

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.02.008

6种杀菌剂对芒果病原真菌的室内毒力测定

杨永利, 李桂珍, 潘宏兵, 李倩,
朱俐遐, 向蕊, 黄丹

攀枝花市农林科学研究院, 四川 攀枝花 617061

摘要: 胶孢炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)与芒果畸形病病菌(*Fusarium mangiferae*)是芒果重要的致病菌, 主要危害芒果花、营养组织等部位, 造成严重损失, 迫切需要筛选高效药剂进行防控。本研究选用6种高效低毒杀菌剂, 采用生长速率法测定了杀菌剂对2种病原菌的室内毒力。结果表明, 37%戊唑·咪鲜胺、20%咪鲜·抑霉唑、60%咪鲜胺锰盐这3种咪鲜胺复配剂同时对2种真菌具有明显抑菌效果, 其中37%戊唑·咪鲜胺、20%咪鲜·抑霉唑对芒果畸形病病菌抑菌效果最好, EC_{50} 为0.34 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 60%咪鲜胺锰盐对胶孢炭疽菌抑菌效果最好, EC_{50} 为0.01 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。本研究筛选了芒果2种真菌病害的防治药剂, 对芒果病害的绿色防控具有一定的参考价值。

关键词: 胶孢炭疽菌; 芒果镰孢菌;
杀菌剂; 毒力

中图分类号: S432.4

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2024)03-0072-06

Sensitivity Test of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium mangiferae* to 6 Fungicides

YANG Yongli, LI Guizhen, PAN Hongbing, LI Qian,
ZHU Lixia, XIANG Rui, HUANG Dan

Panzhuhua Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Panzhihua Sichuan 617061, China

Abstract: *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium mangiferae* are important pathogenic pathogen of mango, which can harm young flowers and shoots of mango, causing serious pro-

收稿日期: 2023-12-27

基金项目: 国家现代农业产业技术体系四川南亚作物创新团队。

作者简介: 杨永利, 硕士, 助理研究员, 主要从事热带果树病理学研究。

通信作者: 李桂珍, 研究员。

duction losses. It is urgent to screen effective fungicides for accurate prevention and control. In this study, the growth rate method was used to test the sensitivity of the two pathogens to 6 fungicides. The results showed that the three Prochloraz compounds, 37% Tebuconazole-Prochloraz, 20% Prochloraz-Imazalil and 60% Prochloraz manganese, had better inhibitory effect on two pathogenic fungi. Among them, 37% Tebuconazole-Prochloraz and 20% Prochloraz-Imazalil had the best inhibitory effect on *F. mangiferae*, with an EC_{50} value of $0.34 \mu\text{g/mL}$, while 60% Prochloraz manganese had the best inhibitory effect on *C. gloeosporioides*, with an EC_{50} value of $0.01 \mu\text{g/mL}$. This study screened two fungicides for the prevention and control of two mango fungal diseases, which provided certain reference for the green prevention and control of mango diseases.

Key words: *Colletotrichum gloeosporioides*; *Fusarium mangiferae*; fungicides; virulence

芒果(*Mangifera indica* Linn.)是重要的热带水果,享有“热带果王”的美誉,其营养价值高,色泽好,味道鲜美,可鲜食,也可加工成果干,备受人们喜爱.我国芒果主要分布在广西、云南、四川、海南和广东等地区,已成为主产区重要的农业支柱性产业之一^[1].攀枝花是四川省芒果主产区,也是全国芒果最晚熟区之一,属亚热带湿润气候,具有夏无酷暑、冬无严寒、降雨少而集中、日照多、气候垂直差异显著等特征,种出的芒果因品质佳、口感好而深受消费者的喜爱.2022年,攀枝花芒果种植面积已达6.87万 hm^2 ,年产量54万t,产值37.9亿元.芒果炭疽病^[2-3]为芒果常发性病害,具有潜伏侵染特性,主要危害嫩叶、花、果和梢,可造成叶枯、花穗脱落、枝条回枯、幼果脱落,从而降低芒果产量.芒果炭疽病同时是芒果重要的采后病害,发病严重时损失可达50%以上.芒果畸形病在我国主要发生在金沙江干热河谷区^[4],表现为花畸形,营养组织畸形,感染严重的花序两性花的雌蕊功能丧失,花粉发育能力差,不能坐果,或坐果后果实不能正常发育,严重影响芒果产量,危害严重时损失可达95%^[5].春季花穗抽生期和秋季新梢抽发期为畸形病发病严重期^[6].

化学防治是芒果炭疽病防治最常见的方法,目前使用的化学药剂有很多^[7],例如,50%啶菌酯水分散颗粒剂250 mg/kg和166.7 mg/kg对芒果炭疽病具有较好的防治效果^[8];50%咪鲜胺锰盐防治芒果炭疽病安全而有效^[9];75%进富水分散颗粒剂防治芒果炭疽病防效好,且药效优异,持效期长^[10];25%施保克乳油防治芒果炭疽病防效较好^[11];43%咪鲜胺水乳剂有效成分用量 322.50 g/hm^2 、250 g/L吡唑醚菌酯有效成分用量 187.50 g/hm^2 时对芒果炭疽病菌具有较好抑制和田间防治效果,且各药剂间防效无显著差异^[12];氟硅唑和吡唑醚菌酯配比为2:8时,增效系数最大(2.65)、 EC_{50} 值最小(0.00254 mg/L),具有很好的应用潜力^[13];不同浓度的41%甲硫·戊唑醇悬浮剂对芒果炭疽病均具有较好的防治效果^[14];41%甲硫·戊唑醇悬浮剂(稳达)稀释500倍时对芒果炭疽病防效最佳^[15];异菌脲对芒果炭疽病的防治效果最好^[16];用250 mg/L吡唑醚菌酯乳油处理采后芒果,7 d后防治效果达84.38%,14 d后防治效果达65.17%^[17].芒果畸形病自2008年在金沙江干热河谷区发现^[18]以来,目前还未发现抗病品种,化学防治药剂主要是啶菌酯和咪鲜胺^[5-6].国内相关研究报道,咪鲜胺锰盐和多菌灵对芒果畸形病菌层出镰刀菌(*Fusarium proliferatum*)抑菌效果好^[19].

芒果炭疽病和畸形病存在重叠发生期,均属于真菌性病害.由于芒果畸形病的防治难度较大,因此,寻找一种能够同时防治这2种病害的化学药剂,不仅可以节约防治成本,提高防治效率,还能减少化学农药的使用量,从而保护生态环境.鉴于目前尚未有相关报道,本研究在室内针对这2种病害的病原菌进行了杀菌剂毒力测定,旨在筛选出高效的杀菌剂,为田间芒果

真菌病害的绿色防控提供有益的参考。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

杧果炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)分离于杧果炭疽病病叶,畸形病病菌(*Fusarium mangiferae*)分离于杧果畸形病组织(图1)。样品均采集于攀枝花市农林科学研究院沙沟基地。



左图为杧果炭疽病病菌;右图为杧果畸形病病菌。

图1 杧果炭疽病病菌、畸形病病菌 PDA 培养基菌落形态

1.2 供试培养基

PDA 培养基配方参见文献[20]。

1.3 供试杀菌剂

选用6种高效、广谱、低毒的杀菌剂,250 g/L吡唑醚菌酯乳油购自巴斯夫植物保护(江苏)有限公司,42.4%唑醚氟酰胺悬浮剂购自巴斯夫植物保护(江苏)有限公司,450 g/L咪鲜胺水乳剂购自苏州富美实植物保护剂有限公司,60%咪鲜胺锰盐可湿性粉剂购自陕西汤普森生物科技有限公司,37%戊唑·咪鲜胺水乳剂购自江苏省农垦生物化学有限公司,20%咪鲜·抑霉唑水乳剂购自陕西汤普森生物科技有限公司。

1.4 方法

采用菌落生长速率法^[21]将6种供试药剂配制成200 μg/mL的母液,根据预试验结果设置4~5个浓度,培养基中供试药剂的有效浓度见表1。制成含药PDA平板,打孔器在菌落边缘取直径为9 mm的菌饼移至含药平板中央,以不含药的PDA平板做对照。每处理重复4次,置于25℃下黑暗恒温培养。炭疽病病菌、畸形病病菌分别于7 d、12 d后用十字交叉法测量菌落直径,并计算菌落生长抑菌率。

抑菌率(%) = [(对照组菌落平均值 - 试验组菌落平均值) / (对照组菌落平均值 - 菌饼直径)] × 100%

表 1 供试药剂在培养基中的有效浓度

药剂	芒果畸形病病菌					芒果炭疽病病菌				
	2	1	0.5	0.25	—	2	1	0.5	0.25	
250 g/L 吡唑醚菌酯乳油	2	1	0.5	0.25	—	2	1	0.5	0.25	
42.4% 唑醚氟酰胺悬浮剂	4	2	1	0.5	0.25	2	1	0.5	0.25	
450 g/L 咪鲜胺水乳剂	8	2	1	0.5	—	2	1	0.5	0.25	
60% 咪鲜胺锰盐可湿性粉剂	8	4	2	1	—	4	2	1	0.5	
37% 戊唑·咪鲜胺水乳剂	4	2	1	0.5	0.25	2	1	0.5	0.25	
20% 咪鲜·抑霉唑水乳剂	4	2	1	0.5	0.25	2	1	0.5	0.25	

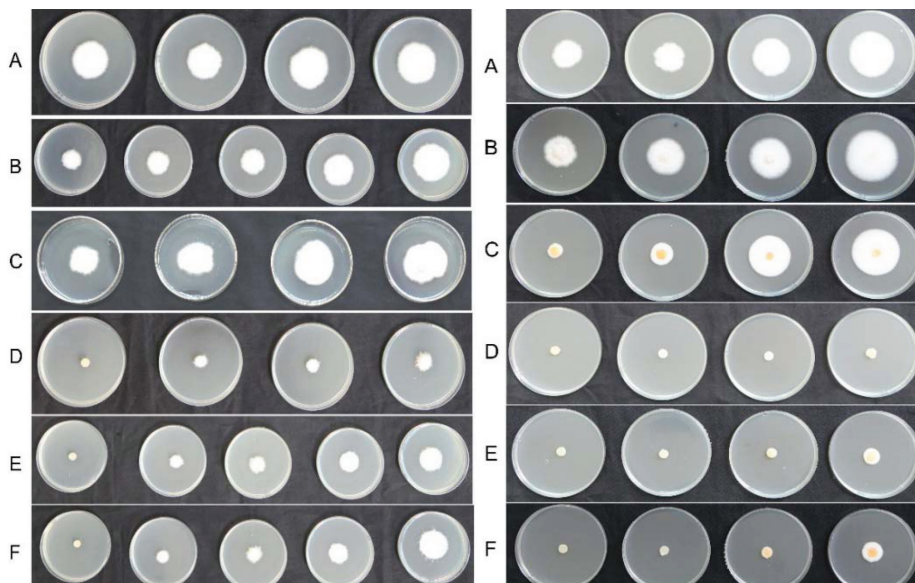
1.5 数据处理与统计学分析

参照文献[22]将不同浓度下的抑菌率查表转换成几率值(y), 浓度计算成对数值(x), 以浓度对数值(x)为自变量, 抑菌率的几率值(y)为因变量, 由 Excel 2019 软件得出回归方程 $y = a + bx$, 推算相关系数(R^2)、斜率和 EC_{50} 及 EC_{90} .

2 结果与分析

2.1 不同杀菌剂对芒果畸形病病菌室内毒力测定情况

6 种杀菌剂对芒果畸形病病菌室内毒力测定结果表明, 供试杀菌剂对病原菌的菌丝生长均有一定的影响(图 2). 从毒力回归方程来看, 吡唑醚菌酯、戊唑·咪鲜胺、咪鲜·抑霉唑的相关系数在 0.636 0~0.744 2, 说明 3 种杀菌剂不同浓度间抑菌率相关性适中; 咪鲜胺、咪鲜胺锰盐、唑醚氟酰胺的相关系数在 0.823 0~0.993 4, 说明 3 种杀菌剂不同浓度间抑菌率相关性较强; 从斜率值来看, 单剂由大到小依次为咪鲜胺、吡唑醚菌酯, 复配剂由大到小依次为咪鲜胺锰盐、咪鲜·抑霉唑、戊唑·咪鲜胺、唑醚氟酰胺, 说明芒果畸形病病菌对单剂中的咪鲜胺敏感性最强, 复配剂中咪鲜胺锰盐敏感性最强. 对芒果畸形病菌的抑菌效果, 由强到弱依次为戊唑·咪鲜胺、咪鲜·抑霉唑、咪鲜胺锰盐、唑醚氟酰胺、吡唑醚菌酯、咪鲜胺(表 2).



左图为芒果畸形病病菌, 右图为芒果炭疽病病菌; 其中, A 为 250g/L 吡唑醚菌酯;

B 为 42.4% 唑醚氟酰胺; C 为 450g/L 咪鲜胺; D 为 60% 咪鲜胺锰盐; E 为 37% 戊唑·咪鲜胺; F 为 20% 咪鲜·抑霉唑.

图 2 6 种杀菌剂对芒果畸形病(30 d)、炭疽病病菌(7 d)室内毒力测定结果

表2 6种杀菌剂对杧果畸形病菌室内毒力测定结果

杀菌剂	毒力回归方程	相关系数	斜率值	EC ₅₀ /(μg·mL ⁻¹)	EC ₉₀ /(μg·mL ⁻¹)
250 g/L 吡唑醚菌酯	$y=0.451\ 8x+4.878$	0.636 0	0.451 8	1.86	77.51
42.4%唑醚氟酰胺	$y=0.896\ 9x+4.860$	0.929 4	0.896 9	1.43	38.46
450 g/L 咪鲜胺	$y=1.132\ 8x+4.282$	0.993 4	1.132 8	4.30	58.23
60%咪鲜胺锰盐	$y=3.066\ 1x+5.428$	0.823 0	3.066 1	0.73	2.87
37%戊唑·咪鲜胺	$y=2.547\ 9x+6.190$	0.703 4	2.547 9	0.34	1.09
20%咪鲜·抑霉唑	$y=2.621\ 0x+6.226$	0.744 2	2.621 0	0.34	1.05

2.2 不同杀菌剂对杧果炭疽病菌室内毒力测定情况

6种药剂对杧果炭疽病菌室内毒力测定结果表明,供试杀菌剂对病原菌的菌丝生长均有一定的影响(图2).从毒力回归方程来看,6种杀菌剂的相关系数在0.882 1~0.972 9,说明杀菌剂不同浓度间抑菌率相关性较强;从斜率值来看,单剂斜率值大小依次为咪鲜胺、吡唑醚菌酯,复配剂依次为咪鲜·抑霉唑、戊唑·咪鲜胺、咪鲜胺锰盐、唑醚氟酰胺,说明杧果炭疽病菌对单剂咪鲜胺敏感性最强,对复配剂咪鲜·抑霉唑的敏感性最强;对杧果炭疽病的抑菌效果,由强到弱依次为咪鲜胺锰盐、戊唑·咪鲜胺、咪鲜·抑霉唑、咪鲜胺、吡唑醚菌酯、唑醚氟酰胺(表3).

表3 6种杀菌剂对杧果炭疽病菌室内毒力测定结果

杀菌剂	毒力回归方程	相关系数	斜率值	EC ₅₀ /(μg·mL ⁻¹)	EC ₉₀ /(μg·mL ⁻¹)
250 g/L 吡唑醚菌酯	$y=0.867\ 0x+5.193$	0.971 8	0.867 0	0.60	18.01
42.4%唑醚氟酰胺	$y=0.953\ 4x+4.946$	0.959 4	0.953 4	1.14	25.17
450g/L 咪鲜胺	$y=1.906\ 8x+5.682$	0.972 9	1.906 8	0.44	2.06
60%咪鲜胺锰盐	$y=1.322\ 1x+7.746$	0.882 1	1.322 1	0.01	1.22
37%戊唑·咪鲜胺	$y=2.581\ 1x+7.731$	0.952 5	2.581 1	0.09	0.27
20%咪鲜·抑霉唑	$y=3.591\ 0x+8.033$	0.896 5	3.591 0	0.14	0.33

3 讨论与结论

戊唑醇为三唑类杀菌剂,该类杀菌剂通过阻碍植物病原真菌甾醇生物合成中相关酶的产生,从而达到抑制真菌生长的效果^[23-24].吡唑醚菌酯为甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂,该类杀菌剂通过阻止病原菌细胞色素位点的电子传递来抑制线粒体的呼吸作用,从而起到抑菌效果^[25].三唑类杀菌剂和甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂因具有良好的内吸性、预防活性和治疗作用而被广泛使用^[26].

本试验单剂对杧果炭疽病的防效,咪鲜胺优于吡唑醚菌酯,对杧果畸形病的防效吡唑醚菌酯优于咪鲜胺;咪鲜胺复配剂防效均优于唑醚氟酰胺,对炭疽病菌 EC₅₀在0.01~0.14 μg/mL,对畸形病菌的 EC₅₀在0.34~0.73 μg/mL,表明咪鲜胺单剂、复配剂均对杧果炭疽病有一定防效,但复配剂防效最好,也说明2种菌虽均为半知菌类真菌,但因菌株差异和杀菌剂的作用机理不一样,防效也有差异.综合2种真菌的试验结果,37%戊唑·咪鲜胺、20%咪鲜·抑霉唑、60%咪鲜胺锰盐这3种咪鲜胺复配剂同时对2种真菌具有明显抑菌效果,其中37%戊唑·咪鲜胺、20%咪鲜·抑霉唑对杧果畸形病菌抑菌效果最好,EC₅₀为0.34 μg/mL;60%咪鲜胺锰盐对胶孢炭疽菌抑菌效果最好,EC₅₀为0.01 μg/mL.

为了达到事半功倍的效果,在田间防治时根据炭疽病和畸形病发生的时间异同,建议采用不同的化学防治策略.在畸形病高发的2个时期^[6]之前可选防治畸形病菌效果好的37%戊唑·咪鲜

胺水乳剂、20%咪鲜·抑霉唑水乳剂预防畸形病菌侵染芒果芽^[27],使用浓度应大于0.34 μg/mL;其他时间则用60%咪鲜胺锰盐可湿性粉剂、37%戊唑·咪鲜胺水乳剂、20%咪鲜·抑霉唑水乳剂防治炭疽病,使用浓度分别大于0.01 μg/mL,0.09 μg/mL,0.14 μg/mL。由于芒果炭疽病菌对咪鲜胺存在低至中等潜在的抗药性风险^[28],因此,在使用时应注意不同药剂的轮换使用。

参考文献:

- [1] 贺军虎,陈业渊,魏守兴. 中国芒果产业的现状、存在问题与发展对策[J]. 热带农业科学, 2006, 26(6): 59-62.
- [2] 李桂珍. 芒果病虫害识别与防控原色图谱[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 1-5.
- [3] 蒲金基,韩冬银. 芒果病虫害及其防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 1-6.
- [4] ZHAN R L, YANG S J, LIU F, et al. First Report of *Fusarium mangiferae* Causing Mango Malformation in China[J]. Plant Disease, 2012, 96(5): 762.
- [5] 柳凤,詹儒林,韦继光,等. 芒果畸形病菌(*Fusarium mangiferae*)生物学特性及杀菌剂对其室内毒力测定[J]. 果树学报, 2012, 29(3): 428-433.
- [6] 李桂珍,杨永利,朱俐遐,等. 芒果畸形病绿色防控技术[J]. 植物医生, 2020, 33(6): 59-63.
- [7] 李晓娜,曾小红,谢龙莲,等. 世界芒果炭疽病防治技术研究概况[J]. 热带农业科学, 2017, 37(11): 69-75.
- [8] 吴顺章. 不同剂型啞菌酯防治芒果炭疽病的田间药效对比试验[J]. 福建热作科技, 2013, 38(3): 13-15.
- [9] 蔡美兰. 50%咪鲜胺锰盐可湿粉对芒果炭疽病的防治效果[J]. 亚热带农业研究, 2008, 4(3): 206-207.
- [10] 李鹏,柳晓磊,张曼丽,等. 75%进富水分散剂对芒果炭疽病的田间防治效果[J]. 蔬菜, 2012(8): 59-60.
- [11] 谭铭开,罗杰雄,徐鉴辉,等. 几种农药防治芒果炭疽病药效研究[J]. 现代农业科技, 2010(4): 207, 209.
- [12] 陈文,谭清群,黄海,等. 13种杀菌剂对芒果炭疽病菌的毒力测定及田间防效[C]//绿色生态可持续发展与植物保护——中国植物保护学会第十二次全国会员代表大会暨学术年会论文集. 长沙, 2017: 308.
- [13] 康浩,杨石有,苏初连,等. 氟硅唑和吡唑醚菌酯混配对芒果炭疽病菌的抑制作用[J]. 中国果菜, 2017, 37(8): 24-27.
- [14] 陈金雄. 不同剂量的41%甲硫·戊唑醇悬浮剂防治芒果炭疽病的田间药效试验[J]. 农业科技通讯, 2018(3): 124-126.
- [15] 唐允博. 稳达防治芒果炭疽病田间药效试验[J]. 热带农业科学, 2018, 38(5): 71-73.
- [16] 张俊有,蒋家珍. 采用半果接种法研究几种杀菌剂对芒果炭疽病的防治效果[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(24): 102-107.
- [17] 宁平,郭堂勋,李其利,等. 广西芒果品种抗炭疽病评价及采后药剂防治研究[J]. 广西植保, 2022, 35(3): 1-4.
- [18] 吕延超,蒲金基,谢艺贤,等. 芒果畸形病研究进展[J]. 中国南方果树, 2009, 38(3): 68-71.
- [19] 刘晓妹,许婉玲,漆艳香,等. 芒果畸形病菌室内单剂及复配剂增效配比的筛选[J]. 热带作物学报, 2011, 32(9): 1725-1728.
- [20] 方中达. 植病研究方法[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1998: 46.
- [21] 骆焱平,郑服丛. 农药学科群实验指导[M]. 海口: 海南出版社, 2008: 173.
- [22] 孙广宇,宗兆锋. 植物病理学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 144.
- [23] 杨利. 麦角甾醇生物合成抑制剂的合成及抑菌活性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [24] 刘风华,马迪成,张晓敏,等. 植物病原真菌对甾醇脱甲基抑制剂类杀菌剂抗性分子机制研究进展[J]. 农药学学报, 2022, 24(3): 452-464.
- [25] 李慧,曹芳杰,邱立红. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂对水生生物的生态毒理学研究进展[J]. 农药学学报, 2019, 21(S1): 831-840.
- [26] 严明,柏亚罗. 甲氧基丙烯酸酯类等四大类杀菌剂市场概况及前景展望[J]. 现代农药, 2016, 15(6): 1-8, 11.
- [27] FREEMAN S, MAIMON M, PINKAS Y. Use of GUS Transformants of *Fusarium subglutinans* for Determining Etiology of Mango Malformation Disease[J]. Phytopathology, 1999, 89(6): 456-461.
- [28] 成禄艳. 芒果炭疽病菌对几种杀菌剂的抗药性研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.