

尹福强, 宋 珍, 徐 琴, 等. 多花黄精灰霉病病原菌 *Botrytis deweyae* 生物学特性及防治药剂筛选[J]. 江苏农业学报, 2024, 40(10): 1818-1825.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2024.10.006

多花黄精灰霉病病原菌 *Botrytis deweyae* 生物学特性及防治药剂筛选

尹福强^{1,2}, 宋 珍¹, 徐 琴¹, 蒋佳敏¹, 袁 月¹, 郭甜甜¹, 肖徵恩¹, 张 凤¹, 马万里¹, 刘 铭^{1,2}

(1. 重庆三峡学院生物与食品工程学院, 四川 重庆 404120; 2. 三峡库区道地药材绿色种植与深加工重庆市工程实验室, 四川重庆 404120)

摘要: 为全面了解多花黄精灰霉病病原菌杜威葡萄孢(*Botrytis deweyae*)特性,并有效防治由该病原菌引起的病害,本研究对*Botrytis deweyae*的生物学特性进行分析,并通过室内毒力测定,筛选出有效的化学杀菌剂与生物杀菌剂。结果表明,最适宜*Botrytis deweyae*菌丝生长的环境条件是24 h光照,25℃恒温培养,最适宜*Botrytis deweyae*菌丝生长的培养基为马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA),pH值6.0~7.0,以葡萄糖为碳源,以牛肉膏为氮源。8种化学杀菌剂中,抑菌效果最好的是500 g/L异菌脲悬浮剂和25%抑霉唑·咯菌腈悬浮剂,半最大效应浓度(EC_{50})分别为0.076 $\mu\text{g/mL}$ 和0.094 $\mu\text{g/mL}$ 。7种生物杀菌剂中,0.3%四霉素水剂抑菌效果最好, EC_{50} 为0.418 $\mu\text{g/mL}$ 。本研究结果为*Botrytis deweyae*引起的多花黄精灰霉病的有效防控提供了科学依据。

关键词: 多花黄精; 灰霉病; 杜威葡萄孢(*Botrytis deweyae*); 生物学特性

中图分类号: S435.672 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2024)10-1818-08

Biological characteristics and fungicides screening of *Botrytis deweyae* causing gray mold of *Polygonatum cyrtonema* Hua

YIN Fuqiang^{1,2}, SONG Zhen¹, XU Qin¹, JIANG Jiamin¹, YUAN Yue¹, GUO Tiantian¹, XIAO Zhien¹, ZHANG Feng¹, MA Wanli¹, LIU Ming^{1,2}

(1. College of Biology and Food Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404120, China; 2. Green Planting and Deep Processing of Genuine Medicinal Materials in Three Gorges Reservoir Area, Chongqing Engineering Laboratory, Chongqing 404120, China)

Abstract: In order to understand the characteristics of *Botrytis deweyae* causing gray mold of *Polygonatum cyrtonema* Hua and effectively control the disease caused by *Botrytis deweyae*, the biological characteristics of *Botrytis deweyae* were analyzed, and the effective chemical and biological fungicides were screened out by indoor toxicity determination. The results showed that the optimum conditions for mycelial growth of *Botrytis deweyae* were 24 h light, 25℃ constant temperature, potato dextrose agar (PDA) medium, pH 6.0–7.0, glucose as carbon source and beef extract as nitrogen source. Among the eight chemical fungicides, 500 g/L iprodione suspension agent and 25% imazalil-fludioxonil suspension agent were the most effective, with median effective concentration (EC_{50}) of 0.076 $\mu\text{g/mL}$ and 0.094 $\mu\text{g/mL}$, respectively. Among the seven biocides, 0.3% tetramycin aqueous solution had the best bacteriostatic effect, with EC_{50} of 0.418

收稿日期: 2023-12-20

基金项目: 重庆市技术创新与应用发展专项重点项目(cstc2020jscx-tpyzX0007); 重庆市教委重点项目(KJZD-K202201207); 重庆市研究生科研创新项目(CYS23733)

作者简介: 尹福强(1977-), 男, 四川广安人, 博士, 副教授, 研究方向为植物真菌病害与防治。(E-mail) 20200002@sanxiao.edu.cn。宋珍为共同第一作者。

通讯作者: 刘 铭, (E-mail) liuming780906@163.com

to dextrose agar (PDA) medium, pH 6.0–7.0, glucose as carbon source and beef extract as nitrogen source. Among the eight chemical fungicides, 500 g/L iprodione suspension agent and 25% imazalil-fludioxonil suspension agent were the most effective, with median effective concentration (EC_{50}) of 0.076 $\mu\text{g/mL}$ and 0.094 $\mu\text{g/mL}$, respectively. Among the seven biocides, 0.3% tetramycin aqueous solution had the best bacteriostatic effect, with EC_{50} of 0.418

μg/mL. The results of this study can provide a scientific basis for the effective prevention and control of *Polygonatum cyrtone-ma* Hua gray mold caused by *Botrytis deweyae*.

Key words: *Polygonatum cyrtone-ma* Hua; gray mold; *Botrytis deweyae*; biological characteristics

多花黄精(*Polygonatum cyrtone-ma* Hua)为天门冬科(Asparagaceae)黄精属(*Polygonatum*)多年生草本植物,被《中国药典》收录^[1],具有养阴补气、健脾润肺的功效,是集食用、药用和观赏于一体的重要经济作物^[2],被广泛种植在重庆、四川、云南和湖南等地。

多花黄精生产周期达3~4年,病原菌积累量大,易于发生病害。近年来,随着种植面积不断扩大,田间管理相对粗放,病害发生愈加严重,已报道的病害有多花黄精炭疽病^[3-4]、根腐病^[5-6]、叶斑病^[7]和灰霉病^[8]等,给多花黄精产业带来了重大损失。灰霉病是一种常见的真菌性病害,传播范围广,侵染能力强,对多花黄精造成严重危害,浙江贝母灰霉病高发年份病株率达82%以上,造成10%~30%的经济损失^[9],四川华重楼因灰霉病年产量损失可达65%,给当地中药材种植户带来巨大损失^[10]。灰霉病主要由葡萄孢属(*Botrytis*)病原菌引起,迄今该属已收录约20个种^[11],引起黄精灰霉病的病原菌已鉴定出的有灰葡萄孢(*Botrytis cinerea*)^[8]和杜威葡萄孢(*Botrytis deweyae*)^[12],其中杜威葡萄孢是在黄精上首次发现并报道。*Botrytis deweyae*最早由Frances M Dewey在栽培黄花草(*Hemerocallis hybrids*)上首次发现并命名^[13],其生物学特性和防治药剂的筛选还未见报道。为更全面了解*Botrytis deweyae*特性,并有效防治由该病原菌引起的病害,本研究拟对杜威葡萄孢的生物学特性进行初步分析,并通过室内毒力测定,筛选出有效的化学杀菌剂与生物杀菌剂,为多花黄精灰霉病的综合防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试菌株与培养基

1.1.1 供试菌株 多花黄精灰霉病的病原菌杜威葡萄孢菌(*Botrytis deweyae*)由重庆三峡学院生物与食品工程学院植物保护研究室提供。

1.1.2 供试培养基 培养基:马铃薯葡萄糖培养基(Potato dextrose agar, PDA)、玉米琼脂培养基(Corn meal agar, CMA)、胡萝卜培养基(Carrot agar, CA)、查氏培养基(Czapek)、马铃薯蔗糖培养基(Potato sucrose agar, PSA)、燕麦培养基(Oatmeal agar, OA)、水培养

基(Water agar, WA)和绿豆培养基(Been agar, BA)。

1.2 菌株生物学特性

1.2.1 培养基对菌株生长的影响 用5 mm 无菌打孔器从菌落边缘取菌饼分别接种至PDA、CMA、CA、Czapek、PSA、OA、WA和BA平板培养基中央,25℃恒温培养5 d,观察*Botrytis deweyae*的生长状况并采用十字交叉法^[14]测量菌落直径,每处理重复3次^[15-16]。

1.2.2 温度对菌株生长的影响 分别在5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃和35℃恒温条件下培养5 d,观察*Botrytis deweyae*的生长状况,菌落直径测量方法同方法1.2.1。

1.2.3 pH值对菌株生长的影响 用1 mol/L HCl和1 mol/L NaOH溶液分别调整培养基pH值为5.0、6.0、7.0、8.0、9.0、10.0、11.0和12.0,共8个处理,25℃培养5 d,观察*Botrytis deweyae*的生长状况,菌落直径测量方法同方法1.2.1。

1.2.4 光照对菌株生长的影响 分别在在24 h光照、12 h光照/12 h黑暗、24 h黑暗条件下25℃恒温培养5 d,观察*Botrytis deweyae*的生长状况,菌落直径测量方法同方法1.2.1。

1.2.5 碳源对菌株生长的影响 以含蔗糖的查氏培养基为对照(CK),分别用含等质量碳元素的葡萄糖、甘露醇、果糖、麦芽糖、可溶性淀粉、甘油和乳糖作为碳源替换蔗糖。每个培养皿中定量20 mL培养基,待培养基凝固后,将菌饼分别接至含不同碳源的培养基上,25℃恒温培养5 d,采用十字交叉法测量菌落直径,每处理重复3次^[17-18]。

1.2.6 氮源对菌株生长的影响 以含硝酸钠的查氏培养基为对照(CK),分别用含等量氮元素的甘氨酸、牛肉膏、苯丙氨酸、氯化铵、硝酸钾、蛋白胨和尿素作为氮源替换硝酸钠。观察*Botrytis deweyae*的生长状况,菌落直径测量方法同方法1.2.5。

1.3 药剂室内毒力测定

采用菌丝生长速率法^[19]测定多花黄精杜威葡萄孢菌菌丝生长速率。在无菌条件下,将8种化学杀菌剂和7种生物杀菌剂按表1配制6个梯度的质量浓度,以加无菌水的PDA平板作为对照,在25

℃ 黑暗条件下培养 7 d, 观察抑菌效果, 菌落直径测量方法同方法 1.2.1。

抑菌率 = (对照菌落直径 - 药剂处理菌落直径) / (对照菌落直径 - 菌饼直径) × 100%

表 1 毒力测定所用药剂

Table 1 Fungicides used for the virulence test

类别	供试药剂	注册号	生产厂家
化学杀菌剂	500 g/L 异菌脲悬浮剂	PD20140410	苏州富美实植物保护剂有限公司
	25% 抑霉唑·咯菌腈悬浮剂	PD20181520	一帆生物科技集团有限公司
	400 g/L 氟硅唑乳油	PD20183201	江门市大光明农化新会有限公司
	50% 啉酰菌胺水分散粒剂	PD20081106	巴斯夫欧洲公司
	50% 腐霉利可湿性粉剂	PD20070244	四川润尔科技有限公司
	65% 甲硫·乙霉威可湿性粉剂	PD20070064	日本住友化学株式会社
	80% 啉霉胺水分散粒剂	PD20121788	河北冠龙农化有限公司
	25% 啉菌酯悬浮剂	PD20142114	先正达南通作物保护有限公司
生物杀菌剂	0.3% 四霉素水剂	PD20160345	辽宁微科生物工程有限公司
	6% 寡糖·链蛋白可湿性粉剂	PD20171725	河北中保绿农作物科技有限公司
	3% 中生菌素可湿性粉剂	PD20120264	东莞市瑞德丰生物科技有限公司
	1% 申喹霉素悬浮剂	PD201110315	上海农乐生物制品股份有限公司
	6% 春雷霉素可湿性粉剂	PD20097351	陕西汤普森生物科技有限公司
	8% 宁南霉素水剂	PD20097122	德强生物股份有限公司
	10% 多抗霉素可湿性粉剂	PD138-91	日本科研制药株式会社

1.4 数据分析

利用 SPSS 26.0 软件计算毒力回归方程、半最大效应浓度 (EC_{50}) 和相关系数 (R^2), 并使用 SPSS 26.0 软件对测定数据进行分析, 图、表利用 Origin 2022 绘制。

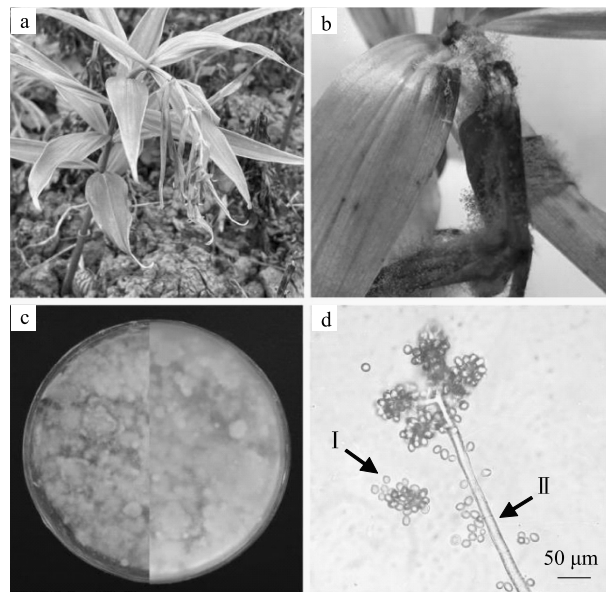
2 结果与分析

2.1 多花黄精灰霉病症状及病原菌形态

Botrytis deweyae 主要危害多花黄精叶片和茎尖, 感染初期叶片和茎尖出现不规则的水浸状病斑, 湿度较大时产生霉状物。后期病斑连成一片, 叶片逐渐变薄, 叶片边缘变透明。*Botrytis deweyae* 在生长初期出现白色菌丝, 3 d 后转为灰色, 7 d 后产生菌核, 菌核近球形。单个 *Botrytis deweyae* 分生孢子梗及分生孢子呈葡萄穗状, 单个分生孢子呈卵圆形或椭圆形 (图 1)。

2.2 多花黄精杜威葡萄孢菌生物学特性

2.2.1 培养基对菌株生长的影响 图 2 显示, *Botrytis deweyae* 在马铃薯葡萄糖培养基 (PDA)、玉米琼脂培养基 (CMA)、胡萝卜培养基 (CA)、查氏培养基 (Czapek)、马铃薯蔗糖培养基 (PSA)、燕麦培养基 (OA)、水培养基 (WA) 和绿豆培养基 (BA) 上均能生长, 但生长速度差异显著, 在 PDA 培养基上菌丝生长速度最快, 培养 5 d 后菌落直径达 87.4 mm (图 2A)。菌丝生长速度由高到低的培养基依次为

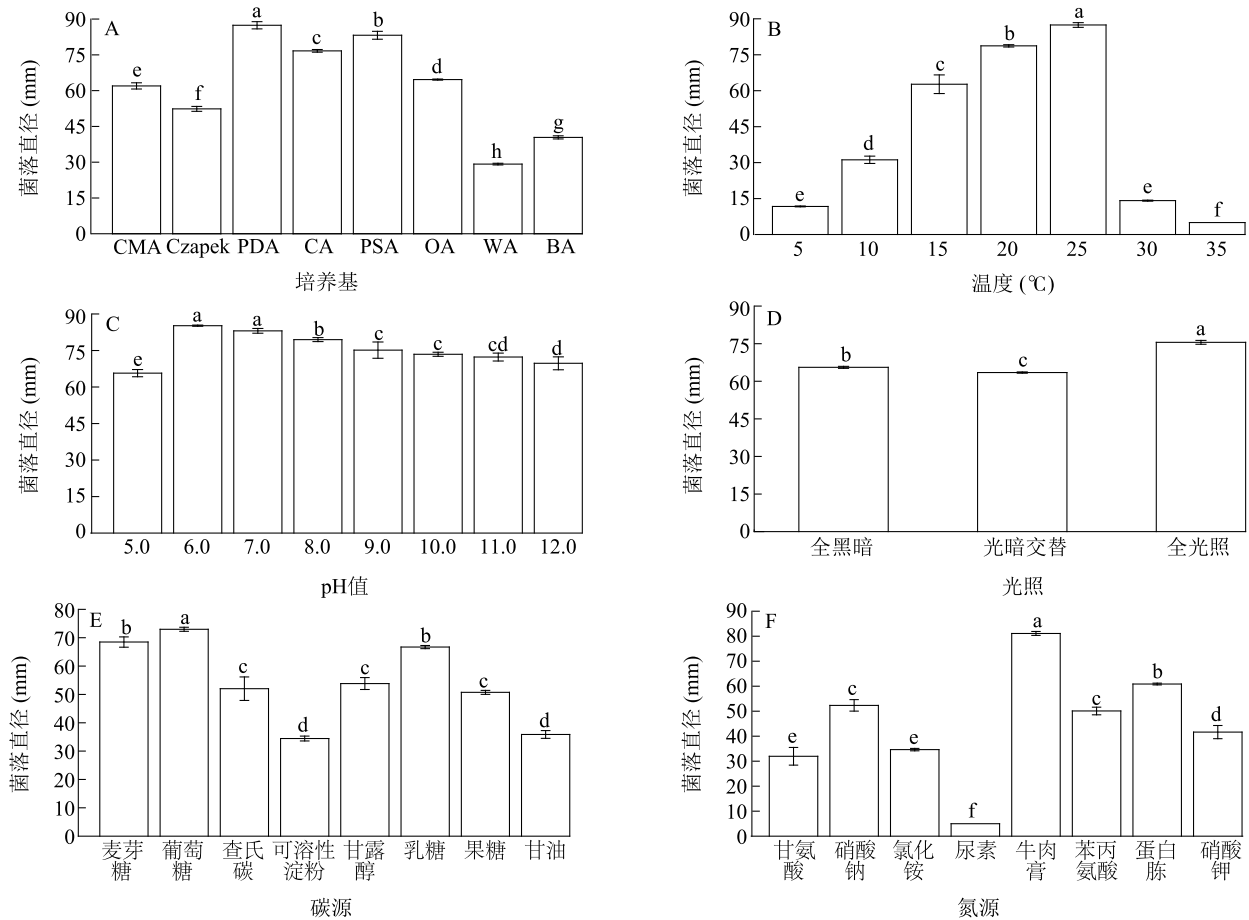


a: 田间发病植株; b: 保湿培养的 *Botrytis deweyae* 菌丝; c: 培养 5 d 的 *Botrytis deweyae* 菌落形态; d: *Botrytis deweyae* 分生孢子 (I) 与分生孢子梗 (II)。

图 1 多花黄精灰霉病发病症状及杜威葡萄孢菌形态

Fig. 1 Symptoms of *Polygonatum cyrtonema* Hua gray mold and morphology of *Botrytis deweyae*

PDA、PSA、CA、OA、CMA、Czapek、BA、WA。可见, PDA 培养基更适宜 *Botrytis deweyae* 菌丝生长。



PDA: 马铃薯葡萄糖培养基; CMA: 玉米琼脂培养基; CA: 胡萝卜培养基; Czapek: 查氏培养基; PSA: 马铃薯蔗糖培养基; OA: 燕麦培养基; WA: 水培养基; BA: 绿豆培养基。

图2 多花黄精杜威葡萄孢菌生物学特性

Fig.2 Biological characteristics of *Botrytis deweyae* of *Polygonatum cyrtonema* Hua

2.2.2 温度对菌株生长的影响 随着温度升高, 菌丝生长速度加快, 当温度达到 25 °C 时, 生长最快, 培养 5 d 后菌落直径达到 87.4 mm; 当温度达到 30 °C, 菌丝生长速度减慢, 当温度为 35 °C 时菌丝几乎停止生长(图 2B)。5 °C 培养的菌落直径和与 30 °C 培养的菌落直径无显著差异。可知, *Botrytis deweyae* 菌丝最适生长温度为 25 °C。

2.2.3 pH 对菌株生长的影响 *Botrytis deweyae* 在 pH 值 5.0~12.0 均能生长, 菌落直径为 65.6~85.2 mm。pH 值为 5.0 时, 菌丝生长速度最慢, 菌落直径仅 65.6 mm。pH 值 6.0 和 pH 值 7.0 时菌丝生长最快, 菌落直径分别为 85.2 mm 和 83.0 mm。可见, pH 值 6.0~7.0 最适于 *Botrytis deweyae* 生长(图 2C)。

2.2.4 光照对菌株生长的影响 不同光照条件下, 菌丝均能生长, 但菌落直径差异显著。24 h 光照条件下, *Botrytis deweyae* 菌丝生长最快, 培养 5 d 后菌

落直径达 75.5 mm。12 h 光照/12 h 黑暗交替、24 h 黑暗条件, 菌丝生长速率较慢, 菌落直径分别为 63.4 mm 和 65.5 mm。可见, 24 h 光照条件更适于 *Botrytis deweyae* 生长(图 2D)。

2.2.5 碳源对菌株生长的影响 最适宜 *Botrytis deweyae* 生长的碳源是葡萄糖, 在葡萄糖作为碳源培养基中培养 5 d, *Botrytis deweyae* 菌落直径可达 73.0 mm, 是可溶性淀粉作为碳源培养基中菌落直径的 2 倍。较为适宜 *Botrytis deweyae* 生长的碳源是麦芽糖和乳糖, 菌落直径分别为 66.7 mm 和 68.5 mm。而 *Botrytis deweyae* 对甘露醇、查氏碳、果糖、甘油和可溶性淀粉利用效果较差, 菌落直径为 34.4~53.8 mm。综上, 葡萄糖最有利于 *Botrytis deweyae* 生长(图 2E)。

2.2.6 氮源对菌株生长的影响 在不同氮源中, *Botrytis deweyae* 对牛肉膏的利用效果最好, 培养 5 d 后, 牛肉膏作为氮源的培养基中菌落直径达 81.1

mm;其次是蛋白胨,培养 5 d 后,蛋白胨作为氮源的培养基中菌落直径为 60.8 mm。*Botrytis deweyae* 对查氏氮、苯丙氨酸、硝酸钾、氯化铵和甘氨酸利用效果差,菌落直径为 31.9~52.3 mm。在尿素作为氮源的培养基中,菌丝几乎不生长。可见,牛肉膏最有利于 *Botrytis deweyae* 生长,而尿素可抑制 *Botrytis deweyae* 生长(图 2F)。

2.3 杀菌剂对多花黄精杜威葡萄菌的室内毒力

2.3.1 化学杀菌剂对多花黄精杜威葡萄孢菌的抑

菌作用 8 种化学杀菌剂对 *Botrytis deweyae* 的菌丝生长均有抑制作用(图 3),其中抑菌效果好的是 500 g/L 异菌脲悬浮剂和 25% 抑霉唑·咯菌腈悬浮剂, EC_{50} 分别为 0.076 $\mu\text{g/mL}$ 和 0.094 $\mu\text{g/mL}$ 。其次是 400 g/L 氟硅唑乳油、50% 啉酰菌胺水分散粒剂、50% 腐霉利可湿性粉剂和 65% 甲硫·乙霉威可湿性粉剂, EC_{50} 为 0.236~7.780 $\mu\text{g/mL}$ 。25% 啉菌酯悬浮剂和 80% 啉霉胺水分散粒剂抑菌效果最差, EC_{50} 分别为 114.550 $\mu\text{g/mL}$ 和 30.620 $\mu\text{g/mL}$ (表 2)。

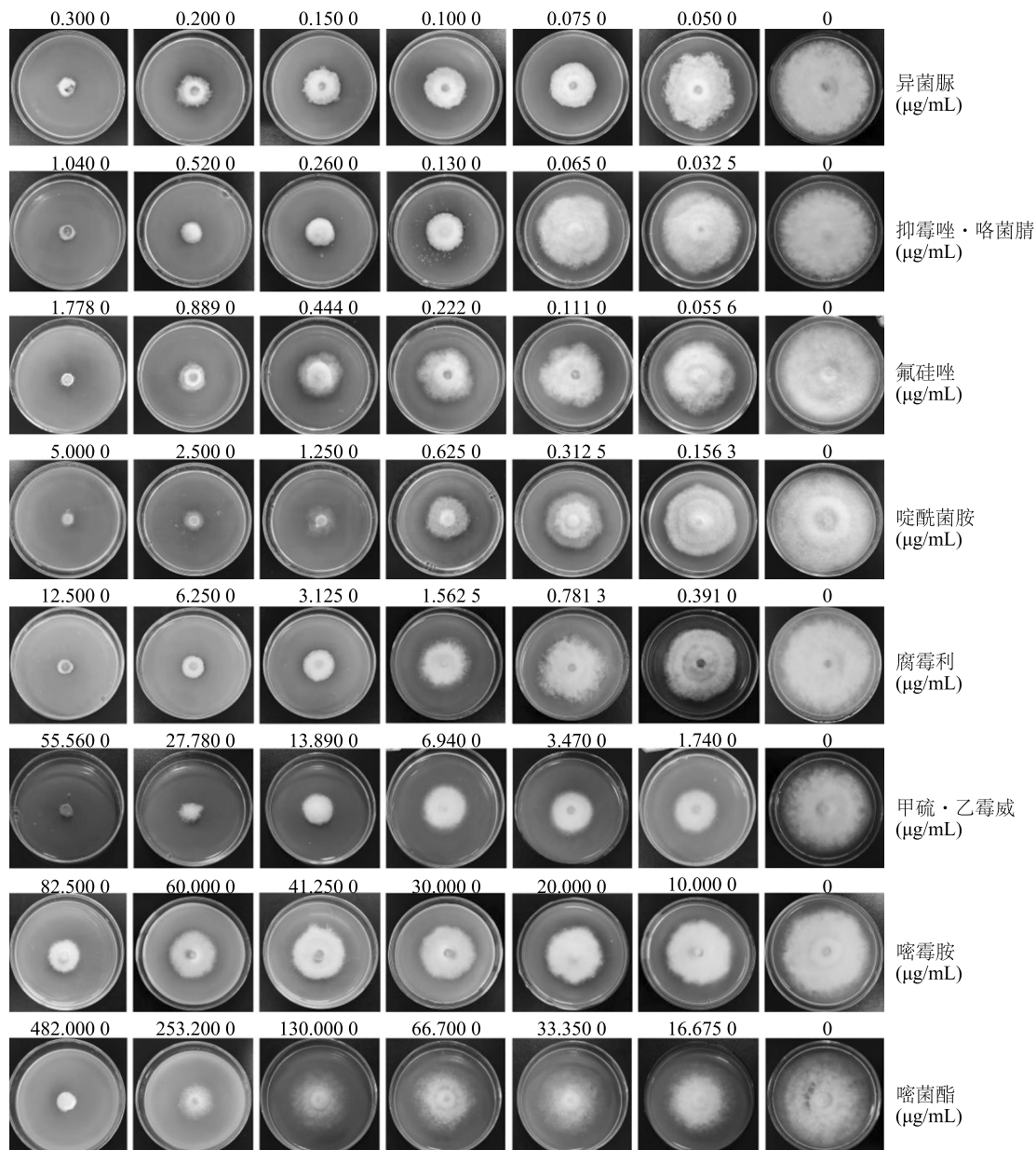


图 3 8 种化学杀菌剂对多花黄精杜威葡萄孢菌的室内毒力

Fig.3 Indoor toxicity of eight chemical fungicides to *Botrytis deweyae* of *Polygonatum cyrtonema* Hua

表 2 化学杀菌剂对多花黄精杜威葡萄孢菌的抑制效果
Table 2 Inhibitory effects of chemical fungicides on *Botrytis deweyae* of *Polygonatum cyrtoneura* Hua

化学杀菌剂	毒力回归方程	决定系数 (R^2)	EC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
500 g/L 异菌脲悬浮剂	$Y=0.776\ 1x+6.999\ 9$	0.967 2	0.076
25%抑霉唑·咯菌腈悬浮剂	$Y=0.607\ 9x+6.419\ 6$	0.961 9	0.094
400 g/L 氟硅唑乳油	$Y=0.604\ 1x+5.883\ 9$	0.976 3	0.236
50%啉酰菌胺水分散粒剂	$Y=0.477\ 0x+5.239\ 6$	0.989 1	0.601
50%腐霉利可湿性粉剂	$Y=0.939\ 2x+4.865\ 9$	0.978 1	1.156
65%甲硫·乙霉威可湿性粉剂	$Y=0.738\ 8x+3.490\ 0$	0.965 4	7.780
80%嘧霉胺水分散粒剂	$Y=1.185\ 5x+0.976\ 1$	0.956 2	30.620
25%嘧菌酯悬浮剂	$Y=0.563\ 8x+2.344\ 7$	0.951 6	114.550

EC_{50} :半最大效应浓度。

2.3.2 生物杀菌剂对多花黄精杜威葡萄孢菌的抑菌作用 7 种生物杀菌剂对 *Botrytis deweyae* 的菌丝生长均有抑制作用(图 4),其中抑菌能力最强的是 0.3%四霉素水剂, EC_{50} 为 0.418 $\mu\text{g/mL}$ 。其次是 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂、3%中生菌素可湿性粉剂、1%申嗪霉素悬浮剂和 6%春雷霉素可湿性粉剂, EC_{50} 为 1.242~37.497 $\mu\text{g/mL}$ 。10%多抗霉素可湿性粉剂和 8%宁南霉素水剂抑菌效果最差, EC_{50} 分别为 470.977 $\mu\text{g/mL}$ 和 207.970 $\mu\text{g/mL}$ (表 3)。

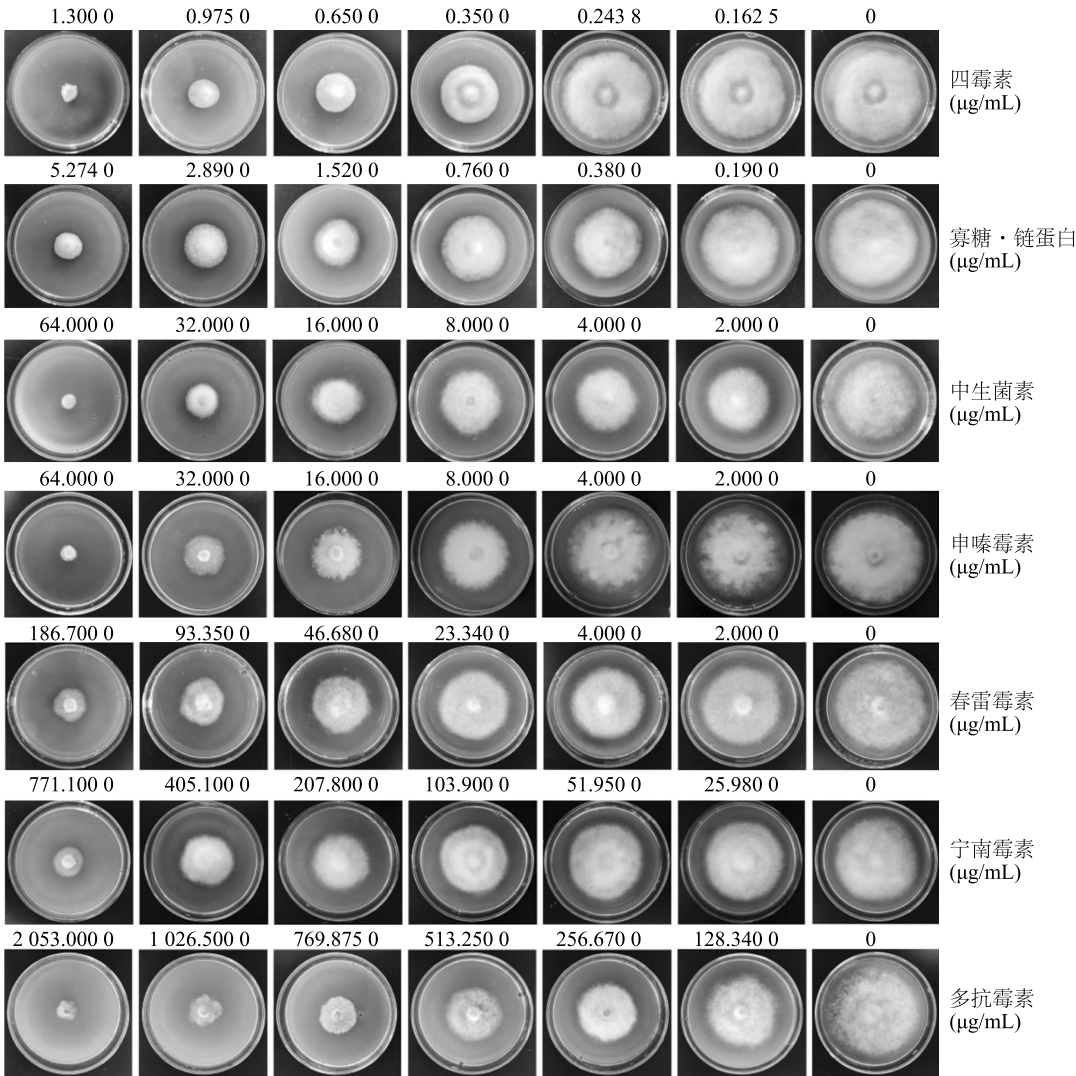


图 4 7 种生物杀菌剂对多花黄精杜威葡萄孢菌的毒力
Fig.4 Toxicity of seven biological fungicides to *Botrytis deweyae* of *Polygonatum cyrtoneura* Hua

表 3 生物杀菌剂对多花黄精杜威葡萄孢菌的抑制效果

Table 3 Inhibitory effects of biological fungicides on *Botrytis deweyae* of *Polygonatum cyrtoneura* Hua

生物杀菌剂	毒力回归方程	决定系数 (R^2)	EC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
0.3%四霉素水剂	$Y=1.137\ 5x+5.813\ 9$	0.952 9	0.418
6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂	$Y=0.772\ 4x+4.763\ 7$	0.993 3	1.242
3%中生菌素可湿性粉剂	$Y=0.594\ 7x+3.864\ 6$	0.994 0	6.808
1%申喹毒素悬浮剂	$Y=0.586\ 6x+3.708\ 8$	0.996 9	8.954
6%春雷霉素可湿性粉剂	$Y=0.512\ 8x+3.138\ 0$	0.996 5	37.497
8%宁南霉素水剂	$Y=0.566\ 0x+1.967\ 8$	0.959 9	207.970
10%多抗霉素可湿性粉剂	$Y=0.635\ 6x+1.099\ 9$	0.957 8	470.977

3 讨论

目前,国内外尚无有关 *Botrytis deweyae* 生物学特性与防治药剂筛选的报道。本研究发现,适宜 *Botrytis deweyae* 菌丝生长的环境为 24 h 全光照、培养温度 25 ℃,适宜 *Botrytis deweyae* 菌丝生长的培养基为 PDA 培养基, pH 6.0~7.0,并以葡萄糖为碳源,以牛肉膏为氮源。药剂室内毒力测定结果表明,化学杀菌剂 500 g/L 异菌脲悬浮剂和 25% 抑霉唑·咯菌腈悬浮剂,生物杀菌剂 0.3% 四霉素水剂对 *Botrytis deweyae* 抑菌效果较好,可作为防治多花黄精灰霉病的杀菌剂。

葡萄孢属 (*Botrytis*) 不同种之间的生物学特性不完全相同。灰葡萄孢 (*Botrytis cinerea*) 菌丝生长的最适培养条件为 20 ℃ 温度,光暗交替 (12 h 光照/12 h 黑暗),最适培养基为 PSA 培养基, pH 值 5.0~6.0,以可溶性淀粉和蔗糖为碳源,以牛肉膏和硫酸铵为氮源^[20]。葱鳞葡萄孢 (*Botrytis squamosa*) 最适培养条件为 25 ℃ 温度, pH 值 6.0,光暗交替,以葡萄糖为碳源,以牛肉膏为氮源^[21]。*Botrytis deweyae* 最适生长 pH 值较 *Botrytis cinerea* 和 *Botrytis squamosa* 高,对光照的需求更明显;*Botrytis deweyae* 最适生长温度和碳、氮源与 *Botrytis cinerea* 不同,与 *Botrytis squamosa* 一致。明确病原菌生物学特性,有助于了解病原菌引起的流行病害的发生特征,并在此基础上有效防控病害。*Botrytis deweyae* 不耐高温,30 ℃ 时生长缓慢,35 ℃ 时停止生长。4~5 月环境温度有利于 *Botrytis deweyae* 病原菌生长,多花黄精灰霉病发生较重;6~9 月高温,*Botrytis deweyae* 病

原菌生长受到抑制,多花黄精灰霉病发生较轻。生产中,在多花黄精出苗后应做好灰霉病的监测与防控工作,及时清除杂草和植株病残体,减少田间病原菌的积累,从而降低多花黄精灰霉病的发病率。

异菌脲是一种广谱触杀型杀菌剂,以触杀作用和保护作用为主,也具有一定的治疗作用^[22],对葡萄孢属 (*Botrytis*)、链孢霉属 (*Neurospora*)、核盘菌属 (*Sclerotinia*) 真菌有较好的抑制效果^[23],广泛应用于甜瓜、葡萄和苹果树等作物或果树灰霉病防治^[24]。抑霉唑·咯菌腈为复配药剂,其中抑霉唑是一种内吸性杀菌剂,破坏霉菌的细胞膜并抑制霉菌孢子的形成,适用于植物真菌病害的防治,在番茄^[25]和草莓^[26]等作物灰霉病防治上使用广泛;咯菌腈是一种新型杀菌剂,抑制孢子萌发的同时能够抑制菌丝体的生长,可用于防治由子囊菌等真菌引起的植物病害^[27]。由于长期使用化学杀菌剂容易引发病原菌的抗药性,往往会通过加大药剂用量来达到杀菌效果,而过度使用化学药剂会造成药剂残留,为解决这一问题,可以将几种化学杀菌剂复合调配来降低病原菌的抗性,从而减少杀菌剂的用量。抑霉唑与咯菌腈复配可增强抑菌效果,扩大防治范围,避免病原菌产生抗性。异菌脲与抑霉唑·咯菌腈降解快,安全性高,在推荐剂量和 1.5 倍推荐剂量下,异菌脲在番茄中的残留量都低于国家规定的最大残留限量^[28];0.5 mg/mL、1.0 mg/mL、1.5 mg/mL 抑霉唑分别浸果 2 min 后,抑霉唑在柑橘全果中的残留量均低于国家规定的最大残留限量 (*MRL*)^[29];防治黄瓜灰霉病的咯菌腈在黄瓜中的残留量为 0.01 mg/kg,符合残留检测标准,咯菌腈与腐霉利混用对黄瓜灰霉病病原菌灰葡萄孢具有显著的抑制作用,且混合药剂在黄瓜中的残留量要明显少于单独使用的咯菌腈或者腐霉利,在土壤中的降解速率明显高于单独使用咯菌腈或者腐霉利^[30]。因此在生产上可选用 0.3 $\mu\text{g/mL}$ 异菌脲和 1.04 $\mu\text{g/mL}$ 抑霉唑·咯菌腈防治 *Botrytis deweyae* 引起的多花黄精灰霉病。

使用化学农药防治药用植物病害,易造成中药材中农药残留、病原菌抗药性及环境污染等问题。相比之下,生物农药具有安全无毒的优势,积极开发生物农药是控制灰霉病的有效途径。四霉素是一种高效低毒的防治真菌病害的生物杀菌剂^[31],不仅具有较强的抑菌作用,还能增强作物的抗病性,被广泛用于草莓^[32]和葡萄^[33]等作物或果树灰霉病防治,1.3 $\mu\text{g/mL}$ 四霉素对灰霉病病原菌具有显著的抑菌

效果,是防治 *Botrytis deweyae* 的理想生物农药。

4 结 论

随着多花黄精灰霉病的发生愈加严重,筛选出合适的防治药剂迫在眉睫,本研究筛选得到的2种化学杀菌剂(500 g/L异菌脲悬浮剂和25%抑霉唑·咯菌腈悬浮剂)和1种生物杀菌剂(0.3%四霉素水剂)对 *Botrytis deweyae* 具有较强的抑菌作用,本研究结果为 *Botrytis deweyae* 引起的多花黄精灰霉病的防控提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020.
- [2] 张凯,张昭,范永芳,等. 药食同源药材黄精玉竹营养及生物活性成分分析[J]. 中国现代中药,2022,24(8):1463-1472.
- [3] 邱泽澜,陈锦,张卓,等. 湖南省多花黄精炭疽病病原鉴定及其药剂筛选[J]. 西南农业学报,2023,36(1):91-97.
- [4] 但雨柔,刘铭,崔馨燕,等. 多花黄精炭疽病病原菌鉴定[J]. 植物保护,2023,49(2):288-293.
- [5] 王锋,卫国羽,赵微,等. 贵州多花黄精根腐病病原菌鉴定及生防菌筛选[J]. 广东农业科学,2023,50(8):143-153.
- [6] 韩凤,李巧玲,韩如刚,等. 渝产多花黄精根腐病病原菌的分离与鉴定[J]. 分子植物育种,2020,18(11):3693-3698.
- [7] 崔馨燕,但雨柔,李金金,等. 多花黄精叶斑病病原菌的鉴定、生物学特性及杀菌剂对其的抑制作用[J]. 植物病理学报,2023,53(6):1038-1046.
- [8] CHEN J, ZHU J Z, LI X G, et al. *Botrytis cinerea* causing gray mold of *Polygonatum sibiricum* (Huang Jing) in China[J]. Crop Protection,2021,140(10):24-54.
- [9] 李吉二,温思思,张羽加,等. 浙贝母灰霉病病原真菌的分子鉴定[J]. 植物保护,2022,48(2):151-156.
- [10] 伏荣桃,王剑,陈诚,等. 四川地区华重楼(*Paris polyphylla* var. *chinensis*)主要病害调查及病原菌鉴定[J]. 分子植物育种,2021,19(1):209-217.
- [11] 王金利,秦国夫,贺伟,等. 葡萄座腔菌属及其相关真菌的系统学研究进展[J]. 中国森林病虫,2003,22(3):32-36.
- [12] MA W, TANG Z, CUI X, et al. First report of *Botrytis deweyae* causing gray mold on *Polygonatum cyrtoneura* in China[J]. Plant disease,2023,107(8):25-33.
- [13] GRANT-DOWNTON R T, TERHEM R B, KAPRALOV M V, et al. A novel *Botrytis* species is associated with a newly emergent foliar disease in cultivated *Hemerocallis* [J]. PLoS One,2014,9(6):e89272.
- [14] 李昕月,付俊范,周如军. 人参锈腐病防治新药剂筛选[C]//中国植物保护学会. 中国植物保护学会2014年学术年会论文集. 厦门:中国农业科学技术出版社,2014.
- [15] 方中达. 植物研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [16] 张琳,彭琳,邵邈伟,等. 南瓜炭疽病菌 *Colletotrichum brevisporum* 生物学特性及药剂防治[J]. 植物保护,2021,47(4):59-65.
- [17] 袁月,周如军,傅俊范,等. 不同人参灰霉病的灰葡萄孢菌生物学特性及致病性比较[J]. 沈阳农业大学学报,2016,47(3):271-277.
- [18] 高智谋,李艳梅,李喜玲,等. 源自不同寄主的灰葡萄孢生物学特性的比较研究[J]. 菌物学报,2009,28(3):370-377.
- [19] 赵建江,陈治芳,韩秀英,等. 啮酰菌胺与唑胺菌酯混配对灰葡萄孢毒力的增效作用[J]. 农药学报,2015,17(4):417-424.
- [20] 杜艳丽,曹兴,王桂清,等. 百合灰霉病病原菌鉴定及其部分生物学特性测定[J]. 南方农业学报,2019,50(2):307-314.
- [21] 陈乐,苗则彦,孙柏欣,等. 辽宁省韭菜灰霉病菌的分类鉴定及生物学特性研究[J]. 中国蔬菜,2023(5):72-78.
- [22] 上海市农业技术推广服务中心. 农药安全使用手册[M]. 2版. 上海:上海科学技术出版社,2021.
- [23] 农业部种植业管理司,农业部农药检定所. 新编农药手册[M]. 2版. 北京:中国农业出版社,2015.
- [24] 张颂函,陈秀,李玉博,等. 异菌脲对桃树褐腐病防效和膳食风险评估[J]. 现代农药,2023,22(1):68-72.
- [25] 陈治芳,王文桥,韩秀英,等. 新杀菌剂对番茄灰霉病菌的室内毒力及田间防效[J]. 植物保护,2011,37(5):193-195,205.
- [26] 伍智华. 15%烯唑醇·抑霉唑复配烟霉剂的研制[D]. 雅安:四川农业大学,2011.
- [27] SCHIRRA M, D' AQUINO S, PALMA A, et al. Residue level, persistence, and storage performance of citrus fruit treated with fludioxonil[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2005,53(17):6718-6724.
- [28] 陈莉,戴荣彩,陈家梅,等. 扑海因悬浮剂在番茄和土壤中的残留动态研究[J]. 农业环境科学学报,2005,24(增刊1):311-314.
- [29] 谢莉,罗焘,许让伟,等. 柑橘果实贮藏期咪鲜胺和抑霉唑残留量的动态变化[J]. 华中农业大学学报,2016,35(1):17-23.
- [30] 张江兆,徐重新,沈燕,等. 腐霉利和咯菌腈混用对黄瓜灰霉病菌的联合毒力及药剂残留动态[J]. 农药学报,2022,24(4):851-858.
- [31] 黄婷娇,倪现朴,夏焕章. 梧宁霉素C组分高产突变株的获得和产物初步鉴定[J]. 中国抗生素杂志,2011,36(2):121-124.
- [32] 郭劫,王晓琳,黄洁雪,等. 7种杀菌剂对草莓胶孢炭疽菌和灰霉病病原菌的室内毒力测定[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):129-133.
- [33] 田秀,周连柱,黄晓庆,等. 我国葡萄灰霉病菌对四霉素和啮酰菌胺的敏感性测定[J]. 中国生物防治学报,2022,38(4):868-873.

(责任编辑:成纾寒)