

· 研究简报 ·

DOI: 10.16801/j.issn.1008-7303.2019.0034

闽南地区薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性及其盆栽防治效果

代玉立^{**}, 甘林^{**}, 阮宏椿, 石姐姐, 杜宜新, 陈福如, 杨秀娟^{*}

(福建省农业科学院 植物保护研究所/福建省作物有害生物监测与治理重点实验室, 福州 350013)

摘要: 采用菌丝生长速率法测定了闽南地区 4 个薏米产区 72 株薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性, 并通过室内盆栽试验测试了吡唑醚菌酯对薏米叶斑病的防治效果。结果表明: 吡唑醚菌酯对供试菌株的 EC_{50} 值范围为 1.11~5.06 $\mu\text{g/mL}$, 平均值为 $(3.44 \pm 0.98) \mu\text{g/mL}$, 且其 EC_{50} 值频率分布为连续单峰曲线, 符合正态分布, 因此可将该 EC_{50} 平均值作为闽南地区薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感基线。盆栽防效结果表明, 喷施有效剂量为 250 $\mu\text{g/mL}$ 的 25% 吡唑醚菌酯乳油对薏米叶斑病的防治效果 (78.2%~79.7%) 较好, 与喷施有效剂量为 500 $\mu\text{g/mL}$ 的 50% 异菌脉悬浮剂的防治效果相当, 显著高于喷施有效剂量为 800 $\mu\text{g/mL}$ 的 80% 代森锰锌可湿性粉剂的防治效果。本研究结果为薏米叶斑病化学防治有效药剂的选择与合理使用提供了依据。

关键词: 薏米叶斑病菌; 吡唑醚菌酯; 敏感基线; 薏米叶斑病; 防治效果

中图分类号: S432.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2019)02-0244-06

Sensitivity of *Curvularia coicis* to pyraclostrobin and its control efficacy against *Coix* leaf blight in South Fujian Province

DAI Yuli^{**}, GAN Lin^{**}, RUAN Hongchun, SHI Niuniu, DU Yixin, CHEN Furu, YANG Xiujuan^{*}

(Fujian Key Laboratory for Monitoring and Integrated Management of Crop Pests/Institute of Plant Protection,
Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China)

Abstract: Seventy-two *Curvularia coicis* isolates from 4 regions in South Fujian Province were tested for their sensitivity to pyraclostrobin using mycelial growth method. And the efficacy of pyraclostrobin for the control of *Coix* leaf blight (CLB) was evaluated under greenhouse conditions. The results indicated that the tested isolates were sensitive to pyraclostrobin. And the EC_{50} values of these isolates to pyraclostrobin ranged from 1.11 $\mu\text{g/mL}$ to 5.06 $\mu\text{g/mL}$, with the mean value of $(3.44 \pm 0.98) \mu\text{g/mL}$. The frequency curve of pyraclostrobin was continuous and unimodal, and following the normal distribution. Hence, the mean EC_{50} value of $(3.44 \pm 0.98) \mu\text{g/mL}$ can be recognized as the baseline sensitivity of *C. coicis* to pyraclostrobin. Results of pot experiments showed that the spray of 25% pyraclostrobin EC at 250 $\mu\text{g a.i./mL}$ exhibited high efficacy for the control of CLB, with the control

收稿日期: 2018-10-12; 录用日期: 2019-02-23.

基金项目: 福建省属公益类科研院所专项 (2017R1025-3; 2018R1025-1); 国家重点研发计划 (2018YFD0200706); 福建省农业科学院青年科技英才百人计划项目 (YC2016-4); 福建省农业科学院植物保护创新团队 (STIT2017-1-8).

作者简介: ^{**}代玉立, 男, 助理研究员, 博士, 主要从事真菌学及植物真菌病害研究, E-mail: dai841225@126.com; ^{**}甘林, 并列第一作者, 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事植物病理学研究, E-mail: millergan@yeah.net; ^{*}杨秀娟, 通信作者 (Author for correspondence) 女, 研究员, 主要从事植物病理学研究, E-mail: yxjzb@126.com

efficacy ranging from 78.2% to 79.7%. This efficacy was as good as that resulted from the spray of 50% iprodione SC at 500 $\mu\text{g a.i./mL}$, and significantly higher than the efficacy of reference fungicide (80% mancozeb WP at 800 $\mu\text{g a.i./mL}$). This study will guide the reasonable selection of fungicides for effective management of CLB in the future.

Keywords: *Curvularia coicis*; pyraclostrobin; baseline sensitivity; *Coix* leaf blight; control efficacy

薏米 *Coix chinensis* Tod 是一种营养丰富的谷类作物，也是中国传统的中药材^[1-2]。福建省是中国重要的薏米产区之一，全省薏米种植面积约 7 000 hm^2 ，年产量约 $2.0 \times 10^7 \text{ kg}$ ^[3]。由于当前薏米栽培主要采用粗放型栽培模式^[1]，因而造成其叶部病害发病十分严重。由 *Curvularia coicis* Castellani 侵染薏米叶片引起的薏米叶斑病 (*Coix* leaf blight, CLB) 是薏米产区重要的真菌病害，田块病株率普遍高达 80% 以上^[3]，加之福建全省气候温暖潮湿更适宜该病的流行，薏米叶斑病已成为制约薏米生产的主要因素。

化学防治是薏米叶斑病防治最有效的措施之一，田间用于防治该类病害的杀菌剂主要有多菌灵、代森锰锌、甲基硫菌灵以及以丙环唑、苯醚甲环唑和烯唑醇等为代表的麦角甾醇抑制类 (sterol demethylation inhibitors, DMIs) 杀菌剂^[4-5]。由于 DMIs 杀菌剂作用位点单一，病原菌易对其产生抗药性^[6]，而常规杀菌剂的防治效果又不甚理想，在种植品种单一和缺乏有效田间管理的条件下，筛选新型高效杀菌剂对防治薏米叶斑病具有重要的实践意义。以吡唑醚菌酯为代表的甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂 (quinone outside inhibitors; QoIs) 是高效、广谱的线粒体呼吸抑制剂，其作用机理是抑制植物病原菌细胞呼吸电子传递链中的复合物 III，从而破坏电子在 *cytb* 和 C1 间的传递，扰乱真菌呼吸代谢所需 ATP 的合成^[7-8]。前期研究表明，吡唑醚菌酯对 *Curvularia* 属及其近缘属的植物病原菌的菌丝生长和孢子萌发具有较好的抑制作用^[9-10]，但是，根据杀菌剂抗性行动委员会 (Fungicide Resistance Action Committee, FRAC) 的分类，吡唑醚菌酯等高风险性杀菌剂，表明植物病原菌对其极易产生抗药性^[6]。已有研究报道表明，草莓灰霉病菌 *Botrytis cinerea*^[11]、鹰嘴豆褐斑病菌 *Ascochyta rabiei*^[12]、开心果晚疫病病菌 *Alternaria alternata*^[13]、葫芦白粉病菌 *Podosphaera fusca*^[14]、葡萄霜霉病菌 *Plasmopara viticola*^[15] 和甜菜褐斑病

菌 *Cercospora beticola*^[16] 对吡唑醚菌酯已产生了抗药性。因此，在利用吡唑醚菌酯防治薏米叶斑病之前，建立薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感基线是合理选用杀菌剂防治薏米叶斑病的基础。

有关植物病原菌对吡唑醚菌酯的抗药性分子机理^[7]、敏感性测定和敏感基线^[17-18] 以及对小麦白粉病和玉米小斑病的田间防效已有相关报道^[19-20]，而关于薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性研究尚未见报道。为此，本研究测定了分离自闽南地区未接触吡唑醚菌酯的 72 株薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性，建立了薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感基线，同时评价了其对薏米叶斑病的盆栽防治效果，以期对薏米叶斑病化学防治有效药剂的筛选以及薏米叶斑病菌田间抗药性监测提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

2017 年于闽南地区的南靖、书洋、云水谣和梅林等 4 个未施用吡唑醚菌酯的薏米产区采集感病薏米叶片，采用单孢分离法共获得 72 株薏米叶斑病菌 *C. coicis* 单孢菌株。供试菌株经形态学和核糖体 DNA 转录间隔区 (ribosomal DNA internal transcribed spacer; rDNA-ITS) 序列分析鉴定后，采用试管斜面法保存于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中。

1.2 供试杀菌剂和试剂

吡唑醚菌酯 (pyraclostrobin) 原药 (纯度 95.4%，青岛瀚生生物科技有限公司)；25% 吡唑醚菌酯乳油 (pyraclostrobin EC) (德国巴斯夫公司，农药登记号：PD20152385)；50% 异菌脲悬浮剂 (iprodione SC) [拜耳作物科学 (中国) 有限公司，农药登记号：PD20070395]；80% 代森锰锌可湿性粉剂 (mancozeb WP) (美国陶氏益农公司，农药登记号：PD220-97)。二甲亚砜，分析纯 (国药集团化学试剂有限公司)。

1.3 薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性测定
参考 Dai 等^[21] 方法。将吡唑醚菌酯制成质量

浓度分别为 0.08、0.24、0.40、1.20、2.00 和 6.00 $\mu\text{g/mL}$ 的含药马铃薯葡萄糖琼脂 (PDA) 培养基平板。每皿中央接种一片直径 5 mm 菌碟, 以不含药平板作对照 (培养基中二甲亚砷浓度与处理组一致)。每浓度 3 次重复。25 $^{\circ}\text{C}$ 黑暗培养 7 d 后, 十字交叉法测量处理组和对照组菌落直径。采用公式 (1) 计算菌丝生长抑制率 (I , %).

$$I/\% = [(D_c - D_t) / (D_c - 5)] \times 100 \quad (1)$$

式中: D_c 为对照组菌落直径平均值; D_t 为药剂处理组菌落直径平均值。

通过 DPS (v7.05) 软件生物测定法中的数量型数据机值分析计算吡唑醚菌酯对薏米叶斑病菌菌丝生长的抑制中浓度 (EC_{50})。利用公式 (2) 计算菌株间变异系数 (Variation Factor; VF) [20]。

$$\text{VF} = \text{EC}_{50(\text{max})} / \text{EC}_{50(\text{min})} \quad (2)$$

式中: $\text{EC}_{50(\text{max})}$ 为供试菌株中 EC_{50} 最大值; $\text{EC}_{50(\text{min})}$ 为供试菌株中 EC_{50} 最小值。

1.4 薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯敏感基线的建立

以 1.0 $\mu\text{g/mL}$ 为间隔将吡唑醚菌酯对 72 株薏米叶斑病菌的 EC_{50} 值分成 5 个区间, 分别统计 5 个区间内的菌株频率 (%)。以 5 个区间为横坐标, 相应的菌株在各区间的频率 (%) 为纵坐标, 绘制 72 株薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性频率分布图。采用 DPS 软件中的 Shapiro-Wilk 法检验薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性频率分布是否符合正态分布。若符合正态分布, 则可将吡唑醚菌酯对薏米叶斑病菌的 EC_{50} 平均值作为闽南地区薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感基线。将各供试菌株的 EC_{50} 值与本研究建立的薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感基线相比较, 得到抗性倍数 (R), 当 $R \leq 2$ 时, 说明薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯敏感, 无抗药性菌株产生 [22-23]。

1.5 吡唑醚菌酯对薏米叶斑病的盆栽防治效果

薏米的室内种植方法及病菌分生孢子悬浮液的制备参考 Dai 等 [3] 方法。将闽南当地种植的薏米品种的种子播种于装有苔藓泥炭土 (品氏公司, 丹麦) 的塑料盆 (直径 21 cm) 中, 每盆播种 4 粒种子, 于 22~28 $^{\circ}\text{C}$ 、14 h 光照/10 h 黑暗和相对湿度 $\geq 85\%$ 的温室中培养, 待薏米苗长至 3~4 叶时, 每盆保留 3 株大小一致的薏米苗, 继续培养至 7~8 叶期备用。

选取生长快、产孢量大的薏米叶斑病菌 3 株

分别接种于 PDA 培养基上, 在 25 $^{\circ}\text{C}$ 黑暗条件下培养 7 d 后, 用无菌水和灭菌毛笔刷刷洗菌落表面, 经双层无菌纱布过滤后, 将 3 个菌株的孢子悬浮液混合, 再用血球计数板调节孢子浓度至 5×10^5 个/mL, 制得孢子悬浮液, 备用 (不超过 2 h)。

杀菌剂盆栽防效试验共设 5 个处理: 25% 吡唑醚菌酯 EC 按推荐剂量 (有效成分) 250 $\mu\text{g/mL}$ 及其推荐剂量减量 50% 即 125 $\mu\text{g/mL}$, 对照药剂 50% 异菌脲 SC 和 80% 代森锰锌 WP 按推荐剂量 (有效成分) 即分别为 500 $\mu\text{g/mL}$ 和 800 $\mu\text{g/mL}$, 以清水为空白对照。每处理重复 3 次, 每处理 15~16 盆。将上述各浓度的供试药液及空白对照用手提式压力喷雾器均匀喷施于薏米叶面上, 施液量均为 500 mL (可见叶面滴水)。自然晾干 2 h 后, 将 5×10^5 个/mL 的孢子悬浮液均匀喷施于薏米植株表面, 直至叶面滴水为宜。接种后用塑料薄膜覆盖保湿, 48 h 后揭去薄膜, 逐日观察病斑发生及扩展情况。30 d 后调查各处理发病情况。病叶分级标准参考章霜红 [5] 方法, 病情指数及不同药剂的防效计算方法参考 Dai 等 [21] 方法。数据调查结束后, 各处理仍在上述培养条件、正常肥水管理下继续培养直至薏米开花、抽穗。

1.6 数据统计分析

不同地区间薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性方差分析、不同药剂以及同一药剂不同浓度对薏米叶斑病的盆栽防效间的差异显著性分析均采用 DPS (v7.05) 软件和 Duncan's 新复极差法进行分析。

2 结果与分析

2.1 薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性及其敏感基线

敏感性测定结果 (表 1) 表明: 吡唑醚菌酯对分离自闽南 4 个地区的 72 株薏米叶斑病菌的 EC_{50} 值在 1.11~5.06 $\mu\text{g/mL}$ 之间, 平均值为 (3.44 ± 0.98) $\mu\text{g/mL}$, 表明闽南地区薏米叶斑病菌自然群体对吡唑醚菌酯比较敏感, 无敏感性下降或抗药性菌株产生。

来自闽南 4 个地区的 72 株薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性频率分布图为连续单峰曲线 (图 1), Shapiro-Wilk 正态性检验表明, 供试菌株对吡唑醚菌酯 ($W = 0.9218$; $P = 0.5415 > 0.05$) 的敏感性频率分布符合正态分布。因此, 可将吡唑醚菌酯对闽南地区 72 株薏米叶斑病菌的 EC_{50} 平

表 1 闽南 4 个地区薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性

Table 1 Sensitivities of <i>Curvularia coicis</i> isolates to pyraclostrobin in four regions of South Fujian						
采集地 Locations	菌株数 Number of isolates	吡唑醚菌酯 EC ₅₀ 值 EC ₅₀ value for pyraclostrobin/(μg/mL)		变异系数 Variation factor	抗性倍数 Resistance factor	
		范围 Ranges	平均值 Mean *		范围 Ranges	平均值 Mean *
南靖 Nanjing	15	1.34~5.06	3.40 ± 1.13 a	3.78	0.39~1.51	0.99 ± 0.33 a
书洋 Shuyang	21	1.66~4.12	3.54 ± 0.65 a	2.48	0.48~1.20	1.03 ± 0.19 a
云水谣 Yunshuiyao	16	1.31~4.47	3.64 ± 0.94 a	3.41	0.38~1.30	1.06 ± 0.27 a
梅林 Meilin	20	1.11~4.90	3.20 ± 1.18 a	4.41	0.32~1.43	0.93 ± 0.34 a
总计 Total	72	1.11~5.06	3.44 ± 0.98	4.56	0.32~1.51	1.00 ± 0.29
		<i>F</i> = 0.681 0, <i>P</i> = 0.566 6		<i>F</i> = 0.672 0, <i>P</i> = 0.572 4		

注: *平均值 ± 标准误差, 数据采用 DPS 软件和 Duncan’s 新复极差法比较差异显著性 (*P* < 0.05), 表中同列内相同小写字母表示在 0.05 水平上无显著性差异。

Note: *Mean ± SE (standard error of the mean). Values in the same column followed by the same lowercase letters indicate no significant difference according to Duncan’s new multiple-range test in the DPS software (significance threshold *P* < 0.05).

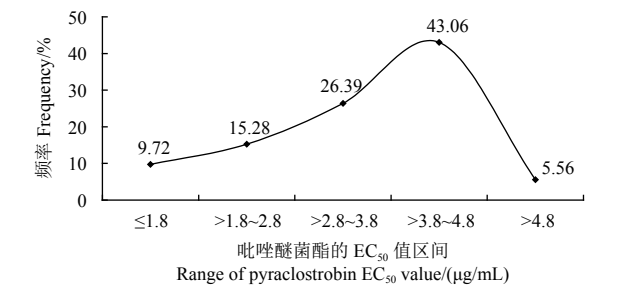


图 1 闽南地区薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性频率分布

Fig. 1 Sensitivity frequency of *Curvularia coicis* to pyraclostrobin in South Fujian

均值 (3.44 ± 0.98) μg/mL 作为闽南地区薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感基线。

2.2 不同地区薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性水平

来源于闽南南靖、书洋、云水谣和梅林 4 个采集点的薏米叶斑病菌不同菌株间的差异不明

显, 其变异系数分别为 3.78、2.48、3.41 和 4.41 (表 1)。Duncan’s 方差分析表明, 4 个采集点的薏米叶斑病菌群体对吡唑醚菌酯的敏感性无显著性差异 (*P* > 0.05) (表 1)。

2.3 吡唑醚菌酯对薏米叶斑病的盆栽防治效果

盆栽防治效果 (表 2) 表明, 喷施有效剂量为 250 μg/mL 及其减量 50% 剂量的 25% 吡唑醚菌酯 EC 对薏米叶斑病均有较好的防治效果, 其防效分别为 78.2%~79.7% 和 67.3%~72.0%。喷施有效成分为 250 μg/mL 的 25% 吡唑醚菌酯 EC 的盆栽防效与喷施 500 μg/mL 的 50% 异菌脲 SC 的防效相当, 但显著高于喷施 800 μg/mL 的 80% 代森锰锌 WP 的防治效果。试验期间各供试药剂在推荐剂量范围内, 对薏米苗期生长、花期发育及抽穗均未产生药害。综上所述, 吡唑醚菌酯具有田间防治薏米叶斑病的潜能。

表 2 吡唑醚菌酯对薏米叶斑病的盆栽防治效果

Table 2 Efficacy of pyraclostrobin in the control of <i>Coix</i> leaf blight				
杀菌剂 Fungicide	质量浓度 (有效成分) Concentration, a.i./ (μg/mL)	施液量 Dosage/mL	病情指数 Disease index	防治效果* Control efficacy*/%
			平均值 Mean*	平均值 Mean
25% 吡唑醚菌酯 EC 25% pyraclostrobin EC	250	500	9.6 ± 0.4	78.7 ± 0.9 A
	125	500	13.8 ± 1.1	69.5 ± 2.4 B
50% 异菌脲 SC 50% iprodione SC	500	500	7.8 ± 0.5	82.7 ± 1.1 A
80% 代森锰锌 WP 80% mancozeb WP	800	500	22.6 ± 1.0	50.1 ± 2.3 C
清水 Water	—	500	45.3 ± 2.2	—

注: *平均值 ± 标准误差 (*n* = 3); 表中同列内不同大写字母表示在 0.01 水平上存在显著性差异, 数据采用 DPS 软件和 Duncan’s 新复极差法比较差异显著性 (*P* < 0.01)。

Note: *Mean ± SE (standard error of the mean; *n* = 3); Values in the same column followed by different uppercase letters are significantly different according to Duncan’s new multiple-range test in the DPS software (significance threshold *P* < 0.01).

3 小结与讨论

本研究在含药平板上测定了闽南地区未施用吡唑醚菌酯的4个薏米产区的72株薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感性,并建立病菌群体对吡唑醚菌酯的敏感基线。结果表明,闽南地区薏米叶斑病菌群体对吡唑醚菌酯比较敏感,且闽南地区薏米叶斑病菌田间种群对吡唑醚菌酯的敏感性频率分布呈正态分布,薏米叶斑病菌田间种群中未出现对吡唑醚菌酯敏感性下降的亚群体,因此可将病菌群体 EC₅₀ 平均值 (3.44 ± 0.98) $\mu\text{g/mL}$ 作为闽南地区薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感基线。

林婷等^[24]建立的浙江省草莓炭疽菌 *Colletotrichum gloeosporioides* 对吡唑醚菌酯的敏感基线为 $6.65 \mu\text{g/mL}$ 。代玉立等^[20]建立的福建省玉米小斑病菌 *Bipolaris maydis* 和高杨杨等^[18]建立的山东省辣椒尖孢炭疽复合种 *C. acutatum* species complex 对吡唑醚菌酯的敏感基线分别为 $1.44 \mu\text{g/mL}$ 和 $0.27 \mu\text{g/mL}$,说明不同地区的不同病原菌群体对吡唑醚菌酯的敏感性存在一定差异。本研究中,不同地理来源的薏米叶斑病菌田间种群对吡唑醚菌酯的敏感性差异不显著,4个地区菌株个体间对吡唑醚菌酯的敏感性差异也不显著,其变异系数范围为 2.48~4.41,表明闽南地区薏米叶斑病菌田间种群中未出现对吡唑醚菌酯敏感性下降的亚群体。因此,本研究建立的薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的敏感基线可为闽南地区薏米叶斑病菌田间抗药性监测提供理论参考。

由于薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯具有较高的敏感性,因此,吡唑醚菌酯在防治薏米叶斑病中具有较好的应用前景。盆栽防效也表明,喷施减量 50% 剂量的 25% 吡唑醚菌酯 EC 对薏米叶斑病仍具有较好的防治效果 (> 67%)。推荐剂量的吡唑醚菌酯的盆栽防效和异菌脲的盆栽防效差异不显著,但是明显高于对照杀菌剂代森锰锌。

本研究仅在盆栽条件下进行了杀菌剂防效试验,相关的田间防效试验还有待进一步研究。由于吡唑醚菌酯作用位点单一且被 FRAC 认定为高抗药性风险类杀菌剂^[6],为延缓薏米叶斑病菌对吡唑醚菌酯的抗药性发展,在田间使用过程中可考虑将吡唑醚菌酯与 DMIs 类或二甲酰亚胺类(如异菌脲)杀菌剂进行复配或轮换使用,并注重对吡唑醚菌酯的抗药性监测。

参考文献 (Reference):

- [1] 李发耀, 石明, 秦礼康. 薏仁米产业蓝皮书: 中国薏仁米产业发展报告 No.1[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2017: 7-82.
LI F Y, SHI M, QIN L K. Blue book of coix seed industry: The development report of Chinese coix seed industry No.1[J]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2017: 7-82.
- [2] 李祥栋, 潘虹, 陆秀娟, 等. 薏苡种质的主要营养组分特征及综合评价 [J]. 中国农业科学, 2018, 51(5): 835-842.
LI X D, PAN H, LU X J, et al. Characteristics and comprehensive assessment of principal nutritional components in adlay landraces[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(5): 835-842.
- [3] DAI Y L, GAN L, CHEN F R, et al. Leaf blight caused by *Curvularia coicis* on Chinese pearl barley (*Coix chinensis*) in Fujian Province, China[J/OL]. Can J Plant Pathol, 2019, 41(2)[2019-01-09]. <https://doi.org/10.1080/07060661.2019.1567591>.
- [4] 徐春金. 薏苡主要病虫害的发生与防治 [J]. 福建农业科技, 2014(5): 37-38.
XU C J. Prevention and control for main pests and diseases in coix[J]. Fujian Agric Sci Technol, 2014(5): 37-38.
- [5] 章霜红. 薏苡叶枯病和叶斑病调查与病原鉴定 [J]. 中国植保导刊, 2012, 32(6): 5-7.
ZHANG S H. Occurrence and identification of coix leaf blotch and coix leaf spot[J]. China Plant Prot, 2012, 32(6): 5-7.
- [6] Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). Pathogen risk list[EB/OL].[2017-03-15]. <http://www.frac.info/publications/downloads>.
- [7] FISHER N, MEUNIER B. Molecular basis of resistance to cytochrome bc1 inhibitors[J]. FEMS Yeast Res, 2008, 8(2): 183-192.
- [8] BIRLA K, RIVERA-VARAS V, SECOR G A, et al. Characterization of cytochrome b from European field isolates of *Cercospora beticola* with quinone outside inhibitor resistance[J]. Eur J Plant Pathol, 2012, 134(3): 475-488.
- [9] 甘林, 代玉立, 杨秀娟, 等. 13 种杀菌剂对玉米大斑病菌和弯孢霉叶斑病菌的毒力测定 [J]. 武夷科学, 2017, 33: 88-93.
GAN L, DAI Y L, YANG X J, et al. Toxicity determination of 13 fungicides to *Exserohilum turcicum* and *Curvularia lunata*[J]. Wuyi Sci J, 2017, 33: 88-93.
- [10] 甘林, 王志纯, 代玉立, 等. 不同杀菌剂对玉米小斑病菌的抑制作用及其防治效果 [J]. 福建农业学报, 2015, 30(12): 1160-1165.
GAN L, WANG Z C, DAI Y L, et al. Inhibition on *Bipolaris maydis* and disease control on southern corn leaf blight of various fungicides[J]. Fujian J Agric Sci, 2015, 30(12): 1160-1165.
- [11] FERNÁNDEZ-ORTUÑO D, CHEN F, SCHNABEL G. Resistance to pyraclostrobin and boscalid in *Botrytis cinerea* isolates from strawberry fields in the Carolinas[J]. Plant Dis, 2012, 96(8): 1198-1203.
- [12] WISE K A, BRADLEY C A, PASCHE J S, et al. Resistance to QoI fungicides in *Ascochyta rabiei* from chickpea in the Northern Great Plains[J]. Plant Dis, 2009, 93(5): 528-536.

[13] AVENOT H, MORGAN D P, MICHAILEDIS T J. Resistance to pyraclostrobin, boscalid and multiple resistance to Pristine® (pyraclostrobin + boscalid) fungicide in *Alternaria alternata* causing alternaria late blight of pistachios in California[J]. *Plant Pathol*, 2008, 57(1): 135-140.

[14] FERNÁNDEZ-ORTUÑO D, PÉREZ-GARCÍA A, LÓPEZ-RUIZ F, et al. Occurrence and distribution of resistance to QoI fungicides in populations of *Podosphaera fusca* in south central Spain[J]. *Eur J Plant Pathol*, 2006, 115(2): 215-222.

[15] FURUYA S, MOCHIZUKI M, SAITO S, et al. Monitoring of QoI fungicide resistance in *Plasmopara viticola* populations in Japan[J]. *Pest Manag Sci*, 2010, 66(11): 1268-1272.

[16] BOLTON M D, RIVERA V, SECOR G. Identification of the G143A mutation associated with QoI resistance in *Cercospora beticola* field isolates from Michigan, United States[J]. *Pest Manag Sci*, 2013, 69(1): 35-39.

[17] PATEL J S, GUDMESTAD N C, MEINHARDT S, et al. Pyraclostrobin sensitivity of baseline and fungicide exposed isolates of *Pyrenophora tritici-repentis*[J]. *Crop Prot*, 2012, 34: 37-41.

[18] 高杨杨, 禾丽菲, 李北兴, 等. 山东省辣椒上尖孢炭疽复合种对吡唑醚菌酯的敏感基线及吡唑醚菌酯增效配方筛选[J]. *农药学报*, 2017, 19(6): 701-707.

GAO Y Y, HE L F, LI B X, et al. Baseline sensitivity to pyraclostrobin of *Colletotrichum acutatum* species complex collected from chili in Shandong Province and the screening of synergistic formula[J]. *Chin J Pestic Sci*, 2017, 19(6): 701-707.

[19] 毕秋艳, 马志强, 韩秀英, 等. 不同机制杀菌剂对小麦白粉病的敏感性及其与三唑酮的交互抗性 [J]. *植物保护学报*, 2017, 44(2): 331-336.

BI Q Y, MA Z Q, HAN X Y, et al. Sensitivity of diverse fungicides on powdery mildew of wheat and cross resistance with triadimefon[J]. *J Plant Prot*, 2017, 44(2): 331-336.

[20] 代玉立, 甘林, 阮宏椿, 等. 福建省玉米小斑病菌对异菌脲和吡唑醚菌酯的敏感性及其田间防效 [J]. *农药学报*, 2017, 19(4): 434-440.

DAI Y L, GAN L, RUAN H C, et al. Sensitivity of *Bipolaris maydis* to iprodione and pyraclostrobin and their control efficacy against southern corn leaf blight in Fujian province[J]. *Chin J Pestic Sci*, 2017, 19(4): 434-440.

[21] DAI Y L, GAN L, RUAN H C, et al. Sensitivity of *Cochliobolus heterostrophus* to three demethylation inhibitor fungicides, propiconazole, diniconazole and prochloraz, and their efficacy against southern corn leaf blight in Fujian Province, China[J]. *Eur J Plant Pathol*, 2018, 152(2): 447-459.

[22] 马志强, 李红霞, 袁章虎, 等. 苹果轮纹病菌对多菌灵抗药性监测初报 [J]. *农药学报*, 2000, 2(3): 94-96.

MA Z Q, LI H X, YUAN Z H, et al. Preliminary research on detection of resistance of apple ring rot (*Macrophoma kawatsukai*) to carbendazim[J]. *Chin J Pestic Sci*, 2000, 2(3): 94-96.

[23] 甘林, 代玉立, 滕振勇, 等. 福建省玉米小斑病菌对丙环唑、烯唑醇和咪鲜胺的敏感性 [J]. *农药学报*, 2016, 18(2): 194-200.

GAN L, DAI Y L, TENG Z Y, et al. Sensitivity of *Bipolaris maydis* to propiconazole, diniconazole and prochloraz in Fujian Province[J]. *Chin J Pestic Sci*, 2016, 18(2): 194-200.

[24] 林婷, 时浩杰, 戴德江, 等. 草莓炭疽病菌对吡唑醚菌酯的敏感性及其旁路氧化在胶孢炭疽菌对 QoIs 敏感性中的作用[J]. *农药学报*, 2015, 17(5): 530-537.

LIN T, SHI H J, DAI D J, et al. Characterization of sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* from strawberry to pyraclostrobin and involvement of alternative respiration in the regulation of sensitivity[J]. *Chin J Pestic Sci*, 2015, 17(5): 530-537.

(责任编辑: 金淑惠)