

西葫芦主要病害及防治

袁晓伟^{1,2*}, 谷逸敏^{1,2}, 郭仰东^{2*}, 孙西苹¹, 李兴盛¹

¹华盛农业集团股份有限公司, 山东 青州

²中国农业大学园艺学院, 北京

收稿日期: 2023年1月29日; 录用日期: 2023年3月24日; 发布日期: 2023年3月31日

摘要

西葫芦是一种世界性种植的蔬菜, 果实口感好, 营养丰富, 深受广大消费者的喜爱。然而, 栽培过程中的各种病害严重影响了西葫芦的产量和品质。本文阐述了西葫芦几种主要的病害特点及防治方法, 为西葫芦病害的防治提供了相关理论依据和技术支持。

关键词

西葫芦, 病害, 防治

Main Diseases and Control of Zucchini

Xiaowei Yuan^{1,2*}, Yimin Gu^{1,2}, Yangdong Guo^{2*}, Xiping Sun¹, Xingsheng Li¹

¹Huasheng Seed Group Co., Ltd., Qingzhou Shandong

²College of Horticulture, China Agricultural University, Beijing

Received: Jan. 29th, 2023; accepted: Mar. 24th, 2023; published: Mar. 31st, 2023

Abstract

Zucchini is a kind of vegetable planted in the world. The fruit of zucchini has a good taste and rich nutrition. It is deeply loved by consumers. However, various diseases in the cultivation process have seriously affected the yield and quality of zucchini. This paper describes the characteristics and control methods of several main diseases of zucchini, which provides a relevant theoretical basis and technical support for the control of zucchini diseases.

Keywords

Zucchini, Diseases, Control

*通讯作者。



1. 引言

西葫芦(*Cucurbita pepo* L.)原产于美洲,属于葫芦科南瓜属(*Cucurbita* spp.),种植面积和产量在世界上都处于领先地位。其果实口感好,营养丰富,深受广大消费者的喜爱,同时,西葫芦种植技术简单、管理方便、产量高、经济效益明显[1]。然而,栽培过程中的各种病害严重影响了西葫芦的产量和品质。西葫芦病害主要分为两类:病毒病和真菌性病害。1980年,Lovisollo首次对25种能够感染葫芦科植物的病毒进行了综述[2]。据林石明等统计,截至2011年5月,全国已知的危害葫芦科作物的病毒有86种,包括17种暂定种、1种类病毒、11种传病毒[3]。2014年,严蕾艳等建立了葫芦科作物重要种传真菌病害的检测体系,有利于把握真菌病害早期防治的最佳时机,具有较高的应用价值[4]。2019年,彭斌对影响葫芦科植物的病毒类型进行了统计,其中99个已列为ICTV收录正式种,26个为待确定种,并对其分布及多样性进行了分析[5]。近年来,西葫芦作为我国重要的蔬菜作物,随着种植面积的不断扩大和品种的不断更新,病害的种类越来越多,发生得也越来越频繁。本文阐述了西葫芦几种主要的病害特点及防治方法,尤其是抗病育种,为西葫芦的病害防治提供了相关理论依据和技术支持。

2. 侵染西葫芦的病毒病

西葫芦病毒病又叫花叶病,在西葫芦栽培过程中发生最为普遍。严重时,可造成西葫芦产量大幅下降。目前,主要有以下病毒对我国西葫芦栽培和生产造成严重威胁:中国南瓜曲叶病毒(Squash Leaf Curl China Virus, SLCCNV)、西瓜花叶病毒(Watermelon Mosaic Virus, WMV)、瓜类褪绿黄化病毒(Cucurbit Chlorotic Yellows Virus, CCYV)、黄瓜花叶病毒(Cucumber Mosaic Virus, CMV)和小西葫芦黄化花叶病毒(Zucchini Yellow Mosaic Virus, ZYMV)等。

2.1. 中国南瓜曲叶病毒

中国南瓜曲叶病毒(Squash Leaf Curl China Virus, SLCCNV)属于双生病毒科(Geminiviridae)菜豆金色黄花叶病毒属(Begomovirus),是近年来在中国发现的主要危害南瓜、葫芦、冬瓜、甜瓜等葫芦科作物的种[6](如图1)。中国南瓜曲叶病毒由烟粉虱以持久、循环的方式进行传播,植物被SLCCNV侵染后,引起植株矮化、叶片卷曲,造成经济效益降低、产品质量下降[7]。1994年,洪益国等人最先在广西南宁田间的南瓜植株中分离到中国南瓜曲叶病毒(SLCCNV)[8];2003年,Muniyappa等在印度首次发现SLCCNV-[Pumpkin: Coim]分离物可以引起南瓜叶片黄化、皱缩[9]。随后,在越南、菲律宾、泰国、巴基斯坦等多国的南瓜上也相继发现了SLCCNV[10][11][12][13]。该病毒在我国广西壮族自治区和海南省都有发生[14]。2022年,袁晓伟等[15][16]在山东省首次发现SLCCNV可侵染西葫芦植株,并对其进行了序列分析。

2.2. 西瓜花叶病毒

西瓜花叶病毒(Watermelon Mosaic Virus, WMV)是马铃薯Y病毒科马铃薯Y病毒属的一种。WMV以非持久性的方式通过蚜虫传播,也可通过汁液或机械方式传播[17]。该病毒危害严重,可侵染葫芦科、豆科、藜科植物[18]。1954年,在美国佛罗里达州,安德森等人在西瓜中检测出WMV[19]。在1965年,韦伯等按寄主的范围和血清学法将WMV分成WMV-1和WMV-2两个菌株,并进一步证明WMV-1是

番木瓜环斑病毒(Papaya Ring Spot Virus, PRSV)西瓜株系[20]。植株被 WMV 侵染后, 首先会出现叶脉变黄, 叶片斑驳, 呈卷须状的症状, 进而导致植株矮化, 果实畸形(如图 2)。这种病毒广泛分布于温带和地中海[21], 目前主要分布于陕西、山东、广西、云南、辽宁、黑龙江、新疆等地, 病毒发生普遍且频繁[22] [23] [24] [25] [26]。

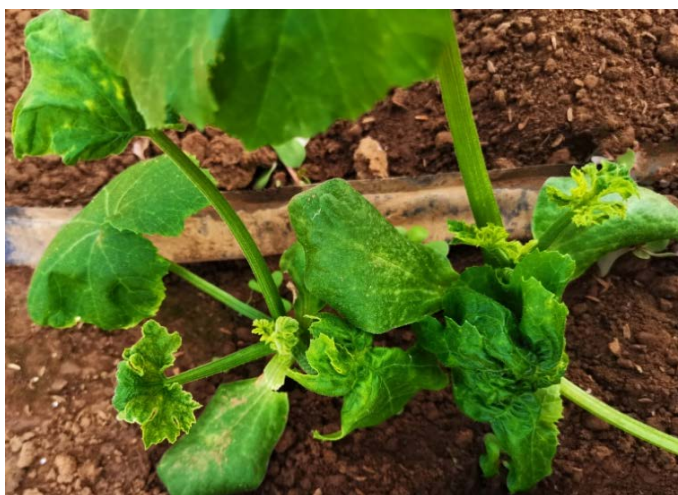


Figure 1. Symptoms of zucchini leaves infected with SLCCNV
图 1. 西葫芦叶片感染 SLCCNV 症状



Figure 2. Symptoms of zucchini leaves infected with WMV
图 2. 西葫芦叶片感染 WMV 症状

2.3. 瓜类褪绿黄化病毒

瓜类褪绿黄化病毒(Cucurbit Chlorotic Yellows Virus, CCYV)属于长线形病毒科(Closteroviridae)毛形病毒属(Crinivirus)。主要以烟粉虱为媒介, 以半持久性的方式传播, 不能通过摩擦或其他方式进行人工接种, 该病毒危害包括西葫芦在内的多种葫芦科作物, 也有研究发现能侵染甜菜、藜麦、本氏烟和曼陀罗等其它多种植物[27]。受 CCYV 感染的植株, 首先导致叶片变绿, 黄化, 而叶脉仍为绿色, 严重时则全株变黄(如图 3)。对作物的产量和品质产生巨大的威胁[28]。Gyoutoku 等(2009)最先在日本发现 CCYV [29], 2010 年在我国台湾地区首次发生并报道, 随后在我国湖南、海南、河南、浙江、上海、山东、广

西、新疆、北京等省市自治区也陆续出现危害，对瓜类作物安全生产构成威胁[30] [31]。



Figure 3. Symptoms of zucchini leaves infected with CCYV
图 3. 西葫芦叶片感染 CCYV 症状

2.4. 小西葫芦黄化花叶病毒

小西葫芦黄化花叶病毒(Zucchini Yellow Mosaic Virus, ZYMV)为马铃薯 Y 病毒属，以蚜虫为主要传播媒介进行非持久性传播，为侵染葫芦科的主要病原，也是苋科、藜科、豆科等作物的重要致病原因[32]。1973 年，意大利北部的西葫芦中首次发现了 ZYMV；郑光宇于 1991 年首次分离和鉴定出新疆 ZYMV 株系[33]。2021 年，韩国的 Kim 等首次报道 ZYMV 侵染气球花(*Platycodon grandiflorus*) [34]。西葫芦被 ZYMV 感染后表现为系统侵染，具体症状为局部褪绿，明脉，叶片黄化，皱缩畸形，植株部分坏死等(如图 4)。在我国的大棚栽培中非常常见[35]。



Figure 4. Symptoms of zucchini leaves infected with ZYMV
图 4. 西葫芦叶片感染 ZYMV 症状

2.5. 黄瓜花叶病毒

黄瓜花叶病毒(Cucumber Mosaic Virus, CMV)属于雀麦花叶病毒科(Bromoviridae)黄瓜花叶病毒属(Cucumovirus),可侵染超过 100 个科的 12,000 种植物[36]。CMV 病毒能通过蚜虫以非持久性的方式传播,目前已有的研究显示,病毒的传播和流行与蚜虫的迁移密切相关[37]。桃蚜是 CMV 的主要传播媒介,其对 CMV 的传播特性已在西葫芦幼苗上进行了报道[38]。除此之外,CMV 还可通过种子带毒传播。感病后的植株,通常会出现叶片黄化、扭曲、花叶、斑驳、植株矮化、系统坏死等症状[39](如图 5)。据统计,CMV 的侵染曾导致中国的番茄产量下降 25%~50% [40],也曾导致西班牙的甜瓜大幅减产,减产率高达 60%,CMV 侵染严重时可导致番茄绝收[41]。CMV 的寄主数量多、分布广,使其成为对作物造成严重威胁的植物病毒之一。



Figure 5. Symptoms of zucchini leaves infected with CMV
图 5. 西葫芦叶片感染 CMV 症状

3. 侵染西葫芦的真菌性病害

3.1. 西葫芦白粉病

白粉病为真菌性病害,目前报道的引起白粉病的病原菌有两种:一种是单丝壳白粉菌(*Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht) Poll.),另一种是葫芦科白粉菌(*Erysiphe cucurbitacearum* Zheng & Chen),无性态均为粉孢属[42]。白粉病主要靠气流传播,当空气湿度较大、气温在 16°C~24°C 时病害容易流行。同时,它可以在瓜类作物上越冬,并且冬季留在温室中的残留物成为主要的感染源,明年病害发作后形成的分生孢子导致通过雨水和气流的继发感染[43]。2020 年, Xiang 等在美国和意大利的 6 种葫芦科属植物中,共检出 106 个具有明显的白粉病菌生理小种[44],2022 年,Choi 等首次报道了俄罗斯白粉病菌(*Erysiphe russellii*)在韩国引起的白粉病[45]。咸丰等人对陕西关中地区的白粉病的生理小种进行了研究,结果表明:该小种属于一种单囊壳白粉病菌的生理小种 F2 [46]。

白粉病在植株幼苗期至收获期均会发生,对西葫芦的叶面、叶柄和瓜蔓均可造成危害,在果实上很少见。起病时呈黄斑,而后在整个叶部出现少量的、圆润的粉红色小点,主要分布在叶片的正面,然后逐步扩散;发展为不规则的霉斑。在危害较大的情况下,可在叶部形成连片白粉区,对西葫芦的光合作

用和蒸腾效率造成显著影响(如图 6)。在病程末期,因真菌的生长,白点变为灰黑色,叶片干枯、黄化[47]。该病分布广泛,在各个蔬菜种植区域都有可能出现,对产量有较大的影响,一般可以造成减产 10%左右,严重时可导致减产 50%以上[48]。

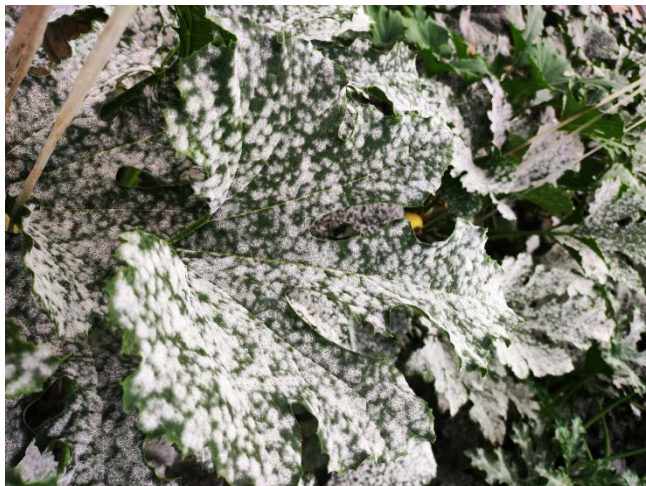


Figure 6. Symptoms of zucchini leaves infected with powdery mildew
图 6. 西葫芦叶片感染白粉病症状

3.2. 西葫芦霜霉病

霜霉病常在叶片上发病。真菌中的霜霉菌是引发霜霉病的重要病原,也被称为古巴假霜霉菌(*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & Curt.) Rostov.) [49]。该病菌首次报道于 1868 年,在古巴的葫芦科作物上被发现,此后陆续被 70 多个国家报道,主要发生在我国的南方[50]。霜霉菌对植株的侵染可分为两种:局部侵染和系统性侵染,局部侵染较为普遍。但局部感染的危害并不亚于系统感染,它会在植物表面快速扩散,甚至会对其他植物产生影响。

霜霉病主要靠气流、昆虫和空气传播,它能通过气孔直接穿过表皮,到达叶片内部。在适宜的环境下,病原菌的孢子囊通过空气的流动而形成初侵染。发生后,会发生孢子囊的漂移、扩散,再次感染。叶背上有露水或有水膜的情况下,则更有利于病菌的感染。尤其是昼夜温差大,种植密度大时,会导致种植区域的通风与透光不佳,为霜霉菌的生存创造了绝佳的条件,导致霜霉病的出现也更为频繁[51]。

在西葫芦生长发育过程中,霜霉病也是发生的主要病害之一,发病多由幼苗的下半叶起,在发病早期出现浅绿色或黄色斑点,随后叶片由绿变黄,直至死亡(如图 7)。西葫芦霜霉病的病斑主要发生在叶面,呈多角型;同时会在叶片背面产生褐色的霉层[52]。欧洲、中东、亚洲等地都发生过大范围的霜霉病,造成了巨大的经济损失[53]。

3.3. 西葫芦黑星病

黑星病是我国目前威胁温室黄瓜的主要病害之一,对西瓜、丝瓜、南瓜也有一定的危害。西葫芦黑星病菌是由瓜疮痂枝孢霉菌(*Cladosporium cucumerinum* Ellis. et Arthur.)引起的。依附在病株上的病原菌,是其主要的初侵染来源;此后,病菌可以伴随空气和降雨,通过叶片、果实、茎和藤条的表面进入,也可以通过气孔和创面进入[54]。空气湿度较大的密闭环境中病害发生最为频繁。

黑星病在植株的叶片、茎和果实均很常见,幼苗期,病叶表面产生浅黄色的圆形斑点,随后扩展为棕色或黑色,后期易穿孔;茎部则呈现浅绿色的不规则圆斑或条纹状斑,中段容易出现开裂的黑色斑点;

果实的病斑多为脓疱，有些破裂或腐烂，并流出半透明的胶状物质，然后变成琥珀色(如图 8)。当潮湿的时候，各个表面有大量的黑霉[55]。国内对西葫芦的黑星病调查研究不多，主要集中在苹果黑星病和梨黑星病的防治上。



Figure 7. Symptoms of zucchini leaves infected with downy mildew
图 7. 西葫芦叶片感染霜霉病症状



Figure 8. Symptoms of zucchini leaves infected with scab
图 8. 西葫芦叶片感染黑星病症状

4. 防治方法

目前，西葫芦病害防治方法主要有选育抗病品种、加强田间管理、化学防治、生物防治等。

4.1. 选育抗病品种

抗病品种的选育是病害防治过程中经济效益最高、效果最好的手段，有着非常好的应用前景。例如，山东省潍坊农业科学院以 93A-A 为母本，92+ 作父本，培育出“潍早 1 号”，该品种对白粉病和病毒病具有较强的抗性[56]；李海真等将传统育种技术与分子标记技术相结合，已培育出一批具有抗 ZYMV 和白粉病的新品种——京葫 CRV4 [57]。张强等通过对丝瓜的引种和选育，成功地获得了一种抗霜霉、耐褐变的新品种“徐绿 1 号”[58]。同时，不同品种对病害的抗性不同，在进行栽培时，需要因地制宜，使优良品种的效果最大化。

4.2. 加强田间管理

栽培过程中注意温湿度的管理。切忌空气湿度干湿交替出现,提高室内的透光,加强通风可以减少室内的湿度。其次,要加强水肥的管理,及时整枝打杈,促进植物的强健生长,从而增强植物的抗病性。在发病早期,应及时将病株挖出并进行掩埋。收割结束后,应将植株秸秆、落叶及周围杂草全部清除,并注意保持田间环境卫生,减少害虫来源。

4.3. 化学防治

药剂防治是针对西葫芦病害最常用的一种防治方法。对于病毒病来说,通过喷施药剂截断传播途径是目前最便捷的防治方法,它可以直接控制粉虱或蚜虫的数量,当前常用的药剂有吡虫啉、拟除虫菊酯、烟碱类的农药[59];对于真菌类病害而言,也可以直接通过药剂或按比例混合使用一系列粉剂来达到灭菌的效果。牛芬菊等人进行了生产试验,他们发现以5%的己唑醇微乳剂与10%的苯醚甲环唑水分散剂剂混合使用的方式可以实现防治西葫芦白粉病的效果[60]。而长期采用化学药剂进行病害控制,容易造成环境污染,持续危及农作物的生长,同时还易产生抗药性。因此,运用非药剂防治手段进行防控越来越受到重视。

4.4. 生物防治

对于通过烟粉虱和蚜虫传播的病毒病而言,生物防治是通过引入烟粉虱和蚜虫等的天敌来截断传播媒介从而抑制病害的传播,例如:丽蚜小蜂和浆角蚜小蜂对SLCCNV的防治具有一定的效果[61]。对于真菌性病害而言,生物控制主要使用植物生长过程中产生的次要代谢物和微生物代谢物,如植物萃取物和挥发性有机物质,来抑制致病细菌[62]。李星等对黄瓜霜霉病的孢子囊进行了萌发抑制实验,结果表明:Z-X-3和Z-X-10两种芽孢杆菌菌株在黄瓜霜霉病防治方面具有很大的优势[63]。王美英等采用室内盆栽、叶盘筛选等方法,对瓜类白粉病的控制进行了初步探讨,结果表明:采用GKSHJA、PR1-8型无菌滤液原液,可达到较好的控制效果[64]。除此之外,周宝研究了月桂醇对黄瓜幼苗的影响,结果表明:在一定的剂量范围内,月桂醇对黄瓜霜霉病菌的发生有明显的抑制作用[65]。

近年来,国内外学者在西葫芦病害防控研究方面取得了一些进展,但尚未真正建立一套安全、高效、稳定的病毒防控技术。化学杀虫剂对蚜虫有很好的杀灭作用,对田间害虫的扩散起到了一定的抑制作用。但这些药剂的频繁使用会给生态环境安全带来威胁,在生产应用上受到越来越多的限制。随着生态农业和有机农业的不断发展,人们的农业可持续发展的意识逐渐增强,因此人们目前的防治工作重点已由传统的化学防治逐渐向生物防治转变。而开发抗病毒植物新品种仍然是病害防控的一个重要目标。

5. 抗病育种

筛选和创制西葫芦抗病种质资源,能为西葫芦的抗病性育种提供材料。例如,De Oliveira等利用抗PRSV-W的中国南瓜种为研究对象进行种间杂交,使得西葫芦也具有了相同的抗性[66]。此外,1年生的野生南瓜种(*Cucurbita martinuzzi* Beiley)对南瓜病毒病具有很强的抗性,而*C. lundelliana* Beiley多年生则在抗白粉病方面展现出较大的优势,意味着这2种具有较高抗性的野生资源可以作为抗病性育种的抗源材料[67]。

国内外在西葫芦分子标记和抗病基因定位方面的研究主要集中在病毒病方面,王凯玥等对我国现有的主要栽培西葫芦品种和高代自交系的抗性进行了系统的评价筛选,共得到22个对PRSV-W抗性较强的种质,同时对自交系BV21的PRSV-W抗性进行了初步研究[68]。Capuozzo等对西葫芦ZYMV的抗性进行了大量的研究,并在此基础上建立了3个与其紧密结合的SNP标记,发现两个核苷酸结合位点富含

亮氨酸重复序列(NBS-LRR)蛋白编码基因位于 SNP1 标记附近[69]。Nacar 等以杂交西葫芦品种 Otto F1 作为 ZYMV 抗源供体。通过回交方法将该品种的抗性引入到纯系 Alata6 和 Alata50 中, 以便为育种者开发合适的材料[70]。瓜类真菌类病害相关的研究主要集中在黄瓜和甜瓜, 对西葫芦的研究开展得并不多。Wang 等通过对葫芦 NBS-LRR 家族基因的全基因组特征分析及表达分析, 为 PM 耐性育种找到了潜在的候选基因 Lsi04g015960 [71]。Branham 等利用一个基因型密集的重组自交系甜瓜群体进行传统 QTL 定位, 再利用重基因组测序对候选基因进行分析和鉴定, 为今后的育种工作和甜瓜白粉病抗性的基础检测提供了靶点[72]。Liu 等应用全基因组关联分析(GWAS)方法, 对具有多种来源和生态类型的黄瓜核心种质(CG)进行了抗 DM 的遗传位点进行了研究, 表明 CG 种质是携带已知和新的 DM 抗性 QTL 的非常有价值的资源, 探讨了利用这些 CG 系进行候选基因未来等位基因挖掘的潜力[73]。

培育抗病毒植物新品种是抵抗西葫芦病害的最为有效的手段之一, 但目前有关抗 SLCCNV 的抗病品种尚未有研究报道。除此之外, 对于真菌类病害的分子标记基本处于空白阶段, 今后应加强对于西葫芦真菌类病害的分子标记的开发, 并通过分子标记辅助育种有效加快种质创新速度。同时, 还可以通过聚合育种培育出可同时抵御多种病害的优质品种。

6. 结论

病害的频发一直是威胁西葫芦生产的重要因素。近年来, 随着我国西葫芦种植面积和病毒类型的不断增多, 病害危害程度愈加严重, 掌握不同病害种类的特征及防控措施, 对预防地域性病毒病和新病害的扩散有着重要意义。2017 年, 缪为文等针对温室西葫芦生产过程中发生的主要病害与防治进行了总结[74]。2020 年, 刘永强根据西葫芦设施栽培常见病害的症状、发病规律, 并结合多年的生产实践, 对其主要病害的综合防治技术进行了较为系统的总结[75]。本文综合整理了西葫芦病毒病及主要真菌性病害的特点和防治方法, 为提高西葫芦产量、品质及效益提供理论支撑。

7. 展望

近年来, 随着对西葫芦病害的研究逐渐加深, 我国对西葫芦病害防治已经取得一定的进展, 但在这一工作中仍有许多问题亟待解决和完善。目前, 对病原菌生理分化的研究还不够全面, 如果有一个标准、统一的宿主鉴定谱, 那么对这个国家的物种病害研究和提高其抗病性是有优势的, 反之, 这将在一定程度上制约对西葫芦病害防治的进展。此外, 抗病遗传研究也不深入, 尤其是针对瓜类作物中的西葫芦, 国内关于这方面的研究较少。为了提高瓜类抗病品种的抗性, 必须对其进行抗性遗传及农艺性状间的相关关系进行深入的研究, 从而培育出抗病性更强的西葫芦新品种。

基金项目

山东省重点研发计划(2021LZGC015), 泰山产业领军人才项目(LJNY201812)。

参考文献

- [1] 郑冰焱. 西葫芦病害鉴定的初步研究[J]. 科协论坛(下半月), 2009(8): 60.
- [2] 吴洋, 李俊香, 彭斌, 古勤生. 河南、甘肃和新疆西瓜甜瓜病毒检测[J]. 中国蔬菜, 2017(8): 31-35.
- [3] 林石明, 廖富荣, 陈青, 陈红运. 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.
- [4] 严蕾艳, 王毓洪, 应泉盛, 等. 葫芦科作物重要种传真菌病害的分子预警[EB/OL]. 宁波市农业科学研究院. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=kxaUMs6x7-4p_H5157itHVzbzj735XiTfF_z5peEpU-qurQdDmPu6ABrCmDnAOwJ4E3rzhQVvXUapaZkrQzD0rXOytuMV7a1&uniplatform=NZKPT, 2014-10-29.
- [5] 彭斌. 中国葫芦科作物病毒的分布、多样性及进化研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2019.

- [6] 张丽, 汤亚飞, 李正刚, 于琳, 蓝国兵, 余小漫, 何自福. 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.
- [7] 蔡健和, 洪益国, 黄福新, 王小凤, 田波. 中国南瓜曲叶双生病毒的生物学、血清学和分子杂交的研究[J]. 中国病毒学, 1994, 9(3): 222-225.
- [8] 洪益国, 蔡健和, 王晓凤, 田波. 中国南瓜曲叶病毒: 一个双生病毒新物种[J]. 中国科学(B 辑), 1994, 24(6): 608-613.
- [9] Muniyappa, V., Maruthi, M.N., Babitha, C.R., Colvin, J., Briddon, R.W. and Rangaswamy, K.T. (2003) Characterisation of Pumpkin Yellow Vein Mosaic Virus from India. *Annals of Applied Biology*, **142**, 323-331. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00257.x>
- [10] Reville, P.A., Ha, C.V., Porchun, S.C., Vu, M.T. and Dale, J.L. (2003) The Complete Nucleotide Sequence of Two Distinct Geminiviruses Infecting Cucurbits in Vietnam. *Archives of Virology*, **148**, 1523-1541. <https://doi.org/10.1007/s00705-003-0109-6>
- [11] Kon, T., Dolores, L.M., Bajet, N.B., et al. (2003) Molecular Characterization of a Strain of *Squash Leaf Curl China Virus* from the Philippines. *Journal of Phytopathology*, **151**, 535-539. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2003.00764.x>
- [12] Ito, T., Ogawa, T., Samretwanich, K., Sharma, P. and Ikegami, M. (2008) Yellow Leaf Curl Disease of Pumpkin in Thailand Is Associated with *Squash Leaf Curl China Virus*. *Plant Pathology*, **57**, 766. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01803.x>
- [13] Tahir, M., Haider, M.S. and Briddon, R.W. (2010) First Report of *Squash Leaf Curl China Virus* in Pakistan. *Australian Plant Disease Notes*, **5**, 21-24. <https://doi.org/10.1071/DN10009>
- [14] 赵丽玲, 钟静, 施章吉, 李婷婷, 丁铭, 张仲凯. 复合侵染水茄的两种菜豆金色花叶病毒属病毒基因组结构特征分析[J]. 植物保护学报, 2020, 47(2): 355-364.
- [15] 袁晓伟, 史慧娴, 郭仰东, 李兴盛, 孙西苹. 侵染西葫芦的中国南瓜曲叶病毒的检测及序列分析[J]. 植物保护, 2022, 48(6): 336-340.
- [16] Shi, H.X., Gu, Y.M., Li, X.S., Sun, X.P., Guo, Y.D. and Yuan, X.W. (2022) Isolation and Identification of Squash Leaf Curl China Virus in Zucchini. *Agricultural Biotechnology*, **11**, 1-3, 14.
- [17] 冀树娴, 吴雨洪, 郗征, 王美加, 李向东, 田延平. 西葫芦环斑病病原鉴定及葫芦科作物对西瓜花叶病毒抗性筛选[J]. 植物病理学报, 2020, 50(4): 442-449.
- [18] 李凤梅, 崔崇士, 张耀伟. 西瓜花叶病毒的研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2002, 33(4): 407-411.
- [19] Anderson, C.W. (1954) Two Watermelon Mosaic Virus Strains from Central Florida. *Phytopathology*, **44**, 371-374.
- [20] 冀树娴, 王姝雯, 王健, 李向东, 朱天生, 田延平. 西瓜花叶病毒抗血清制备及其应用[J]. 植物病理学报, 2018, 48(6): 833-837.
- [21] 任春梅, 程兆榜, 缪倩, 魏利辉, 周益军, 范永坚. 江苏省葫芦科作物西瓜花叶病毒的分子鉴定和序列分析[J]. 南方农业学报, 2013, 44(9): 1464-1470.
- [22] 姜华, 房德纯, 韦石泉, 潘文博, 马正潭. 西瓜花叶病毒(WMV-2)两株系寄主的病生理研究[J]. 植物病理学报, 1995, 25(1): 73-76.
- [23] 李向东, 朱汉城, 严敦余, 刘焕庭, 郭兴启. 山东省侵染西瓜的西瓜花叶病毒(WMV-2)和黄瓜花叶病毒(CMV)的研究[J]. 山东农业大学学报, 1995, 26(3): 299-306.
- [24] 秦碧霞, 蔡健和, 刘志明, 余玉冰. 广西西瓜花叶病病原病毒鉴定[J]. 广西农业科学, 2001(6): 296-297.
- [25] 张建新, 吴云锋, 王睿, 罗朝鹏. 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.
- [26] 刘卫荣, 向本春. 西瓜花叶病毒 2 号新疆昌吉分离物外壳蛋白基因核苷酸序列分析[J]. 植物病理学报, 2008, 38(6): 576-581.
- [27] 刘放, 刘勇, 张德咏, 刘嘉裕, 李迅, 戴良英, 唐前君. 瓜类褪绿黄化病毒自然侵染南瓜及分子进化分析[J]. 植物病理学报, 2021, 51(1): 1-10.
- [28] 陈思宇, 杨雪, 杨灵玲, 燕照玲, 韩晓玉, 李庆伦, 李洪连, 陈琳琳, 孙炳剑, 施艳. 与瓜类褪绿黄化病毒 P22 蛋白互作的寄主因子的筛选[J]. 华北农学报, 2021, 36(4): 197-204.
- [29] Gu, Q.S., Liu, Y.H., Wang, Y.H., Huangfu, W.G., Gu, H.F., Xu, L., Song, F.M. and Brown, J.K. (2011) First Report of *Cucurbit Chlorotic Yellows Virus* in Cucumber, Melon, and Watermelon in China. *Plant Disease*, **95**, 73. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-10-0550>

- [30] 庄新建, 郭泉, 丁诗文, 董卓倬, 贺振, 张坤. 河南温县地黄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] 涂丽琴, 干射香, 吴淑华, 任春梅, 程兆榜, 章松柏, 朱月林, 周益军, 季英华. 瓜类褪绿黄化病毒编码的 P6 蛋白亚细胞定位及致病特征分析[J]. 园艺学报, 2021, 48(8): 1531-1540.
- [32] 杨义, 何欢乐, 李俊, 郭春立, 杜慧, 吕铎, Masashi Amano, 王艳菊, 潘俊松, 蔡润. 黄瓜 ZYMV 抗性鉴定与抗性基因的分子标记辅助选择[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2017, 35(4): 48-57.
- [33] 郊光宇, 董涛. 在新疆发生的小西葫芦黄化花叶病毒的研究初报[J]. 植物病理学报, 1991(1): 74.
- [34] Kim, N.-K., Im, H., Park, S.M., Yang, K.-Y. and Jeong, R.-D. (2021) First Report of Zucchini Yellow Mosaic Virus Infecting Balloon Flower (*Platycodon grandiflorus*) in Korea. *Journal of Plant Pathology*, **103**, 1083. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00889-z>
- [35] 陈洁云, 陈集双, 洪健. 小西葫芦黄化花叶病毒流行特征及防治策略[J]. 浙江农业科学, 2001(6): 313-315.
- [36] 郭广君, 朱雪梅, 潘宝贵, 刁卫平, 刘金兵, 高长洲, 王述彬. 利用 InDel 分子标记辅助选育辣椒抗黄瓜花叶病毒病种质[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(5): 1251-1261.
- [37] 陈茜, 刘英杰, 董勇浩, 刘金燕, 李炜, 徐蓬军, 臧云, 任广伟. 黄瓜花叶病毒侵染烟草对烟蚜生长发育、取食和选择行为的影响[J]. 中国农业科学, 2021, 54(8): 1673-1683.
- [38] 程英, 王莉爽, 李凤良, 周宇航, 李文红, 金剑雪, 杨学辉. 桃蚜对辣椒上黄瓜花叶病毒(CMV)的传毒特性[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(1): 36-38.
- [39] 于海龙, 张正海, 曹亚从, 张宝玺, 王立浩. 辣椒抗黄瓜花叶病毒病研究进展[J]. 园艺学报, 2019, 46(9): 1813-1824.
- [40] Tien, P. and Wu, G. (1991) Satellite RNA for the Biocontrol of Plant Disease. *Advances in Virus Research*, **39**, 321-339. [https://doi.org/10.1016/S0065-3527\(08\)60799-X](https://doi.org/10.1016/S0065-3527(08)60799-X)
- [41] Luis-Arteaga, M., Alvarez, J.M., Alonso-Prados, J.L., et al. (1998) Occurrence, Distribution, and Relative Incidence of Mosaic Viruses Infecting Field-Grown Melon in Spain. *Plant Disease*, **82**, 979-982. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.9.979>
- [42] 毕扬, 张艳杰, 郭巍, 张汀, 李华义, 韩兴, 王成顺, 李亚宁. 防治西葫芦和黄瓜白粉病的生物制剂的筛选[J]. 植物保护, 2016, 42(5): 234-237+241.
- [43] 姚良琼, 魏峰, 强刚. 西葫芦白粉病的研究[J]. 农业灾害研究, 2014, 4(5): 21-24.
- [44] 曹燕燕, 刁倩楠, 姚东伟, 陆世钧, 张永平. 不同白粉病抗性的甜瓜转录组 SNP/InDel 位点的挖掘及其功能注释[EB/OL]. 分子植物育种: 1-16. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220224.1121.008.html>, 2022-02-25.
- [45] Choi, I.-Y., Abasova, L., Choi, J.-H. and Shin, H.-D. (2022) First Report of Powdery Mildew Caused by *Erysiphe ruscicellii* on *Oxalis dillenii* in Korea. *Journal of Plant Pathology*, **104**, 857. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01062-w>
- [46] 咸丰, 张勇, 马建祥, 张显, 杨建强, 许勇. 陕西关中地区瓜类白粉病菌生理小种的鉴定[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(10): 115-120+125.
- [47] 孟新云. 西葫芦白粉病的防治[J]. 农村科技, 2012, 2(3): 38.
- [48] 朱焕焕, 靳颖玲, 程永安, 张明科. 叶面喷施四种诱导剂预防西葫芦白粉病效果[J]. 北方园艺, 2017(1): 118-125.
- [49] 徐世成, 王鹤冰, 冯俊杰, 向华丰, 吴梦丹, 王志敏, 魏大勇, 张洪成, 汤青林. 黄瓜霜霉病及寄主抗性机制研究进展[J]. 生物工程学报, 2022, 38(5): 1724-1737.
- [50] 刘平. 黄瓜霜霉病及其寄主抗病性研究进展[J]. 农村实用技术, 2019(12): 40-41.
- [51] 李丽, 马林. 简述西葫芦霜霉病的发生与防治[J]. 生物技术世界, 2014(1): 46.
- [52] 邢璐. 西葫芦霜霉病的发生与防治措施探究[J]. 南方农业, 2017, 11(21): 7-8.
- [53] Cohen, Y., Van Den Langenberg, K.M., Wehner, T.C., Ojiambo, P.S., Hausbeck, M., Quesada-Ocampo, L.M., Lebeda, A., Sierotki, H. and Gisi, U. (2015) Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Phytopathology*, **105**, 998-1012. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-14-0334-FI>
- [54] 张杨林. 西葫芦蔓枯病、黑星病、灰霉病、褐腐病、曲霉病和镰刀菌果腐病的识别与防治[J]. 农业灾害研究, 2012, 2(7): 5-7+11.
- [55] 热依汗古丽·卡德尔. 如何防治西葫芦黑星病[J]. 农村科技, 2001(8): 13.
- [56] 罗伯祥, 孙玉东, 朱明超, 靳取. 西葫芦育种现状与发展趋势[J]. 种子, 2002(4): 44-45.
- [57] 李海真, 张国裕, 张帆, 贾长才, 姜立纲. 抗 ZYMV 西葫芦新品种京葫 CRV4 的选育[J]. 中国蔬菜, 2014(1):

- 49-51.
- [58] 张强, 王博, 银娟, 黄耀, 曹倩, 娄群峰, 钱春桃. 抗霜霉病耐褐变肉丝瓜新配组“徐绿 1 号”的培育[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(20): 51-53.
- [59] 李佳倩. 物理防治和植物支持系统用于烟粉虱防治的研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2021.
- [60] 牛芬菊, 杨海兴, 陈政仁, 李小燕, 邸维利. 4 种药剂对西葫芦白粉病的田间防效[J]. 甘肃农业科技, 2017(5): 46-48.
- [61] Zolnerowich, G. and Rose, M. (1998). *Eretmocerus* Haldeman (Hymenoptera: Aphelinidae) Imported and Released in the United States for Control of *Bemisia* (*tabaci* complex) (Homoptera: Aleyrodidae). *Proceeding of the Entomological Society of Washington*, **100**, 310-323.
- [62] 孙玉静. 黄瓜霜霉病发生规律、环境影响因子与防治技术[J]. 种业导刊, 2021(6): 35-38.
- [63] 李星, 张汀, 杨文香, 董立, 刘大群. 芽孢杆菌对黄瓜霜霉病的防治效果研究[J]. 植物保护, 2003, 29(4): 25-27.
- [64] 王美英, 黄丽丽, 涂璇, 高小宁, 阿里玛斯, 姚敏, 康振生. 植物内生放线菌防治西葫芦白粉病的初步研究[J]. 园艺学报, 2007, 34(6): 1471-1476.
- [65] 周宝利, 马兰香, 李娜, 富饶. 月桂醇对黄瓜生长和抗霜霉病及其生理指标的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2014, 45(1): 11-14.
- [66] De Oliveira, A.C.B., Maluf, W.R., Pinto, J.E.B.P. and Azevedo, S.M. (2003) Resistance to Papaya Ringspot Virus in Summer Squash *Cucurbita pepo* L. Introgressed from an Interspecific *C. pepo* × *C. moschata* Cross. *Euphytica*, **132**, 211-215. <https://doi.org/10.1023/A:1024650910031>
- [67] 冯志红, 李晓丽, 闫立英, 张慎好, 王久兴. 西葫芦遗传基因和育种研究进展[J]. 北方园艺, 2009(6): 125-127.
- [68] 王凯玥, 张沙沙, 张国裕, 田佳星, 张帆, 李海真, 王建树, 耿丽华. 西葫芦 PRSV-W 病毒病抗病种质鉴定及抗性遗传分析[J]. 核农学报, 2021, 35(2): 298-305.
- [69] Capuozzo, C., Formisano, G., Iovieno, P., Andolfo, G., Tomassoli, L., Barbella, M.M., Pico, B., Paris, H.S. and Erco-lano, M.R. (2017) Inheritance Analysis and Identification of SNP Markers Associated with ZYMV Resistance in *Cucurbita pepo*. *Molecular Breeding*, **37**, Article No. 99. <https://doi.org/10.1007/s11032-017-0698-5>
- [70] Nacar, Ç., Fidan, F., Ekbiç, E., et al. (2012) Development of Suitable Sources of Resistance to ZYMV in *Cucurbita pepo*. In: *Proceedings of the Xth EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae*, Antalya, 15-18 October 2012, 633-638.
- [71] Wang, J., Yang, C., Wu, X., Wang, Y., Wang, B., Wu, X., Lu, Z. and Li, G. (2022) Genome-Wide Characterization of NBS-LRR Family Genes and Expression Analysis under Powdery Mildew Stress in *Lagenaria siceraria*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, **118**, Article ID: 101798. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2022.101798>
- [72] Branham, S., Kousik, C., Mandal, M. and Wechter, W.P. (2021) Quantitative Trait Loci Mapping of Resistance to Powdery Mildew Race 1 in a Recombinant Inbred Line Population of Melon. *Plant Disease*, **105**, 3809-3815. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-20-2643-RE>
- [73] Liu, X., Lu, H., Liu, P., Miao, H., Bai, Y., Gu, X. and Zhang, S. (2020) Identification of Novel Loci and Candidate Genes for Cucumber Downy Mildew Resistance Using GWAS. *Plants*, **9**, Article 1659. <https://doi.org/10.3390/plants9121659>
- [74] 缪为文, 沈金龙, 闻舒, 吉红艳. 温室西葫芦常见病害的发生与防治[J]. 现代农业科技, 2017(24): 99-100+102.
- [75] 刘永强. 设施栽培西葫芦的主要病害综合防治技术[J]. 河南农业, 2020(32): 16-18.