

引用格式:

陈娜, 乔兴华, 张嘉, 周慧珍, 王武, 胡军华. 脆红李叶斑病原菌的鉴定及抑菌药剂的筛选[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(5): 575–580.

CHEN N, QIAO X H, ZHANG J, ZHOU H Z, WANG W, HU J H. Identification of the pathogen causing leaf spot of *Prunus salicina* and screening of fungicides[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(5): 575–580.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



脆红李叶斑病原菌的鉴定及抑菌药剂的筛选

陈娜¹, 乔兴华², 张嘉¹, 周慧珍¹, 王武³, 胡军华^{1*}

(1.西南大学柑桔研究所, 重庆 400712; 2.重庆市万州区植物保护与果树技术推广站, 重庆 404199; 3.重庆农业科学院果树所, 重庆 402260)

摘要: 为明确脆红李叶斑病的病原菌, 采用组织分离法分离纯化病原菌, 通过形态学特征结合多基因联合序列分析鉴定病原菌; 采用孢子喷洒法和针刺接种法测试其致病性。结果表明: 从脆红李叶斑病叶分离得到 4 株形态一致的真菌菌株, 其代表菌株 LY12 的菌落呈圆形, 菌丝白色至浅黄色; 分生孢子器球形, 黑色; 分生孢子无色, 单孢, 多为椭圆形; 采用 ITS、*TUB2* 和 *LSU* 3 段基因联合构建系统发育树, 菌株 LY12 与荸荠茎点霉 (*Didymella bellidis*) 聚为一支; 根据形态学特征和系统发育分析, 确定 LY12 为荸荠茎点霉 (*Didymella bellidis*); 致病力测试发现, 该病原菌可以侵染川渝地区青脆李、半边红、青奈、金脆李和脆红李的叶片、枝条和果实, 叶片受害最严重, 也可侵染尤力克柠檬、爱媛 38 杂柑、塔罗科血橙 3 个柑橘品种的叶片和果实; 室内药剂筛选结果表明, 24 种杀菌剂中, 50% 啶酰菌胺水分散粒剂、38% 唑醚啶酰菌胺悬浮剂、25% 啉菌酯悬浮剂、75% 肟菌戊唑醇水分散粒剂等 11 种杀菌剂对病原菌菌丝生长有较强的抑制作用, 病原菌对 50% 啶酰菌胺水分散粒剂最敏感, EC_{50} 为 0.153 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

关键词: 脆红李叶斑病; 荸荠茎点霉; 致病力; 药剂筛选

中图分类号: S436.62

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)05-0575-06

Identification of the pathogen causing leaf spot of *Prunus salicina* and screening of fungicides

CHEN Na¹, QIAO Xinghua², ZHANG Jia¹, ZHOU Huizhen¹, WANG Wu³, HU Junhua^{1*}

(1. Institute of Citrus, Southwest University, Chongqing 400712, China; 2. Wanzhou Plant Protection and Fruit Technology Extension Station, Chongqing 404199, China; 3. Institute of Fruit Science, Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 402260, China)

Abstract: In order to clarify the pathogen causing the leaf spots of *Prunus salicina*, tissue isolation was performed to isolate and purify the pathogen, which was further identified by morphological characteristics and polygenic joint sequence analysis. The pathogenicity of the pathogen was determined by spore spraying method and acupuncture inoculation method, and 24 fungicides were screened indoors. The results showed that 4 fungal strains with the same morphological characteristics were isolated from the diseased *Prunus salicina* leaves. The representative strain LY12 had round colonies and white to light yellow hyphae; and had spherical, black pycnidium, with conidia colorless, monospore, mostly oval. The genes of ITS, *TUB2* and *LSU* were used to construct the phylogenetic tree. The results showed that strain LY12 and *Didymella bellidis* were clustered in the same branch. According to morphological characteristics and phylogenetic analysis, strain LY12 was identified as *Didymella bellidis*. The pathogenicity test showed that the pathogen strain LY12 could infect the leaves, branches and fruits of plum varieties in Sichuan and Chongqing, including Qingcuili, Banbianhong, Qingnai, Jincuilu, and

收稿日期: 2023-03-31

修回日期: 2023-07-18

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0202006-04)

作者简介: 陈娜(1997—), 女, 河南上蔡人, 硕士研究生, 主要从事分子植物病理学研究, 1604664645@qq.com; *通信作者, 胡军华, 博士, 副研究员, 主要从事分子植物病理学研究, hujunhua@cric.cn

Cuihongli, and the largest lesions appeared on the leaves. The pathogen could also infect leaves and fruits of citrus varieties including Ulick lemon, Ehime 38, and Taroko blood orange. Indoor fungicides screening test showed out of the 24 fungicides, 11 kinds of fungicides, such as 50% boscalid water dispersible granule, 38% boscalid pyraclostrobin suspending agent, 25% azoxystrobin suspension, 75% trifloxystrobin tebuconazole water dispersible granule ect., showed strong inhibitory effect on pathogen strain LY12. And 50% boscalid water dispersible granule had the most obvious inhibitory effect, with EC_{50} being 0.153 1 $\mu\text{g/mL}$.

Keywords: *Prunus salicina* leaf spot; *Didymella bellidis*; pathogenicity; fungicide screening

脆红李属蔷薇科(Rosaceae)李属(*Prunus*)核果类水果,是中国李选育实生后代的晚熟品种^[1-2]。2019年川渝地区脆红李的栽培面积已达7.62万 hm^2 ,产量51.2万t。截至2021年底,脆红李的种植面积达到9.59万 hm^2 。随着脆红李种植面积的不断扩大,病害的识别和防控问题日益突出。目前,李真菌病害的研究主要集中在果实病害上,果生链核盘菌(*Monilinia fructigena*)、核果链核盘菌(*Monilinia laxa*)和云南念珠菌(*Monilia yunnanensis*)均可引起李褐腐病。该病害造成李果实僵果、腐烂^[3-4]。李疔座霉菌(*Polystigma yubrum*)引起的李红点病,果实散生很多深红色小点,畸形,严重时造成果实脱落^[5]。尖孢刺盘孢(*Colletotrichum acutatum*)和盘长孢刺盘孢(*C.gloeosporioides*)引起布朗李和欧李的炭疽病,造成果实软腐脱落或形成僵果挂在树枝上^[6-7]。吴玉珠等^[8]报道,重庆万州地区由新拟盘多毛孢(*Neopestalotiopsis* sp.)和小孢拟盘多毛孢(*Pestalotiopsis microspora*)复合侵染引起青脆李枯萎病,青脆李染病后叶片出现红褐色病斑,严重时大量叶片脱落。伍文宪等^[9]报道四川宣汉县脆红李果园“火烧叶”病害,由链格孢菌(*Alternaria alternata*)引起,叶片感病后出现红褐色病斑,严重时叶片枯焦脱落,枝条枯死,影响果实产量和品质。

近年来,在四川汶川、重庆万州和黔江等地的脆红李果园发现一种脆红李叶部病害,发病初期,叶片表面或叶缘出现黄褐色的不规则斑点,随着病害的发展形成大面积黄褐色病斑,甚至叶片枯死凋落,严重影响脆红李的产量和品质。为明确造成脆红李叶斑病的主要病原菌,笔者分离致病菌,采用形态学和分子生物学结合的方法进行鉴定,并通过室内离体接种的方法测定病原菌对不同李和柑橘品种的致病力;随后采用室内毒力测定筛选有效防治药剂,以期对脆红李叶斑病害的防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

2020年5月,在重庆万州脆红李果园采集叶斑病发病植株,带回实验室于4℃冰箱保存;在重庆市农业科学院果树研究所资源圃采集青脆李、半边红、青柰、金脆李和脆红李健康无病的当年生枝条、成熟叶片和膨大期果实;采集西南大学柑橘研究所国家果树种质重庆柑橘圃塔罗科血橙、尤力克柠檬和爱媛38杂柑的成熟叶片和膨大期果实。

24种供试药剂:38%唑醚·啶酰菌胺悬浮剂(山东金龙农资有限公司);29%吡唑·啉菌酯悬浮剂、37%苯醚甲环唑水分散粒剂、50%啉菌环胺水分散粒剂(瑞士先正达作物保护有限公司);40%戊唑·啉菌酯悬浮剂(镇江金安达塑胶有限公司);50%啶酰菌胺水分散粒剂、11.5%吡唑啉菌酯乳油、250g/L啉菌酯悬浮剂、60%唑醚代森联水乳剂(巴斯夫欧洲公司);500g/L异菌脲悬浮剂(上海创赛科技有限公司);12.5%烯唑醇可湿性粉剂、25%溴菌腈乳油(江苏托球农化股份有限公司);99%噁霉灵粉剂(烟台鑫润精细化工有限公司);70%戊唑·啉菌酯水分散粒剂、450g/L咪鲜胺乳油(安道麦马克西姆有限公司);60%霜脲·啉菌酯可湿性粉剂(美国世科姆公司);50%甲基硫菌灵悬浮剂(陕西汤普森生物科技有限公司);75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂、80%代森锰锌可湿性粉剂、70%丙森锌可湿性粉剂(德国拜耳作物科学公司);33.5%啉啉铜悬浮剂(浙江海正化工股份有限公司);3%噁霉酮微乳液(江苏辉丰农化股份有限公司);46%氢氧化铜可湿性粉剂(上海生农生化制品股份有限公司);80%克菌丹可湿性粉剂(安道麦北京农业技术有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 脆红李叶斑病病原菌的分离与鉴定

采用组织分离法^[10]分离病原菌。将脆红李叶斑

病叶剪成约 3 cm² 小块, 消毒、清洗后置于 PDA 平板上 28 °C 培养, 3 d 后挑取菌落边缘的菌丝继续纯化培养 12 d, 待其产孢后, 将单孢子培养物转移到 PDA 斜面培养基上, 4 °C 冰箱保存, 备用。

参照文献 [11] 的方法, 对分离株进行形态学鉴定。分子鉴定采用菌丝裂解法: 2×T5 Direct PCR Kit(Plant) 试剂盒(葆光生物)扩增 ITS^[12]、TUB2^[13]、LSU^[14] 基因片段, 扩增产物经 1.0% 琼脂糖凝胶电泳检测后送北京擎科生物技术公司测序。将序列提交至 NCBI(<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) 数据库中进行比对。

1.2.2 病原菌致病性的测试

将病原菌在 PDA 平板上 28 °C 恒温培养 12 d, 用无菌水配制成 1×10⁶/mL 的孢子悬浮液, 喷洒在离体脆红李叶片上, 以喷洒无菌水作为空白对照, 28 °C 培养 3 d, 观察叶片的发病情况, 待植株发病后对病原物进行再分离培养和鉴定。

对文献[11]的方法稍加改进, 测试致病菌的致病力。将青脆李、半边红、青柰、金脆李和脆红李的枝条、叶片、果实以及塔罗科血橙、尤力克柠檬和爱媛 38 杂柑的叶片和果实消毒清洗后放置在接种盘中。果实和叶片采用针刺接种法, 枝条采用刻伤接种法, 接种直径 5 mm 的菌饼, 对照组接种 5 mm 的 PDA 培养基。每个处理接种 25 个样本, 4 次重复, 28 °C 保湿培养, 十字交叉法测量病斑直径。

1.2.3 杀菌剂的筛选

采用菌丝生长速率法^[15]测定杀菌剂的毒力。将 24 种杀菌剂配制成 1 mg/mL 的母液, 稀释 250 和 2000 倍, 测试对病原菌的抑制效果。根据初筛试验结果, 选择抑制率大于 50% 的药剂进一步测试, 将母液倍比稀释 250、500、1000、2000、4000 和 16 000 倍, 与对应的 PDA 混合均匀后倒板, 接种直径 3 mm 的菌饼, 以加入等量的无菌水的 PDA 为空白对照。每个处理 4 次重复。28 °C 恒温培养 6 d 后, 用十字交叉法测量菌落直径, 计算对病原菌的抑制率。

1.3 数据处理

以 *Alternaria alternata*(KT963805.1) 为外群, 采用 MEGA 7.0 邻接法进行聚类分析, 构建系统进化树(1000 次重复)。采用 SPSS Statistics 25 对脆红李

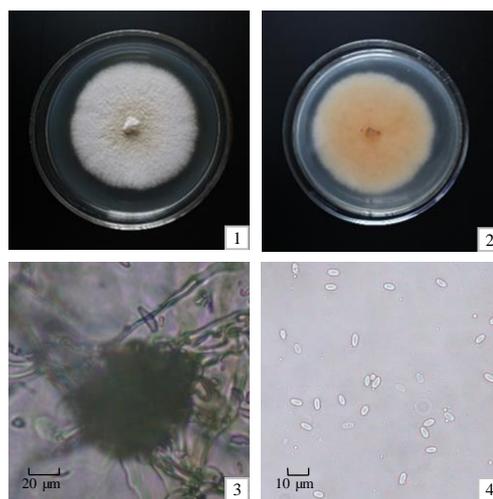
叶斑病斑直径进行数据分析。采用农药室内生物测定数据处理系统(PBT)对杀菌剂试验结果进行统计分析, 获得各药剂对菌株的毒力回归方程、抑制中浓度(EC₅₀)、95% 置信限和相关系数。

2 结果与分析

2.1 脆红李叶斑病致病菌的鉴定结果

脆红李叶斑病发病初期, 叶片出现较多圆形或不规则黄褐色病斑, 随后病斑面积不断扩大, 形成连片的黄褐色病斑。受害严重时, 脆红李叶片枯死凋落, 树势衰弱。该病害在四川汶川、重庆万州和黔江等地皆有发生, 田间病株率为 4.6% ~ 10.8%。从 3 月上旬开始一直持续到 5 月下旬, 高温、高湿天气易爆发病害, 当年春季抽发新叶易染病, 严重时新叶脱落。

从脆红李叶斑病叶上分离获得 4 个菌株, 于 PDA 平板上 28 °C 培养, 观察它们的形态特征, 发现菌落呈圆形, 初期菌丝白色, 毛毡状, 无气生菌丝, 边缘有白色绒毛, 靠近中间的菌丝为淡黄色, 后期菌丝变为黄褐色。在显微镜下发现, 菌丝黑褐色, 具隔膜。在水琼脂上产孢, 分生孢子器球状, 黑色, 大小为(109.5~127.8) μm×(115.1~132.9) μm。分生孢子无色, 单孢, 多为椭圆形, 大小(4.8~7.2) μm×(2.0~3.1) μm(图 1)。4 个菌株的菌落形态特征一致, 选取 LY12 菌株进行后续试验。



1 菌落正面; 2 菌落反面; 3 分生孢子器; 4 分生孢子。

图 1 LY12 菌株的形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of the strain LY12

LY12 菌株 ITS、LSU 和 TUB2 基因序列长度分别为 559、594 和 452 bp, 将基因序列提交至

NCBI/GenBank, 登录号分别为 OQ190215、OQ193173 和 QQ211304。Blast 比对序列表明, LY12 菌株与 NCBI 登录号 MN274965.1 的 *Didymella bellidis* 序列的相似度为 98%。从 GenBank 中下载荸荠茎点霉(*Didymella bellidis*)、*Didymella segeticola*、葡萄茎枯病菌(*Didymella glomerata*)、*Didymella molleriana* 和 *Didymella rosea* 同源性较高的序列, 基于 ITS、LSU 和 TUB2 序列联合建树进行多重序列比较及系统发育学分析, 结果(图2)表明, LY12 菌株与 *D.bellidis* 遗传距离最小, 聚为一支。结合形态学特征和分子鉴定, 确定脆红李叶斑病的病原菌为荸荠茎点霉(*Didymella bellidis*)。

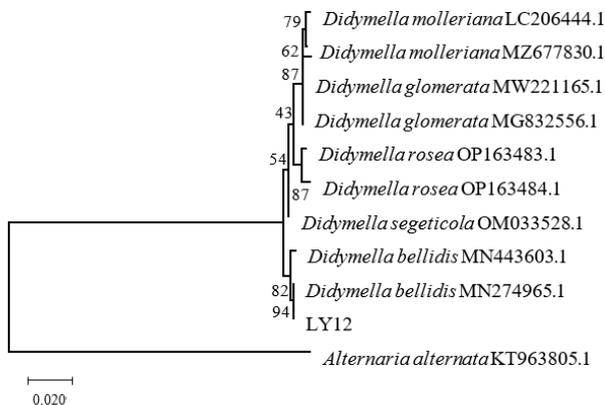


图2 基于 ITS、LSU 和 TUB2 序列以邻接法构建的 LY12 菌株系统发育树

Fig.2 Phylogenetic tree of strain LY12 based on adjacency method and combined ITS and LSU sequences data

2.2 病原菌的致病性

将菌株 LY12 接种到脆红李离体叶片上, 发病率为 100%, 3 d 后叶片上产生黄褐色和深褐色的

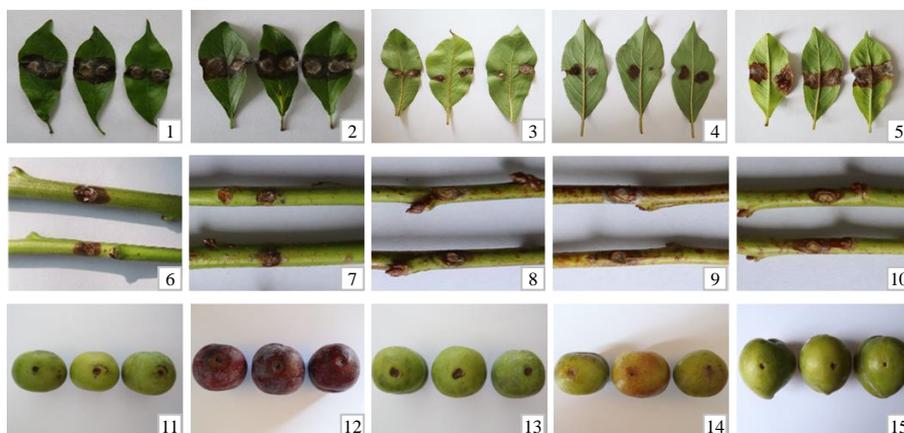
圆形或不规则斑点, 对照叶片未发病。分离接种发病的叶片致病菌, 获得与 LY12 菌株相同的形态特征和分子鉴定结果。根据柯赫氏法则, 判断菌株 LY12 为脆红李叶斑病的病原菌。

将菌株 LY12 分别接种到青脆李、半边红、青奈、金脆李和脆红李的健康无病的枝条、叶片和果实上, 以及尤力克柠檬、爱媛 38 杂柑、塔罗科血橙的叶片和果实上, 进行致病力测试。6 d 后, 5 个李品种的枝条、叶片、果实上都出现了大小不一的病斑(表 1、图 3), 其中脆红李叶片上病斑平均直径约 1.27 cm, 青脆李和青奈枝条上病斑平均直径分别为 0.63、0.61 cm, 金脆李果实病斑平均直径约为 0.41 cm。该病菌侵染尤力克柠檬、爱媛 38 杂柑和塔罗科血橙的叶片和果实(图 4), 其中爱媛 38 杂柑果实病斑的平均直径约为 1.32 cm, 塔罗科血橙叶片病斑的平均直径约为 0.51 cm。

表 1 LY12 菌株侵染李和柑橘的平均病斑直径
Table 1 Average lesion diameter of different varieties of plum and citrus infected by strain LY12 cm

果树品种	果实病斑 平均直径	叶片病斑 平均直径	枝条病斑 平均直径
青脆李	(0.35±0.01)b	(1.10±0.05)b	(0.63±0.03)a
脆红李	(0.32±0.01)c	(1.27±0.06)a	(0.49±0.01)b
金脆李	(0.41±0.01)a	(0.52±0.03)d	(0.40±0.01)c
半边红	(0.27±0.02)d	(0.44±0.02)d	(0.42±0.02)c
青奈	(0.21±0.06)e	(0.89±0.01)c	(0.61±0.05)a
尤力克柠檬	(0.11±0.01)c	(0.30±0.02)b	
爱媛 38 杂柑	(1.32±0.08)a	(0.21±0.01)c	
塔罗科血橙	(0.71±0.03)b	(0.51±0.01)a	

同列数据不同字母表示品种间的差异有统计学意义 ($P<0.05$)。



1、6、11 分别为青脆李染病的叶片、枝条、果实; 2、7、12 分别为脆红李的叶片、枝条、果实; 3、8、13 分别为金脆李的叶片、枝条、果实; 4、9、14 分别为半边红李的叶片、枝条、果实; 5、10、15 分别为青奈李的叶片、枝条、果实。

图3 LY12 菌株对 5 个李品种的致病性

Fig.3 Pathogenicity of strain LY12 to 5 kinds varieties of plum



1、4 分别为染病的尤力克柠檬的叶片和果实；2、5 分别为爱媛 38 杂柑的叶片和果实；3、6 分别为塔罗科血橙的叶片和果实。

图 4 LY12 菌株对柑橘的致病性

Fig.4 Pathogenicity of strain LY12 to different varieties of citrus

2.3 杀菌剂的防效

杀菌剂室内毒力测定结果显示，24 种杀菌剂

表 2 11 种杀菌剂对菌株 LY12 的毒力

Table 2 Virulence of 11 kinds fungicides to strain LY12

药剂	毒力回归方程	EC ₅₀ /($\mu\text{g mL}^{-1}$)	相关系数	95%置信限
50%啶酰菌胺水分散粒剂	$Y=0.918 8X+5.748 9$	0.153 1	0.949 6	0.003 1~7.570 5
38%唑醚 啶酰菌胺悬浮剂	$Y=0.916 0X+5.578 0$	0.233 9	0.846 5	0.014 7~3.713 3
25%嘧菌酯悬浮剂	$Y=0.495 1X+5.302 9$	0.244 5	0.914 9	0.000 7~85.787 6
12.5%烯唑醇可湿性粉剂	$Y=0.719 0X+5.423 6$	0.257 6	0.891 2	0.004 8~13.842 5
75%肟菌 戊唑醇水分散粒剂	$Y=2.076 8X+5.473 8$	0.591 3	0.960 8	0.108 0~3.237 3
29%吡萘 嘧菌酯悬浮剂	$Y=1.376 1X+5.273 2$	0.633 1	0.998 8	0.058 5~6.849 0
40%戊唑 嘧菌酯悬浮剂	$Y=0.871 6X+5.116 9$	0.734 3	0.963 7	0.032 7~16.481 7
11.5%吡唑醚菌酯乳油	$Y=1.247 8X+5.113 2$	0.811 5	0.991 5	0.081 5~8.075 4
37%苯醚甲环唑水分散粒剂	$Y=1.548 2X+4.780 2$	1.386 7	0.982 4	0.229 7~8.372 7
450 g/L 咪鲜胺乳油	$Y=0.808 8X+4.558 1$	3.519 0	0.971 9	0.042 3~292.760 0
50%嘧菌环胺水分散粒剂	$Y=0.720 0X+4.538 6$	4.374 0	0.916 1	0.018 2~1053.350 0

3 结论与讨论

2020 年在重庆万州脆红李果园中发现严重的叶部病害，通过病原菌形态特征观察、致病力测试、ITS、LSU 和 TUB2 序列分析，确定脆红李叶斑病的致病菌为荸荠茎点霉(*Didymella bellidis*)。有研究表明，*D. bellidis* 主要引起英国、丹麦等欧洲国家菊科植物病害^[16]。国内首次在 2010 年湖北荸荠种植区荸荠上发现^[12]。2021 年陆俞萍等^[17]从茶园发黄、发黑的叶片上也分离出 *D. bellidis*。至此，该病原菌已侵染荸荠、菊科植物、伞形科植物等 7 科 8 种植物，推测对其他科属具有潜在的侵染能力^[18-19]。笔者通过针刺接种测试其致病力，发现该病菌侵染川渝地区主栽的 5 个李品种，叶片受害最重，其次是枝条和果实，还侵染尤力克

柠檬、爱媛 38 杂柑和塔罗科血橙的叶片和果实。稀释 250 和 2000 倍后，有 13 种杀菌剂对菌丝的抑制率低于 30%。对抑制率大于 50% 的 11 种杀菌剂进行毒力测定，结果(表 2)表明，LY12 菌株对 50% 啶酰菌胺水分散粒剂最敏感，EC₅₀ 为 0.153 1 $\mu\text{g/mL}$ ；38% 唑醚 啶酰菌胺悬浮剂、25% 嘧菌酯悬浮剂、12.5% 烯唑醇可湿性粉剂、75% 肟菌 戊唑醇水分散粒剂、29% 吡萘 嘧菌酯悬浮剂、40% 戊唑醚菌酯悬浮剂和 11.5% 吡唑醚菌酯乳油对病原菌有显著的抑制效果，EC₅₀ 为 0.233 9~0.811 5 $\mu\text{g/mL}$ ；37% 苯醚甲环唑水分散粒剂、450 g/L 咪鲜胺乳油和 50% 嘧菌环胺水分散粒剂的 EC₅₀ 为 1.386 7~4.374 0 $\mu\text{g/mL}$ 。

柠檬、爱媛 38 杂柑和塔罗科血橙的叶片和果实。

采用室内毒力测定法，测定 24 种果园常见杀菌剂的防效，发现 37% 苯醚甲环唑水分散粒剂对菌丝有抑制作用，同时 50% 啶酰菌胺水分散粒剂、38% 唑醚 啶酰菌胺悬浮剂、25% 嘧菌酯悬浮剂、12.5% 烯唑醇可湿性粉剂和 75% 肟菌 戊唑醇水分散粒剂等 8 种药剂对菌丝有更强的抑制作用。*D. bellidis* 最适生长温度为 20~25 $^{\circ}\text{C}$ ，雨水增多或温度下降时病情会加重。病原体以分生孢子越冬，形成再侵染源。结合川渝气候特征和脆红李物候期，建议在花期 1 次、幼果期 1~2 次喷药防治。药剂选用 38% 唑醚 啶酰菌胺悬浮剂、25% 嘧菌酯悬浮剂、75% 肟菌 戊唑醇水分散粒剂、29% 吡萘 嘧菌酯悬浮剂、50% 啶酰菌胺水分散粒剂、37% 苯醚甲环唑水分散粒剂等，可使用代森

锰锌等保护剂防止落果;修剪后及时喷洒40%戊唑醚菌酯悬浮剂、11.5%吡唑醚菌酯乳油等药剂保护剪锯口,防止病菌侵入伤口,减少病菌数量,保护果树正常生长。

参考文献:

- [1] 孙海龙,鲁晓峰,邵静,等. 21份李种质果肉总酚含量与抗氧化活性分析[J]. 中国果树, 2020(6): 50-54.
- [2] 肖星凝,李苇舟,石芳,等. 不同品种李子多酚组成及抗氧化活性[J]. 食品科学, 2017, 38(15): 31-37.
- [3] 王青,任杰群,图尔罕·麦提伊敏,等. 核果类果树褐腐病在重庆的发生与防治初报[J]. 植物保护, 2021, 47(6): 271-276.
- [4] HU M J, COX K D, SCHNABEL G, et al. *Monilinia* species causing brown rot of peach in China[J]. *PLoS One*, 2011, 6(9): e24990.
- [5] 孙兰英. 李树主要病害的发生与防治研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(4): 263-264.
- [6] 邓先琼,郭立中,张天晓. 布朗李炭疽病的病原鉴定及药效试验[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(6): 626-630.
- [7] 周宗山,徐成楠,吴玉星,等. 欧李炭疽病病原菌鉴定[J]. 植物病理学报, 2011, 41(5): 538-541.
- [8] 吴玉珠,陈娜,胡军华,等. 青脆李枯萎病致病菌的分离鉴定及药剂筛选[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(3): 298-304.
- [9] 伍文宪,刘佳,张蕾,等. 脆红李“火烧叶”病原鉴定[J]. 西南农业学报, 2018, 31(2): 342-346.
- [10] 方中达. 植病研究方法[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1998: 122-124.
- [11] 吴望,吴玉珠,胡军华,等. ‘恩科尔’果斑病主要致病菌的分离与鉴定及药剂筛选[J]. 果树学报, 2020, 37(11): 1723-1732.
- [12] 吕茹婧. 荸荠茎点霉秆枯病病原学及其毒素基本性质研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [13] AVESKAMP M M, VERKLEY G J M, DE GRUYTER J, et al. DNA phylogeny reveals polyphyly of *Phoma* section *Peyronellaea* and multiple taxonomic novelties[J]. *Mycologia*, 2009, 101(3): 363-382.
- [14] 陈倩. 亚隔孢壳科的系统演化及分类学研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [15] 宋化稳,高德良,徐娜娜,等. 5种甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂对芦笋茎枯病菌的室内毒力及田间药效评价[J]. 农药, 2019, 58(7): 532-534.
- [16] AVESKAMP M M, DE GRUYTER J D, WOUDEBERG J H C, et al. Highlights of the Didymellaceae: a polyphasic approach to characterise *Phoma* and related pleosporalean Genera[J]. *Studies in Mycology*, 2010, 65 (65): 1-60.
- [17] 陆俞萍,肖婉,房婉萍,等. 几种茶园杂草生防菌的分离鉴定[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(3): 564-574.
- [18] LV R J, ZHENG L, ZHU Z, et al. First report of stem blight of *Eleocharis dulcis* caused by *Phoma bellidis* in China[J]. *Plant Disease*, 2011, 95(9): 1190-1191.
- [19] XU H J, CUI J C, ZHOU R J, et al. First report of leaf spot disease in *Angelica dahurica* caused by *Phoma bellidis* in China[J]. *Journal of Phytopathology*, 2016, 164(7/8): 448-454.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维