

崔盼,陈一卓,范幸超,等.椰糠复合基质对口感番茄果实品质的影响及评价[J].江苏农业科学,2023,51(18):128-133.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.019

椰糠复合基质对口感番茄果实品质的影响及评价

崔盼¹,陈一卓¹,范幸超¹,霍瑞肖¹,汪亚娟¹,宫彬彬¹,王万寿²,高洪波¹,吴晓蕾¹

(1.河北农业大学园艺学院/河北省蔬菜种质创新与利用重点实验室/农业农村部华北节水农业重点实验室,河北保定 071000;

2.河北绿露农业科技发展有限公司,河北衡水 053900)

摘要:为探索适宜口感番茄栽培、促进果实品质提升的椰糠复合基质,以青太郎 2 号番茄为试材,用以椰糠为主成分的 4 种基质,即粗椰糠:细椰糠=1:2(T1)、细椰糠:草炭=1:3(T2)、细椰糠:草炭=1:1(T3)、细椰糠:粗椰糠:草炭=1:1:1(T4),以草炭:蛭石:珍珠岩=2:1:1(CK)为对照进行基质栽培,通过测定果实生长和品质指标,研究复合基质对番茄果实品质的影响。结果表明,T4 处理的品质指标和果实生长指标最好,维生素 C、可溶性固形物、可溶性糖含量分别提高至对照的 1.10、1.20、1.17 倍,单果质量较对照提高了 12.06%,且鲜味氨基酸、甜味氨基酸和芳香类氨基酸含量是对照的 1.38、1.20、1.18 倍,经主成分分析,T4 处理综合得分最高;初步筛选出可溶性固形物、糖酸比、甜味氨基酸、芳香类氨基酸 4 个指标,可用于番茄果实品质评价。综上所述,细椰糠:粗椰糠:草炭=1:1:1(T4)处理的椰糠复合基质显著提高了番茄果实品质和产量,且草炭用量低,可在口感番茄的基质栽培中应用;除常规品质指标外,氨基酸可作为评价口感番茄果实品质的参考指标,得到品质评价方程为 $Y=0.043+0.154X_4+0.110X_6+0.107X_8+0.014X_9$ 。

关键词:口感番茄;基质配方;品质;椰糠;产量;氨基酸;糖酸比

中图分类号:S641.204

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2023)18-0128-06

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)是世界上最受欢迎的蔬菜之一^[1]。随着人们生活水平提高,对番茄的口感、风味等品质要求越来越高。口感番茄是近年来流行的品种,因其酸甜可口,适于鲜食,越来越受到市场的青睐。口感番茄对品质要求严格,但受多年的高产思维影响,生产中仍存在粗放管理和水肥滥用造成的品质不稳定问题,严重制约其产业

发展。基质栽培由于集约化程度高、产品质量好,非常适于口感番茄生产。其中,栽培基质为番茄生长提供了优良的根际环境,其选配是保证番茄生长的重要技术环节。

目前生产中常用的栽培基质多选用草炭为主要原料,但草炭属不可再生资源,随着市场需求的广泛扩大,草炭价格持续走高,造成栽培成本逐年上升,严重制约番茄生产效益提升。因此,通过选择农业废弃物或其他可再生资源代替草炭来减少草炭用量,对提质增效和农业资源有效利用具有重要意义^[2-4]。椰糠,作为经过处理的农业副产品的废弃物,保水性和透气性良好,pH 值适中^[5-6],被认为具有可部分代替草炭的潜力,近年来在生产中应用越来越广泛^[7-9]。研究表明,在草炭:珍珠岩:蛭石的 3:1:1(体积比)混合物中加入 25%

收稿日期:2022-11-07

基金项目:河北省现代农业产业技术体系设施蔬菜创新团队项目(编号:HBCT2021030213);河北省重点研发计划(编号:22327214D);河北省农业科技成果转化资金项目。

作者简介:崔盼(1997—),女,河北廊坊人,硕士研究生,研究方向为设施蔬菜与无土栽培。E-mail:13070512557@163.com。

通信作者:吴晓蕾,副教授,硕士生导师,从事设施蔬菜与无土栽培研究。E-mail:yywxl@hebau.edu.cn。

2021,33(8):1409-1415.

[28]宋钊,余超然,陈潇,等.辣椒高垄深沟水肥一体化高效栽培技术[J].中国蔬菜,2018(12):94-96.

[29]杨启航,刘永来,李淮源,等.水肥一体化减量施肥对坡地烤烟肥料利用率及土壤养分平衡的影响[J].西南农业学报,2020,33(9):2027-2036.

[30]李丹,王京文,王忠,等.基于不同水溶肥的水肥一体化技

术对设施辣椒产量及品质的影响[J].浙江农业科学,2019,60(9):1576-1578.

[31]许艺,李新旭,杨哲,等.我国连栋玻璃温室番茄长季节栽培产量与荷兰存在差距的原因分析[J].中国蔬菜,2020(10):1-8.

[32]李蔚,李新旭,王书娟,等.北京市塑料大棚水果甜椒越夏无土栽培技术[J].中国蔬菜,2021(12):110-112.

(体积比)的椰糠,可以增加基质的渗透性和保水性,促进幼苗的生长和发育^[10];单独使用细椰糠作为栽培基质可显著提高番茄果实质量,而将其与珍珠岩进行混配,产量则有较大提升^[11];椰糠:蛭石:珍珠岩配比为3:2.5:2.5(体积比)的椰糠复合基质能有效提高番茄幼苗中的可溶性糖、可溶性蛋白、叶绿素b及叶绿素总含量^[12],但总体来看,前期研究主要集中于椰糠基质在常规番茄品种中的应用,尚缺乏针对口感番茄生产的椰糠复合基质配方筛选和果实品质评价的研究。

因此,本研究以果实品质提升为目标,以口感型番茄品种青太郎2号为试材,研究以农业废弃物——椰糠为主要原料的复合基质对果实品质的影响,通过对番茄果实品质指标的测定,拟筛选出促进番茄果实品质提升的椰糠复合基质配方,初步确定番茄果实品质评价主要指标,旨在为口感番茄基质栽培应用推广提供理论和实践参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为青太郎2号口感番茄,购于上海惠和种业有限公司。

1.2 试验设计

本试验于2022年2—5月在河北省保定市河北农业大学创新试验园8号日光温室内进行。试验供试基质草炭、蛭石、珍珠岩购自保定农资市场,椰糠购自浩丽园艺用品有限公司,具体基质配方见表1。

表1 不同椰糠复合基质配方(体积比)

处理	基质配方(体积比)				
	粗椰糠	细椰糠	草炭	蛭石	珍珠岩
CK	0	0	2	1	1
T1	1	2	0	0	0
T2	0	1	3	0	0
T3	0	1	1	0	0
T4	1	1	1	0	0

番茄种子于2021年12月在河北绿露农业科技发展有限公司进行播种,于2022年2月14日在河北农业大学创新试验园内进行定植,试验植株定植于容量为20 L的塑料花盆中。在栽培过程中,利用膜下滴灌进行水肥一体化管理,植株第1穗花开花前,EC值保持在1.5~2.0 mS/cm,第1穗花开花后EC值控制在2.8~3.1 mS/cm,pH值统一控制在5.8~6.5。在番茄结果后对番茄果实的横径、纵径、

单果质量以及果实品质进行测定。

1.3 测定项目方法

1.3.1 番茄果实生长指标 在果实成熟后,选取第二穗成熟的果实使用数显游标卡尺测量番茄果实横、纵径;使用分析天平称量番茄果实的单果质量。

1.3.2 番茄果实品质指标 在果实成熟后,对番茄果实品质进行测定。采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[13],单位表示为mg/g;采用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素C含量^[13];采用考马斯亮蓝G-250法测定可溶性蛋白含量^[14];采用分光光度计法测定番茄红素含量^[15];采用手持式糖度计测定可溶性固形物含量,单位表示为%;氨基酸和有机酸组分的测定则采用安捷伦1260高效液相色谱仪进行测定;糖酸比是指可溶性糖含量与有机酸含量之比^[16]。

1.4 数据处理与分析

试验结果采用Excel进行数据统计和SPSS软件进行单因素ANOVA检验及主成分分析,并利用Excel作图。

2 结果与分析

2.1 不同配方基质的理化性质

由表2可知,5种栽培基质的EC值在1.55~2.99 mS/cm,其中T2处理的EC值最高,显著高于CK,T1处理的EC值最低。5种栽培基质容重在0.10~0.27 g/cm³,总孔隙度在68.36%~78.31%,通气孔隙为16.32%~20.35%,持水孔隙在50.46%~58.24%,各处理的基质理化性质均符合栽培基质的要求。

2.2 不同配方基质对果实横纵径和单果质量的影响

由表3可知,T1和T4处理的番茄横径显著高于CK,分别提高了4.49%和7.41%,而T3处理的果实横径较CK显著降低了5.34%,T2处理的果实横径则与CK无显著性差异;T1、T2和T4处理的单果质量均显著高于CK,分别提高了4.65%、5.16%和12.06%,T3处理的单果质量显著低于CK,降低了10.95%;各处理果实的纵径无显著差异。

2.3 不同配方基质对果实有机酸含量的影响

从表4可以看出,番茄果实中柠檬酸和苹果酸占有有机酸总量的85.79%~88.47%;T4处理的苹果酸含量显著高于CK和其他处理,并较CK提高了20.38%;T2、T3处理的柠檬酸含量均显著高于CK,

表 2 不同处理基质的理化性质

处理	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	通气孔隙 (%)	持水孔隙 (%)	气水比	EC 值 (mS/cm)
CK	0.26a	68.36c	18.67ab	51.36b	0.36a	1.64c
T1	0.10d	74.92b	16.32b	57.93a	0.29c	1.55d
T2	0.27a	76.01b	20.35a	56.32a	0.35a	2.99a
T3	0.21b	78.31a	20.07a	58.24a	0.32b	2.34b
T4	0.18c	69.04c	18.58ab	50.46b	0.36a	1.63c

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下表同。

表 3 不同配方基质对番茄果实生长的影响

处理	果实横径 (mm)	果实纵径 (mm)	单果质量 (g)
CK	56.09±0.83c	44.50±0.61a	84.22±0.69c
T1	58.61±0.36b	44.66±0.85a	88.13±0.95b
T2	57.45±0.15bc	45.36±0.29a	88.57±0.88b
T3	53.09±0.47d	45.34±1.03a	74.99±0.70d
T4	60.25±0.28a	46.16±0.58a	94.38±0.70a

并较 CK 提高了 100.00% 和 103.64%;草酸、琥珀酸和丙二酸的含量较低,仅占有机酸总量的 11.53%~14.21%,除 T2 处理的草酸和琥珀酸含量显著高于 CK 外,其他处理与 CK 均无显著差异,且 T2 处理的丙二酸含量也显著高于 CK,并较 CK 提高了 27.27%。

表 4 不同配方基质对番茄果实有机酸含量的影响

处理	苹果酸含量 (mg/g)	柠檬酸含量 (mg/g)	草酸含量 (mg/g)	丙二酸含量 (mg/g)	琥珀酸含量 (mg/g)
CK	1.03±0.01d	1.10±0.06c	0.24±0.01bc	0.22±0.01b	0.56±0.01bc
T1	1.16±0.01b	1.64±0.15b	0.25±0.01b	0.16±0.01c	0.64±0.03b
T2	1.11±0.02c	2.20±0.15a	0.27±0.01a	0.28±0.00a	0.67±0.03a
T3	1.08±0.01c	2.24±0.06a	0.23±0.01c	0.23±0.00b	0.63±0.01c
T4	1.24±0.01a	1.67±0.02b	0.24±0.01bc	0.18±0.01c	0.53±0.03bc

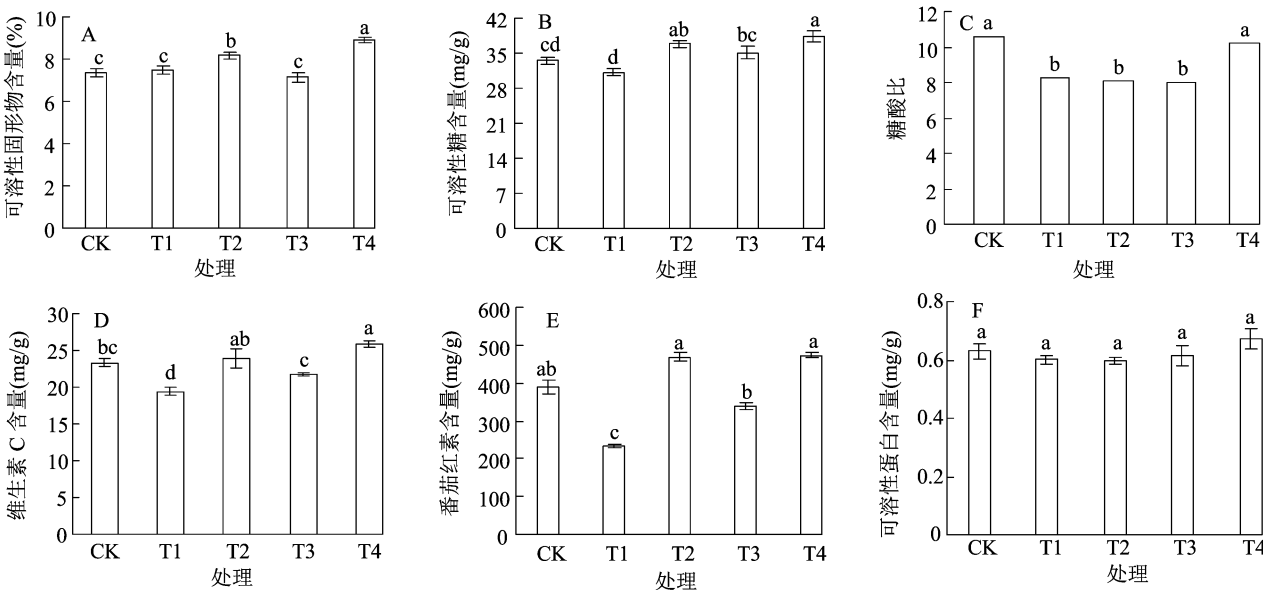
2.4 不同配方基质对果实品质的影响

由图 1 可知,T4 处理的可溶性固形物含量显著高于 CK 及其他处理,其含量较 CK 提高了 20.81%;T4 处理的维生素 C 和可溶性糖含量与 CK 相比均存在显著性差异,分别较 CK 提高了 10.71% 和 14.50%,T2 处理的维生素 C 含量虽略高于 CK 但并未表现出显著性差异,可溶性糖含量显著高于 CK,并较 CK 提高了 10.02%;T2、T4 处理的番茄红素含量虽与 CK 无显著性差异,但均略高于 CK,分别较 CK 提高了 21.00% 和 22.19%;T4 处理的糖酸比与 CK 相比虽无显著差异但要略高于 CK;各处理的可溶性蛋白含量则无差异。

2.5 不同配方基质对果实氨基酸含量的影响

不同基质配方处理的番茄果实中各类氨基酸含量变化如图 2 所示,T4 处理中与鲜味相关的天冬氨酸和谷氨酸含量均与 CK 存在显著性差异,较 CK

分别显著提高了 29.46% 和 42.01%,而 T1 处理的天冬氨酸含量较 CK 显著降低了 13.28%,其余处理则与 CK 无显著性差异;T1 处理中与甜味相关的丙氨酸、脯氨酸含量显著低于 CK 处理,T4 处理的丝氨酸、甘氨酸和脯氨酸含量均显著高于 CK 处理,分别较 CK 提高了 26.19%、51.35% 和 23.95%,T2 处理的甘氨酸和 T3 处理的丝氨酸含量虽显著低于 T4 处理,但与 CK 相比显著提高了 38.52% 和 4.93%,甘氨酸和丝氨酸其他处理则与 CK 无显著差异,T1、T3 处理的脯氨酸含量显著低于 CK;芳香族氨基酸主要包括苯丙氨酸和酪氨酸,其中各处理的苯丙氨酸含量虽与 CK 无显著性差异,但各处理的酪氨酸含量差异显著,T2、T4 处理的酪氨酸含量显著高于 CK 及其他处理,且二者之间无显著性差异,较 CK 相比显著提高了 22.69% 和 17.71%,而 T1、T3 的酪氨酸含量则显著低于 CK,较 CK 显著降低了 47.75% 和 13.22%。



柱上不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。图 2 同

图1 不同配方基质对番茄果实可溶性固形物(A)、可溶性糖(B)、糖酸比(C)、维生素 C(D)、番茄红素(E)、可溶性蛋白(F)含量的影响

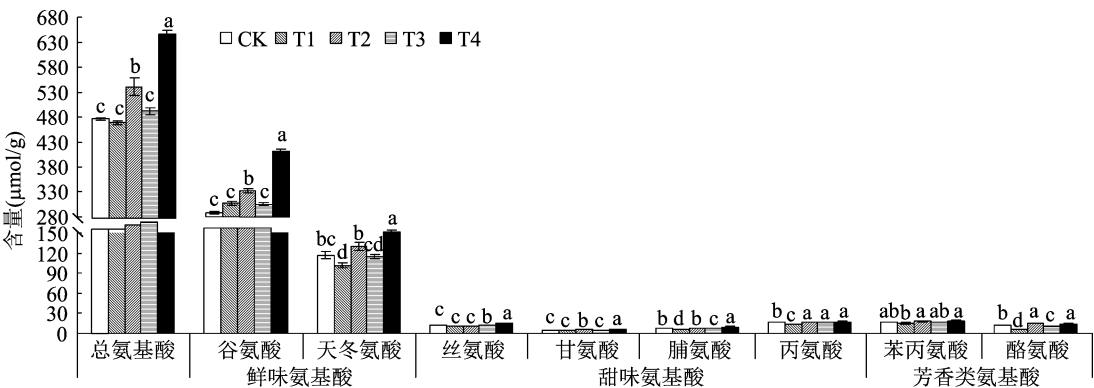


图2 不同配方基质对番茄果实氨基酸含量的影响

2.6 主成分分析及综合评价

对 5 种不同配方基质的番茄果实品质和单果质量指标进行主成分分析,结果(表 5)表明,第 1 成分中维生素 C 含量、可溶性糖含量、番茄红素含量、甜味氨基酸含量以及芳香类氨基酸含量载荷值较大;第 2 主成分中糖酸比载荷值较大,2 个主成分的累计方差贡献率为 85.28%。由表 6 可知,根据主成分综合得分,T4 处理的综合得分最高,达 7.14 分,而 T1 处理分数最低,为 -1.83 分。各配方基质处理按综合得分排序,其优劣顺序表现为 T4 > T2 > CK > T3 > T1。

2.7 番茄品质评价指标的筛选

为了有效分析 10 个指标与品质评价的对应关系,通过多元逐步回归分析方法以隶属函数D值为

表 5 旋转后成分矩阵载荷及成分矩阵系数

指标	载荷		系数	
	成分 1	成分 2	成分 1	成分 2
维生素 C 含量	0.859	0.451	0.320	0.391
可溶性糖含量	0.977	0.176	0.364	0.152
可溶性蛋白含量	0.398	0.796	0.148	0.689
可溶性固形物含量	0.660	0.623	0.246	0.539
番茄红素含量	0.926	0.238	0.345	-0.206
糖酸比	0.100	0.809	0.373	0.701
鲜味氨基酸含量	0.713	0.590	0.266	0.511
甜味氨基酸含量	0.873	0.430	0.325	0.372
芳香氨基酸含量	0.968	0.162	0.361	0.140
单果质量	0.207	0.773	0.772	0.670
累计贡献率(%)	71.95	85.28		

表 6 不同配方基质主成分得分及排名

处理	第 1 主成分得分	第 2 主成分得分	综合得分	综合排名
CK	0.21	2.63	2.39	3
T1	-2.07	-0.40	-1.83	5
T2	1.66	2.43	3.27	2
T3	0.02	0.98	0.85	4
T4	3.17	5.69	7.14	1

因变量,以各指标为自变量初步建立口感番茄品种评价最优回归方程,各处理隶属函数及 D 值见表 7,筛选出的指标分别为可溶性固形物含量、糖酸比、甜味氨基酸含量和芳香类氨基酸含量,各指标系数见表 8,得出方程: $Y=0.443+0.154X_4+0.110X_6+0.107X_8+0.014X_9,R^2\approx 1$ 。

表 7 不同配方基质的隶属函数及 D 值

处理	U_1	U_2	D 值
CK	0.435	0.498	0.458
T1	0.000	0.000	0.000
T2	0.712	0.465	0.621
T3	0.399	0.227	0.336
T4	1.000	1.000	1.000

表 8 常量系数及指标系数

项目	系数
常量	0.443
可溶性固形物含量	0.154
糖酸比	0.110
甜味氨基酸含量	0.107
芳香族氨基酸含量	0.014

3 讨论与结论

良好的根际环境对于番茄生长发育至关重要。栽培基质的质量直接影响作物基质栽培效果,进而影响产量和品质。番茄根系多且强壮,对于栽培基质的透气性和保水保肥能力要求较高。一般认为栽培基质的容重在 $0.1\sim 0.8\text{ g/cm}^3$ 、总孔隙度在 54% 以上、气水比在 $0.25\sim 0.50$ 、EC 值在 2.6 mS/cm 时,符合植物生长发育的基本要求^[17]。本试验中所用到的 5 种配方基质的容重在 $0.10\sim 0.27\text{ g/cm}^3$,总孔隙度 $68.36\%\sim 78.31\%$,通气孔隙为 $16.32\%\sim 20.35\%$,持水孔隙为 $50.46\%\sim 58.24\%$,5 种基质的物理性质均符合植株生长发育的要求。本试验中,与常规以草炭为中心的基质相

比,椰糠复合基质的容重、总孔隙度较大,各处理的 EC 值随着椰糠用量的增加稍有降低,而随着草炭用量的增加其 EC 值则有所提高,这说明椰糠可增加基质的透气性和保水性,同时能降低基质的 EC 值。

合理的栽培基质选用可有效提高蔬菜品质。研究表明,适宜的栽培基质不仅能够提高蔬菜中的维生素 C、可溶性蛋白质和还原糖含量,还能提高蔬菜的风味营养^[18-21];在番茄生产中,以菇渣、牛粪、蛭石为原料,发现当牛粪:菇渣:蛭石体积比为 $6:3:1$ 时,番茄的产量、品质都显著提高^[22];在油菜生产中,以草炭、椰糠为原料,其体积比为 $2:1$ 时,油菜的花青素含量、含水量、可溶性糖含量和可溶性蛋白含量均有显著提高^[23];本研究中,T4 处理的单果质量、可溶性固形物、维生素 C 及可溶性糖含量均较对照有显著提升,而可溶性蛋白及番茄红素含量并未与对照之间表现出显著差异,这说明在常规品质的比较中,基质配方中椰糠比例过大会影响果实品质的提升而适宜比例的椰糠对果实品质的提升有显著效果。

有机酸和氨基酸是水果风味和品质的重要元素,其种类和含量直接影响水果的风味、营养价值和生化代谢^[24-25]。本研究表明,椰糠基质的应用显著影响有机酸变化,特别是柠檬酸和苹果酸,各处理中以 T2、T3 处理的柠檬酸含量最高,且显著高于其他处理,T4 处理的苹果酸含量最高,且显著高于其他处理。氨基酸种类繁多,其中鲜味、甜味和芳香族氨基酸属于味觉氨基酸,对番茄风味品质具有显著影响,而谷氨酸对番茄鲜味形成影响较大,脯氨酸作为甜味氨基酸对甜味具有较大影响^[26]。本试验中,T4 处理的谷氨酸和脯氨酸含量均显著高于对照及其他处理,对番茄营养品质的提高有较好效果,T1 处理的脯氨酸含量则较对照有所降低,这说明适宜比例的椰糠与草炭混配后能提高番茄果实中的有机酸和氨基酸含量。

本试验通过对各处理标准化后的数据进行主成分分析及综合评价得出各配方基质栽培效果排序为 $T4>T2>CK>T3>T1$,说明适合的椰糠复合基质可明显提高番茄果实品质,并且表现最好的 T4 处理草炭用量仅为 33.3%,在国际草炭价格飞涨的情况下,更适于生产应用,可有效降低栽培成本。番茄果实品质涉及指标较多,生产上一般认为果实中可溶性固形物、可溶性糖、糖酸比等指标是评价果实品质的重要指标^[27-29]。本试验进一步应用逐

步回归分析法,从 10 项品质和单果质量指标中筛选出可溶性固形物、糖酸比、甜味氨基酸、芳香类氨基酸 4 个指标作为评价番茄品质的重要指标,但在以往研究中以氨基酸作为番茄品质评价指标的研究较少,而口感番茄对风味品质、口感等要求严格,因此,本试验用氨基酸作为口感番茄的评价指标对于科学评价口感番茄品质具有重要意义。

综上所述,不同配比的椰糠复合基质栽培效果存在显著差异,本试验筛选出细椰糠:粗椰糠:草炭=1:1:1 的椰糠复合基质配方,对于提高番茄果实的品质和产量效果最好,可在口感番茄基质栽培中应用。初步认为除常用的可溶性固形物、糖酸比指标外,甜味氨基酸、芳香类氨基酸也可作为评价口感番茄品质的重要指标。

参考文献:

- [1] Beckles D M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 63(1): 129–140.
- [2] Kern J, Tammeorg P, Shanskiy M, et al. Synergistic use of peat and charred material in growing media—An option to reduce the pressure on peatlands? [J]. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2017, 25(2): 160–174.
- [3] Barrett G E, Alexander P D, Robinson J S, et al. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review [J]. Scientia Horticulturae, 2016, 212: 220–234.
- [4] Restrepo A P, Medina E, Pérez – Espinosa A, et al. Substitution of peat in horticultural seedlings: suitability of digestate – derived compost from cattle manure and maize silage codigestion [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2013, 44(1/2/3/4): 668–677.
- [5] 孙朋朋, 王全智, 计 懿, 等. 不同配比基质对草莓根系生长和果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2020, 49(2): 137–140.
- [6] 宋发成, 刘元义, Domenico Lofù, 等. 荷兰番茄基质无土栽培主要技术的研究与探讨[J]. 山东理工大学学报(自然科学版), 2020, 34(1): 58–63.
- [7] 戚志强, 党选民, 李汉丰, 等. 海南椰糠基质栽培小西瓜密度对产量和品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2014, 27(增刊 1): 64–66.
- [8] 高焕章, 周存宇, 王斌成, 等. 不同栽培基质对金合欢容器播种苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(24): 13251–13252, 13262.
- [9] Abad M, Noguera P, Puchades R, et al. Physico – chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants [J]. Bioresource Technology, 2002, 82(3): 241–245.
- [10] 王跃华, 张明科, 惠侠侠, 等. 不同椰糠配比基质对白菜幼苗生长的影响[J]. 南方农业学报, 2019, 50(12): 2749–2754.
- [11] 刘佳. 番茄椰糠复合基质栽培关键技术研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2020.
- [12] 张 婧, 吴 慧, 程云霞, 等. 椰糠复合基质对番茄穴盘幼苗生长效应的综合评价[J]. 土壤通报, 2021, 52(5): 1156–1164.
- [13] 高方胜, 王 磊, 徐 坤. 砧木与嫁接番茄产量品质关系的综合评价[J]. 中国农业科学, 2014, 47(3): 605–612.
- [14] 冷熹鸣, 王迪海. 陕北晋枣不同部位生长中可溶性糖及蛋白含量变化研究[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(2): 105–108.
- [15] 霍书香, 杨清山, 岳新海, 等. 番茄皮中番茄红素含量测定方法[J]. 食品工业, 2019, 40(6): 263–265.
- [16] 蒋 虹, 张 健, 王景明, 等. 《植物生理学实验指导》(第 5 版)中的几个不足之处[J]. 植物生理学报, 2020, 56(1): 11–15.
- [17] 王振波, 钟淮钦, 林 兵. 国兰栽培基质理化性质快速检测方法[J]. 福建农业科技, 2016(10): 18–20.
- [18] 宋晓晓, 邹志荣, 曹 凯, 等. 不同有机基质对生菜产量和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(6): 153–160.
- [19] 郭世荣, 李式军, 程 斐, 等. 有机基质培在蔬菜无土栽培上的应用研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 89–92.
- [20] 周艳丽, 程智慧, 孟焕文, 等. 有机基质配比对番茄生长发育及产量和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(1): 79–82.
- [21] 刘晓奇, 肖雪梅, 王俊文, 等. 水分亏缺对日光温室基质栽培番茄果实营养和风味品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(2): 443–453.
- [22] 苏 飞. 椰糠复合基质在番茄无土栽培上应用与推广[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [23] 仇淑芳, 杨乐琦, 黄丹枫, 等. 草炭椰糠复合基质对‘紫油菜’生长和品质的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2016, 34(2): 40–46.
- [24] Fan Y T, Li C Y, Zhu J, et al. Organic acids metabolism and GABA shunt involved in maintaining quality of *Malus domestica* by methyl jasmonate treatment [J]. Food Research International, 2022, 160: 111741.
- [25] 赵建涛. 番茄果实主要糖酸成分全基因组关联分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [26] 岳 冬, 刘 娜, 朱为民, 等. 樱桃番茄与普通番茄部分品质指标及氨基酸组成比较[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 92–96.
- [27] 王军鹏. 菇渣复合基质在蔬菜育苗和黄瓜栽培上的应用初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- [28] Xu W N, Wang P J, Yuan L Q, et al. Effects of application methods of boron on tomato growth, fruit quality and flavor [J]. Horticulturae, 2021, 7(8): 223–224.
- [29] Erika C, Ulrich D, Naumann M, et al. Flavor and other quality traits of tomato cultivars bred for diverse production systems as revealed in organic low – input management[J]. Frontiers in Nutrition, 2022, 9: 916642.