

## 新疆伊犁地区苹果黑星病原菌鉴定·生物学特性及毒力测定研究

王华<sup>1</sup>, 唐晓雪<sup>2</sup>, 任毓忠<sup>2\*</sup>

(1. 伊犁职业技术学院, 新疆伊宁 835000; 2. 石河子大学, 新疆石河子 832003)

**摘要** 为明确伊犁地区苹果黑星病原菌的种类和生物学特性, 结合病原菌的形态特征、培养性状和分子生物学进行鉴定, 确定引起新疆伊犁地区苹果黑星病的病原为 *Venturia inaequali*。通过不同温度、pH 及培养基等对苹果黑星病菌生物学特性研究表明, 病菌生长的最佳培养温度在 20 ℃ 左右, 最适生长 pH 为 7 和 8, 在 OA 培养基上的生长速度最快, 在 OMA 培养基上生长最缓慢。室内毒力测定表明, 供试 4 种原药中的 3 种对苹果黑星病菌菌丝的 EC<sub>50</sub> 从小到大依次是吡唑醚菌酯<啮酰菌胺<啮霉胺。

**关键词** 伊犁地区; 苹果黑星病; 病原菌; 鉴定; 生物学; 毒力

**中图分类号** S436.611.1 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2023)10-0114-05

**doi:** 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.10.025

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Identification, Biological Characteristics and Virulence of Apple Scab in Yili Region of Xinjiang

WANG Hua<sup>1</sup>, TANG Xiao-xue<sup>2</sup>, REN Yu-zhong<sup>2</sup> (1. Yili Vocational and Technical College, Yining, Xinjiang 835000; 2. Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003)

**Abstract** In order to clarify the species and biological characteristics of the pathogenic bacteria of apple scab in Yili area, combined with the morphological characteristics, culture characters and molecular biology identification of the pathogenic bacteria, it was determined that the pathogen causing apple scab in Yili area of Xinjiang was *Venturia inaequali*. The research on the biological characteristics of apple scab at different temperatures, pH and medium showed that the optimal culture temperature for the growth of the bacteria was about 20 ℃, the optimal growth pH was 7 and 8, and the growth rate on the OA medium was the highest. The growth rate on OMA medium was the slowest. Laboratory toxicity test showed that the EC<sub>50</sub> of 3 of the 4 active drugs against the mycelia of *P. aureus* was pyrazole ester<dimetriumine<pyrimethanil.

**Key words** Yili Region; Apple scab; Pathogenic bacteria; Identification; Biology; Virulence

苹果黑星病是由真菌 *Venturia inaequali* 引起的病害, 是我国重要的外来检疫性病害<sup>[1]</sup>。该病害在新疆伊犁地区普遍发生, 遍及特克斯县、伊宁县、新源县、伊宁市、尼勒克县等苹果种植区, 在嘎啦、红富士、红星、秦冠、红津轻等品种上危害严重, 病叶率达 80% 以上, 病果率可达 30% 左右, 严重制约了伊犁地区特色林果业的可持续发展<sup>[2]</sup>。国内学者对苹果黑星病的研究集中于田间发生危害调查、症状识别及田间化学防治方面, 新疆对苹果黑星病的研究主要集中在大田药剂防治方面。苹果黑星病原菌的研究在国内主要集中于西北农林科技大学, 而新疆的苹果黑星病原菌尚未见报道<sup>[3-19]</sup>。为保护伊犁地区苹果产业的发展, 搞清伊犁地区苹果黑星病原菌的种类及生物学特性, 笔者从形态学和分子生物学方面对苹果黑星病菌进行了鉴定, 并对苹果黑星病菌的生物学特性及毒力测定进行研究, 以期对病害的发生规律、综合防治以及抗病育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 苹果黑星病的病原鉴定

**1.1.1 病样的采集和症状描述。**在苹果黑星病发病盛期, 采集田间发病症状明显的苹果黑星病果实和叶片, 用密封袋分装后带回实验室内, 并对典型病样进行拍照和症状描述。

**1.1.2 病原菌的分离、纯化和代表性菌株的选择。**将田间采集的苹果黑星病病样用 75% 乙醇表面消毒后晾干, 病菌分离分别采用组织块分离法和划线分离法。组织块分离法: 在超净工作台内用灭菌解剖刀在病健交界处直接切取 5 mm×

5 mm 的病样, 在 0.1% 升汞中浸泡 20 s 后无菌水冲洗 3 次, 用无菌滤纸吸干, 然后放置在 PSA 培养基上; 划线分离法: 在火焰灭菌后的载玻片上滴加无菌水, 然后用灭菌的解剖刀将叶片或果实表面病斑上的病菌轻轻刮入灭菌水中, 用灭菌的接种环蘸取孢子悬浮液在 PSA 平板上划线。最后将分离后的平板置于恒温 20 ℃ 暗培养 14 d。待菌落出现后, 根据采集地点、菌落特点等特征选取代表性菌株进行单孢纯化并于 PSA 培养基上 4 ℃ 保存待用。

### 1.1.3 病原菌的鉴定。

**1.1.3.1 形态学鉴定。**形态学鉴定主要参考 Nelson & Tousoun & Marasas 的分类系统, 依据病菌分生孢子的形态和着生方式, 分生孢子梗的特征, 厚垣孢子的有无, 菌落的颜色特征及其生长速度进行鉴定。将供试菌株移接至 PSA 培养基上。在 PSA 培养基上恒温 20 ℃ 暗培养 14 d 后观察其菌落形态, 分别测量 50 个分生孢子和 50 个厚垣孢子大小; 观察分生孢子梗和分生孢子的着生状态并拍照。

**1.1.3.2 分子生物学鉴定。**将供试菌株在 PSA 培养基上培养 14 d 后, 用无菌解剖刀将其菌丝刮至 2 mL 离心管中。使用 Bio Flux 真菌 DNA 提取试剂盒提取供试菌株的基因组 DNA。使用真菌 ITS 区的通用引物(ITS1 5'-3'TCCGTAGGT-GAACCTGCGG, ITS4 5'-3'TCCTCCGTTATTGATATGC, 扩增片段 520 bp, 退火温度 58 ℃<sup>[20]</sup>)对供试菌株 DNA 进行 PCR 扩增。反应程序均为 94 ℃ 预变性 5 min, 94 ℃ 变性 40 s, 58 ℃ 退火 40 s, 72 ℃ 延伸 30 s, 35 个循环, 72 ℃ 再次延伸 7 min。PCR 产物经 1% 琼脂糖凝胶电泳检测后送至上海生工生物有限公司测序。测序结果至 BLAST 比对和分析, 下载相似性高且同时含有 rDNA-ITS 和 TEF-1 $\alpha$  基因的黑星孢属(*Venturia*) 参考菌株的序列。按照 rDNA-ITS 和 TEF-1 $\alpha$

**基金项目** 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2020D01A15)。

**作者简介** 王华(1973—), 女, 新疆伊宁人, 副教授, 硕士, 从事果树病害防治研究。\* 通信作者, 副教授, 硕士, 从事分子植物病理学研究。

**收稿日期** 2022-06-19

的顺序依次拼接,并以苹果果实黑点病的病原粉红聚端孢菌 (*Trichothecium roseum* Link ex Fries) 为外群,使用 MEGA 5.0 软件中邻接法 (Neighbor-joining Method) 构建系统发育树。

## 1.2 苹果黑星病菌生物学特性的测定

**1.2.1 温度对病菌生长的影响。**将供试菌株在 PSA 培养基上培养 14 d 后,在无菌条件下从菌落的边缘用灭菌打孔器打成 5 mm 的菌饼,供如下生物学特性测定使用。分别将菌饼移接至 PSA 培养基上,置于 5、10、15、20、25、30 和 35 ℃ 的恒温箱中进行黑暗培养。14 d 后测量菌落直径并拍照。每种处理设置 3 个重复。

**1.2.2 pH 对病菌生长的影响。**用 HCl 和 NaOH 将 PSA 培养基的 pH 分别调至 4、5、6、7、8、9、10、11,将菌饼移接至不同 pH 的 PSA 培养基上,25 ℃ 恒温黑暗培养。14 d 后测量菌落直径并拍照,每种处理设置 3 个重复。

**1.2.3 培养基对病菌生长的影响。**将菌饼分别移接至马铃薯蔗糖培养基 (PSA)、马铃薯葡萄糖培养基 (PDA)、索莱宝麦芽汁琼脂培养基 (MEA)、燕麦琼脂 (oatmeal agar, OA)、玉

米粉琼脂 (corn meal agar, CMA) 培养基上,25 ℃ 恒温黑暗培养。14 d 后测量菌落直径并拍照。

**1.2.4 数据分析。**用 Excel 2010 进行数据统计,用 SPSS 19.0 对数据进行多重比较和方差分析。

## 1.3 几种杀菌剂对苹果黑星菌的毒力测定

**1.3.1 供试菌株。**选用新疆伊犁地区苹果黑星菌代表性菌株进行毒力测定试验。

**1.3.2 供试药剂。**供试 4 种原药药剂名称、生产厂家以及质量浓度见表 1。

**1.3.3 试验方法。**采用菌丝生长速率法测定各药剂对病原菌生长的抑制情况。使用 N,N-二甲基甲酰胺将原药溶解配制成高浓度母液,在超净工作台内使用 0.22 μm 细菌过滤器将母液过滤至 10 mL 离心管中待用。按照 5 种已设定好的浓度,分别将不同量的母液加入融化冷却至 45 ℃ 左右的 PDA 培养基中,使得药剂与培养基混匀后制成相对质量浓度梯度 (表 1) 的含药培养基。以不加入药剂的 PDA 培养基为空白对照,每组处理 3 个重复。

表 1 供试药剂及浓度  
Table 1 Test reagents and concentration

药剂 Reagent	生产厂家 Manufacturer	质量浓度 Mass concentration//mg/L
98%多菌灵 98% carbendazim	江苏耕耘化学有限公司	0.1、0.2、0.4、0.8、1.6
98%啉酰菌胺 98% pyrimidine	江苏耕耘化学有限公司	0.4、0.8、1.6、3.2、6.4
97%吡唑醚菌酯 97% pyrazolin	江苏耕耘化学有限公司	0.1、0.2、0.4、0.8、1.6
96%啞霉胺 96% azyridamide	江苏耕耘化学有限公司	4、8、16、32、64

将苹果黑星菌培养 14 d 后,用 5 mm 灭菌打孔器打取菌饼若干,供毒力测定使用。将菌饼移接至含药培养基以及对照培养基中央,每种药剂设置 5 个梯度,25 ℃ 恒温黑暗培养,14 d 后测量菌落直径并拍照。

计算出菌丝生长抑制率,即抑制率 = (对照菌落增长直径 - 处理菌落增长直径) / 对照菌落增长直径 × 100%。

使用 SPSS 19.0 软件基于 Probit 回归法对所得数据进行毒力回归方程分析得到半数有效浓度 (EC<sub>50</sub>)<sup>[21]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 苹果黑星病症状** 苹果黑星病在新疆伊犁地区一般从 5 月中旬开始发病,7—8 月病害达到高峰期,病菌主要感染叶片和果实,也能危害叶柄、花和幼嫩的枝条等部位,主干和主枝不被感染。叶片感病,病斑大多出现在叶面上,叶缘和叶边很少出现,病斑初为淡灰绿色的圆形褪绿斑,后颜色逐渐加深,变成褐色或灰褐色、黑色,病斑在叶片正面微微隆起,边缘明显,叶片背面病斑边界不明显,颜色淡褐色或灰黑色,较正面颜色浅,表面生浅褐色绒状霉层,病叶易卷曲;随着病斑的扩展,后期病叶上多个病斑融合,病斑中央组织易破裂穿孔,严重时整个叶片卷曲干枯死亡。果实发病从幼果期至成熟期均可受害,果实上的病斑多为圆形,少椭圆形或卵圆形,初期淡黄绿色或灰褐色,后逐渐变为褐色或黑色,病斑处果面凹陷明显,表面生绒状霉层;后期病斑从中心向四周开始硬化和龟裂,形成中央黑色周围灰黑色的病斑,且多

个病斑合并形成大的不规则形的坏死斑,病斑大多只在果面扩展,向果肉内纵向扩展不明显 (图 1)。但病果较健康果实生长缓慢,单果重量明显较小,病斑对果实品质的影响严重。

## 2.2 病原菌鉴定

**2.2.1 形态学鉴定。**苹果黑星菌的菌丝黑色,有隔,在 PSA 培养基上菌落墨绿色至黑色,气生菌丝明显,表面短绒毛状 (图 2a)。分生孢子梗丛生,直立或稍弯曲,圆柱状,不分枝,深橄榄色、淡褐色或黑色,基部膨大,1~2 个隔膜,分生孢子梗上有环痕,大小为 (22.4~65.3) μm × (6~8) μm,分生孢子梗直径明显粗于菌丝体,环痕式延伸;分生孢子上着生 1~2 个分生孢子,分生孢子 0~1 隔膜,偶有 2 个以上隔膜,分隔处略隘缩,基部细胞明显大于顶部细胞,倒梨形或倒棍棒状,淡褐色至褐色或橄榄褐色,孢基平截,表面光滑或具小疣突,16.92~35.63 (25.63) μm × 5.10~12.73 (7.64) μm;培养 21 d 后,菌丝上形成黑色或淡黑色的厚垣孢子,厚垣孢子顶生或间生在菌丝上,单生或多个串生,球形、卵圆形、长圆形,大小为 6.80~29.32 (15.20) μm × 5.79~22.83 (12.69) μm (图 2b、c、d)。依据病原的形态特征,与已报道的苹果黑星病菌 (*Venturia inaequalis*) 较一致,将引起伊犁地区苹果黑星病的病原初步确定为 *Venturia inaequalis*<sup>[21-23]</sup>。

**2.2.2 分子生物学鉴定。**采用真菌通用引物 ITS1/ITS4 对供试菌株 DNA 进行 PCR 扩增,在 NCBI 进行 Blast 对比,扩增产物片段大小为 526 bp,与来自印度、中国和荷兰的 *Venturia inae-*

*qualis* (登录号 MZ820002.1、MN958673.1 和 KF156040.1) 相似性达 99.42%~100%。

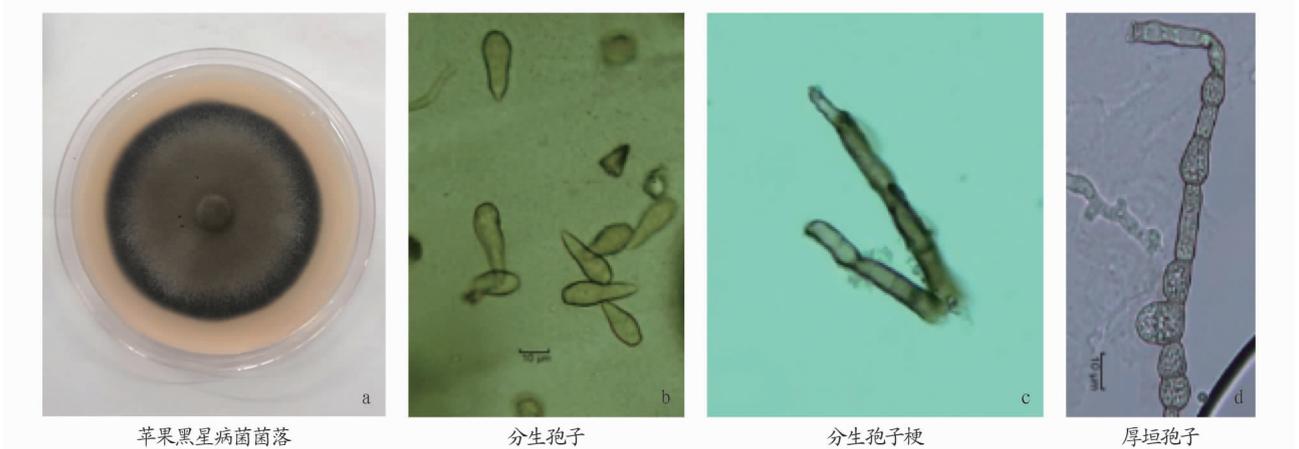
对供试菌株进行 ITS/TEF-1 $\alpha$  联合序列构建系统发育

树(图 3)。供试菌株均与 *Venturia inaequalis* 聚在同一个分支上,与引起苹果黑星病和梨黑星病的其他病原物(*Venturia nashicola*和*Venturiapirina*)都处于不同的分支上,且与引起



图 1 苹果黑星病的田间症状

Fig.1 Field symptoms of apple scab



苹果黑星病菌菌落

分生孢子

分生孢子梗

厚垣孢子

图 2 苹果黑星病菌形态特征

Fig.2 Morphological characteristics of apple scab

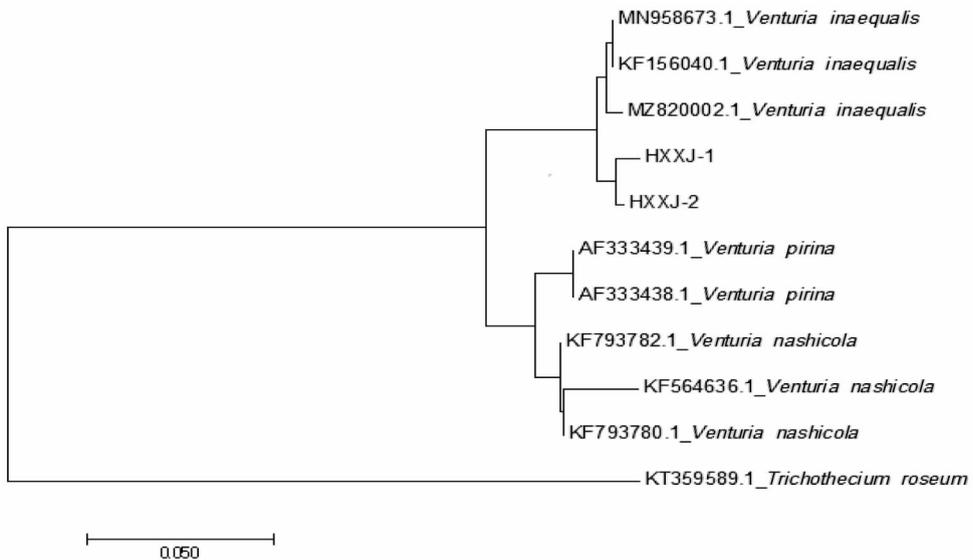


图 3 基于 rDNA-ITS 序列构建系统发育树

Fig.3 Phylogenetic tree constructed based on rDNA-ITS sequence

苹果果实黑点病的病原粉红聚端孢菌 (*Trichothecium roseum*) 的系统发育关系较远。

### 2.3 苹果黑星病菌生物学特性

**2.3.1 温度对病菌生长的影响。**苹果黑星病菌在 10~25 °C 均可生长,但温度对苹果黑星病菌生长的影响极其显著,5 °C 以下和 30 °C 以上不能生长。病菌在 20~25 °C 生长速度较快,尤其是 20 °C 生长速度最快,25 °C 生长速度次之,20 °C 以下随温度降低生长速度逐步变缓慢,高温不利于病菌的生长。这与已报道的一致,在病菌分离中也发现,在培养温度

高于 25 °C 时,很难有分离的菌落产生,当培养温度调整到 20 °C 时,不管是组织块分离法还是划线分离,5~7 d 后均有目标菌落出现,因此,在苹果黑星病的分离培养中,培养温度必须控制在 25 °C 以内,尤以 (20±2) °C 为最佳培养温度。这也与新疆苹果黑星病的发生现状相吻合,新疆目前只在夏季温度较低的北疆部分地区(伊犁、塔城和阿勒泰)有苹果黑星病的发生和危害,夏季温度相对较高的阿克苏地区目前无该病害的发生和危害,这与病菌对温度的适应性关系密切(图 4、5)。

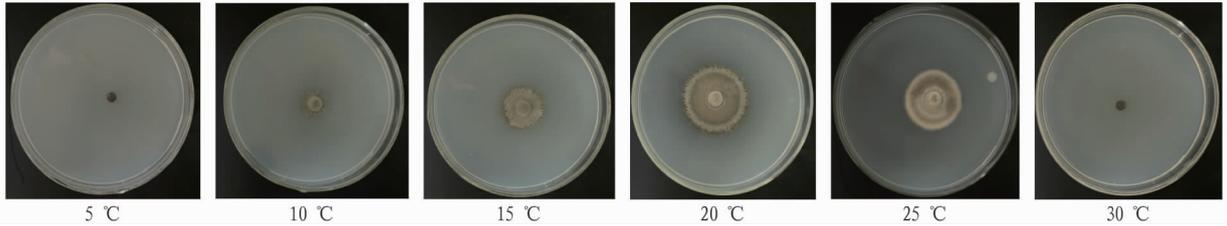
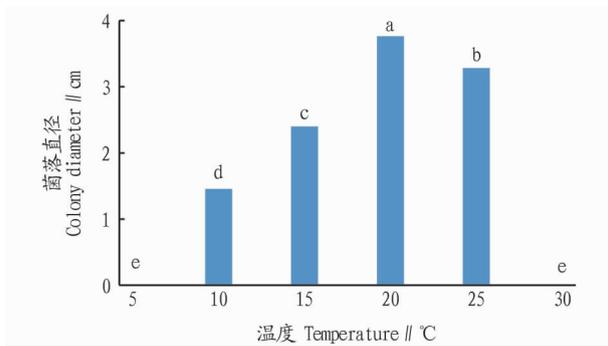


图 4 苹果黑星病菌在不同温度下的菌落形态

Fig.4 Colony morphology of apple scab at different temperatures



注:不同小写字母表示不同温度间差异显著( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different temperatures ( $P<0.05$ ).

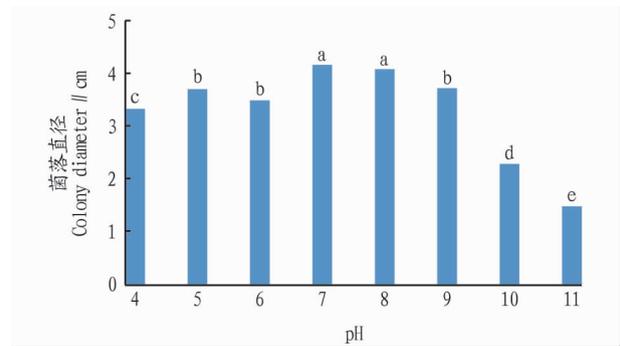
图 5 温度对病菌生长的影响

Fig.5 Effect of temperature on the growth of bacteria

**2.3.2 pH 对病菌生长的影响。**由图 6 可知,苹果黑星病菌菌丝生长对 pH 不太敏感,在 pH 4~11 时均可生长。最适生长 pH 为 7 和 8,14 d 菌落的直径分别为 4.16 和 4.08 cm; pH 为 7 时菌落生长最快,菌落在培养基 pH 11 时生长速度最慢,仅为 1.49 cm,其他 pH 条件下,菌落的生长速度居中。

**2.3.3 培养基对病菌生长的影响。**由图 7 可知,苹果黑星病菌在供试 5 种培养基上均可生长。OA 培养基上的生长速度最快,14 d 的菌落直径达 3.91 cm,在 PDA 和 PSA 培养基上的生长速度次之,菌落直径分别为 3.78 和 3.73 cm;在 OMA 和 MEA 培养基上的生长速度较慢,14 d 的菌落直径仅为 2.01 和 2.45 cm,表明苹果黑星病菌对培养基有较强的选择性。

**2.4 几种杀菌剂对苹果黑星菌的毒力测定** 通过毒力测定试验发现供试 4 种药剂对苹果黑星病菌菌丝均有一定的抑制性。由表 2 可知,多菌灵对病原菌菌丝的抑制效果最好,药剂浓度为 0.1 mg/L 时,菌丝抑制率仍达 100%,而吡唑嘧菌酯、98% 啶酰菌胺、嘧霉胺则表现为随着药剂浓度的增加,菌丝抑制率升高,其中 98% 啶酰菌胺的浓度为 6.4 mg/L 时,菌

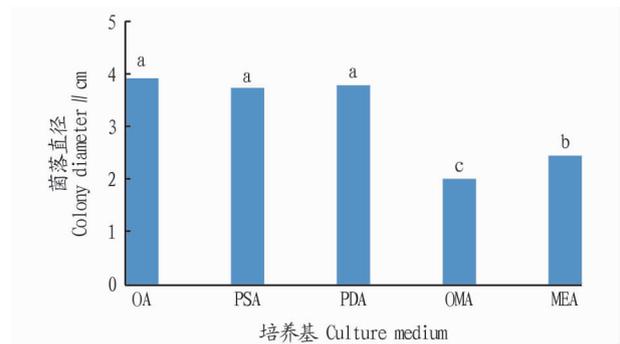


注:不同小写字母表示不同 pH 间差异显著( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different pH ( $P<0.05$ ).

图 6 pH 对病菌生长的影响

Fig.6 Effect of pH on the growth of bacteria



注:不同小写字母表示不同培养基间差异显著( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different culture media ( $P<0.05$ ).

图 7 培养基对病菌生长的影响

Fig.7 Effect of culture media on the growth of bacteria

丝抑制率达 100%。

根据以上 4 种药剂的试验数据进行回归统计分析,回归直线与观测值的拟合程度即  $R^2$  均大于 0.60,说明毒力回归

表2 不同药剂对苹果黑星病菌的抑制效果

Table 2 Inhibition effect of different reagents on apple scab

药剂 Reagent	药剂浓度 Reagent concentration mg/L	菌落直径 Colony diameter cm	抑制率 Inhibition rate %
多菌灵 Carbendazim	0.1	0	100
	0.2	0	100
	0.4	0	100
	0.8	0	100
	1.6	0	100
	CK	3.68	—
吡唑醚菌酯 Pyrazoxystrobin	0.1	2.55	27.97
	0.2	1.76	50.19
	0.4	1.13	68.08
	0.8	0.86	75.61
	1.6	0.81	77.12
	CK	3.54	—
98%啶酰菌胺 98% pyrimidine	0.4	1.28	66.32
	0.8	1.19	68.68
	1.6	0.93	75.66
	3.2	0.79	79.21
	6.4	0	100
	CK	3.80	—
啉霉胺 Pyrimethanil	4	2.39	35.41
	8	1.90	48.65
	16	1.33	63.96
	32	1.26	65.86
	64	0.83	77.61
	CK	3.70	—

方程与观测值拟合程度较好,可作为理论依据进行参考。供试4种药剂中的3种对苹果黑星病菌菌丝的 $EC_{50}$ 由小到大依次为吡唑醚菌酯<啶酰菌胺<啉霉胺。其中吡唑醚菌酯的 $EC_{50}$ 为0.225 9 mg/L,其次为啶酰菌胺, $EC_{50}$ 为0.468 2 mg/L。而防效最差的药剂为啉霉胺, $EC_{50}$ 高达0.952 8 mg/L(表3)。

表3 4种药剂对苹果黑星病菌室内毒力测定结果

Table 3 Indoor toxicity test results of four kinds of reagents to apple scab

药剂 Reagent	毒力回归方程 Toxicity regression equation	$EC_{50}$ mg/L	$R^2$
多菌灵 Carbendazim	—	—	—
啶酰菌胺 Pyrimidine	$y = 2.299 6x + 5.758 0$	0.468 2	0.609 7
吡唑醚菌酯 Pyrazoxystrobin	$y = 0.910 4x + 5.588 1$	0.225 9	0.863 0
啉霉胺 Pyrimethanil	$y = 0.899 9x + 4.142 6$	0.952 8	0.958 5

### 3 结论

根据病原菌的形态特征、培养性状和分子生物学鉴定结果,确定引起新疆伊犁地区苹果黑星病的病原为 *Venturia inaequali*。通过不同温度、pH 及培养基等对苹果黑星病菌生物学特性研究表明,病菌对温度的适应性差异较大,(20±2)℃是病菌生长的最佳培养温度,高温不利于病菌的生长;

苹果黑星病菌对 pH 的适应范围较宽,最适生长 pH 为 7 和 8;苹果黑星病菌对培养基有较强的选择性,OA 培养基上的生长速度最快,在 OMA 培养基上生长最缓慢,且菌丝较稀疏。以上结果和胡小平等<sup>[22-23]</sup>的苹果黑星病菌生长适温为 15~20℃,最适 pH 5.0~6.5 及在燕麦培养基上菌落生长较差有一定差异,可能是地域不同所导致。

4种杀菌剂原药对苹果黑星病原菌的毒力测定结果表明,4种药剂在不同浓度下对该病原菌均有不同程度的抑制作用,毒力强弱也不同。整体趋势表现为随着药剂浓度的增加,菌丝抑制率升高。4种原药对苹果黑星病菌室内毒力测定表明,供试4种药剂中的3种对苹果黑星病菌菌丝的 $EC_{50}$ 由小到大依次是吡唑醚菌酯<啶酰菌胺<啉霉胺。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部.农业部公告第862号:中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录[A].2007-05-29.
- [2] 王华,陈卫民,麦尔旦,等.伊犁河谷苹果黑星病的发生危害和综合防治技术[J].北方园艺,2011(15):189-191.
- [3] 赵彦生,杨正祥.苹果黑星病在礼县的发生情况与防治措施[J].甘肃农业科技,2004(2):47-48.
- [4] 隋志义,李成林,韩好学,等.大苹果黑星病发生分布调查报告[J].吉林农业科学,1981(3):76-78.
- [5] 皮素琴,高九思,侯春霞,等.豫西地区苹果黑星病发生危害及防治技术[J].安徽农业科学,2007,35(4):1005-1006.
- [6] 黄丽丽,张管曲.怎样识别和防治苹果黑星病[J].西北园艺,1997(3):27.
- [7] 田雪亮,梁振宇,杨家荣,等.苹果黑星病的症状类型及时间动态[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2003,31(S1):19-21.
- [8] 胡小平,杨家荣,田雪亮,等.渭北旱塬苹果黑星病的初侵染来源[J].植物病理学报,2008,38(1):83-87.
- [9] 罗康宁.苹果黑星病在庆阳市发生、扩展、蔓延及防治对策[J].中国植保导刊,2005,25(8):24-25.
- [10] 苟建军,杨家荣,李随院,等.陕西苹果主产区苹果黑星病病情分布及防治对策[J].陕西农业科学,2005,51(2):76-77.
- [11] 刘立新,武志坚.苹果黑星病的发生规律与防治方法[J].现代园艺,2009(4):55.
- [12] 刘杰,陈怀武.苹果黑星病的发生规律与防治技术[J].河北林业科技,2004(1):52.
- [13] 聂巍,赵斌.盆周山区红富士苹果黑星病综防技术[J].四川农业科技,2005(8):33.
- [14] 王朴,刘杰,刘建强,等.新疆伊犁苹果黑星病的发生危害及防治对策[J].北方园艺,2003(2):70.
- [15] 韩乃勇,杨莉,丁逸,等.苹果黑星病的发生与防治措施[J].农业科技通讯,2005(8):48.
- [16] 徐阳,陈雪冬,宋义前,等.新疆伊犁垦区苹果黑星病的发生及综合防治[J].现代农业科技,2019(5):110-111.
- [17] 邢维杰,史永清,吴海东,等.新疆塔城苹果黑星病的发生与防治[J].北方果树,2020(3):31-32.
- [18] 赵春明.6种药剂对苹果黑星病田间防治试验报告[J].农业科技与信息,2010(1):20,48.
- [19] 时春喜,段双科,李恩才,等.25% Amistar SC(阿米西达水悬浮剂)在苹果病害管理中的应用[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(10):94-98.
- [20] CHOI E D, KIM G H, PARK S Y. Genetic diversity of the pear scab fungus *Venturia nashicola* in Korea[J]. Mycobiology, 2019, 47(1): 76-86.
- [21] 陈斌,郑宇.基于Probit回归法的生防菌毒力测定分析[J].安徽农学通报,2019,25(20):78-80.
- [22] 胡小平,杨家荣,梅娜,等.苹果黑星病菌中国菌株生物学特性研究[J].植物病理学报,2004,34(3):283-286.
- [23] 梁振宇.陕西苹果黑星菌的生物学特性及寄主的抗病机制研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2006.