防治葡萄溃疡病的杀菌剂筛选与评价

刘 梅，金 添，王 慧，李永华，王训成，李兴红，燕继晔*

（北京市农林科学院植物保护研究所，北方果树病虫害绿色防控北京市重点实验室，北京 100097）

摘要 采用菌丝生长速率法和孢子萌发法测定了7种杀菌剂对可可毛色二孢CSS-01s的室内生物活性，筛选出3种抑制效果较好的杀菌剂；通过对离体葡萄绿枝条及盆栽葡萄幼苗新梢进行人工接种病原菌，进一步评价杀菌剂的防治效果。结果表明，7种杀菌剂对可可毛色二孢菌丝生长和孢子萌发表现出不同的抑制活性，其中戊唑醇、氯氟醚菌唑、啶酰菌胺和氟啶胺对菌丝生长的抑制作用较强，EC_{50}分别为0.116、0.137、0.109 μg/mL和0.119 μg/mL；戊唑醇、氯氟醚菌唑、氟啶胺对孢子萌发的抑制作用较强，EC_{50}分别为0.420、0.595 μg/mL和1.885 μg/mL。CSS-01s接种离体葡萄绿枝条试验中，戊唑醇100、200 mg/L，氯氟醚菌唑100、300 mg/L和氟啶胺100、200 mg/L的防治效果无显著差异，在57.81%～65.31%；CSS-01s接种葡萄幼苗新梢试验中，氟啶胺200 mg/L的防治效果最好，为77.56%，与氟啶胺100 mg/L、氯氟醚菌唑100、300 mg/L和戊唑醇200 mg/L之间无显著差异，但显著高于戊唑醇100 mg/L。研究结果显示，氯氟醚菌唑、戊唑醇和氟啶胺可以作为推荐杀菌剂，经进一步的田间药效评价用于葡萄溃疡病的防治。

关键词 葡萄溃疡病； 可可毛色二孢； 杀菌剂； 室内生物活性； 防治效果

中图分类号： S 436.631.1 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2022144

Screening and evaluation of fungicides for controlling grapevine Botryosphaeria dieback

LIU Mei， JIN Tian， WANG Hui， LI Yonghua， WANG Xuncheng， LI Xinghong， YAN Jiye*

（*Beijing Key Laboratory of Environment Friendly Management on Fruit Diseases and Pests in North China*, *Institute of Plant Protection*, *Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences*, *Beijing* 100097, *China*）

Abstract Inhibitory activities of seven fungicides to *Lasiodiplodia theobromae* were determined using the mycelial growth and conidia germination methods. Three fungicides with high inhibitory effect were screened out, including tebuconazole, mefentrifluconazole and fluazinam. Control efficacy was further evaluated by CSS-01s inoculation *in vitro* grape green shoot and seedling branch. The results showed that all the seven fungicides presented different inhibitory activity against both mycelial growth and conidia germination. For the mycelial growth, the highest inhibitions were found in the cases with tebuconazole, mefentrifluconazole, boscalid, and fluazinam, with EC_{50} values of 0.116, 0.137, 0.109, and 0.119 μg/mL, respectively. For the conidia germination, the highest inhibitions were found in the cases with tebuconazole, mefentrifluconazole and fluazinam, with EC_{50} values of 0.420, 0.595 and 1.885 μg/mL, respectively. For the CSS-01s inoculation *in vitro* grape green shoot, control efficacies of tebuconazole (100, 200 mg/L), mefentrifluconazole (100, 300 mg/L), and fluazinam (100, 200 mg/L) were no significantly different, and in the range of 57.81%－65.31%. For the CSS-01s inoculation seedling branch, the highest control efficacy of fluazinam (200 mg/L) was 77.56%, had no significant difference with that of fluazinam (100 mg/L), mefentrifluconazole (100, 300 mg/L), and tebuconazole (200 mg/L), but significantly higher than that of tebuconazole (100 mg/L). The above results indicated that tebuconazole, mefentrifluconazole, and fluazinam could be recommended as fungicides for prevention and control of grapevine Botryosphaeria dieback after further evaluation of field efficacy.

Key words grapevine Botryosphaeria dieback; *Lasiodiplodia theobromae*; fungicide; inhibitory activity *in vitro*; control efficacy

收稿日期： 2022-03-18 **修订日期：** 2022-06-06

基金项目： 国家现代农业产业技术体系(CARS-29)；北京市农林科学院杰出科学家培育专项(JKZX202204)

* 通信作者 E-mail：jiyeyan@vip.163.com

葡萄 *Vitis vinifera* L. 属于葡萄科葡萄属木质藤本植物，是一种具有重要经济价值的果树，在全球范围内广泛种植。我国是世界第二大种植葡萄的国家，葡萄种植面积约为 87.5 万 hm^2，占全球葡萄种植面积的 12%[1]。葡萄及其相关产业在我国农业生产中占有较大的比重。葡萄溃疡病于 1964 年在加拿大首次报道[2]，是葡萄重要的枝干病害，典型症状包括枝条或枝干顶梢枯死、木质部出现褐色至黑色楔形或弓形坏死斑；另外，田间还可表现为芽坏死、果实干缩脱落等症状，严重时会导致整株枝条或整树枯死。近年来，由于葡萄树龄的增长、种植方式改变以及环境变化、栽培管理等多种原因，葡萄溃疡病发生较为普遍且个别年份较重，平均每年造成葡萄减产 3%～8%，在发病较重的省份如广西、浙江等地可导致 10%～20%的产量损失，给葡萄产业发展带来不利影响[3]。

国际上报道与葡萄溃疡病有关的病原真菌主要集中于葡萄座腔菌属 *Botryosphaeria*、色二孢属 *Diplodia*、小穴壳属 *Dothiorella*、毛色二孢属 *Lasiodiplodia*、*Neofusicoccum*、*Spencermartinsia* 和球壳孢属 *Sphaeropsis* 这 7 个属，其中葡萄座腔菌 *B. dothidea*、色二孢 *D. seriata*、可可毛色二孢 *L. theobromae* 和小新壳梭孢 *N. parvum* 最为常见[3-5]。可可毛色二孢的致病力最强[4]，寄主广泛，除危害葡萄外，还可危害猕猴桃[6]、茶树[7]、橡胶等[8]。

针对葡萄溃疡病的防治，国内外学者尝试了热水处理苗木[9-12]，调整修剪时间[13]、“外科手术治疗”等多种措施[14-15]，对控制病害发生和蔓延起到了一定的作用，但从田间的防治效果来说，使用杀菌剂是最有效的措施，一些三唑类杀菌剂（苯醚甲环唑）、甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂（嘧菌酯）和苯并咪唑类杀菌剂（甲基硫菌灵）已陆续被用于葡萄溃疡病的防治中[16]，但为避免同一化学杀菌剂长期连续使用带来的抗药性问题，需要筛选新型高效的杀菌剂进行轮换或交替使用，同时结合生物防治、物理防治等多种措施建立葡萄溃疡病综合防治技术。本研究通过菌丝生长速率法、孢子萌发法测定了 7 种杀菌剂对葡萄溃疡病菌的室内生物活性，并通过可可毛色二孢 CSS-01s 接种葡萄离体绿枝条以及盆栽幼苗新梢的方法，筛选出高效低毒的化学药剂，为田间葡萄溃疡病的科学防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菌株：可可毛色二孢 *Lasiodiplodia theobromae* CSS-01s，从湖南葡萄枝干病样上分离获得，并经单孢纯化保存。

供试葡萄品种：‘夏黑’。

供试杀菌剂均为原药。97%戊唑醇，上虞颖泰精细化工有限公司；97%氯氟醚菌唑、98%啶酰菌胺和 98%吡唑醚菌酯，巴斯夫欧洲公司；96%氟啶胺，日本石原产业株式会社；98%咯菌腈，瑞士先正达作物保护有限公司；95%甲基硫菌灵，日本曹达株式会社；99%水杨肟酸（SHAM），上海麦克林生化科技有限公司。用丙酮溶剂制备成 10 mg/mL 的母液，于 4℃黑暗条件下保存备用。

1.2 试验方法

1.2.1 菌丝生长速率法测定不同杀菌剂的生物活性

用无菌水分别稀释 10 mg/mL 的母液，配制 5 个系列质量浓度梯度的含药 PDA 平板（其中丙酮的体积分数＜0.25%），设置空白对照和溶剂对照。为抑制旁路呼吸作用，吡唑醚菌酯的 PDA 平板中加入适当体积的水杨肟酸（SHAM）至终浓度为 100 μg/mL。将可可毛色二孢 CSS-01s 在 PDA 平板上培养 2 d 后，打取菌龄一致的菌饼接种于含药 PDA 平板和对照 PDA 平板中央，每处理重复 3 次，置于 28℃，L//D=12 h//12 h 的培养箱中培养 2 d。采用十字交叉法测量菌落直径，计算菌丝生长抑制率，将抑制率转换为几率值（y），浓度换算成浓度对数（x），利用 DPS 软件求出毒力回归方程的斜率，计算各杀菌剂的 EC_{50} 及 95%置信限并进行卡方检验。试验重复 2 次。

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%。

1.2.2 孢子萌发法测定不同杀菌剂的生物活性

按照 1.2.1 的方法制备 5 个系列质量浓度梯度的含药水琼脂（WA）平板，设置空白对照和溶剂对照。为抑制旁路呼吸作用，吡唑醚菌酯的 WA 平板中加入适当体积的 SHAM 至终浓度为 100 μg/mL。可可毛色二孢 CSS-01s 在 PDA 平板上培养 7 d，待菌丝表面产生大量的分生孢子器，用灭菌棉签打断菌丝并向培养皿中加入 5 mL 无菌水，而后用 4 层纱布过滤获得浓度为 1×10^6 个/mL 的孢子悬浮液。分别吸取 100 μL 孢子悬浮液至含药及不含药的 WA 平板上，用涂布器涂抹均匀，于 28℃，L//D=12 h//12 h 的培养箱中培养，每处理重复 3 次，8 h 后随机镜检分生孢子的萌发情况（对照孢子萌发率在 90%以上时）。当萌发芽管长度超过孢子短半径

时视为萌发。计算各处理的分生孢子相对萌发抑制率,以药剂浓度对数值为横坐标,分生孢子萌发抑制率的几率值为纵坐标,利用 DPS 软件求出毒力回归方程的斜率,计算各杀菌剂的 EC_{50} 及 95%的置信限并进行卡方检验。试验重复 2 次。

$R=N_g/N_t\times100$ (R 为孢子萌发率,N_g 为孢子萌发数,N_t 为调查的孢子总数);

$I=(R_0-R_t)/R_0\times100$ (I 为孢子萌发抑制率,R_0 为空白对照孢子萌发率,R_t 为处理孢子萌发率)。

1.2.3 杀菌剂对接种 CSS-01s 的离体葡萄绿枝条的防治效果

可可毛色二孢 CSS-01s 在 PDA 平板上培养 2 d,在菌落边缘打取直径 4 mm 的菌饼。用无菌水分别稀释 10 mg/mL 的母液,配制系列浓度梯度的药液。取 30～35 cm 包含 4～5 节的健康'夏黑'葡萄绿枝条作为接种材料,经表面消毒后,采用电动喷雾器向离体枝条均匀喷洒各浓度的药液,以药液不滴落为宜。对照喷施相同体积的无菌水。施药 24 h 后,在距枝条顶端 15 cm 处用 4 mm 灭菌打孔器打孔,去掉韧皮部,将制备的菌饼贴接于伤口处,用封口膜包扎保湿,每个接种后的绿枝条马上插入装有灭菌蛭石营养钵中,每处理 5 根枝条,3 次重复。接菌后放置于 28℃,L//D=12 h//12 h,前 48 h 相对湿度 80%～90%,后期相对湿度 60%的人工气候室中,7 d 后测量病斑长度,计算各杀菌剂各浓度处理对葡萄溃疡病的防效。

防治效果=(对照病斑长度－处理病斑长度)/(对照病斑长度－菌饼直径)×100%。

1.2.4 杀菌剂对接种 CSS-01s 盆栽葡萄幼苗新梢的防治效果

将可可毛色二孢 CSS-01s 在 PDA 平板上培养 2 d,在菌落边缘打取直径 4 mm 的菌饼。用无菌水分别稀释 10 mg/mL 的母液,配制系列浓度梯度的药液。选取温室盆栽'夏黑'葡萄长约 40 cm,直径10 mm 左右,包含 4～5 节的健康葡萄新梢作为接种材料,采用电动喷雾器向整条新梢均匀喷洒各浓度的药液,以药液不滴落为宜。对照喷施相同体积的无菌水。施药 24 h 后,在距枝条顶端 15 cm 处用 4 mm 灭菌打孔器打孔,去掉韧皮部,将制备的菌饼贴接于伤口处,用封口膜包扎保湿,每处理 5 根枝条,3 次重复。培养条件同 1.2.3 小节。10 d 后测量病斑长度,计算各杀菌剂各浓度处理对葡萄溃疡病的防效。

防治效果=(对照病斑长度－处理病斑长度)/(对照病斑长度－菌饼直径)×100%。

2　结果与分析

2.1　杀菌剂对可可毛色二孢 CSS-01s 的生物活性

供试杀菌剂对可可毛色二孢 CSS-01s 菌丝生长均具有不同程度的抑制作用,其中戊唑醇、氯氟醚菌唑、啶酰菌胺、氟啶胺的抑制作用较强,EC_{50} 分别为 0.116、0.137、0.109 μg/mL 和 0.119 μg/mL,其次是吡唑醚菌酯和咯菌腈,甲基硫菌灵对菌丝生长的抑制作用最低,EC_{50} 为 0.776 μg/mL(表 1)。

表 1　杀菌剂对可可毛色二孢 CSS-01s 菌丝生长的抑制作用

Table 1　Inhibitory effects of fungicides against mycelial growth of *Lasiodiplodia theobromae* CSS-01s

杀菌剂 Fungicide	斜率±标准误 Slope±SE	EC_{50}/μg·mL^{-1}	95%置信限/μg·mL^{-1} 95% confidence interval	χ^2 (df=4)
戊唑醇　tebuconazole	0.457±0.060	0.116	0.058～0.237	0.012 9
氯氟醚菌唑　mefentrifluconazole	0.718±0.054	0.137	0.098～0.191	0.007 5
啶酰菌胺　boscalid	0.539±0.064	0.109	0.058～0.183	0.013 9
吡唑醚菌酯　pyraclostrobin	7.094±0.925	0.592	0.550～0.638	0.026 7
氟啶胺　fluazinam	1.203±0.080	0.119	0.092～0.154	0.021 0
咯菌腈　fludioxonil	6.904±0.325	0.598	0.582～0.614	0.003 1
甲基硫菌灵　thiophanate-methyl	0.930±0.220	0.776	0.333～1.808	0.082 5

供试杀菌剂对可可毛色二孢 CSS-01s 孢子萌发均具有不同程度的抑制作用,其中戊唑醇、氯氟醚菌唑和氟啶胺的抑制作用较强,其 EC_{50} 分别为 0.420、0.595 μg/mL 和 1.885 μg/mL,其次是咯菌腈和甲基硫菌灵,啶酰菌胺和吡唑醚菌酯对孢子萌发的抑制作用最低,EC_{50} 分别为 7.961 μg/mL 和 10.935 μg/mL(表 2)。

2.2　杀菌剂对可可毛二孢 CSS-01s 接种离体葡萄绿枝条和盆栽葡萄幼苗新梢的防治效果

3 种杀菌剂对葡萄溃疡病具有一定的防治效果,但在低质量浓度 50 mg/L 下对葡萄绿枝条的防治效果均低于 25%,随着杀菌剂浓度的提高,防治效果增加。CSS-01s 接种离体葡萄绿枝条试验中,戊唑醇 100、200 mg/L,氯氟醚菌唑 100、300 mg/L 和氟

啶胺 100、200 mg/L 防治效果无显著差异，防效在 57.81%～65.31%；CSS-01s 接种葡萄幼苗新梢试验中，氟啶胺 200 mg/L 的防治效果最高，为 77.56%，与氟啶胺 100 mg/L、氯氟醚菌唑 100、300 mg/L 和戊唑醇 200 mg/L 的防效无显著差异，显著高于戊唑醇 100 mg/L 的防效（表 3）。

表 2 杀菌剂对可可毛色二孢 CSS-01s 孢子萌发的抑制作用

Table 2 Inhibitory effects of fungicides against conidia germination of *Lasiodiplodia theobromae* CSS-01s

杀菌剂 Fungicide	斜率±标准误 Slope±SE	EC_{50}/ μg·mL^{-1}	95%置信限/μg·mL^{-1} 95% confidence interval	χ^2 (df=4)
戊唑醇 tebuconazole	0.457±0.060	0.420	0.096～1.870	0.071 9
氯氟醚菌唑 mefentrifluconazole	0.635±0.063	0.595	0.349～0.989	0.014 0
啶酰菌胺 boscalid	0.987±0.087	7.961	6.152～10.135	0.009 9
吡唑醚菌酯 pyraclostrobin	1.165±0.096	10.935	8.706～13.534	0.009 8
氟啶胺 fluazinam	0.891±0.123	1.885	1.992～2.627	0.009 8
咯菌腈 fludioxonil	2.023±0.164	2.290	1.135～3.132	0.029 6
甲基硫菌灵 thiophanate-methyl	1.230±0.099	3.103	2.528～3.809	0.010 0

表 3 3 种杀菌剂对离体葡萄绿枝条和盆栽葡萄幼苗新梢的保护作用[1)]

Table 3 Preventive activity of three fungicides *in vitro* grape green shoot and seedling branch

杀菌剂 Fungicide	质量浓度/mg·L^{-1} Mass concentration	防治效果/% Control efficacy	
		绿枝条 Green shoot	幼苗新梢 Seedling branch
戊唑醇	50	(24.36±1.70)b	(29.26±1.52)c
tebuconazole	100	(60.90±0.77)a	(63.45±1.08)b
	200	(65.13±1.01)a	(66.81±1.54)ab
氯氟醚菌唑	50	(23.76±1.51)b	(35.60±0.59)c
mefentrifluconazole	100	(63.69±1.99)a	(71.27±1.06)ab
	300	(65.31±0.59)a	(76.06±0.13)a
氟啶胺	50	(15.16±0.84)c	(36.92±1.38)c
fluazinam	100	(57.81±1.06)a	(75.19±0.26)a
	200	(60.31±0.79)a	(77.56±0.64)a

1) 表中数据为平均值±标准误；同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著（Duncan 氏新复极差法，$P<0.05$）。
Data in the table were mean+SE. Different small letters indicated significant differences among treatments at $P<0.05$(DMRT).

3 结论与讨论

本试验采用菌丝生长速率法和孢子萌发法测定了 7 种杀菌剂对可可毛色二孢的室内生物活性，结果表明，戊唑醇、氯氟醚菌唑和氟啶胺对菌丝生长和孢子萌发的抑制活性较高。接种试验结果表明，戊唑醇、氯氟醚菌唑、氟啶胺在中、高质量浓度下，对离体葡萄绿枝条和盆栽葡萄幼苗新梢具有较好的保护作用，防治效果在 57.81%～77.56%之间，可作为推荐药剂进一步在田间进行药效的验证。

戊唑醇属于三唑类杀菌剂，可通过杂环上的氮原子与甾醇上的 14α-脱甲基酶 P450 的血红素-铁活性中心形成配位键，抑制由 CytP-450 加单氧酶催化的脱甲基反应，从而破坏麦角甾醇的合成，造成细胞膜的功能异常和结构损伤[17-19]，使细胞非正常死亡。国内学者报道三唑类杀菌剂中的苯醚甲环唑、丙环唑对可可毛色二孢的菌丝生长均具有明显的抑制作用[8, 20-21]，Gramaje 等认为三唑类药剂强烈抑制多种葡萄枝干病害病原菌的菌丝生长，部分药剂的活性在植株上也进行了验证[22]，Di 等发现环唑醇、三环醇对早期出现葡萄枝干病害症状的幼嫩葡萄树有一定的治疗效果[23]，但因大多数三唑类药剂的作用位点单一，已报道葡萄白粉病菌[24]和葡萄炭疽病菌[25]对戊唑醇产生了抗性，为了避免或延缓抗药性的发展，需要研发替代药剂以构建葡萄溃疡病综合治理技术。

氯氟醚菌唑是巴斯夫公司研发、上市的新型异丙醇三唑类杀菌剂，其分子中独特的异丙醇基团，使其可以灵活地从游离态自由旋转与靶标结合成为结合态，从而减少病菌突变、延缓抗药性的产生[26]。另外，它具有优异的桶混性能，能够与琥珀酸脱氢酶类杀菌剂、甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂（如吡唑醚菌酯）等复配，能进一步延缓杀菌剂抗药性的产生和发展，是有力的病害防治和抗药性治理工具[27]。研究表明，相对于传统的三唑类杀菌剂，氯氟醚菌唑具有更高的选择性和内吸传导性[28]，对于小麦锈病、玉米大斑病、小麦白粉病、大麦叶枯病、黄瓜炭疽病、花

生褐斑病[29]等都具有优异的防治效果,本研究中氯氟醚菌唑对可可毛色二孢的菌丝生长和孢子萌发均具有很好的抑制效果,通过离体和活体接种试验证实该杀菌剂在葡萄溃疡病防治中具有良好的保护效果,应用潜力较大。

氟啶胺最早由日本石原产业株式会社登记上市,属于二硝基苯胺类杀菌剂,是线粒体氧化磷酰化解偶联剂,对于马铃薯晚疫病、蔬菜根肿病等具有良好的防治效果[30],国外多位学者发现氟啶胺对葡萄溃疡病菌和葡萄顶枯病菌 *Eutypa lata* 的孢子萌发具有很强的抑制作用,进一步证实在葡萄修剪时氟啶胺作为伤口保护药剂,对葡萄溃疡病具有较好的防治效果[31-32],本研究也同样发现氟啶胺对可可毛色二孢菌丝生长和孢子萌发具有很好的抑制效果,喷施离体葡萄枝条和盆栽葡萄幼苗,对于可可毛色二孢引起的葡萄溃疡病具有较好的预防效果,在病原菌侵染前或发病初期使用可以有效控制葡萄溃疡病的发生和蔓延,是延缓苯并咪唑类、三唑类杀菌剂过量频繁使用带来的抗药性问题的有效措施。

近年来,葡萄溃疡病的危害及防治越来越受到全球学者的关注,但受制于病原菌种类多样性以及葡萄种植区域广泛性等因素,国内外缺乏高效的防控技术。葡萄溃疡病的病原菌主要在修剪掉的枝干中越冬,修剪口处是病原菌主要的侵入部位,在修剪口处喷施杀菌剂可在一定时间内避免病原菌的侵入[33]。本研究筛选出戊唑醇、氯氟醚菌唑和氟啶胺室内生物活性较高,进一步的接种试验显示 3 种杀菌剂保护作用较好,可在田间喷施修剪口以减少病原菌侵染。但杀菌剂对裸露伤口部位的保护一般在 4～26 周[34],而伤口可能一直处在对病原菌较为敏感的状态,因此需要与其他能够提高葡萄自身抗病性的措施,比如生防菌剂、免疫诱抗剂的协调使用来建立绿色高效的葡萄溃疡病综合防治技术。

参考文献

[1] Online International Organization of Vine and Wine Intergovernmental Organization (OIV). Statistical report on world vitiviniculture [EB/OL]. (2020-06-28) [2020-03-18]. http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/statistical-analysis/annualassessment.

[2] CHAMBERLAIN G C, WILLISON R S, TOWNSHEND D J I, et al. Two fungi associated with dead-arm disease of grapes [J]. Canadian Journal of Botany, 1964, 42(4): 351-355.

[3] 叶清桐, 李亚萌, 周悦妍, 等. 国内外葡萄枝干病害的发生危害与病原菌种类[J]. 果树学报, 2021, 38(2): 278-292.

[4] URBEZ-TORRES J R, GLUBLER W D. Pathogenicity of Botryosphaeriaceae species isolated from grapevine cankers in California [J]. Plant Disease, 2009, 93 (6): 584-592.

[5] CROWS P W. Reassessment of the anamorph genera *Botryodiplodia*, *Dothiorella* and *Fusicoccum* [J]. Sydowia, 1999, 51 (2): 167-175.

[6] 石金巧, 张荣全, 何立楠, 等. 猕猴桃叶斑病防治药剂筛选[J]. 农药, 2021, 60(4): 294-296.

[7] 任亚峰, 包兴涛, 李冬雪, 等. 茶树叶斑病病原菌可可毛色二孢菌的鉴定[J]. 植物病理学报, 2019, 49(6): 857-861.

[8] 戴利铭, 刘一贤, 施玉萍, 等. 橡胶树可可毛色二孢叶斑病菌生物学特性及药剂筛选试验[J]. 广东农业科学, 2018, 45 (7): 87-93.

[9] WAITE H, GRAMAJE D, WHITELAW-WECKERT M, et al. Soaking grapevine cuttings in water: a potential source of cross contamination by micro-organisms [J]. Phytopathologia Mediterranea, 2013, 52(2): 359-368.

[10] BERTSCH C, RAMÍREZ-SUERO M, MAGNIN-ROBERT M, et al. Grapevine trunk diseases: complex and still poorly understood [J]. Plant Pathology, 2013, 62(2): 243-265.

[11] LARIGNON P, FONTAINE F, FARINE S, et al. Esca et black dead arm: deux acteurs majeurs des maladies du bois chez la vigne [J]. Comptes Rendus Biologies, 2009, 332(9): 765-783.

[12] GRAMAJE D, GARCIA-JIMENEZ J, ARMENGOL J. Field evaluation of grapevine rootstocks inoculated with fungi associated with Petri disease and esca [J]. American Journal Enology Viticulture, 2010, 61(4): 512-520.

[13] BAUMGARTNER K, HILLIS V, LUBELL M, et al. Managing grapevine trunk diseases in California's southern san joaquin valley [J]. American Journal Enology Viticulture, 2019, 70(3): 267-276.

[14] WEBER E, TROUILLAS F, GUBLER W. Double pruning of grapevines: A cultural practice to reduce infections by *Eutypa lata* [J]. American Journal Enology Viticulture, 2007, 58(1): 61-66.

[15] CREASER M L, WICKS T J. Short-term effects of remedial surgery to restore productivity to *Eutypa lata* infected vines [J]. Phytopathologia Mediterranea, 2004, 43(1): 105-107.

[16] 王慧, 李兴红, 李永华, 等. 葡萄枝干病害的发生流行规律与防控策略[J]. 果树学报: 2022, 39(2): 280-294.

[17] GEORGOPAPADAKOU N H, WALSH T J. Human mycoses: drugs and targets for emerging pathogens [J]. Science, 1994, 264(5157): 371-373.

[18] ODDS E C, BROWN A J, GOW N A. Antifungal agents: mechanisms of action [J]. Trends in Microbiology, 2003, 11 (6): 272-279.

[19] ABE E, USUI K, HIRAM T. Fluconazole modulates membrane rigidity, heterogeneity, and water penetration into the plasma membrane in *Saccharomyces cerevisiae* [J]. Biochemistry, 2009, 48(36): 8494-8504.

(下转 337 页)

[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. 禾谷镰孢菌对氰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. 禾谷镰孢菌对氰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. 氟唑菌酰羟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菌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 diatrypaceous 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，2018，10(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）