

# 北疆沿天山北坡一带葡萄穗轴褐枯病病原菌的鉴定

杨超<sup>1</sup>, 张国丽<sup>2</sup>, 任毓忠<sup>3</sup>, 钟杨琼<sup>3</sup>, 高祥雷<sup>3</sup>,  
李卓<sup>3</sup>, 张亚平<sup>1\*</sup>, 李国英<sup>3\*</sup>

(1. 石河子大学生命科学学院, 石河子 832000; 2. 新疆农垦科学院生物技术研究所, 石河子 832000; 3. 石河子大学农学院, 石河子 832000)

**摘要** 2015年在新疆沿天山北坡一带的‘夏黑’葡萄上,出现了一种果穗穗轴变褐、枯死、幼果萎缩的病害,部分果园发病率达到100%,减产30%~50%。为了查明其发病原因,采用常规组织分离法对发病的穗轴进行了病原分离和纯化,共获得104个链格孢属真菌 *Alternaria* spp. 菌株,选取其中10个代表性菌株,通过常规形态学鉴定、致病性测定及核糖体内转录间隔区 ITS (ITS1/ITS4) 和组蛋白3基因序列分析,结果表明,引起该病害的病原有两个,分别是 *Alternaria tenuissima* 和 *A. alternata*,与国内大部分葡萄产区报道的 *A. viticola* 不同。

**关键词** 葡萄; 穗轴褐枯病; 病原鉴定; 链格孢菌

**中图分类号:** S 436.631.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.03.022

## Identification of the pathogens of grape spike-stalk brown along the Tianshan Mountains

Yang Chao<sup>1</sup>, Zhang Guoli<sup>2</sup>, Ren Yuzhong<sup>3</sup>, Zhong Yangqiong<sup>3</sup>, Gao Xianglei<sup>3</sup>, Li Zhuo<sup>3</sup>, Zhang Yaping<sup>1</sup>, Li Guoying<sup>3</sup>

(1. College of Life Science, Shihezi University, Shihezi 832000, China; 2. Biotechnology Research Institute, Xinjiang Academy of Agricultural Reclamation, Shihezi 832000, China; 3. College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

**Abstract** A grape disease which caused brown necrosis of the spike-stalk and fruit shrinkage was observed on ‘Summer Black’ grape along the Tianshan Mountains in Northern Xinjiang in 2015. The disease incidence in some orchards reached 100%, reducing yields by 30%–50%. One hundred and four *Alternaria* spp. were isolated from diseased tissues to determine the causal agent of the disease. Ten representative isolates were selected for morphological observation, pathogenicity tests, comparison of internal transcribed spacer regions 1 and 4, and histone 3 nucleotide sequences. The results showed that *A. tenuissima* and *A. alternata* were the causal pathogens of spike-stalk brown spot in grape. This was different from previous reports from other regions of China.

**Key words** grape; spike-stalk brown spot; identification of pathogen; *Alternaria* spp.

葡萄穗轴褐枯病 (grape *Alternaria* rot) 又称轴枯病, 主要危害幼嫩的穗轴, 使穗轴变褐枯死, 导致花穗干枯脱落; 也可危害幼果, 在表面形成褐色至深褐色小型斑点, 但不深入果肉组织。据国内外报道, 该病主要由链格孢属 *Alternaria* 的一些真菌侵染所致。国外报道, 在葡萄上侵染危害的链格孢属病原真菌有多种, 主要包括 *A. alternata*、*A. tenuissima*、*A. vitis*、*A. viticola* 和 *A. vini ferar*<sup>[1-2]</sup>, 它们都是危害葡萄穗轴、果梗和叶片上的弱寄生菌。在国内, 王克等<sup>[3]</sup> 1986年首先在辽宁报道了由 *Alternaria* 属

真菌引起的葡萄穗轴褐枯病, 其病原为 *A. viticola*。之后赵令川等在湖南长沙 (1987—1988年)<sup>[4]</sup>、牛庆法在山东沂水 (1990年)<sup>[5]</sup>、马俊义等在新疆哈密 (2004年)<sup>[6]</sup>、何建群在云南宾川 (2011年)<sup>[7]</sup>、张军利等在辽南 (2011年)<sup>[8]</sup> 等地葡萄园都相继发现该病, 并将其病原鉴定为 *A. viticola*。但是, 也有人认为该病是由除 *A. viticola* 以外的其他链格孢菌引起。如 1993年鹿世晋等<sup>[9]</sup> 将青岛地区‘巨峰’系葡萄上发现的穗轴腐烂病病原鉴定为 *A. tenuissima*。2009年马向云等<sup>[10]</sup> 将湖南怀化市‘紫秋刺’葡萄穗

收稿日期: 2016-06-06 修订日期: 2016-09-16

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203035)

\* 通信作者 E-mail: lgyshzu@163.com; 510224419@qq.com

轴褐枯病病原鉴定为 *A. alternata* (Fr.) Keissler。《中国农作物病虫害》第 2 版中记录的葡萄穗轴褐枯病的病原为 *A. alternata*<sup>[11]</sup>。

2014 年张秋娥等<sup>[12]</sup>对葡萄穗轴褐枯病的症状、病原、发生规律及防治等的研究进行了综述。作者认为以往发表的关于该病原鉴定的文献大多基于形态学特征,并未结合分子生物学特性。链格孢属的一些种,特别是小孢子组的一些种,由于分生孢子在结构和形态上的高度变异,加之其形态又比较相似,单凭形态学不能将其鉴定到种;而序列分析组蛋白 3 基因非常适合划定小孢子链格孢种,以此弥补形态学鉴定上的不足<sup>[13]</sup>。所以,必须结合分子生物学才能将链格孢属确切鉴定到种。

新疆是我国最重要的葡萄产区之一,北疆沿天山北坡一带又是新疆最重要的鲜食和酿酒葡萄的主要产区。但自 2015 年起,在新疆沿天山一带的石河子和博乐地区的‘夏黑’葡萄园,开花和幼果期葡萄穗轴褐枯病毁灭性发生,有些葡萄园果穗的发病率高达 100%,个别果园甚至绝产;另外在‘弗雷’葡萄品种上也发现有少量穗轴褐枯病症状,为此对该病的病原进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 病样采集

病样分别采集于石河子地区的石河子大学葡萄试验站、石河子总场、石河子地区 143 团,博乐地区 81 团、89 团、86 团和博乐市的达镇达西村等北疆沿天山北坡一带 9 个葡萄园,共采集具有典型穗轴褐枯病的病样 135 个。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 病原分离与纯化

将采集的具有典型症状的病害标本,按常规组织分离法在超净工作台上进行病原物的分离。分离前先将葡萄病样穗轴用流水冲洗干净,然后在葡萄穗轴的病健交界处切取 0.7 cm 左右的小段,放入 0.1% 的升汞中表面消毒 20 s,无菌水冲洗 3 次,置于灭菌的无菌滤纸上吸去表面水分,接于马铃薯葡萄糖琼脂培养基 (PDA) 平板上,28℃ 条件下培养 3~4 d,在 PDA 平板上进行单孢分离纯化<sup>[14]</sup>,之后将纯化后的菌株接于 PDA 斜面培养基上,培养 5 d 后置 4℃ 冰箱中储存备用。

#### 1.2.2 病原菌的鉴定

##### 1.2.2.1 病原的形态学鉴定

根据采集地点、葡萄品种、分离菌株的数量及颜

色和形状,选取 10 个具有代表性的菌株,分别编号为 1(来自石河子大学葡萄试验站)、2(来自石总场四分场)、3(来自石总场六分场)、4(来自 143 团)、5(来自石总场葡萄站)、6(来自 89 团)、7(来自 81 团)、8(来自 86 团)、9(来自 86 团园艺 3 连)、10(来自博乐市达镇达西村)。其中除 6 号样采自‘弗雷’品种外,其他均采自‘夏黑’葡萄品种。在无菌条件下,分别将代表性菌株转接到马铃薯胡萝卜培养基 (PCA) 平板上,25℃ 恒温培养 5 d,观察菌落的颜色并记录各菌落的形态特征。在光学显微镜下观察分生孢子、分生孢子梗的形态和颜色及分生孢子的形状和纵横隔膜数,测量分生孢子和喙胞的大小各 50 个。采用常规的玻片培养法<sup>[15]</sup>,28℃ 下培养 4 d,观察并记录分生孢子的着生状态并照相<sup>[16]</sup>。

##### 1.2.2.2 分离菌株致病性测定

2016 年 5 月在葡萄开花前按常规方法对分离物进行 PDA 平板培养,并配制  $2 \times 10^6$  /mL 的分生孢子悬浮液。然后从本院葡萄园的‘夏黑’品种上,采集健康的尚未开花的葡萄幼穗,用 75% 的乙醇进行表面消毒,无菌水冲洗 3 遍后,置于底部铺有一层无菌湿润滤纸的培养盒中供接种用。采用喷雾法接种(接种一次),即将配好的孢子悬浮液均匀喷洒到葡萄的幼穗上,以喷无菌水作为对照,定期观察并记录发病情况。发病后,按 1.2.1 方法进行再分离,确认再分离菌株与原接种菌株在形态上的一致性。

##### 1.2.2.3 病原菌的分子生物学鉴定

将供试菌株转接到 PDA 平板上,活化培养 5 d,收集菌丝。采用 BioFlux 试剂盒法提取基因组 DNA。参照王洪凯等<sup>[17]</sup>、Glass 等<sup>[18]</sup>的研究方法,对供试菌株核糖体转录间隔区 (ITS) 和组蛋白 3 基因序列分别进行 PCR 扩增。ITS 区引物 (ITS1: 5'-TCCGTAG-GTGAACCTGCGG-3'; ITS4: 5'-TCCTCCGCTTATT-GATATGC-3') 和组蛋白 3 基因引物 (H3-1a: 5'-AC-TAAGCAGACCGCCCGCAGG-3'; H3-1b: 5'-GCGG-GCGAGCTGGATGTCCTT-3') 由上海生物工程股份有限公司合成。PCR 反应体系及条件参照王洪凯等<sup>[17]</sup>和 Wang 等<sup>[13]</sup>。产物经回收、连接和转化后,送交上海生物工程有限公司测序。

将供试菌株的 ITS 区和组蛋白序列分别在 NCBI 上进行 BLAST 比对和分析。应用 MEGA 5.0 软件中的临近法 (neighbor-joining, NJ), 构建基于 rDNA-ITS 和组蛋白 3 基因序列的系统发育树。

## 2 结果与分析

### 2.1 葡萄穗轴褐枯病的症状

据田间调查,该病的始发期为 5 月下旬即葡萄开花时,到 6 月中旬病害达到盛发期。和内地报道

的穗轴褐枯病发生时间和症状基本一致。其主要特点是穗轴变褐枯死、果粒干瘪并脱落(图 1a~b)。尤其在连续阴雨、温度较低的情况下该病蔓延迅速。由于葡萄穗轴和果柄发生病变,导致全部或部分幼果失水干瘪,严重影响产量。



a: 田间严重发病的病穗症状; b: 部分小穗被害症状

a: Symptoms of a severely diseased rachis in the field; b: Symptoms of some diseased spikelets

图 1 葡萄穗轴褐枯病田间症状

Fig. 1 Symptoms of grape *Alternaria rot* in field

### 2.2 病原菌分离

从石河子和博乐地区等 9 个葡萄园采集的 135 个典型穗轴褐枯病病样中成功分离出 104 个链格孢属真菌 *Alternaria* spp. 的菌株,分离率为 77.04%。

### 2.3 葡萄穗轴褐枯病病原菌的鉴定

#### 2.3.1 形态学鉴定

观察和测定 10 个具有代表性的链格孢菌菌株。基于形态特征,其中 6 个分离菌株在 PCA 平板上保湿培养 5 d 可形成长达 5~15 个孢子的分生孢子链,多数分生孢子长链无分支。菌落灰绿色至暗褐色。分生孢子梗单生或簇生,直立,分隔,淡褐色。分生孢子倒棍棒形、卵圆形或近椭圆形,淡褐色至暗褐色,具有 0~3 个纵隔膜,2~5 个横隔膜,部分分生孢子分隔处略缢缩,大小(17.5~37.5) $\mu\text{m}$ ×(7.5~12.5) $\mu\text{m}$ ,平均 25.0  $\mu\text{m}$ ×9.3  $\mu\text{m}$ ,短喙柱状,淡褐色。基于以上特征,将其初步鉴定为 *A. tenuissima*(图 2a、c、e)。另外 4 个菌株菌落深灰色,菌丝密集。分生孢子梗单生或簇生,直立或弯曲,有分隔,在其上部形成具短分支的孢子链。分生孢子近椭圆形、卵形或倒棍棒状,呈淡褐色至暗褐色,一般具 0~3 个纵隔膜,2~4 个横隔膜。分生孢子表面光滑,一般 2~8 个串生在一起,单生较

少,大小(17.5~40.0) $\mu\text{m}$ ×(5.0~12.5) $\mu\text{m}$ ,平均 26.5  $\mu\text{m}$ ×9.1  $\mu\text{m}$ ,短喙圆柱形或锥形,褐色,大小(2.5~12.5) $\mu\text{m}$ ×(2.5~5.0) $\mu\text{m}$ ,部分转变为产孢细胞,可二次分支或产孢。将这些分离株初步鉴定为 *A. alternata*(图 2 b、d、f)。

#### 2.3.2 病原菌的致病性测定

将供试的两种代表性菌株接种在健康的葡萄幼果果穗上,5 d 后葡萄穗轴变褐枯死,幼果果实掉落(图 3)。其症状与田间葡萄自然发病症状一致。用柯赫氏法则进行验证,从发病的穗轴上均分离到与接种菌相同的病原菌,说明供试菌株就是造成田间穗轴褐枯的病原菌。

#### 2.3.3 分子生物学鉴定

分别用核糖体基因转录间隔区引物 ITS1/ITS4 和组蛋白引物 H3-1a/H3-1b 对供试的 10 个代表菌株进行 PCR 扩增和测序。rDNA-ITS 区扩增结果均得到一个 540 bp 的片段(图 4a)。在 NCBI 上进行 BLAST 比对,10 个供试菌株的 ITS 序列与 *A. tenuissima* (序列号 HM051071、JX860514 和 KF494002)的同源性以及与 *A. alternata* (序列号 KJ739880 和 KJ526174)的同源性均达 99%,无法确定 10 个供试菌株的归属。

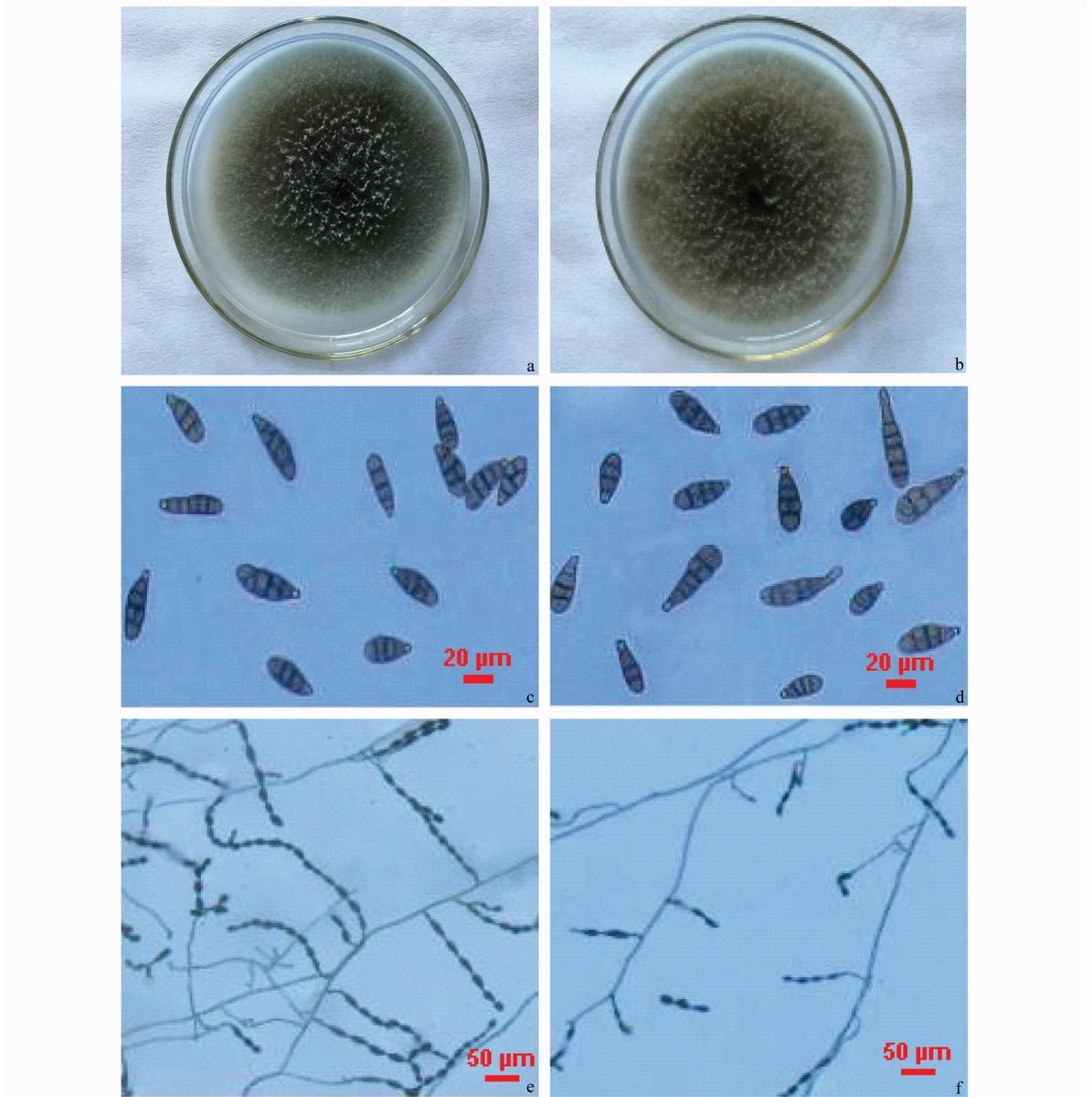
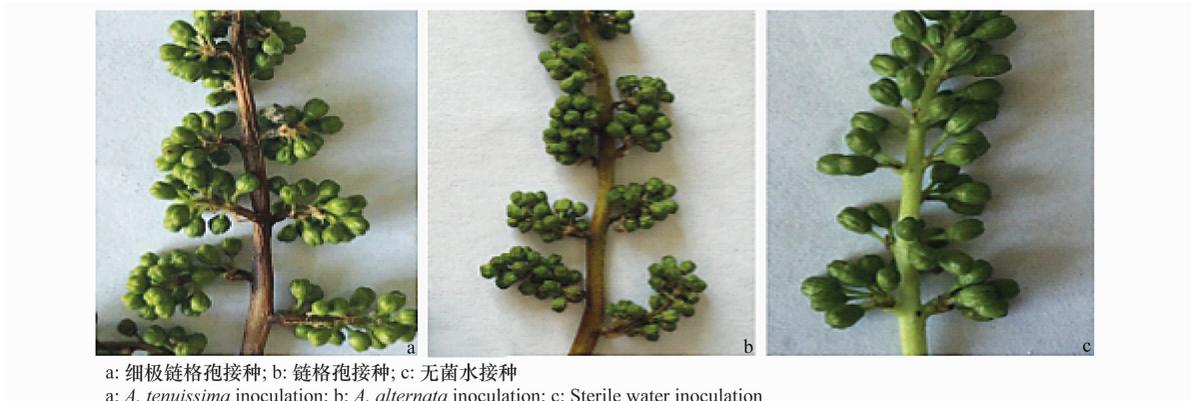


图 2 细极链格孢(a、c、e)和链格孢(b、d、f)菌落、分生孢子及着生方式

Fig. 2 Colonies, conidia and mode of production of *Alternaria tenuissima* (a, c, e) and *A. alternata* (b, d, f)



a: 细极链格孢接种; b: 链格孢接种; c: 无菌水接种

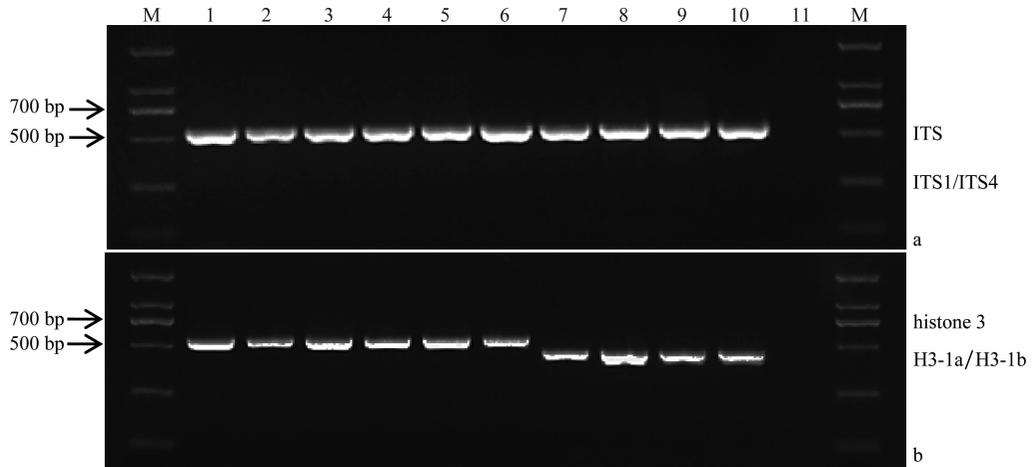
a: *A. tenuissima* inoculation; b: *A. alternata* inoculation; c: Sterile water inoculation

图 3 接种葡萄穗轴发病情况

Fig. 3 Disease occurrence on the grape rachis after inoculation

用组蛋白 3 引物 H3-1a/H3-1b 对供试菌株进行 PCR 扩增,所得产物按大小可分为 546 bp 和 440 bp 两个组,通过 1%琼脂糖凝胶电泳很容易区分(图 4b)。序列比对和分析可知,这两组分别为 *A. tenuissima* 组(546 bp)

和 *A. alternata* 组(440 bp)。其中 1~6 号菌株与 *A. tenuissima*(序列号 KF280523、KP701253 和 KP701267)的相似性达 99%;7~10 号菌株与 *A. alternata*(序列号 KF308982、KF997067 和 KF280540)的相似性达 99%。



M: DL2000标准分子量Marker; 1~11: SY-1、Y-1-1、Y-3、Y-6、143-3、89-1、81-1、86-1、86-3、D-1和阴性  
M: DL2000 Marker; 1-11: SY-1、Y-1-1、Y-3、Y-6、143-3、89-1、81-1、86-1、86-3、D-1 and negative control

图 4 病原菌 ITS 区(a)和组蛋白 3 基因(b)PCR 扩增

Fig. 4 PCR amplification products of the ITS (a) and the partial coding sequence of histone 3 gene (b) of the pathogens

通过构建系统发育树,10 个菌株的 ITS 序列与 GenBank 下载的菌株序列聚类分析结果(图 5)显示,10 个供试菌株与所有参与分析的菌株聚为一

支。因此,用 ITS 区 rDNA 序列无法确定供试菌株与小孢子种 *A. alternata* 和 *A. tenuissima* 的分类地位。

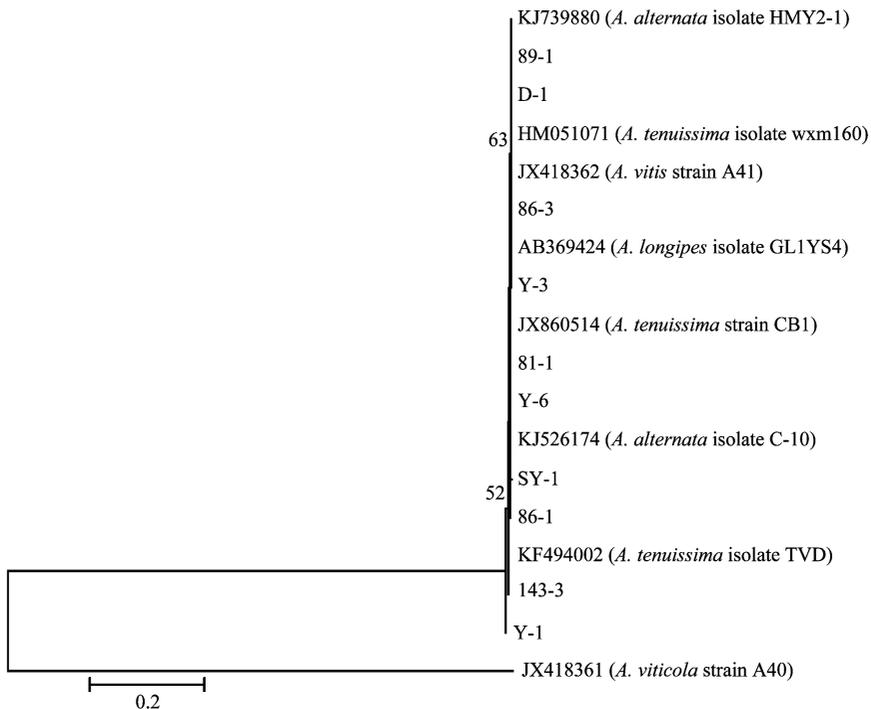


图 5 基于链格孢菌 rDNA-ITS 序列构建的 10 种菌株的系统发育树

Fig. 5 Phylogenetic tree of 10 isolates based on rDNA-ITS sequences of *Alternaria* spp.

而用组蛋白 3 基因很容易将 10 个供试菌株区分为两个类群,即 *A. alternata* 和 *A. tenuissima*,其所有供试菌株与 *A. viticola*、*A. vitis* 等都不聚在一

起(图 6),再结合菌株形态学特征,可以确定分离到病原菌是 *A. alternata* 和 *A. tenuissima*。这与其他地区报道的病原菌 *A. viticola* 和 *A. vitis* 有所不同。

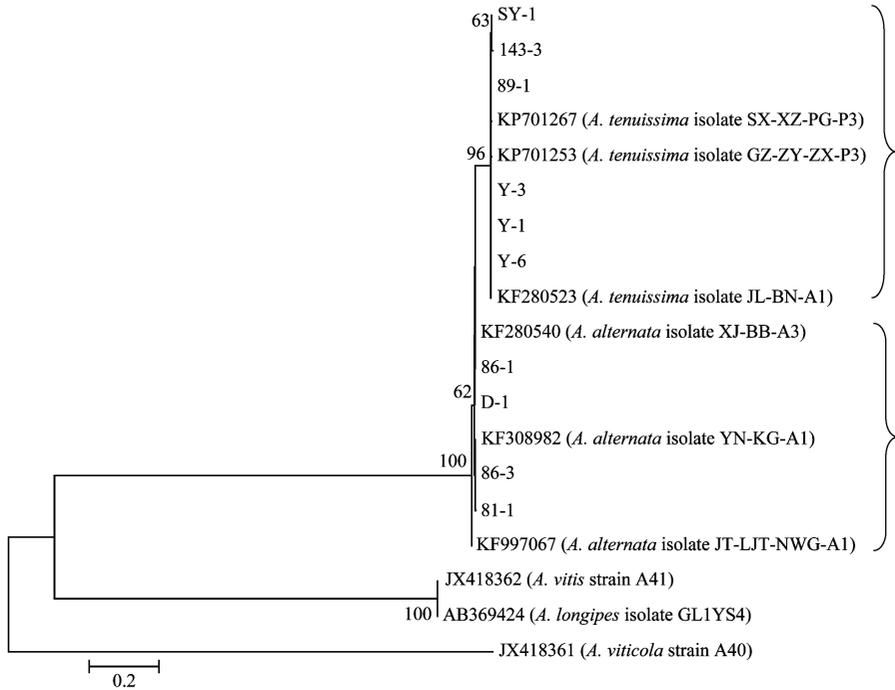


图 6 基于链格孢菌组蛋白 3 基因序列构建的 10 种菌株的系统发育树

Fig. 6 Phylogenetic tree of 10 isolates based on histone 3 gene sequences of *Alternaria* spp.

### 3 讨论

通过研究查明,引起新疆石河子和博乐葡萄产区‘夏黑’品种上广泛发生的穗轴及果梗大量变褐枯死、果粒干枯、并导致毁灭性减产的病害,主要病原菌是细极链格孢 *A. tenuissima*(以石河子地区为主)和链格孢 *A. alternata*(以博乐地区为主)。在国内其他地区也有穗轴褐枯病由细极链格孢<sup>[9]</sup>和链格孢<sup>[10-11]</sup>侵染引起的报道。该病最易感染‘巨峰’系列品种,‘弗蕾’品种也有感染,但危害很轻。

对于细极链格孢和链格孢,其菌落特征、分生孢子梗和分生孢子的形态比较相似,分生孢子及着生方式没有明显区别,加之因受环境条件和多种基质的影响,分生孢子形态、大小变异幅度大,从形态特征上很难将它们准确区分开来。利用真菌核糖体内转录间隔区 ITS,因序列之间的差异较小,也难以区别。通过系统发育分析组蛋白 3 基因序列,能够更好地分辨出小孢子链格孢类群,从而弥补了 rDNA 序列分析的不足,这一研究结果与 Wang 等<sup>[13]</sup>对小孢子链格孢的研究所得结论比较一致。故组蛋白 3

基因序列分析可以作为研究链格孢分类鉴定的重要手段。据报道,葡萄穗轴褐枯病主要在葡萄开花前后发生,若此时阴雨连绵,气温偏低,易造成流行;该病发生与品种有密切的关系,一般‘巨峰’系品种发病较重;2015 年在新疆天山北坡‘夏黑’葡萄品种上严重发生穗轴褐枯病,进一步验证了这一结论。另外,‘弗蕾’品种虽发病不重,但从其上也分离到该病病原菌。2004 年马俊义等曾报道在新疆哈密葡萄园发生严重的穗轴褐枯病,‘无核白’、‘木纳格’和‘红地球’的发病指数分别为 60.52、15.01 和 11.65,其病原为 *Alternaria viticola*,故该病在新疆其他葡萄产区的病原种类发生情况有待继续调查和鉴定。鉴于该病在新疆沿天山北坡一带‘夏黑’葡萄上发生比较严重,在葡萄开花前后,特别是种植‘夏黑’葡萄较多的地区,应注意及时进行防治。

### 参考文献

[1] Tao Wenchen, Zhang Wei, Yan Jiye, et al. A new *Alternaria* species from grapevine in China [J]. *Mycological Progress*, 2014, 13(4): 1119-1125.  
 [2] Polizzotto R, Andersen B, Martini M, et al. A polyphasic ap-

proach for the characterization of endophytic *Alternaria* strains isolated from grapevines [J]. *Journal of Microbiological Methods*, 2012, 88: 162-171.

- [3] 王克, 姜启良, 白金铠. 辽宁省葡萄上发生一种新病害-葡萄穗轴褐枯病[J]. *沈阳农业大学学报*, 1986, 17(1): 81-83.
- [4] 赵令川, 魏文娜, 朱晓湘. 湖南省葡萄穗轴褐枯病的发生与防治初报[J]. *葡萄栽培与酿酒*, 1989(3): 34-38.
- [5] 牛庆法. 葡萄穗轴褐枯病调查初报[J]. *北方果树*, 1990(2): 39.
- [6] 马俊义, 朱晓华, 赵林忠, 等. 葡萄穗轴褐枯病初步研究[J]. *新疆农业科学*, 2004, 41(5): 353-354.
- [7] 何建群, 王程, 张玲. 宾川县鲜食葡萄真菌性病害种类及综合防控技术[J]. *植物医生*, 2011, 24(2): 16-17.
- [8] 张军利, 姚鹏, 邢维杰. 辽南“巨峰”葡萄穗轴褐枯病的发生与防治[J]. *北方果树*, 2011(6): 38.
- [9] 鹿世晋, 王佩圣, 姜瑞德. 葡萄幼穗轴腐病研究简报[J]. *植物病理学报*, 1995, 25(2): 154.
- [10] 马向云, 张亚林. 紫秋刺葡萄穗轴褐枯病发生规律及防治措施[J]. *中国南方果树*, 2009, 38(5): 68-69.
- [11] 中国农业科学院植物保护研究所. 中国农作物病虫害(第二

版)[M]. 北京: 中国农业出版社 1979.

- [12] 张秋娥, 段胜男, 严进. 葡萄穗轴褐枯病研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(4): 1006.
- [13] Wang Taiyun, Zhao Juan, Sun Peng, et al. Characterization of *Alternaria* species associated with leaf blight of sunflower in China [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2014, 140(2): 301-315.
- [14] 龚国淑, 徐琴, 张敏, 等. 一种简便的病原真菌单孢分离方法研究[J]. *玉米科学*, 2010, 18(1): 126-127.
- [15] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1998: 37, 343-345.
- [16] 张天宇. 中国真菌志 第十六卷 链格孢属[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [17] 王洪凯, 张天宇, 张猛. 应用 5.8S rDNA 及 ITS 区序列分析链格孢种级分类[J]. *菌物学报*, 2001, 20(2): 168-173.
- [18] Glass N L, Donaldson G C. Development of primer sets designed for use with the PCR to amplify conserved genes from filamentous ascomycetes [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 1995, 61: 1323-1330.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 113 页)

## 参考文献

- [1] 戈峰, 李典漠. 可持续农业中的害虫管理问题[J]. *昆虫知识*, 1997, 34(1): 39-45.
- [2] 缪勇, 高希武, 江俊起, 等. 甘蓝与大蒜间作对甘蓝田主要害虫及节肢动物群落的影[J]. *华南农业大学学报*, 2013, 34(3): 352-355.
- [3] 丁爱华, 牟金明, 梁煊赫, 等. 蓖麻、黑豆间作对黑豆主要害虫防治效果的研究[J]. *吉林农业大学学报*, 2003, 25(6): 598-601.
- [4] 杨晓贺. 大豆与早熟马铃薯间作防治大豆蚜虫初探[J]. *黑龙江农业科学*, 2013(10): 55-56.
- [5] 朱培祥, 刘美昌, 秦玉川, 等. 保护地间作芹菜对温室粉虱的防治作用[J]. *应用昆虫学报*, 2011, 48(2): 375-378.
- [6] 周福才, 杨爱民, 陈学好, 等. 设施蔬菜烟粉虱生态控制技术研究[J]. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2014, 35(3): 75-79.
- [7] 赵晴. 伴生弱选择性蔬菜对黄瓜烟粉虱的防治作用及其机理初步研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [8] 涂洪涛. 不同芹菜品种对黄瓜上烟粉虱的防控及其机理探究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [9] 钟苏婷, 李耀发, 秦玉川, 等. B 型烟粉虱对辣椒、芹菜、黄瓜寄主选择作用的研究[J]. *中国生物防治*, 2009, 25(1): 18-23.
- [10] 潘华栋. 柑橘园生草间作对节肢动物多样性影响研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2014.
- [11] 李学军, 郑国, 许彪, 等. 大豆不同栽培模式与天敌协同对大豆蚜控制作用研究[J]. *沈阳师范大学学报(自然科学版)*, 2014,

2(2): 129-130.

- [12] 温远影, 汪波. 细杆沙蒿挥发油及其驱蚊作用研究[J]. *植物学通报*, 1998(1): 76-77.
- [13] Syed M Z. 番石榴叶挥发性化合物对亚洲柑橘木虱寄主选择的影响[D]. 广州: 华南农业大学, 2009.
- [14] 何衍彪, 何庭玉, 谷文祥, 等. 苦槛蓝挥发油对小菜蛾的生物活性[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(1): 149-152.
- [15] Gerard P J, Ruf L D. Screening of plants and plant extracts for repellency to *Tina dubiella*, a major New Zealand wool pest [C] // *Proceedings of the 44th New Zealand Weed and Pest Control Conference*, 1991: 205-208.
- [16] 吕芳, 王小奇, 王菊平, 等. 喷施非嗜食植物汁液对温室白粉虱的影响[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(2): 340-342.
- [17] 郭素芬, 兰阿峰, 李丽霞. 非寄主植物粗提物对小菜蛾幼虫的驱避作用[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(4): 164-167.
- [18] 赵斌, 周福才, 李传明, 等. 蓖麻和苘麻叶片粗提物对大棚番茄烟粉虱的作用[J]. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2010, 31(4): 86-89.
- [19] 张捷莉, 王君, 李铁纯, 等. 美国西芹菜籽挥发性成分的 GC/MS 分析[J]. *食品科学* 2002, 23(8): 225-227.
- [20] 张捷莉, 张胜彪, 王君, 等. 天津实心芹菜籽挥发性成分的 GC/MS 分析[J]. *鞍山师范学院学报*, 2003, 5(4): 58-60.
- [21] 赵卫红. 芹菜挥发性成分的 GC/MS 分析[J]. *鞍山师范学院学报*, 2006, 8(6): 25-26.

(责任编辑: 田 喆)