

吉沐祥, 邬 勃, 王晓琳, 等. 叶菌唑与肟菌酯及其复配对葡萄炭疽病菌及白腐病菌的室内抑菌活性及田间防效[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(19): 98–102.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.024

# 叶菌唑与肟菌酯及其复配对葡萄炭疽病菌及白腐病菌的室内抑菌活性及田间防效

吉沐祥<sup>1</sup>, 邬 勃<sup>1,2</sup>, 王晓琳<sup>1</sup>, 黄洁雪<sup>1</sup>, 朱建飞<sup>1</sup>, 饶 斌<sup>1</sup>

(1. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所, 江苏句容 212400; 2. 镇江万山红遍农业园, 江苏句容 212400)

**摘要:**为明确叶菌唑与肟菌酯的复配增效作用, 在实验室条件下, 以葡萄炭疽病菌(*Glomerella cingulata*)和白腐病菌(*Coniothyrium diplodiella*)为供试病原菌, 采取菌丝生长速率法, 测定叶菌唑、肟菌酯以及二者混用对葡萄炭疽病菌和白腐病菌的毒力。结果表明, 采用 SR 值法筛选得到叶菌唑与肟菌酯(复配组合 3:1、1:1、1:2、1:3、1:5)的最佳配比为 1:3, 对葡萄炭疽病菌和白腐病菌的 EC<sub>50</sub> 值分别为 0.614 7、0.939 8 μg/mL; 田间防效调查结果表明, 40% 肟菌酯·叶菌唑 4 500 倍液、3 000 倍液、1 500 倍液、10% 叶菌唑 1 500 倍液和 30% 肟菌酯 1 500 倍液施药后 50 d 对葡萄炭疽病防效依次为 53.00%、64.35%、73.85%、68.87%、55.12%, 对白腐病的防效依次为 74.29%、82.29%、90.94%、83.52 和 59.45%, 40% 肟菌酯·叶菌唑 1 500 倍液对葡萄炭疽病和白腐病的防效显著高于 30% 肟菌酯 1 500 倍液, 对炭疽病的防效高于 10% 叶菌唑 1 500 倍液, 但未达到显著性差异, 对白腐病的防效显著高于 10% 叶菌唑 1 500 倍液。因此, 肟菌酯和叶菌唑复配防治葡萄炭疽病和白腐病增效明显, 其中以质量比 1:3 混合后对葡萄炭疽病菌和白腐病菌防治增效作用最为显著, 果穗套袋前可采用 40% 肟菌酯·叶菌唑 1 500 倍液浸果防治葡萄炭疽病和白腐病。

**关键词:**葡萄炭疽病; 葡萄白腐病; 肟菌酯; 叶菌唑; 复配; 田间防效

**中图分类号:**S436.631.1<sup>+</sup>5

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-1302(2019)19-0098-05

葡萄(*Vitis vinifera* L.)是世界上产量最大的水果之一, 其产量居世界水果第二位<sup>[1]</sup>。我国是葡萄生产大国, 由于大多数葡萄栽培地区连年种植, 导致病原菌菌源积累, 从而使葡萄炭疽病和白腐病成为葡萄生产上的主要病害<sup>[2-3]</sup>。葡萄炭疽病主要是由胶孢炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)引起的。该病菌主要危害叶片, 也危害果实、当年生新枝蔓、卷须、叶柄等组织, 造成 10%~15% 产量损失<sup>[5-6]</sup>。葡萄白腐病是由白腐盾壳霉(*Coniella diplodiella*)侵染引起的<sup>[4]</sup>。该病菌侵染迅速, 主要危害果穗、枝蔓和叶片, 给葡萄生产构成极大

威胁<sup>[7]</sup>。

化学防治仍是当前防治葡萄白腐病和炭疽病的主要手段。目前, 防治葡萄白腐病和炭疽病的常用药剂有福美双、代森锰锌、多菌灵、甲基硫菌灵、咪鲜胺、氟硅唑、苯醚甲环唑、吡唑醚菌酯和腈菌唑等。有研究表明, 由于频繁使用, 这些常用药剂对葡萄炭疽病的防效已显著下降, 病菌已对甲基硫菌灵和多菌灵产生抗性<sup>[3,8]</sup>。因此, 须筛选出防治葡萄白腐病和炭疽病的新药剂, 通过不同作用机制的杀菌剂轮换交替使用来抑制病菌抗性产生, 从而满足生产需求。叶菌唑是由日本吴羽化学公司研发的新款三唑类杀菌剂, 是病菌细胞膜的重要组分麦角甾醇生物合成中 C-14 脱甲基化酶抑制剂, 其杀菌谱广泛, 活性高, 对非靶标生物低毒<sup>[9]</sup>。脱甲基化抑制剂杀菌剂是有效控制炭疽病的一种化学类极少见的单位点杀菌剂, 叶菌唑对从桃树中分离到的大多数炭疽病菌小种有效<sup>[10]</sup>, 除了 *C. truncatum* 小种<sup>[11]</sup>。肟菌酯是从天然产物 β-氨基基丙烯酸酯衍生物开发的一类新的含氟杀菌剂, 具

收稿日期:2018-12-31

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(16)1013];江苏省句容市农业科技支撑计划(编号:NY2018571423)。

作者简介:吉沐祥(1963—), 男, 江苏宝应人, 研究员, 主要从事植保农药与果树病虫害绿色防控技术研发。Tel:(0511)80978060; E-mail:jilvdun2800@163.com。

[8] Tang W, Zhou F, Chen J, et al. Resistance to ACCase-inhibiting herbicides in an Asia minor bluegrass (*Polypogon fugax*) population in China[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2014, 108:16–20.

[9] 张乐乐, 李 琦, 郭文磊, 等. 抗苯磺隆猪殃殃分子机制研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(25):110–113.

[10] 卢 红, 张 迪, 姜 英, 等. 小麦田看麦娘对精噁唑禾草灵的抗性水平[J]. 杂草学报, 2018, 36(3):19–23.

[11] Wang H C, Li J, Lv B, et al. The role of cytochrome P450 monooxygenase in the different responses to fenoxaprop-P-ethyl in annual bluegrass (*Poa annua* L.) and short awned foxtail

(*Alopecurus aequalis* Sobol.) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2013, 107(3):334–342.

[12] 颜欣茹, 杨俊雪, 薛 君, 等. 抗性和敏感生物型苕荬草代谢精噁唑禾草灵的速度差异[J]. 杂草学报, 2017, 35(1):15–19.

[13] 李香菊. 近年我国农田杂草防控中的突出问题与治理对策[J]. 植物保护, 2018, 44(5):82–89.

[14] 刘 丽, 王海峰, 李 瑜. 玉米种子包衣的合理选择和使用[J]. 种子世界, 2010(6):38.

[15] 杨卓飞, 王旭春. 种衣剂处理对水稻发芽率质量指标的影响研究[J]. 现代种业, 2002(3):31.

有广谱、高效、低毒等特点<sup>[12]</sup>。因此,本研究测定叶菌唑、脲菌酯对葡萄炭疽病菌及白腐病菌的室内生物活性以及二者按不同配比复配后的生物活性,并通过田间试验评价 2 种药剂混用对葡萄炭疽病和白腐病的防治效果,以期为开发防治葡萄白腐病和炭疽病的新药剂提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株 葡萄炭疽病菌(*Glomerella cingulata*)和白腐病菌(*Coniothyrium diplodiella*),采自江苏省句容市华阳镇下甸村葡萄园,由江苏丘陵地区镇江农业科学研究所植保研究室分离、鉴定并保存备用。菌株保存于马铃薯蔗糖琼脂(PDA)斜面上(4℃)。实验室内在 PDA 培养基平板上转接 1 次后,于 26℃ 条件下预培养 3 d,从菌落边缘取直径为 5 mm 的菌丝块用于测定。

1.1.2 供试药剂 主要试剂有 95% 叶菌唑原药(江苏辉丰生物农业股份有限公司)、97% 脲菌酯原药(江苏耕耘化学有限公司)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 药液的配制及浓度设计 母液配制:将叶菌唑原药和脲菌酯原药用甲醇溶解配制成 1 000 μg/mL 的母液。

炭疽病菌各药剂单剂与复配剂的浓度设计:叶菌唑在含药 PDA 培养基中的浓度为 0.062 5、0.125、0.25、0.50、1、2 μg/mL;脲菌酯在含药 PDA 培养基中的浓度为 0.25、0.5、1、2、4、8 μg/mL;叶菌唑·脲菌酯(质量比 3:1、1:1、1:2、1:3、1:5)复配剂在含药 PDA 中的浓度均为 0.062 5、0.125、0.25、0.5、1、2 μg/mL。单剂与复配剂的浓度设计均为 7 个 2 倍稀释的梯度浓度含药 PDA 培养基。

白腐病菌各药剂单剂与复配剂的浓度设计:叶菌唑在含药 PDA 培养基中的浓度为 0.062 5、0.125、0.25、0.5、1、2 μg/mL;脲菌酯在含药 PDA 培养基中的浓度为 0.312 5、0.625、1.25、2.5、5、10 μg/mL;叶菌唑·脲菌酯(质量比 3:1、1:1、1:2、1:3、1:5)复配剂在含药 PDA 中的浓度为 0.156 25、0.312 5、0.625、1.25、2.5、5 μg/mL。单剂与复配剂的浓度设计均为 7 个 2 倍稀释的梯度浓度含药 PDA 培养基。除母液外,所有试验药剂系列浓度的药液均为现配现用。

### 1.2.2 杀菌剂对葡萄炭疽病菌和白腐病菌的室内毒力测定

在温度为 25℃ 条件下培养 3 d 后利用十字交叉法测量各处理菌落直径,以不含杀菌剂的 PDA 培养基为对照,每处理重复 4 次。计算出药剂的抑制百分率,按毒力回归方程  $y = a + bx$  计算药剂抑制菌丝生长的有效中浓度( $EC_{50}$ )作为毒力参数。计算公式:抑制生长率 = (对照菌落直径 - 处理菌落直径) / (对照菌落净生长量 - 接种菌柄直径) × 100%。

1.2.3 杀菌剂对葡萄炭疽病菌和白腐病菌的最佳配比离体试验筛选 采用几率值分析法计算每个杀菌剂对靶标菌丝生长的有效抑制中浓度,并通过下面公式计算混合药剂的增效系数(SR)。

$$EC_{50}(\text{exp}) = \frac{a+b}{\frac{a}{EC_{50}(A)} + \frac{b}{EC_{50}(B)}}; \quad (1)$$

$$SR = \frac{EC_{50}(\text{exp})}{EC_{50}(\text{Obs})}。 \quad (2)$$

式中: $a$  表示药剂 A 在混合药剂中所占的比例; $b$  表示药剂 B 在混合药剂中所占的比例; $EC_{50}(\text{Obs})$  为实际测定的混合药剂对病原菌的抑制中浓度; $EC_{50}(\text{exp})$  为混合药剂对病原菌的理论抑制中浓度。通过上面 2 个公式计算得每个设定比例的配方的 SR 值,  $SR > 1.5$  说明 2 种药剂复配具有增效作用,  $0.5 \leq SR \leq 1.5$  说明 2 种药剂之间复配具有相加作用,  $SR < 0.5$  表明 2 种药剂为拮抗作用<sup>[13]</sup>。

### 1.2.4 杀菌剂对葡萄炭疽病和白腐病的田间防效试验

1.2.4.1 试验田概况 试验于 2016 年在句容市戴家边戴子龙葡萄园进行。葡萄品种为夏黑,栽培方式为棚架,树龄为 6 年,田间管理水平良好,试药前 1 周末使用其他农药。

1.2.4.2 试验设计 将脲菌酯、叶菌唑按质量比 3:1 的比例加工成 40% 脲菌酯·叶菌唑悬浮剂。试验共设 40% 脲菌酯·叶菌唑悬浮剂(江苏擎宇化工科技有限公司)1 500、3 000、4 500 倍液,10% 叶菌唑悬浮剂(江苏辉丰生物农业股份有限公司)1 500 倍液,30% 脲菌酯悬浮剂(江苏耕耘化学有限公司)1 500 倍液,设清水对照 6 个处理,每个处理 4 次重复,随机区组排列,每个小区供试 3 株葡萄树。

1.2.4.3 统计方法 于 2016 年 6 月 15 日,果穗分别用上述药剂浸果处理,药后 2 h 套袋,果实成熟后摘袋调查果实病害。每个处理随机取 5 个果穗,调查并记录每穗果粒数和发病果粒数,并计算发病果粒率和果粒防效。

葡萄炭疽病和白腐病以发病果粒率表示各处理的发病情况,结果计算公式:

$$\text{发病果粒率} = \text{发病粒数} / \text{调查总果粒数} \times 100\%;$$

$$\text{防治效果} = (\text{对照区病果率} - \text{处理区病果率}) / \text{对照区病果率} \times 100\%。$$

## 2 结果与分析

### 2.1 室内抑菌活性测定

2.1.1 叶菌唑与脲菌酯对葡萄炭疽病菌和白腐病菌菌丝生长的抑制作用 由表 1 可知,叶菌唑与脲菌酯的浓度分别为 0.062 5 ~ 2 μg/mL 和 0.25 ~ 8 μg/mL 时,对葡萄炭疽病抑菌率分别为 2.12% ~ 72.73%、17.88% ~ 66.97%。当叶菌唑与脲菌酯的浓度分别为 0.062 5 ~ 2 μg/mL 和 0.312 5 ~ 10 μg/mL 时,对葡萄白腐病抑菌率分别为 5.45% ~ 76.36%、15.76% ~ 72.73%。这表明 2 种杀菌剂对葡萄炭疽病菌及白腐病菌菌丝生长的抑制活性以及对葡萄炭疽病菌及白腐病菌菌丝生长的最低抑制浓度有差异。

2.1.2 叶菌唑与脲菌酯复配对葡萄炭疽病菌及白腐病菌菌丝生长的抑制作用 由表 2 可知,叶菌唑与脲菌酯 5 种混配组合的浓度为 0.062 5 ~ 2 μg/mL 时,3:1、1:1、1:2、1:3 和 1:5 的配比复配组合对葡萄炭疽病菌菌丝生长抑菌率分别为 18.18% ~ 76.36%、4.24% ~ 72.73%、12.73% ~ 70.91%、14.55% ~ 75.15%、13.94% ~ 71.21%。由表 3 可知,当叶菌唑与脲菌酯 5 种混配组合的浓度为 0.156 25 ~ 5 μg/mL 时,3:1、1:1、1:2、1:3 和 1:5 的配比复配组合对葡萄白腐病菌菌丝生长抑菌率分别为 15.45% ~ 78.79%、9.09% ~ 79.39%、19.09% ~ 84.24%、18.18% ~ 83.64%、15.76% ~ 78.18%。

2.1.3 叶菌唑、脲菌酯及其复配剂对葡萄炭疽病菌和白腐

表 1 叶菌唑与肟菌酯对葡萄炭疽病菌及白腐病菌的抑制效果(72 h)

杀菌剂	炭疽病病菌			白腐病病菌		
	处理浓度(μg/mL)	菌落直径(mm)	抑制率(%)	处理浓度(μg/mL)	菌落直径(mm)	抑制率(%)
叶菌唑(A)	2	20.00	72.73	2	18.00	76.36
	1	30.00	54.55	1	29.67	55.15
	0.5	40.50	35.45	0.5	40.50	35.45
	0.25	53.00	12.73	0.25	52.67	13.33
	0.125	56.50	6.36	0.125	55.00	9.09
	0.062 5	58.83	2.12	0.062 5	57.00	5.45
肟菌酯(B)	8	23.17	66.97	10	20.00	72.73
	4	35.00	45.45	5	30.00	54.55
	2	39.83	36.67	2.5	39.83	36.67
	1	41.67	33.33	1.25	41.67	33.33
	0.5	45.00	27.27	0.625	45.00	27.27
	0.25	50.17	17.88	0.312 5	51.33	15.76
CK	0	60		0	60	

注:菌落直径含菌饼 5 mm,表 2、表 3 同。

表 2 叶菌唑与肟菌酯不同配比对葡萄炭疽病菌的抑制效果

复配组合 处理浓度 (μg/mL)	3 : 1(A : B)		1 : 1(A : B)		1 : 2(A : B)		1 : 3(A : B)		1 : 5(A : B)	
	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)
2	18.00	76.36	20.00	72.73	21.00	70.91	18.67	75.15	20.83	71.21
1	28.00	58.18	31.67	51.52	30.00	54.55	30.50	53.64	35.67	44.24
0.5	40.00	36.36	37.00	41.82	33.67	47.88	40.00	36.36	42.00	32.73
0.25	44.33	28.48	42.00	32.73	40.00	36.36	41.83	33.03	45.00	27.27
0.125	46.00	25.45	50.17	17.88	45.33	26.67	49.00	20.00	50.00	18.18
0.062 5	50.00	18.18	57.67	4.24	53.00	12.73	52.00	14.55	52.33	13.94
CK	60.0		60.0		60.0		60.0		60.0	

表 3 叶菌唑与肟菌酯不同配比对葡萄白腐病菌的抑制效果

复配组合 处理浓度 (μg/mL)	3 : 1(A : B)		1 : 1(A : B)		1 : 2(A : B)		1 : 3(A : B)		1 : 5(A : B)	
	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)	菌落直径 (mm)	抑制率 (%)
5	16.67	78.79	16.33	79.39	13.67	84.24	14.00	83.64	17.00	78.18
2.5	28.00	58.18	30.33	53.94	25.00	63.64	25.33	63.03	27.00	60.00
1.25	36.33	43.03	37.00	41.82	30.33	53.94	34.67	46.06	40.00	36.36
0.625	44.33	28.48	42.00	32.73	37.00	41.82	40.67	35.15	45.00	27.27
0.312 5	45.33	26.67	50.17	17.88	44.17	28.79	46.00	25.45	50.00	18.18
0.156 25	51.50	15.45	55.00	9.09	49.50	19.09	50.00	18.18	51.33	15.76
CK	60.0		60.0		60.0		60.0		60.0	

病菌的毒力测定 2 种单剂和 5 种复配组合对葡萄炭疽病病菌的作用模型如表 4 所示,浓度对数与防治效果几率值的相关系数均≥0.960 4,说明防治效果几率值的变异有 96.04%或以上来自浓度对数的变异,表明用所得模型表达浓度对数与防治效果几率值的关系可行。

由表 4 可知,叶菌唑、肟菌酯单剂对葡萄炭疽病病菌的 EC<sub>50</sub>分别为 0.898 3、3.670 7 μg/mL,叶菌唑对葡萄炭疽病菌菌丝生长的抑制活性高于肟菌酯。叶菌唑、肟菌酯单剂对葡萄白腐病病菌的 EC<sub>50</sub>分别为 0.838 6、3.395 5 μg/mL,叶菌唑对葡萄白腐病菌菌丝生长的抑制活性同样也高于肟菌酯(表 5)。

根据 Wadley 评价法,叶菌唑与肟菌酯对炭疽病病菌分别

以质量比 1 : 1、1 : 3、1 : 2 和 1 : 5 的复配,增效系数(SR)分别为 1.97、3.37、2.62、2.53,增效系数(SR) > 1.5,表现出增效作用,质量比 3 : 1 的复配,增效系数(SR)在 0.5 ~ 1.5 之间,表现出相加作用;叶菌唑与肟菌酯对白腐病病菌分别以质量比 1 : 3 和 1 : 2 的复配,增效系数(SR)分别为 2.05 和 1.51,增效系数(SR) > 1.5,表现出增效作用,质量比 3 : 1、1 : 1 和 1 : 5 的复配,增效系数(SR)在 0.5 ~ 1.5 之间,表现出相加作用;因此,叶菌唑和肟菌酯复配对葡萄炭疽病病菌及白腐病病菌的都有较高抑制作用,推荐最佳复配配比为 1 : 3。其中,叶菌唑 : 肟菌酯 = 1 : 3 的增效系数最高;叶菌唑 : 肟菌酯 = 3 : 1 的增效系数最低。生产中可根据原药的成本和实际使用效果确定合适的配比。

表 4 叶菌唑与肟菌酯复配对葡萄炭疽病菌室内毒力测定结果

药剂	回归方程	相关系数 ( <i>r</i> )	EC <sub>50</sub> (Eob) 及其 95% 置信限 (μg/mL)	EC <sub>50</sub> (Eth) (μg/mL)	增效系数 (SR)
叶菌唑(A)	$y = 1.789\ 7x + 5.083\ 4$	0.997 0	0.898 3(0.800 5 ~ 1.007 9)	—	—
肟菌酯(B)	$y = 0.793\ 1x + 4.552\ 1$	0.964 8	3.670 7(2.445 2 ~ 5.510 4)	—	—
A : B(3 : 1)	$y = 1.039\ 6x + 5.026\ 0$	0.960 4	0.944 0(0.649 2 ~ 1.372 7)	1.107 4	1.17
A : B(1 : 1)	$y = 1.400\ 5x + 5.190\ 0$	0.978 0	0.731 7(0.547 2 ~ 0.978 5)	1.443 4	1.97
A : B(1 : 2)	$y = 1.097\ 7x + 5.176\ 5$	0.978 3	0.690 6(0.520 8 ~ 0.915 7)	1.809 3	2.62
A : B(1 : 3)	$y = 0.960\ 4x + 5.279\ 0$	0.989 4	0.614 7(0.509 2 ~ 0.742 1)	2.072 0	3.37
A : B(1 : 5)	$y = 1.011\ 9x + 5.018\ 7$	0.964 2	0.958 3(0.631 6 ~ 1.453 8)	2.423 9	2.53

注: $x$  为对数浓度; $y$  为抑制率几率值。表 5 同。

表 5 叶菌唑与肟菌酯复配对葡萄白腐病菌及室内毒力测定结果

药剂	回归方程	相关系数 ( <i>r</i> )	EC <sub>50</sub> (Eob) 及其 95% 置信限 (μg/mL)	EC <sub>50</sub> (Eth) (μg/mL)	增效系数 (SR)
叶菌唑(A)	$y = 1.588\ 4x + 5.121\ 4$	0.984 5	0.838 6(0.649 6 ~ 1.082 6)	—	—
肟菌酯(B)	$y = 0.976\ 9x + 4.481\ 4$	0.974 2	3.395 5(2.497 8 ~ 4.615 7)	—	—
A : B(3 : 1)	$y = 1.135\ 5x + 4.831\ 1$	0.977 1	1.408 5(1.073 7 ~ 1.847 8)	1.033 1	0.73
A : B(1 : 1)	$y = 1.335\ 8x + 4.739\ 9$	0.988 8	1.565 7(1.289 0 ~ 1.901 8)	1.345 0	0.86
A : B(1 : 2)	$y = 1.205\ 7x + 4.941\ 8$	0.980 7	1.117 5(0.882 7 ~ 1.414 6)	1.684 0	1.51
A : B(1 : 3)	$y = 1.179\ 3x + 5.031\ 8$	0.989 0	0.939 8(0.789 8 ~ 1.118 2)	1.926 8	2.05
A : B(1 : 5)	$y = 1.201\ 1x + 4.758\ 6$	0.970 2	1.588 5(1.149 8 ~ 2.194 6)	2.251 4	1.42

## 2.2 田间药效试验

由表 6 可知,40% 肟菌酯·叶菌唑 4 500 倍液、3 000 倍液、1 500 倍液、10% 叶菌唑 1 500 倍液、30% 肟菌酯 1 500 倍液,成熟采收时(施药后 50 d)对葡萄炭疽病的防治效果分别为 53.00%、64.35%、73.85%、68.87%、55.12%,40% 肟菌酯·叶菌唑 1 500 倍液对葡萄炭疽病的防治效果极显著高于 30% 肟菌酯 1 500 倍液,防治效果高于 10% 叶菌唑 1 500 倍液,但未达到显著性差异。由表 7 可知,40% 肟菌酯·叶菌唑

4 500 倍液、3 000 倍液、1 500 倍液、10% 叶菌唑 1 500 倍液和 30% 肟菌酯 1 500 倍液施药后 50 d 对葡萄白腐病的防治效果分别为 74.29%、82.29%、90.94%、83.52%、59.45%;40% 肟菌酯·叶菌唑 3 000 倍液对葡萄白腐病的防治效果极显著高于 30% 肟菌酯 1 500 倍液,与 10% 叶菌唑 1 500 倍液防效相当;40% 肟菌酯·叶菌唑 1 500 倍液对葡萄白腐病的防治效果极显著高于 30% 肟菌酯 1 500 倍液和 10% 叶菌唑 1 500 倍液。

表 6 叶菌唑与肟菌酯复配药后 50 d 对葡萄炭疽病的田间防效

处理	果粒数 (粒/穗)	发病粒数 (粒/穗)	发病果粒率 (%)	防治效果 (%)
40% 肟菌酯·叶菌唑 1 500 倍液	81.25	10.50	15.31	73.85Aa
40% 肟菌酯·叶菌唑 3 000 倍液	82.25	16.75	20.53	64.35ABb
40% 肟菌酯·叶菌唑 4 500 倍液	79.00	21.50	27.17	53.00Bc
10% 叶菌唑 1 500 倍液	71.25	13.00	18.15	68.87Aab
30% 肟菌酯 1 500 倍液	72.50	18.75	25.97	55.12Bc
CK	77.75	45.00	57.98	

注:同列数据后不同大、小写字母表示在 0.01、0.05 水平上差异显著,下表同。

表 7 叶菌唑与肟菌酯复配药后 50 d 对葡萄白腐病的田间防效

处理	果粒数 (粒/穗)	发病粒数 (粒/穗)	发病果粒率 (%)	防治效果 (%)
40% 肟菌酯·叶菌唑 1 500 倍液	80.50	2.25	2.79	90.94Aa
40% 肟菌酯·叶菌唑 3 000 倍液	81.75	4.50	5.58	82.29Bb
40% 肟菌酯·叶菌唑 4 500 倍液	72.50	5.75	8.07	74.29Cc
10% 叶菌唑 1 500 倍液	74.00	3.75	5.15	83.52Bb
30% 肟菌酯 1 500 倍液	74.25	9.25	12.80	59.45Dd
CK	77.50	24.00	31.14	

### 3 结论与讨论

葡萄炭疽病和白腐病是葡萄的主要病害,在我国发生频率较高,目前化学药剂防治仍是葡萄炭疽病和白腐病防治的有效措施。甾醇对维生细胞膜结构,保持真核细胞结构的流动性十分重要<sup>[14]</sup>,三唑类杀菌剂是一种含有三氮唑的有机杂环类化合物,可通过三唑环上的 N-4 与真菌细胞色素 p-450 中的铁卟啉中心的亚铁离子配位,进而抑制其底物的脱甲基化反应,来阻断麦角甾醇的合成,使真菌的细胞膜功能受到破坏,影响真菌菌丝或者是孢子的形成<sup>[15]</sup>。自第 1 个三唑类杀菌剂三唑酮面世以来,这类杀菌剂如三唑醇、戊唑醇、烯唑醇、丙环唑、腈菌唑、叶菌唑等陆续被开发,三唑类杀菌剂是现阶段合成种类数最多的麦角甾醇合成抑制剂<sup>[14]</sup>。目前叶菌唑主要应用于禾本科作物防治白腐病、叶锈病、矮形锈病、颖枯病、黄锈病以及穗镰刀菌、壳针孢菌等引起的病害<sup>[16]</sup>。陆学云研究发现,40% 叶菌唑·戊唑醇水乳剂 150 g/hm<sup>2</sup> 对小麦赤霉病田间防效达 97.2%<sup>[17]</sup>。叶菌唑在美国南卡罗来纳州登记为防治桃树病害的药剂<sup>[14]</sup>,同时在美国被登记为防治苹果白腐病和黑腐病的杀菌剂<sup>[18]</sup>。本研究发现,叶菌唑单剂对葡萄炭疽病菌和白腐病菌的 EC<sub>50</sub> 仅为 0.898 3、0.838 6 μg/mL。甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂具有广谱性和高杀菌活性的特点,其作用机制是抑制线粒体中的电子传递,破坏 ATP 的产生,最终导致病菌因失去能量而死。目前,已经商品化的甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂主要有嘧菌酯、吡唑醚菌酯、肟菌酯和啉菌酯等。肟菌酯主要应用于大豆、谷物、玉米和葡萄等作物。肟菌酯对大多数真菌纲的病害具有良好的活性<sup>[19]</sup>,针对油菜菌核病其防效优于多菌灵<sup>[20]</sup>。在美国西瓜炭疽病防治试验中发现,肟菌酯增加了总果实数量和重量,提高了果实可溶性固形物含量,并降低了炭疽病症状的果实比例<sup>[21]</sup>。解维星等研究发现,30% 肟菌酯·苯醚甲环唑水乳剂 1 000 倍液对黄瓜白粉病的防治效果好,第 2 次药后 10 d 防效可达 92.68%<sup>[12]</sup>。本研究结果表明,肟菌酯单剂对葡萄炭疽病菌和白腐病菌的 EC<sub>50</sub> 分别为 3.670 7、3.395 5 μg/mL。

甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂如肟菌酯、嘧菌酯和吡唑醚菌酯等,如果长期使用,可能会存在一定的抗药性隐患,将其与作用机制不同的其他种类杀菌剂混配可延缓或降低抗药性的发生。不同种类杀菌剂复配产生的增效作用,不仅可以减少杀菌剂的用量,还可以提高杀菌剂的活性,降低农药使用成本,减少对环境的污染<sup>[22]</sup>。本试验得出,叶菌唑和肟菌酯以质量比 1:3 的比例混合,在离体条件下对葡萄炭疽病和白腐病都具有增效作用,在田间条件下 40% 肟菌酯·叶菌唑 1 500 倍液对葡萄炭疽病和白腐病的平均果粒防效极显著高于 30% 肟菌酯 1 500 倍液,对炭疽病的平均果粒防效与 10% 叶菌唑 1 500 倍液防效相当,对白腐病的平均果粒防效显著高于 10% 叶菌唑 1 500 倍液,本研究结果为 40% 肟菌酯·叶菌唑 1 500 倍液应用于葡萄炭疽病和白腐病防治提供了依据,可在生产中进一步示范应用。

#### 参考文献:

[1]李双石,李 淳,马 越,等. 葡萄梗(茎)中的生物活性物质研究

现状[J]. 食品工业科技,2014,35(7):348-351.

- [2]张广和,于晓丽,栾炳辉,等. 倍创与杀菌剂混用对葡萄果实病害的防效评价[J]. 北方园艺,2013(4):127-129.
- [3]叶 佳,张传清. 葡萄炭疽病菌对甲基硫菌灵、戊唑醇和醚菌酯的敏感性检测[J]. 农药学报,2012,14(1):111-114.
- [4]胡 锐,邢彩云,李元杰. 河南郑州葡萄白腐病的发生及防治对策[J]. 中国果树,2010(6):55-57.
- [5]刘 丽,赵奎华,刘长远,等. 己糖和有机酸对葡萄炭疽病菌生长发育的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2010,41(1):86-89.
- [6]张 颖,孙海生,樊秀彩,等. 中国野生葡萄资源抗白腐病鉴定及抗性种质筛选[J]. 果树学报,2013,30(2):191-196.
- [7]杨敬辉,陈宏州,肖 婷,等. 14 种杀菌剂对葡萄炭疽病菌的毒力测定[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):163-166.
- [8]李 洋,刘长远,陈秀蓉,等. 辽宁省葡萄炭疽菌鉴定及对多菌灵敏感性研究[J]. 植物保护,2009,35(4):74-77.
- [9]王春艳,游华南. 杀菌剂叶菌唑的合成[J]. 农药,2017,56(7):478-479,491.
- [10]Chen S, Wang, et al. Inherent resistance to 14 α-demethylation inhibitor fungicides in *Colletotrichum truncatum* is likely linked to *CYP51A* and/or *CYP51B* gene variants[J]. Phytopathology, 2018, 108(11):1263-1275.
- [11]Chen S N, Luo C X, Hu M J, et al. Sensitivity of *colletotrichum* species, including *C. fioriniae* and *C. nymphaeae*, from peach to demethylation inhibitor fungicides[J]. Plant Disease, 2016, 100(12):2434-2441.
- [12]解维星,王春修,韩先正. 30% 肟菌酯·苯醚甲环唑水乳剂配方研发及应用[J]. 中国农药,2017,13(8):63-66.
- [13]Gisi U. Synergistic interaction of fungicides in mixtures[J]. Phytopathology, 1996, 86(11):1273-1279.
- [14]陈淑宁. 桃褐腐病菌和炭疽病菌对 DMI 杀菌剂的抗性研究[D]. 武汉:华中农业大学,2017:6-19.
- [15]李晓天,蒋明亮. 三唑类杀菌剂在木材保护中的应用和发展展望[J]. 林业科技通讯,2016(12):61-65.
- [16]张曙光. 叶菌唑的合成工艺研究[D]. 上海:华东理工大学,2012:10-12.
- [17]陆学云. 40% 叶菌唑·戊唑醇水乳剂的研制[J]. 现代农药,2017,16(5):17-19.
- [18]Brown-Rytlewski B, McManus D E, et al. *S. virulence* of *botryosphaeria dothidea* and *botryosphaeria obtusa* on apple and management of stem cankers with fungicides[J]. Plant Disease, 2000, 84(9):1031-1037.
- [19]耿丙新. 新型甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的合成及活性研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2014:5-16.
- [20]Di Y L, Zhu Z Q, Lu X M, et al. Baseline sensitivity and efficacy of trifloxystrobin against *Sclerotinia sclerotiorum*[J]. Crop Protection, 2016, 87:31-36.
- [21]Keinath, Anthony P. Minimizing yield and quality losses in watermelon with multi-site and strobilurin fungicides effective against foliar and fruit anthracnose[J]. Crop Protection, 2018, 106:72-78.
- [22]刘永春,张红玲. 腈苯唑与氟唑胺混剂防治草莓白粉病和灰霉病[J]. 农药,2017,56(5):374-376.