

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2026.01.002

张永至, 朱虹, 马冠华, 等. 川渝苍术黑斑病病原鉴定及其对 6 种杀菌剂敏感性测定 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2026, 48(1): 17-25.

川渝苍术黑斑病病原鉴定及其 对 6 种杀菌剂敏感性测定

张永至^{1,2}, 朱虹^{1,3}, 马冠华¹, 孙现超¹, 薛杨⁴1. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400716; 2. 昭通学院, 云南 昭通 657000;
3. 云南农业职业技术学院, 昆明 650031; 4. 西南大学 化学化工学院, 重庆 400715

摘要: 为鉴定引发川渝地区苍术黑斑病的病原, 并测定其对常用杀菌剂的敏感性, 将四川、重庆苍术种植基地采集的病原样品分离、纯化, 进行形态学观察和病原致病性测定, 结合病原菌 ITS 和 TEF1- α 基因序列进行 NCBI 比对, 构建基因发育树分析确定病原菌种类; 选取 6 种常用的杀菌剂, 用菌丝生长速率法测定其对苍术黑斑病病原菌的毒力方程, 筛选出高效的抑菌药剂。结果显示: 从两地病株中均分离得到了形态相似的菌株; 通过 ITS 序列及 TEF1- α 序列引物扩增的片段, 构建系统发育树并进行同源性比对, 综合分析苍术黑斑病病原菌为细极链格孢 (*Aternaria tenuissima*)。杀菌剂毒力测定结果表明: 苍术黑斑病病原菌对戊唑醇、苯醚甲环唑、腈菌唑、多菌灵均敏感, 其中对多菌灵最敏感, 有效抑制中浓度 (EC_{50}) 仅为 0.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

关键词: 苍术; 黑斑病; 病原鉴定; 毒力测定

中图分类号: S435.672 文献标识码: A

文章编号: 1673-9868(2026)01-0017-09

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Identification of Black Spot Disease in *Atractylodes lancea* from Sichuan and Chongqing and Mensuration of Its Sensitivity to 6 Fungicides

ZHANG Yongzhi^{1,2}, ZHU Hong^{1,3},
MA Guanhua¹, SUN Xianchao¹, XUE Yang⁴1. College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China;
2. Zhaotong University, Zhaotong Yunnan 657000, China;
3. Yunnan Vocational and Technical College of Agriculture, Kunming 650031, China;
4. College of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest University, Chongqing 400715, China

收稿日期: 2025-09-17

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31870147); 重庆市社会事业与民生保障创新专项(cstc2016shmszx0368)。

作者简介: 张永至, 硕士, 助教, 主要从事植物病害田间防治研究。

通信作者: 薛杨, 硕士, 实验师。

Abstract: To identify the pathogens causing black spot disease of *Atractylodes lancea* in the Sichuan-Chongqing regions and determine its sensitivity to six commonly used fungicides, pathogen samples were collected from *A. lancea* cultivation bases in Sichuan and Chongqing, were isolated and purified, and subjected to morphological observation and pathogenicity testing. The pathogens were identified by comparing the *ITS* and *TEF1- α* gene sequences with NCBI, and a phylogenetic tree was constructed for species determination. Six commonly used fungicide technical materials were selected, and the toxicity equations against the black spot disease pathogen of *A. lancea* were determined by the mycelial growth rate method to screen out effective bacteriostatic agents. The results showed that similar strains were isolated from diseased plants in both regions. Through the construction of a phylogenetic tree and homology comparison of the *ITS* and *TEF1- α* sequences, it was comprehensively analyzed that the pathogen causing black spot disease of *Atractylodes* was *Aternaria tenuissima*. The fungicide toxicity test results showed that the pathogen was sensitive to tebuconazole, difenoconazole, myclobutanil, and carbendazim, among which it was most sensitive to carbendazim, with an EC_{50} value of only 0.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Key words: *Atractylodes lancea*; black spot disease; pathogen identification; toxicity determination

苍术属于菊科(Asteraceae)草本植物苍术属(*Atractylodes*)多年生植物,国内分茅苍术(*Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.)和北苍术(*Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz)。在西汉时期就曾有记载,苍术味辛、苦,可以入药,具有燥湿健脾、祛风散寒、明目等功效^[1]。国内报道苍术的药用价值主要是抗炎、抗肿瘤、调节胃肠功能和代谢等,为多种疾病的治疗提供了新的思路和方法^[2],是急支糖浆的主要药用成分。近年来随着野生型苍术的资源枯竭,人工种植重茬的面积逐年增加,目前我国湖北、江苏、安徽、四川、重庆等地都有人工种植基地,仅重庆地区的栽培总量就已达 200 hm^2 ^[3-4]。苍术对环境要求严苛,近年来病害问题也越来越严重^[5],如内蒙古赤峰地区就曾发现有苍术黑斑病、苍术斑点病、苍术枯萎病、苍术菌核病等^[6]。苍术黑斑病目前已成为遏制苍术产业发展的重要病害之一,发病植株叶片从叶缘向内扩散,发病部位呈圆形或不规则,病斑显黑色或黑褐色,发病后期导致整面叶片变黑色焦枯状脱落^[7-10],严重影响了苍术的生产质量,因此对于苍术黑斑病的治理研究已刻不容缓。

在湖北地区对苍术黑斑病病原的鉴定曾有过报道,但缺少致病性测定;对于川渝地区苍术黑斑病研究少有报道,大部分的研究仅表明真菌会引发植株上黑斑病的发生。苏会荣等^[11]在红树林的白骨壤(*Avicennia marina*)中发现有零星的黑斑病,鉴定为番茄匍柄霉(*Stemphylium lycopersici*)。董宁等^[12]报道新疆地区链格孢(*A. alternate*)会引发香梨果萼黑斑病。赵金梅等^[13]曾在猕猴桃的黑斑病样品中鉴定出致病菌为链格孢(*A. alternate*)。黄大野等^[14]在重庆地区的水葫芦上也鉴定出了能形成黑斑的病原菌链格孢(*Alternaria* sp.);崔海洋等^[15]在河北秦皇岛地区人工种植的北苍术上也发现了黑斑病,鉴定其病原菌为茄链格孢(*Alternaria. solani*)。目前对于苍术黑斑病的防治研究也较少,徐晓斌等^[16]在对鄂西北地区苍术黑斑病上推荐使用新型苯醚甲环唑水分散粒剂,但具体毒力测定数据尚未有报道。

本研究对川渝地区苍术人工种植区进行了苍术黑斑病的调查,鉴定了黑斑病病原,并筛选了 6 种常见药剂对苍术黑斑病病原进行毒力测定,旨在为苍术黑斑病的防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

越冬苍术样品:从重庆涪陵、城口、巫溪、石柱采集田间越冬的苍术枯萎植株 10 株,带回实验室于室温下通风处保存。

苍术发病样品:从四川盐源、冕宁、甘洛采集一年生的苍术发病植株共 14 株,实验室分离鉴定。

试验所用的健康苍术:四川盐源种植基地提供种子在温室内种植备用。

PDA 培养基: 马铃薯 200 g, 葡萄糖 20 g, 琼脂 20 g, 去离子水 1 L; 链霉素、氨基青霉素, 赛默飞生物有限公司。

供试药剂: 98% 多菌灵、96% 腈菌唑、98% 吡唑醚菌酯、95% 苯醚甲环唑、98% 啶酰菌胺、97% 戊唑醇, 湖北康宝泰精细化工有限公司。6 种药剂配制为 $1 \times 10^4 \mu\text{g/mL}$ 的母液, 用于药剂毒力测定。

生化试剂: CATB 试剂、DNA 纯化回收试剂盒, 天根生化科技(北京)有限公司; $2 \times \text{Taq PCR Master Mix}$ 、DNA 连接试剂盒, 大连宝生物工程公司; T-载体试剂盒, 北京全式金生物技术有限公司; *ITS1/ITS4* 引物, 华大基因生物有限公司。

仪器: 倒置显微镜成像平台(Axio Observer), 蔡司集团。

1.2 试验方法

1.2.1 田间苍术病害发生调查及症状观察

苍术种植后, 次年 4—5 月在重庆涪陵、城口、巫溪、石柱和四川甘洛、盐源、冕宁的苍术种植区对苍术黑斑病的发生进行调查, 在种植区域内采用五点调查法, 每个点随机选取 10 株苍术, 观察记录苍术黑斑病的发生并拍照保存。

1.2.2 病原菌的形态观察

采用常规组织分离法和孢子分离法^[17]从越冬苍术及一年生苍术上得到纯化的菌株 FL1、FL2、FL3、FL4、FL5、FL6 及 YY1、YY2、YY3、YY4、YY5、YY6、YY7、YY8、YY9、YY10, 重新接种于 PDA 培养基上, 28 °C 恒温培养箱内培养 7~9 d 后观察和描述菌落的形状、颜色及基质颜色。在倒置显微镜下观察分生孢子的形态、大小并拍照记录, 查阅《中国真菌志·链格孢属》^[18]根据真菌形态检索真菌种类。

1.2.3 病原菌的致病力测定

按照柯赫氏法则, 选用种植在温室内的健康苍术叶片, 在实验室进行离体叶片接种试验。叶片用 75% 酒精进行表面消毒, 再用无菌水冲洗 3 遍后晾干备用。将叶片放置在垫有滤纸的培养皿内培养并用消毒的接种针在叶片表面造成微伤口, 取长满培养皿的菌株用直径 6 mm 的打孔器打好菌饼接种在苍术叶片表面, 对照组接种同样大小无菌的 PDA, 加入适量的无菌水在滤纸上保持湿润; 接种后每 2 d 观察记录 1 次, 将发病的叶片再次分离纯化, 得到的菌株与初始病原菌进行比较。

1.2.4 病原菌的分子生物学鉴定

病原菌 DNA 提取, 对在 PDA 培养基上纯化 8 d 的菌株 YY4 及 FL2 采用 CTAB 法提取基因组 DNA, 将得到的 DNA 样品放于 -20 °C 冰箱中保存备用。

根据真菌的保守基因通用引物 *ITS*(转录间区)序列、*TEF1- α* (翻译延伸因子)进行 rDNA-PCR 扩增, 引物参考 *ITS*(登录号: KY014551)、*EF*(登录号: AB513841)分别为: *ITS1*: 5'-TCCGTAGGT-GAACCTGCGG-3', *ITS4*: 5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'; *EF-1F*: 5'-CATCGAGAAGT-TCGAGAAGG-3', *EF-1R*: 5'-TACTTGAAGGAACCCTTACC-3'。PCR 反应体系为 25 μL : 12.5 μL $2 \times \text{Taq PCR Master Mix}$ (0.05 U/ μL 、*Taq DNA Polymerase*、4 mmol/L MgCl_2 、0.4 mmol/L dNTPs、 $2 \times \text{PCR}$ 反应缓冲液)、0.5 μL 引物 F、0.5 μL 引物 R、1.5 μL 样品 DNA、10 μL 无菌水。PCR 扩增程序设置为: 94 °C 预变性 5 min, 94 °C 变性 30 s, 55 °C 退火 30 s, 72 °C 延伸 60 s, 共 36 个循环, 最后 72 °C 延伸 10 min, 12 °C 保温。

PCR 扩增的产物经 1% 的琼脂糖凝胶电泳检测, 目的片段经 DNA 纯化回收试剂盒回收, 回收产物由北京六合华大基因科技股份有限公司进行测序。测序结果与 GenBank 数据库进行序列比对, 对比 GenBank 登录的链格孢属及近似属的序列, 经同源性分析, 利用 MEGA5 构建系统发育树, 分析亲缘关系, 以确定分类地位。

1.2.5 药剂敏感性测定

根据查阅的相关文献^[19-22], 利用菌丝生长速率法^[21]测定病原菌对药剂的敏感性: 将 6 种配制好的药剂

母液根据不同浓度梯度配制测定浓度,分别取 1 mL 母液加入到不同浓度的药剂稀释液(49 mL)中,灭菌冷却后倒入 50 °C 左右的 PDA 培养基中,混匀后分别倒入直径 9 cm 培养皿内,每 50 mL 倒 4 个培养皿。苯醚甲环唑、啮酰菌胺、戊唑醇的系列浓度为 0.1、0.4、1.6、6.4、25.6、102.4 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 腈菌酯和吡唑醚菌酯的系列浓度为 0.1、0.3、0.9、2.7、8.1、24.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 多菌灵的系列浓度为 0.1、0.2、0.4、0.8、1.6、3.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 6 种药剂的溶剂均为丙酮。用加入等量无菌水的 PDA 培养基平板作为空白对照,加入等量丙酮的 PDA 培养基平板作为溶剂对照。将纯化好的菌株用灭菌打孔器打 6 mm 的菌饼,接种于培养基中,密封后倒置在 28 °C 培养箱中培养 7 d,采用十字交叉法测定菌落直径,计算菌落直径平均值和菌丝生长抑制率。利用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计分析,求毒力回归方程(浓度对数值为 x ; 菌落抑制率几率值为 y)及抑制率为 50% 的有效抑制中浓度(EC_{50})、抑制率为 90% 的有效抑制浓度(EC_{90})、相关系数 R 。

2 结果与分析

2.1 田间发病统计及病状观察

在重庆涪陵、城口、巫溪、石柱和四川甘洛、盐源、冕宁的苍术种植区中调查苍术病害的发生情况,4 月下旬至 5 月初开始出现零星病斑,后期发病加重,发病率约在 23.2%,严重时达到 86.8%。田间发病的苍术(图 1a、1b)从基部开始向顶部蔓延,叶片出现黑褐色不规则病斑,逐渐向整片叶面扩展,直至整片叶片枯黄,可导致早期落叶,个别枝条枯死。一些叶片从边缘开始出现黑褐色病斑,然后向叶片内部扩展(图 1c),叶片褪绿开始变黄。



a. 黑斑病感染中期

b. 黑斑病感染后期

c. 叶片黑斑病侵病症

d. 健康植株

图 1 苍术田间发病病状及叶片发病症状

2.2 病原菌的分离纯化及形态特征

从重庆涪陵采集的越冬植株表面及四川盐源地区的发病苍术叶片上分离纯化得到 4 种疑似致病菌(FL2、FL4 及 YY4、YY7),将其接种在 PDA 培养基中 28 °C 培养,发现两地得到的菌株,菌落形态特征基本一致,确认为同一种致病菌,培养 1~2 d,外围菌丝均为白色绒毛菌落,并有气生菌丝产生,菌落的平均生长速率达 11.8 mm/d,菌丝由白色逐渐变为青褐色,并形成同心圆;9 d 后菌丝长满整个培养皿(图 2a、2b)。在光学显微镜下,分生孢子呈青褐色,倒棒状,倒梨状,多横隔,偶有纵隔;菌丝有横隔,长短不一,呈青褐色(图 2c、2d)。根据《中国真菌志·链格孢属》^[18]记载的分类标准,将分离得到的菌株初步判定为细极链格孢(*Alternaria tenuissima*)、链格孢(*A. alternata*)、长柄链格孢(*Alternaria longips*)。

2.3 病原菌致病性测定

将纯化得到的 YY4 菌落针刺接种在健康的苍术叶片上,28 °C 皿内保湿培养,3 d 后,接种的叶片开始出点褐色小斑点,逐渐向周围扩展;7 d 后接种部位出现明显褐色坏死斑,发病症状与田间自然发病的苍术植株基本相同(图 3)。切取发病叶片病健交界处进行组织分离培养,获得与接种的病原菌形态特征一致的菌落,可以确定分离得到的病原菌即为苍术黑斑病的病原菌。

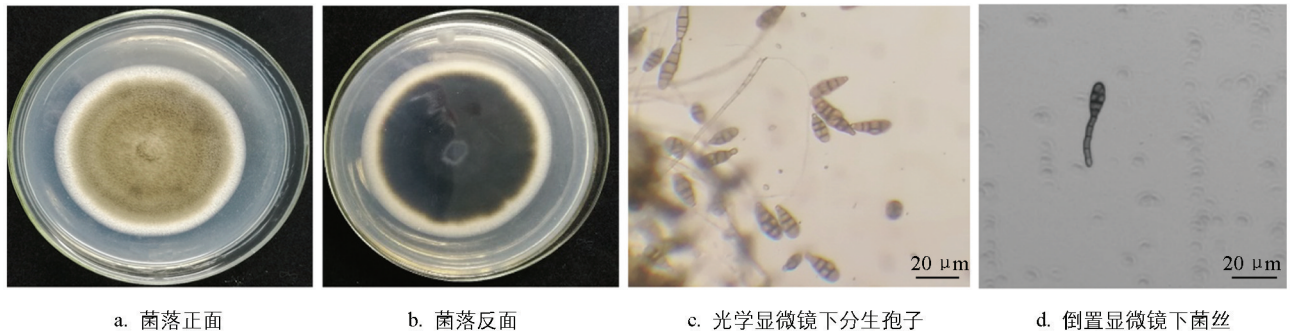


图 2 苍术黑斑病病原菌形态

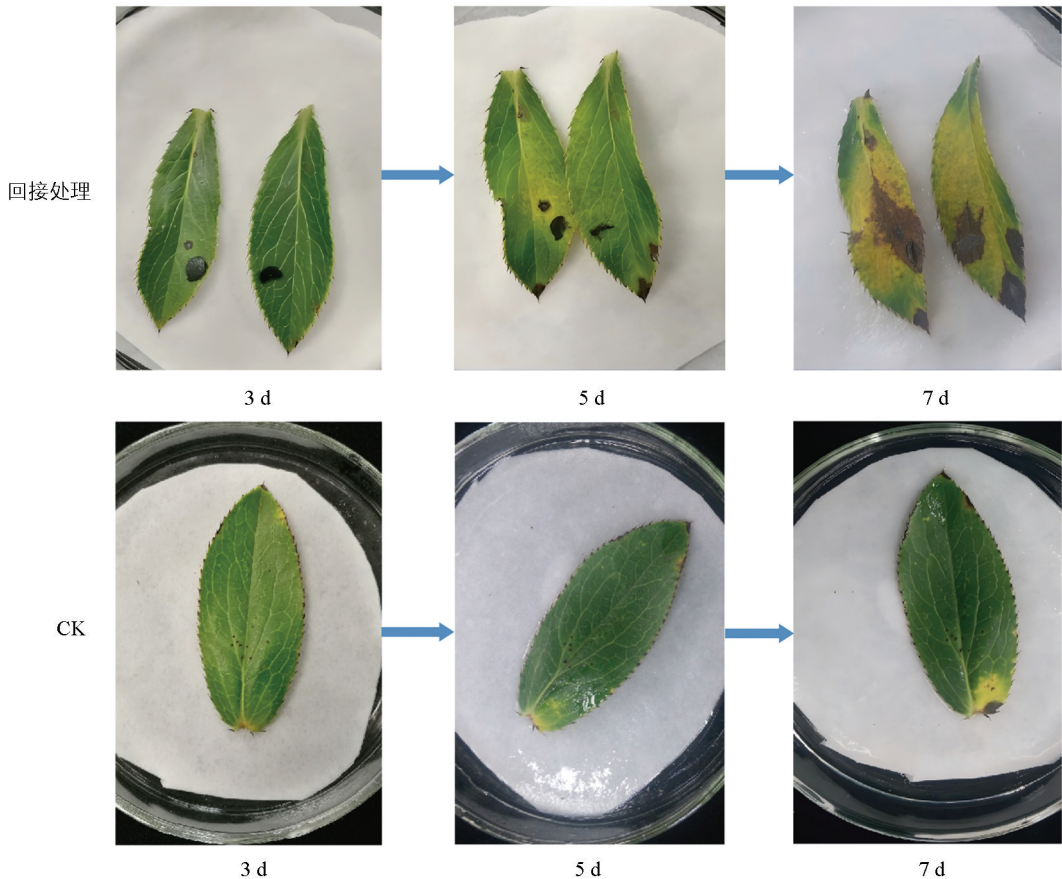


图 3 病原菌的致病性测定

2.4 菌株保守基因序列扩增及分析

选取 FL2 及 YY4 菌株基因组 DNA 作为模板进行保守基因序列扩增, 根据真菌通用引物 *ITS1* 和 *ITS4*、*EF-1R* 和 *EF-1F* 扩增出 570 bp、280 bp 的片段, 将扩增片段测序后得到的结果提交至 GenBank。利用 BLAST 进行同源性比较, 将菌株样品的 *ITS* 序列与链格孢属 (*Alternaria*) 22 种真菌的 *ITS* 序列构建系统发育树 (图 4), 结果显示样品菌株 FL2、YY4 与 *A. tenuissima*、*A. alternata*、*A. brassicae* 聚在同一分支上, 且该病原菌的 *ITS* 序列与这 3 种菌的同源性最高可达 100%。菌株样品的 *TEF1- α* 基因序列与 *Alternaria* 中 16 种真菌的 *TEF1- α* 序列构建系统发育树 (图 5), 结果表明菌株样品的 *TEF1- α* 基因序列同 *A. tenuissima*、*A. alternata*、*A. citrimaculata* 聚在同一分支上, 并与 *A. tenuissima*、*A. alternata* 的同源性为 100%。综合比对结果显示, 菌株样品的 *ITS*、*TEF1- α* 基因序列与 *A. tenuissima*、*A. alternata* 的同源性更高。形态学鉴定中观察到该致病菌的分生孢子分隔处轻微缢缩, 且分生孢子属于明显的长分生孢子, 再结合分子生物学鉴定, 判定川渝地区引起苍术黑斑病的病原菌为细极链格孢 (*A. tenuissima*)。

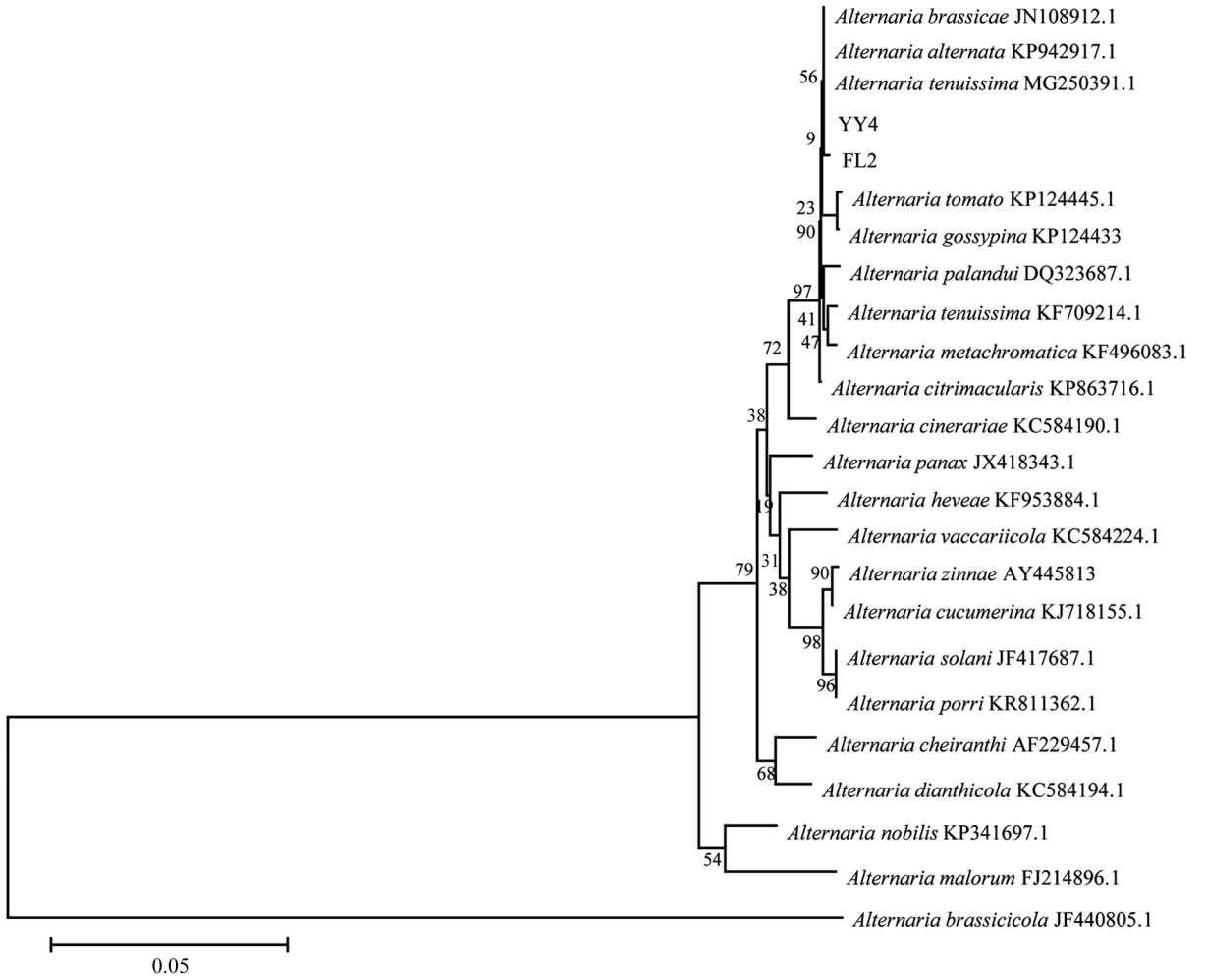


图 4 样品菌株 FL2 和 YY4 的 ITS 序列与链格孢属 22 种真菌的 ITS 序列聚类分析树状图

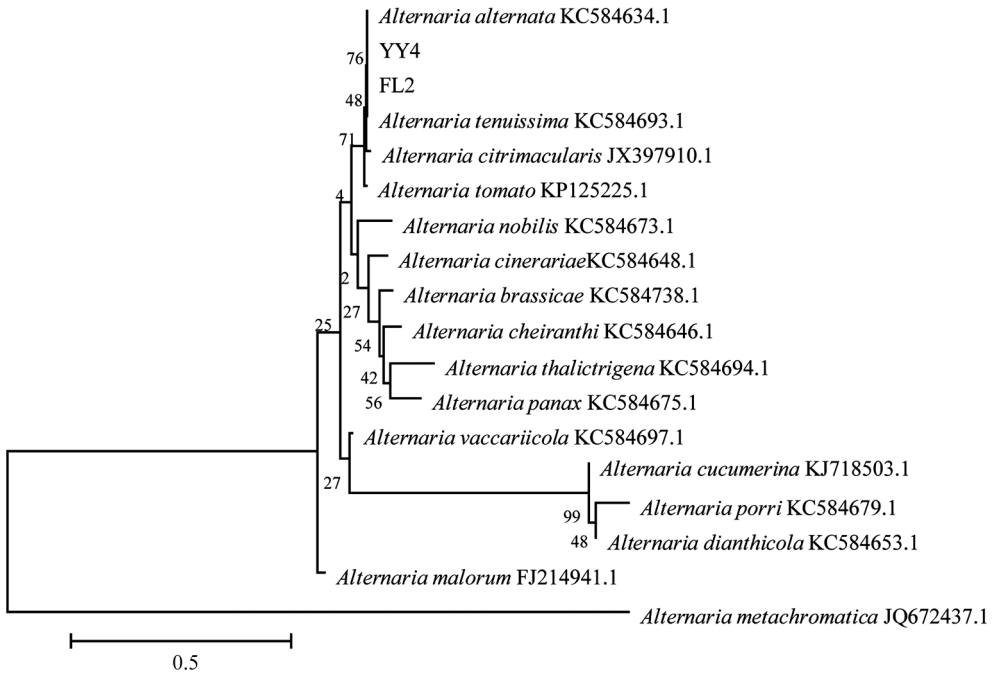


图 5 样品菌株 FL2 和 YY4 的 TEF1-α 序列与链格孢属 16 种真菌的 TEF1-α 序列聚类分析树状图

2.5 药剂的敏感性测定

6 种化学药剂的毒力回归方程、 EC_{50} 、 EC_{90} 及相关系数(R)见表 1, 供试药剂的相关系数 $R > 0.9$, 即认为毒力回归方程成立。由表 1 可知, 每种药剂的毒力回归方程的斜率与药剂毒力成正比, 其中多菌灵的斜率值最大, 说明病原菌对 98% 多菌灵更为敏感, EC_{50} 仅为 $0.50 \mu\text{g}/\text{mL}$; 浓度为 $1.30 \mu\text{g}/\text{mL}$ 时即可达到 EC_{90} 。97% 戊唑醇、95% 苯醚甲环唑、96% 腈菌唑对病原菌的抑制效果比较好, EC_{50} 均小于 $2 \mu\text{g}/\text{mL}$, 分别是 1.06 、 1.52 、 $1.76 \mu\text{g}/\text{mL}$, 其次是 98% 吡唑醚菌酯和 98% 啶酰菌胺。

表 1 6 种药剂对链格孢菌的室内毒力测定结果

处理药剂	毒力回归方程	相关系数(R)	EC_{50} / $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	EC_{90} / $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$
98% 啶酰菌胺	$y = 0.7653x + 4.5118$	0.9832	4.34	216.95
98% 吡唑醚菌酯	$y = 1.0664x + 4.6613$	0.9811	2.49	37.92
97% 戊唑醇	$y = 1.0812x + 4.9715$	0.9567	1.06	16.93
95% 苯醚甲环唑	$y = 1.5943x + 4.7117$	0.9731	1.52	9.91
96% 腈菌唑	$y = 1.0233x + 4.7489$	0.9863	1.76	32.78
98% 多菌灵	$y = 3.1337x + 5.9420$	0.9741	0.50	1.30

3 讨论与结论

3.1 讨论

链格孢属(*Alternaria*)真菌中有 90% 的种可以引起作物病害, 给农业生产带来较大的损失^[23]。本研究首次在重庆涪陵及四川盐源发现了苍术黑斑病, 分离得到的病原在 PDA 培养基上所表现的菌丝初期为白色, 后期从基部开始变为青褐色, 最后变为黑色, 分生孢子单生, 长椭圆形, 一端尖, 多横隔, 偶有纵隔, 与王义勋等^[24]在湖北调查发现的黑斑病病原形态类似。分子生物学鉴定是现代生物学鉴定中最常见的手段, 其中 *ITS*、*TEF1- α* 、*TUB* 等基因均是适用于物种鉴定的诊断工具^[25]。本研究对苍术黑斑病病原的 2 种保守基因 *ITS*、*TEF1- α* 序列扩增后, 比对到的结果均与 *A. tenuissima*、*A. alternata* 有很高的同源性。Fan 等^[26]在苎麻上鉴定出引发苎麻黑斑病的病原菌为 *A. alternata*, 据其形态学鉴定的结果发现 *A. alternata* 的分生孢子无缢缩。本研究两个地点所分离的链格孢分生孢子更接近椭圆, 综合分析, 重庆涪陵及四川盐源的苍术黑斑病病原为细极链格孢(*A. tenuissima*)。

细极链格孢是一种普遍存在的叶部病害斑病原体, 可侵染多种作物, 例如花椒褐斑病、苹果斑点落叶病、猕猴桃黑斑病、甜瓜黑斑病、芹菜叶斑病、草莓黑斑病、樱桃黑斑病等作物^[13, 27-31]; 同时细极链格孢也是刺五加黑斑病、地黄叶斑病、太子参叶斑病等药用作物病害的病原体^[32-34]。本研究表明, 细极链格孢(*A. tenuissima*)也可引起苍术发生黑斑病。

本研究中各种药剂的毒力测定方程反映了 6 种药剂对病原菌的抑制效果: 干扰细胞分裂的药剂多菌灵对病原菌的抑制效果最好; 而戊唑醇、苯醚甲环唑及腈菌唑等药剂次之; 啶酰菌胺和吡唑醚菌酯对于病原菌的抑制效果不及前两类药剂明显。以上 6 种药剂均属于内吸性药剂, 其中啶酰菌胺和吡唑醚菌酯通过阻止线粒体中的呼吸作用, 抑制能量传递来呈现杀菌活性; 戊唑醇、苯醚甲环唑和腈菌唑通过阻碍真菌麦角甾醇的生物合成, 起到影响生物膜的形成和渗透作用^[35-37]; 多菌灵通过干扰病原菌有丝分裂中纺锤体的形成影响细胞分裂, 但病原菌的特定位点如发生突变会导致对此类杀菌剂产生抗性, 因此在长期使用杀菌剂的情况下, 容易产生具有抗性的病原菌, 使得药剂对病害的抑制效果下降^[38-39]。戊唑醇、苯醚甲环唑对猕猴桃褐斑病的病原链格孢(*A. alternata*)抑制效果最强^[13], 在本研究中这两种药剂抑菌效果也较好。敖显禧等^[40]针对贵州核桃叶斑病药剂筛选中用 17 种药剂对病原进行毒力测定, 发现苯醚

甲环唑对病原木贼镰刀菌(*Fusarium equiseti*)的防治效果较好。文克俭等^[41]在测定 6 种杀菌剂对 3 种禾草病害的防治研究中也表明多菌灵对禾草云斑病的防治效果最好。多菌灵作为一种广谱性杀菌剂,对其他作物的病害也有一定的抑制作用,对链格孢叶斑病(*Alternaria alternata*)、葡萄孢灰霉病(*Botrytis cinerea*)、葡萄孢斑点病(*Botrytis polygoni*)、离蠕孢叶枯病(*Bipolaris zeae*)、轮斑病菌(*Didymella rhei*)和匍柄霉褐斑病(*Stemphylium vesicarium*)病原菌菌丝生长抑制作用较好($EC_{50}=0.049 \mu\text{g/mL}$),但对平头炭疽菌(*Colletotrichum truncatum*)抑制效果一般($EC_{50}=0.197 \mu\text{g/mL}$)^[42-44],本研究显示多菌灵对苍术黑斑病的抑制效果最好。

3.2 结论

侵染重庆涪陵及四川盐源的苍术,引发苍术黑斑病的病原为细极链格孢(*A. tenuissima*),药剂的室内毒力测定中,多菌灵对病原的抑制效果最佳,对于苍术黑斑病的防治具有一定的作用及潜力。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [2] 贾颖辉, 宋凯, 田雨. 苍术的主要化学成分和药理作用研究进展 [J]. 上海中医药杂志, 2025, 59(8): 96-100.
- [3] 曹敏, 胡开治, 刘燕琴, 等. 高通量测序分析重庆地区茅苍术根际丛枝菌根真菌多样性 [J]. 微生物学通报, 2020, 47(9): 2877-2886.
- [4] 周明, 刘兴杰, 刘大会, 等. 湖北秦巴山区茅苍术高效生产技术 [J]. 黑龙江农业科学, 2025(9): 124-128.
- [5] 徐海娇, 葛昕欣, 周如军, 等. 辽宁省北苍术病害调查及种类鉴定 [J]. 植物保护, 2016, 42(6): 143-148, 153.
- [6] 郭成, 袁树先, 田慧敏, 等. 赤峰地区北苍术病害调查及绿色防控技术探讨 [J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2024, 40(3): 1-5.
- [7] 徐燕. 苍术黑斑病病菌的分离鉴定与干预 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2022.
- [8] 全国植物检疫标准化技术委员会. 柑橘黑斑病菌检疫鉴定方法: GB/T 40453—2021 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [9] GAT T, LIARZI O, SKOVORODNIKOVA Y, et al. Characterization of *Alternaria* Causing Black Spot Disease of Pomegranate in Israel Using a Molecular Marker [J]. Plant Disease, 2012, 96(10): 1513-1518.
- [10] 梁萍, 黄艳花, 陈丹. 富贵菜黑斑病研究初报 [J]. 江苏农业科学, 2008, 36(1): 90-93.
- [11] 苏会荣, 何红, 林巧玲, 等. 红树植物—白骨壤黑斑病病原菌的分离与鉴定 [J]. 植物病理学报, 2016, 46(1): 131-134.
- [12] 董宁, 冯安祖, 王兰, 等. 南疆骏枣黑斑病症状表现及病原菌鉴定 [J]. 植物保护学报, 2016, 43(6): 922-927.
- [13] 赵金梅, 高贵田, 谷留杰, 等. 中华猕猴桃褐斑病病原鉴定及抑菌药剂筛选 [J]. 中国农业科学, 2013, 46(23): 4916-4925.
- [14] 黄大野, 李宝聚, 石延霞, 等. 三种多菌灵耐药性链格孢属真菌 β -tubulin 基因的序列特征 [J]. 菌物学报, 2012, 31(5): 710-716.
- [15] 崔海洋, 冯丽娜, 齐慧霞, 等. 秦皇岛市北苍术三种叶部病害病原菌的鉴定 [J]. 植物病理学报, 2021, 51(5): 807-812.
- [16] 徐晓斌, 寇章贵, 孙卫海. 鄂西北山区苍术常见病害防治探讨 [J]. 湖北植保, 2020(3): 46-49.
- [17] 高微微. 介绍一种简便的真菌单孢子分离方法 [J]. 中国中药杂志, 1992, 17(3): 148.
- [18] 张天宇. 中国真菌志·链格孢属 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [19] 胡延生, 建德锋, 刘显臣, 等. 7 种杀菌剂对欧李叶黑斑病室内毒力测定及田间药效试验 [J]. 中国南方果树, 2016, 45(6): 113-115.
- [20] 王义勋, 贾凤姣, 李阳, 等. 苍术黑斑病菌(*Alternaria tenuissima*)生物学特性研究 [J]. 植物保护, 2007, 33(3): 107-110.
- [21] 刘艳祥, 郭庆元, 王登元, 等. 新疆红枣黑斑病防治药剂筛选 [J]. 河南农业科学, 2016, 45(9): 78-83.

- [22] 刘晓慧, 杨体诗, 郜先柱, 等. 不同药剂对烟草赤星病的防治效果 [J]. 中南农业科技, 2023(6): 240-241, 247.
- [23] 高芬, 吴元华. 链格孢属(*Alternaria*)真菌病害的生物防治研究进展 [J]. 植物保护, 2008, 34(3): 1-6.
- [24] 王义勋, 江明, 郑露, 等. 苍术黑斑病病原鉴定 [J]. 植物病理学报, 2006, 36(5): 477-480.
- [25] 韦喜爱. 植物真菌新病害快速鉴定技术及应用 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2024.
- [26] FAN Z R, FAN H Y, DING Y, et al. First Report of Leaf Black Spot Caused by *Alternaria alternata* on American Persimmons in China [J]. Plant Disease, 2023, 107(10): 3299.
- [27] 孟祥龙, 张祺, 石朝阳, 等. 河北省苹果果实黑点病的症状与病原研究初报 [J]. 植物病理学报, 2021, 51(4): 496-506.
- [28] 施兆荣, 张广荣, 孙述俊, 等. 甘肃省甜瓜黑斑病菌(*Alternaria tenuissima*)的分离鉴定 [J]. 园艺学报, 2022, 49(2): 427-436.
- [29] 谢林, 蔡海林, 李建勇, 等. 长沙烟区烟草赤星病病害调查与病原菌鉴定 [J]. 中国烟草科学, 2025, 46(2): 45-51.
- [30] 张建强, ABDRAMANE S Z, 王江来, 等. 芹菜叶斑病病原菌链格孢菌剂筛选 [J]. 新疆农业科学, 2022, 59(7): 1748-1757.
- [31] 孙健智, 冉文青, 冯立超, 等. 草莓黑斑病病原鉴定及对药剂的敏感性 [J]. 农药, 2023, 62(11): 828-832.
- [32] 何洁, 梁霜, 张国俊, 等. 太子参叶斑病病原鉴定及室内药剂筛选 [J]. 南方农业学报, 2021, 52(8): 2124-2132.
- [33] 李海骋, 王繁珍, 姜永成, 等. 地黄叶斑病病原鉴定及室内药效检测 [J]. 河南农业科学, 2024, 53(4): 92-101.
- [34] 丁艳哲, 姚鑫鑫, 孙卓, 等. 刺五加黑斑病生防细菌分离、鉴定、优选及发酵条件优化 [J]. 生物技术通报, 2024, 40(12): 218-226.
- [35] 严清平, 袁善奎, 王晓军, 等. 5 种链格孢属植物病原真菌对 10 种杀菌剂的敏感性比较 [J]. 植物保护, 2008, 34(2): 124-127.
- [36] 李梅, 杨谦, 宋金柱. 多菌灵抗性基因在球毛壳中的转化 [J]. 高技术通讯, 2002, 12(2): 43-45.
- [37] MAZELLIER P, LEROY É, LEGUBE B. Photochemical Behavior of the Fungicide Carbendazim in Dilute Aqueous Solution [J]. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 2002, 153(1-3): 221-227.
- [38] 王治颖. 稻曲病菌两个 β -微管蛋白同源基因的功能及其介导多菌灵抗性的作用研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2025.
- [39] 张佳星, 戴德江, 刘亚慧, 等. 杭白菊叶枯病病原菌鉴定及其对多菌灵的抗性机制 [J]. 植物保护学报, 2019, 46(4): 787-794.
- [40] 敖显禧, 欧阳浩, 杨文佳, 等. 贵州省核桃叶斑病病原菌鉴定、生物学特性及防治药剂筛选 [J]. 南方农业学报, 2024, 55(7): 2126-2136.
- [41] 文克俭, 罗天琼, 张莉, 等. 6 种杀菌剂对 3 种禾草病害的防治研究 [J]. 草业学报, 2013, 22(3): 124-131.
- [42] 朱亚楠, 王冰雪, 戴祎卓, 等. 保定辣椒炭疽病菌鉴定及对 5 种药剂的敏感性 [J]. 植物保护, 2025, 51(3): 339-344, 353.
- [43] 贾惠言, 付岩, 王全胜, 等. 杨梅中 5 种杀菌剂多残留检测方法比对 [J]. 湖北农业科学, 2025, 64(7): 164-170.
- [44] 钱永生, 蔡苏, 马婉琴, 等. 4 种杀菌剂对红花芍药褐斑病的室内毒力 [J]. 浙江农业科学, 2015, 56(9): 1454-1456.

责任编辑 周仁惠