

# 不同生物药剂对辣椒主要病原菌的 抑菌效果研究

王美丽, 郑 荣, 赵 娟, 张付平  
(酒泉市农业科学研究院, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:** 为筛选可兼防辣椒疫病、根腐病及枯萎病的高效生物杀菌剂, 采用室内抑菌试验, 测定哈茨木霉、枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌及医植酵素等4种生物杀菌剂和化学药剂多菌灵分别在高、中、低3种浓度下对辣椒疫病、根腐病与枯萎病病原菌的抑制效果。结果表明, 荧光假单胞杆菌与哈茨木霉可兼防辣椒疫病、根腐病及枯萎病; 在药剂推荐浓度下, 荧光假单胞杆菌对辣椒疫病、根腐病、枯萎病抑菌率分别为83.11%、89.81%、78.80%, 哈茨木霉分别为88.39%、74.63%、89.68%, 这两种药剂可作为推荐用药。

**关键词:** 辣椒; 疫病; 根腐病; 枯萎病; 病原菌; 生物防治

**中图分类号:** S641.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2024)08-0769-05

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.08.013

## Study on Bacteriostatic Effect of Different Biological Agents on Major Pathogenic Bacteria in Capsicum

WANG Meili, ZHENG Rong, ZHAO Juan, ZHANG Fuping  
(Jiuquan Academy of Agricultural Sciences, Jiuquan Gansu 735000, China)

**Abstract:** In order to screen effective biocides that can also prevent phytophthora blight, root rot and fusarium wilt in capsicum, the inhibitory effects of *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, Phytophthora enzymes and the chemical agent Carbendazim on phytophthora blight, root rot and fusarium wilt of capsicum were measured at high, medium and low concentrations in laboratory. The results showed that *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum* could simultaneously prevent phytophthora blight, root rot and fusarium wilt of capsicum. With the decrease of concentration, the bacteriostatic effect of 5 tested agents showed a decreasing trend. At the recommended concentrations, the inhibitory rates of *Pseudomonas fluorescens* against phytophthora blight, root rot disease and fusarium wilt were 83.11%, 89.81% and 78.80%, respectively whereas those in *Trichoderma harziana* were 88.39%, 74.63% and 89.68%, respectively. These two agents can be used as recommended drugs.

**Key words:** Pepper; Phytophthora blight; Root rot; Wilt disease; Pathogen; Biological control

酒泉市位于河西走廊西端, 属温带大陆性气候, 昼夜温差大, 光照足, 年降水量低, 是甘肃省重要的蔬菜生产基地<sup>[1]</sup>。近年来, 酒泉市着力发展蔬菜产业集群, 尤其重视制干辣椒这一支柱产业, 已形成以肃州区、金塔县、瓜州县为主的制干辣椒产区, 种植面积6700 hm<sup>2</sup>以上, 干椒产量4.8万 t以上<sup>[2-3]</sup>。随着辣椒种植面积的扩大和高

密度种植模式的应用, 在提高土地利用效率的同时, 也加剧了疫病、根腐病和枯萎病等土传病害的发生, 对辣椒产量和品质构成了重大威胁<sup>[4-5]</sup>。化学方式是遏制病害发生的有效措施, 但化学药剂的过度使用造成了一系列食品安全和生态环境问题<sup>[6-7]</sup>。生物杀菌剂是一种利用生物源微生物抑制有害致病菌的制剂, 具有无毒、无害、无污染

收稿日期: 2024-05-14

基金项目: 甘肃省青年科技基金(23JRRF0003); 陇原青年创新创业人才项目(2021LQGR70)。

作者简介: 王美丽(1990—), 女, 甘肃靖远人, 助理研究员, 硕士, 主要从事作物育种及植物保护科研工作。Email: wml836326943@126.com。

通信作者: 郑 荣(1984—), 女, 陕西铜川人, 研究员, 硕士, 主要从事作物栽培及植物保护研究工作。Email: 369510582@qq.com。

等优点<sup>[8-9]</sup>。研究发现,哈茨木霉复合菌、枯草芽孢杆菌等微生物菌剂能提高辣椒的长势、抗病性及产量等<sup>[10]</sup>。因此,筛选可兼防辣椒疫病、根腐病和枯萎病的生物杀菌剂既可节约生产成本,又能减少对生态环境的污染。我们以4种生物药剂和1种化学杀菌剂进行室内药效测定,以筛选出可兼防辣椒疫病、根腐病及枯萎病的高效生物杀菌剂,为辣椒主要病原菌的防治提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试辣椒疫病(疫霉菌*Phytophthora capsici*)、根腐病(腐皮镰刀菌*Fusarium solani*)及枯萎病(尖孢镰刀菌*Fusarium oxysporum*)病原菌均来自甘肃省农业科学院植物保护研究所。供试生物药剂选用哈茨木霉、枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌及医植酵素,化学药剂选用多菌灵,具体参数见表1。

### 1.2 供试培养基

马铃薯葡萄糖琼脂培养基(上海博微生物科技有限公司)用于辣椒根腐病和枯萎病病原菌的培养,黑麦培养基(44 g黑麦粉+0.4 g碳酸钙+100 mL番茄汁+17 g琼脂)用于辣椒疫病病原菌的培养。

### 1.3 试验设计

本试验于2022年5月在酒泉市农业科学研究院测试中心进行,5种药剂各设低(Nd)、中(Nz,市场最大推荐浓度)、高(Ng)3种浓度(表2),以无

表2 药剂浓度及梯度

药剂名称	药剂梯度/(g/L)		
	Nd	Nz	Ng
哈茨木霉	1.67	3.30	4.00
枯草芽孢杆菌	1.60	3.30	4.00
医植酵素	0.80	1.25	1.67
荧光假单胞杆菌	1.33	2.67	3.33
多菌灵	0.80	1.67	2.50

菌水为对照。

### 1.4 试验方法

采用菌丝生长速率法<sup>[11]</sup>,测定5种供试药剂对辣椒疫病、根腐病和枯萎病病原菌的抑菌率。将培养基灭菌冷却至45℃后倒入培养皿中,待培养基凝固后,吸取200 μL不同浓度药液滴入平板表面并涂抹均匀,室温静置1 h,以滴加无菌水为对照。在供试病原菌菌落边缘用打孔器打取菌饼(d=0.7 cm),用接种环将菌饼置于加药处理的平板中央,每皿放置菌饼1个,3次重复。将各处理平板移入28℃培养箱中暗培养,5~7 d后采用交叉法用游标卡尺测量菌落直径,计算药剂的抑菌率。

抑菌率=[(对照菌落直径-处理菌落直径)/(对照菌落直径-原菌饼直径)]×100%

### 1.5 数据统计与分析

试验数据采用Excel 2013进行统计和作图,使用SPSS 22.0与DPS软件进行处理分析。所有数据为平均值±标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同药剂对辣椒疫病病原菌的抑制效果

由表3可以看出,5种供试药剂对辣椒疫霉菌均具有一定的抑制作用,其中哈茨木霉在不同浓度下对辣椒疫霉菌抑菌效果均最好。在Nd与Ng浓度下,哈茨木霉抑菌率分别为81.60%、92.16%,荧光假单胞杆菌的抑菌率分别为80.84%、88.39%,均极显著高于其他3种试剂( $P<0.01$ )。在Nz浓度下,哈茨木霉的抑菌率为88.39%,极显著高于其他4种药剂( $P<0.01$ );荧光假单胞杆菌的抑菌率为83.11%,极显著高于医植酵素、枯草芽孢杆菌、多菌灵( $P<0.01$ )。

由图1可以看出,哈茨木霉、枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌与医植酵素的抑菌率随着浓度的

表1 供试药剂基本信息

药剂名称	有效成分含量	剂型	登记证号	生产厂家
哈茨木霉	有效活菌数≥2.0亿/g	可湿性粉剂	微生物肥(2017)临字(4171)号	项城市嘉禾生物技术有限公司
枯草芽孢杆菌	10亿个活芽孢/g	可湿性粉剂	PD20132408	潍坊万胜生物农药有限公司
荧光假单胞杆菌	1000亿个/g	可湿性粉剂	PD20152199	山东海利莱化工科技有限公司
医植酵素		可湿性粉剂	微生物肥(2012)准字(0931)号	香港农林风国际农业发展股份有限公司
多菌灵	50%	可湿性粉剂	PD20092075	深圳诺普信农化股份有限公司

增加均呈上升趋势。其中, 哈茨木霉 Ng 和 Nz 浓度下抑菌率差异显著, 均极显著高于 Nd 浓度 ( $P < 0.01$ ); 枯草芽孢杆菌在 Ng 浓度下抑菌率显著高于 Nz 浓度 ( $P < 0.05$ ), 极显著高于 Nd 浓度 ( $P < 0.01$ ); 荧光假单胞杆菌在 Ng 浓度下抑菌率显著高于 Nd 浓度 ( $P < 0.05$ ); 医植酵素在 Ng 和 Nz 浓度下抑菌率显著高于 Nd 浓度 ( $P < 0.05$ ), 多菌灵各浓度间抑菌率差异不显著。

可见哈茨木霉对辣椒疫病病原菌的抑菌效果最好, 荧光假单胞杆菌次之, 医植酵素、枯草芽孢杆菌和多菌灵对该病菌的抑菌效果较低。

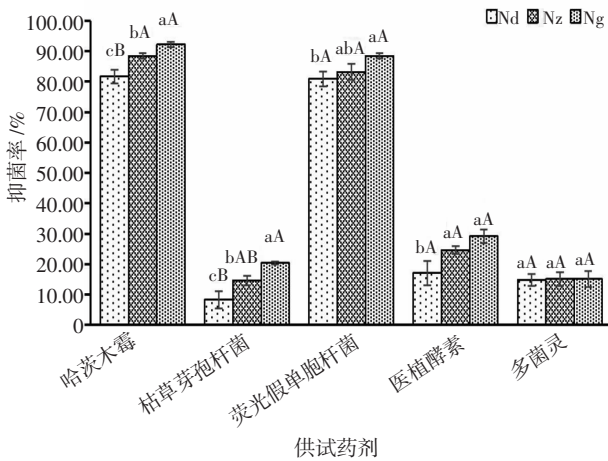


图 1 不同药剂浓度对辣椒疫病病原菌的抑制效果

## 2.2 不同药剂对辣椒根腐病病原菌的抑制效果

由表 4 可以看出, 5 种供试药剂对辣椒腐皮镰刀菌均具有一定的抑制作用。在 Nd 与 Nz 浓度下, 多菌灵的抑菌率达 100%, 极显著高于其他 4 种药剂 ( $P < 0.01$ ); 枯草芽孢杆菌在 Nd 与 Nz 浓度下的抑菌率分别为 72.59%、84.63%, 荧光假单胞杆菌的抑菌率分别为 77.41%、89.81%, 均极显著高于哈茨木霉、医植酵素 ( $P < 0.01$ )。在 Ng 浓度下, 多菌灵的抑菌率为 100%, 显著高于荧光假单胞杆菌的抑菌率 94.44% ( $P < 0.05$ ), 极显著高于其他药剂 ( $P < 0.05$ ); 荧光假单胞菌与枯草芽孢杆菌差异显著 ( $P < 0.05$ ), 并极显著高于哈茨木霉和医植酵素 ( $P < 0.01$ ); 枯草芽孢杆菌与哈茨木霉之间差异不显著, 均极显著高于医植酵素 ( $P < 0.01$ )。哈茨木霉在 Nz 浓度下抑菌率为 74.63%, 极显著高于医植酵素 ( $P < 0.01$ )。在 3 种浓度下, 医植酵素的抑菌率均极显著低于其他 4 种药剂 ( $P < 0.01$ )。

从图 2 可知, 随着试剂哈茨木霉、枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌与医植酵素浓度的增加, 对辣椒根腐病病原菌的抑菌率呈增加趋势。其中, 哈茨木霉和荧光假单胞杆菌在 Ng 和 Nz 浓度下抑菌率极显著高于 Nd 浓度 ( $P < 0.01$ ); 枯草芽孢杆菌和医植酵素在 Ng 浓度下抑菌率极显著高于 Nd

表 3 不同药剂对辣椒疫病病原菌的抑制效果<sup>①</sup>

药剂	Nd		Nz		Ng	
	菌落直径 /cm	抑菌率 /%	菌落直径 /cm	抑菌率 /%	菌落直径 /cm	抑菌率 /%
哈茨木霉	1.92	81.60±2.18 aA	1.47	88.39±0.87 aA	1.22	92.16±0.87 aA
枯草芽孢杆菌	6.78	8.30±2.85 cC	6.37	14.48±1.57 dD	5.98	20.36±0.44 dC
荧光假单胞杆菌	1.97	80.84±2.42 aA	1.82	83.11±2.65 bB	1.47	88.39±0.87 bA
医植酵素	6.20	17.04±3.99 bB	5.70	24.59±1.31 cC	5.40	29.11±2.26 cB
多菌灵	6.35	14.78±1.99 bBC	6.33	15.08±2.31 dD	6.33	15.08±2.65 eD
无菌水(CK)	7.33		7.33		7.33	

①表中同列数据后不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著, 不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著, 下同。

表 4 不同药剂对辣椒根腐病病原菌抑制效果

药剂	Nd		Nz		Ng	
	菌落直径 /cm	抑菌率 /%	菌落直径 /cm	抑菌率 /%	菌落直径 /cm	抑菌率 /%
哈茨木霉	2.83	60.56±1.41 cC	2.07	74.63±4.57 dC	1.58	83.70±3.85 cC
枯草芽孢杆菌	2.18	72.59±5.43 bB	1.53	84.63±0.53 cB	1.38	87.41±1.41 cBC
荧光假单胞杆菌	1.92	77.41±2.33 bB	1.25	89.81±2.78 bB	1.00	94.44±1.85 bAB
医植酵素	5.70	7.41±2.78 dD	5.18	17.04±2.33 eD	4.83	23.52±3.85 dD
多菌灵	0.70	100.00±0.00 aA	0.70	100.00±0.00 aA	0.70	100.00±0.00 aA
无菌水(CK)	6.10		6.10		6.10	

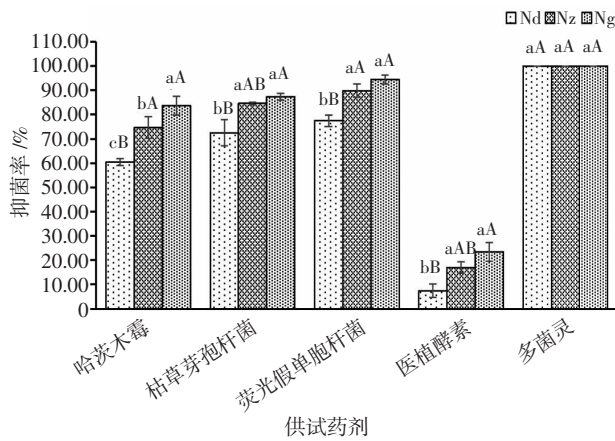


图2 不同药剂浓度对辣椒根腐病原菌抑制效果

浓度 ( $P<0.01$ ), Nz 浓度下抑菌率显著高于 Nd 浓度 ( $P<0.05$ ); 多菌灵各浓度间抑菌率差异不显著。

综上, 多菌灵对辣椒根腐病原菌的抑菌效果最好, 荧光假单胞杆菌次之, 医植酵素对该病菌的抑菌效果最低。

### 2.3 不同药剂对辣椒枯萎病病原菌的抑制效果

由表 5 可以看出, 5 种供试药剂对辣椒尖孢镰刀菌均具有一定的抑制作用。在 Nd 浓度下, 多菌灵的抑菌率为 81.61%, 极显著高于其他 4 种药剂 ( $P<0.01$ ); 哈茨木霉、荧光假单胞杆菌的抑菌率分别为 71.86%、71.48%, 均极显著高于枯草芽孢杆菌、医植酵素 ( $P<0.01$ )。在 Nz、Ng 浓度下, 多菌灵的抑菌率分别为 90.24%、92.50%, 哈茨木霉的抑菌率分别为 89.68%、91.56%, 均极显著高于其他 3 种药剂 ( $P<0.01$ ); 荧光假单胞杆菌在 Nz、Ng 浓度下抑菌率分别为 78.80%、82.18%, 显著地高于枯草芽孢杆菌、医植酵素 ( $P<0.01$ )。医植酵素在 3 种浓度下的抑菌率均极显著低于其他 4 种药剂 ( $P<0.01$ )。

从图 3 可以看出, 随着浓度的增加, 5 种供试

药剂对辣椒枯萎病原菌的抑菌率均呈增加趋势。其中, 哈茨木霉、枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌、多菌灵在 Ng 和 Nz 浓度下抑菌率均极显著高于 Nd 浓度 ( $P<0.01$ ); 医植酵素在 Ng、Nz、Nd 浓度下抑菌率差异均达极显著水平 ( $P<0.05$ )。

可以看出, 多菌灵对辣椒枯萎病原菌的抑菌率最好, 哈茨木霉次之, 荧光假单胞杆菌位次第 3, 医植酵素最低。

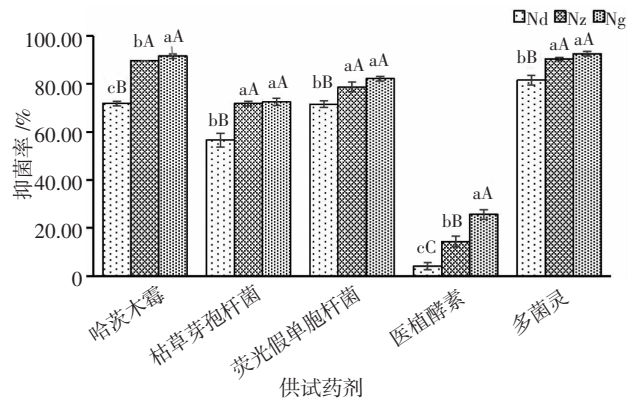


图3 不同药剂浓度对辣椒枯萎病原菌抑制效果

### 3 讨论与结论

辣椒疫病、根腐病和枯萎病是辣椒生产中严重的土传病害, 可引起辣椒发育不良、凋萎、根系腐烂等, 导致辣椒产量和品质下降, 严重时甚至会引引起绝收并造成巨大的经济损失<sup>[12]</sup>。目前, 辣椒病害主要以化学防治为主, 虽然具有高效、便捷、成本低的优点, 但也造成了农药残留、环境污染、土壤硬化、病原菌耐药性增强等问题<sup>[13]</sup>。因此, 辣椒病害的绿色生物防控具有重要意义。

研究表明, 对辣椒疫病有抑制作用的生防菌主要有假单胞菌、芽孢杆菌、木霉菌、黑曲霉等; 抑制根腐病的生防菌主要有枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、黄绿木霉、短绿木霉菌等; 对枯萎

表 5 不同药剂对辣椒枯萎病原菌抑制效果

药剂	Nd		Nz		Ng	
	菌落直径 /cm	抑菌率 /%	菌落直径 /cm	抑菌率 /%	菌落直径 /cm	抑菌率 /%
哈茨木霉	2.20	71.86±0.94 bB	1.25	89.68±0.00 aA	1.15	91.56±0.94 aA
枯草芽孢杆菌	3.02	56.47±2.86 cC	2.20	71.86±0.94 cC	2.17	72.42±1.43 cC
荧光假单胞杆菌	2.22	71.48±1.43 bB	1.83	78.80±1.95 bB	1.65	82.18±0.94 bB
医植酵素	5.82	3.94±1.43 dD	5.27	14.26±2.17 dD	4.67	25.52±1.95 dD
多菌灵	1.68	81.61±1.95 aA	1.22	90.24±0.54 aA	1.10	92.50±0.94 aA
无菌水(CK)	6.03		6.03		6.03	

病有抑制作用的生防菌有哈茨木霉、淡绿木霉、非致病性尖孢镰刀菌<sup>[14-16]</sup>。刘云龙等<sup>[17]</sup>研究发现, 在田间使用哈茨木霉处理土壤后, 提高了辣椒根腐病的防治及其产量。曲春鹤<sup>[18]</sup>通过筛选鉴定了枯草芽孢杆菌可以显著抑制辣椒根腐病病原菌孢子的萌发, 进而抑制其对辣椒种子的侵害。张俊庆等<sup>[19]</sup>对辣椒枯萎病致病菌尖孢镰刀进行拮抗试验, 发现枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、海洋芽孢杆菌等 6 种芽孢杆菌及哈茨木霉、长枝木霉 2 种木霉菌对该病菌具有明显的拮抗效果。通过研究 5 种药剂对辣椒疫病、根腐病与枯萎病病原菌的室内抑菌效果, 发现对辣椒疫病的抑菌效果由高到低为哈茨木霉、荧光假单胞杆菌、医植酵素、枯草芽孢杆菌、多菌灵; 对辣椒根腐病病菌的抑菌效果由高到低为多菌灵、荧光假单胞杆菌、枯草芽孢杆菌、哈茨木霉、医植酵素; 对辣椒枯萎病病菌的抑菌效果由高到低为多菌灵、哈茨木霉、荧光假单胞杆菌、枯草芽孢杆菌、医植酵素。荧光假单胞杆菌与哈茨木霉可兼防辣椒疫病、根腐病及枯萎病, 且抑菌效果较好。

随着浓度的降低, 5 种供试药剂对辣椒疫病、根腐病、枯萎病的抑菌效果均呈现减弱趋势。在药剂推荐浓度下, 荧光假单胞杆菌对辣椒疫病、根腐病、枯萎病菌的抑菌率分别为 83.11%、89.81%、78.80%, 哈茨木霉对辣椒疫病、根腐病、枯萎病的抑菌率分别为 88.39%、74.63%、89.68%。考虑到药剂成本及病害以预防为主的理念, 认为推荐使用浓度下荧光假单胞杆菌和哈茨木霉对辣椒疫病、根腐病与枯萎病防治效果最经济有效。

#### 参考文献:

- [1] 朱新明, 汪来田, 何军红. 酒泉市加工型辣椒品种引种试验初报[J]. 园艺与种苗, 2022, 42(5): 6-7; 45.
- [2] 朱建强, 路宏中, 张国森, 等. 生物有机肥部分替代化肥对加工辣椒产量、品质、土壤养分及肥料利用率的影响[J]. 农业科技与信息, 2023(1): 81-86.
- [3] 张芳, 汪来田. 酒泉市加快制干辣椒种质创新助推产业优化升级[EB/OL]. (2023-10-20)[2024-03-15]. <https://www.jiuquan.gov.cn/jiuquan/c100035/202310/16f40f54a4b4407959dc47e1b1190e5.shtml>.
- [4] 郭致杰, 徐生军, 荆卓琼, 等. 菌株 HMQ20YJ11 的筛选鉴定及对辣椒疫病的抑制评价[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(1): 88-93.
- [5] 薛红丽. 酒泉日光温室辣椒疫病的发生及防治措施[J]. 上海蔬菜, 2014(6): 63-64.
- [6] 张雪飞, 董艺博, 吴小毛. 辣椒农药残留研究进展[J]. 食品科技, 2023, 48(7): 274-279.
- [7] 刘荣云, 缪武, 董亚静, 等. 生物杀菌剂 REMEDIER 与啞菌酯混配对辣椒疫病的防治效果[J]. 湖南农业科学, 2018(10): 74-76.
- [8] 卢政辉. 秀珍菇哈茨木霉菌高效低毒防治药剂的筛选[J]. 食药用菌, 2018, 26(3): 178-180; 183.
- [9] 张志刚, 王开梅, 吴兆圆, 等. 微生物源生防杀菌剂的筛选方法研究[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(18): 78-83.
- [10] 吕岩, 矫丽娜. 不同微生物菌剂对红干椒农艺性状及产量的影响研究[J]. 现代农村科技, 2023(11): 68-69.
- [11] 王军, 何大敏, 陈廷智, 等. 大蒜与 3 种药用作物对烟草炭疽病菌的抑菌效果[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(2): 1-7.
- [12] 赵沛, 邢敏, 康萍芝. 辣椒疫病生防菌筛选及其防效[J]. 中国蔬菜, 2024(5): 84-90.
- [13] 章行远, 吴奇飞, 卯婷婷, 等. 辣椒枯萎病拮抗木霉菌的筛选及鉴定[J]. 贵州农业科学, 2022, 50(6): 24-30; 2.
- [14] 赵志祥, 严婉荣, 王宝, 等. 辣椒枯萎病生物防治研究进展[J]. 河南农业科学, 2022, 51(4): 11-21.
- [15] 李树江, 张韵霞, 刘羽, 等. 辣椒根腐病生防菌的筛选鉴定及生防作用[J]. 中国蔬菜, 2023(9): 69-76.
- [16] 徐沛东, 朱植银, 黄加诚, 等. 新型生物农药棘孢木霉菌防治辣椒疫病应用研究[J]. 生物灾害科学, 2017, 40(3): 172-175.
- [17] 刘云龙, 何永宏, 张旭东. 哈茨木霉对辣椒生长的影响[J]. 云南农业大学学报, 2002(4): 345-346.
- [18] 曲春鹤. 辣椒根腐病拮抗细菌的筛选鉴定及其作用效果的初步研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
- [19] 张俊庆, 郑安科, 高立红, 等. 辣椒枯萎病主要致病菌的分离鉴定及农用拮抗菌筛选[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(8): 134-137.