

• 研究论文 •

葡萄糖孢炭疽菌对 3 种麦角甾醇脱甲基抑制剂类杀菌剂的敏感性

邓维萍, 杨敏, 杜飞, 刘屹湘, 张丽韬, 闫莹莹,
汪思齐, 杨积忠, 何霞红, 朱书生*

(云南农业大学/教育部农业生物多样性与病害控制重点实验室, 昆明 650201)

摘要: 系统比较了从云南省主要葡萄产区采集的 57 株葡萄糖孢炭疽菌 *Colletotrichum gloeosporioides* 对三唑类脱甲基抑制剂烯唑醇、腈菌唑及咪唑类脱甲基抑制剂咪鲜胺的敏感性、交互敏感性 & 敏感性与生存适合度的相关性等指标。结果表明: 供试菌株对咪鲜胺的 EC_{50} 值在 0.01 ~ 1.58 mg/L 之间, 高于其对烯唑醇 (EC_{50} 值为 0.05 ~ 25.45 mg/L) 和腈菌唑 (EC_{50} 值为 0.49 ~ 192.93 mg/L) 的敏感性; 部分菌株对烯唑醇和腈菌唑的敏感性显著降低, 而对咪鲜胺仍保持较高的敏感性; 供试菌株对烯唑醇和腈菌唑的敏感性具有显著的相关性, 而对咪鲜胺的敏感性与对烯唑醇和腈菌唑的敏感性之间则无显著相关性。低敏感性菌株的致病力和菌落生长速率与敏感菌株无显著差异, 具有较高的生存适合度。

关键词: 胶孢炭疽菌; 甾醇脱甲基抑制剂; 烯唑醇; 腈菌唑; 咪鲜胺

DOI: 10.3969/j.issn.1008-7303.2011.03.06

中图分类号: S482.2; S481.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2011)03-0245-08

Sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* causing grape anthracnose to three sterol demethylation inhibitor (DMI) fungicides

DENG Wei-ping, YANG Min, DU Fei, LIU Yi-xiang, ZHANG Li-tao,
YAN Ying-ying, WANG Si-qi, YANG Ji-zhong,
HE Xia-hong, ZHU Shu-sheng*

(Key Laboratory of Agriculture Biodiversity for Plant Disease Management Ministry of Education/
Yunnan Agricultural University Kunming 650201, China)

Abstract: The sensitivity, cross sensitivity, the relationship of sensitivity and fitness of 57 isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. collected from main grape production districts of Yunnan Province to diniconazole, myclobutanil and prochloraz were tested. The results indicated that the EC_{50} values of all isolates to prochloraz ranged from 0.01 mg/L to 1.58 mg/L, lower than that to diniconazole (0.05 – 25.45 mg/L) and myclobutanil (0.49 – 192.93 mg/L). Based on frequency distribution of EC_{50} values of *C. gloeosporioides* populations to the three sterol demethylation inhibitor (DMI) fungicides, it was revealed that sensitivity of some isolates to diniconazole and myclobutanil

收稿日期: 2010-12-10; 修回日期: 2011-03-08.

作者简介: 邓维萍 (1979-) 女, 云南昭通人, 博士研究生; * 通讯作者 (Author for correspondence): 朱书生 (1979-) 男, 云南曲靖人, 博士, 副教授, 主要从事作物多样性与病害控制研究, 电话: 0871-5220591, E-mail: shushengzhu79@126.com

基金项目: 云南省科技创新强省计划 (2007AB007); 国家自然科学基金项目 (30800731).

had significantly decreased ,but almost all isolates still kept higher sensitivity to prochloraz. The sensitivity correlation analysis for the isolates to the three DMI fungicides showed that the sensitivity of isolates to diniconazole and myclobutanil had remarkable correlation ,however there were no correlation between prochloraz and diniconazole (or myclobutanil) . There was no significant difference between low sensitive isolates and sensitive isolates on pathogenicity and colony growth ,which indicated that low sensitive isolates still had relatively high survival fitness.

Key words: *Colletotrichum gloeosporioides*; sterol demethylation inhibitor(DMI) ; diniconazole; myclobutanil; prochloraz

葡萄是世界上种植最广泛的果树之一 ,从温带至热带都有种植。云南高原葡萄产区具有得天独厚生产优质葡萄的地理和气候优势 ,但是 ,葡萄生长期恰与云南雨季同期 ,常因炭疽病而造成大量落果、烂果 ,遇病害流行年份病穗率可达 50% 以上 ,一些感病品种病穗率甚至高达 70%^[1]。胶孢炭疽菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. 是引起云南葡萄产区葡萄炭疽病的病原。目前对炭疽病仍以化学防治为主 ,常用的杀菌剂有铜制剂、苯并咪唑类、二硫代氨基甲酸盐类、甲氧基丙烯酸酯类、麦角甾醇生物合成脱甲基抑制剂类 (DMIs) 等^[2-3]。其中 ,DMIs 杀菌剂以其优异的防治效果已被广泛用于葡萄炭疽病的防治。虽然杀菌剂抗性行动委员会 (Fungicide Resistance Action Committee ,FRAC) 将 DMIs 杀菌剂列为低到中等抗性风险药剂 ,但在长期使用过程中一些病原菌也会对部分 DMIs 杀菌剂产生较高水平的抗药性^[4-10]。

本研究测定了从云南省主要葡萄产区采集的 57 株葡萄胶孢炭疽菌对常用的 3 种 DMIs 杀菌剂——烯唑醇、腈菌唑及咪鲜胺的敏感性 ,通过敏感性频率分布、供试菌株对 3 种杀菌剂的敏感性相关性分析及菌株敏感性与生存适合度的相关性分析 ,明确了葡萄胶孢炭疽菌对 3 种杀菌剂的敏感性变化情况 ,以期 DMIs 杀菌剂在葡萄炭疽病防治中的合理使用提供参考。

1 材料及方法

1.1 供试杀菌剂

90% 烯唑醇 (diniconazole)、96% 腈菌唑 (myclobutanil) 和 97% 咪鲜胺 (prochloraz) 原药均由中国农业大学农学与生物技术学院种子病理和药理实验室提供 ,用丙酮配制为 1×10^4 mg/L 的母液 ,备用。

1.2 供试菌株的采集和分离

于 2007 - 2009 年在云南省葡萄主产区弥勒县、

宾川县、富民县、石林县和丘北县葡萄园中随机采集炭疽病病果 ,撕下病、健交界处果皮于质量分数为 1.5% 的次氯酸钠溶液中浸泡消毒 2 ~ 3 min ,以无菌水冲洗 3 ~ 4 次 ,置于灭菌滤纸上吸干水分 ,于马铃薯葡萄糖琼脂 (PDA) 培养基上培养、分离、纯化。单孢纯化后于 25 ℃ 恒温培养 5 d ,保存备用。

1.3 胶孢炭疽菌对 3 种杀菌剂的敏感性测定

采用菌丝生长抑制法^[11]。用丙酮将烯唑醇和腈菌唑配制成系列浓度梯度母液 ,按照体积比 1:100 的比例分别加入到已融化并冷却至 50 ℃ 左右的 PDA 培养基中 ,充分混匀后分别倒入灭菌的培养皿 (直径 90 mm) ,制成系列质量浓度为 0.5、1.0、1.5 和 2.0 mg/L 的含药平板;按同样方法用丙酮将咪鲜胺制成系列质量浓度为 0.1、0.3、0.5、1.0 和 1.5 mg/L 的含药平板;以加入等体积丙酮的 PDA 平板为对照。于供试菌株菌落边缘打取直径 5 mm 的菌饼 ,菌丝面朝下接种于含药 PDA 培养基平板中央 ,置于 28 ℃ 恒温培养箱内黑暗培养 4 d 后测量菌落直径 ,以药剂质量浓度的对数为横坐标、抑制率百分率为纵坐标 ,计算毒力回归方程及有效抑制中浓度 (EC_{50}) 值。

1.4 不同地区胶孢炭疽菌对 3 种杀菌剂的敏感性分布及敏感性相关性分析

按照 EC_{50} 值从 0 ~ 1.0 (含 1.0)、1.0 ~ 2.0 (含 2.0)、2.0 ~ 4.0 (含 4.0)、4.0 ~ 8.0 (含 8.0) 及 > 8.0 mg/L 为区间 ,划分从不同葡萄园采集的炭疽病菌在不同区间的分布频率 ,以此比较不同地区炭疽病菌对各杀菌剂的敏感性差异 ,并分析供试菌株对烯唑醇、腈菌唑和咪鲜胺之间的敏感性相关性^[12]。

1.5 供试病原菌菌丝生长速率测定

将所有供试菌株在 PDA 平板上于 25 ℃ 下培养 5 d 后 ,在靠近菌落边缘处打取直径 5 mm 的菌饼 ,菌丝面朝下接种于 PDA 培养基平板上 ,25 ℃ 下黑暗培养 5 d ,其间每 24 h 测定 1 次菌落直径 ,每菌株重复 4 次 ,分析菌丝生长速率与药剂敏感性之间的

相关性。

1.6 病原菌致病力差异比较

选择新鲜、健康的红地球葡萄 *Vitis vinifera* cv. Red Globe, 用质量分数为 1.5% 的次氯酸钠溶液浸泡消毒 2 min, 无菌水冲洗 3~4 次, 置于超净台上吹干。将供试菌株在 PDA 平板上于 25 °C 下培养 5 d 后, 在靠近菌落边缘处打取直径 5 mm 的菌饼, 菌丝面朝下接种于吹干的红地球葡萄表面, 置于垫有吸水纸的塑料盒内(相对湿度 100%), 25 °C 黑暗培养, 以直径 5 mm 的无菌 PDA 培养基饼作为对照。每处理 10 颗葡萄, 重复 3 次。6 d 后开始观察发病情况, 每天用 60 目(孔径 0.250 mm) 纱网度量病斑面积所占格数, 换算出病斑面积值, 分析菌株致病力与菌丝生长速率、药剂敏感性之间的相关性。

2 结果与分析

2.1 胶孢炭疽菌对 3 种杀菌剂的敏感性频率分布

从云南省几个葡萄主产区共采集和分离获得 57 株胶孢炭疽菌菌株, 其对咪鲜胺、烯唑醇和腈菌唑的 EC_{50} 值分别介于 0.01~1.58、0.05~25.45 和 0.49~192.93 mg/L 之间, 可见其对咪鲜胺的敏感性显著高于对烯唑醇和腈菌唑, 且对 3 种药剂的敏感性均已出现不同程度的分化。对烯唑醇的敏感性频率分布(图 1 A) 出现 3 个明显的峰: 第 1 个峰在 EC_{50} 0~2.0 mg/L, 第 2 个峰在 EC_{50} 2.0~4.0 mg/L, 第 3 个峰在 EC_{50} >7.0 mg/L; 对腈菌唑的敏感性频率分布(图 1 B) 出现 4 个明显的峰: 第 1 个峰在 EC_{50} 0~2.0 mg/L, 第 2 个峰在 EC_{50} 2.0~4.5 mg/L, 第 3 个峰在 EC_{50} 5.5~7.0 mg/L, 第 4 个峰在 EC_{50} >8.0 mg/L; 多数菌株对咪鲜胺仍具有较高的敏感性(图 1 C), EC_{50} 值主要分布于 0~0.65 mg/L 之间, 仅有 3 个菌株的 EC_{50} 值较高, 分别为 0.80、1.02 和 1.58 mg/L。

2.2 不同地区胶孢炭疽菌对 3 种杀菌剂的敏感性分布情况

于不同地区葡萄园采集的菌株对 3 种供试杀菌剂的敏感性分布存在较大差异(表 1)。供试菌株对烯唑醇的敏感性分布范围较广, EC_{50} <1.0 mg/L 的菌株在群体中的比例低于 30%, 70% 左右的菌株 EC_{50} 值介于 1.0~8.0 mg/L 之间, 且采自弥勒东风农场的部分菌株 EC_{50} >8.0 mg/L; 对腈菌唑的敏感性分布也表现出相似的趋势, 弥勒东风农场和宾川县葡萄园均检测出 10% 以上的菌株其 EC_{50} 值大于 8.0 mg/L; 供试菌株对咪鲜胺的敏感性仍较高, 石

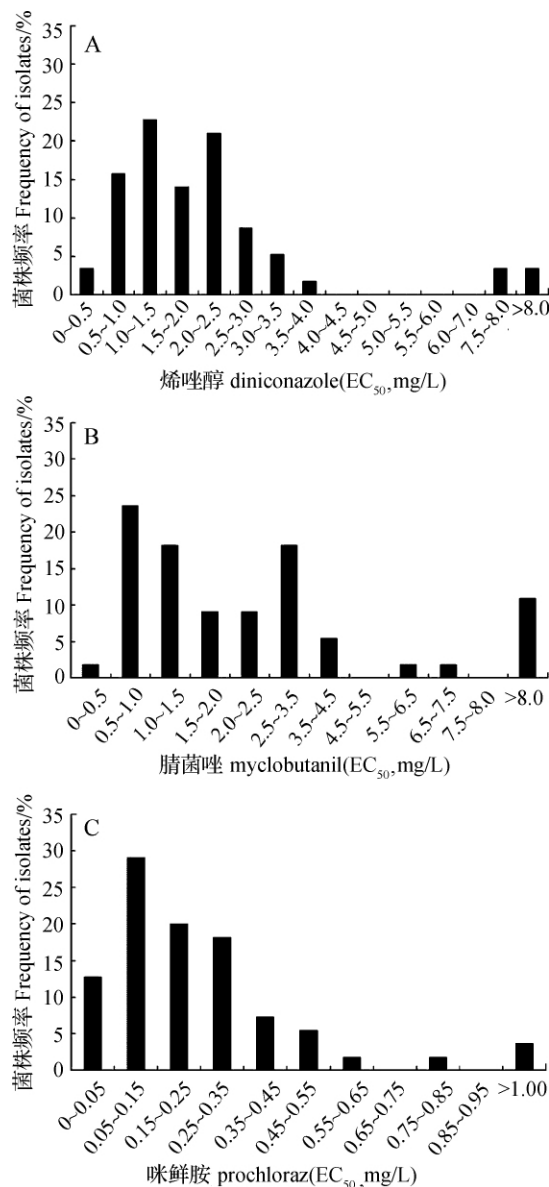


图 1 胶孢炭疽菌对烯唑醇(A)、腈菌唑(B)和咪鲜胺(C)的敏感性频率分布

Fig. 1 Frequency distribution of EC_{50} values of *C. gloeosporioides* populations to diniconazole (A), myclobutanil (B) and prochloraz (C)

林、宾川和丘北葡萄园采集的菌株 EC_{50} 值均小于 1.0 mg/L, 仅在弥勒东风农场、弥阳镇和富民葡萄园有 10% 以下的菌株其 EC_{50} 值介于 1.0~2.0 mg/L 区间。

2.3 供试菌株生长速率与其对药剂敏感性的关系

测定结果(图 2)表明, 供试菌株的菌落生长速率差异较大, 于 PDA 培养基上培养 5 d 后菌落直径分布于 1.30~5.43 cm 之间, 且与对药剂的敏感性

表 1 不同地区葡萄园炭疽病菌对烯唑醇、腈菌唑和咪鲜胺的敏感性分布情况
Table 1 Frequency distribution of EC₅₀ values of *C. gloeosporioides* populations isolated from different vineyards to diniconazole ,myclobutanil and prochloraz

菌株来源 Isolates derivation	杀菌剂 Fungicides	不同 EC ₅₀ 区间菌株频率分布 Frequency distribution of isolates at different EC ₅₀ values range/%				
		0 ~ 1.0	1.0 ~ 2.0	2.0 ~ 4.0	4.0 ~ 8.0	> 8.0
		mg /L	mg /L	mg /L	mg /L	mg /L
弥勒东风农场葡萄园 Vineyard of Dongfeng farm ,Mile County	烯唑醇 diniconazole	17.4	47.8	30.4	0.0	4.3
	腈菌唑 myclobutanil	34.8	17.4	26.1	8.7	13.0
	咪鲜胺 prochloraz	95.7	4.3	0.0	0.0	0.0
弥勒弥阳农场葡萄园 Vineyard of Miyang farm ,Mile County	烯唑醇 diniconazole	20.0	30.0	40.0	10.0	0.0
	腈菌唑 myclobutanil	30.0	20.0	30.0	20.0	0.0
	咪鲜胺 rochloraz	90.0	10.0	0.0	0.0	0.0
富民县葡萄园 Vineyard of Fumin County	烯唑醇 iniconazole	20.0	30.0	40.0	10.0	0.0
	腈菌唑 myclobutanil	30.0	20.0	30.0	20.0	0.0
	咪鲜胺 prochloraz	90.0	10.0	0.0	0.0	0.0
石林县葡萄园 Vineyard of Shilin County	烯唑醇 diniconazole	14.3	57.1	14.3	14.3	0.0
	腈菌唑 myclobutanil	14.3	42.9	28.6	14.3	0.0
	咪鲜胺 prochloraz	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
宾川县葡萄园 Vineyard of Binchuan County	烯唑醇 diniconazole	33.3	33.3	33.3	0.0	0.0
	腈菌唑 myclobutanil	16.7	16.7	50.0	0.0	16.7
	咪鲜胺 prochloraz	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
丘北县葡萄园 Vineyard of Qiubei County	烯唑醇 diniconazole	33.3	16.7	50.0	0.0	0.0
	腈菌唑 myclobutanil	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0
	咪鲜胺 prochloraz	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0

之间无相关性。

2.4 供试菌株致病力与其对药剂敏感性的关系

测定结果(图 3)表明,所有供试菌株均具有致病力,但菌株间致病力差异较大,接种 9 d 后果实上的病斑面积分布于 0.25 ~ 4.84 cm² 之间。相关性分析结果表明,供试菌株的致病力与其对这 3 种杀菌剂的敏感性之间无相关性。

2.5 供试菌株生长速率与致病力的关系

菌丝生长速率与致病力相关性分析结果(图 4)表明,两者之间无相关性。

2.6 胶孢炭疽菌对 3 种杀菌剂敏感性的相关性分析

分析结果表明,供试菌株对腈菌唑和烯唑醇的敏感性共呈现 3 种类型(图 5 ,A): 1) 对腈菌唑和烯唑醇的敏感性呈正相关的群体($R=0.780\ 5$); 2) 对烯唑醇敏感性较高,但对腈菌唑敏感性较低的群体($R=0.661\ 3$); 3) 对腈菌唑敏感性较高,而对烯唑醇敏感性较低的群体($R=0.579\ 7$)。供试菌

株对腈菌唑和咪鲜胺的敏感性无显著相关性($R=0.254\ 2$) (图 5 ,B); 对烯唑醇和咪鲜胺的敏感性也无显著相关性($R=0.238\ 8$) (图 5 ,C)。

3 讨论

烯唑醇和腈菌唑属于三唑类甾醇脱甲基抑制剂,对子囊菌、担子菌和半知菌均具有优异的保护和治疗活性^[13]。生产上常用于防治葡萄果实上的炭疽病、白腐病和白粉病等病害,均表现出优异的防效^[14-16]。虽然 Fuchs 等认为三唑类杀菌剂的抗药性风险较低^[17],但在小麦白粉病菌 *Erysiphe graminis* f. sp. hordei^[18]、小麦禾生球腔菌 *Mycosphaerella graminicola*^[19] 等病原菌上已陆续检测到了高水平抗性菌株,在希腊的甜菜褐斑病菌 *Cercospora beticola* 上也已检测到抗性水平为 156 倍的高抗菌株^[20]。由于烯唑醇、腈菌唑和咪鲜胺已广泛用于葡萄炭疽病的防治,很难在葡萄园中采集到未受药剂选择的敏感菌株,因此无法判定菌

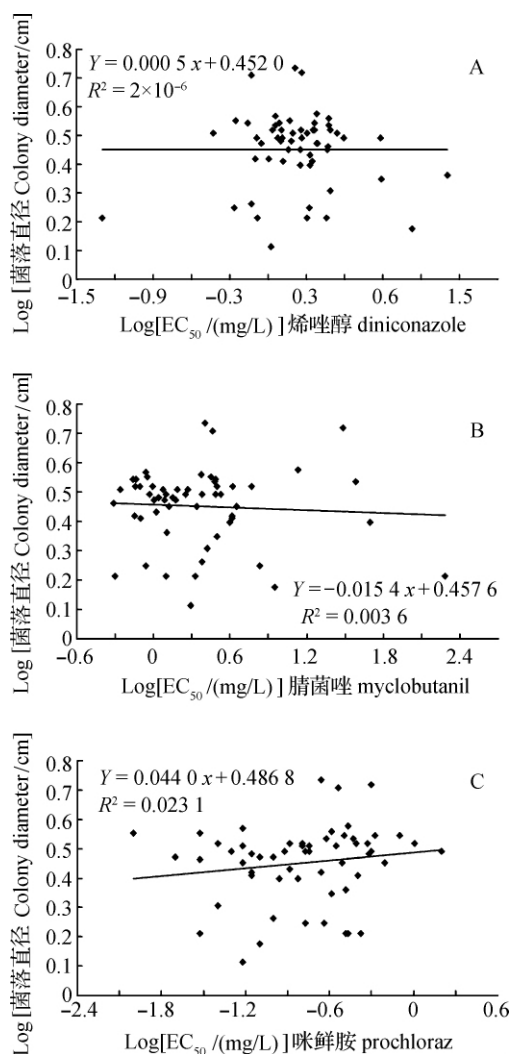


图2 胶孢炭疽菌对烯唑醇(A)、腈菌唑(B)和咪唑胺(C)的敏感性与菌落生长速率相关性分析

Fig.2 The correlation analysis of colony growth rate and fungicide sensitive to diniconazole (A), myclobutanil (B) and prochloraz (C) of *C. gloeosporioides* populations

株对3种杀菌剂的敏感基线。本文通过分析不同葡萄园采集的胶孢炭疽菌的敏感性频率分布,以此比较不同地区炭疽菌对不同杀菌剂的敏感性差异。结果表明,云南省主要葡萄产区葡萄炭疽菌对烯唑醇和腈菌唑已经出现了敏感性降低的菌株。

早期的研究认为,三唑类室内抗药突变体的致病性、菌丝生长速率、产孢能力、竞争力及其他适合度参数相对敏感菌株均有显著下降^[17-21]。而本研究中从田间获得的对烯唑醇和腈菌唑低敏感性菌株的菌落生长速率和致病力与敏感菌株相比并无差异,供试低敏感性菌株仍具有较高的生存适合度。Karaoglanidis等对甜菜褐斑病菌敏感菌株与田间抗

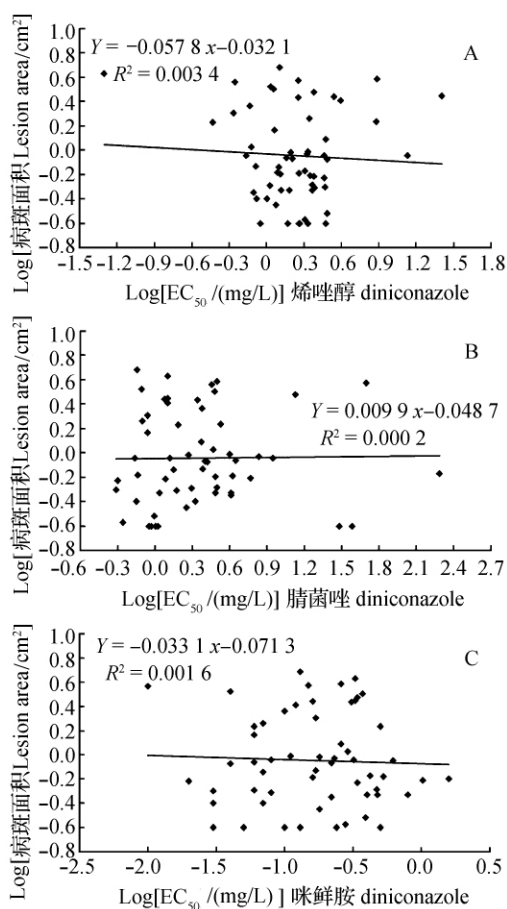


图3 胶孢炭疽菌对烯唑醇(A)、腈菌唑(B)和咪唑胺(C)的敏感性与致病力相关性分析

Fig.3 The correlation analysis of pathogenicity and fungicide sensitive to diniconazole (A), myclobutanil (B) and prochloraz (C) of *C. gloeosporioides* populations

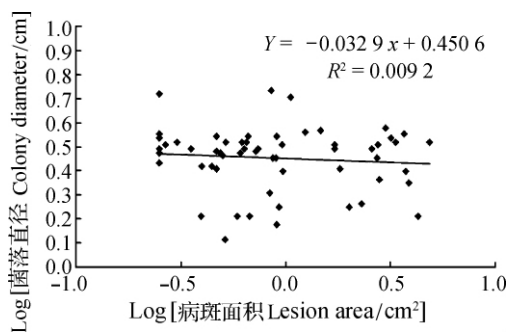


图4 胶孢炭疽菌致病力与菌落生长相关性分析

Fig.4 The correlation analysis of pathogenicity and colony diameter of *C. gloeosporioides* populations

粉唑醇(flutriafol)菌株的室内竞争力及田间竞争力的研究结果也表明,抗性菌株的田间竞争力与敏感菌株相当^[20]。

众多研究表明,DMIs杀菌剂之间存在交互抗

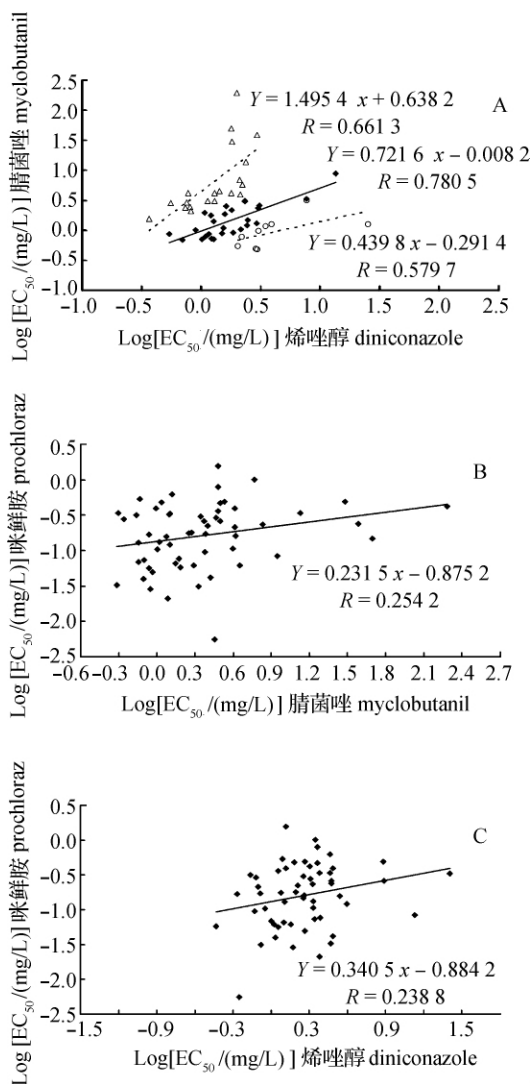


图5 胶孢炭疽菌对烯唑醇和腈菌唑(A)、腈菌唑和咪鲜胺(B)及烯唑醇和咪鲜胺(C)之间的敏感性相关性分析

Fig. 5 Sensitivity correlation between diniconazole and myclobutanil (A) ,myclobutanil and prochloraz (B) ,diniconazole and prochloraz (C)

注:图A中◆代表对腈菌唑和烯唑醇的敏感性呈正相关的群体($R=0.7805$);○代表对腈菌唑敏感性较高,而对烯唑醇敏感性较低的群体($R=0.5797$);△代表对烯唑醇敏感性较高,但对腈菌唑敏感性较低的群体($R=0.6613$)。

Note: In Fig. 5A, ◆: colony whose sensitivity for diniconazole and myclobutanil were positive correlation($R=0.7805$); ○: colony that had higher sensitivity for myclobutanil, while lower sensitivity for diniconazole($R=0.5797$); △: colony that had higher sensitivity for diniconazole, while lower sensitivity for myclobutanil($R=0.6613$) .

药性^[4 22-27]。本研究中,田间仅部分菌株对烯唑醇和腈菌唑均表现出低敏感性,而其余菌株仅表现出单药剂低敏感性。Kendall 等曾报道,黄瓜黑星病菌 *Cladosporium cucumerinum* 和黄瓜白粉病菌

Sphaerotheca fuliginea 对氯苯嘧啶醇(fenarimol)和丙环唑(propiconazole)表现出明显的交互抗性,而大麦网斑病菌 *Pyrenophora. teres* 对这两种杀菌剂无交互抗性^[22]。抗药性菌株对不同杀菌剂的抗性差异可能与其产生抗性的机制不同有关。已有研究表明,白色念珠菌 *Candida albicans*、啤酒酵母菌 *Saccharomyces cerevisiae*、禾生球腔菌 *Mycosphaerella graminicola*、指状青霉菌 *Penicillium digitatum* Sacc 等对三唑类杀菌剂的抗药性机制常与 ABC 运输体基因过量表达、CYP51 基因点突变及过量表达等机制有关^[9, 19 28-30]。本研究的部分菌株对烯唑醇和咪鲜胺的敏感性差异可能与抗性机制的差异有关,但具体机制还有待进一步研究。

咪鲜胺是一种具有铲除活性但内吸性较差的咪唑类脱甲基抑制剂^[31]。已有研究表明,咪鲜胺对炭疽病的防治效果优于三唑类杀菌剂^[32-33]。本文敏感性监测结果也表明,咪鲜胺对胶孢炭疽菌的抑菌活性很高,田间敏感菌株的 EC₅₀ 值均小于 0.5 μg/mL,而烯唑醇和腈菌唑对敏感菌株的 EC₅₀ 值多分布于 0.5~2.0 μg/mL 之间。Kuo 和 Prior 等的研究也表明,芒果炭疽病菌 *C. gloeosporioides* 对咪鲜胺的敏感性均高于三唑类杀菌剂^[32, 34]。咪鲜胺在生产上已使用 20 多年,但很少有病原菌产生抗性的报道。Julian 等的研究表明,从小麦基腐病菌 *Pseudoercospora herpotrichoides* 自然群体中很难筛选获得自然突变体,利用紫外线诱导也难以获得抗咪鲜胺菌株^[35]。Sanders 等连续 3 年监测了油梨炭疽病菌 *C. gloeosporioides* 对咪鲜胺的敏感性,也未检测到抗性菌株^[36]。Kuo 等测定了从长期使用咪鲜胺的芒果园中采集分离的 545 株芒果炭疽病菌菌株的敏感性,结果显示所有菌株的 EC₅₀ 值均在 0.009~0.1554 μg/mL 范围内,田间高频率地使用咪鲜胺也未使菌株产生抗药性^[34]。本研究从弥勒东风农场和弥勒镇及丘北县葡萄园采集的胶孢炭疽菌中存在较低频率敏感性下降的菌株。通过调查,检测到低敏感性菌株的葡萄园已经连续使用咪鲜胺多年,且每年施用次数均在 4 次以上,这表明田间炭疽病菌群体对咪鲜胺的敏感性随着药剂使用时间的延长也会降低,即炭疽病菌对咪鲜胺虽然具有较低的抗药性风险,但若药剂使用不合理,仍然会导致田间防效下降。另外,本研究还发现,田间对烯唑醇或腈菌唑敏感性较低的菌株对咪鲜胺均未表现出明显的低敏感性,这表明菌株对咪鲜胺与烯唑醇和腈菌唑之间的敏感性无显著相关性。

综上所述,咪鲜胺、烯唑醇和腈菌唑均是目前生产上常用于葡萄炭疽病防治的杀菌剂,但烯唑醇和腈菌唑的不合理使用会使炭疽病菌逐渐产生抗药性,而咪鲜胺对炭疽病菌具有更优异的杀菌活性和较低的抗药性风险,且与烯唑醇和腈菌唑无交互敏感性,因而在炭疽病的防治中具有广阔的应用前景,但长期高频率的施用也会导致菌株敏感性降低,存在潜在的抗性风险。因此,生产上应科学合理地应用这3种DMIs杀菌剂防治葡萄炭疽病,延缓或避免菌株抗药性的产生,减小对潜在抗性菌株的选择性压力。

参考文献:

- [1] LEI Bai-zhan(雷百战), LI Guo-ying(李国英). 新疆葡萄炭疽病病原的鉴定及其生物学特性的研究[J]. *J Shihezi Univ: Nat Sci Ed*(石河子大学学报: 自然科学版), 2004, 22(4): 298 – 230.
- [2] SCHILDER A M C, GILLET J M, SYSAK R W. Evaluation of fungicides for control of anthracnose fruit rot of blueberries, Fungicide and Infanticide Tests: SMF5 [EB/OL]. <http://www.scisoc.org/online/FNtests/2001/top.Htm> 2001.
- [3] WHARTON P S, DIÉGUEZ-URIBEONDO J. The biology of *Colletotrichum acutatum* [J]. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 2004 61(1): 3 – 22.
- [4] GOLEMBIEWSKI R C, VARGAS J M, JONES A L, et al. Detection of demethylation inhibitor (DMI) resistance in *Sclerotinia homoeocarpa* populations [J]. *Plant Dis*, 1995, 79: 491 – 493.
- [5] ZEHR E I, LUSZCZ L A, OLLEN W C et al. Reduced sensitivity in *Monilinia fructicola* to propiconazole following prolonged exposure in peach orchards [J]. *Plant Dis*, 1999, 83: 913 – 916.
- [6] KARAOGLANIDIS G S, IOANNIDIS P M, THANASSOULOPOULOS C C. Reduced sensitivity of *Cercospora beticola* isolates to sterol-demethylation-inhibiting fungicides [J]. *Plant Pathol* 2000 49: 567 – 572.
- [7] MCGRATH M T, SHISHKOFF N. Resistance to triadimefon and benomyl, dynamics and impact on managing cucurbit powdery mildew [J]. *Plant Dis* 2001 85: 147 – 154.
- [8] LIAO A, BENEDETTO D, HSIANG T. Sensitivity of *Sclerotinia homoeocarpa* to demethylation-inhibiting fungicides in Ontario, Canada, after a decade of use [J]. *Plant Pathology*, 2007, 56: 500 – 507.
- [9] COOLS H J, FRAAIJE B A, LUCAS J A. Molecular examination of *Septoria tritici* isolates with reduced sensitivities to triazoles [M] // *Modern Fungicides and Antifungal Compounds IV*, BCPC, Alton, UK 2005: 103 – 114.
- [10] MA Z H, DAVID P M, DAN F, et al. Sensitivity of *Botryosphaeria dothidea* from California pistachio to tebuconazole [J]. *Crop Protection* 2002 21: 829 – 835.
- [11] QUIROGA E N, SAMPIETRO A R, VATTUONE M A. Screening antifungal activity of selected medicinal plants [J]. *Ethnopharmacol* 2001 74: 89 – 96.
- [12] ZHU S S, LIU X L, WANG Y, et al. Resistance of *Pseudoperonospora cubensis* to flumorph on cucumber in plastic houses [J]. *Plant Pathology* 2007 56: 967 – 975.
- [13] XU Han-hong (徐汉虹). *Plant Chemical Protection* (植物化学保护学) [M]. Beijing (北京): China Agriculture Press (中国农业出版社) 2007: 149 – 154.
- [14] GUBLER W D, YPEMA H L, OUIMETTE D G, et al. Occurrence of resistance in *Uncinula necator* to triadimefon, myclobutanil and fenarimol in California grapevines [J]. *Plant Dis*, 1996, 80: 902 – 909.
- [15] SZKOLNIK M. Physical modes of action of sterol-inhibiting fungicides against apple diseases [J]. *Plant Dis*, 1981, 65: 981 – 985.
- [16] WONG F P, MIDLAND S L. Sensitivity distributions of California populations of *Colletotrichum cereale* to the DMI fungicides propiconazole, myclobutanil, tebuconazole, and triadimefon [J]. *Plant Dis* 2007 91: 1547 – 1555.
- [17] FUCHS A, DRANDAREVSKI C A. The likelihood of development of resistance to systemic fungicides which inhibit ergosterol biosynthesis [J]. *Neth J Plant Pathol*, 1976, 82: 85 – 87.
- [18] BLATTER R H E, BROWN J K M, WOLFE M S. Genetic control of the resistance of *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* to five triazole fungicides [J]. *Plant Pathol*, 1998, 47: 570 – 579.
- [19] STERGIOPOULOS L, NISTELROOY J G V, KERMA G H J, et al. Multiple mechanisms account for variation in base-line sensitivity to azole fungicides in field isolates of *Mycosphaerella graminicola* [J]. *Pest Management Science*, 2003, 59: 1333 – 1343.
- [20] KARAOGLANIDIS G S, THANASSOULOPOULOS C C, IOANNIDIS P M. Fitness of *Cercospora beticola* field isolates—resistant and sensitive to demethylation inhibitor fungicides [J]. *Eur J Plant Pathol* 2001 107: 337 – 347.
- [21] HOLMES G J, ECKERT J W. Relative fitness of imazalil-resistant and sensitive biotypes of *Penicillium digitatum* [J]. *Plant Dis*, 1995, 79: 1068 – 1073.
- [22] KENDALL S J. Cross-resistance of triadimenol-resistant fungal isolates to other sterol C-14 demethylation inhibitor fungicides [C] // *British Crop Protection Conference, Pests and Diseases*, 1986: 539 – 546.
- [23] KOLLER W, PARKER D M, REYNOLDS K L. Baseline sensitivities of *Venturia inaequalis* to sterol demethylation inhibitors [J]. *Plant Dis*, 1991, 75: 726 – 728.
- [24] HERMANN D, GISI U. Cross-resistance among DMI fungicides and sensitivity distributions of *Septoria tritici* populations [C] // *Brighton Crop Prot Conf, Pests and Diseases*, BCPC Registered Office, Surrey, UK, 1994: 487 – 492.
- [25] HSIANG T, YANG L, BARTON W. Baseline sensitivity and cross-resistance to demethylation-inhibiting fungicides in Ontario isolates of *Sclerotinia homoeocarpa* [J]. *Eur J Plant Pathol*, 1997, 103: 409 – 416.
- [26] ROBERTSE B, RIJST VAN DER M, AARDE VAN I M R, et al. DMI sensitivity and cross-resistance patterns of

- Rhynchosporium secalis* isolates from South Africa [J]. *Crop Protection* 2001 20: 97–102.
- [27] KARAOGLANIDIS G S ,THANASSOULOPOULOS C C. Cross-resistance patterns among sterol biosynthesis inhibiting fungicides (SBI) in *Cercospora beticola* [J]. *Eur J Plant Pathol* 2003 , 109: 929–934.
- [28] NAKAUNE R ,ADACHI K ,NAWATA O ,et al. A novel ATP-binding cassette transporter involved in multidrug resistance in the phytopathogenic fungus *Penicillium digitatum* [J]. *Appl Environ Microbiol* 1998 64: 3983–3988.
- [29] HAMAMOTO H ,HASEGAWA K ,NAKAUNE R ,et al. Tandem repeat of a transcriptional enhancer upstream of the sterol 14 alpha-demethylase gene (*CYP51*) in *Penicillium digitatum* [J]. *Appl Environ Microbiol* 2000 66: 3421–3426.
- [30] LI Hong-ye(李红叶), ZHU Guo-nian(朱国念), ZHU Jin-wen(朱金文) et al. 丝状真菌对甾醇生物合成抑制剂的抗性分子机制[J]. *Mycosystema*(菌物系统) 2002 21 (2): 293–300.
- [31] SCHEINPFLUG H ,KUCK K H. Sterol biosynthesis inhibiting piperazine ,pyridine and azole fungicides [M]//Modern Selective Fungicide ,Properties ,Applications and Mechanisms of Action , Longman Scientific and Technical Co. ,Essex ,U. K. ,1987: 137–148.
- [32] PRIOR C ,ELANGO F ,WHITWELL A. Chemical control of *Colletotrichum* infection in mangoes [M] // *Colletotrichum: Biology ,Pathology and Control* ,CAB International ,Oxon ,U. K. , 1992: 326–336.
- [33] JEFFRIES P ,DODD J C ,JEGER M J ,et al. The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruit [J]. *Plant Pathology* 1990 39: 353–366.
- [34] KUO K C. Sensitivity of mango anthracnose pathogen , *Colletotrichum gloeosporioides* ,to the fungicide prochloraz in Taiwan [J]. *Proc Natl Sci Counc ROC (B)* ,2001 ,25 (3): 174–179.
- [35] JULIAN A M ,HARDY J E ,LUCAS J A. The induction and characterization of isolates of *Pseudocercospora herpotrichoides* with altered sensitivity to the fungicide prochloraz [J]. *Pestic Sci* 1994 41: 121–128.
- [36] SANDERS G M ,KORSTEN L. Survey of fungicide resistance of *Colletotrichum gloeosporioides* from different avocado production areas [J]. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 1999 22: 35–38.

(责任编辑: 唐 静)

欢迎订阅 2012 年《农药学学报》

双月刊 邮发代号 2-949

《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,“中国精品科技期刊”、“中国科技核心期刊”、“中国高校精品科技期刊”、“中文核心期刊要目总览(2008版)入编期刊”、“中国科技引文数据库”源刊、RCCSE中国核心学术期刊(A)。主要面向农药和植保专业科研工作者及大专院校师生,旨在及时、全面报道农药学各分支学科有创造性的最新研究成果与综合评述,是了解我国农药学研究动态的理想园地。

本刊现设4个栏目:专论与综述、研究论文、研究简报及相关信息。所发表的论文几乎涵盖了农药学所有分支领域,主要包括合成与构效关系、分析与残留、环境与毒理、作用机制研究、制剂加工及应用等。

本刊现已被美国《化学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、英国《动物学记录》以及汤姆森科技信息集团(Thomson Scientific)等10家国外重要检索机构收录,同时是《中国科学引文数据库》等多家国内重要数据库的来源期刊。曾荣获教育部科技司“全国高校优秀期刊评比·优秀编辑出版质量奖”、“中国科技论文在线优秀期刊·一等奖”及“第四届全国优秀农业期刊评选·学术类期刊二等奖”等奖项,2010年在教育部科技司举办的“第3届中国高校精品·优秀·特色科技期刊评比”中又被评为了“中国高校精品科技期刊”。

《农药学学报》现为A4开本,自2011年起已由季刊变更为双月刊。全国统一邮政发行(邮发代号2-949),国内定价为25元/期,全年6期共150元。订户可通过当地邮局订阅,也可直接汇款到本刊编辑部订阅(1999~2011年已出版期刊,本编辑部还有少量库存,欢迎联系购买)。

汇款地址:北京海淀区圆明园西路2号 中国农业大学西校区理学院《农药学学报》编辑部

邮 编:100193 联系人:何 欣 电 话:010-62733003 E-mail: nyxuebao@263.net

欢迎单位和个人踊跃订阅!

《农药学学报》编辑部

2011年6月