

21种杀菌剂对6种蔬菜病原菌的离体抑制效果

秦小芳, 张泽优, 吴小刚, 林 纬, 黎起秦, 袁高庆

(广西大学农学院 南宁 530004)

摘要:为减少农药使用量, 选用高效且广谱的杀菌剂, 采用菌丝生长速率法和最低抑制浓度法测定 21 种杀菌剂对 6 种蔬菜病原菌的抑制效果。结果表明, 当质量浓度为 $10 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯和申嗪霉素对立枯丝核菌、尖孢镰刀菌苦瓜专化型和瓜果腐霉的抑制率超过 50%; 吡唑萘菌胺和乙蒜素·代森锰锌对立枯丝核菌的抑制率大于 95%。申嗪霉素和乙蒜素·代森锰锌对茄科雷尔氏菌、野油菜黄单胞菌野油菜致病变种和胡萝卜软腐果胶杆菌胡萝卜亚种均有一定抑制效果。其中, 申嗪霉素的抑菌作用更强, 最低抑制质量浓度可达 $10 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 以下, 乙蒜素·代森锰锌的最低抑制质量浓度不超过 $100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯和吡唑萘菌胺对 3 种细菌无离体抑制作用。申嗪霉素和乙蒜素·代森锰锌可作为田间防治多种病害的候选药剂。

关键词: 蔬菜病原菌; 抑制效果; 申嗪霉素; 乙蒜素·代森锰锌

中图分类号: S482.2+S63

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)01-091-05

Inhibitory effects of 21 fungicides on 6 vegetable pathogens *in vitro*

QIN Xiaofang, ZHANG Zeyou, WU Xiaogang, LIN Wei, LI Qiqin, YUAN Gaoqing

(College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, Guangxi, China)

Abstract: The dosage of fungicides can be reduced by using high efficiency and broad spectrum kinds. The inhibitory effects of 21 fungicides on 6 vegetable pathogens were determined by measuring mycelial growth rate and minimum inhibitory concentration (MIC). The results showed that difenoconazole · pyraclostrobin and shenqinmycin (at concentration of $10 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) significantly inhibited the growth of *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *momordicae* and *Pythium aphanidermatum*, with the inhibitory rate more than 50%. The inhibitory rates of isopyrazam and ethylcin · mancozeb against *R. solani* were more than 95%. Shenqinmycin and ethylcin · mancozeb exhibited certain bacteriostatic activity against *Ralstonia solanacearum*, *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Shenqinmycin had stronger effect, with the MIC value below $10 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, while the MIC value of ethylcin · mancozeb was not more than $100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$. Difenoconazole · pyraclostrobin and isopyrazam had no inhibitory effects on three pathogenic bacteria. Shenqinmycin and ethylcin · mancozeb can be used as candidate fungicides to control many diseases in the field.

Key words: Vegetable pathogens; Inhibitory effect; Shenqinmycin; Ethylcin · mancozeb

我国是蔬菜的主要生产大国之一, 现有蔬菜种植面积超过 2000 万 hm^2 , 蔬菜种类齐全, 资源丰富^[1]。大多数蔬菜种类生长周期短, 复种指数高, 对水分需求量大, 该环境下也适宜多种病害发生, 导致损失严重。在多种蔬菜病原中, 立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)、尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)、茄科雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)均能在多种蔬菜的整个生育期侵染, 引起全株萎蔫, 影响蔬菜的收成甚至造成绝产^[2-5]; 瓜果腐霉(*Pythium aphanidermatum*)和胡萝卜软腐果胶杆菌(*Pectobac-*

terium carotovorum subsp. *carotovorum*)常直接造成茄果类和瓜果类蔬菜果实腐烂。其中, 瓜果腐霉还可引起多种蔬菜苗期猝倒病, 蔓延速度快, 易导致成片死苗现象^[6-7]; 黄单胞菌(*Xanthomonas*)是全球最重要的植物病原细菌之一, 其中野油菜黄单胞菌野油菜致病变种(*X. campestris* pv. *campestris*)能引起十字花科蔬菜黑腐病, 危害叶片、叶球和球茎^[8]。以上 6 种病原菌寄主范围广, 对农业生产影响大, 需要采用综合防治措施降低损失。其中, 化学防治在保障蔬菜产业发展中发挥重要作用。由于化学

收稿日期: 2020-05-30; 修回日期: 2020-08-29

基金项目: 国家现代农业产业技术体系广西创新团队(nycytxgxcxtd-10-04)

作者简介: 秦小芳, 女, 在读硕士研究生, 从事植物病害及其研究。E-mail: qinxfl1@qq.com

通信作者: 袁高庆, 女, 副教授, 从事植物病害及其防治研究。E-mail: ygqtdc@sina.com

防治具有快速高效、使用方法简单、不受地域限制等特点,农田滥用化学农药现象较为普遍,使得农药残留、病原菌产生抗药性、生态环境破坏等问题日益突出。若选用高效广谱的药剂,可以在保证防治效果的基础上,减少农药使用量,降低农药的负面影响。鉴于此,笔者以蔬菜生产上6种常见的病原菌为靶标菌,采用菌丝生长速率法和最低抑制浓度法测定21种低毒低残留的杀菌剂对病原菌的抑菌活性,旨在筛选出高效广谱的杀菌剂,为防治蔬菜田间多种病害提供参考。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试病原菌物:立枯丝核菌、尖孢镰刀菌苦瓜专化型和瓜果腐霉,供试病原细菌:茄科雷尔氏菌、野油菜黄单胞菌野油菜致病变种和胡萝卜软腐果

胶杆菌胡萝卜亚种,均由广西大学植物病理学研究室提供。

培养基配方:PDA(Potato Dextrose Agar)培养基:PDA 固体粉末 46.0 g,去离子水 1000 mL。NA(Nutrient Agar)培养基:牛肉浸膏 3.0 g,蛋白胨 5.0 g,葡萄糖 10.0 g,琼脂 20.0 g,去离子水 1000 mL,然后调节 pH 至 7.0;NB(Nutrient Broth)培养基:NA 培养基配方中去除琼脂;以上3种培养基均在 101 kPa、121 ℃ 的高压灭菌锅里灭菌 30 min 后使用。

供试药剂:室内抑制效果测定中供试药剂名称、有效含量、剂型、生产厂家见表1。试验中供试的乙蒜素和代森锰锌复配剂为广西大学植物病理学研究室测试中的药剂,根据2017年试验结果,以80%乙蒜素乳油和80%代森锰锌可湿性粉剂按2:1(V:m)的比例复配而成。

表1 供试杀菌剂及生产厂家

有效含量及杀菌剂名称	生产厂家	有效含量及杀菌剂名称	生产厂家
125 g·L ⁻¹ 吡唑萘菌胺悬浮剂	瑞士先正达作物保护有限公司	50%咪鲜胺水乳剂	济南中科绿色生物工程有限公司
22.5%啶氧菌酯悬浮剂	山东绿丰农药有限公司	20%抑霉唑乳油	一帆生物科技集团有限公司
25%吡唑醚菌酯乳油	济南中科绿色生物工程有限公司	1.8%辛菌胺醋酸盐水剂	西安嘉科农化有限公司
50%氟啶菌酯乳油	德国拜耳作物科学有限公司	50%噻呋酰胺悬浮剂	济南中科绿色生物工程有限公司
25%嘧菌酯乳油	青岛奥迪斯生物科技有限公司	40%嘧霉胺悬浮剂	江苏耘农化工有限公司
40%丙硫菌唑悬浮剂	江苏好收成韦恩农化股份有限公司	20%噻菌铜悬浮剂	浙江龙湾化工有限公司
43%戊唑醇乳油	陕西上格之路绿色生物科学有限公司	1%申嗪霉素悬浮剂	上海农乐制品股份有限公司
50%苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯悬浮剂	安徽美兰农业发展股份有限公司	50%啶酰菌胺水分散粒剂	巴斯夫欧洲公司
200 g·L ⁻¹ 氟唑菌酰胺悬浮剂	瑞士先正达作物保护有限公司	33.5%啶菌铜悬浮剂	上海兴农农药有限公司
50%氯溴异氰尿酸可湿性粉剂	河南广农农药有限公司	80%乙蒜素乳油·80%代森锰锌可湿性粉剂	浙江平湖农药厂/河北双吉化工有限公司
33%春雷霉素·啶菌铜悬浮剂	山东东泰农化有限公司		

1.2 方 法

1.2.1 菌丝生长速率法 采用菌丝生长速率法测定18种杀菌剂(具体名称见表2)对立枯丝核菌、尖孢镰刀菌苦瓜专化型和瓜果腐霉的离体抑制效果。首先挑取菌丝置于PDA平板培养基上,28 ℃下培养3~5 d备用;用无菌水将药剂配制成有效成分为10 000 μg·mL⁻¹的母液,取100 μL母液加入900 μL的无菌水中配成质量浓度为1000 μg·mL⁻¹的药剂,分别取100 μL不同质量浓度的药剂加入至100 mL的PDA培养基中,配制有效成分质量浓度为10 μg·mL⁻¹和1 μg·mL⁻¹的含药培养基,倒成平板备用。分别从病原菌菌落边缘打取5 mm的菌饼,置于含药培养基中央,以加入等体积无菌水的培养基作为对照,每处理3次重复。将所有处理置于28 ℃光照培养箱中培养,待对照处理即将长满培养皿时,用十字交叉法测量每个处理的菌落直径(mm),

并计算菌丝生长抑制率。

$$\text{菌丝生长抑制率}/\% = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - 5} \times 100.$$

1.2.2 最低抑制浓度法 采用最低抑制浓度(Minimum inhibitory concentration, MIC)法测定杀菌剂对病原细菌的离体抑制效果。将细菌在NA平板上划线,于28 ℃下培养2~3 d,挑取菌落接种至NB培养液中,于100 r·min⁻¹、28 ℃条件下振荡培养24 h备用。根据杀菌剂对立枯丝核菌、尖孢镰刀菌苦瓜专化型和瓜果腐霉的离体抑制效果,从中选择抑菌谱较广或抑菌效果较好的申嗪霉素、乙蒜素·代森锰锌、苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯和吡唑萘菌胺4种药剂,另外增加啶菌铜、春雷霉素·啶菌铜和氯溴异氰尿酸3种生产上用于防治多种病害的药剂,测定其对3种细菌的MIC值。在24孔细胞培养板中,每

孔加入 900 μL 浓度为 10^7 CFU $\cdot\text{mL}^{-1}$ 的菌液,再分别加入 100 μL 按梯度稀释的 7 种药液,使药剂有效质量浓度分别为 1000、100、10、1、0.1 和 0.01 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,以无菌无药剂的培养液和无药剂的菌液为对照,每处理 3 次重复。将 24 孔培养板密封后置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 、90 $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 摇床中震荡培养,24 h 和 48 h 进行观察。培养液清澈则表明培养板无污染,不含药剂的菌液浑浊则说明细菌在无药时能够正常生长。在 2 个对照处理均正常的情况下,药剂作用后菌液保持清澈的最低浓度即为药剂的 MIC,根据 MIC 值判断细菌对药剂的敏感性。

以上试验于 2019 年 4—6 月在广西大学植物病理学研究室开展。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 进行数据统计,使用 DPS 7.05 进行方差分析,应用 Duncan 新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 菌丝生长速率法测定杀菌剂对病原菌的离体抑制效果

测定结果表明,对照处理生长正常。其中,立枯丝核菌在生长 36 h 后菌落直径为 76.3 mm,尖孢镰刀菌苦瓜专化型在生长 6 d 后菌落直径为 75.7 mm,瓜果腐霉在生长 30 h 后菌落直径为 77.7 mm。按照与对照生长相同的时间测定对应各处理的菌落直径并计算抑制率,结果如表 2 所示。针对立枯丝核菌,在药剂质量浓度为 10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的情况下,申嗪霉素、苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯、吡唑萘菌胺、乙蒜素·代森锰锌的抑制率超过了 95%。其中,申嗪霉素抑制率达 100%,与其他处理相比均达差异显著水平。吡唑萘菌胺在质量浓度降至 1 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,对立枯丝核菌的抑制作用依然很强,抑制率达到 96.30%;10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 戊唑醇和丙硫菌唑的抑制效果

表 2 18 种杀菌剂在不同浓度下对立枯丝核菌、尖孢镰刀菌苦瓜专化型和瓜果腐霉的抑制率 %

药剂名称	$\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$	立枯丝核菌	尖孢镰刀菌 苦瓜专化型	瓜果腐霉	药剂名称	$\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$	立枯丝核菌	尖孢镰刀菌 苦瓜专化型	瓜果腐霉
申嗪霉素	1	30.14 ef	18.40 e	25.00 c	申嗪霉素	10	100.00 a	65.33 d	86.70 b
苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯	1	66.87 b	30.88 d	75.65 a	苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯	10	98.70 b	52.26 e	98.23 a
吡唑萘菌胺	1	96.30 a	9.72 f	0.00 f	吡唑萘菌胺	10	97.60 bc	37.78 f	35.53 efg
乙蒜素·代森锰锌	1	30.84 def	1.65 g	6.19 d	乙蒜素·代森锰锌	10	96.26 c	14.86 i	32.11 efg
戊唑醇	1	31.93 def	47.32 c	0.00 f	戊唑醇	10	85.18 d	79.20 b	0.24 h
丙硫菌唑	1	57.56 bc	69.03 b	0.00 f	丙硫菌唑	10	78.66 e	83.75 b	0.00 h
吡唑醚菌酯	1	51.48 c	17.40 e	52.00 b	吡唑醚菌酯	10	66.31 f	30.41 fg	65.53 c
噻呋酰胺	1	59.30 bc	0.00 h	0.00 f	噻呋酰胺	10	66.04 f	0.00 m	0.00 h
啶酰菌胺	1	40.50 d	10.65 f	8.02 d	啶酰菌胺	10	58.60 g	25.42 gh	30.55 fg
氟啶菌酯	1	35.98 de	23.61 e	50.24 b	氟啶菌酯	10	47.80 h	24.58 h	50.94 cde
啞霉胺	1	0.00 h	1.80 g	0.00 f	啞霉胺	10	47.63 h	8.89 k	0.00 h
啞菌酯	1	23.88 f	16.71 e	5.53 d	啞菌酯	10	34.70 i	24.04 h	25.88 g
啶氧菌酯	1	24.53 f	3.79 g	3.29 de	啶氧菌酯	10	34.37 i	9.82 jk	58.24 cd
氟唑菌酰胺	1	26.22 ef	65.00 b	0.00 f	氟唑菌酰胺	10	27.68 j	71.81 c	0.00 h
抑霉唑	1	2.77 g	16.83 e	0.00 f	抑霉唑	10	26.52 j	55.53 e	0.00 h
咪鲜胺	1	2.17 g	85.63 a	0.83 ef	咪鲜胺	10	25.90 j	93.24 a	27.91 fg
噻菌铜	1	2.11 g	3.49 g	0.00 f	噻菌铜	10	10.55 k	4.45 l	0.00 h
辛菌胺醋酸盐	1	0.00 h	2.24 g	0.00 f	辛菌胺醋酸盐	10	7.47 l	13.82 ij	43.23 def

注:同列数据后不同字母表示在 0.05 水平差异显著。后同。

也较好,抑制率分别为 85.18%、78.66%;10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 吡唑醚菌酯、噻呋酰胺和啶酰菌胺的抑制率在 60% 左右;其余 9 种药剂的抑制率均低于 50%。

对于尖孢镰刀菌苦瓜专化型,咪鲜胺的抑菌效果最佳,质量浓度在 10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时的抑制率为 93.24%,显著高于其他处理;其次为丙硫菌唑、戊唑醇和氟唑菌酰胺,抑制率超过 70%;申嗪霉素、抑

霉唑和苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯也具有一定的抑制作用,抑制率高于 52%;噻呋酰胺在 2 种测试浓度下对尖孢镰刀菌苦瓜专化型无抑菌效果。其他药剂抑制作用较弱,抑制率低于 38%。

对瓜果腐霉的离体抑制效果测定中,苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯对瓜果腐霉的抑制效果最好,在 10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 质量浓度下抑制率为 98.23%,质量浓度

降至 $1 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时抑制率仍可达到 75.65%;其次为申嗪霉素,抑制率为 86.70%;吡唑醚菌酯、啶氧菌酯和氟啶菌酯对瓜果腐霉有一定的抑制效果, $10 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 质量浓度下抑制率超过 50%;大部分供试药剂对瓜果腐霉抑菌效果较差或没有抑菌效果。

2.2 最低抑制浓度法测定杀菌剂对病原菌的离体抑制效果

7 种药剂对 3 种病原细菌的抑制效果见表 3。其中,申嗪霉素的抑菌效果最强,MIC 最低,处理 24 h 时对 3 种细菌的 MIC 均为 $1 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,48 h 时

对茄科雷尔氏菌的 MIC 升到 $10 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,但对另外 2 种细菌的 MIC 保持为 $1 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$;其次为乙蒜素·代森锰锌,对 3 种细菌的 MIC 未超过 $100 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$;啶啉铜处理 24 h 时,对茄科雷尔氏菌和胡萝卜软腐果胶杆菌胡萝卜亚种的 MIC 均为 $100 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$;春雷霉素·啶啉铜对野油菜黄单胞菌野油菜致病变种的 MIC 为 $100 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,但对另外 2 种细菌的 MIC 大于 $1000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$;氯溴异氰尿酸对茄科雷尔氏菌和野油菜黄单胞菌野油菜致病变种的离体抑制作用较弱;苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯和吡唑萘菌胺对 3

表 3 不同处理时间下 7 种药剂对茄科雷尔氏菌、野油菜黄单胞菌野油菜致病变种和胡萝卜软腐果胶杆菌胡萝卜亚种的最低抑制浓度(MIC)

药剂	处理时间/h	茄科雷尔氏菌	野油菜黄单胞菌野油菜致病变种	胡萝卜软腐果胶杆菌胡萝卜亚种
申嗪霉素	24	1	1	1
	48	10	1	1
乙蒜素·代森锰锌	24	10	100	100
	48	100	100	100
啶啉铜	24	100	>1000	100
	48	1000	>1000	100
春雷霉素·啶啉铜	24	>1000	100	>1000
	48	>1000	100	>1000
氯溴异氰尿酸	24	1000	1000	>1000
	48	1000	1000	>1000
苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯	24	>1000	>1000	>1000
	48	>1000	>1000	>1000
吡唑萘菌胺	24	>1000	>1000	>1000
	48	>1000	>1000	>1000

种病原细菌的 MIC 均大于 $1000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。

3 讨论与结论

笔者在本试验中测试 21 种杀菌剂对 6 种蔬菜病原菌的离体抑制效果,发现大部分药剂只对其中 1~2 种病原菌有效。苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯对立枯丝核菌和瓜果腐霉的抑制作用很强,对尖孢镰刀菌也较好;吡唑萘菌胺对立枯丝核菌抑制作用强,对尖孢镰刀菌苦瓜专化型和瓜果腐霉也有一定效果,但这 2 种杀菌剂对 3 种细菌均无抑菌活性;乙蒜素·代森锰锌和申嗪霉素对 6 种病原菌都有一定的抑制效果,对其中立枯丝核菌和 3 种供试细菌的抑制作用强,此外申嗪霉素对瓜果腐霉也有较好的抑制效果。

苯醚甲环唑属于三唑类杀菌剂,吡唑醚菌酯是甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂,渗透作用强,均为广谱高效的杀菌剂^[9]。这两种药剂作用机制不同,复配后可增加药效以及延缓抗药性的产生,对花生褐斑

病^[10]、祁山药炭疽病^[11]、马铃薯早疫病^[12] 等都有较好的防效。笔者在本研究中发现苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯对立枯丝核菌和瓜果腐霉的抑制率接近 100%,其对这两种病原菌引起的病害的田间防治效果有待于进一步明确。

乙蒜素·代森锰锌对病原真菌、卵菌和细菌均有抑制作用。乙蒜素是我国自主研发的植物仿生农药,杀菌效果好,且对植物生长有促进作用^[13];代森锰锌为高效、低毒、广谱的保护性杀菌剂,可防治霜霉病、褐斑病、炭疽病等^[14]。在前人研究中,当质量浓度为 $200 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,乙蒜素对立枯丝核菌的抑菌率不足 50%^[15],代森锰锌才有较强的抑制作用^[16]。而本文中,质量浓度为 $10 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的乙蒜素·代森锰锌就对立枯丝核菌表现出较好的抑制效果。对于青枯病,乙蒜素能有效抑制烟草青枯病菌的生长^[17],代森锰锌对马铃薯青枯病的防效接近 70%^[18],本文结果显示,乙蒜素·代森锰锌对茄科雷尔氏菌有明显的抑制效果。据报道,乙蒜素与代森锰锌复

配对丁香假单胞杆菌抑菌活性有明显增效作用^[19],推测将这2种药剂复配可能对立枯丝核菌、茄科雷尔氏菌等也有增效作用,需要后续试验证实。

申嗪霉素是一种安全、高效、广谱的新型微生物源农药,能有效防治多种病害,目前已经在黄瓜灰霉病、霜霉病上取得登记^[20],对莴苣霜霉病^[21]、马铃薯晚疫病^[22]、水稻纹枯病^[23]等病害有较好的田间防治效果。该药剂对尖孢镰刀菌草莓专化型、稻黄单胞菌水稻致病变种等病原菌还具有很强的离体抑制活性^[24-25]。本研究与前人的研究结果基本一致,证实申嗪霉素对多种植物病原菌有较强的抑制效果。此外还发现其对青枯病菌和软腐病菌的离体活性也很强。

笔者筛选出对6种蔬菜病原菌整体抑制效果较好的申嗪霉素和乙蒜素·代森锰锌,可以进一步开展药剂复配的联合作用测试和田间药效试验,以及对其他蔬菜病害防治效果的测定,为田间使用高效广谱的杀菌剂同时防治多种蔬菜病害提供可靠依据。

参考文献

- [1] 宋加伟. 主要叶类蔬菜新病害发现及常见真菌病害调查研究[D]. 北京:中国农业科学院,2017.
- [2] 秦海滨,张志斌,贺超兴. 丛枝根菌提高黄瓜幼苗抗立枯病作用研究[J]. 华北农学报,2014,29(S1):98-102.
- [3] 关峰,张景云,石博,等. 苦瓜枯萎病抗性鉴定及枯萎病菌胁迫下生理响应差异分析[J]. 植物生理学报,2019,55(10):1481-1488.
- [4] WICKER E, GRASSART L, CORANSON-BEAUDU R, et al. *Ralstonia solanacearum* strains from Martinique (French West Indies) exhibiting a new pathogenic potential[J]. Applied and Environmental Microbiology,2007,73(21):6790-6801.
- [5] 王杰,龙世芳,王正文,等. 番茄青枯病防治研究进展[J]. 中国蔬菜,2020(1):22-30.
- [6] 张全,于春雷,张小兵,等. 4种杀菌剂对瓜果腐霉病菌的室内毒力及田间防效测定[J]. 农药科学与管理,2011,32(12):47-49.
- [7] 马燕勤,李勤菲,司军,等. 甘蓝抗软腐病离体鉴定方法探究[J]. 植物保护,2018,44(6):136-140.
- [8] 孟雪娇,史庆馨,陈立新. 大白菜黑腐病研究进展[J]. 中国蔬菜,2019,32(4):8-11.
- [9] 陈格新,鞠光秀,牛淑妍. 苯甲·吡唑酯微乳剂研制及田间防效[J]. 现代农药,2016,15(2):32-35.
- [10] 何献声. 吡唑醚菌酯与苯醚甲环唑混剂对花生褐斑病的防治[J]. 农药,2014,53(9):677-679.
- [11] 张帅,李世雄,杨太新,等. 苯醚甲环唑和吡唑醚菌酯混合物对炭疽病菌的联合毒力及药效[J]. 植物保护,2013,39(6):160-163.
- [12] 范子耀,王文桥,孟润杰,等. 吡唑醚菌酯与苯醚甲环唑混合物对茄链格孢的联合毒力及其对马铃薯产量的影响[J]. 农药学报,2011,13(6):591-596.
- [13] 伏荣桃,克永霞,陈诚,等. 乙蒜素对几种植物病原真菌的毒力测定及田间药效试验[J]. 农药,2018,57(8):611-613.
- [14] 王迪轩. 广谱杀菌剂代森锰锌的应用[N]. 农资导报,2018-09-28.
- [15] 张娜,梁巧兰,吴琼. 花椰菜苗期立枯病病原鉴定及室内药剂筛选[J]. 甘肃农业大学学报,2018,53(1):65-70.
- [16] 尹大川,祁金玉,邓玉侠,等. 两种杀菌剂对立枯丝核菌 (*Rhizoctonia solani*) 生长的抑制作用机理[J]. 沈阳农业大学学报,2017,48(1):94-100.
- [17] 毕涛,王晓强,李向东,等. 烟草青枯病菌有效药剂的筛选[J]. 山东农业科学,2015,47(11):85-88.
- [18] 陈方景,胡华伟,程丽敏. 几种药剂对马铃薯青枯病的防治试验[J]. 现代农药,2002(4):43.
- [19] 王瑞,马立志,高蓬明,等. 乙蒜素与溴硝醇·代森锰锌2种农药复配对丁香假单胞杆菌的联合毒力[J]. 江苏农业科学,2014,41(3):71-73.
- [20] 刘刚. 申嗪霉素登记应用新进展[J]. 农药市场信息,2019(17):59-60.
- [21] 孙光忠,方国斌,匡辉,等. 四种杀菌剂对莴苣霜霉病的田间防效[J]. 广西植保,2019,32(1):25-27.
- [22] 王蓉,肖卫平,覃安荣,等. 几种药剂对马铃薯晚疫病的防治效果研究[J]. 植物医生,2019,32(1):71-73.
- [23] 钱艳杰,廖少龙,马呈瑞,等. 申嗪霉素对水稻纹枯病的防病增产效果[J]. 湖北植保,2018(3):5-6.
- [24] 吉沐祥,陈宏州,吴祥,等. 8种生物杀菌剂对草莓枯萎病菌室内抑菌活性的测定[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):103-106.
- [25] 郑文君. 申嗪霉素对水稻白叶枯病菌和油菜菌核病菌的生物学活性及抗性风险评估[D]. 南京:南京农业大学,2010.