

化肥减量配施有机肥对樱桃番茄土壤生物学特性及产量、品质的影响

汪自松¹, 秦玉秀^{1, 2}, 沈伟¹, 王涛涛³, 刘正鲁^{1*}

(1. 百色学院农业与食品工程学院, 广西 百色 533000; 2. 华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510642; 3. 华中农业大学, 园艺植物生物学教育部重点实验室, 湖北 武汉 430070)

摘要: 研究化肥减量配施有机肥对土壤酶和微生物以及樱桃番茄生长发育、产量与品质的影响, 以明确樱桃番茄在南方黄壤下对化肥减量配施有机肥的响应, 为樱桃番茄高产优质生产技术及土壤培肥提供参考。以樱桃番茄为研究对象, 在施用菌棒有机肥 5.0 t/hm² 的基础上共设置 6 个处理, 分别为 CK (常规施肥)、T1 (化肥减量 10%)、T2 (化肥减量 20%)、T3 (化肥减量 30%)、T4 (化肥减量 40%) 和 T5 (化肥减量 50%)。结果表明: 化肥减量配施有机肥分别平均提高了土壤酸性磷酸酶活性 8.8%、蔗糖酶活性 14.6% 和纤维素酶活性 31.9%, 降低过氧化物酶活性 14.9%, 而过量减肥 (T4、T5) 显著降低脲酶活性; 化肥减量 10% ~ 50% 配施有机肥, 单穗果数分别增加 20.8%、18.3%、17.3%、12.9% 和 12.7%, 产量分别提高 10.6%、10.5%、8.4%、0.6% 和 0.2%; 改善樱桃番茄的品质, 可溶性糖含量提高了 0.9% ~ 8.2%、可溶性固形物含量提高了 4.7% ~ 11.3%、维生素 C 含量提高了 1.3% ~ 3.5%, 可滴定性酸含量降低了 8.5% ~ 12.8%, 糖酸比提高了 1.0% ~ 2.5%。因此, 在常规施肥的基础上化肥减量 20 ~ 30%, 同时配施 5.0 t/hm² 有机肥为最适宜的养分管理策略。

关键词: 樱桃番茄; 化肥减量; 土壤特性; 产量; 品质

土壤和肥料是保障农作物产量和安全的基础, 合理的使用化肥是农作物高产和稳产的关键因素之一, 而过量的施用化肥会导致土壤结构破坏, 致使土壤质量持续下降, 从而对农业生产和人类健康造成巨大危害^[1]。研究表明, 有机肥部分替代化肥可以提高土壤有机质含量, 改善土壤理化性质, 提高作物产量, 改善农产品品质^[2-4]。张茜等^[5]采用不同施肥措施 (鸡粪、秸秆和尿素配施) 对设施番茄进行长期定位观测, 结果发现增施有机肥和秸秆显著提高了土壤有机质及速效养分的含量, 有效抑制土壤酸化。吴金栋等^[6]发现在露地茄栽培中用有机肥部分替代化肥可显著提高单果质量和单株结果数, 产量增加 13.8% ~ 22.3%, 果实中镁和硫含量显著增加, 可溶性糖、可溶性蛋白质、维生素 C 和氨基酸含量均有不同程度地提高。赵

云霞等^[7]研究表明, 在沙培日光温室条件下, 适宜有机肥施用可以促进番茄生长, 提高果实产量和品质。刘长旭等^[8]研究表明, 在施肥水平为 1545 kg/hm² 时, 减量 20% 同时施用有机肥可以显著提高番茄生长中后期土壤养分供应能力, 土壤速效氮、有效磷及速效钾含量均随有机肥施用的增加而增加。刘金平等^[9]发现化肥减量 10%、20% 的基础上不施用有机肥会减慢番茄生长, 番茄株高与茎粗显著性低于对照, 且产量与品质也低于对照, 最优施肥方式是减施化肥 20%, 配施有机肥。宋以玲等^[10]发现化肥减量 10% ~ 30% 条件下, 配施与所减化肥相同重量的生物有机肥, 油菜增产 4.6% ~ 24.6%, 根际土壤细菌和放线菌数分别显著提高了 111.3% ~ 210.8% 和 12.5% ~ 34.1%, 而真菌数显著降低了 20.37% ~ 39.68%, 同时提高了根际土壤中性磷酸酶、蔗糖酶和过氧化氢酶活性, 而降低了土壤脲酶和脱氢酶活性, 提高了土壤有机质含量。许多研究表明在化肥减量 20% ~ 40% 的情况下, 配施生物有机肥不仅不会导致农作物减产, 还能改善土壤微生物区系结构和土壤酶活性^[11-13]。因此, 增加有机肥施入来减少化肥施入量是实现化肥零增长的快速有效途径。

收稿日期: 2023-02-19; 录用日期: 2023-03-31

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2019YFD1000300); 广西科技基地和人才专项 (桂科 AD20297015); 百色市科技局项目 (20211825-2)。

作者简介: 汪自松 (1977-), 助理研究员, 博士, 主要研究方向为植物营养学。E-mail: 1006139505@qq.com。

通讯作者: 刘正鲁, E-mail: 371737184@qq.com。

右江河谷地区属典型的亚热带季风气候,属天然的冬季温室,是广西冬季蔬菜主要生产地区之一,成为全国南菜北运的重要生产基地,该区域的樱桃番茄更是享誉全国。研究表明,多年过度施肥导致肥料利用率低、土壤退化^[14],设施栽培土壤连续种植3~5年蔬菜作物即出现不同程度的连作障碍^[15],蔬菜产量与品质严重下降^[16]。有机肥替代化肥对提高蔬菜产量和品质、减少化肥用量、改善环境质量均能产生有益的影响^[17]。菌棒有机肥以广西山区乡村振兴食用菌产业的农业废弃物为原料,经过简单发酵得来,具有来源广泛、经济实惠、制作简单,无重金属、抗生素等有害物质,是一种理想的有机肥料。利用化肥肥料与废弃菌棒制作有机肥配施研究施肥处理对樱桃番茄苗期生长、产量、品质、土壤酶活性及土壤微生物种群、数量的影响,寻找化肥减量的最佳施肥配比,探明有机肥对土壤性质的影响,以期改善土壤肥力和维持樱桃番茄持续健康发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试作物为樱桃番茄,品种为‘粉娇’(台湾农友种子有限公司提供),供试土壤的基本理化性状:全氮1.61 g/kg,碱解氮103.38 mg/kg,有效磷57.15 mg/kg,速效钾205.16 mg/kg,有机质16.76 g/kg;化肥由云天化股份有限公司提供,供试菌棒肥料为食用菌生产后的废弃菌棒添加尿素调节碳氮比、添加EM菌加速降解有机质、经过充分腐熟的菌棒有机肥,含水量28.0%,有机质含量65%,pH值8.15,含氮2.05%、磷(P_2O_5)1.02%、钾(K_2O)1.45%。

1.2 试验设计

2020年9月至2021年3月在广西百色市永乐乡华润小镇(北纬23°35',东经106°6')连栋大棚内进行田间试验,试验共设置6个处理,常规施肥(仅施化学肥料,基肥为N:180 kg/hm²、 P_2O_5 :120 kg/hm²、 K_2O :120 kg/hm²;追肥为N:120 kg/hm²、 K_2O :180 kg/hm²)作为对照(CK),其余5个处理(T1、T2、T3、T4、T5)分别为化肥减量10%、20%、30%、40%、50%并配施5.0 t/hm²的菌棒有机肥,基肥在定植前3 d开沟施入土壤,追肥在樱桃番茄第一穗、第三穗果膨大期分两次施用,均为溶解后条施入土壤;小区面积10.0 m×1.5 m,株行距

0.8 m×1.2 m,随机排列,3次重复,生育期全程清水滴灌。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 植株生长指标和产量及相关农艺性状观测与测定

定植后每隔7 d,利用卷尺测量苗期株高,游标卡尺测量茎粗;记录始花期、单穗开花数、始收期、单穗果数、单果重、果长、果径粗等农艺性状,并统计小区产量。

1.3.2 根际土壤各项指标测定

在第一花序果实成熟的盛果期(1月15日),随机以S形8点取样,混样、风干、过筛后进行土壤酶活性测定和土壤微生物培养。土壤脲酶采用苯酚-次氯酸钠比色法测定,纤维素酶和蔗糖酶采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定,土壤磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法测定,土壤过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法测定^[18];土壤可培养微生物数量(根际土壤细菌数、放线菌数和真菌数)采用平板菌落计数法测定^[19]。

1.3.3 樱桃番茄品质的测定

采收盛果期各小区长势均匀具有代表性的果实样品,测定其品质指标及养分含量。可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定,可滴定酸含量采用滴定法测定,可溶性固形物含量采用手持糖度计(PAL-1,日本ATAGO公司)测定,维生素C含量采用2,6-二氯靛酚滴定法测定^[20]。

1.3.4 数据处理及分析方法

采用Excel 2010处理数据和绘制图表,SPSS 20.0进行单因素方差分析及多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对樱桃番茄生长的影响

由表1可知,定植后14 d,CK的苗期高度与其他处理差异不显著,定植后28 d,T1和T2的苗期高度显著高于T3、T4和T5。定植后14 d,T3的茎粗显著大于CK、T1、T2和T5,而定植后28 d,各处理之间的茎粗差异不显著。

2.2 化肥减量配施有机肥对樱桃番茄农艺性状的影响

由表2可知,不同施肥处理对樱桃番茄始花期、始收期具有比较显著的影响,对株高和单穗花数的影响不显著。CK始花期和始收期均显著早于其他处理,T1~T5间均未表现出显著性差异,与CK相比,各处理始花期延后1.5~2.8 d,始收期延迟7.0~8.0 d。

表 1 化肥减量配施有机肥对樱桃番茄苗期株高和茎粗的影响

处理	高度（cm）		茎粗（mm）	
	定植后 14 d	定植后 28 d	定植后 14 d	定植后 28 d
CK	29.20 ± 0.55ab	64.70 ± 2.38ab	8.47 ± 0.50Bb	11.33 ± 0.40a
T1	29.50 ± 0.25ab	66.10 ± 4.32a	8.50 ± 0.26Bb	11.30 ± 0.42a
T2	28.10 ± 0.34b	66.70 ± 4.39a	8.30 ± 0.36Bb	11.20 ± 0.35a
T3	29.90 ± 1.39a	63.50 ± 4.67b	9.47 ± 0.37Aa	11.25 ± 0.41a
T4	28.20 ± 0.70b	62.10 ± 1.82b	9.27 ± 0.77Aab	11.13 ± 0.46a
T5	29.00 ± 0.87b	62.40 ± 3.53b	8.60 ± 0.21Bb	11.21 ± 0.55a

注：同列小写字母不同表示在 0.05 水平差异显著，大写字母不同表示 0.01 水平差异显著。下同。

表 2 化肥减量配施有机肥对樱桃番茄农艺性状的影响

处理	始花期（d）	单穗花数（个）	始收期（d）	株高（cm）
CK	30.5 ± 1.11Bb	12.1 ± 0.62a	105.3 ± 0.6Aa	212.3 ± 6.4a
T1	31.7 ± 0.57ABa	13.2 ± 1.10a	112.3 ± 0.6Bb	213.0 ± 3.5a
T2	33.1 ± 0.95Aa	12.6 ± 1.53a	113.0 ± 1.7Bb	210.3 ± 1.7a
T3	33.0 ± 0.89Aa	12.7 ± 0.65a	114.3 ± 1.2Bb	212.3 ± 3.1a
T4	33.3 ± 1.19Aa	13.2 ± 0.51a	114.0 ± 1.7Bb	216.0 ± 6.6a
T5	32.0 ± 1.30ABa	12.6 ± 0.69a	113.3 ± 1.2Bb	214.7 ± 1.2a

2.3 不同减肥处理对樱桃番茄产量、品质的影响

由表 3 可知，化肥减量 10% ~ 50% 配施有机肥具有增产效应，分别比 CK 增产 10.6%、10.5%、8.4%、0.6% 和 0.2%，T1 ~ T3 的产量极显著性高

于 CK。T1 ~ T5 的单穗果数分别比 CK 增加 20.8%、18.3%、17.3%、12.9% 和 12.7%；T1、T2 的单果重显著性高于 CK、T4 和 T5，T1 和 T2 的单果重分别比 CK 重 3.48% 和 1.10%。

2.4 化肥减量配施有机肥对不同时期的樱桃番茄土壤酶活性的影响

由表 4 可知，T1、T2 和 T3 可溶性糖含量显著性高于 CK、T4 和 T5，分别比 CK 增加 7.3%、6.4% 和 8.2%。T1 ~ T5 的可溶性固形物含量均极显著性高于 CK，分别增加 7.5%、11.3%、11.3%、5.7% 和 4.7%，T2 和 T3 与 T1、T4 和 T5 也表现出显著性差异；T1 ~ T5 的可滴定性酸含量均低于 CK，分别比 CK 低 8.5%、10.6%、12.8%、10.6% 和 4.3%，其中 T1 ~ T3 达显著性水平。T1、T3 维生素 C 含量显著高于 CK、TS，T1 ~ T3 的糖酸比极显著性高于 CK、T4 和 T5。

2.5 化肥减量配施有机肥对土壤酶活性的影响

由表 5 可知，T1 ~ T5 的酸性磷酸酶活性显著性高于 CK，分别比 CK 提高 8.6%、17.3%、6.8%、5.6% 和 5.5%；T1、T2 的脲酶活性极显著性高于 CK，分别比 CK 提高 8.8%、7.6%，而 T4 和 T5 的脲酶活性与 CK 相比降低 5.6% 和 7.1%；T1 ~ T5 的纤维素酶活性极显著性高于 CK，分别比 CK 提高 15.7%、15.0%、25.2%、4.7% 和 12.6%；T1 ~ T5 蔗糖酶活性显著性高于 CK，分别比 CK 提高 22.0%、48.2%、

表 3 化肥减施量施有机肥对樱桃番茄产量及产量相关因素的影响

处理	单果重（g）	单穗果数（个）	果长（mm）	果径粗（mm）	产量（t/hm ² ）
CK	21.87 ± 0.95b	9.83 ± 0.26Bc	33.88 ± 2.28a	30.76 ± 1.24ab	57.59 ± 1.52Bb
T1	22.63 ± 0.97a	11.47 ± 1.21Aa	34.63 ± 1.84a	31.75 ± 1.97ab	64.42 ± 1.06Aa
T2	22.10 ± 0.81a	11.63 ± 1.11Aa	34.44 ± 1.62a	31.39 ± 0.01ab	63.63 ± 0.86Aa
T3	21.97 ± 0.89ab	11.53 ± 0.70Aa	34.29 ± 1.44a	31.38 ± 0.41b	62.47 ± 1.47Aa
T4	21.84 ± 0.98b	11.10 ± 1.21Aab	35.39 ± 2.64a	32.07 ± 1.20a	57.95 ± 0.75Bb
T5	21.87 ± 1.10b	11.08 ± 1.11Aab	33.39 ± 2.17a	31.25 ± 1.51ab	57.71 ± 0.66Bb

表 4 化肥减量配施有机肥对樱桃番茄品质的影响

处理	可溶性糖（%）	可溶性固形物（%）	可滴定性酸（%）	糖酸比	维生素 C（mg/100 g）
CK	6.71 ± 0.18Bc	10.6 ± 0.15Cd	0.47 ± 0.10Aa	14.3 ± 0.62Bc	376.7 ± 1.67Bc
T1	7.20 ± 0.06Aa	11.4 ± 0.10ABb	0.43 ± 0.10Bb	16.8 ± 0.47Aa	389.2 ± 2.00ABa
T2	7.14 ± 0.04ABa	11.8 ± 0.15Aa	0.42 ± 0.10Bb	17.0 ± 0.46Aa	384.9 ± 0.76ABab
T3	7.26 ± 0.06Aa	11.8 ± 0.10Aa	0.41 ± 0.10Bb	17.8 ± 0.47Aa	390.2 ± 3.98Aa
T4	6.77 ± 0.15Bbc	11.2 ± 0.10ABb	0.42 ± 0.06Bb	15.3 ± 0.25Bb	386.6 ± 6.78ABab
T5	6.86 ± 0.15Bb	11.1 ± 0.10Bbc	0.45 ± 0.10ABab	15.3 ± 0.59Bb	381.3 ± 1.59Bbc

表 5 化肥减量配施有机肥对土壤酶活性的影响

处理	酸性磷酸酶 [mg/ (g · 24 h)]	脲酶 [mg/ (g · 24 h)]	纤维素酶 [mg/ (g · 72 h)]	蔗糖酶 [mg/ (g · 24 h)]	过氧化氢酶 [mg/ (g · h)]
CK	3.24 ± 0.16Cc	3.40 ± 0.27Bb	1.27 ± 0.15Dd	5.27 ± 0.35Ee	0.39 ± 0.01Aa
T1	3.52 ± 0.18Bb	3.70 ± 0.31Aa	1.47 ± 0.13Bb	6.43 ± 0.42Dd	0.36 ± 0.01Bb
T2	3.80 ± 0.17Aa	3.66 ± 0.29Aa	1.46 ± 0.14Bb	7.81 ± 0.43Aa	0.35 ± 0.01BCb
T3	3.46 ± 0.13Bb	3.61 ± 0.24ABab	1.59 ± 0.16Aa	7.27 ± 0.37Bb	0.34 ± 0.01Cc
T4	3.42 ± 0.15Bb	3.21 ± 0.23Cc	1.33 ± 0.12Cc	6.89 ± 0.54Cc	0.31 ± 0.01Dd
T5	3.40 ± 0.16Bb	3.16 ± 0.21Dd	1.43 ± 0.14Bb	6.36 ± 0.50Dd	0.30 ± 0.01Dd

38.0%、30.7% 和 20.7%。T1 ~ T5 的过氧化氢酶活性极显著性低于 CK，分别比 CK 降低 7.7%、10.2%、12.8%、20.5% 和 23.1%。

2.6 化肥减量配施有机肥对土壤微生物种类和数量的影响

由图 1 可知，T1 ~ T5 的土壤细菌数量高于 CK，分别提高 11.7%、21.1%、5.0%、12.9% 和 19.9%，其中 T1、T2、T4、T5 达显著水平；T1 ~ T5 的土壤放线菌也显著性高于 CK，分别增加 39.1%、53.3%、

41.2%、61.2% 和 63.5%；T1 ~ T5 的土壤真菌数量也显著性高于 CK。

2.7 樱桃番茄产量、品质性状的相关性

由表 6 可知，樱桃番茄产量与维生素 C 的含量存在极显著性相关，与可溶性糖、可滴定性酸呈负相关，与可溶性固形物呈正相关。单果重与可溶性糖含量呈极显著性正相关，与可溶性固形物和维生素 C 含量呈负相关；单穗果数与可溶性固形物呈极显著性正相关，与可溶性糖和糖酸比呈负相关；果

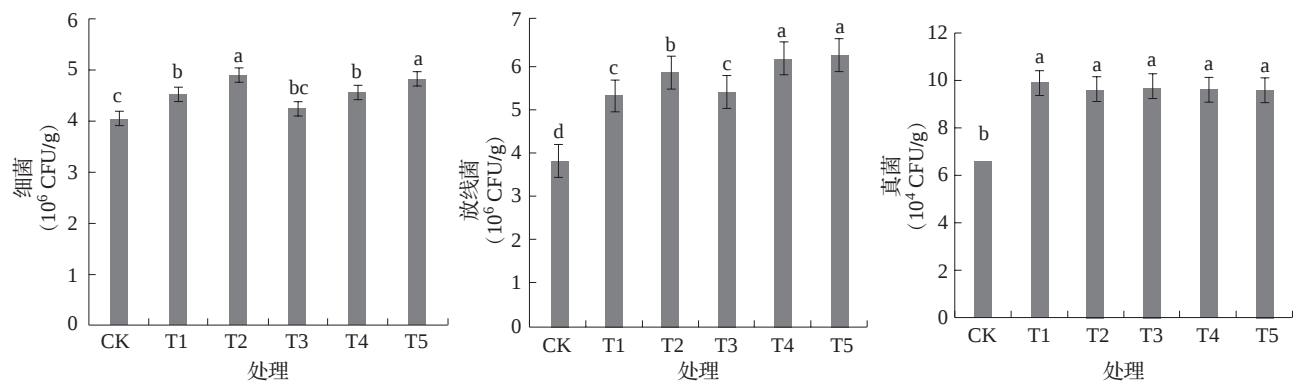


图 1 化肥减施配施有机肥对土壤微生物种类和数量的影响

注：图中柱上小写字母不同表示在 0.05 水平差异显著。

表 6 产量、品质性状的相关性分析

指标	单果重	单穗果数	果长	果径粗	产量	可溶性糖	可溶性固形物	可滴定性酸	糖酸比
单穗果数	-0.700								
果长	0.642	-0.373							
果径粗	0.693	-0.306	0.910*						
产量	0.511	0.608	-0.035	-0.238					
可溶性糖	0.963**	-0.700	0.642	0.693	-0.411				
可溶性固形物	-0.700	0.923**	-0.373	-0.306	0.608	-0.700			
可滴定性酸	0.642	-0.373	0.945**	0.910*	-0.035	0.642	-0.373		
糖酸比	0.693	-0.306	0.890*	0.957**	-0.238	0.693	-0.306	0.910*	
维生素 C	-0.411	0.608	-0.035	-0.238	0.976**	-0.411	0.608	-0.035	-0.238

注：* 表示显著性相关，** 表示极显著性相关，下同。

长、果径粗与可滴定性酸、糖酸比呈极显著性或显著性正相关，可滴定性酸与糖酸比呈显著性正相关。

2.8 不同土壤酶活性与土壤微生物数量的相关性分析

由表 7 可知，酸性磷酸酶活性与细菌和真菌数量呈正相关，脲酶活性与细菌和放线菌的数量呈负相关，

而纤维素酶和蔗糖酶活性与土壤微生物数量均呈正相关，过氧化氢酶活性与微生物的数量呈负相关，与放线菌的数量呈显著性负相关。脲酶与酸性磷酸酶活性呈极显著性正相关，放线菌与细菌和真菌的数量均呈显著性正相关。

表 7 不同土壤酶活性与土壤微生物数量的相关性分析

指标	酸性磷酸酶	脲酶	纤维素酶	蔗糖酶	过氧化氢酶	细菌	放线菌
脲酶	0.927**						
纤维素酶	0.525	0.559					
蔗糖酶	0.485	0.372	0.655				
过氧化氢酶	0.525	0.600	-0.206	-0.398			
细菌	0.115	-0.123	0.206	0.578	-0.627		
放线菌	-0.157	-0.265	0.375	0.68	-0.934*	0.834*	
真菌	0.161	0.178	0.700	0.764	-0.666	0.156	0.865*

3 讨论

3.1 化肥减量配施有机肥对樱桃番茄生长与产量的影响

化肥减量配施有机肥延后樱桃番茄的开花与采收时间，促进樱桃番茄壮苗，为高产优质创造适宜条件。有机肥养分全面，有机质含量高，促进土壤微生物增殖和提高生物活性，释放养分，促进养分循环与再利用，提高作物产量^[21]。本研究发现，化肥减量不超过 30%，增加适量的有机肥，产量可以提高 8.4% ~ 10.6%，而化肥减量达到 50%，即使施用适量有机肥，樱桃番茄产量表现出下降的趋势，与孙晓等^[22]的研究结果类似；也表明在有机质含量较高的土壤，化肥减施、增施有机肥增产效果明显^[23]。增施有机肥对樱桃番茄产量的提高主要体现在单穗果数量上，其次表现在单果重上，表明有机肥的施用可在一定程度上降低同一穗位前期膨大果实对后期膨大果实的营养竞争效应，促进果实大小更加一致，避免大小果的出现；同时，单穗结果较多，与邢金金等^[24]研究结果一致。本研究中，在常规施肥的基础上化肥减量 20% ~ 30%，同时配施 5.0 t/hm² 有机肥可提高樱桃番茄产量和品质。

3.2 化肥减量配施有机肥改善樱桃番茄品质

研究发现，化肥减量配施有机肥可以提高樱桃番茄的可溶性固形物、可溶性糖、维生素 C 含量，降低可滴定性酸含量，改善糖酸比。王冰清等^[25]

研究也表明，化肥减量配施有机肥可提高黄瓜、苦瓜和甘蓝的可溶性糖、维生素 C 含量。而土壤中过量的氮肥导致氮代谢旺盛，消耗更多的碳骨架和还原力，降低植物同化速率，影响光合产物输出，最终降低果实中的糖含量^[26]。有机肥富含多种中、微量元素，可促进植物生长，提高光合效率；分解过程中释放多种氨基酸和多肽物质也有助于改善作物品质^[27]。

3.3 化肥减量配施有机肥对土壤理化性质的影响

土壤酶作为生物多样性、生态系统功能和土壤肥力的指标，测定酶活性可以了解有机质分解和养分循环的土壤生物学过程^[28]。本研究选取 5 种与土壤肥力紧密相关的酶，酸性磷酸酶与磷的转化相关，脲酶与氮素的转化相关，蔗糖酶和纤维素酶与有机质的分解相关，过氧化氢酶与作物抗氧化性相关。本研究中化肥减量 10% ~ 30%，土壤中的酸性磷酸酶、脲酶、纤维素酶、蔗糖酶活性较高，这与王宁等^[29]的研究结果一致，有机肥施用增加了土壤微生物可利用碳源，使微生物保持较高活性，增加了微生物多样性和数量^[30]，刺激酶活性提高，同时有机肥施入改善了土壤的理化性质，创造了更为适宜的土壤酶作用环境条件，土壤酶活性显著提高。本研究发现，化肥减量配施有机肥处理显著提高了土壤中可培养放线菌、细菌数量，这与王磊等^[31]对大白菜增施有机肥提高土壤细菌和放线菌数量的结果一致，而真菌数量也大量增加，可能与菌棒有机肥自身所携带大量食用菌孢子在土壤中繁

殖有一定的关系。

3.4 化肥减量配施有机肥樱桃番茄产量与品质、土壤酶与微生物数量相关分析

本试验发现产量与维生素 C 含量极显著正相关,而与可溶性糖含量、糖酸比、可滴定性酸含量负相关。有机肥在分解过程中释放的氨基酸和多肽等物质有利于维生素 C 的合成^[27]。土壤脲酶的活性与酸性磷酸酶活性极显著正相关,表明土壤中磷的释放有助于土壤氮素的利用,且氮、磷利用具有协同作用。

4 结论

化肥减量配施有机肥可以有效提高土壤酶活性,增加土壤微生物数量,提高樱桃番茄产量和改善品质。常规施肥减量 10% ~ 30% 配施有机肥可以提高樱桃番茄产量 8.4% ~ 10.6%,化肥减量 50% 配施有机肥樱桃番茄的产量有减产的趋势,因此,在土壤有机质较为丰富的南方设施环境下,补充适量有机肥,化肥的减量不应超过 50%,适当的减肥范围为 20% ~ 30%。

参考文献:

- [1] 尉元明,王静,乔艳君,等. 化肥、农药和地膜对甘肃省农业生态环境的影响[J]. 中国沙漠, 2005, 25 (6): 167-171.
- [2] 孔德宁,康国栋,李鹏,等. 化肥减施条件下配施有机肥对旱地紫色土有机碳活性组分的影响[J]. 生态学杂志, 2021, 40 (4): 1073-1080.
- [3] Liu H F, Zhang J K, Ai Z M, et al. 16-year fertilization changes the dynamics of soil oxidizable organic carbon in soybean-corn agroecosystem [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2018, 265: 320-330.
- [4] Wu L, Zhang W J, Wei W J, et al. Soil organic matter priming and carbon balance after straw addition is regulated by long-term fertilization [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2019, 135: 383-391.
- [5] 张茜,张小梅,梁斌,等. 长期定位施肥对设施番茄土壤酶活性及土壤养分动态变化的影响[J]. 华北农学报, 2017, 32 (1): 179-186.
- [6] 吴金栋,何勇,朱祝军. 有机肥部分替代化肥对露地茄生长及品质的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2021, 38 (6): 1195-1202.
- [7] 赵云霞,崔静英,谢华,等. 不同有机肥对沙培番茄生长发育及产质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2017, 45 (12): 69-71.
- [8] 刘长旭,张静,张云霞,等. 化肥减量条件下配施有机肥对设施番茄产量和品质的影响[J]. 山东农业科学, 2021, 53 (2): 79-82.
- [9] 刘金平,孙菲菲,王夏,等. 减量施肥对番茄生长和品质的影响[J]. 北方园艺, 2021 (8): 52-56.
- [10] 宋以玲,于建,陈士更,等. 化肥减量配施生物有机肥对油菜生长及土壤微生物和酶活性影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32 (1): 352-360.
- [11] 方成,代子雯,李伟明,等. 化肥减施配施不同有机肥对甜糯玉米产量和品质的影响[J]. 生态学杂志, 2021, 40 (5): 1347-1355.
- [12] 裴雪霞,党建友,张定一,等. 化肥减量配施有机肥对旱地小麦产量、品质 and 水分利用率的影响[J]. 水土保持学报, 2021, 35 (4): 250-258.
- [13] 李晓亮,余小兰,戚志强,等. 海南有机肥替代氮肥对辣椒生长和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021 (1): 151-155.
- [14] Zhu J H, Li X L, Christie P, et al. Environmental implications of low nitrogen use efficiency in excessively fertilized hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) cropping systems [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2005, 111 (1-4): 70-80.
- [15] 蔡祖聪. 我国设施栽培养分管理中待解的科学和技术问题[J]. 土壤学报, 2019, 56 (1): 36-43.
- [16] 吕清海. 不同水肥供应水平下温光对番茄生长及产量和水肥利用率的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2019.
- [17] Nguyen T N, Tang L H, Peng Y K, et al. Effects of composite inorganic, organic fertilizer and foliar spray of multi-nutrients on growth, yield and quality of cherry tomato [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2015, 17: 1781-1788.
- [18] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社, 1986: 294-297.
- [19] 何绍江,陈雯莉. 微生物实验[M]. 北京:中国农业出版社, 2007: 45-48.
- [20] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000: 246-249.
- [21] 李玉,田宪艺,王振林,等. 有机肥替代部分化肥对滨海盐碱地土壤改良和小麦产量的影响[J]. 土壤, 2019, 51 (6): 1173-1182.
- [22] 孙晓,姜学玲,崔玉明,等. 有机肥替代对设施番茄产量、品质与土壤性质的影响[J]. 中国瓜菜, 2021, 34 (4): 46-52.
- [23] 姜玲玲,刘静,赵同科,等. 有机无机配施对番茄产量和品质影响的 Meta 分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25 (4): 601-610.
- [24] 邢金金,邢英英,王秀康,等. 不同施肥量对陕北日光温室番茄生长、产量和土壤硝态氮的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37 (6): 29-35.
- [25] 王冰清,尹能文,郑棉海,等. 化肥减量配施有机肥对蔬菜产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28 (1): 242-247.
- [26] 曹翠玲,李生秀,苗芳. 氮素对植物某些生理生化过程影响的研究进展[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27 (4): 96-101.

- [27] 虞铁俊, 马军伟, 陆若辉, 等. 有机肥对土壤特性及农产品产量和品质影响研究进展 [J]. 中国农学通报, 2020, 36 (35): 64–71.
- [28] Deforest J L. The influence of time, storage temperature, and substrate age on potential soil enzyme activity in acidic forest soils using MUB linked substrates and l-DOPA [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41 (6): 1180–1186.
- [29] 王宁, 南宏宇, 冯克云. 化肥减量配施有机肥对棉田土壤微生物量、酶活性和棉花产量的影响 [J]. 应用生态学报, 2020, 31 (1): 173–181.
- [30] 袁英英, 李敏清, 胡伟, 等. 生物有机肥对番茄青枯病的防效及对土壤微生物的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2011, 30 (7): 1344–1350.
- [31] 王磊, 高方胜, 曹逼力, 等. 有机肥和化肥配施对不同熟期大白菜土壤生物特性及产量品质的影响 [J]. 生态学杂志, 2022, 41 (1): 66–72.

Effects of chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer application on soil biological characteristics, yield and quality of cherry tomato

WANG Zi-song¹, QIN Yu-xiu^{1, 2}, SHEN Wei¹, WANG Tao-tao³, LIU Zheng-lu^{1*} (1. Baise University Agricultural and Food Engineering College, Baise Guangxi 533000; 2. South China Agricultural University Resources and Environment College, Guangzhou Guangdong 510642; 3. Huazhong Agricultural University, Key Laboratory of Horticultural Plant Biology Ministry of Education, Wuhan Hubei 430070)

Abstract: The effects of chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer on soil enzymes and microorganisms, growth, yield and quality of cherry tomato were studied, in order to clarify the response of cherry tomato to fertilizer reduction combined with organic fertilizer in yellow soil in southern China, and to provide reference for high yield and quality production technology of cherry tomato and soil fertilizer cultivation. Taking cherry tomato ‘feijiao’ as the research object, six treatments were set up on the basis of 5.0 t/hm² organic fertilizer application, namely CK (conventional fertilization), T1 (10% reduction of chemical fertilizer), T2 (20% reduction of chemical fertilizer), T3 (30% reduction of chemical fertilizer), T4 (40% reduction of chemical fertilizer) and T5 (50% reduction of chemical fertilizer). The results showed that the activities of acid phosphatase, sucrase and cellulase in soil were increased by 8.8%, 14.6% and 31.9% with chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer, respectively, and catalase activities were decreased by 14.9%, while the activities of urease were decreased by excessive reduction of chemical fertilizer (T4, T5). The chemical fertilizer reduced by 10%–50%, the number of fruits per panicle increased by 20.8%, 18.3%, 17.3%, 12.9% and 12.7%, respectively, and the yield increased by 10.6%, 10.5%, 8.4%, 0.6% and 0.2%, respectively. The quality of cherry tomato was improved, the soluble sugar content was increased by 0.9%–8.2%, the soluble solid content was increased by 4.7%–11.3%, the vitamin C content was increased by 1.3%–3.5%, the content of edible acid was decreased by 8.5%–12.8%, and the sugar-acid ratio was increased by 1.0%–2.5%. Therefore, the most suitable nutrient management strategy was to reduce the amount of conventional chemical fertilizer by 20%–30% and apply moderate organic fertilizer by 5.0 t/hm².

Key words: cherry tomato; chemical fertilizer reduction; soil property; yield; quality