



雷菲,张冬明,吴宇佳,等.化肥减量配施有机肥对樱桃番茄产量、品质和微生物群落结构的影响[J].江西农业大学学报,2021,43(6):1269-1277.

LEI F,ZHANG D M,WU Y J,et al.Influences of chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer application on yield and quality of cherry tomato and structure of soil microbial community[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2021,43(6):1269-1277.

化肥减量配施有机肥对樱桃番茄产量、品质和微生物群落结构的影响

雷菲,张冬明,吴宇佳,谭皓,吉清妹,潘孝忠*

(海南省农业科学院 农业环境与土壤研究所/农业农村部海南耕地保育科学观测实验站/海南省耕地保育重点实验室,海南 海口 571100)

摘要:【目的】研究化肥减量配施有机肥对樱桃番茄产量、品质和土壤微生物群落结构的影响,明确化肥减量配施有机肥在樱桃番茄上的应用效果,以期为樱桃番茄栽培中化肥和有机肥合理施用提供科学依据。【方法】以‘千禧’樱桃番茄为试验试材,采用田间小区试验,设置了单施化肥、基施80%化肥+20%有机肥、基施60%化肥+40%有机肥、基施40%化肥+60%有机肥、基施20%化肥+80%有机肥、基施100%有机肥6个处理,测定分析了樱桃番茄果实产量、维生素C含量、可溶性糖含量、可滴定酸含量以及土壤pH值、有机质含量、碱解氮含量、有效磷含量、速效钾含量和土壤细菌、真菌群落结构。【结果】随着有机肥配施量的增加,樱桃番茄产量呈先上升后下降的趋势,与单施化肥处理相比,基施40%化肥+60%有机肥处理的产量显著提高了14.00%,其他处理产量差异均不显著。与单施化肥相比,基施40%化肥+60%有机肥、基施20%化肥+80%有机肥、基施100%有机肥处理可显著增加樱桃番茄维生素C含量、可溶性糖含量和糖酸比,其中基施40%化肥+60%有机肥处理樱桃番茄维生素C含量、可溶性糖含量、糖酸比分别较单施化肥处理提高了10.17%、2.02%和5.51%。而且化肥减量配施有机肥能够提升土壤pH值,显著增加土壤有机质含量,并改善土壤微生物群落结构,基施40%化肥+60%有机肥处理的土壤pH值最高,较单施化肥处理升高了0.19,有机质增加了0.37 g/kg,降低了绿弯菌门相对丰度,增加了拟杆菌门、子囊菌门和担子菌门相对丰度。【结论】在樱桃番茄栽培过程中要注重化肥和有机肥合理配施,而且综合考虑产量、品质、土壤等因素,基施40%化肥+60%有机肥处理最有利于提高樱桃番茄产量,提升樱桃番茄果实品质,且具有较好的改土效果。

关键词:化肥减施;樱桃番茄;产量;品质;微生物群落结构

中图分类号:S641.2 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2021)06-1269-09

Influences of Chemical Fertilizer Reduction Combined with Organic Fertilizer Application on Yield and Quality of Cherry Tomato and Structure of Soil Microbial Community

LEI Fei,ZHANG Dongming,WU Yujia,TAN Hao,JI Qingmei,PAN Xiaozhong*

收稿日期:2021-03-05 修回日期:2021-04-23

基金项目:海南省重点研发计划项目(ZDYF2018237)和海南省省属科研院所技术开发专项(KYYS-2019-10)
Project supported by Key R & D Program Project of Hainan Province(ZDYF2018237) and Technical Development Project of Hainan Provincial Scientific Research Institute(KYYS-2019-10)

作者简介:雷菲, orcid.org/0000-0002-9762-7525, leifeicau@163.com; *通信作者:潘孝忠,高级农艺师,主要从事土壤改良与植物营养研究, orcid.org/0000-0002-3671-967X, pxzwxmpdj@163.com。

(Institute of Agro-Environment and Soil, Hainan Academy of Agricultural Sciences/Scientific Observing and Experimental Station of Hainan Arable Land Conservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Hainan Key Laboratory of Arable Land Conservation, Haikou 571100, China)

Abstract: [Objective] The effects of reducing chemical fertilizer and applying organic fertilizer on yield, quality of cherry tomato and soil microbial community structure were studied to clarify the application effect of chemical fertilizer combined with organic fertilizer on cherry tomato, and provide scientific references for the rational application of chemical fertilizer and organic fertilizer for cherry tomato. [Method] ‘Qianxi’ was used as the test material, and field trials were carried out. Six treatments were designed which included basal application of chemical fertilizer, basal application of 80% chemical fertilizer +20% organic fertilizer, basal application of 60% chemical fertilizer +40% organic fertilizer, basal application of 40% chemical fertilizer +60% organic fertilizer, basal application of 20% chemical fertilizer + 80% organic fertilizer and basal application of 100% organic fertilizer. Yield, vitamin C content, soluble sugar content, titratable acid content of cherry tomato and soil pH, organic matter content, available N content, available P content, available K content, and soil bacterial and fungal communities were determined and analyzed. [Result] With the increase of organic fertilizer application rate, the yield of cherry tomato increased first then decreased. Compared with that under the condition of 100% chemical fertilizer application, the yield of other treatments showed no significant differences except for the treatment of basal application of 40% chemical fertilizer + 60% organic fertilizer, which significantly increased by 14.00%. Compared with 100% chemical fertilizer application, basal application of 40% chemical fertilizer + 60% organic fertilizer, 20% chemical fertilizer +80% organic fertilizer, 100% organic fertilizer significantly increased the content of vitamin C, soluble sugar and sugar-acid ratio of cherry tomato, and the content of vitamin C, soluble sugar and sugar-acid ratio of the treatment of application of 40% chemical fertilizer +60% organic fertilizer significantly increased by 10.17%, 2.02% and 5.51%, respectively. Chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer applications increased pH and organic matter content of soil, and changed the structure of soil microbial community. Compared with those under the condition of 100% chemical fertilizer application, soil pH and organic matter content significantly increased by 0.19 and 0.37 g/kg, respectively, and the relative abundance of Chloroflexi decreased, while the relative abundance of Bacteroidetes, Ascomycota and Basidiomycota increased under the condition of 40% chemical fertilizer +60% organic fertilizer application. [Conclusion] During cherry tomato cultivation, more attention should be paid to the combination of chemical fertilizer and organic fertilizer. In view of yield, quality and soil, basal application of 40% chemical fertilizer +60% organic fertilizer was the best.

Keywords: chemical fertilizer reduction; cherry tomato; yield; quality; structure of soil microbial community

【研究意义】樱桃番茄(*S. lyopersicum* var. *cerasi forme*)是番茄属中多汁浆果1年生草本植物,味道可口、营养丰富^[1],深受消费者喜爱,经济价值高。樱桃番茄在我国的种植面积约为15万hm²,在山东、江苏、广西、广东、海南等地方均有种植^[2]。而且樱桃番茄已成为海南冬种北菜的优势瓜菜种类之一^[3],根据海南省农业农村厅统计数据,2020年樱桃番茄在海南省种植面积已经达到了6953hm²。樱桃番茄是需肥量较大的果菜,化肥是其优质高产的物质基础,但由于盲目追求经济利益,普遍存在有机肥和化肥基施比例不合理和化肥过量施用等现象^[4-5],这不仅导致了果实品质下降、土壤质量退化,还带来了一系列环境问题^[6]。因此,改变施肥方式,减少化肥用量,合理施用有机肥,对提升樱桃番茄品质已显得十分重要。【前人研究进展】研究发现有机无机肥配施不仅有助于提高作物的产量、品质、肥料利用率,还能提高土壤有机质含量、改善土壤物理性能、稳定土壤生态系统^[7-11]。赵征宇等^[8]研究发现有机氮与无机氮配施比例为3:2有利于增加番茄产量,提升土壤氮素矿化与固持、土壤全氮和有机碳提升。刘平静等^[10]发现与不施肥相比,长期有机无机肥配施显著增加了拟杆菌门的相对丰富度,降低了放线菌门的相对丰富度。

【本研究切入点】我国2016年首次实现化肥零增长,其中有机肥替代化肥是我国化肥减量增效的主要技术途径之一,为我国化肥零增长目标的实现做出了重要贡献。而当前关于有机肥替代化肥技术在海南热带地区樱桃番茄栽培生产中的应用研究还较少,尤其是在探究化肥减量配施对热带地区的土壤微生物和樱桃番茄生长的影响方面报道较少。【拟解决关键问题】本文通过设计基施不同比例化肥和有机肥田间试验,研究基施化肥和有机肥比例对樱桃番茄产量、果实品质以及土壤理化性质的影响,明确化肥减量配施有机肥在樱桃番茄上的应用效果,以期在樱桃番茄栽培中化肥和有机肥的合理施用提供科学依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 材料

供试作物为樱桃番茄,品种为‘千禧’,购自海南省农业科学院蔬菜研究所。商品有机肥(N:P₂O₅:K₂O为1.71:1.93:1.59),复合肥(N:P₂O₅:K₂O为15:15:15),水溶肥(N:P₂O₅:K₂O为20:20:20),氯化钾(K₂O为60%),分别购自海南文昌腾达生物科技有限公司、挪威雅苒国际有限公司,以色列化工集团特种肥料公司、中化化肥有限公司。试验于2018年11月至2019年3月在海南省澄迈县永发镇海南省农业科学院试验基地进行。供试土壤pH 5.51,有机质1.55%,碱解氮114.0 mg/kg,有效磷67.2 mg/kg,速效钾74.5 mg/kg。

1.2 方法

1.2.1 试验处理 试验设6个处理(表1),每个处理3个重复,共18个小区,随机排列,每小区面积为13.3 m²。施肥方案以等量氮肥为原则,根据基肥化肥和有机肥含氮量百分数计算,各试验处理分别为单施化肥(T1)、基施80%化肥+20%有机肥(T2)、基施60%化肥+40%有机肥(T3)、基施40%化肥+60%有机肥(T4)、基施20%化肥+80%有机肥(T5)、基施100%有机肥(T6)。施肥分1次基肥和6次追肥,基肥和追肥中施氮量分别为225 kg/hm²、112.5 kg/hm²,有机肥和化肥在移栽前以底肥施入;各处理追肥一致,均以水肥一体化装置追施水溶肥和氯化钾。

表1 施肥方案
Tab.1 Fertilizer application

处理 Treatments	基肥配比/% Basal fertilizer ratio		基肥用量/(kg·hm ⁻²) Basal fertilizer rate		追肥用量/(kg·hm ⁻²) Top-dressing rate	
	有机肥 Organic manure	化肥 Chemical fertilizer	有机肥 Organic manure	化肥 Chemical fertilizer	有机肥 Organic manure	化肥 Chemical fertilizer
	T1	0	100	0	1 500	0
T2	20	80	2 631	1 200	0	562.5
T3	40	60	5 263	900	0	562.5
T4	60	40	7 894	600	0	562.5
T5	80	20	10 526	300	0	562.5
T6	100	0	13 157	0	0	562.5

1.2.2 指标测定 产量及品质:樱桃番茄收获期(2019年1月16起),每3~7天采集成熟度一致的果实,测定其产量。盛果期,每个小区采摘成熟度一致的果实30个进行品质测定,维生素C含量采用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定,可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定,可滴定酸含量采用酸碱中和法方法测定。

土壤理化性质:每个小区设置3个采样点,采集耕层0~20 cm土壤并混合均匀,剔除石子、植物残留碎片及根系后,一份立即装入已灭菌袋中,放入冰盒迅速带回,于-80℃保存,用于DNA提取。一份带回实验室自然风干,过筛后,采用pH计法测定pH值,重铬酸钾滴定法测定有机质,扩散吸收法测定碱解氮,0.5 mol/L NaHCO₃浸提-硫酸钼锑抗比色法测定有效磷,1 mol/L乙酸铵浸提-火焰光度计测定速效钾。

土壤微生物多样性:土壤总DNA采用DNA提取试剂盒进行提取,PCR扩增采用细菌16S rRNA(V3+V4)区域引物(5'-ACTCCTACGGGAGGCAGCA-3', 5'-GGACTACHVGGGTWTCTAAT-3'),真菌ITS1区域引物(5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3', 5'-GCTGCGTTCCTTCATCGATGC-3')进行目的基因扩增。PCR扩增后产物进行纯化,将纯化后的样品送至北京百迈客生物科技有限公司利用Illumina HiSeq2500高通量测序技术进行测序。通过FLASH v1.2.7软件进行PE reads拼接,使用Trimmomatic v0.33软件对拼接得到的Raw Tags进行过滤,UCHIME v4.2软件进行鉴定并去除嵌合体序列,得到最终有效数据。使用QIIME(version 1.8.0)软件对Tags在97%的相似度水平下进行OTU聚类,并基于Silva(细菌)和UNITE(真菌)分类学数据库对OTU进行物种注释及丰度分析,揭示样品的物种构成。

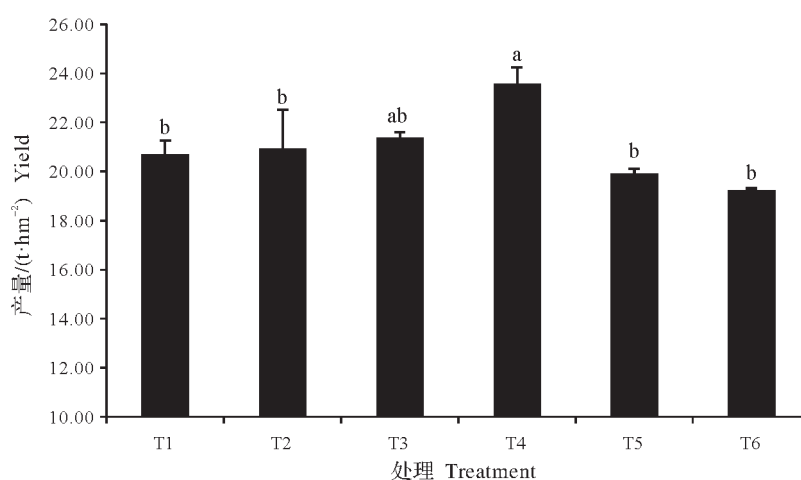
1.3 数据处理

采用Excel 2007软件对原始数据进行整理计算、绘制图表,采用SPSS软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对樱桃番茄产量的影响

图1为不同处理对樱桃番茄产量的影响,由图1可知,随着有机肥施用量的增加,樱桃番茄产量呈先上升后下降的趋势,其中T4处理(40%化肥+60%有机肥)的产量最高,为23.59 t/hm²,显著高于其他处理(T3处理除外)($P>0.05$);T6处理(100%有机肥)产量最低,较T4处理产量减少4.36 t/hm²,较T1处理(不施有机肥)产量减少1.47 t/hm²。



不同字母表示不同处理间差异达5%显著水平,下同。

Different letters mean significant difference at 5%, the same blow.

图1 不同处理对樱桃番茄产量的影响

Fig.1 Yield of cherry tomatoes under different treatments

2.2 不同处理对樱桃番茄品质的影响

表2为不同处理对樱桃番茄品质的影响,由表2可知,樱桃番茄的维生素C含量随着有机肥用量的增加而增加,T6处理樱桃番茄果实维生素C含量显著高于其他处理,较T1处理增加了5.78 mg/100 g;T4处理的可溶性糖含量较T1和T2处理显著增加,但与其他处理差异不显著;各处理的可滴定酸含量差异不显著,糖酸比随着有机肥用量的增加呈先上升后下降的趋势,T4处理最高,较T1、T2和T3显著增加,但与T5和T6差异不显著。

2.3 不同处理对土壤理化性状的影响

由表3可知,与T1处理相比,T2~T6处理土壤pH值升高了0.08~0.19,随着有机肥用量呈先上升后下降的趋势,T4处理土壤pH值最高。T2~T6处理的土壤有机质含量较T1处理显著升高,且随着有机肥用量的增加而增加。T3、T4和T5处理土壤碱解氮含量显著大于T1处理,T2和T6处理与T1处理差异不显著。各处理的土壤有效磷和速效钾含量差异均不显著。

表 2 不同处理对樱桃番茄品质的影响
Tab.2 Quality of cherry tomatoes under different treatments

处理 Treatment	维生素 C 含量/(mg·100 g ⁻¹) Vitamin C	可溶性糖/% Solublesugar	可滴定酸/% Titratable acid content	糖酸比/% Sugar-acid ratio
T1	28.32±0.23 ^d	4.94±0.01 ^e	0.26±0.01 ^a	18.87±0.14 ^e
T2	29.27±0.18 ^{cd}	4.96±0.01 ^{bc}	0.26±0.02 ^a	18.93±0.15 ^e
T3	29.31±0.12 ^{cd}	5.02±0.01 ^a	0.26±0.01 ^a	19.31±0.09 ^b
T4	31.20±0.5 ^{bc}	5.04±0.02 ^a	0.25±0.01 ^a	19.91±0.05 ^a
T5	31.70±0.55 ^b	5.00±0.02 ^{ab}	0.25±0.01 ^a	19.76±0.16 ^a
T6	34.10±1.27 ^a	5.00±0.02 ^{ab}	0.25±0.01 ^a	19.79±0.07 ^a

不同字母表示不同处理间差异达 5% 显著水平(同列比较)。

Different letters mean significant difference at 5%(column internal comparison).

表 3 不同处理对土壤理化性状的影响
Tab.3 Physical and chemical properties of soil under different treatments

处理 Treatment	pH	有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter	碱解氮/(mg·kg ⁻¹) Available N	有效磷/(mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/(mg·kg ⁻¹) Available K
T1	5.10±0.03 ^b	1.54±0.01 ^c	125.65±0.26 ^e	83.58±2.37 ^a	187.37±0.77 ^a
T2	5.18±0.02 ^{ab}	1.86±0.05 ^b	132.47±8.48 ^{bc}	84.63±2.46 ^a	189.57±3.21 ^a
T3	5.18±0.01 ^{ab}	1.86±0.07 ^b	151.77±1.28 ^a	84.57±2.64 ^a	189.17±6.16 ^a
T4	5.29±0.08 ^a	1.91±0.03 ^b	152.77±1.05 ^a	81.8±2.59 ^a	180.77±4.19 ^a
T5	5.20±0.06 ^{ab}	1.92±0.02 ^b	139.5±4.84 ^{ab}	80.25±5.34 ^a	175.43±9.62 ^a
T6	5.18±0.01 ^{ab}	2.12±0.05 ^a	122.73±1.93 ^e	78.67±8.7 ^a	171.70±3.80 ^a

不同字母表示不同处理间差异达 5% 显著水平(同列比较)。

Different letters mean significant difference at 5%(column internal comparison).

2.4 不同处理对土壤细菌和根际真菌群落结构的影响

图 2A 表示土壤细菌的群落结构,变形菌门(Proteobacteria)和绿弯菌门(Chloroflexi)为土壤细菌的优势菌门,变形菌门相对丰度随着有机肥用量的增加呈先上升后下降的趋势,其中 T3 处理的丰度最高,为 51.09%,绿弯菌门则呈先下降后上升的趋势,T3 处理的丰度最低,较 T1 处理降低了 13.98%。拟杆菌门(Bacteroidetes)的相对丰度变化趋势与变形菌门趋势一致,T4 处理的丰度最高,较 T1 处理增加了 32.11%。而酸杆菌门(Acidobacteria)的相对丰度则与拟杆菌门变化趋势相反,呈先下降后上升的趋势,T4 处理的酸杆菌门数量最少,为 6.08%;硝化螺旋菌(Nitrospirae)的相对丰度随着有机肥施用量的增加呈下降趋势。图 2B 表示土壤真菌群落结构。由图 2B 可知,各处理土壤中子囊菌门(Ascomycota)相对丰

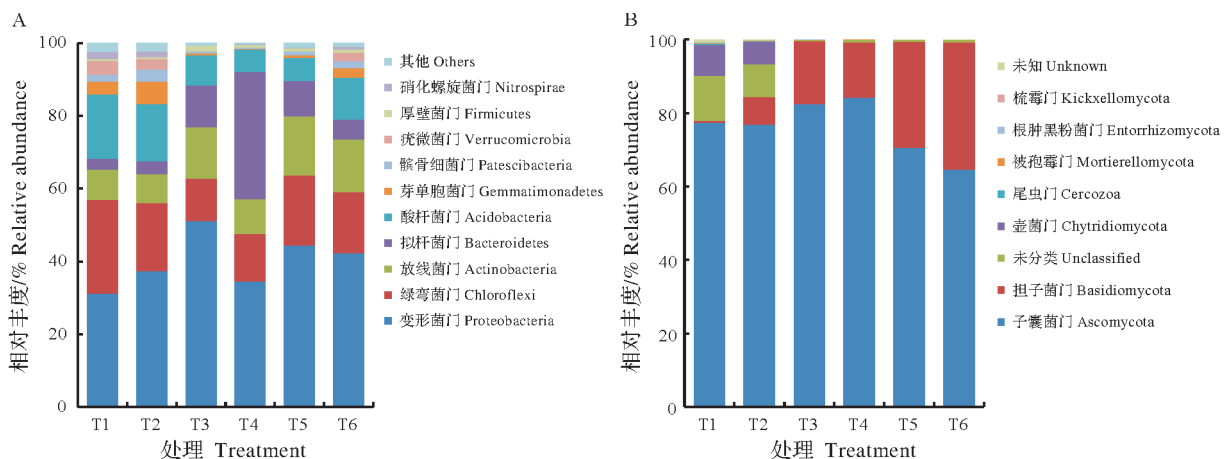


图 2 不同处理对土壤细菌和真菌群落结构的影响

Fig.2 Structure of bacterial and fungi communities in soil under different treatments

度均为 60% 以上,且随着有机肥用量增加,子囊菌门相对丰度呈先上升后下降的趋势;T1 处理(不施有机肥)壶菌门(Chytridiomycota)的相对丰度为 8.39%,T2 处理(80% 化肥 20% 有机肥),壶菌门的丰度为 6.01%,随着有机肥用量的增加,壶菌门的丰度呈逐渐下降的趋势。担子菌门(Basidiomycota)相对丰度随着有机肥用量的增加呈逐渐上升的趋势,其中 T6 处理(100% 有机肥)担子菌门相对丰度较 T1 处理(不施有机肥)增加了 34.15%。

3 结论与讨论

研究表明化肥减量施用配施有机肥可改善土壤理化性质^[12-13]。本研究结果也发现,与单施化肥相比,化肥减量施用配施有机肥处理均显著增加土壤有机质含量,与前人研究结果相同^[14-15]。土壤 pH 值和土壤碱解氮含量则随着有机肥用量的增加呈先上升后下降的趋势,有机肥施用比例为 60%(T4 处理)时,较不施有机肥处理,土壤 pH 值显著提高,提高了 0.19。当有机肥施用比例达到 40%~80%(T3、T4 和 T5 处理)时,土壤碱解氮含量较不施有机肥处理(T1 处理)增加了 11.02%~21.58%,施用比例高于 80% 或低于 40% 时,土壤碱解氮含量与不施有机肥处理差异不显著。其原因可能是化肥肥效快,容易发生氮肥淋洗损失,这个过程产生的大量质子也加速了土壤酸化,而有机肥肥效慢,适量施用有机肥一方面对保持速效氮及减少氮淋失有一定的作用,另一方面也能缓解土壤酸化^[16-18]。与其他研究结果^[12]不同,本研究不同有机肥替代处理的土壤有效磷和速效钾含量与不施有机肥差异不显著,这可能是由于本试验时间较短,有机肥肥效慢,对土壤磷和钾的转化比较迟钝,致使土壤有效磷和速效钾含量差异不显著。

化肥减量配施有机肥对土壤微生物的群落结构有一定的影响^[19-20],本试验发现绿弯菌门相对丰度随着有机肥用量的增加呈先下降后上升的趋势,其中 T1 施肥处理的绿弯菌门相对丰度为 25.68%,T3 和 T4 处理的绿弯菌门相对丰度很低,为 11.71% 和 13.14%。研究表明,绿弯菌门细菌在低养分和酸性环境中是优势种群^[19],这也与本试验结果一致。变形菌门具有促进土壤氮素利用、土壤修复和降解复合污染物等作用,化肥减量配施有机肥土壤中变形菌门相对丰度较单施化肥高^[21],本研究发现变形菌门相对丰度随着有机肥用量的增加呈先上升后下降的趋势,这可能与土壤中可利用氮含量相关。拟杆菌门适合在富营养的有机环境中生长^[19],本研究拟杆菌门相对丰度随着有机肥用量的增加呈先上升后下降的趋势,T1 施肥处理的拟杆菌门占比为 2.82%,T4 处理的拟杆菌门占比为 34.94%,这可能与土壤中有机质含量、酸碱度以及碱解氮含量有关。另外,土壤真菌群落结构也受不同施肥处理的影响,但其敏感度低于细菌^[22]。从真菌群落组成来看,本试验中 6 个处理主要鉴定出子囊菌门、壶菌门、担子菌门等主要菌门,其中子囊菌门是真菌中丰富度最高的种群,这与其他的 research 结果一致^[23-24]。随着有机肥用量的增加,子囊菌门相对丰度先上升后下降,这可能与子囊菌门具有降解土壤中可溶性有机底物的功能有关^[25-27],有机肥用量增加会给予子囊菌创造良好的土壤环境,使其更好地利用有机物并快速繁殖,但当有机肥施用比例超过 80% 时,土壤中碱解氮含量减少,可提供子囊菌快速繁殖所需的氮源减少,因此子囊菌门相对丰度有轻微的下降趋势。担子菌门相对丰度随着有机肥用量的增加呈逐渐上升的趋势,其中 T6 处理(100% 有机肥)担子菌门的相对丰度较 T1 处理(不施有机肥)增加了 34.15%,这可能与担子菌门参与分解难降解的碳有关^[26],有机肥用量增加,土壤中碳源含量增加,有利于担子菌门的快速繁殖。

化肥减量配施有机肥有助于提高作物的产量和品质,唐宇等^[28]研究发现用生物有机肥代替化肥能提高番茄的 VC 含量和可溶性糖含量,但是番茄产量与常规施肥持平。刘红明等^[29]发现与常规施肥相比,化肥减量配施有机肥柠檬产量增加了 28.60%,VC 含量和可溶性糖含量增加了 27.85% 和 6.2%。宋雅欣等^[30]研究发现番茄产量随有机肥替代量增加呈先上升后下降趋势,50% 有机肥+50% 化肥番茄的产量最高,品质最优。本研究发现化肥减量配施有机肥,樱桃番茄的产量和可溶性糖含量也呈先上升后下降的趋势,其中 T4 处理(40% 化肥+60% 有机肥)产量和可溶性糖含量均为最高,与不施有机肥相比,T4 处理的产量和可溶性糖含量分别增加了 14% 和 2.02%。化肥减量配施有机肥能满足作物生长的需求并获得稳产高产,且能有效改善作物的品质^[31],这一方面可能与有机肥配施化肥能改善土壤的碱性、提高有机质含量以及改善微生物结构,从而促进作物生长和改善作物品质有关,另一方面可能

是有机肥在分解过程产生的多种氨基酸和多肽类物质也有助于改善作物品质^[32]。另外,本研究基施40%化肥+60%有机肥处理的产量和品质最佳,其原因可能与40%化肥+60%有机肥处理的土壤pH值和碱解氮含量最高有关,本试验田为酸性土壤,樱桃番茄适宜种植于pH为5.6~6.7的土壤中^[33],提高pH值更适宜樱桃番茄生长,且适宜的土壤pH值,有利于调整土壤微生物群落结构,促进有益微生物在土壤中繁殖,提高土壤养分的有效性和樱桃番茄养分的吸收能力^[34],从而促进樱桃番茄生长,提升樱桃番茄的产量和品质。

与不施有机肥相比,化肥减量配施有机肥可增加樱桃番茄维生素C含量和可溶性糖含量,提升土壤pH,显著增加土壤有机质含量,并改善了土壤微生物群落结构。其中基施40%化肥+60%有机肥处理显著增加了樱桃番茄产量、果实维生素C含量及可溶性糖含量,土壤pH值升高了0.19,有机质和碱解氮含量分别增加了0.37 g/kg和27.12 g/kg,而且降低了绿弯菌门相对丰度,增加了拟杆菌门、子囊菌门和担子菌门相对丰度。综合考虑产量、品质、土壤等因素,基施40%化肥+60%有机肥处理对樱桃番茄产量、品质以及改土效果最佳。

参考文献 References:

- [1] 张静,常培培,梁燕,等. 樱桃番茄主要品质性状的主成分分析与综合评价[J]. 北方园艺, 2014(21): 1-7.
ZHANG J, CHANG P P, LIANG Y, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of quality traits in cherry tomato[J]. Northern horticulture, 2014(21): 1-7.
- [2] 郑锦荣,李艳红,聂俊,等. 设施樱桃番茄产业概况及研究进展[J]. 广东农业科学, 2020, 47(12): 212-220.
ZHENG J R, LI Y H, NIE J, et al. Overview and research progress of protected cherry tomato industry[J]. Guangdong agricultural sciences, 2020, 47(12): 212-220.
- [3] 伍壮生,李雪娇,吴月燕,等. 海南樱桃番茄生产现状及发展瓶颈分析[J]. 中国蔬菜, 2018(5): 98-100.
WU Z S, LI X Q, WU Y Y, et al. Analysis on production status and development bottleneck of cherry tomato in Hainan[J]. China vegetables, 2018(5): 98-100.
- [4] 黄绍文,唐继伟,李春花,等. 我国蔬菜化肥减施潜力与科学施用对策[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(6): 1480-1493.
HUANG S W, TANG J W, LI C H, et al. Reducing potential of chemical fertilizers and scientific fertilization countermeasure in vegetable production in China[J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2017, 23(6): 1480-1493.
- [5] 辛曙丽,刘永华. 海南陵水樱桃番茄产业发展现状·问题及对策[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(24): 246-249.
XIN S L, LIU Y H. Development status, limiting factors and strategies of cherry tomato industry in Lingshui, Hainan[J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2019, 47(24): 246-249.
- [6] 刘钦普. 中国化肥面源污染环境风险时空变化[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(7): 1247-1253.
LIU Q P. Spatio-temporal changes of fertilization environmental risk of China[J]. Journal of agro-environment science, 2017, 36(7): 1247-1253.
- [7] 魏文良,刘路,仇恒浩. 有机无机肥配施对我国主要粮食作物产量和氮肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(8): 1384-1394.
WEI W L, LIU L, QIU H H. Effects of different organic resources application combined with chemical fertilizer on yield and nitrogen use efficiency of main grain crops in China[J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2020, 26(8): 1384-1394.
- [8] 赵征宇,孙永红,赵明,等. 有机无机肥配施对土壤氮素转化和番茄产量品质的影响[J]. 华北农学报, 2013, 28(1): 208-212.
ZHAO Z Y, SUN Y H, ZHAO M, et al. Effects of combined application of organic and chemical fertilizers on soil nitrogen transformation, yield and quality of tomato[J]. Acta agriculturae boreali-Sinica, 2013, 28(1): 208-212.
- [9] 王宪玲,赵志远,马艳婷,等. 基于CT扫描技术研究有机无机肥长期配施对土壤物理特征的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(9): 1647-1655.
WANG X L, ZHAO Z Y, MA Y T, et al. Study on the effects of long-term application of chemical fertilizer combined with manure on soil physical properties of apple orchard based on CT scanning technology[J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2020, 26(9): 1647-1655.

- [10] 刘平静,肖杰,孙本华,等.长期不同施肥措施下土细菌群落结构变化及其主要影响因素[J].植物营养与肥料学报,2020,26(2):307-315.
LIU P J, XIAO J, SUN B H, et al. Variation of bacterial community structure and the main influencing factors in eum-orthic anthrosols under different fertilization regimes[J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2020, 26(2): 307-315.
- [11] 康利允,李晓慧,常高正,等.土壤增施硒肥对西瓜生长及其产量、品质的影响[J].江西农业大学学报,2020,42(1):20-30.
KANG L Y, LI X H, CHANG G Z, et al. Effect of increasing soil selenium fertilizer on growth, yield and quality of watermelon[J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2020, 42(1): 20-30.
- [12] 赵满兴,刘慧,王静,等.减量复合肥配施生物有机肥对番茄土壤肥力及酶活性的影响[J].农学学报,2020,10(2):56-61.
ZHAO M X, LIU H, WANG J, et al. Reduced compound fertilizer with bio-organic fertilizer: effects on soil fertility and enzyme activity of tomato[J]. Journal of agriculture, 2020, 10(2): 56-61.
- [13] 何浩,张宇彤,危常州,等.等养分条件下不同有机肥替代率对玉米生长及土壤肥力的影响[J].核农学报,2021,35(2):454-461.
HE H, ZHANG Y T, WEI C Z, et al. Effects of different organic fertilizer replacement rates on maize growth and soil fertility under equal nutrient conditions[J]. Journal of nuclear agricultural sciences, 2021, 35(2): 454-461.
- [14] Zhang W, Xu M, Wang B, et al. Soil organic carbon, total nitrogen and grain yields under long-term fertilizations in the upland red soil of southern China[J]. Nutrient cycling in agroecosystems, 2009, 84(1): 59-69.
- [15] 王子腾,耿元波,梁涛,等.减施化肥和配施有机肥对茶园土壤养分及茶叶产量和品质的影响[J].生态环境学报,2018,27(12):2243-2251.
WANG Z T, GENG Y B, LIANG T, et al. Effects of reducing chemical fertilizer and organic fertilizer combination on tea garden soil and tea yield and quality[J]. Ecology and environmental sciences, 2018, 27(12): 2243-2251.
- [16] 郝小雨,高伟,王玉军,等.有机无机肥料配合施用对设施番茄产量、品质及土壤硝态氮淋失的影响[J].农业环境科学学报,2012,31(3):538-547.
HAO X Y, GAO W, WANG Y J, et al. Effects of combined application of organic manure and chemical fertilizers on yield and quality of tomato and soil nitrate leaching loss under greenhouse condition[J]. Journal of agro-environment science, 2012, 31(3): 538-547.
- [17] 林治安,赵秉强,袁亮,等.长期定位施肥对土壤养分与作物产量的影响[J].中国农业科学,2009,42(8):2809-2819.
LIN Z A, ZHAO B Q, YUAN L, et al. Effects of organic manure and fertilizers long-term located application on soil fertility and crop yield[J]. Scientia agricultura Sinica, 2009, 42(8): 2809-2819.
- [18] 宋文峰,王超,陈荣府,等.长期不同施肥下小麦离子吸收对土壤酸化贡献能力的比较[J].土壤,2017,49(1):7-12.
SONG W F, WANG C, CHEN R F, et al. Comparison of contribution of wheat ionic uptake to soil acidification under long-term different fertilization[J]. Soil, 2017, 49(1): 7-12.
- [19] 于冰,宋阿琳,李冬初,等.长期施用有机和无机肥对红壤微生物群落特征及功能的影响[J].中国土壤与肥料,2017,(6):58-65.
YU B, SONG A L, LI D C, et al. Influences of long-term application of organic and inorganic fertilizers on the structure and function of microbial community in red soil[J]. Soil and fertilizer sciences in China, 2017(6): 58-65.
- [20] 丁建莉,姜昕,马鸣超,等.长期有机无机肥配施对东北黑土真菌群落结构的影响[J].植物营养与肥料学报,2017,23(4):914-923.
DING J L, JIANG X, MA M C, et al. Structure of soil fungal communities under long-term inorganic and organic fertilization in black soil of northeast China[J]. Journal of plant nutrition and fertilizer, 2017, 23(4): 914-923.
- [21] 靳晓拓,马继勇,周彦好,等.化肥减量配施有机肥下芒果园土壤细菌多样性及群落结构特征[J].热带作物学报,2019,40(6):1205-1212.
JIN X T, MA J Y, ZHOU Y Y, et al. Bacterial diversity and community structure characteristics of mango orchard soil under reduced chemical fertilizer and increased organic fertilizer application[J]. Chinese journal of tropical crops, 2019, 40(6): 1205-1212.
- [22] TU J, QIAO J, ZHU Z W, et al. Soil bacterial community responses to long-term fertilizer treatments in paulownia plantations in subtropical China[J]. Applied soil ecology, 2018, 124: 317-326.
- [23] DING H Y, ALI A, CHENG Z H. Dynamics of a soil fungal community in a three-year green garlic/cucumber crop rotation

- system in northwest China[J].Sustainability,2018,10(5):1391-1406.
- [24] 刘兰英,黄薇,吕新,等.长期施用沼液对槟榔芋根际土壤真菌群落多样性的影响[J].福建农业学报,2020,35(9):1034-1042.
- LIU L Y, HUANG W, LYU X, et al.Effect of long-term biogas slurry application on fungal community in rhizosphere soil at areca taro fields[J].Fujian journal of agricultural sciences,2020,35(9):1034-1042.
- [25] 武俊男,刘昱辛,周雪,等.基于Illumina MiSeq测序平台分析长期不同施肥处理对黑土真菌群落的影响[J].微生物学报,2018,58(9):1658-1671.
- WU J N, LIU Y X, ZHOU X, et al.Effects of long-term different fertilization on soil fungal communities in black soil based on the Illumina MiSeq platform[J].Acta microbiologica Sinica,2018,58(9):1658-1671.
- [26] BOER W D, FOLMAN L B, SUMMERBELL R C, et al.Living in a fungal world: impact of fungi on soil bacterial niche development[J].Fems microbiology reviews,2005,29(4):795-811.
- [27] MA A Z, ZHUANG X L, WU J M, et al.Ascomycota members dominate fungal communities during straw residue decomposition in arable soil[J].Plos one,2013,8(6):e66146-e66154.
- [28] 唐宇,包慧芳,詹发强,等.化肥减施条件下配施生物有机肥对番茄生长及品质的影响[J].新疆农业科学,2019,56(5):841-854.
- TANG Y, BAO H F, ZHAN F Q, et al.Effect of combined application of bio-organic fertilizer on tomato growth and quality under the condition of chemical fertilizer reduction[J].Xinjiang agricultural sciences,2019,56(5):841-854.
- [29] 刘红明,龙春瑞,潘艳华,等.化肥减量配施有机肥对柠檬树体生长、果实产量及品质的影响[J].中国农学通报,2020,36(24):42-46.
- LIU H M, LONG C R, PAN Y H, et al.Effects of chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer application on growth, fruit yield and quality of lemon trees[J].Chinese agricultural science bulletin,2020,36(24):42-46.
- [30] 宋雅欣,马茂亭,安志装,等.有机无机肥料配施对大棚辣椒与番茄产量及品质的影响[J].华北农学报,2017,32(2):211-216.
- SONG Y X, MA M T, AN Z Z, et al.Effect of combined application of organic and inorganic fertilizers on the yield and quality of pepper and tomato in greenhouse[J].Acta agriculturae boreali-Sinica,2017,32(2):211-216.
- [31] 丁维婷,武雪萍,张继宗,等.长期有机无机配施对暗棕壤土壤酶活性及春麦产量品质的影响[J].中国土壤与肥料,2020(6):1-8.
- DING W T, WU X P, ZHANG J Z, et al.Effects of long-term organic-inorganic combined application on enzyme activity of dark brown soil and yield, quality of spring wheat[J].Soil and fertilizer sciences in China,2020(6):1-8.
- [32] 虞轶俊,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.
- YU Y J, MA J W, LU R H, et al.Effect of organic fertilizer on soil characteristics, yield and quality of agricultural products: research progress[J].Chinese agricultural science bulletin,2020,36(35):64-71.
- [33] 邓爱妮,苏初连,王晓刚,等.碱性腐植酸改良液对露地酸化土壤理化性质及樱桃番茄品质的影响[J].中国瓜菜,2020,33(10):39-44.
- DENG A N, SU C L, WANG X G, et al.Effects of alkaline humic acid amendment on soil physicochemical property in open field acid soil and cherry tomato quality[J].China cucurbits and vegetables,2020,33(10):39-44.
- [34] 陈晓婷,王裕华,林立文,等.土壤酸度对茶叶产量及品质成分含量的影响[J].热带作物学报,2021,42(1):260-266.
- CHEN X T, WANG Y H, LIN L W, et al.Effects of soil acidity on tea yield and contents of leave quality components[J].Chinese journal of tropical crops,2021,42(1):260-266.