

# 有机生态型废旧基质还田利用对辣椒生长及产量和经济效益的影响

吴科生<sup>1,2</sup>, 孙建好<sup>1</sup>, 赵建华<sup>1</sup>, 李伟琦<sup>1</sup>, 杨新强<sup>1</sup>, 陈亮之<sup>1</sup>, 何旭刚<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 农业部甘肃耕地保育与农业环境科学观测实验站, 甘肃 武威 733017)

**摘要:** 通过探索有机生态型废旧基质的资源化、无害化利用新途径, 使河西灌区有机生态型废旧基质得到资源化循环利用。以辣椒品种美国红为指示作物, 在河西绿洲灌区灌漠土区研究了有机生态型废旧基质还田对辣椒生长的影响。结果表明, 施用废旧基质 30 t/hm<sup>2</sup>+80%常规施肥 (N 300.0 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 96.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 72.0 kg/hm<sup>2</sup>)时, 辣椒折合产量最高, 为 32 340 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施肥对照增产 27.31%, 较常规施肥处理 (N 375.0 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 90.0 kg/hm<sup>2</sup>)增产 12.84%; 产值、净产值均最高, 分别达到 71 148.0、45 742.0 元/hm<sup>2</sup>, 较不施肥对照分别增加 15 261.4、7 705.4 元/hm<sup>2</sup>, 较常规施肥处理分别增加 8 096.0、4 360.0 元/hm<sup>2</sup>。该有机生态型废旧基质还田配施化肥模式能有效提高辣椒产量、产值, 建议在河西灌区灌漠土区辣椒生产上加以推广应用。

**关键词:** 辣椒; 有机生态型废旧基质; 还田利用; 产量; 经济效益; 河西灌区

**中图分类号:** S641.3; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2025)01-0073-05

[doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.01.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.2097-2172.2025.01.012)

## Effects of Waste Substrate Returning on Pepper Growth, Yield, and Economic Benefit

WU Kesheng<sup>1,2</sup>, SUN Jianhao<sup>1</sup>, ZHAN Jianhua<sup>1</sup>, LI Weiqi<sup>1</sup>, YANG Xinqiang<sup>1</sup>, CHEN Liangzhi<sup>1</sup>, HE Xugang<sup>1</sup>  
(1. Institute of Soil and Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agriculture Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Gansu Scientific Observing and Experimental Station of Agri-environment and Arable Land Conservation, Ministry of Agriculture, Wuwei Gansu 733017, China)

**Abstract:** To explore new pathways for the harmless utilization of waste substrates organic ecological waste substrates and to promote the recycling of such substrates in the Hexi Irrigation District, using American redpepper variety (*Capsicum annuum* L.) as the indicator crop, the effects of returning organic ecological waste substrates to the soil on pepper growth were studied in the desert irrigation areas of the Hexi Oasis. The results showed that applying 30 t/ha of waste substrate + 80% conventional fertilization (N 300.0 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 96.0 kg/ha, K<sub>2</sub>O 72.0 kg/ha) resulted in the highest pepper yield, which was 32 340 kg/ha. It was an increase of 27.31% compared to the unfertilized control and 12.84% higher than the conventional fertilization treatment (N 375.0 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120.0 kg/ha, K<sub>2</sub>O 90.0 kg/ha). The output value and net profit also reached their highest levels, reaching 71 148.0 and 45 742.0 Yuan/ha, respectively, an increase of 15 261.4 and 7 705.4 Yuan/ha compared to the unfertilized control, and 8 096.0 and 4 360.0 Yuan/ha compared to the conventional fertilization treatment. This organic ecological waste substrate return combined with chemical fertilization model can effectively increase pepper yield and output value. It is recommended for promotion in pepper production in the desert irrigation areas of the Hexi Irrigation District.

**Key words:** Pepper; Organic ecological waste substrate; Return to field for utilization; Yield; Economic benefit; Hexi Irrigation District

基质栽培是无土栽培的主要方式, 在设施农业生产中应用面积较大。基质原料的选择与配方研究是基质栽培的核心技术, 配方的好坏反映了无土栽培的水平<sup>[1-3]</sup>。农业废弃物基质原料主要包

括种植业废弃物、畜禽粪便和农村居民生活废弃物以及基质配方原料(植物茎秆、炭化秸秆、花生壳等植物残体)<sup>[4-6]</sup>。然而大面积的基质栽培产生了大量的废弃旧基质, 会造成资源浪费和环境

收稿日期: 2024-03-28; 修订日期: 2024-08-15

基金项目: 甘肃省农业科学院重点研发计划(2022GAAS13)。

作者简介: 吴科生(1978—), 男, 甘肃武威人, 高级农艺师, 博士, 主要从事土壤培肥及作物栽培研究工作。Email: wukesheng218@163.com。

污染等重大问题。因此,废旧基质的无害化处置与利用在生产上亟待解决。目前,国外对废旧基质无害化处理主要采用蒸汽蒸、干热或摩擦热、堆肥、辐照和日晒等方式。有研究发现,经过蒸汽处理的废弃基质物理结构如孔隙度、导水率等变化明显<sup>[7]</sup>。生长过烟苗的废旧基质对油菜种子萌发、根长、芽长以及幼苗鲜干重具有抑制作用<sup>[8]</sup>。前人研究的废旧基质以无机基质为主,通过物理化学消毒后再次利用<sup>[9-10]</sup>,但以农业废弃物为主要原料的有机型废旧基质循环利用技术鲜见报道。本研究针对玉米秸秆和牛粪为主要原料的有机生态型废旧基质无害化利用技术,开展废旧基质还田对辣椒生长及产量效益的研究,以期减少农业废弃物堆置产生的面源污染,保护环境,使废旧基质得到资源化循环再利用,旨在探索以农作物秸秆和牛粪为主要原料的有机生态型废旧基质的资源化利用新途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2022 年 5—10 月在甘肃省农业科学院武威绿洲农业试验站进行。试验地海拔 1 504 m,年平均气温 7.8 ℃,  $\geq 10$  ℃ 的有效积温 3 016 ℃,日照时数 2 200 ~ 3 030 h,无霜期 150 d,平均年降水量 170 mm,蒸发量 2 021 mm,为温带大陆性干旱气候,属石羊河流域井水灌区。为典型的两季不足,一季有余的自然生态区。区内降水量少蒸发量大,降水主要集中在 6—9 月,在农业生产中的可利用率较低。土壤为灌漠土,播前 0 ~ 20 cm 耕层土壤含有机质为 16.90 g/kg、全氮 1.06 g/kg、全磷 1.50 g/kg、全钾 17.60 g/kg、碱解氮 69.40 mg/kg、有效磷 13.00 mg/kg、速效钾 179.30 mg/kg,土壤容重 1.40 g/cm<sup>3</sup>。

### 1.2 供试材料

指示辣椒品种为美国红,种苗由武威东诚农业有限公司提供。供试有机生态型废旧基质为基质栽培番茄 3 ~ 5 a 后的废弃旧基质,基质原材料为腐熟玉米秸秆、腐熟牛粪、河沙、蛭石、珍珠岩、凹凸棒石粉。废旧基质的理化性状为有机质 162.00 g/kg、全氮 0.67 g/kg、全磷 2.09 g/kg、全钾 21.60 g/kg、碱解氮 563.00 mg/kg、有效磷 120.00 mg/kg、速效钾 327.00 mg/kg、全盐 24.60 g/kg, pH

7.18。废旧基质经 50%多菌灵可湿性粉剂按质量比为 1 : 1 200 的比例进行灭菌消毒并进行充分晾晒 5 ~ 7 d,无害化处理后作为还田试验材料。供试肥料为尿素(N 46%),由甘肃刘化(集团)有限责任公司生产并提供;磷酸二铵(N  $\geq$  18%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  $\geq$  46%),由美国特拉肥料有限公司生产并提供;硫酸钾(K<sub>2</sub>O 60%),由国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司生产并提供。

### 1.3 试验方法

试验共设 6 个处理,处理 T1,为不施肥对照(CK);处理 T2 为常规施肥,即施 N 375.0 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 90.0 kg/hm<sup>2</sup>;处理 T3 为施用废旧基质 30 t/hm<sup>2</sup>;处理 T4 为施用废旧基质 30 t/hm<sup>2</sup>+100%常规施肥(N 375.0 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 90.0 kg/hm<sup>2</sup>);处理 T5 为施用废旧基质 30 t/hm<sup>2</sup>+90%常规施肥(N 337.5 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 108.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 81.0 kg/hm<sup>2</sup>);处理 T6 为施用废旧基质 30 t/hm<sup>2</sup>+80%常规施肥(N 300.0 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 96.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 72.0 kg/hm<sup>2</sup>)。试验随机区组排列,3 次重复,小区面积 20 m<sup>2</sup> (4 m × 5 m),小区四周设 50 cm 走道。于 2022 年 5 月 5 日整地,结合整地将全部磷肥、钾肥、40%氮肥及废旧基质按照试验设计要求用量一次性底施,其余 60%氮肥分别在辣椒开花期和盛果期各追施 30%。5 月 24 日覆膜,5 月 26 日移栽定植,采用一膜三行种植模式,株行距为 26 cm × 55 cm,每穴定植 1 株。9 月 26 日收获。除草、病虫害防治等其他管理措施同当地大田正常进行。

### 1.4 测定指标与方法

作物收获前每个小区选取 10 株有代表性辣椒植株作为考种样品,测定辣椒株高、分枝数、果长、果粗、单株结果数、单株产量等性状。选择每小区中间 1 幅地膜种植带为测产带,全带收获测定鲜辣椒重量,并折算辣椒经济产量。

### 1.5 数据处理

采用 Excel 2016 软件进行数据整理,运用 SAS 8.0 分析软件进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对辣椒农艺性状的影响

从表 1 可以看出,各处理辣椒的农艺性状表现规律不一致。株高以 T5 处理最高,为 48.9 cm,

表 1 不同处理辣椒的农艺性状

处理	株高 /cm	分枝数 /个	株展 /cm	结果高度 /cm	果长 /cm	果粗 /cm
T1(CK)	43.6 b	7.1 ab	34.2 a	17.5 a	12.3 b	2.1 b
T2	45.3 ab	8.2 a	28.0 a	19.3 a	12.3 b	2.4 a
T3	47.4 ab	7.7 ab	33.7 a	17.6 a	12.4 ab	2.7 a
T4	48.5 ab	7.3 ab	32.2 a	17.4 a	13.4 a	2.6 a
T5	48.9 a	7.0 ab	34.0 a	17.1 a	12.7 ab	2.5 a
T6	43.9 ab	7.6 ab	27.1 a	19.1 a	12.6 ab	2.8 a

较 CK 高 5.3 cm, 较其余处理高 0.4 ~ 5.0 cm, 除与 CK 差异显著 ( $P < 0.05$ ) 外, 与其余处理均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。分枝数以 T2 处理最高, 为 8.2 个, 较 CK 多 1.1 个, 较其余处理多 0.5 ~ 1.2 个, 各处理间均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。株展以 CK 最大, 为 34.2 cm, 较其余处理大 0.2 ~ 7.1 cm, 各处理间均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。结果高度以 T2 处理最高, 为 19.3 cm, 较 CK 高 1.8 cm, 较其余处理高 0.2 ~ 2.2 cm, 各处理间均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。果长以 T4 处理最长, 为 13.4 cm, 较 CK 长 1.1 cm, 较其余处理长 0.7 ~ 1.1 cm, 除与 CK、T2 处理差异显著 ( $P < 0.05$ ) 外, 与其余处理均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。果粗以 T6 处理最粗, 为 2.8 cm, 较 CK 粗 0.7 cm, 较其余处理粗 0.1 ~ 0.4 cm, 与 CK 差异显著 ( $P < 0.05$ ), 与其余处理差异不显著 ( $P > 0.05$ )。同时还可以看出, 各废旧基质还田处理与常规施肥 (T2 处理) 相比较, 株高增高了 -1.4 ~ 3.6 cm, 分枝数减少了 0.5 ~ 1.2 个, 株展增大了 -0.9 ~ 6.0 cm, 结果高度降低了 0.2 ~ 2.2 cm, 果长增长了 0.1 ~ 1.1 cm, 果粗增粗了 0.1 ~ 0.4 cm。由此可见, 在施用等量的废旧基质下, 随着化肥施用量的减少, 辣椒的株高呈先增大后减小趋势, 分枝数、结果

高度、果粗呈先减后增趋势, 果长呈递减趋势。

## 2.2 不同处理对辣椒产量性状及产量的影响

从表 2 可以看出, 单株结果数以 T4 处理最多, 为 28.2 个, 较 CK 多 0.9 个, 较其余处理多 0.2 ~ 5.8 个, 各处理间均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。单株产量以 T6 处理最高, 为 367.8 g, 较 CK 增加 78.9 g, 较其余处理增加 20.4 ~ 41.9 g, 与 CK 差异显著 ( $P < 0.05$ ), 与其余处理差异不显著 ( $P > 0.05$ )。折合产量以 T6 处理最高, 为 32 340 kg/hm<sup>2</sup>, 较 CK 增产 27.31%, 较其余处理增产 5.86% ~ 12.84%, 与 CK 差异显著 ( $P < 0.05$ ), 与其余处理均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。同时还可以看出, 各废旧基质还田处理与常规施肥 (T2 处理) 相比较, 单株结果数增加了 -5.6 ~ 0.2 个, 单株产量增加了 1.5 ~ 41.9 g, 折合产量增加了 130 ~ 3 680 kg/hm<sup>2</sup>, 产量增幅为 0.45% ~ 12.84%。可见, 在施用等量的废旧基质下, 随着化肥施用量的减少, 单株结果数呈先降后升趋势, 单株产量、折合产量呈先升后降趋势。总体来看, T6 处理辣椒群体产量最高, 表现最佳。

## 2.3 不同处理对辣椒经济效益的影响

从表 3 可以看出, 在废旧基质施用量相同下, 随着化肥施用量的减少, 辣椒经济效益呈先增后减趋势, 其中以 T6 处理的辣椒产值最高, 达 71 148.0 元 /hm<sup>2</sup>, 较 CK 增加 15 261.4 元 /hm<sup>2</sup>, 较 T2 处理 (常规施肥) 增加 8 096.0 元 /hm<sup>2</sup>, 除与 CK 差异显著 ( $P < 0.05$ ) 外, 与其余处理均差异不显著 ( $P > 0.05$ ); T5 处理次之, 辣椒产值为 67 207.8 元 /hm<sup>2</sup>, 较 CK 增加 11 321.2 元 /hm<sup>2</sup>, 较 T2 处理 (常规施肥) 增加 4 155.8 元 /hm<sup>2</sup>, 除与 CK 差异显著 ( $P < 0.05$ ) 外, 与其余处理均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。净产值也以 T6 处理最高, 为 45 742.0 元 /hm<sup>2</sup>, 较

表 2 不同处理辣椒的产量性状及产量

处理	单株结果数 /个	单株产量 /g	折合产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	较CK增产 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率 /%
T1(CK)	27.3 a	288.9 b	25 403 b		
T2	28.0 a	325.9 ab	28 660 ab	3 257	12.82
T3	26.2 a	327.4 ab	28 790 ab	3 387	13.33
T4	28.2 a	346.3 a	30 451 a	5 048	19.87
T5	26.6 a	347.4 a	30 549 a	5 146	20.26
T6	22.4 a	367.8 a	32 340 a	6 937	27.31

表 3 不同处理辣椒的经济效益<sup>①</sup>

处理	折合产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	产值 /(元/hm <sup>2</sup> )	施肥成本 /(元/hm <sup>2</sup> )	生产成本 /(元/hm <sup>2</sup> )	净产值 /(元/hm <sup>2</sup> )	净产值较 CK 增值 /(元/hm <sup>2</sup> )	增值率 /%
T1(CK)	25 403	55 886.6 b	0	17 850.0	38 036.6 b		
T2	28 660	63 052.0 ab	3 449.1	21 671.0	41 382.0 b	3 345.4	8.80
T3	28 790	63 338.0 ab	4 500.0	22 350.0	40 988.0 b	2 951.4	7.76
T4	30 451	66 992.2 a	7 949.1	26 171.0	40 821.2 b	2 784.6	7.32
T5	30 549	67 207.8 a	7 604.2	25 788.0	41 419.8 b	3 383.2	8.89
T6	32 340	71 148.0 a	7 259.3	25 406.0	45 742.0 a	7 705.4	20.26

①商品辣椒价格为 2.2 元/kg, 尿素价格为 2 700 元/t, 磷酸二铵价格为 4 000 元/t, 硫酸钾价格为 3 200 元/t, 废旧基质价格为 150 元/t。

CK 增加 7 705.4 元/hm<sup>2</sup>, 较 T2 处理(常规施肥)增加 4 360.0 元/hm<sup>2</sup>, 与其余处理均差异显著 ( $P < 0.05$ ); T5 处理次之, 净产值为 41 419.8 元/hm<sup>2</sup>, 较 CK 增加 3 383.2 元/hm<sup>2</sup>, 较 T2 处理(常规施肥)增加 37.8 元/hm<sup>2</sup>, 与其余处理均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。由此可见, 在废旧基质施用量相同条件下, 在试验设计范围内减施化肥可提高辣椒的经济效益, 当化肥减施量到 20% 时, 辣椒产值和净产值均显著高于常规施肥处理。

### 3 讨论与结论

现代设施农业生产中, 效益更高的无土栽培面积在日益增大, 其中基质栽培面积占无土栽培面积的 90% 左右<sup>[11-14]</sup>。常见无土栽培基质中富含草炭、椰糠、珍珠岩、蛭石、炉渣、岩棉、稻壳、锯末、河沙等<sup>[15]</sup>, 特别是炉渣、岩棉等一些无机组分的存在, 很大程度限制了废旧基质的再次利用。本研究以农作物秸秆、畜禽粪便等农业废弃物为主要组分的有机生态型废旧基质无害化处理利用为研究重点, 使用多菌灵可湿性粉剂或露天晾晒等措施消毒处理后, 将其作为有机物料直接还田种植辣椒。结果表明, 施用废旧基质 30 t/hm<sup>2</sup>+80% 常规施肥 (N 300.0 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 96.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 72.0 kg/hm<sup>2</sup>) 时, 辣椒的果长、果粗等农艺性状较好, 辣椒折合产量最高, 为 32 340 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施肥空白对照增产 27.31%, 较常规施肥处理 (施 N 375.0 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 90.0 kg/hm<sup>2</sup>) 增产 12.84%, 产值、净产值也均最高, 分别达到 71 148.0 元/hm<sup>2</sup>、45 742.0 元/hm<sup>2</sup>, 较不施肥空白对照分别增加 15 261.4、7 705.4 元/hm<sup>2</sup>, 较常规施肥处理分别增加 8 096.0、

4 360.0 元/hm<sup>2</sup>。由于以农作物秸秆、畜禽粪便等农业废弃物为主要组分的有机生态型废旧基质有机质含量、全氮、全磷、全钾含量较高, 其中氮磷钾养分可被作物吸收利用, 能替代一定量的化肥施用量。同时由于这类有机生态型废旧基质含有较高有机质, 施入土壤后可以补充提升河西灌区灌漠土有机质含量, 降低土壤容重, 改善土壤和微生物结构, 进而促进辣椒生长发育, 提高了辣椒产量和种植效益。由于当地制干辣椒种植经营方式是辣椒颜色转红采摘收获后, 直接销售鲜辣椒, 因此在试验指标测定时, 只测定了辣椒成熟收获期的农艺性状和鲜辣椒产量。对辣椒干物质含量、品质以及对土壤理化性质的影响, 将在今后的研究中继续深入开展。

综上所述, 以农作物秸秆、畜禽粪便等农业废弃物为主要组分的有机生态型废旧基质经过使用多菌灵可湿性粉剂灭菌和露天晾晒等消毒措施无害化处理后, 可作为有机肥直接还田是其资源化利用的有效途径之一。该技术可有效替代一定量的化肥施用量, 还可以促进作物生长、提高作物产量产值, 提升土壤肥力。建议河西灌区灌漠土区辣椒生产上以施用废旧基质 30 t/hm<sup>2</sup>+80% 常规施肥 (N 300.0 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 96.0 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 72.0 kg/hm<sup>2</sup>) 为有机生态型废旧基质还田配施化肥最佳模式加以推广应用。

### 参考文献:

- [1] 宋辉. 花生黑松土活性腐植酸控释肥对比试验与分析[J]. 现代农业, 2019(1): 32-33.
- [2] 丁方军, 王洪凤, 吴钦泉, 等. 腐植酸缓释肥料对花生农艺性状、品质性状及产量的影响[J]. 腐植酸,

- 2013(2): 13-16.
- [3] 张婉. 不同腐植酸肥对花生生长和产量的调控效应[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
- [4] 穆青, 李林, 刘登望, 等. 腐植酸缓释肥对南方红壤花生生长发育及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2015, 47(5): 54-57.
- [5] 路艳艳, 吴钦泉, 陈士更, 等. 碱性肥料对花生生长及土壤化学性质的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2018, 49(5): 755-758.
- [6] 张毅, 黄元炯, 刘国顺, 等. 不同基质对烤烟漂浮育苗烟苗生理特性的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(3): 192-195.
- [7] 王曰鑫, 张鸾. 废弃基质再利用为土壤调理剂试验[J]. 腐植酸, 2022(3): 72-76; 81.
- [8] 柳辉林, 谢敏, 柳立文, 等. 烤烟育苗废旧基质在育苗中的重复利用[J]. 作物研究, 2015, 29(4): 395-398.
- [9] 陈宇. 北京地区设施蔬菜无土栽培椰糠再利用休茬期消毒方式[J]. 蔬菜, 2021(S1): 64-66.
- [10] PARIDA A K, DAS A B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2005, 60(3): 324-349.
- [11] 吴科生, 车宗贤, 卢秉林, 等. 基于农业废弃物的日光温室番茄栽培基质配方筛选研究[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(3): 6-10.
- [12] 许如意, 李劲松, 孔祥义, 等. 浅谈无土栽培基质消毒[J]. 现代园艺, 2007(3): 31-32.
- [13] 吴科生, 车宗贤, 卢秉林, 等. 基于农业废弃物的日光温室茄子栽培基质配方筛选研究[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(7): 646-649.
- [14] 闫文涛, 米兴旺, 李波, 等. 不同保水剂对戈壁日光温室基质栽培番茄生长和产量及品质的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(4): 342-348.
- [15] 宋修超, 罗佳, 马艳, 等. 加热消毒设备处理西瓜重茬基质工艺优化及栽培效果[J]. 农业工程学报, 2019, 35(11): 167-174.