

裴张新, 王志华, 于静亚, 等. 园林植物炭疽病研究进展[J]. 中国森林病虫, 2023, 42(6): 33–38.

园林植物炭疽病研究进展

裴张新, 王志华, 于静亚, 毛润萍, 刘超, 董立坤

(武汉市园林科学研究院, 湖北 武汉 430081)

摘要: 炭疽病是园林植物上常见的真菌病害。综述炭疽菌属 *Colletotrichum* 真菌的分类和其营养方式及侵染定殖; 系统阐述园林植物炭疽病的症状、危害特点和发病规律, 介绍现阶段园林养护工作中针对炭疽病的防治药剂和部分生防菌的应用; 讨论未来园林植物炭疽病防治工作中的发展方向, 以及将生物防治引入到该病害防治工作中的意义, 旨在为完善园林植物炭疽病防治策略提供参考。

关键词: 炭疽病; 园林植物; 发病规律; 防治方法; 生物防治

中图分类号: S763.15 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671–0886(2023)06–0033–06

DOI: 10.19688/j.cnki.issn1671–0886.20230026

Research progress of garden plant anthracnose

PEI Zhangxin, WANG Zhihua, YU Jingya, MAO Runping, LIU Chao, DONG Likun

(Wuhan Institute of Landscape Architecture, Wuhan 430081, China)

Abstract: Anthracnose is the common fungal disease against garden plants. We reviewed the classification and development of *Colletotrichum* fungi, and the nutrition mode and infection colonization of garden plant anthracnose. The symptom, harm characteristics and incidence of garden plant anthracnose were systematically described. The application of control agents and some biocontrol bacteria in garden maintenance was introduced. Meanwhile, the development direction of garden plant anthracnose control in the future was discussed, and the significance of introducing biocontrol into the disease control work was discussed, in order to provide reference for improving the control strategy of garden plant anthracnose.

Keywords: anthracnose; garden plant; regularity of disease; prevention and control; biological control

炭疽病是由炭疽菌属 *Colletotrichum* 引起的一种常见的植物真菌病害, 在世界范围内均有发生^[1]。该属真菌寄主范围极为广泛, 不仅能侵染大田作物和经济作物并导致减产, 还危害观赏园艺植物、药用植物等, 造成经济损失^[2], 并且部分炭疽菌会在瓜果蔬菜收获前潜伏侵染到其表面, 在果蔬贮藏和运输阶段发病, 使其品质受到严重影响^[3]。植物病理学家根据其科研价值及对果蔬经济效益的影响, 于 2012 年将炭疽菌属真菌推选为世界第八大植物病

原真菌^[4]。近年来不断有研究表明, 随着化学农药的过量使用, 炭疽菌属部分真菌已对常见的广谱性杀菌剂产生抗药性, 极大增加了植物炭疽病的防治难度^[5–7]。

园林植物炭疽病是指在城市绿地和园林绿化中种植和应用的植物因炭疽菌属真菌侵染引起的植物病害, 是危害园林植物最为严重的病害之一^[8], 在女贞 *Ligustrum lucidum*、鹅掌楸 *Liriodendron chinense*、麦冬 *Ophiopogon japonicus*、檵木 *Loropetalum chi-*

收稿日期: 2023–09–01; 修回日期: 2023–10–17; 网络首发: 2023–10–19

基金项目: 武汉市园林和林业局项目“武汉城市园林绿地有害生物普查与防控技术研究”(WHGF2022A07)

第一作者: 裴张新(1996—), 男, 河南新乡人, 硕士, 主要从事园林植物病害综合防治技术研究, E-mail: 996046866@qq.com

通信作者: 董立坤, 硕士, 高级工程师, 主要从事城市园林有害生物防控相关研究, E-mail: dlk@sohu.com。

nense、齿叶冬青 *Ilex crenata*、枸骨 *Ilex cornuta* 等几十种常见园林绿化植物上都可发生^[9]。

1 炭疽菌属真菌分类

炭疽菌属真菌具有丰富的多样性,由于该属真菌的重要性及半活体营养型的特点,其分类问题一直是真菌分类学家研究的热点^[10]。自 1831 年 Corda 建立炭疽菌属以来,该属真菌分类的依据先后经历了以分生孢子盘上是否具刚毛、寄主专化性和病原菌纯培养的形态学、致病力、寄主范围等为标准的数个阶段^[11],根据不同分类标准,炭疽菌属真菌的种类数量被分为从 29 种至 700 余种不等^[2,12]。其中 Sutton 所建立炭疽菌属真菌的分类系统被广泛认可,并且一直沿用至今^[13]。Mills 在 1992 年通过比对胶孢炭疽菌 *Colletotrichum gloeosporioides* 菌株的 ITS1 序列差异,首次将分子鉴定引入到炭疽菌属真菌的分类中来^[14]。随着分子生物学技术在真菌分类鉴定应用中不断发展,其对炭疽菌属真菌的分类鉴定产生重要影响,炭疽菌属下分类单元也在不断增加^[15-16]。目前,炭疽菌属真菌被分类为:胶孢炭疽复合种、博宁炭疽 *Colletotrichum boninense* 复合种、尖孢炭疽 *Colletotrichum acutatum* 复合种、长直孢炭疽 *Colletotrichum gigasporum* 复合种、禾生炭疽 *Colletotrichum graminicola* 复合种、圆孢炭疽 *Colletotrichum orbiculare* 复合种、平头炭疽 *Colletotrichum truncatum* 复合种、白蜡树炭疽 *Colletotrichum spaethianum* 复合种、毁灭炭疽 *Colletotrichum destructivum* 复合种、束状炭疽 *Colletotrichum dematium* 复合种和尾状炭疽 *Colletotrichum caudatum* 复合种,以及未被中文命名的 *Colletotrichum magnum complex*、*Colletotrichum dracaenophilum complex*、*Colletotrichum orchidearum complex*, 共计 14 个复合种及部分独立种^[1,10]。因炭疽菌属的重要性和复杂性,以及分子生物学技术的不断发展与其在物种分类学中的应用,炭疽菌属真菌的分类在未来将会一直是分类学家们关注的焦点。

2 炭疽菌属真菌营养方式及侵染定殖

炭疽菌属真菌的营养方式可大致分为死体营养型、半活体营养型、潜伏或静止型和内生型 4 种类型^[17],其营养方式类型主要取决于病原菌种类、寄主种类以及发育阶段、环境条件等因素^[13],因此炭疽菌属常被作为模式真菌来研究不同营养方式真菌与植物的互作体系^[17]。也有学者将炭疽菌属真菌营养方式直接列为半活体营养型寄生^[1]。多数炭疽

菌属真菌在侵入寄主植物细胞的早期阶段为活体营养方式,即随着侵入时间的推移逐渐转变为死体营养方式,这些病原菌在宿主植物细胞的侵入阶段形成初生菌丝,此时病原菌往往并未直接杀死宿主细胞,但随着次生菌丝逐渐侵入并杀死相邻宿主细胞,病原菌营养方式转变为死体营养^[18-19]。

炭疽菌属真菌对寄主植物的危害通常始于病原菌附着在寄主植物表面的分生孢子萌发形成附着胞,附着胞在侵入钉的帮助下穿透寄主植物角质层和表皮细胞壁进入寄主组织^[20]。如通过该属病原菌侵染芒果 *Mangifera indica* 和牛油果 *Butyrospermum parkii* 的研究发现,病原菌可通过甘油积累产生的较大膨压,使侵入钉穿透宿主植物角质层完成侵染^[21-22];对引起辣椒 *Capsicum annuum* 炭疽病的胶孢炭疽菌研究发现,其可在辣椒果实表面形成附着胞,产生侵入钉穿透其角质层到达表皮细胞^[23];希金斯刺盘孢 *Colletotrichum higginsianum* 侵染拟南芥 *Arabidopsis thaliana* 时同样是依靠侵入钉穿透寄主表皮完成侵染过程^[24]。但也有报道称,在少数情况下病原菌可通过气孔或伤口在不形成附着胞的情况下直接完成侵染,如尖孢炭疽菌虽然可以与其他炭疽菌一样借助附着胞等侵染结构完成对宿主植物的侵染,但有些情况下也可通过叶片上的气孔进入宿主细胞完成侵染^[25];而桑树炭疽病的病原胶孢炭疽菌侵染桑叶时,既没有附着胞产生,侵染菌丝也不直接穿透叶片角质层,而是在桑树叶片气孔上方或气孔腔内形成侵染囊泡,通过气孔进入叶片^[26]。

3 园林植物炭疽病症状及危害

园林植物炭疽病的主要症状是:在发病初期,植物染病部位会出现红褐色的小斑点,随着病程的发展,这些斑点会扩展成不规则的病斑,并且明显可见病斑与健康组织之间的交界,部分病斑上会形成轮纹状排列的小黑点,即炭疽菌的分生孢子盘^[27];发病严重时病斑可占据整个叶片,影响寄主植物的光合与呼吸作用^[28]。炭疽菌不仅危害植物叶片,也可危害幼枝、茎秆、花和果实等部位,在受害部位形成病斑,轻则影响观赏价值,重则导致植株长势衰弱、枝枯甚至死亡,严重影响植物的观赏及经济价值^[29]。

近年来,随着园林植物病害研究的深入,对炭疽菌属真菌的寄主范围和致病种类的认识也越来越广泛和丰富。吴碧云 2019 年在广州市花卉病害调查中发现,长春花 *Catharanthus roseus* 炭疽病和紫

背竹芋 *Stromanthe sanguinea* 炭疽病的病原菌分别为平头炭疽菌和暹罗炭疽菌 *Colletotrichum siamense*, 对广州市花卉产业造成较大的经济影响^[30]; 罗那 2020 年通过对南昌市森林主要病害调查发现, 桂花 *Osmanthus fragrans* 炭疽病和红叶石楠 *Photinia × fraseri* 炭疽病以及杉木炭疽病在当地广泛存在, 严重危害树木生长^[31]; 韩冬莲 2020 年总结聊城地区园林植物常见病虫害发现, 炭疽病可危害桂花、石楠 *Photinia serratifolia*、樱花 *Prunus × yedoensis*、玉兰 *Yulania denudata*、月季 *Rosa chinensis*、杜鹃 *Rhododendron simsii* 等常见园林植物^[32]; 李翰文等 2021 年在成都市洒金珊瑚 *Aucuba japonica* var. *variegata* 上, 通过分离病原菌将致病菌鉴定为暹罗炭疽菌、隐秘炭疽菌 *Colletotrichum aenigma*、喀斯特炭疽菌 *Colletotrichum karstii* 和果生炭疽菌 *Colletotrichum fructicola*, 并且发现来自其他寄主的炭疽病菌可能会成为洒金珊瑚炭疽病的潜在侵染源^[33]; 骆爱玲以华南地区的园林植物为研究对象, 在 2021 年对常见的园林植物病虫害进行分析, 发现炭疽病主要危害芍药 *Paeonia lactiflora*、牡丹 *Paeonia × suffruticosa* 等植物, 造成植株的茎叶、花瓣凋萎^[34]; 董金龙 2022 年研究发现, 毁灭炭疽菌严重影响红心莲 *Echeveria 'Perle von Nürnberg'* 等多肉植物的产量与品质^[28]。

也有众多首次被报道的园林植物被炭疽菌属真菌侵染。2012 年首次在广州地区发现, 由斯高威尔刺盘孢菌 *Colletotrichum scovillei* 侵染引起的樟科植物阴香 *Cinnamomum burmanni* 炭疽病, 对其产量和品质造成严重威胁^[35]。2017 年分离鉴定武汉市金森女贞 *Ligustrum japonicum 'Howardii'* 真菌病害的病原时首次发现, 暹罗炭疽菌可侵染金森女贞^[36]; 2019 年首次发现, 果生炭疽菌侵染重要的油料作物攸县油茶 *Camellia yuhsienensis*, 对当地油茶产业造成经济损失^[37]; 2021 年首次在浙江省台州市发现, 果生炭疽菌侵染樱桃 *Prunus tomentosa* 叶片引起叶斑病, 叶片上会形成水渍状褐色坏死病斑^[38]; 2022 年首次在泰国观花植物距瓣豆 *Centrosema pubescens* 上发现可可炭疽菌 *Colletotrichum theobromicola* 侵染叶片, 严重影响其经济价值^[39]。炭疽菌属真菌对园林植物的危害不仅限于目前已知的种类。

4 园林植物炭疽病发生规律及特点

炭疽菌属真菌病害的初侵染源一般为越冬的菌核或菌丝体, 可以存在于病残体和土壤中。当温湿度适宜时, 菌丝体和菌核萌发产生子囊孢子, 子

囊孢子通过风雨传播到寄主植物表面萌发形成附着胞以完成侵染定殖, 随后在宿主植物上形成病斑, 随着侵染菌丝的发育形成分生孢子, 分生孢子再次随风雨传播附着到寄主植物表面, 完成再侵染。病原菌也可以在温湿度降低后以菌核或菌丝体的形式越冬, 并在下一个条件适宜的时期子囊壳萌发产生子囊孢子, 再次完成初侵染^[15]。

炭疽病的发生受环境影响较大, 且在高温、高湿条件下发病较为严重^[40]。范晓龙等通过对南方红豆杉 *Taxus wallichiana* var. *mairei* 及芳香樟 *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* Fujita 两种植物炭疽病研究发现, 病害均在高温高湿的条件下易于发生, 以菌丝在落叶或残留于树上的病叶组织中越冬, 在翌年 5 月初以分生孢子形式经风雨传播, 于 5 月下旬开始表现病征, 7—9 月达到发病高峰期^[40]; 王洪波研究发现, 山药 *Dioscorea opposita* 炭疽病病原菌同样也以菌丝在落叶或病残组织中越冬, 翌年 5 月菌丝萌发产生分生孢子借助风雨等途径传播扩散, 7—9 月达到发病高峰期, 当年 11 月病害逐渐消失进入下一个循环阶段^[41]; 郝小丽研究发现, 八角金盘 *Fatsia japonica* 炭疽病每年 6—9 月随着温度的升高, 传播速度急剧加快, 以菌丝和分生孢子盘的形式在田间病残体越冬, 并在来年温度升高时形成分生孢子, 借助风雨通过植物气孔或伤口侵染植物^[42]。

5 园林植物炭疽病的防治

园林植物种类的多样性及同一品种植物亲本的高度同源性^[43], 炭疽菌属真菌混合侵染的特点以及不同种间病原菌对同种类型杀菌剂敏感性不同, 导致园林植物炭疽病的田间防控相比于其他病害需要投入更多成本^[44]。防治炭疽病主要通过日常养护管理和化学防治, 近些年来随着生态保护理念的普及, 生物防治也开始被纳入园林植物炭疽病的防治策略中^[45]。

5.1 日常养护管理

适时采摘病残枝集中处理、冬季清园、合理密植等措施能够有效降低炭疽病的初侵染源数量^[46-47], 从而降低发病率。通过控制培床温湿度和通风情况、及时清除感病植株能有效防止温室大棚中炭疽病的发生^[47]。

5.2 化学防治

在目前的园林植物养护工作中, 化学防治是防治炭疽病的主要手段, 最普遍使用的杀菌剂以三唑

类、咪唑类、甲氧基丙烯酸酯类等为主,并且以杀菌剂作为防治炭疽病的方式也将在未来持续较长一段时间^[44-45]。

左璐莹等通过离体叶片法测定发现,水杨酸与咪鲜胺混用可有效降低油茶炭疽病防治过程中咪鲜胺的用量,并且能极大提高咪鲜胺的防治效果^[48];侯秀明等通过药效试验发现,肟菌戊唑醇可显著抑制白及 *Bletilla striata* 炭疽病病原菌 *Colletotrichum orchidophilum* 的菌丝生长^[49];胡珊等通过室内药效实验测定发现,当四霉素与苯醚甲环唑以 7:3 的配比混配时,对马缨杜鹃 *Rhododendron delavayi* 炭疽病病原菌松针刺盘孢菌 *Colletotrichum fiorinae* 的菌丝生长有显著抑制作用^[50]。

在不同杀菌剂对炭疽菌属真菌病害的田间防效实验评价研究中,徐进等发现,咪鲜胺对栀子 *Gardenia jasminoides* 炭疽病有着良好的田间防治效果^[51];韦薇等发现,两种作用机制不同的杀菌剂苯醚甲环唑和代森锰锌均能对柑橘 *Citrus reticulata* 炭疽病起到良好的田间防治效果,并且两种杀菌剂复配也不会产生拮抗作用^[52];周贝贝等通过对砀山梨炭疽病病原菌果生炭疽菌田间药效试验和 6 种药剂组合田间药效试验发现,二氰蒽醌和苯甲嘧菌酯交替使用能有效控制田间梨炭疽病的发生^[53]。

随着炭疽病田间防治化学药剂的不断使用,对果蔬品质造成影响和病原菌抗药性产生等问题也开始逐渐显现出来。周贝贝等通过化学药剂田间防治砀山梨炭疽病发现,有的药剂组合对炭疽病的防效不明显,并且在药剂喷施后会对梨的果重、硬度、果形指数和果点大小等品质造成影响^[53];许媛等从江苏省句容市葡萄 *Vitis vinifera* L. 种植地中采用单孢分离的方法分离出 51 个葡萄炭疽单孢分离株,其中的 24 个菌株对苯并咪唑类杀菌剂表现出不同的抗药性^[54];从湖北区域草莓和山药种植区分离的 125 株炭疽菌分离株进行抗药性测定发现,52.8% 的分离株对多菌灵表现出抗性,不同分离株的耐药频率也不相同,其中暹罗炭疽菌和果生炭疽菌抗性频率较高^[55]。

5.3 生物防治

近年来,随着人们生态保护意识的增强,生物防治已成为国内外植物保护专家学者的研究热点,并且有众多植物源杀菌剂及生防菌已经被开发成生防制剂。在对炭疽菌的生物防治研究中,徐睿等通过研究枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis* YL13 和球孢链霉菌球孢亚种 *Streptomyces globisporus* subsp.

Globisporus F10 菌株发酵液对 5 种油茶炭疽菌生长的影响,发现 2 株生防菌发酵液在离体叶片上,对油茶炭疽病有良好的防治效果^[56];张晓勇等用组织分离法从红花龙胆 *Gentiana rhodantha* 茎秆内分离出贝莱斯芽孢杆菌 *Bacillus velezensis* 菌株,通过与芒果炭疽病病原菌进行对峙培养发现,该菌株的发酵液可显著抑制病菌菌丝生长及孢子萌发^[57];汪玉玲等从健康文心兰 *Oncidium hybridum* 叶片分离获得 1 株内生菌株解淀粉芽孢杆菌 *Bacillus amyloliquefaciens* WB75,通过平板对峙法和发酵液抑菌性试验发现,菌株 WB75 对文心兰致病菌热带生炭疽菌 *Colletotrichum tropicicola* 有较好的抑制作用^[58]。

6 讨论与展望

园林植物炭疽病是园林植物上最为严重的真菌病害之一,尽管该病害可能导致植物落叶,并在严重情况下导致整株死亡,但由于园林植物与农作物有所不同,炭疽病的发生并不能直接造成经济损失,其严重性往往被园林养护工作者忽视。加强对园林植物炭疽病的预防监测投入,在园林植物养护工作中始终贯彻“预防为主,防治结合”的综合治理策略,能有效降低防治成本。此外,通过定期巡视、观察植物的病斑和病征,并利用现代技术方法进行病害的早期诊断和监测,有助于及早发现病害,采取相应措施进行防治,从而降低投入成本,并保护城市园林植物的健康。

炭疽菌属真菌种类多样、寄主繁多,且种间对同一类型杀菌剂敏感性存在差异,同时在炭疽病防治工作中存在化学农药滥用的情况,导致炭疽菌产生抗药性,使得炭疽病在田间防控比其他病害更加复杂,加大了防控难度。早在 2009 年,浙江杭州草莓产区已出现胶孢炭疽菌对多菌灵产生抗药性而防治失败的案例^[59];对甲氧基丙烯酸酯类药剂产生抗药性的情况也在我国部分地区桃炭疽病菌上发生,从贵州、广东、河北、山东 4 个省份分离出的果生炭疽菌菌株有 74% 对吡唑醚菌酯有高抗药性^[60];陈聘等 2013 年发现,采自浙江省葡萄上的胶孢炭疽菌菌株对戊唑醇已产生了中等抗性^[61];李河等 2019 年对湖南省油茶苗圃地的油茶炭疽病样品进行分离鉴定及抗性研究发现,分离出的果生炭疽菌菌株对乙霉威表现出抗性^[62]。为应对不断出现的抗药性问题,应筛选出高效低毒的化学药剂,以有效地防治炭疽病。该策略将显著改善由于抗药性而导致炭疽病防治效果不佳的情况。

由于无公害和无化学残留等优势,生防制剂在植物病虫害的防治和促进植物生长方面具有广阔的应用前景。然而,目前在园林植物炭疽病的生物防治应用方面的研究相对较少。近年来生物防治的研究热度虽在逐年上升,但与化学防治相比,生物防治在时效性和成本方面的优势并不十分明显。与农田生态环境相比,城市生态系统的植物种类更为复杂。城市是人类活动的主要场所,对环境安全的需求更高,对化学农药的使用接受程度较低。因此,筛选出能够高效且经济防治炭疽病的生防菌或已开发的生防制剂,对园林植物炭疽病进行防治或将成为未来的研究热点。

将生物防治方法应用于城市园林植物的养护工作中,能最大限度地减少化学农药在城市生态系统中的使用,减少药剂施用对人类和生物多样性造成的直接或潜在危害,确保城市园林生态系统的安全性,对绿色生态环境建设也具有深远的意义。尽管当前的研究相对有限,但随着科学技术的不断发展和人们生态保护意识的增强,可以预见生物防治在园林植物炭疽病防治中将拥有广阔的发展前景。随着对生态系统的深入了解以及生物防治技术的不断创新,将能开发出更多有效且环境友好的技术和产品防治炭疽病,从而为园林植物健康提供可持续的保障。

参考文献:

- [1] 刘丽萍,高洁,李玉.植物炭疽菌属*Colletotrichum*真菌研究进展[J].菌物研究,2020,18(4):266-281.
- [2] SUTTON B C. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*[J]. *Colletotrichum Biology, Pathology and Control*, 1992: 1-26.
- [3] PRUSKY D. Pathogen quiescence in postharvest diseases[J]. *Annual Review Phytopathology*, 1996, 34: 413-434.
- [4] DEAN R, VAN KAN J A L, PRETORIUS Z A, et al. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology[J]. *Molecular Plant Pathology*, 2012, 13(4): 414-430.
- [5] 马梦婷.果生刺盘孢对多菌灵和戊唑醇抗性风险评估及抗性基因CfCRZ1功能研究[D].长沙:中南林业科技大学,2022.
- [6] ABDULKADIR I D, TAE K H. Cytochrome b gene-based assay for monitoring the resistance of *Colletotrichum* spp. to pyraclostrobin. [J]. *The Plant Pathology Journal*, 2022, 38(6): 616-628.
- [7] ZHAO J, ZHANG D Y, WANG Z, et al. Genome sequencing and transcriptome analysis of *Geotrichum citri-aurantii* on citrus reveal the potential pathogenic- and guazatine-resistance related genes[J]. *Genomics*, 2020, 112(6): 4063-4071.
- [8] 李娟.成都市常见园林植物炭疽菌的分子系统发育研究[D].雅安:四川农业大学,2018.
- [9] 王恩.杭州园林植物病虫害图鉴[M].杭州:浙江科学技术出版社,2015:295-389.
- [10] 向梅梅,张云霞,刘霄.炭疽菌属真菌分类的研究进展[J].*仲恺农业工程学院学报*,2017,30(1):59-66.
- [11] 韩长志.炭疽菌属真菌分类研究现状及发展趋势[J].*中国植保导刊*,2015,35(6):24-30.
- [12] VON ARX J A. Die arten der gattung *Colletotrichum cda*[J]. *Phytopathologische Zeitschrift*, 1957, 29: 413-468.
- [13] O'CONNELL R J, THON M R, HACQUARD S, et al. Lifestyle transitions in plant pathogenic *Colletotrichum* fungi deciphered by genome and transcriptome analyses[J]. *Nature Genetics*, 2012, 44(9): 1060-1065.
- [14] MILLS P, HODSON A. Molecular differentiation of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates infecting tropical fruits[J]. *Colletotrichum Biology, Pathology and Control*, 1992: 269-288.
- [15] DAMM U, CANNON P F, WOUTENBERG J H C, et al. The *Colletotrichum boninense* species complex[J]. *Studies in Mycology*, 2012, 73: 1-36.
- [16] CANNON P F, DAMM U, JOHNSTON P R, et al. *Colletotrichum*: current status and future directions[J]. *Studies in Mycology*, 2012, 73: 181-213.
- [17] DE SILVA D D, CROUS P W, ADES P K, et al. Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity[J]. *Fungal Biology Reviews*, 2017, 31(3): 155-168.
- [18] PERFECT S E, HUGHES H B, O'CONNELL R J, et al. *Colletotrichum*: a model genus for studies on pathology and fungal-plant interactions[J]. *Fungal Genetics and Biology*, 1999, 27(2): 186-198.
- [19] BARIMANI M, PETHYBRIDGE S J, VAGHEFI N, et al. A new anthracnose disease of pyrethrum caused by *Colletotrichum tanacetii* sp. nov[J]. *Plant Pathology*, 2013, 62(6): 1248-1257.
- [20] WHARTON P S, SCHILDER A C. Novel infection strategies of *Colletotrichum acutatum* on ripe blueberry fruit[J]. *Plant Pathology*, 2008, 57(1): 122-134.
- [21] O'CONNELL R J, PERFECT S E, HUGHES H B, et al. Dissecting the cell biology of *Colletotrichum* infection processes[M]// FREEMAN S, DICKMAN M, PRUSKY D. In *Colletotrichum: host specificity, pathology and host-pathogen interaction*. American Phytopathological Society, 2000: 57-77.
- [22] PRUSKY D, PLUMBLEY R A. Quiescent infections of *Colletotrichum* in tropical and subtropical fruits[J]. *Colletotrichum Biology, Pathology and Control*, 1992: 289-307.
- [23] KIM K H, YOON J B, PARK H G, et al. Structural modifications and programmed cell death of chili repper fruit related to resistance responses to *Colletotrichum gloeosporioides* infection[J]. *Phytopathology*, 2004, 94(12): 1295-1304.
- [24] 严亚琴.希金斯刺盘孢*ChODC*、*ChCDC25*和*ChPhb1/2*基因功能研究[D].武汉:华中农业大学,2020.
- [25] WHARTON P S, DIÉGUEZ-URIBEONDO J. The biology of

- Colletotrichum acutatum* [J]. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 2004, 61(1): 3–22.
- [26] KUMAR V, GUPTA V P, BABU A M, et al. Surface ultra-structural studies on penetration and infection process of *Colletotrichum gloeosporioides* on mulberry leaf causing black spot disease [J]. *Journal of Phytopathology*, 2001, 149(11/12): 629–633.
- [27] 方中达. 中国农业植物病害 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 209–210.
- [28] 董金龙. 红心莲毁灭炭疽病菌生物学特性及高效安全药剂筛选 [J]. *福建农业学报*, 2022, 37(8): 1067–1071.
- [29] 詹芳芳. 杉木炭疽病菌的分离鉴定和致病性分析 [J]. *福建林业*, 2022(5): 32–36.
- [30] 吴碧云. 广州市六种花卉真菌性病害病原鉴定 [D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2019.
- [31] 罗那. 江西南昌县主要森林病虫害调查研究及防控区域划分 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2020.
- [32] 韩冬莲. 聊城地区园林植物常见病虫害及防治措施 [J]. *现代园艺*, 2020(2): 70–71.
- [33] 李翰文, 刘欢欢, 张敏, 等. 成都市洒金珊瑚炭疽病原鉴定及潜在侵染源初探 [J]. *植物保护*, 2021, 47(4): 38–45.
- [34] 骆爱玲. 华南园林植物病虫害防控策略 [J]. *乡村科技*, 2021, 12(23): 106–108.
- [35] LI J Y, XU S Q, MEI Y, et al. First report of anthracnose on *Cinnamomum burmannii* caused by *Colletotrichum scovillei* in China [J]. *Plant Disease*, 2022, 106(6): 1751.
- [36] SHEN Jin, DONG L K, WANG Z H, et al. First report of anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on *Ligustrum japonicum* in China [J]. *Plant Disease*, 2017, 101(7): 1329.
- [37] CHEN X G, LIU C L, LIU J A, et al. First report of *Colletotrichum fructicola* causing anthracnose on *Camellia yuh-sienensis* in China [J]. *Plant Disease*, 2022, 106(1): 321.
- [38] TANG Z Y, LOU J, HE L Q, et al. First report of *Colletotrichum fructicola* causing anthracnose on cherry (*Prunus avium*) in China [J]. *Plant Disease*, 2022, 106(1): 317.
- [39] PAKDEENITI P, TAMAKAEW N, SUWANNARACH N, et al. First report of *Colletotrichum theobromicola* causing centro anthracnose leaf spot in Thailand [J]. *Plant Disease*, 2022, 106(4): 1306.
- [40] 范晓龙. 南方红豆杉炭疽病的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2006.
- [41] 王洪波. 山药炭疽病病原鉴定、生物学特性、病害循环及药剂筛选研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2003.
- [42] 郝小丽. 八角金盘一种新病害的病原鉴定、生物学特性及药剂筛选 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2009.
- [43] 项文梅. 园林植物群落多样性及景观形成的相关性研究 [J]. *分子植物育种*, 2023, 21(14): 4848–4852.
- [44] 孙伟, 陈淑宁, 闫晓静, 等. 我国防治炭疽病杀菌剂的应用现状 [J]. *现代农药*, 2022, 21(2): 1–6.
- [45] 胡冲, 胡月, 田立超. 园林炭疽病防治研究进展 [J]. *植物医学*, 2022, 1(4): 15–20.
- [46] 周德才. 园林植物病虫害防治策略的探讨 [J]. *花卉*, 2015(15): 34–35.
- [47] 乔琳, 肖诗琪, 徐剑蓉, 等. 广汉市雒城镇园林植物有害生物种类及其防治初探 [J]. *绿色科技*, 2019(3): 12–16.
- [48] 左璐莹, 吴继来, 初楚, 等. 水杨酸与咪鲜胺混用对油茶炭疽病的防治效果 [J]. *农药学报*, 2023, 25(4): 954–959.
- [49] 侯秀明, 王晗怡, 陈婷婷, 等. 白及炭疽病原菌的鉴定及其室内防治药剂筛选 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2023, 45(6): 66–75.
- [50] 胡珊, 莫维弟, 周志成, 等. 马缨杜鹃炭疽病原菌生物学特性及防治药剂筛选 [J]. *华南农业大学学报*, 2023, 44(4): 570–576.
- [51] 徐进, 周益权, 刘姝, 等. 不同杀菌剂对梔子炭疽病的田间防效评价 [J]. *安徽农学通报*, 2021, 27(7): 85–86.
- [52] 韦薇, 覃义杰, 和立连, 等. 苯醚甲环唑和代森锰锌复配对柑桔炭疽病菌的毒力及防治效果 [J]. *中国南方果树*, 2021, 50(4): 22–25.
- [53] 周贝贝, 高正辉, 杨雪, 等. 砀山酥梨炭疽病防治药剂的筛选与田间药效试验 [J]. *安徽农业科学*, 2023, 51(18): 143–148.
- [54] 许媛, 肖婷, 褚姝频, 等. 江苏省句容市葡萄炭疽病菌多样性及对苯并咪唑类杀菌剂的抗性分析 [J]. *南京农业大学学报*, 2022, 45(1): 78–85.
- [55] HAN Y C, ZENG X G, XIANG F Y, et al. Carbendazim sensitivity in populations of *Colletotrichum gloeosporioides* complex infecting strawberry and yams in Hubei Province of China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2018, 17(6): 1391–1400.
- [56] 徐睿, 刘闯, 张潇月, 等. 2株拮抗生防菌对油茶炭疽病多种病原菌的抑菌活性及防效 [J]. *经济林研究*, 2021, 39(2): 27–34.
- [57] 张晓勇, 李树江, 严凯, 等. 芒果采后炭疽病生防菌株筛选及其培养特性研究 [J]. *园艺学报*, 2021, 48(11): 2171–2184.
- [58] 汪玉玲, 宋希强, 郭向阳, 等. 文心兰炭疽病生防潜力菌的鉴定及其抑菌性的测定 [J]. *热带生物学报*, 2021, 12(2): 236–243.
- [59] 韩国兴, 礼茜, 孙飞洲, 等. 杭州地区草莓炭疽病原菌鉴定及其对多菌灵和乙霉威的抗性 [J]. *浙江农业科学*, 2009(6): 1169–1172.
- [60] MUHAMMAD USMAN H, TAN Q, KARIM M, et al. Sensitivity of *C. fructicola* and *C. siamense* of peach in China to multiple classes of fungicides and characterization of pyraclostrobin-resistant isolates [J]. *Plant Disease*, 2021, 105.
- [61] 陈聃, 时浩杰, 吴慧明, 等. 浙江省葡萄炭疽菌对甲基硫菌灵和戊唑醇的抗性研究 [J]. *果树学报*, 2013, 30(4): 665–668.
- [62] 李河, 李司政, 王悦辰, 等. 油茶苗圃炭疽病原菌鉴定及抗性 [J]. *林业科学*, 2019, 55(5): 85–94.

(责任编辑 王朵)