

产 CO₂ 气肥残余物对番茄产量和品质的影响^①

王东升, 陈莉莉, 黄忠阳, 孙菲菲, 刁春武, 徐明喜, 吴旭东,
刘庆叶, 吴志鹏, 李伟明*

(南京市蔬菜科学研究所, 南京 210042)

摘要: 为通过田间试验, 研究和比较了商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物对番茄生长和品质的影响。试验结果表明, 施用商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物均可促进番茄产量的增加, 分别较 CK 处理增加了 24.02% 和 28.59%, 但二者之间没有达到显著性差异; 通过对各处理中番茄品质指标的结果分析, 可以得知, 产 CO₂ 气肥残余物显著降低了番茄坏果率, 比有机肥和 CK 处理分别降低了 18.18% 和 33.33%。产 CO₂ 气肥残余物促进了番茄可溶性糖和维生素 C 含量的提升。由此可知, 产 CO₂ 气肥残余物较商品有机肥, 可以增加番茄产量、显著降低番茄果实坏果率并改善番茄果实的品质。

关键词: CO₂ 施肥残渣; 番茄; 产量; 品质

中图分类号: S141.4 **文献标识码:** A

农业生产过程中, 添加化肥可以显著促进农作物的生长, 但随着研究的不断深入, 人们发现, 化肥的长期施用对土壤质量和农作物品质等均造成较大的危害。孔跃等^[1]和郭洁等^[2]在研究中表明, 化学肥料作为一种速效养分物质, 在短期内可以促进农作物产量的提高和改善农产品的品质, 但长期施用会造成土壤酸化、次生盐渍化, 果实品质下降; 且施用化肥成本较高, 易随水流迁移, 污染地下水或造成面源污染。随着经济水平和生活条件的提高, 人们对农产品的要求由简单的数量方面向质量方面不断转换, 因此, 不断开发新型绿色肥料用于提升土壤质量和农产品产量及品质则尤为重要。

目前, 绿色肥料主要包括商品有机肥、生物有机肥、CO₂ 气肥等非化学合成的养料。CO₂ 施肥主要是通过 CO₂ 发生器, 将农田废弃物在特定条件下进行气化, 形成 CO₂ 气体。相比较于商品有机肥和生物有机肥, CO₂ 气肥的施用具有就地取材、易于操作、使农田废弃物再循环等优点而被越来越重视^[3-4]。有研究表明, 大棚温室种植过程中, CO₂ 是农作物生长的一个限制因素, 在秋冬季节, 这种限制性更为明显^[5]。因此, CO₂ 气肥的施用, 有效地解决了日光温

室中因 CO₂ 短缺而导致的农作物减产等现象的发生。张海柱和刘荣魁^[6]研究了 CO₂ 气肥对番茄的影响, 发现 CO₂ 施肥可以显著降低番茄的病害发生率并促进番茄产量的增加。而对于 CO₂ 气肥的研究, 前人主要注重 CO₂ 气体对农作物方面的影响, 对于 CO₂ 施肥过程中所产生的残渣对农作物产量和品质的影响研究则相对较少。为此, 南京市蔬菜科学研究所开展施用产 CO₂ 气肥残余物对农作物产量和品质的影响研究, 旨在为产 CO₂ 气肥残余物的资源化利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验在南京市蔬菜科技园温室大棚中进行。

供试作物为番茄, 品种为“世纪粉冠”, 采用穴盘育苗、人工定植的方法。

供试残渣由南京市蔬菜科学研究所自主研发的发酵装置发酵而成(中国专利号: ZL201120571299.8, 体积 1.68 m³), 发酵原料为废弃中药渣和稻草, 两者体积比为 7:3, 为加速发酵的进行, 向该装置中添加 10%(体积比)的 BGB 微生物菌剂(北京嘉博文生物

基金项目: 江苏省农业三新工程项目(SXGC[2016]006)、2016 年南京市农业科技推广帮扶项目和南京市蔬菜科学研究所技术储备项目资助。

* 通讯作者(liweiming1988@sina.cn)

作者简介: 王东升(1980—), 男, 山西阳泉人, 博士研究生, 主要从事土壤肥料和有机营养型基质等相关研究。E-mail: wdsh000@126.com

有限公司研制)。产 CO₂ 气肥残余物和商品有机肥(南京宁粮公司生产)的主要养分含量见表 1。供试土壤为黄棕壤,其基础养分含量为:有机质 44.32 g/kg,碱解氮 108.06 mg/kg,有效磷 137 mg/kg,速效钾 289 mg/kg,土壤 pH 6.33。

表 1 商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物养分含量
Table 1 Nutrient contents in general commercial fertilizer and fermentation residues of CO₂ fertilization

肥料	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)
商品有机肥	457.82	21.48	12.62	18.71
产 CO ₂ 气肥残余物	367.24	12.31	3.57	7.58

1.2 试验设计

本试验共设置 3 个处理: 处理 1 (OF): 只施用商品有机肥, 施用量为 500 kg/667m²; 处理 2 (CF): 只施用产 CO₂ 气肥残余物, 施用量为 875 kg/667m²;

处理 3 (CK): 不施用任何肥料。每个处理设 3 次重复, 采取随机区组排列模式, 小区面积 8 m², 基肥施用 40 kg/667m² 复合肥(15-15-15)。试验在南京市蔬菜科学研究所横溪蔬菜科技园大棚中进行, 棚室栽培, 商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物随土壤翻耕时一次性施入, 深耕 15 cm。4 月 14 日定植, 每小区定植 44 株番茄苗, 6 月 9 日开始采收。

1.3 测定方法

土壤有机质含量采用油浴浸提-硫酸亚铁比色法测定, 土壤碱解氮含量采用碱解扩散法测定, 土壤有效磷含量采用 NaHCO₃ 浸提-比色法测定, 土壤速效钾含量采用 KCl 浸提-火焰光度计测定^[7]; 番茄 VC 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定, 番茄可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定^[8]。番茄坏果率的计算: 各处理在采摘期选取无病虫害的完好果实 50 个置于 8 °C 的冷藏柜中 20 d 后记录坏果量 A, 并计算坏果率=(A/50)×100%^[9]。

1.4 数据分析

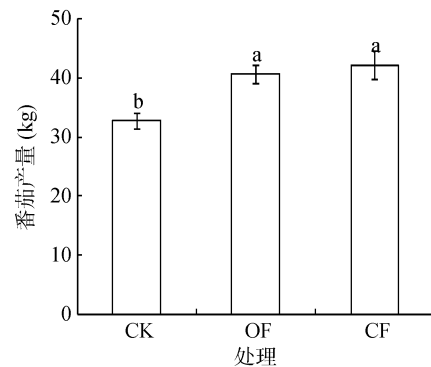
试验数据采用 SPSS 22.0 统计软件进行统计分析, LSD 法进行差异显著性检验, Origin 9.0 进行柱状图绘制。

2 结果与讨论

2.1 不同处理对番茄产量的影响

不同种类有机肥对番茄产量的影响结果见图 1。由图 1 可知, 相比较于 CK 处理, 施用商品有机肥(OF 处理)和产 CO₂ 气肥残余物(CF 处理)均可以显著提高番茄产量, 增幅为 24.02% 和 28.59%, 实际产量分别达到

40.77 和 42.27 kg/小区, 但二者之间没有达到显著性差异($P>0.05$)。都韶婷等^[10-12]在其研究中表明, CO₂ 气肥发酵残渣不仅可以改良土壤, 克服土壤连作障碍, 更可以作为一种良好的有机肥返还到土壤中, 提高作物产量, 改善果实品质和抑制土壤退化。本文结果也表明, 商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物均可以促进番茄果实产量的增加。产 CO₂ 气肥残余物相比较于商品有机肥而言, 具有“货架期”长和抑制番茄某些细菌性病害(如青枯病)发生的优点^[13]。因此, 本文施用产 CO₂ 气肥残余物对番茄产量的促进效果也略高于商品有机肥。



(图中小写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 不同处理对番茄产量的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on tomato yield

2.2 不同处理对番茄坏果率的影响

图 2 所示为不同处理对番茄坏果率的影响。由图 2 可知, CK、OF 和 CF 处理番茄的坏果率分别为 10.80%、8.80% 和 7.20%。施用商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物, 可以显著降低番茄的坏果率, 分别较 CK 处理降低了 18.52% 和 33.33%; 而施用产 CO₂ 气肥残余物较商品有机肥, 坏果率降低了 18.18%。施用产 CO₂ 气肥残余物处理中番茄的坏果率最低, 与 CK 和 OF 处理均达到显著性差异($P<0.05$)。坏果率是考察番茄果实贮藏性能的重要指标, 直接反映番茄贮藏寿命的长短^[14]。根据本试验结果, 可以得知,

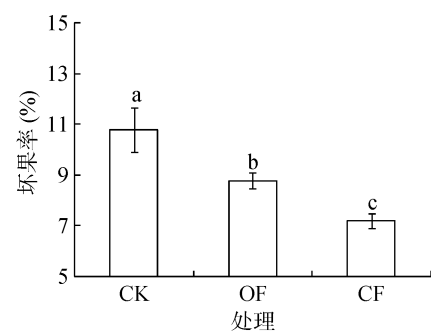


图 2 不同施肥处理对番茄坏果率的影响

Fig. 2 Effects of different fertilizers on bad tomato rate

施用产 CO₂ 气肥残余物可以显著提高番茄的保存性能，延长番茄的贮存时间。

2.3 不同处理对番茄可溶性糖和维生素 C 含量的变化

番茄中可溶性糖含量的高低决定着番茄果实的营养和风味^[15]。图 3 所示为施用不同肥料对番茄果实可溶性糖含量的影响，由图 3 可知，相比较于 CK 处理，OF 和 CF 处理番茄果实可溶性糖含量显著提高，分别较 CK 处理提高了 13.72% 和 20.63%；并且 CF 处理较 OF 处理也显著提高番茄可溶性糖含量。结果表明，施用有机肥和产 CO₂ 气肥残余物可以明显地促进番茄可溶性糖含量的提高，并且产 CO₂ 气肥残余物的作用效果更为明显。

不同处理对番茄维生素 C 含量的影响见图 4，由图可知，施用商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物可以显著促进番茄果实维生素 C 含量的提高，CF 和 OF 处理较 CK 处理分别提高了 5.94% 和 14.44%。而 CF 处理较 OF 处理又提高了 8.03%，施用产 CO₂ 气肥残余物对提高番茄果实维生素 C 含量效果更为明显，

番茄果实可溶性糖和维生素 C 含量的提升，可能是因为产 CO₂ 气肥残余物和有机肥施入土壤以后，会促进土壤中某些微生物数量的增多，对于改善作物果实品质起到促进作用。樊琳^[16]和宗晓波^[17]在研究产 CO₂ 气肥残余物与某一微生物对黄瓜的影响时发现，产 CO₂ 气肥残余物可以使得 By 微生物在土壤中进行富集，这类微生物除了具有活化土壤有效物质、固氮、溶磷、溶钾的能力外，还具有抑制土壤根际病原菌数量以及改善土壤根际环境的能力。因此，施用产 CO₂ 气肥残余物之后，相比较于普通商品有机肥，在促进黄瓜产量增加的同时，也促进了黄瓜可溶性糖和维生素 C 含量的增加。

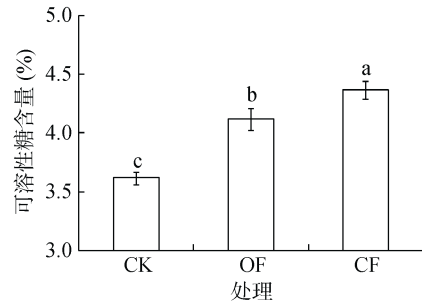


图 3 不同处理对番茄可溶性糖含量的影响
Fig. 3 Soluble sugar concentrations in tomatoes under different treatments

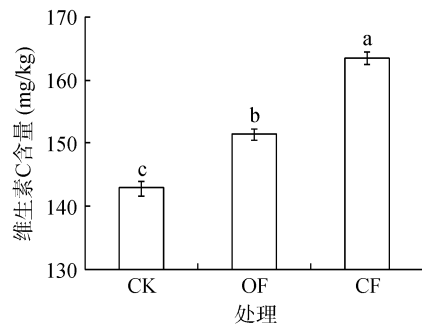


图 4 不同处理对番茄维生素 C 含量的影响
Fig. 4 Vitamin C concentrations in tomatoes under different treatments

2.4 主成分分析

主成分分析是利用降维的思想，在损失很少信息的前提下把多个指标转化为几个综合指标的多元统计方法^[18]。分析结果表明，主成分一的方差贡献率为 92.09%，主成分二的方差贡献率为 5.68%，两者之和达到 97.77% (图 5)，可代表系统内的变异状况，可以把不同施肥处理对番茄生长和品质的影响区分开来。主成分分析结果中，3 个处理相距比较远，彼此之间没有重叠，说明施用商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物的使用可以明显地改变番茄的产量和品质。

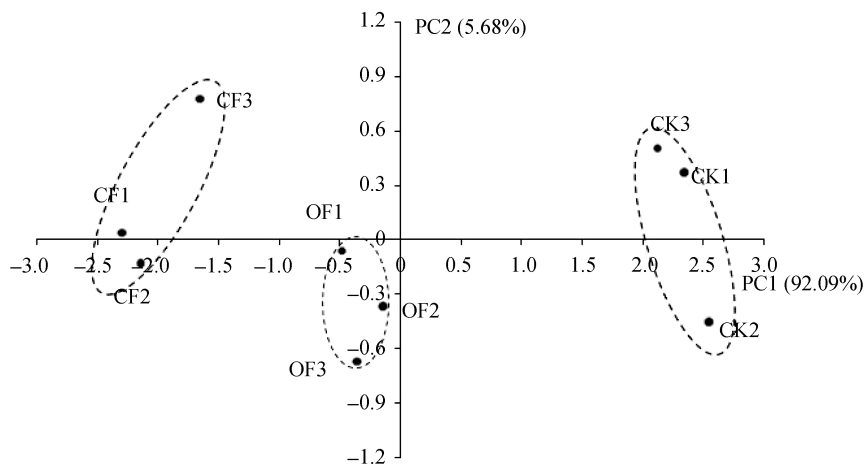


图 5 不同处理主成分分析
Fig. 5 Principal component analysis of different treatments

3 结论

与对照处理相比,施用商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物均可以促进番茄果实产量的增加,但二者之间没有达到显著性差异。产 CO₂ 气肥残余物的施入对于降低番茄的坏果率明显强于有机肥,这为研究如何延长番茄的贮存时间提供了良好的理论基础。施用商品有机肥和产 CO₂ 气肥残余物对番茄果实品质的改善也有促进作用,产 CO₂ 气肥残余物可以显著促进番茄果实可溶性糖和维生素 C 含量的提高,从一定程度上显著地促进了番茄品质的提升。

参考文献:

- [1] 孔跃,于福庆,孙祥武,等. 生物有机肥对西红柿生长及品质影响效应初探[J]. 华北农学报, 2007, 22(Z1): 111-114
- [2] 郭洁,孙权,张晓娟,等. 生物有机肥对酿酒葡萄生长、养分吸收及产量品质的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(12): 76-80, 84
- [3] 李杰达. CO₂ 气肥技术在日光温室黄瓜栽培中的应用研究[J]. 现代农业科技, 2007(17): 9-10
- [4] Yang Y, Donohue R J, McVicar T R, et al. Long term CO₂ fertilization increases vegetation productivity and has little effect on hydrological partitioning in tropical rainforests[J]. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2016, 121(8): 2125-2140
- [5] 王忠,蔡恒,高煜珠,等. CO₂ 加富对黄瓜的增产效应及其原因分析[J]. 江苏农业研究, 1993, 14(2): 37-44
- [6] 张海柱,刘荣魁. 番茄施用 CO₂ 气肥的效果[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(24): 73-73, 102
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [8] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化原理和实验技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004
- [9] 崔宁博,杜太生,李忠亭,等. 不同生育期调亏灌溉对温室梨枣品质的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 32-38
- [10] 都韶婷,杜静,章永松,等. 纤维素降解菌对农业有机废弃物发酵进行 CO₂ 施肥的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 625-630
- [11] 蒋宝南,单建明,曹启峰. 堆肥发酵 CO₂ 施肥对大棚草莓生长、产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(11): 183-184
- [12] Rietveld T H K. The effects of CO₂ fertilization and phosphorous availability on the photosynthesis of plants[D]. THK Rietveld: Utrecht university, 2016
- [13] 刘立娟. 生物有机肥、CO₂ 施肥发酵残渣和土壤预处理对番茄青枯病的防控效果及其机制研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016
- [14] 刘倩雯. 有机肥对黄土高原梨枣生长、果实品质及土壤环境的效应研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012
- [15] 李红彦,裴孝伯,王跃. 硫酸钠盐胁迫处理对番茄产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(4): 191-194
- [16] 樊琳. 农业有机废弃物生物发酵进行大棚 CO₂ 施肥及其残渣的资源化利用[D]. 杭州: 浙江大学, 2010
- [17] 宗晓波. 农业有机废弃物发酵 CO₂ 施肥及残渣对植物生长和培肥土壤的作用[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [18] 何亮. 主成分分析在 SPSS 中的应用[J]. 山西农业大学学报(社会科学版), 2007, 6(5): 20-22

Effects of Fermentation Residues of CO₂ Fertilization on Tomato Yield and Quality

WANG Dongsheng, CHEN Lili, HUANG Zhongyang, SUN Feifei, DIAO Chunwu, XU Mingxi,
WU Xudong, LIU Qingye, WU Zhipeng, LI Weiming*
(Nanjing Institute of Vegetable Science, Nanjing 210042, China)

Abstract: A field experiment was conducted to investigate the effects and differences of general commercial fertilizer and fermentation residues of CO₂ fertilization on the yield and quality of tomatoes. The results showed that the both fertilizers could enhance tomato yield, which increased by 24.02% and 28.59% than CK under general commercial fertilizer and fermentation residues of CO₂ fertilization treatments, respectively. And there was no significant difference between the two fertilizers. According to analyses on the indexes of the tomato quality, the fermentation residues of CO₂ fertilization significantly decreased the bad fruit rate and significantly promoted the concentrations of soluble sugar and vitamin C, for example, it decreased the bad fruit rate by 18.18% and 33.33% compared with general organic fertilizer and CK treatments, respectively. Therefore, the fermentation residues of CO₂ fertilization has the more advantages to enhance the tomato yield, decrease the bad fruit rates and promote the fruit quality.

Key words: Fermentation residues of CO₂ fertilization; Tomato; Yield; Quality