

多菌灵等 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌的室内生物活性

周 浩^{**1,2}, 李丽翠^{**1,2}, 樊 杰^{1,2}, 余知和¹, 汪汉成^{*2},
陈兴江², 马 骏³, 刘锦华^{*3}

(1. 长江大学 生命科学院, 湖北 荆州 434025; 2. 贵州省烟草科学研究院, 贵阳 550081;
3. 贵州省烟草公司 黔西南州公司, 贵州 兴义 562400)

摘 要: 采用菌丝生长速率法和孢子萌发法, 分别测定了烟草灰霉病菌对多菌灵、啞霉胺、异菌脲和丙环唑的敏感性, 同时通过离体叶片法评估了这 4 种杀菌剂对烟草灰霉病的保护和治疗作用。结果表明: 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌的菌丝生长和孢子萌发均表现出了不同程度的抑制活性, 并对灰霉病同时具有保护和治疗作用。其中多菌灵对菌丝生长的抑制活性最强, EC_{50} 平均值为 0.06 mg/L, 其次为丙环唑、啞霉胺和异菌脲, EC_{50} 平均值分别为 0.36、0.53 和 0.60 mg/L; 异菌脲和丙环唑对烟草灰霉病菌孢子萌发的抑制活性较强, EC_{50} 平均值分别为 2.05 和 2.21 mg/L, 其次为啞霉胺和多菌灵, EC_{50} 平均值分别为 10.56 和 131.23 mg/L。异菌脲和多菌灵对灰霉病的保护作用和治疗作用均最强, 当药剂质量浓度为 200 mg/L 时, 其对离体叶片的保护和治疗作用防效分别为 100%、100% 和 98.3%、91.8%。研究结果可为烟草灰霉病的科学防治提供依据。

关键词: 烟草灰霉病; 灰葡萄孢; 多菌灵; 啞霉胺; 异菌脲; 丙环唑; 敏感性; 防治效果

中图分类号: S482.2; TQ450.21 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2019)02-0238-06

In vitro bioactivities of four fungicides including carbendazim against *Botrytis cinerea* in tobacco

ZHOU Hao^{**1,2}, LI Licui^{**1,2}, FAN Jie^{1,2}, YU Zhihe¹, WANG Hancheng^{*2},
CHEN Xingjiang², MA Jun³, LIU Jinhua^{*3}

(1. College of Life Sciences, Yangtze University, Jingzhou 434025, Hubei Province, China; 2. Guizhou Academy of Tobacco Sciences, Guiyang 550081, China; 3. Guizhou Provincial Qianxinan Tobacco Company, Xingyi 562400, Guizhou Province, China)

Abstract: The *in vitro* bioactivities of four fungicides (carbendazim, iprodione, pyrimethanil, propiconazole) against *Botrytis cinerea* from tobacco were investigated using mycelial growth rate method and spore germination method. Their protective and curative activities against grey mould on detached leaves were investigated. The results showed that the four fungicides had different inhibitory activities. The fungicide with the highest toxic potential against the mycelial growth of *B. cinerea* was

收稿日期: 2018-11-08; 录用日期: 2019-01-17.

基金项目: 国家自然科学基金 (31501679); 贵州省科技厅优秀青年人才培养计划 (黔科合平台人才 [2017]5619); 贵州省科技支撑计划 (黔科合支撑 [2018]2356); 中国烟草总公司贵州省公司科技项目 (201711, 201714).

作者简介: **周浩, 男, 硕士研究生, E-mail: 919355397@qq.com; **李丽翠, 并列第一作者, 女, 硕士研究生, E-mail: 2392693846@qq.com; *汪汉成, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 博士, 研究员, 主要从事烟草植物保护和微生物学研究, E-mail: xiaobaiyang126@hotmail.com; *刘锦华, 共同通信作者 (Co-author for correspondence), 男, 农艺师, 主要从事烟草生产及行业管理研究, E-mail: majun161@163.com

carbendazim with average EC_{50} value of 0.06 mg/L, followed by propiconazole, pyrimethanil and iprodione, with average EC_{50} values of 0.36, 0.53 and 0.60 mg/L, respectively. The EC_{50} values of fungicides against spore germination were as followings: iprodione (2.05 mg/L), propiconazole (2.21 mg/L), pyrimethanil (10.56 mg/L) and carbendazim (131.23 mg/L). The most effective fungicide with the best protective and curative activities was iprodione and carbendazim. At the concentration of 200 mg/L, protective control efficacies were both 100% and the curative efficacies were 98.3% and 91.8%, respectively. This study provided scientific basis for guiding the control of tobacco grey mould.

Keywords: tobacco grey mould; *Botrytis cinerea*; carbendazim; pyrimethanil; iprodione; propiconazole; sensitivity; control efficacy

灰霉病病原菌为灰葡萄孢 *Botrytis cinerea*, 是一种兼具强适应性和广寄主性的病原真菌, 能引起 200 余种植物的猝倒、落叶、花腐、烂果及烂窖, 并造成严重的经济损失^[1]。烟草灰霉病 (tobacco grey mould) 是烤烟生产过程的重要真菌性病害, 于 1982 年在日本黄花烟草上首次被发现^[2], 随后在新西兰、英国等多个国家陆续有报道^[2-3], 于 20 世纪 90 年代开始在中国黑龙江省东部及云南、贵州等烤烟主产区相继出现^[3]。该病害在苗期和成熟期均会发生, 烟苗被侵染后主要表现为黑茎、枯萎、叶斑, 重者可导致成丛腐烂及死亡^[4]。烟草灰霉病具有潜伏期短、流行速度快等特点, 在环境有利的条件下, 短时间内即可造成大面积流行^[5]。

目前对灰霉病防治的主要手段依然是施用化学药剂, 多菌灵、嘧霉胺、异菌脲和丙环唑等均为高效低毒的内吸性杀菌剂, 杀菌谱广泛, 是多种作物灰霉病防治的主要药剂^[6-8], 但目前均尚未见在烟草上登记使用。烟草生产上由于烟农对灰霉病缺乏认识, 常采用代森锰锌、硫酸铜等药剂进行苗期病害的防治, 而有关多菌灵、嘧霉胺、异菌脲和丙环唑等药剂对烟草灰霉病防治的研究鲜有报道。因此, 本研究测试了多菌灵等 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌的室内生物活性和离体抑制作用, 旨在评价这 4 种杀菌剂对烟草灰霉病的防控效果, 为该病害的科学防治提供依据和参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 菌株 供试病原菌来源于贵州省烤烟种植区采集的感烟草灰霉病烟叶, 采用常规组织分离法^[9]分离获得, 综合其外观形态特征、生化培养特性及分子生物学特征 (ITS 区序列分析) 等鉴定为灰葡萄孢 *Botrytis cinerea*^[3], 分别编号为 3、3-2、

4 和 6, 用于杀菌剂对菌丝生长及孢子萌发的抑制作用测定。随机选取菌株 3-2 用于杀菌剂对离体叶片的防效测定。4 个供试菌株均于 4 °C 下保存于 PDA 斜面。

1.1.2 杀菌剂 80% 多菌灵 (carbendazim) 原药, 江苏蓝丰生物化工股份有限公司; 97.30% 异菌脲 (iprodione) 原药, 泰安圣聚华有限公司; 96% 嘧霉胺 (pyrimethanil) 原药, 江苏耕耘化工有限公司; 95% 丙环唑 (propiconazole) 原药, 上海艾科思生物公司。盐酸和甲醇均为分析纯。将多菌灵溶于 0.20 mol/L 的稀盐酸, 其余药剂均分别溶于甲醇, 配成 1.0×10^4 mg/L 的母液, 4 °C 黑暗保存, 备用。母液中盐酸和甲醇的体积分数均小于 0.25%, 预试验表明, 此含量的盐酸和甲醇不会影响烟草灰霉病菌的菌丝生长和孢子萌发 (数据略)。分别制备含上述杀菌剂的 PDA 平板。以无菌水中加入相同体积的盐酸或甲醇作为空白对照。

50% 多菌灵可湿性粉剂 (WP), 江苏蓝丰生物化工股份有限公司; 50% 异菌脲可湿性粉剂和 400 g/L 嘧霉胺悬浮剂 (SC), 拜耳作物科学 (中国) 有限公司; 25% 丙环唑乳油 (EC), 先正达 (中国) 有限公司。各药剂商品制剂用于离体叶片的保护和治疗作用测定。

1.2 试验方法

1.2.1 室内生物活性测定

1.2.1.1 对菌丝生长的抑制作用 采用菌丝生长速率法^[10]测定。将分离所得烟草灰霉病菌菌株接种于 PDA 平板上, 于 25 °C、黑暗条件下预培养 7 d, 打取直径 5 mm 的菌碟, 接种于直径 9 cm、含系列质量浓度杀菌剂的 PDA 平板上, 每处理重复 3 次。以无菌水中加入相同体积分数甲醇作为空白对照 (下同)。按照预试验结果, 4 种杀菌剂的最终测试系列质量浓度分别为: 多菌灵 0、0.01、0.02、

0.03、0.06、0.13 及 0.25 mg/L; 异菌脲 0、0.06、0.12、0.25、0.50、1 及 2 mg/L; 啞霉胺 0、0.13、0.25、0.50、1、2 及 4 mg/L; 丙环唑 0、0.16、0.31、0.63、1.25、2.50 及 5 mg/L。接菌后将平板置于 25 ℃、黑暗条件下培养, 当空白处理菌落直径接近 2/3 培养皿直径时, 采用“十字交叉法”测量各处理菌落直径, 计算各杀菌剂不同浓度处理对病原菌菌丝生长的抑制率。

1.2.1.2 对孢子萌发的抑制作用 采用孢子萌发法^[11]测定。将供试菌株接种于 PDA 培养基上, 于 25 ℃、黑暗条件下预培养 7 d 后, 转至 15 ℃、黑暗培养 7 d, 诱导产生分生孢子。用灭菌牙签挑取含分生孢子的菌丝至无菌水中, 于 1 000 r/min 离心 5 min, 去除上清液, 加入无菌水, 振荡制取浓度为每 1 mL 含 10^5 个孢子的悬浮液。

取 500 μ L 孢子悬浮液, 与同体积系列质量浓度的杀菌剂溶液于 2 mL 离心管中混合, 以同体积无菌水 (含相同浓度盐酸或甲醇) 为空白对照。分别取 100 μ L 混合液滴于载玻片上, 置于培养皿中保湿, 于 25 ℃、黑暗条件下培养 12 h, 每处理重复 3 次。多菌灵和丙环唑的最终供试质量浓度为 0、12.5、25、50 和 100 mg/L; 异菌脲和啞霉胺的最终供试质量浓度为 0、5、10、20 及 40 mg/L。按孢子芽管长度大于其短半径时视为萌发, 当空白对照孢子萌发率达 90% 以上时, 检查各处理孢子萌发情况, 计算各杀菌剂不同浓度处理对孢子萌发的抑制率。

1.2.2 离体叶片防效测定 供试烟草品种为红花大金元, 易感灰霉病。取团棵期长势一致的相同部位烟叶, 从茎基部剪下, 洗净晾干, 作为接种材料。

1.2.2.1 保护作用测定 用无菌水将 50% 多菌灵 WP、50% 异菌脲 WP、400 g/L 啞霉胺 SC 及 25% 丙环唑 EC 分别配制成不同浓度药液, 随机均匀喷洒在离体叶片上, 空白对照喷施相同体积的无菌水, 24 h 后用接种针在叶片相同部位制造相同的伤口。取直径 7 mm 的菌碟接种于伤口处, 菌丝面紧贴叶片, 每处理 6 片烟叶, 3 次重复。多菌灵、异菌脲、啞霉胺和丙环唑的最终供试质量浓度 (按有效成分计) 均为 0、3.13、12.5、50、200 和 800 mg/L。离体叶片茎基部用无菌水浸湿的脱脂棉保湿, 置于 25 ℃、相对湿度大于 90% 的培养箱内培养 5 d 后, 测量叶片病斑长度

和宽度, 计算病斑面积^[12]。

1.2.2.2 治疗作用测定 将菌碟接种于叶片伤口处 24 h 后, 再均匀喷洒梯度质量浓度的药液, 其余同 1.2.2.1 节。

1.3 数据处理

采用 SPSS(19.0) 软件进行数据统计分析, 以杀菌剂质量浓度的对数为横坐标, 其对病原菌菌丝生长或孢子萌发抑制率的对数为纵坐标, 建立线性回归方程, 并进行差异显著性分析。根据回归方程, 计算杀菌剂的有效抑制浓度 EC_{50} 和 EC_{90} 值。

2 结果与分析

2.1 杀菌剂对烟草灰霉病菌菌丝生长的抑制作用

在测试质量浓度范围内, 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌菌丝生长均表现出显著的抑制作用。其中, 多菌灵的抑制活性最强, 其次分别为丙环唑、啞霉胺和异菌脲 (表 1)。

从表 1 中还可看出, 不同菌株对 4 种杀菌剂的敏感性也存在一定差异。其中, 菌株 3 对多菌灵较为敏感, 而菌株 4 则对其表现为不敏感; 异菌脲对菌株 6 的 EC_{50} 值约为对其他菌株 EC_{50} 值的 2 倍; 啞霉胺对菌株 3-2 的 EC_{50} 值则仅为对其他菌株 EC_{50} 值的 1/3~3/5; 丙环唑对菌株 4 的抑制活性较强, 其 EC_{50} 值与对菌株 3 的 EC_{50} 值相差了 7.6 倍。

2.2 杀菌剂对烟草灰霉病菌孢子萌发的抑制作用

结果 (表 2) 表明: 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌孢子萌发的抑制作用存在极显著差异, 其中异菌脲和丙环唑的抑制活性较强, EC_{50} 值分别仅是活性最差的多菌灵的 1/64 和 1/59; 但不同菌株之间对异菌脲和丙环唑的敏感性差异均不显著, 对多菌灵和啞霉胺的敏感性则差异较大, 其中, 多菌灵对菌株 6 的 EC_{50} 值是对菌株 3 的 EC_{50} 值的 2.40 倍, 啞霉胺对菌株 3 和 6 以及菌株 3-2 和 4 之间 EC_{50} 值差异较小, 但对菌株 6 的 EC_{50} 值分别是对菌株 3-2 和 4 的 EC_{50} 值的 5.85 和 3.74 倍。

上述结果中, 不同菌株间对同一药剂的敏感性差异可能是由于不同采样地区的用药历史背景不同所致。丁中等^[13]的研究也表明, 用药水平和用药历史与灰霉病菌的抗药性相关。

2.3 杀菌剂对离体叶片的保护和治疗作用

结果 (表 3) 表明: 在测试质量浓度范围内,

表 1 供试 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌菌丝生长的抑制作用							
Table 1 Inhibitory effects of four fungicides against the mycelium growth of <i>B. cinerea</i> from tobacco							
杀菌剂 Fungicide	菌株 Strain	毒力回归方程 Virulence regression equation	相关系数 Correlation coefficient, <i>r</i>	EC ₅₀ /(mg/L)	EC ₉₀ /(mg/L)	EC ₅₀ 平均值 Average EC ₅₀ /(mg/L)	EC ₉₀ 平均值 Average EC ₉₀ /(mg/L)
多菌灵 carbendazim	3	$y = 1.09x + 6.80$	0.97	0.02	0.33	0.06 ± 0.04 b	0.97 ± 0.86 c
	3-2	$y = 1.04x + 6.15$	0.97	0.08	1.34		
	4	$y = 0.99x + 5.98$	0.95	0.10	2.01		
	6	$y = 1.68x + 7.43$	0.99	0.04	0.21		
异菌脲 iprodione	3	$y = 0.82x + 5.26$	0.98	0.48	17.85	0.60 ± 0.25 a	10.53 ± 5.98 ab
	3-2	$y = 1.52x + 5.49$	0.98	0.47	3.30		
	4	$y = 0.94x + 5.29$	0.98	0.49	11.33		
	6	$y = 1.28x + 5.02$	0.97	0.97	9.64		
嘧霉胺 pyrimethanil	3	$y = 1.66x + 5.22$	0.96	0.73	4.37	0.53 ± 0.28 a	3.68 ± 0.90 bc
	3-2	$y = 1.73x + 5.15$	0.89	0.22	3.24		
	4	$y = 1.11x + 5.72$	0.91	0.81	4.47		
	6	$y = 1.52x + 5.65$	0.93	0.37	2.62		
丙环唑 propiconazole	3	$y = 0.79x + 5.55$	0.98	0.69	30.73	0.36 ± 0.27 ab	13.34 ± 11.97 a
	3-2	$y = 0.78x + 5.12$	0.98	0.21	8.40		
	4	$y = 0.61x + 5.65$	0.98	0.09	10.67		
	6	$y = 1.45x + 5.49$	0.98	0.46	3.54		

注：表中数据为平均值 ± 标准差 ($n = 3$)，不同小写字母表示处理间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。
Note: Data in the table were average value ± standard deviation ($n = 3$). Different lowercase indicates significant differences among treatments with $P < 0.05$.

表 2 供试 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌孢子萌发的抑制作用							
Table 2 Inhibitory effects of four fungicides against the spore germination of <i>B. cinerea</i> from tobacco							
杀菌剂 Fungicide	菌株 Strain	毒力回归方程 Virulence regression equation	相关系数 Correlation coefficient, <i>r</i>	EC ₅₀ /(mg/L)	EC ₉₀ /(mg/L)	EC ₅₀ 平均值 Average EC ₅₀ /(mg/L)	EC ₉₀ 平均值 Average EC ₉₀ /(mg/L)
多菌灵 carbendazim	3	$y = 3.62x - 1.85$	0.98	78.31	177.03	131.23 ± 45.16 a	240.00 ± 45.24 a
	3-2	$y = 4.75x - 5.04$	0.98	130.31	242.60		
	4	$y = 4.21x - 3.87$	0.98	127.60	257.06		
	6	$y = 4.13x - 3.85$	0.99	188.71	283.31		
异菌脲 iprodione	3	$y = 5.69x + 2.47$	0.94	2.79	4.69	2.05 ± 0.57 b	3.64 ± 0.83 c
	3-2	$y = 4.57x + 4.25$	0.98	1.46	2.79		
	4	$y = 5.16x + 3.27$	0.96	2.16	3.85		
	6	$y = 4.93x + 3.78$	0.98	1.77	3.22		
嘧霉胺 pyrimethanil	3	$y = 2.04x + 2.67$	0.98	13.96	59.36	10.56 ± 7.23 b	44.73 ± 28.62 b
	3-2	$y = 1.73x + 4.09$	0.99	3.36	18.55		
	4	$y = 1.99x + 3.57$	0.99	5.26	23.18		
	6	$y = 2.15x + 2.22$	0.97	19.67	77.81		
丙环唑 propiconazole	3	$y = 6.32x + 2.93$	0.99	2.13	3.40	2.21 ± 0.48 b	4.73 ± 1.18 c
	3-2	$y = 3.34x + 4.23$	0.96	1.70	4.11		
	4	$y = 3.16x + 3.94$	0.94	2.17	5.52		
	6	$y = 4.05x + 3.16$	0.98	2.85	5.90		

注：表中数据为平均值 ± 标准差 ($n = 3$)，不同小写字母表示处理间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。
Note: Data in the table were average value ± standard deviation ($n = 3$). Different lowercase indicates significant differences among treatments with $P < 0.05$.

4 种杀菌剂对离体叶片上的烟草灰霉病均有较好的保护和治疗作用防效，且不同药剂之间存在显著差异，其中，保护作用和治疗作用防效较强的为多菌灵和异菌脲。

表 3 供试 4 种杀菌剂对离体叶片上烟草灰霉病的保护和治疗作用防效

Table 3 Protective and curative effects of four fungicides against tobacco grey mould on detached leaves

杀菌剂 Fungicide	作用方式 Mode of action	防效 Control effects/%				
		3.13 mg/L	12.5 mg/L	50 mg/L	200 mg/L	800 mg/L
多菌灵 carbendazim	保护作用 Protective	58.36 ± 3.43 b	84.36 ± 2.42 a	98.76 ± 1.14 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a
	治疗作用 Curative	40.45 ± 2.86 c	74.34 ± 2.45 b	95.32 ± 2.43 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a
异菌脲 iprodione	保护作用 Protective	66.81 ± 2.65 a	85.92 ± 2.43 a	92.86 ± 1.76 a	98.32 ± 1.45 a	100 ± 0 a
	治疗作用 Curative	65.76 ± 1.12 a	83.61 ± 0.65 a	89.50 ± 0.46 b	91.81 ± 2.34 b	100 ± 0 a
嘧霉胺 pyrimethanil	保护作用 Protective	51.76 ± 3.58 b	64.26 ± 2.54 c	76.76 ± 2.43 c	91.20 ± 3.26 b	100 ± 0 a
	治疗作用 Curative	5.46 ± 2.24 d	57.75 ± 3.34 cd	59.15 ± 3.56 d	62.68 ± 3.42 c	69.37 ± 3.12 b
丙环唑 propiconazole	保护作用 Protective	58.80 ± 3.48 b	65.49 ± 2.67 c	78.70 ± 1.48 c	94.72 ± 2.63 b	100 ± 0 a
	治疗作用 Curative	10.56 ± 3.12 d	61.27 ± 1.34 c	64.61 ± 3.75 d	65.32 ± 4.36 c	74.82 ± 3.24 b

注：表中数据为平均值 ± 标准差 (n = 3)，不同小写字母表示处理间差异显著 (P < 0.05)。
Note: Data in the table were average value ± standard deviation (n = 3). Different lowercase indicates significant differences among treatments with P < 0.05.

3 结论与讨论

灰霉病是烟草生产集约化育苗期和成株期危害性较强的真菌性病害，但目前相关研究多集中在其对草莓、番茄及葡萄等经济作物^[1-2]的栽培期及产后为害上，有关烟草灰霉病防治的研究报道较少。宫飞燕等^[14]测定了 8 种杀菌剂对烟草灰霉病菌的室内毒力，发现咪鲜胺的抑制活性最强，多菌灵和嘧霉胺等杀菌剂也表现出了较强的活性；徐超^[12]研究发现，异菌脲对福建地区烟草灰霉病菌有较强的抑制作用，但该地区烟草灰霉病菌已对嘧霉胺表现出中等程度抗性。本研究表明：多菌灵对烟草灰霉病菌菌丝生长的抑制活性最强，其次为丙环唑、嘧霉胺和异菌脲；而异菌脲对烟草灰霉病菌孢子萌发的抑制活性最强，嘧霉胺和多菌灵的活性较弱。所得结果与上述文献结果较为一致，同时，本研究结果与 4 种杀菌剂对其他作物上灰霉病菌的毒力测定结果也基本一致^[15-16]。

离体叶片防效试验表明，4 种药剂的保护作用均优于治疗作用，其中保护和治疗作用防效较强的是异菌脲和多菌灵，其次为丙环唑和嘧霉胺，且各药剂的防效均与浓度呈正相关性。当质量浓度为 200 mg/L 时，4 种药剂对烟草灰霉病的保护作用防效均可达到 90% 以上。室内毒力测定结果表明，供试 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌菌丝生长均有较强的抑制作用，但多菌灵对其孢子萌发的抑制作用较差，EC₅₀ 平均值达 131.23 mg/L。结合离体叶片试验结果，4 种药剂在>50 mg/L 时对烟草灰霉病均有较好的预防和治疗作用，因此可考虑用于烟草灰霉病的防治。

灰葡萄孢属于高抗性风险菌株^[17]，目前已有关于其他作物上灰霉病菌对多菌灵、嘧霉胺和异菌脲产生抗药性的报道^[18-19]。由于烟草灰霉病的病原菌有可能来自于其他作物上的抗性菌株，本研究仅检测了 4 株菌株对供试药剂的敏感性，因此后续还有待增加菌株数量进一步研究探明。此外，4 种药剂是否为防治烟草灰霉病的有效杀菌剂以及其适宜的施用剂量等，还需通过温室盆栽试验及田间防治实践进一步确认。

致谢：长江大学农学院黄艳飞同学（现在成都农业科技职业技术学院）参加了部分试验工作，成文过程中承蒙加拿大 Guelph 大学 Tom Hsiang 博士帮助修订英文摘要，广西农业科学院植物保护研究所李其利博士提出建设性修改建议，特此一并感谢。

参考文献 (Reference):

[1] ELMER P A G, MICHAILIDES T J. Epidemiology of *Botrytis cinerea* in orchard and vine crops[M]//ELMER P A G, MICHAILIDES T J. eds. *Botrytis: biology, pathology and control*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007: 243-272.

[2] WILLIAMSON B, TUDZYNSKI B, TUDZYNSKI P, et al. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease[J]. *Mol Plant Pathol*, 2007, 8(5): 561-580.

[3] WANG H C, LI W H, WANG M S, et al. First report of *Botrytis cinerea* causing gray mold of tobacco in Guizhou Province of China[J]. *Plant Dis*, 2011, 95(5): 612.

[4] WANG H C, WANG J, LI L C, et al. Metabolic activities of five botryticides against *Botrytis cinerea* examined using the Biolog FF MicroPlate[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 31025.

[5] 卢燕回, 谭海文, 袁高庆, 等. 烟草灰霉病原鉴定及其生物学特性[J]. *中国烟草学报*, 2012, 18(3): 61-66.

LU Y H, TAN H W, YUAN G Q, et al. Identification and evaluation in biological characteristics of tobacco grey mould pathogen[J]. *Acta*

[Tabacaria Sinica](#), 2012, 18(3): 61-66.

[6] LEROUX P. Chemical control of *Botrytis* and its resistance to chemical fungicides[M]//LEROUX P. eds. *Botrytis*: biology, pathology and control. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007: 195-222

[7] SONG Y Y, HE L M, CHEN L L, et al. Baseline sensitivity and control efficacy of antibiosis fungicide tetramycin against *Botrytis cinerea*[J]. [Eur J Plant Pathol](#), 2016, 146(2): 337-347.

[8] CUI W, BEEVER R E, PARKES S L, et al. An osmosensing histidine kinase mediates dicarboximide fungicide resistance in *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*)[J]. [Fungal Genet Biol](#), 2002, 36(3): 187-198.

[9] 方中达. 植物病理学方法[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 1998: 122-125.

FANG Z D. Plant pathology research methods[M]. 3rd Ed. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 122-125.

[10] 孙广宇, 宗兆锋. 植物病理学实验手册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 141-142.

SUN G Y, ZONG Z F. Laboratory manual of plant pathology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001: 141-142.

[11] MARKOGLOU A N, ZIOGAS B N. SBI-fungicides: fungicidal effectiveness and resistance in *Botrytis cinerea*[J]. *Phytopathologia Mediterranea*, 2002, 41(2): 120-130.

[12] 徐超. 福建省烟草灰霉病菌对 5 种药剂的敏感性测定及药剂筛选 [D]. 福建农林大学, 2008.

XU C. Sensitivity to 5 fungicides of *Botrytis cinerea* of tobacco and screening on fungicides to the pathogens in Fujian Province[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2008.

[13] 丁中, 刘峰, 王会利, 等. 番茄灰霉菌的多重抗药性研究[J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2001, 32(4): 452-456.

DING Z, LIU F, WANG H L, et al. Studies on multiple fungicide resistance to *Botrytis cinerea*[J]. *J Shandong Agric Univ(Nat Sci Ed)*, 2001, 32(4): 452-456.

[14] 宫飞燕, 杨程, 蒋自立, 等. 烟草灰霉病在烟草漂浮育苗中的表现及 8 种杀菌剂对病菌的室内毒力测定[J]. [中国烟草学报](#), 2008, 14(3): 32-35.

GONG F Y, YANG C, JIANG Z L, et al. The expression of tobacco grey mould in floating-seedling system and laboratory toxicity tests of eight fungicides to *Botrytis cinerea*[J]. [Acta Tabacaria Sinica](#), 2008, 14(3): 32-35.

[15] 李诚, 蒋军喜, 赵尚高, 等. 猕猴桃灰霉病原菌鉴定及室内药剂筛选 [J]. [植物保护](#), 2014, 40(3): 48-52.

LI C, JIANG J X, ZHAO S G, et al. Identification of the pathogenic fungus of kiwifruit gray mold and indoor screening of fungicides[J]. [Plant Prot](#), 2014, 40(3): 48-52.

[16] 张鹏, 刘长远, 梁春浩, 等. 7 种杀菌剂对葡萄灰霉病的室内抑菌活性测定 [J]. [园艺与种苗](#), 2012, 32(1): 61-64.

ZHANG P, LIU C Y, LIANG C H, et al. Antibacterial activity determination of 7 different fungicides on grape *Botrytis cinerea* pers[J]. [Horticulture & Seed](#), 2012, 32(1): 61-64.

[17] SUN H Y, WANG H C, CHEN Y, et al. Multiple resistance of *Botrytis cinerea* from vegetable crops to carbendazim, diethofencarb, procymidone, and pyrimethanil in China[J]. [Plant Dis](#), 2010, 94(5): 551-556.

[18] FAN F, HAMADA M S, LI N, et al. Multiple fungicide resistance in *Botrytis cinerea* from greenhouse strawberries in Hubei Province, China[J]. [Plant Dis](#), 2017, 101(4): 601-606.

[19] LOPES U P, ZAMBOLIM L, CAPOBIANGO N P, et al. Resistance of *Botrytis cinerea* to fungicides controlling gray mold on strawberry in Brazil[J]. [Bragantia](#), 2017, 76(2): 266-272.

(责任编辑: 唐 静)