

# 福建和安徽茶树轮斑病菌的鉴定及对 3 种杀菌剂的敏感性

李庆雨, 邓 强, 刘姣姣, 张立新\*

(安徽农业大学植物保护学院, 植物病虫害生物学与绿色防控安徽普通高校重点实验室, 合肥 230036)

**摘 要:** 2017—2021 年从福建和安徽茶区采集茶树轮斑病叶, 利用组织分离法分离纯化菌株, 通过形态学特征、多位点序列分析和柯赫氏法则对病原菌进行鉴定。结果发现分离获得的 40 株菌株的菌落形态特征不同, 共存在 4 种类型; 分生孢子形态特征相似, 均为纺锤形、直或稍弯曲、中间 3 个细胞褐色, 两端细胞透明。进一步对代表性菌株进行 ITS、TUB2 和 TEF 基因的 PCR 扩增、测序和序列分析, 将测试菌株分别鉴定为茶假拟盘多毛孢 *Pseudopezalotiopsis camelliae-sinensis* 和山茶假拟盘多毛孢 *Ps. chinensis*, 其中由 *Ps. chinensis* 引致的茶树轮斑病在福建茶区为首次报道。利用菌丝生长速率法测试了不同来源的茶树轮斑病菌对 3 种常用杀菌剂的敏感性, 结果表明测试菌株对苯醚甲环唑的敏感性均较高, EC<sub>50</sub> 值分布在 0.035 0 ~ 0.267 5 μg·mL<sup>-1</sup>; 其次为戊唑醇和多菌灵, EC<sub>50</sub> 值分布在 0.126 3 ~ 1.582 6 μg·mL<sup>-1</sup>。在生产实践中可应用苯醚甲环唑和戊唑醇作为防治茶树轮斑病的优选药剂。

**关键词:** 茶树; 拟盘多毛孢; 鉴定; 聚类分析; 药剂筛选

中图分类号: S435.711

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2023)05-0835-07

## Identification of pathogen causing gray blight on *Camellia sinensis* from Fujian and Anhui provinces and their sensitivity to three fungicides

LI Qingyu, DENG Qiang, LIU Jiaojiao, ZHANG Lixin

(Key Laboratory of Biology and Sustainable Management of Plant Diseases and Pests of Anhui Higher Education Institutes, School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** From 2017 to 2021, diseased leaves of gray blight on *Camellia sinensis* were collected from tea plants in Fujian and Anhui provinces, and the pathogens of tea gray blight were obtained and identified by morphology characteristics, multi-loci sequence analysis and Koch's postulate test. The results indicated that a total of 40 isolates showed four types in colony morphology. The conidia were similar, and they were spindle shaped, straight or slightly curved, with three brown cells in the middle and transparent cells at both ends. Based on the PCR amplification, sequencing and multi-loci sequence analysis of ITS, TUB2 and TEF genes for representative isolates, they were identified as *Pseudopezalotiopsis camelliae-sinensis* and *Ps. chinensis*, respectively. This was the first report of *Ps. chinensis* causing gray blight on *C. sinensis* in Fujian Province. Furthermore, it was determined for the sensitivity of the pathogen to three fungicides in this study. The results showed that the tested isolates had the highest sensitivity to difenoconazole, with an EC<sub>50</sub> value of 0.035 0 - 0.267 5 μg·mL<sup>-1</sup>, followed by tebuconazole and carbendazim, with an EC<sub>50</sub> value of 0.126 3 - 1.582 6 μg·mL<sup>-1</sup>. In conclusion, difenoconazole and tebuconazole can be selected as the priority to control gray blight disease of *C. sinensis*.

**Key words:** *Camellia sinensis*; *Pestalotiopsis*-like species; identification; phylogenetic analysis; fungicides screening

茶树 *Camellia sinensis* (L.) O. Ktze. 是热带与亚热带重要经济作物, 其种子可以榨油, 茶叶具有降脂减肥、降血糖、调节免疫、减缓衰老、预防心脑

血管疾病等功效, 在中国、印度、肯尼亚、斯里兰卡、越南、土耳其等地区广泛种植<sup>[1-2]</sup>。茶树轮斑病是茶树重要病害之一, 可导致茶树叶片脱落, 整株

收稿日期: 2022-11-01

基金项目: 安徽省留学回国人员创新创业扶持计划项目 (2020LCX004) 资助。

作者简介: 李庆雨, 硕士研究生。E-mail: liqingyv147258@163.com

\* 通信作者: 张立新, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: lxzhang@aahu.edu.cn

死亡,在降低茶叶产量的同时,严重影响了茶叶品质。目前该病害在世界各产茶区均有发现,在我国茶区的分布也相当普遍,浙江、江苏、安徽、江西、湖南、湖北、四川、贵州、云南、台湾等茶区皆有报道<sup>[3]</sup>。

目前研究者对中国茶园调查茶树轮斑病中,发现引起该病害的病原包括拟盘多毛孢属 *Pestalotiopsis*、假拟盘多毛孢属 *Pseudopestalotiopsis* 和新拟盘多毛孢属 *Neopestalotiopsis* 内的多个种类,且不同地区以及不同茶区的茶树轮斑病的病原菌种类不同。如贵州省两个不同茶区发生的茶树轮斑病分别由棕榈拟盘多毛孢 *P. trachicarpicola* 和茶假拟盘多毛孢 *Ps. camelliae-sinensis* 侵染引起<sup>[4-5]</sup>; Wang 等发现安徽两个不同茶区发生的茶树轮斑病由 *Ps. chinensis*、*Ps. camelliae-sinensis* 和 *N. ellipospora* 引起<sup>[6]</sup>。本研究从福建和安徽的各大茶产区采集茶树轮斑病病样,通过组织分离、形态学特征、多位点序列分析和柯赫氏法则,确定茶树轮斑病的病原菌种类,并采用菌丝生长速率法评估了茶树轮斑病菌对多菌灵、戊唑醇和苯醚甲环唑的敏感性,从而为茶树轮斑病的有效治理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试药剂为 37% 苯醚甲环唑可湿性粉剂 (Difenoconazole 37% WP),江苏健神生物农化有限公司;97%多菌灵可湿性粉剂 (Carbendazim 97% WP),先正达作物保护有限公司;98%戊唑醇可湿性粉剂(Tebuconazole 98% WP),先正达作物保护有限公司。

### 1.2 方法

**1.2.1 病原菌的分离** 2017—2021 年期间从福建武夷山、安徽合肥和东至等茶园采集茶树轮斑病典型病叶,采用组织分离法进行病菌分离。在叶片病健交界处剪约 5 mm 的正方形组织块,置于 75% 的酒精浸泡 10~15 s,再用 0.1% 的 HgCl<sub>2</sub> 表面消毒 90 s,然后用无菌水连续漂洗 3 次后,将其放在无菌纸上,晾干后转移到 PDA 培养基上。25 °C 培养箱中黑暗培养 5~7 d。待菌落长出后进行纯化、扩繁,4 °C 保存备用。

**1.2.2 形态学特征观察** 将得到的菌株在 PDA 平板上进行活化,25 °C 培养 6~7 d 后观察菌落形态。培养 15~21 d 待其产孢后,在荧光倒置显微镜(日本 Olympus, CKX53)下观察分生孢子形态,并测量 30 个分生孢子大小。

**1.2.3 分子鉴定** 采用 CTAB 法提取供试菌株的基因组 DNA,扩增 rDNA-ITS (ITS4/ITS5)<sup>[7]</sup>、 $\beta$ -微管蛋白基因(T1/ $\beta$ -TUB2-2b)<sup>[8-9]</sup>和 *EF-1 $\alpha$*  基因(EF1-728F/EF-2)的片段<sup>[10-11]</sup>。PCR 反应体系为 25  $\mu$ L: 2 $\times$  LA Premix Taq 12.5  $\mu$ L, 10  $\mu$ mol $\cdot$ L<sup>-1</sup> 的上下游引物各 0.75  $\mu$ L, DNA 模板 1.5  $\mu$ L 和 9.5  $\mu$ L 的无菌水。扩增程序: 95 °C 预变性 3 min, 95 °C 变性 30 s, 72 °C 延伸 90 s, 35 个循环后, 72 °C 延伸 10 min, 退火温度: ITS 为 53 °C 退火 45 s, TUB2 为 55 °C 退火 50 s, TEF-*a* 为 56 °C 退火 30 s。将扩增后的 PCR 产物在 1.0% 琼脂糖凝胶上电泳检测后,送至南京擎科生物科技有限公司测序,获得序列在 NCBI 网站进行 BLAST 同源性分析。将目的片段序列按照 ITS-TUB2-TEF 的顺序进行连接,利用 MEGA7.0 软件,采用最大似然法(ML)构建系统发育进化树。

**1.2.4 致病性测定** 采用针刺法对‘舒茶早’离体枝条的叶片进行致病性测定。采摘健康、长势一致的枝条,经自来水冲洗、表面消毒后,用无菌昆虫针在叶片的叶脉两侧制造伤口。产孢菌株用分生孢子悬浮液接种,配置浓度约为 10<sup>7</sup> 个 $\cdot$ mL<sup>-1</sup> 的孢子悬浮液,每个损伤处接种 50  $\mu$ L,保鲜膜覆盖接种位置,对照使用无菌水处理,每个处理重复 3 次;对于不产孢的菌株,用直径 6 mm 的打孔器打取菌丝块,菌丝面贴于叶片刺伤处,用 PDA 琼脂块作为对照,每个处理重复 3 次<sup>[6]</sup>。接种后将离体枝条放于盛有无菌水的三角瓶中,然后置于 25 °C 的人工气候箱中,每天观察发病情况。对于接种后发病的叶片,重新对发病组织进行病原分离,经培养特征观察和分子鉴定病菌后完成柯赫氏法则。

**1.2.5 茶树轮斑病菌对 3 种杀菌剂的敏感性测定** 采用菌丝生长速率法测定茶树轮斑病菌对 3 种杀菌剂的敏感性。每种化学药剂设置 5 个梯度,配成不同浓度的含药平板,每个浓度做 3 组重复。各杀菌剂的有效成分浓度如下: 37% 苯醚甲环唑 10、2、0.4、0.08 和 0.016  $\mu$ g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>, 98% 戊唑醇 15、3、0.6、0.12 和 0.024  $\mu$ g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>, 99% 多菌灵 1、0.5、0.2、0.1 和 0.05  $\mu$ g $\cdot$ mL<sup>-1</sup>, 以无菌水加入 PDA 培养基为对照处理。用内径为 6 mm 打孔器打取菌饼,分别接种到上述含药 PDA 平板上,置于 25 °C 培养箱中培养,4 d 后采用十字交叉法测量各处理菌落直径,计算各处理的菌丝生长抑制率。菌丝生长抑制(%)=(对照菌落直径 - 处理菌落直径) / (对照菌落直径 - 6 mm)  $\times$  100。使用 DPS 7.05 软件计算抑制中浓度 (EC<sub>50</sub>)。

## 2 结果与分析

### 2.1 茶树轮斑病病害症状

茶树轮斑病主要危害叶片, 病斑初为黄绿色小斑点, 后渐向内扩展成半圆形至圆形或不规则形褐色大斑。边缘黑褐色、隆起, 后期中部变为灰白色, 边缘产生轮纹, 沿轮纹产生黑漆状扁平小颗粒 (图 1)。



图 1 茶树轮斑病田间症状

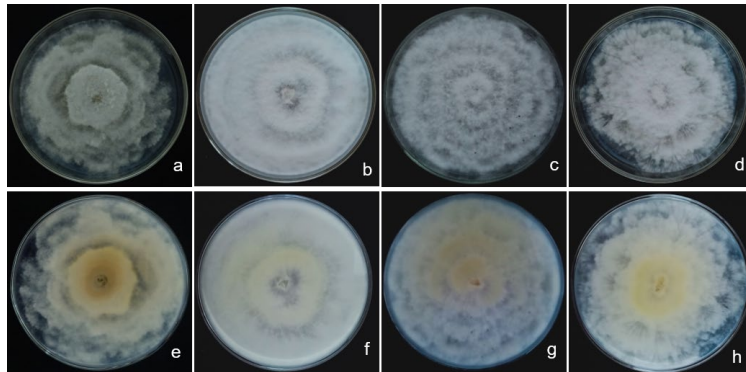
Figure 1 Symptoms of gray blight on *Camellia sinensis* in the field

### 2.2 病菌的分离和形态学特征

在福建和安徽的不同茶园共分离获得 40 株病

菌, 菌落形态分为 4 种 (图 2)。类型 I 包括 18 株菌株, 边缘波浪状, 菌落奶白色, 菌丝绒毛状, 层叠生长, 具有沟纹; 菌落背面中间至外缘黄褐色到浅黄色 (图 2-a/e)。类型 II 包括 6 株, 边缘近圆形, 具有同心圆环, 菌丝纯白色呈毡状; 菌落背面中间至外缘, 淡黄色到白色 (图 2-b/f)。类型 III 包括 9 株, 边缘波浪状, 菌丝纯白色、棉絮状、纹状生长; 菌落背面中间至外缘, 浅褐色到白色 (图 2-c/g)。类型 IV 包括 7 株, 边缘波浪状, 菌丝纯白色, 散射生长, 形状呈花瓣状; 背面中间淡黄色, 边缘白色 (图 2-d/h)。

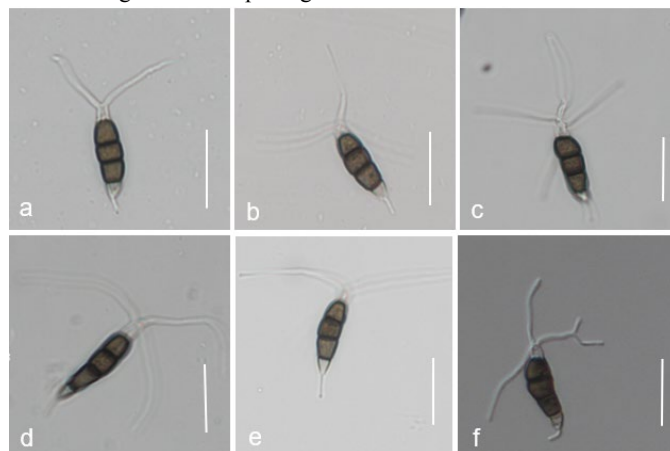
产生的分生孢子 5 细胞, 纺锤形, 直或稍弯曲, 大小为  $(18.5 \sim 33.4) \mu\text{m} \times (6.2 \sim 9.9) \mu\text{m}$ , 中间三色孢同为褐色; 顶孢和尾孢无色, 顶孢圆柱形, 尾孢三角形, 顶端附属丝 1~4 根, 多数为 3 根, 长  $8.9 \sim 39.2 \mu\text{m}$ , 顶端勺状膨大, 部分无勺状膨大, 个别菌株分生孢子顶端附属丝有分支, 尾孢上着生一根中生式柄, 长  $3.0 \sim 9.0 \mu\text{m}$  (图 3)。根据菌落形态和分生孢子特征, 初步将分离获得的菌株鉴定为假拟盘多毛孢属 *Pseudopezalotiopsis*。



a~d: 类型 I - IV 的正面菌落形态; e~h: 类型 I - IV 的背面菌落形态。

图 2 菌落形态

Figure 2 Morphological characters of the isolates



标尺 =  $20 \mu\text{m}$ 。

图 3 分生孢子形态特征

Figure 3 Morphological characters of conidia from the isolates

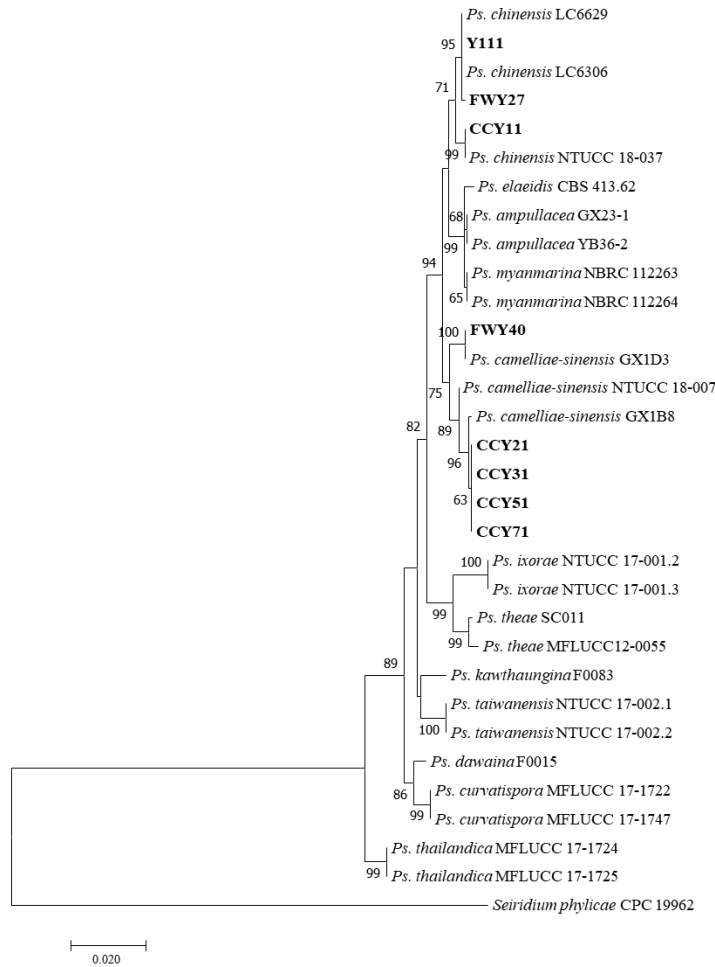


图 4 基于 ITS、*TUB2* 和 *TEF* 3 个位点对假拟盘多毛孢的聚类分析

Figure 4 Phylogenetic analysis of *Pseudopezizomyces* spp. based on ITS, *TUB2* and *TEF* loci

表 1 本研究供试菌株及其目的基因信息

Table 1 Information on the tested isolates and their loci in this study

种名	菌株编号	地理来源	登录号		
			ITS	<i>TUB2</i>	<i>TEF</i>
茶假拟盘多毛孢 <i>Ps. camelliae-sinensis</i>	CCY21		OL467275	OL630681	OL630689
	CCY31	安徽	OL467276	OL630682	OL630690
	CCY51		OL467277	OL630683	OL630691
	CCY71		OL467278	OL630684	OL630692
	FWY40	福建	OL467281	OL630687	OL630695
山茶假拟盘多毛孢 <i>Ps. chinensis</i>	Y111	安徽	OL467282	OL630688	OL630696
	CCY11		OL467279	OL630685	OL630693
	FWY27	福建	OL467280	OL630686	OL630694

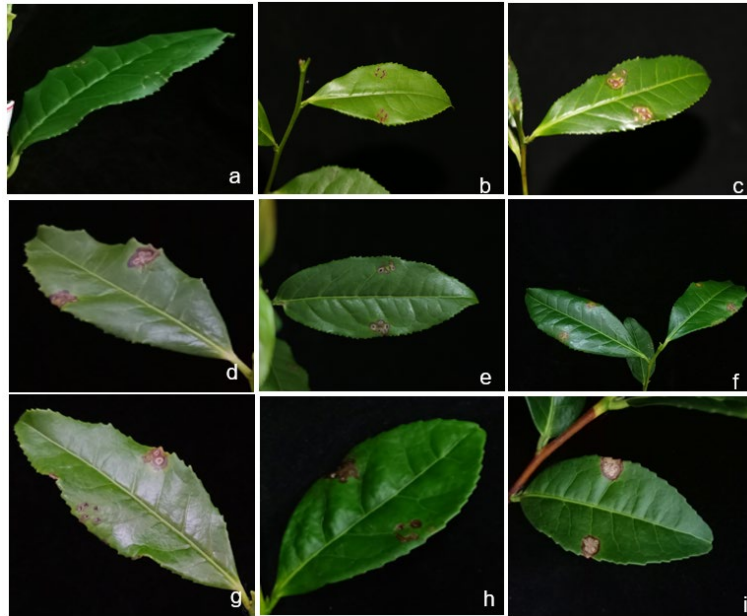
### 2.3 多位点序列分析

在不同菌落形态特征类型中选择 8 株代表性菌株, 对其 ITS、*TUB2* 和 *TEF* 目的片段进行 PCR 扩增、测序, 获得目的位点 ITS、*TUB2* 和 *TEF* 的序列长度分别为 543、818 和 486 bp。在 NCBI 中进行同源性比对, 各菌株 FWY27、Y111 和 CCY11 的 ITS、*TUB2* 和 *TEF* 序列与参考菌株 *Ps. Chinensis* NTUCC 18-037<sup>[3]</sup> (MT322054、MT321856 和 MT321955)

的序列同源性在 98% 以上; 菌株 CCY21、CCY31、CCY51、CCY71 和 FWY40 的 ITS、*TUB2* 和 *TEF* 序列与参考菌株 *Ps. camelliae-sinensis* NTUCC 18-007<sup>[3]</sup> (MT322023、MT321825 和 MT321924) 序列同源性也在 98% 以上。将目的位点的序列按 ITS-*TUB2*-*TEF* (483 bp - 732 bp - 434 bp) 顺序进行多位点聚类分析, 选择 *Seiridium phyllicae* CPC 19962 作为外群, 用最大似然法 (ML) 构建系统发

育树。结果表明: 菌株 FWY27、Y111 和 CCY11 与 *Ps. chinensis* 的参考菌株以 71% 的自举值聚成一簇; CCY21、CCY31、CCY51、CCY71 和 FWY40 与

*Ps. camelliae-sinensis* 的参考菌株以 75% 的自举值聚成一簇 (图 4)。测试菌株信息及其 GenBank 登录号如表 1 所示。



a: 无菌水对照; b ~ i: 接种菌株分别为 FWY27、Y111、CCY11、CCY21、FWY40、CCY71、CCY51 和 CCY31。

图 5 测试菌株接种‘舒茶早’品种 14 d 后的症状

Figure 5 Symptoms observed in the tea leaves of cv. *Shuchazao* after inoculation for 14 days

表 2 茶树轮斑病菌对 3 种杀菌剂的敏感性测定

Table 2 Sensitivity of *Pseudopezalotiopsis* spp. isolates to three fungicides

种类	化学药剂	菌株编号	斜率	$\chi^2$	自由度	EC <sub>50</sub> (mg·mL <sup>-1</sup> )	
山茶假拟盘多毛孢	苯醚甲环唑	CCY11	0.909 8 ± 0.070 5	0.691 60	4	0.047 1	
		Y111	1.826 7 ± 0.524 9	1.051 25	4	0.078 6	
		FWY27	1.641 5 ± 0.427 6	0.423 97	4	0.035 0	
	戊唑醇	CCY11	1.003 7 ± 0.135 8	2.813 85	4	0.638 9	
		Y111	1.064 9 ± 0.126 7	4.010 24	4	1.028 6	
		FWY27	1.099 1 ± 0.086 5	3.199 55	4	0.466 2	
	多菌灵	CCY11	-	-	-	-	-
		Y111	1.561 0 ± 0.688 7	3.450 60	4	0.126 3	
		FWY27	5.432 4 ± 0.658 8	8.239 58	4	0.164 7	
	茶假拟盘多毛孢	苯醚甲环唑	CCY21	0.695 5 ± 0.105 3	1.425 37	4	0.267 5
			CCY31	1.789 2 ± 0.503 5	0.780 50	4	0.065 1
			CCY51	0.863 8 ± 0.046 3	1.316 98	4	0.135 1
戊唑醇		CCY71	0.785 6 ± 0.139 2	0.875 62	4	0.123 6	
		FWY40	0.785 3 ± 0.074 3	0.804 05	4	0.063 1	
		CCY21	0.791 1 ± 0.074 1	2.263 23	4	1.035 0	
		CCY31	0.655 7 ± 0.124 6	1.312 60	4	0.845 5	
		CCY51	0.876 3 ± 0.050 2	3.590 16	4	1.582 6	
		CCY71	0.907 0 ± 0.122 6	3.790 53	4	1.523 9	
		FWY40	1.043 4 ± 0.115 3	3.734 91	4	0.923 8	
多菌灵	CCY21	4.640 2 ± 0.816 5	4.138 11	4	0.143 3		
	CCY31	4.664 4 ± 0.916 6	4.775 35	4	0.153 2		
	CCY51	4.801 5 ± 0.902 6	5.314 32	4	0.155 3		
		CCY71	4.339 9 ± 0.185 2	2.818 60	4	0.130 7	
		FWY40	4.754 1 ± 0.757 4	4.288 68	4	0.141 2	

## 2.4 致病性测定

将 8 株代表性菌株接种到‘舒茶早’离体枝条的叶片上,对于不产孢的 2 株菌株(CCY51 和 CCY31)采用菌丝块进行接种,其余产孢菌株采用分生孢子悬浮液进行接种。结果显示,属于 *Ps. camelliae-sinensis* 和 *Ps. chinensis* 菌株均具有致病性,且各菌株间表现出不同的致病性。接种 7 d 后,菌株 CCY71、Y111、CCY21 和 CCY31 引起接种点病斑扩展,联结成近圆形的褐斑,边缘产生轮纹,接种 14 d 后病斑中部变成灰白色,且伴有黑色漆状小颗粒产生,表现出较强的致病性;菌株 FWY40、CCY51 和 CCY11 接种 7 d 后,引起茶树叶片部分接种点病斑联结,形成不规则形褐色病斑,致病力较弱,其中菌株 FWY27 致病力最弱,接种 14 d 后仅产生褐色斑点(图 5)。

## 2.5 茶树轮斑病菌对 3 种杀菌剂的敏感性

由表 2 可知,供试的茶树轮斑病菌菌株对苯醚甲环唑和戊唑醇表现出敏感性。测试的 3 株 *Ps. chinensis* 和 5 株 *Ps. camelliae-sinensis* 对苯醚甲环唑的  $EC_{50}$  分别为  $0.035\ 0 \sim 0.078\ 6\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  和  $0.063\ 1 \sim 0.267\ 5\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。3 株 *Ps. chinensis* 和 5 株 *Ps. camelliae-sinensis* 对戊唑醇的  $EC_{50}$  值分别为  $0.466\ 2 \sim 1.028\ 6\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  和  $0.845\ 5 \sim 1.582\ 6\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。2 株 *Ps. chinensis* 和 5 株 *Ps. camelliae-sinensis* 对多菌灵  $EC_{50}$  分别为  $0.126\ 3 \sim 0.164\ 7\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  和  $0.130\ 7 \sim 0.155\ 3\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。测试菌株 *Ps. chinensis* CCY11 对多菌灵表现出抗性,多菌灵在  $1\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  浓度下对该菌株的抑制率仅有 20%。

## 3 讨论与结论

传统的拟盘多毛孢属分类主要依靠形态学特征,但在环境等条件影响下,形态学特征不能准确区分拟盘多毛孢属内的种<sup>[12]</sup>。Maharachchikumbura 等研究表明,基于 ITS、*TUB2* 和 *TEF* 的多位点序列分析可有效区分拟盘多毛孢属内的种类<sup>[13]</sup>。目前为止,我国报道的引起茶树轮斑病的病原菌种类有 *P. menhaiensis*、*P. sichuanensis*、*P. camelliae*、*P. chamaeropsis*、*P. kenyana*、*P. rhodomyrtus*、*N. clavisporea*、*Ps. annellata*、*P. yanglingensis*、*P. trachicarpicola*、*Ps. camelliae-sinensis*、*Ps. chinensis* 和 *N. ellipsospora*<sup>[3-6, 14-17]</sup>。由 *Ps. chinensis* 引起茶树轮斑病的病原菌在安徽、云南、四川、广西、浙江、台湾、江西、湖北等多地茶园被分离报道<sup>[3, 6, 16]</sup>。例如, Wang 等<sup>[6]</sup>从云南等 13 个省地茶园分离获得 168 株茶树轮斑病的病原菌,其中 *Ps. chinensis* 分离频

率达到 23.8%; Tsai 等从台湾茶园分离鉴定了 33 株茶树轮斑病的病原菌, *Ps. chinensis* 分离频率为 6.1%<sup>[3]</sup>。由 *Ps. camelliae-sinensis* 引起的茶树轮斑病在我国贵州、安徽、重庆、云南、四川、广西、浙江、台湾、湖南、广东、河南、福建、湖北等地也被报道<sup>[3, 5-6, 15-16]</sup>。本研究通过对福建和安徽茶园的茶树轮斑病的病原调查,确定引起茶树轮斑病的病原菌种类为 *Ps. chinensis* 和 *Ps. camelliae-sinensis*, 其分离频率分别为 37.5% 和 62.5%。由 *Ps. chinensis* 引起的茶树轮斑病在福建地区为首次报道。这表明 *Ps. camelliae-sinensis* 和 *Ps. chinensis* 可能是引起我国茶树轮斑病的优势种。

化学防治仍是当前防治茶树轮斑病的主要措施。研究发现,茶树轮斑病菌 *P. theae* 对苯醚甲环唑、嘧菌酯、丙环唑、百菌清、甲基托布津、多菌灵和恶霉灵均具有敏感性,而对代森锰锌的敏感性较差<sup>[18-19]</sup>;茶树轮斑病菌 *P. chamaeropsis* 和 *Ps. camelliae-sinensis* 对苯醚甲环唑和戊唑醇也分别表现出较高的敏感性<sup>[14, 20]</sup>。本研究结果表明,从福建和安徽分离的茶树轮斑病菌 *Ps. chinensis* 和 *Ps. camelliae-sinensis* 对苯醚甲环唑、戊唑醇和多菌灵均有较强的敏感性。苯醚甲环唑和戊唑醇为三唑类脱甲基抑制剂,其作用机理是抑制病原真菌的麦角甾醇的生物合成。多菌灵为苯并咪唑类杀菌剂,其通过干扰病原菌有丝分裂中纺锤体的形成,影响细胞分裂,进而达到抑菌的目的。由于引起茶树轮斑病的病原种类多样,结合本研究以及前人的研究结果,建议苯醚甲环唑、戊唑醇作为防治茶树轮斑病的优选药剂,以此加强对不同茶区茶树轮斑病的有效管理。

## 参考文献:

- [1] 刘仲华, 黄建安, 龚雨顺, 等. 茶叶功能成分的健康作用研究新进展[J]. 中国茶叶, 2021, 43(9): 1-11.
- [2] HAJIBOLAND R. Environmental and nutritional requirements for tea cultivation[J]. Folia Hort, 2017, 29(2): 199-220.
- [3] TSAI I, MAHARACHCHIKUMBURA S S N, HYDE K D, et al. Molecular phylogeny, morphology and pathogenicity of *Pseudopezalotiopsis* species on *Ixora* in Taiwan [J]. Mycol Progress, 2018, 17(8): 941-952.
- [4] 张欣, 卢声洁, 程宇豪, 等. 茶树轮斑病致病病原菌的鉴定[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(12): 62-68.
- [5] 李冬雪, 赵晓珍, 王勇, 等. 贵州惠水县茶树轮斑病病原菌的鉴定[J]. 热带作物学报, 2018, 39(9): 1827-1833.
- [6] WANG S S, MI X Z, WU Z R, et al. Characterization and pathogenicity of *Pestalotiopsis*-like species associated



- with gray blight disease on *Camellia sinensis* in Anhui Province, China[J]. *Plant Dis*, 2019, 103(11): 2786-2797.
- [7] WHITE T J, BRUNS T, LEE S, et al. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics[M]//PCR Protocols. Amsterdam: Elsevier, 1990: 315-322.
- [8] GLASS N L, DONALDSON G C. Development of primer sets designed for use with the PCR to amplify conserved genes from filamentous ascomycetes[J]. *Appl Environ Microbiol*, 1995, 61(4): 1323-1330.
- [9] O'DONNELL K, CIGELNIK E. Two divergent intragenomic rDNA ITS2 types within a monophyletic lineage of the fungus *Fusarium* are nonorthologous[J]. *Mol Phylogenet Evol*, 1997, 7(1): 103-116.
- [10] O'DONNELL K, KISTLER H C, CIGELNIK E, et al. Multiple evolutionary origins of the fungus causing *Panama* disease of banana: concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1998, 95(5): 2044-2049.
- [11] CARBONE I, KOHN L M. A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes[J]. *Mycologia*, 1999, 91(3): 553-556.
- [12] 韦继光, 徐同, 潘秀湖, 等. 拟盘多毛孢属的分类学研究进展[J]. *广西农业生物科学*, 2006, 25(1): 78-85.
- [13] MAHARACHCHIKUMBURA S N, HYDE K D, GROENEWALD J Z, et al. *Pestalotiopsis* revisited[J]. *Stud Mycol*, 2014, 79: 121-186.
- [14] CHEN Y J, WAN Y H, ZENG L, et al. Characterization of *Pestalotiopsis chamaeropsis* causing gray blight disease on tea leaves (*Camellia sinensis*) in Chongqing, China[J]. *Can J Plant Pathol*, 2021, 43(3): 413-420.
- [15] CHEN Y J, ZENG L, SHU N, et al. *Pestalotiopsis*-like species causing gray blight disease on *Camellia sinensis* in China[J]. *Plant Dis*, 2018, 102(1): 98-106.
- [16] WANG Y C, XIONG F, LU Q H, et al. Diversity of *Pestalotiopsis*-like species causing gray blight disease of tea plants (*Camellia sinensis*) in China, including two novel *Pestalotiopsis* species, and analysis of their pathogenicity[J]. *Plant Dis*, 2019, 103(10): 2548-2558.
- [17] 卢声洁, 赵兴丽, 罗林丽, 等. 一株茶轮斑病原菌的分离鉴定及致病力[J]. *茶叶通讯*, 2021, 48(2): 253-258.
- [18] 陈雅丽, 陈文艳, 侯因嵩, 等. 安徽池州市茶轮斑病原鉴定及 4 种杀菌剂对其抑制性[J]. *安徽农业大学学报*, 2019, 46(2): 209-213.
- [19] 郭世保, 陈俊华, 史洪中. 几种杀菌剂对茶轮斑病菌的室内毒力及田间药效[J]. *贵州农业科学*, 2014, 42(10): 130-132.
- [20] 任亚峰. 茶假拟盘多毛孢的药剂活性筛选以及抑菌机制的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2019.

## 安徽农业大学农产品质量安全团队在纳米农药应用方面取得的研究进展

安徽农业大学资源与环境学院王毅教授在农林科学领域一区 Top 期刊《*Journal of Agricultural and Food Chemistry*》发表了题为“Bioactivity, Uptake, and Distribution of Prothioconazole Loaded on Fluorescent Double-Hollow Shelled Mesoporous Silica in Soybean Plants”的封面文章, 在纳米农药应用方面取得新进展。该研究提出了一种荧光介孔二氧化硅杀菌剂, 不仅具备良好的抑菌活性, 同时实现了农药在植物体内的可视化, 并且减少高毒代谢物的产生, 降低了农药使用风险。

近年来, 利用纳米材料作为载体制备纳米农药、控制农药释放引起科学人员的广泛兴趣。然而迄今很少有研究纳米载体对农药代谢产物的影响, 并探究在不同施药方式下, 纳米农药在植物体内可视化传导路径。该研究首次设计合成了碳量子点修饰的荧光双空心壳介孔二氧化硅复合载药体系并负载广谱三唑硫酮类杀菌剂丙硫菌唑 (PTC@FL-MSNs), 通过荧光显微镜可观察到该纳米农药能够通过根、叶吸收在大豆植株内传导。与 30%丙硫菌唑可分散油悬浮剂相比, 该丙硫菌唑纳米颗粒表现出更好的抑菌活性, 并且减少了脱硫丙硫菌唑的产生, 提高了农药利用率。该团队设计合成的新型农药运输载体, 为未来构建智能、高效的农药递送体系提供新思路, 也能够为农药减量化提供理论与技术支撑。

安徽农业大学博士生王静媛、硕士生李蓉为论文共同第一作者, 王毅教授为论文的通信作者, 安徽农业大学为论文第一完成单位与通讯作者单位。安徽工程大学朱美庆教授和我校硕士生赵宗元也为本研究成果做出了重要贡献。该研究得到国家自然科学基金、安徽省自然科学基金项目和安徽农业大学“神农学者”人才计划等项目资助及农产品质量安全安徽省重点实验室的重要支持。