

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2021.04.022

# 核桃细菌性黑斑病的研究进展

韩长志<sup>1,2\*</sup>, 祝友朋<sup>1</sup>, 王韵晴<sup>1</sup>

(1. 西南林业大学生物多样性保护学院, 云南 昆明 650224; 2. 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224)

**摘要:** [目的] 由核桃细菌性黑斑病菌引起的黑斑病严重威胁着我国核桃产业的健康发展, 掌握该病的危害症状、病原以及防治措施, 明确未来研究的热点、难点和重点十分重要。[方法] 基于文献计量法, 通过对国内外文献数据库中有关核桃细菌性黑斑病的文献开展分析。[结果] 前人的研究主要集中在病害的危害症状、病害循环及防治方法等方面。关于该病菌的研究尚缺乏诸如分泌蛋白、致病机制、互作机制等分子生物学方面的研究以及病菌早期快速检测、全程绿色防控等常规性的研究报道。[结论] 核桃细菌性黑斑病的病原主要为树生黄单胞菌胡桃变种 *Xanthomonas arboricola* pv. *Juglandis*, 该病的危害程度受环境湿度影响较大, 防治的关键时期是核桃的展叶期和花期等, 主要选择铜制剂+代森类、抗生素类+代森类等类型的混合药剂。未来应关注核桃细菌性黑斑病菌的致病因子和致病机制研究, 为病菌早期快速检测和全程绿色防控提供理论基础。

**关键词:** 核桃; 细菌性黑斑病; 研究现状; 未来展望

**中图分类号:** S763.13

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2021)04-0184-07

核桃作为世界著名的“四大干果”(核桃、扁桃仁、腰果、榛子)之一, 是重要的经济林树种之一<sup>[1]</sup>。近些年, 云南省所辖 129 个县(市、区)中 90% 以上地区大力发展核桃产业, 2017 年种植面积(近 300 万  $\text{hm}^2$ )、产量(115 万吨)、产值(315 亿元)均居全国之首<sup>[2]</sup>。然而, 核桃炭疽病、细菌性黑斑病等病害严重影响着云南省核桃产业的健康、有序和快速发展<sup>[3-4]</sup>。

核桃细菌性黑斑病, 又名核桃黑斑病、核桃黑、黑腐病, 作为一种细菌性病害, 是世界性的核桃病害, 核桃植株受害率高达 90% 以上<sup>[5-6]</sup>。主要危害核桃果实、叶片、嫩梢、芽、雄花序及枝条等<sup>[7]</sup>, 幼果受害后果皮表面形成褐色软斑, 后变黑腐烂, 造成落果<sup>[8]</sup>; 成熟果实受害后会造成果皮形成黑色病斑<sup>[9]</sup>; 叶片受害后出现小褐斑, 后病斑脱落; 嫩梢受害后病斑褐色, 凹陷, 严重时病斑以上部分嫩梢枯死, 严重影响着核桃的产量和品质。核

桃种植地因所处环境不同和核桃品种不同, 核桃细菌性黑斑病的危害程度也存在差异, 如甘肃天水市发生该病的病株率为 9%~45%, 果实被害率 14%~60%, 造成减产 15%~40%<sup>[10]</sup>, 河南濮阳县发生该病的病株率为 60%~100%, 果实被害率 30%~70%, 核仁减重 40%~50%<sup>[11]</sup>, 济南市南部山区 2017 年发生该病的病株率约 42%, 减产约 40%<sup>[12]</sup> 等。

目前, 国内外学者关于核桃细菌性黑斑病的研究, 主要集中在病害症状、病原、侵染循环、检测技术、预测预报技术<sup>[13]</sup>、发病规律及防治<sup>[14-16]</sup> 等方面。为了更好地解析核桃细菌性黑斑病菌的致病机理以及研发防治该病害的作用靶标药剂, 本研究基于文献计量法, 通过对国内外文献数据库中有关该病的文章开展深入剖析, 针对该病害研究的薄弱点, 从宏观视角和微观视角对核桃细菌性黑斑病的未来研究提出展望, 以期为该病害的进一步研究及有效控制提供参考。

收稿日期: 2020-05-21 修回日期: 2021-03-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(31960314); 云南省应用基础研究计划项目(2018FG001-028); 国家留学基金资助项目(留金法[2017]5086号, 201708535056)

\* 通讯作者: 韩长志, 博士, 副教授, 主要研究方向: 经济林木病害生物防治与真菌分子生物学, 电话: 15877923075, Email: hanchangzhi2010@163.com, 地址: 云南省昆明市盘龙区白龙寺 300 号西南林业大学(650224)

## 1 国内外文献计量分析

为明确近年来学术界对核桃细菌性黑斑病的研究现状, 选用国内 CNKI 数据库及国外 Sciedirect 数据库, 分别采用“主题”、“篇名”进行“核桃细菌性黑斑病”及“Walnut Blight”检索, 并对 2009—2019 年的文献进行整理。结果表明, 近 10 年来国内外学者关于核桃细菌性黑斑病的研究报道均呈上升的趋势, 但此病菌引起的病害在国内外外的文献报道数量较少 (图 1)。通过对上述文献的梳理, 发现前人的研究主要集中在该病害的发生与防治, 涉及病害的防治有 131 篇、发生有 53 篇、防治方法 25 篇、发病规律 19 篇、病原有 18 篇、发生原因有 10 篇、药剂防治试验 10 篇、危害症状 7 篇、不同品种抗性 3 篇等。关于该菌的研究尚缺乏诸如分泌蛋白、致病因子等分子生物学方面的研究以及病菌检测、致病性测定、侵染机制等常规性的研究报道。

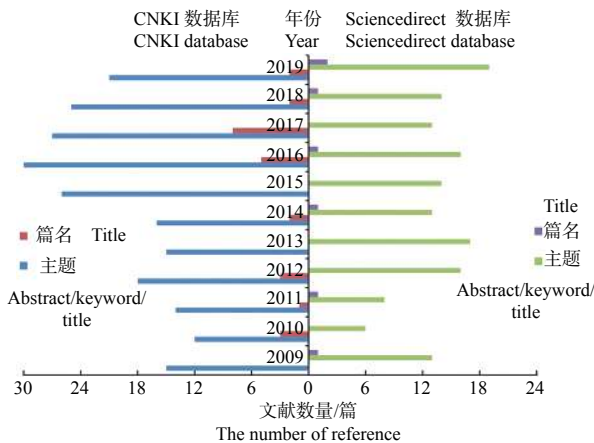


图 1 国内外学者关于核桃细菌性黑斑病的文献计量分析  
Fig. 1 Bibliometric analysis of the bacterial black spot disease of walnut by domestic and foreign scholars

## 2 核桃细菌性黑斑病病原

### 2.1 种类和地区分布不尽相同

目前, 国内外学者关于引起核桃细菌性黑斑病的病原报道主要涉及树生黄单胞菌胡桃变种 (*Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*) [10, 17-19]、核桃黄极毛杆菌 (*Xanthomonas campestris* pv. *juglandis*) [20-21]、成团泛菌 (*Pantoea agglomerans*) 以及上述细菌的复合报道 [22], 韩国地区为变黄假单胞菌 (*Pseudomonas fluorescens*) [23]。此外, 毕节地区、甘肃天水市、云南香格里拉的病原报道为核桃

黄极毛杆菌 [*Xanthomonas juglandis* (Pierce) Dowson] [24-26]。但 *X. arboricola*、*X. campestris* 和 *X. juglandis* (Pierce) Dowson 三者的关系尚不明确, 前人研究认为核桃细菌性黑斑病的病原为核桃黄极毛杆菌, 仅是命名不同, 最开始命名为 *X. campestris* pv. *juglandis* (Pierce) Dye, 后来被命名为 *X. arboricola* pv. *juglandis* (Pierce) Vauterin, 我国一开始将核桃细菌性黑斑病的病原命名为 *X. juglandis* (Pierce) Dowson, 后改为 *X. campestris*, 现在多命名为 *X. arboricola* [13]。陈善义团队对北京地区核桃细菌性黑斑病的病原进行 16S rDNA 序列测序, 然后进行 BLAST 比对发现与 *X. campestris* 及 *X. arboricola* 的一些致病变种的相似性为 99% [27]。*X. campestris* 和 *X. arboricola* 是否为同一种菌的不同致病变种有待进一步明确。

关于核桃细菌黑斑病的报道主要集中在四川、山东、甘肃、云南等核桃主要种植地区, 尽管一些地区关于该病害的病原报道相同, 但各个地区病原形态大小存在一定的差异性。在云南, *X. arboricola* 的形态大小为  $0.5 \sim 1.2 \mu\text{m} \times 1.0 \sim 2.4 \mu\text{m}$  [22], 该病菌未见其他地区报道; 在甘肃陇南市, *X. campestris* 的形态大小为  $1.3 \sim 3.0 \mu\text{m} \times 0.3 \sim 0.5 \mu\text{m}$  [28], 在临夏州临夏县, 形态大小为  $1.25 \sim 3.1 \mu\text{m} \times 0.3 \sim 0.4 \mu\text{m}$  [29], 在山东, 形态大小为  $0.3 \sim 1.8 \mu\text{m} \times 0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$  [30], 该病菌未见其他地区报道。在云南, *P. agglomerans* 的形态大小为  $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m} \times 0.6 \sim 3.0 \mu\text{m}$  [22], 在陇南, 形态大小为  $1.0 \sim 3.0 \mu\text{m} \times 0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$  [31], 在山东, 形态大小为  $0.9 \sim 3.0 \mu\text{m} \times 0.6 \sim 1.2 \mu\text{m}$  [30] (表 1)。

### 2.2 分离和鉴定方法基本一致

前人对核桃细菌性黑斑病的鉴定, 主要根据病菌的菌落特征和生理生化特征, 以及致病性试验验证等。2011 年陈善义团队对北京地区的核桃细菌性黑斑病菌进行 16S rDNA 序列的测定, 鉴定病菌为 *X. campestris*, 从分子角度进行核桃细菌性黑斑病菌的鉴定和分类提供依据 [27]。2020 年 Hyun-Sun Kim 等人根据菌落特征、16S rRNA 序列测定并构建系统进化树、致病性验证, 鉴定核桃细菌性黑斑病菌为 *Pseudomonas fluorescens* [23]。目前, 对核桃细菌性黑斑病菌的鉴定依据主要为菌落特征、生理生化特征、致病性验证和分子特征等 (表 2)。

## 3 侵染循环及发病条件

### 3.1 侵染循环

核桃细菌性黑斑病的病原菌一般在核桃休眠

表1 核桃细菌性黑斑病原的种类和地区分布

Table 1 Species and regional distribution of walnut bacterial black spot

病原菌 Pathogen	地区分布 Distributed area	大小 The size of pathogen	特征 Feature	参考文献 Reference
<i>X. arboricola</i>	北京、山东、云南及四川石棉县、甘肃天水、甘肃临夏等。	0.5~1.2 μm × 1.0~2.4 μm	短杆状，端生1根鞭毛，革兰氏染色阴性。	[17-18, 22, 32]
<i>X. campestris</i>	北京及甘肃陇南、临夏州临夏县等。	1.3~3.0 μm × 0.3~0.5 μm、 1.25~3.1 μm × 0.3~0.4 μm、 0.5~2 μm × 0.3~0.6 μm、 0.3~1.8 μm × 0.3~0.8 μm	渐呈短杆状，极生单鞭毛，有荚膜，革兰氏染色阴性。	[27-30, 33]
<i>P. agglomerans</i>	云南、山东及甘肃陇南、四川石棉县等。	0.5~2.0 μm × 0.6~3.0 μm、 1.0~3.0 μm × 0.5~1.0 μm、 0.9~3.0 μm × 0.6~1.2 μm	短杆状，着生4~6根鞭毛，革兰氏染色阴性。	[22, 31]

表2 核桃细菌性黑斑病的病原报道及鉴定方法

Table 2 Reported pathogen and identification method of walnut bacterial black spot

序号 No.	分布地区 Distributed area	病原 Pathogen	分离方法 Separation method	鉴定方法 Identification method	参考文献 Reference
1	甘肃省临夏县、东乡县等。	<i>X. campestris</i>	组织分离法	果实上的症状特征及菌落特征。	[29]
2	甘肃省陇南市等。	<i>X. arboricola</i>	组织分离法	病原菌的菌落特征。	[21]
3	四川省石棉县等。	泛菌属 ( <i>Pantoea</i> sp.)、节菱孢属 ( <i>Arthrinium</i> sp.)、镰刀菌属 ( <i>Fusarium</i> sp.) 和间座壳属 ( <i>Diaporthe</i> sp.) 真菌共同引起	组织分离法	病原菌的菌落形态、生理生化特征、DNA序列。	[17]
4	甘肃省陇南市成县等。	<i>P. agglomerans</i>	组织分离法	病原菌的形态特征观察、病原菌16SrDNA分子序列分析。	[31]
5	辽西地区、贵州省毕节地区等。	<i>X. juglandis</i>	组织分离法	病原菌的菌落形态。	[34]
6	云南临沧、大理、楚雄、曲靖、保山、昭通等。	<i>P. agglomerans</i> 、 <i>X. arboricola</i>	多点采样、实验室组织培养与仪器检测分析相结合方法	病原菌的形态特征观察、生理生化特性鉴定。	[22]
7	西班牙等。	镰刀菌属、链格孢菌属 ( <i>Alternaria</i> sp.)、 <i>X. arboricola</i>	组织分离法	病原菌的菌落形态、生理生化特征。	[8]

芽、雄花芽内越冬，少部分在僵果、病果、病枝、溃疡斑及昆虫体上越冬；翌年春天，伴随着核桃芽和雄花序的生长，病原菌不断繁殖，进而侵染其周围的健康组织，形成初侵染<sup>[35]</sup>。同时，该菌可以通过核桃组织中的气孔、皮孔、柱头等自然孔口，或是通过昆虫、日灼、冰雹等造成的伤口进一步侵染核桃叶片、枝条以及果实，形成再侵染；其传播一般借助于雨水、灌溉水、介体昆虫、农事操作、带菌的苗木及接穗等（图2）。在河北太行山区一般5月中下旬开始发生，6—7月为发病盛期<sup>[36]</sup>，北京地区发病盛期在7月下旬至8月中旬雨季，若夏季多雨发病加重，夏季干旱少雨年份发病轻<sup>[27]</sup>。就成团泛菌而言，其主要通过伤口侵入植株叶片组织使得核桃发病，而植株茎干的损伤对植株发病短期内无明显影响。

### 3.2 发病条件

核桃细菌性黑斑病的危害程度受环境湿度影响

较大，在湿润多雨的季节、年份发病严重<sup>[37]</sup>。展叶期、花期前后、幼果期等核桃生长期若处于多雨潮湿的环境中，将有利于病原菌的侵染和存活，因此在核桃细菌性黑斑病的防治中展叶期和花期等初侵染时期是防治的关键时期。病菌一般5月中下旬开始侵染果实、枝条、叶片和幼嫩组织，7月下旬到8月中旬为发病盛期。同时前人调查发现不同品种、树龄、树势发病轻重也不相同，引入核桃发病情况重于当地核桃<sup>[38]</sup>，种植在背阴处、湿度较大的地方的核桃发病较重，树势衰弱的核桃发病较重，虫害严重的片区，如核桃举肢蛾 (*Atrijuglans hetaohei*) 携带病原菌进行传播，有利于病害的流行，云斑天牛 (*Batocera horsfieldi*)、核桃小吉丁 (*Agrilus lewisiiellus*) 等枝干害虫造成的伤口，有利于病菌的侵入，易造成核桃发病较重<sup>[39]</sup>。此外还与核桃树体郁闭通风透气度、立地条件、栽培管理措施及防治不当有很大的关系<sup>[37]</sup>。

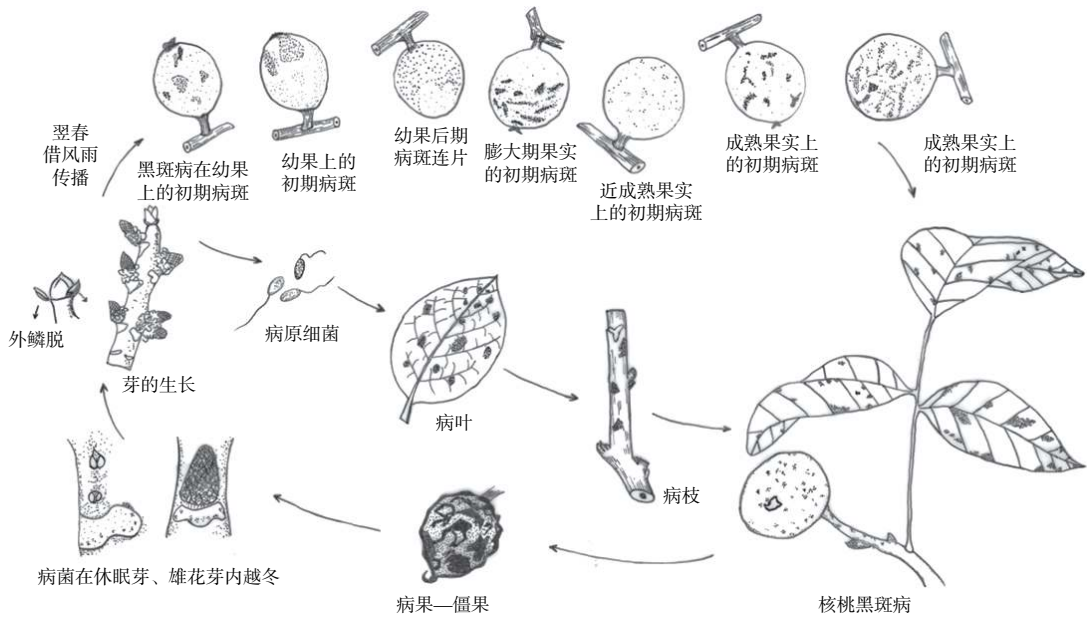


图2 核桃细菌性黑斑病的病害循环

Fig. 2 Disease cycle of walnut bacterial black spot

## 4 防治措施

核桃细菌性黑斑病的防治主要有农业防治和化学防治两种, 农业防治应以种植抗病品种为主<sup>[40]</sup>, 另外在核桃的种植过程中可以和豆科植物套种<sup>[41]</sup>, 改善田间小气候; 合理的种植密度, 保证通风透光度; 加强水肥管理, 增强核桃树势; 清除病枝、病果等, 减少病源; 采收时减少棍棒敲击, 以免造成大伤口, 减少病原菌侵染机会等<sup>[42]</sup>。化学防治主要有预防和防治两方面, 其中预防主要采用波尔多液等<sup>[43]</sup>, 防治主要采用铜制剂、代森类药剂和抗生素类药剂在核桃生长的不同时期进行防治<sup>[16, 44-46]</sup>, 其中赵宝军等人发现施用春雷菌素+代森锰锌的混合药剂, 防治效果为 90.94%, 其次为代森锌, 防治效果为 80.49%, 但农用硫酸链霉素防治效果不佳<sup>[16]</sup>; 郭安柱等人发现中生菌素、噻霉酮、氟啶胺和春雷菌素对成团泛菌的防治效果都在 70% 以上<sup>[44]</sup>; 刘宝生等人发现施用农用硫酸链霉素+乙蒜素的混合药剂, 防治效果为 100%, 中生菌素、四霉素和农用硫酸链霉素的防治效果都在 95% 以上<sup>[45]</sup>; 孙阳发现农用硫酸链霉素、可杀得 3000、代森锰锌、春雷王铜和吡虫啉混合施用, 防治效果可以显著提高<sup>[46]</sup>; 陈邦清等人发现可以灭杀真菌和细菌的氟硅唑和农用硫酸链霉素的防治效果高于多菌灵和可杀得 3000, 与毒死蜱混合施用的防治效果高于单一施用<sup>[47]</sup>。因此, 在对核桃细菌性黑斑病

进行防治时, 化学药剂应施用铜制剂+代森类、抗生素类+代森类等类型的混合药剂, 还要进行病虫害的综合防治, 以达到最大的防治效果<sup>[47-48]</sup>。

## 5 展望

### 5.1 核桃细菌性黑斑病菌的致病因子及分泌蛋白研究是未来的研究热点

近些年, 学术界对植物病原真菌、卵菌等真核生物分泌蛋白的预测较多, 而对属于植物病原细菌特别经济林木上的植物病原细菌研究较少<sup>[49]</sup>。本研究小组明确核桃细菌性黑斑病菌 *Xanthomonas arboricola* pv. *Juglandis* 的 7 个菌株<sup>[50-51]</sup> 中分泌蛋白数量仅占全蛋白数量的 1.81%。不仅与前人所报道的有关植物病原真菌、细菌、卵菌分泌蛋白所占比例存在明显差异, 也与放线菌中分泌蛋白所占比例存在明显差异<sup>[52]</sup>。分泌蛋白可以作为效应物参与病原菌的侵染过程, 其中碳水化合物活性酶类 (CAZymes) 是分泌蛋白的重要类型, 在碳水化合物的降解过程中发挥着重要作用, 参与植物细胞壁的降解, 在病原菌的侵染过程中发挥着重要作用。今后深入解析核桃细菌性黑斑病菌中分泌蛋白的功能及其致病机理, 将有助于更好地开发针对其致病基因或蛋白的作用靶标的药剂, 更好地实现对核桃细菌性黑斑病的有效防控, 有助于进一步促进核桃产业健康、有序、快速发展。

## 5.2 核桃细菌性黑斑病菌的致病机制和寄主植物的抗病机制及其互作机制研究是未来的研究难点

近些年,引起核桃细菌性黑斑病菌的报道主要涉及 *X. arboricola*、*X. campestris*, 笔者在美国国立卫生院 (NCBI) 数据库中进行病菌拉丁文搜索, 获到 *X. arboricola* 和 *X. campestris* 相关报道的多个菌株的全基因组序列, 由此推断上述病原菌对于植物的危害在世界各地表现较为突出。因此, 学术上急需明确有关植物病原菌的致病机制, 从而更好地实现对于该病害的防治。同时, 国外学者利用多位点可变数目串联重复序列分析方法 (Multiple Locus Variable-number tandem repeat Analysis, MLVA) 进一步开展了核桃细菌性黑斑病菌的致病变种间的遗传关系研究<sup>[53]</sup>, 然而, 对于 *X. arboricola* 和 *X. campestris* 之间的遗传关系尚不清楚。此外, 就不同区域上述植物病原菌之间的遗传关系也不清楚, 以及植物病原菌与寄主植物的抗病机制以及互作机制也不清楚, 均有待于今后学术界对其开展更加深入的研究。

## 5.3 核桃细菌性黑斑病的早期检测预警及全程绿色防控技术研究是未来的研究重点

核桃细菌性黑斑病目前国内尚未见相关预测预报模型的报道。2000年, 美国针对细菌性黑斑病的发生发展, 开展了预测预报模型的构建工作, 商业上称为 Xanthocast TM, 现已广泛应用于美国核桃生产和科学研究中。因此, 开展核桃细菌性黑斑病早期快速检测预警技术是病害科学防治的重点, 目前核桃细菌性黑斑病的诊断判定一般是依据田间症状和病原菌的培养特征。通过培养基培养后进行镜检<sup>[29]</sup>, 辅以分子检测技术, 提高核桃细菌性黑斑病诊断的准确性及效率, 但耗时较长。国外采用一种微流控免疫传感器, 将检测样本中氨基苯基磷酸酯通过碱性磷酸酶转化为对氨基苯酚, 利用酶产物产生的电流大小与病原菌成正比来实现对于病原菌的检测<sup>[54]</sup>。实时荧光定量 PCR 是一种普遍的植物病原菌检测方法, 其实用性、可靠性较高, 该技术可用于未来核桃细菌性黑斑菌的检测工作中。在病害防治方面, 应针对核桃产区环境条件、品种特性、栽培管理方式等存在的差异, 制定适宜的科学防治方法, 在药剂选用上, 应逐步减少化学药剂的大量使用, 采用生物防治、无公害技术等绿色防控方法。

## 参考文献:

- [1] 魏常燕, 张雪梅, 齐国辉, 等. 不同时期拉枝刻芽对‘绿岭’核桃萌芽成枝和内源激素含量的影响[J]. 林业科学, 2013, 49 (6): 167-171.
- [2] 余红红, 李 娅, 廖灵芝. 云南省核桃产业发展策略研究[J]. 林业经济问题, 2019, 39 (4): 427-434.
- [3] 韩长志, 霍 超. 核桃炭疽病生物防治菌株YB-4-15的筛选和鉴定[J]. 经济林研究, 2016, 34 (1): 83-89.
- [4] 韩长志, 霍 超. 核桃炭疽病生防菌yb33的鉴定及其次生代谢物特性分析[J]. 经济林研究, 2015, 33 (3): 63-67, 74.
- [5] 赵春莉, 王英宏, 王善振, 等. 洛南县核桃黑斑病危害调查及防治试验[J]. 陕西农业科学, 2002, (3): 41-42, 49.
- [6] 柳荣军. 核桃细菌性黑斑病的发生及综合防治技术[J]. 农村实用技术, 2010, (8): 49.
- [7] 范 昆, 付 丽, 武海斌, 等. 山东省核桃细菌性黑斑病发生及危害情况调查[J]. 落叶果树, 2020, 52 (3): 42-44.
- [8] Moragrega C, Matias J, Aletà N, et al. Apical necrosis and premature drop of persian (English) walnut fruit caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* [J]. Plant Disease, 2011, 95(12): 1565-1570.
- [9] Belisario A, Maccaroni M, Corazza L, et al. Occurrence and etiology of brown apical necrosis on persian (English) walnut fruit [J]. Plant Disease, 2002, 86(6): 599-602.
- [10] 王 勇, 刘 强, 程 杰, 等. 核桃细菌性黑斑病的发生与防治[J]. 现代农村科技, 2020, (1): 34.
- [11] 张 杰. 核桃细菌性黑斑病的发病规律及防治措施[J]. 果树实用技术与信息, 2020, (2): 37-38.
- [12] 朱学亮, 王兆品, 傅晓聪, 等. 2017年济南市南部山区核桃黑斑病大面积发生的调查与思考[J]. 山西果树, 2018, (4): 30-32.
- [13] 宫永红. 核桃细菌性黑斑病研究进展[J]. 北方果树, 2012, (6): 1-4.
- [14] 于秋香, 李 扬, 刘 勇, 等. 核桃细菌性黑斑病发病规律及防治措施[J]. 河北果树, 2017, (4): 27.
- [15] 赵本忠. 核桃细菌性黑斑病无公害防治技术研究[J]. 林业调查规划, 2008, 33 (3): 98-100.
- [16] 赵宝军, 刘 枫. 不同药剂(组合)对核桃细菌性黑斑病田间防治试验[J]. 中国果树, 2017, (4): 50-52.
- [17] 王琳莹. 石棉县核桃黑斑病与炭疽病病原鉴定及其防治技术研究[D]. 雅安, 四川农业大学, 2015.
- [18] 曲文文, 杨克强, 刘会香, 等. 山东省核桃主要病害及其综合防治[J]. 植物保护, 2011, 37 (2): 136-140.
- [19] Romero-Suarez S, Jordan B, Heinemann J A. Isolation and characterization of bacteriophages infecting *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*, the causal agent of walnut blight disease [J]. World journal of microbiology & biotechnology, 2012, 28(5): 1917-1927.
- [20] Solar Anita, Colarič Mateja, Usenik Valentina, et al. Seasonal variations of selected flavonoids, phenolic acids and quinones in annual shoots of common walnut (*Juglans regia* L.) [J]. Plant Science, 2006, 170(3): 453-461.
- [21] 张 慧, 乔 旭, 王云霞, 等. 陇南市核桃细菌性黑斑病的发生与防

- 治[J]. 现代农业科技, 2012, (14): 118.
- [22] 肖波, 卢世栋, 杨斌, 等. 云南核桃细菌性黑斑病原菌的分离与鉴定[J]. 贵州农业科学, 2017, 45 (12): 55-58+63.
- [23] Kim Hyun-Sun, Lee Dong-Hyeon, Lee Sun Keun, *et al.* First report of walnut blight canker on walnut tree (*Juglans regia*) by *Pseudomonas fluorescens* in South Korea[J]. Journal of Plant Pathology, 2020, 102(3): 943-943.
- [24] 和春元, 蔡灿, 李祥康. 核桃细菌性黑斑病的发生与防治[J]. 云南农业科技, 2008, (4): 49-50.
- [25] 牛亚胜. 天水市核桃病虫害发生种类及综合防治技术[J]. 甘肃农业科技, 2005, (8): 64-65.
- [26] 周应书. 毕节地区核桃细菌性黑斑病的适宜模糊评判及分区[J]. 森林病虫害通讯, 1986, (4): 20-21.
- [27] 陈善义, 陶万强, 王合, 等. 北京地区核桃黑斑病原菌的分离、致病性测定和16S rDNA序列分析[J]. 果树学报, 2011, 28 (3): 469-473+549.
- [28] 王瀚, 卓平清, 王让军, 等. 甘肃陇南核桃黑斑病原菌的分离鉴定及其致病性研究[J]. 中国果树, 2018, (4): 69-71.
- [29] 张永强, 朱惠英, 冯强, 等. 核桃黑斑病原研究与防治试验初报[J]. 甘肃林业科技, 2004, (2): 41-42.
- [30] 曲文文. 山东省核桃(*Juglans regia*)主要病害病原鉴定[D]. 泰安, 山东农业大学, 2011.
- [31] 王瀚, 王让军, 田凤鸣, 等. 陇南核桃致病性成团泛菌的分离鉴定及其致病性研究[J]. 福建农业学报, 2016, 31 (10): 1086-1090.
- [32] 宋加录, 张玉芹. 天水核桃常见病害的防治[J]. 中国林副特产, 2005, (3): 57-58.
- [33] 蔡连恩, 秦天琳. 核桃细菌性黑斑病发生及防治[J]. 甘肃农业科技, 2006, (1): 49-50.
- [34] 李晓阳, 刘亚东. 辽西地区核桃黑斑病的发生与防治[J]. 中国林副特产, 2006, (1): 18-19.
- [35] Lindow S, Olson W, Buchner R. Colonization of dormant walnut buds by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* is predictive of subsequent disease[J]. Phytopathology, 2014, 104(11): 1163-1174.
- [36] 付燕燕. 核桃细菌性黑斑病发生规律及防治措施[J]. 河北果树, 2016, (4): 51.
- [37] 杨怀斌, 朱晓霞. 核桃黑斑病综合防控措施[J]. 西北园艺(果树), 2012, (2): 32-33.
- [38] 石进昌, 马玉林. 不同核桃品种对核桃细菌性黑斑病的抗性调查[J]. 中国园艺文摘, 2017, 33 (2): 66+176.
- [39] 段雯蓓, 王三省. 千阳县鲜食核桃主要病虫害综合防治技术[J]. 陕西林业科技, 2019, 47 (3): 116-118.
- [40] 譙天敏, 王丽, 朱天辉. 核桃细菌性黑斑病杀菌剂筛选及药效研究[J]. 植物保护, 2020, 46 (4): 258-263, 269.
- [41] 杜春花, 袁瑞玲, 王艺璇, 等. 利用豆科植物控制核桃细菌性黑斑病的方法[J]. 林业科技通讯, 2016, (9): 44-47.
- [42] Lamichhane J R. *Xanthomonas arboricola* diseases of stone fruit, almond, and walnut trees: progress toward understanding and management[J]. Plant Disease, 2014, 98(12): 1600-1610.
- [43] Ninot A, Aletà N, Moragrega C, *et al.* Evaluation of a reduced copper spraying program to control bacterial blight of walnut[J]. Plant Disease, 2002, 86(6): 583-587.
- [44] 郭安柱, 张力元, 李岩, 等. 防治核桃黑斑病药剂筛选及田间药效试验[J]. 西北林学院学报, 2020, 35 (1): 177-182.
- [45] 刘宝生, 白鹏华, 冯友仁, 等. 几种生物药剂对核桃黑斑病的田间防效试验[J]. 中国果树, 2017, (1): 56-57.
- [46] 孙阳. 核桃细菌性黑斑病田间药效试验[J]. 北方果树, 2016, (3): 18-19.
- [47] 陈邦清, 王黎明, 易尚源, 等. 核桃黑斑病原菌田间防控研究[J]. 绿色科技, 2020, (3): 116-117.
- [48] 赵玉梅, 王瑞金, 王鹏, 等. 核桃黑斑病原菌及防治研究进展[J]. 山东林业科技, 2019, 49 (3): 111-114.
- [49] 韩长志, 许僖. 植物病原丝状真菌分泌蛋白及CAZymes的研究进展[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2017, 41 (5): 152-160.
- [50] Higuera G, González-Escalona N, Véliz C, *et al.* Draft genome sequences of four *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* strains associated with walnut blight in Chile[J]. Genome Announcements, 2015, 3(5): e01160-01115.
- [51] Fu B, Chen Q, Wei M, *et al.* *Xanthomonas arboricola* complete genome sequence of pv. *juglandis* strain DW3F3, isolated from a L. bacterial blighted fruitlet[J]. Genome Announcements, 2018, 6(8): e00023-00018.
- [52] 吕伟强, 刘聪, 黄丽丽, 等. 内生菌KM-1-2全基因组ORFs信号肽和分泌蛋白预测及功能分析[J]. 微生物学报, 2017, 57 (3): 411-421.
- [53] Cesbron S, Pothier J, Gironde S, *et al.* Development of multilocus variable-number tandem repeat analysis (MLVA) for *Xanthomonas arboricola* pathovars[J]. Journal of microbiological methods, 2014, 100: 84-90.
- [54] Regiart M, Rinaldi-Tosi M, Aranda P R, *et al.* Development of a nanostructured immunosensor for early and in situ detection of *Xanthomonas arboricola* in agricultural food production[J]. Talanta, 2017, 175: 535-541.

## Advances in Research of Walnut Blight

HAN Chang-zhi<sup>1,2</sup>, ZHU You-peng<sup>1</sup>, WANG Yun-qing<sup>1</sup>

(1. College of Biodiversity Conservation and Utilization, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. The Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

**Abstract:** [Objective] To study symptoms, pathogens and control measures of walnut bacterial black spot, and make clear the hot spots, difficulties and key points in future's research about walnut bacterial black spot. [Method] Based on bibliometrics, the authors analyzed the literatures about walnut bacterial black spot in domestic and foreign literature databases. [Result] Previous studies mainly focused on the harmful symptoms, disease cycle and control methods of the disease, while lacked the research on the molecular biology of this pathogen, such as protein secretion, pathogenic mechanism and interaction mechanism, as well as routine research reports such as early rapid detection and green prevention and control. [Conclusion] The pathogen of walnut bacterial black spot is *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*, and the damage degree of walnut bacterial black spot is greatly affected by environmental humidity. Therefore, the key period of prevention and control is the initial infection period of walnut, such as leaf spreading period and flowering period, and the mixed agents of copper preparation, antibiotics and pesticides should be the main selection for prevention and control. In addition, attention should be paid to the study of pathogenic factors and pathogenic mechanism of walnut bacterial black spot in the future

**Keywords:** Walnut; bacterial black spot disease; research status; future tendency

(责任编辑: 崔 贝)