

基于 Web of science 文献计量分析的蒂腐病研究进展

程新年^{1#}, 林艳坤¹, 冯 顺¹, 安烁宇², 李新国^{1,2*}

(1. 海南大学 热带农林学院, 海南 海口 570228 中国; 2. 海南省澄迈县蜜柚研究所, 海南 澄迈 571900 中国)

摘要: 为了解目前蒂腐病研究热点和趋势, 利用文献计量学方法, 通过 CiteSpace 软件分析 2009—2024 年间 Web of Science 核心数据库中收录的 367 篇蒂腐病相关文献, 研究蒂腐病领域的力量分布、知识基础、研究热点及前沿趋势等。结果表明, 蒂腐病研究文献数量呈上升趋势, 中国、美国和巴西发文量较多, 国家之间的合作也较多。美国农业部是该领域顶尖的研究机构, 中国领先机构为海南大学。研究机构间合作紧密, 但中国机构在国际合作和学术影响力方面有待提升。蒂腐病研究领域发文量较高作者有 Alkan Noam、Bai Jinhe 等。通过关键词共现及突发性检测分析发现, 目前蒂腐病研究热点包括病原菌鉴定、抗性及基因组研究。未来研究应加强跨学科合作, 深入探讨蒂腐病的病理机制及防治策略, 为作物健康生长提供保障。

关键词: 蒂腐病; 文献计量学; CiteSpace; 可视化分析

中图分类号: S432.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674–7054(2026)04–0673–11

程新年, 林艳坤, 冯顺, 等. 基于 Web of science 文献计量分析的蒂腐病研究进展[J]. 热带生物学报 (中英文), 2026, 17(4): 673–683. DOI: [10.15886/j.cnki.rdswwb.20250071](https://doi.org/10.15886/j.cnki.rdswwb.20250071) CSTR: [32425.14.j.cnki.rdswwb.20250071](https://cstr.cn/32425.14/j.cnki.rdswwb.20250071)



近年来, 人们对成熟和即食水果的需求不断上升, 但随着果实的成熟, 易受到各种采后病害的侵害。蒂腐病(stem end rot)是一种在果实采后阶段对果实造成严重损失的毁灭性病害, 它发生在各种水果尤其是热带和亚热带水果中, 如芒果(*Mangifera indica*)、鳄梨(*Persea americana*)、柑橘(*Citrus reticulata*)、杨桃(*Averrhoa carambola*)、山竹(*Garcinia mangostana*)等^[1–2]。蒂腐病最初发生在果实与茎连接处, 即果柄区域, 表现为深棕色至黑色的微小斑点, 这些斑点迅速扩散, 侵袭果肉组织, 进而引发大范围的组织腐烂, 病变通常进展迅速, 受影响的区域逐步发展成为较大且凹陷的病斑, 病斑可覆盖果实的大部分面积, 导致果实不再适用于食用和商业销售^[3]。蒂腐病病原体普遍存在于植物的不同部位, 包括活枝、死枝、叶片以及活果柄^[4–5], 并在特定条件下可存在于土壤中^[6]。在湿度较高的环境下, 病原体生成接种体, 其传播途径主要包括雨滴飞溅、风力作用及果实收获时枝条的摇动^[5]。虽然部分感染是由收获后显现的

内生性定殖引起^[6], 但多数蒂腐病感染发生在收获过程中, 切割工具可能将附着在果柄表面的孢子散布^[7–8]。蒂腐病以其造成的损害程度严重和发生频率高而著称, 它不仅影响果实的外观和品质, 还大大缩短了果实的保鲜期, 是果品产业中的重要病害之一^[9]。蒂腐病的防治一直是全球农业面临的难题, 传统的防控方式主要依赖化学和生物手段等。但化学杀菌剂的使用会导致一系列问题的发生, 如生态环境破坏、水资源污染、土壤有益微生物减少等。为避免环境污染等问题, 环保且可持续的防治措施已被广泛采用, 主要包括轮作、土壤暴晒处理、抗病品种选育及生物制剂使用等方法^[10–12]。

蒂腐病具有较高的损害程度和发生频率, 一直是植物病害研究的核心议题, 涵盖植物病理学、生理生态学、园艺学和分子生物学等多个学科。但目前的研究报道相对分散, 缺乏对蒂腐病全面系统的梳理和趋势分析^[13–15]。文献计量学作为一种科学化的文献定量分析方法, 通过分析某研究

领域内文献关键词出现的频次及相互关系,揭示该研究领域的研究现状、热点及趋势,同时基于大量数据及实证研究经验,进行系统化归纳,推进原有研究理论的发展^[16-18],如利用文献计量法分析根腐病的研究现状和演化方向^[19]。Web of Science 作为全球重要的文献检索数据库,汇集了最具影响力的国际研究成果^[20],已在许多研究中作为文献计量分析的数据源^[21-23]。随着在线数据库的快速发展和文献计量学的兴起,蒂腐病相关文献的数字化及总结性分析逐渐受到关注,但目前尚未见有相关的系统性总结报道。本研究以近 16 年 Web of Science 核心数据库收录的蒂腐病相关研究论文为数据源,分析蒂腐病研究的力量分布等,并选择信息可视化软件 CiteSpace 为分析工具,显示蒂腐病研究领域的发展进程与结构关系,对蒂腐病领域的知识基础、研究热点及前沿趋势等进行定性及定量分析,总结其发展特征与规律,旨在为推进中国蒂腐病的研究与应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 以海南大学所购的 Web of Science 核心合集的科学引文索引数据库 SCIE 为数据源,以“stem-end rot”或“stem end rot”为主题词进行数据检索,检索时间设置为 2009-01-01—2024-12-31,共检索到 367 篇文献。

1.2 方法 CiteSpace 是陈超美教授开发的一款引文分析可视化软件^[24-25]。它将一个研究领域的历史演进过程展现在一个含有引文节点和聚类的知识图谱中,从中可以挖掘出重要节点文献、主要研究机构和团队力量、主题变化规律、研究进展和前沿等^[26-27]。本研究将 Web of Science 核心数据库检索所得 367 篇文献导入 CiteSpace v6.2.6 进行去重整理和格式转换后,对数据分别选取作者、机构、关键词等不同节点类型分析,时间段设为 2009—2024 年,时间切片设为 1,其他参数保持默认,最后点击 go 从而实现数据的可视化。

2 结果与分析

2.1 年发文量和引用频次及期刊分布情况分析

2.1.1 年发文量和引用频次 从图 1 可知,在 2009—2024 年期间蒂腐病相关研究文献数量呈上

升趋势,从 2009 年最低的 9 篇到 2021 年最高的 41 篇,显示出学术界对蒂腐病研究的关注度越来越高。根据发文量的变化趋势,可大致将其分为 2 个阶段:第 1 个阶段为 2009—2018 年,该阶段整体稳步发展,年发文量波动较大;第 2 个阶段为 2019—2024 年,处于快速上升发展阶段,尤其是 2019—2021 年,该阶段文献数量上升趋势明显,说明对蒂腐病研究关注度逐步上升。根据年引用频次变化趋势,2009—2024 年间该领域文献的年引用频次呈现出显著且持续的上升趋势。尽管在 2022 年引用频次出现波动,但并未改变整体的增长态势。综合引用频次和发文量的双重增长趋势,显示出科研界对蒂腐病的研究关注度在此期间经历了持续且稳步的提升。

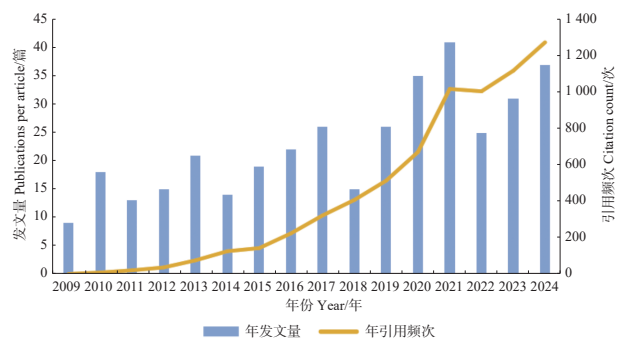


图 1 蒂腐病研究文献年发文量

Fig. 1 Annual publication volume of literature on stem end rot

2.1.2 期刊分布情况 通过对蒂腐病研究领域的载文期刊分析,可以快速获取该领域的权威期刊。从发文量来看,各期刊差异较大。由表 1 可知,发表量前 3 的期刊为 *Plant Disease*(43 篇)、*European Journal of Plant Pathology*(19 篇)和 *Postharvest Biology and Technology*(19 篇)。总被引频次前 3 的期刊为 *Postharvest Biology and Technology*、*Fungal Diversity* 和 *Plant Disease*, 频次都在 480 次以上,分别为 746、496 和 485 次。均篇被引频次前 3 的期刊为 *Fungal Diversity*、*Postharvest Biology and Technology*、*Scientia Horticulturae*, 分别为 99.20、39.26 和 23.88。

2.2 发文国家、机构及作者分析

2.2.1 发文国家 在 Web of Science 数据库中检索到 2009—2024 年发表蒂腐病研究相关论文的国家 59 个。年文献发表数量前 10 的国家详见表 2, 从发文总量看, 发文量前 3 的国家分别是中国(21.25%)、美国(19.07%)、巴西(10.35%), 均遥遥

表 1 2009—2024 年蒂腐病研究发文量前 10 期刊

Tab. 1 Top 10 journals in publication volume of stem end rot research from 2009 to 2024

期刊 Journal	频数 Frequency	总被引频次/次 Total citations per article	均篇被引频次/次 Average citations per article
<i>Plant Disease</i>	43	485	11.28
<i>European Journal of Plant Pathology</i>	19	352	18.53
<i>Postharvest Biology and Technology</i>	19	746	39.26
<i>Acta Horticulturae</i>	13	18	1.38
<i>Crop Protection</i>	13	248	19.08
<i>Phytopathology</i>	11	70	6.36
<i>Horticulturae</i>	8	113	14.13
<i>Scientia Horticulturae</i>	8	191	23.88
<i>Journal of Phytopathology</i>	6	52	8.67
<i>Fungal Diversity</i>	5	496	99.20

领先其他国家。图 2 展示了不同国家之间的合作网络,共 59 个节点和 261 条连接线,表明多个国家的研究者在蒂腐病领域投入大量关注,并且这些国家之间的合作较为密切。由蒂腐病的特性及表 2 可知,对于蒂腐病研究较多的为亚洲,其次为美洲,地理位置主要分布在热带以及亚热带。在年发文量前 10 的国家中介中心性最高的为中国,其次是美国,可见中国和美国不仅在发文量上领先,在质量上也占据龙头地位,为蒂腐病相关研究提供了主要支持。同时发现,意大利、印度、澳大利亚、法国和巴西的中介中心性较高(图 2),说明意大利、印度和巴西在蒂腐病研究中占据中间力量;在这些国家中法国和澳大利亚的发文量极少,但中介中心性极高,由此发现,澳大利亚和法国虽发文量较少,但所发文总体质量较高,关于蒂腐病的研究也占据主导地位。

2.2.2 发文机构 对研究机构进行共现分析能够揭示该领域的主要机构及其合作紧密程度。全球共有 294 个机构从事蒂腐病相关研究,通过 CiteSpace 软件生成研究机构合作网络图,图中包含 294 个节点和 483 条连线,整个网络的密度为 0.011 2(图 3)。从总体来看,全球蒂腐病的研究机构呈现团队合作趋势,大体上分为 4 个研究团体:

表 2 2009—2024 年蒂腐病研究发文量前 10 的国家

Tab. 2 Top 10 countries in publication volume of stem end rot research from 2009 to 2024

国家 Country	中介中心性 Betweenness Centrality	频数 Frequency	占比/% Proportion
中国 China	0.18	78	21.25
美国 USA	0.15	70	19.07
巴西 Brazil	0.09	38	10.35
意大利 Italy	0.10	22	5.99
印度 India	0.12	22	5.99
日本 Japan	0.00	19	5.18
泰国 Thailand	0.02	18	4.90
南非 South Africa	0.00	17	4.63
马来西亚 Malaysia	0.03	15	4.08
巴基斯坦 Pakistan	0.00	15	4.08

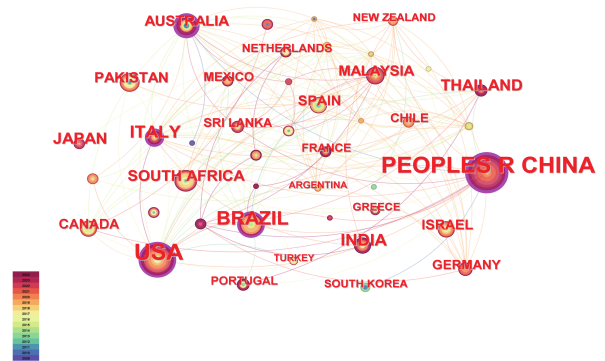


图 2 蒂腐病国家合作网络

Fig. 2 National collaboration network for stem end rot research

注: 图形大小与文献数量成正比, 粉色外圈表示中介中心性, 年轮的颜色代表发表时间, 颜色越深表示发表时间越远。节点的厚度与文献频率呈正相关, 节点之间的连线表示两者之间的共现或共被引关系。下同。

Note: The size of the shape is directly related to the number of publications, while the outer pink circle indicates the brokerage centrality. The color of the year rings represents the publication time, with darker colors indicating a more distant publication time. The thickness is positively correlated with the publication frequency. The lines connecting the nodes illustrate the co-occurrence or co-citation relationships between them. Similarly hereinafter.

一是以意大利国家研究委员会和西班牙高等科学研究委员会为主的协作团体; 二是以巴西农业研究所和巴西伯南布哥联邦农村大学为主的协作团体; 三是以海南大学、中华人民共和国农业农村部、华中农业大学和贵州大学为主的协作团体; 四是以美国农业部、美国佛罗里达州立大学和沃尔卡尼农业研究所为主的协作团体。通过分析发

现,以海南大学、中华人民共和国农业农村部、华中农业大学和贵州大学为主的科研协作团体彼此之间联系紧密,存在较多的合作,但仅仅与意大利国家研究委员会和西班牙高等科学研究委员会为主的协作团体存在部分合作关系,而其他 3 个团体不仅在团体内部之间紧密联系,在团体之间也存在着诸多的合作。

从表 3 可知,在排名前 10 的研究机构中,美国、中国分别占据 4 席和 2 席,在这些研究机构中美国的发文量远高于中国机构,但在中介中心性上两者相当,说明在蒂腐病相关研究中,中国和美国都占据主要地位。同时发现其他国家排名前 10 的机构较少,但不乏研究能力较强的机构,从中介中心性上看巴西的伯南布哥联邦农村大学和意大利的意大利国家研究委员会有较强的研究能力。此外,海南大学在协作团体中与其他机构联系紧密,蒂腐病相关研究发文量上排名第 2,但它的中介中心性仅为 0.02,说明论文整体质量较其他机构有一定的差距。从发文量上看,美国农业部是蒂腐病研究的重点大型机构,占据主要优势。

2.2.3 发文作者 通过作者共现分析可以对某领域的关键作者群体、合作密切度及相互引文关系进行直观展示^[28],利用 CiteSpace 进行作者合作网络分析,得到作者合作知识图谱(图 4),共有 413 个节点,542 条连线,代表 413 位科研人员关注蒂腐病研究,彼此间进行了 542 次合作。从图 4

可知,Alkan Noam、Yang Ye、Zhang Jiuxu、和 Feygenberg Oleg 等在网络图谱中非常突出,代表他们对这一研究领域的广泛参与和贡献;蒂腐病研究作者合作紧密,在不同时期形成了以 Alkan Noam 和 Feygenberg Oleg、Liang Xiaoyu 和 Zhang Jiuxu、Aiello Dalia 等作者为中心的研究团队,3 人分别就职于美国农业部、以色列沃尔卡尼农业研究所和意大利国家研究委员会,与前面发文量较高的机构相符。从表 4 的数据分析结果可知,中国研究者在蒂腐病领域发文量前 10 作者中仅一位,同时在作者网络图谱中,中国学者的联系也较为稀疏。这表明中国在蒂腐病研究领域的国际影响力有待提升,需要进一步加强该领域的研究力量和国际交流合作。

2.3 蒂腐病研究热点及关键词分析

2.3.1 研究领域 通过 CiteSpace 分析学科合作网络,得到学科合作知识图谱(图 5),图谱共 39 个节点,71 条连线,截至目前,蒂腐病领域共有 39 个研究类别,其中排名前 3 的研究类别为植物学(154 篇)、农学(90 篇)、园艺学(84 篇),分别占比 41.96%、24.52%、22.89%,合计占比达到 89.37%,涵盖蒂腐病研究的主要领域。同时,化学、食品科学技术、微生物学、真菌学、生物技术及应用微生物学等其他学科领域也有所涉及,显示蒂腐病的研究范围广泛,且促进各学科之间的交叉合作。因此,跨学科的综合研究有可能成为未来研究的

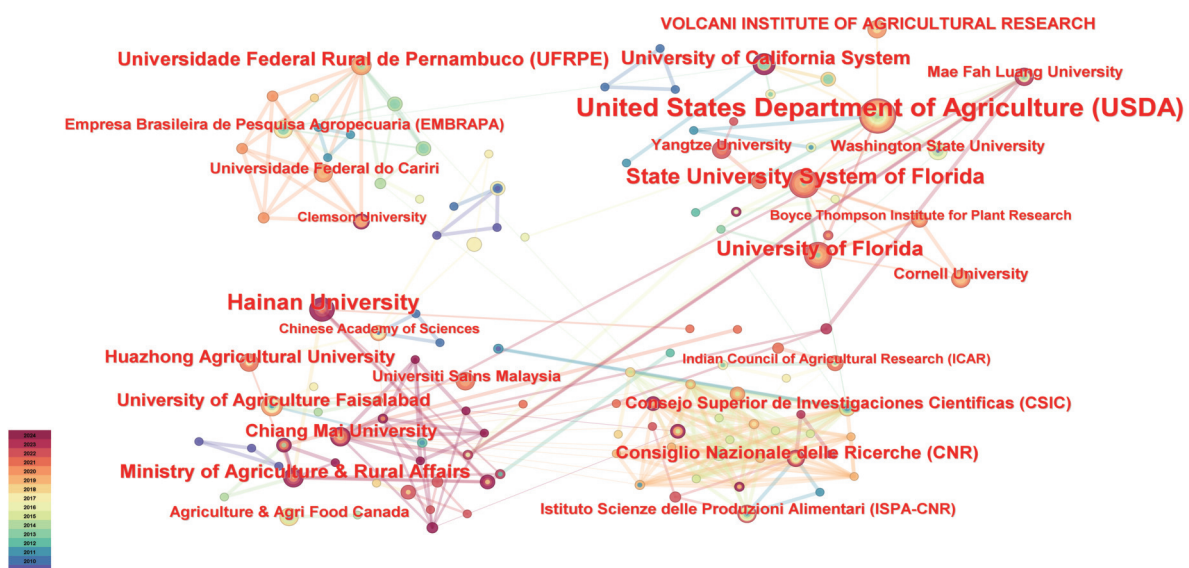


图 3 蒂腐病机构合作网络

Fig. 3 Collaboration network of institutions for stem end rot research

表 3 2009—2024 年蒂腐病研究发文量前 10 的机构

Tab. 3 Top 10 institutions for publishing research papers on stem end rot from 2009 to 2024

机构 nstitution	国家 Country	频数 Frequency	中介中心性 Betweenness Centrality
美国农业部 United States Department of Agriculture	美国 USA	22	0.06
海南大学 Hainan University	中国 China	13	0.02
佛罗里达州立大学 State University System of Florida	美国 USA	12	0.03
佛罗里达大学 University of Florida	美国 USA	11	0.03
伯南布哥联邦农村大学 Universidade Federal Rural de Pernambuco	巴西 Brazil	9	0.05
中华人民共和国农业农村部 Ministry of Agriculture & Rural Affairs	中国 China	9	0.04
加利福尼亚大学系统 University of California System	美国 USA	8	0.02
沃尔卡尼农业研究所 Vol cani Institute of agricultural research	以色列 Israel	8	0.01
费萨拉巴德农业大学 University of Agriculture Faisalabad	巴基斯坦 Pakistan	8	0.00
意大利国家研究委员会 Consiglio Nazionale delle Ricerche	意大利 Italy	7	0.03

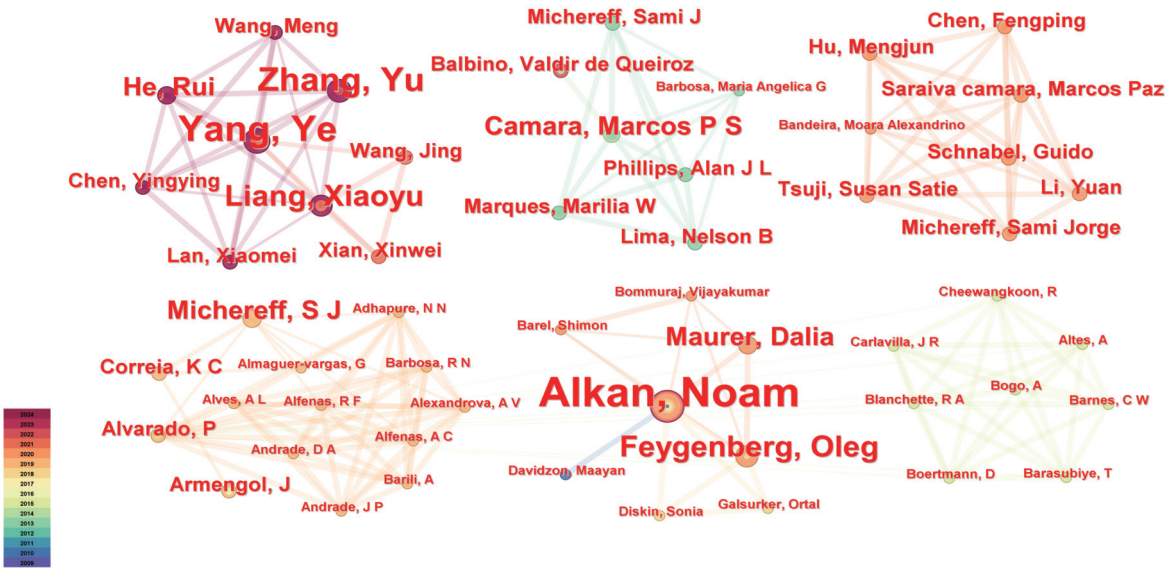


图 4 蒂腐病作者合作网络
Fig. 4 Author collaboration network for stem end rot research

重点突破方向。

2.3.2 关键词共现及聚类研究 关键词是文章内容的精炼表达,能够高度概括文章的核心观点和主题思想^[29]。为深入探讨蒂腐病研究热点,利用 CiteSpace 来识别高频关键词及其中心性。从表 5 中可以看到,排名前 5 的高频关键词依次为蒂腐病、首次报道、引物组、鉴定、抗性,揭示蒂腐病研究的热点主要聚焦于病害的首次发现及病原菌的识别与分类、病原菌对环境压力的抗性研究。

对关键词进行适当的聚类,生成关键词聚类图(图 6)。聚类的大小反映相关研究的数量,聚类

越大,相关研究越多,与其他关键词的关联也较为紧密,研究深度更大,具有更强的科学性和说服力;相反,聚类较小则表示研究较少,与其他关键词的联系较弱,表明这些领域值得进一步探索。经过分析,共识别出 381 个节点,形成了 1 660 条连接线,网络的总体密度为 0.022 9。图谱的模块度(Q 值)为 0.516 4,平均轮廓系数(S 值)为 0.813 6,均高于相应的阈值 0.3 和 0.5,表明结果具有较高的可信度^[14],聚类具有显著性和可信度。整体而言,关键词的网络较为紧凑,节点间的连接表示关键词之间的关系,连接线的粗细反映了关键词之

表 4 2009—2024 年蒂腐病研究发文量前 10 的作者

Tab. 4 Top 10 authors in terms of publication volume on stem end rot research from 2009 to 2024

作者 Author	国家 Country	频数 Frequency
Alkan Noam	以色列 Israel	9
Bai Jinhe	美国 USA	6
Yang Ye	中国 China	6
Zhang Jiuxu	美国 USA	5
Zhuang Yu	以色列 Israel	5
Aiello Dalia	意大利 Italy	5
Feygenberg Oleg	以色列 Israel	4
Adikaram N K B	斯里兰卡 Sir Lanka	4
Sivakumar Dharini	南非 South Africa	4
Amin Muhammad	巴基斯坦 Pakistan	4

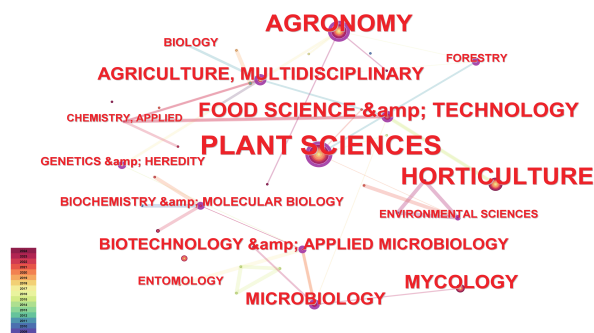


图 5 蒂腐病学科领域共现图谱

Fig. 5 Co-occurrence map of the subject areas related to stem end rot

表 5 蒂腐病研究文献关键词前 5 频数

Tab. 5 Top 5 keywords by frequency in stem end rot research literature

名称 Designation	频数/篇 Frequency	中介中心性 Betweenness Centrality	首次发表年份 Initial year
蒂腐病 Stem end rot	94	0.27	2011
首次报道 1st report	51	0.13	2012
引物组 Primer sets	30	0.01	2017
鉴定 Identification	27	0.15	2009
抗性 Resistance	26	0.18	2010

间关系的强度。其中#0 phylogeny(系统发育)聚焦于对蒂腐病病原体多样性和宿主范围的研究^[30–31]; #1 biological control(生物防治)涉及蒂腐病生物防治策略及其在采后病害管理中应用的研究^[2]; #2

tomato(番茄)是关于番茄蒂腐病的影响及其发生机制的研究^[32]; #3 marine-derived fungi(海洋来源的真菌)探讨海洋来源的真菌如何引起植物病害及其抗病性提升与果实品质优化的研究^[33]; #4 rlm-5 race(RLM-5 RACE 技术)则关于利用 RLM-5 RACE 技术揭示蒂腐病病原真菌多样性及其对杀菌剂抗性机制的研究^[34]。

2.3.3 关键词时间线及时区线分析 分析关键词共现聚类图中的 10 个聚类, 构建关键词时间线(图 7)。时间线有助于更清晰地理解该研究领域的演变与发展。其中, #0 系统发育、#3 海洋来源的真菌和#4 RLM-5 RACE 技术 3 个关键词的研究跨越时间较长, 属于持续研究的方向。从关键词时间线图中看出, #0 和#1 的发表量较大, 且与其他关键词的关联研究较多; 而#4 尽管时间跨度较长, 但关键词数量较少, 出现频率较低, 且与其他关键词的联系较少, 未能形成一个较为完善的研究体系。应加强关于腐病病原真菌多样性及其对杀菌剂抗性机制的研究。从图 7 中可以观察到, 随着时间的推移, 研究的重点逐渐转向对蒂腐病病原菌的鉴定、病原菌的致病性机制探究, 以及蒂腐病病原菌对杀菌剂的抗性研究。

通过关键词共现图构建关键词时区图(图 8), 可以展示不同时间段内各关键词的变化趋势和频次。通过分析时区图, 可以将蒂腐病研究领域的热点词分为 2 个发展阶段: 2009—2014 年为初期研究阶段, 这一阶段包含了多个关键词, 其中“蒂腐病”是研究最为集中的词汇, 此外, “首次报道”“鉴定”“抗性”“品质”等词频较高也出现在这一时期; 2015 年至今为近年来的研究方向, 主要涉及“引物组”“基因”“致病性”等关键词。据此可见, 研究者对于蒂腐病的研究主要从研究蒂腐病本身的特性、不同宿主物种中蒂腐病的发生情况及果实采后品质的研究, 转变到关于蒂腐病致病机制以及蒂腐病致病因子的研究。

2.3.4 关键词突现分析 突现词指频次出现增长快速的科学计量学术语, 由于突现词的词频时间分布和动态变化特性, 能准确地揭示与反映研究前沿领域^[35]。图 9 展示了排名前 20 的突现关键词, 图谱中的 Keywords、Year、Strength、Begin 和 End 分别代表关键词、首次出现的年份、突现强度、关键词作为前沿的起始年份和结束年份。结

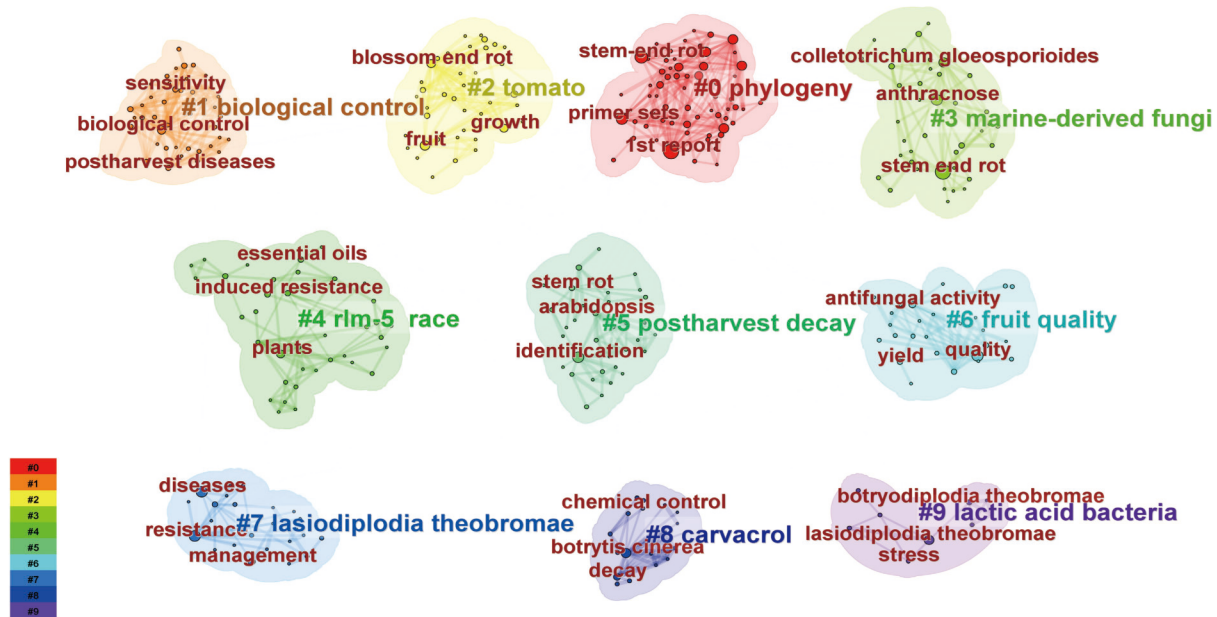


图 6 蒂腐病文献关键词聚类图谱

Fig. 6 Keyword cluster map in the literature on stem end rot research.

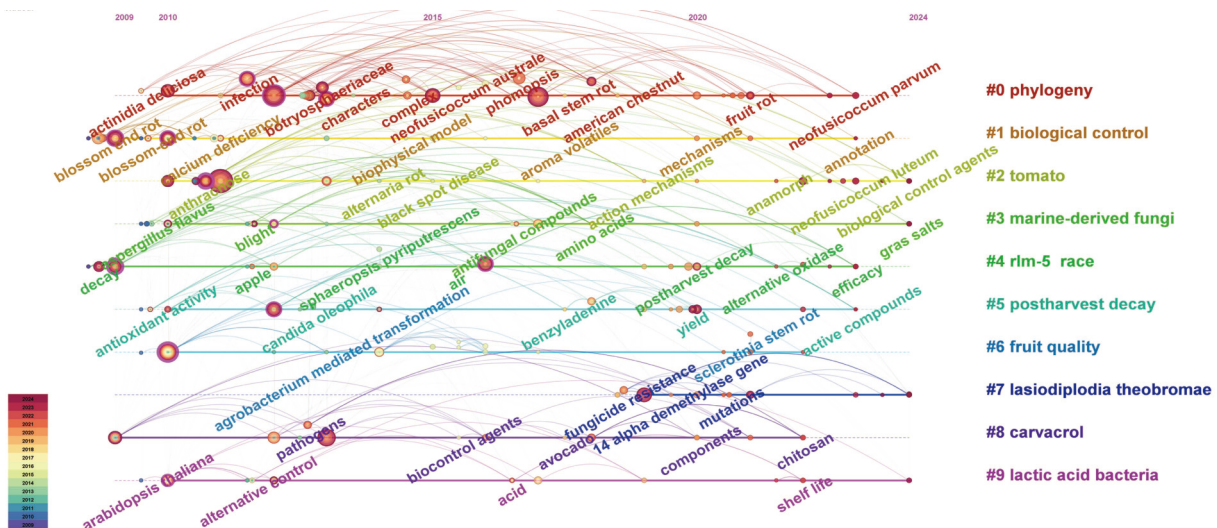


图 7 蒂腐病文献关键词时间线图

Fig. 7 Timeline map of keywords in stem end rot research literature

果表明,排名前 20 的突现关键词首次出现的时间各不相同,同时随着时间的进程,这些关键词的关注强度和持续时间也表现出不同的变化趋势。图谱显示,在过去的 20 年里,突现词的分布呈现出一定的分散性,然而,在每个时期,都存在一些突现的关键词,这些关键词反映了该时期的研究热点。在前 20 个突发性关键词中,有 18 个与研究对象及其品质的影响因素相关,且这些关键词的突现强度较高。这表明,蒂腐病作为一种广泛影响的病害,与作物的品质密切相关,因此,蒂腐病对作物品质的影响一直是研究的热点问题。具有最大凸显强度的关键词是“*arabidopsis*(拟南芥)”,

虽然它首次出现的年份较晚,但对它的关注度最为突显,达到了 5.19,特别是在 2014—2017 年,即蒂腐病的研究对象主要集中在模式植物拟南芥;在 2011—2017 年,“calcium deficiency(钙缺失)”在相关研究领域中呈现出显著的突显性,其突现强度为 2.08,同时在前 20 的突现词中还包含“calcium(钙)”。这 2 个术语首次出现在 2011 年和 2017 年,并且在此后的 8 年间持续作为研究前沿,显示了学术界对于钙作为第二信使传递外界信号以诱导并激活植物的免疫系统提高抗病能力的高度关注和持续兴趣^[36]。这种长期的关注表明,在 2011—2019 年,科学界对于理解蒂腐病的病理

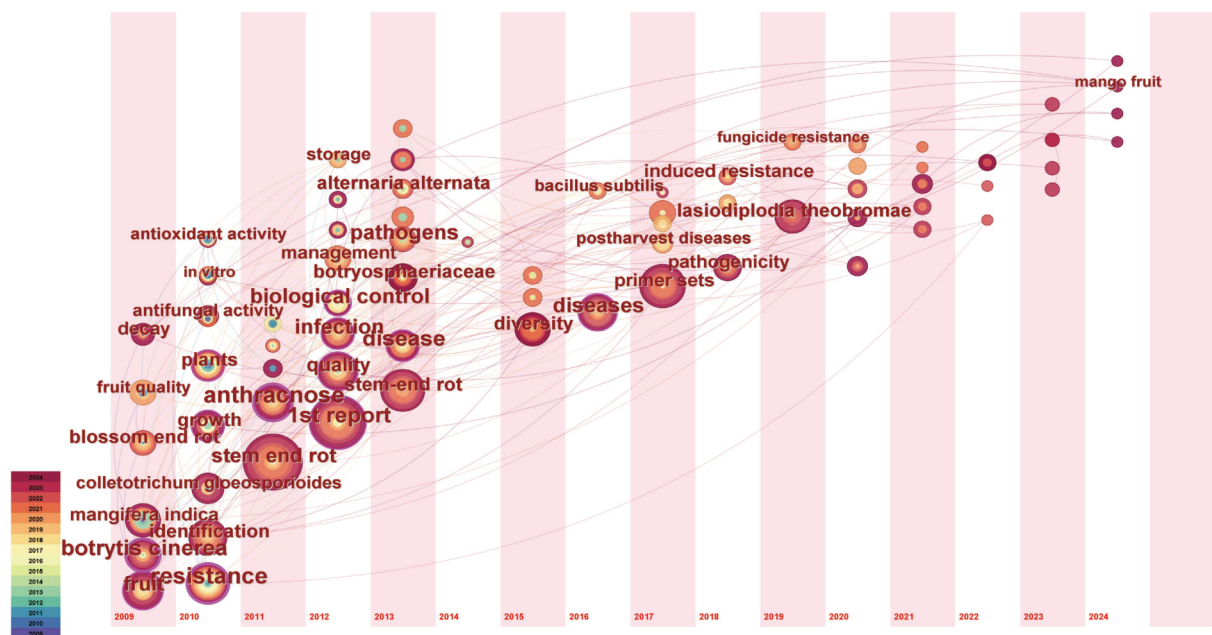


图 8 蒂腐病文献关键词时区图谱

Fig. 8 Time zone map of keywords in stem end rot research literature

Top 20 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2009 — 2024
plants	2010	4.48	2010	2012	
resistance	2010	2.22	2010	2012	
calcium deficiency	2011	2.08	2011	2017	
mangifera indica	2009	2.6	2012	2013	
biology	2013	1.73	2013	2015	
arabidopsis	2014	5.19	2014	2017	
carica papaya	2014	3.7	2014	2015	
biological control	2010	2.78	2016	2018	
postharvest diseases	2017	4.96	2017	2018	
calcium	2017	2.06	2017	2019	
anthracnose	2011	1.77	2017	2020	
fruit	2009	1.99	2018	2019	
temperature	2018	1.9	2018	2020	
fruit quality	2009	2.58	2019	2020	
fungicide resistance	2019	2.21	2019	2021	
management	2012	1.92	2019	2021	
storage	2012	1.71	2019	2020	
reassessment	2020	1.8	2020	2021	
primer sets	2017	4.29	2021	2024	
lasiodiplodia theobromae	2019	4.41	2022	2024	

图 9 蒂腐病文献关键词突现图谱

Fig. 9 Burst detection map of keywords in stem end rot research literature

机制投入了极大的研究力度。在前 20 的关键词中,“引物”近期正备受学术界的密切关注,表明目前关于蒂腐病的研究聚焦于从基因组层面实现精确的蒂腐病病原菌鉴定及致病性机制探究。

3 讨论

蒂腐病对作物的产量和品质造成了严重影响,目前缺乏对蒂腐病全面系统的梳理和趋势分析。通过检索 Web of Science 核心数据库,整理了 2009—2024 年间关于蒂腐病研究的 367 篇文

献,并利用 CiteSpace 对收集的数据进行深度挖掘,构建知识图谱,进而分析和总结蒂腐病研究领域的进展及知识结构,探索其演变规律。自 2009 年以来,蒂腐病研究领域的文献数量和引用文献数量呈上升趋势,反映学术界对蒂腐病关注度逐年提高。随着时间推移,科研人员对蒂腐病的理解逐步加深,研究范畴持续扩展,相关研究文献的数量持续增加。

在研究力量分布上,中国、美国和巴西在蒂腐病研究领域占据主导地位,拥有众多的研究机构和研究人员。其中,美国农业部的 Udayanga 等^[37]在 2014 年发表的文章揭示柑橘蒂腐病病原菌的分类和分布,为蒂腐病防治提供见解;巴西伯南布哥联邦农村大学的 Marques 等^[38]发表的文章揭示 *Lasiodiplodia* 属引起的蒂腐病并为芒果蒂腐病的防治提供见解,两者都是蒂腐病领域的高被引文献。美国和巴西在这一研究领域处于全球领先地位,可能是由于两国的水果资源丰富,但水果采后各种病害频发,为适应生产及人们需求,促进了蒂腐病领域相关研究^[39-41]。中国的研究机构在数量上有所贡献,如海南大学的 Yang 等^[42]发表的文献揭示海南芒果种植区 *L. theobromae* 分离株对多种杀菌剂存在广泛抗药性,以海南大学、华中农业大学为代表的中国机构对于蒂腐病的研究集中在蒂腐病防治及抗性研究上,由此可见蒂腐病分布广泛,对中国水果作物危害严重^[43-44]。但本研究

的分析未涉及中文数据库,可能导致对中国在蒂腐病研究现状的评估存在一定偏差,但并不会影响对其国际研究地位的分析。与此同时,笔者发现,澳大利亚发文量并非位列前茅,但其研究文献的质量和学术影响力却位居前列,这可能与其在蒂腐病研究方面的创新性和深入性有关。进一步分析研究机构,美国的研究机构在蒂腐病研究上紧密合作且具有较高学术影响力,不仅在数量上占据优势,且在研究质量、国际合作及科研成果等方面有显著表现。相比之下,中国科研机构在蒂腐病研究领域相对较少,文献整体质量、国际合作广度和深度以及学术影响力方面,仍有较大的提升空间。

从时间轴的角度来看,蒂腐病研究的现状与科技进步息息相关。起初蒂腐病研究存在于植物学、园艺学、真菌学等多交叉领域,研究重点在于蒂腐病原菌抗性及其品质提升。随着高通量测序技术的不断发展,以及测序深度和准确度的提高,研究的重点逐渐转向组学领域。如蒂腐病宿主研究^[30-31]、致病机制的研究^[32]、生物防治及采后病害的研究^[2]、病原真菌的研究^[34]。预计未来蒂腐病研究逐渐转向挖掘抗病基因和抗病品种,病原菌遗传多样性和致病多样性的研究。随着多组学发展,研究将进一步解析植物与病原菌的互作及调控机制,有助于蒂腐病早期发现、预防和精准治疗。

针对蒂腐病的研究热点以及现状,未来蒂腐病的研究可以从下面几个方面探索。1)加强学科间的交叉应用,搭建跨学科研究平台,增强植物病理学、分子生物学、基因组学等领域的专家交流与合作。促进不同学科融合应用,以更全面、多维度的视角解析蒂腐病问题;2)加强国内国际合作,在国内建立全国性的蒂腐病研究协作组,整合各地区的研究力量和数据资源,共享实验平台和种质资源。在国际上与相关国家的研究机构建立长期稳定的合作关系,共同开展联合实验,积极参与国际学术会议和标准制定;3)深化病理机制研究,投入更多资源,采用更前沿的技术手段,如高通量测序、蛋白质组学、代谢组学及基因编辑技术,深入探究蒂腐病菌的致病机理、寄主作物的抗病响应机制及环境因素如何调控这些互作过程,为精准防控提供理论依据;4)生物防治制剂的开发与使

用,重点加大对生物防治制剂的研发投入和应用推广。生物制剂能有效防治蒂腐病,未来的研究还应积极挖掘具有广谱功能的微生物,并结合环境学、生态学等,基于其功能来合成相应微生物菌落来应对蒂腐病。

参考文献:

- [1] Galsurker O, Diskin S, Maurer D, et al. Fruit stem-end rot[J]. *Horticulturae*, 2018, 4(4): 50. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4040050>
- [2] 滕虎亮, 欧阳浩, 龚凤鲜, 等. 芒果蒂腐病原菌分离鉴定及其室内防治药剂筛选 [J]. *南方农业学报*, 2023, 54(12): 3619–3629. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-1191.2023.12.016>
- [3] Tao R Z, Lin L, Zhang H Y, et al. First report of mango stem-end rot caused by *Pestalotiopsis kenya* in Yunnan Province, China[J]. *Plant Disease*, 2024, 108(10): 3190. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-23-2766-PDN>
- [4] Dreistadt S H. Integrated pest management for avocados[M]. Richmond: University of California, Agriculture and Natural Resources, 2008: 147–172.
- [5] Hartill W F T, Everett K R. Inoculum sources and infection pathways of pathogens causing stem-end rots of ‘Hass’ avocado (*Persea Americana*)[J]. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2002, 30(4): 249–260. <https://doi.org/10.1080/01140671.2002.9514221>
- [6] Ploetz R C. Diseases of tropical fruit crops[M]. Wallingford: CABI Publishing, 2003: 35–71.
- [7] Everett K R, Pak H A. Orchard survey: effect of preharvest factors on postharvest rots[R]. New Zealand: New Zealand Avocado Growers Association, 2001:10–19.
- [8] Ploetz R C, Zentmyer G A, Nishijima W T, et al. Compendium of tropical fruit diseases[M]. Minnesota: American Phytopathological Society, 1994: 81–83.
- [9] Alam M W, Rehman A, Malik A U, et al. Dynamics of stem end rot disease of mango fruit and its management[J]. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 57(1): 63–71. <https://doi.org/10.21162/PAK-JAS/20.8336>
- [10] Mihajlović M, Rekanović E, Hrustić J, et al. Methods for management of soilborne plant pathogens[J]. *Pesticidi i Fitomedicina*, 2017, 32(1): 9–24. <https://doi.org/10.2298/PIF1701009M>
- [11] Volynchikova E, Kim K D. Biological control of Oomycete soilborne diseases caused by *Phytophthora capsici*, *Phytophthora infestans*, and *Phytophthora nicotianae* in Solanaceous crops[J]. *Mycobiology*, 2022, 50(5): 269–293. <https://doi.org/10.1080/12298093.2022.2136333>
- [12] Marquez N, Giachero M L, Declerck S, et al. *Macrophomina phaseolina*: general characteristics of pathogenicity and methods of control[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12: 634397. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>

- [13] Lima C O, Bonetti J. Bibliometric analysis of the scientific production on coastal communities' social vulnerability to climate change and to the impact of extreme events[J]. *Natural Hazards*, 2020, 102(3): 1589–1610. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03974-1>
- [14] 吴侯, 杜剑卿, 刘强, 等. 基于文献计量的青藏高原土壤呼吸研究进展[J]. *生态学报*, 2023, 43(7): 2968–2977. <https://doi.org/10.5846/stxb202203240728>
- [15] Wang J S, Zhang Q, Zhang L, et al. The global pattern and development trends and directions on the drought monitoring research from 1983 to 2020 by using bibliometric analysis[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2022, 103(9): 2081–2107. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0324.1>
- [16] Ke L X, Lu C C, Shen R, et al. Knowledge mapping of drug-induced liver injury: a scientometric investigation (2010–2019)[J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2020, 11: 842. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00842>
- [17] Xie L, Chen Z H, Wang H L, et al. Bibliometric and visualized analysis of scientific publications on atlantoaxial spine surgery based on web of science and VOSviewer[J]. *World Neurosurgery*, 2020, 137: 435–442. doi:10.1016/j.wneu.2020.01.171
- [18] 王东浩. 文献计量学在图书情报与科技情报中的应用: 评《文献计量学》(第二版)[J]. *领导科学*, 2022(10): 153. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-2606.2022.10.044>
- [19] 陈晓霞, 于红豆, 李梦玮, 等. 基于文献计量分析的根腐病研究现状及趋势[J]. *应用与环境生物学报*, 2024, 30(3): 623–632. <https://doi.org/10.19675/j.cnki.1006-687x.2023.08026>
- [20] Zhang Y, Chen Y P. Research trends and areas of focus on the Chinese Loess Plateau: a bibliometric analysis during 1991–2018[J]. *CATENA*, 2020, 194: 104798. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104798>
- [21] Liu S N, Lei Y, Zhao J S, et al. Research on ecosystem services of water conservation and soil retention: a bibliometric analysis[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28(3): 2995–3007. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10712-4>
- [22] Verrall B, Pickering C M. Alpine vegetation in the context of climate change: a global review of past research and future directions[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 748: 141344. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141344>
- [23] Xie Y D, Li X C, Hu X L, et al. The landscape of academic articles in environmental footprint family research: a bibliometric analysis during 1996–2018[J]. *Ecological Indicators*, 2020, 118: 106733. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106733>
- [24] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. *科学学研究*, 2015, 33(2): 242–253. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-2053.2015.02.009>
- [25] Boyack K W. Mapping knowledge domains: characterizing PNAS[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(S1): 5192–5199. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307509100>
- [26] 李杰, 陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化[M]. 2 版. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2017.
- [27] 付健, 丁敬达. CiteSpace 和 VOSviewer 软件的可视化原理比较[J]. *农业图书情报*, 2019, 31(10): 31–37. <https://doi.org/10.13998/j.cnki.issn1002-1248.2019.10.19-0776>
- [28] 胡泽文, 孙建军, 武夷山. 国内知识图谱应用研究综述[J]. *图书情报工作*, 2013, 57(3): 131–137.
- [29] 刘英杰. 基于 Citespace 的馆配科学知识图谱分析[J]. *内蒙古科技与经济*, 2021(4): 125–126.
- [30] Rosado A W C, Machado A R, Freire F D C O, et al. Phylogeny, identification, and pathogenicity of *Lasiodiplodia* associated with postharvest stem-end rot of coconut in Brazil[J]. *Plant Disease*, 2016, 100(3): 561–568. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0242-RE>
- [31] Chaisiri C, Liu X Y, Yin W X, et al. Morphology characterization, molecular phylogeny, and pathogenicity of *Diaporthe passifloricola* on *Citrus reticulata* cv. Nanfengmiju in Jiangxi province, China[J]. *Plants*, 2021, 10(2): 218. <https://doi.org/10.3390/plants10020218>
- [32] Reitz N F, Mitcham E J. Validation and demonstration of a pericarp disc system for studying blossom-end rot of tomatoes[J]. *Plant Methods*, 2021, 17(1): 28. <https://doi.org/10.1186/s13007-021-00728-3>
- [33] Wang C G, Xu L X, Liang X Y, et al. Molecular characterization and overexpression of the difenoconazole resistance gene *CYP51* in *Lasiodiplodia theobromae* field isolates[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1): 24299. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03601-4>
- [34] Chand S K, Nanda S, Rout E, et al. Identification and characterization of microRNAs in turmeric (*Curcuma longa* L.) responsive to infection with the pathogenic fungus *Pythium aphanidermatum*[J]. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2016, 93: 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.01.010>
- [35] 秦晓楠, 卢小丽, 武春友. 国内生态安全研究知识图谱: 基于 Citespace 的计量分析[J]. *生态学报*, 2014, 34(13): 3693–3703. <https://doi.org/10.5846/stxb201211081566>
- [36] Chen S, Wang Z C, Zhang Z Y, et al. Effects of uneven vertical distribution of soil salinity on blossom-end rot of tomato fruit[J]. *HortScience*, 2017, 52(7): 958–964. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11815-17>
- [37] Udayanga D, Castlebury L A, Rossman A Y, et al. Species limits in *Diaporthe*: molecular re-assessment of *D. citri*, *D. cytospora*, *D. foeniculina* and *D. rudis*[J]. *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 2014, 32(1): 83–101. <https://doi.org/10.3767/003158514X679984>
- [38] Marques M W, Lima N B, De Moraes M A, JR, et al.

- Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil[J]. *Fungal Diversity*, 2013, 61(1): 181–193. <https://doi.org/10.1007/s13225-013-0231-z>
- [39] Balogun O, Kang H W. Bioactivities and applications of fruit byproducts and their phytochemicals: a mini review[J]. *Food Reviews International*, 2024, 40(10): 3964–4004. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2383429>
- [40] Sakalidis M L, Medina-mora C M, KOLP M, et al. First report of *Gnomoniopsis smithogilvyi* causing chestnut brown rot on chestnut fruit in Michigan[J]. *Plant Disease*, 2019, 103(8): 2134–2134. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0562-PDN>
- [41] Naegele R P, Hausbeck M K. Phytophthora root rot resistance and its correlation with fruit rot resistance in *Capsicum annuum*[J]. *HortScience*, 2020, 55(12): 1931–1937. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15362-20>
- [42] Yang Y, Dong G R, Wang M, et al. Multifungicide resistance profiles and biocontrol in *Lasiodiplodia theobromae* from mango fields[J]. *Crop Protection*, 2021, 145: 105611. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105611>
- [43] Liu L J, Xie J T, Cheng J S, et al. Fungal negative-stranded RNA virus that is related to bornaviruses and nyaviruses[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, 111(33): 12205–12210. <https://doi.org/10.1073/pnas.1401786111>
- [44] Huang F, Udayanga D, Wang X H, et al. Endophytic *Diaporthe* associated with *Citrus*: a phylogenetic reassessment with seven new species from China[J]. *Fungal Biology*, 2015, 119(5): 331–347. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2015.02.006>

Bibliometric analysis of stem end rot based on the literature from Web of Science

Cheng Xinnian^{1#}, Lin Yankun¹, Feng Shun¹, An Shuoyu², Li Xinguo^{1,2*}

(1. School of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China; 2. Chengmai County Honey Pomelo Institute, Chengmai, Hainan 571999, China)

Abstract: In order to understand the current research hotspots and trends of stem end rot disease, a bibliometric analysis was conducted using CiteSpace software on 367 stem end rot disease-related articles indexed in the Web of Science core database between 2009 and 2024. The distribution of research efforts, knowledge base, research hotspots, and frontier trends in the field of stem end rot disease were analyzed. The results indicate that the number of publications on stem end rot disease has been increasing, with China, the United States, and Brazil having the highest publication volumes. There is also significant international collaboration among countries. The United States Department of Agriculture (USDA) is a leading research institution in this field, while Hainan University is the leading institution in China. Research institutions collaborate closely, although Chinese institutions still have room to improve in terms of international cooperation and academic influence. Prominent authors in the field of stem end rot disease research include Alkan Noam and Bai Jinhe. Keyword co-occurrence and burst detection analysis reveal that current research hotspots in the field include pathogen identification, resistance, and genomics. Future research should focus on strengthening interdisciplinary collaboration, further exploring the pathological mechanisms of stem end rot disease, and developing control strategies to ensure the healthy growth of crops.

Keywords: stem end rot; bibliometrics; CiteSpace; visualization analysis

(责任编辑: 潘学峰)