

引用格式:

吴玉珠, 陈娜, 胡军华, 张嘉, 占爽, 陈力, 乔兴华. 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.

WU Y Z, CHEN N, HU J H, ZHANG J, ZHAN S, CHEN L, QIAO X H. Identification of *Neopestalotiopsis* sp. and *Pestalotiopsis microspora* as pathogens causing blight on green crisp plums and screening of the fungicides [J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2022, 48(3): 298–304.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



青脆李枯萎病致病菌的分离鉴定及药剂筛选

吴玉珠¹, 陈娜¹, 胡军华^{1,2*}, 张嘉¹, 占爽¹, 陈力³, 乔兴华³

(1.西南大学柑桔研究所, 重庆 400712; 2.农业部西南地区果树科学观测实验站, 重庆 400712; 3.重庆市万州区植保站, 重庆 404120)

摘要: 对重庆万州出现的青脆李枯萎病部进行组织分离, 得到菌株 HYL2-2 和 HYL2-5, 通过形态学和分子生物学(ITS 和 TUB2)鉴定, 明确 HYL2-2 为新拟盘多毛孢(*Neopestalotiopsis* sp.), HYL2-5 为小孢拟盘多毛孢(*Pestalotiopsis microspora*)。对健康青脆李进行致病性测试结果表明, 2 个病原菌对青脆李的枝条、叶片和果实均有致病性。运用菌丝生长速率法进行室内药剂筛选, 在 16 种杀菌剂中, 25%吡唑醚菌酯悬浮剂对新拟盘多毛孢的抑菌效果最好, EC_{50} 为 0.055 4 $\mu\text{g/mL}$; 60%唑醚·代森联水分散粒剂对小孢拟盘多毛孢的抑菌效果最好, EC_{50} 为 0.002 $\mu\text{g/mL}$ 。

关键词: 青脆李; 新拟盘多毛孢; 小孢拟盘多毛孢; 致病性; 药剂筛选; 重庆万州

中图分类号: S436.621.1⁺5

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2022)03-0298-07

Identification of *Neopestalotiopsis* sp. and *Pestalotiopsis microspora* as pathogens causing blight on green crisp plums and screening of the fungicides

WU Yuzhu¹, CHEN Na¹, HU Junhua^{1,2*}, ZHANG Jia¹, ZHAN Shuang¹, CHEN Li³, QIAO Xinghua³

(1.Citrus Research Institute, Southwest University, Chongqing 400712, China; 2.Fruit Tree Science Observation and Experimental Station in Southwest China, Ministry of Agriculture, Chongqing 400712, China; 3.Wanzhou District Plant Protection Station, Chongqing 404120, China)

Abstract: Pathogen separation from tissue was carried out on the diseased part of green crisp plums with blight collected in Wanzhou, Chongqing. Pathogen strains HYL2-2 and HYL2-5 were obtained, through traditional morphological identification and molecular biology(ITS and TUB2) identification methods, the pathogens were identified as *Neopestalotiopsis* sp. and *Pestalotiopsis microspore*. Pathogenicity test carried out on healthy green crisp plums showed the two pathogenic bacteria are pathogenic to the branches, leaves and fruits of the green crisp plums. Indoor drug screening using mycelial growth rate method showed among 16 fungicides, 25% pyraclostrobin SC has obvious antibacterial effects on *Neopestalotiopsis* sp., with EC_{50} of 0.055 4 $\mu\text{g/mL}$; 60% pyraclostrobin metiram WG has obvious antibacterial effects on *Pestalotiopsis microspore*, with EC_{50} of 0.002 $\mu\text{g/mL}$.

Keywords: green crisp plums (*Prunus salicina* Lindl); *Neopestalotiopsis* sp.; *Pestalotiopsis microspore*; pathogenicity; screening of fungicides; Wanzhou, Chongqing

收稿日期: 2021-12-13

修回日期: 2022-01-20

基金项目: 科学技术部国家重点研发计划项目(2017YF D0202006-04)

作者简介: 吴玉珠(1996—), 女, 重庆渝北人, 硕士研究生, 主要从事微生物基因组学与次生代谢研究, 1360567606@qq.com; *通信作者, 胡军华, 博士, 副研究员, 主要从事真菌基因组学与次生代谢研究, hujunhua@cric.cn

青脆李为南方李(*Prunus salicina* Lindl.)品种,原产于四川,现重庆、贵州和云南等西南高山地区已广泛种植^[1]。近 2 年重庆万州等地青脆李果园大面积暴发枯萎病。3—5 月,发病叶片上出现红褐色病斑后大量落叶;枝条上出现褐色裂皮,后期呈黑褐色,部分枝条枯死,有的则整株枯死,严重影响树势,危害生产。青脆李枯萎病症状与已经报道的李病害,如褐腐病、袋果病、流胶病^[2]等有较大的不同,常规防控方法效果不佳。为明确引起青脆李枯萎病的主要致病菌,笔者采集重庆万州等地青脆李病害高发果园内的感病叶片和枝条,对致病菌进行分离纯化和鉴定,同时对致病菌进行了室内药剂筛选,以期为该病害的防治提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

从重庆万州、巫山、石柱等地青脆李果园中采摘自然发病的青脆李枝条和叶片。健康青脆李枝条、叶片和果实均采自于重庆市北碚区澄江镇北泉村大湾李园。

供试药剂:25%溴菌腈乳油(江苏托球农化股份有限公司)、2%春雷霉素水剂(乳山韩威生物制药有限公司)、40%超微多菌灵可湿性粉剂(太仓农药厂)、80%代森锰锌可湿性粉剂(利民化工股份有限公司)、37%苯醚甲环唑水分散粒剂(山东省绿士农药有限公司)、60%唑醚·代森联水分散粒剂(巴斯夫欧洲公司)、450 g/L 咪鲜胺乳油(安道麦马克西姆有限公司)、70%戊唑·醚菌酯水分散粒剂(陕西康禾立丰生物科技药业有限公司)、50%甲基硫菌灵可湿性粉剂(陕西汤普森生物科技有限公司)、28%波尔多液悬浮剂(井上石灰工业株式会社)、25%吡唑醚菌酯悬浮剂(巴斯夫欧洲公司)、80%克菌丹水分散粒剂(安道麦(北京)农业技术有限公司)、12.5%烯唑醇可湿性粉剂(江苏托球农化股份有限公司)、29%石硫合剂水剂(河北双吉化工有限公司)、99%矿物油乳油(天津绿颖农药销售公司招远三联化工厂有限公司)、75%噁菌·戊唑醇水分散粒剂(德国拜耳作物科学公司)。

1.2 方法

1.2.1 致病菌的分离鉴定

采用组织分离法^[3]进行致病菌的分离。选取带有典型病斑的青脆李病样组织,切下病健交界处约 3 mm×3 mm 大小的组织块,75%乙醇消毒 20 s,无菌水连续冲洗 3 次,无菌滤纸吸干水分,接种至 PDA 培养基上,28 ℃培养 7 d 后再纯化培养。

根据《真菌鉴定手册》^[4]进行致病菌形态学鉴定。采用裂解液裂解法,挑取少量菌丝,依照 TS Plant DNAex 试剂盒(葆光生物)方法获得模板 DNA,采用 ITS、 β -tubulin 序列引物直接扩增基因片段^[5]。PCR 扩增产物用 1%琼脂糖凝胶电泳检测后送北京擎科生物科技有限公司测序。将序列提交至 NCBI(<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)数据库中进行比对分析,用 MEGA 7.0 邻接法进行聚类分析,构建系统进化树(1000 次重复)。

1.2.2 致病菌的致病力测试

选取健康的青脆李展开未转绿叶片、膨大期果实和春梢各 60 份,每种组织各 15 份为 1 组,重复 4 组。参照占爽等^[6]的方法,叶片背面针刺 10 针、果实中上部 4 个方位分别针刺 1 针、枝条用解剖刀刻伤中部后分别接种 5 mm×5 mm 菌饼。以接种 PDA 培养基的叶片、果实和枝条作为对照。28 ℃保湿培养。采用十字交叉法^[7]测量病斑直径。

1.2.3 致病菌的室内药剂筛选

采用菌丝生长速率法^[8]测定杀菌剂对致病菌的毒力。将供试杀菌剂配制成 1 mg/mL 的母液,再用无菌水倍比稀释,与 PDA 培养基混合制成 4.00、2.00、1.00、0.50、0.25 mg/kg 的含药培养基,以加入等量无菌水的 PDA 培养基作为空白对照。每处理 5 次重复,分别接种 5 mm×5 mm 菌饼。28 ℃恒温培养箱中培养 5 d,采用十字交叉法测量菌落直径,计算抑制率。

2 结果与分析

2.1 青脆李枯萎病致病菌的鉴定结果

青脆李枯萎病枝条、叶片症状如图 1 所示。受害叶片形成不规则红褐色病斑,严重时大量叶片脱

落,严重影响树势;受害枝条韧皮部和木质部呈现红褐色、开裂,最后变成黑色,部分枝条枯死,有的则整株枯死,危害生产。



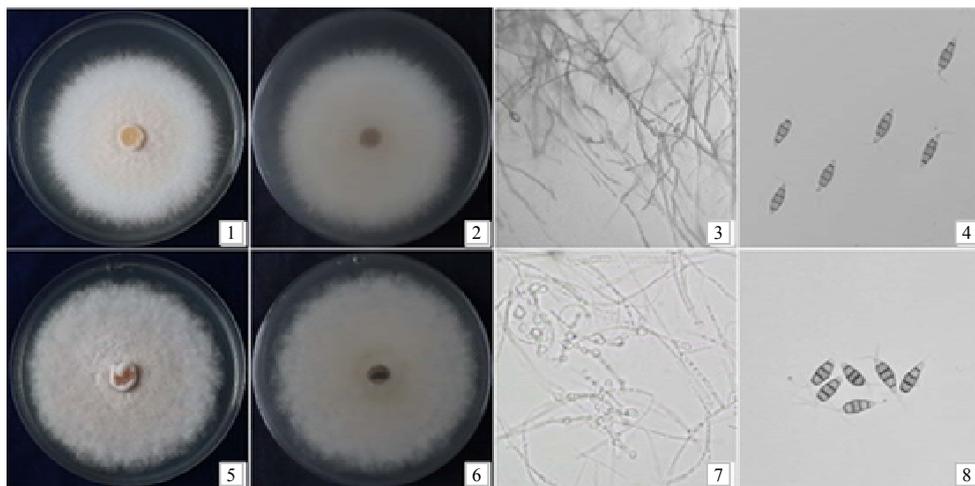
图1 青脆李枯萎病叶片和枝条的受害症状

Fig.1 Damage symptoms on leaves and branches of green crisp plums

将青脆李病部分离纯化得到的菌株 HYL2-2、HYL2-5, 分别接种于离体青脆李春梢、叶片和膨大期果实上, 均出现与受害症状一致的病斑, 从接种后发病的枝条、叶片和果实上分离致病菌, 获得了与致病菌形态一致的菌株。由此, 对 HYL2-2、HYL2-5 菌株进行形态学与分子生物学鉴定。

落呈圆形, 边缘整齐, 菌丝纯白色, 气生菌丝发达。分生孢子梗较长, 不分支; 呈长梭形、直立, 大小(16.6~21.5) μm×宽(4.0~6.5) μm; 4 间隔, 3 个中间细胞共色, 呈深棕色, 两端细胞淡色; 顶端细胞亚圆柱形, 透明, 有 2~3 个丝状顶端附属物, 弯曲, 不分支, 长 9.5~19.5 μm; 基部细胞长 0.8~4.2 μm。

如图 2 所示, 在 PDA 平板上 HYL2-2 菌株菌



1、2 HYL2-2 菌株的菌落正、反面; 3 HYL2-2 菌株的产孢结构; 4 HYL2-2 菌株分生孢子; 5、6 HYL2-5 菌株的菌落正、反面; 7 HYL2-5 菌株的产孢结构; 8 HYL2-5 菌株分生孢子。

图2 青脆李致病菌的形态特征

Fig.2 Morphological characteristic of pathogenic fungi from green crisp plums

HYL2-5 菌株菌落呈圆形，边缘整齐。菌丝上有纹路，呈波浪状向外延伸，纯白色，生长旺盛。分生孢子梗较长、不分支、呈壶腹型，(15~18) μm×(4~7) μm 大小，一端椭圆稍弯，一端逐渐变细；4 间隔，中间细胞呈深褐色，两端细胞淡色；孢子顶端有 2~3 根附属丝(大部分为 2 根)，长 11.2~18.5 μm，透明，不分支；基部具短柄，长 2.0~3.5 μm。

HYL2-2 菌株的 ITS 和 TUB2 基因序列长分别为 526 bp 和 451 bp，与 NCBI 登录号为 MN723897.1、MN539229.1 等 *Neopestalotiopsis* sp. 序列的相似度为 99%、100%。从 GeneBank 中选取含模式菌株在内的相关菌株 *Neopestalotiopsis* sp.、*N. clavispora* 和 *N. saprophytica* 的 ITS 和 TUB2 序列联合建树，以 *Alternaria alternata*(NCBI 登录号为 KT963805.1) 为外群进行多重序列比较与系统进化分析，结果显示，HYL2-2 菌株与 *Neopestalotiopsis* sp. 遗传距离最小，聚为一支。结合形态学特征鉴定与分子鉴定结果(图 3)，确定 HYL2-2 菌株为新拟盘多毛孢 *Neopestalotiopsis* sp.。



0.010
交链格孢(KT963805.1)为外群。

图3 基于ITS和TUB2序列以邻接法构建的HYL2-2系统发育树

Fig.3 Phylogenetic tree for strain HYL2-2 based on neighbor-joining analysis using ITS and TUB2 sequence data

HYL2-5 菌株的 ITS、TUB2 基因序列分别为 523 bp、448 bp，与 NCBI 登录号为 MT597834.1、KY568912.1 等 *P. microspora* 序列的相似度均为

100%。从 GeneBank 中选取含模式菌株在内的 *Pestalotiopsis microspora*、*Pestalotiopsis mangiferae* 和 *Pestalotiopsis oxyanthi* 的 ITS 和 TUB2 序列联合建树，以 *Alternaria alternata*(NCBI 登录号为 KT963805.1) 为外群进行多重序列比较与系统进化分析，结果显示，HYL2-5 菌株与 *Pestalotiopsis microspora* 遗传距离最小，聚为一支。结合形态学特征鉴定与分子鉴定结果(图4)，确定 HYL2-5 为小孢拟盘多毛孢 *Pestalotiopsis microspora*。

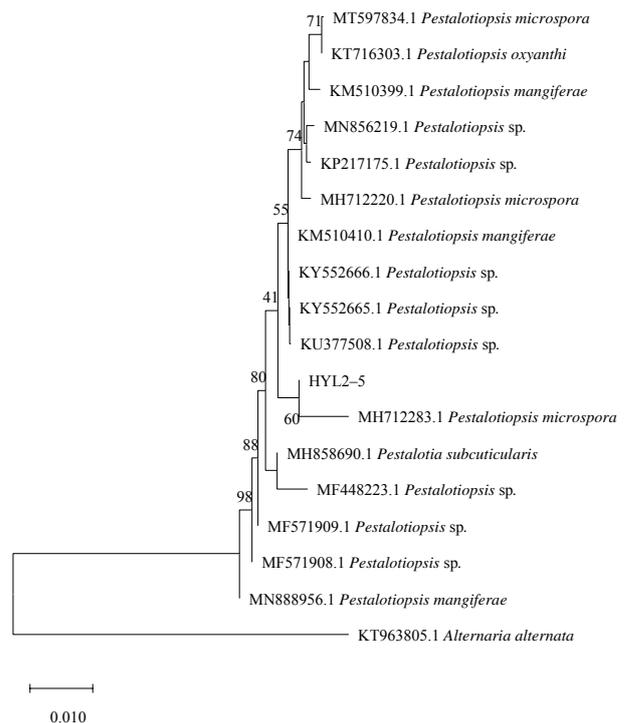


图4 基于ITS和TUB2序列以邻接法构建的HYL2-5系统发育树

Fig.4 Phylogenetic tree for strain HYL2-5 based on neighbor-joining analysis using ITS and TUB2 sequence data

2.2 致病菌的致病性

将菌株 HYL2-2、HYL2-5 分别接种于青脆李的叶片、果实和枝条上，28 ℃培养。结果，接种 2 个菌株的青脆李的枝条、叶片、果实表面均可见明显病斑，叶片和枝条表面均呈现棕黑色病斑，发病部位腐烂并伴有白色菌丝；果实表面产生棕色病斑，发病部位腐烂变软(图 5)。随培养时间的延长，病斑逐渐增大，至 4 d 时趋于稳定。空白对照均未发病。



1~3 HYL2-2 菌株接种青脆李叶片、枝条、果实 4 d 发病情况；4~6 HYL2-5 菌株接种青脆李叶片、枝条、果实 4 d 发病情况；7~9 PDA 接种的对照组发病情况。

图5 HYL2-2和HYL2-5菌株对青脆李的致病力

Fig.5 Pathogenicity test of the strain HYL2-2 and HYL2-5 on green crisp plums

HYL2-2 菌株接种健康青脆李 4 d 时,叶片上病斑平均直径可达 10.1 mm,枝条上病斑平均直径可达 6.4 mm,果实上病斑平均直径可达 7.8 mm,均能形成较大病斑。HYL2-5 菌株接种健康青脆李 4 d 时,叶片上病斑平均直径可达 8.3 mm,枝条上病斑平均直径可达 3.4 mm,果实上病斑平均直径可达 3.4 mm,在叶片上形成的病斑较大,远大于在枝条和果实上形成的病斑。HYL2-2 菌株的致病力更强。

2.3 杀菌剂对致病菌的毒力

16 种田间常用的杀菌剂中,质量浓度为 4.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的 2%春雷霉素水剂、28%波尔多液悬浮剂、29%石硫合剂水剂和 99%矿物油乳油对 HYL2-2 和 HYL2-5 菌株几乎无抑制作用。

另外 12 个杀菌剂对 2 个致病菌均有抑制作用(表 1)。40%超微多菌灵可湿性粉剂、25%吡唑醚菌酯悬浮剂、450 g/L 咪鲜胺乳油、70%戊唑·醚菌酯

水分散粒剂、60%唑醚代森联水分散粒剂、75%肟菌戊唑醇水分散粒剂和 37%苯醚甲环唑水分散粒剂等 7 种药剂对 2 株致病菌均有较强毒力, EC_{50} 均小于 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。25%溴菌腈乳油、50%甲基硫菌灵可湿性粉剂、80%代森锰锌可湿性粉剂也能有效抑制致病菌, EC_{50} 均小于 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$,可进一步进行田间药效评价。

在室内毒力测定中, 12.5%烯唑醇可湿性粉剂对 HYL2-2 菌株的 EC_{50} 为 9.869 6 $\mu\text{g}/\text{mL}$,而对 HYL2-5 菌株的 EC_{50} 为 48.273 3 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 80%克菌丹水分散粒剂对 HYL2-2 菌株的 EC_{50} 为 50.135 2 $\mu\text{g}/\text{mL}$,而对 HYL2-5 菌株的 EC_{50} 为 7.183 2 $\mu\text{g}/\text{mL}$,表明 12.5%烯唑醇可湿性粉剂能有效抑制 HYL2-2 菌株,但对 HYL2-5 菌株的效用较弱,80%克菌丹水分散粒剂能有效抑制 HYL2-5 菌株,但对 HYL2-2 菌株的效用较弱。

表 1 杀菌剂对 2 株致病菌的毒力

Table 1 Virulence of sixteen fungicides to two pathogenic fungi

菌株	药剂	毒力回归方程	EC ₅₀ /(μg·mL ⁻¹)	相关系数	95%置信限
HYL2-2	40%超微多菌灵可湿性粉剂	Y=5.700 8+0.275 4X	0.002 9	0.985 6	0.000 0~128.610 5
	25%吡唑醚菌酯悬浮剂	Y=5.972 8+0.774 1X	0.055 4	0.982 3	0.000 0~118.541 1
	450 g/L 咪鲜胺乳油	Y=7.464 3+2.371 0X	0.091 3	0.992 6	0.004 2~1.984 3
	70%戊唑·醚菌酯水分散粒剂	Y=6.234 8+1.574 2X	0.164 3	0.991 3	0.013 2~2.049 0
	60%唑醚·代森联水分散粒剂	Y=6.280 1+1.746 7X	0.185 0	0.747 5	0.012 4~2.750 8
	75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂	Y=5.323 5+1.370 0X	0.580 5	0.928 3	0.084 6~3.983 7
	37%苯醚甲环唑水分散粒剂	Y=5.127 3+1.604 6X	0.833 1	0.968 6	0.161 0~4.310 8
	25%溴菌腈乳油	Y=4.456 5+2.251 0X	1.743 7	0.957 5	0.410 6~7.400
	50%甲基硫菌灵可湿性粉剂	Y=4.127 4+2.426 8X	2.288 5	0.903 1	0.407 5~12.852 8
	80%代森锰锌可湿性粉剂	Y=2.908 5+3.066 8X	4.808 3	0.898 7	0.573 4~40.320 9
	12.5%烯唑醇可湿性粉剂	Y=4.001 0+1.004 7X	9.869 6	0.920 6	0.001 8~186.147 2
	80%克菌丹水分散粒剂	Y=3.718 2+0.754 0X	50.135 2	0.983 8	0.000 0~2511.347 9
	HYL2-5	40%超微多菌灵可湿性粉剂	Y=5.816 6+0.197 9X	0.000 1	0.986 6
60%唑醚·代森联可湿性粉剂		Y=5.856 2+0.316 6X	0.002 0	0.984 5	0.000 0~1
25%吡唑醚菌酯悬浮剂		Y=5.990 0+0.515 0X	0.012 0	0.971 3	0.000 0~3.683
450 g/L 咪鲜胺乳油		Y=5.817 9+0.836 7X	0.105 3	0.771 4	0.000 2~50.762 2
70%戊唑·醚菌酯水分散粒剂		Y=5.836 9+1.280 5X	0.222 0	0.990 5	0.013 1~3.768 7
37%苯醚甲环唑水分散粒剂		Y=5.559 4+1.253 3X	0.357 8	0.993 8	0.038 6~3.319 9
75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂		Y=5.326 7+1.129 3X	0.513 7	0.941 8	0.054 9~4.808 6
25%溴菌腈乳油		Y=4.808 3+1.229 7X	1.431 9	0.877 8	0.130 9~15.659 4
80%代森锰锌水分散粒剂		Y=4.668 2+0.976 1X	2.187 5	0.947 8	0.056 7~84.399 0
50%甲基硫菌灵可湿性粉剂		Y=4.349 4+1.638 5X	2.495 0	0.844 7	0.214 9~28.961 0
80%克菌丹水分散粒剂		Y=3.382 2+1.889 3X	7.183 2	0.994 8	0.056 5~913.661 8
12.5%烯唑醇可湿性粉剂		Y=4.238 1+0.452 5X	48.273 3	0.970 0	0.000 0~32 783.945 3

3 结论与讨论

本研究鉴定结果表明,重庆万州等地青脆李枯萎病的主要致病菌为新拟盘多毛孢(*Neopestalotiopsis* sp.)和小孢拟盘多毛孢(*P. microspora*),它们均属于类似盘多毛孢属真菌,可侵染林果类作物的根、枝、茎、叶及果实,寄主分布广泛且具有多样的生活习性^[9-10]。类似盘多毛孢有 *Pestalotiopsis*、*Neopestalotiopsis* 和 *Pseudopestalotiopsis* 3 个属^[11]。新拟盘多毛孢(*Neopestalotiopsis* sp.)可引起草莓、番石榴、葡萄、橡胶树、红豆杉等的叶枯或根腐病^[12-14]。李博勋等^[15]报道了由新拟盘多毛孢引起的橡胶树叶斑病,是近年来海南、云南、广东等地区一种新发病害,在境外已呈大暴发态势。王梦园^[16]报道新拟盘多毛孢属可引起草莓根腐病。小孢拟盘多毛孢是 *Pestalotiopsis* 属真菌,可致蓝莓、柑橘、核桃、油茶、澳洲坚果、橄榄、芒果、杨梅等发生叶枯病、果腐病害^[17-19]。从致病性测试的结果来看,新拟盘多毛孢和小孢拟

盘多毛孢对青脆李的枝条、叶片和果实均致病,表明类似盘多毛孢属致病菌的寄主在扩散,能侵染李寄主在内的越来越多的浆果类、核果类植物,存在暴发趋势,应加强药剂防控,针对性用药,以减小发病危害。

对 2 种类似盘多毛孢属致病菌进行的室内药剂筛选结果显示,2 个致病菌对 40%多菌灵、25%吡唑醚菌酯、450 g/L 咪鲜胺、70%戊唑·醚菌酯、60%唑醚代森联、75%肟菌戊唑醇和 37%苯醚甲环唑等 7 种杀菌剂都敏感,EC₅₀均小于 1 μg/mL;而 2%春雷霉素、28%波尔多液、29%石硫合剂和 99%矿物油乳油对新拟盘多毛孢和小孢拟盘多毛孢基本无抑制作用,因此在防治时应避免使用;多菌灵虽然对 2 个致病菌具有很强的抑制作用,但鉴于其高残留特性,也应避免使用。可以选择 25%吡唑醚菌酯悬浮剂和 60%唑醚·代森联水分散粒剂防治。根据致病菌生长特点,小孢拟盘多毛孢生长和产孢最适温度为 28 ℃^[17],应注意在冬、春季做好彻底清

园;其次,在春、夏、秋嫩梢叶期,特别是在5-6月物候期,应重点关注病害发生情况,避免病害传播。

参考文献:

- [1] 李兴婷. 重庆地区中晚熟李果实品质与分子标记分析[D]. 重庆:西南大学, 2020.
- [2] 晏妮娅. 浅析农民专业合作社带动农户的发展对策[J]. 农业与技术, 2020, 40(12): 150-152.
- [3] 王雪莲. 柑橘对胶孢炭疽菌的抗性研究[D]. 重庆:西南大学, 2015.
- [4] 魏景超. 真菌鉴定手册[K]. 上海:上海科学技术出版社, 1979: 479-482.
- [5] MAHARACHCHIKUMBURA S, LARIGNON P, HYDE K, et al. Characterization of *Neopestalotiopsis*, *Pestalotiopsis* and *Truncatella* species associated with grapevine trunk diseases in France[J]. *Phytopathologia Mediterranea*, 2017, 55(3): 380-390.
- [6] 占爽, 吴望, 胡军华, 等. 重庆万州疑似柑桔轮斑病的病原鉴定及防治药剂筛选[J]. 中国南方果树, 2021, 50(1): 1-7.
- [7] 吴望, 吴玉珠, 胡军华, 等. ‘沃柑’果斑病病原菌鉴定及防治药剂筛选[J]. 果树学报, 2021, 38(3): 385-393.
- [8] 桂瑶, 胡军华, 张蓉, 等. 云南玉溪冰糖橙果斑病致病菌的鉴定及室内药剂筛选[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2020, 46(3): 324-330.
- [9] 韦继光, 徐同. 植物内生拟盘多毛孢的生物多样性[J]. 生物多样性, 2003, 11(2): 162-168.
- [10] LEE J C, YANG X S, SCHWARTZ M, et al. The relationship between an endangered North American tree and an endophytic fungus[J]. *Chemistry & Biology*, 1995, 2(11): 721-727.
- [11] MAHARACHCHIKUMBURA S S N, HYDE K D, GROENEWALD J Z, et al. *Pestalotiopsis* revisited[J]. *Studies in Mycology*, 2014, 79(1): 121-186.
- [12] 温浩, 魏佳爽, 张桂军, 等. 九种杀菌剂对新拟盘多毛孢病菌的室内毒力作用[J]. 农药学学报, 2019, 21(4): 437-443.
- [13] WANG R B, CHEN S Z, ZHENG B, et al. Occurrence of leaf spot disease caused by *Neopestalotiopsis clavisporea* on *Taxus chinensis* in China[J]. *Forest Pathology*, 2019, 49(5): 12540.
- [14] SOLARTE F, MUNOZ C G, MAHARACHCHIKUMBURA S S N, et al. Diversity of *Neopestalotiopsis* and *Pestalotiopsis* spp, causal agents of guava scab in Colombia[J]. *Plant Disease*, 2018, 102(1): 49-59.
- [15] 李博勋, 刘先宝, 时涛, 等. 国内新发危险性橡胶树拟盘多毛孢叶斑病鉴定及其病原学研究[J]. 热带作物学报, 2020, 41(8): 1616-1624.
- [16] 王梦园. 草莓重茬病原菌的分离及其拮抗菌的筛选与应用[D]. 荆州:长江大学, 2020.
- [17] 陈全助, 金亚杰, 郭朦朦, 等. 闽楠叶斑病病原鉴定及其生物学特性测定[J]. 植物病理学报, 2018, 48(3): 313-323.
- [18] 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.
- [19] 樊炳君, 赵玉美, 陈俊珠, 等. 云南核桃叶枯病病原鉴定及其生物学特性[J]. 植物保护, 2020, 46(3): 123-130.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维