

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2016)02-0112-06

甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂防治马铃薯黑痣病的室内及田间试验

茹李军¹, 郑雪松^{1*}, 卢伟平¹, 陈宇¹, 丑靖宇², 朱杰华³, 李淼²

(1. 中化农化有限公司技术部, 上海 200002; 2. 沈阳化工研究院有限公司/新农药创制与开发国家重点实验室, 辽宁 沈阳 110021; 3. 河北农业大学植物保护学院, 河北 保定 071000)

摘要: 进行了4种甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的室内毒力测定, 防治马铃薯黑痣病的室内盆栽试验及田间药效试验。采用菌丝干重法测定4种甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂室内毒力结果表明, 烯炔菌胺、唑菌酯、唑啉菌酯及烯炔菌酯对马铃薯黑痣病菌毒力相当, 与啞菌酯无明显差异。室内盆栽试验结果表明, 相对于其他测试药剂, 烯炔菌胺与唑啉菌酯对马铃薯黑痣病防治相对更好, 分别为74.3%和77.1%。田间药效试验结果表明, 播种时, 沟施烯炔菌胺或唑啉菌酯对马铃薯黑痣病有较好抑制作用, 推荐剂量均为187.5 g/hm²。

关键词: 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂; 立枯丝核菌; 黑痣病; 室内毒力; 田间药效

Toxicity Bioassay and Field Trial of Strobilurin Fungicides Against Potato Black Scurf

RU Lijun¹, ZHENG Xuesong^{1*}, LU Weiping¹, CHEN Yu¹, CHOU Jingyu², ZHU Jiehua³, LI Miao²

(1. Sinochem Agrochem Co., Ltd., Shanghai 200002, China; 2. State Key Laboratory of the Discovery and Development of Novel Pesticide/Shenyang Research Institute of Chemical Industry Co., Ltd., Shenyang, Liaoning 110021, China; 3. College of Plant Protection, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: Four strobilurin fungicides were tested for their toxicities on *Rhizoctonia solani* by laboratory bioassay, in greenhouse pot experiment and open field trials. The bioassay using weighting dry mycelium method indicated that fenaminstrobin, pyraoxystrobin, pyrametostrobin and enostroburin had similar toxicity to *R. solani* and no obvious difference from azoxystrobin, the control. The pot experiment showed that fenaminstrobin and pyrametostrobin had better control efficacy than other fungicides tested, being 74.3% and 77.1%, respectively. Field trials demonstrated that furrow application of fenaminstrobin and pyrametostrobin at the rate of 187.5 g/ha had good efficacy on control of potato black scurf.

Key Words: strobilurin; *Rhizoctonia solani*; black scurf; toxicity bioassay; field efficacy

在2015年初北京召开的“马铃薯主粮化战略研讨会”上, 马铃薯主粮化已经上升为国家战略^[1], 但中国马铃薯生产技术仍很薄弱, 影响马铃薯产量与品质的因素很多, 而黑痣病成为马铃薯生产发展瓶

颈屡屡被报道^[2]。马铃薯黑痣病是由立枯丝核菌 (*Rhizoctonia solani* Kuhn)引起的土传和种传病害, 又称立枯丝核菌病、茎基腐病、黑色粗皮病^[3]。该病主要危害马铃薯的幼芽、茎基部及块茎, 造成缺

收稿日期: 2015-03-22

基金项目: 中化股份科技投入计划项目(092013011y)。

作者简介: 茹李军(1971-), 男, 硕士, 技术总经理, 主要从事创制产品应用技术与推广。

*通信作者(Corresponding author): 郑雪松, 技术总监, 主要从事创制产品应用技术探索与推广, E-mail: xuesong716@163.com。

苗断垄, 严重时导致植株死亡, 收获后薯块商品性降低。

甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂多数作用于真菌萌发、侵染、生长和产孢的各个过程, 具有杀菌谱广的特点^[4]。烯肟菌胺、唑菌酯^[5]、唑胺菌酯^[6]及烯肟菌酯均是沈阳化工研究院开发的具有自主知识产权的甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂, 对立枯丝核菌具有较好的抑菌活性^[7]。当前, 中国获得防治黑痣病登记的品种仅有啞菌酯、咯菌腈及噁唑酰胺。本研究通过室内活性比较、室内盆栽及田间试

验, 筛选出防治马铃薯黑痣病的其他甲氧基丙烯酸酯杀菌剂, 以期防治马铃薯黑痣病提供更多选择。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌种

马铃薯黑痣病菌立枯丝核菌(*R. solani*)为河北农业大学马铃薯病害研究中心保存的菌株, 其采集地点、年份、分离部位和融合群等相关信息见表1。

表1 供试菌株

Table 1 Detail of tested isolates

菌株编号 Strain No.	融合群 Anastomosis group	采集地点 Location	采集年份 Year	分离部位 Source
MWC-4	AG3	呼和浩特市武川县	2011	薯块
MCH-7	AG3	乌兰察布市察哈尔右翼旗	2011	薯块

1.1.2 供试药剂

20%烯肟菌胺悬浮剂、20%唑菌酯悬浮剂、20%唑胺菌酯悬浮剂及20%烯肟菌酯悬浮剂由中化农化有限公司提供; 对照药剂250 g/L啞菌酯悬浮剂、25 g/L咯菌腈悬浮种衣剂(先正达公司)市购获得。

1.2 试验方法

1.2.1 菌丝干重法测定药剂对黑痣病菌的毒力

采用菌丝干重法测定供试药剂对马铃薯黑痣病菌的毒力。在前期毒力测定基础上, 设定了1, 0.5, 0.25, 0.125和0 $\mu\text{g/mL}$ 5个浓度, 每个浓度4次重复。每个三角瓶中PD培养基100 mL, 接种3个直径为6 mm的菌盘, 25 $^{\circ}\text{C}$ 恒温黑暗条件下培养3 d, 过滤后获得菌丝, 然后将菌丝置于80 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中干燥3 h, 待菌丝冷却至室温后称其干重。根据药剂浓度与菌丝干重抑制率的关系, 计算药剂的抑制中浓度 EC_{50} 。

1.2.2 盆栽试验测定药剂对黑痣病的防病效果

称取燕麦100 g于250 mL锥形瓶中, 用无菌水浸泡10~12 h后进行高温灭菌。将足量MWC-4菌盘与燕麦混合, 22 $^{\circ}\text{C}$ 下培养3周, 每3 d晃动锥形瓶1次, 以防止菌盘与燕麦粒结块, 待黑痣病菌充

分生长于燕麦粒上进行接种。

马铃薯的盆栽种植: 将蛭石与土壤干热灭菌后, 按1:2比例装入用75%乙醇消毒的塑料花盆中。供试品种为‘费乌瑞它’, 选取芽长3~10 mm的薯块进行播种。温室条件下培养。

盆栽接种: 取已接菌的燕麦粒(每个处理30 g)与蛭石混合, 24 h后用于播种。

试验分为对照组和试验组, 每个处理20次重复。对照组分为清水对照(未接菌)、空白对照(接菌未施药)和药剂对照(啞菌酯)。试验组为中化农化有限公司的4种新药剂。供试药剂均稀释100倍, 每个重复施药300 mL, 分3步施入花盆。(1)在盆中加入1/3栽培基质(蛭石与菌土混合物)后, 在其上喷施100 mL稀释药剂, 播种马铃薯; (2)再放入约1/3栽培基质后, 再次喷施100 mL稀释药剂; (3)将剩余栽培基质放入后, 施入剩余的100 mL稀释药剂。

接种6周后, 调查马铃薯植株地下茎部分的被侵染情况, 按黑痣病级别分级标准记录植株的发病情况, 并计算病情指数^[8]。

0级: 薯块上无病斑;

1级: 病斑小, 病部面积占整个薯块表面积的

5%以下;

2级: 病斑较小, 病部面积占整个薯块表面积的6%~10%;

3级: 病斑较小或个别较大, 病部面积占整个薯块表面积的11%~25%;

4级: 病斑大小均有分布, 病部面积占整个薯块表面积的26%~50%;

5级: 病斑大小均有分布, 病部面积占整个薯块表面积的51%以上。

1.2.3 承德甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂防治马铃薯黑痣病田间试验

试验田位于河北省承德市围场县银窝沟乡。试验地地势平坦, 土质为栗钙土, 肥力较高。供试品种为‘费乌瑞它’, 露天栽培。2014年4月15日播种。垄距0.8 m, 株距0.3 m, 马铃薯黑痣病常年均有发生。

供试药剂和用量为20%烯肟菌胺悬浮剂、20%唑胺菌酯悬浮剂 187.5 g/hm², 对照药剂 250 g/L 啉菌酯悬浮剂 187.5 g/hm²。施药方法为沟施法: 先开沟, 播种后使用喷雾器将药液均匀喷至薯块上和沟中, 覆土即可。沟施用药液 450 L/hm²。对照药剂 25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 100 mL/100kg 种子, 施药方法为拌种法: 将切好的马铃薯芽块平铺到塑料布上, 将配好的药液均匀喷洒到芽块上, 搅拌均匀后撒上滑石粉(2.5 kg/100kg 种薯), 混匀晾干后播种。拌种药液量 4 L/100kg 种薯。另设不施药的空白对照。小区面积 96 m², 3次重复。出苗后(6月1日)调查出苗率, 马铃薯开花期(6月30日)调查马铃薯植株黑痣病发生情况, 收获时(8月7日)调查马铃薯薯块黑痣病发病情况。

出苗率调查: 每小区随机5点取样, 每点调查20株, 记录出苗株数。

马铃薯植株黑痣病调查: 每小区随机5点取样, 每点调查20株, 将马铃薯植株及未出苗芽块挖出, 观察其茎基部和根部是否有铁锈色病斑, 芽眼附近是否有白色粉末状物。如果有上述症状则视为黑痣病。调查并记录病株数。

收获时马铃薯黑痣病调查: 每小区5点取样, 每点收获4株马铃薯, 5点共收获20株马铃薯。调查薯块上黑痣病发病情况, 按病斑占整个薯块的面

积划分病级^[9]。

0级: 薯块上无病斑;

1级: 病斑小, 病部面积占整个薯块表面积的5%以下;

3级: 病斑较小, 病部面积占整个薯块表面积的6%~10%;

5级: 病斑较小或个别较大, 病部面积占整个薯块表面积的11%~25%;

7级: 病斑大小均有分布, 病部面积占整个薯块表面积的26%~50%;

9级: 病斑大小均有分布, 病部面积占整个薯块表面积的51%以上。

药效计算方法:

出苗率(%) = (出苗数/调查总株数) × 100

病株率(%) = (病株数/调查总株数) × 100

植株黑痣病防治效果(%) = [(对照发病率 - 处理发病率)/对照发病率] × 100

病薯率(%) = (病薯数/调查总薯数) × 100

病情指数 = Σ (各级病薯数 × 相对级数值)/(调查总薯数 × 9) × 100

薯块黑痣病防治效果(%) = [(对照区病情指数 - 处理区病情指数)/对照区病情指数] × 100

1.2.4 长春甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂防治马铃薯黑痣病田间试验

试验设在长春市双阳区山河街道佟家村3社进行。供试田地壤质粘土, 土壤有机质2.71%。马铃薯品种为‘费乌瑞它’, 露天栽培。2014年5月3日播种。垄距0.6 m, 株距0.3 m。马铃薯黑痣病常年发生。

小区面积 75 m², 3次重复。出苗后(6月1日)调查出苗率, 马铃薯开花期(6月30日)调查植株黑痣病发生情况, 收获时(8月7日)调查马铃薯黑痣病薯发生情况。试验剂量、调查及药效计算方法同上。

2 结果与分析

2.1 药剂对马铃薯黑痣病菌的毒力测定

供试药剂对黑痣病菌都有较强的抑制作用(表2)。烯肟菌胺、唑菌酯、唑胺菌酯及烯肟菌酯对马铃薯黑痣病菌毒力 EC₅₀ 值都在 0.50 μg/mL 左

右, 而啞菌酯的EC₅₀为0.07 μg/mL。但烯肟菌胺、啞菌酯有重叠, 烯肟菌胺、啞菌酯、啞胺菌酯与烯肟菌酯、啞胺菌酯与烯肟菌酯EC₅₀值95%置信限与烯肟菌酯对马铃薯黑痣病毒力与啞菌酯无明显差异。

表2 供试药剂毒力方程及其抑制中浓度
Table 2 Virulence equation and EC₅₀ of fungicides to *R. solani*

药剂 Fungicide	菌株编号 Strain No.	毒力方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	EC ₅₀ (μg/mL)	95%置信限 95% Confidence interval	平均EC ₅₀ (μg/mL) Mean of EC ₅₀
烯肟菌胺 Fenaminstrobil	MWC-4	Y = 5.723 7 + 1.706x	0.961 3	0.32	0.14~1.05	0.41
啞菌酯 Pyraoxystrobin	MCH-7	Y = 5.267 1 + 0.880 5x	0.859 4	0.50	0.08~3.24	
啞胺菌酯 Pyrametostrobil	MWC-4	Y = 6.083 3 + 3.989x	0.986 3	0.54	0.36~0.80	0.48
烯肟菌酯 Enostroburin	MCH-7	Y = 6.497 1 + 3.880 5x	0.955 6	0.41	0.26~0.64	
啞胺菌酯 Pyrametostrobil	MWC-4	Y = 5.542 7 + 1.776x	0.961 3	0.36	0.20~1.25	0.40
烯肟菌酯 Enostroburin	MCH-7	Y = 5.423 0 + 1.215 9x	0.946 5	0.45	0.11~1.79	
啞菌酯 Azoxystrobin	MWC-4	Y = 5.941 2 + 3.088 1x	0.973 4	0.50	0.29~0.85	0.52
啞菌酯 Azoxystrobin	MCH-7	Y = 5.837 1 + 3.020 5x	0.929 4	0.53	0.31~0.91	
啞菌酯 Azoxystrobin	MWC-4	Y = 5.984 5 + 0.904 9x	0.971 4	0.08	0.01~0.98	0.07
啞菌酯 Azoxystrobin	MCH-7	Y = 6.237 1 + 1.020 5x	0.929 4	0.05	0.01~0.61	

2.2 盆栽试验测定药剂对黑痣病的防病效果

接种6周后调查发现清水对照未发病, 其病情指数为0, 未施药的空白对照病情指数达到了70; 而对照药剂(啞菌酯)处理黑痣病发病最轻, 其病情

指数为12。供试4种新药剂和对照药剂对黑痣病均有一定的防病。烯肟菌胺和啞胺菌酯的防控效果较好, 而啞菌酯与烯肟菌酯对马铃薯黑痣病防病防效相对较差(表3)。

表3 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂防治黑痣病室内盆栽试验
Table 3 Efficacy of strobilurin fungicides for suppressing potato black scurf

处理 Treatment	剂量(mg/L) Concentration	病级 Disease grade								病情指数 Disease index	防效(%) Control efficacy
		0	1	2	3	4	5				
未接菌 No inoculation	无药剂处理 No fungicide	CK ₀	0	20	0	0	0	0	0	0	-
	无药剂处理 No fungicide	CK ₁	0	1	1	1	6	6	5	70	-
接菌 Inoculation	药剂处理 Fungicide	啞菌酯 Azoxystrobin	2 500	12	5	2	1	0	0	12	82.9
		烯肟菌胺 Fenaminstrobil	2 000	9	6	3	2	0	0	18	74.3
		啞菌酯 Pyraoxystrobin	2 000	8	4	5	2	1	0	24	65.7
		啞胺菌酯 Pyrametostrobil	2 000	9	6	5	0	0	0	16	77.1
		烯肟菌酯 Enostroburin	2 000	8	5	5	2	0	0	21	70.0

2.3 承德甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂防治马铃薯黑痣病田间试验

承德田间试验结果表明(表4), 使用20%烯肟菌胺SC和20%唑胺菌酯SC 187.5 g/hm²在马铃薯播种时沟施, 对黑痣病防治效果与对照药剂250 g/L啞菌酯SC沟施法及25 g/L咯菌腈FS拌种法差异不明显。各处理间马铃薯出苗率差异亦不显著。

2.4 长春甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂防治马铃薯黑痣病田间试验

长春田间试验结果表明(表5), 20%唑胺菌酯

SC和20%烯肟菌胺SC 187.5 g/hm²在马铃薯播种时沟施, 马铃薯的出苗率显著高于250 g/L啞菌酯SC。20%烯肟菌胺SC 187.5 g/hm²对马铃薯薯块黑痣病防效与25 g/L咯菌腈FS处理差异不显著, 但显著高于20%唑胺菌酯SC和250 g/L啞菌酯SC。选用沟施法的唑胺菌酯及啞菌酯处理对马铃薯植株黑痣病防效差异不显著, 但显著低于选用拌种法的咯菌腈处理。

3 讨论

马铃薯黑痣病是种薯和土壤带菌传播的病害,

表4 2014年承德甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂防治马铃薯黑痣病田间试验

Table 4 Control efficacy of four strobilurins fungicides on potato black scurf in field trial of Chengde in 2014

处理 Treatment	剂量 Dosage	出苗率(%) Emergence percentage	植株 Plant		薯块 Tuber		
			病株率(%) Disease incidence	防效(%) Control efficacy	病薯率(%) Disease incidence	病情指数 Disease index	防效(%) Control efficacy
20%烯肟菌胺 SC Fenaminstrobilin 20% SC	187.5 g/hm ²	100.0 a	17.7	61.1 a	9.5	1.26	65.9 a
20%唑胺菌酯 SC Pyrametostrobilin 20% SC	187.5 g/hm ²	99.7 a	18.7	58.9 a	9.8	1.35	62.5 a
250 g/L啞菌酯 SC Azoxystrobin 250 g/L SC	187.5 g/hm ²	99.7 a	18.0	60.2 a	8.4	1.10	69.5 a
25 g/L咯菌腈 FS Fludioxonil 25 g/L FS	100 mL/100kg 种薯	99.3 a	18.0	59.9 a	8.2	1.04	72.1 a
空白对照 CK		96.3 a	45.3	-	23.3	3.72	-

注: 平均数后具有不同小写字母表示差异达0.05显著水平, 平均数比较采用新复极差法。下同。

Note: Means followed by different small letters indicate difference at 0.05 level of probability as tested by Duncan's multiple range test. The same below.

表5 2014年长春甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂防治马铃薯黑痣病田间试验

Table 5 Control efficacy of four strobilurins fungicides on potato black scurf in field trial of Changchun in 2014

处理 Treatment	剂量 Dosage	出苗率(%) Emergence percentage	植株 Plant		薯块 Tuber	
			病株率(%) Disease incidence	防效(%) Control efficacy	病情指数 Disease index	防效(%) Control efficacy
20%烯肟菌胺 SC Fenaminstrobilin 20% SC	187.5 g/hm ²	111.98 b	3.67	77.98 b	1.67	86.46 a
20%唑胺菌酯 SC Pyrametostrobilin 20% SC	187.5 g/hm ²	124.92 a	4.00	76.00 b	2.00	83.78 b
250 g/L啞菌酯 SC Azoxystrobin 250 g/L SC	187.5 g/hm ²	106.30 c	3.67	77.98 b	2.33	81.10 c
25 g/L咯菌腈 FS Fludioxonil 25 g/L FS	100 mL/100kg 种薯	116.40 b	3.33	80.02 a	1.67	86.46 a
空白对照 CK		100.00 c	16.67	-	12.30	-

控制难度较大, 生产上通常采取综合防治方法, 但药剂防治仍为重要的防治手段之一^[9]。中国获取防治马铃薯黑痣病正式登记的仅有啞菌酯、咯菌腈和噻呋酰胺单剂, 据报道吡唑醚菌酯、氟唑环菌胺^[10]、甲基立枯磷等对黑痣病防效也很理想。马铃薯黑痣病的施药方法既有沟施法也有拌种法^[11], 本研究即选啞菌酯沟施法和咯菌腈拌种法作为对照, 筛选防治马铃薯黑痣病的其他解决方案。

室内毒力试验说明 20%烯炀菌胺悬浮剂、20%啞菌酯悬浮剂、20%唑菌酯悬浮剂及 20%烯炀菌酯悬浮剂对马铃薯黑痣病菌的毒力无明显差异, 这与赵杰等^[7]测定的烯炀菌胺、啞菌酯及烯炀菌酯对立枯丝核菌毒力无明显差异结论一致。防治马铃薯黑痣病药效试验中, 病级分级尚未有国家标准, 且未用药剂处理发病程度明显不同。为便于统计分析, 盆栽试验与田间试验马铃薯黑痣病分级标准有所差异。室内盆栽试验说明 4 种杀菌剂对黑痣病都有一定的防效, 但不同推荐剂量下略低于对照药剂啞菌酯。烯炀菌胺和啞菌酯防效相对烯炀菌酯和唑菌酯防效更好些。2014 年防治马铃薯黑痣病的田间试验结果表明, 烯炀菌胺、啞菌酯与啞菌酯对植株黑痣病防效差异不显著, 防治薯块黑痣病烯炀菌胺防效相对较好。

综上所述, 20%烯炀菌胺悬浮剂、20%啞菌酯悬浮剂、20%烯炀菌酯悬浮剂和 20%唑菌酯悬浮剂对马铃薯黑痣病菌均有较强的毒力。20%烯炀菌胺悬浮剂和 20%啞菌酯悬浮剂可在马铃薯播种时

通过沟施使用, 有效防治茎与薯块黑痣病发生, 推荐剂量为 187.5 g/hm²。

[参 考 文 献]

- [1] 谷悦. 马铃薯主粮化为国家粮食安全战略重要一步—农业部公开解答关于马铃薯主粮化的问题 [J]. 中国食品, 2015(3): 36–39.
- [2] 曹春梅, 李文刚, 张建平, 等. 马铃薯黑痣病的研究现状 [J]. 中国马铃薯, 2009, 23(3): 171–173.
- [3] 李莉, 曹静, 杨靖芸, 等. 马铃薯黑痣病发生规律与综合防治措施 [J]. 西北园艺, 2013(9): 51–52.
- [4] Dave W B, John M C, Jeremy R G, *et al.* Review: the strobilurin fungicides [J]. Pest Management Science, 2002, 58(7): 649–662.
- [5] 乔桂双, 王文桥, 韩秀英, 等. 20%啞菌酯悬浮剂对黄瓜霜霉病的作用方式 [J]. 农药学报, 2009, 11(3): 312–316.
- [6] 曹秀凤, 刘君丽, 李志念, 等. 新杀菌剂啞菌酯的作用特性 [J]. 农药, 2010, 49(5): 323–325.
- [7] 赵杰, 刘君丽, 司乃国, 等. 创新杀菌剂对土传病原真菌的离体活性测定 [J]. 农药, 2012, 51(4): 289–291.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 张国辉, 郭志乾, 林深源, 等. 健达防治马铃薯黑痣病田间药效试验 [J]. 中国马铃薯, 2014, 28(6): 362–366.
- [11] 马永强, 李继平, 惠娜娜, 等. 2 种药剂不同施药方式对马铃薯黑痣病防效比较 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41(1): 120–122.