

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2023.06.004

草莓垫壳孢寄主范围测定 及室内生物药剂筛选

马娅楠^{1,2}, 李继平^{1,2,3}, 郑果^{1,2,3}, 王立^{1,3},
惠娜娜^{1,3}, 张自强², 黄振博²

1. 甘肃省农业科学院 植物保护研究所, 兰州 730070;
2. 甘肃农业大学 植物保护学院, 兰州 730070;
3. 国家药品监督管理局 中药材及饮片质量控制重点实验室协同创新中心, 兰州 730070

摘 要: 为明确赤芍根腐病病原菌草莓垫壳孢(*Coniella fragariae*)的寄主范围并筛选有效的生物杀菌剂,本研究采用叶片刺伤接菌法,对赤芍、樱桃、牡丹等12种植物叶片进行致病性试验,并采用菌丝生长速率法测定了8种生物杀菌剂对*C. fragariae*的抑菌效果。结果表明,该病原菌可侵染赤芍、樱桃、牡丹、月季、苹果、石榴和核桃叶片,不侵染梨、山楂、竹、小叶黄杨、冬青叶片。0.3%丁子香酚对*C. fragariae*的抑制效果最好,EC₅₀仅为0.130 5 mg/L;3%中生菌素次之,EC₅₀为4.225 6 mg/L;8%宁南霉素、6%春雷霉素、4%啞啉核苷类抗菌剂、10%多抗霉素和5.0亿多粘类芽孢杆菌抑菌效果较差,EC₅₀分别为63.586 8 mg/L, 72.167 3 mg/L, 293.900 3 mg/L, 360.950 0 mg/L和405.708 1 mg/L;24%井冈霉素对赤芍根腐病病原菌的抑制效果最差,抑菌效果不明显。该研究结果为田间赤芍根腐病的诊断及防治药剂的选择提供了理论依据。

关 键 词: 赤芍;根腐病;草莓垫壳孢;

寄主范围;生物杀菌剂

中图分类号:S432

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号:2097-1354(2023)06-0028-08

Determination of Host Range of *Coniella fragariae* and Indoor Bioagent Screening

收稿日期:2021-08-31

基金项目:甘肃省现代农业科技支撑体系区域创新中心重点科技项目(2023GAAS02)。

作者简介:马娅楠,硕士研究生,主要从事植物病害及其综合防治研究。

通信作者:李继平,研究员。

共同通信:郑果,研究员。

MA Yanan^{1,2}, LI Jiping^{1,2,3}, ZHENG Guo^{1,2,3}, WANG Li^{1,3},
HUI Nana^{1,3}, ZHANG Ziqiang², HUANG Zhenbo²

1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;

2. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

3. Collaborative Innovation Center of the Key Laboratory of Quality Control of Chinese Herbal Medicine and
Decoction Pieces of the National Medical Products Administration, Lanzhou 730070, China

Abstract: In order to clarify the host range of *Coniella fragariae*, a pathogen of root rot disease of *Paeonia veitchii* Lynch, and screen effective biocides, the pathogenicity test was conducted on 12 species of plants, including *P. veitchii*, cherry and peony by leaf stabbing inoculation method, and the antifungal effect of 8 biological fungicides on *C. fragariae* was determined by mycelial growth rate. The results showed that the pathogen can infect the leaves of *P. veitchii*, cherry, peony, rose, apple, pomegranate and walnut, but could not infect the leaves of pear, hawthorn, bamboo, yellow poplar and holly. The inhibitory effect of 0.3% eugenol on *C. fragariae* was the best with only 0.130 5 mg/L of EC_{50} , and followed by 3% Zhongshengmycin with 4.225 6 mg/L of EC_{50} . The antifungal effect of 8% ningnanmycin, 6% kasugamycin, 4% pyrimidine nucleoside antimicrobials, 10% polycxins and 500 million *Paenibacillus polymyxa* was poor, with EC_{50} value of 63.586 8 mg/L, 72.167 3 mg/L, 293.900 3 mg/L, 360.950 0 mg/L and 405.708 1 mg/L, respectively. The inhibitory effect of 24% Jinggangmycin on root rot of *P. veitchii* was the worst, and the inhibitory effect was not obvious. The results of this study provide theoretical basis for the diagnosis and control of *P. veitchii* root rot in the field.

Key words: *Paeonia veitchii* Lynch; root rot disease; *C. fragariae*; host range; biological fungicides

赤芍(*Paeonia veitchii* Lynch)又名木芍药、草芍药、红芍药和川赤芍等,属毛茛科(Ranunculaceae)多年生草本植物^[1],为我国著名野生道地中药材,分传统药用芍药和观赏芍药两种.药材中使用的赤芍为直接晾晒后的根部,具有抗肿瘤、抗菌、抗氧化、活血化瘀和清热凉血等作用^[2-3].另外,赤芍的观赏价值不容小觑,因赤芍枝干和花茎较高、花型整齐丰满、花色艳丽丰富、适应能力较强、能接受较粗放的管理且便于繁殖的特点,在景观建筑、盆栽和切花市场上广受欢迎,是近年来公园花坛及鲜切花市场的主要花卉之一.2021年9月,在甘肃省定西市赤芍种植示范田中发现一种由草莓垫壳孢(*Coniella fragariae*)引起的赤芍根腐病,该病原菌主要为害赤芍根部,受侵染植株根部组织变色腐烂且有异味,地上部分出现叶片发黄、植株瘦弱矮小、茎基部腐烂及整株干枯死亡等症状,严重影响赤芍的药用品质及观赏价值.

据报道,草莓垫壳孢可侵染草莓属(*Fragaria* spp.)、凤梨(*Ananas comosus*)、展叶松(*Pinus patula*)、蔷薇属(*Rosa* spp.)和豌豆属(*Pisum* spp.)等植物^[4-5],但仅鉴定了病原真菌的种类,未进行相关的寄主范围研究.进行寄主范围测定可在一定程度上对病原菌的致病机理、病害流行风险及潜在的生防价值进行初步评估^[6-7],同时也可对病害的综合防控提供理论依据.

赤芍是以根部入药的中药材,根部发病会引起严重的产值损失.目前,根腐类病害防治多为化学防治,化学药剂具有见效快、杀菌力强等特点,因此,依旧是防治病害最常用的手段^[8],但化学药剂的残留及病原菌的抗性仍需重点关注^[9-10].为此,本研究选用了8种生物杀菌剂,采用菌丝生长速率法对赤芍根腐病病菌进行了抑制效果测定,以期筛选出高效的生物药剂,为后续的田间防治提供技术支撑.

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株

将从赤芍根腐病根段中分离出的 *C. fragariae* 典型菌株 CS-1 作为供试菌株,保存于甘肃省农业科学院植物保护研究所经济作物病害实验室 4 ℃ 冰箱中。

1.1.2 供试叶片

供试叶片包括赤芍 (*Paeonia veitchii* Lynch)、石榴 (*Punica granatum* L.)、月季 (*Rosa chinensis* Jacq.)、苹果 (*Malus pumila* Mill.)、樱桃 (*Prunus pseudocerasus* Lindl.)、核桃 (*Juglans regia* L.)、牡丹 (*Paeonia suffruticosa* Andr.)、梨 (*Pyrus* L.)、山楂 (*Crataegus pinnatifida* Bunge.)、竹 (*Bambusoideae*)、小叶黄杨 (*Buxus sinica* var. *parvifolia* M. Cheng) 及冬青 (*Ilex purpurea* Hassk.) 离体叶片。

1.1.3 供试药剂

选择 8 种生物源杀菌剂对病原菌进行室内毒力测定,供试杀菌剂种类、类型及来源见表 1。

表 1 供试药剂信息

杀菌剂	药剂类型	药剂来源
4% 嘧啶核苷类抗菌剂	水剂	武汉科诺生物科技股份有限公司
24% 井冈霉素	水剂	武汉科诺生物科技股份有限公司
6% 春雷霉素	可溶液剂	武汉科诺生物科技股份有限公司
5.0 亿多粘类芽孢杆菌	液体	武汉科诺生物科技股份有限公司
0.3% 丁子香酚	可溶液剂	保定市亚达益农农业科技有限公司
10% 多抗霉素	可湿性粉剂	陕西麦可罗生物科技有限公司
3% 中生菌素	可湿性粉剂	山东中新科农生物科技有限公司
8% 宁南霉素	水剂	德强生物股份有限公司

1.2 试验方法

1.2.1 寄主范围测定

采用离体接种法进行病原菌寄主范围测定,将分离纯化好的病原物 PDA 培养基打成 5 mm 的菌饼,用无菌接种针在供试叶片每个接菌部位制造 2~3 个微小伤口,每张叶片接种 4 个菌饼,以接种 PDA 菌饼为对照,置于 25 ℃ 培养箱中保湿培养 7 d,每天观察记录叶片发病情况,待叶片发病后进行再分离,观察是否为原接种病原菌。

1.2.3 室内药剂毒力测定试验

吸取(或称取)供试杀菌剂,加入无菌水,配置成如表 2 所示的母液浓度,备用。

预试验确定药剂的浓度梯度(表 2),分别吸取一定体积的母液于三角瓶中,再加入冷却至 40 ℃ 的灭菌 PDA 培养基,在锥形瓶中振荡混匀,定容至 100 mL,倒入直径 90 mm 灭菌培养皿中制作成所需浓度的含药平板,各处理设置 3 组重复,1 组对照,对照组用等量的无菌水替代母液。

表 2 供试杀菌剂母液浓度			mg/L
杀菌剂	母液浓度	试验浓度	
4%嘧啶核苷类抗菌剂	4 000	25, 50, 100, 200, 400	
24%井冈霉素	24 000	400, 800, 1 600, 3 200, 6 400	
6%春雷霉素	6 000	25, 50, 100, 200, 400	
5.0 亿多粘类芽孢杆菌	100 000	250, 500, 1 000, 2 000, 4 000	
0.3%丁子香酚	300	0.062 5, 0.125, 0.250, 0.5, 1	
10%多抗霉素	10 000	62.5, 125, 250, 500, 1 000	
3%中生菌素	3 000	1, 2, 4, 8, 16	
8%宁南霉素	8 000	15.265, 31.25, 62.5, 125, 250	

在超净工作台内用直径为 5 mm 灭菌打孔器将分离纯化好的病原物 PDA 培养基打成 5 mm 的菌饼,依次接种到含药平板的中央,以接种到不加药平板作为对照,每个浓度重复 3 次.将接好菌的平板置于 25 ℃ 黑暗条件下进行培养,3 d 后用游标卡尺用十字交叉法垂直测量菌落直径,3 组重复的平均数代表菌落的最终大小,进行方差分析,通过公式计算出平均抑制率^[11-12].

$$\text{菌丝生长平均抑制率}(\%) = \frac{\text{对照菌落平均直径} - \text{处理菌落直径平均值}}{\text{对照菌落直径平均值} - \text{接种菌饼直径}} \times 100\%$$

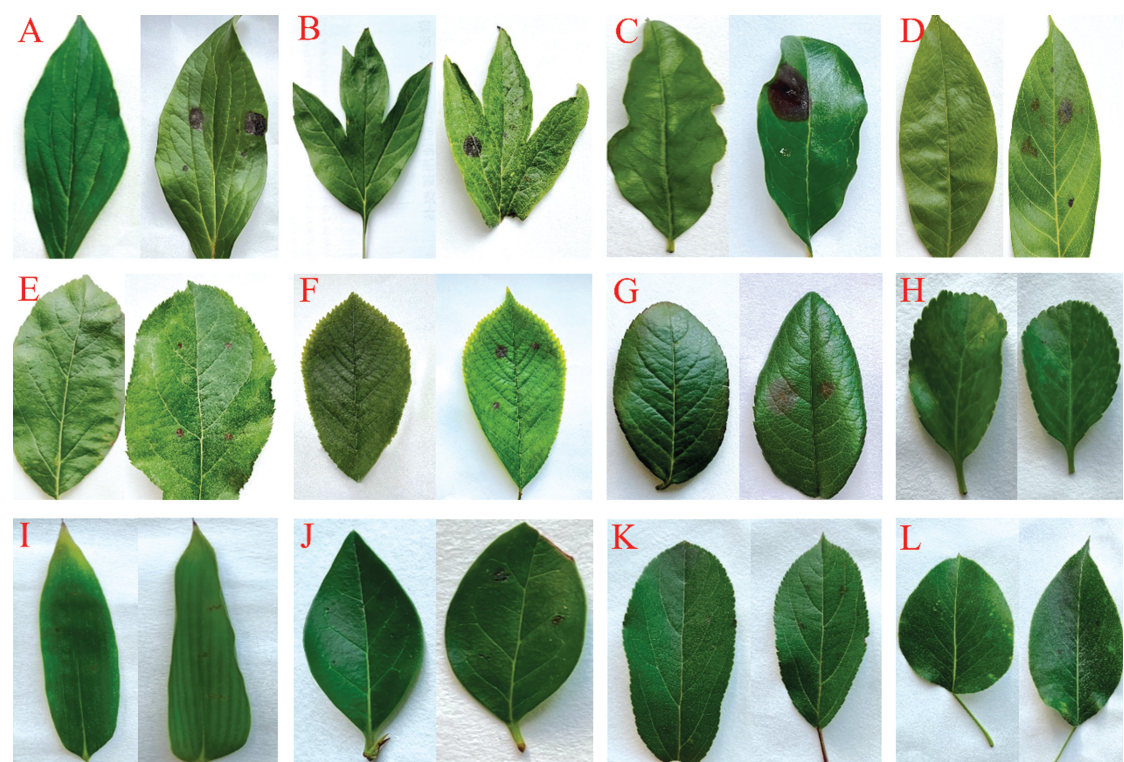
1.3 数据处理与统计学分析

采用 Microsoft Excel 2019 软件对各处理试验数据进行统计整理,利用 SPSS 19.0 软件对数据进行差异显著性分析.计算各处理浓度菌落平均值数值和菌丝生长抑制率,以药剂质量浓度对数(x)为横坐标,抑制率的概率值(y)为纵坐标,求出各药剂对供试菌株的毒力回归方程 $y = a + bx$ 、有效抑制中浓度(EC_{50})、相关系数(R^2)及 95% 置信区间^[13].

2 结果与分析

2.1 *C. fragariae* 典型菌株 CS-1 的寄主范围测定结果

测定结果发现,CS-1 可侵染赤芍、石榴、月季、苹果、樱桃、核桃及牡丹 7 种供试叶片,并呈现不同程度的叶斑症状;不能侵染梨、山楂、小叶黄杨、竹和冬青叶片.接种菌株 2 d 后,月季和樱桃叶片表面出现黑褐色叶斑,赤芍和牡丹 3 d 时开始发病,苹果和核桃 4 d 时出现发病症状,石榴叶片在接种 7 d 后才出现病斑.此外,CS-1 对月季叶片的致病力最强,叶片开始出现黑褐色病斑并迅速扩展,之后在叶片上能明显看到黑褐色孢子团,CS-1 对苹果和石榴叶片的致病力最弱,其中苹果叶片侵染后病斑直径最小且扩展速度最慢,石榴叶片虽发病较晚,但病斑扩展速度较快.接种 7 d 后,梨、山楂、小叶黄杨、竹和冬青叶片未出现明显的叶斑症状,尽管接种点出现发黑现象,但未见黑褐色孢子团的出现,对发黑部位进行病原菌再分离,也未能分到原病原菌(图 1).



为便于观察,部分图片等比例进行了调整,其中 A 为赤芍, B 为牡丹, C 为石榴, D 为核桃, E 为苹果, F 为樱桃, G 为月季, H 为冬青, I 为竹, J 为小叶黄杨, K 为山楂, L 为梨, 每个小图左侧为对照, 右侧为病斑扩展情况。

图 1 接种 *C. fragariae* 典型菌株 7 d 后不同植物叶片产生症状

2.2 生物杀菌剂对 *C. fragariae* 菌丝生长的抑制效果

由试验结果可知,不同药剂对病原菌的抑制效果不同,各药剂对病原菌的抑制率随着处理浓度的增高而增高. 其中, 丁子香酚浓度为 0.062 5~1.000 0 mg/L 时抑制率为 36.12%~90.47%; 中生菌素浓度为 1.00~16.00 mg/L 时抑制率为 6.77%~94.85%; 宁南霉素浓度在 15.265 0~250.000 0 mg/L 时抑制率为 6.77%~91.65%; 春雷霉素浓度在 25.00~400.00 mg/L 时抑制率为 21.34%~93.54%; 嘧啶核苷类抗菌剂浓度在 25.00~400.0 mg/L 时抑制率为 13.84%~58.78%; 多抗霉素浓度在 62.50~1 000.00 mg/L 时抑制率为 15.59%~94.62%; 多粘类芽孢杆菌浓度在 250.00~4 000.00 mg/L 时抑制率为 44.35%~85.80%; 井冈霉素浓度在 400.00~6 400.00 mg/L 时抑制率为 18.92%~53.30%(表 3).

表 3 生物杀菌剂对 *C. fragariae* 菌丝生长的抑制效果

供试药剂	药剂浓度/(mg · L ⁻¹)	菌落平均直径 /mm	抑菌率/%
4%嘧啶核苷类抗菌剂	25.00	63.51±0.13a	13.84e
	50.00	55.05±0.18b	26.29d
	100.00	50.48±0.17c	33.02c
	200.00	47.79±0.18d	36.98b
	400.00	32.99±0.09e	58.78a
24%井冈霉素	400.00	60.06±0.10a	18.92e
	800.00	54.00±0.12b	28.14d
	1 600.00	51.03±0.80c	32.52c

供试药剂	药剂浓度/(mg · L ⁻¹)	菌落平均直径 /mm	抑菌率/%
6%春雷霉素	3 200.00	45.08±0.13d	41.44b
	6 400.00	36.71±0.06e	53.30a
	25.00	58.35±0.09a	21.34e
	50.00	48.83±0.06b	35.45d
	100.00	32.34±0.10c	59.74c
	200.00	20.35±0.07d	77.39b
5.0 亿多粘类芽孢杆菌	400.00	9.39±0.23e	93.54a
	250.00	42.79±0.10a	44.35e
	500.00	35.04±0.07b	55.76d
	1 000.00	31.73±0.21c	60.64c
	2 000.00	28.32±0.11d	65.65b
0.3%丁子香酚	4 000.00	14.64±0.05e	85.80a
	0.062 5	48.37±0.08a	36.12e
	0.125 0	40.68±0.10b	47.45d
	0.250 0	32.78±0.10c	59.08c
	0.500 0	17.74±0.32d	81.23b
10%多抗霉素	1.000 0	11.47±0.06e	90.47a
	62.50	62.32±0.17a	15.59e
	125.00	43.36±0.10b	43.51d
	250.00	31.73±0.10c	60.63c
	500.00	20.58±0.04d	77.06b
3%中生菌素	1 000.00	8.65±0.04e	94.62a
	1.00	68.30±0.16a	6.77e
	2.00	62.61±0.14b	15.15d
	4.00	43.70±0.13c	43.00c
	8.00	20.37±0.13d	77.36b
8%宁南霉素	16.00	8.50±0.08e	94.85a
	15.265 0	68.30±0.05a	6.77e
	31.250 0	51.64±0.09b	31.32d
	62.500 0	44.74±0.06c	41.48c
	125.000 0	21.35±0.17d	75.92b
清水对照	250.000 0	10.67±0.06e	91.65a
	—	72.90±0.10	—

注：小写字母不同表示同一处理组间数据比较差异具有统计学意义($p<0.05$)。

2.3 生物杀菌剂对 *C. fragariae* 菌丝生长的毒力测定结果

室内毒力测定结果表明，供试的 8 种生物源杀菌剂对病原菌都有一定的抑制效果，但不同杀菌剂对病原菌的毒力效果不同。经 EC₅₀ 分析表明，丁子香酚和中生菌素对赤芍根腐病菌具有很好的抑制作用，其 EC₅₀ 分别为 0.130 5 mg/L 和 4.225 6 mg/L，其中，丁子香酚抑制效果最好。除此之外，宁南霉素和春雷霉素的 EC₅₀ 分别为 63.586 8 mg/L 和 72.167 3 mg/L，对赤芍根腐病病原菌的抑制效果次之；嘧啶核苷类抗菌剂、多抗霉素和多粘类芽孢杆菌的抑制效果较差，EC₅₀ 分别为 293.900 3 mg/L，360.950 0 mg/L 和 405.708 1 mg/L；井冈霉素对赤芍根腐病病原菌无明显的抑制效果(表 4)。

表4 生物杀菌剂对 *C. fragariae* 菌丝生长的毒力测定结果

供试药剂	回归方程	相关系数(R^2)	EC ₅₀ /(mg · L ⁻¹)	95%置信区间
4%嘧啶核苷类抗菌剂	$y = 2.6047x + 0.9704$	0.9419	293.9003	154.241~560.015
6%春雷霉素	$y = 1.9076x + 1.4550$	0.9906	72.1673	54.507~95.549
5.0亿多粘类芽孢杆菌	$y = 0.8919x + 2.6738$	0.8859	405.7081	183.335~897.806
0.3%丁子香酚	$y = 1.4213x + 6.2569$	0.9751	0.1305	0.084~0.203
10%多抗霉素	$y = 2.0418x + 0.2218$	0.9827	360.9500	275.270~473.299
3%中生菌素	$y = 2.6666x + 3.3310$	0.9880	4.2256	3.474~5.140
8%宁南霉素	$y = 2.2911x + 0.8684$	0.9808	63.5868	50.992~79.292
24%井冈霉素	$y = 0.7606x + 2.1537$	0.9848	5523.6319	—

3 结论与讨论

1883年Crous等^[14]从草莓属中分离出了 *C. fragariae*, 对其形态特征进行了相关描述, 德国学者曾在芍药属叶片上分离得到过 *C. fragariae*^[15-16]. 笔者前期研究已明确该菌为赤芍根腐病的主要致病菌^[17]. 为了解该病原菌是否侵染叶片, 本研究选取赤芍叶片及常与其栽种的11种不同属植物叶片对该菌的寄主范围进行了初步测定, 结果发现, *C. fragariae* 可侵染赤芍、樱桃、牡丹、月季、苹果、石榴、核桃等叶片, 叶片染病后呈现不同类型的病斑, 与报道中描述的草莓垫壳孢同属真菌引起的叶斑病症状一致, 并且对侵染叶片进行再分离, 发现与原接种菌的形态特征一致, 结果说明该病原菌可侵染上述植物. 此外, 还发现该菌在月季叶片上产孢量大且病斑扩展速度最快, 推测该菌为月季的强致病菌. 该病原菌不能侵染梨、山楂、小叶黄杨、竹和冬青叶片, 初步认为这些植物不是该病原菌的寄主植物. 本研究只对供试植物叶片进行初步寄主范围研究, 该病原菌是否对其他更多植物叶片及根系具有致病性尚待进一步研究.

赤芍为多年生根茎类中药材, 根腐病防控主要采用杀菌剂结合栽培管理的方法, 如化学农药灌根和沟施等^[18], 防治难度大, 效果不理想. 同一种化学杀菌剂长期大量使用易对病原菌产生抗药性, 并引起农残和环境污染^[19-21], 选用低毒、高效、持久、便于降解、残留量小等特点的生物杀菌剂是病害防治所需, 更是大势所趋^[22]. 本研究选择了8种生物杀菌剂, 试验结果显示, 0.3%丁子香酚的抑菌效果最好. 据报道, 丁子香酚可用来防治蔬菜、瓜类等作物上的霜霉病^[23-25]、疫病和叶霉病及马铃薯上的晚疫病^[26]、早疫病和黑痣病^[27]等, 这与其广谱及高效的特质相符合, 生产上可作为化学杀菌剂的替代药剂. 本试验筛选的药剂均在室内测定, 其田间防治效果尚需进一步试验验证.

参考文献:

- [1] 张石凯, 曹永兵. 赤芍的药理作用研究进展 [J]. 药学实践杂志, 2021, 39(2): 97-101.
- [2] 焦姣姣, 王雅琪, 熊优, 等. 2015年版《中国药典》一部含挥发油类中药的分类及其质量影响因素分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(9): 197-206.
- [3] LIN M Y, CHIANG S Y, LI Y Z, et al. Anti-Tumor Effect of Radix Paeoniae Rubra Extract on Mice Bladder Tumors Using Intravesical Therapy [J]. Oncology Letters, 2016, 12(2): 904-910.
- [4] 张中义. 植物病原真菌学 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1988.
- [5] CHETHANA K W T, ZHOU Y, ZHANG W, et al. *Coniella Vitis* Sp. Nov. is the Common Pathogen of White Rot in Chinese Vineyards [J]. Plant Disease, 2017, 101(12): 2123-2136.

- [6] 李雨龙, 杨叶, 韦诚, 等. 海南飞机草病原真菌鉴定、致病力测定及其寄主范围分析 [J]. 热带作物学报, 2016, 37(1): 177-182.
- [7] 黄奕蔓, 白津铭, 朱文倩, 等. 鸡蛋花鞘锈菌重寄生真菌的种类鉴定及其寄主范围测定 [J]. 广西科学, 2022, 29(2): 384-392.
- [8] 朱俐遐, 刘琼, 黄艳, 等. 不同生物杀菌剂对番茄晚疫病的防效试验 [J]. 长江蔬菜, 2018(14): 68-70.
- [9] GISI U, CHIN K M, KNAPOVA G, et al. Recent Developments in Elucidating Modes of Resistance to Phenylamide, DMI and Strobilurin Fungicides [J]. Crop Protection, 2000, 19(8-10): 863-872.
- [10] BENIGNI M, BOMPEIX G. Post Harvest Control of Phytophthora Cryptogea of Witloof Chicory with Different Fungicides and Possible Occurrence of Resistant Strains [J]. Crop Protection, 2006, 25(4): 350-355.
- [11] 周文静. 海南大棚西瓜主要病原真菌鉴定及化学防治初步研究 [D]. 海口: 海南大学, 2012.
- [12] 陈宏州, 狄华涛, 吉沐祥, 等. 水稻纹枯病菌对啞酰菌胺的敏感性测定 [J]. 江西农业学报, 2011, 23(5): 97-99.
- [13] 寸海春, 何鹏搏, 何鹏飞, 等. 高山杜鹃褐斑病原学研究 [J]. 菌物学报, 2023, 42(3): 707-718.
- [14] CROUS P W, GIRALDO A, HAWKSWORTH D L, et al. The Genera of Fungi: Fixing the Application of Type Species of Generic Names [J]. IMA Fungus, 2014, 5(1): 141-160.
- [15] SWOFFORD D L, SULLIVAN J. Phylogeny Inference Based on Parsimony and other Methods Using PAUP [M]//The Phylogenetic Handbook. Cambridge: Cambridge University Press, 2009: 267-312.
- [16] MIRANDA B E C, BARRETO R W, CROUS P W, et al. *Pilidiella tibouchinae* Sp. Nov. Associated with Foliar Blight of *Tibouchina granulosa* (quaresmeira) in Brazil [J]. IMA Fungus, 2012, 3(1): 1-7.
- [17] 马娅楠, 李继平, 郑果, 等. 赤芍根腐病原菌鉴定及生物学特性 [J]. 西北农业学报, 2023, 32(9): 1486-1494.
- [18] 郑果, 惠娜娜, 聂江山, 等. 5 种生物杀菌剂拌种防治马铃薯黑痣病的效果 [J]. 中国植保导刊, 2019, 39(12): 73-75.
- [19] 唐韵. 我国生物农药发展现状与选用指南 [J]. 农药市场信息, 2014(6): 3.
- [20] SRIVASTAVA A K, ALI W, SINGH R, et al. RETRACTED: Mancozeb-Induced Genotoxicity and Apoptosis in Cultured Human Lymphocytes [J]. Life Sciences, 2012, 90(21-22): 815-824.
- [21] 丁伟, 周红. 植物医学的新概念——精准用药 [J]. 植物医生, 2019, 32(4): 1-8.
- [22] 陈全助, 叶小真, 吴松, 等. 闽楠叶斑病化学杀菌剂与抑菌植物室内筛选 [J]. 福建林业科技, 2020, 47(3): 40-44, 109.
- [23] 周洪妹, 李彩菊, 张会永, 等. 丁子香酚对绿豆叶斑病的田间防治效果 [J]. 农业科技通讯, 2021(4): 102-105.
- [24] 兰成忠, 李本金, 赵健, 等. 植物源杀菌剂丁子香酚对辣椒疫病的防治效果 [J]. 长江蔬菜, 2011(24): 55-56.
- [25] 杨泓威, 易图永, 雷颖, 等. 丁子香酚对黄瓜疫霉菌的室内毒力测定 [J]. 湖南农业科学, 2012(5): 68-70.
- [26] 饶孝武, 谷勇, 李维群, 等. 3%丁子香酚防治马铃薯晚疫病试验初报 [J]. 湖北植保, 2014(5): 7-8, 4.
- [27] 杨帅, 王文重, 魏琪, 等. 植物源农药丁子香酚与苦参碱对两种马铃薯主要病害的毒力测定及评价 [J]. 黑龙江农业科学, 2021(11): 35-38.

责任编辑 苏荣艳