

黄淮麦区假禾谷镰刀菌对3种杀菌剂敏感性测定

王季锋^{1#}, 王珊珊^{1,3#}, 许景升¹, 徐进¹, 冯洁¹, 张爱香³,
田海月⁴, 王连刚⁴, 黄俊霞⁵, 张昊^{1,2*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害综合治理全国重点实验室, 北京 100193; 2. 农业农村部国家植物保护甘谷观测实验站, 天水 741200; 3. 河北北方学院, 张家口 075000; 4. 山东省青岛市农业技术推广中心, 青岛 266071; 5. 内蒙古自治区农牧业技术推广中心, 呼和浩特 010031)

摘要 以假禾谷镰刀菌 *Fusarium pseudograminearum* 为主要病原菌引起的小麦茎基腐病已经成为黄淮麦区的主要小麦病害之一, 对小麦生产安全带来严重威胁。为了解假禾谷镰刀菌对氟烯菌酯、戊唑醇和咯菌腈3种杀菌剂的敏感性, 采用菌丝生长速率法对采自河南、河北、山东的108株假禾谷镰刀菌进行了室内毒力测定。试验结果表明: 氟烯菌酯对假禾谷镰刀菌的 EC_{50} 为 $0.088\sim0.929\ \mu\text{g/mL}$, EC_{50} 均值为 $(0.471\pm0.181)\ \mu\text{g/mL}$; 敏感性分布为连续单峰曲线, 经 Shapiro-Wilk 正态性检验符合正态分布 ($W=0.988$, $P=0.437>0.05$), 所以将所有菌株的 EC_{50} 平均值 $0.471\ \mu\text{g/mL}$ 定为假禾谷镰刀菌对氟烯菌酯的敏感基线; 戊唑醇对供试菌株的 EC_{50} 为 $0.015\sim0.961\ \mu\text{g/mL}$, EC_{50} 均值为 $(0.384\pm0.219)\ \mu\text{g/mL}$, 敏感性分布不符合连续单峰的正态分布; 咯菌腈对供试菌株的 EC_{50} 为 $0.029\sim0.354\ \mu\text{g/mL}$, EC_{50} 均值为 $(0.153\pm0.075)\ \mu\text{g/mL}$, 敏感性分布不符合连续单峰的正态分布。不同地理来源菌株间敏感性存在差异, 但对这3种杀菌剂都表现出较高的敏感性。本试验结果为3种杀菌剂在小麦茎基腐病上的防治应用提供了理论基础, 为病原菌对药剂的敏感性、抗药性监测提供了重要信息。

关键词 小麦茎基腐病; 假禾谷镰刀菌; 杀菌剂; 敏感性

中图分类号: S 435.121.4 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2022115

Sensitivity of *Fusarium pseudograminearum* isolates to three fungicides in Huang-Huai wheat region

WANG Jifeng^{1#}, WANG Shanshan^{1,3#}, XU Jingsheng¹, XU Jin¹, FENG Jie¹, ZHANG Aixiang³,
TIAN Haiyue⁴, WANG Liangang⁴, HUANG Junxia⁵, ZHANG Hao^{1,2*}

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. National Agricultural Experimental Station for Plant Protection at Gangu, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianshui 741200, China; 3. Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China; 4. Qingdao Agricultural Technology Extension Center in Shandong Province, Qingdao 266071, China; 5. Inner Mongolia Technology Extension Center of Agriculture and Animal Husbandry, Hohhot 010010, China)

Abstract *Fusarium* crown rot primarily caused by *Fusarium pseudograminearum* has become one of the main wheat diseases in Huang-Huai wheat area, which poses serious threat to wheat production safety. In order to understand the sensitivity of *F. pseudograminearum* to three fungicides, including phenamacril, tebuconazole and fludioxonil, the toxicity of 108 *F. pseudograminearum* strains collected from Henan, Hebei and Shandong provinces was determined by mycelial growth rate method in laboratory. The results showed that the EC_{50} value of phenamacril against *F. pseudograminearum* ranged from 0.088 to $0.929\ \mu\text{g/mL}$, and the mean value of EC_{50} was $(0.471\pm0.181)\ \mu\text{g/mL}$. Shapiro-wilk normality test conforms to normal distribution ($W=0.988$, $P=0.437>0.05$), so the sensitivity baseline was $0.471\ \mu\text{g/mL}$. The EC_{50} value of tebuconazole ranged from 0.015 to $0.961\ \mu\text{g/mL}$, and the mean EC_{50} value was $(0.384\pm0.219)\ \mu\text{g/mL}$. The sensitivity distribution did not comply with the normal distribution of continuous single peak. The EC_{50} value of fludioxonil was $0.029\sim0.354\ \mu\text{g/mL}$,

收稿日期: 2022-03-03 修订日期: 2022-05-27

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFE0126700); 国家自然科学基金(32172379); 国家现代农业小麦产业技术体系(CARS-03)

* 通信作者 E-mail: zhanghao@caas.cn

为并列第一作者

and the mean value of EC_{50} was $(0.153 \pm 0.075) \mu\text{g/mL}$. The sensitivity distribution did not conform to the normal distribution of continuous single peak. There were differences in susceptibility among strains of different geographical origin, but they all showed high sensitivity to the three fungicides. The results provided theoretical basis for the application of the three fungicides in the prevention and control of Fusarium crown rot, and provided important information for the monitoring of pathogen sensitivity and fungicide resistance.

Key words Fusarium crown rot; *Fusarium pseudograminearum*; fungicide; sensitivity

小麦茎基腐病是由镰刀菌引起的世界性小麦根部病害之一,主要致病菌包括假禾谷镰刀菌 *Fusarium pseudograminearum*、禾谷镰刀菌 *F. graminearum*、黄色镰刀菌 *F. culmorum* 等^[1-2]。自从 2012 年在河南省发现由假禾谷镰刀菌引起的小麦茎基腐病以来,该病在河南及周边省份普遍发生,假禾谷镰刀菌也逐渐成为小麦茎基腐病的主要致病菌^[3-6]。研究发现,黄淮冬麦区主要推广的小麦品种对于茎基腐病的抗性表现整体较差,没有高抗的品种资源^[7]。所以,现在对于小麦茎基腐病的防治主要采用化学防治手段,辅以清茬、晚播、合理轮作等耕作措施^[8]。目前我国还没有登记用于防治小麦茎基腐病的化学杀菌剂,实际应用的杀菌剂主要包括苯并咪唑类杀菌剂如多菌灵,甾醇脱甲基抑制剂类杀菌剂如丙硫菌唑、戊唑醇,以及氨基丙烯酸酯类杀菌剂氰烯菌酯,苯基吡咯类杀菌剂咯菌腈等^[9]。氰烯菌酯、戊唑醇是防治禾谷镰刀菌引起的小麦赤霉病的主要杀菌剂^[10-11],对于亲缘关系较近的假禾谷镰刀菌^[12]也是潜在的防治药剂。同时咯菌腈^[13]和戊唑醇^[14]是防治小麦土传真菌病害的常用种子包衣剂,因此,明确茎基腐病菌对这 3 种杀菌剂的敏感性,对于该病害的防治具有重要意义。本文采用菌丝生长速率法,测定了采集于河南、河北、山东三省的小麦茎基腐病原菌假禾谷镰刀菌对 3 种杀菌剂的敏感性,建立敏感基线,分析不同地理来源菌株的敏感性差异,评估氰烯菌酯、咯菌腈、戊唑醇在小麦茎基腐病防治上的应用前景,旨在为生产中小麦茎基腐病的高效防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试菌株:由中国农业科学院植物保护研究所作物细菌组提供,为 2019 年于河南、河北、山东三省采集的小麦茎基腐病样上分离鉴定得到的假禾谷镰刀菌 *Fusarium pseudograminearum*,其中河南 38 株,河北 43 株,山东 27 株,共计 108 株。

供试杀菌剂:98% 氰烯菌酯 (phenamacril) 原药,江苏省农药研究所股份有限公司;98.5% 咯菌腈 (fludioxonil) 原药,上海禾本药业股份有限公司;

97% 戊唑醇 (tebuconazole) 原药,江苏中旗科技股份有限公司。均保存于 4℃ 避光环境。

1.2 试验方法

1.2.1 菌种的活化

从 -80℃ 冰箱中取出供试菌株的保存菌种,取部分菌种转到 PDA 平板上。倒置放入 28℃ 恒温培养箱中,避光培养 3 d 备用。

1.2.2 室内药剂敏感性测定

采用菌丝生长速率法测定小麦茎基腐病菌假禾谷镰刀菌对 3 种药剂的敏感性。3 种药剂均用二甲亚砜(DMSO)配成 $1 \times 10^4 \mu\text{g/mL}$ 的母液,再用无菌水进行稀释。将稀释后的药液加入 PDA 培养基中,配制成含有不同浓度梯度药剂的含药平板,其中氰烯菌酯的浓度梯度为 0.125, 0.25, 0.5, 1, 1.5, 2 $\mu\text{g/mL}$,咯菌腈的浓度梯度为 0.125, 0.375, 0.5, 0.75, 1.25 $\mu\text{g/mL}$,戊唑醇的浓度梯度为 0.125, 0.375, 1.125, 3.375, 6.75 $\mu\text{g/mL}$ 。将直径 5 mm 的菌饼放置于含药平板中心,每个菌株重复接种 3 个平板,每种药剂试验均设置不含药平板作为对照,将所有平板放入 28℃ 培养箱中倒置避光培养。接种后的培养皿在恒温培养箱培养 72 h 后采用交叉法测量菌落生长直径。

1.3 数据分析

利用 Excel 软件进行数据统计,计算药剂对菌株的有效抑制中浓度 EC_{50} 以及毒力回归方程。采用 R 语言软件对小麦茎基腐病菌对不同药剂的 EC_{50} 进行 Shapiro-Wilk 正态性检验, LSD 检验分析及相关制图。

2 结果与分析

2.1 假禾谷镰刀菌对 3 种杀菌剂的敏感性及其敏感基线

试验结果表明,氰烯菌酯对供试的 108 株菌株的 EC_{50} 范围为 0.088 ~ 0.929 $\mu\text{g/mL}$, EC_{50} 均值为 $(0.471 \pm 0.181) \mu\text{g/mL}$;戊唑醇的 EC_{50} 范围为 0.015 ~ 0.961 $\mu\text{g/mL}$, EC_{50} 均值为 $(0.384 \pm 0.219) \mu\text{g/mL}$;咯菌腈的 EC_{50} 范围为 0.029 ~ 0.354 $\mu\text{g/mL}$, EC_{50} 均值为 $(0.153 \pm 0.075) \mu\text{g/mL}$ 。根据菌株 EC_{50} 频

率分布(图 1),供试菌株对氰烯菌酯的敏感性分布为连续单峰曲线,Shapiro-Wilk 正态性检验结果为: $W=0.988, P=0.437>0.05$,符合正态分布,所以可将 $EC_{50} 0.471 \mu\text{g/mL}$ 作为河南、河北、山东三省假禾谷镰刀菌对氰烯菌酯的敏感基线。供试菌株对戊唑

醇的敏感性分布为连续单峰曲线,但 Shapiro-Wilk 正态性检验结果为: $W=0.947, P=0.000 3<0.05$,不符合正态分布。供试菌株对咯菌腈的敏感性分布不是连续单峰曲线,Shapiro-Wilk 正态性检验结果为: $W=0.961, P=0.000 3<0.05$,不符合正态分布。

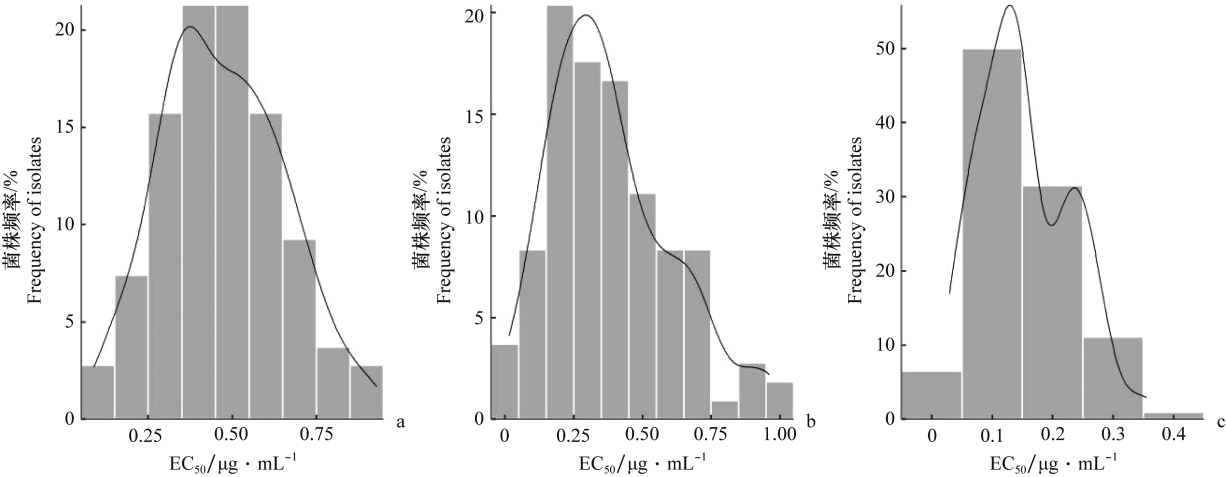


图 1 假禾谷镰刀菌对氰烯菌酯(a)、戊唑醇(b)、咯菌腈(c)的敏感性频率分布

Fig. 1 Sensitivity frequency distribution of *Fusarium pseudograminearum* isolates to phenamacril (a), tebuconazole (b) and fludioxonil (c)

2.2 不同省份来源菌株对 3 种杀菌剂敏感性的差异

由表 1 可知,不同省份来源的菌株间对 3 种药剂的敏感性都存在差异。河南菌株对氰烯菌酯的敏感性差异最大,敏感性最低菌株 EC_{50} 是最高菌株的 11.27 倍,平均 EC_{50} 最小,为 $0.396 \pm 0.199 \mu\text{g/mL}$,整体敏感性最高,与河北菌株间存在显著差异,与山东菌株无显著差异;河北菌株对

戊唑醇的敏感性差异最大,敏感性最低菌株 EC_{50} 是最高菌株的 58.52 倍,平均 EC_{50} 最小,为 $(0.326 \pm 0.217) \mu\text{g/mL}$,整体敏感性最高,与山东菌株间存在显著差异,与河南菌株无显著差异;河北菌株对咯菌腈的敏感性差异最大,敏感性最低菌株 EC_{50} 是最高菌株的 11.82 倍,河南菌株平均 EC_{50} 最小,为 $(0.137 \pm 0.062) \mu\text{g/mL}$,但三省份菌株间平均 EC_{50} 无显著差异。

表 1 不同省份菌株对 3 种杀菌剂的敏感性¹⁾

Table 1 Sensitivities of isolates from different provinces to three fungicides

采集地 Location	菌株数量/株 Amount of isolates	EC ₅₀ 分布范围/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Range of EC ₅₀ value			EC ₅₀ 平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Average of EC ₅₀ value		
		氰烯菌酯 phenamacril	戊唑醇 tebuconazole	咯菌腈 fludioxonil	氰烯菌酯 phenamacril	戊唑醇 tebuconazole	咯菌腈 fludioxonil
河南 Henan	38	0.088~0.929	0.031~0.961	0.033~0.292	$(0.396 \pm 0.199)\text{b}$	$(0.385 \pm 0.216)\text{ab}$	$(0.137 \pm 0.062)\text{a}$
河北 Hebei	43	0.139~0.893	0.015~0.854	0.029~0.344	$(0.538 \pm 0.158)\text{a}$	$(0.326 \pm 0.217)\text{b}$	$(0.155 \pm 0.077)\text{a}$
山东 Shandong	27	0.173~0.851	0.126~0.961	0.043~0.354	$(0.471 \pm 0.151)\text{ab}$	$(0.474 \pm 0.207)\text{a}$	$(0.171 \pm 0.085)\text{a}$
总计 Total	108	0.088~0.929	0.015~0.961	0.029~0.354	(0.471 ± 0.181)	(0.384 ± 0.219)	(0.153 ± 0.075)

1) 表中不同小写字母表示采集地间差异显著($\alpha=0.05$).
Different lowercase letters in the table indicate significant difference among three locations ($\alpha=0.05$).

3 结论与讨论

近年来由于气候变化、秸秆还田、跨区域机械化操作、现有栽培品种抗病性差等原因,小麦茎基腐病在我

国的危害面积迅速增加,自 2016 年开始在黄淮麦区大面积暴发后,已经成为当地最为严重的小麦病害之一。合理使用药剂防治手段,减轻小麦茎基腐病的危害已经成为保证黄淮麦区小麦产量的重要措施^[15]。

氰烯菌酯是我国自主研发的一种高效杀菌剂,从2006年起一直广泛应用于小麦赤霉病的防治,且和咪鲜胺、啉菌酯、多菌灵等常用杀菌剂无交互抗性^[16]。本试验中,氰烯菌酯对假禾谷镰刀菌的 EC_{50} 在 $0.088\sim 0.929\ \mu\text{g/mL}$ 之间,敏感基线为 $(0.471\pm 0.181)\ \mu\text{g/mL}$,假禾谷镰刀菌对氰烯菌酯敏感性较强。虽然暂无关于假禾谷镰刀菌对氰烯菌酯的敏感性相关报道,但李恒奎等^[16]于2006年报道了氰烯菌酯对51株禾谷镰刀菌的 EC_{50} 均值为 $(0.153\pm 0.05)\ \mu\text{g/mL}$;张穗等^[17]于2018年测定了32株分离自上海的禾谷镰刀菌对氰烯菌酯的敏感性, EC_{50} 在 $0.098\sim 0.504\ \mu\text{g/mL}$ 之间, EC_{50} 均值为 $(0.2589\pm 0.0511)\ \mu\text{g/mL}$,禾谷镰刀菌与假禾谷镰刀菌的 EC_{50} 差异不大,可以为田间药剂的使用提供依据。本试验采用了来自3个省份的108株菌株,地区跨度大,菌株数量较多,同时氰烯菌酯还并未在黄淮海区使用过,所以本试验建立的敏感基线能够真实有效地反映假禾谷镰刀菌群体对于氰烯菌酯的敏感性现状。

戊唑醇是一种麦角甾醇脱甲基抑制剂DMI类杀菌剂,广泛应用于防治多种真菌病害,其杀菌谱广,不仅活性高,而且持效期长。王丽等^[18]在2018年报道,戊唑醇对6株假禾谷镰孢菌表现出较强的抑制作用, EC_{50} 为 $0.322\sim 2.441\ \mu\text{g/mL}$,均值为 $1.328\ \mu\text{g/mL}$ 。周锋等^[19]在2021年报道,通过室内毒力试验,得出戊唑醇对采自河南省的1株假禾谷镰孢菌的 EC_{50} 为 $0.04\ \mu\text{g/mL}$ 。窦君霞等^[20]在2020年报道,戊唑醇对采集于山东省的1株假禾谷镰刀菌的 EC_{50} 为 $0.906\ \mu\text{g/mL}$ 。以往报道所用菌株数量较少,无法很好地反映田间假禾谷镰刀菌群体对戊唑醇的敏感性范围,本试验测得戊唑醇对108株假禾谷镰刀菌的 EC_{50} 范围为 $0.015\sim 0.961\ \mu\text{g/mL}$, EC_{50} 均值为 $(0.384\pm 0.219)\ \mu\text{g/mL}$,能够反映田间假禾谷镰刀菌群体的真实敏感性水平。本试验的菌株对戊唑醇的敏感性不符合正态分布,可能是因为戊唑醇已经作为有效防治小麦赤霉病的杀菌剂和防治土传性病害的种衣剂成分应用多年,田间菌株的敏感性降低,群体中存在一部分低敏感性的亚群体。

咯菌腈为苯基吡咯类杀菌剂,因其作用机理独特,与现有杀菌剂无交互抗性,是一类很有发展前景的杀菌剂。王丽等^[18]于2018年的报道指出,咯菌腈对6株假禾谷镰刀菌表现出较强的抑制作用, EC_{50} 为 $0.027\sim 0.074\ \mu\text{g/mL}$,均值为 $0.056\ \mu\text{g/mL}$ 。周锋等^[19]2021年报道咯菌腈对1株假禾谷镰刀菌的

EC_{50} 为 $0.03\ \mu\text{g/mL}$ 。Chen等^[21]2021年报道咯菌腈对采自河南省的105株假禾谷镰刀菌 EC_{50} 范围为 $0.0027\sim 0.047\ \mu\text{g/mL}$,菌株敏感基线为 $(0.0263\pm 0.0101)\ \mu\text{g/mL}$,不同地区间假禾谷镰刀菌敏感性差异和菌株地理来源无显著相关性。李聪聪^[22]在2021年对采自河北的6株假禾谷镰刀菌进行了咯菌腈室内毒力测定,结果表明咯菌腈对假禾谷镰刀菌的 EC_{50} 范围为 $0.3983\sim 1.503\ \mu\text{g/mL}$,菌株间差异较大。本试验研究结果表明,咯菌腈对假禾谷镰刀菌的 EC_{50} 在 $0.029\sim 0.354\ \mu\text{g/mL}$ 之间, EC_{50} 均值为 $(0.153\pm 0.075)\ \mu\text{g/mL}$,与Chen等^[21]研究结果存在差异,后者测得咯菌腈对假禾谷镰刀菌的最低抑制浓度(MIC)为 $0.24\ \mu\text{g/mL}$,低于本试验的 EC_{50} 上限。这很可能是菌株不同或药剂原因造成的,还需要进一步的试验来验证。同时由于咯菌腈也作为防治土传病害的种衣剂成分应用多年,田间菌株敏感性降低,所用菌株中存在低敏感性的亚群体,菌株整体敏感性不符合正态分布。

不同省份的假禾谷镰刀菌菌株对杀菌剂存在着一定的敏感性差异,可能是由于不同地区菌株间的固有差异和群体多样性引起的,但目前对于3种药剂都保持着很高的敏感性,这说明3种药剂有着很好的应用前景。且根据报道,这3种杀菌剂和常见杀菌剂如多菌灵都没有交互抗性^[23],可以复配使用,同时合理轮换使用能够在保证防效的前提下大大降低抗性积累风险。秸秆还田等耕作措施的大面积推广,会导致土壤里积累大量的作物病残体,有利于镰刀菌的寄生和越冬,导致镰刀菌的初始菌源量逐年累积,发病风险大大增加。只有以科学的化学防治为基础,辅以深耕、合理轮作、培育抗病品种等多种防治措施,才能更好地治理小麦茎基腐病,保证粮食生产安全^[24-25]。本试验结果为3种药剂在小麦茎基腐病上的防治应用提供了理论基础,为病原菌对药剂的敏感性、抗药性监测提供了重要信息。

参考文献

- [1] SMILEY R W, PATTERSON L M. Pathogenic fungi associated with Fusarium foot rot of winter wheat in the semiarid pacific northwest [J]. Plant Disease, 1996, 80(8): 944-949.
- [2] MOYA-ELIZONDO E A, REW L J, JACOBSEN B J, et al. Distribution and prevalence of Fusarium crown rot and common root rot pathogens of wheat in Montana [J]. Plant Disease, 2011, 95(9): 1099-1108.
- [3] 朱运启, 靳鹏飞, 王峭, 等. 陕西省小麦茎基腐病原菌鉴定及其致病力分析[J]. 植物保护学报, 2022, 49(3): 824-831.

- [4] 孟程程, 孙晓凤, 张莉, 等. 山东省小麦茎基腐病的病原鉴定[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2019, 50(5): 753–757.
- [5] 贺小伦, 周海峰, 袁虹霞, 等. 河南和河北冬小麦区假禾谷镰孢的遗传多样性[J]. 中国农业科学, 2016, 49(2): 272–281.
- [6] 范学锋. 中国小麦茎基腐病原菌群体组成及遗传结构分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2021.
- [7] 徐飞, 李淑芳, 石瑞杰, 等. 黄淮麦区主栽小麦品种抗茎基腐病评价及茎秆和籽粒中毒素积累分析[J]. 植物病理学报, 2021, 51(6): 912–920.
- [8] 王宁堂, 王军利. 小麦茎基腐病的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2021, 49(5): 52–57.
- [9] 冯小军, 郭海鹏, 贺亚红, 等. 小麦茎基腐病田间化学防治研究[J]. 西北农业学报, 2019, 28(9): 1515–1521.
- [10] 王栓, 陈金鹏, 付刘元, 等. 4种杀菌剂及其复配剂对禾谷镰孢菌的毒力影响[J]. 现代农药, 2021, 20(5): 51–55.
- [11] 张永芝, 王旭, 李慧明, 等. 6种杀菌剂对小麦赤霉病的室内毒力及田间药效评价[J]. 世界农药, 2021, 43(10): 30–34.
- [12] DENG Yuanyu, LI Wei, ZHANG Peng, et al. *Fusarium pseudograminearum* as an emerging pathogen of crown rot of wheat in eastern China [J]. Plant Pathology, 2020, 69 (2): 240–248.
- [13] 程水明, 宋家永, 夏国军, 等. 复方适乐时拌种防治冬小麦病害和地下害虫效果试验[J]. 河南农业科学, 2001(9): 22–23.
- [14] 华乃震. 杀菌剂戊唑醇的剂型与应用[J]. 农药, 2013, 52(11): 781–786.
- [15] 郑中玲, 陆宁海, 吴利民, 等. 药剂拌种对小麦茎基腐病的防治效果[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2018, 46(1): 25–28.
- [16] 李恒奎, 陈长军, 王建新, 等. 禾谷镰孢菌对氟烯菌酯的敏感性基线及室内抗药性风险初步评估[J]. 植物病理学报, 2006(3): 273–278.
- [17] 张穗, 陈伟, 王冰华, 等. 禾谷镰孢菌对氟烯菌酯敏感性基线的建立[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2018, 36(1): 64–67.
- [18] 王丽, 王芳芳, 金京京, 等. 3种杀菌剂对假禾谷镰刀菌的毒力测定[C]//陈万权. 绿色植保与乡村振兴——中国植物保护学会2018年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2018: 247.
- [19] 周锋, 胡海燕, 范玉闯, 等. 河南省小麦茎基腐病原的鉴定及其对13种杀菌剂的敏感性测定[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2021, 49(1): 1–5.
- [20] 窦君霞, 耿忠义, 赵京岚, 等. 氟唑菌酰胺和戊唑醇对假禾谷镰刀菌联合毒力测定[J]. 中国农学通报, 2020, 36(13): 136–139.
- [21] CHEN Yawei, XU Jianqiang, WANG Shuo, et al. Sensitivity of *Fusarium pseudograminearum* isolates to fludioxonil in Henan [J]. 农药学学报, 2022, 24(2): 306–314.
- [22] 李聪聪. 咯菌腈与戊唑醇复配对小麦茎基腐病及病原菌的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2020.
- [23] 殷消茹, 徐建强, 孙莹, 等. 河南省假禾谷镰刀菌对多菌灵的敏感性[J]. 农药学学报, 2022, 24(1): 81–87.
- [24] 高俊平, 牛雯雯, 高庆刚, 等. 不同药剂组合拌种、喷雾防治小麦茎基腐病田间药效试验研究[J]. 农药科学与管理, 2021, 42(11): 67–71.
- [25] 王永芳, 陈立涛, 王孟泉, 等. 保护性耕作条件下小麦茎基腐病周年发生规律及综合防控技术[C]//陈万权. 病虫防护与生物安全——中国植物保护学会2021年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2021: 165.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 327 页)

- [20] 刘梅, 张玮, 宋雅琴, 等. 4种杀菌剂对葡萄溃疡病病菌的抑制作用及对病害的防治效果[J]. 中国果树, 2013, 42(6): 58–61.
- [21] 宋雅琴, 娄兵海, 陈爱军, 等. 25种杀菌剂对葡萄溃疡病抑制作用及其对葡萄适用性评价[J]. 中国南方果树, 2015, 44(4): 83–87.
- [22] GRAMAJE D, AYRES M R, TROUILLAS F P, et al. Efficacy of fungicides on mycelial growth of diatrypeaceous fungi associated with grapevine trunk disease [J]. Australasian Plant Pathology, 2012, 41(3): 295–300.
- [23] DI M S, MAZZULLO A, CALZARANO F, et al. The control of esca: Status and perspective [J]. Phytopathologia Mediterranea, 2000, 39(1): 232–240.
- [24] COLCOL J F, RALLOS L E, BAUDOIN A B. Sensitivity of *Erysiphe necator* to demethylation inhibitor fungicides in Virginia [J]. Plant Disease, 2012, 96(1): 111–116.
- [25] 徐杰, 冀志蕊, 王娜, 等. 葡萄炭疽病菌对4种杀菌剂的敏感性分析[J]. 果树学报, 2020, 37(6): 882–890.
- [26] 高士光, 蔡旭阳, 薛欢, 等. 新型异丙醇三唑类杀菌剂氯氟醚菌唑[J]. 世界农药, 2021, 43(5): 29–35.
- [27] 葛瀚麟, 谢勇. 氯氟醚菌唑的专利概况[J]. 世界农药, 2021, 43(6): 21–26.
- [28] 刘鹏飞, 兰杰, 李志念, 等. 氯氟醚菌唑(mefentrifluconazole)的合成及生物活性[J]. 农药, 2020, 59(4): 256–257.
- [29] 李凌云, 陈敏, 栾炳辉, 等. 新型杀菌剂氯氟醚菌唑对花生叶斑病的田间防效评价[J]. 农药, 2020, 59(11): 833–834.
- [30] 齐武. 具有发展潜力的杀菌剂——氟啶胺[J]. 中国农药, 2013, 9(6): 11.
- [31] PITT W M, SOSNOWSKI M R, HUANG R J, et al. Evaluation of fungicides for the management of Botryosphaeria canker of grapevine [J]. Plant Disease, 2012, 96(9): 1303–1308.
- [32] SOSNOWSKI M R, LOSCHIAVO A P, TREVOR J W, et al. Evaluating treatments and spray application for the protection of grapevine pruning wounds from infection by *Eutypa lata* [J]. Plant Disease, 2013, 97(12): 1599–1604.
- [33] MONDELLO V, SONGY A, BATTISTON E, et al. Grapevine trunk diseases: a review of fifteen years of trials for their control with chemicals and biocontrol agents[J]. Plant Disease, 2018, 102(7): 1189–1217.
- [34] SERRA S, MANNONI M A, LIGIOS V. Studies on the susceptibility of pruning wounds to infection by fungi involved in grapevine wood diseases in Italy [J]. Phytopathologia Mediterranea, 2008, 47(3): 234–246.

(责任编辑: 田 喆)