

对柑橘黄龙病防控对策的再思考

周常勇

(西南大学, 重庆 400715)

摘要 柑橘黄龙病系柑橘产业的头号杀手, 该文分析其流行态势和防控形势, 概述其研发主要进展, 并分析思考了当前防控对策、面临的困窘和改进建议。

关键词 柑橘黄龙病; 防控形势; 对策思考

中图分类号: S 436.661.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018293

Reconsideration on the control strategy of Citrus Huanglongbing

ZHOU Changyong

(Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract The citrus industry is facing an unprecedented challenge from Huanglongbing (HLB). The current epidemics of HLB and its control measures were reviewed, and the major research development and difficulty encountered were also summarized. A few practical suggestions were made based on the analysis.

Key words Citrus Huanglongbing; control situation; strategy consideration

柑橘是世界第一大水果, FAO 统计 2016 年产量 1.464 亿 t, 占比全球水果约为 20.4% (不含西甜瓜); 中国是全球最大的柑橘生产国, 农业农村部统计 2016 年产量为 3 765 万 t, 占比世界柑橘 25.7%, 已成为我国南方乡村振兴的一大支柱产业, 也是我国入世后仍具国际竞争力的大宗农产品之一。近年来, 出现柑橘黄龙病局部大流行问题, 给柑橘产业带来了大发展后的严峻挑战。针对该病严峻的防控形势, 就重点环节重点问题, 简要谈点个人思考, 供读者参考。

1 柑橘黄龙病是产业面临的老大难问题

此病最早分别于 1913 年^[1]和 1919 年^[2]报道在我国台北和广东潮州有发生, 已有百余年发生史, 能侵染几乎所有柑橘类植物, 是世界柑橘产业的“头号杀手”。其病原为韧皮部杆菌属 *Candidatus Liberibacter* 细菌^[3], 在田间主要通过媒介昆虫-柑橘木虱传播^[4-7]。现有 50 余个国家发生, 以亚非国家居多, 美洲国家本世纪初才报道发生^[8]。20 世纪柑橘第一和第二生产大国巴西和美国自 2004 年^[9]和 2005 年^[10]报道以来深受其害, 如年产值过百亿美元的佛罗

里达州柑橘产业, 已有 80% 以上的柑橘树染病, 其产业已毁大半, 产量已回落到 1949 年水平, 导致以橙汁为主的该州加工企业大量关闭或产量规模大缩减, 此病暴发后, 美国柑橘面积已由世界第三降至目前第七位^[11]。暂无此病的欧洲和澳洲产区正处于该病的包围之中, 已引起高度警惕, 均将之列为了检疫对象。

我国大陆共有广东、广西、福建、浙江、江西、湖南、云南、贵州、海南和四川等 10 个省(自治区)300 余个县发生黄龙病, 累计毁园数百万亩, 尤其广东、广西、福建等省长期受其干扰。自 2012 年以来, 江西赣州等地黄龙病大面积暴发, 迄今已砍除病树 4 500 余万株, 预估直接经济损失 90 余亿元(按 200 元/株累计)。自 2014 年以来, 农业农村部在桂林、赣州和广州连续 5 次召开全国柑橘黄龙病防控现场工作年会, 其重视程度是史无前例的, 也组织了全国柑橘产区的普查、制定了专项诊断标准、防控规范和治理方案等。农业农村部自 2015 年以来, 投入 2.32 亿元专项救灾资金防控此病, 其中各级政府对赣州黄龙病防控投入过 7 亿元, 广东、湖南、广西、四川等自 2014 年以来, 亦投入约 1.5 亿元专项防控资金, 近年各地累计投入防控资金估算超过 12 亿元。相对

美国佛罗里达州而言,我国防控取得明显效果,但仍不敢掉以轻心。目前,与赣南处于同一甜橙优势产业带的湘南和桂北产区亦呈暴发态势,柑橘木虱已抵达四川宜宾屏山县金沙江峡谷地带,将对仍无此病干扰的长江柑橘带构成严重威胁,防控形势严峻!

2 对柑橘黄龙病的认知历程漫长且具挑战性

20 世纪 50 年代—80 年代初,对其病原研究历经半个多世纪的调研,起初推测可能系线虫、地衣、水害、真菌引发,20 世纪 50 年代华南农业大学林孔湘教授试验证明其具有嫁接传染性,推测其病原为病毒^[13],70 年代中国农业科学院柑橘研究所赵学源研究员试验证明其对抗生素敏感,推测为类菌质体^[14],1983 年法国 Garnier 教授等明确其病原菌为韧皮部杆菌属细菌^[3],现已知有亚洲、非洲和美洲 3 个种,其中亚洲种致病力最强,我国发生的均为亚洲种,已知该细菌的细胞膜含有肽聚多糖层,为革兰氏阴性菌,主要寄生于植株韧皮部筛管细胞中,呈周身性分布^[8,11-12]。目前,其病原纯培养尚未能获得突破,因而其病原也被称为“难养细菌”,虽然自 20 世纪 80 年代至今,已有多个团队报道“纯培养成功”,但最后均被定性为孤证试验,目前仍属世界难题!

直至 20 世纪 60 年代,南非科学家证实非洲种黄龙病在田间可经非洲木虱传播,而我国是在 20 世纪 70 年代初才试验证明柑橘木虱是其田间主要传媒^[4,7]。研究表明木虱的寄主植物包括芸香科的柑橘、九里香等 9 个属^[12],其低龄若虫带菌传病率低,高龄若虫和成虫带菌传病率高,近距离传播迅速,远距离传播缓慢,它在不同区域多发生 5~7 代,主要集中发生在新梢期,且发现该虫趋阳光性明显,而趋黄光习性不够明显,一般黄板诱杀效果不佳^[9,11-12]。

针对此病的防控技术研发,主要依据上述生物学特性。20 世纪 60—70 年代,经华南农业大学林孔湘教授和中柑所赵学源研究员的团队研究^[14-15],分别发现 40~50℃ 湿热空气处理和四环素、土霉素处理带病枝条可一定程度杀灭病原,80 年代中柑所蒋元晖研究员发现^[16],经过茎尖嫁接技术可脱除病原细菌,并成为迄今获得无病苗的实用技术。抗生素类药剂虽能杀死该细菌,但因该菌局限于柑橘树体韧皮部,树干注射抗生素对黄龙病菌种群数量控制有效,但抗生素难以周身性转运分布,尤其无法根除根部病原,同时可致韧皮部细胞木栓化,再加之存

在食品安全隐患,因而在生产中难以推广。近年来美国、巴西、中国等投入了大量人力、财力对此病开展广泛研究,除生物信息学知识有所积累,其他如应用转基因技术、小分子 RNA 干扰技术、抗病育种技术等对此病的防控研究并无突破性进展,虽然也发现柑橘砧木枳壳类、野生柑橘澳洲指橘、马蜂柑等具有抗病性,田间也发现有少量柑橘杂种具有一定耐病性^[8,11-12,17],但离真正大面积应用都还有较长距离,美国佛罗里达州已迫不及待地指望应用转基因技术恢复其柑橘产业。病原生物学深入研究的滞后,严重制约了防控技术研发,导致当前除使用茎尖嫁接技术获得无病苗外,尚无其他有效的病原治理技术!针对虫媒木虱,目前国内外防治的主要措施仍是喷施化学农药。菊酯类、有机磷、吡虫啉等杀虫剂均可降低柑橘木虱的传病率。近期研究发现^[11],低浓度神经性毒剂吡嗪酮能显著降低成虫对病原的获得率和传播率,喷施机油乳剂对柑橘木虱亦有明显防效,且农药与机油乳剂结合施用的防效更佳,同时发现药械喷施雾滴大小对防效有显著影响,针对农村劳动力素质下降、成本提升和青壮年短缺的现实,航空植保机械的应用得到大力推广,急需研发其高效喷施技术。对木虱的生物防治技术研发也有涉及,如应用寄生蜂、白僵菌等,也有提取趋避和诱集木虱的挥发性次生代谢产物研究^[11],但生产中往往难以应急!

我国科学家在长期研究与防控实践中,针对病原与木虱生物学及防控中主要难点,总结了“三板斧”综合防控技术,即“应用无病苗木”、“及时挖除病树”和“大面积联防联控木虱”,在生产中取得了良好效果。2004 和 2005 年巴西和美国相继发生黄龙病以来,两国科学家相继到中国交流黄龙病防控经验,其中巴西圣保罗州的 60 万 hm^2 柑橘有 2/3 果园染病,其 1/2 染病园认真执行我国“三板斧”防控措施,已控制在低度流行状态,而美国佛罗里达州未能执行“三板斧”防控措施,目前产量已锐减大半,整体已处于失控状态。国内外实践证明,在黄龙病病原生物学及防控技术未取得重大突破的背景下,各国能用的最为有效的仍为“三板斧”防控技术措施!

3 黄龙病防控中值得重新思考的一些问题

3.1 科技强国—美国的问题到底出在哪里?

美国佛罗里达州 1998 年首次报道发现黄龙病

传媒柑橘木虱,直至 2005 年 10 月才首次报道发现首例黄龙病案例^[10],时差是 7 年多,这期间他们的政府部门并没有对其危害性引起足够重视,因而普查工作不到位,从随后的 5 个月普查中发现,时至 2006 年 3 月周边已有 160 km 范围内出现黄龙病问题,可见其政府部门虽有严格的检疫制度,但没有起到应有的作用。紧接着联邦政府宣布在该州已无法实施检疫措施,但对佛罗里达州以外的柑橘生产州实施了检疫保护。此前的 4 年里,佛罗里达州柑橘正受溃疡病流行为害,美国国会虽有重视,也拨专款进行防控,但期间遭遇几次飓风,致使溃疡病处于失控状态,随后的黄龙病问题加剧了果农们的恐慌,科学家们的视线也被黄龙病问题吸引过来,为了获得研发经费,诸多领域的科学家各显神通,尤其是植物生理学家们,鼓吹“肥料矫治”理论,致使果农们不愿砍除病树,病源不断积累,再次延误了有效防控时期,导致后来出现完全失控状态!这个深刻教训,被生产脐橙为主的美国加利福尼亚州吸取,自 2009 年加州首次发现木虱至今,木虱虽已传播至大半个州,但其检疫部门、产业部门和果农协会均高度重视,严格检疫和实施“三板斧”措施,严格砍除庭前屋后发现的近千株病树,至今生产果园仅发现极个别病树!佛罗里达州拥有大量高水平科学家,他们在 2012 年的国际柑橘学大会上反问巴西科学家“为何巴西 1948 年即发现有柑橘木虱,而时隔 56 年后才出现黄龙病,而佛罗里达州发现木虱后 7 年即出现此病,且一发不可收拾!”,巴西方的回答是“我们发现此病后,派出了 4 000 人以上的植保队伍开展普查,且认真开展防控,你们佛州做了啥?”,此问发人深省,引人深思!从目前世界范围看,管理不到位的国家或地区,从发现木虱到出现黄龙病的时差大多是 4~10 年,我国这样的案例也比比皆是,当前美洲有柑橘生产的国家几乎无一幸免传入了此病。可见防范意识是至关重要的,以防为主意识不可松懈,而且采取正确防控措施更为重要,不能因果农短视而投其所好,如肥料矫治或锯病枝有大害而无害,许多果园甚至整个产业都是这样被贻误有效防控时机的!

3.2 “三板斧”防控措施到底还有多大用?

“三板斧”综合防控技术是当前公认的控制黄龙病的最有效综合防控措施,历经了逐步从“八板斧”减至“六板斧”,再减至必须的“三板斧”过程,自 20 世纪 70—90 年代,我国广东杨村华侨柑橘场 2 000 hm² 柑

橘的“三落三起”案例,已充分证明了其作用。该措施近年来在巴西的实践证明,规模较大的果园业主的联合应用还是非常有效的,巴西柑橘主产区圣保罗州实施此项措施的区域,黄龙病已基本处于低度流行状态,其全国柑橘产量已再度越过 2 000 万 t,这让巴西人树立了信心。同时,他们在新建果园时,为避免木虱因趋阳性加速传播黄龙病的环节上,亦实施密植措施,由过去的 667 m² 栽 24 株改成了目前的 42 株,我国相对他们而言,总体密植度更高。可见,“三板斧”措施仍然具有生命力!在近年江西赣州的赣县、广东新会、广西桂林等地也有许多非常成功的案例。然而,面对我国柑橘生产主体“千家万户的散户果农”,在落实“及时砍除病树”措施时要面对不同体制下的业主“物权纠纷”,在执行“大面积联防联控木虱”时面临“组织难点”,在发展优良品种时,农民自繁自育和销售一直都受到《种子法》保护,面临无计划性种苗失控问题。实践中还面临“砍树补偿机制等问题导致果农惜砍”、“地方公共植保职能因管理部门事权分割而难以协同”等诸多问题,导致区域联防联控、区域内综合治理的防控机制难以落实,还时常受价格波动影响出现管理粗放或果园失管问题,部分新发或零星疫情区因贻误最佳防控时机而成片毁园。这使得部分专家、管理者和果农对“三板斧”措施的生命力产生了质疑,有的科学家甚至提出“既然是检疫对象,就应该彻底消灭!”的观点,一个区域一旦木虱传入并形成群落,要消灭几乎不可能,现实的做法是将其控制在发病率 3% 以下的低度流行状态。换句话讲,面对现实中的生产主体,我们确实有必要思考研发更加切合我国实际的简便防控甚至防治措施,需要科技与行政双轮驱动!

3.3 对黄龙病的综合治理路在何方?

因病原菌纯培养这一世界性难题尚未攻克,制约了对病原菌理化性状的深入研究及病原治理技术的研发,同时也因此难以制备其抗体以研制黄龙病田间精准快速诊断试纸条,加大了对柑橘缺素黄化等生理性病害的田间快速甄别难度。自 2009 年至今,通过木虱或寄主富集病菌,完成了对该难养细菌 3 个种 10 余个分离株的全基因组测序工作,发现该菌基因组前噬菌体区域变异较大,亦有转录组、代谢组学上的不少研究积累,但尚无能应用于防治的研究成果,今年美国加州大学 Wenbo Ma 团

队^[18]发现该菌具保守性的分泌效应子(SDE1)与柑橘类似木瓜蛋白酶的互作机制,或许对其防治能有所帮助。目前木虱高效监测预警技术体系尚不完善,滞后了应急扑灭反应速度,对不同生态区域柑橘木虱发生消长成灾机制及其抗药性现状研究也不够系统,一定程度上制约了木虱防控药剂研发及综合治理技术水平,微生物农药、矿物源农药、木虱天敌人工大规模饲养及大面积释放技术仍然比较匮乏,单一施用化学农药导致的木虱抗药性增强、果品安全、生态环境恶化等诸多风险聚积。病原-媒介昆虫-寄主互作机制研究更是相对滞后,机理性解析存在障碍。

针对上述科学问题,美国、巴西和中国等国家,都聚集了研究队伍开展相关研究,与美国和巴西对其研发经费的投入相比较,我国存在明显差距。以美国为例,近十年来已累计投入 6.94 亿美元(按当前人民币汇率折算 46 亿元)^[11],而我国同期累计投入各级各类针对此病的研发项目经费约 1.4 亿元(含国家行业公益、现代柑橘产业技术体系、中国农科院创新工程、省级重大重点计划和正在启动的国家重点研发计划等项目),我国对此病的科技投入仅为美国的 3%,近期科技研发突破性成果仍不多,总体水平仍处于跟跑为主状态!去年农业农村部启动成立了“全国柑橘优势区域黄龙病综合防控协同创新联盟”,推进重大病虫害防控部门间协作联动机制的构建,有效控制柑橘黄龙病等重大果树病虫害扩散蔓延,以保障水果产业可持续健康发展的国际竞争力。

针对当前柑橘黄龙病防控形势依然严峻的现实,一方面需要继续加大基础研发力度,另一方面更需要在农业农村部植保植检系统高度重视此病及其传媒的普查、监测、防控等工作基础上,面对当前实施“三板斧”措施面临的体制机制问题,进一步探索建立以科普宣传特别是负面案例宣传为基础,以政府引导、专业化合作社和企业为防控主体,“村规民约”“片长带动”等民间防控经验为补充的防控新局面,实施分区分类指导治理,以丰富“三板斧”综合防控技术体系。

参考文献

- [1] 泽田兼吉. 柑橘立枯病(豫报)[J]. 台湾农事报, 1913, 83: 903-914.
- [2] REINKING O A. Diseases of economic plants in Southern China [J]. Philippine Agricultural, 1919, 8: 109-135.
- [3] GARNIER M, DANIEL N, BOVÉ J M. The greening organism is a Gram negative bacterium [C]// Proceedings of 9th Conference of International Organization of Citrus Virologists (IOCV), Riverside, California, USA: IOCV, 1984: 115-124.
- [4] MCCLEAN A P D, OBERHOLZER P C J. *Citrus psylla*, a vector of the greening disease of sweet orange [J]. South African Journal of Agricultural Science, 1965, 8(1): 297-298.
- [5] CAPOOR S P, RAO D G, VISWANATH S M. *Diaphorina citri* Kuway, a vector of the greening disease of citrus in India [J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 1967, 37(6): 572-575.
- [6] MARTINEZ A L, WALLACE J M. Citrus leaf mottle-yellows disease in the Philippines and transmission of the causal virus by psyllid, *Diaphorina citri* [J]. Plant Disease Reporter, 1967, 51(8): 692-695.
- [7] 广西柑桔黄龙病研究小组. 柑桔木虱和柑桔黄龙病[J]. 柑桔科技通讯, 1977(S1): 23-24.
- [8] BOVÉ J M. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus [J]. Journal of Plant Pathology, 2006, 88(1): 7-37.
- [9] COLETTA-FILHO H D, TARGON M, TAKITA M A, et al. First report of the causal agent of Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) in Brazil [J]. Plant Disease, 2004, 88(12): 1382.
- [10] SUTTON B, DUAN Y P, HALBERT S, et al. Detection and identification of citrus Huanglongbing (greening) in Florida, USA [C]// Proceedings of the Second International Citrus Canker and Huanglongbing Research Workshop, Orlando, FL, USA, 2005: 59.
- [11] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. A review of the citrus greening research and development efforts supported by the citrus research and development foundation: Fighting a ravaging disease [M]. Washington DC: The National Academies Press, 2018: 1-289.
- [12] 赵学源. 柑橘黄龙病防治研究工作回顾[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 1-254.
- [13] 林孔湘. 柑桔黄梢(黄龙)病研究 II-关于病原的探讨[J]. 植物病理学报, 1956, 2(1): 13-42.
- [14] 广西柑桔黄龙病研究小组. 利用四环素、土霉素治疗柑桔黄龙病的效果(初报)[J]. 柑桔科技通讯, 1975(1): 31-34.
- [15] 林孔湘, 骆学海. 柑桔黄梢(黄龙)病热治疗的初步研究[J]. 植物保护学报, 1965, 4(2): 169-175.
- [16] 蒋元晖, 赵学源, 苏维芳, 等. 通过茎尖嫁接脱除柑桔黄龙病病原体[J]. 植物保护学报, 1987, 14(3): 184, 162.
- [17] HU Yan, ZHONG Xi, LIU Xuelu, et al. Comparative transcriptome analysis unveils the tolerance mechanisms of *Citrus hystrix* in response to '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' infection [J/OL]. PLoS ONE, 2017, 12(12): e0189229.
- [18] CLARK K, FRANCO J Y, SCHWIZER S, et al. An effector from the Huanglongbing-associated pathogen targets citrus proteases [J]. Nature Communications, 2018, 9(1718): 1-11.

(责任编辑: 田 喆)