

孙 虎,孙明茂,王成霞,等. 口感番茄设施栽培有机生态型基质配方筛选[J]. 江苏农业科学,2023,51(13):158-162.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.13.024

口感番茄设施栽培有机生态型基质配方筛选

孙 虎,孙明茂,王成霞,吕金浮

(潍坊科技学院贾思勰农学院/山东省高校设施园艺重点实验室,山东寿光 262700)

摘要:探究适宜的有机生态型基质配方,为口感番茄基质栽培提供技术支撑。本试验以“潍科玉玲珑”口感番茄品种为试材,利用农业废弃物与河沙、炉渣按一定比例配制成 6 种复混基质(T1 = 玉米秸:牛粪:河沙 = 5:2:3, T2 = 玉米秸:牛粪:炉渣 = 5:2:3, T3 = 木屑菇渣:牛粪:河沙 = 5:2:3, T4 = 木屑菇渣:牛粪:炉渣 = 5:2:3, T5 = 花生壳:牛粪:河沙 = 5:2:3, T6 = 花生壳:牛粪:炉渣 = 5:2:3),以土壤栽培为 CK,研究不同复混基质对番茄品质和产量的影响。结果表明,不同复混基质的株高、茎粗均显著高于 CK,与 CK 相比,T1、T2、T3、T4 处理的叶绿素含量显著提高。T4 处理的地上部干质量显著高于其他处理,较 CK 提高 20.08%,T5 处理的地下部干质量和根冠比最高。T4 处理的平均单果质量、单株结果数和单株产量显著高于 CK,分别比 CK 增加 13.98%、26.74%、44.36%。从果实品质的测定结果看,维生素 C 的含量以 T1 处理最高,比 CK 高 46.63%,可溶性蛋白、可溶性固形物、可溶性糖和糖酸比均以 T4 处理最高,分别比 CK 高 35.76%、16.37%、24.09%、44.22%,各处理番茄红素含量与 CK 差异未达显著水平。利用主成分分析法综合评价番茄的品质指标,得分依次为 T4 > T3 > T2 > T1 > T5 > T6 > CK。综合以上因素,口感番茄可利用有机生态型复混基质替代土壤栽培,基质配方的组成以木屑菇渣:牛粪:炉渣比例为 5:2:3 时,番茄植株综合长势好,产量高且品质佳,是口感番茄栽培的理想基质配方。

关键词:口感番茄;有机生态型;基质配方;产量;品质

中图分类号:S641.204 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)13-0158-05

番茄是我国常见的设施栽培蔬菜,在满足蔬菜周年供应中发挥了积极作用。近些年随着人们生活水平的提高,营养丰富、风味独特的口感番茄越来越受大众青睐^[1-2]。口感番茄的产量和品质除受品种和环境条件影响外,栽培基质的选择也非常重要。土壤栽培是口感番茄最普遍的栽培方式,但受连作障碍影响,易造成番茄在种植过程中出现病虫害严重、土壤次生盐渍化和产量、品质下降等诸多问题^[3-5]。基质栽培可有效克服设施蔬菜栽培连作障碍问题。传统基质栽培主要选用草炭做为栽培基质,但草炭价格昂贵且属于不可再生资源,长期使用还会破坏生态环境^[6],因此开发富含养分且成本低廉的有机生态型基质对口感番茄的种植具有重要意义。

农业生产过程中产生的废弃物大多富含氮、磷、钾和有机质等多种营养成分,相关研究表明部分农业废弃物经发酵熟化后可以替代草炭作为蔬菜栽培基质,并且在生产上取得了良好的效果。唐玉新等研究发现,发酵后的玉米秸秆和棉籽壳菇渣按一定比例混合具有良好的基质理化性质,替代草炭基质进行蔬菜育苗,可显著促进蔬菜幼苗的生长^[7-8];刘中良等研究了菌渣、稻壳、牛粪等腐熟基质对番茄品质和产量的影响,结果表明稻壳、腐熟菌渣、牛粪、河沙的体积比为 2:4:1:1 时,有利于改善番茄叶片的净光合速率,提高产量改善品质^[9];关于番茄基质栽培肥水耦合方面的研究亦有相关报道^[10-12]。本研究在前人研究的基础上,结合华东地区农业废弃物资源现状,以口感番茄为研究对象,开展以农业废弃物为主的有机生态型基质栽培与土壤栽培比较试验,以期为口感番茄基质栽培提供一定的理论依据和实践参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为寿光市潍科种业科技有限公司提

收稿日期:2022-10-13

基金项目:山东省重大研发计划(编号:2019GNC106107);潍坊科技学院学科建设设施园艺专项(编号:2021XKJS34);潍坊科技学院阳台蔬菜重大专项(编号:2021KJXZ01)。

作者简介:孙 虎(1979—),男,山东济南人,硕士,讲师,主要从事设施蔬菜栽培研究与技术推广工作。E-mail:412178377@qq.com。

通信作者:吕金浮,硕士,副教授,主要从事设施蔬菜栽培与育种研究工作。E-mail:jinfu_2008@163.com。

供的优质草莓番茄“潍科玉玲珑”,该品种单果质量 120 g 左右,青果带有绿肩,成熟后深粉靓丽,口感酸甜可口,风味浓郁,适宜冬、春保护地栽培。试验用木屑菇渣来源于寿光市菌旺食用菌有限公司,碎玉米秸秆来源于寿光市田柳镇农户,花生壳来源于寿光炼油厂,河沙来源于寿光弥河沙场,炉渣来源于山东巨能特钢公司,牛粪由喜多多生态农业有限公司提供。

1.2 试验方法

试验于 2021—2022 年在潍坊科技学院贾思懿农学院试验基地日光温室内进行(118°78'E, 36°93'N)。试验地点位于山东寿光,属温带季风区大陆性气候,年平均气温 12.7℃,年平均降水量 593.8 mm。温室长度、跨度和脊高分别为 100 m×13 m×5 m。采用寿光双王城地区在温室内挖种植槽的种植方式,种植槽上下宽 40 cm,高 30 cm,槽内铺设聚乙烯农膜与土壤进行隔离,种植槽北高南低略有斜度,南侧留有排水沟。将充分腐熟后的碎玉米秸、碎花生壳、菇渣、牛粪与河沙、炉渣按照不同组合比例混配成 6 种基质配方,具体配比见表 1,对照(CK)为和基质栽培采用相同管理方式的土壤栽培。每槽定植 2 行番茄,株距 30 cm,走道操作行距为 80 cm,小区面积 312 m²,每个处理重复 3 次,随机区组设计。2021 年 12 月 20 日定植,定植 20 d 后开始追施有机、无机混合固态肥(干鸡粪:复合肥=7:3),每次每株 20 g,膨果期每次每株 30 g,整个生育期共追肥 6 次,2022 年 5 月 30 日完成最后一批果实的收获。

表 1 不同复混基质配方

处理	体积比					
	玉米秸	木屑菇渣	花生壳	牛粪	河沙	炉渣
T1	5	0	0	2	3	0
T2	5	0	0	2	0	3
T3	0	5	0	2	3	0
T4	0	5	0	2	0	3
T5	0	0	5	2	3	0
T6	0	0	5	2	0	3

1.3 测定指标与方法

1.3.1 植株生长和生理指标的测定 定植 40 d,每处理随机选取 10 株,用卷尺和游标卡尺测量株高和茎粗,用 SPAD-502 叶绿素仪测定植株自主茎顶端第 4 张功能叶片叶绿素相对含量。植株干质量采样时,将番茄植株根部连同农膜一起从槽中挖出,用

水管将根部的基质冲洗干净,然后将根和地上部分剪开分别装入纸袋,放入电子烘箱 105℃杀青 30 min,随后调温至 75℃烘干至恒质量,电子天平称质量。

1.3.2 产量和品质的测定

产量的测定:番茄植株长至第 6 穗果,顶部留 2 张叶摘心,选取有代表性的 10 株番茄,每穗果实成熟后测定番茄单果质量和记录每穗果个数,第 6 穗果成熟收获后计算单株产量并折算 667 m² 产量。

品质的测定:选取第 2 穗大小均匀、成熟度一致的番茄果实测定品质指标。可溶性固形物含量采用 PAL-1 手持式折光仪测定,可溶性糖和维生素 C 含量采用比色法^[13]测定,有机酸含量、硝酸盐含量和可溶性蛋白含量分别采用酸碱滴定法^[14]、硫酸-水杨酸法^[14]、考马斯亮蓝法^[15]测定,番茄红素含量采用高效液相色谱法测定^[16]。

1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2019 和 SPSS 20.0 软件对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同复混基质对番茄生长指标的影响

株高和茎粗反映了植株的长势。由表 2 可以看出,定植 50 d 时,番茄株高以 T4 处理最高,较 CK 提高 10.58%,其次为 T3 处理,较 CK 提高 9.13%,其他各处理株高也均显著高于 CK。茎粗各处理均显著高于 CK,以 T3 处理最高,较 CK 提高 21.19%,T2、T3、T4 处理之间差异未达显著水平。光合作用的主要色素是叶绿素,其与植株的氮素营养也密切相关。由表 2 可知,T4 处理叶绿素相对含量最高,较 CK 提高 7.63%,T1、T2、T3、T4 处理叶绿素相对含量显著高于 CK 和 T5、T6。

表 2 不同复混基质对番茄生长指标的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	叶绿素相对含量 (SPAD 值)
CK	130.27±1.35d	7.08±0.03e	46.24±0.91b
T1	136.49±2.64bc	8.27±0.15b	48.74±0.76a
T2	140.24±2.54ab	8.39±0.21ab	48.89±0.37a
T3	142.17±1.40a	8.58±0.10a	49.63±0.47a
T4	144.05±1.90a	8.44±0.07ab	49.77±0.98a
T5	135.92±4.55bc	7.77±0.11d	46.98±0.72b
T6	134.88±0.99c	7.99±0.03c	46.57±0.86b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05),下表同。

2.2 不同复混基质对番茄植株干质量的影响

由表 3 可知,T1、T2、T3、T4 处理的地上部干质量均显著高于 CK, T4 处理最高, 较 CK 提高 20.08%, 其次为 T3 处理, 说明木屑菇渣复混基质更有利于地上部植株的生长, T5、T6 处理与 CK 差异不显著。地下部根系干质量以 T5 处理最高, 较 CK 提高 29.03%, 其他处理也均显著高于 CK。根冠比表现为 T5 和 T6 显著高于其他处理, 但各处理的根冠比均在比较理想的范围内。

2.3 不同复混基质对番茄产量的影响

番茄产量是衡量栽培基质是否理想的重要指标。由表 4 可知,T1、T2、T3、T4 处理的单果质量、单株结果数和单株产量均显著高于 CK。其中 T4 处理的单果质量、单株结果数、单株产量均表现最高, 分别比 CK 提高 13.98%、26.74%、44.36%, 667 m²

产量达到 8 450.64 kg。说明不同复混基质栽培通过提高单果质量和单株结果数提高了单株产量和最终 667 m² 的产量。

表 3 不同复混基质对植株地上部干质量、地下部干质量和根冠比的影响			
处理	地上部干质量(g)	地下部干质量(g)	根冠比
CK	78.82 ± 1.72d	19.36 ± 0.13d	0.25 ± 0.01e
T1	86.34 ± 1.38c	23.55 ± 0.61c	0.27 ± 0.01bc
T2	88.29 ± 0.89c	24.78 ± 0.75ab	0.28 ± 0.01b
T3	91.78 ± 0.92b	23.73 ± 0.93bc	0.26 ± 0.01cd
T4	94.65 ± 0.51a	24.33 ± 0.40abc	0.26 ± 0.01de
T5	80.55 ± 1.32d	24.98 ± 0.40a	0.31 ± 0.01a
T6	79.33 ± 0.68d	23.87 ± 0.75abc	0.30 ± 0.01a

表 4 不同复混基质对番茄产量的影响				
处理	单果质量(g)	单株结果数(个)	单株产量(kg)	产量(kg/667 m ²)
CK	112.30 ± 1.83e	23.67 ± 0.58d	2.66 ± 0.05d	5 854.64 ± 74.01f
T1	119.42 ± 1.42c	25.67 ± 0.58c	3.06 ± 0.10c	6 733.10 ± 95.61d
T2	121.55 ± 0.81bc	27.00 ± 1.00b	3.28 ± 0.14b	7 219.74 ± 59.52c
T3	123.80 ± 1.65b	27.67 ± 0.58b	3.43 ± 0.12b	7 550.62 ± 80.93b
T4	128.00 ± 1.96a	30.00 ± 0.00a	3.84 ± 0.08a	8 450.64 ± 53.03a
T5	115.35 ± 1.40d	24.67 ± 0.58cd	2.85 ± 0.12c	6 274.62 ± 75.71e
T6	111.87 ± 1.45e	23.67 ± 0.58d	2.65 ± 0.07d	5 834.84 ± 38.44f

2.4 不同复混基质对番茄口感品质的影响

可溶性固形物、可溶性糖和有机酸是形成番茄口感风味的主要物质,糖酸比是评价番茄口感和风味的主要依据。由表 5 可以看出,与土壤栽培相比,不同配方基质栽培均提高了番茄的可溶性固

形物含量和可溶性糖含量,降低了有机酸含量,从而显著提高了糖酸比。T4 处理可溶性固形物含量、可溶性糖含量和糖酸比最高,分别比 CK 提高 16.37%、24.09%、44.22%,有机酸含量处理间无显著差异。

表 5 不同复混基质对番茄口感品质的影响				
处理	可溶性固形物含量(%)	可溶性糖含量(%)	有机酸含量(%)	糖酸比
CK	6.84 ± 0.27e	3.86 ± 0.19e	0.72 ± 0.03a	5.36 ± 0.13d
T1	7.31 ± 0.23c	4.57 ± 0.19bc	0.64 ± 0.03b	7.14 ± 0.14b
T2	7.51 ± 0.14b	4.68 ± 0.21ab	0.65 ± 0.02b	7.20 ± 0.10b
T3	7.88 ± 0.22a	4.74 ± 0.20ab	0.64 ± 0.03b	7.41 ± 0.23b
T4	7.96 ± 0.20a	4.79 ± 0.21a	0.64 ± 0.01b	7.73 ± 0.10a
T5	7.13 ± 0.18d	4.45 ± 0.20cd	0.67 ± 0.01b	6.64 ± 0.26c
T6	7.15 ± 0.18cd	4.29 ± 0.22d	0.64 ± 0.04b	6.70 ± 0.31c

2.5 不同复混基质对番茄营养品质的影响

从表 6 中可以看出,番茄果实中维生素 C 含量 T1 处理最高,比 CK 高 46.63%,其他各处理也均显

著高于 CK,T1 和 T2、T3 和 T4、T5 和 T6 之间差异不显著。可溶性蛋白含量则以 T4 处理最高,比 CK 高 35.76%,其次是 T3 处理。有机复混基质栽培和土

表 6 不同复混基质对番茄营养品质的影响

处理	维生素 C 含量 (mg/100 g)	可溶性蛋白含量 (mg/100 g)	番茄红素含量 (mg/kg)	硝酸盐含量 (mg/kg)
CK	18.25 ± 0.53d	16.47 ± 0.37e	24.32 ± 0.71a	188.34 ± 2.89b
T1	26.76 ± 0.94a	18.59 ± 0.40c	24.78 ± 0.90a	189.36 ± 5.67b
T2	26.68 ± 0.63a	19.38 ± 0.48c	25.36 ± 1.02a	191.22 ± 5.69b
T3	24.29 ± 0.34b	21.44 ± 0.59b	23.75 ± 0.72a	236.31 ± 3.60a
T4	25.55 ± 0.78b	22.36 ± 0.59a	24.72 ± 0.86a	238.78 ± 3.39a
T5	22.44 ± 0.68c	17.55 ± 0.58d	23.89 ± 0.63a	180.11 ± 4.37c
T6	22.67 ± 0.39c	17.37 ± 0.45d	24.11 ± 0.84a	181.22 ± 3.92c

壤栽培番茄红素含量差异不显著。T3、T4 处理硝酸盐含量显著高于其他处理,T5、T6 处理硝酸盐含量则显著低于 CK。

2.6 番茄品质指标主成分分析及综合评价

由于单项指标不能对番茄品质进行综合评价,因而采用 SPSS 软件对番茄全部 8 个品质指标进行主成分分析,通过分析得到前 2 个主成分的累计方差贡献率达到 85.193% (表 7),满足 >85% 的条件,说明前 2 个主成分反映了原始变量 85.193% 的信息。因此可以用第 1、2 主综合评价番茄品质,从而达到降维的目的。

表 7 番茄品质指标的主成分分析结果

成分	特征值	方差贡献率 (%)	累计方差贡献率 (%)
1	5.604	70.052	70.052
2	1.211	15.141	85.193
3	1.020	12.756	97.949
4	0.140	1.745	99.694
5	0.022	0.272	99.966
6	0.003	0.034	100.000

利用前 2 个主成分特征向量为权重构建表达式:

$$F_1 = -0.377ZX_1 + 0.393ZX_2 + 0.413ZX_3 + 0.301ZX_4 + 0.398ZX_5 + 0.408ZX_6 - 0.116ZX_7 + 0.323ZX_8;$$
$$F_2 = 0.234ZX_1 + 0.263ZX_2 - 0.169ZX_3 - 0.623ZX_4 + 0.251ZX_5 - 0.159ZX_6 - 0.266ZX_7 + 0.548ZX_8。$$

上式中的 F_1 、 F_2 分别对应第一、二主成分的得分, ZX_1 、 ZX_2 、 ZX_3 、 ZX_4 、 ZX_5 、 ZX_6 、 ZX_7 、 ZX_8 为原始数据消除变量之间量纲关系后的 8 个品质指标数值。

利用主成分综合评价模型对番茄果实品质进

行综合评价,得分依次为 T4 > T3 > T2 > T1 > T5 > T6 > CK (表 8)。

表 8 不同复混基质配方品质指标主成分分析综合评价结果

处理	第一主成分 (F_1)	第二主成分 (F_2)	综合得分 (F)	综合排名
CK	-3.964	1.059	-3.073	7
T1	0.371	-1.342	0.065	4
T2	0.717	-1.296	0.357	3
T3	2.253	1.345	2.081	2
T4	2.959	0.707	2.552	1
T5	-1.127	-0.101	-0.942	5
T6	-1.106	-0.441	-0.953	6

3 讨论与结论

同传统土壤栽培相比,有机基质因含丰富的 N、P、K、腐殖酸等营养成分,能够对蔬菜产量和品质起到良好的促进作用^[17-20],但单一的有机基质通常存在大小孔隙度偏大、容重偏小、基质理化性质不稳定等问题^[21]。本试验以农业废弃物玉米秸、木屑菇渣、花生壳和牛粪经充分腐熟后与无机基质炉渣、河沙配成复混基质,克服了有机基质存在的缺陷。株高、茎粗和植株干质量能够较直观地反映番茄的长势和健壮程度,叶绿素含量的高低一定程度上反映叶片光合作用的强弱^[22]。毛碧增等研究发现,草炭基质中添加菇渣可以提高叶片光合作用,促进番茄营养生长^[23]。周璐瑶等研究认为,花生壳、牛粪复混基质可以显著提高西瓜的产量^[24]。本试验结果表明,不同基质配方的株高、茎粗均显著高于 CK,玉米秸复混基质和菇渣复混基质栽培番茄的叶绿素相对含量显著高于花生壳复混基质和土壤栽培。通过比较不同处理的植株干质量和根冠比,T4 处理的地上部干质量显著高于其他处理,较 CK 提高 20.08%,T5 处理的根冠比最高,这是因为花生壳疏

松透气性佳,更加有利于地下部根系的生长。T4 处理的番茄产量最高,较 CK 单株产量提高 44.32%,这与前人的研究结果有相似之处。不同基质配方之间比较,木屑菇渣配方(T3、T4)产量显著高于玉米秸秆配方(T1、T2)和花生壳配方(T5、T6),表明菇渣基质营养丰富,养分分解快,更容易被番茄吸收利用。

番茄果实中各种营养成分的含量决定其口感和营养价值,口感番茄以鲜食为主,对营养品质和口感风味有较高要求。刘中良等研究认为,稻壳和菌渣等优化配制基质能够提高番茄可溶性糖含量和番茄红素含量,改善番茄的口感^[24]。国外也有学者认为,有机基质栽培可以提高蔬菜中维生素 C 和钙的含量,提高蔬菜品质^[25]。本试验研究表明,以木屑菇渣、花生壳和玉米秸腐熟物为主要原料的基质栽培提高了口感番茄的可溶性固形物和维生素 C 含量,降低了有机酸含量,番茄红素的含量则不同处理均与 CK 差异不显著,这与刘中良等的研究结果^[24]不太一致,可能与基质来源不同以及受品种和栽培环境等因素影响有关,具体原因还有待进一步研究。通过对口感番茄 8 个品质指标进行主成分分析,结果表明 6 种复混基质栽培的番茄品质指标综合评价均优于土壤栽培,得分依次为 T4 > T3 > T2 > T1 > T5 > T6 > CK。硝酸盐也是评判蔬菜品质的一项重要指标,本试验硝酸盐含量最高的 T4 处理为 238.78 mg/kg,低于国家规定的蔬菜中硝酸盐的限量值 432 mg/kg^[26]。

综合考虑以上因素,口感番茄可利用有机生态型复混基质替代土壤栽培,基质配方的组成以木屑菇渣:牛粪:炉渣比例为 5:2:3 时,番茄植株综合长势好,产量高且品质佳,是口感番茄理想的栽培基质配方。

参考文献:

- [1] 张忠义,张进文,季希武,等. 口感型番茄优质栽培关键技术[J]. 中国蔬菜,2018(7):95-97.
- [2] 张向梅,乔凯,高艳明,等. 7 种鲜食高品质番茄果实发育与产量品质比较[J]. 西北农业学报,2019,28(3):433-439.
- [3] 王保平,周静,史向远,等. 不同农业废弃物复合基质对西瓜光合特性、产量和品质的影响[J]. 河南农业科学,2021,50(6):116-124.
- [4] 刘中良,高昕,张艳艳,等. 基质栽培与土壤栽培番茄品质产量的比较研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):124-127.
- [5] 刘中良,焦娟,谷端银,等. 菌渣基质栽培对日光温室番茄品质和产量的影响[J]. 天津农学院学报,2018,25(2):13-16.
- [6] 李波,米兴旺,何萌,等. 复配基质对戈壁日光温室番茄果实品质及产量的影响[J]. 北方园艺,2021(8):64-70.
- [7] 唐玉新,曲萍,陆岱鹏,等. 适合机械化移栽的番茄穴盘育苗基质配方筛选[J]. 江苏农业学报,2017,33(6):1342-1348.
- [8] 尚春明,王玉静,高振江,等. 菇渣条件下番茄育苗基质配方的初步研究[J]. 北方农业学报,2017,45(4):105-108.
- [9] 刘中良,高俊杰,张艳艳,等. 不同有机基质配方对设施番茄产量及品质的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2019,37(3):34-38.
- [10] 赵文举,马锋,曹伟,等. 水肥耦合对基质栽培番茄产量及品质的影响[J]. 农业工程学报,2022,38(2):95-101.
- [11] 赵常旭,郁继华,冯致,等. 控释肥对基质栽培番茄产量、品质及养分利用率的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2017,52(2):34-40.
- [12] 张小兰,徐阳,张金伟,等. 不同配比的控释肥对日光温室袋培番茄基质养分及其生长、产量和品质的影响[J]. 水土保持学报,2018,32(3):309-314.
- [13] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [14] 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.
- [15] 甘纯玢. 生物化学与分子生物学实验[M]. 北京:高等教育出版社,2014:32-33.
- [16] 中华人民共和国农业部. 蔬菜及制品中番茄红素的测定 高效液相色谱法:NY/T 1651—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [17] 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.
- [18] 李晓芳,杜少平. 不同配方基质对西瓜穴盘苗生长的影响[J]. 中国瓜菜,2022,35(3):76-80.
- [19] 刘杰,张小兰,吴国瑞,等. 菇渣蚓粪部分替代草炭对番茄产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学,2021,49(9):188-191.
- [20] 茹朝,吕剑,唐中祺,等. 不同有机基质栽培方式对番茄果实矿质元素含量的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(7):142-146.
- [21] 梁韵,赵丽,黄丹枫. 土壤与基质栽培系统对生菜(*Lactuca sativa*)根际细菌群落的影响[J]. 农业资源与环境学报,2017,34(1):73-79.
- [22] 严美玲,郑建鹏,殷岩,等. 不同水分处理对小麦光合特性及灌浆特性的影响[J]. 山东农业科学,2022,54(6):55-59.
- [23] 毛碧增,贺满桥,陈丽雨,等. 蘑菇菌糠复配生物基质对番茄营养生长及光合作用的影响[J]. 核农学报,2015,29(9):1821-1827.
- [24] 周璐瑶,赵士文,杜清洁,等. 不同花生壳基质配比对西瓜生长、产量和品质的影响[J]. 中国瓜菜,2022,35(6):29-34.
- [25] Zdenka P, Martha B, Ana G, et al. Phosphour - sand vitajtn in content of Granie and hydro panie tomatoes[J]. Hosrtcienee,2017,33(2):255-257.
- [26] 郑回勇,章淑妹,许静,等. 无土栽培番茄营养品质及安全品质分析与评价[J]. 福建农业科技,2017(7):20-22.