

不同基质配比对水果辣椒生长、品质及内源激素的影响

李恭峰, 高亚新, 马万成, 张振兴, 刘益克, 李 宁, 李青云

(河北省蔬菜产业协同创新中心·河北农业大学园艺学院 河北保定 071000)

摘要:为探究不同基质对水果辣椒生长和品质的影响,以 19-164 水果辣椒为供试材料,以椰糠基质为对照(CK),设椰糠基质+生物有机肥(T1)、椰糠基质+生物有机肥+微生物菌剂(T2)和椰糠基质+微生物菌剂(T3)共 4 个处理,测定辣椒长势、光合参数、果实性状、品质和产量等指标。结果表明,T2 处理表现最好,净光合速率、维生素 C 含量、小区产量和生长素含量均显著高于 CK,分别比 CK 提高了 12.54%、12.38%、31.40%和 28.26%。综上,推荐采用 T2 基质生产高品质水果辣椒。

关键词:水果辣椒;生物有机肥;微生物菌剂;生长;品质;激素;产量

中图分类号:S641.3 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2022)10-053-05

Impact of substrate ratios on growth, quality and endogenous hormones of fruit pepper

LI Gongfeng, GAO Yaxin, MA Wancheng, ZHANG Zhenxing, LIU Yike, LI Ning, LI Qingyun

(Hebei Vegetable Industry Collaborative Innovation Center/College of Horticulture, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, Hebei, China)

Abstract: To explore the influence of different substrate on pepper growth and quality of fruit, '19-164' fruit pepper grown on, different substrate with coconut chaff matrix control(CK), a coconut chaff matrix+biological organic fertilizer (T1), coconut chaff matrix+biological organic fertilizer, microbial agents(T2)and coconut chaff matrix+microbial agents (T3). The growth, photosynthetic parameters, fruit characters, quality and yield of pepper were determined. The results showed that T2 treatment had the best performance, and the net photosynthetic rate, vitamin C content, plot yield and auxin content were significantly higher than CK, which were increased by 12.54%, 12.38%, 31.40% and 28.26%, respectively. In conclusion, T2 matrix is recommended to produce high-quality fruit pepper.

Key words: Fruit pepper; Biological organic fertilizer; Microbial agents; Growth; Quality; Hormone; Production

辣椒(*Capsicum annuum* L.)为茄科(Solanaceae)辣椒属(*Capsicum*)一年或有限多年生草本植物,其性热、味辛,含有大量的维生素 C,还含有维生素 B、胡萝卜素以及钙、铁等矿物质^[1]。随着人们生活水平的提高,休闲农业发展迅速,适合现场采摘、搭配果菜礼品套餐的高品质水果型辣椒、甜椒产品深受消费者欢迎。目前,肉厚、甜而不辣的水果辣椒生产处于起步阶段,品种偏少,生产技术尚不成熟^[2]。长期以来辣椒种植大量施用化肥,忽视有机肥、生物有机肥的使用,造成辣椒品质下降,也造成严重的生态环境污染等问题^[3]。

生物有机肥是指利用畜禽粪便、作物秸秆、食品加工废弃物、有机垃圾等为原料,接种微生物功能菌,在特殊条件下加工而成的肥料。生物有机肥含有大量的微生物菌群和活性酶,在提高土壤中有益菌数量的同时,抑制其他有害菌的生长,提高土壤的生物活性,可有效改善土壤理化性质,释放土壤中固着的营养成分,适用于各类蔬菜和果树种植^[4]。此外,施加生物有机肥还可以提供大量的有机质和微量元素,增强植株抗逆性,促进根系发育,从而促进植物生长,提高果实品质^[5]。丛桂华等^[6]发现施加生物有机肥可提高黄元帅苹果的品质和产

收稿日期:2022-03-26;修回日期:2022-06-22

基金项目:河北省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队(HBCT2018030211)

作者简介:李恭峰,男,在读硕士研究生,主要从事蔬菜栽培生理研究。E-mail:2811962321@qq.com

通信作者:李青云,女,教授,主要从事设施蔬菜生理生态及生长调控研究。E-mail:yylqy@hebau.edu.cn

量。在番茄、黄瓜、生菜等研究中也证实施加生物有机肥在促进植株生长、改善产品品质等方面有显著影响^[7-9]。研究表明,合理施用有机肥能明显提高温室辣椒的光合效率、产量和品质^[10]。但是生物有机肥在基质辣椒栽培中的应用却鲜见报道。近年来市场上热销的水果辣椒是以采摘和礼品菜为主的高端蔬菜产品,研究基质栽培提质技术对提高水果辣椒产品档次具有重要意义。笔者在普通椰糠基质中添加生物有机肥和微生物菌剂,在追施水溶肥条件下,研究改良后的生物有机椰糠基质对辣椒生长和果实品质的影响,探讨适合水果辣椒栽培的基质种类,为基质栽培水果辣椒的优质高效生产提供技术参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试材料:水果辣椒品种 19-164(河北农业大学园艺学院蔬菜育种团队提供)。供试肥料为地沃润生物有机肥:有效活菌数 ≥ 0.2 亿 $\cdot g^{-1}$ 复合菌剂,有机质含量(w ,下同)=40%,N、 P_2O_5 、 K_2O 含量分别为3%、1%、1%,由河北润沃生物技术有限公司提供。供试菌剂为冀微·多抗王液体微生物菌剂(有效活

菌数 ≥ 20 亿 $\cdot mL^{-1}$)、冀微·增产王(有效活菌数 ≥ 50.0 亿 $\cdot mL^{-1}$),有效菌种均为巨大芽孢杆菌和胶冻样类芽孢杆菌(河北润沃生物技术有限公司提供)。

1.2 方 法

试验于河北省保定市清苑区水润佳禾现代农业园区9号日光温室内进行。2020年8月10日播种育苗,10月8日定植,2021年7月20日拉秧。采用袋装基质栽培,每袋基质用量为6kg。

以椰糠基质为对照(CK),设3个处理:T1(椰糠基质+生物有机肥)、T2(椰糠基质+生物有机肥+微生物菌剂)、T3(椰糠基质+微生物菌剂)。每行南北走向放置23个种植袋,每袋种植2株苗,株距17.50cm,行距95.00cm,小区面积7.65m²,3次重复,随机区组排列。吊蔓栽培,4干整枝。采用滴箭灌溉,滴灌孔径3.00mm,流量2L $\cdot h^{-1}$,滴灌次数和时间由光辐射软件控制。其他采用常规管理方法。

生物有机肥在定植前施入椰糠中并搅拌均匀,用量为1.2kg \cdot 袋⁻¹;微生物菌剂冀微·多抗王和冀微·增产王分别在缓苗期(2020年10月9日)和结果期(2020年11月15日)灌根施入,用量为每株2mL。两类基质的养分含量见表1。

表1 两类基质养分的含量

基质类型	w(有机碳)/(g \cdot kg ⁻¹)	w(有机质)/(g \cdot kg ⁻¹)	w(碱解氮)/(mg \cdot kg ⁻¹)	w(有效磷)/(g \cdot kg ⁻¹)	w(速效钾)/(g \cdot kg ⁻¹)
椰糠基质	287.61	495.85	321.18	17.24	5.68
生物有机肥+椰糠基质	388.65	670.03	474.40	23.62	11.07

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生长指标 定植后,每个处理选取长势一致的辣椒植株15株进行插杆挂牌标记。在植株盛果期(2021年1月20日)每个处理取3株测量株高和茎粗,3次重复。在盛果期每个处理取10个青熟果测定果实纵径、果实横径、果肉厚度和单果质量,3次重复。拉秧后统计水果辣椒小区产量。

1.3.2 光合指标 叶片叶绿素(SPAD)值:在植株盛果期每个处理选取3株,用柯尼卡美能达SPAD-502叶绿素计测定植株生长点以下4~5片完全展开功能叶的SPAD值。光合参数:盛果期每个处理测定3株,用翼鬃麒科技(北京)有限公司产YZQ-100A便携式光合仪测定植株生长点以下4~5片完全展开功能叶的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T)、胞间CO₂浓度(C_i)和气孔导度(G_s)。测定时设定光量子通量密度为1000 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$,3次重复。

1.3.3 品质及激素指标 盛果期分别取每个处理

中的青熟果各10个,洗净擦干后取中间位置切碎并混合均匀测定其品质指标,3次重复。可溶性固形物含量采用日本爱拓PAL-1糖度计测定;可溶性糖含量参考高茜等^[11]和王艳颖等^[12]的方法,用Agilent 1200高效液相色谱仪测定果糖、葡萄糖和蔗糖含量;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝G-250法^[13]测定。维生素C含量采用高效液相色谱法^[14]测定,用Agilent 1260高效液相色谱仪测定;有机酸含量采用高效液相色谱法^[15]测定,用Agilent 1260高效液相色谱仪测定;激素含量采用高效液相色谱法^[16],用Agilent 1260高效液相色谱仪测定。

1.3.4 植株对矿质养分的吸收 盛果期分别取青熟果50g,105℃杀青20min,80℃烘干后测定果实全氮、全磷和全钾含量,样品经过H₂SO₄-H₂O₂消煮后,分别采用蒸馏法、钼锑抗比色法和火焰光度法测定^[17]。

1.4 数据处理

运用SPSS R26.0数据处理系统分析差异显著

性,通过 office 2016 记录并处理数据。

2 结果与分析

2.1 不同基质对水果辣椒生长和光合作用的影响

2.1.1 不同基质对水果辣椒株高、茎粗和叶片 SPAD 值的影响 由表 2 可以看出,椰糠基质中添加生物有机肥和微生物菌剂可以促进水果辣椒植株生长。在株高方面,T2 显著高于 CK,T2 比 CK 提高 5.94%,T3 最低,T3 比 CK 降低 1.51%;在茎粗方面,T2 和 T1 均显著高于 CK,二者比 CK 分别提高 19.12%和 14.80%,T2 和 T1 处理间差异不显著;在叶片 SPAD 值方面,T2 和 T1 均显著高于 CK,二者比 CK 分别提高 11.18%和 7.48%。结果表明,在椰糠基质中添加生物有机肥能促进植株纵向、横向生长。

表 2 不同基质对水果辣椒生长的影响

处理	株高/cm	茎粗/mm	叶片 SPAD 值
CK	119.60±2.70 bc	14.80±0.68 b	55.08±4.14 b
T1	124.10±3.05 ab	16.99±0.64 a	59.20±1.25 a
T2	126.70±2.91 a	17.63±0.55 a	61.24±0.74 a
T3	117.80±2.63 d	15.04±0.41 b	53.18±1.28 b

注:同列数字后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

2.1.2 不同基质对水果辣椒大量元素吸收的影响 由表 3 可知,与对照相比,T1、T2、T3 处理均对水果辣椒果实氮、钾大量元素吸收产生了显著影响。T1、T3 处理果实磷含量显著高于 CK,T2 处理果实磷含量与 CK 无显著差异。青熟果时期,T1 和 T2 处理氮元素吸收量显著高于 CK,二者比 CK 分别提高 28.98%和 22.94%;T1 处理磷元素吸收量比 CK 显著提高 15.52%;T2 处理钾元素吸收量比 CK 显著提高 7.16%。结果表明,椰糠中同时添加生物有机肥和微生物菌剂对水果辣椒果实积累氮和钾有显著促进作用。

表 3 不同基质对水果辣椒氮磷钾含量的影响

处理	w(全氮)/ (g·kg ⁻¹)	w(全磷)/ (g·kg ⁻¹)	w(全钾)/ (g·kg ⁻¹)
CK	15.91±1.044 c	2.77±0.001 c	25.98±0.011 d
T1	20.52±0.321 a	3.20±0.039 a	27.52±0.090 b
T2	19.56±0.273 a	2.80±0.013 c	27.84±0.096 a
T3	18.29±0.189 b	3.01±0.004 b	26.82±0.037 c

2.1.3 不同基质对水果辣椒光合作用的影响 由表 4 可以看出,T2 处理叶片净光合速率显著高于 CK,T2 比 CK 提高 12.54%;T1 和 T2 处理蒸腾速率

均显著高于 CK,二者比 CK 分别提高 51.19%和 57.51%,二者之间无显著差异;T3 胞间 CO₂ 浓度显著低于 CK,较 CK 降低 3.75%;T1 和 T2 处理气孔导度均显著高于 CK,二者分别比 CK 提高 41.78%和 51.34%,二者之间无显著差异。结果表明,在椰糠基质中添加生物有机肥可显著促进叶片的光合作用,同时添加微生物菌剂对光合作用的促进作用最大。

表 4 不同基质对水果辣椒光合参数的影响

处 理	净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾速率/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	胞间 CO ₂ 浓度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)	气孔导度/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
CK	17.55±0.38 c	5.06±0.27 c	377.37±0.31 a	678.27±60.80 c
T1	18.78±0.37 b	7.65±0.14 a	366.00±1.51 b	961.63±55.92 ab
T2	19.75±0.29 a	7.97±0.08 a	365.90±0.17 b	1026.47±18.81 a
T3	18.20±0.46 bc	7.24±0.06 b	363.23±0.25 c	908.37±72.09 b

2.2 不同基质对水果辣椒果实性状和品质的影响

2.2.1 不同基质对水果辣椒果实生长发育的影响 由表 5 可以看出,各处理果实纵径、果实横径和果肉厚度与 CK 相比均无显著差异,仅 T2 果肉厚度显著高于 T3。在各处理中,T1 果实纵径值最大,比 CK 提高 1.61%,T2 果实横径和果肉厚度值最大,分别比 CK 提高 1.85%和 11.32%。结果表明,在椰糠基质中添加生物有机肥和微生物菌剂对果实形态指标的影响较小。

表 5 不同基质对水果辣椒果实性状的影响

处理	果实纵径/cm	果实横径/mm	果肉厚度/mm
CK	20.50±0.50 a	43.25±2.96 a	3.71±0.36 ab
T1	20.83±0.58 a	43.15±2.18 a	3.84±0.02 ab
T2	20.67±0.76 a	44.05±1.58 a	4.13±0.11 a
T3	20.67±0.29 a	43.13±0.29 a	3.61±0.22 b

2.2.2 不同基质对水果辣椒果实品质的影响 由表 6 可以看出,添加生物有机肥和微生物菌剂可明显改善水果辣椒果实品质。T2 处理可溶性固形物含量显著高于 CK,但与 T1 差异不显著,T2 可溶性固形物含量比 CK 提高 15.70%;T1 和 T2 处理维生素 C 含量均显著高于 CK,二者之间差异不显著,其中 T2 的维生素 C 含量最高,T1 和 T2 分别比 CK 提高 7.96%和 12.38%;T2 处理可溶性蛋白含量显著高于 CK,比 CK 提高 10.88%;T1 和 T2 处理有机酸含量显著低于 CK,二者之间差异不显著,其中 T2 有机酸含量最低,T1 和 T2 比 CK 分别降低 4.36%和 7.64%;T1 和 T2 处理果糖含量均显著高于 CK,二者之间差异不显著,其中 T1 果糖含量最高,T1 和 T2 比 CK 分别提高 10.54%和 9.71%;T2 处理葡萄糖含量比 CK 显著提高 50.69%;T2、T3 和 CK

表6 不同基质对水果辣椒果实品质的影响

处理	w(可溶性固形物)/%	w(维生素 C)/(mg·100 g ⁻¹)	w(可溶性蛋白)/(mg·g ⁻¹)	w(有机酸)/(mg·g ⁻¹)	w(果糖)/(mg·g ⁻¹)	w(葡萄糖)/(mg·g ⁻¹)	w(蔗糖)/(mg·g ⁻¹)
CK	8.47±0.35 b	76.87±1.17 b	1.47±0.06 b	2.75±0.06 a	20.39±0.58 b	7.26±0.39 c	1.23±0.12 a
T1	9.00±0.00 ab	82.99±1.17 a	1.48±0.03 b	2.63±0.04 b	22.54±0.45 a	10.02±0.20 b	0.97±0.08 b
T2	9.80±0.20 a	86.39±5.13 a	1.63±0.05 a	2.54±0.02 b	22.37±0.39 a	10.94±0.28 a	1.18±0.05 a
T3	8.17±0.95 b	75.51±2.04 b	1.40±0.05 b	2.83±0.08 a	20.02±0.67 b	5.98±0.21 d	1.35±0.13 a

的蔗糖含量显著高于 T1,但三者之间无显著差异,其中 T3 蔗糖含量最高,比 CK 提高 9.76%。研究表明,添加生物有机肥可显著提高水果辣椒果实维生素 C、果糖、葡萄糖含量,降低有机酸含量和蔗糖含量,同时添加微生物菌剂还可显著提高果实可溶性固形物含量、可溶性蛋白含量。显然,在椰糠基质中同时添加生物有机肥和微生物菌剂提高水果辣椒果实品质的效果较好。

2.2.3 不同基质对水果辣椒产量的影响 由表 7 可以看出,各处理间单果质量无显著差异,其中 T2 处理单果质量最高;平均单株结果数 T1 和 T2 处理显著高于 CK,其中 T2 处理最高,比 CK 提高 20.56%;小区产量 T2 处理显著高于其他处理,比 CK 提高 31.40%;折合 667 m²产量方面,T2 处理显著高于其他处理,CK 最低,T2 比 CK 提高 31.40%。结果表明,在椰糠基质中添加生物有机肥虽然不能显著提高辣椒单果质量,却可以显著提高辣椒平均单株果数,从而提高水果辣椒产量。

表7 不同基质对水果辣椒产量的影响

处理	单果质量/g	平均单株坐果数	小区产量/kg	折合 667m ² 产量/kg
CK	75.93±4.68 a	36.0±2.12 b	118.85±9.40 c	10 362.10±819.74 c
T1	76.69±3.80 a	41.6±1.14 a	142.41±1.68 b	12 416.98±146.52 b
T2	82.32±2.35 a	43.4±2.07 a	156.17±2.52 a	13 616.24±219.29 a
T3	77.28±2.66 a	36.6±2.41 b	133.87±9.02 b	11 672.30±786.10 b

2.2.4 不同基质对水果辣椒果实激素含量的影响 由表 8 可知,在果实青熟期,T2 生长素含量显著高于 CK,比 CK 提高 28.26%;赤霉素含量 T1 和 T2 均显著高于 CK,二者比 CK 分别提高 12.93%和 15.52%;玉米素含量 T2 显著高于其他 3 个处理,比 CK 提高 29.22%;脱落酸含量 T2 显著低于其他 3

表8 不同基质对水果辣椒果实激素含量的影响

处理	w(生长素)/(ng·g ⁻¹)	w(赤霉素)/(ng·g ⁻¹)	w(玉米素)/(ng·g ⁻¹)	w(脱落酸)/(ng·g ⁻¹)
CK	39.24±1.00 c	2.32±0.06 c	3.32±0.10 b	35.99±0.84 a
T1	43.59±0.98 b	2.62±0.06 ab	3.50±0.11 b	30.29±0.92 b
T2	50.33±1.73 a	2.68±0.04 a	4.29±0.09 a	26.81±0.67 c
T3	40.66±1.07 c	2.51±0.07 b	3.40±0.10 b	35.85±0.53 a

个处理,比 CK 降低 25.51%。

3 讨论

生物有机肥含有大量有益微生物、微生物代谢产物和生物活性物质,能够改善土壤板结、提升土壤肥力、克服连作障碍,同时还能对病原微生物起到抑制作用,为蔬菜的生长提供有利的环境^[18-20]。笔者的研究表明,生物有机菌肥能显著影响水果辣椒植株生长,在盛果期茎粗、叶片 SPAD 值、光合指标均显著高于对照,这与杨志刚等^[21]、查晋燕等^[22]和李蒙等^[23]的研究结果一致。可能由于生物有机肥本身含有益植物的微生物和微量元素,随着生物有机肥的分解,微量元素和微生物逐渐分解到基质中,从而增加了基质中的微生物种类和数量,提高了酶活性,进而使基质肥力提高,促进辣椒植株生长发育。前人研究发现,不同激素对植物有不同的调控作用,生长素可以促进植物细胞伸长生长,促进器官生成;赤霉素能诱导植物开花结实;玉米素可以促进同化物运输;脱落酸能促进果实成熟^[24-25]。辣椒果实品质是影响辣椒口感和商品性的重要指标,生物有机肥能显著促进辣椒果实对氮、磷、钾元素的吸收,从而提高土壤养分转化能力、促进蔬菜生长和增产的作用,以及提升产品品质^[26-28]。笔者研究发现,在基质中添加生物有机肥和微生物菌剂能显著促进辣椒果实对氮和钾元素的吸收,提高了果实中可溶性固形物、维生素 C、可溶性蛋白、果糖和葡萄糖含量,同时降低了有机酸含量,这与李春燕等^[29]将生物有机肥应用在红颜草莓上的结论相同。同时,钱燕婷等^[30]也在生物有机肥应用在香菜上的研究中证实,可能是生物有机肥中本身含有植物生长发育所需的营养元素,随着生物有机肥的分解,营养元素进入基质中,从而促进植物生长,提高叶片 SPAD 值,进而提高了植株的净光合速率,同时茎粗的增加可能使植株体内的导管和筛管变粗,从而提高叶片光合产物从“源”到“库”的运输效率,因此增加了营养物质的积累。白云等^[31]研究发现施用生物有机肥能提高沙地甜瓜的

产量。笔者的研究表明,虽然 T2 与 CK 单果质量无显著差异,但平均单株结果数显著高于 CK,比 CK 提高 20.56%,从而小区产量显著高于 CK。笔者试验中各处理间果实的纵径和单果质量等指标无显著差异,可能与水果辣椒自身品种特性有关,植株赤霉素含量的增加提高了果实的坐果率从而增加了水果辣椒的产量。

笔者研究表明,生物有机肥配合微生物菌剂的添加能显著促进基质水果辣椒植株的生长,增加植株株高、茎粗,提高叶片 SPAD 值、净光合速率,改善果实品质。因此,生物有机肥+微生物菌剂的基质配比模式可用于基质水果辣椒的栽培和生产。总体试验效果:T2(椰糠基质+生物有机肥+微生物菌剂)>T1(椰糠基质+生物有机肥)>T3(椰糠基质+微生物菌剂)>CK(椰糠基质)。因此,椰糠基质+生物有机肥+微生物菌剂的基质配比形式可促进水果辣椒生长发育,提高果实品质,可在实际生产中推广应用。

参考文献

- [1] 陈强. 辣椒优质高产栽培技术探究[J]. 中国果菜, 2021, 41(1): 74-76.
- [2] 袁升凯, 闫筱筱, 蒲团卫, 等. 辣椒新品种‘豫甜橙’[J]. 园艺学报, 2020, 47(S2): 2986-2987.
- [3] 董伟伟, 吕慎宝. 微生物菌肥对辣椒生长及品质的影响[J]. 中国果菜, 2021, 41(7): 67-69.
- [4] 武兴友. 微生物菌肥对农业生产的影响及研究趋势分析[J]. 中国果菜, 2018, 38(4): 9-11.
- [5] 胡诚, 刘东海, 乔艳, 等. 施用生物有机肥对土壤酶活性及作物产量的影响[J]. 华北农学报, 2017, 32(S1): 308-312.
- [6] 丛桂华. “黄元帅”苹果施用生物有机肥试验初报[J]. 农业开发与装备, 2019(2): 123.
- [7] 赵光毅, 李卫明, 腐殖酸有机肥在番茄上的肥效试验[J]. 农业科技与信息, 2021(1): 40-41.
- [8] 任海荣. 改良有机基质培养对黄瓜生长的影响[J]. 中国果菜, 2020, 40(7): 64-68.
- [9] 杨飞, 姚金晓, 张志刚, 等. 有机生态栽培基质配比对生菜生长及品质的影响[J]. 分子植物育种, 2020, 18(6): 1983-1990.
- [10] 周进. 生物菌肥施用对温室辣椒光合特性、产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2021(1): 42-47.
- [11] 高茜, 韩振泰. 高效液相色谱-示差折光率法测定林业生物质原料中的可溶性糖[J]. 分析试验室, 2017, 36(12): 1406-1410.
- [12] 王艳颖, 胡文忠, 庞坤, 等. 高效液相色谱-蒸发光散射法测定苹果中可溶性糖的含量[J]. 食品与发酵工业, 2008, 4(6): 129-131.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 李玉彩, 李响明, 周永妍, 等. RP-HPLC 测定含银杏叶提取物的注射液维生素 C 的含量[J]. 中国现代中药, 2019, 21(3): 380-382.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中有机酸的测定: GB 5009.157—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996: 2-3.
- [16] 陈华峰, 郭冰冰, 代龙军, 等. 应用高效液相色谱技术建立检测巴西橡胶树叶片和枝条中 4 种植物激素的方法[J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(12): 40-44.
- [17] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [18] 胡岚, 梁波, 陈云峰, 等. 长期施用不同肥料对橘园土壤生物群落结构的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(1): 80-87.
- [19] 李涛, 张朝辉, 郭雅雯, 等. 国内外微生物肥料研究进展及展望[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(10): 37-41.
- [20] ANSARI R A, MAHMOOD I. Optimization of organic and bio-organic fertilizers on soil properties and growth of pigeon pea[J]. Scientia Horticulturae, 2017, 226: 1-9.
- [21] 杨志刚, 叶英杰, 常海文, 等. 微生物菌肥及土壤修复剂对干制辣椒生长、品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2020(19): 1-7.
- [22] 查晋燕, 魏志远, 姜成东, 等. 化肥减施与有机肥增施对荔枝秋梢生长及叶片质量的影响[J]. 中国南方果树, 2021, 50(1): 54-61.
- [23] 李蒙, 张梦媛, 龚守富, 等. 生物有机肥添加量对番茄幼苗生长的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021(5): 119-125.
- [24] 林更生. 浅谈吡啶乙酸对蔬菜生长的促进作用: 评《现代植物生长调节剂技术手册》[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(2): 104.
- [25] 丁亮, 马林, 张红菊. 设施蔬菜辣椒生长发育、果实品质及内源激素对外施赤霉素的响应[J]. 土壤与作物, 2017, 6(3): 208-216.
- [26] 孟清波, 张谨薇, 马万成, 等. 沼渣沼液肥对辣椒生长发育·果实品质及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(23): 190-193.
- [27] 杨彧红, 唐建俊. 生物有机肥料在温室蔬菜上的应用[J]. 农业与技术, 2021, 41(1): 99-101.
- [28] 付丽军, 王永存, 闫红波, 等. 化肥减量配施生物有机肥对生姜产量和品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(3): 86-91.
- [29] 李春燕, 张明, 王道平, 等. 配施有机肥对红颜草莓品质及风味的影响[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(1): 135-137.
- [30] 钱燕婷, 张昌伟, 沈生元, 等. 有机肥和复合肥配比施用对香青菜产量和品质的影响[J]. 长江蔬菜, 2021(2): 25-27.
- [31] 白云, 谭军利, 王西娜, 等. 生物有机肥对压砂地甜瓜生长、产量及品质的影响[J]. 北方园艺, 2020(22): 48-52.