响[J]. 西北农业学报,2015,24(8):131-138.
- [15] 梁玉芹,杨 阳,刘 云,等. 无土基质材料对作物生长及病害防治的研究进展[J]. 华北农学报,2016,31(增刊1):421-425.
- [16] 赵常旭,郁继华,冯 致,等. 控释肥对基质栽培番茄产量、品质及养分利用率的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2017,52(2):34-40.
- [17] 张小兰,徐 阳,张金伟,等. 不同配比的控释肥对日光温室袋培番茄基质养分及其生长、产量和品质的影响[J]. 水土保持学报,2018,32(3):309-314.
- [18] 焦 娟,谷端银,刘中良,等. 菌渣基质配方对设施番茄生长、光合特性和品质的影响[J]. 山东农业科学,2018,50(1):34-39,44.
- [19] 李小方,张志良. 植物生理学试验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2016.
- [20] 中华人民共和国农业部种植业管理司. 蔬菜及制品中番茄红素的测定 高效液相色谱法:NY/T 1651—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [21] 宋为交,贺超兴,于贤昌,等. 不同种植年限有机土基质的变化及其对温室黄瓜生长的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(10):2857-2862.
- [22] 徐宇鹏,朱洪光,成潇伟,等. 农业废弃物资源化利用产业进化与多产业联动研究[J]. 中国农机化学报,2018,39(4):90-94.
- [23] 刘中良,郑建利,焦 娟,等. 麦秸、菌渣和稻壳还田对日光温室番茄品质及产量的影响[J]. 核农学报,2017,31(11):2243-2249.
- [24] 庞姝姝,李友丽,赵 倩,等. 有机发酵液对不同基质栽培番茄的生育和品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2018,38(5):32-39.
- [25] 毛碧贺,贺满桥,陈丽闽,等. 蘑菇菌糠复配生物基质对番茄营养生长及光合作用的影响[J]. 核农学报,2015,29(9):1821-1827.
- [26] 刘中良,焦 娟,谷端银,等. 基质栽培对日光温室番茄品质和产量的影响[J]. 天津农学院学报,2018,25(3):13-16.
- [27] 颜 旭,王新右,赵 帆,等. 栽培基质配方对日光温室番茄生长及果实品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2014,49(4):58-62.
- [28] 高中超,中本和夫,王秋菊,等. 稻壳深施对碱土物理性质和苜蓿产量的影响[J]. 土壤通报,2014,45(4):990-995.
- [29] 余文娟,陈罡晓,牛庆良. 不同类型菇渣发酵前后理化性质的变化[J]. 上海农业学报,2014,30(5):74-80.
- [30] 陈双臣,刘爱荣,贺超兴,等. 有机土栽培和土壤栽培番茄根际基质微生物和酶活性的比较[J]. 土壤通报,2010,41(4):815-818.
- [31] 马彦霞. 日光温室番茄栽培基质的根际环境及化感作用研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2013.