

海南甜瓜的主要病毒病及其防控措施

王敏¹, 邱艳红², 古勤生³, 陈建军¹, 王锋¹,
徐秀兰², 李茂营², 许勇², 叶云峰⁴, 柳唐镜⁴

(1. 海南省农业科学院三亚研究院 海南三亚 572000; 2. 北京市农林科学院蔬菜研究所 北京 100097; 3. 中国农业科学院郑州果树研究所 郑州 450009; 4. 广西壮族自治区农业科学院园艺研究所 南宁 530007)

摘要: 甜瓜是我国重要的蔬菜作物, 海南是我国重要的甜瓜产区, 而病毒病的发生严重影响了海南甜瓜的生产。综述了近几年在海南发生的较为严重的几种病毒病害, 并在此基础上分析了病毒病的流行原因, 并提出了相应的防控措施。及时了解病毒病害发生的种类、有效使用化学药剂防控田间传播介体、培育抗病品种是当前防控病毒病害的重要举措, 旨在为甜瓜的安全生产、病毒病害防治提供科学依据和参考。

关键词: 甜瓜; 病毒病; 病原鉴定; 传播途径; 防控措施

中图分类号: S652 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-2871(2023)03-015-06

Main virus diseases and the control measures of melon in Hainan Province

WANG Min¹, QIU Yanhong², GU Qinsheng³, CHEN Jianjun¹, WANG Feng¹, XU Xiulan², LI Maoying², XU Yong², YE Yunfeng⁴, LIU Tangjing⁴

(1. Sanya Research Institute, Hainan Academy of Agricultural Sciences, Sanya 572000, Haian, China; 2. Vegetable Research Institute, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 3. Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, Henan, China; 4. Horticultural Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, 530007, Guangxi, China)

Abstract: Melon is an important vegetable crop in China, and Hainan is one of the important melon producing areas. However, the occurrence of virus diseases seriously affects the production of melon. In this paper, we summarized the serious virus diseases that occurred in Hainan Province in recent years, also analyzed reasons for the viral epidemic and further proposed the relevant prevention and control measures. Many important measure, including timely investigate the virus species, select effective chemicals to control transmission vectors in the field and breed resistant species, should be taken to effectively prevent and control virus diseases. This study aims to provide a theoretical basis and reference for the safety production of melon and the prevention of viral diseases.

Key words: Melon; Virus disease; Pathogen identification; Transmission Pathway; Prevention and control measures

海南作为中国唯一的热带海岛地区, 在秋冬季与冬春季具有得天独厚的气候优势。经过多年产业发展与技术提升, 海南陵水县、三亚市、乐东县、东方市近 200 km 海岸线附近已经形成了全球最大最集中的甜瓜产区。海南甜瓜的年播种面积超过 3.34 万 hm², 产量达到 101 亿 t^[1], 成为仅次于芒果的第二大高效园艺作物, 已成为海南农民致富和乡村

振兴的重要产业。

然而, 多年的连作种植导致病毒病问题日益突出, 病毒种类越来越多, 发生范围越来越广。病毒病的防控主要依赖于防治传播病毒的昆虫介体, 而常年化学药剂的使用又导致虫害抗药性增强, 进一步加剧了病害的传播扩散。因此, 加强甜瓜病毒病害的监测, 做好田间传播介体防控, 创制抗病品种

收稿日期: 2022-10-11; 修回日期: 2023-01-29

基金项目: 国家西甜瓜产业技术体系(CARS-25); 海南省农业科学院科技创新团队稳定引导经费(HAAS2022TDYD03); 广西壮族自治区八桂学者项目(2016A11)

作者简介: 王敏, 男, 研究员, 主要从事西甜瓜栽培育种。E-mail: 13005022331@163.com

共同第一作者: 邱艳红, 女, 助理研究员, 主要从事植物病毒研究。E-mail: qiuyanhong@nrcv.org

通信作者: 柳唐镜, 男, 正高级农艺师, 主要从事瓜类作物种质创新与遗传改良研究工作。E-mail: gxaas_lj@163.com

是目前防控病毒病的重要措施。

1 侵染海南甜瓜的病毒种类

已报道的国内外可侵染葫芦科作物的病毒约86种^[2],我国已发生的至少26种^[3]。如黄瓜绿斑驳花叶病毒(cucumber green mottle mosaic virus, CGMMV)、小西葫芦黄花叶病毒(zucchini yellow mosaic virus, ZYMV)、西瓜花叶病毒(watermelon mosaic virus, WMV)、番木瓜环斑病毒(papaya ring spot virus, PRSV)、黄瓜花叶病毒(cucumber mosaic virus, CMV)、瓜类褪绿黄化病毒(cucurbit chlorotic yellows virus, CCYV)、瓜类蚜传黄化病毒(cucurbit aphid-borne yellows virus, CABYV)、甜瓜黄斑病毒(melon yellow spot virus, MYSV)、甜瓜坏死斑点病毒(melon necrotic spot virus, MNSV)^[4]、中国南瓜曲叶病毒(squash leaf curl China virus, SLCCNV)^[5]等。近几年,新的病毒种类不断出现,如甜瓜内源病毒(cucumis melo endornavirus, CMEV)^[6]、西瓜银斑驳病毒(watermelon silver mottle virus, WSMoV)^[7]等。我国的甜瓜种植范围广泛,受地理环境、栽培模式、品种以及气候环境等因素的影响,不同地区病毒种类存在差异。笔者总结和分析了几种在海南危害较重的病毒病害,为甜瓜的安全生产和种植提供理论基础。

1.1 甜瓜黄斑病毒(MYSV)

MYSV为番茄斑萎病毒科(*Tospoviridae*)正番茄斑萎病毒属(*Orthotospovirus*)成员。侵染甜瓜后可引起新生叶片明脉、褪绿黄化斑点,后期会出现坏死斑症状(图1)。若早期侵染,会使果实风味变差,品质下降。1992年首次在日本的甜瓜种植基地发现,2009年在我国海南三亚的甜瓜上发现^[8]。目前,MYSV已在海南的多个瓜类产区发生。2020年,车海彦等^[9]对海南岛的西瓜病害进行调研时发现,MYSV在6个西瓜产地(万宁、陵水、三亚、乐东、东方和昌江)中均有检出,检出率为60.90%;郭静依等^[10]在2019—2020年调研时发现MYSV在海南三亚发生率极高,在一些黄瓜产区其感染率可达100%。笔者研究团队于2022年3—5月在海南乐东、三亚以及东方3个甜瓜产区采集了17份感病甜瓜样品,在16份甜瓜样品中检出了MYSV(未发表)。

截止到目前,发现该病毒不仅可侵染西瓜、甜瓜、黄瓜和苦瓜等葫芦科作物,也可侵染13种杂草,其中宝盖草(*Lamium amplexicaule* L.)、铁苋菜



图1 MYSV侵染甜瓜后可引起黄化褪绿斑点症状

(*Acalypha australis* L.)和球序卷耳(*Cerastium glomeratum* Thuill.)为MYSV传播介体——棕榈蓟马成虫的杂草寄主^[10]。此外,近年的研究还发现该病毒可侵染蚕豆(Broad Beans, *Vicia faba* L.)^[11]。因而,在田间种植过程中应该注意杂草和轮作作物上携带的MYSV病毒。

1.2 西瓜银斑驳病毒(WSMoV)

WSMoV与MYSV同属于番茄斑萎病毒科(*Tospoviridae*)正番茄斑萎病毒属(*Orthotospovirus*)。国内报道的可危害寄主包括西瓜^[12]、辣椒^[13]、甜椒^[14]和番茄^[15],引起叶片皱缩、银色斑驳、黄斑、生长点受阻、叶尖坏死等症状。1982年,日本冲绳县的西瓜植株上发现银色斑驳症状^[16],随后在中国台湾出现^[17]。2011年,在中国广东的西瓜植株上发现该病毒^[18]。2022年李战彪等^[7]调研发现WSMoV在广西西瓜和甜瓜种植区发生普遍。笔者团队在海南的甜瓜产区也监测到了WSMoV,且多与MYSV复合侵染,症状更为复杂(图2)。鉴于WSMoV在



图2 WSMoV与MYSV复合侵染甜瓜田间症状

海南岛的很多西瓜产区已有不同程度的发生^[9],推测其很可能会成为海南甜瓜作物或其他葫芦科作物上的高风险病毒。

1.3 中国南瓜曲叶病毒(SLCCNV)

SLCCNV属于双生病毒科(*Geminiviridae*)菜豆金色黄花叶病毒属(*Begomovirus*),可引起植株矮小,叶片黄化、褪绿以及皱缩等症状。1994年洪益国等^[19]在南瓜上发现了该病毒,在海南地区南瓜上也有该病毒的报道^[20]。2012年,吴会杰等^[5]在海南三亚的甜瓜上发现了SLCCNV。此外,SLCCNV还能侵染冬瓜[*Benincasa hispida*(Thunb.)Cogn.]^[21]、哈密瓜^[22]、葫芦和越瓜^[23]等葫芦科作物。该病毒由烟粉虱(*Bemisia tabaci*)以持久性侵染方式进行传播,不能通过机械摩擦等方式传播。由于烟粉虱在田间普遍发生,且海南地区葫芦科作物种植种类丰富,因此应加强该病毒的检测监测,以避免该病毒

大规模发生。

1.4 番木瓜环斑病毒(PRSV)

PRSV属于马铃薯Y病毒科(*Potyviridae*)马铃薯Y病毒属(*Potyvirus*)。1959年国内首次报道了PRSV^[24]。自1964年PRSV在我国华南地区开始流行^[25]。目前,PRSV可侵染甜瓜、西瓜、西葫芦、苦瓜等作物。根据寄主范围,将PRSV分为2个株系:番木瓜环斑病毒番木瓜株系(PRSV-P)和番木瓜环斑病毒西瓜株系(PRSV-W)。PRSV-P可侵染番木瓜和葫芦科作物,而PRSV-W只侵染葫芦科作物^[24]。在田间PRSV也多与其他危害葫芦科作物病毒如CMV, ZYMV, WMV等复合侵染,引起植株矮化、叶片褪绿和畸形等症状^[2,9]。PRSV主要通过蚜虫以非持久性方式传播,也可以通过机械摩擦等方式传播。

1.5 瓜类褪绿黄化病毒(CCYV)

CCYV属于长线病毒科(*Closteroviridae*)毛行病毒属(*Crinivirus*)。2004年最早在日本的甜瓜上发现,2007年,上海地区的哈密瓜上发现了类似CCYV侵染症状^[26]。CCYV不仅可侵染西瓜、甜瓜、南瓜、黄瓜和西葫芦等瓜类作物,还能侵染甜菜(*Beta vulgaris* L.)、杖藜(*Chenopodium giganteum* D. Don)、藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.)、菠菜(*Spinacia oleracea* L.)、莴苣(*Lactuca sativa* L.)、曼陀罗(*Datura stramonium* L.)、本氏烟草(*Nicotiana benthamiana* Domin)^[27]、喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides* Mart.)^[28]、山药^[29]、地黄^[30]等,其危害症状受寄主等因素影响表现差异较大。在瓜类作物上危害较重,能引起叶片黄化褪绿,但叶脉保持绿色,症状由下及上发展^[31](图3)。CCYV可通过烟粉虱以半持久的方式进行传播,不能通过机械摩擦等方式传播。



图3 CCYV危害甜瓜田间症状

2 发生原因

2.1 传播途径

病毒的传播途径主要有机械传播、昆虫介体传播以及种子带毒。自然条件下很多病毒可通过多种方式进行传播,如 ZYMV、WMV、PRSV、CMV 等,既可以通过蚜虫的非持久性方式传播,也可以通过摩擦接种传播;MYSV 可以通过棕榈蓟马持久性传播,也可以通过摩擦接种传播^[10]。

昆虫介体的传播是目前病毒病的发生流行的重要因素。海南地区普遍发生的昆虫介体包括蚜虫、蓟马和烟粉虱等。蚜虫居世界传病毒昆虫之首,传播的病毒约占昆虫传播病毒种类的 50%^[32]。甜瓜上的很多病毒通过蚜虫传播,如 ZYMV、WMV、PRSV、CMV、CABYV、甜瓜蚜传黄化病毒(melon aphid-borne yellows virus, MABYV)等。蓟马传播的正番茄斑萎病毒属(*Orthotospovirus*)病毒对农业生产造成灾难性破坏。如棕榈蓟马传播的 MYSV 和 WSMoV,通过西花蓟马传毒的番茄斑萎病毒(tomato spotted wilt virus, TSWV)。蓟马在 1~2 龄若虫时在病株上取食即可获毒,获毒后可以终生传毒,最终是在成虫阶段依赖于成虫摄食过程中将病毒传播给健康植物,而未获毒的蓟马成虫即使取食染毒植株也不能获毒。蓟马在成虫阶段具迁飞能力,因而进一步加大了病毒的传播扩散范围^[33]。研究发现在感染 MYSV 的黄瓜温室中棕榈蓟马感染 MYSV 的比例约 33.3%,且植株感病率随着带毒蓟马数量和取食时间的增加而明显升高^[33]。烟粉虱可传播 400 多种植物病毒^[34-35],主要是双生病毒科(*Geminiviridae*)的菜豆金色花叶病毒属(*Begomovirus*)的成员,如 SLCCNV、番茄黄化曲叶病毒(tomato yellow leaf curl virus, TYLCV),新德里番茄曲叶病毒(tomato leaf curl New Dehli virus, ToLCNDV)^[36];此外,还能传播包括长线病毒科(*Closteroviridae*)的毛病毒属(*Crinivirus*)病毒,如 CCYV、番茄褪绿病毒(tomato chlorosis virus, ToCV)等。由于烟粉虱体被蜡质、寄主范围广泛、繁殖能力强、对化学药剂抗药性的产生速度远高于其他的昆虫,其已成为海南设施甜瓜上的重要害虫之一^[37]。Tang 等^[28]通过对海南省云龙镇、新竹镇、永发镇等地的病害调研,发现露地黄瓜感染 CCYV 约 62.6%,而烟粉虱带毒率约 55.0%,病毒的流行趋势与昆虫介体的传播直接相关。因此,要依据田间病毒发生情况,选择有效的防控手段来控制病毒的传播。

2.2 气候环境影响

海南南部是甜瓜种植的主产区,该地区温度较高,降雨量少,特别是气温偏高、干旱的年份病毒病发生较重。持续干旱、高温、少雨的气候条件,非常有利于烟粉虱、蓟马等虫害的发生。据报道,在海南南部地区,春节过后是蓟马和白粉虱的发生高峰期,而蚜虫一年四季均有发生,尤其是种植中后期虫口密度最大^[38]。林珠凤等^[39]在 2014 年 3 月和 11 月、以及 2015 年 1 月和 4 月调研海南冬季瓜菜主要病虫害种类,发现有近 60 余种瓜菜病虫害发生,且危害重、发生周期长。其中,蓟马类、烟粉虱等的危害最为严重。何石兰^[40]于 2021 年 5 月至 2022 年 5 月开展了海南省琼北地区蔬菜病害调研,发现蓟马的危害从 12 月开始可持续到次年 3 月份。甜瓜生产上一年多茬和采用连栋大棚避雨的栽培方式给烟粉虱、蓟马等传播媒介提供了较好的生存条件,尤其是烟粉虱,在温室大棚中烟粉虱无越冬现象,可终年繁殖,导致烟粉虱世代重叠、种群爆发式增长,对设施蔬菜造成了极为严重的损失^[41]。

2.3 栽培品种

海南种植的甜瓜种类很多,笔者团队前期采集的不同甜瓜品种翠甜、金香玉、都蜜 5 号、红冠等,均检测出了 WSMoV 和 MYSV,但田间症状轻重程度不同,说明不同品种在抗病性上表现不一(未发表)。甜瓜,尤其是野生甜瓜(*agrestis*)中有很多抗病毒资源^[42],如抗 PRSV、ZYMV 和 TYLCNDV 的 PI 414723;抗 CCYV 的 JP138332;抗 CMV、甜瓜坏死斑点病毒(melon necrotic spot virus, MSNV)和 Kyuri 绿斑驳花叶病毒(kyuri green mottle mosaic virus, KGMMV)的 PI 161375;抗 CABYV 的 PI 313970;抗 WMV 和 CABYV 的 TGR-1551 等,但抗 MYSV 和 WSMoV 的甜瓜品种尚未有报道。选育抗性品种、挖掘抗性基因是目前防控病毒病害的重要工作。

3 防控措施

甜瓜病毒病目前没有特效的专用药物和抗病病毒品种,培育抗病毒品种,才是最根本的防治途径,目前较耐病毒病的品种有黄梦脆、都蜜橙 6 号等^[43]。该病的防治重点是提高植物抗性,控制传毒介体^[43],即尽量阻隔或减少蓟马、烟粉虱等传毒介体数量和尽量减少带毒植物。采用的防控措施主要有以下几项:

3.1 诱导植株抗性

可以采用阿泰灵诱导植株抗性,也可以增施腐植酸肥料提高植株抗病性;或喷施叶面肥提高植株营养水平和对病害的抵抗力^[44]。

3.2 种子消毒

甜瓜种子用 55~60 °C 温水浸种 15 min 后捞出,再用 10% 的磷酸三钠溶液浸种 3 h 后播种。

3.3 防虫网和粘虫板

苗圃必须用双层 60~80 目纱网围护,防止蓟马、烟粉虱等小型传毒介体进入,同时棚内每 6 m² 悬挂黄蓝板各 1 张。大棚入口处注意做缓冲间,检查整个大棚有无破损处,发现破损及时缝补。

3.4 大棚采用 UVA 阻隔抗虫覆盖膜

将阻隔蓟马等昆虫敏感波段的 UVA 添加剂,通过特有技术加入大棚覆盖膜中,在保证膜的正常使用且寿命不受影响的前提下制成具有防虫性能的薄膜。

3.5 减少传染源

播前彻底清除田间杂草,苗期和定植后棚内、棚旁边所有的杂草、枯枝和败叶都要清理干净,整枝打杈时健、病株要分开进行;发现比较严重的病株立即拔除销毁,病株集中后最好用土掩埋;处理病株结束后,工作人员要用肥皂洗手,以防田间农事操作时人为传播病毒。

3.6 加强肥水管理

病毒病多发在冬春季干旱时,定植后肥水要足,不要控苗,促使植株早期较快生长。

3.7 化学防治媒介昆虫

苗期采用 25% 噻虫嗪水分散粒剂 2500 倍液灌根处理,蓟马、烟粉虱等虫害发生初期用 22.4% 螺虫乙酯悬浮剂 2000 倍液、10% 溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂 800 倍液、10% 溴虫脲悬浮剂 1000 倍液等药剂喷雾防治。隔 5 d 左右喷施 1 次,连续防治 2~3 次。药剂要交替使用,以免产生抗药性。

4 展望

海南是我国甜瓜的冬春季重要产区,全年均可种植,品种类型丰富,其中三亚、乐东佛罗的哈密瓜已享誉国内外。然而,近几年病毒病的频繁发生已成为限制甜瓜产业可持续发展的重要因素之一。高效抗病毒药物的稀缺,导致当前病毒病的防控主要依赖于控制昆虫介体的传播,化学药剂过度使用现象比较普遍。做好种子消毒处理、及时了解病毒病发生的种类、有效使用化学药剂防控田间传播介体、创制抗病品种等是当前防控病毒病的重要举

措。海南地区需要根据自身的种植环境特点以及栽培模式,提出适宜的病毒防控策略,探索形成因地制宜的绿色防控模式。

参考文献

- [1] 海南省统计局. 海南省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- [2] 杨柳, 祝佳颖, 任春梅, 等. 江苏省主要葫芦科作物病毒种类及分布[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(1): 65-72.
- [3] 刘勇, 李凡, 李月月, 等. 侵染我国主要蔬菜作物的病毒种类、分布与发生趋势[J]. 中国农业科学, 2019, 52(2): 239-261.
- [4] 吴会杰, 古勤生. 甜瓜坏死斑点病毒研究进展[J]. 中国瓜菜, 2015, 28(6): 1-4.
- [5] WU H J, LI M, HONG N, et al. Molecular and biological characterization of melon-infecting squash leaf curl China virus in China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2020, 19(2): 570-577.
- [6] ZENG R, XU L H, GAO S G, et al. First report of cucumis melo endornavirus on Cucumis melo in China[J]. Journal of Plant Pathology, 2020, 102(4): 1355.
- [7] 李战彪, 杨世安, 秦碧霞, 等. 西瓜和甜瓜上西瓜银斑驳病毒的鉴定及广西分离物 SRNA 序列分析[J/OL]. 植物病理学报, [2022-08-31]. <https://doi.org/10.13926/j.cnki.apps.000813>.
- [8] Gu Q S, WU H J, CHEN H Y, et al. Melon yellow spot virus identified in China for the first time[J]. New Disease Reports, 2012, 25(1): 7.
- [9] 车海彦, 曹学仁, 贺延恒, 等. 海南岛西瓜病毒病种类鉴定及发生分布[J]. 植物病理学报, 2020, 50(5): 632-636.
- [10] 郭静依, 肖春雷, 符启位, 等. 侵染葫芦科作物的甜瓜黄斑病毒研究进展[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(8): 1-6.
- [11] SUN K, ZHANG P J, LIU G F, et al. First report of Melon yellow spot virus in broad beans (*Vicia faba*) in China[J]. Plant Disease, 2020, 104(7): 2035.
- [12] RAO X, LIU Y, WU Z, et al. First report of natural infection of watermelon by Watermelon silver mottle virus in China[J]. New Disease Reports, 2011, 24: 12.
- [13] 汤亚飞, 何自福. 广东辣椒上首次检测到西瓜银斑驳病毒[J]. 园艺学报, 2015, 42(11): 2261 - 2266.
- [14] 谢慧婷, 崔丽贤, 秦碧霞, 等. 侵染广西甜椒的西瓜银斑驳病毒分子鉴定[J]. 植物病理学报, 2021, 51(3): 474-477.
- [15] YIN Y Y, LI T T, LU X, et al. First report of Watermelon silver mottle virus infecting tomato in Yunnan, China[J]. Journal of Plant Pathology, 2016, 98(3): 681-681.
- [16] IWAKI M, HONDA Y, HANAKA K, et al. Silver mottle disease of watermelon caused by Tomato spotted wilt virus[J]. Plant Disease, 1984, 68(11): 1006-1008.
- [17] YE H S D, CHANG T F. Nucleotide-sequence of the n-gene of Watermelon silver mottle virus, a proposed new member of the genus *Tospovirus*[J]. Phytopathology, 1995, 85(1): 58-64.
- [18] RAO X Q, LIU Y, WU Z, et al. First report of natural infection of watermelon by Watermelon silver mottle virus in China[J]. New Disease Reports, 2011, 24: 12.
- [19] 洪益国, 蔡健和, 王小凤, 等. 中国南瓜曲叶病毒: 一个双生病毒新种[J]. 中国科学(B 辑 化学 生命科学 地学), 1994(6):

- 608-613.
- [20] 郭小建. 四种双生病毒的分子鉴定[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [21] RIYAZ M. First report on a variant of *Squash leaf curl China virus* (SLCCNV) infecting *Benincasa hispida* in India[J]. *New Disease Reports*, 2013, 28(1): 20.
- [22] 林韶东, 车海彦. 海南乐东哈密瓜粉虱传双生病毒的 PCR 检测[J]. *热带生物学报*, 2013, 4(2): 124-128.
- [23] 张丽, 汤亚飞, 李正刚, 等. 侵染广东省葫芦科作物的中国南瓜曲叶病毒的分子特征[J]. *中国农业科学*, 2021, 54(19): 4097-4109.
- [24] UMER M, MUBEEN M, IFTIKHAR Y, et al. Papaya ring spot virus: an understanding of a severe positive-sense single stranded RNA viral disease and its management[J]. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 2022, 91(10): 2099-2110.
- [25] 任佩喻, 范怀忠. 番木瓜花叶病毒初步调查研究[J]. *植物保护学报*, 1964, 3(4): 432.
- [26] ZENG R, DAI F M, CHEN W J, et al. First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* infecting melon in China[J]. *Plant Disease*, 2011, 95(3): 354-354.
- [27] OKUDA M, OKAZAKI S, YAMASAKI S, et al. Host range and complete genome sequence of *Cucurbit chlorotic yellows virus*, a new member of the genus *Crinivirus*[J]. *Phytopathology*, 2010, 100(6): 560-566.
- [28] TANG X, SHI X B, ZHANG D Y, et al. Detection and epidemic dynamic of ToCV and CCYV with *Bemisia tabaci* and weed in Hainan of China[J]. *Virology Journal*, 2017, 14(1): 169-176.
- [29] 韦建明, 岳宁波, 李云洲. 贵州首次报道瓜类褪绿黄化病毒侵染山药[J/OL]. [2022-04-27] *植物病理学报*, <http://doi.org/10.13926/j.cnki.apps.000647>.
- [30] 庄新建, 郭泉, 丁诗文, 等. 河南温县地黄上瓜类褪绿黄化病毒的鉴定及其 CP 序列分析[J]. *植物病理学报*, 2022, 52(2): 296-300.
- [31] 张培培, 刘紫征, 耿晓进, 等. 我国主要甜瓜病毒的研究及防治[J]. *广东蚕业*, 2020, 54(6): 21-23.
- [32] 范元兰, 陈敏, 王其刚, 等. 植物蚜虫及其抗性研究进展[J]. *江苏农业科学*, 2020, 48(14): 33-44.
- [33] 张蓓蓓, 何海芳, 张泽龙, 等. 蓟马传播的瓜菜病毒病及其防控研究进展[J]. *中国瓜菜*, 2021, 34(6): 1-10.
- [34] 王雨蒙, 何亚洲, 刘树生, 等. 烟粉虱传播植物病毒特性及机制研究进展[J]. *科学通报*, 2020, 65(15): 1463-1475.
- [35] 关雪, 胡琼波. 烟粉虱传播的植物病毒病及其化学防治研究进展[J]. *广东农业科学*, 2020, 47(6): 63-69.
- [36] SISKOS L, CUI L, WANG C, et al. A new challenge in melon resistance breeding: the ToLCNDV case[J]. *Euphytica*, 2022, 218(9): 129.
- [37] 万三连, 刘勇, 王爽, 等. 5 种药剂对海南甜瓜烟粉虱的毒力测定[J]. *中国瓜菜*, 2015, 28(2): 28-30.
- [38] 方世凯, 陈崇森. 海南秋冬种西瓜甜瓜病毒病发生原因及防治对策[J]. *植物医生*, 2003, 16(6): 2-4.
- [39] 林珠凤, 吉训聪, 潘飞, 等. 海南省冬季瓜菜农药使用现状调查与分析[J]. *昆虫学报*, 2016, 59(11): 1282-1290.
- [40] 何石兰. 海南琼北蔬菜病虫害发生与农药使用调查[J]. *热带农业科学*, 2022, 42(12): 98-105.
- [41] 翁良宏, 翟勤, 刘苏. 22%联苯·噻虫嗪悬乳剂对烟粉虱和温室白粉虱的防治效果研究[J]. *现代农业科技*, 2022(14): 52-58.
- [42] MARTIN-HERNANDEZ A M, PICO B. Natural resistances to viruses in Cucurbits[J]. *Agronomy Basel*, 2021, 11(1): 23.
- [43] 史晓斌, 张战泓, 欧阳娴, 等. 蔬菜主要病毒病绿色防控技术[J]. *中国蔬菜*, 2020(3): 90-93.
- [44] 米国全, 唐艳领, 牛莉莉, 等. 危害我国番茄的重要病毒病及防控措施[J]. *中国瓜菜*, 2021, 34(10): 8-14.