

胡晓婷,陈丹艳,牛博宇,等.番茄秸秆堆肥对番茄生长发育、产量及品质的影响[J].江苏农业科学,2019,47(1):108-111.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.026

番茄秸秆堆肥对番茄生长发育、产量及品质的影响

胡晓婷,陈丹艳,牛博宇,牟孙涛,辛鑫,杨振超

(西北农林科技大学园艺学院/农业部西北设施园艺工程重点实验室,陕西杨凌 712100)

摘要:以番茄品种“中杂9号”为试验材料,采用3种堆肥产物和3种配比浓度进行完全随机试验,通过对番茄植株的生长与生理指标、果实的产量和品质指标的对比分析,探讨番茄秸秆循环利用的可行性与番茄秸秆堆肥产物应用配比对番茄生长发育、产量及品质的影响。结果表明: T_2 (纯番茄秸秆堆肥/园土=10%)的番茄植株株高、茎粗、叶片数分别较对照(100%园土)显著增高66.07%、11.20%和36.80%,并可显著增产,同时番茄果实的可溶性固形物、可滴定酸和可溶性蛋白质的含量均有不同程度的提高。说明番茄秸秆废弃物经合理方式处理后可以进行循环利用,且纯番茄秸秆与园土以10%的混配比例种植番茄时可以促进番茄植株的生长发育,显著提高产量,有效改善果实品质。

关键词:番茄秸秆;循环利用;生长发育;产量;品质

中图分类号:S641.206;S141.4 **文献标志码:**A

文章编号:1002-1302(2019)01-0108-04

随着我国园艺产业的快速发展,蔬菜产量连年提高,据统计,2014年全国蔬菜播种面积达到2 128.9万 hm^2 ^[1]。蔬菜秸秆的产量仅次于水稻、玉米和小麦秸秆^[2-3],已成为第四大农作物秸秆。蔬菜秸秆中,约有一半的光合作用产物,其纤维素含量约30%,蛋白质含量约5%,此外,还有一定量的矿物质,如钙、磷等^[4]。番茄是我国最重要的主栽蔬菜之一,2015年产量占全国蔬菜总产量的7.1%^[5],每年均产生大量番茄秸秆废弃物。目前我国很多地区依然采取弃置、焚烧的方法处理秸秆,造成了严重的环境污染及资源浪费^[6],同时也存在农药残留、土壤结构破坏、土壤次生盐渍化等问题^[7-11]。因此,作为新时期经济结构调整的重点任务,推动并建立“绿色低碳循环发展产业体系”具有重要意义。循环农业的发展可以有效解决秸秆资源浪费的问题,并降低生产成本。目前,通过堆肥方式利用农作物秸秆的研究已经有很多^[12-15]。耿

凤展等的研究表明,番茄秸秆经过高温堆肥后化感物质的含量被降解安全范围内,可作为番茄的育苗基质,并可以有效地促进番茄生长^[16]。何圣米等研究表明,将20%辣椒秸秆添加到草炭中制成的辣椒栽培基质,能够显著地促进辣椒的生长^[17]。蔬菜秸秆的循环利用使废弃秸秆变废为宝,在一定程度上实现了生物质能的良性循环,并对人类社会的可持续发展有着重大意义。

本试验围绕番茄秸秆堆肥产物适宜应用配比对番茄生长发育、产量及品质的影响,通过测定番茄植株的生长及生理指标,探讨番茄秸秆循环利用的可行性,并筛选出对番茄生长最有利的堆肥配方及其与园土最佳混配比例,进而对番茄秸秆循环利用技术提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 试验材料

试验所用主要堆肥原料为番茄秸秆,以羊粪与玉米秸秆作为调理剂,按一定质量比(表1)经过80 d堆腐,完全腐熟后经过曝晒,作为供试有机肥(表2)。番茄秸秆与玉米秸秆取自陕西省咸阳市杨陵区大寨乡农户,羊粪取自西北农林科技大学克隆羊实验基地。供试土壤取自西北农林科技大学北校区园艺场,基本理化性质为有机质10.73 g/kg、碱解氮50.25 mg/kg、速效磷70.25 mg/kg、速效钾88.65 mg/kg,pH

收稿日期:2018-04-23

基金项目:陕西省科技攻关项目(编号:2015NY076);2016年陕西省杨凌示范区科技计划项目(编号:2015-TS-33)。

作者简介:胡晓婷(1990—),女,山西大同人,硕士研究生,主要从事设施园艺植物生理生态的研究。E-mail: huxiaoting0420@163.com。

通信作者:杨振超,博士,副教授,主要从事设施农业光环境与栽培生理的研究。E-mail: yangzhenchao@nwsuaf.edu.cn。

[2]任宝君,李玉华,薛松山.果园防护林的效应、结构及其营造技术[J].北方果树,1996(1):27-28.

[3]邱梦如,彭帅,郭中领,等.河北坝上农田防护林带结构配置——以康保地区为例[J].江苏农业科学,2017,45(8):145-148.

[4]秦仲麒.防风林对附近猕猴桃开花和产量的影响[J].北方园艺,1996(4):39-42.

[5]书达.风对果园有哪些危害[J].烟台果树,1985(2):32.

[6]郑晓明,王立群,田艳,等.辽东寒冷地区果园防护林的效应调查及其营造技术[J].现代农业,2009(6):28.

[7]祁有祥,程复,武烽东,等.防风网防风效能初步研究[J].水

土保持研究,2007(1):190-192,195.

[8]刘俊,汉瑞峰.葡萄防风网架设技术[J].农家参谋,2012(8):16-16.

[9]刘俊,田勤科,李敬川,等.葡萄防雹、防风网防风效果研究[J].中外葡萄与葡萄酒,2011(5):33-35.

[10]孙玉亭,霍兆发,高桥英纪,等.防风网小气候效应的初步分析[J].农业气象,1985(4):35-39.

[11]赵丽霞,刘俊,于祎飞,等.怀来盆地葡萄园雹风冻害防控技术[J].河北林业科技,2011(4):59-61.

[12]杨菲,杨吉华,艾钊,等.鲁东沿海丘陵茶园防护林的小气候特征[J].植物生态学报,2014,38(11):1205-1213.

表 1 番茄秸秆堆肥原料配方

编号	堆肥配方
S	番茄秸秆 : 羊粪 = 2 : 1
T	番茄秸秆
C	番茄秸秆 : 玉米秸秆 = 2 : 1

表 2 堆肥产物基本化学性质及养分含量

试验材料	速效氮 (g/kg)	速效磷 (g/kg)	速效钾 (g/kg)	碳氮比 C/N	有机碳 (g/kg)	pH 值	EC (mS/cm)
S	2.46	3.97	17.54	8.04	231.47	8.45	5.82
T	1.98	4.09	20.89	8.32	183.47	8.55	6.45
C	1.66	3.06	21.46	7.56	228.68	8.10	5.78

于菜园土中,其中添加羊粪+番茄秸秆堆肥的处理分别记为 S₁、S₂、S₃,纯番茄秸秆堆肥的处理分别记为 T₁、T₂、T₃,添加玉米秸秆+番茄秸秆堆肥的处理分别记为 C₁、C₂、C₃。对照 (CK) 为 100% 园土。

1.3 试验方法

2016 年 4—8 月,试验在西北农林科技大学北校区园艺场塑料大棚内进行,共设 10 个处理,每个处理 10 株,选择长势一致的番茄苗于 4 叶 1 心期定植于塑料盆 (直径 25 cm) 内,每盆 1 株,随机排列,栽培过程中只浇灌清水。采用常规田间管理方式进行病虫害防治及植株调整。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 番茄植株生长及生理指标的测定 定植后 14 d 测定番茄植株株高、茎粗和叶片数,每 14 d 测 1 次。定植 30 d 后测番茄叶片叶绿素含量。株高:直尺测定根颈部到生长点的长度 (cm);茎粗:游标卡尺测定土面上方 1 cm 处的直径 (mm);叶片数:计黄化面积小于 60% 完全展开的功能叶;叶绿素含量:使用叶绿素仪 (SPAD-502,日本 Minolta 公司) 测定。

1.4.2 番茄产量和果实品质的测定 每盆植株单独记产,挑选第一穗果中大小和成熟度一致的番茄测定果实品质。产

量:使用电子天平称质量,并计算单株总质量 (g);可溶性固形物与可滴定酸:使用手持数显糖酸计 (PAL-BX/ACID5, Atago 日本) 测定;可溶性蛋白质含量:使用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[18]测定;维生素 C 含量:使用钼蓝比色法^[18]测定。

值 7.5,电导率 (EC 值) 0.43 mS/cm。
供试番茄品种为“中杂 9 号”,由陕西省杨凌区新天地农业科技示范园提供。

1.2 试验设计

以 5%、10%、15% 的配比 (质量比) 将 3 种堆肥分别添加

1.5 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 20 软件 Duncan's 新复极差法进行数据的方差分析 ($P < 0.05$),使用 Oringin 2016 软件绘图。

量:使用电子天平称质量,并计算单株总质量 (g);可溶性固形物与可滴定酸:使用手持数显糖酸计 (PAL-BX/ACID5, Atago 日本) 测定;可溶性蛋白质含量:使用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[18]测定;维生素 C 含量:使用钼蓝比色法^[18]测定。

2 结果与分析

2.1 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄生长发育的影响

2.1.1 不同配比番茄秸秆有机肥对番茄植株株高的影响

14 d 时各处理番茄植株株高与 CK 均无显著性差异。在 28 d 时除 S₂、S₃、C₂、C₃ 处理番茄植株株高显著低于 CK,其余各处理与 CK 均无显著性差异。在 42 d 时,S₁、T₁、T₂ 处理的番茄植株株高显著高于 CK,具体表现为 T₂ > T₁ > S₁ > CK,其余各处理与 CK 均无显著性差异。至 54 d 时,S₁、T₁、T₂ 处理的番茄植株株高均显著高于 CK,分别较 CK 增长了 38.29%、36.74%、66.07%,具体表现为 T₂ > S₁ > T₁ > CK (表 3)。

表 3 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄株高的影响

处理	株高 (cm)			
	播种后 14 d	播种后 28 d	播种后 42 d	播种后 54 d
CK	14.18 ± 1.23ab	29.61 ± 2.01abc	36.80 ± 4.62bc	43.82 ± 3.10cd
S ₁	14.16 ± 1.49ab	23.41 ± 5.01bcd	49.63 ± 5.88a	60.60 ± 3.89b
S ₂	13.40 ± 0.43ab	19.39 ± 1.83de	31.57 ± 2.22bcd	35.04 ± 1.96de
S ₃	13.67 ± 0.47ab	17.64 ± 1.18de	22.27 ± 1.04de	29.85 ± 0.02e
T ₁	15.91 ± 0.94a	30.62 ± 4.55a	56.27 ± 5.02a	59.92 ± 6.79b
T ₂	15.73 ± 1.05a	34.40 ± 5.42a	60.86 ± 6.78a	72.77 ± 5.65a
T ₃	14.50 ± 0.33ab	21.25 ± 1.27cde	28.75 ± 4.13bcde	29.82 ± 4.95e
C ₁	15.08 ± 1.10ab	24.49 ± 3.49bcd	37.80 ± 5.09b	52.24 ± 0.31bc
C ₂	12.73 ± 0.45b	17.48 ± 0.85de	25.12 ± 1.65cde	33.16 ± 4.38de
C ₃	12.26 ± 0.26b	14.54 ± 0.20e	19.37 ± 2.29e	40.82 ± 0.09de

注:表中数值表示平均值 ± 标准误;同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$),下同。

2.1.2 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄茎粗的影响 在 14 d 时,S₂、S₃、C₃ 处理植株茎粗显著低于 CK,其余处理植株茎粗与 CK 无显著差异。在 28 d 时,S₁、T₁、T₂、C₁ 与 CK 无显著差异,其余各处理均显著低于 CK。在 42 d 时,各处理间植株茎粗表现出较大差异,仅 T₁ 处理植株茎粗显著大于 CK,此外除 S₁、T₂ 植株茎粗与 CK 无显著性差异外,其余

植株茎粗均显著低于 CK。54 d 时,处理间植株茎粗差异又逐渐减小,T₁、T₂ 处理植株茎粗显著大于 CK,分别较 CK 增长了 21.16%、11.20%,S₁ 处理植株茎粗与 CK 差异不显著,其余处理植株均显著低于 CK。整个生长期 (除 14 d 时),仅 T₁ 处理植株茎粗始终表现显著大于对照处理植株茎粗,表明该处理有机肥搭配对植株生长起显著促进作用 (表 4)。

表4 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄茎粗的影响

处理	茎粗 (mm)			
	播种后 14 d	播种后 28 d	播种后 42 d	播种后 54 d
CK	5.05 ± 0.17ab	6.07 ± 0.85ab	8.06 ± 0.43b	8.51 ± 0.42b
S ₁	4.42 ± 0.13bc	6.21 ± 0.64bc	8.62 ± 0.23b	8.93 ± 0.06b
S ₂	4.03 ± 0.30c	5.27 ± 0.58cd	6.69 ± 0.16c	7.75 ± 0.53cd
S ₃	3.93 ± 0.04c	4.53 ± 0.28c	5.30 ± 0.14e	5.77 ± 0.03e
T ₁	5.43 ± 0.44a	8.58 ± 0.88a	9.91 ± 0.36a	10.82 ± 0.11a
T ₂	4.51 ± 0.11bc	7.24 ± 0.72ab	8.38 ± 0.91b	9.93 ± 0.65a
T ₃	4.22 ± 0.22bc	5.34 ± 0.17cd	6.17 ± 0.33cd	7.31 ± 0.31d
C ₁	4.44 ± 0.32bc	6.15 ± 0.17bc	6.76 ± 0.10c	7.73 ± 0.03cd
C ₂	4.17 ± 0.37bc	4.95 ± 0.48cd	6.00 ± 0.26cde	7.20 ± 0.07d
C ₃	4.00 ± 0.42c	4.68 ± 0.14cd	5.82 ± 0.12de	7.31 ± 0.13d

2.1.3 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄叶片数的影响 在 28 d 时,除 S₃、C₂、C₃ 处理植株叶片数显著低于 CK 外,其余各处理与 CK 无显著差异。42 d 时,T₁、T₂ 处理植株叶片数显著高于其余各处理。54 d 时,T₁、T₂ 处理植株叶片数显著高于 CK,分别较 CK 增长了 23.57%、36.80%,S₃ 显著低于 CK,其余处理均与 CK 无显著差异,具体表现为 T₂ > T₁ > S₁ > C₁ > CK (表 5)。

表5 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄叶片数的影响

处理	叶片数(张)		
	播种后 14 d	播种后 28 d	播种后 42 d
CK	9.67 ± 0.88ab	10.33 ± 0.88bc	11.33 ± 0.88cd
S ₁	8.67 ± 1.20ab	12.50 ± 0.87ab	13.50 ± 1.44abc
S ₂	7.33 ± 0.88bc	9.50 ± 1.44cd	10.50 ± 0.87de
S ₃	5.67 ± 0.33cd	7.00 ± 0.02de	8.50 ± 0.29e
T ₁	10.33 ± 0.33a	13.67 ± 0.33a	14.00 ± 0.58ab
T ₂	9.50 ± 1.20ab	13.00 ± 2.40a	15.50 ± 1.50a
T ₃	9.00 ± 0.58ab	9.67 ± 0.88cd	9.67 ± 0.88de
C ₁	7.67 ± 0.67bc	9.00 ± 1.15cd	12.00 ± 0.07bcd
C ₂	6.33 ± 0.88cd	8.33 ± 0.67cde	10.33 ± 0.67de
C ₃	4.67 ± 0.67d	6.00 ± 0.58e	10.00 ± 0.04de

2.1.4 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄叶片叶绿素含量的影响 T₁、T₂ 处理植株叶片叶绿素含量与 CK 间无显著性差异,其余处理均显著低于 CK。在园土混配纯番茄秸秆的 T 处理中,T₃ 处理叶绿素含量显著低于 T₁、T₂ 处理,表明纯番茄秸秆堆肥混配园土比例在 5%~10% 时对叶绿素含量不会出现不利影响,混配园土比例高于 10% 时,叶绿素含量出现显著下降。其他堆肥产物混配园土处理(S、C 处理)植株叶片叶绿素含量均表现减少现象(图 1)。

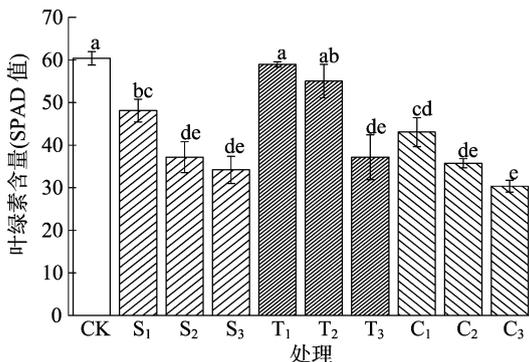


图1 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄叶片叶绿素含量的影响

2.2 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄产量的影响

平均单株产量以 T₂ 最高,S₂ 最低。各处理中高于 CK 的为 T₂、C₁、T₁、T₃,其中 T₂、C₁、T₁ 分别较 CK 显著增长了 118.70%、94.72%、90.99%,T₃ 增长了 12.72% 但差异不显著(图 2)。

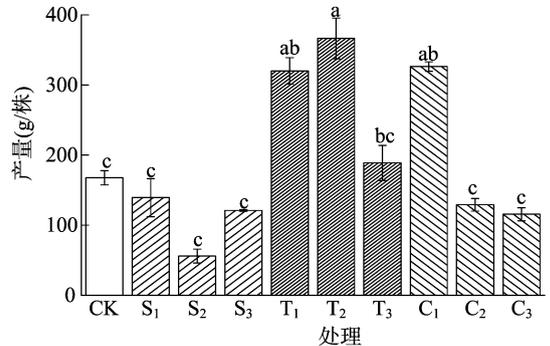


图2 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄产量的影响

2.3 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄品质的影响

S₃ 处理番茄果实的可溶性固形物含量最高,并显著高于 CK,S₁、C₃、T₂ 均高于 CK 且无显著性差异,具体表现为 S₃ > S₁ = C₃ > T₂ > CK。S₁、S₃、T₂、C₃ 的可滴定酸含量均显著高于 CK,C₁、C₂ 含量均显著低于 CK,具体表现为 S₃ > S₁ > C₃ > T₂ > T₁ > S₂ > T₃ > CK。除 S₂、C₁ 外,CK 的固酸比显著高于其余各处理,S 处理中 S₂ 显著高于 S₁、S₃,T 处理之间,T₂ 含量高于 T₁、T₃ 但均无显著性差异,C 处理中 C₁ 最高且显著高于 C₃,所有处理具体表现为 CK > C₁ > S₂ > C₂ > T₂ > T₁ > T₃ > C₃ > S₁ > S₃。S₂、S₃、C₂、C₃ 的可溶性蛋白质含量均显著高于 CK,T₁、T₂、C₁ 与 CK 间无显著性差异,具体表现为 C₃ > S₃ > S₂ > C₂ > T₂ > T₁ > CK,S₁、T₃ 显著低于 CK。除 C₁、C₂ 的维生素 C 含量显著低于 T₃ 外,其余各处理间均无显著性差异,具体表现为 T₃ > CK > S₂ > S₁ > C₃ > T₁ > T₂。不同处理对番茄各个品质指标影响不同,对其从以上番茄品质指标进行评价,得出 S₃ 与其他处理相比较优,其可溶性固形物、可滴定酸、可溶性蛋白质含量均显著高于 CK,维生素 C 含量与 CK 无显著性差异(表 6)。

3 结论与讨论

本试验中,T₂ (纯番茄秸秆堆肥/园土 = 10%) 番茄植株株高、茎粗和叶片数均显著高于对照,叶绿素含量与对照无显著差异,并可大幅提高番茄产量。说明以纯番茄秸秆堆肥作为有机肥可以有效促进番茄的生长,提高番茄的产量,这与李瑞琴等的研究结果^[19]一致。本试验对不同处理的可溶性固形物、可滴定酸、可溶性蛋白质、维生素 C 含量进行评价,得出 S₃ (番茄秸秆 + 羊粪/园土 = 15%) 与其他处理相比较优,其可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C 含量均高于对照,可溶性蛋白质含量显著高于对照,说明番茄秸秆进行堆肥处理后作为有机肥施入土壤中,可以有效改善果实品质,这与王鑫等^[20]、徐苏萌等^[21]、李恕艳等^[22]的研究结果一致。有机肥可提高微生物的活性,从而有效改善土壤的理化性状^[23-24],加速土壤有机氮的矿化^[25],矿化过程的增加会促进难溶性养分

表6 不同配比番茄秸秆堆肥产物作为有机肥对番茄品质的影响

处理	可溶性固形物含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	固酸比	可溶性蛋白质含量 (mg/g)	维生素 C 含量 (mg/100 g)
CK	8.07 ± 0.32b	1.39 ± 0.12d	5.76 ± 0.50a	0.83 ± 0.05de	26.33 ± 4.24ab
S ₁	8.50 ± 0.03ab	2.05 ± 0.02b	4.16 ± 0.02c	0.56 ± 0.01f	23.81 ± 1.13abc
S ₂	7.75 ± 0.14b	1.47 ± 0.03d	5.30 ± 0.15ab	1.42 ± 0.03c	24.41 ± 1.32abc
S ₃	9.20 ± 0.05a	2.38 ± 0.05a	3.87 ± 0.09c	2.20 ± 0.01b	22.10 ± 0.01abc
T ₁	6.65 ± 0.43c	1.54 ± 0.18cd	4.41 ± 0.25c	0.84 ± 0.10de	22.45 ± 0.16abc
T ₂	8.35 ± 0.14ab	1.78 ± 0.02c	4.53 ± 0.22c	0.89 ± 0.08d	22.37 ± 0.85abc
T ₃	6.40 ± 0.81c	1.45 ± 0.06d	4.37 ± 0.37c	0.57 ± 0.01f	28.16 ± 3.52a
C ₁	6.10 ± 0.09c	1.14 ± 0.08e	5.35 ± 0.09ab	0.74 ± 0.02e	21.75 ± 0.01bc
C ₂	4.50 ± 0.29d	0.99 ± 0.12e	4.67 ± 0.27bc	1.41 ± 0.01c	18.92 ± 0.67c
C ₃	8.50 ± 0.03ab	2.04 ± 0.06b	4.17 ± 0.05c	2.81 ± 0.01a	22.60 ± 0.33abc

的释放,增加速效养分的含量^[26],从而促进作物生长,同时养分的持续释放确保了作物营养代谢的均衡,进而改善了果实品质^[27]。

综上所述,番茄秸秆堆肥产物作为有机肥可有效促进番茄生长,提高番茄产量,改善番茄品质,综合考虑番茄秸秆堆肥产物对番茄生长、产量和品质的影响,以纯番茄秸秆与园土以10%的混配比例种植番茄效果最佳。

番茄秸秆循环利用不仅可以有效降低生产和肥料成本,还有效解决了番茄秸秆废弃物处理问题,既环保又经济,但目前番茄秸秆废弃物循环利用的研究还很少。本研究结果表明了番茄秸秆废弃物经过堆肥处理循环种植番茄具有可行性,且对番茄生长发育具有促进作用,为番茄秸秆循环利用提供了理论和实践依据。

参考文献:

[1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[M]. 北京:中国农业出版社,2015:222.

[2] 孙振钧,孙永明. 我国农业废弃物资源化与农村生物质能利用的现状与发展[J]. 中国农业科技导报,2006,8(1):6-13.

[3] 李剑. 蔬菜废弃物堆肥技术参数的优化研究[D]. 上海:上海交通大学,2011.

[4] 曹建峰. 秸秆的综合利用技术分析[J]. 能源研究与信息,2006,22(1):22-25.

[5] 熊露,朱孟帅. 番茄2016年市场分析及2017年市场预测[EB/OL]. [2018-02-20]. http://jiuban.moa.gov.cn/zwl/m/jcyj/201701/t20170122_5461550.htm.

[6] 宗庆妹,杨冬艳,张雪艳,等. 不同园艺废弃物还田对设施西芹土壤养分和酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):487-490.

[7] 钱晓雍,沈根祥,郭春霞,等. 不同废弃物对设施菜地次生盐渍化土壤的修复效果[J]. 农业环境科学学报,2014,33(4):737-743.

[8] Zaller J G. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties[J]. Scientia Horticulturae, 2007, 112(2): 191-199.

[9] 尹娟,刘中良. 农业废弃物还田对设施青椒品质及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(1):94-96.

[10] Blok C, Verhagen J B G M, Carlile W R, et al. Trends in rooting media in Dutch horticulture during the period 2001—2005: the new growing media project. [J]. Acta Horticulturae, 2009, 819:47-57.

[11] Jayasinghe G Y, Tokashiki Y, Arachchi I D L, et al. Sewage sludge sugarcane trash based compost and synthetic aggregates as peat

substitutes in containerized media for crop production[J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 174(1-3):700.

[12] 尹昌斌,周颖,刘利花. 我国循环农业发展理论与实践[J]. 中国生态农业学报,2013,21(1):47-53.

[13] 王亚男,曾希柏,王玉忠,等. 设施蔬菜种植年限对氮素循环微生物群落结构和丰度的影响[J]. 应用生态学报,2014,25(4):1115-1124.

[14] 刘保伟,卜崇兴,刘慧英,等. 不同发酵菌剂对玉米芯堆肥发酵过程中理化性质的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):334-336.

[15] Zanón M J, Font M I, Jordá C. Use of tomato crop residues into soil for control of bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* [J]. Crop Protection, 2011, 30(9):1138-1143.

[16] 耿凤展,李荣华,高波,等. 番茄秸秆高温堆肥作为番茄育苗基质的循环利用研究[J]. 中国土壤与肥料,2016(1):102-106.

[17] 何圣米,吴爱芳,汪芽芬. 辣椒秸秆基质对辣椒生长的影响[J]. 长江蔬菜,2010(16):61-63.

[18] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 高等教育出版社,2000.

[19] 李瑞琴,于安芬,白滨,等. 蔬菜废弃物栽培基质对番茄生长发育和营养品质的影响[J]. 水土保持通报,2016,36(2):110-114.

[20] 王鑫,曹志强,王金成,等. 微生物发酵有机肥对温室番茄产量、品质和土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(1):80-84.

[21] 徐苏萌,高艳明,马晓燕,等. 不同有机肥配比对设施番茄生长、品质和基质的影响[J]. 江苏农业学报,2016,32(1):189-195.

[22] 李恕艳,李吉进,张邦喜,等. 施用有机肥对番茄品质风味的影响[J]. 中国土壤与肥料,2017(2):114-119.

[23] 李传宝,王宏燕,赵伟,等. 秸秆还田配施微生物菌剂与有机肥施用对黑土微生物量碳的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(5):265-268.

[24] 黄维,胡小东,李焱,等. 不同有机肥对楚雄烟区紫色植烟土壤微生物数量和烟叶产量、品质的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(13):78-81.

[25] 马正华,宋维秀,魏国良. 菜地土壤有机肥转化试验[J]. 青海大学学报,2002,20(3):10-12.

[26] 李军营,邓小鹏,杨坤,等. 施用有机肥对植烟土壤理化性质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2012(3):12-16.

[27] 赵佐平,高义民,刘芬,等. 化肥有机肥配施对苹果叶片养分、品质及产量的影响[J]. 园艺学报,2013,40(11):2229-2236.