

甘肃省玉米茎基腐病病原菌的分离 鉴定及药剂毒力测定

汪亮芳, 马金慧, 常浩, 吴之涛, 李文学, 徐志鹏, 杨小龙, 任宝仓, 杨克泽
(甘肃省农业工程技术研究院/甘肃省玉米病虫害绿色防控工程研究中心/武威市玉米病虫害绿色防控技术创新中心, 甘肃 武威 733006)

摘要: 针对甘肃部分地区的玉米茎基腐病进行样本的采集、病原菌分离鉴定、致病性测定和室内药剂毒力测定。通过形态学和分子生物学结合, 确定分离到的玉米茎基腐病病原为芳香镰刀菌(*Fusarium redolens*), 该病原菌为甘肃地区目前报道的玉米茎基腐病的新病原。室内毒力测定结果表明, 10%叶菌唑悬浮剂对病原菌有较好的抑制作用, EC_{50} 为 0.000 9 mg/L; 其次是 20%氟唑菌酰胺和 30%丙硫菌唑, EC_{50} 分别为 0.001 7 mg/L 和 0.035 8 mg/L; 其他 6 种供试药剂 25 g/L 咯菌腈、25%氟唑菌酯、25%吡唑醚菌酯、70%噁霉灵、噁唑酰胺和苯甲嘧菌酯对病原菌也有一定程度的抑制作用, EC_{50} 值分别为 0.051 7、0.059 9、0.106 5、0.306 8、0.378 0 和 0.439 0 mg/L。

关键词: 玉米; 玉米茎基腐病; 芳香镰刀菌; 杀菌剂; 毒力测定

中图分类号: S435.131

文献标识码: A

Isolation and Identification of Pathogens Causing Maize Stalk Rot in Gansu Province and Fungicide Toxicity Determination

WANG Liang-fang, MA Jin-hui, CHANG Hao, WU Zhi-tao, LI Wen-xue, XU Zhi-peng,

YANG Xiao-long, REN Bao-cang, YANG Ke-ze

(Gansu Academy of Agri-engineering Technology/Gansu Green Prevention and Control Engineering Research Center of Maize Diseases and Insect Pests/Wuwei Maize Pest and Disease Green Control Technology Innovation Center, Wuwei 733006, China)

Abstract: In this study, sample collection, pathogen isolation and identification, pathogenicity determination and indoor fungicide toxicity determination were carried out for maize stalk rot in some areas of Gansu. The pathogen of maize stalk rot was identified as *Fusarium aromaticum* by morphological and molecular biology methods. The pathogen was a new pathogen of maize stalk rot reported in Gansu province. The results of indoor toxicity test showed that 10% myclobutanil SC had a better inhibitory effect on pathogenic bacteria, with an EC_{50} of 0.000 9 mg/L, followed by 20% fludioxonil and 30% prothioconazole, with EC_{50} of 0.001 7 mg/L and 0.035 8 mg/L, respectively. Additionally, the other six tested fungicides, 25 g/L fludioxonil, 25% phenamacril, 25% pyraclostrobin, 70% hymexazol, thifluzamide and azoxystrobin, also had a certain degree of inhibitory effect on the pathogen. The EC_{50} values were 0.051 7, 0.059 9, 0.106 5, 0.306 8, 0.378 0, and 0.439 0 mg/L, respectively.

Key words: Maize; Maize stalk rot; *Fusarium redolens*; Fungicides; Toxicity determination

录用日期: 2024-04-12

基金项目: 甘肃省科技计划项目(22JR11RA282)、甘肃省农业工程技术研究院创新基金项目(GNG2022QN01)、甘肃省科技计划项目(23CXNH0008)、2023年科技创新人才计划-西部之光“西部青年学者”项目(23JR6KH032)、2022年陇原青年英才[2022]5号

作者简介: 汪亮芳, 硕士, 助理研究员, 研究方向为玉米病虫害综合防治技术研究。E-mail: 1607968777@qq.com
杨克泽为本文通信作者。E-mail: 307231530@qq.com

玉米是我国播种面积最大的作物, 在我国粮食安全中具有重要地位。茎基腐病是一种系统性侵染土传病害, 对玉米的生长发育和产量形成有严重影响^[1-2], 并且有逐年加剧趋势。

玉米茎基腐病是一种全生育期侵害的病害, 通常在灌浆期开始发病, 乳熟期到蜡熟期集中暴发, 主要引起玉米根系和茎基部腐烂, 导致植株早衰甚至倒伏^[3]。发病后, 由于地上部分运输水分和营养物质功能受阻, 导致玉米叶部表现出青枯、黄枯或青黄

枯3种症状^[4]。植株茎基部逐渐变软,最终整株萎蔫死亡,严重时植株倒伏,果穗下垂,有些甚至子粒干瘪变色、凸尖严重,易造成穗长、行粒数和千粒重降低,导致玉米减产。目前已报道玉米茎腐病致病菌有20余种,这些病原菌单独或复合侵染导致玉米茎腐病的发生,优势病原菌则因年份、地理环境和气候的差异而有所不同^[5]。国内玉米茎基腐病大多数是由镰刀菌、腐霉菌或复合侵染所致,其中,由镰刀菌引起的玉米茎基腐病在甘肃玉米种植区造成了严重危害。

甘肃处于中国西北,地处黄土高原、青藏高原和内蒙古高原交会处,地形地貌复杂,气候多样,玉米种植面积逐年增加。近年来,玉米茎基腐病在甘肃各生态区都有发生,由于耕作制度的改变和重茬连作等原因发生程度有加重趋势,尤其是2022年,在玉米乳熟期遇高温高湿气候,玉米茎基腐病发生面积大而重,90%以上的玉米因发生茎基腐病而青枯或黄枯,最终导致玉米提前死亡,造成了严重的经济损失。由于甘肃特殊的多样性气候条件,玉米茎基腐病的病原不尽相同。目前,该病的防治主要采用播种前的种子包衣和后期的药剂喷雾防治,因此,理清不同生态区域玉米茎基腐病的病原类型非常重要。对甘肃省玉米茎基腐病的发生进行调查发现,采自甘肃省张掖市平原堡镇的玉米茎腐病样品病原菌为芳香镰刀菌(*Fusarium redolens*),在甘肃省属于玉米茎基腐病新病原。本文对该菌进行形态学与分子生物学鉴定,并进行致病性测定和室内防治药剂筛选,为该病原引起的玉米茎基腐病的田间防效提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 玉米茎基腐病样品

玉米茎基腐病根茎病样于2017年采自甘肃省张掖市平原堡镇。

1.1.2 供试培养基

马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA):马铃薯200 g、葡萄糖20 g、琼脂18 g,蒸馏水1 000 mL。

1.1.3 供试药剂

10%叶啶唑悬浮剂(安徽久易有限公司)、30%丙硫菌唑可分散性悬浮剂(通州先正大农药化工有限公司)、25%吡唑醚菌酯悬浮剂(河北成悦化工有限公司)、25 g/L咯菌腈悬浮种衣剂(先正达南通作物保护有限公司)、20%氟唑菌酰胺悬浮剂(先正达投资有限公司)、70%噁霉灵可湿性粉剂(天津市绿亨化工有

限公司)、25%氰烯菌酯悬浮剂(江苏省农药研究所股份有限公司)、30%肟菌戊唑醇悬浮剂(德国拜尔股份有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 病原菌的分离纯化

采用常规组织分离法^[5]。用无菌水冲洗玉米茎基部组织,晾干后在病健交界处切取3 mm×3 mm大小的组织块,70%酒精浸泡消毒10~60 s,再用0.1%的升汞表面消毒1~3 min,无菌水冲洗3次,无菌滤纸吸干表面水分后置于含50 μg/mL链霉素的PDA平板上,于25℃恒温培养箱黑暗培养3 d,待形成菌落后,挑取菌丝进行纯化培养。

1.2.2 病原菌致病性测定

病原菌的致病性测定采用茎基部注射法和根埋法。菌株在PDA培养基上产生大量菌丝后,在超净工作台内将菌丝刮断,于28℃恒温培养箱光照培养至产生大量孢子,无菌水冲洗得到孢子悬浮液,再用纱布过滤备用。播种时用芳香镰刀菌分生孢子悬浮液(1×10^7 个/mL)与成膜剂拌种接种,播种时将菌液埋到植株根部,无菌水为对照。在玉米6叶期采用茎基部注射法在玉米茎基部用注射器将菌液注射到组织中,无菌水作为对照,保鲜膜覆盖伤口保湿,定期观察直至出现发病症状,从发病部位再分离病原菌,并与初接病原菌进行比较。

1.2.3 病原菌的鉴定

形态学鉴定:纯化的菌株接种到PDA平板上,于25℃黑暗培养3~7 d,观察菌丝形态、颜色、小型分生孢子。待菌丝大量生长至菌落直径接近培养皿边缘,在超净工作台内用折弯的无菌枪头将菌丝刮断,于28℃光照培养5 d,显微镜下观察孢子形态,在多个视野下测量孢子大小并进行显微镜下拍照,然后参考《常见镰刀菌鉴定指南》进行形态学鉴定。

分子生物学鉴定:将PDA培养基上25℃培养5~7 d的菌株,刮取菌丝装于2.0 mL离心管中,用CTAB法提取菌株基因组DNA,以提取的病原菌DNA为模板,采用ITS基因分析方法进行菌种鉴定,选用引物ITS1(5'-TCCGTAGGTTGAACCTGCGG-3')和ITS4(5'-TCCTCCGCTTATTTGATATGC-3')进行PCR扩增,引物由擎科生物公司合成。PCR反应体系(25 μL):模板DNA 2 μL,TEF1和TEF2引物各1 μL,Mix 12.5 μL,加ddH₂O补足至25 μL。PCR反应程序:95℃预变性5 min,94℃变性30 s,55℃退火30 s,72℃延伸1 min,共25个循环;72℃延伸10 min^[6]。产物送擎科生物公司测序。核苷酸序列在NCBI上进行BLAST同源性分析,选取近缘模式

菌株与供试菌株进行系统发育分析,使用MEGA7.0软件,构建系统发育树。

1.2.4 室内药剂毒力测定

采用菌丝生长速率法测定杀菌剂对病原菌的毒力。根据预试验结果,每种杀菌剂按有效成分分别稀释为5个浓度梯度,按照体积比1:9的比例加入到灭菌冷却至50℃的PDA培养基中,充分混匀后倒入9.0 cm的灭菌培养皿中,制成含药培养基平板,每个处理3次重复,以加入无菌水的PDA培养基为对照。采用菌饼接种法,将直径为6 mm的菌饼接种至培养基中央,于25℃恒温培养箱培养5 d,采用交叉法测量不同浓度药剂处理菌落直径,与对照比较计算各药剂处理对菌丝生长的抑制率,分析比较不同杀菌剂对供试病菌菌丝生长的影响。

菌丝生长抑制率=(对照菌落直径-处理菌落直径)/(对照菌落直径-菌饼直径)×100%。

1.3 数据处理与分析

通过Microsoft Excel和IBM SPSS Statistics 26软件,以杀菌剂浓度的对数值为自变量,抑菌率换算成抑制几率值为因变量,分析获得毒力回归方程、相关系数 r 及 EC_{50} 值。

2 结果与分析

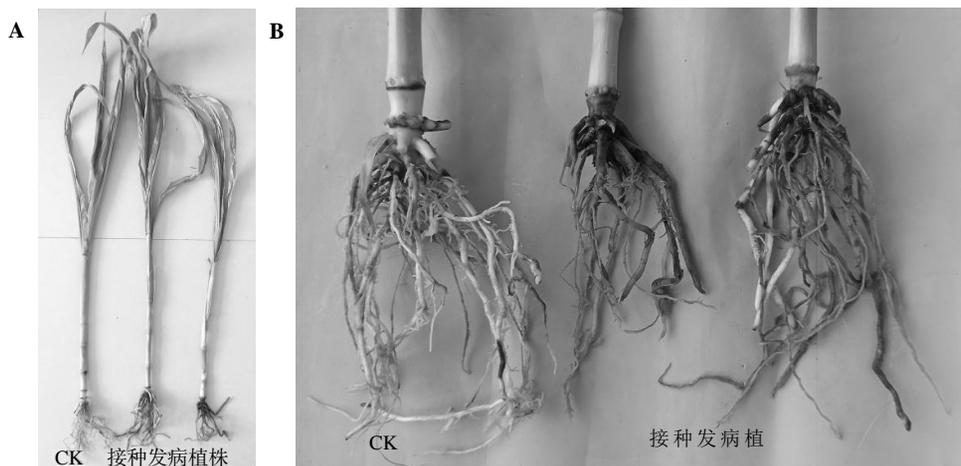
2.1 病害田间症状

玉米茎基腐病田间自然发病植株,首先是根系发病,局部产生淡褐色水渍状病斑,逐渐扩展到整个根系,最后根变空心,根毛稀少,植株易拔起;侵染初期,叶片可见青灰色干枯,后期玉米植株叶片自上而下逐渐变黄,茎基部中空并软化致整株倒伏,根和茎基部逐渐变褐色,植株易拔起,果穗下垂并且秃尖严重;子粒干瘪,无光泽,千粒重下降。

2.2 病原菌分离和鉴定

2.2.1 病原菌的分离及致病性

对玉米茎基腐病发病组织样品进行病原菌分离纯化后获得的菌株命名为YM2017029。接种到健康玉米15 d后,玉米植株开始叶片干枯,茎基部变软,根部变黑褐色,与采集到的玉米茎基腐病田间自然发病症状一致,而对照无变化(图1)。对发病组织再分离、纯化,获得了与接种菌株相同的病原菌,满足柯赫氏法则,证实分离获得的菌株为玉米茎基腐病病原菌。



注:A为玉米茎基腐病植株症状;B为玉米茎基腐病根部症状。

Note: A, Plant symptoms of maize root rot; B, Root symptoms of maize root rot.

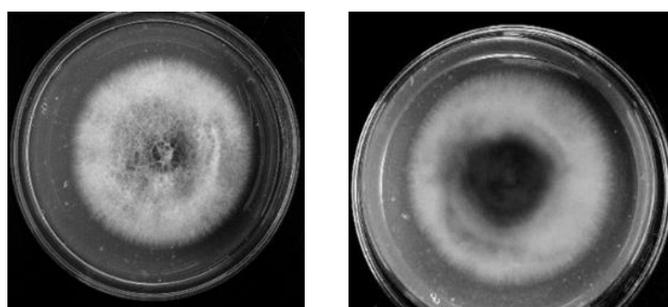
图1 致病性测定

Fig.1 Pathogenicity determination

2.2.2 病原菌的形态学鉴定

如图2所示,菌株在PDA培养基上25℃黑暗培养3 d时菌落直径为3.5~4.4 cm,菌落为边缘较规则的圆形,菌落白色、淡黄色或浅粉色,菌落背面可见浅土黄色晕圈,产生浅土黄色或棕红色色素;气生菌丝白色毛绒状或毡状,小型分生孢子单孢,肾形或椭圆形,0~1分隔,(5.0~17.5) μm ×(2.5~4.5) μm ;

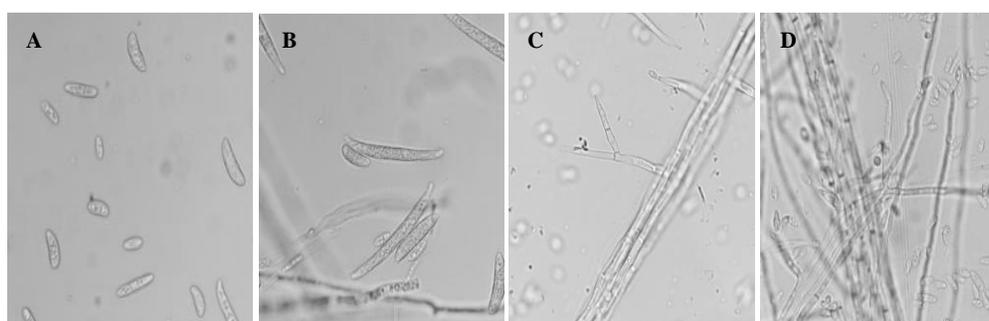
PDA培养基上将菌丝刮断培养3~7 d,产生大型分生孢子,美丽型,两端较钝,顶孢稍弯,2~5个隔,比尖孢镰刀菌大孢子稍宽,(27.5~32.5) μm ×(3.5~5.0) μm ;产孢细胞为长筒形的单瓶梗状,75%的分离频率(图3)。初步鉴定为芳香镰刀菌(*Fusarium redolens*)。



A: 病原菌菌落正面
A, Front of pathogenic bacteria community
B: 病原菌菌落背面
B, Back of pathogenic bacteria community

图2 病原菌形态特征

Fig.2 Morphological characteristics of pathogenic bacteria



A: 小型分生孢子
A: Microconidia
B: 大型分生孢子
B: Macroconidia
C-D: 产孢细胞
C-D: Sporogenic cells

图3 产孢结构的形态特征

Fig.3 Morphological characteristics of sporogenic cells

2.2.3 病原菌的分子生物学鉴定

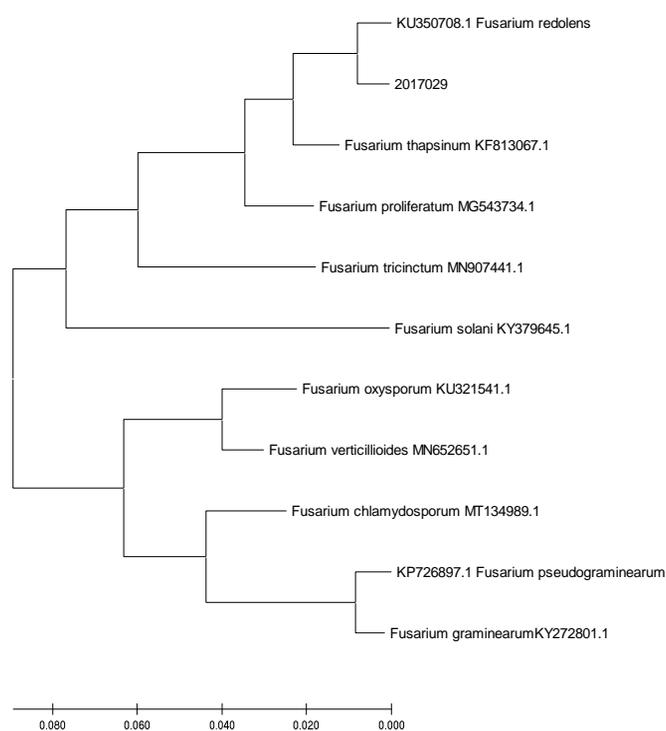


图4 基于 rDNA-ITS 序列以邻接法构建镰刀菌及其相关菌株的系统发育树

Fig.4 The phylogenetic tree of *Fusarium* spp. and related strains based on rDNA-ITS sequences by neighbor joining method

引物 ITS1/ITS4 对菌株 2017029 的基因组 DNA 进行 PCR 扩增,测序获得的核苷酸序列与 GenBank 中提交的核苷酸序列进行同源性比对,病原与芳香镰刀菌 (*Fusarium redolens*) 的同源性最高。利用 MEGA5.0 软件将其与参考基因进行比对,图 4 系统发育树显示,其和登录号为 KY272801..1 的 *Fusarium redolens* 聚为一枝。结合形态学特征和分子生物学结果,将菌株 2017029 鉴定为芳香镰刀菌 (*Fusarium redolens*)。

2.2.4 不同药剂对病原菌的室内毒力测定

由表 1 可以看出,9 种药剂在 5 个选定的浓度下

对芳香镰刀菌具有较好的抑制效果。10%叶菌唑对芳香镰刀菌的抑制效果显著优于其他药剂,其 EC_{50} 值为 0.000 9 mg/L;其次是氟唑菌酰胺,其 EC_{50} 值为 0.001 7 mg/L;其余 7 种供试药剂抑制样本菌落的毒力由强到弱依次为 30%丙硫菌唑、25 g/L 咯菌腈、25%氰烯菌酯、25%吡唑醚菌酯、70%噁霉灵、噻呋酰胺、苯甲嘧菌酯, EC_{50} 值分别为 0.035 8、0.051 7、0.059 9、0.106 5、0.306 8、0.378 0 和 0.439 0 mg/L。与 10%叶菌唑相比,抑制中浓度显著增加,增加约 40~488 倍。

表 1 不同杀菌剂对芳香镰刀菌的室内毒力测定结果

Table 1 Incoor toxicity test results of different fungicide on *F. oxysporum*

药剂 Fungicide	毒力回归方程 Toxicity regression equation	抑制中浓度(mg/L) EC_{50}	相关系数(r) Correlation coefficient
10%叶菌唑	$y=0.593 4x+6.814 5$	0.000 9	0.913 9
30%丙硫菌唑	$y=0.642 9x+5.929 7$	0.035 8	0.954 7
25%吡唑醚菌酯	$y=0.599 9x+5.583 4$	0.106 5	0.934 1
25g/L咯菌腈	$y=1.255 0x+6.614 4$	0.051 7	0.915 6
20%氟唑菌酰胺	$y=0.830 5x+7.295 2$	0.001 7	0.948 9
70%噁霉灵	$y=0.897 8x+5.460 7$	0.306 8	0.958 4
25%氰烯菌酯	$y=0.785 8x+5.960 6$	0.059 9	0.953 0
苯甲嘧菌酯(阿米妙收)	$y=-5.319 2x+3.163 5$	0.439 0	0.923 6
噻呋酰胺	$y=-0.916 6x+4.562 1$	0.378 0	0.917 6

3 结论与讨论

玉米茎基腐病是危害玉米的主要土传病害之一,对玉米产量造成严重威胁。近年来,玉米茎基腐病在甘肃的一些主要种植区普遍发生,危害程度也逐年加重。玉米茎基腐病的致病菌种类繁多,多种致病真菌引起的症状相似,容易混淆,对病害防治带来一定的困难,因此,正确鉴定玉米茎基腐病的病原菌及筛选防治药剂对田间防治病害有重要的指导意义。目前国内外研究表明,玉米茎基腐病的致病菌包括腐霉菌和不同种类的镰刀菌,北方玉米种植区以镰刀菌为优势病原菌^[7]。

通过对甘肃省玉米茎基腐病病原菌的分离、纯化、鉴定及致病性回接试验,明确芳香镰刀菌引起的玉米茎基腐病为甘肃地区首次发现,这一结果为进一步研究甘肃省玉米茎基腐病的流行规律、发病机制及抗病育种等方面提供了可靠的理论依据。

目前,对于玉米茎基腐病的防治仍然以化学防治为主,主要通过种子包衣、田间喷雾等防治方法。本研究通过菌丝生长速率法,筛选出毒力效果较好

并且作用方式不同的药剂供生产中轮换使用。室内毒力测定试验结果表明,供试的 9 种杀菌剂对芳香镰刀菌均具有较好的抑制效果, EC_{50} 值均在 1.0 mg/L 以下。10%叶菌唑对芳香镰刀菌抑制效果最强 (EC_{50} 值为 0.000 9 mg/L)^[8]。与其他传统三唑类杀菌剂相比,虽然作用机理与其他三唑类杀菌剂一样,但叶菌唑在低剂量下杀菌活性较高,而且对几种镰刀菌都具有较好抑制作用。氟唑菌酰胺和 30%丙硫菌唑效果也较为理想,其 EC_{50} 值分别为 0.001 7 和 0.035 8 mg/L。其中,氟唑菌酰胺是作用于琥珀酸脱氢酶的新型吡啶酰胺类杀菌剂,通过干扰呼吸链复合体 II,阻止能量合成,抑制病原菌生长,且不易与其他类型杀菌剂产生交互抗性;丙硫菌唑是一类三唑类广谱杀菌剂,具备较好的防病增产效果,且安全性较高^[9]。其余 6 种供试药剂抑制样本菌落的毒力由强到弱依次为 25 g/L 咯菌腈、25%氰烯菌酯、25%吡唑醚菌酯、70%噁霉灵、噻呋酰胺、苯甲嘧菌酯, EC_{50} 值分别为 0.051 7、0.059 9、0.106 5、0.306 8、0.378 0 和 0.439 0 mg/L。咯菌腈通过抑制在渗透感应力信号传递过程中具有信号作用的蛋白质致活酶 PK-III

(kinasePK-III),从而导致非磷酸化调节蛋白质浓度的增加,进而使渗透敏感的细胞分裂剂活化蛋白酶分泌失常,最终导致病菌死亡。氰烯菌酯属2-氰基丙烯酸酯类杀菌剂,是一种结构新颖、作用方式独特、具有自主知识产权的新型杀菌剂,能有效控制由镰刀菌引起的小麦赤霉病、水稻恶苗病和西瓜枯萎病等多种植物病害,在玉米茎基腐病防治上目前尚未见报道^[10]。吡唑醚菌酯是德国巴斯夫公司于1993年发现的一种兼具吡唑结构的甲氧丙烯酸甲酯类广谱杀菌剂,是一种线粒体呼吸抑制剂,不仅毒性低,对非靶标生物安全,而且对使用者和环境均安全友好^[11-12]。

综上,几种杀菌剂不仅对芳香镰刀菌毒力效果较好,而且作用机理不同,在生产中可以交替轮换使用,以降低病原菌对其产生抗药性。同时,几种杀菌剂无交互抗性,今后可以将其进行复配,以延缓病菌抗药性的产生,扩大抗菌谱,提高药效,降低用药量,降低成本,达到更好的防治效果。本结果限于室内毒力测定,抑菌效果不等同于田间防治效果,需对其田间防治效果进一步地验证。

参考文献:

- [1] 杨克泽,马金慧,吴之涛,等. 硅肥与18%吡唑醚菌酯SC混喷对玉米茎基腐病及产量的影响[J]. 农药, 2019, 58(7): 527-531.
YANG K Z, MA J H, WU Z T, et al. Effects of silicon fertilizer mixed with pyraclostrobin 18% SC on the maize stalk rot and yield [J]. Pesticides, 2019, 58(7): 527-531. (in Chinese)
- [2] 马金慧,杨克泽,徐志鹏,等. 不同植物免疫诱抗剂对玉米茎基腐病菌的抑制效果和田间防效[J]. 农药, 2022, 61(11): 840-844.
MA J H, YANG K Z, XU Z P, et al. Antifungal effect and field efficacy of different plant immunoinducents on corn stalk rot[J]. Pesticides, 2022, 61(11): 840-844. (in Chinese)
- [3] 任璐,田舒媛,吕红,等. 芽胞杆菌种衣剂对玉米茎基腐病的防治效果及对玉米的促生作用[J]. 植物保护学报, 2023, 50(5): 1358-1367.
REN L, TIAN S Y, LÜ H, et al. Biocontrol efficacy of Bacillus seed coating agent against maize stalk rot and its growth-promoting effects on maize[J]. Journal of Plant Protection, 2023, 50(5): 1358-1367. (in Chinese)
- [4] 韩佩玲,陈晓露,李东育,等. 玉米茎基腐病研究进展[J]. 现代农业科技, 2023, 842(12): 103-108.
HAN P Y, CHEN X L, LI D Y, et al. Research progress on maize stalk rot[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2023, 842(12): 103-108. (in Chinese)
- [5] 刘树森,马红霞,郭宁,等. 黄淮海夏玉米主产区茎腐病主要病原菌及优势种分析[J]. 中国农业科学, 2019, 52(2): 262-272.
LIU S S, MA H X, GUO N, et al. Analysis of main pathogens and dominant species of maize stalk rot in the main summer maize producing areas of Huang-Huai-Hai[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2019, 52(2): 262-272. (in Chinese)
- [6] 郭聪聪,朱维芳,付萌,等. 甘肃省玉米子粒中镰孢菌分离频率及伏马毒素含量监测[J]. 植物保护学报, 2015, 42(6): 942-948.
GUO C C, ZHU W F, FU M, et al. Occurrence of *Fusarium* species and fumonisins associated with maize kernels from Gansu Province [J]. Journal of Plant Protection, 2015, 42(6): 942-948. (in Chinese)
- [7] 吴之涛,杨克泽,马金慧,等. 玉米茎基腐病研究进展[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(22): 5-7.
WU Z T, YANG K Z, MA J H, et al. Research progress on stalk rot of maize[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(22): 5-7. (in Chinese)
- [8] 赫丹,徐剑宏,仇剑波,等. 叶菌唑对轮枝镰刀菌的活性及作用机制[J]. 农药学报, 2023, 25(2): 353-363.
HE D, XU J H, QIU J B, et al. Activity and mechanism of metconazole against *Fusarium verticillioides*[J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2023, 25(2): 353-363. (in Chinese)
- [9] 祁月月,邵宇,张平,等. 丙硫菌唑和氟唑菌酰胺复配对小麦赤霉病菌的联合毒力[J]. 浙江农业科学, 2024, 65(3): 667-671.
QI Y Y, SHAO Y, ZHANG P, et al. Combined virulence of prothioconazole and fluazole hydroxylamine compounds against *Fusarium head blight*[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2024, 65(3): 667-671. (in Chinese)
- [10] 李美霞,陈香华,周长勇,等. 灭菌唑与氰烯菌酯复配对水稻恶苗病菌的抑制活性[J]. 农药学报, 2022, 24(6): 1547-1551.
LI M X, CHEN X H, ZHOU C Y, et al. Antifungal activity of the compound of triticonazole and phenamacril against *Fusarium fujikuroi*[J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2022, 24(6): 1547-1551. (in Chinese)
- [11] 于志波,芦仙慧,冯义志,等. 吡唑醚菌酯和戊菌唑混用在设施草莓中的残留、消解、储藏稳定性及安全性评价[J]. 农药, 2023, 62(12): 895-900.
YU Z B, LU X H, FENG Y Z, et al. Residue, dissipation behavior, storage stability and safety evaluation of pyraclostrobin and penconazole mixture in greenhouse strawberry[J]. Pesticides, 2023, 62(12): 895-900. (in Chinese)
- [12] 张兴红,汪汉成,张艺,等. 38%唑醚·啶酰菌WG应用后烟叶叶际微生物的变化规律[J]. 农药, 2024, 63(1): 49-56.
ZHANG X H, WANG H C, ZHANG Y, et al. Changes of phyllosphere microorganisms in tobacco leaves after the application of pyraclostrobin · boscalid 38% WG[J]. Pesticides, 2024, 63(1): 49-56. (in Chinese)

(责任编辑: 栾天宇)