

有机生态肥对日光温室土壤有机质和番茄的影响

毛涛¹, 王勤礼², 赵蕊¹, 闫芳², 李文伟¹, 赵霞¹

(1. 张掖市耕地质量建设管理站, 甘肃 张掖 734000; 2. 河西学院, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 在张掖市甘州区日光温室内进行了施用有机生态肥对日光温室土壤有机质和有机碳及番茄生产影响的试验。结果表明, 在纯养分投入量相等的条件下, 施用有机生态肥 22.50 t/hm² 与当地习惯施肥(施尿素 860 kg/hm²+磷酸二铵 1 410 kg/hm²+硫酸钾 620 kg/hm²+硫酸锌 80 kg/hm²+硼酸 60 kg/hm²+钼酸铵 20 kg/hm²)相比较, 土壤有机质、有机碳和有机碳密度分别增加 27.69%、27.72%和 7.79%。番茄单果重、单株果重和折合产量分别增加 7.07%、5.69%和 7.21%; 产值、施肥利润和肥料投资效率分别增加 7.16%、34.33%和 9.62%。说明合理施用有机生态肥, 可明显提高土壤有机质和番茄生产效益。在张掖市日光温室番茄生产中, 有机生态肥(自制畜禽粪便组合肥、自制番茄专用肥和自制生物增效肥按风干重比 0.866 7:0.120 0:0.013 3 混合搅拌均匀, 含有机质 22.92%、N 3.48%、P₂O₅ 2.90%、K₂O 1.41%、Zn 0.06%、B 0.02%、Mo 0.04%, 有效活菌数 0.20 亿/g)施肥量为 22.50 t/hm² 时, 番茄折合产量为 106.03 t/hm², 分别较纯养分投入量相等的当地习惯施肥处理、不施任何肥料处理(CK)增产 7.21%、38.13%, 为有机生态肥的最佳施肥量。

关键词: 有机生态肥; 番茄; 日光温室; 土壤; 有机质; 产量; 经济效益

中图分类号: S641.2; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)09-0013-05

[doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.09.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.09.005)

甘肃省张掖市地处河西走廊中段、祁连山北麓, 是典型的灌溉农业区。区内日照充

收稿日期: 2020-06-01; 修订日期: 2020-07-24

基金项目: 张掖市耕地质量提升与化肥减量增效技术集成研究与示范推广项目; 张掖市(黑河流域)山水林田湖生态保护修复工程有机肥替代化肥示范推广奖补项目。

作者简介: 毛涛(1972—), 男, 甘肃民乐人, 高级农艺师, 主要从事肥料施用及耕地质量提升技术推广工作。Email: 398847709@qq.com。

碱土调理剂以 9 000 kg/hm² 为宜, 有利于玉米生物产量的最大化。

参考文献:

- [1] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [2] 张建中, 闫治斌, 王学, 等. 多功能调理剂对甘肃河西内陆盐渍土理化性质和甜高粱产量的影响[J]. 土壤, 2016, 48(5): 901-909.
- [3] 蔡阿兴, 蒋其鳌, 常运诚. 沼气肥改良碱土及其增产效果研究[J]. 土壤通报, 1999(1): 4.
- [4] 于妍. 有机物料与再生水联合修复滨海重度盐碱化土壤研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2012.
- [5] 袁洁, 俄胜哲, 姚嘉斌, 等. 脱硫石膏改良盐碱土技术的机理及研究进展[J]. 甘肃农业科技, 2014(9): 42-44.
- [6] 丁强. 利用脱硫废弃物改造滨海新区盐碱土[J]. 天津科技, 2011(5): 50-51.
- [7] 秦萍, 张俊华, 孙兆军, 等. 土壤结构改良剂对重度碱化盐土的改良效果[J]. 土壤通报, 2019, 50(2): 414-421.
- [8] 殷厚民, 胡建, 王青青, 等. 松嫩平原西部盐碱土旱作改良研究进展与展望[J]. 土壤通报, 2017, 48(1): 236-242.
- [9] 郭天云, 郭天海, 何增国. 磷石膏对盐碱地改良效果及对玉米的影响[J]. 甘肃农业科技, 2019(7): 48-52.
- [10] 安东, 李新平, 张永宏, 等. 不同土壤改良剂对碱积盐成土改良效果研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(5): 115-118.
- [11] 孙在金. 脱硫石膏与腐殖酸改良滨海盐碱土的效应及机理研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2013.

(本文责编: 陈伟)

足,昼夜温差大,灌溉条件便利,土壤肥力水平相对较高,生产的蔬菜品种多产量高。截至 2018 年,全市各类蔬菜种植面积达到 5.59 万 hm^2 ^[1]。经调查,张掖市日光温室种植的番茄折合产量为 105 ~ 110 t/hm^2 ,氮磷钾纯养分投入量为 1.74 t/hm^2 ,而有机肥氮磷钾纯养分投入量仅为 0.31 t/hm^2 。长期施用化肥导致土壤质量下降,有机质含量低,可溶性盐分积累,土壤酶活性降低,生产的蔬菜品质差^[2-6]。近年来,有关有机肥料对作物产量和品质影响已有相关文献报道,而针对有机生态肥对温室土壤主要性质和番茄品质及效益影响的研究未见文献报道。我们以区域日光温室番茄为突破口,选择自主研发的畜禽粪便组合肥、番茄专用肥和生物增效肥为原料,采用正交试验方法筛选出有机生态肥最佳配方,并对该配方有机生态肥在番茄生产中进行试验验证,旨在用有机生态肥替代部分化肥,为保障蔬菜安全生产,减少化肥施用量,改善蔬菜品质提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2019 年在甘肃省张掖市甘州区沙井镇沙井村日光温室进行。当地海拔 1 451 m, $100^{\circ} 15' 56'' \text{E}$, $39^{\circ} 39' 01'' \text{N}$, 年均降水量 116 mm, 年均蒸发量 1 850 mm, 年均气温 7.50°C , 年日照时数 3 246 h, 无霜期 160 d。试验地土壤类型为灌漠土^[7], 土壤质地为壤质, 结构为块状。0 ~ 20 cm 耕作层土壤含有机质 20.15 g/kg、有机碳 11.69 g/kg、碱解氮 66.31 mg/kg、速效磷 9.56 mg/kg、速效钾 142.36 mg/kg、有效硼 0.42 mg/kg、有效锰 9.43 mg/kg、有效铜 1.12 mg/kg、有效锌 0.48 mg/kg、有效铁 7.64 mg/kg、有效钼 0.13 mg/kg, pH 8.08, CEC 为 18.56 cmol/kg , 可溶性盐含量为 2.22 g/kg, 容重为 1.46 g/cm^3 、总孔隙度为 44.91%、大于 0.25 mm 团聚体为 30.37%。前茬黄瓜。

1.2 供试材料

供试肥料有尿素(含 N 46%, 由中化化肥有限公司生产并提供)、磷酸二铵(含 N 18%、 P_2O_5 46%, 由云南云天化国际化工股份有限公司生产并提供)、硫酸钾(含 K_2O 50%, 由国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司生产并提供)、硫酸锌(含 Zn 23%, 郑州圣丹利化工产品有限公司生产并提供)、硼酸(含 B 17.50%, 郑州圣丹利化工产品有限公司生产并提供)、钼酸铵(含 Mo 54.30%, 郑州圣丹利化工产品有限公司生产并提供)、腐熟牛粪(含有机质 24.31%、有机碳 14.10%、N 0.35%、 P_2O_5 0.15%、 K_2O 0.31%, 由张掖市耕地质量建设管理站提供)、腐熟羊粪(含有机质 31.40%、有机碳 18.21%、N 0.65%、 P_2O_5 0.47%、 K_2O 0.23%, 由张掖市耕地质量建设管理站提供)、腐熟鸡粪(含有机质 26.09%、有机碳 15.13%、N 1.20%、 P_2O_5 0.40%、 K_2O 0.71%, 由张掖市耕地质量建设管理站提供)、生物菌肥(含有机质 4.12%、N 2.50%、 P_2O_5 3.50%、枯草芽孢杆菌 2.50 亿 /g, 由张掖市耕地质量建设管理站提供)、农用氨基酸(含氨基酸 54.85%、有机质 59.45%、有机碳 34.48%、N 17.89%、 P_2O_5 1.05%、 K_2O 2.12%, 由张掖市耕地质量建设管理站提供)、螺旋藻渣(含氨基酸 3.60%、蛋白质 4.51%, 由张掖市耕地质量建设管理站提供)。指示番茄品种为 FA-1890, 由以色列海泽拉种子公司提供。

1.3 试验方法

1.3.1 有机生态肥配制 选择畜禽粪便组合肥、番茄专用肥和生物增效肥 3 种原料, 每种原料设计 3 个水平施肥量, 按正交表 $L_9(3^4)$ 配制筛选有机生态肥最佳配方^[8]。将自制畜禽粪便组合肥(腐熟牛粪、腐熟羊粪和腐熟鸡粪按风干质量比 0.50 : 0.38 : 0.12 混合配制而成, 含有机质 25.74%, 有机碳 14.93%, N 0.59%, P_2O_5 0.43%, K_2O 0.35%)、自制番

茄专用肥(尿素、磷酸二铵、硫酸钾、硫酸锌、硼酸和钼酸铵按风干质量比 0.334 5 : 0.445 0 : 0.180 6 : 0.022 2 : 0.011 1 : 0.006 6 混合配制而成, 含 N 20.70%、 P_2O_5 9.03%、 K_2O 0.51%、Zn 0.20%、B 0.36%、Mo 0.33%)和自制生物增效肥(生物菌肥、农用氨基酸和螺旋藻渣按风干质量比 0.496 2 : 0.364 5 : 0.139 3 混合配制而成, 含有机质 22.20%、有机碳 12.88%、N 6.66%、 P_2O_5 0.37%、 K_2O 0.74%、氨基酸 20.35%、蛋白质 0.51%)按风干重量比为 0.866 7 : 0.120 0 : 0.013 3 混合搅拌均匀得到自制有机生态肥, 其含有机质 22.92%、N 3.48%、 P_2O_5 2.90%、 K_2O 1.41%、Zn 0.06%、B 0.02%、Mo 0.04%, 有效活菌数 0.20 亿 /g。

1.3.2 试验设计 试验共设 3 个处理, 处理 1 为不施肥(CK); 处理 2 为当地习惯施肥, 即尿素 860 kg/hm²+ 磷酸二铵 1 410 kg/hm²+ 硫酸钾 620 kg/hm²+ 硫酸锌 80 kg/hm²+ 硼酸 60 kg/hm²+ 钼酸铵 20 kg/hm²; 处理 3, 施与当地习惯施肥纯养分投入量相等的自制有机生态肥 22.50 t/hm²。习惯施肥处理在番茄定植前将磷酸二铵、硫酸钾、硫酸锌、硼酸和钼酸铵分别按试验设计用量撒入小区后起垄, 番茄第 1 果穗乒乓球大小时结合灌水追施尿素 300 kg/hm², 番茄第 2 果穗乒乓球大小时结合灌水追施尿素 560 kg/hm², 追施方法为穴施。自制有机生态肥处理在番茄定植前分别按试验设计用量将自制有机生态肥撒入小区后起垄。试验采用随机区组排列, 3 次重复, 小区面积 24 m², 小区四周筑埂。施肥后按垄高 35 cm、垄距 60 cm 的规格起垄覆膜, 在每个栽培垄上各安装 1 条薄壁滴灌带, 滴头间距 35 cm, 流量 2.40 L/h, 每个支管单元压力控制为 0.12 Mpa。于 2019 年 5 月 30 日选择株高 20~22 cm 的番茄壮苗按株行距 35 cm × 60 cm 定植, 定植深度 10 cm, 每垄定植 2 行, 每小区定植 3 垄。

定植后前 7 d, 室温保持 26~28 ℃; 定植 7 d 后, 白天室温控制为 22~26 ℃, 夜间室温控制为 10~12 ℃。分别在番茄定植后、开花期、第 1 果穗乒乓球大小时、第 2 果穗乒乓球大小时、第 3 果穗乒乓球大小时和收获前各滴灌 1 次, 每次灌水量相同, 全生育期灌水量为 120 m³/hm²。番茄收获时每小区选择 3 行, 每行采集 5 株, 共采集 15 株, 分别测定株高、茎粗、地上部分鲜重、单果重和单株果重。每个小区每次采收分别计产, 统计小区每次的合计产量并计算折合产量, 对产量结果进行统计分析。

1.4 测定项目与方法

番茄拉秧后, 在试验小区内按对角线布置 5 个采样点, 采集 0~20 cm 耕作层土样 2 kg, 用四分法留 1 kg, 风干过 1 mm 筛, 采用重铬酸钾法测定土壤有机质。有机碳按公式(有机碳 = 有机质测定值 ÷ 1.724)求得, 茎粗测定采用游标卡尺法。地上部分干重测定: 60 ℃下杀青 1 h, 105 ℃烘至恒重。增产值按公式(增产值 = 增产量 × 产品市场销售价格)求得; 施肥成本按公式(施肥成本 = 肥料施肥量 × 肥料市场销售价格)求得; 施肥利润按公式(施肥利润 = 增产值 - 施肥成本)求得; 肥料投资效率按公式(肥料投资效率 = 施肥利润 ÷ 施肥成本)求得。

土壤有机碳密度(kg/m²) = 土壤有机碳含量(g/kg) × 土壤密度(g/cm³) × 采样深度(cm) × 0.01^[9]

1.5 数据分析方法

采用 SPSS 16.0 统计软件进行数据统计分析, 采用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对日光温室土壤有机质及有机碳的影响

番茄拉秧后不同处理的土壤有机质、有机碳和有机碳密度由大到小的顺序依次为处

理 3、处理 2、处理 1(CK)。处理 3 较处理 2 的有机质和有机碳分别增加 23.29% 和 23.30% ($P < 0.01$), 有机碳密度增加 5.56% ($P < 0.05$); 处理 3 较 CK 的有机质和有机碳分别增加 27.69% 和 27.72% ($P < 0.01$), 有机碳密度增加 7.79% ($P < 0.05$); 处理 2 较 CK 有机质、有机碳和有机碳密度增加 3.57%、3.59% 和 2.08% ($P > 0.05$)。由此可以看出, 施用有机生态肥可显著增加日光温室土壤有机质、有机碳和有机碳密度, 而当地习惯施肥则无显著变化。

2.2 不同处理对番茄农艺性状的影响

从表 1 可以看出, 株高以处理 3 最高, 为 196 cm, 较处理 2 增加 4.81% ($P > 0.05$), 较 CK 增加 33.33% ($P < 0.01$); 处理 2 次之, 为 187 cm, 较 CK 增加 27.21% ($P < 0.01$)。茎粗以处理 3 最粗, 为 2.23 cm, 较处理 2 增加 12.63% ($P < 0.01$), 较 CK 增加 26.71% ($P < 0.01$); 处理 2 次之, 为 1.98 cm, 较 CK 增加 12.50% ($P < 0.01$)。地上部分鲜重以处理 3 最高, 为 3.05 kg/株, 较处理 2 增加 8.16% ($P < 0.05$), 较 CK 增加 26.56% ($P < 0.01$); 处理 2 次之, 为 2.82 kg/株, 较 CK 增加 17.01% ($P < 0.01$)。地上部分干重以处理 3 最高, 为 1.07 kg/株, 较处理 2 增加 8.08% ($P < 0.05$), 较 CK 增加 27.38% ($P <$

表 1 不同处理对番茄农艺性状的影响

处理	株高 /cm	茎粗 /cm	地上部分鲜重 / (kg/株)	地上部分干重 / (kg/株)
1(CK)	147 bB	1.76 cC	2.41 cB	0.84 cB
2	187 aA	1.98 bB	2.82 bA	0.99 bA
3	196 aA	2.23 aA	3.05 aA	1.07 aA

0.01); 处理 2 次之, 为 0.99 kg/株, 较 CK 增加 17.86% ($P < 0.01$)。

2.3 不同处理对番茄经济性状的影响

从表 2 可以看出, 单果重以处理 3 最高, 为 196.05 g, 较处理 2 增加 7.07% ($P < 0.05$), 较 CK 增加 24.95% ($P < 0.01$); 处理 2 次之, 为 183.11 g, 较 CK 增加 16.71% ($P < 0.01$)。单株果重以处理 3 最高, 为 2.23 kg, 较处理 2 增加 5.69% ($P < 0.05$), 较 CK 增加 30.41% ($P < 0.01$); 处理 2 次之, 为 2.11 kg, 较 CK 增加 23.39% ($P < 0.01$)。

2.4 不同处理对番茄产量的影响

从表 2 可以看出, 不同处理番茄的折合产量由大到小的顺序依次为处理 3、处理 2、处理 1(CK)。以处理 3 折合产量最高, 为 106.03 t/hm², 分别较处理 2、处理 1(CK)增产 7.21% ($P < 0.05$)、38.13% ($P < 0.01$); 处理 2 次之, 折合产量为 98.90 t/hm², 较处理 1(CK)增产 28.84% ($P < 0.01$); 处理 1(CK)折合产量最低, 为 76.76 t/hm²。可见施用有机生态肥较当地习惯施肥增产显著, 较对照增产极显著, 当地习惯施肥较对照增产极显著。

表 2 不同处理对番茄经济性状和产量的影响

处理	单果重 /g	单株果重 /kg	折合产量 / (t/hm ²)	产量位次
1(CK)	156.90 cB	1.71 cB	76.76 cB	3
2	183.11 bA	2.11 bA	98.90 bA	2
3	196.05 aA	2.23 aA	106.03 aA	1

2.5 不同处理对番茄经济效益的影响

由表 3 可知, 不同处理番茄的经济效益由大到小的顺序依次为处理 3、处理 2、处理 1(CK)。处理 3 较对照增加产值 7.02 万元 /

表 3 有机生态肥对番茄品质 and 经济效益的影响^①

处理	折合产量 / (t/hm ²)	产值 / (万元/hm ²)	施肥成本 / (万元/hm ²)	施肥利润 / (万元/hm ²)	肥料投资效率 / (元/元)
1(CK)	76.76 cB	18.42			
2	98.90 bA	23.74	0.97	4.35	4.47
3	106.03 aA	25.44	1.19	5.83	4.90

①番茄价格按 2019 年市场平均售价 2 400 元/t 计算。

hm², 增加施肥成本 1.19 万元 /hm², 增加利润 5.83 万元 /hm², 肥料投资效率为 4.90; 处理 2 较对照增加产值 5.32 万元 /hm², 增加施肥成本 0.97 万元 /hm², 增加施肥利润 4.35 万元 /hm², 肥料投资效率为 4.47。处理 3 与处理 2 相比较, 产值、施肥成本、施肥利润和肥料投资效率分别增加 7.16%、22.68%、34.33%和 9.62%。可见, 施用有机生态肥明显提高了产值、利润和肥料投资效率。

3 结论与讨论

试验结果表明, 在纯养分投入量相等的条件下, 施用有机生态肥(自制畜禽粪便组合肥、自制番茄专用肥和自制生物增效肥按风干重量比为 0.866 7 : 0.120 0 : 0.013 3 混合搅拌均匀, 含有机质 22.92%、N 3.48%、P₂O₅ 2.90%、K₂O 1.41%、Zn 0.06%、B 0.02%、Mo 0.04%, 有效活菌数 0.20 亿/g)22.50 t/hm² 处理与当地习惯施肥处理(施尿素 860 kg/hm²+ 磷酸二铵 1 410 kg/hm²+ 硫酸钾 620 kg/hm²+ 硫酸锌 80 kg/hm²+ 硼酸 60 kg/hm²+ 钼酸铵 20 kg/hm²)相比较, 土壤有机质、有机碳和有机碳密度分别增加 27.69%、27.72%和 7.79%, 番茄单果重、单株果重和折合产量分别提高 7.07%、5.69%和 7.21%, 产值、施肥利润和肥料投资效率分别增加 7.16%、34.33%和 9.62%。说明合理施用有机生态肥, 可显著增加土壤有机质、有机碳和有机碳密度, 对番茄株高增加不显著; 可显著增加茎粗、地上部分鲜重、地上部分干重、单果重、单株果重和折合产量, 同时明显提高了产值、施肥利润和肥料投资效率。可见, 本试验条件下, 在张掖市日光温室番茄生产中, 上述有机生态肥最佳施量为 22.50 t/hm², 此时番茄折合产量为 106.03 t/hm², 分别较当地习惯施肥处理、不施任何肥料处理(CK)增产 7.21%、38.13%。

施用有机生态肥可显著提高土壤有机质

含量, 而当地习惯施肥的土壤有机质无显著变化, 究其原因是有机生态肥将大量的有机质带入土壤。畜禽粪便肥中的有机碳是土壤微生物生命活动能量物质和营养物质的直接来源, 土壤微生物直接参与畜禽粪便肥有机质的分解, 对土壤中有机态养分和难溶性养分的分解和转化起着重要的作用^[10]。施用有机生态肥可显著提高番茄单果重、单株果重和产量, 究其原因, 其有效地解决了土壤养分比例失衡的问题, 促进了番茄的生长发育, 提高了产量, 改善了品质。

参考文献:

- [1] 王志伟. 浅谈张掖市蔬菜产业发展技术瓶颈及重点推广技术[J]. 甘肃农业科技, 2019(12): 77-79.
- [2] 侯格平, 甄东升, 孙宁科, 等. 河西走廊蔬菜日光温室土壤次生盐渍化现状及改良对策[J]. 山西农业大学学报, 2018, 38(1): 48-53.
- [3] 王晓巍, 张玉鑫, 马彦霞, 等. 甘肃省蔬菜产业现状及推进发展对策[J]. 甘肃农业科技, 2017(7): 67-70.
- [4] 谢安坤, 李志宏, 张云贵, 等. 不同施氮水平对番茄产量品质及土壤剖面硝态氮的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(1): 26-29.
- [5] 孙世卫, 高雪艳, 芦站根, 等. 不同施氮量对番茄品质的影响[J]. 北方园艺, 2011(1): 36-37.
- [6] 杨玉珍, 孟超然, 张新疆, 等. 氮钾肥用量对膜下滴灌加工番茄产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(1): 60-66.
- [7] 秦嘉海, 吕彪. 河西土壤与合理施肥[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2001: 150-155.
- [8] 明道绪. 田间试验与统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 185-188.
- [9] 黎艳明, 周毅, 陈会智, 等. 粤北次生常绿阔叶林土壤有机碳分布特征研究[J]. 广东林业科技, 2011, 27(4): 6-11.
- [10] 王靖渊, 屠乃美, 何康, 等. 有机肥料对土壤微生物多样性影响研究进展[J]. 天津农业科学, 2016, 22(6): 51-52.

(本文责编: 郑立龙)