

明日叶茎基腐病病原菌鉴定及生物学特性研究

周洁^{1,2}, 文生巧³, 齐传东^{1,2}, 杨硕⁴, 肖颖^{1,2}, 吴金平^{1,2}, 郭凤领^{1,2}

(1. 湖北省农业科学院经济作物研究所 武汉 430064; 2. 湖北省蔬菜种质创新与遗传改良重点实验室 武汉 430064;
3. 中华人民共和国武汉海关 武汉 430040; 4. 咸宁市农业科学院 湖北咸宁 437100)

摘要:为了明确明日叶(*Angelica keiskei*)茎基腐病致病菌及其生物学特性,采用组织分离法对明日叶茎基腐病样进行病原菌分离纯化,通过柯赫氏法则进行致病性验证,通过形态观察结合 rDNA-ITS 序列比对进行病原鉴定,对致病菌的最佳碳氮源等生物学特性进行测定,并在室内检测 11 种商品药剂对病原菌的抑制效果。结果表明,明日叶茎基腐病致病菌为核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*),该病原菌最适生长温度为 25 °C;供试范围中所有 pH 范围均可生长,最适 pH 值为 5;供试碳氮源中对葡萄糖、蔗糖和 D-果糖的利用率最高,菌落直径最大,达到 6.22 cm,最佳氮源为酵母提取物,菌落直径达到 7.27 cm。在室内药效测定试验的 11 种药剂中,50% 异菌脲对菌株 MF1 的抑菌效果最佳,菌丝生长抑制率达到 88.89%。综上所述,首次确定了引起明日叶茎基腐烂的病原菌为核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*),通过调节土壤酸碱度可能有利于减轻病害,50% 异菌脲可作为田间化学防治的备选药剂。

关键词:明日叶;核盘菌;生物学特性;杀菌剂筛选

中图分类号:S567.23'9

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2023)05-044-07

Identification and biological characteristics of basal stem rot pathogen on *Angelica keiskei*

ZHOU Jie^{1,2}, WEN Shengqiao³, QI Chuandong^{1,2}, YANG Shuo⁴, XIAO Ying^{1,2}, WU Jinping^{1,2}, GUO Fengling^{1,2}

(1. Institute of Economic Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, Hubei, China; 2. Hubei Key Laboratory of Vegetable Germplasm Enhancement and Genetic Improvement, Wuhan 430064, Hubei, China; 3. Wuhan Customs District P.R.China, Wuhan 430040, Hubei, China; 4. Xianning Academy of Agricultural Sciences, Xianning 437100, Hubei, China)

Abstract: To identify the pathogen of basal stem rot on *Angelica keiskei* and clarify the biological characteristics, the pathogenic fungus were isolated by tissue isolation method, pathogenicity test was complied to Koch's rule. The pathogen was identified by the morphology and analysis of rDNA-ITS sequence. The biological characteristics of the pathogen were determined, and the inhibitory effects of 11 kinds of fungicides on the pathogen was screened. The results showed that *Sclerotinia sclerotiorum* was the pathogen of *Ashitaba* stem rot, the optimal temperature of the pathogen growth was 25 °C, the optimal pH value in the test range was 5. Among the tested carbon and nitrogen sources, the utilization rate of glucose, sucrose and D-fructose was the highest, and the maximum colony diameter was 6.22 cm; the best nitrogen source was yeast extract, the colony diameter was 7.27 cm. The result of toxicity tests of 11 fungicides against MF1 showed the antifungal effect of 50% iprodione was the best, the inhibition rate of mycelium growth was 88.89%. In conclusion, *S. sclerotiorum* was identified for the first time as the pathogen of basal stem rot on *Angelica keiskei* in this study. The disease may be effectively alleviated by adjusting the pH of the soil. 50% iprodione can be used as an alternative agent for chemical control of this disease in the field.

Key words: *Ashitaba*; *Sclerotinia sclerotiorum*; Biological characteristics; Fungicide screening

明日叶(*Angelica keiskei*)属于伞形科当归属,是一种多年生草本植物,原产于日本,因当地居民常食之而寿命长,故有“长寿草”之称^[1]。作为药食

同源植物,其嫩茎叶不仅可鲜食,还可用于茶叶、酒品等营养功能性食品及食品工业方面^[2-3],极具开发前景。目前,明日叶已在我国海南、云南、广东、山

收稿日期:2022-09-26;修回日期:2022-11-15

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-24-G-17)

作者简介:周洁,女,助理研究员,主要从事特色蔬菜资源挖掘利用工作。E-mail:384881257@qq.com

通信作者:吴金平,女,研究员,主要从事特色蔬菜资源挖掘利用工作。E-mail:274184394@qq.com

郭凤领,女,研究员,主要从事特色蔬菜栽培研究工作。E-mail:444769935@qq.com

东、四川等地引进种植,667 m²产值可达上万元,有望成为回报率高、产值高的新兴高效农业项目^[4]。随着明日叶产业的发展,其种植规模日益扩大,种植过程中病害的发生对该产业的健康发展将造成一定影响。

作为一项新兴产业,国内外对于明日叶的研究多集中在栽培措施、营养品质、功能成分和药用价值等方面。罗玉兰等^[5]比较了设施大棚、露地大田和盆栽种植明日叶的生长情况及品质,结果表明,采用设施大棚种植明日叶效果最好,可在实现明日叶周年供应的同时提高其产量与品质。王亚楠等^[6]通过对明日叶不同部位营养成分分析发现,其叶相较于茎更具有营养价值和利用价值。Aulifa等^[7]发现,明日叶叶片提取物具有抗氧化剂和酪氨酸酶抑制剂的功效;Yoshioka等^[8]研究发现,明日叶具有防治肌肉萎缩的功效。随着明日叶功能开发和产业发展,明日叶病害的相关研究近年来才逐渐受到重视。Sakamoto等^[9]从日本种植的明日叶斑驳叶片中分离到一种花叶病毒,经鉴定发现,该病毒为马铃薯Y病毒属中的一种新病毒。Wu等^[10]、周洁等^[11]发现,由链格孢引起的叶斑病可导致明日叶减产近40%,研究了叶斑病病原菌生物学特性,同时进行了室内药效测定^[10-11]。

植物茎基腐病的致病病原种类相对较多,其中镰刀菌占多数。小麦茎基腐病原菌为镰刀菌,其中假禾谷镰刀菌的致病力最强,但不同来源和不同菌株的假禾谷镰刀菌之间致病力也存在差异^[12]。百香果茎基腐病原菌为腐皮镰刀菌,甲苯醚菌酯对其防治效果较好^[13]。张艳婷^[14]发现,6种不同的病原菌均能引起草莓茎基腐病,其中暹罗炭疽菌、尖孢镰刀菌和木贼镰刀菌的致病力最强。漆永红等^[15]研究发现,尖孢镰刀菌、茄病镰刀菌和木贼镰刀菌均能侵染党参导致茎基腐病的发生,其中尖孢镰刀菌致病性最强,为优势种,苯醚甲环唑对3种镰刀菌均有很强的抑制活性。此外,镰刀菌在鸢尾^[16]、蓝莓^[17]、马铃薯^[18]等多种作物上均可侵染导致茎基腐病的发生。前人研究报道其他病原菌也可导致植物茎基腐的发生,王飞等^[19]发现丹参茎基腐病原菌为链格孢属细极链格孢,而西葫芦茎基腐病原菌则是露湿拟漆斑菌^[20]。

随着明日叶功能成分研究的日益完善,其应用前景日趋广阔,种植规模也逐渐扩大,但明日叶病害相关研究较少,关于明日叶茎基腐病原菌的研究尚未报道,其致病病原尚不明确。因此,笔者结合

病原菌形态和 rDNA-ITS 序列分析,对明日叶茎基腐病原菌进行鉴定,同时进行病原菌生物学特征测定和室内药剂筛选,以期为明日叶茎基腐病的防治提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

明日叶茎基腐病病样于2021年5月采自湖北省农业科学院经济作物研究所蔬菜试验示范基地。供试马铃薯琼脂培养基(PDA)配方如下:马铃薯200.00 g、葡萄糖20.00 g、琼脂16.00 g,用蒸馏水配制至1 L;供试查氏培养基配方如下:硝酸钠2.00 g、磷酸氢二钾1.00 g、氯化钾0.50 g、七水合硫酸镁0.50 g、硫酸亚铁0.01 g、蔗糖30.00 g、琼脂16.00 g,用蒸馏水配制至1 L^[21]。

1.2 方法

1.2.1 病原菌的分离纯化 病样在流水下充分冲洗干净,吸干表面水分。采用组织分离法^[22],选择田间发病植株茎基部的病健交界处切20个5 mm×5 mm大小的组织块,用75%乙醇进行表面消毒10~20 s,无菌水漂洗3次后用3%次氯酸钠溶液消毒30 s,无菌水漂洗3次后放置于PDA平板25℃培养,待组织块周围有菌丝长出时及时挑取菌丝尖端至新PDA平板上,如此纯化3次。选择具有代表性的菌株接种于PDA平板上,25℃恒温培养备用。

1.2.2 病原菌致病性鉴定 选取健康的明日叶植株,分别切取其茎基部和根部组织块用75%乙醇进行表面消毒,在接种处用无菌接种针扎小孔3个,用接种针挑取菌丝接种于小孔处,放置25℃恒温培养箱培养,定期观察组织块的发病情况。以无菌水为对照,每个处理3次重复。待组织块发病后进行组织分离,并对分离的病原菌进行鉴定。

1.2.3 病原菌分子鉴定 采用CTAB法提取分离得到的病原菌基因组DNA,利用通用引物ITS1(5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3')和ITS4(5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3')对病原菌的rDNA-ITS序列进行扩增^[23]。所得PCR产物通过琼脂糖凝胶电泳检测后,送武汉天一辉远生物科技有限公司进行纯化和序列测定,测序结果在NCBI中进行Blast比对分析,利用Mega 6.0采用邻接法(neighbor-joining)构建系统发育树进行病原菌鉴定。参考菌株序列来源于NCBI数据库。

1.2.4 病原菌生物学特性 (1)温度对病原菌菌丝生长的影响:用5 mm直径的打孔器打取菌饼接种

于 PDA 平板中心处,分别放置在 20、25、30、35 °C 的恒温培养箱中培养,36 h 后采用十字交叉法测量菌落直径大小,每皿测定直径数 2 个,每个处理设置 3 次重复。

(2)pH 值对病原菌菌丝生长的影响:PDA 培养基 pH 值分别调至 5、6、7、8、9、10、11 等 7 个梯度,用 5 mm 直径的打孔器打取菌饼接种于相应的 PDA 平板中心处,25 °C 恒温培养,2 d 后采用十字交叉法测量菌落直径大小,每皿测定直径数 2 个,每个处理设置 3 次重复。

(3)不同碳氮源对病原菌菌丝生长的影响:以查氏培养基为基础培养基,其中 0.2%氮源(硝酸钠)分别以甘氨酸、酵母提取物、硫酸铵、硝酸钾、蛋白胨、磷酸二氢铵、硝酸铵和 L-谷氨酸钠含量替代,配制成不同氮源的培养基;3%碳源(蔗糖)分别以葡萄糖、乳糖、蔗糖、D-果糖、麦芽糖、甘露醇和可溶性淀粉含量进行添加配制成不同碳源的培养基。用 5 mm 直径的打孔器打取菌饼接种于相应的培养基平板中心处,25 °C 恒温培养,2 d 后采用十字交叉法测量菌落直径大小,每皿测定直径数 2 个,每个处理设置 3 次重复。

(4)室内药效测定:采用生长速率法测定不同杀菌剂对病原菌的抑制效果^[24]。供试药剂为市售药剂,见表 1。用无菌水配制各药剂母液,使用终浓度根据说明书分别添加到灭菌 PDA 培养基中,充分混匀后倒入 9 cm 直径的培养皿中制成不同含药培养基平板。用 5 mm 直径的打孔器打取菌饼接种于不同的含药培养基平板中心处,25 °C 恒温培养,2 d 后采用十字交叉法测量菌落直径大小,每皿测定直径数 2 个,每个处理设置 3 次重复。抑菌率计算方法如下:

抑菌率/%=[(对照菌落直径-初始接种菌饼直

表 1 试验所用药剂

药剂名称	剂型
2×10 ⁸ 个·g ⁻¹ 木霉菌	水分散粒剂
75%百菌清	可湿性粉剂
50%多菌灵	可湿性粉剂
10%多抗霉素	可湿性粉剂
75%肟菌戊唑醇	水分散粒剂
30%甲霜噁霉灵	水剂
80%乙蒜素	乳油
56%啶菌百菌清	悬浮剂
33.5%啶啉铜	悬浮剂
50%异菌脲	悬浮剂
40%啶霉胺	悬浮剂

径)-(处理菌落直径-初始接种菌饼直径)/(对照菌落直径-初始接种菌饼直径)×100。

1.3 统计分析

采用 IBM SPSS statistics 16.0 软件对相关数据进行统计分析,单因素方差分析比较差异显著性。

2 结果与分析

2.1 病原菌的分离及致病性测定

明日叶茎基腐病发生时茎基部病斑初期呈水渍状,随后病斑稍凹陷,从基部往上部茎秆延伸,后期根茎部腐烂发黑、病斑变为灰白色、边缘深褐色、植株萎蔫,可轻易拔起茎秆,根部腐烂埋在土里(图 1)。从腐烂的明日叶茎基部组织分离得到 15 株病原真菌,且病原菌形态一致,从中选取 1 株命名为 MF1 后进行进一步试验。

菌株 MF1 回接第 3 天,明日叶茎段和根茎开始出现水渍状症状,接种 7 d 后,接种材料出现明显的腐烂症状并轻微褐化(图 2),与田间发病症状相似。从回接发病的组织上重新分离、纯化病菌,其

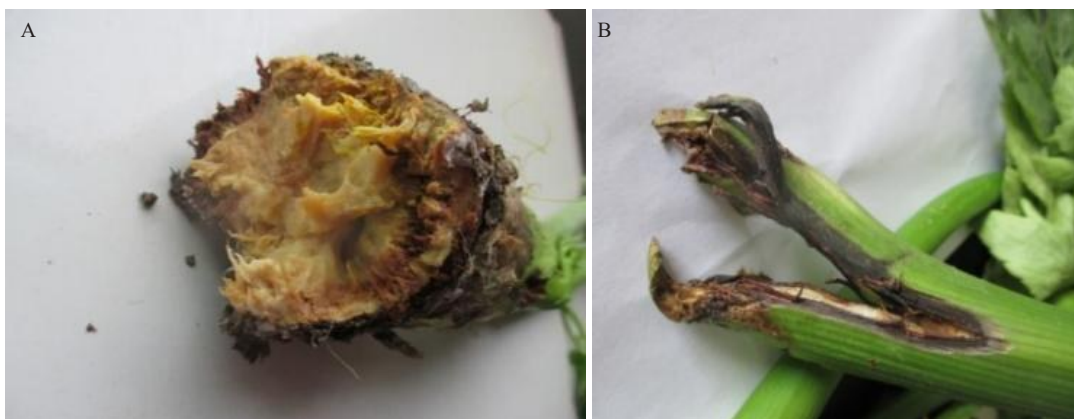
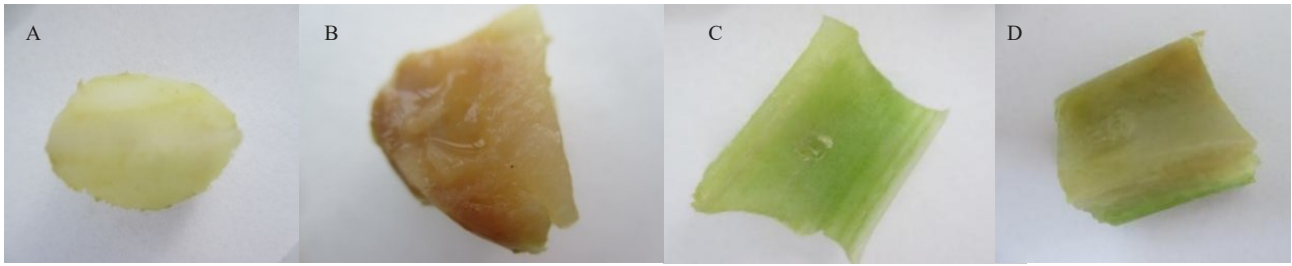


图 1 田间采集明日叶茎腐病症状



注:A.块根对照;B.块根回接病原菌;C.茎部对照;D.茎部回接病原菌。

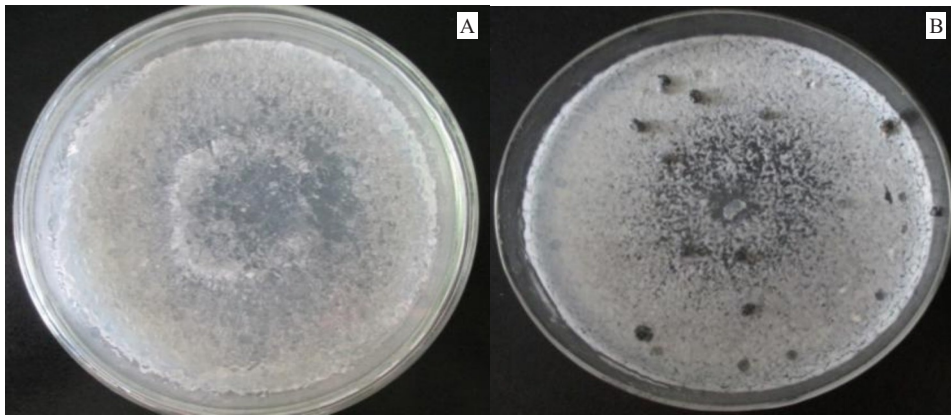
图2 病原菌致病性鉴定

菌落形态与接种的菌株一致,由此判断 MF1 为明日叶茎腐病的致病菌。病原菌 MF1 菌落呈圆形扩展,菌丝为白色且均匀,气生菌丝较少,后期形成黑色

菌核,呈圆形或不规则形(图3)。

2.2 病原菌的分子鉴定

利用引物 ITS1 和 ITS4 对菌株 MF1 的 rD-



注:A.病原菌前期菌落形态;B.病原菌后期菌落及菌核形态。

图3 病原菌代表菌株 MF1 菌落及菌核形态

NA-ITS 序列进行 PCR 扩增,得到大小为 503 bp 的片段,将得到的序列在 GenBank 数据库进行 Blast 同源性比对,结果显示,与核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)同源基因相似性高达 99%。与已知核盘菌

属的 ITS 序列构建系统发育树可知(图4),分离得到的菌株 MF1 与核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)位于同一分支,亲缘关系最近。以上结果表明,明日叶茎腐病致病菌为核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)。

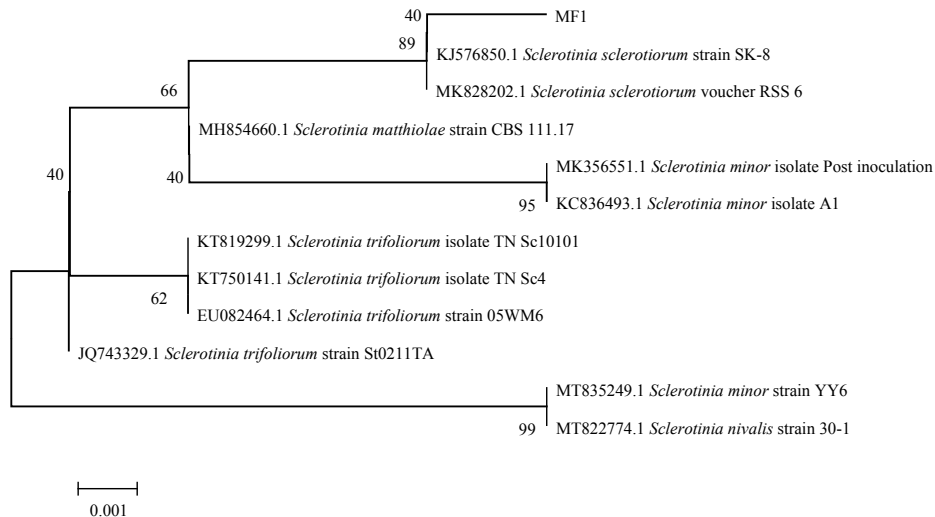
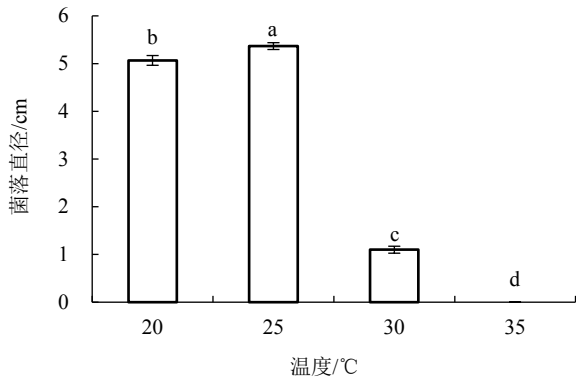


图4 基于菌株 rDNA-ITS 序列构建的系统发育树

2.3 病原菌的生物学特性

2.3.1 温度和pH值对菌丝生长的影响 由图5可知,菌株MF1的菌丝适宜生长温度为20~25℃,最适生长温度为25℃,培养36h后菌株MF1的菌落直径可达5.37cm,而培养温度为30℃时,菌落直径仅为1.10cm,当温度达到35℃时,菌丝生长停滞。由图6可知,病原菌相对喜酸,菌株MF1菌落直径随着pH值的升高而减小,且不同pH之间菌落直径存在显著差异。供试pH值的范围中,培养2d后,pH值为5的培养基中菌落直径最大,达到6.18cm,而pH值为11时,菌落直径仅为2.90cm。



注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著。下同。

图5 不同温度对病原菌菌丝生长的影响

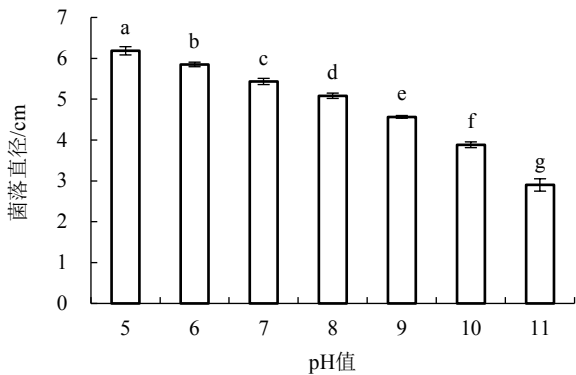


图6 不同pH对病原菌菌丝生长的影响

2.3.2 氮源和碳源对病原菌菌丝生长的影响 由图7可知,菌株MF1对氮源的利用率存在一定差异,利用率由低到高分别为蛋白胨<甘氨酸<硫酸铵<L-谷氨酸钠<硝酸钾<硝酸铵<磷酸二氢铵<酵母提取物,以酵母提取物为氮源的查氏培养基上培养2d的菌落直径达到7.27cm,而以蛋白胨为氮源时,菌落直径为4.52cm,两者之间相差近3cm,差异显著。由图8可知,菌株MF1对碳源的利用率差异不如供试氮源大,利用率由低到高分别为麦芽糖<可溶性淀粉<乳糖<甘露醇<蔗糖<D-果糖<葡萄糖,其中对麦芽糖和可溶性淀粉的利用率较

低,培养2d后菌落直径分别为5.10、5.18cm,对乳糖和甘露醇利用率居中,对葡萄糖、蔗糖和D-果糖的利用率较高,菌落直径最大可达6.22cm,三者之间差异不显著。由此可见,不同种类氮源对病原菌菌丝生长的影响可能比不同种类碳源更大。

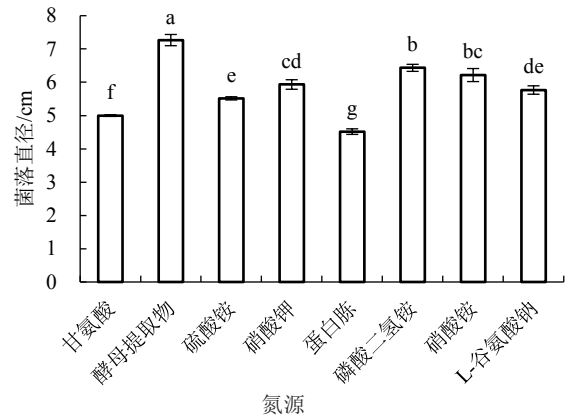


图7 不同氮源对病原菌菌丝生长的影响

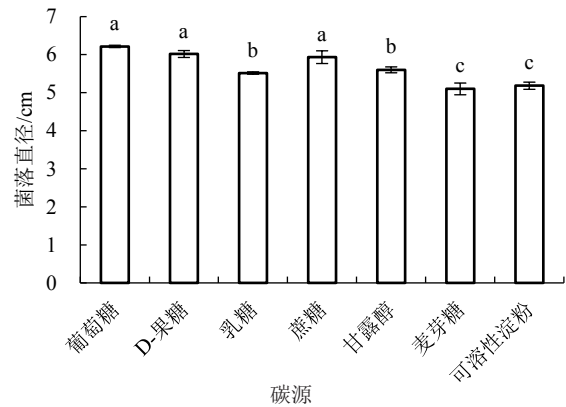


图8 不同碳源对病原菌菌丝生长的影响

2.4 室内药效测定

由表2可知,稀释1000倍的50%多菌灵可湿性粉剂、5000倍的75%肟菌戊唑醇水分散粒剂和

表2 不同杀菌剂对MF1的抑制效果

药剂名称	推荐稀释倍数	抑菌率/%
2×10 ⁸ 个·g ⁻¹ 木霉菌	1000	18.52 e
75%百菌清	600	20.63 e
50%多菌灵	1000	78.31 ab
10%多抗霉素	1000	24.34 e
75%肟菌戊唑醇	5000	70.37 bc
30%甲霜噁霉灵	1500	16.93 e
80%乙蒜素	3000	1.59 f
56%嘧菌百菌清	1000	57.67 cd
33.5%啶啉铜	1000	25.40 e
50%异菌脲	800	88.89 a
40%嘧霉胺	800	46.56 d

注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著。

800 倍的 50% 异菌脲悬浮剂溶液对 MF1 的抑菌率均超过 70%。其中,800 倍的 50% 异菌脲对菌株 MF1 菌丝生长的抑制效果最佳,达到 88.89%。而室内药效试验结果显示,80% 乙蒜素乳油、 2×10^8 个·g⁻¹ 木霉菌水分散粒剂、30% 甲霜噁霉灵水剂在推荐使用剂量下对菌株 MF1 的抑菌效果均低于 20%。其中,80% 乙蒜素乳油在推荐使用剂量下对菌株 MF1 的菌丝生长抑制率仅为 1.59%,抑制效果甚微。

3 讨论与结论

明日叶因富含多种活性成分,在医疗保健方面具有极大的开发潜力,近年来对其各种成分的检测及探索研究也日益增多,关于明日叶栽培方面的研究也逐渐引起关注,随着种植面积的扩大,病害问题日益显现。笔者前期在特色蔬菜资源圃调查中发现明日叶在春季温暖多雨时易发生茎基腐病,造成地上部分失水萎蔫,严重时可导致植株整株死亡,田间观察发现该病害发生率约为 15%,对明日叶长势与叶片产量均造成不良影响。笔者通过对病原菌的分离纯化,利用柯赫氏法则回接鉴定,结合菌落形态观察和 ITS 序列分析,首次明确了引起明日叶茎基腐病的病原菌为核盘菌 (*Sclerotinia sclerotiorum*)。为了给该病害防控提供科学依据,进一步测定了该致病菌的生物学特性、开展了室内药效试验。

核盘菌是在全世界广泛分布的重要植物病原菌,可在油菜、花生、莴苣和向日葵等 75 个科 450 多种植物上引起菌核病、白腐病、茎腐病和软腐病等,侵染后期形成的菌核可在土壤中存活多年,对寄主造成危害^[25-26]。在笔者的研究中,明日叶茎基腐病首先从茎基部开始出现症状,初期呈水渍状、浅褐色,后发展为长椭圆形或不规则长条形病斑、略凹陷、边缘深褐色、病健交界明显;病害发展后期,根茎腐烂、极易拔断、最终导致整株死亡。病原菌的生物学特性与病害的发生与流行有着密切联系,笔者通过对该病原菌的生物学特性测定,发现明日叶茎基腐核盘菌最适温度为 25 °C,这与李玲等^[27]发现的细辛核盘菌最适温度结果一致。人参核盘菌在 pH 值为 3~10 时均可生长,最适 pH 值为 5^[28],在笔者的研究中,明日叶核盘菌在供试 pH 值范围内均能生长,最适 pH 值为 5,二者研究结果相同,可见核盘菌适宜在中性偏酸的环境中生长。笔者研究的供试碳氮源中,病原菌的最佳氮源为酵母提取物,对蔗糖、葡萄糖和 D-果糖的利用率均较高;

而细辛核盘菌的最适氮源为硫酸铵和硝酸钾,最适碳源为葡萄糖和蔗糖^[27];扁豆核盘菌最佳碳源为果糖,对蔗糖的利用率相对较低^[29];人参核盘菌则以蔗糖和葡萄糖为最佳碳源,以酵母浸粉、蛋白胨和牛肉膏为最佳氮源^[26];以上差异可能是由于不同寄主或不同环境的核盘菌生物学特性存在一定差异。

由核盘菌引起的菌核病作为一种全球性植物病害,其危害性大、传播性广、有效控制难,引发了国内外广泛关注^[30]。前人研究表明,琥珀酸脱氢酶类、甲氧基丙烯酸酯类、三唑类和咪唑类等杀菌剂均能有效降低菌核病的发病率^[31]。任杰群等^[32]在对桑葚核盘菌的化学防治药剂筛选中发现甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂啞菌酯和三唑类杀菌剂苯醚甲环唑对核盘菌抑制效果很好。在笔者的研究中,75% 肟菌戊唑醇复配药剂为甲氧基丙烯酸酯类和三唑类复合杀菌剂,具有线粒体呼吸抑制剂和麦角甾醇抑制剂的效果,在推荐使用浓度下对明日叶核盘菌的室内抑菌率在 70% 以上,防治效果较好;56% 啞菌百菌清复配药剂对明日叶核盘菌的抑菌率不到 60%,其为甲氧基丙烯酸酯类和取代苯类复合药剂,可能与田间取代苯类药剂的施用方式有关。孙雅楠等^[33]研究发现,在供试的 4 类杀菌剂中,咪鲜胺对桑葚菌核病防效最好,该药剂属于咪唑类杀菌剂,为麦角甾醇生物合成抑制剂。内蒙古油菜核盘菌的 8 种杀菌剂室内毒力测定结果也显示,咪鲜胺的抑制效果最佳^[34]。在笔者的研究中,50% 异菌脲对核盘菌的抑制效果最好,抑菌率达到 88.89%,50% 多菌灵的抑菌率达到 78.31%,异菌脲和多菌灵均属于苯并咪唑类杀菌剂,因此,50% 异菌脲等苯并咪唑类杀菌剂可作为明日叶茎基腐病田间防控的备选药剂。

综上所述,笔者的研究首次明确引起明日叶茎基腐病的病原菌为核盘菌。该病原菌菌丝生长最适温度为 25 °C;供试范围中病原菌菌丝生长最佳 pH 值为 5;对蔗糖、葡萄糖和 D-果糖和酵母提取物的利用率高;通过调节土壤酸碱度有利于减轻病害发生。50% 异菌脲可作为田间化学防治的备选药剂。

参考文献

- [1] 吴敬章,王磊,张菊平.明日叶的价值及其开发利用[J].中国野生植物资源,2015,34(5):60-61.
- [2] 陈琴芳,刘建华,李永福,等.明日叶/薏仁米营养保健面条的研制[J].食品工业科技,2015,36(1):230-234.
- [3] XIE F, WANG Y Q, WU J H, et al. Functional properties and

- morphological characters of soluble dietary fibers in different edible parts of *Angelica keiskei*[J]. Journal of Food Science, 2016, 81(9):C2189-C2198.
- [4] 佚名.种一次,采收5年!这种亩纯收入2万的蔬菜,很多人没见过[EB/OL].(2022-09-11)[2022-09-26].https://www.sohu.com/a/584040440_121124452.
- [5] 罗玉兰,张冬梅,卞黎霞,等.不同栽培措施对明日叶生长及品质的影响[J].上海农业学报,2017,33(5):74-77.
- [6] 王亚楠,余忠萍,唐小草,等.明日叶不同部位营养成分的测定与比较[J].中国食物与营养,2021,27(5):35-38.
- [7] AULIFA L D, NOERFITRI R Y, TRISTIYANTI D, et al. Formulation of serum gel containing *Angelica keiskei* leaf extract as an antioxidant and tyrosinase enzyme inhibitor[J]. International Journal of Applied Pharmaceutics, 2020, 12(3):108-111.
- [8] YOSHIOKA Y, SAMUKAWA Y, YAMASHITA Y, et al. 4-Hydroxyderricin and xanthoangelol isolated from *Angelica keiskei* prevent dexamethasone-induced muscle loss[J]. Food & function, 2020, 11(6):5498-5512.
- [9] SAKAMOTO A, KANAGAWA A, KUBOTA M, et al. Identification of a new potyvirus isolated from *Angelica keiskei*[J]. Journal of General Plant Pathology, 2021, 87(2):87-93.
- [10] WU J P, ZHOU J, JIAO Z B, et al. First report of *Angelica keiskei* leaf spots caused by *Alternaria alternata*, in China[J]. Plant Disease, 2019, 103(6):1426-1426.
- [11] 周洁,郭凤领,符家平,等.明日叶叶斑病原菌的生物学特性及室内药效试验[J].中国瓜菜,2019,32(12):64-67.
- [12] 朱运启,靳鹏飞,王峭,等.陕西省小麦茎基腐病病原菌鉴定及其致病力分析[J].植物保护学报,2022,49(3):824-831.
- [13] 邝瑞彬,杨护,杨敏,等.百香果茎基腐病病原菌分离鉴定与药剂筛选研究[J].中国农学通报,2021,37(28):108-114.
- [14] 张艳婷.草莓茎基腐病的病原菌鉴定、生物学特性及生物-化学协同控制技术[D].浙江:浙江农林大学,2021.
- [15] 漆永红,李敏权,曹素芳,等.党参茎基腐病镰孢菌鉴定及其对杀菌剂的敏感性研究[J].农学学报,2021,11(2):74-78.
- [16] 董文志,许凤,杨秀梅,等.德国鸢尾茎基腐病病原菌鉴定及生物学特性分析[J].植物保护学报,2022,49(3):917-926.
- [17] 杨秀梅,瞿素萍,张艺萍,等.云南省蓝莓茎基腐病病原菌鉴定及其生物学特性分析[J].植物保护学报,2022,49(4):1085-1092.
- [18] 雷玉明,邢会琴,郑天翔,等.马铃薯茎基腐病防治技术研究进展[J].中国马铃薯,2022,36(3):256-265.
- [19] 王飞,杨瑾,李雪梦,等.丹参茎基腐病病原鉴定及防治药剂筛选[J].植物病理学报,2022,52(6):950-958.
- [20] 何苏琴,文朝慧,张广荣,等.西葫芦根腐和茎基腐病新病原:露拟拟漆斑菌 *Paramyothecium roridum*[J].植物病理学报,2021,51(5):683-690.
- [21] 路媛媛,宋艳波,李丽,等.山西省枸杞叶斑病原鉴定及其生物学特征[J].山西农业大学学报(自然科学版),2020,40(6):75-83.
- [22] DONG L L, XU J, FENG G Q, et al. Soil bacterial and fungal community dynamics in relation to *Panax notoginseng* death rate in a continuous cropping system[J]. Scientific Reports, 2016, 6:31802.
- [23] 辛松林,焦露,徐晓雪,等.川秋葵1号采后菌核病病原菌鉴定及其生物学特性研究[J].食品工业科技,2017,38(12):186-190.
- [24] 王银钊,崔凌霄,李统华,等.几种杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的室内毒力及田间药效测定[J].中国马铃薯,2020,34(6):359-365.
- [25] 张建忠,邵兴华,肖红艳.油菜菌核病的发生与防治研究进展[J].南方农业学报,2012,43(4):467-471.
- [26] 羊国根,程家森.核盘菌致病机理研究进展[J].生物技术通报,2018,34(4):9-15.
- [27] 李玲,孙文松,张天静,等.辽细辛菌核病拮抗菌的鉴定及生物学特性研究[J].四川农业大学学报,2020,38(5):558-563.
- [28] 王丹,傅俊范,尹海波,等.人参核盘菌菌核分泌液致病性及生物学特性研究[J].沈阳农业大学学报,2020,51(4):439-445.
- [29] 顾玉阳,王黎娜,袁娟,等.扁豆菌核病病原菌鉴定及其生物学特性[J].中国蔬菜,2020(10):68-76.
- [30] 卢晶晶,赵津,申童,等.作物菌核病病原菌致病机制及菌核病防治研究进展[J].黑龙江农业科学,2022(8):128-133.
- [31] AYALA ARMENTA Q A, CORTEZ MONDACA E, APODACA SÁNCHEZ M Á, et al. Bio-rational and conventional fungicides effectiveness on *in vitro* *Sclerotinia sclerotiorum* efectividad de fungicidas convencionales y biorracionales sobre *Sclerotinia sclerotiorum in vitro*[J]. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2015, 6(11):2149-2156.
- [32] 任杰群,陈力,张明海,等.一株桑椹核盘菌的鉴定及拮抗放线菌和化学防治药剂筛选[J].蚕业科学,2020,46(6):700-705.
- [33] 孙雅楠,袁嘉彬,唐爱妙,等.浙江桑椹菌核病的病原菌鉴定及其对4种杀菌剂的抗性检测[J].果树学报,2020,37(12):1934-1940.
- [34] 赵丽丽,孟昊,郭晨,等.8种杀菌剂对呼伦贝尔市油菜核盘菌的室内毒力测定[J].北方农业学报,2022,50(3):73-80.