

邬 劼,王晓琳,黄洁雪,等. 7 种杀菌剂对草莓胶孢炭疽菌和灰霉病病菌的室内毒力测定[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):129–133.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2019.20.029

7 种杀菌剂对草莓胶孢炭疽菌和灰霉病病菌的室内毒力测定

邬 劼^{1,2}, 王晓琳¹, 黄洁雪¹, 刁春友³, 闫晓阳³, 吉沐祥¹

(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;

3. 江苏省农产品质量检验检测中心,江苏南京 210036)

摘要:为筛选有效控制草莓炭疽病和灰霉病的新型杀菌剂,采取菌丝生长速率法,测定 7 种新型杀菌剂对 2 种病菌的抑菌活性。结果表明,四霉素、氟啶胺、吡唑醚菌酯对胶孢炭疽菌的抑制作用较强,其中四霉素的 EC_{50} 最小,为 $0.130\ 6\ \mu\text{g/mL}$,毒力最强;氟啶胺的毒力次之, EC_{50} 为 $0.145\ 8\ \mu\text{g/mL}$;多抗霉素 B 最弱, EC_{50} 为 $44.845\ 5\ \mu\text{g/mL}$ 。氟啶胺、腈苯唑、四霉素均对草莓灰霉病菌抑制作用较强,其中氟啶胺抑制活性最高, EC_{50} 为 $0.039\ 6\ \mu\text{g/mL}$;腈苯唑、四霉素抑菌活性相对较高, EC_{50} 分别为 $0.077\ 3\ \mu\text{g/mL}$ 、 $0.221\ 9\ \mu\text{g/mL}$;多抗霉素 B 抑菌效果最弱, EC_{50} 为 $3.691\ 0\ \mu\text{g/mL}$ 。因此,供试药剂中四霉素对胶孢炭疽菌病菌最敏感,氟啶胺对草莓灰霉病菌最敏感。说明生物药剂四霉素和化学药剂氟啶胺可同时防治炭疽病和灰霉病,腈苯唑更适用于控制灰霉病。

关键词:草莓;胶孢炭疽菌;灰霉病菌;杀菌剂;毒力测定

中图分类号: S436.68 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2019)20–0129–04

草莓(*Fragaria × ananassa* Duch.)为蔷薇科草莓属聚合果,是多年生草本植物。草莓果实呈心形,色泽鲜红,饱满多汁,酸甜适度,香味宜人,有“水果皇后”的美誉,深受消费者欢迎^[1]。随着经济发展,鲜食草莓的需求量增大,我国草莓种植面积也不断扩大,随之而来的病害问题也日益严重,其中灰霉病、炭疽病是草莓生产中的 2 种重要真菌病害。

草莓炭疽病主要发生在苗期和定植初期,是典型的高温高湿性病害,也是危害严重、防治难度较大的病害之一。草莓炭疽病主要是由胶孢炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、尖孢炭疽菌(*Colletotrichum acutatum*)、草莓炭疽病菌(*Colletotrichum fragariae*)引起的,主要危害匍匐茎、叶柄、叶片、花、果实及根部也会受害。发病严重时,病菌侵染短缩茎,导致植株凋萎死亡^[2]。草莓灰霉病是全世界范围内的主要病害之一,在我国发生较严重。灰霉病主要是由灰葡萄孢(*Botrytis cinerea* Pers.)引起的,其具有寄生范围广、遗传变异快、繁殖能力强等特点^[3],症状主要发生在草莓花器、果实、叶片和叶柄,病菌主要从植株伤口和枯死部位侵入,花器和果实染病后腐烂。灰葡萄孢能够随空气、灌溉水、农具以及人员走动传播,其传播能力强和速度快是造成草莓发病广、发病快的主要原因,其导致的草莓烂果使得草莓减产率普遍在

10%~20%,严重时达到 50% 以上^[4]。由于目前主栽品种抗病性较差、种植规模扩大以及长期连作等原因,草莓灰霉病的发生日趋严重。

目前,化学方法仍是防治草莓炭疽病、灰霉病常用且有效的措施之一,主要采用苯并咪唑类、甲氧基丙烯酸酯(QoIs)类和甾醇脱甲基抑制剂类(DMIs)等杀菌剂进行防治。生产上防治炭疽病常用的杀菌剂有多菌灵、代森锰锌、甲基硫菌灵、吡唑醚菌酯、啉菌酯、咪鲜胺、苯醚甲环唑等;防治灰霉病的常规杀菌剂有腐霉利、啉霉胺、啉酰菌胺、百菌清、异菌脲、啉菌环胺等。然而,随着杀菌剂频繁使用与剂量的增加,草莓炭疽病菌和灰霉病菌已对多种杀菌剂产生抗药性。有研究表明,杭州市草莓炭疽病病菌已存在高比例的乙霉威和多菌灵双抗菌系^[5];江苏草莓灰霉病病菌对多菌灵、异菌脲、乙霉威和啉霉胺均已产生抗药性^[6];多菌灵、啉菌酯、吡唑醚菌酯对上海地区草莓灰霉病病菌种群已基本无效^[7];江苏丘陵地区草莓灰霉病病菌以高抗 QoIs 类药剂的种群为主导^[8];徐州草莓灰霉病病菌对啉霉胺已产生抗药性^[9];湖南省草莓灰霉病病菌已对多菌灵、啉霉胺和腐霉利产生抗药性,造成实际防治效果并不理想^[10]。

因此,为丰富药剂品种,延缓抗药性的产生,本研究开展防治草莓炭疽病和灰霉病的新药剂筛选工作。本研究选择 7 种相对新型的低毒残留杀菌剂进行室内毒力测定,以期筛选出适用于目前已产生抗药性病菌的防治药剂,为生产上有效防治草莓炭疽病和灰霉病提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

分别引起草莓炭疽病和灰霉病的胶孢炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、灰霉病菌(*Botrytis cinerea*)

收稿日期:2019–06–18

基金项目:江苏现代农业产业技术体系建设专项资金[编号:JATS(2018)198];江苏省句容市农业科技支撑计划(编号:NY2018504007);江苏省镇江市重点研发计划(编号:NY2019002)。

作者简介:邬 劼(1994—),男,江苏句容人,初级农艺师,主要从事应时鲜果病虫害防治研究。Tel:(0511)80978061;E-mail:lessthan365@126.com。

通信作者:吉沐祥,研究员,主要从事果树植保与农药开发研究。Tel:(0511)80978060;E-mail:jilvdun2800@163.com。

Pers.) 由江苏丘陵地区镇江农业科学研究所生态农业研究室分离,并保存于 4 ℃ 冰箱中备用。

1.2 供试培养基

马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA)用于胶孢炭疽菌、灰霉病病菌的分离、保存以及毒力测定。

1.3 供试药剂

25%吡唑醚菌酯悬浮剂(suspensionconcentrates,简称SC)(江苏东台东南化工有限公司)、500 g/L 氟啶胺 SC(宁波石原金牛农业科技有限公司)、24%腈苯唑 SC(美国陶氏益农公司)、41.7% 氟吡菌酰胺 SC(拜耳生物科技有限公司)、40% 酚菌酮水乳剂(emulsion in water,简称EW)(江苏腾龙生物药业有限公司)、0.3% 四霉素(aqueous solutions,简称AS)(辽宁微科生物工程股份有限公司)、16% 多抗霉素 B[兴农药业(中国)公司]。各药剂均用无菌水配制成 10 000 μg/mL 的母液。

1.4 试验时间与地点

于 2018 年 9 月 10—18 日于江苏丘陵地区镇江农业科学研究所中心实验室开展本试验。

1.5 含药培养基的制备

分别将上述 7 种供试药剂的母液依次稀释至一定浓度,再将 1 mL 药液与 9 mL PDA 培养基在培养皿内混匀,制成含系列梯度浓度药剂的 PDA 培养基(表 1),以无菌水作空白对照(CK),各处理重复 3 次。

1.6 毒力测定

参照农药室内生物测定试验准则^[11],采用菌丝生长速率抑制法^[12]测定。将保留的胶孢炭疽菌、灰霉病病菌转接到 PDA 平皿中,于 25 ℃ 条件下培养,分别活化 96、72 h,然后在近菌落边缘用打孔器制取直径为 5 mm 的菌饼,将其转接到上述含不同浓度药剂或空白对照的 PDA 平皿中,在温度为 25 ℃ 条件下将草莓炭疽病病菌培养 7 d,草莓灰霉病病菌培养 3 d。待对照菌落长至平皿直径的约 80% 时,采用“十”字交叉法量取各处理菌落直径,计算菌落直径平均值,按照以下公式计算菌丝生长平均抑制率:

菌丝生长平均抑制率 = $\frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌饼直径}}{\text{对照菌落直径} - \text{接菌菌饼直径}} \times 100\%$ 。

采用 DPS 12.0 数据处理系统,计算出各药剂对胶孢炭疽菌、灰霉病病菌菌丝生长抑制的回归方程、EC₅₀ 及其 95% 置信限,并以最敏感药剂的 EC₅₀ 值为对照求出相对毒力指数。

2 结果与分析

2.1 7 种杀菌剂对胶孢炭疽菌的抑菌率

由表 1 可知,当吡唑醚菌酯浓度为 0.375 ~ 12.000 μg/mL 时,对胶孢炭疽菌菌丝生长的抑制率为 40.14% ~ 81.90%;当氟啶胺浓度为 0.031 25 ~ 1.000 00 μg/mL 时,对草莓胶孢炭疽菌菌丝生长的抑制率为 30.09% ~ 80.50%;当腈苯唑浓度为 0.25 ~ 8.00 μg/mL 时,对胶孢炭疽菌菌丝生长的抑制率为 20.35% ~ 82.31%;当氟吡菌酰胺浓度为 1 ~ 32 μg/mL 时,对胶孢炭疽菌菌丝生长的抑制率为 49.73% ~ 92.90%;当酚菌酮浓度为 6.25 ~ 200.00 μg/mL 时,对胶孢炭疽菌菌丝生长的抑菌率为 43.02% ~ 91.80% 时;当四霉素浓度为 0.1 ~ 3.2 μg/mL 时,对胶孢炭疽菌菌丝生长的抑制率为

表 1 7 种杀菌剂对胶孢炭疽菌的室内抑菌效果

| 药剂 | 浓度 (μg/mL) | 菌落直径 (mm) | 抑制率 (%) |
|--------|---------------|--------------|------------|
| 吡唑醚菌酯 | 12.000 | 14.17 | 81.90 |
| | 6.000 | 17.67 | 75.01 |
| | 3.000 | 21.17 | 68.05 |
| | 1.500 | 25.00 | 60.70 |
| | 0.750 | 30.50 | 49.43 |
| | 0.375 | 35.50 | 40.14 |
| | CK | 55.83 | |
| 氟啶胺 | 1.000 00 | 14.83 | 80.50 |
| | 0.500 00 | 22.50 | 65.69 |
| | 0.250 00 | 23.83 | 62.73 |
| | 0.125 0 | 35.50 | 39.90 |
| | 0.062 50 | 40.33 | 30.09 |
| | 0.031 25 | 36.17 | 38.32 |
| | CK | 55.83 | |
| 腈苯唑 | 8.00 | 13.83 | 82.31 |
| | 4.00 | 19.00 | 72.26 |
| | 2.00 | 23.00 | 64.31 |
| | 1.00 | 26.67 | 57.16 |
| | 0.50 | 29.83 | 50.99 |
| | 0.25 | 45.33 | 20.35 |
| | CK | 55.83 | |
| 氟吡菌酰胺 | 32 | 8.67 | 92.90 |
| | 16 | 14.00 | 82.16 |
| | 8 | 15.00 | 80.25 |
| | 4 | 18.83 | 72.61 |
| | 2 | 25.00 | 60.34 |
| | 1 | 30.33 | 49.73 |
| | CK | 55.83 | |
| 酚菌酮 | 200.00 | 9.17 | 91.80 |
| | 100.00 | 18.50 | 73.31 |
| | 50.00 | 25.67 | 59.28 |
| | 25.00 | 28.33 | 53.98 |
| | 12.50 | 31.33 | 48.18 |
| | 6.25 | 33.83 | 43.02 |
| | CK | 55.83 | |
| 四霉素 | 3.2 | 9.67 | 90.86 |
| | 1.6 | 14.00 | 82.31 |
| | 0.8 | 18.67 | 73.17 |
| | 0.4 | 19.67 | 71.07 |
| | 0.2 | 26.50 | 57.36 |
| | 0.1 | 32.83 | 44.71 |
| | CK | 55.83 | |
| 多抗霉素 B | 200.00 | 16.83 | 76.70 |
| | 100.00 | 19.33 | 71.71 |
| | 50.00 | 27.67 | 55.46 |
| | 25.00 | 37.67 | 35.91 |
| | 12.50 | 41.67 | 27.42 |
| | 6.25 | 47.67 | 16.03 |
| | CK | 55.83 | |

44.71% ~ 90.86%; 当多抗霉素 B 浓度为 6.25 ~ 200.00 μg/mL 时,对草莓炭疽病的抑制率为 16.03% ~ 76.70%。

2.2 7 种杀菌剂对胶孢炭疽菌的毒力

由表 2 可知,对胶孢炭疽菌抑制中浓度最低的是四霉素,

表 2 7 种杀菌剂对胶孢炭疽菌的室内毒力测定结果

| 药剂 | 毒力回归方程 | 相关系数 <i>r</i> | EC ₅₀ 及其 95% 置信限 (μg/mL) | 相对毒力指数 |
|--------|----------------------------|------------------|--|-----------|
| 四霉素 | $y = 0.912\ 4x + 5.806\ 7$ | 0.988 1 | 0.130 6(0.097 9~0.174 1) | — |
| 氟啶胺 | $y = 0.905\ 5x + 5.735\ 3$ | 0.938 3 | 0.145 8(0.095 6~0.222 3) | 1.116 4 |
| 吡唑醚菌酯 | $y = 0.766\ 1x + 5.093\ 6$ | 0.998 6 | 0.754 7(0.694 8~0.819 8) | 5.778 7 |
| 腈苯唑 | $y = 1.012\ 3x + 5.057\ 7$ | 0.950 5 | 0.876 9(0.582 5~1.320 2) | 6.714 4 |
| 氟吡菌酰胺 | $y = 0.911\ 5x + 4.996\ 9$ | 0.983 7 | 1.007 9(0.693 2~1.465 6) | 7.717 5 |
| 酚菌酮 | $y = 0.975\ 0x + 3.793\ 8$ | 0.925 7 | 17.166 2(9.919 5~30.054 1) | 131.441 0 |
| 多抗霉素 B | $y = 1.130\ 9x + 3.132\ 0$ | 0.984 0 | 44.845 5(36.207 3~55.544 6) | 343.380 6 |

注:相对毒力指数 = 药剂 EC₅₀/四霉素 EC₅₀。

EC₅₀ 仅为 0.130 6 μg/mL;其次是氟啶胺和吡唑醚菌酯,EC₅₀ 分别为 0.145 8、0.754 7 μg/mL,浓度最高的是多抗霉素 B,EC₅₀ 为 44.845 5 μg/mL。7 种杀菌剂的 EC₅₀ 排序为四霉素(0.130 6 μg/mL) > 氟啶胺(0.145 8 μg/mL) > 吡唑醚菌酯(0.754 7 μg/mL) > 腈苯唑(0.876 9 μg/mL) > 氟吡菌酰胺(1.007 9 μg/mL) > 酚菌酮(17.166 2 μg/mL) > 多抗霉素(44.845 5 μg/mL)。在 7 种杀菌剂中,四霉素的抑菌活性最强,多抗霉素 B 的抑菌活性最弱。以四霉素的 EC₅₀ 为对照计算出不同杀菌剂的相对毒力指数,得到氟啶胺、吡唑醚菌酯、腈苯唑、氟吡菌酰胺、酚菌酮、多抗霉素 B 的相对毒力指数分别为 1.116 4、5.778 7、6.714 4、7.717 5、131.441 0、343.380 6。这表明常规药剂新型生物药剂四霉素、氟啶胺对供试胶孢炭疽菌具有较强的室内抑菌活性;而吡唑醚菌酯、腈苯唑对供试胶孢炭疽菌有一定的抑制活性,优于氟吡菌酰胺、酚菌酮、多抗霉素 B 等 3 种药剂。

2.3 7 种杀菌剂对草莓灰霉病菌的抑菌率

由表 3 可知,当吡唑醚菌酯浓度为 1~32 μg/mL 时,对草莓灰霉病菌菌丝生长抑制率为 5.68%~100.00%;当氟啶胺浓度为 0.031 25~1.000 00 μg/mL 时,对草莓灰霉病菌菌丝生长的抑制率为 49.60%~100.00%;当腈苯唑浓度为 0.031 25~1.000 00 μg/mL 时,对草莓灰霉病菌菌丝生长的抑制率为 27.20%~93.55%;当氟吡菌酰胺浓度为 0.375~12.000 μg/mL 时,对草莓灰霉病菌菌丝生长的抑制率为 44.70%~84.37%;当酚菌酮浓度为 0.25~8.00 μg/mL 时,对草莓灰霉病菌菌丝生长的抑菌率为 49.62%~100.00%;当四霉素浓度为 0.05~1.60 μg/mL 时,对草莓灰霉病菌菌丝生长的抑菌率为 25.01%~90.93%;当多抗霉素 B 浓度为 1~32 μg/mL 时,对草莓灰霉病菌菌丝生长的抑菌率为 27.27%~96.20%。

2.4 7 种杀菌剂对草莓灰霉病菌的毒力

由表 4 可知,对草莓灰霉病菌抑制中浓度最低的是氟啶胺,EC₅₀ 仅为 0.039 6 μg/mL;其次是腈苯唑和四霉素,EC₅₀ 分别为 0.077 3、0.221 9 μg/mL,抑制中浓度最高的是多抗霉素 B,EC₅₀ 为 3.691 0 μg/mL。7 种杀菌剂的 EC₅₀ 排序为氟啶胺(0.039 6 μg/mL) > 腈苯唑(0.077 3 μg/mL) > 四霉素(0.221 9 μg/mL) > 酚菌酮(0.351 8 μg/mL) > 氟吡菌酰胺(1.120 1 μg/mL) > 吡唑醚菌酯(3.224 6 μg/mL) > 多抗霉素 B(3.691 0 μg/mL)。在 7 种杀菌剂中,氟啶胺的抑菌活性最强,多抗霉素 B 的抑菌活性最弱。以氟啶胺的 EC₅₀ 为对照计算出不同杀菌剂的相对毒力指数,得到腈苯唑、四霉素、酚

表 3 7 种杀菌剂对草莓灰霉病的室内抑菌效果

| 药剂 | 浓度 (μg/mL) | 菌落直径 (mm) | 抑制率 (%) |
|-------|---------------|--------------|------------|
| 吡唑醚菌酯 | 32 | 5.00 | 100.00 |
| | 16 | 5.17 | 99.62 |
| | 8 | 14.83 | 77.65 |
| | 4 | 25.50 | 53.41 |
| | 2 | 39.83 | 20.83 |
| | 1 | 46.50 | 5.68 |
| | 0(CK) | 49.00 | |
| 氟啶胺 | 1.000 00 | 5.00 | 100.00 |
| | 0.500 00 | 5.17 | 99.61 |
| | 0.250 00 | 6.50 | 96.59 |
| | 0.125 00 | 9.33 | 90.13 |
| | 0.062 50 | 14.00 | 79.57 |
| | 0.031 25 | 27.17 | 49.60 |
| | 0(CK) | 49.00 | |
| 腈苯唑 | 1.000 00 | 7.83 | 93.55 |
| | 0.500 00 | 8.67 | 91.67 |
| | 0.250 00 | 9.00 | 90.91 |
| | 0.125 00 | 26.33 | 51.63 |
| | 0.062 50 | 31.17 | 40.55 |
| | 0.031 25 | 37.00 | 27.20 |
| | 0(CK) | 49.00 | |
| 氟吡菌酰胺 | 12.000 | 11.83 | 84.37 |
| | 6.000 | 21.00 | 63.60 |
| | 3.000 | 26.83 | 50.35 |
| | 1.500 | 26.50 | 51.08 |
| | 0.750 | 29.33 | 44.72 |
| | 0.375 | 29.33 | 44.70 |
| | 0(CK) | 49.00 | |
| 酚菌酮 | 8.00 | 5.00 | 100.00 |
| | 4.00 | 5.00 | 100.00 |
| | 2.00 | 5.67 | 98.48 |
| | 1.00 | 12.33 | 83.33 |
| | 0.50 | 18.17 | 70.08 |
| | 0.25 | 27.17 | 49.62 |
| | 0(CK) | 49.00 | |
| 四霉素 | 1.60 | 9.00 | 90.93 |
| | 0.80 | 12.17 | 83.63 |
| | 0.40 | 20.00 | 65.83 |
| | 0.20 | 39.50 | 21.56 |
| | 0.10 | 29.17 | 45.01 |
| | 0.05 | 38.02 | 25.01 |
| | | | |

表 3(续)

| 药剂 | 浓度 ($\mu\text{g/mL}$) | 菌落直径 (mm) | 抑制率 (%) |
|--------|----------------------------|--------------|------------|
| 多抗霉素 B | 32 | 6.67 | 96.20 |
| | 16 | 8.83 | 91.23 |
| | 8 | 26.83 | 50.38 |
| | 4 | 30.33 | 42.42 |
| | 2 | 35.17 | 31.44 |
| | 1 | 37.00 | 27.27 |

表 4 7 种杀菌剂对草莓灰霉病菌的室内毒力测定结果

| 药剂 | 毒力回归方程 | 相关系数 r | EC ₅₀ 及其 95% 置信限 ($\mu\text{g/mL}$) | 相对毒力指数 |
|--------|-----------------------------|-------------|---|----------|
| 氟啶胺 | $y = 0.600\ 5x + 10.048\ 1$ | 0.943 4 | 0.039 6(0.020 5 ~ 0.076 4) | — |
| 腈苯唑 | $y = 1.593\ 2x + 6.770\ 9$ | 0.949 4 | 0.077 3(0.048 4 ~ 0.123 5) | 1.952 0 |
| 四霉素 | $y = 1.449\ 5x + 5.947\ 8$ | 0.888 4 | 0.221 9(0.120 3 ~ 0.409 1) | 5.603 5 |
| 酚菌酮 | $y = 3.764\ 7x + 6.708\ 2$ | 0.951 1 | 0.351 8(0.196 6 ~ 0.629 3) | 8.883 8 |
| 氟吡菌酰胺 | $y = 0.677\ 5x + 4.966\ 6$ | 0.868 6 | 1.120 1(0.528 0 ~ 2.376 3) | 28.285 3 |
| 吡唑醚菌酯 | $y = 4.179\ 1x + 2.875\ 1$ | 0.966 8 | 3.224 6(2.296 6 ~ 4.527 5) | 81.429 3 |
| 多抗霉素 B | $y = 1.671\ 5x + 4.052\ 0$ | 0.937 2 | 3.691 0(2.332 8 ~ 5.839 9) | 93.207 0 |

注:相对毒力指数 = 药剂 EC₅₀值/氟啶胺 EC₅₀值。

治成为草莓生产中的关键点^[13]。化学防治仍是控制草莓炭疽病、灰霉病发生和减少损失的主要途径,但由于可选药剂有限,杀菌剂单剂重复和过量使用造成病原菌对杀菌剂产生抗性,导致使用量无限扩大的恶性循环,因此迫切需要筛选防治草莓灰霉病和炭疽病的杀菌剂来减缓杀菌剂的抗药性。

氟啶胺为二甲基苯胺类杀菌剂,中国农药信息网显示氟啶胺登记在马铃薯晚疫病、番茄灰霉病、辣椒疫病等,在发病前或者发病初期用药。科研工作者在灰霉病的防治方面做了一些研究,汪汉成等研究氟啶胺、咪鲜胺、苯醚甲环唑和代森锰锌等 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌的毒力试验,发现氟啶胺和咪鲜胺对烟草灰霉病菌菌丝生长活性抑制最强^[14]。赵杨等在海城地区进行温室蔬菜灰霉病种菌试验发现,6 种杀菌剂对蔬菜灰霉病病菌效果最好的是氟啶胺,EC₅₀ 范围为 0.013 ~ 0.066 $\mu\text{g/mL}$ ^[15]。刘妍等试验发现,氟啶胺对湖南地区草莓灰霉病菌的 EC₅₀ 为 0.028 3 $\mu\text{g/mL}$ ^[16],与本研究结果相似,氟啶胺对句容地区草莓灰霉病病菌的 EC₅₀ 为 0.039 6 $\mu\text{g/mL}$ 。

四霉素为不吸水链霉菌梧州亚种的发酵代谢产物,目前在花生根腐病、水稻立枯病、小麦赤霉病和白粉病等作物病害上登记,四霉素通过抑制菌丝体的生长,诱导作物产生抗性而达到防治作物病害的目的^[17]。宋莹莹采用菌丝生长速率法测得四霉素对山东 165 灰霉菌株的 EC₅₀ 分布范围为 0.04 ~ 1.09 $\mu\text{g/mL}$ ^[18],四霉素对句容地区草莓灰霉病病菌的 EC₅₀ 为 0.221 9 $\mu\text{g/mL}$,在山东地区的测定结果范围内,说明四霉素对草莓灰霉病病菌具有很好的抑制效果。在胶孢炭疽菌的抑制方面还未见氟啶胺与四霉素的报道,因此,建议进一步开展氟啶胺和四霉素及其相关复配产品在防治草莓炭疽病、灰霉病的试验研究和农药开发登记,对于缓解目前草莓上登记农药品种少和防止抗药性风险等具有积极意义。此外,培养皿内的抑菌活性不能完全代表田间防治效果,下一步将开展氟啶胺和四霉素的田间防治效果试验。

菌酮、氟吡菌酰胺、吡唑醚菌酯、多抗霉素 B 的相对毒力指数分别为 1.952 0、5.603 5、8.883 8、28.285 3、81.429 3、93.207 0。这表明常规药剂氟啶胺、腈苯唑以及新型药剂四霉素,对供试草莓灰霉病菌具有较强的室内抑菌活性;而酚菌酮、氟吡菌酰胺对供试草莓灰霉病菌也有较好的抑制活性,且优于吡唑醚菌酯以及多抗霉素等 2 种药剂。

3 结论与讨论

草莓生产中的病害种类多,发生情况复杂,科学合理的防

参考文献:

[1] 张国珍,钟 珊. 草莓灰霉病研究进展[J]. 植物保护,2018,44(2):1-10.

[2] 徐 英,马 森,杨 奎,等. 40% 戊唑醇悬浮剂对草莓炭疽病的毒力测定及田间防效[J]. 农药,2017,56(11):853-855.

[3] Leroux P, Fritz R, Debieu D, et al. Mechanisms of resistance to fungicides in field strains of *Botrytis cinerea*[J]. Pest Management Science,2002,58(9):876-888.

[4] Cordova L G, Amiri A, Peres N A . Effectiveness of fungicide treatments following the Strawberry Advisory System for control of Botrytis fruit rot in Florida[J]. Crop Protection,2017,100:163-167.

[5] 韩国兴,礼 茜,孙飞洲,等. 杭州地区草莓炭疽病病原鉴定及其对多菌灵和乙霉威的抗药性[J]. 浙江农业科学,2009(6):1169-1172.

[6] 潘以楼,朱桂梅,郭 建. 江苏草莓灰霉病菌对 5 种杀菌剂的抗药性[J]. 江苏农业学报,2013,29(2):299-304.

[7] 肖 婷,成 玮,颜伟中,等. 上海地区草莓灰霉病病菌种群抗药性研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(20):117-120.

[8] 肖 婷,许 媛,陈宏州,等. 江苏丘陵地区草莓灰霉病菌(*Botrytis cinerea*)对 QoIs 类杀菌剂的抗药性研究[J]. 果树学报,2017,34(5):603-610.

[9] 白耀博,陈学进,凤舞剑,等. 徐州市草莓灰霉病菌对啉霉胺的抗药性[J]. 安徽农业科学,2016,44(35):162-164.

[10] 张 亚,王 翀,刘双清,等. 湖南省草莓灰霉病菌对 4 种杀菌剂的抗药性检测[J]. 植物保护,2016,42(5):181-187.

[11] 朱春雨,吴文平,张 弘,等. 农药室内生物测定试验准则(杀菌剂):第 2 部分抑制病原真菌菌丝生长试验平皿法[S]. 北京:中国农业出版社,2006.

[12] 黄彰欣. 植物化学保护实验指导[M]. 北京:农业出版社,1993:57.

[13] 陆 丹,曹婷婷,黄耀亮,等. 草莓炭疽病、灰霉病、白粉病发生规律的调查[J]. 浙江农业科学,2018,59(12):2177-2178.

刘一贤,蔡志英,施玉萍,等. 辣木果腐病病原菌兰生炭疽菌(*Colletotrichum chlorophyti*)生物学特性及其防治药剂室内毒力测定[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):133-137.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.030

辣木果腐病病原菌兰生炭疽菌(*Colletotrichum chlorophyti*)生物学特性及其防治药剂室内毒力测定

刘一贤,蔡志英,施玉萍,戴利铭,李岚岚,杨 焱,龙继明,李海泉,张祖兵

(云南省热带作物科学研究所,云南景洪 66610)

摘要:辣木果腐病作为辣木上的重要病害,已严重影响辣木籽产量。为了进一步明确辣木果腐病病原菌兰生炭疽菌(*Colletotrichum chlorophyti*)的生物学特性,筛选出具有较好防效的药剂,采用单因子变量试验,研究不同培养基、碳源、氮源、温度、pH 值、光照条件、致死温度对菌丝生长的影响,并对 10 种常用杀菌剂进行室内毒力测定。结果表明,V-8 汁、YEPD、PDA 培养基有利于病原菌生长,适宜温度范围为 28~30℃,最适温度为 30℃,最适合生长 pH 值为 7~9,致死温度为 50℃处理 10 min。该病原菌能有效利用多种碳源和氮源,碳源以可溶性淀粉利用率最高,氮源以酵母浸膏利用率最高。不同的光照条件对菌丝生长有影响,在 24 h 黑暗条件下更有利于菌丝生长。在供试的 10 种杀菌剂中,450 g/L 咪鲜胺水乳剂和 250 g/L 啉菌酯悬浮剂对病原菌的抑菌效果最好,EC₅₀分别为 0.050 5、0.063 5 mg/L;其次,250 g/L 丙环唑乳油、70% 甲基硫菌灵可湿性粉剂、10% 苯醚甲环唑水分散粒剂、50% 多菌灵可湿性粉剂对病原菌也具有较好的抑制作用,EC₅₀均小于 1.0 mg/L;50% 异菌脲可湿性粉剂对病菌的抑菌效果最差,EC₅₀为 52.698 7 mg/L。

关键词:辣木;果腐病;兰生炭疽菌;生物学特性;毒力测定;病原菌菌丝生长;致死温度;杀菌剂

中图分类号:S435.79 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)20-0133-05

辣木(*Moringa* spp.)又称鼓槌树、奇迹树,是一种多年生速生小乔木,树龄约 20 年^[1]。早在 19 世纪辣木就从印度传到了我国。台湾是我国最早引种辣木的地区,2006 年种植面积已达 3 000 hm²^[2]。辣木具有极高的营养价值,含有丰富的氨基酸、蛋白质、维生素、油脂和矿物质,应用价值比较广泛。辣木种植区域主要分布在云南、海南、广东、四川、福建和贵州等地,且 60% 以上的面积分布在云南^[3],在西双版纳、普洱、德宏、丽江等地规划辣木种植面积超过百万亩^[4]。随着种植规模的不断扩大,辣木病虫害的发生严重威胁辣木产业的健康发展。目前,辣木上报的主要病害有果腐病、幼苗萎蔫病、枝枯病、白粉病等^[5-9]。

辣木果腐病严重危害果荚,在雨水密集的月份引起大量果荚感病腐烂,种子减产,已成为辣木上的重要病害。该病初

期表现为在果荚上形成淡褐色、棕褐色的块状、条状或不规则病斑,高温、高湿条件下,病斑迅速向四周扩张,果荚上的块状病斑连接起来导致果荚棕褐色坏死,切开感病部位,受害部果肉为污褐色坏死,病健交界明显,严重时整条果荚裂开,露出种仁^[10]。引起辣木果腐病的病原较为复杂,可能由多种病原菌复合侵染造成。印度学者报道了由夏威夷内脐腐病(*Drechslera hawaiiensis*)侵染引起辣木果腐^[11];蒋桂芝等报道了由半裸镰刀菌(*Fusarium semitectum* Berk & Rav.)引起辣木果荚腐病^[12];He 等在西双版纳景洪采集到的病样中分离到瓜笄霉(*Choanephora cucurbitarum*)^[13]。笔者所在项目组通过对西双版纳辣木种植区进行果腐病调查,对病样进行分离鉴定、柯赫氏验证、致病性测定,将病原菌确定为兰生炭疽菌(*Colletotrichum chlorophyti*)^[10],该病原菌不仅能侵染果荚,还能侵染叶片引起叶斑^[14]。为了有效控制该病地传播和蔓延,了解病原菌的生物学特性,对掌握该病害的发生规律必不可少。在无优良的抗病品种、改良栽培措施也无法有效控制该病害的情况下,化学防治也不失为行之有效的办法。但目前尚无辣木果腐病防治药剂的研究报道,咪鲜胺和苯醚甲环唑对柑橘炭疽病的防效明显高于其他药剂^[15],25% 丙环唑乳油 1 000 倍液对蓝莓炭疽病具有较好的防治效果^[16]。吡唑醚菌

收稿日期:2018-07-17

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-11-03A)。

作者简介:刘一贤(1988—),女,云南红河人,硕士,助理研究员,主要从事热带作物病害研究。E-mail:312458392@qq.com。

通信作者:张祖兵,硕士,副研究员,主要从事辣木栽培及病虫害防控研究。E-mail:396085433@qq.com。

[14]汪汉成,李丽翠,张之帆,等. 四种杀菌剂对烟草灰霉病菌的毒力及对烟草灰霉病的抑制作用[J]. 植物保护学报,2019,46(2):377-384.

[15]赵 杨,孙柏欣,陈 乐,等. 海城地区温室蔬菜灰霉病菌对 6 种药剂的抗性检测[J]. 辽宁农业科学,2019(1):42-44.

[16]刘 妍,张 亚,项雅琴,等. 啉菌酯与氟啶胺复配物对水稻

纹枯病菌和草莓灰霉病菌的增效作用研究[J]. 植物保护,2018,44(2):235-240.

[17]刘 刚. 四霉素登记产品和防治对象继续增加[J]. 农药市场信息,2018(22):36.

[18]宋莹莹. 山东省灰霉病菌对常用杀菌剂的抗性监测及对吡唑醚菌酯和四霉素的敏感性[D]. 泰安:山东农业大学,2016:36-38.