

新疆石河子地区甜樱桃采后腐烂致病真菌的分离鉴定

关波 张璇 胡玉婵 胡有贞* 陈国刚

(石河子大学食品学院 新疆 石河子 832000)

摘 要:【背景】甜樱桃果实柔软多汁,采后腐烂率高。石河子是新疆新兴的甜樱桃种植地区之一,但由于采后储运不当造成巨大的经济损失。【目的】鉴定石河子地区的甜樱桃果实腐烂病原菌,以期提高该地区甜樱桃的采后品质、延长货架期。【方法】从石河子 136 团种植的甜樱桃腐坏组织中分离真菌菌株,根据柯赫氏法则将分离得到的菌株重新接种到健康的甜樱桃果实上确定其致病性;结合形态学和真菌核糖体转录间隔区(rDNA-ITS)序列分析对致病真菌进行鉴定。【结果】从石河子地区甜樱桃腐烂的果肉中分离出 5 类丝状真菌,其中 3 类是甜樱桃果实的致病真菌,转录间隔区序列比对确定 3 类真菌中代表菌株分别为易脆毛霉(*Mucor fragilis*)、镰刀菌(*Fusarium* sp.)和干酪青霉(*Penicillium camemberti*)。【结论】导致新疆石河子地区甜樱桃果实腐烂的致病真菌主要有易脆毛霉(*Mucor fragilis*)、镰刀菌(*Fusarium* sp.)和干酪青霉(*Penicillium camemberti*)。

关键词: 甜樱桃, 采后腐烂致病真菌, 分离鉴定

Isolation and identification of pathogenic fungi in rotten sweet cherry from Shihezi, Xinjiang

GUAN Bo ZHANG Xuan HU Yu-Chan HU You-Zhen* CHEN Guo-Gang

(The Food College, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: [Background] Sweet cherries are highly perishable fruits because of their tender and juicy flesh. Shihezi is one of the newly plantation area of sweet cherry in Xinjiang, however, the economic losses caused by postharvest rot are huge. [Objective] In order to improve the postharvest quality and prolong shelf life of sweet cherry, this study aims to isolate and identify the pathogens from sweet cherry harvested in Shihezi. [Methods] Fungal strains were isolated from decayed sweet cherry harvested from 136 regiment, Shihezi, and these strains were inoculated back to healthy sweet cherry to test the pathogenicity according to the Koch's postulates. Pathogens were identified using morphological characteristics and internal transcribed spacer (ITS) sequences analysis. [Results] Five types of filamentous fungi were isolated from the rotten tissue of sweet cherry, in which three types were pathogens of sweet cherry fruit harvested in Shihezi. The representative strains were identified by internal transcribed spacer sequences as *Mucor fragilis*, *Fusarium* sp. and *Penicillium camemberti*, respectively. [Conclusion] *M. fragilis*, *Fusarium* sp. and *P. camemberti* were pathogens

Foundation item: Start-up Fund for Advanced Talents Granted by Shihezi University (RCZX201547)

*Corresponding author: Tel: 86-993-2058735; E-mail: yzhu@shzu.edu.cn

Received: December 07, 2017; Accepted: January 24, 2018; Published online (www.cnki.net): February 08, 2018
基金项目: 石河子大学高层次人才科研启动项目(RCZX201547)

*通信作者: Tel: 86-993-2058735; E-mail: yzhu@shzu.edu.cn

收稿日期: 2017-12-07; 接受日期: 2018-01-24; 网络首发日期(www.cnki.net): 2018-02-08

causing postharvest rot on sweet cherry harvested in Shihezi, Xinjiang.

Keywords: Sweet cherry, Postharvest rotten pathogenic fungi, Isolation and identification

甜樱桃(*Prunus avium* L.), 又名迎庆果、樱珠、车厘子, 属于蔷薇科李属樱桃亚属植物。作为我国北方上市最早的高档鲜食水果之一, 甜樱桃营养丰富, 果实中含有紫苏子醇等多种次生活性物质, 对于预防各种慢性疾病及维持人体健康具有重要作用^[1]。近年来, 随着新疆种植业结构的调整, 樱桃在新疆各地区引种栽培面积逐渐增加, 新疆各大超市的本地甜樱桃比重越来越大。然而, 由于樱桃果实肉软、皮薄、多汁, 加上储运保鲜方式不当, 果实采后腐烂率可高达 50%^[2], 造成巨大的经济损失。其中, 由真菌侵染引起的果实腐烂可占甜樱桃采后损失的 1/2 以上, 例如樱桃表面凹陷、破裂、出现水渍状斑点等。目前国内外对甜樱桃的保鲜机理研究多集中于预防田间种植的果树致病菌^[3]以及控制樱桃果实采后生理变化^[4], 而对引起樱桃采后腐烂的致病菌关注度相对较低。其中, 已报道的樱桃致病菌多为丝状真菌, 如链格孢菌(*Alternaria* sp.)^[5]、镰刀菌(*Fusarium* sp.)^[6]、地丝菌(*Geotrichum* sp.)、盘长孢菌(*Gloeosporium* sp.)、毛霉菌(*Mucor* sp.)^[7]等。

本研究以石河子地区市售新疆产甜樱桃为研究对象, 通过形态学与分子生物学相结合的方法, 对甜樱桃果实采后病原菌进行了分离鉴定, 明确了引起新疆甜樱桃腐烂的病原真菌主要来自毛霉属(*Mucor*)、镰刀菌属(*Fusarium*)和青霉属(*Penicillium*), 以期新疆产甜樱桃的采后保鲜提供理论依据。

1 材料

1.1 实验材料及供试培养基

供试新疆甜樱桃产地为兵团第八师 136 团, 样品于 2017 年 2-4 月购自新疆石河子市水果销售市场。

马铃薯葡萄糖琼脂(Potato dextrose agar, PDA)培养基(g/L): 马铃薯葡萄糖水(脱水干粉) 24.0, 琼脂 20.0, pH 自然。

1.2 主要试剂和仪器

PCR 引物, 生工生物工程(上海)股份有限公司

合成; DNA 聚合酶 Premix Taq™, 宝生物(TaKaRa)工程(大连)有限公司; DNA 胶回收试剂盒, 北京全式金生物技术有限公司。

梯度热循环 PCR 扩增仪, SensoQuest 公司; 显微镜, 徕卡公司; 高速离心机, Thermo 公司; 紫外凝胶成像仪, Bio-Rad 公司; 标准型 pH 计, 上海精密科学仪器有限公司; 生化培养箱, 常州诺基仪器有限公司。

2 方法

2.1 病原真菌的分离

病原真菌分离参考崔志婧等^[8]方法。用接种针直接挑取甜樱桃果实感病组织, 将其接种到 PDA 培养基上, 25 °C 培养。表面消毒: 切取距离甜樱桃果实病斑 2 mm 处的组织, 先用 70% 的酒精浸泡 30 s, 迅速将酒精用无菌滤纸吸出, 移入 1% 的次氯酸钠溶液浸泡 1 min, 再用无菌水清洗 3 次后用灭菌滤纸吸干组织块表面水分, 植入 PDA 培养基中, 25 °C 培养。当菌落直径生长至 1 cm 时, 用接种针挑取不同菌丝尖端分别植入新的 PDA 培养基皿内, 继续培养。重复上述操作 2-3 次分出单一菌落即可作为纯化菌种移入试管低温保存备用。

2.2 病原真菌的致病性测定

接种用病原菌的制备、被接种甜樱桃果实的准备及有伤、无伤接种方法参考许玲等^[9]方法。

2.2.1 接种用菌株的制备

选取在 PDA 培养基上继代培养 2 代后的新鲜菌株供试。用打孔器取直径 5 mm 的菌体接种。

2.2.2 被接种甜樱桃果实的处理

选取健康无伤、大小一致的甜樱桃, 用酒精棉球对甜樱桃果实表面进行擦拭消毒, 再用无菌水清洗晾干。

2.2.3 接种方式

有伤接种: 用接种针在甜樱桃果实对称部位分别刺 2 个孔(孔深 5 mm 左右), 用无菌打孔器打在 PDA 培养基活化好的待测菌株菌碟, 接种至伤

口处；无伤接种：另取完好甜樱桃果实直接接种。有伤接种和无伤接种均以接种相同直径的空白菌碟作为对照。将接种后的甜樱桃果实放入无菌干燥器内，25 °C 条件下饱和湿度放置 7 d。有伤和无伤各接种 4 颗甜樱桃，每个甜樱桃上接种 2 个菌碟，进行 3 次重复。记录发病情况，通过致病性确认后的菌株进行再次分离，并与最初接种的纯化菌株进行比较。

2.3 病原真菌的形态学鉴定

将供试菌株接种于 PDA 平板上，置于 25 °C 恒温培养箱培养，观察记录菌落特征，如颜色、形态、生长速度等。待其产孢后，使用显微镜观察产孢结构、分生孢子种类与形态。根据菌落特征、分生孢子梗、分生孢子及其他生物学特性与真菌鉴定手册^[10]对比鉴定病原菌。

2.4 病原真菌的分子生物学鉴定

2.4.1 改良 CTAB 法提取丝状真菌基因组 DNA

称取 0.05 g 在 PDA 培养基上生长 7 d 的待鉴定病原菌菌丝，参考刘少华等^[11]的方法提取病原真菌基因组 DNA，-20 °C 保存备用。

2.4.2 病原真菌核糖体转录间隔区(rDNA-ITS)序列扩增

利用真菌 rDNA-ITS 通用引物 ITS1 (5'-TCCG TAGGTGAACCTGCGG-3')和 ITS4 (5'-TCCTCCG CTTATTGATATGC-3')进行扩增。PCR 反应体系 (20 μL): PCR Mix (2×) 10 μL, 引物 ITS1 和 ITS4 (10 μmol/L)各 0.5 μL, 模板 DNA (100 mg/L) 1 μL, ddH₂O 8 μL。PCR 反应条件: 95 °C 5 min; 95 °C 30 s, 54 °C 30 s, 72 °C 1 min, 30 个循环; 72 °C 7 min。PCR 扩增产物于 1.0%琼脂糖凝胶电泳检测，经胶回收试剂盒回收纯化，-20 °C 保存备用。

2.4.3 病原真菌的 ITS 序列分析及系统发育树的构建

纯化 PCR 产物与 pMD19-T 载体连接后送生物工程(上海)股份有限公司测序。测序结果在 NCBI 的 BLAST 数据库(<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)进行比对,选取近缘种用 ClustalX 软件比

对序列，再用 MEGA 6.0 软件构建系统发育树。

2.5 病原真菌的生长速率测定

用无菌打孔器在预先培养(PDA 培养基培养 2 d)的菌落边缘打取直径 5 mm 的菌碟，再将菌碟转接至各皿 PDA 培养基中央。用交叉交叉法每 12 h 测量一次菌落直径，连续测量 6 d。每个菌株接种 4 皿，重复 3 次。

2.6 数据处理与统计分析

应用 Origin 7.5 分析处理数据并制图。采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)结合 *t* 检验分析各组数据差异显著性。

3 结果与分析

3.1 甜樱桃果实贮藏期的发病症状及病原菌的分离

新疆石河子产甜樱桃在贮藏过程中表现出的病害症状主要有两种：(1) 果实组织初期呈水渍状斑点，中后期病斑迅速软腐、有大量汁液流出、造成果皮破损，逐渐病斑表面长出灰褐色分生孢子层，侵染性强(图 1B)；(2) 果实发病组织表面有白色短绒毛状菌丝，发病初期有大量分生孢子，周围略呈水渍状，果实轻微凹陷，后期随白色菌落不断蔓延造成果实明显凹陷，但无水渍溢出，且果实表皮无破损(图 1C)。

从供试的市售感病石河子甜樱桃发病部位共分离纯化出 40 株丝状真菌。根据其培养性状和菌落特征可以将其初步划分为 5 种类型(表 1)。其中分离出的 I 类丝状真菌最多(19 株)，占总分离菌株

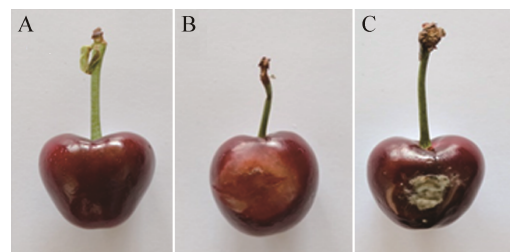


图 1 新疆甜樱桃果实腐烂病灶

Figure 1 Soft rot symptom of Xinjiang sweet cherry fruits

注：A：健康甜樱桃果实；B，C：腐烂甜樱桃果实。

Note: A: Healthy cherry fruit; B, C: Rotten cherry fruits.

表 1 从新疆甜樱桃腐烂果实分离的真菌菌株
Table 1 Fungi isolated from diseased Xinjiang sweet cherry fruits

真菌类型 Fungi category	代表菌株 Representative strain	数量 Quantity (strains)	分离频率 IF (%)
I	XJC-01	19	47.5
II	XJC-02	12	30.0
III	XJC-03	5	12.5
IV	XJC-04	2	5.0
V	XJC-05	2	5.0

注: 分离频率通过计算单位样品上分离菌株数目/菌株总数百分比获得。

Note: The isolation frequency (IF) was calculated as the frequency of strain per sample exhibiting fungal growth.

的 47.5%。将分离纯化的 5 类丝状真菌依照柯赫氏法则重新接种甜樱桃果实, 从致病的甜樱桃果实病斑组织再次分离病原菌, 在 PDA 培养基上纯化培养后, 与最初的接种菌进行比较。结果显示有伤接种和无伤接种 I、II、IV 3 类真菌均会在甜樱桃果实表面形成明显病斑, 3 类致病真菌的菌斑直径 I 类>II 类>IV 类(图 2), 表明 I、II、IV 3 类真菌是

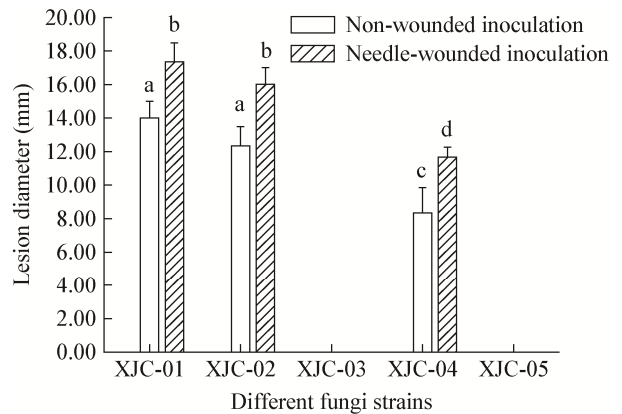


图 2 不同真菌菌株侵染石河子甜樱桃果实的病斑直径
Figure 2 Lesion diameter of different fungi strains on Shihezi sweet cherry

注: 标有不同字母的图柱表示不同处理间差异显著(P<0.05).
Note: The different letters above each column diagram denote significant differences among treatments (P<0.05).

造成甜樱桃果实腐坏的致病菌。其中, I 类丝状真菌菌丝附着处会造成严重的甜樱桃腐坏, 使樱桃表皮破裂, 果肉组织出现明显的水渍化, 产生大量分生孢子, 致病效果明显(图 3A); II 类丝状真菌的白色菌落覆盖于樱桃表面, 在菌落覆盖下方有甜樱

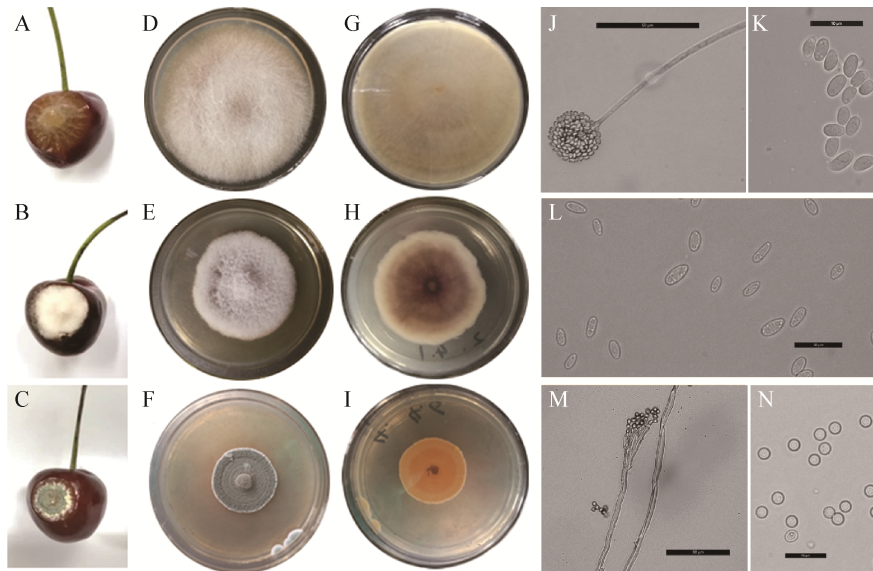


图 3 不同真菌菌株侵染石河子甜樱桃果实的病斑形态及致病菌的形态特征

Figure 3 Soft rot symptom of Shihezi sweet cherry inoculated with different fungi and morphology of the pathogens

注: A、B 和 C 分别为 XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 侵染新疆甜樱桃果实后的病斑; D、E 和 F 分别为 XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 菌落的正面; G、H 和 I 分别为 XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 菌落的反面; J 和 M 分别为 XJC-01 和 XJC-04 孢子梗形态; K、L 和 N 分别为 XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 的孢子形态。

Note: Symptom of Xinjiang sweet cherry incubated with XJC-01 (A), XJC-02 (B), XJC-04 (C); The front side of colony: XJC-01 (D), XJC-02 (E), XJC-04 (F); The reverse side of colony: XJC-01 (G), XJC-02 (H), XJC-04 (I); Conidiophore of XJC-01 (J), XJC-04 (M); Conidium of XJC-01 (K), XJC-02 (L), XJC-04 (N).

桃组织的凹陷,造成果肉一定程度的水质化,致病性较强(图 3B);IV 类丝状真菌致病中心呈青色、外扩菌丝呈白色,菌丝对甜樱桃表皮的侵染性较强,造成果实轻微凹陷,果肉水质化程度不高(图 3C)。

3.2 病原菌形态学鉴定

PDA 培养基上生长的 XJC-01 菌落为蓬松的绒毛状,菌丝较长,无隔、多核、分枝状,呈白色,无假根或匍匐菌丝(图 3D、G);菌丝体上直接生出总状分枝的孢囊梗,各分枝顶端长着球形孢子囊,状似蒲公英(图 3J);囊内产生大量椭圆形的孢囊孢子(4.0–5.0) $\mu\text{m} \times (2.5-4.0) \mu\text{m}$ (图 3K)。

XJC-02 菌落表面白色,肉眼可观察到白色毡状菌丝,气生菌丝盘旋致密,菌丝较短,背面呈紫褐色,在 PDA 培养基中分泌淡紫色、褐色色素(图 3E、H);该菌不易产孢,在 PDA 培养基上生长 7 d 产生少量小型分生孢子,卵圆形至椭圆形、透明、单胞(3.0–5.0) $\mu\text{m} \times (2.0-4.0) \mu\text{m}$ (图 3L)。

XJC-04 菌丝为白色,菌落由白色逐渐变成青绿色,层状生长,直径增长较慢,菌层较厚(图 3F、I);菌丝体顶端产生分生孢子梗,分生孢子梗形成多个分枝,分枝末端着生成串的分生孢子,形如扫帚(图 3M);分生孢子呈圆形,有细胞核结构(1.5–3.5) $\mu\text{m} \times (1.5-3.5) \mu\text{m}$ (图 3N)。

3 类致病真菌(XJC-01、XJC-02 和 XJC-04)菌落 在 PDA 培养基上生长速度差异显著。XJC-01 菌落呈线性增长,培养 3 d 后菌落直径达到 89.67 mm \pm 1.53 mm,生长速度最快;XJC-02 在培养第 1 天长势基本为 0,从第 2 天起呈线性增长,在第 6 天达 61.00 mm \pm 1.00 mm,生长速度较快;XJC-04 在培养的前 4 天菌落直径几乎不变(但大量产孢),至第 5 天才缓慢增长,第 6 天时菌落直径仅有 19.00 mm \pm 0.87 mm (图 4)。

3.3 病原菌的分子生物学鉴定

采用真菌 rDNA-ITS 序列通用引物(ITS1 和 ITS4)对新疆甜樱桃致病菌株 XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 进行鉴定。以 3 株病原菌的基因组 DNA 为模板进行 PCR 扩增,经琼脂糖凝胶电泳后分别得到 3 条

500–750 bp 之间的清晰明亮的条带(图 5)。将获得的 PCR 产物测序后,分别得到 614 bp 的 XJC-01 rDNA-ITS 序列(GenBank 登录号为 MG273756)、558 bp 的 XJC-02 rDNA-ITS 序列(GenBank 登录号为 MG273757)和 586 bp 的 XJC-04 rDNA-ITS 序列(GenBank 登录号为 MG273758)。XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 的 rDNA-ITS 序列经过 BLASTn 核酸序列比对,选取相似性最高的菌种 rDNA-ITS 序列,采用邻接法(Neighbor-Joining, NJ)构建系统发育树(图 6)。结果表明 XJC-01 与毛霉属的 *Mucor fragilis*

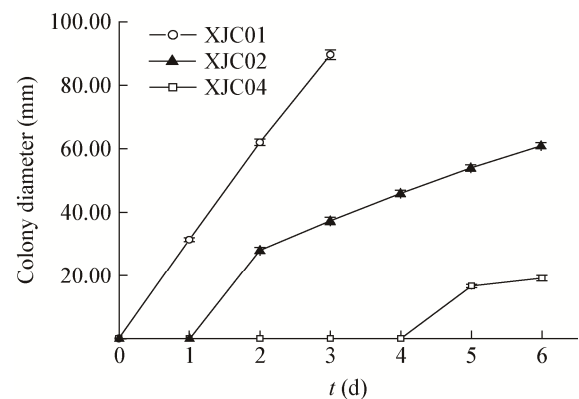


图 4 石河子甜樱桃果实致病真菌的生长速率

Figure 4 Growth rate of pathogenic fungi in sweet cherry fruit of Shihezi

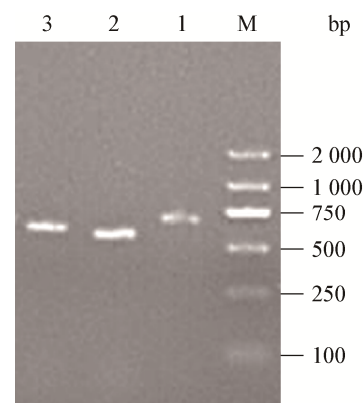


图 5 病原真菌 rDNA-ITS 基因序列的 PCR 扩增

Figure 5 PCR amplification of pathogenic fungi rDNA-ITS sequences

注: M: DL2000 分子量标准; 1–3 依次为病原真菌 XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 rDNA-ITS 基因的 PCR 产物。

Note: M: DL2000 molecular weight marker; 1–3: rDNA-ITS PCR products amplified from the isolates XJC-01, XJC-02 and XJC-04.

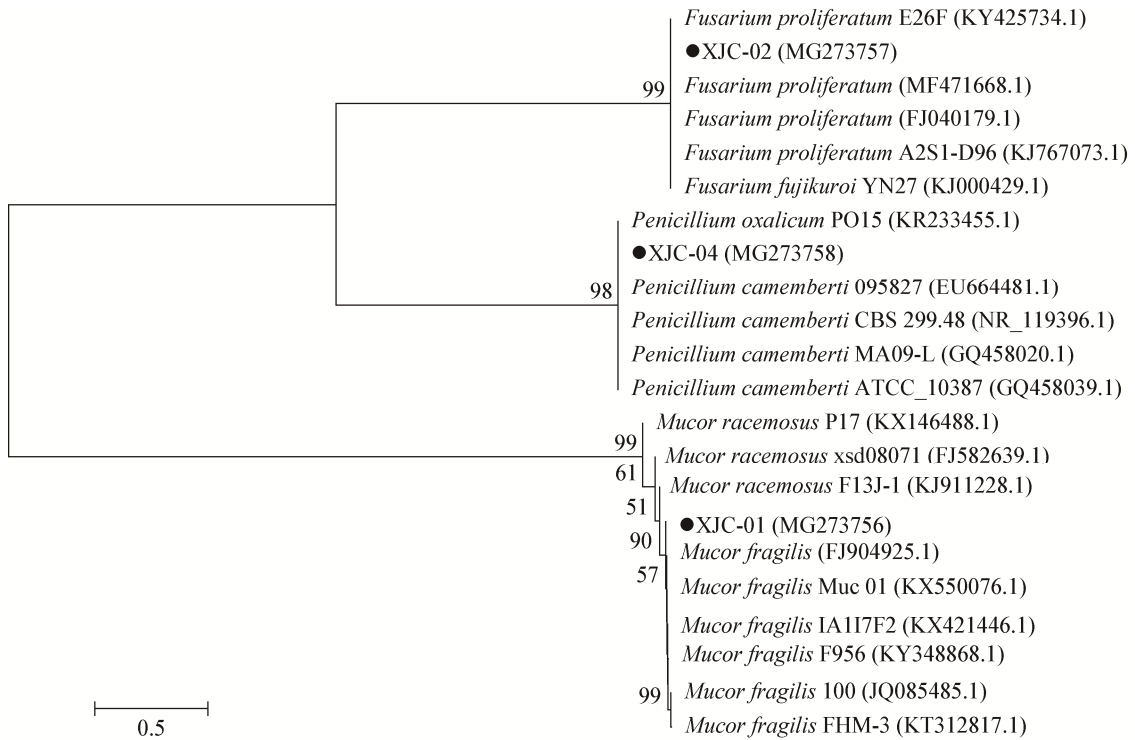


图 6 病原真菌菌株 XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 基于 rDNA-ITS 基因序列的系统进化分析

Figure 6 Phylogenetic tree based on rDNA-ITS gene sequences of pathogenic fungi XJC-01, XJC-02 and XJC-04

注: 括号中的序列编号为参照菌株在 GenBank 中的登录号; 分支点上的数字表示置信度; 比例尺表示碱基替换率, 0.5 表示 50% 的替换率。

Note: The sequence numbers in parentheses correspond to the GenBank accession numbers of the reference strains; The numbers at branch points represent confidence level; The bar scale indicates the rate of substitution per base, 0.5 represents a replacement rate of 50%.

亲缘关系最近; XJC-02 与镰刀菌属的 *Fusarium proliferatum* 及 *Fusarium fujikuroi* 的亲缘关系最近; XJC-04 与青霉属的 *Penicillium camemberti* 及 *Penicillium oxalicum* 亲缘关系最近。结合病原真菌形态学特征和序列分析, 将菌株 XJC-01 鉴定为易脆毛霉 (*Mucor fragilis*), XJC-02 鉴定为镰刀菌 (*Fusarium* sp.), XJC-04 鉴定为干酪青霉 (*Penicillium camemberti*)。

4 讨论与结论

甜樱桃属于呼吸非跃变型果实, 由于果肉几乎不含淀粉类的碳水化合物, 采后生理变化非常明显, 低温环境下甜樱桃的货架期仅为 7-14 d^[12], 因此提高甜樱桃的采后品质和延长货架期具有重要的经济意义。本研究从新疆石河子地产甜樱桃腐烂的果肉中分离出 5 类丝状真菌, 通过有伤/无

伤两种方式将获得的丝状真菌重新接种健康甜樱桃果实进行鉴定, 结果表明以 XJC-01、XJC-02 和 XJC-04 为代表的 3 类真菌是导致新疆石河子地产甜樱桃腐烂的病原菌。病原菌无伤接种染病率也达到 100%, 表明 3 种病原菌均具有较强的侵染能力。接种后病斑直径数据显示 3 种致病菌致病力的强弱依次为: XJC-01>XJC-02>XJC-04。结合病原菌形态学特征和真菌 rDNA-ITS 序列, 初步将 XJC-01 鉴定为易脆毛霉 (*Mucor fragilis*), XJC-02 鉴定为镰刀菌 (*Fusarium* sp.), XJC-04 鉴定为干酪青霉 (*Penicillium camemberti*)。

已有的研究报道表明, 甜樱桃果实采后腐烂病原菌主要以丝状真菌为主, 常见的采后真菌性病害主要有青霉病 (*Penicillium expansum*)、灰霉病 (*Botrytis cinerea*)、软腐病 (*Rhizopus* sp.)、褐腐病

(*Monilinia fructicola*)、绿腐病(*Cladosporium herbarum*)、交链孢霉腐病(*Altemat alternata*)等^[13], 但不同产地甜樱桃果实致病菌种类存在一定的差异。比如, 烟台地区大樱桃采后分离的采后病原真菌有 6 种: 燕麦赤霉菌(*Gibberella avenacea*)、总状毛霉(*Mucor racemosus*)、三线镰刀菌(*Fusarium tricinctum*)、互生链格孢菌(*Alternaria alternate*)、奥桑青霉菌(*Penicillium polonicum*)和烟曲霉菌(*Aspergillus fumigatus*)^[6], 而大连和河北的不同甜樱桃品种中分离出的 4 种致病菌分属链核盘菌属(*Monilinia Honey*)、桃炭疽盘长孢菌(*Gloeosporium laetialcolor* Berk.)、链格孢属(*Alternaria alternate* (Fr.) Keissl.)和葡萄孢属(*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.)^[7]。本研究主要对新疆石河子地产甜樱桃腐烂组织中的病原真菌进行了分离, 并将 3 种致病菌分别鉴定为易脆毛霉(*M. fragilis*)、镰刀菌(*Fusarium* sp.)和干酪青霉(*P. camemberti*)。受到毛霉污染的食品包括豆类、乳制品、玉米、大麦、水果、蔬菜等, 其中毛霉在乳制品和豆类中的检出率最高^[14-15]; 干酪青霉(*P. camemberti*)也是发酵乳制品中的常见微生物^[16], 新疆是我国四大牧区之一, 乳制品种类丰富多样, 导致新疆石河子地产甜樱桃的致病真菌种类可能与本地区的畜牧微生态环境有一定的关系。此外, 本研究还从石河子甜樱桃果实腐烂组织中分离获得了 9 株酵母菌, 基于 rDNA-ITS 基因序列的鉴定结果显示, 分离的酵母菌均为假丝酵母(*Candida* sp.), 而将分离获得的酵母菌重新接种健康的甜樱桃果实并未导致甜樱桃果实致病(此部分数据未显示), 表明假丝酵母并不是导致石河子甜樱桃腐烂的致病菌。然而, 分离的假丝酵母菌与毛霉菌、镰刀菌和青霉菌等丝状真菌对甜樱桃果实是否存在复合侵染作用还有待进一步研究。

本研究明确了引起新疆石河子地区甜樱桃采后腐坏的致病真菌包括毛霉菌、镰刀菌和青霉菌, 这将为控制地产甜樱桃采后腐坏、提出针对性的防腐贮藏手段提供借鉴和思路。已有研究发现热空气处理(44 °C、114 min)不仅能够诱导甜樱桃果实的抗

病性, 还能降低贮藏期间青霉病的发病率和果实病斑直径的扩展^[17]。此外, 通过百里香精油和丁香精油熏蒸或直接接触处理, 对侵染甜樱桃果实的毛霉菌也具有较好的抑制作用(抑制率均达 100%)^[18]。因此, 结合现有广谱杀菌措施, 针对石河子地产甜樱桃致病菌毛霉菌、镰刀菌和青霉菌筛选有效的选择性杀菌剂, 可能为预防樱桃腐烂、延长石河子地产甜樱桃保鲜期和货架期提供有效措施。

REFERENCES

- [1] Fu QJ, Wei GQ, Sun Y, et al. Research progress on secondary metabolites and biological activities in cherry[J]. Northern Horticulture, 2016(7): 198-201 (in Chinese)
付全娟, 魏国芹, 孙杨, 等. 樱桃次生成分及生物活性研究进展[J]. 北方园艺, 2016(7): 198-201
- [2] Tan WJ, Yang JZ, Liu XH, et al. Storage and preservation technology of cherry[J]. Northwest Horticulture, 2004(6): 53-54 (in Chinese)
谭维军, 杨军泽, 刘兴辉, 等. 大樱桃贮藏保鲜技术[J]. 西北园艺, 2004(6): 53-54
- [3] Xu L, Wang JW, Chen X, et al. Identification and pathogenicity detection of the cherry gummosis pathogen[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2015, 45(4): 350-355 (in Chinese)
徐丽, 王甲威, 陈新, 等. 甜樱桃流胶病原菌的分子鉴定和致病性检测[J]. 植物病理学报, 2015, 45(4): 350-355
- [4] Jiao ZG, Liu JC, Wang SX. Advances of research on postharvest physiology and storage technology of sweet cherry[J]. Journal of Fruit Science, 2003, 20(6): 498-502 (in Chinese)
焦中高, 刘杰超, 王思新. 甜樱桃采后生理与贮藏保鲜[J]. 果树学报, 2003, 20(6): 498-502
- [5] Zhao YZ, Liu ZH, Li YT, et al. Studies on identification and pathogenicity of cherry black spot caused by *Alternaria alternata*[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2013, 40(8): 1560-1566 (in Chinese)
赵远征, 刘志恒, 李俞涛, 等. 大樱桃黑斑病原菌鉴定及其致病性研究[J]. 园艺学报, 2013, 40(8): 1560-1566
- [6] Tian YC, Gong HS, Zhao S, et al. Screening and identification of spoilage moulds in picked sweet cherry from Yantai[J]. Food Science, 2017, 38(22): 28-33 (in Chinese)
田亚晨, 贡汉生, 赵珊, 等. 烟台地区引起甜樱桃采后腐烂霉菌的分离鉴定[J]. 食品科学, 2017, 38(22): 28-33
- [7] Zhang N, Guan WQ, Yan RX, et al. Isolation and qualitative analysis of pathogenic bacteria for sweet cherry[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(13): 190-194 (in Chinese)
张娜, 关文强, 阎瑞香, 等. 甜樱桃果实采后致病菌的分离及定性分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(13): 190-194
- [8] Cui ZJ, Wang YW, Yu Y, et al. Pathogens analysis of soft rot disease of imported pitaya in Shanghai[J]. Microbiology China,

- 2011, 38(10): 1499-1506 (in Chinese)
崔志婧, 王奕文, 于岳, 等. 上海市进口火龙果软腐病害分析[J]. 微生物学通报, 2011, 38(10): 1499-1506
- [9] Xu L, Li XW, Teng KN. Detection and control of post-harvest pathogenic fungi on fruits and vegetables[J]. Food Science, 2003, 24(7): 155-158 (in Chinese)
许玲, 李学文, 滕康宁. 果蔬采后致病真菌的检测及其控制[J]. 食品科学, 2003, 24(7): 155-158
- [10] Wei JC. Fungi Identification Manual[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1979: 405-425 (in Chinese)
魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 405-425
- [11] Liu SH, Lu JP, Zhu RL, et al. A rapid and simple extraction method for plant pathogenic fungi[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2005, 35(4): 362-365 (in Chinese)
刘少华, 陆金萍, 朱瑞良, 等. 一种快速简便的植物病原真菌基因组 DNA 提取方法[J]. 植物病理学报, 2005, 35(4): 362-365
- [12] Habib M, Bhat M, Dar BN, et al. Sweet cherries from farm to table: a review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(8): 1638-1649
- [13] Tian SP, Fan Q, Xu Y, et al. Evaluation of the use of high CO₂ concentrations and cold storage to control of *Monilinia fructicola* on sweet cherries[J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 22(1): 53-60
- [14] Paterson RRM, Lima N. Filamentous fungal human pathogens from food emphasising *Aspergillus*, *Fusarium* and *Mucor*[J]. Microorganism, 2017, 5(3): 44
- [15] Lee SC, Billmyre RB, Li A, et al. Analysis of a food-borne fungal pathogen outbreak: virulence and genome of a *Mucor circinelloides* isolate from yogurt[J]. mBio, 2014, 5(4): e01390-14. DOI: 10.1128/mBio.01390-14
- [16] Lessard MH, Viel C, Boyle B, et al. Metatranscriptome analysis of fungal strains *Penicillium camemberti* and *Geotrichum candidum* reveal cheese matrix breakdown and potential development of sensory properties of ripened Camembert-type cheese[J]. BMC Genomics, 2014, 15: 235
- [17] Wang L, Zhang H, Zhang LL, et al. Process optimization of hot-air treatment on inhibition of blue mould infection for postharvest sweet cherry fruit[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(6): 295-300 (in Chinese)
王雷, 张华, 张蕾蕾, 等. 甜樱桃采后热空气处理抑制青霉病的工艺优化[J]. 农业工程学报, 2017, 33(6): 295-300
- [18] Du XQ, He JL, Qin W, et al. Research progress in postharvest pathogenic microbe of sweet cherry and preservative effect of plant essential oil[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(21): 368-371 (in Chinese)
杜小琴, 何靖柳, 秦文, 等. 甜樱桃果实采后病原菌及植物精油对其抑制效果研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 368-371

编辑部公告

邀请您关注《微生物学通报》公众微信号

为了更好地与读者、作者、审稿专家和编委朋友们及时沟通、方便服务,《微生物学通报》已开通公众微信服务号。作者通过微信能及时收到稿件各流程通知,第一时间了解稿件进程并及时处理;审稿专家和编委可通过微信及时收到审稿邀请,还可通过手机审稿;读者通过微信可了解《微生物学通报》文章目录,查找阅读感兴趣的文章。