

陇南花椒根腐病病原菌的分离鉴定及生物学特性的研究

田凤鸣, 陈 强, 王 瀚, 卓平清, 孙 杰

(陇南师范高等专科学校农林技术学院/陇南特色农业生物资源研究开发中心, 甘肃 陇南 742500)

摘 要:本研究采用组织分离法、柯赫氏法则、结合形态学和真菌 rDNA-ITS 序列分析法分离鉴定出引起甘肃陇南花椒根腐病的主要病原菌, 同时采用菌丝生长速率法研究不同光照、pH 值、温度、培养基、碳源、氮源条件下病原菌生物学特性的测定, 为后期病害的诊断和防治提供理论基础。结果表明: 造成陇南花椒根腐病的主要致病菌为茄病镰刀菌 (*Fusarium solani*), 光照条件对菌落的生长无明显差异, 适宜菌落生长的 pH 值为 5~7, 最适温度为 25~30 °C, 最适培养基为 PDA, 葡萄糖和乳糖为最佳碳源, 硝酸钠为最佳氮源。

关键词:花椒; 根腐病; 病原鉴定; 茄病镰刀菌

中图分类号: Q936

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)01-0095-05

Isolation, Identification and Biological Characteristics of the Pathogen Bacteria of *Zanthoxylum bungeanum* Root Rot in Longnan

TIAN Fengming, CHEN Qiang, WANG Han, ZHUO Pingqing, SUN Jie

(College of Life Science, Longnan Teachers College/Center for Research and Development of Longnan Characteristic Agro-Bioresource, Longnan 742500, China)

Abstract: In this study, tissue isolation method, Koch's rule, combined morphology and fungal rDNA-ITS sequence analysis method were used to isolate and identify the main pathogens causing *Zanthoxylum bungeanum* root rot in Gansu Longnan. At the same time, the mycelium growth rate method was used to determine the effect of different light, pH, temperature, medium, carbon source and nitrogen source on the growth of pathogenic bacteria, providing a theoretical basis for the diagnosis and control of later diseases. The results show that the main pathogen causing the root rot of Longnan *Zanthoxylum bungeanum* is *Fusarium solani*. There is no obvious difference in the growth of the colony under the light condition. The pH value of suitable colony growth is 5-7, the optimum temperature is 25-30 °C, the optimum medium is PDA, glucose and lactose are the best carbon source, and sodium nitrate is the best nitrogen source. Therefore, the main pathogens and the biological characteristics of the pathogens of Longnan *Zanthoxylum bungeanum* root rot are clarified, which provides a theoretical basis for the later study of the pathogenic mechanism and comprehensive control of the root rot of *Zanthoxylum bungeanum*.

Key words: *Zanthoxylum bungeanum*; Root rot; Pathogen identification; *Fusarium solani*

花椒 (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.) 是芸香科、花椒属落叶小乔木, 是我国栽培历史悠久的经济树种, 主要用于食用调料、香料、油料、中药材、工业原料等多种用途^[1-2]。花椒产业已成为陇南市 6 个宜椒县 (区)、80 个乡镇、92 万农民

的主要经济来源^[3]。20 余种病害易对花椒产生危害, 如根腐病^[4]、流胶病^[5]、锈病^[6]和枯穗病^[7]等, 花椒根腐病会导致根系腐烂, 叶片变小、枝条发育不全, 严重时整株枯死的症状均是由茄形镰刀菌 [*Fusarium solani*(Mart) Sacc.]^[8]引起的, 使花椒产量和品质受到严重影响, 造成花椒产业的重大经济损失。

根腐病在多种药用植物的根和根茎中发病率较高, 如三七、白术、黄芪、川芎、麻黄等^[9-13], 其病害特点是: 容易传染、发病率高、在防治方面较困难。本文结合形态学和分子生物学的方法对陇南

收稿日期: 2020-06-24

基金项目: 2019 年陇南市科技指导性计划项目 (2019-ZD-13、2019-ZD-17); 甘肃省高等学校创新能力提升项目 (2019A-189)

作者简介: 田凤鸣 (1986-), 女, 讲师, 硕士, 研究方向: 植物病原微生物的综合防治。

花椒种植区引起的花椒根腐病的病原菌进行了准确的分离鉴定,为后期花椒根腐病的致病机理和生物防治提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材 料

患病植株采自陇南市武都区花椒种植区花椒根腐病典型2年生植株。健康种苗采于陇南师范高等专科学校梁山校区花椒种植基地,移栽于陇南师专农林技术学院苗圃基地备用。

1.2 方 法

1.2.1 病原菌的分离与纯化

本文采用已报道的组织分离法^[14]进行病原菌分离,采回的患根腐病的花椒块根用流水冲洗表面泥土,表面消毒后,用无菌刀片于病健交界处将组织剪成2~3 mm的小块,在装有0.1%升汞的锥形瓶中消毒30 s,无菌水冲洗3次,接种在提前备好的PDA培养基上,按照品字接种三块,放于25℃的人工培养箱中培养72 h,后经菌种纯化,置于25℃培养箱中培养,观察形态,菌种置于4℃冰箱冷藏。

1.2.2 病原菌的致病性测定

1.2.2.1 病原菌的离体回接试验

制备孢子液:将分离得到的菌株在PDA培养基中培养3~5 d,用适量的无菌水冲洗培养好的孢子,混匀后用灭菌的脱脂棉进行过滤,并用无菌水冲洗滤渣2~3次,将孢子液的浓度制成 1.0×10^6 个/mL。

离体接种参照陈茂婷^[15]等的方法:新鲜花椒根部经表面消毒后,用无菌刀片切成4~5 mm的薄片,用无菌水冲洗薄片3次,吸干水分备用(滤纸提前灭菌),为保持滤纸湿润,将2层无菌滤纸铺在无菌培养皿中,加入8~10 mL的无菌水,将备好的薄片置于培养皿中,每皿3片,每块薄片表面加入50 μ L的菌种孢子悬浮液,对照组接种无菌水,每个处理重复5次。置于25℃的培养箱中,72 h后观察发病情况。

对发病的根片进行病原菌的再次分离,与初次分离得到的菌株在形态特征上进行比较,暂定为花椒根腐病病原菌,再次进行致病性测定。

1.2.2.2 病原菌的活体回接试验

将离体回接发病的病原菌在PDA上培养5 d备用,连同琼脂接种于健康花椒植株上,具体操作步骤如下:取健康菌株(每菌株重复3次)用流水冲洗干净,75%酒精表面消毒2~3 min,无菌水

冲洗3次,菌株再用无菌刀片割伤,将菌饼移入脱脂棉(脱脂棉提前用无菌水浸湿)中,用无菌纱布包扎于伤口处(菌饼对准伤口),为保持水分外用保鲜膜包裹,对照组接种无菌水,将接种好的花椒根移栽于装有无菌基质土的花盆中(花盆提前用高锰酸钾浸泡,用75%的酒精灭菌),用黑色塑料袋将花盆包裹,放于学院智能温室(温室温度为25℃)中培养,7 d后每隔3 d挖出花椒根部观察发病情况。对发病根部再进行病原菌分离和分子生物学鉴定,确定花椒根腐病的主要致病菌。

1.2.3 病原菌的鉴定

1.2.3.1 形态学鉴定

挑取菌丝单一边缘接入PDA培养基,在25℃恒温培养箱中进行培养,在显微成像系统下对菌株进行形态学观察,观察其分生孢子的形状、大小、厚垣孢子的有无及着生方式等,菌株的分类地位、属、种鉴定参照《真菌鉴定手册》^[16]和《镰刀菌属》^[17]。

1.2.3.2 分子生物学鉴定

将病原菌接种于PDA培养基中,待菌丝生长旺盛后,采用真菌基因组提取试剂盒(天根生化科技有限公司)提取真菌基因组DNA,利用通用引物ITS1: 5'-TCCGTAGGTGAACCTGCCG-3'和ITS4: 5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'进行18S片段的扩增。PCR扩增体系为30 μ L: Super Mix 15 μ L, Primer F(10p) 1 μ L; Primer R(10p) 1 μ L; 模板(ng/ μ L) 1 μ L; ddH₂O 12 μ L。PCR扩增条件为:首先96℃ 5 min;然后96℃ 20 s, 56℃ 20 s, 72℃ 30 s, 30 cycles; 72℃ 10 min。反应结束后取3 μ L PCR产物进行1.0%的琼脂糖凝胶检测,观察条带性状。后续测序工作由北京六合华大基因科技有限公司武汉分公司完成,将测序结果与数据库NCBI中已知的序列进行Nucleotide BLAST同源性比对,运用MEGA7.0中N-J(Neighbor Joining)法构建系统发育树。

1.2.4 病原菌的生物学特性测定

采用菌丝生长速率法^[14]对病原菌进行生物学特性的测定,将培养5 d的菌种用无菌打孔器打成直径为6 mm的菌饼,按照品字形接种在不同条件下的培养基中进行培养,每个处理3次重复,72 h后用十字交叉法测量菌落直径。

1.2.4.1 光照条件对病原菌菌落生长的影响

采用光照、黑暗、光暗交替(12 h光照、12 h黑暗交替培养)三种条件进行处理,将病原菌接种在PDA培养基中,25℃恒温培养72 h,测定菌落

直径,每个处理重复3次。

1.2.4.2 pH条件对病原菌菌落生长的影响

参照李智敏等^[8]的方法,将pH值设定为3、4、5、6、7、8、9、10、11共9组处理,用0.1 mol/L的HCl和NaOH调节不同处理的PDA培养基,每个处理重复3次。

1.2.4.3 不同温度对病原菌菌落生长的影响

参照王秀娟^[14]等方法,将温度设置为5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃、35℃、40℃8个处理,将病原菌接种在PDA培养基中,测定菌落直径,每个处理重复3次。

1.2.4.4 培养基条件对菌落生长的影响

选用5种不同的培养基对病原菌进行培养,并测定菌落直径的大小,分别配制沙堡弱葡萄糖琼脂(SDA)、马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)、燕麦琼脂、牛肉膏蛋白胨和玉米粉培养基,分装后高压灭菌30 min备用。

SDA培养基:麦芽糖40.0 g,蛋白胨10.0 g,琼脂20.0 g,蒸馏水1 000 mL。PDA培养基:去皮马铃薯200.0 g,葡萄糖20.0 g,琼脂15.0~20.0 g,蒸馏水1 000 mL。燕麦琼脂培养基:燕麦片30.0 g,琼脂15.0~20.0 g,蒸馏水1 000 mL。牛肉膏蛋白胨培养基:牛肉膏5.0 g,蛋白胨10.0 g,NaCl 5.0 g,琼脂15.0~20.0 g,蒸馏水1 000 mL。玉米粉培养基:玉米粉30.0 g,琼脂15.0~20.0 g,蒸馏水1 000 mL。

1.2.4.5 碳源或氮源对病原菌菌落生长的影响

变换基本培养基中的碳源或氮源条件,基本培养基为:KH₂PO₄ 1.08 g, KCl 0.5 g, MgSO₄ 0.5 g, 生物素0.5 mg, V_{B2} 1.5 mg, FeCl₃ 少许,琼脂15.0~20.0 g,蒸馏水1 000 mL。碳源试验:设置葡萄糖、蔗糖、可溶性淀粉、麦芽糖、乳糖5种碳源,基本培养基中加KNO₃(0.277 g/L)作氮源,将供试碳源按20 g/L分别加入基本培养基中,每个处理3次重复。氮源试验:设置4种氮源,基本培养基中加葡萄糖(20 g/L)作碳源,将供试的L-半光氨酸、甘氨酸、(NH₄)NO₃, NaNO₃分别折算为0.277 g/L纯氮素进行配制,每个处理3次重复。

2 结果与分析

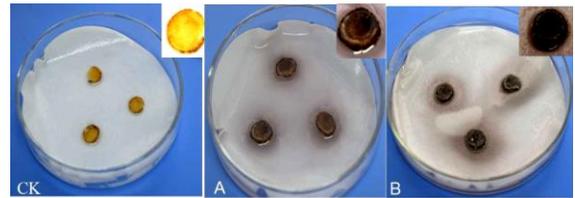
2.1 花椒根腐病病害症状

田间自然发病受害植株根部变色腐烂,根皮与木质部脱离,木质部呈黑色,有异臭味,地上部分叶色黄形小,枝条发育不全,后期严重时可导致全植株死亡。

2.2 病原菌的离体回接致病性测定

通过对花椒根腐病的典型植株进行组织分离

及纯化,共分离得到13份真菌,按照1.2.2.1病原菌的离体回接试验方法进行致病病原菌筛选,发现1株致病性极强的菌株,命名为菌株H1,花椒根切片在接种菌株H1的孢子悬浮液3 d后长出菌丝,根片逐步变黑并开始腐烂(图1A),7 d后根片完全变黑腐烂,在根片周围有深棕色液体流出并伴有难闻气味,根皮极易分离(图1B),其他菌株和对照组未出现任何病症(图1CK),从花椒发病的根片中分离到与接种菌株相同的分离物,因此,菌株H1暂时确定为花椒根腐病病原菌。



注:CK. 对照根片;A. 接种病原菌3 d后的根片;
B. 接种病原菌7 d后的根片

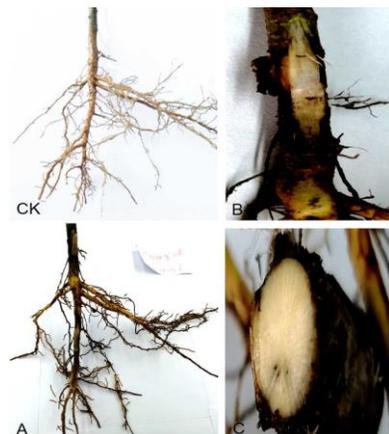
图1 花椒根片的发病症状

2.3 病原菌的活体回接致病性测定

为进一步确定病原菌的致病性,将根片中分离到的病原菌按照1.2.2.2病原菌的活体回接试验方法再次确定致病性,发现在第7天地上部分的叶片开始出现发黄、萎蔫现象,叶片下垂,仿佛被开水烫过一样,后期整株植株死亡,接种无菌水的对照组生长健康。

在第10天小心挖出花椒根部观察病症,发现接种病原菌H1的花椒根部伤口附近发黑,细小枝条木质部已分离并开始腐烂,根毛减少(图2A),同时伴有难闻气味,此病症与田间采回的患病植株相同。

对照组花椒根部颜色没有任何变化,同时对



注:CK. 接种无菌水的对照组;A. 第10天根部发病情况;
B. 发病植株根部的纵切;C. 发病植株根部的横切

图2 花椒根部发病症状

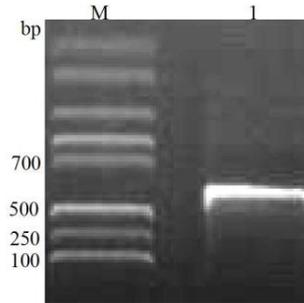
发病根部进行了纵切和横切,发现纵切部位的木质部出现黑色斑块(图2B),横切部位木质部也出现黑色斑块(图2C),色泽上较田间发病植株浅,数量较田间发病植株少,同时对横切和纵切部位采用组织分离法得到了与接种前相一致的菌株,因此再次确定菌株H1是造成花椒根腐病的主要病原菌。

2.4 病原菌H1的形态学鉴定

菌落形态呈圆形,边缘整齐,菌丝成卷毛状,初期白色,后期中央底部分泌棕色色素,培养7 d,菌落直径7.5 cm,小型分生孢子多,有肾形、椭圆形、卵形,多数1个隔膜;大型分生孢子3~5个隔膜,镰刀状,略弯曲,两端钝,厚垣孢子球形,单生或串生于菌丝之间。

2.5 病原菌H1的分子生物学鉴定

利用通用引物ITS1和ITS4进行18S片段的扩增,出现了特异性条带,经序列测定,结果显示:菌株H1的有效基因片段大小为563 bp(图3)。



注:M为marker;1为菌株H1核酸电泳

图3 菌株H1的PCR电泳

2.6 菌株系统进化树的构建

将2.5中测出的有效序列输入到NCBI中进行BLAST在线软件比对同源性,筛选出与目标菌株相似性较高的序列,利用MEGA7.0软件采用邻接法N-J构建18S rDNA基因的系统发育树(图4),结果显示:菌株H1与登录号为FJ874633.1的茄病镰刀菌的同源性为99.8%,亲缘关系最近,聚在一个分枝上,结

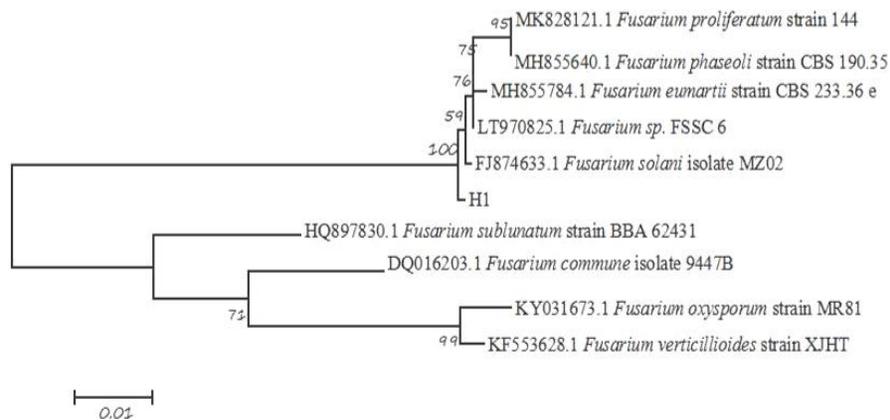


图4 基于H1菌株序列构建的花椒根腐病菌系统发育树

合形态学鉴定结果,确定菌株H1为茄病镰刀菌。

2.7 病原菌生物学特性的测定

2.7.1 光照对菌落生长的影响

经不同光照条件测定菌株H1的直径大小,结果显示:光照、暗光、光暗交替对菌株的菌丝生长无明显差异,72 h后测得该菌落直径均在25~27 mm范围内(图5)。

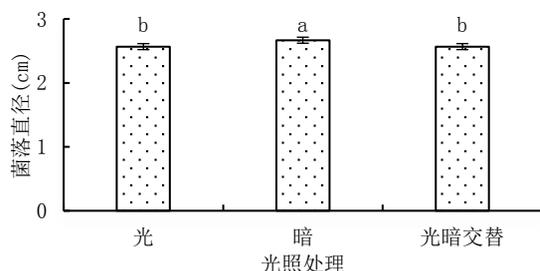


图5 不同光照对H1菌落生长的影响

2.7.2 pH值对菌落生长的影响

不同pH条件下测定菌株H1的直径大小,结果显示:适于菌株H1生长的pH范围为5~7,72 h后菌落直径可达25~27 mm,低于pH 5或高于pH 7时,菌株生长较慢(图6)。

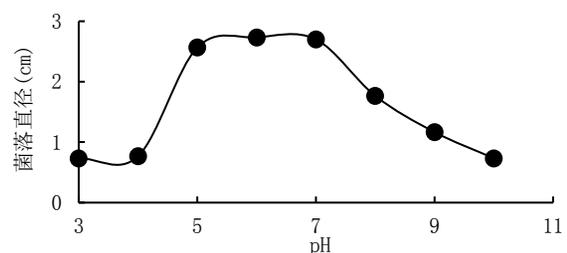


图6 不同pH值对H1菌落生长的影响

2.7.3 温度对菌落生长的影响

经不同温度条件下测定菌落H1的直径大小,

结果显示:适于此菌株生长的温度范围为25~30℃,72 h后菌落直径可达25~27 mm,温度低于25℃或高于30℃时菌株生长较慢(图7)。

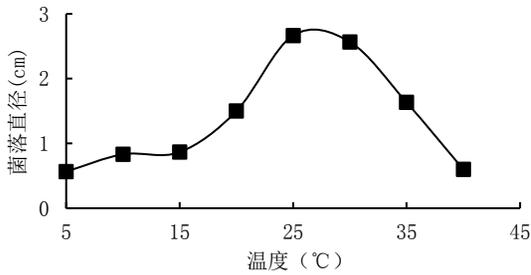


图7 不同温度对H1菌落生长的影响

2.7.4 培养基对菌落生长的影响

经5种不同培养基对H1培养后测定其直径,结果显示:最适于该菌生长的培养基为PDA,PDA培养基菌落直径显著高于其他4种,72 h后可达27 mm,SDA、燕麦琼脂、牛肉膏蛋白胨、玉米粉之间无明显差异,菌株生长较慢(图8)。

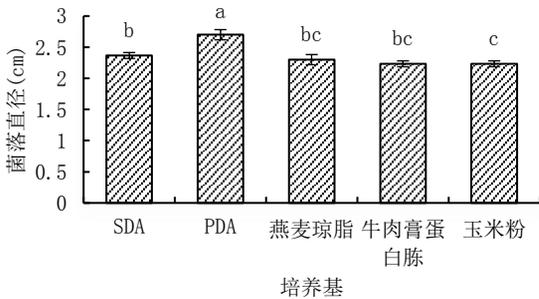


图8 不同培养基对H1菌落的影响

2.7.5 碳源或氮源对病原菌菌落生长的影响

菌株H1适于生长的碳源较为广泛,最适于生长的碳源为葡萄糖和乳糖,其菌落直径显著高于蔗糖、麦芽糖、可溶性淀粉为碳源的培养基。以葡萄糖和乳糖为碳源的H1菌落的直径在72 h后均可达25 mm以上,其余3种之间无明显差异(见图9);氮源测试结果显示硝酸钠是最适于H1菌株生长的氮源,72 h后菌落直径可达25 mm以上,

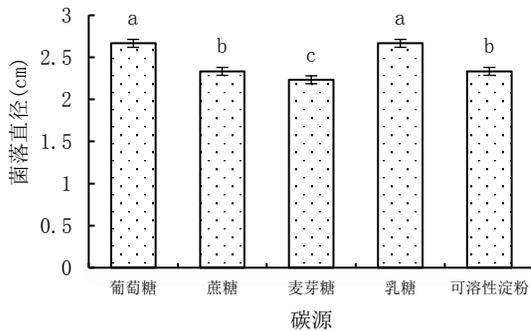


图9 不同碳源对H1菌落生长的影响

显著高于以甘氨酸、硝酸铵、L-半胱氨酸为氮源的菌落直径(图10)。

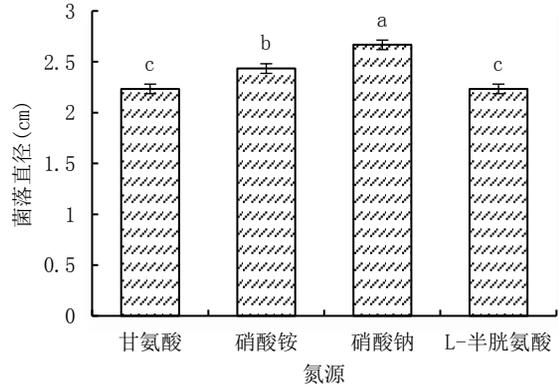


图10 不同氮源对H1菌落生长的影响

3 讨论

本试验通过组织分离和柯赫氏法则结合形态学与分子生物学分离鉴定出造成陇南地区花椒根腐病的主要病原菌为茄病镰刀菌,该结果与朱天辉等^[18]首次在四川汉源发现了腐皮镰孢菌[*Fusarium solani*(Mart) Sacc.]引起的根腐病、李智敏等^[8]报道的云南花椒根腐病病原经分离鉴定是由茄形镰刀菌引起的研究结果一致,只是三种病原菌是同物异名。关于陇南地区花椒种植区根腐病的研究在形态鉴定和药物防治方面的报道较多,但在病原菌分子生物学鉴定方面未见报道,本研究再次充分明确了茄病镰刀菌是引起陇南地区花椒根腐病的主要病原菌,经离体回接和活体回接试验结果显示:该病原菌致病性极强,接种根片3 d后便会出现腐烂现象,7 d后根皮分离,根片完全腐烂,活体回接的患病花椒植株横切和纵切均会出现黑斑,颜色较田间自然发病的植株浅,这可能与试验过程中侵染时间的长短有关,或者是与土壤环境有关。任何一种病害不仅仅是由单一的病原菌引起的^[19],而是受土壤环境中菌群间的相互影响,从而加速了病害的发生。病原菌是植物病害的主要致病菌,准确分离鉴定致病菌可以为后期根腐病的综合防治打好坚实的基础。同时本研究对花椒根腐病病原菌的生物学特性在不同的光照、pH值、温度、培养基、碳源、氮源条件下进行了测定,进一步明确了该菌株的生长环境,试验中适宜H1菌株生长的温度为25~30℃,这也解释了该病害的高发期为6~7月,说明该条件适宜菌株的生长;适宜生长的pH值为5~7,说明该菌株对土壤环境选择性差,易存活于土壤中,此结果(下转第107页)

- [11] 范伟国,杨洪强.平邑甜茶根系构型、养分吸收和新梢生长对根域形状的反应[J].中国农业科学,2014,47(19):3907-3913.
- [12] 王树全,刘国成,秦嗣军,等.不同根域空间对寒富苹果幼树生长发育影响的研究[J].辽宁林业科技,2007(3):10-12.
- [13] 李秀珍,马慧丽,李艳梅,等.叶果比对根域限制梨光合特性及果实品质的影响[J].河北农业,2014(8):37-38.
- [14] 王杰,宋士任,董能利,等.根域容积对柑桔果实品质及土壤养分、微生物和酶的影响[J].中国南方果树,2016,45(1):1-7.
- [15] 孙军利,赵宝龙,郁松林.限根栽培对设施大樱桃幼树控冠效果的研究[J].河南农业科学,2012,41(7):124-127.
- [16] 邹利人,申海林,陈蕾,等.不同时期套袋、解袋对‘着色香’果实发育的影响[J].吉林农业科学,2014,39(6):66-68.
- [17] 申海林,邹利人,陈蕾,等.叶面肥对设施内葡萄生长发育的影响[J].吉林农业科学,2015,40(3):89-91.
- [18] Wang S P, Goro O, Ken H, et al. Effects of restricted rooting volume on vine growth and berry development of Kyoho grapevines[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2001, 52(3): 250-255.
- [19] 朱丽娜,唐晓兰,陆春燕,等.根域限制对藤稔葡萄生长、果实品质及营养元素含量的影响[J].中国南方果树,2004,33(5):80-82.
- [20] 谢周,孙兴民,张萌,等.根域限制对‘宝满’葡萄光合特性及糖代谢的影响[J].中国农学通报,2012,28(22):190-196.
- [21] Zainudin M. Effects of root restriction on growth, flowering and water uptake of starfruit[J]. Trop Agric and Food Science, 2006, 34(1): 27-36.
- [22] 杨静,刘惠涛,宋铸福,等.沙地果树水雾微喷灌高效节水技术研究[J].吉林农业科学,2009,34(1):54-56.
- [23] 孙伟龙,胡善宝.试论我省西部半干旱地区果树抗旱栽培对策及前景[J].吉林农业科学,1995,2(2):75-78.
- [24] 张茂君.论果树在我省西部地区农业发展中的地位[J].吉林农业科学,1999,24(4):41-44.

(责任编辑:王昱)

(上接第99页)与根腐病为一种毁灭性的土传病的结论也是一致的,这也是在防治过程中一旦发现根腐病便及时挖根、挖树,及时烧毁的原因,目的在于消除病原菌的侵染和快速传播。该菌在碳源的利用方面也较为广泛,试验结果显示:有利于该菌生长的碳源为葡萄糖和乳糖,氮源为硝酸钠,PDA为最佳培养基,明确陇南地区花椒根腐病原菌的生物学特性,为后期该病原菌的药物筛选和病害的综合防治提供了科学依据,该研究后续将继续深入病原菌的药物筛选,生防细菌的筛选重点放在芽孢杆菌方面,芽孢杆菌作为生防细菌的问题早已得到了广泛的重视^[20],在病原菌的侵染机制等方面也展开研究。

参考文献:

- [1] 宋荣,曹亮,周佳民,等.花椒种质资源及其功能成分和生物学效应研究进展[J].湖南农业科学,2014(17):23-26,29.
- [2] 刘玲.花椒抗寒抗旱性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [3] 董三孝,张中社.陕西花椒生产存在的问题与产业化发展对策[J].陕西林业科技,2001(2):41-43.
- [4] 韩生录,韩建庆.高寒地区大红袍花椒根腐病发生特点及防治对策[J].中国植保导刊,2009,29(4):28-29.
- [5] 解渭琼,张小虎.花椒流胶病防治措施[J].陕西林业科技,2009(5):41-42.
- [6] 岳晓丽.花椒对鞘锈菌的固有抗病性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [7] 李建娜,张娜,刘峰,等.花椒枯穗病生防菌的筛选及鉴定[J].华北农学报,2013,28(4):223-227.
- [8] 李智敏,陈建斌,周惠萍,等.花椒根腐病原菌鉴定和生物学特性研究[J].云南农业大学学报,2006(5):591-595.
- [9] 缪作清,李世东,刘杏忠,等.三七根腐病原菌研究[J].中国农业科学,2006,39(7):1371-1378.
- [10] 张礼维.贵州白术根腐病原菌鉴定及防治研究[D].贵阳:贵州大学,2015.
- [11] 邓成贵.黄芩根腐病原菌鉴定研究初报[J].中药材,2005,28(2):85.
- [12] 李佳穗,严铸云,兰英,等.四川主产区川芎根腐病原菌鉴定[J].中药材,2015,38(3):443-446.
- [13] 朱春雨,刘西莉,董瑾,等.麻黄根腐病原物的分离及鉴定[J].植物病理学报,2003,33(3):193-197.
- [14] 王秀娟,何静,王斌,等.花椒流胶病原菌鉴定及其生物学特性[J].甘肃农业大学学报,2019,54(1):123-128.
- [15] 陈茂婷,胡琪琪,书剑琴,等.乌头根腐病原菌的分离与鉴定[J].微生物学通报,2020,47(8):2450-2457.
- [16] 魏景超.真菌鉴定手册[M].上海:上海科学技术出版社,1979:404-609.
- [17] 布斯C.镰刀菌属[M].陈其英,译.北京:农业出版社,1988:15-17.
- [18] 朱天辉,陈第文.花椒根腐病的症状和病原初探[J].四川农业大学学报,1994,12(4):451-454.
- [19] 王瀚,卓平清,王让军,等.核桃腐烂病研究进展[J].东北农业科学,2019,44(3):23-27.
- [20] 王晓辉,王贵鹏,张庆芳,等.一株抗灰霉病解淀粉芽孢杆菌的筛选鉴定及抑菌蛋白的分离[J].吉林农业科学,2015,40(1):64-67.

(责任编辑:王丝语)