

◆ 药效与应用 ◆

16种杀菌剂对桃褐腐病菌菌丝生长和孢子萌发的抑制作用比较

宋化稳,徐娜娜,高德良,胡尊纪,庄治国,刘 钰,吴希宝,庄占兴*

(山东省农药科学研究院,山东省化学农药重点实验室,济南 250033)

摘要:比较8类16种杀菌剂对桃褐腐病菌菌丝生长和孢子萌发的室内毒力,筛选防治桃褐腐病的有效药剂,探讨各类药剂的使用特点。分别采用菌丝生长速率法和孢子萌发法测定药剂对菌丝生长和孢子萌发的抑制活性。结果表明,16种杀菌剂抑制菌丝生长的 EC_{50} 值介于0.018 4~61.530 5 mg/L,其中咪鲜胺、四霉素、腈苯唑和咯菌腈4种杀菌剂对菌丝生长的抑制活性较强,其 EC_{50} 值分别为0.018 4、0.045 6、0.053 1和0.081 4 mg/L,均显著小于其他12种杀菌剂的 EC_{50} 值;16种杀菌剂抑制孢子萌发的 EC_{50} 值介于0.008 4~189.393 8 mg/L,其中四霉素和百菌清2种杀菌剂对孢子萌发的抑制活性较强,其 EC_{50} 值分别为0.008 4和0.037 8 mg/L,均显著小于其他14种杀菌剂的 EC_{50} 值。综合之,测定的16种杀菌剂对防治桃褐腐病均有很好的利用价值,其中苯并咪唑类、二甲酰亚胺类和麦角甾醇抑制剂对菌丝生长具有很好的抑制活性;甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂、琥珀酸脱氢酶抑制剂和多位点保护性杀菌剂对孢子萌发具有很好的抑制活性;农用抗生素类四霉素和申嗪霉素以及吡咯类咯菌腈对菌丝生长和孢子萌发均具有很好的抑制活性。

关键词:桃褐腐病菌;菌丝生长;孢子萌发;杀菌剂;毒力;抑制活性

中图分类号:S 436.621.1+3 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2020.06.007

Comparison of Inhibitory Effects of Sixteen Fungicides on Mycelial Growth and Spore Germination of *Monilinia fructicola*

SONG Huawen, XU Nana, GAO Deliang, HU Zunji, ZHUANG Zhiguo, LIU Yu, WU Xibao, ZHUANG Zhanxing*
(Shandong Academy of Pesticides Sciences, Key Laboratory for Chemical Pesticide of Shandong Province, Ji'nan 250033, China)

Abstract: In order to compare the indoor toxicities of sixteen fungicides belonging to eight categories on mycelial growth and spore germination of *Monilinia fructicola*, and screen out the effective fungicides and discuss the use characteristics of various types of fungicides. The inhibitory activities of 16 fungicides on mycelial growth and spore germination were determined by mycelial growth rate method and spore germination method. Results showed that the EC_{50} values of 16 fungicides inhibiting mycelial growth ranged from 0.018 4 to 61.530 5 mg/L. Prochloraz, tetramycin, fenbuconazole and fludioxonil had strong inhibitory activities on mycelial growth, and their EC_{50} values were 0.018 4, 0.045 6, 0.053 1 and 0.081 4 mg/L, respectively, significantly lower than those of other 12 fungicides. The EC_{50} values of 16 fungicides inhibiting spore germination ranged from 0.008 4 to 189.393 8 mg/L. Tetramycin and chlorothalonil had strong inhibitory activities on mycelial growth, and their EC_{50} values were 0.008 4 and 0.037 8 mg/L, respectively, significantly lower than those of other 14 fungicides. In summary, the 16 fungicides had great value in preventing and controlling peach brown rot. Benzimidazoles, diformimides and ergosterol inhibitors had good inhibitory activities on mycelial growth. Strobilurins, succinate dehydrogenase inhibitors and multiple-site protective fungicides had good

收稿日期:2020-04-08

基金项目:山东省重大科技创新工程项目(2018CXGC0213)

作者简介:宋化稳(1973—)男,山东菏泽人,本科,高级工程师,主要从事农药生物测定及应用技术研究。E-mail songhuawen666@126.com

通信作者:庄占兴(1965—)男,山东莒南人,博士,研究员,主要从事农药剂型及应用技术研究。E-mail zhzhx207@126.com

inhibitory activities on spore germination. The agricultural antibiotics tetramycin, phenazine-1-carboxylic acid and pyrrole fungicide fludioxonil had good inhibitory activities on mycelial growth and spore germination.

Key words: *Monilinia fructicola*; mycelial growth; spore germination; fungicides; toxicity; inhibitory activities

桃褐腐病又名菌核病、果腐病、实腐病,是由链核盘菌(*Monilinia* spp.)引起的一种重要病害,世界产桃区均可发生^[1]。花期危害造成花腐、僵果和枝条溃疡,果实成熟期危害导致采摘前后和储存期烂果^[2],严重威胁桃产业的健康发展。造成桃褐腐病的病原菌有3种,分别为*M. fructicola*、*M. fructigena*和*M. laxa*。无性态为丛梗孢属真菌*Monilia* spp.我国大部分地区以*M. fructicola*为主要病原菌^[1]。链核盘菌(*Monilinia* spp.)不仅危害桃,还危害苹果、梨、李、梅、樱桃、山楂等仁果和核果果树,同时对蔷薇科作物也可造成危害^[3]。

化学防治仍然是防治桃褐腐病的主要方法。作为世界第一产桃大国^[4],目前我国登记在桃褐腐病上的农药仅有腈苯唑和小檗碱盐酸盐2个品种。因此,筛选对桃褐腐病菌高效低毒的杀菌剂品种,在生产中进行混配和轮换用药,对桃褐腐病的科学防控具有重要意义。

前人已多次测定过杀菌剂对桃褐腐病菌的室内毒力^[5-18],但所涉及的杀菌剂品种都不够系统全

面,测定方法除房雅丽等^[6]采用菌丝生长速率法和孢子萌发法外,其余均采用菌丝生长速率法,未见用孢子萌发法进行系统测定的报道,更没有对2种方法测定数据进行比较的研究,缺乏对各类杀菌剂作用特点的全面系统评价。本研究分别采用菌丝生长速率法和孢子萌发法测定了8类16种杀菌剂对山东省肥城地区桃褐腐病菌的室内毒力,以期对桃褐腐病的化学防治进一步提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菌株:桃褐腐病菌,于2019年8月1日采自山东省肥城地区桃园镇北台村桃园。该地种植肥城桃历史悠久,桃褐腐病历年发生严重,桃园使用苯并咪唑类和保护性杀菌剂频率较高。将桃褐腐病病果带回实验室进行单孢分离,用PDA培养基纯化培养,形态学鉴定为美澳型核果链核盘菌(*Monilinia fructicola*)。

供试药剂概况见表1。

表1 供试药剂概况

供试药剂名称	英文名称	含量与剂型	生产厂家
代森锰锌	Mancozeb	80%可湿性粉剂	瑞士先正达作物保护有限公司
百菌清	Chlorothalonil	75%可湿性粉剂	江苏龙灯化学有限公司
多菌灵	Carbendazim	80%可湿性粉剂	山东省济南一农化工有限公司
腈苯唑	Fenbuconazole	24%悬浮剂	美国陶氏益农公司
戊唑醇	Tebuconazole	50%悬浮剂	陕西美邦药业集团股份有限公司
苯醚甲环唑	Difenoconazole	40%悬浮剂	青岛金正农药有限公司
咪鲜胺	Prochloraz	15%微乳剂	广西田园生化股份有限公司
异菌脲	Iprodione	500 g/L悬浮剂	海利尔药业集团股份有限公司
腐霉利	Procymidone	50%可湿性粉剂	日本住友化学株式会社
咯菌腈	Fludioxonil	50%可湿性粉剂	瑞士先正达作物保护有限公司
啞菌酯	Azoxystrobin	25%悬浮剂	深圳诺普信农化股份有限公司
吡唑醚菌酯	Pyraclostrobin	30%悬浮剂	江西众和化工有限公司
啶酰菌胺	Boscalid	25%悬浮剂	燕化永乐(乐亭)生物科技有限公司
氟吡菌酰胺	Fluopyram	41.7%悬浮剂	拜耳股份公司
四霉素	Tetramycin	0.3%水剂	辽宁微生物工程股份有限公司
申嗪霉素	Phenazine-1-carboxylic acid	1%悬浮剂	上海农乐生物制品股份有限公司

1.2 方法

1.2.1 含药PDA培养基制备

根据预备试验结果,用无菌水将16种试验药剂分别稀释成5~8个梯度浓度,分别取3 mL稀释液加入装有约25 mL 50℃左右的灭菌PDA培养基的三

角瓶中,定容至30 mL,摇匀后倒入直径9 cm的培养皿内,凝固后即制成含药平板培养基。空白对照为无菌水。

1.2.2 含药WA培养基制备

根据预备试验结果,将16种试验药剂分别稀释

成5~8个梯度浓度,分别取3 mL稀释液加入装有约25 mL灭菌WA培养基的三角瓶中,定容至30 mL,摇匀后倒入直径9 cm的培养皿内,凝固后即制成含药平板培养基。空白对照为无菌水。

1.2.3 菌丝生长速率法

在无菌条件下,用直径5 mm打孔器在分离培养

5 d的桃褐腐病菌的菌落边缘挑取菌饼,将菌饼置于含药平板培养基中央,每处理重复4次,以不加药剂的PDA平板作为空白对照。置于25℃,12 h光暗交替条件下培养5 d,用十字交叉法测量菌落直径,计算各处理菌落增长直径及菌丝生长抑菌率。菌丝生长抑制率按式(1)计算。

$$\text{菌丝生长抑制率}/\% = \frac{\text{对照组菌落增长直径} - \text{处理组菌落增长直径}}{\text{对照组菌落增长直径}} \times 100 \quad (1)$$

1.2.4 孢子萌发法

将桃褐腐病菌在PDA平板上,于25℃,12 h光暗交替条件下培养7 d,用无菌去离子水洗分生孢子,用灭菌纱布过滤,充分震荡摇匀制得孢子悬浮液。然后用血球计数板计数观察,将孢子悬浮液浓度调至 $10^5 \sim 10^6$ 孢子/mL。

量取100 μ L孢子悬浮液均匀涂布于含药WA培

养基平板上,于25℃,10 h光暗交替条件下培养20 h。然后镜检观察孢子萌发情况,调换显微镜视野,每重复检查孢子总数不少于200个,记录检查孢子总数及孢子萌发数,以芽管长度达到孢子短直径的1/2视为萌发。每处理重复4次,以不含药剂处理为空白对照。孢子萌发率和萌发抑制率分别按式(2)、(3)计算。

$$\text{孢子萌发率}/\% = \frac{\text{孢子萌发数}}{\text{检查孢子总数}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{孢子萌发抑制率}/\% = \frac{\text{对照组孢子萌发率} - \text{处理组孢子萌发率}}{\text{对照组孢子萌发率}} \times 100 \quad (3)$$

1.2.5 数据处理

数据采用DPS软件进行统计分析。以设定的质量浓度的对数为横坐标(x),抑制率的机率值为纵坐标(y),求出各药剂对供试菌株的毒力回归方程 $y=a+bx$ 及有效抑制中浓度(EC_{50} 值)。

为了更直观地比较各个药剂的 EC_{50} 值,将每种方法测定的16种药剂中最大 EC_{50} 值的药剂的相对毒力倍数设定为1.00,计算出各个药剂的相对毒力倍

数。相对毒力倍数按式(4)计算。

$$\text{相对毒力倍数} = \frac{\text{16种药剂中最大}EC_{50}\text{值}}{\text{该药剂的}EC_{50}\text{值}} \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 16种杀菌剂对菌丝生长的抑制作用

16种杀菌剂对桃褐腐病菌菌丝生长的抑制作用测定结果见表2。

表2 16种杀菌剂对桃褐腐病菌菌丝生长的抑制作用测定结果

供试药剂名称	回归方程	EC_{50} 值/(mg·L ⁻¹)	95%置信区间/(mg·L ⁻¹)	相关系数	相对毒力倍数
咪鲜胺	$y=8.3833+1.9489x$	0.0184	0.0156~0.0216	0.9896	3344.05
四霉素	$y=7.7906+2.0802x$	0.0456	0.0406~0.0511	0.9947	1349.35
腈苯唑	$y=7.4416+1.9148x$	0.0531	0.0452~0.0623	0.9905	1158.77
咯菌腈	$y=7.1486+1.9723x$	0.0814	0.0694~0.0954	0.9899	755.90
苯醚甲环唑	$y=5.6615+1.5953x$	0.3849	0.3594~0.4121	0.9981	159.86
戊唑醇	$y=5.1406+1.8804x$	0.8418	0.7122~0.9951	0.9888	73.09
申嗪霉素	$y=4.9208+1.9151x$	1.0999	0.9640~1.2549	0.9931	55.94
腐霉利	$y=4.5585+1.9297x$	1.6935	1.5304~1.8740	0.9960	36.33
多菌灵	$y=4.5037+1.8368x$	1.8630	1.7039~2.0369	0.9968	33.03
异菌脲	$y=3.9676+1.8838x$	3.5323	3.1507~3.9602	0.9948	17.42
啶酰菌胺	$y=3.7017+1.5744x$	6.6778	5.6276~7.9239	0.9887	9.21
氟吡菌酰胺	$y=3.0442+1.9001x$	10.6986	9.0013~12.7158	0.9890	5.75
吡唑醚菌酯	$y=2.7379+1.8197x$	17.5010	15.2630~20.0673	0.9926	3.52
啉菌酯	$y=2.5318+1.7541x$	25.5326	20.8940~31.2010	0.9850	2.41
百菌清	$y=2.5824+1.6410x$	29.7321	26.6854~33.1266	0.9957	2.07
代森锰锌	$y=1.4947+1.9593x$	61.5305	54.1177~69.9587	0.9934	1.00

由表2可见,16种杀菌剂抑制菌丝生长的 EC_{50} 值介于0.018 4~61.530 5 mg/L,其中咪鲜胺、四霉素、腈苯唑和咯菌腈4种杀菌剂对菌丝生长的抑制活性较强,其 EC_{50} 值分别为0.018 4、0.045 6、0.053 1和0.081 4 mg/L,均显著小于0.1 mg/L,而代森锰锌、百菌清、啉菌酯和吡唑醚菌酯4种杀菌剂对菌丝生长的抑制活性较低,其 EC_{50} 值分别为61.530 5、29.732 1、25.532 6和17.501 0 mg/L,均显著大于10 mg/L。

2.2 16种杀菌剂对孢子萌发的抑制作用

16种杀菌剂对桃褐腐病菌孢子萌发的抑制作用测定结果见表3。由表3可见,16种杀菌剂抑制孢子萌发的 EC_{50} 值介于0.008 4~189.393 8 mg/L,其中四霉素和百菌清2种杀菌剂对孢子萌发的抑制活性较强,其 EC_{50} 值分别为0.008 4和0.037 8 mg/L,均显

著小于0.1 mg/L,而戊唑醇、苯醚甲环唑、腈苯唑、咪鲜胺、多菌灵、异菌脲和腐霉利等7种杀菌剂对孢子萌发的抑制活性较低,其 EC_{50} 值分别为189.393 8、143.422 1、96.639 3、90.332 0、77.296 7、44.750 8和31.774 3 mg/L,均显著大于10 mg/L。

2.3 8类杀菌剂的抑制作用特点比较

8类杀菌剂对桃褐腐病菌菌丝生长和孢子萌发的抑制作用比较见表4。结果表明,苯并咪唑类、麦角甾醇抑制剂和二甲酰亚胺类对菌丝生长的抑制活性较强,但对孢子萌发的抑制活性较弱,保护性杀菌剂、甲氧基丙烯酸酯类和琥珀酸脱氢酶抑制剂对孢子萌发的抑制活性较强,但对菌丝生长的抑制活性较弱;农用抗生素类(四霉素和申嗪霉素)以及吡咯类(咯菌腈)对菌丝生长和孢子萌发均具有较好的抑制活性。

表3 16种杀菌剂对桃褐腐病菌孢子萌发的抑制作用测定结果

供试药剂名称	回归方程	EC_{50} 值/(mg·L ⁻¹)	95%置信区间/(mg·L ⁻¹)	相关系数	相对毒力倍数
四霉素	$y=8.5327+1.7010x$	0.0084	0.0071~0.0099	0.9886	22546.88
百菌清	$y=8.1381+2.2063x$	0.0378	0.0350~0.0402	0.9985	5010.42
申嗪霉素	$y=6.8622+2.1711x$	0.1388	0.1285~0.1499	0.9976	1364.51
啶酰菌胺	$y=6.7315+2.0538x$	0.1435	0.1287~0.1600	0.9957	1319.82
咯菌腈	$y=6.3558+1.7819x$	0.1734	0.1589~0.1893	0.9970	1092.24
吡唑醚菌酯	$y=6.1604+1.9427x$	0.2527	0.2165~0.2950	0.9909	749.48
氟吡菌酰胺	$y=5.9891+1.8928x$	0.3002	0.2715~0.3319	0.9965	630.89
啉菌酯	$y=5.0470+2.0938x$	0.9497	0.8496~1.0615	0.9951	199.42
代森锰锌	$y=4.2321+1.6875x$	2.8512	2.5976~3.1295	0.9969	66.43
腐霉利	$y=2.0963+1.9331x$	31.7743	27.0167~37.3697	0.9900	5.96
异菌脲	$y=2.0189+1.8059x$	44.7508	38.7992~51.6153	0.9919	4.23
多菌灵	$y=1.2093+2.0076x$	77.2967	65.1957~91.6437	0.9884	2.45
咪鲜胺	$y=1.4552+1.8124x$	90.3320	77.3074~105.5509	0.9904	2.10
腈苯唑	$y=1.1244+1.9523x$	96.6393	85.7850~108.8670	0.9945	1.96
苯醚甲环唑	$y=1.1280+1.7954x$	143.4221	131.8074~156.0603	0.9971	1.32
戊唑醇	$y=0.3039+2.0621x$	189.3938	167.5517~214.0832	0.9941	1.00

表4 8类杀菌剂对桃褐腐病菌菌丝生长和孢子萌发的抑制作用比较

杀菌剂类别	药剂名称	对菌丝生长的 EC_{50} 值/(mg·L ⁻¹)	对孢子萌发的 EC_{50} 值/(mg·L ⁻¹)
苯并咪唑类(MBCs)	多菌灵	1.8630	77.2967
	腈苯唑	0.0531	96.6393
	戊唑醇	0.8418	189.3938
麦角甾醇抑制剂(SBIs)	苯醚甲环唑	0.3849	143.4221
	咪鲜胺	0.0184	90.3320
	异菌脲	3.5323	44.7508
二甲酰亚胺类(DCFs)	腐霉利	1.6935	31.7743
	啉菌酯	25.5326	0.9497
甲氧基丙烯酸酯类(QoIs)	吡唑醚菌酯	17.5010	0.2527
	啶酰菌胺	6.6778	0.1435
琥珀酸脱氢酶抑制剂(SDHIs)	氟吡菌酰胺	10.6986	0.3002
	代森锰锌	61.5305	2.8512
保护性杀菌剂	百菌清	29.7321	0.0378
	四霉素	0.0456	0.0084
农用抗生素类	申嗪霉素	1.0999	0.1388
	咯菌腈	0.0814	0.1734

3 结论与讨论

从杀菌剂的作用机制分析,苯并咪唑类(MBCs)主要是抑制细胞的有丝分裂;麦角甾醇抑制剂(SBIs)主要是抑制生物膜的合成;二甲酰亚胺类(DFCs)为信号传导抑制剂,使细胞内渗透压加大而最终死亡。此3类杀菌剂对桃褐腐病菌菌丝生长的抑制活性较强,但对孢子萌发的抑制活性较弱,表明桃褐腐病菌在菌丝生长阶段的有丝分裂、生物膜合成及信号传导活动比孢子萌发阶段更加活跃,受到抑制后效果也更加明显。甲氧基丙烯酸酯类(QoIs)和琥珀酸脱氢酶抑制剂(SDHIs)均为呼吸抑制剂,保护性杀菌剂则作用于多个位点,此3类杀菌剂对桃褐腐病菌孢子萌发的抑制活性较强,但对菌丝生长的抑制活性较弱,表明桃褐腐病菌在孢子萌发阶段的呼吸作用比菌丝生长阶段更活跃,对保护性杀菌剂的敏感性更高,耐受力更差,受到抑制后效果也更加明显。农用抗生素类的四霉素(又称梧宁霉素)和申嗪霉素为多位点杀菌剂,其对桃褐腐病菌菌丝生长和孢子萌发的抑制活性均明显高于保护性杀菌剂代森锰锌和百菌清,说明桃褐腐病菌对此2种抗生素更加敏感。吡咯类杀菌剂咯菌腈与二甲酰亚胺类作用机理相似,亦为信号传导抑制剂,但其对桃褐腐病菌菌丝生长和孢子萌发的抑制活性均明显高于异菌脲和腐霉利,说明桃褐腐病菌对咯菌腈更加敏感。

本研究结果表明,苯并咪唑类、麦角甾醇抑制剂和二甲酰亚胺类对菌丝生长的抑制活性较强,但对孢子萌发的抑制活性较弱。因此,此类杀菌剂适宜推迟到发病初期菌丝生长阶段进行治疗应用;保护性杀菌剂、甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂和琥珀酸脱氢酶抑制剂对孢子萌发的抑制活性较强,但对菌丝生长的抑制活性较弱。因此,此类杀菌剂适宜在发病前期孢子萌发阶段进行预防应用;农用抗生素类四霉素和申嗪霉素以及吡咯类咯菌腈对菌丝生长和孢子萌发均具有很好的抑制活性。因此,此类杀菌剂适宜于在桃褐腐病菌各生育期用药。但是,同类杀菌剂不同品种间杀菌谱和杀菌特点可能存在较大差异,本试验测定的杀菌剂品种不能代表该类杀菌剂的全部品种,各类杀菌剂的其他品种对桃褐腐病菌的抑制特性有待进一步测定。

甲氧基丙烯酸酯类(QoIs)杀菌剂属于线粒体呼吸抑制剂,主要通过抑制细胞色素b与c1间的电子传

递,从而阻断ATP产生而使细胞死亡。房雅丽等^[6]发现,当正常的电子传递途径被抑制后,植物病原真菌可从旁路氧化途径获取能量。在田间,寄主植物会分泌(类)黄酮类物质抑制病原菌旁路氧化途径,而在培养基培养条件下,旁路氧化途径则不能被抑制。因此,室内测定时通常需在培养基中加入100 mg/L的水杨脞酸(SHAM)来阻止旁路氧化途径,但其前提是在此用量下水杨脞酸本身对该病原菌没有明显抑制活性,并且对旁路氧化途径能够有效抑制。该研究还发现,含量40~100 mg/L的水杨脞酸对大部分桃褐腐病菌菌丝生长具有明显的抑制作用,不适合用于桃褐腐病菌菌丝生长测定^[6];另外,60 mg/L的水杨脞酸虽不影响孢子萌发的最高浓度,但该浓度对旁路氧化途径的抑制程度尚无定论。因此本试验PDA培养基和WA培养基中均没有加入水杨脞酸,水杨脞酸对肥城地区桃褐腐病菌室内毒力测定中旁路氧化途径的影响数据有待进一步研究。

由于用药方式和用药环境不同,室内毒力测定结果与田间试验结果往往存在差异,本试验只测定了16种杀菌剂对桃褐腐病菌的室内毒力,其田间防效需进一步试验验证。褐腐病有2个发病高峰期:一个是花期,一个是果实成熟期。幼果期一般不发病,落花后被侵染的幼果只在表面出现肉眼可见的小斑点,待到果实成熟期才迅速表现发病症状,这种现象被称为“休止侵染或潜伏侵染”^[2],其休止侵染原因尚未见报道。休止侵染对田间药效试验也造成了困难,花期用药会影响授粉并且容易造成药害,谢花后用药又不能有效控制病菌花期侵染,只能提前到花露红时期用药。实践显示,北方桃褐腐病花期试验不容易调查试验结果。果实成熟前开展试验,只能控制病原菌再侵染,对果实内休眠后恢复活力的病原菌则很难发挥作用,并且容易造成采收桃农药残留超标。如何制定切实可行的桃褐腐病田间药效试验准则需进一步研究。

本试验测定的菌种为*Monilinia fructicola*,但引起桃褐腐病的病原菌至少有3种^[1],肥城地区是否存在其他2种病原菌以及杀菌剂对其他2种病原菌的毒力是否与本结果一致还有待进一步研究。

本试验只测定了药剂对菌丝生长和孢子萌发的抑制活性,对产孢量的影响也有待进一步研究。另外,本毒力测定均采用成品制剂,较之于原药测定更有利于指导田间应用,但制剂加工中的填料和助剂对测定结果可能存在影响,不同制剂加工技术

对桃褐腐病菌的影响因子有待进一步测定。

参考文献

- [1] 纪兆林, 谈彬, 朱薇, 等. 我国不同产区桃褐腐病原鉴定与分析[J]. 微生物学通报, 2019, 46(4): 869-878.
- [2] 李世访, 陈策. 桃褐腐病的发生和防治[J]. 植物保护, 2009, 35(2): 134-139.
- [3] 罗朝喜. 果树褐腐病的研究现状及其展望[J]. 植物病理学报, 2017, 47(2): 145-153.
- [4] 孙瑞红, 宫庆涛, 武海斌, 等. 山东省桃树病虫害的发生情况与防控措施[J]. 落叶果树, 2019, 51(3): 40-42.
- [5] 何献声. 19种杀菌剂对桃褐腐病离体抑菌活性[J]. 农药, 2011, 50(11): 853-854.
- [6] 房雅丽, 刘鹏, 国立耘. 美澳型核果褐腐病菌(*Monilinia fructicola*)对啞菌酯的敏感性[J]. 果树学报, 2010, 27(4): 561-565.
- [7] 房雅丽, 朱小琼, 国立耘. 美澳型核果褐腐菌对啞菌酯和啞菌酯的敏感性[C]//彭友良. 中国植物病理学会2009年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009: 679.
- [8] 樊锦艳, 房雅丽, 国立耘. 美澳型核果褐腐病菌对甲基硫菌灵和啞菌酯的敏感性[J]. 植物保护学报, 2009, 36(3): 251-256.
- [9] 陈淑宁. 桃褐腐病菌和炭疽病菌对DMI杀菌剂的抗性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2017.
- [10] 赵杰, 徐心, 曹忠. 五种杀菌剂对桃褐腐病菌的抑菌作用初探[J]. 上海农业科技, 2014(5): 151.
- [11] 周莹, 严红, 关海春, 等. 几种杀菌剂对桃褐腐病的毒力测定及田间控制作用[J]. 农药, 2013, 52(10): 771-772; 779.
- [12] 纪兆林, 蒋长根, 戴慧俊, 等. 不同杀菌剂对桃褐腐病菌的毒力测定[J]. 中国南方果树, 2013, 42(5): 95-97.
- [13] 刘永春, 刘洪艳, 苏晓萌. 25%啞菌恶唑对桃褐腐病的抑菌率与田间防效[J]. 北方果树, 2017(4): 15-16.
- [14] 陈笑瑜, 师迎春, 骆勇, 等. 桃褐腐病菌(*Monilinia fructicola*)对3种杀菌剂的敏感性[J]. 植物保护, 2006, 32(3): 25-28.
- [15] HONG C X, THEMIS J M. Mycelial growth, sporulation, and survival of *Monilinia fructicola* in relation to osmotic potential and temperature[J]. Mycologia, 2019, 91(5): 871-876.
- [16] LIU C, YIN X H, WANG Q G, PENG Y, et al. Antagonistic activities of volatiles produced by two *Bacillus* strains against *Monilinia fructicola* in peach fruit[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2018, 98(15): 5756-5763.
- [17] HRUSTI J, MIHAJLOVI M, GRAHOVAC M, et al. Fungicide sensitivity, growth rate, aggressiveness and frost hardiness of *Monilinia fructicola* and *Monilinia laxa* isolates[J]. European Journal of Plant Pathology, 2018, 151(2): 389-400.
- [18] PRIMIANO I V, MOLINA P E, MIO L L, et al. Reduced sensitivity to azoxystrobin is stable in *Monilinia fructicola* isolates[J]. Scientia Agricola, 2017, 74(2): 169-173.

(责任编辑:高蕾)

(上接第 26 页)

- Alkoxy-1,2,4-triazolo[1,5-c]pyrimidine-2-sulfonamides, process for their preparation and intermediates: EP, 0343752[P]. 1989-05-24.
- [9] ORVIK J A, SHIANG D L. 5-alkoxy-1,2,4-triazolo[4,3-c]pyrimidine-3(2H)-thione compounds and their use in the preparation of 5-alkoxy[1,2,4]triazolo[1,5-c]pyrimidine-2-(3H)thione and 3-hydrocarbylthio-5-alkoxy-1,2,4-triazolo[4,3-c]pyrimidine compounds: WO, 9512595[P]. 1994-10-31.
- [10] PEARSON D L, ADAWAY T J. Preparation of *N*-arylsulfonamide compounds: WO, 9937650A1[P]. 1999-01-25.
- [11] 林格 J W, 佩尔森 D L, 司考特 C A, 等. *N*-芳基磺酰胺化合物和它们作为制备 *N*-芳基磺酰胺化合物催化剂的应用: CN, 1216040A[P]. 1997-11-13.
- [12] 孙永辉, 孔繁蕾, 史跃平, 等. 双氟磺草胺的制备方法: CN, 103509027A[P]. 2013-10-30.
- [13] 吕早生, 赵金龙, 黄吉林, 等. 5-氟尿嘧啶合成工艺研究[J]. 化学与生物工程, 2013, 30(1): 54-56; 59.
- [14] 钟光祥. 5-氟尿嘧啶的合成方法评述[J]. 浙江化工, 1995, 26(1): 9-11; 27.

(责任编辑:高蕾)

(上接第 48 页)

- 谱研究[J]. 生物技术, 2015, 25(2): 169-172.
- [12] CAUAGLIERI L, ORLANDO J, RODRIGUEZ M I, et al. Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the maize root level[J]. Research in Microbiology, 2005, 156(5): 748-754.
- [13] 李学红. 甲基营养型芽孢杆菌可湿性粉剂配方的优化[J]. 煤炭与化工, 2015, 38(6): 46-50.
- [14] 谢学文, 揣红运, 董瑞利, 等. 甲基营养型芽孢杆菌WF-3微粉剂的研制及对黄瓜炭疽病的防效[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(5): 722-728.
- [15] 魏新燕, 黄媛媛, 黄亚丽, 等. 甲基营养型芽孢杆菌BH21对葡萄灰霉病菌的拮抗作用[J]. 中国农业科学, 2018, 51(5): 883-892.
- [16] 吕倩, 胡江春, 王楠, 等. 南海深海甲基营养型芽孢杆菌SHB114抗真菌脂肽活性产物的研究[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(1): 113-120.
- [17] 周登博, 陈宇丰, 井涛, 等. 抗香蕉枯萎病甲基营养型芽孢杆菌的鉴定及定殖[J]. 中国农学通报, 2017, 33(36): 145-151.
- [18] 赵文珺, 葛蓓宇, 刘炳花, 等. 甲基营养型芽孢杆菌NKG-1对番茄白粉病的防病促生作用研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(23): 104-109.

(责任编辑:徐娟)

2020年《现代农药》总目次

综述与专论

中国农药七十年发展与应用回顾	1 (1)
百草枯新剂型的研究进展及未来应用前景分析	1 (6)
农药专利的检索方法简介	1 (10)
蝗虫化学防控研究进展	2 (1)
全二维气相色谱-飞行时间质谱应用研究进展	2 (6)
转基因玉米防治草地贪夜蛾应用进展	2 (12)
农药对蛙类的影响研究进展	2 (16)
草地贪夜蛾防控技术进展及我国对策建议	3 (1)
杀螨剂的现状及研究进展	3 (7)
天然高分子基水凝胶在农药缓释领域的研究进展	4 (1)
马铃薯晚疫病防治药剂研究进展	4 (8)
中草药中禁用农药残留限量标准及分析方法研究进展	5 (1)
我国农药上市公司并购重组对财务绩效的影响研究	5 (9)
自主创制甲氧基丙烯酸酯衍生类农药品种的开发和应用	6 (1)
大豆锈病防治药剂研究进展	6 (11)

创制与开发

含二苯醚结构单元的新型烟酰胺类衍生物的合成及杀菌活性研究	1 (14)
乙噻吩磺酸酯的合成	1 (21)
POWERBLOX™ Filmer-17成膜剂在种子处理悬浮剂	

中的应用研究	1 (24)
含“—S=N—CN”结构的三氟甲基吡啶酰胺衍生物的合成及杀菌活性	2 (21)
Tolpyralate的合成与除草活性研究	2 (29)
化合物HBERC1684可溶剂剂的制备及杀虫活性评价	3 (16)
新型杀虫剂broflanilide的合成及其杀虫活性测定	3 (20)
3',4',5'-三氟-2-氨基联苯的合成研究	4 (16)
磺酰草吡啶的合成与生物活性研究	4 (19)
杀虫剂chlorantraniliprole合成新方法	4 (23)
银纹夜蛾性信息素类似物的合成与活性研究	5 (15)
51%草甘膦·绿草定酯可分散油悬浮剂的配方研制	5 (20)
双氟磺草胺的合成新工艺	6 (22)

加工与分析

吡啶醚菌酯微囊的制备及性能表征	1 (28)
4%吡丙醚·氟虫腈微囊悬浮-悬浮剂的高效液相色谱分析方法	1 (32)
28%虫螨腈·噻虫胺悬浮剂的研制及其对韭蛆的田间防效	1 (35)
25%咪鲜胺·稻瘟酰胺微囊悬浮-悬浮剂的高效液相色谱分析	2 (34)
漆酚改性表面活性剂的制备与应用	3 (48)
16%二氰·吡啶酯水分散剂质量检测分析方法	3 (53)

5%己唑醇微乳剂配方的研究开发.....
.....李芸芸,陈旺,陈麒丞,等 4 (26)

吡草醚悬浮剂和微乳剂的高效液相色谱分析方法.....
.....原万玲,马杜康,孟璨,等 4 (30)

30%咪鲜·氟环唑微乳剂高效液相色谱分析.....
.....曹志秀,马超,张力卜,等 4 (33)

农药制剂产品中苯线磷的高效液相色谱分析方法.....
.....许春丽,马杜康,陈歌,等 5 (24)

42%丙硫菌唑·咪鲜胺悬乳剂的高效液相色谱分析方法.....
.....潘虹,顾爱国,孙长恩 5 (28)

基于剂量传输过程分析的草甘膦可溶液剂配方研究.....
.....郭勇飞,张晨辉,高玉霞,等 6 (27)

残留与环境

超高效液相色谱-串联质谱检测桃中吡唑醚菌酯和
啶酰菌胺残留和消解...刘倩宇,刘颖超,董丰收,等 1 (40)

HPLC-MS/MS法检测葡萄中啞菌酯的残留量.....
.....马新刚,张爱娟,梁林,等 1 (44)

超高效液相色谱-串联质谱法测定小麦粉中福美双
残留量.....曹秀,胡永建,刘秀娟,等 1 (46)

苯醚甲环唑在芹菜体系中的沉积与残留规律.....
.....李艳杰,喻歆茹,余婷,等 2 (37)

16种农药对蚯蚓的毒性效应研究.....
.....宋伟华,袁善奎,刘琼,等 2 (41)

花生和土壤中噻虫胺超高效液相-串联质谱仪检测
及分析方法.....李清华,任立瑞,尹明明,等 2 (45)

电气浮-微电解-生化组合工艺处理农药废水.....
.....李舵,王祎,韩卫清,等 3 (25)

灭蝇胺在莴笋和油麦菜中残留消解及膳食风险评估.....
.....冯义志,潘金菊,李瑞娟,等 3 (30)

植物源农药大黄素甲醚的光解特性研究.....
.....魏京华,袁善奎,周艳明,等 3 (35)

啶虫脒在茉莉花上的残留动态及膳食风险评估.....
.....朱富伟,叶倩,黄玉芬,等 4 (37)

基于QuEChERS液相色谱-串联质谱法测定茶叶中
除虫脒残留量的不确定度评定.....武源,覃慧丽 4 (42)

高效液相色谱法测定烟田土壤中二氯喹啉酸残留量.....
.....石妍,肖顺,周挺,等 5 (31)

固相萃取-液相色谱串联质谱法测定番茄中春雷霉素

的残留量.....杨梅 5 (36)

丙硫菌唑在不同类型土壤中的降解特性.....
.....董旭,孙明娜,褚玥,等 6 (34)

UPLC-MS/MS检测甘蓝中甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和
除虫脒残留和消解.....吴迟,欧阳小庆,才冰,等 6 (40)

药效与应用

43%双氟磺草胺·2甲4氯异辛酯SC防除春小麦田杂草
效果及对作物安全性研究.....李玮 1 (50)

11%虱嘧·精喹OD对烟草田杂草的防除效果及安全性评价...
.....李秋梅,李树穆,李楚,等 1 (53)

9种杀虫剂对马铃薯桃蚜的室内毒力测定.....
.....宋维虎,林春燕,李叶,等 2 (49)

不同行距配置下脱叶剂对棉花综合性状的影响.....
.....张文,逯涛,刘铨义,等 2 (52)

蝗虫微孢子虫(*Nosema locustae*)对环境非靶标有益
生物的毒性效应.....袁善奎,蒋金花,张龙,等 3 (39)

10种杀虫剂低容量喷雾对玉米田草地贪夜蛾的防治效果...
.....张永生,刘妤玲,刘玉生,等 3 (44)

茉莉酸甲酯缓解三种除草剂对水稻药害的生测研究.....
.....邓希乐,郑文娜,柏连阳 4 (46)

膜下滴灌结合无人机茎叶喷雾施药技术对豇豆蓟马的
田间防治效果.....刘妤玲,吴静妮,罗金仁,等 4 (52)

5种南药植物提取物对致病疫霉的抑制作用.....
.....王红刚,陈银华,林江,等 4 (56)

氰烯菌酯组合物“一喷多防”在小麦病虫害综合防控及
增产上的应用.....谢忠萍,袁士荣,谷春艳 4 (60)

7种杀菌剂对小麦赤霉病菌的室内毒力及田间防效比较.....
.....谷春艳,潘锐,白杨,等 5 (39)

不同农药对桃细菌性穿孔病菌的毒力和田间防效.....
.....刘洋,赵文静,沈斐,等 5 (43)

乙唑螨腈等6种药剂防治西瓜二斑叶螨的田间试验研究.....
.....丁志宽,龚伟荣,胡婕,等 5 (48)

叶菌唑对小麦三种重要病害的防治效果.....
.....李永平,石磊,闵红,等 5 (52)

甲基营养型芽孢杆菌BMF 04菌株的抑菌谱及对仁果类
真菌病害的防治作用...万丹丹,吴海霞,汤曼丽,等 6 (45)

16种杀菌剂对桃褐腐病菌菌丝生长和孢子萌发的抑制
作用比较.....宋化稳,徐娜娜,高德良,等 6 (49)