

尾菜源栽培基质对樱桃番茄生长、产量及品质的影响

胡卫丛¹, 陈莉莉¹, 闵梦月¹, 沈鑫², 吴旭东¹, 刘庆叶¹,
王蓓¹, 赵文瑜¹, 王东升^{1,2}, 张宗俊¹

(1. 南京市蔬菜科学研究所 南京 210042; 2. 南京农业大学 南京 210095)

摘要:为推动蔬菜尾菜资源化利用,利用蔬菜尾菜腐熟物料部分替代泥炭开发尾菜源栽培基质,评价不同基质对樱桃番茄生长、产量及品质的影响。本试验共设5个处理:CK(商品基质)、T1(番茄尾菜腐熟物料复配基质)、T2(番茄尾菜和玉米秸秆混合腐熟物料复配基质)、T3(辣椒尾菜腐熟物料复配基质)、T4(辣椒尾菜和玉米秸秆混合腐熟物料复配基质)。结果表明,T1~T4处理对樱桃番茄茎粗和叶片叶绿素积累均有促进作用,且能大幅提高樱桃番茄坐果数及产量,其中T2处理产量最高,较CK显著提高30.28%;T1~T4处理能够促进樱桃番茄品质提升,其中可溶性固形物、可溶性糖和可溶性蛋白含量均有所提高,可滴定酸含量均显著降低,糖酸比显著提高。利用隶属函数法结合樱桃番茄生长指标、产量指标和品质指标进行综合评价,T1~T4处理均优于CK,且T2处理最优。综上,尾菜源栽培基质开发是尾菜资源化利用的可行路径,番茄尾菜可与玉米秸秆复混腐熟,按照腐熟物料、泥炭、珍珠岩、蛭石体积比2:1:1:1配制栽培基质可实现樱桃番茄的优质高效生产。

关键词:樱桃番茄;尾菜源基质;生长;产量;品质

中图分类号:S641.2

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)04-149-07

Effects of vegetable residue-derived cultivation substrate on the growth, yield, and quality of cherry tomato

HU Weicong¹, CHEN Lili¹, MIN Mengyue¹, SHEN Xin², WU Xudong¹, LIU Qingye¹, WANG Bei¹, ZHAO Wenyu¹, WANG Dongsheng^{1,2}, ZHANG Zongjun¹

(1. Nanjing Institute of Vegetable Science, Nanjing 210042, Jiangsu, China; 2. Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

Abstract: To promote the resource utilization of vegetable waste, this study developed a waste-vegetable-derived cultivation substrate partially substituting peat with the fermented waste vegetable material, and evaluated the effects of different substrates on the growth, yield, and quality of cherry tomato. The experiment included five treatments: CK (commercial substrate), T1 (fermented tomato waste material composite substrate), T2 (fermented tomato waste and corn straw mixed composite substrate), T3 (fermented pepper waste material composite substrate), and T4 (fermented pepper waste and corn straw mixed composite substrate). The results indicated that T1-T4 promoted stem diameter and leaf chlorophyll accumulation in cherry tomato, and significantly increased fruit setting rate and yield, with T2 achieving the highest yield, improving it by 30.28% compared to CK. Moreover, T1-T4 enhanced the quality of cherry tomato, as indicated by increased soluble solid content, soluble sugar, and soluble protein, decreased titratable acid content, and significantly higher sugar-acid ratio. Using a membership function method combined with growth, yield, and quality indices for comprehensive evaluation, the results showed that all T1-T4 treatments outperformed CK, with T2 being the most optimal. In summary, developing cultivation substrates derived from vegetable waste is a feasible pathway for resource utilization. Fermented waste from tomato can be co-composted with corn straw, and a substrate formulated with a volume ratio of fermented material, peat, perlite, vermiculite of 2:1:1:1 can achieve high-quality and efficient production of cherry tomato.

Key words: Cherry tomato; Vegetable waste-derived substrate; Growth; Yield; Quality

收稿日期:2025-08-04;修回日期:2025-11-19

基金项目:江苏省第六期“333 人才”培养支持资助项目;南京市蔬菜科学研究所社发项目

作者简介:胡卫丛,女,农艺师,主要从事设施蔬菜栽培与土壤研究。E-mail:770681594@qq.com

通信作者:张宗俊,男,农艺师,主要从事设施蔬菜栽培研究。E-mail:54327005@qq.com

随着我国设施农业的快速发展,蔬菜产业规模化生产伴生的尾菜污染问题日益严重^[1]。据2024年江苏统计年鉴数据,江苏地区蔬菜年播种面积超140万 hm^2 ,仅南京市即达8.1万 hm^2 ,生产、加工过程中产生的尾菜(包括残次植株及根、茎、叶等)常被随意堆放,导致环境污染、土传病害滋生及生态景观破坏^[2]。与此同时,常规栽培基质高度依赖泥炭资源,但泥炭是不可再生资源,其过度开采已引发湿地退化等生态危机^[3],并且泥炭价格昂贵,使基质成本陡增。因此,替代泥炭的新型栽培基质的开发和应用十分必要。梁丽丽等^[4]利用生物炭替代泥炭复配基质,结果表明,生物炭可通过改变基质的孔隙状况和养分含量促进樱桃萝卜根系生长,进而提高产量。刘学方等^[5]研究表明,用菇渣替代20%~30%泥炭与以泥炭为主要成分的育苗基质相比能显著促进水稻根系生长,提高水稻幼苗茎粗、叶宽及叶绿素含量等。王可等^[6]利用园林废弃物堆腐产物部分替代泥炭配制基质,发现泥炭、蛭石与加菌堆腐产物以体积比5:3:2混合,与泥炭、蛭石以体积比7:3混合相比,植物的株高、根长、干质量、鲜质量分别显著提高12.84%、9.14%、10.08%、15.58%。近年来,尾菜堆肥技术为基质创制提供了新方向。通过好氧发酵将尾菜转化为腐熟有机质,其富含氮、磷、钾及有机酸,可改善基质结构与养分缓释性能。张西凯^[7]利用植物源废弃物发酵的腐熟物料研制蔬菜育苗基质,发现多个不同植物源废弃物发酵的腐熟物料复配基质对番茄幼苗的株高、茎粗、地上部干质量都有显著的促进作用;赵国庆^[8]研究发现,与常规栽培基质相比,尾菜基质种植的番茄与辣椒长势、产量及果实品质均有不同程度的提高。

然而,针对尾菜发酵物料在樱桃番茄栽培中的适配性研究仍显不足,尤其在南京地区温室环境下的配方筛选与评价体系尚未完善。因此,笔者通过将蔬菜尾菜发酵产物与泥炭、珍珠岩、蛭石复配,开发新型栽培基质实现尾菜变废为宝,消纳田间废弃物,推动资源循环利用,同时降低基质生产成本,为农业生产节本增效。针对南京地区温室环境,以樱桃番茄为供试作物,通过对比植株生长、产量及果实品质等指标,筛选适宜温室环境栽培樱桃番茄的基质配方,建立尾菜基质评价体系,以期为长三角地区设施番茄绿色栽培提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2024年2—7月在南京市蔬菜科学研究所蔬菜科技园(江宁区横溪街道)进行。该地区属于亚热带季风气候,年平均气温 $15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,年降水量 $1000\sim 1200\text{ mm}$,年无霜期220d左右。

1.2 材料

供试作物为樱桃番茄,品种为艳遇,购自南京市金盛达种子公司。

供试肥料为番茄专用水溶肥番茄AB肥,购自上海美妮生态农业有限公司。A肥[N含量(w ,下同) $\geq 14\%$, K_2O_5 含量 $\geq 8\%$]和B肥(N含量 $\geq 4\%$, P_2O_5 含量 $\geq 8\%$, K_2O_5 含量 $\geq 20\%$)按照体积比1:1根据番茄不同生育期肥料需求调整稀释倍数,分别稀释后再混合使用。

1.3 试验设计

试验采用无土栽培方式,共设置5个处理,分别为CK(商品基质)、T1(番茄尾菜腐熟物料复配基质)、T2(番茄尾菜和玉米秸秆混合腐熟物料复配基质)、T3(辣椒尾菜腐熟物料复配基质)、T4(辣椒尾菜和玉米秸秆混合腐熟物料复配基质)。商品栽培基质,购自镇江培蕾基质科技发展有限公司,有机质含量(干基)19.57%,总养分含量(NPK)1.88%,pH 7.14。将堆制的腐熟物料进行二次粉碎后按照腐熟物料、泥炭、珍珠岩、蛭石体积比2:1:1:1均匀混合制备成尾菜源栽培基质,用于栽培试验。2024年2月10日育苗,3月15日选择长势一致的番茄苗定植,株距40cm,每个处理设置3个小区重复,每个小区种植10株,整枝方式为单蔓整枝,留7穗果。试验过程中温室湿帘、顶窗和遮阳网根据番茄生理需求调控,按照南京地区常规生产要求进行水肥管理和病虫害管理。

供试蔬菜尾菜腐熟物料由南京市蔬菜科学研究所生态环境与土壤团队于2023年8—9月利用不同蔬菜尾菜进行气流膜静态好氧发酵产生。不同处理尾菜原料分别为T1(200kg番茄尾菜)、T2(100kg番茄尾菜+100kg玉米秸秆)、T3(200kg辣椒尾菜)、T4(100kg辣椒尾菜+100kg玉米秸秆)。将尾菜秸秆粉碎并按比例称质量,调节堆体含水率至60%~65%,添加堆体质量1%有机物料腐熟菌剂(购自南京菌库生物工程有限公司,有效活菌数 $\geq 150\text{ 亿}\cdot\text{g}^{-1}$,酶活性 $\geq 500\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$)堆置于曝气管上方,外覆分子膜进行发酵,每天进行1次曝气,通风量

为 $0.07 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$, 每天通风 1 h, 测定堆体中心温度, 温度保持 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上不少于 7 d 或 $45 \text{ }^\circ\text{C}$ 不少于 14 d, 堆体缩小至原体积 1/3 左右、无刺激难闻臭味、堆肥产物种子发芽指数 $\geq 60\%$, 表示腐熟完成, 共堆制 32 d。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长指标测定 在番茄缓苗期后每个处理随机选取长势均匀一致、具有代表性的植株 3 株, 测定各处理番茄株高、茎粗、SPAD 值、节间长度等生长指标。采用直尺测量子叶节到主茎顶端(即生长点)的距离为株高; 采用得威斯游标卡尺测定茎粗; 采用 TYS-A 型叶绿素仪测定顶端第 3 片叶叶绿素相对含量(SPAD 值); 采用直尺测定第 1 穗花下 3 节长度取平均值计为节间长度。

1.4.2 产量测定 待番茄成熟后, 从第 1 次采收开始统计各小区所有单株的累计产量, 即为小区产量。每个处理随机选取长势均匀一致、具有代表性的植株 3 株, 做好标记, 从第一次采收开始统计产量, 直至采收结束的累计产量, 即为该单株产量, 每次采收统计果实数量, 便于计算单果质量(单株产量/单株采果数)。

1.4.3 营养品质测定 果实成熟时, 每个处理选取成熟度基本一致的果实称质量并进行品质测定, 测定的指标包括可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、维生素 C 含量和可滴定酸含量。采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量^[9], 采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[10], 采用 2,6-二氯酚滴定法测定维生素 C 含量^[11], 采用标准氢氧化钠溶液滴定法测定可滴定酸含量^[10]。

1.4.4 栽培基质理化性质测定 在番茄定植前和采收结束后, 每个处理组分别采集栽培基质并测定理化性状。采用“环刀法”测定总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度、容重等, 采用酸度计测定 pH(样品质量与水体积比 1:5), 采用电导率仪测定 EC 值, 采用重铬酸钾-硫酸氧化法测定有机质含量, 采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮法测定全氮、全磷及全钾含量^[12]。

1.5 综合评价

采用隶属函数法评估各处理番茄的生长、产量和品质指标, 按照下列公式求得各指标隶属函数值, 进而求得各处理的综合评价指数。

$$X(f) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}); \quad (1)$$

$$X(f) = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})。 \quad (2)$$

式中, X 为某一处理某一指标的测定值, X_{\max} 、 X_{\min} 分别为该指标测定的最大值和最小值。该指标

与产量或品质表现正相关采用(1)式, 反之用(2)式。

1.6 数据统计与处理

采用 Excel 2010 软件处理数据, 采用 SPSS 20.0 进行统计分析, 差异显著性采用单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对番茄植株生长的影响

由表 1 可知, 与 CK 相比, T1~T4 处理的樱桃番茄株高(T2 处理除外)、茎粗和 SPAD 值均有不同程度的提高。不同处理的株高在 44.37~47.73 cm 之间, 各处理与 CK 之间差异均不显著; 其中 T1 处理最高, 较 CK 提高 4.28%, T2 处理最低, 较 CK 降低 3.06%。对于樱桃番茄茎粗, T2 处理最高, 较 CK 增加 21.60%, T1 处理次之, 较 CK 增加 13.59%, 处理间差异不显著。SPAD 值能反映作物叶片叶绿素相对含量, 表现为各尾菜源基质处理较 CK 均有提高, 其中 T4 处理最高, 较 CK 显著提高 9.89%。T1 处理的节间长度较 CK 显著增加 20.08%, 其他处理与 CK 差异不显著。

表 1 不同处理对樱桃番茄生长指标的影响

Table 1 Effects of different treatments on growth indicators of cherry tomato

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/mm	SPAD 值 SPAD value	节间长度 Internode length/cm
CK	45.77±4.14 a	5.37±0.55 a	46.80±1.68 b	5.18±0.40 b
T1	47.73±0.64 a	6.10±0.81 a	47.07±0.95 b	6.22±0.42 a
T2	44.37±0.60 a	6.53±0.45 a	49.60±1.06 ab	5.28±0.48 b
T3	45.83±4.54 a	6.03±0.95 a	48.63±1.33 ab	5.96±0.30 ab
T4	45.83±4.31 a	5.50±0.44 a	51.43±3.86 a	5.43±0.49 ab

注: 同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

2.2 不同处理对樱桃番茄产量的影响

由表 2 可知, T1~T4 处理的单株坐果数、单株产量及小区产量与 CK 相比均有增加。单株坐果数为 71.00~112.67, 表现为 $T2 > T1 > T3 > T4 > CK$, T1~T4 处理较 CK 分别显著增加 53.52%、58.69%、47.89% 和 45.54%; 各处理的单果质量差异不显著, 其中 CK 最大, 为 12.64 g; 单株产量处理间表现为 $T2 > T1 > T4 > T3 > CK$, T1~T4 处理较 CK 分别显著提高 50.00%、53.33%、38.89% 和 40.00%; 小区产量表现为 $T2 > T1 > T4 > T3 > CK$, T1~T4 处理的产量增幅在

表2 不同处理对樱桃番茄产量的影响

Table 2 Effects of different treatments on yield of cherry

tomato				
处理 Treatment	单株坐果数 Number of fruits per plant	单果质量 Single fruit mass/g	单株产量 Single plant yield/kg	小区产量 Community yield/kg
CK	71.00±8.72 b	12.64±1.27 a	0.90±0.19 b	10.27±1.02 b
T1	109.00±13.45 a	12.44±0.63 a	1.35±0.12 a	12.25±1.54 ab
T2	112.67±12.58 a	12.22±0.31 a	1.38±0.18 a	13.38±0.96 a
T3	105.00±17.52 a	12.07±0.51 a	1.25±0.19 a	11.32±0.78 ab
T4	103.33±16.17 a	12.21±0.95 a	1.26±0.17 a	11.77±1.35 ab

10.22%~30.28%之间,其中 T2 处理较 CK 显著提高 30.28%,其他处理与 CK 差异不显著。

2.3 不同处理对樱桃番茄品质的影响

由表 3 可知,T1~T4 处理能不同程度地提高番茄可溶性固形物含量,其中 T4 和 T2 处理较 CK 分别显著提高 0.53 和 0.43 百分点;T1~T4 处理的可溶性糖含量较 CK 分别提高 0.30、0.21、0.12 和 0.37 百分点,其中 T4 处理与 CK 相比差异显著;T1~T4 处理的可滴定酸含量较 CK 分别显著降低 2.74、

表3 不同处理对樱桃番茄品质的影响

Table 3 Effects of different treatments on quality of cherry tomato

处理 Treatment	w(可溶性固形物) Soluble solids content/%	w(可溶性糖) Soluble sugar content/%	w(可滴定酸) Titrable acid content/%	糖酸比 Sugar acid ratio	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/(mg·g ⁻¹)	w(维生素 C) Vitamin C content/ (mg·100 g ⁻¹)
CK	7.70±0.17 b	1.24±0.07 b	6.77±0.72 a	1.84±0.18 b	4.92±0.11 a	25.25±3.08 a
T1	7.73±0.12 b	1.54±0.21 ab	4.03±0.25 b	3.82±0.48 a	4.93±0.06 a	25.21±3.64 a
T2	8.13±0.12 a	1.45±0.08 ab	3.57±0.70 b	4.15±0.73 a	5.05±0.08 a	22.60±1.21 a
T3	7.87±0.12 b	1.36±0.21 ab	3.60±0.46 b	3.76±0.22 a	4.94±0.07 a	25.03±1.39 a
T4	8.23±0.06 a	1.61±0.27 a	3.87±0.45 b	4.18±0.71 a	4.98±0.10 a	22.69±1.44 a

3.20、3.17 和 2.90 千分点;T1~T4 处理均能够显著提高番茄的糖酸比;各处理的可溶性蛋白和维生素 C 含量与 CK 相比差异均不显著,其中 T2 处理的可溶性蛋白含量最高,尾菜腐熟物料复配基质处理的维生素 C 含量均低于 CK。

2.4 不同处理栽培前后基质理化性状的变化

无土栽培基质能够为植株根系提供水、气、肥稳定协调的环境。郭世荣^[13-14]研究表明,适宜蔬菜作物栽培的基质须符合以下条件:容重以 0.1~0.8 g·cm⁻³为宜,总孔隙度范围在 54%~96%之间,气

水比保持在 1:2 至 1:4,pH 维持在 6.5~7.0,且电导率(EC 值)在 0.5~1.3 mS·cm⁻¹之间,试验所使用的商品基质和尾菜源基质除 pH 偏高及 EC 值偏低外,其他指标均在适宜范围内。由表 4 可知,栽培前尾菜源基质的总孔隙度在 80.75%~83.70%之间,栽培后各处理均有下降,在 71.24%~74.67%之间,从构成上看,通气孔隙度大幅降低,由原来的 23.19%~26.69%降为 2.95%~3.27%,持水孔隙度较栽培前有所增加,因此栽后基质大小孔隙比(通气孔隙度/持水孔隙度)明显降低,仅为栽培前的

表4 不同处理栽培前后基质的理化性状

Table 4 Physicochemical properties of the substrate before and after cultivation under different treatments

时期 Stage	处理 Treatment	总孔隙度 Total porosity/%	通气孔隙度 Ventilation porosity/%	持水孔隙度 Holding water porosity/%	容重 Bulk density/ (g·cm ⁻³)	pH	EC/ (μS·cm ⁻¹)	w(有机质) Organic matter content/ (g·kg ⁻¹)	w(全氮) Total N content/ (g·kg ⁻¹)	w(全磷) Total P content (g·kg ⁻¹)	w(全钾) Total K content (g·kg ⁻¹)	气水比 Porosity air-water ratio
栽培前 Before cultiva- tion	CK	79.88	22.26	57.62	0.17	7.14	329.20	195.66	7.78	2.03	9.01	0.39
	T1	80.75	23.99	56.76	0.16	7.07	371.20	385.92	6.68	1.95	18.70	0.42
	T2	83.70	26.69	57.01	0.15	6.96	407.40	442.67	8.34	1.79	23.14	0.47
	T3	81.65	23.19	58.46	0.14	7.63	396.20	386.41	8.44	1.86	21.09	0.40
	T4	82.32	25.26	57.06	0.11	7.50	246.10	356.06	7.58	1.22	22.81	0.44
栽培后 After cultiva- tion	CK	66.62	2.88	63.73	0.17	7.60	2 209.02	212.00	13.60	8.80	15.20	0.05
	T1	71.89	3.00	69.07	0.16	8.10	2 032.04	454.00	8.50	4.90	22.20	0.04
	T2	73.72	3.07	70.65	0.16	7.90	1 963.10	526.00	9.40	4.70	18.10	0.04
	T3	74.67	3.27	71.41	0.17	8.50	1 778.00	553.00	9.80	4.10	23.10	0.05
	T4	71.24	2.95	68.29	0.15	8.20	1 552.03	502.00	7.30	3.30	19.40	0.04

9.28%~11.70%,栽培试验结束后基质体积存在明显的收缩。

对栽培前不同基质理化性质的比较发现,T1~T4处理的基质总孔隙度和气水比均大于CK,其中T2处理最高,分别为83.70%和0.47,同时,与玉米秸秆复配发酵的T2和T4处理总孔隙度和气水比均大于单独使用蔬菜尾菜发酵的T1和T3处理。T1~T4处理的有机质和全钾含量也明显高于CK,其中T2处理最高,分别为442.67、23.14 g·kg⁻¹。T1和T4处理的全氮含量较CK降低,T2和T3处理较CK有所提高;T1~T4处理的全磷含量在1.22~1.95 g·kg⁻¹之间,均低于CK(2.03 g·kg⁻¹)。栽培后基质总孔隙度均有不同程度的下降,T1~T4处理均高于CK;通气孔隙度均降至3%左右,通气性明显受限;CK的pH与栽培前相比升高了6.44%,尾菜源基质升高了9.33%~14.56%,T3处理的提升幅度最大,说明发酵物料对基质碱化有促进作用,各处理的EC值均有大幅提高,CK提升约6倍,表明施肥后基质中出现盐分累积;有机质含量栽培后明显提高,CK与栽培前相比升高了8.35%,T1~T4处理的升幅(18.82%~43.11%)明显高于CK,T3处理在栽培后达到最高(553.00 g·kg⁻¹),说明发酵物料能有效增加有机质储备;栽培后CK的全氮、全磷、全钾含量增幅均为最大,分别为74.81%、333.50%、68.70%,其中,T1~T4处理的全钾含量与栽培前相比基本保持在较高水平,CK也由9.01 g·kg⁻¹提升至15.20 g·kg⁻¹,但仍低于T1~T4处理。

2.5 不同处理樱桃番茄产量和品质的综合评价

不同处理下,樱桃番茄的生长、产量和品质指标表现出不同的响应结果,其中作物生长情况直接反映对栽培基质的适应性;产量指标是评估农业生产成果的重要指标,直接影响种植效益,是农民最关心的指标;此外,樱桃番茄作为鲜食水果,其营养物质含量等品质指标直接影响消费者口感和营养价值需求,说明其品质指标也至关重要。因此,笔者利用隶属函数法结合番茄生长指标、产量指标和品质指标对各处理进行综合评价,由表5可以看出,CK的综合评分最低,T2处理的综合评分最高。

3 讨论与结论

株高和茎粗能够直观反映不同基质环境下番茄植株的生长情况。本试验中,除T2处理的株高低于CK外,尾菜源栽培基质处理的株高和茎粗较CK均有提高,表明试验所用配比下的尾菜源栽培

表5 不同处理下樱桃番茄生长指标、产量指标及品质指标的隶属函数分析

Table 5 Subordinate function analysis of growth, yield, and quality indexes for cherry tomato under different treatments

指标 Index	CK	T1	T2	T3	T4
株高 Plant height	0.41	1.00	0.00	0.43	0.43
茎粗 Stem diameter	0.00	0.68	1.00	0.57	0.11
SPAD值 SPAD value	0.00	0.06	0.60	0.40	1.00
小区产量 Community yield	0.00	0.64	1.00	0.34	0.48
单株产量 Single plant yield	0.01	0.95	1.01	0.90	0.75
单株坐果数 Number of fruits per plant	0.00	0.91	1.00	0.82	0.78
单果质量 Single fruit mass	0.88	0.48	0.03	1.01	0.01
可溶性固形物含量 Soluble solids content	0.00	0.06	0.81	0.31	1.00
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.01	0.8	0.55	0.31	0.99
可滴定酸含量 Titrable acid content	0.00	0.86	1.00	0.99	0.91
糖酸比 Sugar acid ratio	0.00	0.84	0.98	0.82	1.00
可溶性蛋白含量 Soluble protein content	0.03	0.08	0.97	0.18	0.46
维生素C含量 Vitamin C content	1.00	0.99	0.00	0.92	0.03
平均隶属函数值 Mean membership function value	0.17	0.64	0.69	0.62	0.61
排序 Rank	5	2	1	3	4

基质有利于番茄植株的生长,这可能与栽培基质的理化性状有关。研究表明,尾菜源栽培基质孔隙度大,较疏松,有利于作物根系伸展进而促进作物生长^[7,15]。本试验中T1~T4处理的总孔隙度和气水比均大于CK,质地疏松透气,有利于番茄根系的氧气供应,促进番茄植株根系伸展及养分吸收。本试验结果表明,各尾菜源基质均能提高番茄叶片的叶绿素相对含量,有利于提高光合效率,促进物质积累,试验在相同施肥条件下进行,而氮素供应是叶绿素含量的关键因子,研究表明,有机无机肥配施可以提高土壤有机碳、全氮含量以及番茄生长中后期土壤硝化潜势,有效提高设施土壤的供氮能力^[16],尾菜堆肥产物富含有机质,添加至栽培基质中可以提高有机质含量,与无机水溶肥互作提高基质的供氮能力。

小区产量以各处理全部樱桃番茄植株为样本的统计结果,能够反映栽培基质对樱桃番茄产量的影响,结果显示,与CK相比,增产幅度依次为T2(30.28%)>T1(19.28%)>T4(14.60%)>T3(10.22%),其中T2处理的产量最高,与CK差异显著,表明针对樱桃番茄栽培使用,番茄尾菜源优于辣椒,与玉米秸秆混合发酵优于茄果类尾菜单独发酵。这可能与3种原料本身的理化性状有关,番茄和辣椒尾菜的碳氮比相对较低(12:1~22:1)^[17-18],而玉米秸秆的碳氮比较高(45:1)^[19],混合后碳氮比(约为30:1)更适于进行好氧发酵,有利于原料的充分腐解,从而释放养分。同时,通过比较栽培前基质理化性状可知,试验中尾菜源基质的有机质含量均明显高于商品基质,杨俊雪等^[20]通过Meta分析,以基质有机质含量为解释变量进行效应值计算,结果表明,当有机质含量>10%时,番茄增产效应显著,且有机质含量超过30%后差异变小。本试验中不同尾菜源栽培基质的有机质含量在35.61%~44.27%之间,商品基质的有机质含量为19.57%,T1~T4处理的产量均高于CK,但T1~T4处理之间差异不显著,与该分析结果一致。实现樱桃番茄栽培的效益最大化,需要兼顾高产与优质的双重目标,尤其是其风味和营养特性是决定市场接受度和消费者偏好的关键因素。本试验结果表明,尾菜源基质能够有效改善樱桃番茄品质,在提高可溶性糖含量的同时能够显著降低可滴定酸含量,因而糖酸比均有大幅提高。研究表明,基质有机质含量>30%对提高番茄果实中糖含量的效果显著^[20],许泽华等^[21]研究表明,土壤有机质含量与番茄的可溶性蛋白含量、总糖含量呈显著正相关,本试验中尾菜源栽培基质有机质含量均在30%以上,可能是提高番茄品质的重要原因。尾菜源基质中的有机质能够增加土壤有机碳和养分含量、微生物数量以及提高酶活性,从而促进植株生长和品质提升^[22]。杨世梅等^[23]研究结果显示,土壤全钾含量与番茄产量及多个品质指标呈正相关,T1~T4处理的全钾含量较CK提高了107.55%~156.83%,可能是提高番茄产量和品质的影响因素之一,因为钾肥可以在一定程度上提高氮磷肥的吸收效率及番茄坐果率,从而提高番茄产量^[24]。

比较不同基质栽培樱桃番茄前后理化性质和养分含量的变化,发现有机质含量在栽培后均有提高,且T1~T4处理的增幅较CK更大,可能是后续栽培中未完全腐熟的尾菜及玉米秸秆进一步腐解,释放了更多腐殖质等物质,使基质中有机质含量继

续提高。基质中全氮和全磷含量在栽培后均有所提高,主要是因为栽培过程中的肥料积累,其中栽培后CK的全氮含量提高了74.76%,全磷含量提高了334.00%,较T1~T4处理提高幅度更大(全氮含量最高提高49.61%,全磷含量最高提高206.00%)。原因可能是尾菜源基质孔隙度更大,利于作物根系伸展,肥料被吸收和淋洗得更多。栽培前T1~T4处理的全钾含量较CK明显提高,栽培后差距变小,但CK含量仍低于T1~T4处理,T1~T4处理的全钾含量基本保持在较高水平,表明蔬菜尾菜发酵物料对钾的保留和释放效果显著,有利于钾元素需求较高的番茄栽培^[25-26]。

对不同处理樱桃番茄植株的生长指标、产量指标和品质指标进行综合评价,结果表明,4种尾菜源基质均优于商品基质,其中番茄尾菜和玉米秸秆混合腐熟复配的栽培基质效果最优,说明茄果类蔬菜尾菜单独腐熟或与玉米秸秆混合腐熟后作为栽培基质应用于番茄栽培是可行的,而且与玉米秸秆混合腐熟复配基质的栽培效果更佳。另外,针对不同作物进行适宜的尾菜源基质开发和应用的探索还需进一步深入。

综上所述,尾菜源栽培基质对番茄植株的生长、产量及品质指标的提升均具有促进作用,且番茄尾菜与玉米秸秆混合腐熟后按照腐熟物料、泥炭、珍珠岩、蛭石体积比2:1:1:1制备成尾菜源栽培基质的栽培效果最佳。因此,尾菜源栽培基质开发是尾菜资源化利用的可行路径,番茄尾菜与玉米秸秆复混腐熟后配制成栽培基质,可在温室樱桃番茄无土栽培中推广应用。

参考文献

- [1] 罗娟,赵立欣,于佳动,等.我国蔬菜废弃物利用研究进展与发展建议[J].中国瓜菜,2024,37(3):1-8.
- [2] 蔡佳敏,蔡琳琳,贾思禹,等.蔬菜废弃物肥料化研究进展[J].中国蔬菜,2024(10):19-27.
- [3] KOSYAKOV S D, UL' YANOVSKII V N, LATKIN B T, et al. Peat burning: An important source of pyridines in the earth atmosphere[J]. Environmental Pollution, 2020, 266(P1): 115109.
- [4] 梁丽丽,钟璐瑶,张辽,等.生物炭及其替代泥炭比例对樱桃萝卜生长的影响[J].中国瓜菜,2025,38(6):158-166.
- [5] 刘学方,高强,赵海涛.菇渣替代泥炭配制水稻育苗基质育秧效果研究[J].现代农业科技,2022(19):18-22.
- [6] 王可,邵焯瑶,张培云,等.园林废弃物混菌堆腐方法及其产物对泥炭的替代效果研究[J].浙江农业学报,2023,35(7):1680-1689.
- [7] 张西凯.植物源废弃物气流膜发酵研制有机肥与育苗基质[D].南京:南京农业大学,2021.

- [8] 赵国庆. 餐厨粪和尾菜发酵产物的蔬菜栽培基质及营养液配方优化应用研究[D]. 南京:南京农业大学, 2022.
- [9] 蒋大程, 高珊, 高海伦, 等. 考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(4): 143-147.
- [10] 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.
- [11] 张海利, 李焕秀. 不同成熟度辣椒果实中维生素 C 及糖含量测定[J]. 甘肃农业科技, 2007(1): 5-7.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [13] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社, 2003.
- [14] 郭世荣. 固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增刊 2): 1-4.
- [15] 王新右. 蔬菜栽培与基质理化性状的关系探讨[J]. 现代农业科技, 2018(13): 76-77.
- [16] 王莹, 周珺, 孙德龙, 等. 不同量化肥与有机肥配施对设施番茄栽培土壤硝化潜势和 pH 的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2023, 29(4): 602-613.
- [17] 杜宣延, 向蕊, 刘琼, 等. 番茄秸秆好氧堆肥资源化利用技术研究[J]. 现代农业科技, 2025(16): 70-73.
- [18] 杨冬艳, 王丹, 桑婷, 等. 粉碎粒径对番茄和辣椒秸秆堆肥木质纤维素降解特征的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2024(2): 210-219.
- [19] 郝金波, 马啸宇, 贾宇, 等. 不同接种物和碳氮比例对玉米秸秆高温固体两相厌氧发酵的影响[J/OL]. 河南农业大学学报, 1-13[2025-09-24]. <https://doi.org/10.16445/j.cnki.1000-2340.20250322.001>.
- [20] 杨俊雪, 王冲, 石如岳, 等. 基质栽培对番茄产量和品质影响的 Meta 分析[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(6): 47-53.
- [21] 许泽华, 马军, 李白云, 等. 不同用量有机肥和生物菌肥配施对设施番茄土壤性能和品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2025, 38(3): 131-137.
- [22] FUCHENG G, HAIJUN L, MU X G, et al. Effects of organic fertilizer application on tomato yield and quality: A meta-analysis[J]. Applied Sciences, 2023, 13(4): 2184.
- [23] 杨世梅, 王世余, 王翠丽, 等. 不同黄沙、土壤配比对土壤理化性状与番茄生长、产量和品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2025, 38(7): 93-100.
- [24] 李亚莉, 哈丽哈什·依巴提, 唐亚莉, 等. 氮磷减施与钾协同共效对加工番茄产量和养分吸收的影响[J]. 新疆农业科学, 2024, 61(12): 3014-3019.
- [25] 张洋, 张荣, 胥婷婷. 氮肥减施条件下有机肥替代氮肥对温室番茄产量、品质和水肥效应的影响[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(12): 93-99.
- [26] 常心怡, 吉光鹏, 牛铃磊, 等. 地力差减法在南疆温室大棚番茄推荐施肥中的应用研究[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(9): 60-65.