

杨 柳, 况佳颖, 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.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2022.01.007

江苏省主要葫芦科作物病毒种类及分布

杨 柳¹, 况佳颖², 任春梅¹, 缪 倩¹, 陆 芳¹, 季英华¹, 程兆榜¹

(1. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 江苏 南京 210014; 2. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 葫芦科作物在江苏省蔬菜作物生产中具有重要的地位。为明确江苏省葫芦科作物上主要病毒的种类和分布, 本研究于2019年6月–2020年11月在江苏省内7个地区的7种葫芦科作物上共采集了693份样品, 采用分子生物学方法对样品进行了检测鉴定。结果共检出9种病毒, 以马铃薯Y病毒属病毒最为常见, 其中小西葫芦黄花叶病毒(ZYMV)在各地区的检出率最高, 在各个物种中的检出率也较高。检测结果还显示, 在各个地区的各种作物上普遍存在复合侵染现象, 复合侵染中病毒种类最多达4种, ZYMV和西瓜花叶病毒(WMV)的复合侵染率最高。本研究结果有助于了解江苏省内葫芦科作物病毒病的发生情况, 为有效预防和控制病毒病害的发生和传播提供理论依据。

关键词: 葫芦科作物; 植物病毒; 种类鉴定; 分布

中图分类号: S642; S432.4⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2022)01-0065-08

Variety and distribution of major viruses infecting Cucurbitaceae crops in Jiangsu province

YANG Liu¹, KUANG Jia-ying², REN Chun-mei¹, MIAO Qian¹, LU Fang¹, JI Ying-hua¹,
CHENG Zhao-bang¹

(1. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Cucurbitaceae crops play an important role in the production of vegetables in Jiangsu province. To identify the types and distribution of major viruses on Cucurbitaceae crops, 693 samples were collected from seven species of Cucurbitaceae crops in seven locations in Jiangsu province from June 2019 to November 2020. The samples were detected and identified by molecular biological methods. The results showed that a total of nine kinds of viruses were detected, and viruses from *Potyvirus* were common. The detection rate of zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) was the highest in all regions and was high in all species. The results also showed that mixed virus infections were prevalent in different Cucurbitaceae crops of different locations, and up to four viruses were found in mixed infections in the tested samples, among which ZYMV and watermelon mosaic virus (WMV) co-infection showed the highest frequency. The results can help to understand the occurrence of virus diseases in Cucurbitaceae crops in Jiangsu province and provide a theoretical basis for effective prevention and control of viral diseases propagation.

Key words: Cucurbitaceae crops; plant virus; pathogen identification; distribution

收稿日期: 2021-05-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(31501610); 公益性行业(农业)科研专项(201303028)

作者简介: 杨 柳(1984–), 女, 江苏徐州人, 博士, 助理研究员, 研究方向为蔬菜病毒病。(E-mail) suiying@126.com

通讯作者: 程兆榜, (E-mail) onlyone8501@126.com

葫芦科作物广泛分布于亚热带、热带和温带地区, 具有重要的食用和药用价值, 在中国也是一种广泛种植的重要经济作物。江苏省是蔬菜种植大省, 葫芦科作物也有大面积分布。目前, 江苏省内种植的葫芦科作物主要有西瓜、甜瓜、黄瓜、丝瓜、冬瓜、

南瓜、西葫芦、瓠瓜、苦瓜等,其种植方式基本可分为露地栽培和设施栽培。

葫芦科作物在栽培过程中经常会受到病毒病的危害,随着江苏省内葫芦科作物种植规模的扩大,病毒病的发生也愈加频繁,严重影响了作物的产量和质量,往往会造成重大经济损失。侵染葫芦科作物的病毒种类很多,根据古勤生等^[1]的统计结果,葫芦科作物病毒种类共计38个确定种,9个暂定种和1种类病毒^[1]。随着人们对葫芦科病毒研究的不断深入,根据林石明等^[2]的统计结果,国内外报道的为害葫芦科作物的病毒种类已达到86种,这些病毒共涉及15个科、24个属。国内报道的经常为害葫芦科作物的病毒大约有10种,主要为烟草花叶病毒(Tobacco mosaic virus, TMV)、黄瓜花叶病毒(Cucumber mosaic virus, CMV)、西瓜花叶病毒(Watermelon mosaic virus, WMV)、小西葫芦黄花叶病毒(Zucchini yellow mosaic virus, ZYMV)、黄瓜绿斑驳花叶病毒(Cucumber green mottle mosaic virus, CGMMV)、番木瓜环斑病毒(Papaya ringspot virus, PRSV)、南瓜蚜传黄化病毒(Cucurbit aphid-borne yellows virus, CABYV)、南瓜花叶病毒(Squash mosaic virus, SqMV)、甜瓜坏死斑点病毒(Melon necrotic spot virus, MNSV)等^[3-10]。这些病毒通常通过媒介昆虫或者农事操作等途径传播扩散,它们一般会导致寄主发生系统性感染,并表现出各种典型症状,例如花叶、黄化、叶片褪绿、皱缩、畸形以及植株矮小或生长迟缓、果实畸形不可食用、顶端或者系统性坏死等。有些作物上还会发生病毒复合侵染现象,即多种病毒同时感染,而不只有某一种病毒侵染。

目前已有的报道大多针对特定作物上特定种类的病毒病,缺乏较为全面系统的调查鉴定。对江苏省主要葫芦科农作物病毒病的发生情况开展较为全面的普查,对病毒种类进行系统鉴定,可以明确江苏省葫芦科作物上发生的主要病毒病种类、分布乃至扩散趋势,也有利于制定更具有针对性的、更为有效的病害预警和防控策略,从而促进葫芦科作物的生产和发展。本研究于2019年6月-2020年11月在江苏省内7个地点共采集了693份葫芦科作物样品,涵盖了葫芦科中较常种植的7种作物,对其进行了检测鉴定,共检测出9种病毒,其中以马铃薯Y病毒属病毒最为常见。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2019年6月至2020年11月,调查江苏南京、苏州、睢宁、丰县、洪泽、东台、姜堰共7个地区主要葫芦科作物病害情况,在调查过程中对出现斑驳花叶、褪绿、黄化、皱缩、畸形、坏死等疑似病毒病症状的葫芦科植物叶片进行采集。

1.2 总RNA提取及反转录

按照植物多糖多酚RNA提取试剂盒(上海浦迪生物科技有限公司产品)说明书上的步骤提取病叶样品中的总RNA。提取后的总RNA经NanoDrop超微量紫外分光光度计测定浓度和质量后,置于-80℃超低温冰箱保存。反转录使用HiScript II Q RT SuperMix试剂盒(南京诺唯赞生物科技股份有限公司产品),取2 μl上述提取的RNA,按说明书步骤进行操作,获得的cDNA保存于-20℃备用。

1.3 PCR检测

PCR反应使用TaKaRa Ex Taq(宝生物工程(中国)有限公司产品),总体积为25.0 μl,其中2×Ex Taq Mix 12.5 μl,上下游引物各0.5 μl,反转录后的模板cDNA 1.0 μl,用ddH₂O补足至25.0 μl。反应程序为:94℃预变性3 min;94℃变性30 s,退火30 s,退火温度根据不同引物 T_m 值设定,72℃延伸45 s,35个循环;72℃延伸5 min,4℃保存。根据已报道的葫芦科作物常见病毒种类,设立的待检病毒有CMV、TMV、PRSV、CABYV、SqMV、WMV、ZYMV、CGMMV、MNSV、甜菜伪黄化病毒(Beet pseudo-yellows virus, BPYV)、苦瓜黄脉病毒(Bitter melon yellow vein virus, BGYV)、菜豆黄花叶病毒(Bean yellow mosaic virus, BYMV)、小西葫芦绿斑驳病毒(Zucchini green mottle mosaic virus, ZGMMV)、小西葫芦黄点病毒(Zucchini yellow fleck virus, ZYFV)、瓜类褪绿黄化病毒(Cucurbit chlorotic yellows virus, CCYV)、酱瓜绿斑驳花叶病毒(Kyuri green mottle mosaic virus, KGMMV)、甜瓜黄斑病毒(Melon yellow spot virus, MYSV)、黄瓜叶斑病毒(Cucumber leaf spot virus, CLSV)、黄瓜脉黄病毒(Cucumber vein yellowing virus, CVYV)、南瓜脉黄病毒(Squash vein yellowing virus, SqVYV)、瓜类黄矮化失调病毒(Cucurbit yellow stunting disorder virus, CYSDV)、丝瓜黄花叶病毒(Luffa yellow mosaic virus, LYMV)、甜瓜蚜传

黄化病毒 (Melon aphid-borne yellows virus, MABYV)、丝瓜蚜传黄化病毒 (Suakwa aphid-borne yellows virus, SABYV)、摩洛哥西瓜花叶病毒 (Moroccan watermelon mosaic virus, MWMV)、番木瓜花叶病毒 (Papaya mosaic virus, PapMV)、南瓜曲叶病毒 (Squash leaf curl virus, SLCV)、番茄斑萎病毒 (Tomato spotted wilt virus, TSWV)、西瓜叶斑驳病毒

(Watermelon leaf mottle virus, WLMV)、西瓜褪绿矮化病毒 (Watermelon chlorotic stunt virus, WmCSV)、西瓜银斑驳病毒 (Watermelon silver mottle virus, WSMoV), 共计 31 种病毒, 检测引物由南京擎科生物工程股份有限公司合成, 具体序列及信息见表 1。PCR 反应产物经 1% 琼脂糖凝胶电泳后进行观察分析。

表 1 侵染葫芦科作物的主要病毒检测引物

Table 1 Primers used for detection of viruses infecting Cucurbitaceae crops

病毒种类	正向引物 (5'→3')	反向引物 (5'→3')	产物长度 (bp)	退火温度 (°C)
BGYVV	GCCGATGAACAGAAAACCC	GCATGCCACTTCCGTAAGA	411	56
BPYV	GGGAGATAATGGTGATGGC	ACTGATTTAGTGCGGCTTG	359	53
BYMV	GGTGAATGGACAATGATGGATG	CCTCACTAACTGCTTACCCTG	550	55 ^[11]
CABYV	GAAATCCGTCTATGTGCTG	AAGGTGATACTTCCTGTGG	681	49
CCYV	AGAACATGATCAAGTCGTGAGTC	GGTAGGAATGAACTCAGTGTCG	792	53 ^[11]
CGMMV	CCAGACTCAAGCGGGAAGA	GTTCCGATTTAAGTGAACGGGA	447	57
CLSV	AGCAACAGGGCGTAAAAAG	GGTTCGGGAGAAAAAGAAT	781	55
CMV	TCTCATGGATGCTTCTCCGCG	CCGTAAGCTGGATGGACAACC	760	55 ^[11]
CVYV	CCAGGAAGAGACAAACACC	ATCATCGCTCCACCATAAG	973	52
CYSDV	CAATGAAGAACGCCAAACA	CAATTACCACAGCCACCTG	397	54
KGMMV	CTGTTGGTTTCGGCCCAAG	AACGCCACACCGTCATTC	339	61
LYMV	TTATCATTTCAACTCCCGC	ATATTA AAAACCTCCCCAA	451	50
MABYV	GGCATGGGAAGGAGGAGAC	TGGATTGGAGGCGGTTAAG	385	58
MNSV	ACAGAAAACAGAGCCACGC	ACACTTAACCCCTCCAACG	557	55
MWMV	GTCCAACACCAGGGCAACT	TTCTCTTCTCCCCACCAA	495	57
MYSV	TGACGTCATAATTTCACTAGCAG	GTCAACTACCTTTACACATCTGA	588	50 ^[12]
PapMV	TTTACAAGACGCTGGACGG	GGTGGGGGAGCTAACAAT	377	57
PRSV	GACCTACAAGCGTGACTTTAC	CACCCATGCCATGCATCTTTC	703	52 ^[11]
SABYV	TGGAAGAAATCAAAGAGA	AACAGGAAAATCAAGGTAA	341	47
SLCV	GTGCTTTGATAGAGGGGAC	TTACAAGATTGGGCTGATG	449	51
SqMV	AGGCACATTTCGCACTTC	CGATGGTTGCCTTTATGT	354	54 ^[5]
SqVYV	TGAGCCTAACGAAGGAGAG	AGGATTGCTTGCTCAGAAA	591	52
TMV	GATTCGTTTTAAATATGTCCTTAC	CTTCGATTTAAGTGGAGGGA	600	46 ^[11]
TSWV	TCACTGTAATGTCCATAGCAA	AGAGCAATYGTGTCAATTTTATTC	861	52 ^[11]
WLMV	ATTTTATGGAAGACTGGGA	AGCATTGATGTATTGGTTG	679	48
WmCSV	CCACTGTCCTGGTCACAAG	CACACGAAAGAAGCGTTTT	521	53
WMV	CATTGAAAATGGAGTGACACTG	GCCAAAACCTGCATC(AG)CAC	640	51 ^[11]
WSMoV	CTGTGCATGTGACCAGGTAA	AGCCAATAGACTGAGAGAAGGA	365	52 ^[12]
ZGMMV	CAAAAACAAGGAGGTGGAA	CGCTGGTAGAGTAAGGCAT	761	53
ZYFV	GCAGCGACCCAAGCAAATA	GCCATCAATCCGAACAAG	717	58
ZYMV	CCATACATAGCTGAGACAGCAC	CATACCTCGGCATGTATGCTGCC	717	55 ^[11]

BGYVV: 苦瓜黄脉病毒; BPYV: 甜菜伪黄化病毒; BYMV: 菜豆黄花叶病毒; CABYV: 南瓜蚜传黄化病毒; CCYV: 瓜类褪绿黄化病毒; CGMMV: 黄瓜绿斑驳花叶病毒; CLSV: 黄瓜叶斑病毒; CMV: 黄瓜花叶病毒; CVYV: 黄瓜脉黄病毒; CYSDV: 瓜类黄矮化失调病毒; KGMMV: 酱瓜绿斑驳花叶病毒; LYMV: 丝瓜黄花叶病毒; MABYV: 甜瓜蚜传黄化病毒; MWMV: 摩洛哥西瓜花叶病毒; MNSV: 甜瓜坏死斑点病毒; MYSV: 甜瓜黄斑病毒; PapMV: 番木瓜花叶病毒; PRSV: 番木瓜环斑病毒; SABYV: 丝瓜蚜传黄化病毒; SLCV: 南瓜曲叶病毒; SqMV: 南瓜花叶病毒; SqVYV: 南瓜脉黄病毒; TMV: 烟草花叶病毒; TSWV: 番茄斑萎病毒; WLMV: 西瓜叶斑驳病毒; WmCSV: 西瓜褪绿矮化病毒; WMV: 西瓜花叶病毒; WSMoV: 西瓜银斑驳病毒; ZGMMV: 小西葫芦绿斑驳病毒; ZYFV: 小西葫芦黄点病毒; ZYMV: 小西葫芦黄花叶病毒。

1.4 PCR 产物测序

将 PCR 产物送至南京擎科生物工程股份有限公司进行纯化、克隆和测序,测序结果采用美国国家生物技术信息中心 (NCBI) 的 BLAST 工具 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>) 进行比对分析。

2 结果与分析

2.1 江苏葫芦科作物病毒种类

2019 年 6 月–2020 年 11 月,共调查了江苏省内

表 2 样品采集地点和种类统计

Table 2 Number of samples from different regions and varieties

地区	样本数(份)							总计
	黄瓜	西瓜	南瓜	丝瓜	甜瓜	冬瓜	瓠瓜	
丰县	64	0	0	0	0	0	0	64
睢宁	75	102	6	20	50	27	0	280
洪泽	0	0	6	0	0	0	0	6
东台	0	9	2	0	4	0	0	15
姜堰	4	5	8	5	3	0	2	27
南京	48	10	8	5	0	3	0	74
苏州	47	0	95	49	19	17	0	227
同物种样本总计	238	126	125	79	76	47	2	693

对采集的样品提取 RNA 后进行反转录,利用 31 种常见的葫芦科病毒引物进行 PCR 扩增检测,共检出病毒 9 种,分别为 ZYMV、WMV、CABYV、PRSV、CMV、CCYV、CGMMV、SqMV 和 TMV。其中 ZYMV 的检出率明显高于其他种类病毒,其次是 WMV(表 3)。TMV 的检出率最低,调查结果中仅有 1 个样本中检出 TMV。

表 3 病毒种类及其检出率

Table 3 Viruses and their detection rate in the collected samples

病毒种类	检出率(%)
ZYMV	45.89
WMV	25.83
CABYV	11.54
PRSV	11.26
CMV	6.93
CCYV	6.64
CGMMV	4.91
SqMV	0.72
TMV	0.14

ZYMV、WMV、CABYV、PRSV、CMV、CCYV、CGMMV、SqMV、TMV 见表 1 注。

7 个地区,涵盖苏北地区的睢宁、丰县,苏中地区的洪泽、东台和姜堰,还有苏南地区的南京和苏州。在西瓜、黄瓜、甜瓜、丝瓜、南瓜、冬瓜、瓠瓜共 7 种作物上采集到具有斑驳花叶、皱缩畸形、黄化、坏死等疑似病毒病症状的叶片样本共计 693 份。其中黄瓜样本 238 份,西瓜样本 126 份,南瓜样本 125 份,丝瓜样本 79 份,甜瓜样本 76 份,冬瓜样本 47 份,瓠瓜样本 2 份(表 2)。

2.2 江苏各地区葫芦科作物病毒种类及分布

在采集的样品中,睢宁地区检出 8 种病毒,种类最多,分别为 ZYMV、WMV、CABYV、PRSV、CCYV、CGMMV、CMV、TMV,未检出 SqMV。丰县和苏州均检出 7 种病毒,其中丰县检出了较高频率的 CGMMV,而苏州未检出 CGMMV,检出 4 例 SqMV。此外,南京地区检出病毒 6 种,洪泽检出 4 种,东台检出 3 种,姜堰检出 5 种(图 1)。在苏北睢宁和苏南的苏州采集的样品较多,检出的病毒种类也较多。洪泽、东台和姜堰检出的病毒种类相对较少,这可能与这 2 个地区的采样量较少有关。在各个采样地区均有检出 ZYMV 和 PRSV,其中 ZYMV 也是在各地区检出率最高的病毒种类。WMV 和 CABYV 分布也较为广泛,除洪泽和东台外的其他地区均有检出。TMV 仅在睢宁黄瓜样本上检出 1 例。

2.3 各寄主作物上病毒种类及分布

在所有采集的样品中,从黄瓜样品中检出了 8 种病毒,分别为 ZYMV、WMV、CABYV、PRSV、CCYV、CGMMV、CMV 和 TMV,检出率最高的仍然是 ZYMV,为 42.86%,其次是 WMV,检出率为

22.69%,TMV 感染的仅有 1 例,未检出 SqMV(图 2)。南瓜和甜瓜的样品数量远远少于黄瓜,但检出的病毒种类数仅次于黄瓜上检出的病毒种类数,均为 7 种病毒。南瓜上未检出 TMV 和 CCYV,但检出了 SqMV,南瓜是所有采集样品中唯一检出 SqMV 的寄主物种。甜瓜上的病毒种类与黄瓜相比仅有

TMV 未检出,但甜瓜上 ZYMV 的感染率高达 88.16%,WMV 的感染率也非常高,达 61.84%。检测结果显示,所有采集样品中除瓠瓜外,在田间均有 ZYMV 感染且感染率非常高,瓠瓜由于样品量太少,暂未检出 ZYMV,但瓠瓜也是 ZYMV 的自然寄主之一。

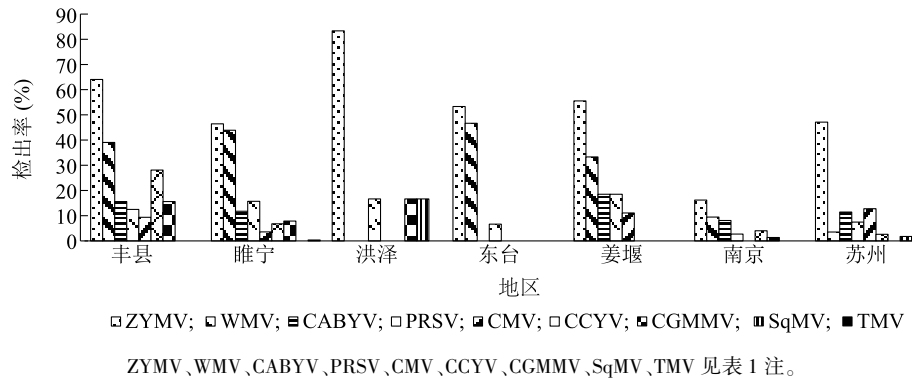


图 1 各地区检出病毒种类及检出率

Fig.1 Virus types and their detection rates in different regions

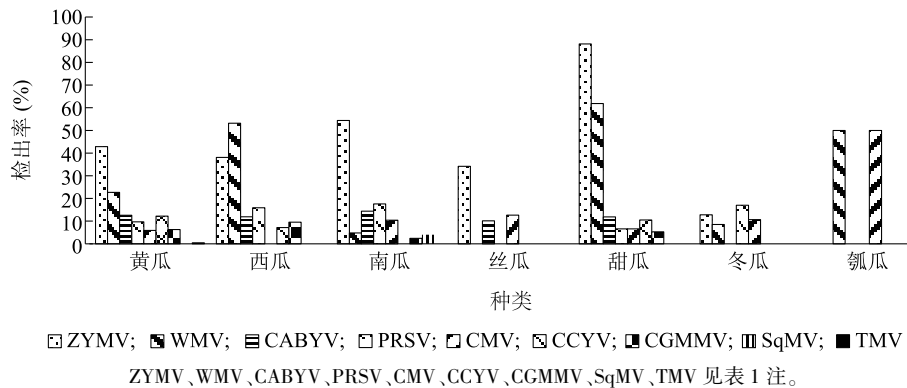


图 2 不同寄主中检出病毒种类及检出率

Fig.2 Virus types and their detection rates in different hosts

2.4 复合侵染

在对江苏各地的各种葫芦科作物样本进行检测的过程中发现,多种病毒共同侵染同一植株的现象普遍存在,其中 2 种和 3 种病毒复合侵染的情况较多,最多可达到 4 种病毒复合侵染。复合侵染在所调查的江苏各个地区均有发生,且在黄瓜、甜瓜、西瓜和南瓜上发生频率较高。检测结果(表 4)显示,ZYMV+WMV 的复合侵染频率最高,且主要发生在西瓜、甜瓜、黄瓜和南瓜上。

3 讨论

近年来,随着国内蔬菜种植面积的扩大和种植模式的变化,加之气候影响,蔬菜上病毒病的发生越

来越严重,对生产造成了严重威胁^[13-16]。虽然各地陆续已有对特定作物或特定病毒的发生情况的部分报道,但至今仍缺乏对葫芦科作物病毒进行系统全面的调查鉴定。江苏省内葫芦科作物种植面积广泛,本研究对省内 7 个地区的 7 种葫芦科作物上采集的 693 份样品进行了检测,希望能够通过较大面积的普查对江苏省内主要葫芦科作物病毒病的发生与分布开展分析,从而为江苏省葫芦科作物病毒病的预防及综合防控提供理论依据。

本研究共检出 9 种病毒,其中 ZYMV、WMV 和 PRSV 的检出频率都很高。这 3 种病毒均为马铃薯 Y 病毒属的成员,可感染绝大部分的葫芦科作物,在中国甚至世界多个地区均有报道^[17-19]。ZYMV、

WMV 和 PRSV 的共同特点是它们都会对植株造成系统性的感染和破坏,使叶片产生褪绿、黄化、花叶、畸形等症状,通常新叶症状比较明显,后期会影响坐果,造成作物产量降低,或者果实畸形、出现斑驳从而失去商品价值。有研究结果表明,幼苗感染 ZYMV 会对作物造成 95%~100% 的产量损失,同时从受感染的植株上收获的种子发芽率会大幅下

降^[20]。从传播途径的角度分析,除了 ZYMV、WMV 和 PRSV,还有 CABYV 和 CMV 均可由蚜虫进行田间传播。在对露地作物或者生长后期已敞棚的大棚作物进行采样时,常常看到蚜虫,可能是造成这些病毒病发生概率较高的原因之一。因此加强对田间蚜虫的防控或许可以有效控制这些病毒病的扩散。

表 4 各地病毒复合侵染情况及其检出率

Table 4 Mixed infection condition of viruses and their detection rates in different regions

复合侵染类型	寄主	分布地区	检出率(%)
ZYMV+WMV+CABYV+CGMMV	黄瓜	丰县	0.14
ZYMV+WMV+CABYV+PRSV	甜瓜	睢宁	0.14
ZYMV+WMV+CABYV	黄瓜、甜瓜、西瓜	丰县、睢宁、南京	1.15
ZYMV+WMV+PRSV	南瓜、黄瓜、甜瓜、西瓜	东台、南京、睢宁	1.01
ZYMV+CABYV+PRSV	南瓜、甜瓜、西瓜	姜堰、睢宁	0.72
WMV+CABYV+PRSV	西瓜	睢宁	0.14
ZYMV+WMV+CCYV	甜瓜、黄瓜	睢宁、丰县	0.58
ZYMV+WMV+CGMMV	黄瓜、甜瓜、西瓜	睢宁、丰县	0.87
ZYMV+CABYV+CGMMV	黄瓜	睢宁、丰县	0.29
WMV+CABYV+CGMMV	西瓜	睢宁	0.14
ZYMV+PRSV+CGMMV	黄瓜	丰县	0.14
WMV+PRSV+CGMMV	西瓜	睢宁	0.14
ZYMV+WMV+CMV	黄瓜、甜瓜	姜堰、睢宁	0.72
ZYMV+CMV	黄瓜、丝瓜、甜瓜	姜堰、睢宁、丰县、苏州	1.44
WMV+CMV	瓠瓜	姜堰	0.14
CABYV+PRSV	南瓜、黄瓜	姜堰、苏州、睢宁、丰县	0.58
ZYMV+PRSV	南瓜、黄瓜、甜瓜、西瓜	姜堰、洪泽、苏州、睢宁、丰县	2.74
ZYMV+CABYV	西瓜、黄瓜、甜瓜	姜堰、南京、睢宁、丰县、苏州	2.16
ZYMV+WMV	西瓜、甜瓜、黄瓜、南瓜	南京、苏州、睢宁、丰县、东台、姜堰	10.39
WMV+CGMMV	黄瓜、西瓜	睢宁、丰县	1.01
ZYMV+CGMMV	黄瓜、南瓜、西瓜	睢宁、丰县、洪泽	1.59
WMV+CABYV	南瓜、甜瓜、西瓜	南京、睢宁	0.58
WMV+PRSV	甜瓜、西瓜	睢宁	0.87
ZYMV+CCYV	黄瓜、甜瓜	睢宁、丰县、苏州	1.30
WMV+CCYV	西瓜、甜瓜、黄瓜	睢宁、丰县	1.88

ZYMV、WMV、CABYV、PRSV、CMV、CCYV、CGMMV 见表 1 注。

CCYV 是近几年开始报道的一种新病毒,它是由烟粉虱以半持久性方式进行特异性传播的。被 CCYV 侵染后植株一般表现为叶片的褪绿和黄化,尤其是下部叶片症状比较明显,但叶脉仍为绿色^[21]。据报道,CCYV 引起的病毒病在华东和华南

等部分地区有过大面积发生,且部分地区发病率高于 50%^[22]。本研究在南京、睢宁、苏州、丰县这些采样比较多的地方均检出了 CCYV,受其感染和危害的作物主要集中在西瓜、黄瓜和甜瓜上。在苏北丰县部分采样地点,不仅仅是大棚内,户外也飞着许多

烟粉虱,并且据当地农户观察,这些烟粉虱的大量发生还与当地天气有一定相关性,推测这也和当地该病毒检出率较高有关系。

CGMMV 是一种典型的种传病毒,会给被侵染植物造成花叶斑驳、植株矮小、果实失去价值、减产甚至绝收等危害^[8]。它通过种子贸易等方式现已在世界各地广为流传,中国的 CGMMV 就是从国外引进种苗时流入的,后在全国多个省份均有检出。CGMMV 致病性强、危害严重且防治难度大,并且它感染后的黄瓜、西瓜、甜瓜、瓠瓜等作物的子一代种子均有较高的带毒率,会导致二代植株也发生感染^[23-25]。除了 CGMMV 外,有报道表明 ZYMV 也可通过种子传播,在不同葫芦科作物上的种传率为 0~18.9%^[26]。种传也是 SqMV 和 CMV 的重要传播途径之一。据报道,SqMV 在甜瓜上的种传率可达到 2%^[27],CMV 被检测出在大豆、辣椒等作物上具有较高的种传率^[28-29]。这些病毒除 CGMMV 外既可以种传也可以通过昆虫媒介传播,在生产中这些病毒病发生的最初源头是引入的种子带毒,还是田间杂草上存在病原,有待进一步研究。但引种和育种过程中如果加强检疫和防范,或者播种前进行种子处理,都可以在一定程度上避免种传病毒病的传播和扩散。

本研究所检出的 9 种病毒中,除 CCYV 外,均可通过摩擦等机械损伤方式进行传播。葫芦科作物在种植过程中经常会有频繁的农事操作,比如嫁接、打岔、点花、打顶等,这些操作都会增加病毒感染的机会。如果砧木的种苗带有 CGMMV,可通过嫁接传播,导致大批量的嫁接苗感染该病毒,从而造成西瓜生长晚期大规模减产甚至绝收。因此应尽量避免在农事操作中对植株产生创伤或者在必要的农事操作环节(如嫁接)中增加消毒过程,这样可以更最大限度地阻止此类病毒的传播。此外,对土壤进行消毒处理、对田间病残体和感病植株及时进行处理也可以减少病毒传播机会。

从本研究结果中还可以看出,同一植株被多种病毒复合侵染的现象十分普遍,其中 2 种或者 3 种病毒的复合侵染较为常见,根据调查检测结果,这种现象在大多数采样地区或者各种作物中均有出现,这就使得对病毒病防控的难度大大增加。出现这种情况可能和种植管理方式、病毒传播方式等因素有一定的关系。例如有些昆虫介体可能携带多种病

毒,而根据本研究结果,可以通过机械传播的病毒也占了大多数,这也有可能导致同一植株感染多种病毒。此外,是否某一种病毒的感染会提高其他病毒的感染概率也有待研究。

刘勇等^[11]在全国范围内调查葫芦科蔬菜作物的优势病毒依次为 CMV、ZYMV、CGMMV 和 TMV;吴贺等^[30]在苏南地区 72 份葫芦科蔬菜上共检测出包括 PMMoV、ZYMV、CCYV 等在内的 9 种病毒。本研究采样范围涵盖江苏省内苏北地区的睢宁、丰县,苏中地区的洪泽、东台和姜堰,苏南地区的南京和苏州,这些地区也检出了 ZYMV、CCYV、CGMMV 等主要病毒,但报道较多的 CMV 在本研究的采样范围内检出率较低。这可能和采样的时间地点和随机性有关系。此外,根据本研究结果,PRSV 和 CABYV 在江苏省内的葫芦科作物上也比较常见。

本研究也发现,有少部分样品具有明显症状,但并未检出病毒,有可能这些样品存在其他未涉及到的病毒感染,或者是由药害肥害等其他原因造成的,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 古勤生,范在丰,李怀方. 葫芦科作物病毒名录[J]. 中国西瓜甜瓜, 2002(1):45-47.
- [2] 林石明,廖富荣,陈 青,等. 葫芦科作物种传病毒及其检疫重要性[J]. 植物检疫, 2012, 26(1):52-61.
- [3] 张雨良,黄启星,郭安平,等. 海南番木瓜 PRSV 和 PLDMV 病毒发生情况及分子鉴定[J]. 热带作物学报, 2013, 34(12):2436-2441.
- [4] 尚巧霞,向海英,韩成贵,等. 南瓜蚜传黄化病毒湖北和云南分离物的部分序列分析[J]. 植物病理学报, 2008, 38(1):64-68.
- [5] 王威麟,张 昊,于祥泉,等. 侵染西瓜的 5 种病毒 ZYMV、WMV、TMV、SqMV 和 CMV 的多重 RT-PCR 检测体系的建立与检测应用[J]. 植物病理学报, 2010, 40(1):27-32.
- [6] 刘金亮,王凤婷,魏 毅,等. 侵染南瓜的西瓜花叶病毒和黄瓜花叶病毒 CP 基因的克隆和序列分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16):262-266.
- [7] 刘金亮,邵云华,张广民,等. 小西葫芦黄花叶病毒山东南瓜分离物的分子特性[J]. 植物病理学报, 2009, 39(5):544-548.
- [8] 程兆榜,任春梅,缪 倩,等. 江苏黄瓜绿斑驳花叶病毒的发生和防治[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2):114-117.
- [9] 刘金亮,王凤婷,魏 毅,等. 烟草花叶病毒南瓜分离物 CP 基因的克隆、序列分析及其原核表达[J]. 华北农学报, 2010, 25(5):6-10.
- [10] 李战彪,杨世安,谢慧婷,等. 甜瓜坏死斑点病毒广西分离物近全基因组序列克隆及分析[J]. 植物保护学报, 2018, 45(3):

- 252-253.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 徐红梅,庄新建,陈佳欢,等. 蚕豆常见病毒病的鉴定及分类综述[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(24):8-16.
- [14] 王莉爽,李淳,陈小均,等. 贵州芸薹黄化病毒的分子检测及基因型鉴定[J]. 南方农业学报, 2021, 52(5):1149-1157.
- [15] 杨洋,杨懿德,贺小蓉,等. 烟草-玉米轮作对烟草病毒病的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(12):88-93.
- [16] 涂丽琴,吴淑华,高丹娜,等. 辽宁省番茄上番茄斑驳花叶病毒的分子鉴定[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(5):1126-1132.
- [17] 周健,顾兴芳,张圣平,等. 黄瓜对西瓜花叶病毒病抗性的研究进展[J]. 中国蔬菜, 2012(10):7-13.
- [18] 张建新,吴云峰,王睿,等. 西瓜花叶病毒中国分离株全基因组核苷酸序列测定[J]. 病毒学报, 2007, 23(2):153-156.
- [19] 黄江华,黄嘉薇,张建军,等. 番木瓜环斑病毒研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(8):3257-3259.
- [20] 秦碧霞,蔡建和,刘志明,等. 小西葫芦黄花叶病毒在广西瓜类作物上的发生情况初报[J]. 南方农业学报, 2004, 35(4):309-310.
- [21] GU Q S, LIU Y H, WANG Y H, et al. First report of cucurbit chlorotic yellows virus in cucumber, melon, and watermelon in China [J]. Plant Disease, 2011, 95(1):73-73.
- [22] 马二磊,臧全宇,丁伟红,等. 甜瓜褪绿黄化病毒病综合防控技术[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(2):56-57.
- [23] CHOI G S. Occurrence of two tobamovirus diseases in cucurbits and control measures in Korea [J]. Plant Pathology Journal, 2001, 17:243-248.
- [24] 吴会杰,秦碧霞,陈红运,等. 黄瓜绿斑驳花叶病毒西瓜、甜瓜种子的带毒率和传毒率[J]. 中国农业科学, 2011, 44(7):1527-1532.
- [25] 秦碧霞,蔡建和,陆秀红,等. 葫芦种子传黄瓜绿斑驳花叶病毒的检测[J]. 植物保护, 2011, 37(3):109-112.
- [26] SIMMONS H E, HOLMES E C, GILDOW F E, et al. Experimental verification of seed transmission of *Zucchini yellow mosaic virus* [J]. Plant Disease, 2011, 95(6):751-754.
- [27] 郑棚峻,张宇,张松柏,等. 葫芦科作物重要种传病毒研究进展[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(3):13-17.
- [28] BOS L, MAAT D Z. A strain of cucumber mosaic virus, seed-transmitted in beans [J]. European Journal of Plant Pathology, 1974, 80(4):113-123.
- [29] ALI A, KOBAYASHI M. Seed transmission of cucumber mosaic virus in pepper [J]. Journal of Virological Methods, 2010, 163(2):234-237.
- [30] 吴贺,荆诗韵,刘丹,等. 苏南五地(市)主要蔬菜作物的病毒种类、区域分布和发生趋势[J]. 植物病理学报, 2021, 51(3):325-333.

(责任编辑:陈海霞)