

陈慧杰,毛俊丹,邓喆,等. 绣球花叶枯病病原菌鉴定、生物学特性及杀菌剂室内毒力测定[J]. 江苏农业学报, 2025, 41(8): 1499-1507.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2025.08.006

# 绣球花叶枯病病原菌鉴定、生物学特性及杀菌剂室内毒力测定

陈慧杰<sup>1</sup>, 毛俊丹<sup>1,2</sup>, 邓喆<sup>3</sup>, 刘欣童<sup>1</sup>, 陈双双<sup>1</sup>, 冯景<sup>1</sup>, 金玉妍<sup>1</sup>, 邓衍明<sup>1,2</sup>

(1.江苏省农业科学院休闲农业研究所,江苏 南京 210014; 2.安徽工业大学建筑工程学院,安徽 马鞍山 243032; 3.南京工业大学生物与制药工程学院,江苏 南京 211816)

**摘要:** 为了明确绣球花叶枯病的病原菌,本研究通过组织分离法对采集自江苏省南京市的绣球品种无尽夏叶片发病组织进行分离,经回接试验确定菌株 YK-B 是致病菌,研究发现,YK-B 菌株接种至健康绣球花叶片上能引起和采集的绣球花叶片发病组织一致的叶枯病症状。通过形态学观察并结合多基因联合系统发育分析,病原菌菌株 YK-B 被鉴定为链格孢菌(*Alternaria alternata*);进一步进行病原菌菌株 YK-B 在不同碳源、氮源、温度和 pH 值条件下的菌丝生长试验,结果表明,YK-B 菌丝生长最适碳源是棉子糖,最适氮源是蛋白胨,最适温度是 25 °C,适宜的 pH 值为 6~8。通过测定 7 种杀菌剂对致病菌株 YK-B 的室内毒力,结果表明杀菌剂氢氧化铜的抑菌效果最好。本研究结果对绣球花叶枯病的诊断和防治具有一定的指导意义。

**关键词:** 绣球花; 叶枯病; 病原菌鉴定; 生物学特性; 毒力测定

中图分类号: S432.44 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2025)08-1499-09

## Identification and biological characterization of the pathogen causing leaf blight on *Hydrangea macrophylla* and *in vitro* toxicity bioassay of fungicides

CHEN Huijie<sup>1</sup>, MAO Jundan<sup>1,2</sup>, DENG Zhe<sup>3</sup>, LIU Xintong<sup>1</sup>, CHEN Shuangshuang<sup>1</sup>, FENG Jing<sup>1</sup>, JIN Yuyan<sup>1</sup>, DENG Yanming<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Leisure Agriculture, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. School of Civil Engineering and Architecture, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243032, China; 3. College of Biotechnology and Pharmaceutical Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, China)

**Abstract:** To identify the pathogen responsible for hydrangea leaf blight, a tissue isolation method was employed on diseased leaf samples of *Hydrangea macrophylla* Endless Summer collected from Nanjing City, Jiangsu Province, China. Through back-inoculation experiments, strain YK-B was identified as the pathogenic fungus. The study found that inoculation of healthy hydrangea leaf tissues with strain YK-B induced leaf blight symptoms consistent with those observed on the originally collected diseased samples.

Based on morphological characteristics and multigene phylogenetic analysis, the pathogenic strain YK-B was identified as *Alternaria alternata*. Furthermore, mycelial growth experiments were conducted with the pathogenic strain YK-B under varying conditions of carbon sources, nitrogen sources, temperature, and pH. The results indicated that the optimal conditions for mycelial growth of YK-B were

收稿日期: 2024-10-21

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(2023)3062]; 华东地区花卉生物学国家林业和草原局重点实验室开放基金项目(KFE202401); 中央财政林业科技推广示范项目[苏(2024)TG03]

作者简介: 陈慧杰(1989-), 女, 河南周口人, 博士, 助理研究员, 从事观赏植物栽培与植物病理学研究。(E-mail) chenhuijie2020@163.com

通讯作者: 邓衍明, (E-mail) nksdym@163.com

raffinose as the carbon source, peptone as the nitrogen source, a temperature of 25 °C, and a pH range of 6 to 8. The results of *in vitro* toxicity assays of seven fungicides against the pathogenic strain YK-B revealed that copper hydroxide exhibited the most effective inhibition. The findings of this study provide practical guidance for the diagnosis and management of hydrangea leaf blight.

**Key words:** *Hydrangea macrophylla*; leaf blight; pathogen identification; biological characteristics; toxicity test

绣球花 [*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.] 别名八仙花、紫阳花等, 是绣球花科 (Hydrangeaceae) 绣球属 (*Hydrangea*) 多年生花灌木, 因颜色丰富、花色可调而深受人们喜爱<sup>[1-2]</sup>。绣球花抗逆性强、适应性广、文化内涵深厚、用途广泛, 具有较高观赏价值、生态价值和经济价值<sup>[3-5]</sup>。

叶部病害是制约绣球花产业发展的主要因素之一<sup>[6]</sup>, 尤其是中国长江中下游地区夏季高温多雨, 绣球花叶部病害暴发快且集中。目前已报道的绣球花叶部病害主要有叶斑病<sup>[7]</sup>、白粉病<sup>[8-9]</sup>等。本研究在 2022 年对江苏省南京市绣球花温室 (32°04'N, 118°88'E) 进行病情调查中发现, 在温室标准管理条件下有一种新病害, 疑似为叶枯病。该病害主要危害绣球花叶片组织, 具体表现为下部叶片先发病且发病较重, 发病初期叶尖或叶缘处出现不规则黄褐色坏死斑, 发病中期病斑面积逐渐扩大, 最后整张叶片枯死, 并在病叶表面产生灰黑色霉层。进一步调查发现, 该病害主要发生于高温高湿的梅雨期, 发病率在 50% 左右, 对绣球花的生长及切花品质造成严重影响。

链格孢菌 (*Alternaria alternata*) 是子囊菌门常见病原菌, 主要以菌丝体和分生孢子随病残体在基质中越冬<sup>[10]</sup>, 可以感染多种植物, 如马铃薯<sup>[11]</sup>、梨<sup>[12]</sup>、柑橘<sup>[13]</sup>、烟草<sup>[14]</sup>等, 然而, 由链格孢菌引起的绣球花叶枯病尚未见报道。本研究依据病原菌的形态特征和多基因 (*ITS*<sup>[15]</sup>、*GAPDH*<sup>[16]</sup>、*OPA*<sup>[17]</sup> 和 *Alt*<sup>[18]</sup>) 序列分析结果, 将绣球花叶枯病病原菌鉴定为链格孢菌, 并研究该病原菌的基本生物学特性, 同时还测定多种杀菌剂对其的毒力, 以期对绣球花叶枯病诊断及防控提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

病样采集: 2022 年在江苏省南京市绣球花温室 (32°04'N, 118°88'E) 具有典型叶枯病症状的绣球花品种无尽夏上采集病叶, 供病原菌的分离使用。

本试验用到的培养基包括马铃薯葡萄糖琼脂

(Potato dextrose agar, PDA) 培养基、马铃薯葡萄糖肉汤 (Potato dextrose broth, PDB) 培养基和察氏 (Czapek, CPK) 培养基。PDA 和 PDB 培养基均购自上海盛思生化科技有限公司, CPK 培养基购自北京索莱宝生物科技有限公司。

### 1.2 方法

1.2.1 病原菌的分离和纯化 病原菌分离和纯化方法参考刘志刚等<sup>[19]</sup>的方法, 其中将病健交界处小叶块 (5 mm × 5 mm) 的消毒顺序调整为依次使用 75% 乙醇 (30 s) 和 2% 氯化汞 (1 min)。

1.2.2 致病性测定 取病原菌菌株的 PDA 菌饼 (直径约 5 mm) 置于 PDB 液体培养基中, 在温度为 25 °C、转速为 200 r/min 的恒温摇床中振荡培养 3 d, 收集菌丝体和孢子, 制成孢子悬浮液 (1 × 10<sup>6</sup> 个孢子, 1 mL), 采用喷雾接种法对健康的绣球花盆栽苗叶片进行喷施, 同时以无菌水处理的绣球花盆栽苗叶片作为对照。接种后, 立即用一次性透明塑料袋覆盖植株, 48 h 后取下塑料袋, 将植株置于温度为 25 °C、光周期为 16 h/8 h 的光照培养箱中培养。接种后每天观察并记录发病情况, 致病性测定试验重复 3 次。

1.2.3 病原菌鉴定 形态观察: 观察 PDA 培养基上病原菌菌株的菌落形态, 并用光学显微镜观察其形态特征。分子鉴定: 取样方法和真菌 DNA 的提取方法参考陈慧杰等<sup>[7]</sup>的方法, 以提取的真菌 DNA 为模板, 分别对内转录间隔区 (Internally transcribed spacer, ITS) 序列、*Alternaria alternata* 过敏源基因 *Alt al*, 甘油醛-3-磷酸脱氢酶基因 (*GAPDH*) 以及外模蛋白 II (*OPA*) 基因进行 PCR 扩增 (扩增引物对见表 1)。PCR 扩增产物经琼脂糖凝胶电泳检测, 进一步切胶、纯化后进行测序。测序结果采用 NCBI-Blast 进行序列比对, 并将序列上传至 GenBank。参考吕昭龙<sup>[20]</sup>的方法从 GenBank 下载链格孢菌属的 12 个菌株的 *Alt*、*GAPDH*、*OPA*、*OPA* 基因序列, 并将这 4 个基因序列联合, 采用 MEGA 11 软件构建多基因系统进化树进行亲缘关系分析。

表 1 本研究中使用的引物对

Table 1 Primers used in this study

引物名称	目标基因/区域	引物序列(5'→3')	参考文献
ITS1	ITS	CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA	[15]
ITS4		TCCTCCGCTTATTGATATGC	
gpd-F	GAPDH	CAACGGCTTCGGTCGCATTC	[16]
gpd-R		GCCAAGCAGTTGGTTGTGC	
Alt-F	Alt al	ATGCAGTTCACCACCATCGC	[17]
Alt-R		ACGAGGCTGAYGTAGCGCTC	
OPA-F	OPA	AGCCACATGCTCTGGTTAGC	[18]
OPA-R		AGGCCCTTCCAATCCAT	

1.2.4 病原菌生物学特性研究 不同碳源和氮源对病原菌菌丝生长的影响:以 CPK 培养基为基础,配方中的蔗糖分别等碳量替换成棉子糖、葡萄糖、甘露醇、山梨醇和乳糖,pH 为自然值,其余成分均不变,制成不同碳源的培养基;CPK 培养基中的硝酸钠分别等氮量替换成酵母浸粉、蛋白胨、磷酸氢二胺、磷酸二氢铵和尿素,pH 为自然值,其余成分均不变,制成不同氮源的培养基;将菌饼(直径为 5 mm)置于不同碳源和氮源的培养基上,放入 25 ℃ 恒温培养箱中,暗培养 5 d,通过交叉交叉法<sup>[21]</sup>测定菌落直径,每个处理重复 3 次。pH、温度对病原菌菌丝生长的影响:通过 0.1 mol/L 的盐酸溶液和 0.1 mol/L 的氢氧化钠溶液进行酸碱度调节,制成 pH 值分别为 6、7、8、9、10 的 PDA 培养基,菌饼大小、接种方法、培养条件、菌落直径测量方法均同上;将菌饼(直径为 5 mm)接种至 PDA 培养基上,分别置于 15 ℃、20 ℃、25 ℃、28 ℃、30 ℃、37 ℃ 条件下恒温培养,暗培养 5 d,通过交叉交叉法测定菌落直径。

1.2.5 杀菌剂室内毒力测定 将脞菌·戊唑醇(有效成分含量 75%,水分散粒剂)、多菌灵(有效成分含量 50%,可湿性粉剂)、苯甲丙环唑(有效成分含量 30%,乳油)、王铜(有效成分含量 84%,水分散粒剂)、氢氧化铜(有效成分含量 77%,水分散粒剂)、吡唑醚菌酯(有效成分含量 25%,悬浮剂)、百菌清(有效成分含量 75%,可湿性粉剂)等 7 种常用化学杀菌剂均稀释 100 倍,制成含不同杀菌剂的 PDA 培养基,以不含杀菌剂的 PDA 培养基为对照(CK)。菌饼大小、接种方法、培养条件、菌落直径测量方法

均同上,依据菌落直径计算菌丝生长抑制率[抑制率=(对照菌落直径-处理菌落直径)/对照菌落直径×100%]。以菌丝生长速率和各药剂抑制率为评价依据,比较不同药剂对病原菌生长的抑制活性。

### 1.3 数据分析

试验数据的统计与整理采用软件 Excel 2020,试验数据的单因素方差分析和差异显著性分析(Duncan's 法, $P<0.05$ )使用软件 SPSS 20.0,柱状图绘制使用软件 Origin 2018。

## 2 结果与分析

### 2.1 绣球花叶枯病的发病症状

经观察发现,绣球花叶枯病主要危害叶片组织,发病初期叶尖或叶缘处出现不规则的黄褐色坏死斑;初期症状出现后 7~10 d 进入发病中期,病斑面积逐渐扩大;继续发病 20~30 d 进入病情后期,叶片枯死,并在病斑表面产生灰黑色霉层(图 1)。



图 1 温室中绣球花叶枯病在不同发病阶段的症状

Fig.1 Symptoms of leaf blight on *Hydrangea macrophylla* at various disease stages in the greenhouse

### 2.2 绣球花叶枯病病原菌的分离与致病性

本研究从绣球花叶枯病典型发病叶片组织中分离到 8 个菌落形态特征相同的菌株作为代表性菌株,并命名为 YK-B。制备 YK-B 的孢子悬浮液( $1 \times 10^6$  个孢子,1 mL),采用喷雾接种法对健康的绣球花盆栽苗叶片进行喷施,并以无菌水处理作为对照。接种 7 d,病原菌处理的叶片组织表现出典型的叶枯病症状,而对照叶片均保持健康状态(图 2)。致病性试验重复 3 次均得出相同结果。收集接种后的病叶,分离病原菌并进行形态学观察与分子生物学鉴定,鉴定结果与接种菌株一致,符合柯赫法则,证明 YK-B 菌株为绣球花叶枯病病原菌。



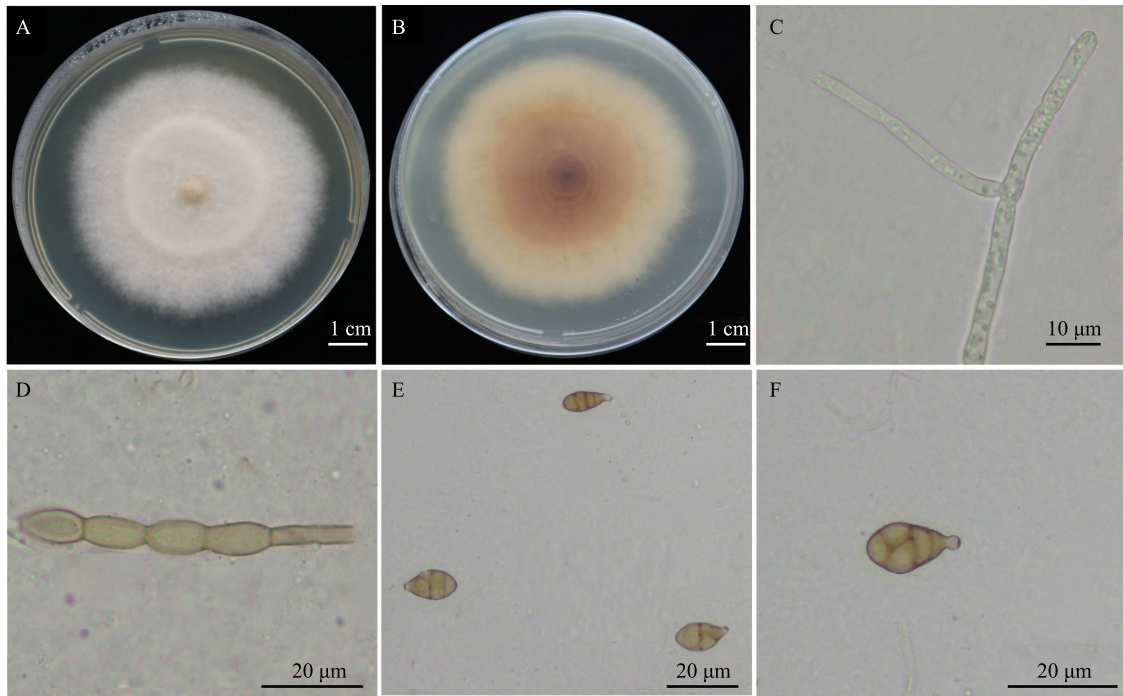
图 2 接种 YK-B 菌株后第 7 d 绣球花叶片组织的发病情况  
Fig.2 Disease development in *Hydrangea macrophylla* leaf tissues on the 7th day after inoculation with strain YK-B

### 2.3 绣球花叶枯病原菌的形态学特征

将 YK-B 菌株转移至新的 PDA 培养基中,于 25 ℃ 培养箱中孵育 5 d,菌落颜色最初为白色,后逐渐变为灰白色(图 3A 和图 3B)。通过显微镜观察菌丝、孢子的形态特征并测定孢子大小,结果发现该菌株菌丝存在横隔膜和分枝(图 3C 和图 3D)。分生孢子形状为纺锤形,顶端有短喙或无喙,有纵隔膜和横隔膜(图 3E 和 3F),大小为(20~60 μm)×(9~18 μm)。根据观察到的形态特征,初步鉴定该病原菌为链格孢菌。

### 2.4 绣球花叶枯病菌的分子鉴定

提取的病原菌 DNA 用引物对 ITS1F/ITS4<sup>[4]</sup>、gpd-F/gpd-R<sup>[5]</sup>、OPA-F/OPA-R<sup>[6]</sup> 和 Alt-F/Alt-R<sup>[7]</sup> 进行 PCR 扩增及其产物测序,然后将序列上传至 GenBank (序列号分别为 OQ560480、OQ561765、OQ561766 和 OQ561764)(表 2)。



A 和 B:在 PDA 培养基上培养至第 5 d 的菌落形态;C:在 PDA 培养基上培养至第 5 d 的菌丝形态特征;D:在 PDA 培养基上培养至第 5 d 的分生孢子梗;E 和 F:在 PDA 培养基上培养至第 5 d 的分生孢子形态特征。

图 3 菌株 YK-B 的形态特征

Fig.3 Morphological characterization of strain YK-B

表 2 病原菌 YK-B 的寄主、采集地以及基因库登录号

Table 2 The host, collection location and GenBank accession number of the pathogenic strain YK-B

菌株名称	寄主	采集地点	基因库登录号			
			ITS	GAPDH	OPA	Alt a1
YK-B	绣球花	江苏省南京市 (32°04'N, 118°88'E)	OQ560480	OQ561765	OQ561766	OQ561764

通过 NCBI-Blast 序列比对分析发现,样品 rDNA-ITS 序列与 *A. alternata* (MK732100.1) 的一致性为 99%, rDNA-gpd 序列与 *A. alternata* (OM864665.1) 的一致性为 100%, rDNA-OPA 序列与 *A. alternata* (JF835883.1) 的一致性为 100%, rDNA-Alt 序列与 *A. alternata* (MN919193.1) 的一致性为 100%。多基因联合系统发育树分析结果显示,分离菌株 YK-B 与 *A. alternata* 菌株 Y-6-13 聚在同一个分支上(图 4),因此,分离菌株 YK-B 属于链格孢菌。

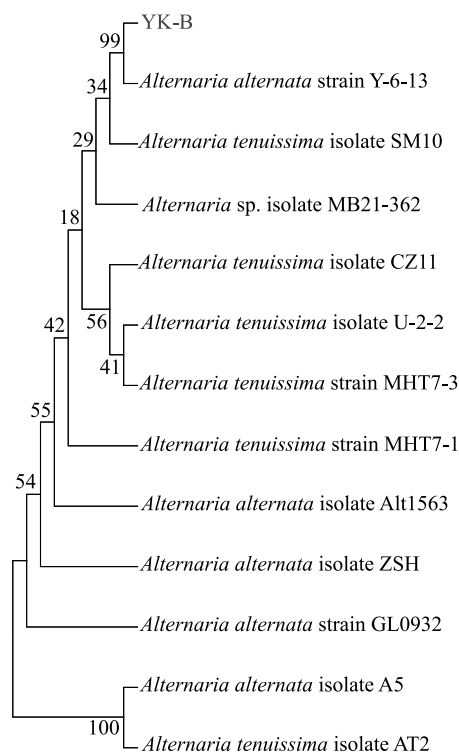


图 4 绣球花叶枯病菌株 YK-B 的多基因系统发育树

Fig.4 Multigene phylogenetic tree of hydrangea leaf blight strain YK-B

## 2.5 绣球花叶枯病菌株 YK-B 的生物学特性

### 2.5.1 不同碳源和氮源对 YK-B 菌株生长的影响

在不同碳源条件下培养至第 5 d 时, YK-B 菌落颜色存在较大差异:甘露醇为碳源时菌落呈现深灰绿色,山梨醇为碳源时呈现灰绿色。棉子糖为碳源时菌丝生长速率为 12.07 mm/d,显著高于葡萄糖、山梨醇、蔗糖、甘露醇和乳糖为碳源时的生长速率;乳糖为碳源时菌丝生长速率仅为 5.27 mm/d,故乳糖在一定程度上抑制了菌丝生长(图 5A 和图 5C)。在不同氮源条件下病原菌 YK-B 培养至第 5 d 时,菌落形态

与颜色也呈现较大差异。氮源为蛋白胨时菌丝生长速率达到了 14.13 mm/d,显著高于酵母粉、硝酸钠、磷酸氢二铵、磷酸二氢铵和尿素,尿素和磷酸二氢铵在一定程度上抑制了菌丝生长(图 5B 和图 5D)。

### 2.5.2 不同温度和 pH 对 YK-B 菌株生长的影响

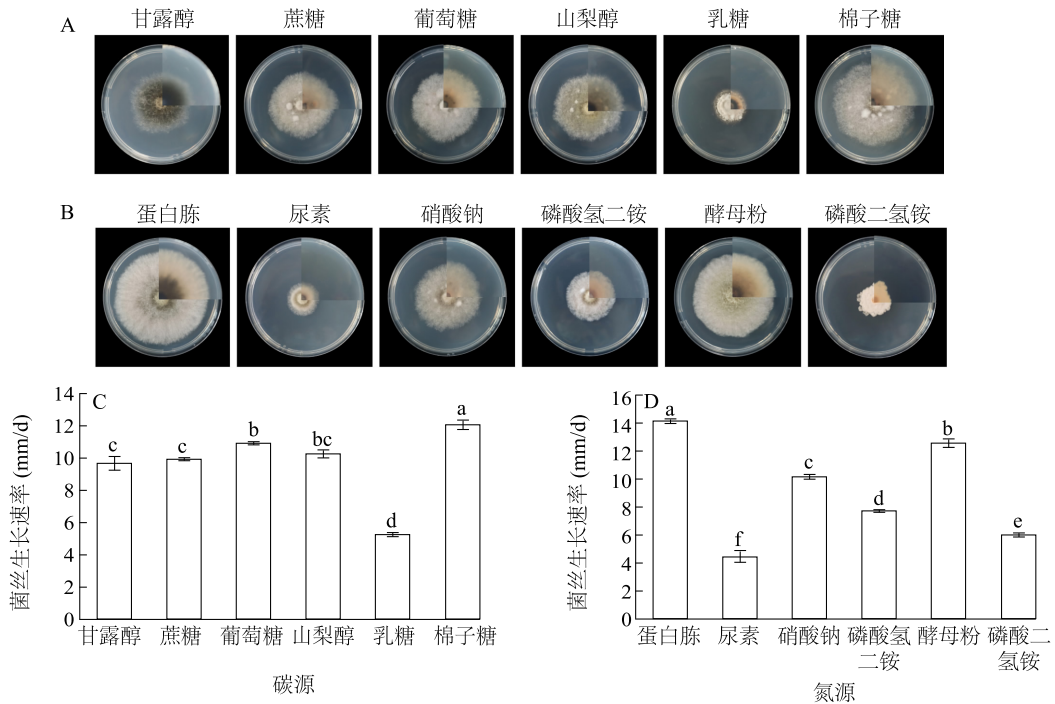
不同温度条件下 YK-B 菌丝生长速率差异显著,当温度在 25 °C 时菌丝生长速率显著高于其他试验温度,在 15 °C、20 °C 和 30 °C、37 °C 时菌丝生长受到抑制(图 6A、图 6C)。不同 pH 值下菌落生长形态有一定差异, pH 值为 9 和 10 时开始抑制菌丝向周围生长(图 6B)。pH 值为 7 时菌丝生长速率为 9.6 mm/d,显著高于 pH 值为 9 和 10 时菌丝生长速率(图 6D)。

## 2.6 杀菌剂对 YK-B 的毒力

不同杀菌剂对 YK-B 菌株生长的抑制效果见图 7A。氢氧化铜和王铜对 YK-B 菌株的抑制效果更好,显著优于苯甲丙环唑、肟菌·戊唑醇、吡唑醚菌酯、百菌清、多菌灵;在氢氧化铜抑制作用下 YK-B 培养到第 5 d 时菌丝生长速率仅为 1.1 mm/d,与 CK 相比降低 89.91%;多菌灵对 YK-B 菌株的抑菌率仅为 29.05%;在多菌灵抑制作用下病原菌菌株 YK-B 培养至第 5 d 时生长速率为 8.0 mm/d,与 CK 相比降低 26.61%(图 7B、图 7C)。

## 3 讨论

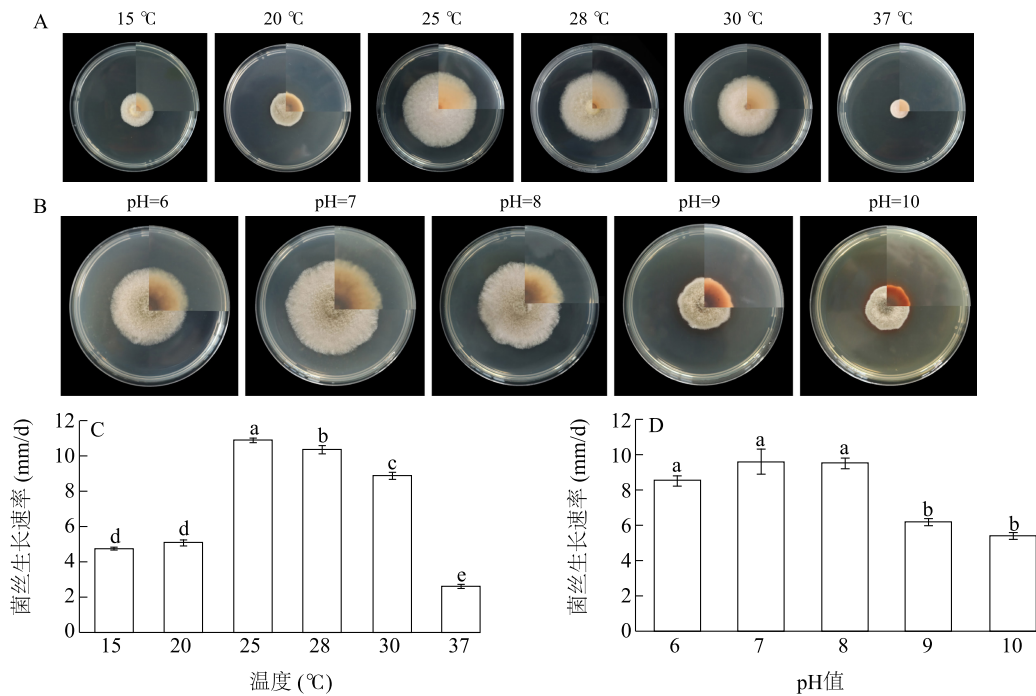
链格孢菌是自然界普遍存在的一种病原真菌,是引起植物病害和许多果蔬花卉采后腐烂的主要致病菌<sup>[22]</sup>,包括内生菌、腐生菌和致病菌等多个种群<sup>[23]</sup>,不同地区、不同寄主中的链格孢属真菌存在一定差异<sup>[24-25]</sup>。贾艺凡等<sup>[26]</sup>从各地梨园采集黑斑病病叶、病果研究发现,在江苏省南京市、陕西省铜川市、云南省昆明市梨黑斑病的主要致病菌是链格孢菌(*A. alternata*),然而在四川省成都市梨黑斑病的主要致病菌则是梨黑斑链格孢菌(*A. gaisen*)。Liu 等<sup>[27]</sup>研究发现链格孢菌是圆锥绣球褐斑病的主要致病菌。而陈存等<sup>[28]</sup>研究发现链格孢菌也是引起芍药轮纹病的主要致病菌。本研究通过形态学观察及多基因(*ITS*、*GAPDH*、*OPA* 和 *Alt*)序列分析,发现链格孢菌(*A. alternata*)是引起江苏省南京市绣球花叶枯病发病的病原菌。本次研究未涉及江苏省其他地区绣球花叶枯病的致病菌种类,有待于今后进一步开展研究。



A:不同碳源条件下菌落生长情况;B:不同氮源条件下菌落生长情况;C:不同碳源对菌丝生长速率的影响;D:不同氮源对菌丝生长速率的影响;图柱上不同小写字母表示处理间存在显著差异( $P < 0.05$ )。

图 5 不同碳源和氮源对 YK-B 菌株菌丝生长速率的影响

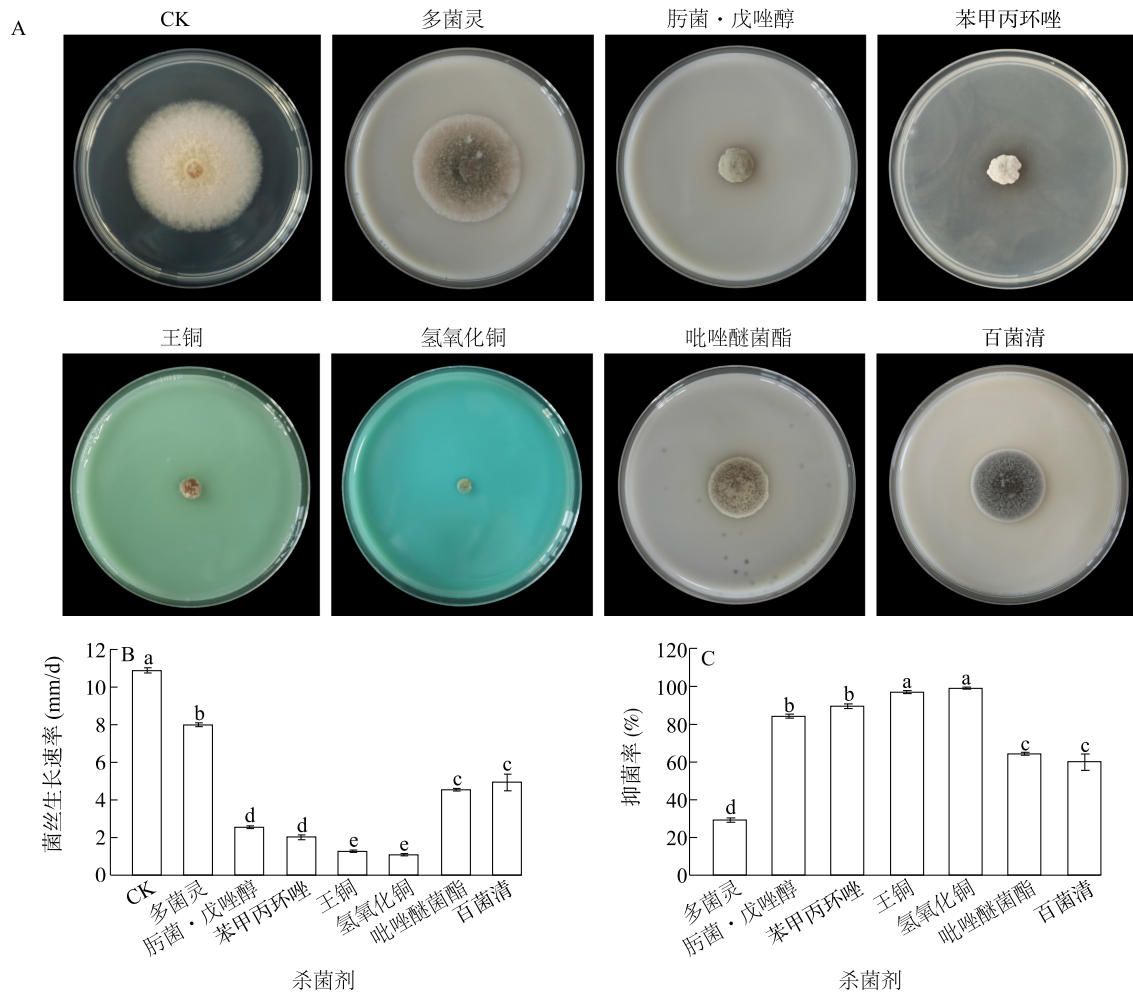
Fig.5 Effects of different carbon and nitrogen sources on mycelial growth rate of strain YK-B



A:不同温度条件下菌落生长情况;B:不同 pH 条件下菌落生长情况;C:不同温度对菌丝生长速率的影响;D:不同 pH 对菌丝生长速率的影响;图柱上不同小写字母表示处理间存在显著差异( $P < 0.05$ )。

图 6 不同温度和 pH 值对 YK-B 菌株菌丝生长速率的影响

Fig.6 Effects of different temperatures and pH values on mycelial growth rate of strain YK-B



A:不同杀菌剂下菌落的生长情况;B:不同杀菌剂对菌丝生长速率的影响;C:不同杀菌剂对菌丝抑制率的影响;图柱上不同小写字母表示处理间存在显著差异( $P < 0.05$ )。CK:对照,不含杀菌剂。

图7 不同杀菌剂对YK-B菌株菌丝生长速率和抑菌率的影响

Fig.7 Effects of various fungicides on the mycelial growth rate and antibacterial rate of strain YK-B

病原菌的生物学特性与相应病害的发生和流行密切相关<sup>[29]</sup>。其中,碳源和氮源对病原微生物是最重要的营养元素,也是其细胞结构组成的基本成分<sup>[10]</sup>。本研究中引起绣球花叶枯病的链格孢菌YK-B菌株最适宜的碳源和氮源分别是棉子糖和蛋白胨。王学文等<sup>[10]</sup>研究发现,引起元宝枫翅果褐斑病的链格孢菌YB26菌株最适碳源为甘露醇、最适氮源为牛肉膏;陈宸等<sup>[30]</sup>研究发现,引起金森女贞叶斑病链格孢菌最适宜的碳源是蔗糖或果糖,最适氮源是硝酸钾,与本研究结果不同。这可能是寄主的种类和地域差异导致。病原菌适宜的温度和pH对于病害的发生规律和防控措施的制订具有指导意义。本研究中,链格孢菌YK-B菌

株适宜菌丝生长的pH值为6~8,最适宜的温度是25℃。这与罗其鑫等<sup>[31]</sup>对蓝莓叶斑病病原菌的研究结果一致。

关于防治链格孢菌引起的病害,目前市场上虽然不乏微生物源和植物源农药制剂,但是考虑到防治成本和防治效果,生产上仍以化学杀菌剂防治为主,因此筛选能抑制该病原菌的化学药剂对绣球花叶枯病的防治具有重要意义。本研究结果表明,杀菌剂氢氧化铜对绣球花叶枯病病原菌链格孢菌YK-B具有很强的毒力,这与李有德等<sup>[32]</sup>在苹果上的研究结果以及詹庆玲等<sup>[33]</sup>在滁菊上的研究结果并不一致,推测可能是在苹果和滁菊等以食用和饮用为目的植物上铜制剂类农药

使用浓度受限或者供试菌株来自不同寄主植物导致。此外,本研究中杀菌剂筛选仅限于室内,田间防治效果还需要进一步验证。

## 4 结论

本研究通过病原菌的分离、形态观察、分子鉴定以及回接验证,成功鉴定出引起绣球花叶枯病的病原菌为链格孢菌,并明确了其生物学特性:菌丝生长最适碳源为棉子糖,最适氮源为蛋白胨,最适温度为 25 ℃,适宜的 pH 值为 6~8。此外,通过室内毒力测定发现氢氧化铜和王铜对 YK-B 菌株的抑制效果较好。本研究结果为绣球花叶枯病的诊断和防控提供了重要的科学依据,未来可进一步探讨该病原菌在不同环境条件下的流行规律以及田间防治效果,以期进一步完善绣球花叶枯病的综合防治策略。

### 参考文献:

- [1] QI X Y, CHEN S S, WANG H D, et al. Comparative physiology and transcriptome analysis reveals that chloroplast development influences silver-white leaf color formation in *Hydrangea macrophylla* var. *maculata*[J]. BMC Plant Biology, 2022, 22(1): 345.
- [2] CHEN S S, QI X Y, FENG J, et al. Biochemistry and transcriptome analyses reveal key genes and pathways involved in high-aluminum stress response and tolerance in *Hydrangea sepals* [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2022, 185: 268-278.
- [3] 邓衍明,陈慧杰,陈双双,等. 绣球花文化内涵及其在休闲农业中的应用研究[J]. 现代农村科技, 2023(11): 75-77.
- [4] 陈慧杰,严子楨,齐香玉,等. 不同绣球品种耐寒性评价及主要指标筛选[J]. 植物资源与环境学报, 2024, 33(2): 41-49.
- [5] AHMAD M Z, CHEN S S, QI X Y, et al. Genome wide analysis of HMA gene family in *Hydrangea macrophylla* and characterization of HmHMA2 in response to aluminum stress[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2024, 216: 109182.
- [6] ZHU J, CHEN J, WANG Y, et al. Leaf spot of *Hydrangea macrophylla* caused by *Corynespora cassiicola* in China [J]. Canadian Journal of Plant Pathology, 2020, 42(1): 125-132.
- [7] 陈慧杰,邓衍明,齐香玉,等. 绣球叶斑病原菌鉴定及其生物学特性[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(7): 106-111.
- [8] PARK M J, CHO S E, PARK J H, et al. First report of powdery mildew caused by *Oidium hortensiae* on mophead *Hydrangea* in Korea [J]. Plant Disease, 2012, 96(7): 1072.
- [9] JENNINGS C, BAYSAL-GUREL F, ALEXANDER L W. Powdery mildew of bigleaf *Hydrangea*: biology, control, and breeding strategies for resistance [J]. Horticulturae, 2024, 10(3): 216.
- [10] 王学文,于存. 元宝枫翅果褐斑病原菌鉴定、生物学特性及室内药剂毒力测定[J]. 植物病理学报, 2024, 54(1): 26-35.
- [11] CHOI J, JEONG M H, CHOI E D, et al. First report of brown spot caused by *Alternaria alternata* on potato (*Solanum tuberosum* L.) in Korea [J]. Plant Disease, 2022, 107(7): 2253.
- [12] SUN T R, YANG W T, SUN P C, et al. *Alternaria alternata* stimulates blackhead disease development of 'Korla' fragrant pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd) by regulating energy status and respiratory metabolism [J]. Postharvest Biology and Technology, 2023, 202: 112386.
- [13] CHUNG K R. Reactive oxygen species in the *Citrus* fungal pathogen *Alternaria alternata*: the roles of NADPH-dependent oxidase [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2014, 88: 10-17.
- [14] XIE Z Y, LI M M, WANG D K, et al. Biocontrol efficacy of *Bacillus siamensis* LZ88 against brown spot disease of tobacco caused by *Alternaria alternata* [J]. Biological Control, 2021, 154: 104508.
- [15] SUN H F, LI N, YAN Y, et al. First report of *Alternaria alternata* causing leaf blight on *Clematis terniflora* var. *mandshurica* in China [J]. Plant Disease, 2022, 106(8): 2264.
- [16] CHEN G, YANG L, LUO H L, et al. First report of leaf spot on passion fruit in China, caused by *Alternaria alternata* [J]. Plant Disease, 2023, 107(4): 1229.
- [17] GARIBALDI A, TABONE G, MATIC S, et al. First report of *Alternaria alternata* causing leaf spots on *Hibiscus syriacus* in Italy [J]. Journal of Plant Pathology, 2020, 102(3): 953.
- [18] SHI X J, WANG H J, YUAN H Y, et al. First report of *Alternaria alternata* inciting leaf spot of Dangshen (*Codonopsis pilosula*) in China [J]. Plant Disease, 2022, 106(12): 3215.
- [19] 刘志刚,余方伟,张伟,等. 甘蓝黑斑病原菌鉴定及其对杀菌剂的敏感性[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(4): 947-955.
- [20] 吕昭龙,李继平,郑果,等. 苹果炭疽叶枯病原菌分离鉴定及防治药剂的室内测定[J]. 植物医学, 2023, 2(1): 34-43.
- [21] 叶柳健,王小虎,韩佳临,等. 沃柑霉腐病原菌的鉴定、生物学特性及拮抗菌株筛选[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(13): 131-138.
- [22] 王婧,翟伟卜,高环,等. 链格孢引起的病害严重危害农作物生产并危及农产品安全[J]. 植物保护, 2017(4): 9-15.
- [23] 张斌,梅秀凤,黄峰,等. 中国柑橘黑腐病和褐斑病原菌的系统发育分析[J]. 植物病理学报, 2020, 50(1): 10-19.
- [24] 冯中红,孙广宇. 链格孢属及相关属分类研究新进展[J]. 菌物研究, 2020, 18(4): 294-303.
- [25] 王文青,李扬,向均,等. 我国梨产区引起黑斑病的链格孢种类鉴定与致病性研究[J]. 果树学报, 2020, 37(12): 1922-1933.
- [26] 贾艺凡,赵延存,李朝辉,等. 3种梨树链格孢病原菌的鉴定、遗传多样性及其对杀菌剂的敏感性[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(10): 137-144.
- [27] LIU Z H, SONG B, FU Y P, et al. First report of *Alternaria alternata* causing brown leaf spot disease on panicle *Hydrangea* (*Hydrangea paniculata*) in China [J]. Plant Disease, 2017, 101(12):

- 2147.
- [28] 陈存,刘燕,赵宇扬,等.芍药轮纹病病原菌的分离与鉴定[J].中药材,2024,47(7):1630-1633.
- [29] 袁玉涛,史娟,马新,等.紫花苜蓿白粉病病原菌鉴定及其生物学特性[J].微生物学通报,2020,47(11):3539-3550.
- [30] 陈宸,沙鹏飞,江学,等.金森女贞叶斑病原物的鉴定、生物学特性及防治药剂筛选[J].植物病理学报,2024,54(1):36-48.
- [31] 罗其鑫,杨莹,李思,等.蓝莓叶斑病原菌鉴定及生物学特性[J].江苏农业科学,2023,51(5):146-154.
- [32] 李有德,陈万杰,任维超,等.苹果上链格孢菌所致病害防治药剂筛选[J].现代农药,2023,22(6):52-58.
- [33] 詹庆玲,屠涵舒,王梦琪,等.‘滁菊’叶部病害病原菌鉴定与化学防治[J].南京农业大学学报,2024,47(3):443-452.

(责任编辑:黄克玲)