

枣果贮藏期红粉病菌鉴定及环境因子 对其分生孢子萌发的影响

殷辉^{1,2}, 周建波^{1,2}, 常芳娟^{1,2}, 吕红^{1,2}, 张志斌^{1,2},
郭薇^{1,2}, 秦楠^{1,2}, 赵晓军^{1,2*}

(¹山西省农业科学院植物保护研究所, 太原 030031; ²农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 太原 030031)

摘要: 在山西省临县、太谷县发现枣贮藏期红粉病, 发病初期果实表面出现圆形或椭圆形的白色絮状霉点, 后期形成较厚粉状霉层。从病样中分离获得 2 株代表性菌株, 通过病原菌分离培养、致病性测定、形态学特征及 ITS 序列特征分析, 确定引起枣贮藏期红粉病的致病菌为粉红单端孢 (*Trichothecium roseum*)。适合该病菌分生孢子萌发的温度为 20℃~25℃, 相对湿度为大于 75%, pH=4~10, 致死温度为 48℃、处理 10 min。适宜芽管生长的温度为 20℃~25℃, 相对湿度为大于 75%, 最适 pH=6。本研究结果可为枣贮藏期红粉病的诊断和防治措施的制定提供理论依据。

关键词: 红粉病; 粉红单端孢; 分生孢子; 枣

Identification of the pathogen causing pink mold rot in stored jujube fruit and effects of environmental factors on conidial germination YIN Hui^{1,2}, ZHOU Jian-bo^{1,2}, CHANG Fang-juan^{1,2}, LÜ Hong^{1,2}, ZHANG Zhi-bin^{1,2}, GUO Wei^{1,2}, QIN Nan^{1,2}, ZHAO Xiao-Jun^{1,2}

(¹Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China; ²Shanxi Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Taiyuan 030031, China)

Abstract: The pink mold rot on traditional fruit tree *Ziziphus jujube* was observed in plantation of Shanxi province. At the beginning, pink mold rot appeared as white mold on the fruit surface. As the disease progressed, it changed to thick and larger powdery mildew lesion with variation in the size. The appearances were punctiform, mottling, patching, ellipse and so on. The morphological characteristics, pathogenicity test and molecular identification method were used to confirm the pathogen of pink mold rot. Two representative strains of *Trichothecium roseum* were identified in this study based on morphological and physiological tests in addition to the ITS sequence comparison. The conidia of *T. roseum* germinated with optimal conditions at 20°C-25°C, pH 4-10, and over 75% relative humidity. The lethal temperature for conidia of *T. roseum* was 48°C for 10 minutes. The germ tube of *T. roseum* grew with an optimal condition at 20°C-25°C, pH 6, more than 75% relative humidity. The results of this research provide the theoretical basis for disease diagnosis and control measures.

Key words: pink mold rot; *Trichothecium roseum*; conidia; *Ziziphus jujube*

中图分类号: S432.1

文献标识码: A

文章编号: 0412-0914(2018)01-0016-09

收稿日期: 2017-03-27; 修回日期: 2017-05-02; 网络出版时间: 2017-05-08

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2184.S.20170508.0922.001.html>

基金项目: 山西省重点研发计划项目(201603D221013-3); 山西省应用基础研究计划青年基金项目(201601D202073)

通讯作者: 赵晓军, 博士, 研究员, 主要从事果蔬病害病原学、病原菌抗药性及综合治理研究; E-mail: zhaoxiaojun0218@163.com

第一作者: 殷辉, 硕士, 助理研究员, 主要从事果蔬病害病原菌多样性研究; E-mail: yinhui0806@163.com。

枣树起源于黄河流域,是我国第一大特色果树^[1,2]。目前,全国枣树面积约 200 万 hm^2 ,枣果产量居于干果中第一位^[1,3]。由于枣果采后主要采用露天晾晒方式制干,极易受到污染进而导致采后发生霉变引起烂果^[3,4]。已报道枣果贮藏期病害有枣黑斑病、枣黑腐病、枣软腐病、枣曲霉病、枣青霉病、枣木霉病和枣红粉病等 10 余种病害,严重影响枣果的商品价值^[4-7]。

红粉病是由粉红单端孢 (*Trichothecium roseum*) 引起的真菌性病害,严重时整个果实表面布满粉状霉层^[5],常常造成发病果实变褐、变苦。此外,由于 *T. roseum* 可产生单端孢菌素,对植物、动物有一定的毒性^[7]。因此,红粉病不仅影响着果实的商品价值,还对消费者身体健康有一定危害^[7]。*T. roseum* 是一种弱腐生菌,属于单端孢属子囊菌门真菌。迄今,在世界各地的多种植物上都有关于 *T. roseum* 引起贮藏期病害的报道,可侵染黄瓜、苦瓜、甜瓜、龙眼、苹果、梨、桃、橙子、棉铃、芒果、橄榄、葡萄、番茄、菜豆等多种植物,给瓜果蔬菜的生产造成严重损失^[8-16]。2015 年在山西省临县、太谷县调查时发现枣贮藏期红粉病,严重时病果率达 35%。即使在 0℃ 的环境中,含水量为 50% 的带菌枣果贮藏 35 d 后霉层密布整个果面。

目前,尚未见关于 *T. roseum* 引起的枣贮藏期红粉病的详细报道。本研究对枣贮藏期红粉病的症状进行了描述,分离纯化了枣贮藏期红粉病病原菌,依据病原菌的形态特征和 ITS 序列进行了病原菌鉴定,研究了温湿度及 pH 对 *T. roseum* 的分生孢子萌发的影响,以期为该病害的诊断和防治措施的制定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

在山西省太谷县枣贮藏库中采集典型症状的标本,样品置于纸质信封袋中保存、备用,采集标本时记录病害的症状特征和发病环境。致病性测定选用的品种为骏枣。

1.2 方法

1.2.1 病原菌分离纯化及致病性测定 采用直接挑取法在典型症状标本病斑处分离并培养病原菌^[17],分离得到的菌株单孢纯化后保存于 4℃ 冰

箱中,菌株编号为 JU-P01 和 JU-P03。将菌株 JU-P01 用无菌水配成 $100\ 000$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子悬浮液,将骏枣果实浸泡于孢子悬浮液中 1 min,置于温度 25℃、湿度 65% 的人工气候箱中,观察发病情况和症状特征。发病后从病斑处再次分离培养病原菌,并与接种菌进行比较。

1.2.2 病原菌形态学鉴定 将菌株 JU-P01 和 JU-P03 在 PDA 上 25℃ 培养 10 d,观察菌落形态特征^[12]。采用插片培养法,在 BX 53 型 Olympus 微分干涉显微镜下观测并测量分生孢子、分生孢子梗的显微特征和大小^[18]。

1.2.3 rDNA-ITS 分子鉴定 将代表性菌株在 PDA 上培养 10 d,收集的菌丝使用 Eupe 柱式 DNA 抽提试剂盒(真菌,生工生物工程(上海)股份有限公司)提取 DNA。应用引物 ITS1 (5'-TC-CGTAGGTGAACCTGCG-3') 和 ITS4 (5'-TCCTC-CGCTTATTGATATGC-3') 扩增 ITS 序列^[19,20],引物由上海生工合成。PCR 反应体系 25 μL ; 其中 12.5 μL *Taq* PCR Master Mix (上海生工),模板 DNA 1.0 μL ,引物(10 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)各 1.0 μL , ddH_2O 9.5 μL 。PCR 扩增反应程序:94℃ 预变性 4 min; 94℃ 变性 30 s,51℃ 退火 30 s,72℃ 延伸 40 s,38 个循环;最后 72℃ 再延伸 10 min^[21]。将 PCR 产物送至上海生工测序。

将获得测序结果与 GenBank 中已有信息进行比对,并获得相似性较高的序列信息,使用 ClustalX 2.1 软件对基因序列进行比对分析。以邻接法(Neighbor-Joining, NJ 使用 PAPP 4.0 软件)构建系统发育树。结合病原菌的形态特征和 ITS 序列分析,对病原菌进行鉴定^[11]。

1.2.4 温湿度及 pH 值对分生孢子萌发的影响 改良 Zang 等^[22] 涂片法测定温湿度及 pH 值对分生孢子萌发的影响。用无菌水配成约 $10\ 000$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子悬浮液,吸取 100 μL 孢子悬浮液接种于涂布有马铃薯蔗糖培养基(PSA)的载玻片,将其置于相对湿度为 84% 的干燥器中(KCl 饱和盐溶液)。再将干燥器置于培养箱,设置温度梯度为 5℃、10℃、15℃、25℃、30℃、35℃,测定温度对分生孢子萌发的影响。采用 HOBO Pro V2 型温湿度记录仪(美国 Onset 公司)监测干燥器中的温湿度,温度波动范围 $\pm 0.5^\circ\text{C}$,湿度波动范围 $\pm 2.0\%$ 。

利用不同饱和盐溶液控制相对湿度研究其对

分生孢子萌发的影响,相对湿度梯度为 23% (CH_3COOK)、33% (MgCl_2)、43% (K_2CO_3)、53% [$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$]、65% (CoCl_2)、75% (NaCl)、84% (KCl)、93% (KNO_3)^[23,24]。采用 HOBO Pro V2 型温湿度记录仪(美国 Onset 公司)监测不同饱和盐溶液的温湿度,温度波动范围 $\pm 0.5^\circ\text{C}$,湿度波动范围 $\pm 2.0\%$ 。吸取 100 μL 孢子悬浮液(10 000 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$)接种于涂布有 PSA 的载玻片置于温度 25°C ,上述不同湿度梯度的干燥器中,测定相对湿度对分生孢子萌发的影响。

PSA 培养基灭菌后备用,使用时溶化 PSA,待其冷却至 80°C 左右,用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HCL、NaOH 溶液分别调节至 pH 值为 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12^[25],将不同 pH 的 PSA 涂布于载玻片,再接种孢子悬浮液(10 000 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$),置于温度 25°C 、相对湿度为 84% 的干燥器中(KCl 饱和盐溶液)。以上试验均在 12 h 后镜检分生孢子的萌发情况,统计萌发率、测量芽管长度。每个处理重复 3 次,每个视野镜检 500 个左右的分生孢子。

1.2.5 分生孢子致死温度的测定 致死温度测定方法参照 Sun 等^[25]的方法进行,取 500 μL 孢子悬浮液(10 000 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$)分装于无菌离心管中,分别置于 35°C 、 40°C 、 45°C 、 50°C 、 55°C 和 60°C 下恒温水浴 10 min;迅速冷却后吸取 100 μL 孢子悬浮液接种于涂布有 PSA 的载玻片,置于 84% 的干燥器中(KCl 饱和盐溶液) 25°C 培养 12 h。设 25°C 水浴 10 min 为对照。每个处理重复 3 次,每个视野镜检 500 个左右的分生孢子。测出致死温度范围后,以 1°C 为梯度设定 45°C 、 46°C 、 47°C 、 48°C 、 49°C 、

50°C 、 51°C 、 52°C 等温度梯度,继续测定分生孢子的具体致死温度及处理时间。

2 结果与分析

2.1 枣贮藏期红粉病的症状特征

枣贮藏期红粉病通常在枣果果柄脱落处、枣表皮发生(图 1-A)。发病初期呈圆形或椭圆形的白色絮状霉点(图 1-B);后期形成较厚的粉状霉层,严重时霉层密布整个果面,致使果实发硬、发苦(图 1-C)。

2.2 病原菌的形态学特征和致病性

在 PDA 培养基上,菌落初呈白色、粉状或絮状,后逐渐变成粉红色(图 2-A),背面呈米黄色(图 2-B)。分生孢子梗无色、直立、不分枝,顶端稍膨大,大小($162.10\sim 186.89$) $\mu\text{m}\times(4.23\sim 4.95)$ μm 。分生孢子顶生,倒洋梨形,1 个隔膜、隔膜处稍缢缩,着生痕在分生孢子基端或其一侧,大小($16.8\sim 21.9$) $\mu\text{m}\times(8.58\sim 10.78)$ μm ,平均 $20.16\mu\text{m}\times 9.68\mu\text{m}$ 。芽管可从分生孢子基部、顶部、侧面等部位萌发,可一端或两端同时萌发,芽管分支或不分支(图 2-C)。

将孢子悬浮液接种于健康果实, 25°C 、相对湿度 65% 条件下,3 d 可见明显的红粉病症状(图 1-A、B)。从病果的典型病斑处进行病菌再次分离,分离到的病菌与接种的病菌一致,符合柯赫氏法则,证明菌株 JU-P01(或 JU-P03)为致病菌,以 PDA 培养基或无菌水接种的枣果均未发病。

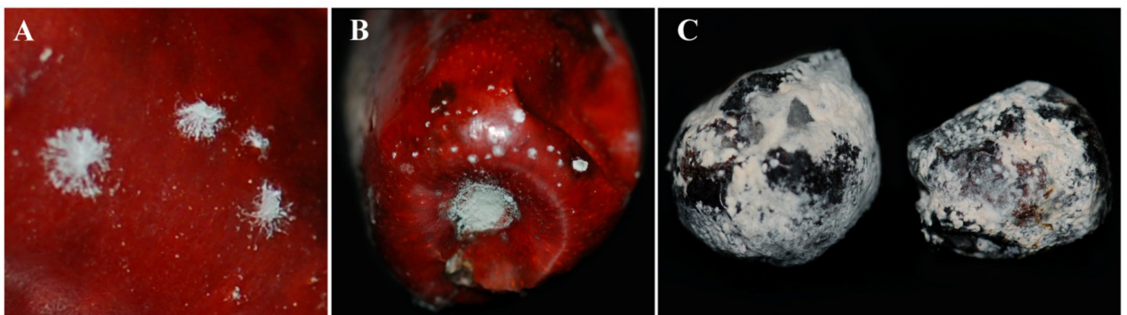


Fig. 1 Pink mold rot symptoms on *Ziziphus jujube* caused by *Trichothecium roseum*
A, B: Pink mold rot symptoms on jujube fruit at 3 days after artificial inoculation with conidia suspension of JU-P01;
C: Natural infection of *Trichothecium roseum* on jujube.

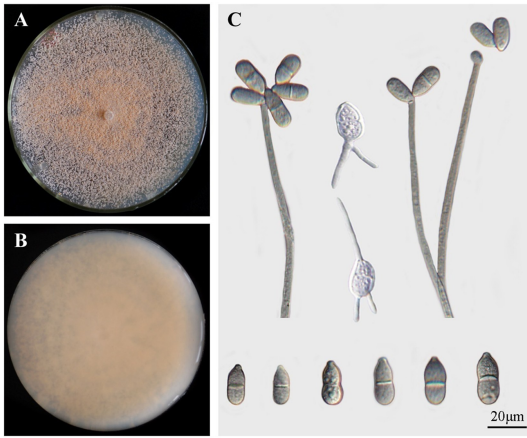


Fig. 2 Morphology characteristics of isolate JU-P01

A: The front of JU-P01 colony on PDA; B: The back of JU-P01 colony on PDA; C: Conidia and conidiophores of isolate JU-P01 under microscope (400 \times).

2.3 ITS 序列的系统发育分析

利用引物 ITS1-F 和 ITS4 扩增代表性菌株 (JU-P01 和 JU-P03) 的 rDNA-ITS 区域,获得的序列长度为 591 bp, GenBank 登录号为 KY610498 和 KY610499。以 *Passalora fulva* (KM 488555) 为外类群构建系统发育树,从系统进化树可以看出菌株 JU-P01 和 JU-P03 与来自草莓 (HM355750)、龙眼 (KU575895)、芒果 (KC816069)、苹果 (JX241671)、高粱 (KF897865)、无患子 (KT899886)、茶叶 (KF475893)、番茄 (JX997437)、梨 (KT359589)、银杏 (KT758800)、菜豆 (KP317992) 等寄主植物的 12 株 *T. roseum* 以 100% 自展支持率聚在同一个分支,与它们亲缘关系最近 (图 3)。结合形态学特征、致病性测定及分子鉴定,确定引起枣红粉病的病原为粉红单端孢 (*T. roseum*)。

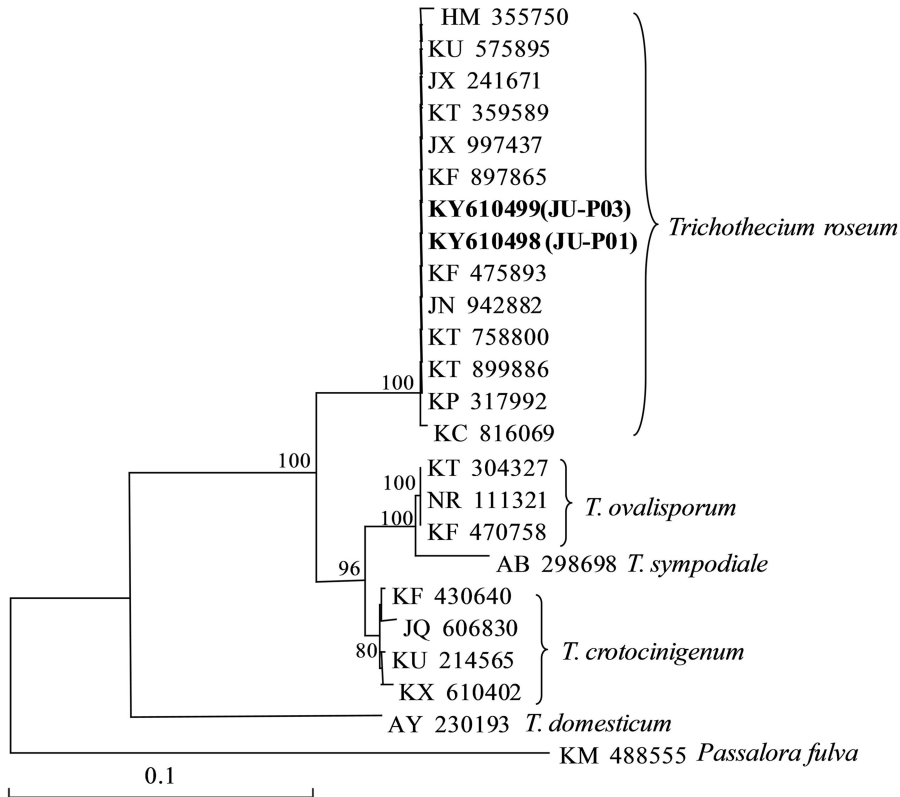


Fig. 3 Phylogenetic tree of *Trichothecium roseum* isolates (JU-P01 and JU-P03) and its related strains based on rDNA ITS sequences by the neighbor joining method

Passalora fulva was used as out-group. Bootstrap values (expressed as percentages of 1 000 replications) were shown at the major branching points. Scale bar represents 0.1 substitutions per nucleotide.

2.4 温度、湿度及 pH 对病原菌分生孢子萌发的影响

温度对 *T. roseum* 的分生孢子萌发有显著影响(图 4-A)。温度为 15℃~30℃ 的范围内、相对湿度 84% 培养 12 h 时,萌发率达到 60% 以上(图 4-A)。当温度低于 10℃,分生孢子萌发率显著下降,小于 1.5%;温度为 35℃ 时,分生孢子萌发率为 20.57%(图 4-A)。适合芽管生长的温度范围为 20℃~25℃,平均长度 121.68 μm~142.62 μm。当温度低于 10℃ 或者高于 30℃ 时,芽管长度显著下降(图 4-A)。

相对湿度对 *T. roseum* 的分生孢子萌发有显著影响(图 4-B)。在相对湿度大于 75% 的条件下培养 12 h 时,萌发率为大于 83%;湿度为 93% 时,萌发率达 99.51%(图 4-B)。当相对湿度小于 43% 时,分生孢子萌发率显著下降,小于 1.5%;当相对湿度为 23% 时,分生孢子不萌发(图 4-B)。适合芽管生长的相对湿度为大于 75%,长度大于 120.00 μm。当湿度小于 65% 时,芽管长度显著下降,长度小于 9.65 μm(图 4-B)。

T. roseum 的分生孢子在 pH = 4~10 范围内均能萌发,萌发率大于 92.0%(图 4-C)。当 pH 值小于 4 或大于 10 时,萌发率显著下降(图 4-C)。适合芽管生长的 pH 范围为 pH = 4~10,平均长度 60.58 μm~145.39 μm;芽管的最适生长 pH = 6,长度为 145.39 μm(图 4-C)。

2.5 病原菌分生孢子的致死温度

温度对 *T. roseum* 的分生孢子存活有显著影响(图 5-A)。在 35℃、40℃、45℃ 水浴中处理 10 min,分生孢子的萌发率为 93.0% 左右,与对照(25℃ 水浴)相比差异不显著(图 5-A)。大于 45℃ 时,分生孢子的萌发率显著下降;46℃ 和 47℃ 水浴处理 10 min,萌发率下降为 18.33% 和 2.52%(图 5-A)。48℃、49℃、50℃、51℃、52℃ 水浴处理 10 min,萌发率范围是 0%~0.83%,处理间差异不显著(图 5-A)。48℃ 水浴分别处理 1、3、5、7、9、10 和 12 min,随着处理时间的延长其分生孢子的萌发率显著下降,7 min 时萌发率为 20.73%、9 min 时萌发率为 6.19%(图 5-B);水浴处理 10 min 和 12 min,分生孢子的萌发率分别为 0.81% 和 0.62%、处理间差异不显著(图 5-B)。由此确定,*T. roseum* 分生

孢子的致死温度为 48℃,处理 10 min。

3 讨论

本研究描述了枣果贮藏期红粉病症状,并对引起该症状的病原菌进行了系统研究。粉红单端孢(*T. roseum*)的寄主范围广,可以引起不同植物的多种病害,给农业生产带来严重的损失^[9~17]。然而,由其引起枣红粉病尚未见报道。将分离到的枣红粉病菌菌株 JU-P01 的孢子悬浮液接种到骏枣果实进行致病性试验,发现在 25℃、相对湿度 65% 的环境下 7 d 左右接种果实果柄脱落处、表皮凹陷处,出现白色、圆形或椭圆形絮状霉点,严重时形成较厚粉状霉层。首次证明 *T. roseum*(菌株 JU-P01 或 JU-P03)为枣红粉病的致病菌。枣红粉病的症状与瓜类、棉铃、番茄、梨、芒果、龙眼等植物上的红粉病症状基本一致^[10,11,15,16]。将菌株 JU-P01 和 JU-P02 的形态学特性和 ITS 序列进行了系统研究,发现与 Yang 等^[10]、Feng 等^[11]、Shi 等^[15] 报道的引起龙眼、菜豆、番茄和瓜类红粉病的病原菌粉红单端孢分生孢子形态特征基本一致。因此,结合形态学特性、致病性测定及 ITS 序列分析,明确了引起枣果实红粉病的病原菌为 *T. roseum*。

温湿度对病菌分生孢子萌发及侵染影响的研究一直备受关注^[26]。分生孢子在病原菌初侵染中扮演着极其重要的角色,了解环境因素对 *T. roseum* 分生孢子萌发的影响,有助于为病害防治提供理论依据。本研究发现温湿度对 *T. roseum* 的分生孢子存活有显著影响,其致死温度为 48℃,处理 10 min。鉴于此,可以为热处理技术防控枣贮藏期红粉病提供理论依据^[27]。当相对湿度低于 23%、温度低于 10℃ 时,分生孢子萌发率降低到 1.5% 以下。因此,枣果采后需要及时翻晒,通风换气。相对湿度控制在小于 23%,温度小于 10℃,可以降低红粉病的发生。

T. roseum 的分生孢子在低温条件下萌发率虽然低,但是芽管可以生长,说明芽管生长相对耐低温。因此,枣果在贮藏期首先要清除枣果表面的初始菌原,其次通过控制贮藏期的温湿度进而降低红粉病的发生。在以往的研究中,由于病原菌的寄主不同,加之 *T. roseum* 分生孢子在水滴中萌发率极低且时间长,重复性较差,得到的关于分生孢子萌发特性及其致死温度的结论与本研究并不一致^[28]。

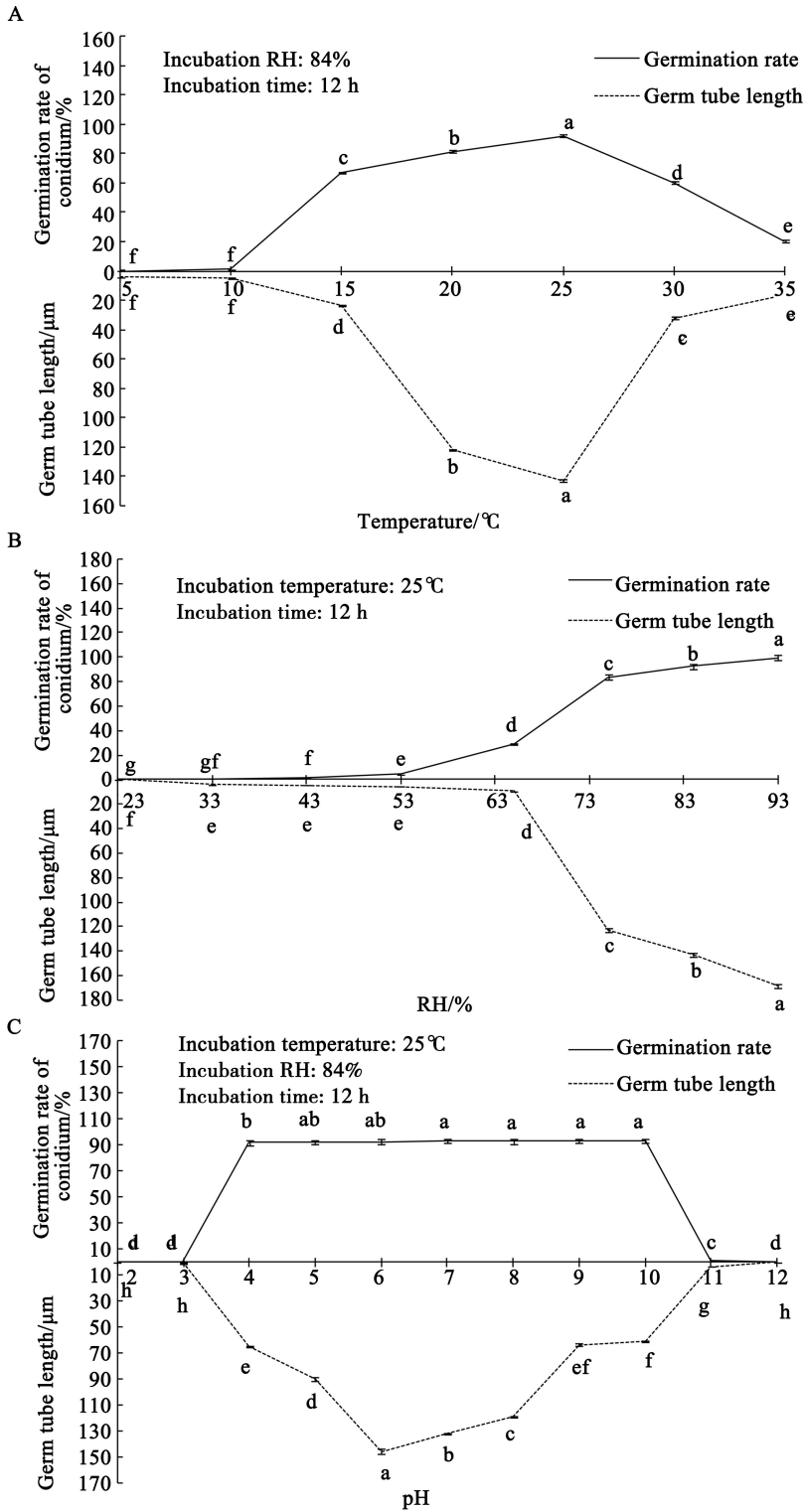


Fig. 4 Relationship between RH environmental factors and conidial germination rate of *Trichothecium roseum*

A: Effect of different temperature on germination rate of conidia of the isolate JU-P01 on PSA;

B: Effect of different relative humidity on germination rate of conidia of the isolate JU-P01 on PSA;

C: Effect of different pH on germination rate of conidia of the isolate JU-P01 on PSA.

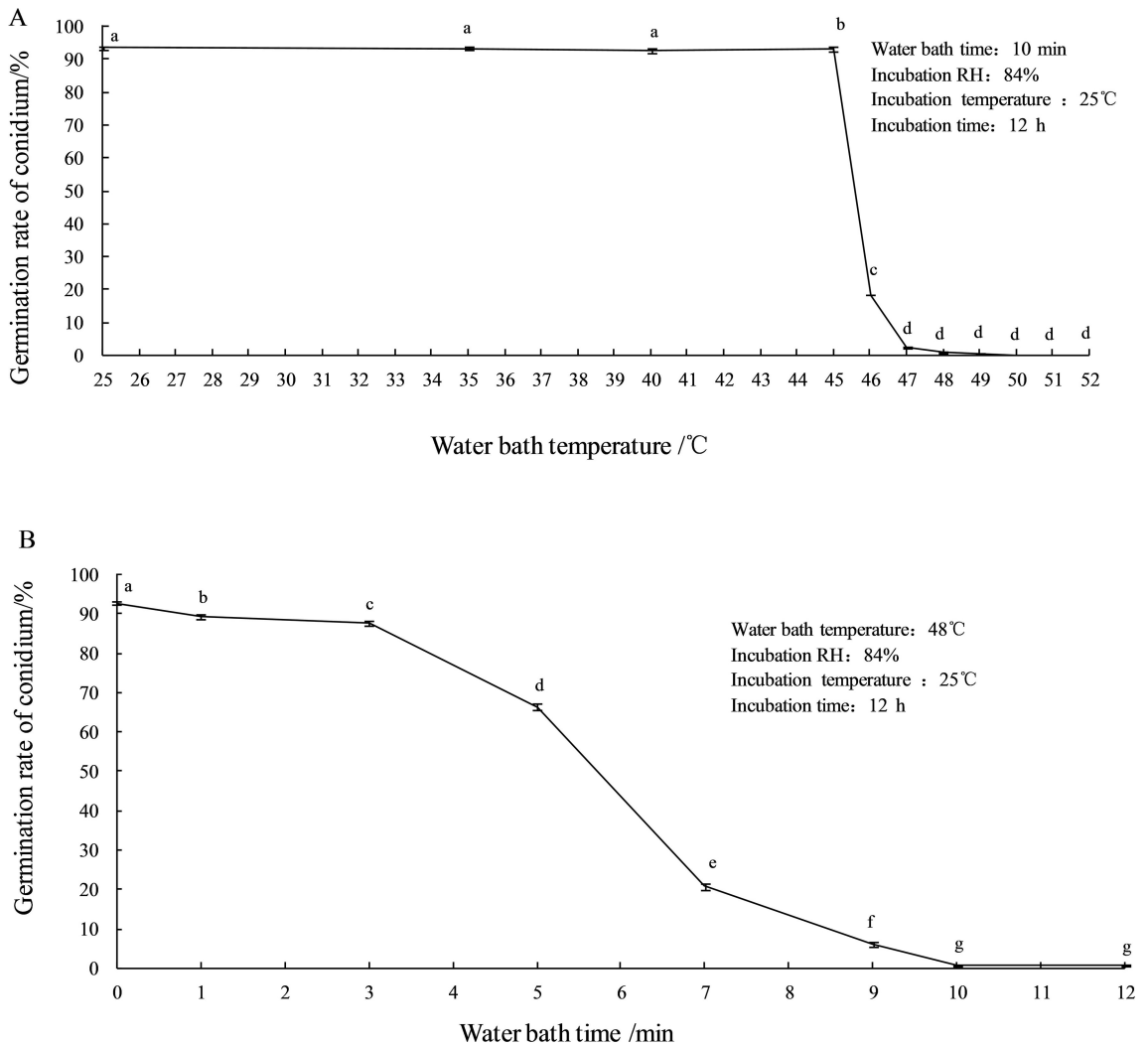


Fig. 5 Relationship between temperature and survival rate of conidia of *Trichothecium roseum*

A: Effect of different water bath temperature on survival rate of conidia of the isolate JU-P01 on PSA;

B: Effect of different water bath time on survival rate of conidia of the isolate JU-P01 on PSA at 48°C.

本研究采用将 PSA 培养基涂布于载玻片的方法研究环境因素对分生孢子萌发的影响,具有重复性好、萌发率高、便于观察统计等优点。改良的将 PSA 培养基涂布于载玻片的方法适用于 *T. roseum* 的分生孢子萌发等相关研究^[22]。

参考文献

- [1] Liu M J, Wang J R, Liu P, *et al.* Historical achievements and frontier advances in the production and research of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba*) in China (in Chinese) [J]. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 2015, 42, (9): 1683-1698.
- [2] Wang J, Wang Z Q, Mou J L, *et al.* Study of the key processing technique for series jujube products (in Chinese) [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology* (中国食品学报), 2012, 12 (9): 1-7.
- [3] Mou G L, Zhang X J, Yu M J, *et al.* Present status and developing tendency of drying technology for Chinese Jujube (in Chinese) [J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization* (中国农机化学报), 2014, 35 (1): 16-21.
- [4] Shanawaer S, Yushanjiang M, Guo Q Y, *et al.* Identification of the pathogen causing jujube fruit mildew

- (Part II)-isolation and identification of *Penicillium* fungus causing jujube fruit mildew (in Chinese) [J]. Xinjiang Agricultural Sciences (新疆农业科学), 2016, 53(4): 698-705.
- [5] Wei T J, Wei X T. Advances in research on diseases of Chinese jujube fruits (*Ziziphus jujube* Mill.) (in Chinese) [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica (西北农业学报), 2006, 15(1): 88-94.
- [6] Shanawaer S, Yushanjiang M, Guo Q Y, *et al.* Identification of the pathogen causing jujube fruit mildew (Part I)-isolation and identification of *Aspergillus* fungus causing jujube fruit mildew (in Chinese) [J]. Xinjiang Agricultural Sciences (新疆农业科学), 2016, 53(3): 502-509.
- [7] Chen L F. Biosynthesis of trichothecenes in *Fusarium* species (in Chinese) [J]. Journal of Agricultural Biotechnology (农业生物技术学报), 1998, 6(1): 85-89.
- [8] Sharma G, Maymon M, Freeman S. First detailed report of *Trichothecium roseum* causing post-harvest pink rot of avocado in Israel [J]. Plant Disease, 2016, 100(4): 856.
- [9] Tang Q, Liu Y J, Fang L. *Trichothecium roseum* causes trunk disease of *Sapindus mukorossi* in China [J]. Plant Disease, 2016, 100(5): 1009.
- [10] Yang J H, Li P, Zhang L, *et al.* Identification of the pink disease for longan fruit in Hainan province (in Chinese) [J]. Journal of Fruit Science (果树学报), 2016, 33(8): 993-999.
- [11] Feng H Z, Hao R R, Xue L, *et al.* Identification of *Trichothecium roseum* and determination of carbon and nitrogen sources utilization ability (in Chinese) [J]. Microbiology China (微生物学通报), 2015, 42(7): 1331-1337.
- [12] Hamid M I, Hussain M, Ghazanfar M U, *et al.* *Trichothecium roseum* causes fruit rot of tomato, orange, and apple in Pakistan [J]. Plant Disease, 2014, 98(9): 1271.
- [13] Jin H K, Dong W K, Okhee C, *et al.* Pink mold rot on Unshiu orange (*Citrus unshiu* Mac.) caused by *Trichothecium roseum* (Pers.) link ex gray in Korea [J]. Research in Plant Disease, 2013, 19(3): 226-228.
- [14] Gao L L, Zhang Q, Sun X Y, *et al.* Etiology of moldy core, core browning, and core rot of Fuji apple in China [J]. Plant Disease, 2013, 97(4): 510-516.
- [15] Shi J F, Sun C Q, Wang J M, *et al.* The identification of pink-mold rot pathogen in post-harvest tomato and the inhibitory activities of plant essential oils (in Chinese) [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology (中国食品学报), 2013, 13(10): 170-176.
- [16] He S L, Liu Z L, Liu X M, *et al.* A new disease in mango caused by *Trichothecium roseum* (in Chinese) [J]. Journal of Fruit Science (果树学报), 2011, 28(3): 474-478.
- [17] Sun G Y, Zhang R, Zhang Z, *et al.* Isolation of sooty blotch and flyspeck fungi from apple surface by picking up the thalli (in Chinese) [J]. Acta Phytopathologica Sinica (植物病理学报), 2003, 33(5): 479-480.
- [18] Li H Y, Sun G Y, Batzer J C, *et al.* *Scleroramularia* gen. nov. associated with sooty blotch and flyspeck of apple and pawpaw from the northern hemisphere [J]. Fungal Diversity, 2011, 46(1): 53-66.
- [19] Gardes M, Bruns T D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts [J]. Molecular Ecology, 1993, 2(2): 113-118.
- [20] White T J, Bruns T, Lee S, *et al.* Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics [C]. Pennsylvania, USA: Academic Press, 1990: 315-322.
- [21] Wang X L, Wei J L, Huang L L, *et al.* Re-evaluation of pathogens causing *Valsa* canker on apple in China [J]. Mycologia, 2011, 103(2): 317-324.
- [22] Zang R, Huang L L. Study on the pycnidiospore germination of apple tree *Valsa* canker pathogen (in Chinese) [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica (西北农业学报), 2007, 16(1): 64-67.
- [23] Obanor F O, Walter M, Jones E E, *et al.* Effect of temperature, relative humidity, leaf wetness and leaf age on *Spilocaea oleagina* conidium germination on olive leaves [J]. Europe Journal Plant Pathology, 2008, 120(3): 211-222.

- [24] Hao G Z, Xing L X, Liang Q W. Humidity fixed points of saturated aqueous solutions of salts (in Chinese) [J]. Sensor World (传感器世界), 1999, (12):10-14.
- [25] Sun J M, Zhang J Z, Wei D, *et al.* Identification and biological characterization of the pathogen causing a new black spot disease on *Musa* spp. (in Chinese) [J]. Acta Phytopathologica Sinica (植物病理学报), 2016, 46(1): 119-123.
- [26] Liu Q, Xiao C L. Influence of nutrient and environmental factors on conidial germination of *Potrebniamyces pyri* [J]. Phytopathology, 2005, 95(5): 572-580.
- [27] Chen J L, Jian X, Mutalipu M. Effect of heated treatment on storage quality of *Ziziphus jujuba* cv. *junzao* (in Chinese) [J]. Northern Horticulture (北方园艺) 2014, 38(8): 115-118.
- [28] Zhang Z H. Comparative studies on several isolates of *Trichothecium roseum* from different hosts and inhibitory activity (in Chinese) [D]. Anhui: Anhui Agricultural University (安徽:安徽农业大学), 2007.

责任编辑:于金枝

欢迎订阅《植物病理学报》

《植物病理学报》是中国植物病理学会主办的全国性学术刊物,“中国科技核心期刊”。主要刊登植物病理学各分支未经发表的专题评述、研究论文和研究简报等,以反映中国植物病理学的研究水平和发展方向,推动学术交流,促进研究成果的推广和应用。

本刊现已被英国农业与生物技术文摘(CAB)、联合国粮农组织 AGRIS 等收录。据《中国科技期刊引证报告》(2017 年版)统计结果,《植物病理学报》影响因子 0.572。荣获首届《中国学术期刊检索与评价数据规范》(CAJ-CD)执行优秀期刊奖、2012 中国国际影响力优秀学术期刊奖和 2014 年百种中国杰出学术期刊奖。

本刊为双月刊,每期定价 50 元,全年 6 期共 300 元。

邮发代号: 82-214。欢迎投稿,欢迎订阅。

编辑部地址:北京市海淀区圆明园西路 2 号 中国农业大学植保楼 406 室

邮编: 100193

电话: (010) 6273 2364

E-mail: zwbldb@cau.edu.cn。