

日光温室土壤消毒处理对番茄产量和品质的影响

魏百弘¹, 张文斌¹, 铁建中¹, 高程斐¹, 肖雪梅¹, 吕剑¹, 胡琳莉^{1,2}, 郁继华^{1,2}

(1. 甘肃农业大学园艺学院 兰州 730070; 2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室·甘肃农业大学 兰州 730070)

摘要:为了明确土壤消毒是否会影响番茄产量与品质,以粉果番茄汉姆七号为试材,采用高温闷棚的方法,研究不同土壤消毒方式(CK:不覆膜,不添加消毒剂;FM:仅覆膜,不添加消毒剂;SHN+FM:土壤覆膜+石灰氮;ML+FM:土壤覆膜+棉隆)对番茄产量和品质的影响。结果表明,采用SHN+FM进行土壤消毒时,番茄产量最高为9 318.06 kg·667 m⁻²,与对照相比显著提高56.68%。SHN+FM处理下,番茄果实硬度、维生素C含量和可溶性糖含量均最高,分别为10.06 kg·cm⁻²、70.74 mg·100 g⁻¹和4.49%,分别比CK提高17.11%、2.89%、44.84%。SHN+FM处理时番茄果实中的Mn元素含量最高,比CK显著提高了100.00%。综上所述,SHN+FM进行土壤消毒不仅可以增产,还能有效改善番茄品质。

关键词:番茄;高温闷棚;品质;土壤消毒;连作障碍

中图分类号:S641.2 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2022)10-064-05

Soil disinfection affects yield and quality of tomato in greenhouse

WEI Baihong¹, ZHANG Wenbin¹, TIE Jianzhong¹, GAO Chengfei¹, XIAO Xuemei¹, LÜ Jian¹, HU Linli^{1,2}, YU Jihua^{1,2}

(1. College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science/Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: In order to determine whether soil disinfection affect the yield and quality of tomato in greenhouse, the pink fruit tomato Ham No. 7 was used as test material in this experiment. With high temperature stuffy shed, the experiment was conducted to study the effects of different soil disinfection methods(CK, no film covering, no disinfectant added; FM, only covered with film, without adding disinfectant; SHD+FM, soil mulching plus soil disinfectant lime nitrogen; ML+FM, soil mulching plus soil disinfectant micofume) on the yield and quality of tomato. The results showed that the maximum yield of tomato reached 9 318.06 kg·667 m⁻² when SHD+FM was used for soil disinfection, which was significantly increased by 56.68% compared with the control. Under SHN+FM treatment, fruit hardness, vitamin C and soluble sugar contents were the highest, which were 10.06 kg·cm⁻², 70.74 mg·100 g⁻¹ and 4.49%, respectively, which were increased by 17.11%, 2.89% and 44.84% compared with CK, respectively. The tomato fruit had the highest content of Mn in the SHN+FM treatment, which was significantly higher than CK by 100.00%. Therefore, lime nitrogen combined with film mulching(SHN+FM) can not only increase the yield of tomato, but also effectively improve the fruit quality of tomato.

Key words: Tomato; Closing a greenhouse at high temperature; Quality; Soil disinfection; Continuous cropping obstacle

番茄(*Solanum lycopersicum*)原产于南美洲西部太平洋沿岸安第斯山脉的秘鲁、厄瓜多尔、玻利维亚、智利等国的高原或谷地,是世界上产量最高的蔬菜作物之一^[1]。番茄果实营养丰富,被誉为菜

中之果,也是我国主要设施栽培的蔬菜种类之一^[2-4]。自1978年以来,我国番茄的种植面积不断扩大,随之总产量迅速增长,据统计,番茄年平均种植面积110万hm²^[5],但种植的单一化和集约化管理

收稿日期:2022-03-08;修回日期:2022-06-19

基金项目:甘肃省教育厅“双一流”科研重点项目(GSSYLXM-02);国家大宗蔬菜产业体系(CARS-23-C-07);甘肃省拔尖领军人才培养计划(GSBJLJ-2021-14)

作者简介:魏百弘,女,在读硕士研究生,研究方向为设施蔬菜栽培与生长调控。E-mail:2252391114@qq.com

通信作者:胡琳莉,女,副教授,主要从事蔬菜栽培生理与生长调控研究。E-mail:hull@gsau.edu.cn

郁继华,男,教授,主要从事蔬菜生理与设施栽培研究。E-mail:yujihua@gsau.edu.cn

引起的土壤退化和连作障碍等问题严重限制了番茄产量和品质的提高。土壤消毒是解决日光温室土壤连作障碍的关键技术手段。在进行番茄设施栽培时,为了解决番茄的自毒问题,首先要进行土壤消毒,给番茄创造良好的生存环境,这能从根本上解决连作障碍问题^[6]。现阶段,国内改良土壤连作障碍的措施主要有:(1)休耕轮作;(2)淋雨洗盐;(3)高温闷棚消毒^[7]。虽然有关土壤消毒的研究很多,但目前土壤消毒对番茄影响的研究主要集中在对番茄产量的影响方面,对番茄品质的影响研究较少,而品质又是当下消费者关注的一个热点问题。在我国,设施番茄种植面积较大,但土壤连作障碍问题仍然十分普遍,导致番茄品质和产量下降。因此,土壤消毒对番茄品质的影响有待研究。鉴于此,笔者以粉果番茄汉姆七号为试材,探究不同土壤消毒方式对日光温室番茄产量、外观品质、营养品质以及矿质元素等的影响,旨在为当地设施番茄的种植提供技术参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2020年8月至2021年1月在甘肃省兰州市榆中县清水驿乡稠泥村日光温室进行。温室连续种植番茄5年。清水驿乡位于榆中县中部,平均海拔1790 m,年平均气温7.4℃,年平均降水量400 mm,属于典型的温带大陆性气候,特点为温差大,降水量少。试验用日光温室跨度7 m,长度45 m,种植面积约315 m²。

1.2 材料

供试番茄品种为粉果品种汉姆七号,由赤峰和润种苗科技有限公司提供种苗。试验用石灰氮购自宁夏祥美农业科技有限公司,98%棉隆微粒剂购自江苏南通施壮化工有限公司。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,设置4个处理,每个处理3次重复,共12个小区,每小区面积约26 m²。消毒前清除前茬残留物并施入有机肥和磷酸二铵100 kg·667 m²,之后向试验小区施入棉隆或石灰氮(表1),深翻土壤35~40 cm,等到灌水全部渗下后,平铺地膜(0.044 mm厚的聚乙烯塑料膜)密封,ML+FM处理与SHN+FM处理覆膜30 d后,揭膜散气5 d,然后翻地一次后再晾晒5 d即起垄定植。8月13日选择长势一致、无病虫害、生长健壮的番茄幼苗进行定植,每个小区62株。采用高畦双行

栽培的方式,垄宽1 m,单株定植,定植株距40 cm,小行距45 cm,大行距75 cm。2020年11月29日开始收获,2021年1月2日拉秧。所有处理的番茄均进行统一的常规管理。

表1 试验设计

处理	土壤消毒方式
CK	裸地,土壤不添加棉隆和石灰氮,不覆膜。
FM	土壤仅覆膜。
ML+FM	土壤添加棉隆(必速灭50.03 kg·667 m ²)且覆膜。
SHN+FM	土壤添加石灰氮(氨氰化钙40.02 kg·667 m ²)且覆膜。

1.4 方法

1.4.1 产量和品质指标 在第一批果实成熟时采收,整个生育期分4次采收,分批统计各处理每株结果数和单果质量,按照每小区26 m²,计算小区1 m²产量并换算为667 m²产量。每小区果实样品数3个,3次重复。外观品质指标测量:果实纵横径用游标卡尺直接测量并计算果形指数(纵径/横径)^[8]。采用蒽酮比色法^[9]测定番茄果实可溶性糖含量,根据公式(1)计算样品中可溶性糖含量。参考马斯亮蓝法^[10]测定番茄果实可溶性蛋白含量,根据公式(2)计算样品中可溶性蛋白质含量。采用水杨酸-硫酸法^[11]测定番茄果实硝酸盐含量,根据公式(3)计算样品中硝酸盐含量。采用滴定法^[12]测定番茄果实有机酸含量;采用手持式硬度计(托普GY-4,中国)测定番茄果实硬度^[13];采用手持式折射仪测定可溶性固形物含量^[14]。

$$\text{可溶性总糖含量}/\% = (L \times V) / (A \times N \times M \times 106) \times 100\% \quad (1)$$

L 为标准曲线(μg); V 为提取液量(mL); A 为吸取样品液体积(mL); N 为稀释倍数; M 为质量(g)。

$$\text{样品中可溶性蛋白质含量}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}) = \frac{C \times V_t}{V_1 \times F_w \times 1000} \quad (2)$$

C 为(μg); V_t 为提取液总体积(mL); F_w 为样品质量(g); V_1 为测定时加样量(mL);

$$\text{单位鲜质量样品中的硝酸盐含量}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}) = \frac{K \times V_1}{W \times V_2} \quad (3)$$

K 为回归方程计算的硝酸盐浓度($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$); V_1 为样品 t 定容体积(mL); W 为样品质量 g; V_2 为测定取用的样品提取液体积(mL)。

1.4.2 矿质元素含量测定 果实鲜质量测量结束后,准备直径为16 cm的培养皿,称量培养皿的质量并记录。将果实放入培养皿中,用水果刀将其分

成4份,将培养皿放入105℃的烘箱先杀青15 min,后置于80℃下烘干,待果实烘干至恒质量后记录数据,测果实矿质元素含量^[15]。采用湿式消解法^[16]进行样品前处理。试样中钙(Ca)、铜(Cu)、铁(Fe)、锰(Mn)、镁(Mg)、钾(K)和锌(Zn)元素以质量分数w计,单位为mg·kg⁻¹,计算公式为(4):

$$w = \frac{(c - c_0) \times 50 \times N \times 1000}{m \times D} \quad (4)$$

c为试样溶液中元素的质量浓度(μg·mL⁻¹);c₀为空白溶液元素的质量浓度(μg·mL⁻¹);N为稀释倍数;m为试样的质量(g);D为固定数值(以mg·kg⁻¹表示时,D为10³;以g·kg⁻¹表示时,D为10⁶)。

1.5 数据分析

使用Excel 2010软件进行数据整理;使用

SPSS Statistics 20.0软件进行单因素方差分析,采用Duncan's检验方法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同土壤消毒方式对番茄产量及其构成因素的影响

由表2可以看出,不同土壤消毒方式对番茄产量有一定影响。FM处理番茄平均单果质量最大,达到132.59 g,较CK、ML+FM和SHN+FM处理分别提高47.63%、34.21%和24.35%。SHN+FM处理单株结果数最多,与CK、FM和ML+FM相比分别显著提高27.91%、12.25%和19.57%。SHN+FM处理单株产量最高,达到2.02 kg,比CK显著提高56.59%,与其他各处理间差异不显著。SHN+FM

表2 不同土壤消毒方式对番茄产量的影响

处理	平均单果质量/g	单株结果数	单株产量/kg	产量/(kg·667 m ²)
CK	89.81±0.33 b	14.33±0.33 c	1.29±0.20 b	5 947.08±934.64 b
FM	132.59±6.87 a	16.33±0.33 b	1.98±0.03 a	9 143.92±121.51 a
ML+FM	98.79±7.08 ab	15.33±0.88 bc	1.53±0.18 ab	7 039.46±854.25 ab
SHN+FM	106.63±12.30 ab	18.33±0.33 a	2.02±0.20 a	9 318.06±943.31 a

注:同列数字后不同小写字母表示在0.05水平差异显著。下同。

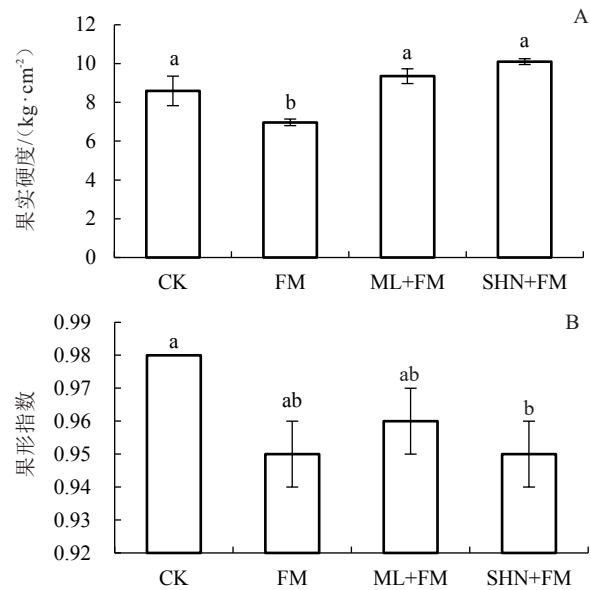
处理667 m²产量最高,为9 318.06 kg,与CK相比显著提高56.68%,与FM和ML+FM处理间差异不显著。

2.2 不同土壤消毒方式对番茄果实硬度、果形指数和品质的影响

由图1-A可以看出,番茄果实硬度在6.97~10.06 kg·cm⁻²之间。SHN+FM处理果实硬度最高,达到了10.06 kg·cm⁻²,分别较CK、FM、ML+FM处理提高17.11%、44.33%、7.59%。CK、ML+FM、SHN+FM处理番茄果实硬度均显著高于FM处理,但CK与ML+FM、SHN+FM处理间无显著差异。由图1-B可以看出,番茄果形指数在0.95~0.98,均为圆形果,CK的果形指数最大。

由表3可以看出,ML+FM处理果实可溶性固形物含量显著高于其他3个处理,比CK提高32.23%,比FM处理和SHN+FM处理分别提高20.00%和14.29%,说明ML+FM处理可促进番茄可溶性固形物积累。

SHN+FM处理维生素C含量最高,比CK、FM和ML+FM处理分别显著提高2.89%、1.70%和1.39%,FM处理和ML+FM处理差异不显著。可溶性糖含量最高的是SHN+FM处理,高于其他3个处理,与CK相比提高44.84%;其次是FM处理,



注:A.果实硬度;B.果形指数。

图1 不同土壤消毒方式对番茄果实硬度和果形指数的影响

CK可溶性糖含量最低。说明通过SHN+FM处理进行土壤消毒可以增加番茄果实中可溶性糖含量。采用ML+FM处理技术进行土壤消毒,番茄果实中硝酸盐含量最低,显著低于其他3种处理,比CK、FM和SHN+FM处理分别降低30.00%、21.64%、16.05%。番茄果实中有机酸含量为0.51%

表3 不同土壤消毒方式对番茄品质的影响

处理	w(可溶性固形物)/%	w(维生素C)/(mg·100g ⁻¹)	w(可溶性糖)/%	w(硝酸盐)/(mg·kg ⁻¹)	w(有机酸)/%	糖酸比
CK	3.63±0.08 c	68.75±0.14 c	3.10±0.37 b	270.43±2.99 a	0.95±0.05 a	3.30±0.55 b
FM	4.00±0.15 bc	69.56±0.09 b	3.75±0.15 ab	241.55±2.53 b	0.61±0.02 c	6.19±0.43 a
ML+FM	4.80±0.20 a	69.77±0.16 b	3.74±0.07 ab	189.29±2.22 d	0.51±0.01 c	7.31±0.11 a
SHN+FM	4.20±0.11 b	70.74±0.11 a	4.49±0.35 a	225.47±4.75 c	0.75±0.01 b	5.91±0.43 a

~0.95%, FM、ML+FM 和 SHN+FM 处理有机酸含量均显著低于 CK, 分别比 CK 降低 35.79%、46.32%、21.05%, 且 SHN+FM 与 FM、ML+FM 处理差异显著, FM 处理和 ML+FM 处理差异不显著。表明不同土壤消毒方式均可不同程度降低番茄果实中的有机酸含量, 且 ML+FM 处理有机酸含量最低。ML+FM 处理糖酸比最高, 达到 7.31, 糖酸比含量较 CK 显著提高 121.52%, 但与 FM 和 SHN+FM 处理差异不显著。

2.3 不同土壤消毒方式对番茄果实中大量元素含量的影响

从表 4 可以看出, 番茄果实中大量元素含量表现为 K>Mg>Ca, 不同处理条件对番茄果实中大量元素含量有一定的影响。ML+FM 处理 Ca 元素含量最高, 为 79.57 mg·kg⁻¹, 较 CK、FM、SHN+FM 分别增加 9.31%、3.61% 和 10.58%, 其次是 FM、CK、SHN+FM 处理。FM 处理条件下 Mg 元素含量最高, 与 CK 相比显著提高 11.24%。ML+FM 处理条件下 K 元素含量最高, 为 5 180.40 mg·kg⁻¹, 与对照相比提高 4.60%。

表4 不同土壤消毒方式对番茄果实大量元素含量的影响

处理	w(Ca)/(mg·kg ⁻¹)	w(Mg)/(mg·kg ⁻¹)	w(K)/(mg·kg ⁻¹)
CK	72.79±2.46 a	130.15±0.65 c	4 952.42±49.42 a
FM	76.80±1.95 a	144.78±6.95 a	4 671.01±73.40 b
ML+FM	79.57±2.51 a	139.01±3.79 ab	5 180.40±139.63 a
SHN+FM	71.96±2.24 a	124.16±3.29 c	4 597.24±5.92 b

2.4 不同土壤消毒方式对番茄果实中微量元素含量的影响

从表 5 可以看出, ML+FM 土壤消毒处理条件下, 番茄果实中 Fe、Cu、Zn 元素含量均最高, 其 Fe 元素含量与 CK 相比提高 2.92%, 与 FM 处理和

表5 不同土壤消毒方式对番茄果实微量元素含量的影响

处理	w(Fe)/(mg·kg ⁻¹)	w(Cu)/(mg·kg ⁻¹)	w(Mn)/(mg·kg ⁻¹)	w(Zn)/(mg·kg ⁻¹)
CK	3.77±0.040 a	3.85±0.020 a	0.07±0.007 c	1.07±0.007 b
FM	3.53±0.010 b	3.52±0.010 b	0.07±0.002 c	1.06±0.014 b
ML+FM	3.88±0.050 a	3.88±0.050 a	0.11±0.009 b	1.44±0.009 a
SHN+FM	3.21±0.040 c	3.15±0.030 c	0.14±0.003 a	1.09±0.018 b

SHN+FM 处理差异显著。ML+FM 处理 Cu 元素含量比 CK、FM、SHN+FM 处理分别提高 0.78%、10.23%、23.17%, 且与 FM 处理和 SHN+FM 处理差异显著。SHN+FM 处理 Mn 元素含量比 CK 提高 100.00%。

3 讨论

连作障碍会使作物生长势变弱、坐果率降低、品质变劣^[7]。笔者的试验结果表明, 高温闷棚结合 FM、ML+FM、SHN+FM 的土壤消毒方式在一定程度上提高了番茄产量, 其中 SHN+FM 处理产量最高, 这与陈云林^[8]在探究几种土壤处理对克服草莓连作障碍的研究结果中表明 SHN+FM 处理增产效果最好、林飞容等^[9]在研究石灰氮防治甘薯茎基部腐烂病时发现石灰氮可以提高单位面积的产量的研究结果一致。石灰氮的使用已经有一百多年的历史, 是药肥两用的土壤杀菌消毒剂^[20]。首先, 石灰氮本身是一种缓效性氮肥, 肥效时间长, 可以有效促进番茄的后期发育, 具有一定的增产作用; 其次, 石灰氮结合高温闷棚有很好的杀菌作用, 可以有效杀死土壤中的根结线虫和土传病原菌, 施用后可使作物生长健壮, 增强对病害的抵抗力, 从而提高产量^[21]。SHN+FM 土壤消毒技术可改良土壤结构、改善土壤酸化, 为番茄的生长发育提供适宜的环境^[22]。维生素 C、可溶性糖含量及糖酸比等是决定番茄品质的重要指标, 笔者使用 SHN+FM 土壤消毒技术, 有效提高了番茄果实中维生素 C、可溶性糖含量以及糖酸比, 从而提高了番茄果实的品质。崔国庆^[23]发现石灰氮可以提高黄瓜维生素 C、可溶性糖和有机酸的含量, 马红艳等^[24]的研究结果表明石灰氮可以提高韭菜品质, 与笔者的研究结果一致。

笔者研究了不同土壤消毒方式对番茄果实中矿质元素含量的影响, 通过试验研究发现, 不同土壤消毒方式对番茄果实中矿质元素含量有一定的影响, 而矿质元素是番茄果实的主要营养物质^[25]。利用不同的土壤消毒方式使番茄果实中的矿质元素表现出明显差异。研究结果表明, SHN+FM 土壤消毒方式番茄果实中 Mn 元素的含量最高, ML+FM

处理的 Fe、Cu、Zn、Ca、K 元素的含量最高。

综上所述,不同土壤消毒技术对番茄果实中矿质元素含量和果实品质有不同的影响。从整体来看,使用石灰氮结合覆膜技术进行土壤消毒能够有效提高番茄的产量和品质,比棉隆结合覆膜、仅覆膜处理更具有优势。

参考文献

- [1] 王丹丹,李燕,张庆银,等.基于“3414”试验的番茄产量、品质及土壤理化性质的研究[J].中国瓜菜,2022,35(5):62-67.
- [2] 姚棋,韩天云,梁祎等.外源钙和 EBR 处理对番茄果实品质特性的影响[J].中国瓜菜,2021,34(10):74-79.
- [3] 陈任强.温室滴灌条件下土壤属性空间变异及其对番茄产量和品质的影响研究[D].北京:中国农业大学,2016.
- [4] 虞凤慧,成道泉,王祥传,等.壳寡糖锌对温室番茄的防病效果及果实品质和产量的影响[J].中国农学通报,2021,37(9):42-48.
- [5] 向伟勇.番茄褐色皱纹果病毒对中国番茄产业的潜在威胁及预防措施[J].湖北农业科学,2021,60(S2):247-251.
- [6] 马二磊,臧全宇,丁伟红,等.甜瓜褪绿黄化病毒病综合防控技术[J].中国瓜菜,2019,32(2):56-57.
- [7] 商子惠.加气条件下温室番茄产量与温室气体排放的水肥调控效应[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [8] WANG J, XU Y D, ZHANG W B, et al. Tomato SIPP2C5 is involved in the regulation of fruit development and ripening[J]. Plant & Cell Physiology, 2021, 62(11):1760-1769.
- [9] XIAO K Y, ZAI Q Y. The effect of endogenous hormones on plant morphology and fruit quality of tomato under difference between day and night temperature[J]. Horticultural Science, 2018, 45: 131-138.
- [10] 张国新,姚玉涛,丁守鹏,等.微咸水滴灌对滨海区基质栽培番茄生长及品质的影响[J].安徽农业科学,2021,49(16):200-202.
- [11] 高艳,乔亚丽,赵兆,等.氮素水平对基质栽培娃娃菜光合生理产量及品质的影响[J].河北农业科学,2021,25(2):83-89.
- [12] 孔跃.生物有机肥对番茄及小白菜生长与品质影响效应的研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [13] 宋方圆,李冀新,赵志永,等.不同品种加工番茄常温贮藏期间呼吸强度及硬度变化规律研究[J].食品工业科技,2013,34(20):357-359.
- [14] 李恭峰,高亚新,李欣然,等.增施硫酸钾对日光温室水果辣椒生长与果实品质的影响[J].中国瓜菜,2022,35(5):68-73.
- [15] 何世朋,梁斌,武德军,等.设施菜地番茄的养分需求规律[J].华北农学报,2020,35(S1):282-288.
- [16] 金宁,肖雪梅,郁继华,等.不同品种番茄果实矿质元素含量评价[J].甘肃农业大学学报,2020,55(4):76-84.
- [17] 解晓康.几种土壤消毒方法的技术要点[J].现代农村科技,2020(12):48.
- [18] 陈云林.盐城市盐都区草莓连作障碍原因调查及防治技术[D].南京:南京农业大学,2015.
- [19] 林飞荣,余继华.石灰氮防治甘薯茎基部腐烂病试验研究初报[J].农学学报,2021,11(7):18-22.
- [20] 罗桢彬,白剑,李芬芬.太阳能+石灰氮高温闷棚技术[J].中国果菜,2013,33(7):41-42.
- [21] 周利,唐巧奇.石灰氮对蔬菜基地土壤酸化的改良效果研究[J].农业开发与装备,2017(2):98.
- [22] 朱炳良,马军伟,叶雪珠,等.石灰氮的土壤改良作用及对蔬菜的施用效果研究[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2001,27(3):105-108.
- [23] 崔国庆.石灰氮防治土传病害机理及对蔬菜生长影响研究[D].重庆:西南大学,2006.
- [24] 马红艳,何志学,颜建明,等.石灰氮处理土壤及缓释肥配施生物有机肥对韭菜生长和产量的影响[J].中国蔬菜,2021(8):73-79.
- [25] 李世莹,岳艳军,冯梦喜,等.多元中微量元素对番茄生长发育及产量的影响[J].农学学报,2018,8(8):27-31.