

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2025.05.001

柑橘黄龙病分区治理技术模式构建及实践

傅仕敏¹, 娄兵海², 王雪峰¹, 范国成³,
邓晓玲⁴, 易龙⁵, 周常勇¹

1. 西部(重庆)科学城种质创制大科学中心/西南大学 柑桔研究所/
国家柑桔工程技术研究中心, 重庆 400712;
2. 广西特色作物研究院 广西柑橘育种与栽培技术创新中心/
广西桂北特色经济作物种质创新与利用重点实验室, 广西 桂林 541004;
3. 福建省农业科学院 植物保护研究所, 福州 350013;
4. 华南农业大学 植物保护学院, 广州 510642;
5. 赣南师范大学, 江西 赣州 341000

摘要: 柑橘黄龙病是当前全球柑橘生产中最具毁灭性的病害, 对柑橘产业造成了巨大的经济损失。由于尚未突破体外纯培养的技术瓶颈, 对其致病机制的理解仍有限, 且目前没有有效的根治药剂或抗病品种。传统防控措施主要依靠种植无病苗、实施大面积集中连片联防联控柑橘木虱和及时清除病树三项基本策略。自“十三五”以来, 在全国柑橘黄龙病综合防控协同创新联盟等组织的协同部署下, 针对黄龙病防控中的关键技术难点和分区治理技术模式展开了深入研究, 取得了阶段性进展, 技术模式的应用示范效果显著。通过介绍上述技术模式及实践经验, 旨在为各柑橘产区黄龙病的防控提供技术支持与经验借鉴。

关键词: 柑橘黄龙病; 柑橘木虱; 综合防控;

分区治理

中图分类号: S432.4

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2025)05-0001-06

Developing and Implementing Regional Management Strategies for Citrus Huanglongbing

FU Shimin¹, LOU Binghai², WANG Xuefeng¹,
FAN Guocheng³, DENG Xiaoling⁴,
YI Long⁵, ZHOU Changyong¹

收稿日期: 2024-12-04

基金项目: 国家重点研发计划支持项目(2021YFD1400800)。

作者简介: 傅仕敏, 博士, 副研究员, 主要从事柑橘黄龙病防控研究。

通信作者: 周常勇, 博士, 研究员。

1. Germplasm Creation Center for Great Science, Western (Chongqing) Science Park / Citrus Research Institute / National Citrus Engineering Research Center, Southwest University, Chongqing 400712, China;
2. Guangxi Key Laboratory of Germplasm Innovation and Utilization for Characteristic Economic Crops in Northern Guangxi / Guangxi Citrus Breeding and Cultivation Technology Innovation Center / Guangxi Academy of Specialty Crops, Guilin Guangxi 541004, China;
3. Fujian Academy of Agricultural Sciences, Institute of Plant Protection, Fuzhou 350013, China;
4. College of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
5. Gannan Normal University, Ganzhou Jiangxi 341000, China

Abstract: Citrus Huanglongbing (HLB) is currently the most devastating disease in global citrus production, causing severe economic losses to the industry. The inability to achieve pure in vitro culture of the pathogen has hindered understanding of its pathogenic mechanisms, and no effective curative treatments or resistant cultivars are yet available. Conventional control strategies mainly rely on three core measures: using disease-free nursery trees, implementing area-wide coordinated management of the citrus psyllid (*Diaphorina citri*), and prompt removal of infected trees. Since the initiation of the “13th Five-Year Plan”, collaborative efforts led by organizations such as the National Citrus HLB Integrated Prevention and Control Collaborative Innovation Alliance have facilitated in-depth research on key technical challenges and regional management models. Significant progress has been made, and the demonstration and application of these technical models have shown promising results. This paper summarizes these technical approaches and practical experiences to provide guidance and reference for HLB control in citrus-producing regions.

Key words: Citrus Huanglongbing; *citrus psyllids*; integrated control; regional management

1 研究背景

我国是全球柑橘生产第一大国，柑橘也是我国产量最高的水果之一。根据国家统计局数据，2022年我国柑橘栽培面积达到20.22万hm²，产量为6003.89万吨。我国柑橘主要分布在4条优势产业带：浙南-闽西-粤东宽皮柑橘带、赣南-湘南-桂北脐橙带、鄂西-湘西宽皮柑橘带和长江上中游甜橙带。柑橘黄龙病是当前全球柑橘生产中最具毁灭性的病害^[1-2]，自20世纪初以来，黄龙病已在我国大陆传播超过100年^[3]，目前已波及11个省(区、市)和300多个县(市、区)^[4]，并造成不同程度的危害。除了广东、福建等老病区，黄龙病在赣南、湘南、桂北等柑橘主产区也出现了蔓延趋势，给产业带来了巨大经济损失。

自“十三五”以来，在全国柑橘黄龙病综合防控协同创新联盟、国家现代农业(柑橘)产业技术体系A类任务、两期国家重点研发计划项目及广西创新驱动发展专项资金项目等的协同部署下，针对黄龙病防控中的关键技术难点和分区治理技术模式展开了深入研究。以种植无病苗、大面积集中连片联防联控柑橘木虱和及时清除病树三项基本措施为基础，结合预警，物理、生物、AI技术应用，药械使用及杀菌剂施用等多种防控手段，构建了适用于不同流行程度区域的可持续防控技术体系(图1)。这一系列措施为完善我国柑橘黄龙病分区治理技术体系提供了有力支持。

2 柑橘黄龙病分区治理技术模式构建与示范

根据我国不同柑橘优势产业带的黄龙病发生历史及发病严重程度，柑橘黄龙病的防控工作

采取了因地制宜的技术模式。浙南-闽西-粤东柑橘产业带为黄龙病的重度流行区,在此区域,以适度规模结合物理阻隔建园和种植无病大苗,构建了黄龙病重度流行区的治理技术模式。赣南-湘南-桂北柑橘产业带为黄龙病的低度流行区,尽管总体发病轻微,但存在加重趋势,该区域的防控模式以三项基本措施为核心,并在柑橘黄龙病的联防联控方面创新了“荔浦模式”和“赣州模式”。四川宜宾屏山一带以遏制黄龙病和柑橘木虱扩散为核心,构建了柑橘黄龙病的阻截带防控技术模式,防止黄龙病传入非疫区,保障长江上中游以及湘西-鄂西柑橘产业带的安全。在重庆和湖北,则以黄龙病和柑橘木虱的监测预警为核心,构建了柑橘黄龙病非疫区防控技术模式。自“十三五”以来,针对不同区域的特点,示范推广了柑橘黄龙病分区治理技术模式,累计推广面积达到 106 206.41 hm²,总辐射面积达到 624 038.50 hm²。示范区内,黄龙病平均发生率降至 1.34%,平均农药利用率提高了 13.49%,平均农药减量达到 37.40%,柑橘黄龙病治理技术模式取得了显著成效(表 1)。此外,期间共开展了多场防控和宣传培训活动,培训人数达到 2.5 万余人次,发放手册近 13.8 万份,为柑橘产业的可持续发展提供了坚实保障。

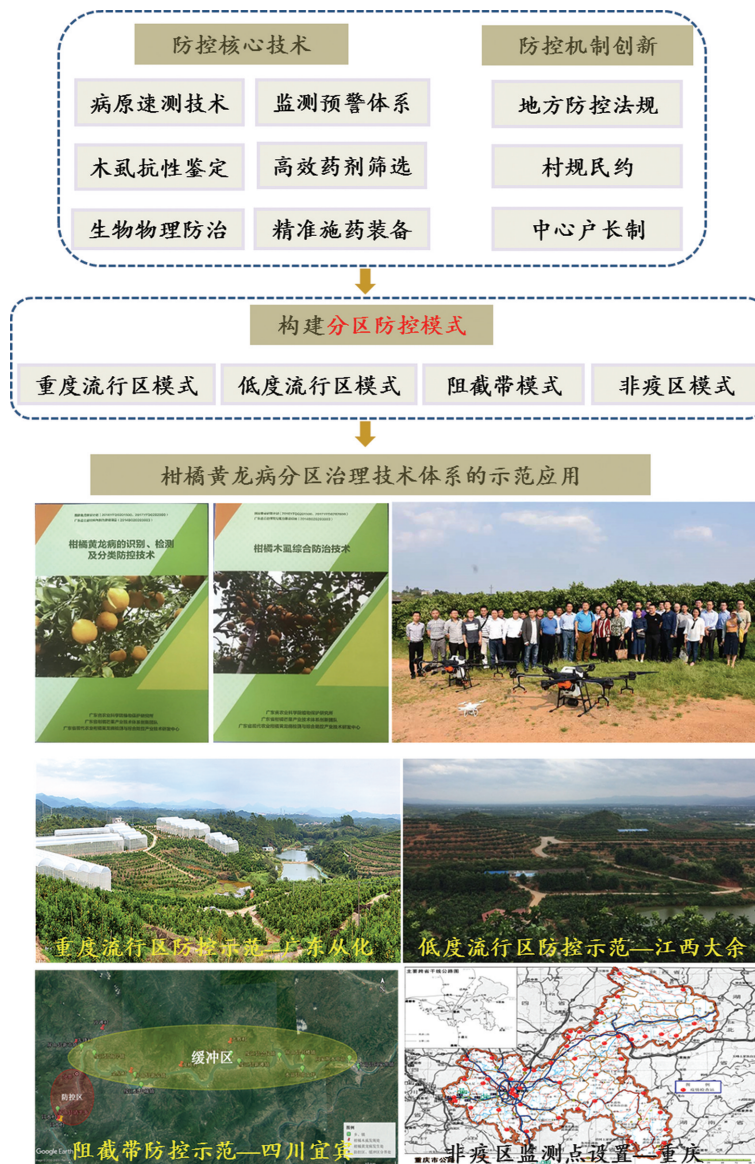


图 1 柑橘黄龙病分区防控模式构建及应用案例

表1 柑橘黄龙病流行程度划分及防控成效参数指标

指标	重度	低度	阻截带及非疫区
示范基地/个	86	262	16
可持续综合防控示范区/个	2	3	—
示范、推广面积/hm ²	20 476.90	73 456.71	12 272.80
辐射面积/hm ²	13 400.00	452 426.10	158 212.40
示范区黄龙病发病率/%	0.94	1.58	1.50
农药利用率提高/%	12.00	12.88	15.60
农药减量/%	37.50	37.91	36.80

2.1 柑橘黄龙病重度流行区治理技术模式构建与示范

浙南-闽西-粤东柑橘产业带位于我国东南沿海地区,常年有风,柑橘木虱传播迅速,田间病树基数大,且黄龙病的发生历史悠久^[5]。广东省可能是低海拔地区黄龙病菌的源头^[6],因此,该区域被划定为柑橘黄龙病的重度流行区。自“十三五”以来,通过对该区域40个核心果园进行监测与防控技术研发、试验及集成,构建了以适度规模结合物理隔离(如防护林、防虫网墙或防虫网棚)建园、种植无病大苗为基础的防控模式。此模式重点加强栽培管理,使用高效低毒药剂全园及时快速杀灭柑橘木虱,并通过严格的冬季清园、全年巡查结合AI技术快速识别并确认病树,及时移除。物理诱控和天敌生物防治柑橘木虱作为补充措施,共同构成了该区域的柑橘黄龙病治理技术模式。自“十三五”以来,在广东博罗、德庆,福建永春、仙游、顺昌,浙江台州、丽水、衢州等地建立了86个示范基地和2个可持续防控综合示范区,示范面积达到20 476.90 hm²,辐射面积达到133 400.00 hm²。示范区内黄龙病的发病率低于0.94%,化学农药的利用率提高了12%,农药减量达到了37.5%。

2.2 柑橘黄龙病低度流行区治理技术模式构建与示范

赣南-湘南-桂北柑橘产业带的黄龙病发生相对较晚(约在1970年以后),黄龙病的发生和流行主要由于木虱的不断北迁和苗木调运管理不严^[6]。该区域黄龙病总体表现为轻度发生,但存在加重趋势。2013年,该病在以脐橙种植为主的赣州地区大面积爆发^[7],造成严重损害。由于黄龙病的侵害,2013—2018年超过4 000万株病树被砍除,造成了巨大的经济损失,并引起了各级政府的高度关注,随后相继出台了应对措施^[4]。自“十三五”以来,通过对该区域62个核心果园进行监测与防控技术研发、试验及集成,构建了以种植无病苗木为基础,统一放控梢、使用低毒高效药剂进行梢期和冬季防治柑橘木虱的重点防控模式。此模式还包括物理隔离、物理诱控及天敌生物防治柑橘木虱的补充措施,并结合秋冬季普查、AI技术快速识别、实验室快速检测确认病树,及时移除并补种无病大苗,以此为保障形成了大区域统防统治与小区域联防联控相结合的柑橘黄龙病低度流行区治理技术模式。在黄龙病的联防联控模式上,还创新性地构建了“荔浦模式”和“赣州模式”。“荔浦模式”以“政府责任制、宣传培训和村规民约”为核心^[8],而“赣州模式”则以“中心户长制”为核心^[9-10],为区域治理提供了新思路 and 有效保障。

这两种典型的治理模式均取得了显著成效,其机制的形成与柑橘种植区广泛、单个果园面积小且分散的特点密切相关。其中,“荔浦模式”是一种自上而下的管理模式。在示范区推广应用该模式后,广西荔浦市、全州县、兴安县、灵川县等地共建立了34个示范基地,示范推广面积达14 000 hm²,辐射面积达到146 700 hm²。示范基地内黄龙病发病率低于1%,且无失管果园,化学农药利用率提高了12%,农药减量达35.3%。“赣州模式”则是一种基于民众需求的自我管理,在江西赣县区、安远县、信丰县和南康区建立了182个示范基地。示范区内黄龙

病的发病率低于2%,化学农药的利用率提高了12%,农药减量达到35.58%。

2.3 柑橘黄龙病阻截带和非疫区防控技术模式构建与应用

目前,柑橘黄龙病尚未在重庆发生,但2017年,该病及其传播媒介——柑橘木虱首次在距离重庆不到200 km的四川宜宾屏山县被发现,这对长江柑橘带(仍未受到该病干扰的地区)构成了严重威胁。鉴于防控形势严峻,农业农村部于2018年迅速启动了该地区的阻截带建设^[4]。近年来,由于苗木调运和果品销售的远距离传播,病虫害呈现出扩散蔓延的趋势,尤其是虫媒病害——柑橘黄龙病近年来频繁爆发,成为突出问题。基于黄龙病菌和柑橘木虱线粒体全基因组的多态性分子证据,四川阻截带内的黄龙病菌和木虱可能源自多个途径^[6, 11-12]。

针对西南地区复杂的地形地貌及黄龙病区域性分布特点,在云南、贵州和四川构建了柑橘木虱远程实时监控平台、6个九里香监测圃和82个监测点为核心的柑橘木虱监测预警系统。同时,系统评估了矿物油、氢氧化铜等多种高效、低风险药剂的防治效果、安全性和施用技术,并集成了“科学监测、精准施药、油铜协同”的绿色防控技术。在黄龙病和柑橘木虱的传播前沿——长江上游金沙江段,实施了三大防控措施:在“源头区”强力控制黄龙病病原和木虱的扩散;在“防控区”清除病树、控制木虱并进行产业替换;在“缓冲区”进行监测预警和阻截防控,最终形成了源头区、防控区、缓冲区“三位一体”的阻截带防控技术模式。

针对华中地区的阻截带建设,2019年完成了“湘西南柑橘黄龙病疫情阻截带建设方案”。然而,由于受到不可抗力因素影响,该方案未能付诸实施。2023年,在北纬29.47°的洞庭湖区域首次发现了柑橘木虱,这引起了湖北省的高度警惕。自“十三五”以来,湖北省已启动并制定了“湖北柑橘黄龙病非疫区保持技术规程”。该标准明确了湖北作为柑橘黄龙病非疫区的检疫、监测、防除措施,以及疫情发布和解除的程序与方法。

此外,在重庆柑橘产区,通过开发柑橘检疫系统,设置了250个柑橘木虱乡镇疫情监测点,强化了“疫情监控、疫情拦截、疫情扑灭”的非疫区防控体系。这一措施促进了云南、贵州、四川、重庆的协同治理,有效控制了柑橘黄龙病和柑橘木虱在西南柑橘产区的发生与危害,成功延缓了柑橘木虱的北迁进程,显著降低了柑橘黄龙病的传播风险。

3 研究展望

柑橘黄龙病的防控成效直接关系到整个柑橘产业的兴衰,因此,科学防控认识和有效措施的落实至关重要。自2005年美国首次发现该病以来,佛罗里达州年产值近100亿美元的柑橘产业因受此病危害,已减产近九成,美国国内多个产区也遭遇了类似的负面影响。在抗性主栽品种和安全高效治疗药剂问世之前,必须树立“绿色植保、公共植保、科学植保”的理念,坚持“以防为主、综合防控”的植保方针,并坚守“行政管理+科技支撑”双轮驱动和“三项基本防控措施”底线。要严格检疫,保护好非疫区和无病区,增设监测站点,加强对前沿扩散区的监控,以阻截或延缓柑橘木虱及病菌的北迁。同时,在低度流行区应警惕“打吊瓶”式治疗,避免因为无法根治而造成病源富集,进而加重危害。此外,加强果农和从业企业的防控意识及宣传教育至关重要,需要帮助果农认识到黄龙病是可防可控的。如果将果园的发病率控制在3%以下,基本可以确保经济收益不受影响。尽管分区治理技术模式已取得了显著成效,但这些防控模式主要基于黄龙病流行程度构建,随着流行程度的变化,需要相应调整,特别是在阻截带和非疫区的防控策略上。需要明确的是,防控技术模式的应用不能完全消除或阻断黄龙病的发生,而是尽量将其发生率控制在可接受的范围内,从而减缓病害的进程。随着科技创新的不断推动,未来可期逐步实现“由防向治”的转型。在此基础上,仍需加大管理队伍建设、管理机制创新、

技术模式创新及科普示范推广力度,以保障我国柑橘产业的可持续发展。

参考文献:

- [1] WANG N, PIERSON E A, SETUBAL J C, et al. The *Candidatus* Liberibacter-Host Interface: Insights into Pathogenesis Mechanisms and Disease Control [J]. Annual Review of Phytopathology, 2017, 55: 451-482.
- [2] BOVÉ J M. Huanglongbing: A Destructive, Newly-Emerging, Century-old Disease of Citrus[J]. Journal of Plant Pathology, 2006, 88(1): 7-37.
- [3] REINKING O A. Diseases of Economic Plants in Southern China[J]. Philippine Agriculturist 1919, 8(4): 109-135.
- [4] ZHOU C Y. The Status of Citrus Huanglongbing in China [J]. Tropical Plant Pathology, 2020, 45(3): 279-284.
- [5] ZHENG Z, CHEN J C, DENG X L. Historical Perspectives, Management, and Current Research of Citrus HLB in Guangdong Province of China, Where the Disease Has Been Endemic for over a Hundred Years [J]. Phytopathology, 2018, 108(11): 1224-1236.
- [6] FU S, BAI Z, SU H, et al. Occurrence of Prophage and Historical Perspectives Associated with the Dissemination of Huanglongbing in Mainland China[J]. Plant Pathology, 2020, 69(1): 132-138.
- [7] 叶翩翩. 农业灾害风险管理的个案研究——以赣南脐橙黄龙病为例[D]. 南昌: 江西师范大学, 2020.
- [8] 娄兵海, 白先进, 李大志, 等. 广西-湖南地区柑桔黄龙病综合防控技术模式集成及实践[J]. 中国南方果树, 2021, 50(5): 149-152.
- [9] 陈慈相, 钟玲, 胡燕, 等. 一套柑橘黄龙病高效综合防控技术: CN201910508577. 6[P]. CN110192488A[2025-09-02].
- [10] 戴文珊, 陈慈相, 刘新军, 等. 江西柑桔黄龙病防控技术模式构建与应用[J]. 中国南方果树, 2021, 50(4): 159-161, 165.
- [11] CUI X J, LIU K H, HUANG J, et al. Population Diversity of '*Candidatus* Liberibacter Asiaticus' and *Diaphorina citri* in Sichuan: a Case Study for Huanglongbing Monitoring and Interception [J]. Plant Disease, 2022, 106(6): 1632-1638.
- [12] WU F N, JIANG H Y, BEATTIEGAC, et al. Population Diversity of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in China Based on Whole Mitochondrial Genome Sequences [J]. Pest Management Science, 2018, 74(11): 2569-2577.

责任编辑 苏荣艳