

• 研究论文 •

水稻稻瘟病菌不同发育阶段 对 7 种 QoI 类杀菌剂的敏感性

王海强, 周俞辛, 王景元, 刘西莉*

(中国农业大学 植物病理系, 北京 100193)

摘要: 以嘧菌酯为对照药剂, 研究了 6 种中国自主创制的 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌 *Magnaporthe grisea* 不同发育阶段的影响。结果表明, 供试药剂对水稻稻瘟病菌菌丝扩展均表现出良好的抑制作用, EC_{50} 值为 0.10~2.89 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 对病菌产孢量和孢子萌发的抑制作用明显, EC_{50} 值分别为 0.10~4.92 和 0.75~7.14 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。在 1.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的含药平板上, 烯肟菌酯、嘧菌酯、香菌酯、SYP-2815 对水稻稻瘟病菌产孢量的抑制率均大于 90%; 对病菌孢子芽管伸长也具有一定的抑制作用, EC_{50} 值为 1.67~34.76 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。在 1.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的含药平板上, 7 种 QoI 类药剂对水稻稻瘟病菌菌丝形态无明显影响, 但可明显抑制其黑色素的产生。

关键词: QoI 类杀菌剂; 水稻稻瘟病菌; 发育阶段; 敏感性

DOI 10.3969/j.issn.1008-7303.2009.04.06

中图分类号: S482.2

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2009)04-0434-07

Sensitivity of *Magnaporthe grisea* at Different Development Stages to Seven QoI Fungicides

WANG Hai-qiang, ZHOU Yu-xin, WANG Jing-yuan, LIU Xi-li*

(Department of Plant Pathology, China Agricultural University, Beijing 100193 China)

Abstract The sensitivity of *Magnaporthe grisea* in vitro at different development stages to six innovative QoI fungicides by China was studied adopting azoxystrobin as the control fungicide. Results showed that these 7 QoI fungicides had strong activity on mycelia growth of *M. grisea* with EC_{50} values ranging from 0.10 to 2.89 $\mu\text{g}/\text{mL}$, spore yield and spore germination with EC_{50} values ranging from 0.10 to 4.92 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 0.75 to 7.14 $\mu\text{g}/\text{mL}$, respectively. The inhibition rate of spore yield on 1.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ enestroburin-, azoxystrobin-, SYP-3375- and SYP-2815- amended media was higher than 90%. Seven QoI fungicides could inhibit the length of germ tube of *M. grisea* with EC_{50} values ranging from 1.67 to 34.76 $\mu\text{g}/\text{mL}$. It could not affect the formation of mycelia, but strongly inhibit melanin biosynthesis of *M. grisea* on 1.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ fungicide-amended media.

Key words QoI fungicides; *Magnaporthe grisea*; development stages; sensitivity

由水稻稻瘟病菌 (有性世代 *Magnaporthe grisea*, 无性世代 *Pyricularia grisea*) 引起的稻瘟病

是流行最广、危害最重的世界性水稻病害之一。该病害在我国南北方稻区普遍发生, 一般造成减

收稿日期: 2009-04-15; 修回日期: 2009-05-16

作者简介: 王海强 (1984-), 男, 硕士研究生; * 通讯作者 (Author for correspondence): 刘西莉 (1969-), 女, 教授, 主要从事杀菌剂药理学和病原菌抗药性研究。联系电话: 010-62731013; E-mail: seedling@cau.edu.cn

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划粮食丰产科技工程项目 (2006BAD02A16)。

产 10%~20%, 严重时可达 40%~50%, 甚至颗粒无收, 对水稻生产造成严重威胁^[1]。化学防治仍是目前生产中稻瘟病防治的重要方法, 常用杀菌剂包括黑色素合成抑制剂三环唑、有机杂环类杀菌剂稻瘟灵、有机磷类杀菌剂异稻瘟净和克瘟散等。除三环唑之外, 其他几种药剂在生产上都已出现了不同程度的抗药性^[2]。

QoI 类杀菌剂是 20 世纪 90 年代末开发成功的一类新型杀菌剂, 其主要作用于真菌线粒体电子传递链中的复合物 III 通过与 cyb 的 Qo 位点结合而阻止电子传递, 抑制能量合成, 发挥抗菌作用^[3-5]。因其具有广谱、高效、环境友好、作用方式新颖、与目前使用的杀菌剂不存在交互抗性等特点, 上市伊始即引起了全世界的关注。其中, 日本盐野义公司 (Shinogi) 开发的苯氧菌胺主要用以防治水稻稻瘟病。已有的研究表明, 该药剂对水稻稻瘟病菌孢子萌发和菌丝扩展都有一定的抑制作用, 兼有良好的预防和治疗作用, 田间防效显著^[6]。我国继 1997 年自主开发了第一个甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂烯炔菌酯之后, 又陆续研发了烯炔菌胺、丁香菌酯、氯啉菌酯、唑菌酯和苯醚菌酯等一批高活性的、具有广阔应用前景的 QoI 类杀菌剂新品种^[7]。其中, 烯炔菌酯、苯醚菌酯、烯炔菌胺等杀菌剂目前已取得农药登记许可。由于该类杀菌剂为仿生合成, 具有良好的环境相容性和广泛的抑菌活性, 继在我国水果、蔬菜、花卉等经济作物上大面积使用之后, 近年来其在水稻等粮食作物上也开始了示范应用。前期的应用效果显示, 不同的 QoI 类药剂对稻瘟病等病害的预防和治疗作用存在一定的差异。推测这可能与该类药剂对水稻稻瘟病菌的生物活性, 以及对病原菌菌丝扩展、产孢量、孢子萌发及芽管伸长和黑色素产生等方面的影响存在差异相关。笔者拟通过生物学测定方法, 以唑菌酯为对照药剂, 比较研究中国创制的 6 种 QoI 类药剂对水稻稻瘟病菌各发育

阶段影响的异同, 明确不同药剂对水稻稻瘟病菌的防治特点及病菌不同发育阶段对药剂的敏感性差异, 从而为实际生产中科学地选择和施用该类药剂防治水稻稻瘟病提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株 水稻稻瘟病菌 *Magnaporthe grisea*, 为中国农业大学植物病理系保存菌株。

1.1.2 供试药剂 95% 唑菌酯 (azoxystroburin) 原药, 由 Sigma 公司提供; 98% 苯醚菌酯 (ZJ-0712) 原药, 由浙江化工研究院提供; 90% 烯炔菌酯 (enestroburin)、95% 氯啉菌酯 (SYP-7107)、95% 丁香菌酯 (SYP-3375)、95% SYP-2815、98% 烯炔菌胺 (SYP-1620) 原药, 均由沈阳化工研究院提供。

1.1.3 培养基^[8] AEA 培养基, 用于水稻稻瘟病菌菌株的培养和保存; 番茄燕麦培养基, 用于病菌产孢量和色素产生的测定; 0.9% 水琼脂培养基, 用于病菌孢子萌发的测定。

1.1.4 主要仪器 Olympus BX 60 多功能显微镜; KQ-250DE 型数控超声波清洗器; Konkyo CN 15-T31 型显微镜等。

1.2 试验方法

1.2.1 药剂对水稻稻瘟病菌菌丝扩展的影响

从 AEA 平板上预培养 5 d 的水稻稻瘟病菌边缘打取直径 5 mm 的菌饼, 接种于含系列质量浓度 (0.05、0.1、0.5、1.0、2.5、5.0 μg/mL) QoI 类药剂的 AEA 培养基平板上, 每处理重复 3 次。25℃ 黑暗培养 7 d 后, 采用十字交叉法测量菌落直径, 按 (1) 式求出各处理对菌丝生长的抑制率、毒力回归方程 $Y = a + bx$ 和有效抑制中浓度 EC_{50} 值 (μg/mL, 下同) 及相关系数 $r^{[9]}$ 。

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径}} \times 100 \quad (1)$$

1.2.2 药剂对病菌菌丝形态和色素产生的影响

在含不同质量浓度 (0.05、0.1、0.5、5.0 μg/mL) QoI 类药剂的番茄燕麦培养基平板上, 接种水稻稻瘟病菌, 设不加药空白对照。黑暗培养 10 d, 观察平板菌落色素产生情况; 挑取菌落边缘的菌丝, 制片, 显微观察。

1.2.3 药剂对病菌产孢量的影响 在含系列质量浓度 (0.05、0.1、0.5、1.0、2.5、5.0 μg/mL) QoI 类药剂的番茄燕麦培养基平板中央, 接种直径 5 mm 的水稻稻瘟病菌菌饼, 设不加药剂空白对照, 黑暗培养 10 d。以接种的菌饼为中心, 在不同直径的同心圆上均匀打取 6 个直径 4 mm 的菌饼,

置于离心管中,加入 500 μL 去离子水,超声振荡 5 min,取 10 μL 孢子悬浮液于血球计数板上显微计数。每处理 3 个重复。按 (2) 式求出各药剂不

同浓度对水稻稻瘟病菌产孢量的抑制率、毒力回归方程、 EC_{50} 值及相关系数 r_c 。

$$\text{产孢抑制率}(\%) = \frac{\text{对照产孢量} - \text{处理产孢量}}{\text{对照产孢量}} \times 100 \quad (2)$$

1.2.4 药剂对病菌孢子萌发的影响 在含系列质量浓度 (0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$) QoI 类药剂的水琼脂平板上,均匀涂布浓度为 1×10^5 个 /mL 的水稻稻瘟病菌孢子悬浮液 100 μL ,

每处理 3 次重复。25 $^{\circ}\text{C}$ 下黑暗培养 10 h 调查各处理的孢子萌发率,按 (3) 式求出各药剂不同浓度对孢子萌发的抑制率、毒力回归方程、 EC_{50} 值和相关系数 r_c 。

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

1.2.5 药剂对病菌孢子芽管伸长的影响 制备浓度为 1×10^5 个 /mL 的水稻稻瘟病菌孢子悬浮液,25 $^{\circ}\text{C}$ 下放置 2 h,取 30 μL 孢子悬浮液和系列质量浓度 (5.0, 10, 20, 40, 80 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 的药液混合均匀,以无菌水处理为空白对照,每处理 3 个重

复。取 40 μL 混匀液于凹玻片内,25 $^{\circ}\text{C}$ 下黑暗培养 9 h。显微观察,并使用 Image-Pro Plus Version 5.0 软件测量芽管长度。按 (4) 式求出各处理对芽管伸长的抑制率、毒力回归方程、 EC_{50} 值和相关系数 r_c 。

$$\text{芽管伸长抑制率}(\%) = \frac{\text{对照孢子芽管长度} - \text{处理孢子芽管长度}}{\text{对照孢子芽管长度}} \times 100 \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 药剂对水稻稻瘟病菌菌丝扩展的影响

研究结果如表 1 所示,7 种 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌菌丝扩展表现出不同的活性。其中:对照药剂啞菌酯和供试药剂 SYP-2815 均表

现出优异的抑菌作用, EC_{50} 值分别为 0.10 和 0.14 $\mu\text{g}/\text{mL}$;其次为苯醚菌酯和烯炔菌胺,其 EC_{50} 值小于 0.60 $\mu\text{g}/\text{mL}$;丁香菌酯、氯啉菌酯和烯炔菌酯对病菌菌丝扩展也具有明显的抑制作用, EC_{50} 值均小于 3.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

表 1 7 种 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌菌丝扩展的影响

Table 1 Effect of 7 QoI fungicides on mycelia growth of *Magnaporthe oryzae*

药剂名称 Fungicides	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 (r) Correlation coefficient	EC_{50} (95% 置信区间, 95% CI) / ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
啞菌酯 azoxy strobilurin	$Y = 5.3026 + 0.3029x$	0.9931	0.10 (0.08~0.13)
SYP-2815	$Y = 5.1014 + 0.1207x$	0.9717	0.14 (0.09~0.24)
苯醚菌酯 ZJ-0712	$Y = 5.0744 + 0.2925x$	0.9830	0.56 (0.41~0.75)
烯炔菌胺 SYP-1620	$Y = 5.0591 + 0.2459x$	0.9769	0.57 (0.38~0.87)
丁香菌酯 SYP-3375	$Y = 4.8894 + 0.2565x$	0.9872	2.70 (1.72~4.22)
氯啉菌酯 SYP-7107	$Y = 4.7578 + 0.5555x$	0.9811	2.73 (1.76~4.24)
烯炔菌酯 enestroburin	$Y = 4.8720 + 0.2778x$	0.9909	2.89 (1.94~4.31)

2.2 药剂对病菌菌丝形态和色素产生的影响

研究结果 (图 1, 以苯醚菌酯为例) 表明,7 种 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌的色素合成均具有一定的影响。在不含药剂的空白番茄燕麦平板上接种水稻稻瘟病菌,黑暗培养过程中可观察到菌落颜色逐渐由白色变为褐色至黑色,培养 10 d 后即产生大量黑色素;在含 0.05 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 药剂的平板

上,菌落颜色由白色至浅灰,可产生少量色素;而在药剂质量浓度大于 1.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的平板上,培养 10 d 后菌落仍为白色,未产生色素。挑取各药剂不同浓度平板上的病原菌菌丝,制片后进行显微观察,发现各处理的菌丝形态与空白对照相比无明显差异。

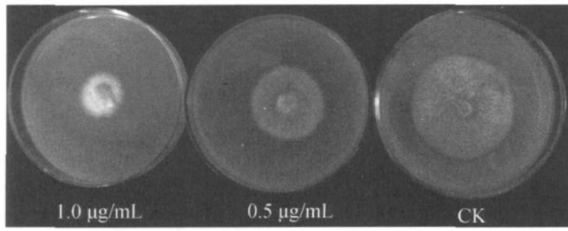


图 1 苯醚菌酯对水稻稻瘟病菌色素产生的影响

Fig 1 Effect of ZJ-0712 on melanin biosynthesis of *Magnaporthe grisea*

2.3 药剂对病菌产孢量的影响

结果如表 2 所示, 7 种 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌产孢量均表现出明显的抑制活性。其中: 嘧菌酯的抑制效果最显著, EC_{50} 值为 $0.10 \mu\text{g}/\text{mL}$; 其次为烯炔菌酯、SYP-2815 和丁香菌酯, 在质量浓度为 $1.0 \mu\text{g}/\text{mL}$ 的含药平板上 (图 2), 4 种杀菌剂对病菌产孢量的抑制率均在 90% 以上; 苯醚菌酯、氯啉菌酯抑制病菌产孢的 EC_{50} 值分别为 3.63 、 $4.92 \mu\text{g}/\text{mL}$, 在 $1.0 \mu\text{g}/\text{mL}$ 的含药平板上, 其抑制率分别为 40.2% 和 19.6%。

表 2 7 种 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌产孢量的影响

Table 2 Effect of 7 QoI fungicides on spore yield of *Magnaporthe grisea*

药剂名称 Fungicides	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 (r) Correlation coefficient	EC_{50} (95% CI) / ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
嘧菌酯 azoxy-stroburin	$Y = 7.3010 + 2.2711x$	0.9828	0.10 (0.03~ 0.37)
烯炔菌酯 enestroburin	$Y = 6.9026 + 2.2712x$	0.9970	0.15 (0.11~ 0.20)
SYP-2815	$Y = 6.0009 + 1.3561x$	0.9730	0.18 (0.12~ 0.29)
丁香菌酯 SYP-3375	$Y = 6.2367 + 1.7566x$	0.9805	0.20 (0.12~ 0.34)
烯炔菌胺 SYP-1620	$Y = 5.5945 + 1.7133x$	0.9557	0.45 (0.20~ 1.02)
苯醚菌酯 ZJ-0712	$Y = 4.7475 + 0.4512x$	0.9999	3.63 (3.34~ 3.94)
氯啉菌酯 SYP-7107	$Y = 4.4404 + 0.8083x$	0.9241	4.92 (1.06~ 22.95)

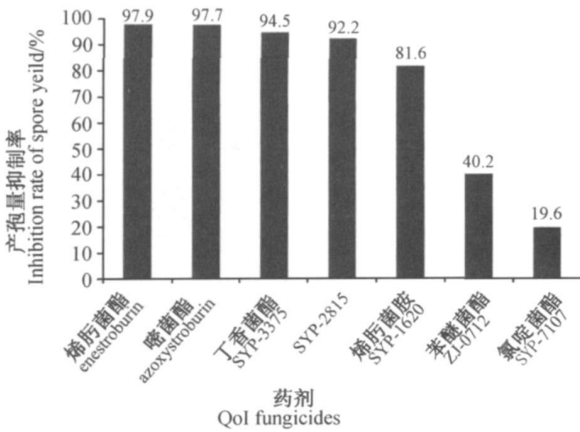


图 2 在 $1.0 \mu\text{g}/\text{mL}$ QoI 药剂平板上水稻稻瘟病菌产孢量抑制率比较

Fig 2 Inhibition rate of spore yield of *M. grisea* on plate with $1.0 \mu\text{g}/\text{mL}$ QoI fungicides

2.4 药剂对病菌孢子萌发的影响

结果如表 3 所示, 7 种 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌孢子萌发均表现出较好的抑制活性。其中: SYP-2815 的抑制效果最明显, EC_{50} 值为 $0.75 \mu\text{g}/\text{mL}$; 丁香菌酯的抑制效果低于其他几种药剂, EC_{50} 值为 $7.14 \mu\text{g}/\text{mL}$; 其余 5 种药剂的 EC_{50}

值介于 $1.00 \sim 5.00 \mu\text{g}/\text{mL}$ 之间。

2.5 药剂对病菌芽管伸长的影响

结果如表 4 图 3 (以嘧菌酯为例) 所示, 7 种 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌芽管伸长表现出不同的抑制活性。其中: 烯炔菌胺的抑制效果最明显, EC_{50} 值为 $1.67 \mu\text{g}/\text{mL}$; 氯啉菌酯、嘧菌酯、SYP-2815 和烯炔菌酯对病菌芽管伸长也具有一定的抑制作用, EC_{50} 值均小于 $10.0 \mu\text{g}/\text{mL}$; 苯醚菌酯、丁香菌酯的抑制效果较差, EC_{50} 值大于 $15.0 \mu\text{g}/\text{mL}$ 。

2.6 7 种杀菌剂对病菌不同发育阶段的影响比较

结果 (见表 5) 表明, 不同供试药剂在病原菌发育的几个重要阶段表现出了不同的生物活性, 其中: 嘧菌酯与 SYP-2815 对菌丝扩展和产孢量的抑制效果优异; SYP-2815 与氯啉菌酯对孢子萌发阶段具有明显的抑制作用; 烯炔菌胺对芽管伸长阶段具有较好的抑制效果; 烯炔菌酯、丁香菌酯对病菌产孢量具有较好的抑制效果, 但对菌丝扩展的抑制作用较差。7 种 QoI 类药剂均对水稻稻瘟病菌黑色素的产生具有显著的抑制作用, 而在供试浓度下对菌丝的形态无明显影响。

表 3 7种 QoI类杀菌剂对水稻稻瘟病菌孢子萌发的影响

Table 3 Effect of 7 QoI fungicides on spore germination of *Magnaporthe oryzae*

药剂名称 Fungicides	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 (r) Correlation coefficient	EC ₅₀ (95% CI) / ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
SYP-2815	$Y = 5.0856 + 0.6867x$	0.9435	0.75 (0.43~1.30)
氯吡菌酯 SY P-7107	$Y = 4.8463 + 0.9478x$	0.9719	1.45 (0.81~2.61)
烯炔菌胺 SY P-1620	$Y = 4.7423 + 0.8450x$	0.9402	2.02 (0.77~5.31)
嘧菌酯 azoxy strobilin	$Y = 4.3098 + 1.3140x$	0.9678	3.35 (1.91~5.88)
烯炔菌酯 enestroburin	$Y = 4.5949 + 0.7287x$	0.9132	3.60 (1.21~10.67)
苯醚菌酯 ZJ-0712	$Y = 4.6076 + 0.5864x$	0.9482	4.67 (2.02~10.80)
丁香菌酯 SY P-3375	$Y = 4.3307 + 0.7839x$	0.9881	7.14 (5.07~10.07)

表 4 7种 QoI类杀菌剂对水稻稻瘟病菌孢子芽管伸长的影响

Table 4 Effect of 7 QoI fungicides on the length of germ tube of *Magnaporthe oryzae*

药剂名称 Fungicides	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 (r) Correlation coefficient	EC ₅₀ (95% CI) / ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
烯炔菌胺 SY P-1620	$Y = 4.7642 + 1.0547x$	0.9939	1.67 (1.20~2.34)
氯吡菌酯 SY P-7107	$Y = 2.9803 + 2.5508x$	0.9880	6.19 (4.85~7.91)
烯炔菌酯 enestroburin	$Y = 3.6512 + 1.6612x$	0.9549	6.49 (4.04~10.41)
嘧菌酯 azoxy strobilin	$Y = 3.9962 + 1.2159x$	0.9389	6.69 (3.64~12.31)
SYP-2815	$Y = 4.3970 + 0.6287x$	0.9523	9.10 (5.77~14.36)
苯醚菌酯 ZJ-0712	$Y = 3.9045 + 0.8775x$	0.9355	17.72 (11.62~27.03)
丁香菌酯 SY P-3375	$Y = 2.5868 + 1.5659x$	0.9994	34.76 (34.61~34.91)

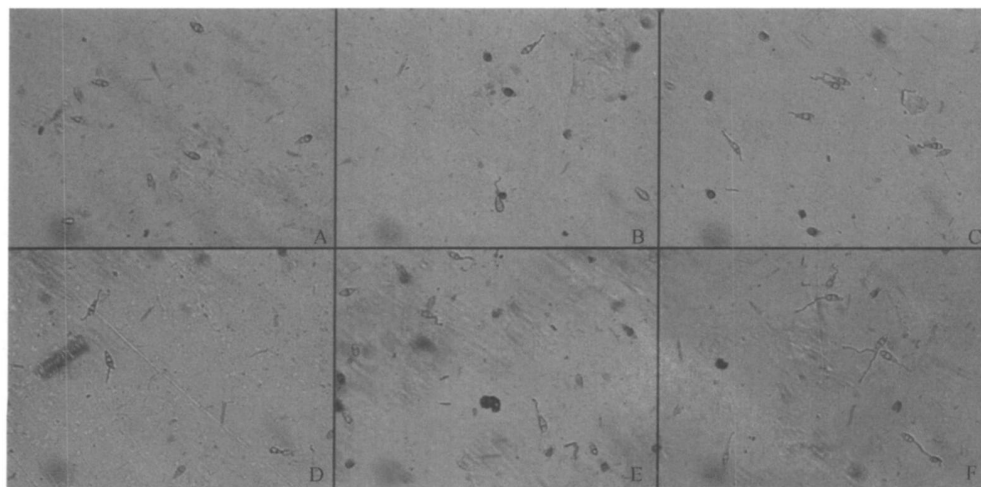


图 3 嘧菌酯对水稻稻瘟病菌孢子芽管伸长的影响

Fig. 3 Effect of azoxystrobin on the length of germ tube of *Magnaporthe oryzae*

注: A、B、C、D、E、F分别显示在 80、40、20、10、5、0、0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 嘧菌酯作用下稻瘟病菌孢子芽管伸长情况。

Note: A, B, C, D, E, F showed the length of germ tube at 80, 40, 20, 10, 5, 0, 0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ concentration of azoxystrobin, respectively.

3 结论与讨论

以国际上商品化时间最早、推广面积最大的 QoI类杀菌剂嘧菌酯为对照药剂,比较研究了我国创制的 6种 QoI类杀菌剂对水稻稻瘟病菌不同发

育阶段的影响。结果表明,7种药剂对水稻稻瘟病菌的菌丝扩展、色素产生、产孢量、孢子萌发和芽管伸长各阶段均有不同程度的影响,因而可以结合不同杀菌剂对病菌生长发育中几个重要阶段所表现出的生物活性差异和田间病害发生的具体时

表 5 7 种 QoI 杀菌剂对水稻稻瘟病菌不同发育阶段的影响

Table 5 Effect of 7 QoI fungicides at different development stages of *Magnaporthe grisea*

药剂名称 Fungicides	菌丝扩展 Mycelia growth	产色素 Melanin biosynthesis	菌丝形态 Mycelia form	产孢量 Spore yield	孢子萌发 Spore germination	芽管伸长 Length of germ tube
嘧菌酯 azoxy strobilin	+++	+++	-	+++	++	++
烯肟菌酯 enestroburin	+	+++	-	+++	++	++
SYP-2815	+++	+++	-	+++	+++	++
烯肟菌胺 SYP-1620	++	+++	-	++	++	+++
苯醚菌酯 ZJ-0712	++	+++	-	+	++	+
氯啉菌酯 SYP-7107	+	+++	-	+	+++	++
丁香菌酯 SYP-3375	+	+++	-	+++	+	+

注: “+++”——抑制作用高, “++”——抑制作用中等, “+”——抑制作用低, “-”——无影响。

Note: “+++”——High inhibition “++”——Moderate inhibition “+”——Low inhibition “-”——No effect.

期, 适时地选择药剂, 有效防治病害的发生和发展。

已有报道表明, 烯肟菌酯对黄瓜霜霉病菌 *Pseudoperonospora cubensis* 休止孢萌发无抑制作用, 而对孢子囊释放、游动孢子游动和芽管伸长有显著的抑制作用^[12]; 嘧菌酯对荔枝霜疫霉 *Peronophythora litchii*、番茄早疫病菌 *Alternaria solani* 等病原菌孢子萌发阶段的生物活性优于对其菌丝扩展阶段的活性^[10-11]。而本研究显示, 嘧菌酯对水稻稻瘟病菌菌丝生长的抑制作用优于对其孢子萌发的抑制, 表明同一杀菌剂对不同靶标菌的最适防治时期可能不同。针对孢子萌发阶段对杀菌剂比较敏感的病原菌, 在田间药剂防治中建议以保护作用为主, 以有效阻止病原菌的侵入。笔者通过比较我国创制的 6 种 QoI 类杀菌剂对水稻稻瘟病菌不同发育阶段的影响, 发现不同药剂对病菌不同发育阶段的抑制作用存在差异(表 5), 其中: 水稻稻瘟病菌菌丝扩展阶段对嘧菌酯和 SYP-2815 的敏感性较高; 孢子萌发阶段对 SYP-2815 和氯啉菌酯更为敏感; 而丁香菌酯、SYP-2815、烯肟菌酯和嘧菌酯对产孢量具有明显的抑制作用。因此在实际应用中, SYP-2815 兼有保护和治疗作用, 嘧菌酯在病害发生后施用可以起到良好的治疗作用, 而丁香菌酯、烯肟菌酯、氯啉菌酯和烯肟菌胺几种药剂主要具有保护作用, 更适合用于病害的预防。上述研究结果可为科学选择防治不同时期水稻稻瘟病的药剂以及制定科学的病害管理方案提供理论依据。

试验中还发现, 7 种供试 QoI 类药剂在水稻稻瘟病菌整个生育期都可起到不同程度的作用, 不仅可预防病原菌入侵、抑制菌丝扩展, 也可通过抑制病菌的产孢量来降低再侵染和初侵染的孢子基数以达到病害防治的目的, 并且对黑色素形成具

有明显的抑制作用。水稻稻瘟病菌黑色素合成过程均需要大量的能量, 而 QoI 类药剂通过作用于电子传递链以影响线粒体的呼吸作用, 抑制了菌体的能量合成。目前关于 QoI 类药剂是通过直接或间接的方式影响了黑色素的合成尚未见报道。但黑色素是水稻稻瘟病菌侵入寄主的必要因子, 其作用是维持附着胞的膨压, 使附着胞形成的侵入钉有足够的压力穿透水稻表皮细胞。黑色素缺失会使稻瘟病菌致病力丧失, 不能侵入寄主^[13-15], 目前生产中用于稻瘟病防治的主要杀菌剂三环唑即为病原菌黑色素生物合成抑制剂^[16]。根据本研究结果, 推测 QoI 类杀菌剂不仅对稻瘟病菌具有直接的抑菌或杀菌活性, 而且可以间接地影响病原菌的致病过程, 从而起到综合防治病害的作用。

参考文献:

- [1] HOU Ming-sheng (侯明生), HUANG Jun-bin (黄俊斌). *Agricultural Plant Pathology (农业植物病理学)* [M]. Beijing (北京): Science Press (科学出版社), 2006: 2
- [2] LEBOLD T, SA SSE F, RECHENBACH H, et al. Cymenins: Novel Antifungal Peptides Containing a Nitrogen-linked β -Methoxyacrylate Pharmacophore: Isolation and Structural Elucidation [J]. *Eur J Org Chem*, 2004: 431-435
- [3] GODWIN JR, YOUNG JE, HART CE. CA5504: Effects on Development of Cereal Pathogens [C] // *Proc Brighton Crop Protect Conf Pests and Diseases BCPC*, 1994: 259-264.
- [4] AMMERMAN E, LORENZ Q, SCHELBERGER K, et al. BAS490F: a Broad Spectrum Fungicide with a New Mode of Action [C] // *Proc Brighton Crop Protect Conf Pests and Diseases BCPC*, 1992: 403-410
- [5] SAUTER H, AMMERMAN E, BENOIT R, et al. Mitochondrial Respiration as a Target for Antifungal: Lessons from Research on Strobilurins in Antifungal Agents [M]. *Discovery and Mode of Action*, Eds. BDS Scientific

- Publishers Oxford, UK, 1995: 173-191.
- [6] ZHANG Yi-bin(张一宾). 由甲氧基丙烯酸酯类抗生素开发农用杀菌剂 [J]. Pestic Transl(农药译丛), 1995: 25-29.
- [7] LUO Yan-ping(骆焱平), LI Yuan-xiang(李元祥), ZHAO Pei-liang(赵培亮). 甲氧丙烯酸酯类杀菌剂的研究进展 [J]. Sciencepaper Online(中国科技论文在线), 2006: 20-26.
- [8] ZHANG Shu-ya(张舒亚). Biological Activity of Azoxy-strobin to Phytopathogenic Fungi and Resistance (啞菌酯对植物病原真菌的生物活性和抗药性研究) [D]. Nanjing(南京): Nanjing Agricultural University(南京农业大学), 2002: 30.
- [9] HUANG Zhang-xin(黄彰欣). Experimental Instruction of Plant Chemical Protection (植物化学保护实验指导) [M]. Beijing(北京): Agriculture Press(农业出版社), 1993: 103.
- [10] PAN Ru-qian(潘汝谦), XU Da-gao(徐大高). The Biological Activities of Azoxy-strobin on Different Development Stages of *Peronosphythora litchi* (啞菌酯对荔枝霜疫霉病菌不同发育阶段的生物活性) [M]. Beijing(北京): China Agricultural Science Press(中国农业科学技术出版社), 2006: 218-221.
- [11] ZHANG Xiao(张晓), ZHANG Yan-jun(张艳军), CHEN Yu(陈雨), et al. 啞菌酯对番茄早疫病病菌的抑制作用 [J]. Chin J Pestic Sci(农药学学报), 2008, 10(1): 41-46.
- [12] WANG Yan(王岩), FENG Ming-ming(冯鸣鸣), LIU Xili(刘西莉), et al. 黄瓜霜霉病菌不同发育阶段对啞菌酯的敏感性 [J]. Scientia Agricultura Sinica(中国农业科学), 2006, 39(9): 1810-1816.
- [13] ZHANG Shu-ya(张舒亚). Biological Activity of Azoxy-strobin to Phytopathogenic Fungi and Resistance (啞菌酯对植物病原真菌的生物活性和抗药性研究) [D]. Nanjing(南京): Nanjing Agricultural University(南京农业大学), 2002: 40.
- [14] ALOIS B A, WHEELER H M. Biosynthesis and Function of Melanin [J]. Ann Rev Phytopathol, 1986, 24: 411-451.
- [15] CHANDA T, SISTER Q H. Restoration of Appressorial Penetration Ability by Melanin Precursors in *Pyricularia oryzae* Treated with Anti-penetrants Melanin-deficient Mutants [J]. Pestic Sci, 1987, 12: 49-55.
- [16] WOLOSZUK P C, SISLER DH, TOKOUSBALDES C M, et al. Melanin Biosynthesis in *Pyricularia oryzae*: Site of Tricyclazole Inhibition and Pathogenicity of Melanin Deficient Mutants [J]. Pestic Biochem Physiol, 1980, 14: 256-264.

(Ed. TANG J)

欢迎订阅《农药学学报》增刊

——《中国农药学学科发展史料汇编》

《农药学学报》是由中国农业大学主办、国内外公开发行的农药学综合性学术期刊,于1999年6月创刊。在2009年创刊十周年之际,为了及时收集整理农药学学科发展历程中的相关历史资料,特编辑出版了《中国农药学学科发展史料汇编》增刊,从94岁高龄的老先生到意气风发的年轻才俊、业界专家,纷纷踊跃赐稿,叙说中国农药学学科曾经的艰辛与成功的喜悦,展示我国农药科学工作者的风采,畅想对农药生产强国、创新强国的不懈追求。《汇编》共刊登了来自中国农药工业协会、石油和化学工业规划院、农业部农药检定所、中化化工科学技术研究总院、环境保护部南京环境科学研究所、中国农业科学院植物保护研究所、上海市农药研究所、广西化工研究院、江苏省农药研究所、南开大学、华东师范大学、中国农业大学、华南农业大学、东北农业大学等单位的农药学专家所撰写的23篇文章,内容主要包括论述我国农药工业的发展、农药管理工作的发展、部分代表性农药的研发历史、重要历史人物的生平事迹、相关机构及学科的建设过程等。《汇编》中的文章之间,有对同一事件的不同叙述,也有不同观点的交锋、碰撞,这一切将有利于我们梳理、反思和总结过去的经验、教训,更好地把握今后前进的方向。

该增刊现已正式出版,特面向全国农药及植保行业工作者广泛征订。

增刊正文共计113页,全部采用彩色铜版纸印刷,配彩色图片和珍贵历史照片,定价50元/本。

订户可直接汇款到本刊编辑部订阅。

汇款地址:北京海淀区圆明园西路2号中国农业大学理学院《农药学学报》编辑部

邮 编: 100193

联系人:唐 静

电 话: 010-62733003

E-mail: nyxuebao@263.net

欢迎单位和 个人踊跃订阅!