

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2020)06-0359-07

几种杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的室内毒力及田间药效测定

王银钰¹, 崔凌霄¹, 李统华¹, 杨成德^{1*}, 韩相鹏², 张俊莲³

(1. 甘肃农业大学植物保护学院/甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室, 甘肃 兰州 730070; 2. 定西市植保植检站, 甘肃 定西 743000; 3. 甘肃省作物遗传改良与种质创新重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为筛选出防治马铃薯黑痣病的杀菌剂, 采用生长速率法测定了10种杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的毒力, 并选用具有抑菌活性较高的药剂进行田间防效试验。结果表明, 50%戊唑·咪鲜胺、20%噻唑·吡唑酯、25%苯甲·溴菌腈、25%吡唑醚菌酯、240 g/L噻唑酰胺和11%氟环·咯·精甲的 EC_{50} 值均小于1 $\mu\text{g/mL}$, 表现出良好的抑菌活性, 且11%氟环·咯·精甲的斜率达3.75, 说明马铃薯黑痣病菌对其敏感, 其次是50%克菌丹, 其斜率为3.30, 第三为3亿CFU/g哈茨木霉菌、20%噻唑·吡唑酯、30%溴菌·咪鲜胺, 斜率分别为2.41、1.60和1.52; 因此, 选用11%氟环·咯·精甲、240 g/L噻唑酰胺、20%噻唑·吡唑酯、30%吡唑·啉酰胺和3亿CFU/g哈茨木霉菌拌种进行田间药效试验, 11%氟环·咯·精甲田间防效最好, 达52.82%, 且增产率达29.00%, 其次20%噻唑·吡唑酯和240 g/L噻唑酰胺的防效分别为22.06%和12.24%, 增产率达17.60%和23.00%。综合考虑, 11%氟环·咯·精甲、20%噻唑·吡唑酯和240 g/L噻唑酰胺有较好防病增产作用, 可以在生产中推广应用。

关键词: 马铃薯黑痣病; 立枯丝核菌; 毒力测定; 田间防效

Toxicity Bioassay and Field Efficacy of Some Fungicides Against *Rhizoctonia Solani*

WANG Yinyu¹, CUI Lingxiao¹, LI Tonghua¹, YANG Chengde^{1*}, HAN Xiangpeng², ZHANG Junlian³

(1. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University/Engineering Laboratory of Crop Pest and Disease Biological Control in Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730070, China; 2. Plant Protection and Inspection Station of Dingxi City, Dingxi, Gansu 743000, China; 3. Gansu Key Laboratory of Crop Genetic Improvement and Germplasm Innovation, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: This research was conducted to select out the fungicide that is effective to control potato black scurf caused by *Rhizoctonia solani*. The inhibitory activity of ten fungicides against *Rhizoctonia solani* was tested with the method of mycelial growth rate. Field trials on control efficacy to potato black scurf were performed with fungicides of good inhibitory activity. EC_{50} values of 50% Tebuconazole·prochloraz-manganese chloride complex, 20% Thifluzamide·pyraclostrobin, 25% Difenoconazole·bromothalonil, 25% Pyraclostrobin, 240 g/L Thifluzamide and 11% Sedaxane·fludioxonil·metalaxyl-M were all less than 1 $\mu\text{g/mL}$, exhibiting good antifungal activity. In the fungitoxicity regression equations of the five fungicides with higher inhibitory activity, the slope of 11% Sedaxane·fludioxonil·metalaxyl-M reached 3.75, indicating that *Rhizoctonia solani* was sensitive to this fungicide. For 50% Captan, the slope was 3.30,

收稿日期: 2020-05-25

基金项目: 甘肃农业大学科技创新基金(GAU-XKJS-2018-148)。

作者简介: 王银钰(1993-), 女, 硕士研究生, 研究方向为植物病害综合防治。

*通信作者(Corresponding author): 杨成德, 教授, 研究方向为植物病害综合防治, E-mail: yangcd@gsau.edu.cn。

then followed by, 300 million CFU/g *Trichoderma harzianum*, 20% Thifluzamide · pyraclostrobin, and 30% Bromothalonil · prochloraz, with slope being 2.41, 1.60, and 1.52, respectively. 11% Sedaxane · fludioxonil · metalaxyl-M, 240 g/L Thifluzamide, 20% Thifluzamide · pyraclostrobin, 30% Pyraclostrobin · boscalid and 300 million CFU/g *Trichoderma harzianum* were selected for field trial to control potato black scurf. The results showed that the control effect of 11% Sedaxane · Fludioxonil · metalaxyl-M was optimal with the control efficacy of 52.82%, and the yield increase of 29.00%. In addition, the control efficacy of 20% Thifluzamide · pyraclostrobin and 240 g/L Thifluzamide were 22.06% and 12.24%, and the yield increased by 17.60% and 23.00% respectively. These results suggest that treatment of potato black scurf with 11% Sedaxane · fludioxonil · metalaxyl-M, 20% Thifluzamide · pyraclostrobin and 240 g/L Thifluzamide could reduce the severity of black scurf disease and increase yield, and be promoted and applied in the production.

Key Words: potato black scurf; *Rhizoctonia solani*; toxicity determination; field control efficacy

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 种植便捷, 产量高, 是备受人们喜爱的粮饲兼用作物之一^[1]。甘肃省是马铃薯种植大省, 87个县(市、区)中有60多个县种植马铃薯^[2]。近年来, 随着马铃薯种植面积的逐渐扩大及重茬现象普遍存在, 土传病害发生严重, 尤其是由立枯丝核菌 (*Rhizoctonia solani*) 引起的马铃薯黑痣病已成为甘肃省发生面积大且危害严重的一种病害^[3]。黑痣病又称茎溃疡病和黑色粗皮病等^[4], 在播种后常使种薯烂种, 苗期危害幼芽, 成株期在茎秆上形成溃疡斑, 膨大期在块茎上形成黑色小菌核, 极大地影响其产量和商品性, 已成为北方一季作区马铃薯上的主要病害之一^[5]。

目前关于马铃薯黑痣病的防治, 生产中主要选用抗病品种、播种脱毒种薯、适时播种及采收和轮作等^[6,7]方式, 但农业防治方法不能从根本上控制该病害的发生, 防治效果往往不稳定, 在生物防治中主要以寄生性真菌木霉属 (*Trichoderma* spp.) 和绿色黏帚霉 (*Gliocladium virens*)^[8]、轮枝菌 (*Verticillium biguttatum*)^[9] 和细菌中的蜡质芽孢杆菌 (*Bacillus cereus*)^[10] 和荧光假单胞菌 (*Pseudomonas fluorescens*)^[11] 等报道较多, 但是生物防治目前不仅效果较差, 而且防治效果也不稳定^[12]; 化学防治仍是马铃薯黑痣病防治的首选^[13], 目前噻呋酰胺、咯菌腈、啞菌酯等化学杀菌剂已登记防治马铃薯黑痣病, 施药方式主要有拌种、沟施^[14] 和茎基部喷淋^[15,16] 等。

由于生产上用于防治马铃薯黑痣病的药剂较少, 因此为了有效控制马铃薯黑痣病发生, 本研究对噻呋酰胺等10种杀菌剂进行室内毒力测定和噻呋·吡啶酯等6种药剂进行田间防治试验, 以期马铃薯

黑痣病防治中的科学选择药剂提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株

供试马铃薯黑痣病菌采自甘肃省安定区, 为AG3融合群。供试马铃薯品种为‘新大坪’。

1.1.2 供试杀菌剂

供试杀菌剂信息见表1。

1.1.3 供试培养基

PDA培养基: 马铃薯200 g、琼脂16 g、葡萄糖18 g, 补充蒸馏水至1 000 mL^[17]。

1.1.4 试验地概况

试验设在甘肃省定西市安定区团结镇马铃薯种植区, 该区域海拔2 180 m, 年平均气温6.2℃, 年均降雨量430 mm。播种地块地势及肥力均匀一致, 前茬种植马铃薯。

1.2 试验方法

1.2.1 几种杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的室内毒力测定

采用生长速率法测定不同杀菌剂对立枯丝核菌的毒力。供试菌株在PDA平板上25℃黑暗条件下活化3 d, 从菌落边缘用打孔器取5 mm的菌饼备用。在超净工作台上, 按所需浓度稀释供试杀菌剂后, 将稀释的药液1份与49份的培养基(冷却至约45℃左右)混用, 迅速摇匀, 分装于90 mm的培养皿中, 水平摇动使其铺成均匀含药平板。每种杀菌剂设5个浓度梯度, 每个浓度重复3次, 同时以不加药的PDA培养基作对照。将菌饼接种于含药平板中央, 每皿1个, 然后置于25℃恒温黑暗条件下培养。3 d后用十

表1 药剂信息
Table 1 Fungicide information

药剂 Fungicide	有效成分 Active ingredient	剂型 Dosage form	厂家 Manufacturer
噻呋酰胺 ^{ab} Thifluzamide	240 g/L 噻呋酰胺	悬浮剂	北京燕化永乐生物科技股份有限公司
噻呋·吡唑酯 ^{ab} Thifluzamide·pyraclostrobin	10% 噻呋酰胺 + 10% 吡唑醚菌酯	悬浮剂	燕化永乐(乐亭)生物科技股份有限公司
吡唑·啉酰菌 ^{ab} Pyraclostrobin·boscalid	10% 吡唑醚菌酯 + 20% 啉酰菌胺	悬浮剂	燕化永乐(乐亭)生物科技股份有限公司
吡唑醚菌酯 ^a Pyraclostrobin	25% 吡唑醚菌酯	悬浮剂	河北兴柏农业科技有限公司
苯甲·溴菌腈 ^a Difenoconazole·bromothalonil	5% 苯醚甲环唑 + 20% 溴菌腈	可湿性粉剂	成都科利隆生化有限公司
溴菌·咪鲜胺 ^a Bromothalonil·prochloraz	15% 溴菌腈 + 15% 咪鲜胺	可湿性粉剂	陕西康禾立丰生物科技药业有限公司
戊唑·咪鲜胺 ^a Tebuconazole·prochloraz-manganese chloride complex	12.5% 戊唑醇 + 37.5% 咪鲜胺锰盐	可湿性粉剂	陕西汤普森生物科技股份有限公司
氟环·咯·精甲 ^{ab} Sedaxane·fludioxonil·metalaxyl-M	4.85% 氟唑环菌胺 + 2.55% 咯菌腈 + 3.6% 精甲霜灵	种子处理 悬浮剂	瑞士先正达作物保护有限公司
哈茨木霉菌 ^{ab} Trichoderma harzianum	3亿 CFU/g 哈茨木霉菌	可湿性粉剂	美国拜沃股份有限公司
克菌丹 ^a Captan	50% 克菌丹	可湿性粉剂	江苏龙灯化学有限公司
含氨基酸水溶肥料 ^b Water-soluble fertilizers containing amino-acids	氨基酸≥100 g/L	水剂	深圳百乐宝生物农业科技有限公司

注: a, 室内毒力测定试验药剂; b, 田间防治试验药剂。

Note: a. toxicity test in laboratory; b. field control trial.

字交叉法测量菌落直径, 以其平均数代表菌落大小, 计算菌落的净生长量和抑制率。根据杀菌剂浓度与生长抑制率的关系, 计算杀菌剂浓度对数与抑制率几率值间的毒力回归方程, 通过其回归方程计算杀菌剂的抑制中浓度值($\mu\text{g/mL}$), 即 EC_{50} ^[18]。

生长抑制率(%) = [(对照菌落直径 - 处理菌落直径)/(对照组菌落直径 - 菌饼直径)] × 100

1.2.2 田间试验设计

试验设7个处理。处理1: 240 g/L噻呋酰胺; 处理2: 20%噻呋·吡唑酯; 处理3: 30%吡唑·啉酰菌; 处理4: 11%氟环·咯·精甲; 处理5: 3亿CFU/g哈茨木霉菌; 处理6: 含氨基酸水溶肥料; 处

理7: 空白对照。处理1~处理6按推荐浓度计算每处理种薯用药量, 种薯拌种并阴干, 小区面积为2 m × 10 m = 20 m², 每处理重复3次, 按完全随机区组排列, 正常田间管理, 自然发病。

1.2.3 田间调查时间及方法

试验于2019年4月26日播种, 7月17日调查茎基部溃疡情况, 计算病情指数和发病率, 8月10日收获时按小区测产, 计算增产率。马铃薯黑痣病茎基部病情分级按照Weinhold等^[19]的分级标准。

马铃薯黑痣病地下茎分级标准:

0级: 茎部无任何病斑;

1级: 茎部病斑面积占地下茎面积的1%~5%;

2级: 茎部病斑面积占地下茎面积的6%~25%;
 3级: 茎部病斑面积占地下茎面积的26%~50%;
 4级: 茎部病斑面积占地下茎面积的51%~75%;
 5级: 茎部病斑面积占地下茎面积的76%~100%。
 分别按下式计算病情指数、防治效果和增产率。

病情指数 = Σ (各级病薯数 × 各级代表值) / (调查总薯块数 × 最高代表值) × 100

防治效果(%) = (对照区病情指数 - 处理区病情指数) / 对照区病情指数 × 100

增产率(%) = (处理区产量 - 对照区产量) / 对照区产量 × 100

1.3 数据处理

数据采用Excel 2010, SPSS 25.0软件进行分析处理。利用Duncan's新复极差测验法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同杀菌剂对马铃薯黑痣病抑制中浓度

结果表明(图1、表2), 不同杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的毒力有明显差异。50%戊唑·咪鲜胺有效中浓度EC₅₀达0.13 μg/mL, 毒力最强; 其次为20%噻呋·吡唑酯、25%苯甲·溴菌腈和25%吡唑醚菌酯, EC₅₀分别达0.16, 0.40和0.64 μg/mL; 240 g/L

噻呋酰胺和11%氟环·咯·精甲的EC₅₀分别达0.73和0.93 μg/mL; 3亿CFU/g哈茨木霉菌EC₅₀值最大, 达1 943.57 μg/mL, 说明其对黑痣病的毒力较弱。

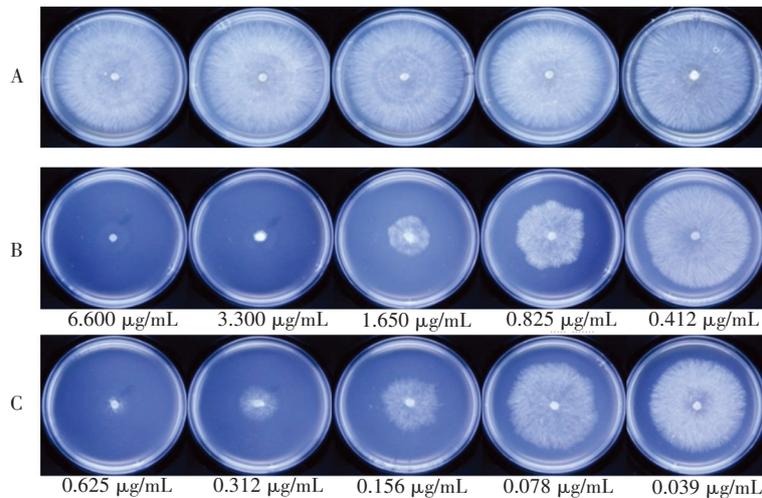
2.2 马铃薯黑痣病菌对不同杀菌剂的敏感性

试验结果(表2)表明, 10种杀菌剂的毒力回归方程中, 11%氟环·咯·精甲的斜率最大, 为3.75, 表明该杀菌剂的反应灵敏度最高, 其次是50%克菌丹, 斜率为3.30, 3亿CFU/g哈茨木霉菌的斜率为2.41, 20%噻呋·吡唑酯、25%吡唑醚菌酯、240 g/L噻呋酰胺和30%吡唑·啉酰菌的斜率分别为1.60、1.40、1.30和1.23, 表明这4种药剂的敏感性依次降低。

根据抑制中浓度和敏感性结果, 50%戊唑·咪鲜胺药剂的EC₅₀最低, 毒力最强, 但其敏感性较低, 因此50%戊唑·咪鲜胺药剂没有进行田间试验, 而选定240 g/L噻呋酰胺、20%噻呋·吡唑酯、30%吡唑·啉酰菌、11%氟环·咯·精甲、3亿CFU/g哈茨木霉菌为田间试验供试药剂, 其中哈茨木霉菌EC₅₀值最高, 但其是目前报道的较好的生物农药, 因此也进行下一步田间试验。

2.3 不同杀菌剂田间药效试验

试验结果表明(表3), 在播种82 d后11%氟环·咯·精甲、20%噻呋·吡唑酯和240 g/L噻呋酰胺对马铃薯黑痣病表现出不同的防效, 分别达



A: CK; B: 氟环·咯·精甲; C: 噻呋·吡唑酯。
 A: CK; B: Sedaxane · fludioxonil · metalaxyl-M; C: Thifluzamide · pyraclostrobin.

图1 药剂培养基内抑菌典型照片
 Figure 1 Typical photos of fungitoxicity in treatment culture medium

表 2 不同杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的毒力
Table 2 Toxicities of different fungicides to *Rhizoctonia solani*

药剂 Fungicide	浓度(μg/mL) Concentration	毒力回归方程 Regression equation	EC ₅₀ (μg/mL)	相关系数 Correlation coefficient
50% 戊唑·咪鲜胺 50% Tebuconazole· prochloraz-manganese chloride complex	33.000	$y = 0.64x + 5.571$	0.13	0.983
	8.250			
	2.063			
	0.516			
	0.129			
20% 噻呋·吡唑酯 20% Thifluzamide·pyraclostrobin	0.625	$y = 1.60x + 6.291$	0.16	0.974
	0.312			
	0.156			
	0.078			
	0.039			
25% 苯甲·溴菌腈 25% Difenconazole·bromothalonil	100.000	$y = 0.53x + 5.210$	0.40	0.993
	25.000			
	6.250			
	1.563			
	0.391			
25% 吡唑醚菌酯 25% Pyraclostrobin	33.000	$y = 1.40x + 5.275$	0.64	0.967
	8.250			
	2.063			
	0.516			
	0.129			
240 g/L 噻呋酰胺 240 g/L Thifluzamide	6.000	$y = 1.30x + 5.174$	0.73	0.904
	1.500			
	0.375			
	0.094			
	0.024			
11% 氟环·咯·精甲 11% Sedaxane·fludioxonil·metalaxyl-M	6.600	$y = 3.75x + 5.110$	0.93	0.972
	3.300			
	1.650			
	0.825			
	0.412			
30% 吡唑·啉酰菌 30% Pyraclostrobin·boscalid	40.000	$y = 1.23x + 4.083$	5.55	0.997
	20.000			
	10.000			
	5.000			
	2.500			
30% 溴菌·咪鲜胺 30% Bromothalonil·prochloraz	70.000	$y = 1.52x + 3.854$	5.69	0.995
	35.000			
	17.500			
	8.750			
	4.375			
50% 克菌丹 50% Captan	320.000	$y = 3.30x - 0.824$	58.12	0.955
	160.000			
	80.000			
	40.000			
	20.000			
3 亿 CFU/g 哈茨木霉菌 300 million CFU/g <i>Trichoderma harzianum</i>	3 000.000	$y = 2.41x - 2.919$	1 943.57	0.982
	2 500.000			
	2 000.000			
	1 500.000			
	1 000.000			

注: 试验设 5 个浓度梯度, 每浓度梯度 3 个重复, EC₅₀ 为根据毒力方程的计算值。

Note: There were five concentration gradients with three replications per concentration. EC₅₀ value was calculated based on fungitoxicity regression analysis.

表3 不同药剂处理对马铃薯黑痣病的防治效果
Table 3 Control efficacy of different fungicides on potato black scurf

药剂 Fungicide	100 kg 种薯用量 Dose per 100 kg seed	茎溃疡 Investigation of stem canker		薯块产量 Potato tuber yield	
		病情指数 Disease index	防效 (%) Control efficacy	产量(kg/667m ²) Yield	增产率(%) Yield increase rate
		240 g/L 噻呋酰胺 240 g/L Thifluzamide	68 mL	49.61	12.24
20% 噻呋·吡唑酯 20% Thifluzamide·pyraclostrobin	4.84 mL	44.06	22.06	1 460 abA	17.60
30% 吡唑·啶酰菌 30% Pyraclostrobin·boscalid	51.88 mL	52.18	7.70	1 496 abA	20.50
11% 氟环·咯·精甲 11% Sedaxane·fludioxonil·metalaxyl-M	333 mL	26.67	52.82	1 602 aA	29.00
3亿 CFU/g 哈茨木霉菌 300 million CFU/g <i>Trichoderma harzianum</i>	259 g	53.37	5.59	1 551 abA	24.90
含氨基酸水溶肥料 Water-soluble fertilizers containing amino-acids	37 mL	62.93	0.00	1 397 abA	12.50
对照 CK	-	56.53	-	1 241 bA	-

注: 采用 Duncan's 新复极差测验法进行分析, 产量后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著, 不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著。

Note: Different small and capital letters in the column of yield indicate significant difference at 0.05 and 0.01 levels, respectively, as tested using Duncan's multiple range test method.

52.82%、22.06% 和 12.24%; 含氨基酸水溶肥料对马铃薯黑痣病无防治效果。

在播种 106 d 后测产, 11% 氟环·咯·精甲增产率最高, 达 29.00%, 产量达 1 602 kg/667m², 其后依次为 3 亿 CFU/g 哈茨木霉菌、240 g/L 噻呋酰胺和 30% 吡唑·啶酰菌的产量较高, 产量分别达 1 551, 1 528 和 1 496 kg/667m², 增产率分别达 24.90%、23.00% 和 20.50%。

根据室内毒力测定及田间防治试验结果, 11% 氟环·咯·精甲、20% 噻呋·吡唑酯和 240 g/L 噻呋酰胺防治效果较好。

3 讨论

目前国内应对马铃薯黑痣病防治的化学药品较少, 可供选择的种类不多^[20]。在中国取得登记防治马铃薯黑痣病并在有效期内的农药产品中, 噻呋酰胺常作为对照杀菌剂。尹沙亮等^[21]测定了 7 种杀菌剂对草莓丝核菌根腐病原菌的抑菌活性, 表明噻呋

酰胺和吡唑啉菌酯对立枯丝核菌有抑制作用, EC₅₀ 分别达 0.063 9 和 0.322 4 mg/L, 斜率分别为 1.276 3 和 0.474 0, 本试验中, 噻呋酰胺和吡唑啉菌酯的 EC₅₀ 分别达 0.73 和 0.64 μg/mL, 与尹沙亮等^[21]研究结果基本一致。曹春梅等^[14]报道噻呋酰胺悬浮剂在室内条件下抑制作用较好, EC₅₀ 达 6.699 5 × 10⁻⁷ mg/L, 本研究与其研究结果存在差异, 这可能与病原菌株差异有关。崔凌霄等^[1]报道 24% 噻呋酰胺以 35 mL/667m² 拌种, 增产率在 15.00% 以上, 而本试验增产率达 23.00%, 高于崔凌霄等^[1]结果。陈爱昌等^[22]以 30% 噻呋酰胺 18.4 g/150 kg 种薯拌种处理时, 防效达 70.00% 以上, 本试验与陈爱昌等^[22]结果相比防效较低, 这可能与药剂用量、马铃薯品种、栽培管理、环境条件等差异有关。

EC₅₀ 表明药剂对病原菌的抑制能力, EC₅₀ 越小说明该药剂对病原菌的毒力越强; 斜率是病原菌对药剂反应灵敏度的重要指标, 斜率越大说明病原菌对药剂的反应灵敏度越高, 即随着药剂浓度的增加,

抑制率明显增大^[23]。50%戊唑·咪鲜胺的毒力最强,但斜率较小,表明该药剂对病原菌50%个体有效的毒力最强,但随着药剂浓度的增加,抑菌率增加量不明显。程东美等^[24]在研究中发现哈茨木霉T₂菌株对病原真菌的抑制随处理时间的延长而增强,处理72 h后其对立枯丝核菌的抑制率达76.82%,本试验中3亿CFU/g哈茨木霉菌在药剂推荐浓度下72 h后对立枯丝核菌抑制率达67.72%,低于程东美等^[24]的研究结果。本试验研究发现3亿CFU/g哈茨木霉菌也存在增产效果,增产率达24.90%,但防效仅5.59%。

在田间防治试验中,20%噻呋·吡唑酯与240 g/L噻呋酰胺和30%吡唑·啉酰菌的增产效果相似,但20%噻呋·吡唑酯防治效果明显较高,表明20%噻呋·吡唑酯在田间防治效果上相比240 g/L噻呋酰胺和30%吡唑·啉酰菌较好,与室内毒力测定结果一致。

综合室内毒力测定、田间防效和增产效果,11%氟环·咯·精甲、20%噻呋·吡唑酯和240 g/L噻呋酰胺防治效果较好,可以在生产中应用推广。该结果为有效控制马铃薯黑痣病发生提供理论依据。

[参 考 文 献]

- [1] 崔凌霄,魏立娟,韩相鹏,等.不同杀菌剂防治马铃薯黑痣病的田间药效试验[J].西北农业学报,2019,28(5):815-819.
- [2] 陈泰祥,陈秀蓉,杨成德,等.甘肃省马铃薯束梗褐腐病原鉴定及其生物学特性研究[J].植物保护,2014,40(5):27-33.
- [3] 雷玉明,孟嫣,郑天翔,等.甘肃省马铃薯茎基腐病菌生物学特性测定[J].中国马铃薯,2015,29(2):112-116.
- [4] 邱广伟.马铃薯黑痣病的发生与防治[J].农业科技通讯,2009(6):133-134.
- [5] 李乾坤,孙顺娣,李敏权.马铃薯立枯丝核菌病的研究[J].中国马铃薯,1988,2(2):79-85.
- [6] 谭宗九,郝淑芝.马铃薯丝核菌溃疡病及其防治[J].中国马铃薯,2007,21(2):108-109.
- [7] 常来,王文桥,朱杰华.北方一季作区马铃薯黑痣病的发生及防控策略[J].安徽农学通报,2010,16(7):116-117,216.
- [8] Lewis J A, Larkin R P. Extruded granular formulation with biomass of biocontrol *Gliocladium virens* and *Trichoderma* spp. to reduce damping-off of eggplant caused by *Rhizoctonia solani* and saprophytic growth of the pathogen in soilless mix [J]. Biocontrol Science and Technology, 1997, 7(1): 49-60.
- [9] Phijfanden B, Deacon J W. Biotrophic mycoparasitism by *Verticillium biguttatum* on *Rhizoctonia solani* [J]. European Journal of Plant Pathology, 1994, 100(2): 137-156.
- [10] 陈刘军,俞仪阳,王超,等.蜡质芽孢杆菌AR156防治水稻纹枯病机理初探[J].中国生物防治报,2014,30(1):107-112.
- [11] Bautista G, Mendoza H, Uribe D. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* in native potato (*Solanum phureja*) plants using native *Pseudomonas fluorescens* [J]. Acta Biologica Colombiana, 2007, 12(1): 19-32.
- [12] 宁晓雪,苏跃,马玥,等.立枯丝核菌研究进展[J].黑龙江农业科学,2019(2):140-143.
- [13] 孟润杰,王文桥,吴杰,等.噻呋酰胺与啉酰菌混配对马铃薯黑痣病菌增效作用及其田间防效[J].植物保护学报,2018,45(2):367-372.
- [14] 曹春梅,张智芳,李文刚,等.新型杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的室内毒力测定和田间效果分析[J].中国马铃薯,2011,25(4):246-250.
- [15] 刘宝玉,蒙美莲,胡俊,等.5种杀菌剂对马铃薯黑痣病的病菌毒力及田间防效[J].中国马铃薯,2010,24(5):306-310.
- [16] 杨春,杜珍,齐海英.马铃薯黑痣病防控研究[J].现代农业科技,2014(13):119-121.
- [17] 方中达.植物研究方法[M].3版.北京:中国农业出版社,1998.
- [18] 刘霞,冯蕊,高达芳,等.云南省马铃薯黑痣病原菌融合群鉴定及8种杀菌剂对其的毒力[J].植物保护,2016,42(2):165-170.
- [19] Weinhold A R, Bowman T, Hall D H. *Rhizoctonia* disease of potato: effect on yield and control by seed tuber treatment [J]. Plant Disease, 1982, 66(9): 815-818.
- [20] 乔广行,黄金宝,刘梅,等.10种杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的室内毒力测定[J].中国植保导刊,2016,36(12):64-65.
- [21] 尹沙亮,钟珊,刘奇志,等.草莓丝核菌根腐病原菌鉴定及7种杀菌剂的抑菌作用测定[J].植物保护,2019,45(4):132-136,148.
- [22] 陈爱昌,魏周全,骆得功,等.甘肃省定西市马铃薯黑痣病菌丝融合群的鉴定及药剂筛选[J].植物保护,2016,42(1):197-202,248.
- [23] 胡秀荣,鹿连明,蒲占涓,等.7种杀菌剂对柑橘炭疽病菌的室内毒力测定[J].中国农学通报,2010,26(11):272-275.
- [24] 程东美,张志祥,区丽文,等.哈茨木霉T₂菌株耐药性的测定及其对几种病原菌的抑制作用研究[J].安徽农业科学,2008(10):4170-4172,4174.