

梨树腐烂病研究进展

刘 普, 施圆圆, 叶振风, 衡 伟, 贾 兵, 刘 莉, 张水明, 朱立武*

(安徽农业大学园艺学院, 合肥 230036)

摘 要: 梨树腐烂病 (pear Valsa canker) 是梨树的主要病害之一。综述了国内外在梨树腐烂病的发病症状、病原鉴定、致病力、病原菌侵染机理、病害发生流行规律及其防治技术等方面的研究进展, 并探讨了该病害未来的研究方向与防治策略。

关键词: 梨; 梨树腐烂病; 发生规律; 防治

中图分类号: S661.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)04-0695-06

Research progress in pear Valsa canker

LIU Pu, SHI Yuanyuan, YE Zhenfeng, HENG Wei, JIA Bing, LIU Li, ZHANG Shuiming, ZHU Liwu

(School of Horticulture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: Valsa canker is one of the most devastating disease in pear. This paper summarized the latest progress in pear Valsa canker research including symptoms, pathogen identification, pathogenicity, infection mechanism, epidemic law and control technology. The future research prospects of pear Valsa canker such as research focuses and disease management were also discussed.

Key words: pear; pear Valsa canker; regularity of outbreak; control

梨树腐烂病 (pear Valsa canker) 俗称“烂皮病”, 是梨栽培生产中危害最为严重的病害之一, 它主要危害梨树主干、主枝和侧枝, 造成树皮腐烂、树势衰弱, 梨果产量和品质下降^[1-3]。该病具有发生区域广、发病率高、难以控制的特点, 发病严重的梨园, 树体病疤累累、枝干残缺不全, 甚至造成大量死树或毁园, 严重威胁到我国梨产业的健康发展。目前, 该病已在日本、韩国、意大利、美国、叙利亚和希腊等国家^[4-6]以及中国的梨各主产区 (新疆、西北、华北等地区最为严重) 发生。在对甘肃、河南、山东、河北、新疆、陕西和江苏等 7 个省共计 75 个梨园调查后发现我国梨树腐烂病发病率 55.4%, 其中新疆库尔勒香梨病株率达 77.8%。国内外围绕腐烂病的快速鉴定、致病机理、流行病学、遗传多样性、抗病育种以及防治方法等诸多研究领域开展了深入研究。作者综述了近些年有关梨树腐烂病的研究进展, 并探讨了该病害未来的研究方向与防治策略,

为今后的梨树腐烂病研究和防控提供参考。

1 病害发生症状

梨树腐烂病目前在我国各产区的发病症状及侵染规律基本一致, 主要呈现溃疡型和枝枯型两类, 以溃疡型为主。溃疡型多发生在主干和主枝上。病菌一般以菌丝体、分子孢子器、分生孢子、子囊壳及子囊孢子的形式在病组织中越冬。早春时节, 溃疡型的枝干树皮在初期病斑稍隆起, 呈现红褐色水浸状湿润, 皮层组织变松按之下陷, 轮廊呈长椭圆形或不规则 (图 1B)。病部常流出黄褐色汁液, 病皮易剥离。入冬后继续扩展, 形成红褐色坏死斑。当梨树展叶开花进入旺盛生长期后, 病部扩展减缓, 病斑被愈伤的周皮包围, 失水干缩下陷 (图 1C)。多数病斑较浅, 一般不会烂透树皮, 未达木质部 (图 1D), 除树势衰弱或易感品种, 如西洋梨。夏季病斑沿树皮表皮扩展, 产生表面溃疡, 病斑表现为略

收稿日期: 2014-01-08

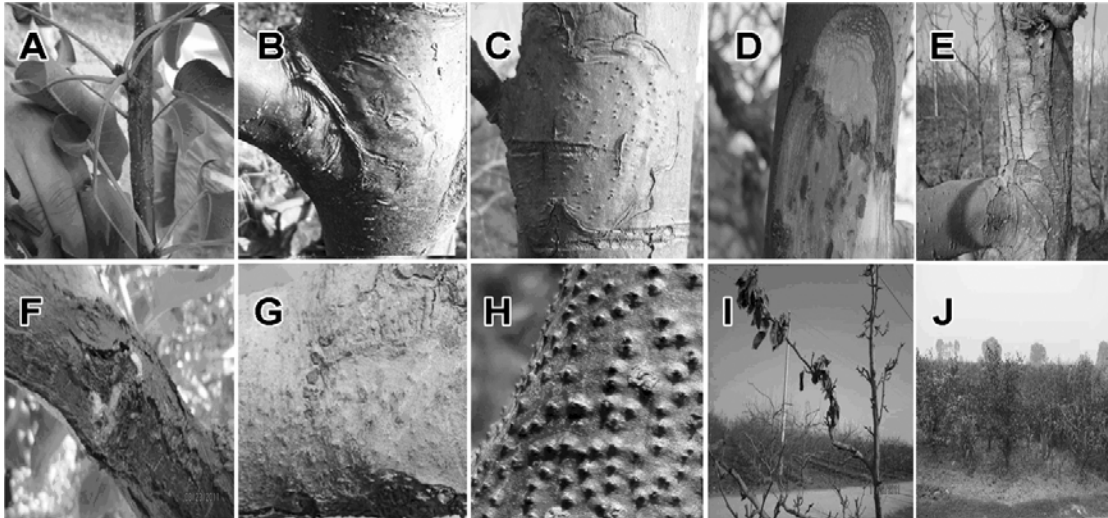
基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201203034) 和国家现代农业产业技术体系专项 (CARS-29) 共同资助。

作者简介: 刘 普, 博士, 讲师。E-mail: puliu@ahau.edu.cn

* 通信作者: 朱立武, 教授。E-mail: zhuliwu@ahau.edu.cn

湿润、轮廓不明显、病组织较软，严重者伴有树液流出（图 1F）。夏秋季节病组织会出现淡黄色卷丝状孢子角（图 1G）。来年在气候干燥时，在病健交界处出现龟裂，病部表面生满黑色小粒，即子座及分生孢子器（图 1H）。

枝枯型多发生在极度衰弱的梨树小枝、果苔上，病部不呈水渍状，病斑形状不规则，边缘不明显，扩展迅速，很快包围整个枝干（图 1A），使枝干枯死，并密生黑色小粒点。除危害枝干外，腐烂病菌偶尔也会通过伤口侵害果实，形成褐色软腐。



A 和 B: 发病初期病斑树皮呈现红褐色; C 和 D: 进入生长季节, 病斑扩展减缓, 病部开始干缩; E: 气候干燥时, 病斑中间或病健交界处出现龟裂; F 夏季高湿病部分泌白色粘液; G 淡黄色卷丝状孢子角; H 表面生满黑色小粒, 即子座及分生孢子器; I 和 J: 叶片干枯、整株枯死

A and B, reddish brown of bark at the initial stage; C and D, disease spot slow down and air shrinkage at the growing season; E, full of cracks of disease spot at the stage of arid climate; F, White secretions at high humidity in summer; G, cirrus (light yellow and crimp); H, stroma and pycnidium (black granules); I and J, died leaves and whole plant

图 1 梨树腐烂病典型症状

Figure 1 Thetypical symptoms of pear Valsa canker disease



A 剪锯口; B 冻害与日灼; C 其他机械损伤 (开角撑枝伤口、机械擦伤、刻芽等); D 分枝处

A, cut of pruning; B, wound by freezing and/or sunburn; C, mechanical damage (Open angle support branch, scratch and bud carved etc.); D, crotch of tree

图 2 梨树腐烂病侵染途径

Figure 2 The main spreading way of pear Valsa canker disease

2 病原菌鉴定

国内外对梨树腐烂病病原菌种类及其归属依然

不太十分明确。Saito 等^[7]将梨树腐烂病病菌与苹果树腐烂病病菌为同一个种 *Valsa ceratosperma* (Tode et Fr.) Maire。我国学者早期根据形态特征将梨树腐

烂病病原菌鉴定为梨黑腐皮壳菌 *V. ambiens* (Pers.) Fr (无性型为 *Cytospora carphosperma* Sacc.)^[8], 陆燕君^[9]通过对病菌的形态特征及生化特性与苹果腐烂病病菌比较分析后认为病原菌为苹果黑腐皮壳的一个新变种 *V. mali* Miyabe et Yamada var. *pyri* Y.J. Lu. Var. Nov (无性型为 *C. mandshurica* Miura)。王旭丽等^[10]对采自 4 个省的梨和苹果腐烂病病原菌分离物进行 ITS 系列分析认为梨树腐烂病病原菌应该为 *V. Ceratosperma*。Wang 等^[11]认为我国梨树和苹果的腐烂病的病原菌分别为 *V. mali* 的两个变种 *V. mali* var. *pyri* 和 *V. mali* var. *mali*, 其中 *V. mali* var. *pyri* 除危害梨树外, 还可以侵染苹果^[12]。

近期, 周玉霞等^[2]从我国 15 个省市的采集病样中共获得 168 份病菌分离株, 通过单孢纯化, 共获得 79 份纯化株, 结合形态学观察, rDNA-ITS 基因序列分析认定病菌均为 *V. mali* var. *pyri*。此外, *V. ceratosperma*^[6, 13-14]和 *V. leucostoma*^[15]也可以引起梨树腐烂病, 特别是 *V. ceratosperma*, 该病菌宿主范围较广, 在欧洲、北美洲、南美洲, 尤其是亚洲等国家或地区均分布, 可以侵染多种果树的树干。

3 致病力差异

由于病原菌种类尚无定论, 致病力分化情况也研究较少。Valsa 属病原菌已被报道可以诱使苹果、桃、梨、杨树、山楂等多种树体产生腐烂病^[16-19]。有关 Valsa 病菌的致病力差异在苹果上报道较多。如利用菌株颜色差异将其分为黄褐色、乳白色和灰褐色 3 种类型, 将这 3 种类型的苹果腐烂病病菌分别接种秦冠和红富士离体枝条, 发现黄褐色类型的致病力较强^[20]。近年的研究发现, 我国分布的梨树腐烂病病原菌 *V. mali* var. *pyri* 致病力也存在明显差异的群体, 根据在不同梨品种上的综合致病力强弱可以将其分为强、中、弱 3 种类型^[3]。此外, 病原菌株的致病力差异还体现在来源自不同地区和梨系统, 如来源于抗性较强的秋子梨的菌株致病力普遍较强, 白梨和砂梨次之, 而来源自西洋梨的菌株大多致病力较弱。此外, 梨树腐烂病菌落的颜色和形态也呈现出不同的类型, 但是现在还未见这种颜色和形态的差异与致病力相关性的报道。

4 病原菌侵染机理

梨树腐烂病菌与其他果树腐烂病菌类似, 是弱寄生菌, 具有潜伏侵染的特性。菌丝和分生孢子可以在树体内长期生存而不引起腐烂症状。病菌侵入后, 首先在侵入点潜伏生存, 如果树势健壮, 抗病

力强时, 病原菌就不能进一步扩展致病, 而长期潜伏。当树体或局部组织衰弱, 抗病力降低时, 潜伏菌丝便扩展致病。病菌在侵入扩展时, 部分学者认为病菌首先通过分泌毒素杀死其周围的寄主细胞而后才在死细胞中定植扩展。

研究表明, 病菌一般只能从伤口侵入已经死亡的皮层组织, 但也能从叶痕、果柄痕和皮孔侵入。侵入伤口包括冻伤、修剪伤^[6]、机械伤和日灼等(图 2), 其中以冻害与日灼是病菌最主要的侵入途径, 其次是剪锯口和其他机械损伤, 如开角撑枝、蹬踏等造成的伤口。此外, 枝干的空间位置与腐烂病发生关系显著, 分枝上病斑数比主干上要多, 阴面较阳面严重^[21-22]。

梨树腐烂病的侵染机理研究较少, 而对于苹果腐烂病菌致病机理的研究取得了一定的结果^[23]。目前的研究结果显示苹果腐烂病致病的主要原因是各种细胞壁降解酶类(果胶酶、纤维素酶、多聚半乳糖醛酸酶等)和毒素综合作用的结果^[24-26], 其中根皮苷的代谢产物在致病机理中的功能研究最多^[27]。根皮苷是苹果各部位广泛分布的次生代谢物, 而苹果腐烂病病菌能够将其代谢形成有毒物质, 如对羟基苯乙酸、间苯三酚、根皮素、对羟基苯甲酸等, 致使苹果树皮组织形成溃疡症状。此外, 病菌分泌的有机酸(草酸)和一些小分子多肽在病斑的扩展中也起到了重要的作用。Montuschi 等^[6]通过研究初步证实了根皮苷在腐烂病菌 *V. Ceratosperma* 侵染梨树中起重要作用。

5 病害发生流行规律

5.1 病害发生与栽培品种的关系

不同梨树品种间对腐烂病的抗性存在显著差异。田间自然发病调查结果表明, 秋子梨抗病性较强, 白梨、砂梨和新疆梨较感病, 西洋梨发病最重^[28-30]。抗病育种是梨育种的主要目标之一。前期对于抗病性主要是针对黑星病、黑斑病和轮纹病^[31], 对于腐烂病的筛选较少。陶磅等^[32]选育的晚熟、耐贮红梨新品种‘云红梨 1 号’和李秀根等^[33]选育的‘早美酥梨’通过鉴定具有腐烂病抗病性。针对砧木, 姜淑苓等培育的梨矮化砧木新品种‘中矮 2 号’经鉴定对腐烂病高抗^[34]。

本课题组利用离体枝条接种法和田间两年生枝条接种相结合对梨种质资源圃的 46 份不同代表类型梨树种质资源的腐烂病抗性进行分析, 共鉴定出 12 份梨树资源抗性较强, 8 份材料抗性较差。整体而言, 秋子梨抗性较强, 砂梨、白梨和新疆梨次之,

而西洋梨抗性最差。对砧木来说,杜梨抗性最强,大果川梨和河北梨次之,杏叶梨和豆梨抗性最弱。

不同类型的梨种质资源对腐烂病也表现出明显的多样性。砂梨中,‘博多青’和‘明月’抗性最强,‘浦城雪梨’抗性最弱;白梨中,‘秋白’、‘半斤酥’和‘鹅头梨’抗性最强,而‘荏梨’和‘兴隆酥’抗性最弱;秋子梨中,‘满园香’和‘六月鲜’的抗性要明显强于‘大香水’和‘南果梨’;‘绿句句’、‘早熟句句’、‘乃希木特’和‘武威猪头’等新疆梨的抗性也明显强于同为新疆梨的‘色尔克甫’等;西洋梨中,除‘路易斯’外,其他品种抗性都较差。

5.2 病害发生与气候因素的关系

梨树腐烂病发生与气候关系密切。冬季低温,造成梨树冻伤,皮层组织受损,为腐烂病的发生蔓延创造了条件。冬季气温持续下降,梨树主干、主枝受冻造成组织坏死,潜伏病菌容易蔓延扩展,引起腐烂病大流行。根据张士勇等^[30]调查表明,‘金花’、‘秦酥’、‘五九香’发生严重冻害后腐烂病危害严重。土壤滞水或多次的大水浇灌,离地面较近的部位经常与水分接触,造成了韧皮部及木质部组织细胞不断软化、腐烂、坏死,有利于腐烂病菌的侵入。

近年来,我国局部地区多次出现异常气候现象。2008年冬季,我国西北、华北、华中地区,出现了大面积冰雪、低温灾害;2010年,云南、广西等西南山区,发生了百年不遇的春季干旱;2013年我国梨主产区发生了严重的冻害。这次冻害受灾面积大、来势猛、降温幅度大,持续时间长,受害程度重是近40年来前所未有;淮河流域、汉江平原地区,夏季高温多雨,洪涝灾害时有发生。这些异常气候条件的频频出现,使得梨树腐烂病的发生有进一步加重的趋势。

5.3 病害发生与栽培管理的关系

田间调查发现树体发病与否主要取决于树体的抗病能力,如管理不善、负载量过大、树龄等所导致的树势衰弱有利于病害流行^[21,35-37]。麦提亚生^[38]调查显示,施用腐熟的农家肥,主干及侧枝等部位木质部的木质化及硬化程度比较高,果树生长旺盛,抗病能力强,腐烂病发生轻微且面积较小,而施用化肥,果树生长速度过快,树体木质化程度大大降低,腐烂病发生严重。此外,通过对同一立地条件同一树龄不同密度梨园区发病情况的调查发现,种植密度越大,越有利于病原菌的传播^[21]。栽培密度大导致园区内部通风透光性差、湿度大,不利于树体的生长,有利于病原菌的侵入和危害。

6 防治技术

6.1 农业防治

适当的农业防治措施可以提高树势,增强树体抗病能力,对梨树腐烂病具有一定防治效果。田间调查研究表明,剪锯口等伤口是腐烂病入侵的主要途径,因此,对因修剪或其他原因产生的伤口,则应该立即用液体石蜡或保护剂封闭伤口,所用工具、农具及设备等均需消毒处理。提高果园土壤肥力,培肥土壤,是改良果园土壤、提高果品质量和树体抗性的关键。有机质是土壤肥力的重要物质基础。对全国18个梨综合试验站774个主要梨园的施肥情况调查后发现有机肥投入量存在较大差异,且肥料利用率不高^[39]。大量施用尿素,磷、钾肥配比比例过低及经常施用一种比例的三元复混肥易造成土壤养分不平衡,使树体营养不均衡,易遭受病虫害,抵御干旱、低温等逆境的能力差^[39],梨树施肥应该做到科学增施有机肥,“控氮、增磷钾”,提高树势和树体抗病能力。果园生草覆盖栽培可以提高土壤持水能力,增加果园土壤有机质含量,维持土壤环境稳定,增强根系功能,减轻病虫害的发生^[40-41]。果园芳香植物间作可以改善果园生态系统、土壤理化性状,提高微生物数量,改善养分循环和酶活性,提高树势^[42-43]。耿健等^[44]和刘艳娜等^[45]研究发现叶片喷施芳香植物源营养液能显著促进树体的营养生长,提高叶片矿质养分含量,改善果实品质,有效抑制梨树黑星病、轮纹病、腐烂病害的发生。

6.2 化学防治

长期以来,防控梨树腐烂病主要依赖有机砷杀菌剂,其中“福美肿”最为成功。砷制剂的施用是目前造成果园土壤砷含量增加的重要因素。果树喷施或主干涂抹“福美肿”均可不同程度的提高果实、叶片、枝干皮部、根系乃至果园土壤中砷元素含量^[46]。早在2002年农业部就明令禁止在无公害水果生产中使用“福美肿”^[47]。2009年,对全国299个梨果样品检测分析,有222个样品检出无机砷,检出率74.2%,有19个样品无机砷超标,超标率6.35%。

在腐烂病的化学防治中,石硫合剂使用最为普遍,然而它并不是防治腐烂病的专用药剂,主要起到减少各种病菌的越冬菌数量^[48]。现在还没有一种防治梨树腐烂病的特效药物,果农在化学药剂选择方面也很混乱。山西省农科院果树所研制的抗腐特具有速杀和高效防治梨树腐烂病的特点,且该制剂具有低毒和无残留等优点^[49]。王成祥等^[50]通过药剂筛选发现康复灵(10%硫脂膏)药效最好。马保松等^[51]

报道显示 95% 银果原药、50% 腐必清、5% 菌毒清和 843 康复剂刮治效果也非常好。此外, 腐殖酸、腐殖酸铜、氟硅唑、甲基硫菌灵、噻霉酮、甲硫萘乙酸、过氧乙酸和丙烷脒等也具有比较好的防治效果。我们通过离体和田间试验筛选发现戊唑醇、三唑醇和三唑酮防治效果最佳。

6.3 生物防治

生物农药主要利用有益微生物来防治病害, 它具有无毒、无害、无污染、不易导致抗药性产生等优点, 不仅符合人们对绿色食品的需求, 而且为农业可持续发展提供了保障。现在生物防治除放线菌以外, 还有真菌(如绿粘帚霉、头状茎点霉、哈茨木霉、罗伦隐球酵母)和细菌(如枯草芽孢杆菌、产酶溶杆菌、假单孢杆菌)等。从中国农业科学院土肥所分离的生防菌 *Streptomyces ahyscopicus* 中获得的农抗 120(又称抗霉菌素 120)已在腐烂病防治中得到了应用和推广^[51]。南京农业大学分离获得的生防菌产酶溶杆菌 *Lysobacter enzymogenes*, 并从中分离鉴定了一种广谱高效的生防活性物质 HSAF(一种含四元酸结构的大环内酯)^[52]。河北省微生物所分离获得的链霉素 S-921 处理腐烂病病疤治愈率可以达 93~100%^[53]。还有报道大蒜泥、薰衣草和薄荷挥发油也有抑制梨树腐烂病的效果。目前, 针对梨树腐烂病的生物防治仅处于起步阶段, 而在苹果腐烂病上面已有一些报道, 如发现哈茨木霉 T88 可以抑制腐烂病菌菌丝生长^[54]。郜佐鹏等^[55]和张清明等^[56]分离的植物内生放线菌, 徐涛等^[57]和邓振山等^[58]分离的内生真菌以及王彩霞等^[59]分离的拮抗细菌 BJ1 对苹果腐烂病菌的分生孢子萌发及菌丝生长都有明显的抑制作用。

7 问题与展望

梨树腐烂病的大规模爆发正严重影响我国乃至世界梨果业的发展。目前, 国内外学者已经对病原菌的种属分类、生物学特性、致病力等方面进行了大量的工作, 并取得了一定的研究成果。然而, 相关的研究并不深入也缺乏系统性。因此, 在病原菌的快速鉴定、致病力和防治手段等方面还需要进一步探索。同时, 由于梨树腐烂病菌的潜伏感染特性, 目前对梨树与腐烂病的互作机理、流行机制等方面仍缺乏深入研究, 如病菌的主要侵染途径和侵染过程、病菌如果破坏寄主细胞等。此外, 在抗病品种的选育方面, 相比苹果树抗腐烂病基因的大量挖掘, 仍然处于起步阶段。上述问题的解决, 可为揭示该病害的流行规律提供科学依据, 对病害的有效控制

具有重要意义。

基于目前对于梨树腐烂病的研究现状, 笔者认为应该从以下几方面系统研究, 以期最终能整体控制和减少腐烂病的发生。

(1) 研究病原菌与梨树的互作。研究病原菌在梨树抗、感病寄主的枝干附着、侵入和定值等过程, 阐明病菌致病和梨树抗病机制;(2) 防治药剂的筛选与作用机理。对梨树腐烂病的化学药剂和生防菌等进行筛选及药效验证, 深入研究药物的作用机理;

(3) 建立病害的流行预测体系。分析病原致病力及其演化规律, 建立科学的腐烂病预报体系;(4) 病害发生流行研究。对与病害发生相关的品种、树龄、气候、土壤、种植密度等因子进行了调查和相关性分析, 确定病害发生规律及影响流行的重要因子;

(5) 抗病基因挖掘及抗病育种。获得一些具有腐烂病抗性的品种或者种质资源, 并利用分子生物学手段挖掘其中的抗病基因, 进行腐烂病抗病分子辅助育种。

参考文献:

- [1] 张美鑫, 翟立峰, 周玉霞, 等. 梨腐烂病致病力的室内快速测定方法研究[J]. 果树学报, 2013, 30(2): 317-322.
- [2] 周玉霞, 程栋菁, 张美鑫, 等. 我国梨腐烂病病原菌的初步鉴定及序列分析[J]. 果树学报, 2013, 30(1): 140-146.
- [3] 张美鑫, 翟立峰, 周玉霞, 等. 我国梨树腐烂病菌致病力分化分析[J]. 果树学报, 2013, 30(4): 657-664.
- [4] Rumbos I C. *Cytospora* canker on pear trees in Greece [J]. Plant Pathol, 1987, 36(3): 407-410.
- [5] Montuschi C, Collina A M, Antoniacci L, et al. Preliminary studies on biology and epidemiology of *Valsa ceratosperma* (*Cytospora vitis*), the causal agent of bark canker on pear in Italy [J]. IOBC/WPRS Bull, 2006, 29(1): 183-94.
- [6] Montuschi C, Collina M. First record of *Valsa ceratosperma* on pear in Italy [J]. Informatore Agrario, 2003, 59(50): 55-57.
- [7] Saito I, Tamura O, Takakuwa M. Pear canker caused by *Valsa ceratosperma* (= *mali*) [J]. Ann Phytopathol Soc Japan, 1972, 38(3): 258-260.
- [8] 戴芳澜. 中国真菌总汇 [M]. 北京: 科学出版社, 1979: 345.
- [9] 陆燕君. 梨树腐烂病病原菌的研究 [J]. 植物病理学报, 1992, 22(3): 197-203.
- [10] 王旭丽, 唐振生, 黄丽丽, 等. ITS 序列结合培养特征鉴定梨树腐烂病菌 [J]. 菌物学报, 2007, 26(4): 517-527.
- [11] Wang X, Wei J, Huang L, et al. Re-evaluation of pathogens causing *Valsa* canker on apple in China [J]. Mycologia, 2011, 103(2): 317-324.
- [12] Zang R, Yin Z, Ke X, et al. A nested PCR assay for detecting *Valsa mali* var. *mali* in different tissues of apple trees [J]. Plant Dis, 2012, 96: 1645-1652.
- [13] Tantarini A, Calvi M, Cavagna B. First report of *Valsa ceratosperma* in pear in Lombardy [J]. J Plant Pathol, 2004, 86(4): 335.
- [14] Suzuki K. Population structure of *Valsa ceratosperma*,

- causal fungus of Valsa canker, in apple and pear orchards [J]. *J Gen Plant Pathol*, 2008, 74(2): 128-132.
- [15] Zhang M, Zhai L, Xu W, et al. First report of *Valsa leucostoma* causing Valsa canker of *Pyrus communis* (cv. Duchess de' Angouleme) in China [J]. *Plant Dis*, 2013, doi: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-07-13-0704-PDN>.
- [16] Fotouhifar K B, Hedjaroude G A, Leuchtman A. ITS rDNA phylogeny of Iranian strains of *Cytospora* and associated teleomorphs [J]. *Mycologia*, 2010, 102(6): 1369-1382.
- [17] Zang R, Yin Z, Ke X, et al. A nested PCR assay for detecting *Valsa mali* var. *mali* in different tissues of apple trees[J]. *Plant Dis*, 2012, 96: 1645-1652.
- [18] Ke X, Huang L, Han Q, et al. Histological and cytological investigations of the infection and colonization of apple bark by *Valsa mali* var. *mali*[J]. *Aust Plant Pathol*, 2013, 42: 85-93
- [19] 臧睿, 黄丽丽, 康振生, 等. 陕西苹果树腐烂病菌 (*Cytospora* spp.)不同分离株的生物学特性与致病性研究[J]. *植物病理学报*, 2007, 37(4): 343-351.
- [20] Horst R K. Cankers and Diebacks. In *Westcott's Plant Disease Handbook* [M]. Springer Netherlands, 2013: 149- 173.
- [21] 郑仙蓉. 山西梨树腐烂病的发生及其防治研究[J]. *山西农业大学学报*, 1988, 8(2): 261-268.
- [22] 吴芳, 刘红霞, 侯世星, 等. 梨树腐烂病在香梨树上的空间分布特点 [J]. *中国农学通报*, 2012, 28(10): 277- 281.
- [23] Abe K, Kotoda N, Kato H, et al. Genetic studies on resistance to Valsa canker in apple: genetic variance and breeding values estimated from intra-and inter-specific hybrid progeny populations [J]. *Tree Genet Genomes*, 2011, 7(2): 363-372.
- [24] 刘福昌, 陈策, 史秀琴, 等. 苹果树腐烂病菌 (*Valsa mali* Miyabe et Yamada)潜伏侵染研究[J]. *植物保护学报*, 1979, 6(3): 1-8.
- [25] 刘福昌, 李美娜, 王保全. 苹果树腐烂病菌的致病因素: 果胶酶的初步探讨[J]. *中国果树*, 1980(4): 45-48.
- [26] 陈晓林, 牛程旺, 李保华, 等. 苹果树腐烂病菌产生细胞壁降解酶的种类及其活性分析[J]. *华北农学报*, 2012, 27(2): 207-212.
- [27] 王建华. 苹果树腐烂病菌致病物质的初步研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [28] 杨迎春, 苗春会. 梨树腐烂病发生规律与防治方法[J]. *河北果树*, 2010(5): 41.
- [29] 李树玲, 黄礼森, 丛佩华. 梨树腐烂病发生情况调查 [J]. *北方果树*, 1988(4): 36-38.
- [30] 张士勇, 武泽民, 宋海森. 不同梨品种与腐烂病发病关系的研究[J]. *辽宁农业职业技术学院学报*, 2004, 6(2): 32-33
- [31] 姜卫兵, 高光林, 俞开锦, 等. 近十年来我国梨品种资源的创新与展望[J]. *果树学报*, 2002, 19(5): 314-320.
- [32] 陶磅, 舒群, 张文炳. 晚熟、耐贮红梨新品种‘云红梨 1号’ [J]. *园艺学报*, 2003, 30(4): 497.
- [33] 李秀根, 阎志红. 早熟梨新品种-早美酥[J]. *果树科学*, 1997, 14(4): 275-277.
- [34] 姜淑苓, 陈长兰, 贾敬贤, 等. 梨矮化砧木新品种‘中矮 2号’ [J]. *园艺学报*, 2006, 33(6): 1402.
- [35] 刘庆元, 喻璋, 陈志申, 等. 郑州市近郊苹果、梨树腐烂病调查[J]. *河南科技*, 1985(1): 23-25.
- [36] 刘廷俊, 李天香. 梨树腐烂病及病因初步调查[J]. *宁夏农业科技*, 1981(2): 23-24.
- [37] 刘英芳, 任宝君. 不同树体环境和管理水平对苹果树梨树腐烂病发生程度的影响[J]. *防护林科技*, 2013(4): 30-31.
- [38] 买买提亚生. 香梨腐烂病发生现状与防治策略[J]. *新疆农业科技*, 2008(6): 52.
- [39] 董彩霞, 姜海波, 赵静文, 等. 我国主要梨园施肥现状分析[J]. *土壤*, 2012, 44 (5): 754-761.
- [40] 侯启昌. 黄河故道地区梨园生草栽培的生态效应[J]. *果树学报*, 2009, 26(5): 739-743.
- [41] 徐凌飞, 韩清芳, 吴中营, 等. 清耕和生草梨园土壤酶活性的空间变化[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(23): 4977- 4982.
- [42] 宋备舟, 王美超, 孔云, 等. 梨园芳香植物间作区节肢动物群落的结构特征[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(4): 769-779.
- [43] 胡克辉. 梨园间作芳香植物对土壤微生物、土壤酶活性与土壤养分的影响[D]. 北京: 北京农学院, 2010.
- [44] 耿健, 崔楠楠, 张杰, 等. 喷施芳香植物源营养液对梨树生长、果实品质及病害的影响[J]. *生态学报*, 2011, 31(5): 1285-1294.
- [45] 刘艳娜, 崔楠楠, 张杰, 等. 芳香植物源营养液对梨树的抑菌和营养效应[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(19): 3981-3990.
- [46] 赵政阳, 张翠花, 梁俊, 等. 施用农药福美腓对苹果果园污染的研究[J]. *园艺学报*, 2007, 34(5): 1117-1122.
- [47] 刘君璞, 章力建, 曹尚银, 等. 我国果树生产中的立体污染及其防治[J]. *果树学报*, 2006, 23(1): 85-90.
- [48] 曹克强, 国立耘, 李保华, 等. 中国苹果树腐烂病发生和防治情况调查[J]. *植物保护*, 2009, 35(2): 114-116.
- [49] 段泽敏, 李夏鸣, 孙俊杰, 等. “抗腐特”防治苹果、梨腐烂病研究初报[J]. *山西果树*, 2000(4): 019.
- [50] 王成祥, 张新平, 岳朝阳, 等. 果树腐烂病发病规律及药剂防治效果初步研究[J]. *新疆农业科学*, 2012, 49(12): 2245-2248.
- [51] 马保松, 王启亮, 郑丽霞, 等. 防治梨树腐烂病的药效对比试验[J]. *河南农业科学*, 2004(3): 44-45.
- [52] 方向军, 肖飞. 生物药剂防治香梨树腐烂病田间试验 [J]. *生物防治通报*, 1992, 8(1): 48.
- [53] Lou L, Qian G, Xie Y, et al. Biosynthesis of HSAF, a tetramic acid-containing macrolactam from *Lysobacter enzymogenes*[J]. *J Am Chem Soc*, 2011, 133: 643-645.
- [54] 高克祥, 刘晓光, 郭润芳, 等. 木霉菌对五种植物病原真菌的重寄生作用[J]. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 2002, 33(1): 37-42.
- [55] 郜佐鹏, 柯希望, 韦洁玲, 等. 七株植物内生放线菌对苹果树腐烂病的防治作用[J]. *植物保护学报*, 2009, 36(5): 410-416.
- [56] 张清明, 王彩霞, 王海艳, 等. 苹果树腐烂病内生拮抗放线菌 A-2 的鉴定及其活性评价[J]. *农药学学报*, 2013, 15(3): 286-292.
- [57] 徐涛, 胡同乐, 王亚南, 等. 苹果树皮内生真菌的分离及其对腐烂病的生物防治潜力[J]. *植物保护学报*, 2012, 39(4): 327-333.
- [58] 邓振山, 赵龙飞, 张薇薇, 等. 银杏内生真菌的分离及其对苹果腐烂病病原菌的拮抗作用[J]. *西北植物学报*, 2009, 29(3): 608-613.
- [59] 王彩霞, 张清明, 李桂舫, 等. 苹果树腐烂病拮抗细菌株 BJ1 的鉴定及其抑菌作用[J]. *植物保护学报*, 2012, 39(5): 431-437.