

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):5-9.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.03.002

葫芦科作物重要种传病毒研究进展

郑棚峻^{1,2}, 张宇², 张松柏², 刘勇², 张德咏^{1,2}

(1. 湖南农业大学植物保护学院, 湖南长沙 410128; 2. 湖南省植物保护研究所, 湖南长沙 410125)

摘要:葫芦科(Cucurbitaceae)作物是全世界重要的经济作物,在我国各地区广泛种植,而病毒病尤其是种传病毒病是造成葫芦科作物减产的重要原因之一。为此,本文就常见的葫芦科病毒病、主要种传病毒病及其种传率、种传机制、带毒种子处理方法等进行综述,为葫芦科种传病毒防治提供相关基础知识和依据。

关键词:葫芦科作物;种传病毒;带毒率;传毒率;种传机制;防治方法

中图分类号: S432 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)03-0005-05

葫芦科(Cucurbitaceae)作为植物界中较为重要的一个科,共包含 118 属 800 多种作物,广泛种植于世界各亚热带、热带和温带地区,也是我国非常重要的经济作物。常见的葫芦科作物包括黄瓜(*Cucumis sativus*)、南瓜(*Cucurbita moschata*)、冬瓜(*Benincasa hispida*)、苦瓜(*Momordica charantia*)、甜瓜(*Cucumis melo*)、西葫芦(*Cucurbita pepo*)、西瓜(*Citrullus vulgaris*)、丝瓜(*Luffa cylindrica*)等。病毒病的发生往往是影响葫芦科作物产量和质量的重要原因,常造成严重的经济损失。通常,带毒种子是种传病毒病的初侵染源。当存在机械接触或有效昆虫等介体的情况下,可导致带毒种子在区域内

大面积水平传播;而当病毒通过带毒种子的调运进行远距离传播时,则会导致病毒病流行性和危害性上升。所以阻断病毒的种子传播途径具有非常重要的经济意义。

葫芦科种传病毒病是生产上的重要问题,种传病毒也是国内外病毒研究学者关注的重点问题。为此,本文就葫芦科作物上常见的病毒病及其症状、主要种传病毒种类、种传机制及种子防治方法等进行综述。

1 葫芦科常见病毒病种类及症状特点

1.1 葫芦科作物常见病毒病种类

据相关文献记载,被国内外报道的侵染葫芦科作物的病毒种类有 86 种,其中暂定种有 17 种,类病毒有 1 种,共涉及到 15 个科、24 个属。其中报道种类最多的属是菜豆金色花叶病毒属(*Begomovirus*),能够侵染葫芦科作物的病毒达 20 种,包括苦瓜黄脉病毒(bitter gourd yellow vein virus, BGYYV)、丝瓜黄花叶病毒(*Luffa* yellow mosaic virus,

南农业学报,2001,14(增刊1):108-112.

[14] 梅再美. 贵州喀斯特脆弱生态区退耕还林还草与节水型混农林业发展的途径探讨[J]. 中国岩溶,2003,22(4):293-298.

[15] 武继承,游保全,汪立刚. 我国高效节水型可持续农业发展模式选择[J]. 中国人口·资源与环境,2001,11(2):69-72.

[16] 田驰. 罗甸县节水灌溉示范项目滴灌典型工程设计[J]. 黑龙江水利科技,2013,41(12):135-138.

[17] 钱璧璜,李益农. 地面灌水技术的评价与节水潜力[J]. 灌溉排水,1999,18(增刊1):100-105.

[18] 黄修桥,李英能,顾宇平,等. 节水灌溉技术体系与发展对策研究[J]. 农业工程学报,1999,15(1):118-123.

[19] 刘兴华. 节水灌溉效益评价研究进展[J]. 中国科技信息,2006(12):99-101.

[20] Sakthivadivel M R. Water accounting to assess use and productivity of water[J]. Water Resources Development,1999,15(1/2):55-71.

[21] 熊康宁,盈斌,罗娅,等. 喀斯特石漠化演变趋势与综合治理——以贵州省为例[J]. 世界林业研究,2009,22(增刊1):18-23.

[22] 苏维词,周济作. 贵州喀斯特山地的“石漠化”及防治对策[J]. 长江流域资源与环境,1995,4(2):177-182.

收稿日期:2016-11-04

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201303028)。

作者简介:郑棚峻(1991—),男,湖南麻阳人,硕士研究生,主要从事微生物与植物保护研究。E-mail:313639574@qq.com。

通信作者:张德咏,博士,研究员,主要从事植物病理学研究。E-mail:dzyzhang73@hotmail.com。

[4] 吴士章,朱文孝,苏维词,等. 贵州水资源状况及节水灌溉措施[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2005,23(3):24-27.

[5] 吴士章,蒋太明,肖厚军. 黔中地区水稻控制性节水灌溉技术[J]. 贵州农业科学,2004,32(1):53-54.

[6] 黄秋昊,蔡运龙,王秀春. 我国西南部喀斯特地区石漠化研究进展[J]. 自然灾害学报,2007,16(2):106-111.

[7] 肖时珍,熊康宁,廖炳恒,等. 喀斯特地区石漠化综合治理蓄水工程布设研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(3):1822-1826.

[8] 贺卫,李坡. 喀斯特峡谷区工程性缺水原因及解决途径——以贵州省花江峡谷示范区为例[J]. 资源开发与市场,2010,26(2):129-131,134.

[9] 董保军,闫连喜,刘铁山. 岸坡式蓄水池在山区集雨工程中的应用[J]. 河南水利,2004(4):94.

[10] 李云伍. 重庆市丘陵山区雨水集蓄与节水灌溉技术研究[D]. 重庆:西南大学,2000.

[11] 吴士章,蒋太明,肖厚军,等. 贵州岩溶山区旱地灌溉方式研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2003,21(1):64-47.

[12] 聂克艳,杨林,杨晓容,等. 以色列节水技术在贵州节水农业上的应用探讨[J]. 贵州农业科学,2007,35(5):167-169.

[13] 朱钟麟,赵燮京. 西南地区节水农业的特点和技术模式[J]. 西

LYMV)、南瓜曲叶病毒(squash leaf curl virus, SLCV)、西瓜褪绿矮化病毒(watermelon chlorotic stunt virus, WmCSV)、甜瓜褪绿曲叶病毒(melon chlorotic leaf curl virus, MCLCuV)等。其次为马铃薯 Y 病毒属(*Potyvirus*),在葫芦科上共报道了 16 种病毒,包括菜豆黄花叶病毒(bean yellow mosaic virus, BYMV)、番木瓜环斑病毒(papaya ring spot virus, PRSV)、西瓜花叶病毒(watermelon mosaic virus, WMV)、小西葫芦黄花叶病毒(zucchini yellow mosaic virus, ZYMV)、发藤葫芦花叶病毒(telfairia mosaic virus, TeMV)等。其余常见的葫芦科作物病毒包括烟草花叶病毒属(*Tobamovirus*)的烟草花叶病毒(tobacco mosaic virus, TMV)、酱瓜绿斑驳花叶病毒(kyuri green mottle mosaic virus, KGMMV)、黄瓜绿斑驳花叶病毒(cucumber green mottle mosaic virus, CGMMV)、番茄斑萎病毒属(*Tospovirus*)的番茄斑萎病毒(tomato spotted wilt virus, TSWV)、黄瓜花叶病毒属(*Cucumovirus*)的黄瓜花叶病毒(cucumber mosaic virus, CMV)等^[1]。

1.2 葫芦科作物病毒病的症状特点

病毒病侵染葫芦科作物后能导致绝大多数寄主发生系统侵染并表现出各种典型症状:黄化花叶、皱缩褪绿、叶片畸形斑驳、生长矮小迟缓、果实弯曲畸形、顶端甚至系统性坏死等。葫芦科上病毒病的发生通常不是因为 1 种病毒单独侵染的,大多数是由于多种病毒复合侵染。发病症状也并不是单一的,病毒在寄主上一般会呈现出多种不同类型的症状,可明显区别于其他真菌细菌病害症状。葫芦科病毒病的症状主要可分为以下几个类型:

(1)花叶型:大多数病毒感染葫芦科作物后,在不同时期均会出现系统或局部花叶症状,即花叶症状是葫芦科病毒病害的典型症状。有试验证明,当 ZYMV、WMV 感染西葫芦后,初期症状都为明脉,随时间推移后期叶脉渐渐形成花叶;而当 CMV 感染黄瓜、南瓜、西葫芦时,其初期症状就会呈现不同程度的花叶^[2]。而西瓜、甜瓜感染 CMV 后,其初期症状也是明显的花叶症状,随着时间推移,西瓜、甜瓜各部位会出现不同程度系统性褪绿斑,导致植株生长矮小,在结果期的黄瓜果实多畸形弯曲。

(2)皱缩、卷曲型:发病症状较为明显,染病的葫芦科植株新叶会沿叶脉呈现浓绿色皱缩或叶脉、叶柄畸形弯曲,且大多数叶片会变小。当西葫芦、黄瓜感染 CMV 后,寄主的中期症状主要为叶尖顶部向下皱缩,叶脉周围向内皱褶明显,叶片边缘卷曲现象也较为明显。皱缩、卷曲型的症状严重时可导致病株叶片比正常健康叶片明显缩小,收获的果实也明显缩小、弯曲、畸形;南瓜花叶病毒(squash mosaic virus, SqMV)侵染南瓜后,寄主不仅会出现典型的花叶和斑点症状,而且容易观察到寄主叶片叶脉周围的皱缩、向内突起现象,叶缘的锯齿状向下卷曲症状也较为显著。

(3)斑点型:典型症状可分为绿斑型、黄斑型、坏死斑型。如 CGMMV 感染黄瓜幼苗后,其症状可出现绿斑或者黄斑^[3]。绿斑型的黄瓜苗期发病叶片呈现出暗绿色或者亮绿色斑驳,引起植株矮化,瓜条也可出现黄绿色花斑;黄斑型黄瓜病叶会产生淡黄色星状疱斑,而老叶呈现白色症状;甜瓜坏死斑点病毒(melon necrotic spot virus, MNSV)几乎只在葫芦科的植物上传播^[4],如甜瓜、黄瓜、葫芦、南瓜、西瓜等。研究表明,

MNSV 在甜瓜上为典型的系统侵染,主要症状为植株褪绿矮化、瓜果畸形变小,在植株叶柄、叶片、蔓以及茎等部位会出现不同程度的坏死斑,从而导致植株矮小坏死,畸形瓜果产率大大增加。严重降低了果实的产量和质量。

2 葫芦科作物的主要种传病毒

随着农业生产结构的调整和种子贸易快速增长,种传病毒已成为葫芦科作物上最难以防治的病毒病害之一^[5]。据统计,已证实可通过葫芦科种子传播的病毒达 11 种,分别是黄瓜花叶病毒(cucumber mosaic virus, CMV)、黄瓜叶斑病毒(cucumber leaf spot virus, CLSV)、黄瓜绿斑驳花叶病毒(cucumber green mottle mosaic virus, CGMMV)、菜瓜星状花叶病毒(snake melon asteroid mosaic virus, SMAMV)、甜瓜坏死斑点病毒(melon necrotic spot virus, MNSV)、甜瓜粗缩花叶病毒(melon rugose mosaic virus, MRMV)、小西葫芦黄花叶病毒(zucchini yellow mosaic virus, ZYMV)、小西葫芦绿斑驳病毒(zucchini green mottle mosaic virus, ZGMMV)、南瓜花叶病毒(squash mosaic virus, SqMV)、发藤葫芦花叶病毒(telfairia mosaic virus, TeMV)、烟草环斑病毒(tobacco ring spot virus, TRSV)。而对葫芦科作物造成严重危害的种传病毒主要有 5 种:分别是 CGMMV、CMV、ZYMV、SqMV、MNSV^[1,6-7]。

2.1 黄瓜绿斑驳花叶病毒

CGMMV 是正单链 RNA 病毒,病毒粒子呈杆状,属杆状病毒科(Virgaviridae)、烟草花叶病毒属(*Tobamovirus*)。1935 年,CGMMV 由 Ainsworth 在英国首次报道^[8],我国最早是从日本引进的种苗中检测到 CGMMV。由于 CGMMV 致病性强、危害严重且防治难度大,导致该病毒在全国部分省区及全世界各地区广为流传。在自然环境中 CGMMV 寄主范围相对较为狭窄,主要侵染包括南瓜、西葫芦、西瓜、丝瓜、甜瓜、黄瓜等在内的葫芦科作物。CGMMV 常见的传播途径有 2 种:一种是物理传播,包括农事操作、土壤、机械接触、介体、水汁液、授粉等途径^[9];另一种是带毒种子的远距离传播,是 CGMMV 重要的传播途径^[10]。

CGMMV 是典型的种传病毒,病毒粒子可稳定存在于种子的外部表皮、种皮及花粉中^[11]。国内外研究证明,把 CGMMV 带毒雄花授粉给去雄健康黄瓜植株后,收获的种子 CGMMV 带毒率平均为 51.2%,子二代幼苗生长试验检测出 CGMMV 传毒率平均为 76.7%,证明了带毒花粉可传播 CGMMV 并导致种传^[12];Choi 试验证明瓠瓜感染 CGMMV 后,子一代带毒种子检测 150 粒,检测出有 126 粒是阳性种子,表明子一代带毒率为 84%,播种子一代种子,从 100 株子二代幼苗中检测出 2 株阳性,表明子一代种子传毒率为 2%^[13];Hollings 把 CGMMV 侵染黄瓜后,发病株黄瓜收获的种子放置 1 个月后播种,子一代种子检测的传毒率为 8%,而当放置 5 个月后再播种,从子二代幼苗中检测发现子一代种子传毒率降到 0.1%^[14];当 CGMMV 感染西瓜、甜瓜后,子一代的西瓜种子和甜瓜种子的带毒率分别为 100% 和 93.85%,而传毒率分别为 2.25% 和 2.83%^[15];而当 CGMMV 感染葫芦后,检测种子的带毒率为 100%,检测子二代植株发病率平均为 1.02%^[16]。

2.2 黄瓜花叶病毒

CMV 是正单链 RNA 病毒,病毒粒子呈球形,属于雀麦花

叶病毒科 (Bromoviridae)、黄瓜花叶病毒属 (*Cucumovirus*) 的重要成员。1916 年由 Jagger^[17] 和 Doolittle^[18] 首次报道了 CMV, 此后近 1 个世纪来, 全世界各国相继报道了 CMV, 而在我国大部分地区均有该病毒的分布。CMV 是分布最广、寄主最多、最具经济危害的植物病毒之一^[19], 能够侵染包括葫芦科在内的 85 科、365 属共 1 000 多种单、双子叶植物^[20], 给世界各地的农作物经济造成毁灭性的损失。

在自然环境中, CMV 主要传播方式是通过蚜虫传播^[21], 据统计目前已报道了 70 余种蚜虫可通过短期方式传播 CMV; 此外, 在从事农事操作时, CMV 还容易通过汁液摩擦接种、机械接触等方式传播到健康植株上; 种子传毒是 CMV 另一种主要传播途径^[22]。据相关文献记载, CMV 感染大豆后, 取子一代 230 粒大豆种子播种, 有 16 粒幼苗检出 CMV 阳性, 种子传毒率为 7%^[23]; CMV 侵染不同辣椒品种时, RT-PCR 检测种子带毒率为 95% ~ 100%, 胚带毒率 10% ~ 46%, 种子表皮带毒率达到 53% ~ 83%, 在幼苗生长试验检测中, 不同辣椒品种的 CMV 传毒率在 10% ~ 14% 之间, 平均传毒率则为 12%^[24]。CMV 的种传特性客观上增强了该病毒在自然界的危害性和传播能力, 给种子安全和农业生产带来了潜在威胁。

2.3 小西葫芦黄花叶病毒

ZYMV 是一种无包膜的 RNA 病毒, 属于马铃薯 Y 病毒科 (Potyviridae)、马铃薯 Y 病毒属 (*Potyvirus*) 的重要成员。ZYMV 首次报道是在 1973 年, 由 Lisa 等在意大利、法国的小西葫芦上发现^[25]。1991 年在我国新疆西瓜作物上, 郑光宇等首次检测出了 ZYMV^[26], 自此以后该病毒相继在我国各省市内发现。ZYMV 寄主范围广泛, 可以侵染包括葫芦科、豆科在内的 11 个科植物。ZYMV 是危害葫芦科经济作物的主要病毒之一, 葫芦科作物感染 ZYMV 后会出现严重的花叶、褪绿黄化、叶缘系统性坏死、果实畸形等症状, 显著降低了葫芦科作物产量和商品经济价值^[27-28]。

在自然条件下, ZYMV 主要传播方式有 3 种: 棉蚜 (*Aphis gossypii*)、桃蚜 (*Myzus persicae*)^[29] 等蚜虫以非持久性方式传播 ZYMV, 传毒效率与蚜虫品种、气候环境、植株状态等因素有关; 水汁液、人类活动、农业工具污染、植株间的叶片接触等方式的机械传播^[30]; 种子传播是近年来发现的另一种主要传播途径。早年由于生物检测技术的限制, ZYMV 是否属于种传病毒存在较大争议。直到 1991 年, 荷兰 Huijbert 等在小西葫芦上接种 ZYMV 后, 用 DAS-ELISA 法检测病株种子表皮, 检测结果为 26 个样品中 ZYMV 阳性有 18 个, 种子表皮带毒率为 69.2%, 生长试验检测 ZYMV 种子传毒率为 0.47%, 从而证明 ZYMV 是可以经过种子传毒的。近年来国内外研究结果表明 ZYMV 在不同植株种子上的传毒率在 0 ~ 18.9% 之间^[31]。

2.4 南瓜花叶病毒

SqMV 是正单链 RNA 病毒, 病毒粒子呈球形, 是豇豆花叶病毒科 (Comoviridae)、豇豆花叶病毒属 (*Comovirus*) 的代表性成员。SqMV 广泛分布在以色列、巴西、美国、阿根廷、墨西哥、加拿大等西半球国家, 且自然寄主仅限于葫芦科作物^[32]。近年来, 在我国新疆甜瓜、南瓜上发现植株不同程度出现系统花叶、严重的水泡坏死斑、果实变形等症状, 后证实是由于 SqMV 的侵染而引起的病害^[33]。SqMV 对甜瓜、黄瓜、南瓜及其他葫芦科植物的健康和产量造成了严重的威胁。

在自然条件下, SqMV 主要通过叶甲类昆虫以非持久性方式传播; 也可通过接种摩擦、昆虫唾液、排泄物等方式传播^[34]; 带毒种子是 SqMV 传播的另一种重要途径。据赵荣乐统计, SqMV 在甜瓜上的种传率为 2.0%, 在西葫芦上种传率为 2.6%^[35]。由于 SqMV 的种子传毒现象很普遍, 且种传率也不低, 在种子贸易和种植过程中 SqMV 极易通过带毒种子扩散, 这就要求农业生产者加强种子的管理, 采取有效的措施防止种子传毒。

2.5 甜瓜坏死斑点病毒

MNSV 是正单链 RNA 病毒, 病毒粒子为球形, 是番茄丛矮病毒科 (Tombusviridae)、香石竹斑驳病毒属 (*Carmovirus*) 典型成员^[36]。MNSV 最早是 1960 年在日本^[37] 甜瓜上发现的, 此后, 在美国、意大利^[38]、瑞典、希腊^[39] 等各国的葫芦科作物上相继报道了该病毒。2007 年, MNSV 在我国江苏海门温室甜瓜中首次被发现^[40]。MNSV 寄主范围小, 在自然环境下的寄主范围几乎只在葫芦科的植物上传播, 如甜瓜、黄瓜、葫芦、南瓜、西瓜等。

MNSV 自然传播介体主要是叶甲和土壤中的油壶菌, 也容易通过磨擦接种和机械接触进行传播^[41-42]。种子传毒是 MNSV 传播的主要途径, 当油壶菌属存在于土壤的播种床时, 油壶菌可以把 MNSV 黏附在种子表面, 从而进行小范围的传播。带毒种子如果未经及时消毒处理, 即可通过种子贸易将 MNSV 病毒进行远距离调运, 严重影响各地区葫芦科作物产量。据文献记载, MNSV 感染不同品种甜瓜后, 经 DAS-ELISA 检测的种子传毒率分别为 11.3% 和 14.8%^[43]。

3 病毒的种传机制

种传病毒主要可分为胚内感染和胚外感染 2 种类型^[44]。胚外感染是指病毒粒子只存在于胚乳或种子的种皮和表面上, 而并未进入种子的胚中。烟草花叶病毒属的病毒主要是依靠胚外感染而种传的, 该类病毒未进入种子的胚组织里, 只存在于种子种皮或胚乳中, 如 CGMMV, 在植株发芽时通过介体、摩擦接触或机械传播等方式侵染幼苗的根和芽^[45]。胚外感染的种传病毒具有高稳定性和浸染性的特点, 以致能在种子收获、脱水和调运储藏过程中不被钝化。胚内感染是绝大多数种传病毒浸染的方式, 病毒可存在于胚内。有些种传病毒可以同时存在于种皮和胚组织内, 这种病毒主要是通胚组织传毒的, 在种子发育的较早时期, 该类病毒由于种子的胚珠拥有与周围组织相关的胞间连丝, 使得病毒可以进入种子内胚的分生组织, 侵染胚后病毒不被钝化即可使胚带毒, 从而随种子的萌发生长而种传^[46]。

花粉传毒是病毒种传的重要原因之一。有研究表明, 被病毒感染的花粉可以通过介体或者摩擦接触等方式在植物间水平传播, 也能通过受精过程垂直传播给下一代种子。这种传播机制可能是因为在花粉授粉过程中, 带毒花粉成功穿过花粉管后通过受精作用而使种子带毒, 即病毒首先感染植株叶片, 然后通过病叶传到花粉, 再由带毒花粉传给种子, 最终通过带毒种子发展成带毒幼苗, 从而实现种传。但这种机制的传播目前仅是在人工授粉条件下发现的, 在自然环境下带毒花粉能否有效把病毒传给种子尚待研究^[47]。

病毒的株系和寄主的基因型影响着种传是否能发生, 同

一种病毒的不同株系在相同寄主上的种传率往往有很大差异,甚至可能导致无法种传,而同一株系的病毒在不同寄主植株上表现的传毒能力通常也不尽相同;温度是决定带毒种子传播效率的重要环境条件之一。在一般情况下,温度增高能够显著降低种子的带毒率,从而影响病毒种子的传毒率;植株的受侵染时期是影响病毒种子种传的另一重要因素。一般来说,病毒在开花前的早期侵染,种子的传毒率较高。而在开花期间甚至开花以后的晚期侵染,种子的传毒率较低,甚至根本不种传,因此,在早期发育过程中侵染胚或种皮是种子传毒的必要条件^[48]。

4 种传病毒病的防治

4.1 选择无病良种

4.1.1 加强检疫 种传病毒病的大面积流行,带毒种子的远距离传播是重要原因之一。如 CGMMV 是从日本引进的种子中传播到中国的,导致该病害在中国各省区迅速蔓延。因此应严格执行《植物检疫条例》,加强对外来引进的种苗、种子的市场检疫和调运检疫,防止有害种子跨区域传入和传播。

4.1.2 加强带毒种子检测 加强对带毒种子检测是有效防止种传病毒传播的重要手段之一。对于那些存在严重干瘪、畸形的种子,或存在于种子之中或黏附在种子表面的病原体,可以适当运用目筛、洗涤等方法进行筛选和检测^[49];而对于大多数胚传病毒种子,可以运用分子生物学法、血清学法、萌芽等检测法加强对种子的监控^[50]。

4.1.3 加强种田管理,适时采收种子 及时清除田间以及周围杂草,清理病株、茎叶、果实等病残体,对种田进行覆地膜处理,或对种田区进行土壤消毒,能有效减少蚜虫等介体传播,防止种传病害的发生。有试验证明,覆有地膜的种田比露天种田能减少 90% 的蚜虫,且发病率及病情指数大大降低^[51]。根据文献记载,烟草种子表面的病毒会逐渐随着种子的成熟而慢慢钝化,成熟的种子相对于早期的种子往往带毒率更低^[52]。所以等种子完全成熟时再采收,或选择性收集无病植株的种子,是降低种子带毒率的有效措施。

4.2 种子消毒处理

4.2.1 物理法 主要运用干热处理、激光处理、微波处理、水选法、机械筛除法等方法抑制或钝化病毒。有试验表明,运用干热法将 CGMMV 种子放入 40 ℃ 恒温箱处理 24 h,再 72 ℃ 处理 72 h 后,相对于对照清水处理增产 11.33%,防效为 93.46%,但是干热处理的发芽率比对照降低了 9.6%;而用温汤浸种水选法 55 ℃ 水浴锅处理种子 15 min 后,发芽率比对照只降低 1.5%,而增产只有 7.21%,防效为 58.20%^[53]。应用物理法处理种子时,应选择合适的温度和处理时间,来保证种子的高发芽率,从而达到消毒且增产的目的。

4.2.2 化学法 主要运用化学药剂、种子包衣、拌种等方法杀死或钝化病毒。化学药剂包括杀虫剂、微量元素、磷酸三钠溶液等^[54]。Cordoba 等的试验证明运用 10% 磷酸三钠溶液处理带毒种子 2 h 后,种子上的病毒基本被灭活且未影响到种子的萌发^[55]。种子包衣处理是市面上常见的种子保护措施。包衣剂被种子吸收后,能有效杀害种子上的病菌,且种子表面能长期保持药效,在种植过程中达到防病、杀菌、防虫等目的,控制种传病害的发生。

5 结论与展望

大多数葫芦科作物都是我们日常生活中常见的食用作物,也是全世界种植户重要的经济来源。病毒病的发生和传播会严重降低葫芦科作物的产量和品质,而带毒种子在种子运输过程中跨区域传入和传播,使种传病毒病成为最难以防范的病害之一。在葫芦科上常见的几种病毒基本上都属于种传病毒,且有的种传病毒在葫芦寄主上传毒效率非常高,使带毒种子传播给下一代幼苗逐渐成为病毒的重要传播方式。

由于病毒种传的发生是病毒和寄主在进化过程中相互作用的结果,从而使病毒的种传机制成为植物病毒学较为复杂的领域。基于种传病毒在农业生产的重要性,需要我们运用最新的生物学技术,更多地投入到种传病毒及其机制、影响因素的研究中。在种子生产过程中,选择无病良种和加强对种子的消毒处理都能有效地降低种子传毒的概率,而探索最新的种传病毒防治方法仍需进行更多的试验研究。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 彭斌,顾青,古勤生,等. 5 种病毒侵染葫芦科作物的症状观察[J]. 中国西瓜甜瓜,2004(6):14-16.
- [3] Ling K S, Li R, Zhang W. First report of cucumber green mottle mosaic virus infecting greenhouse cucumber in Canada[J]. Plant Disease, 2014,98(5):701-702.
- [4] Nieto C, Rodríguez - Moreno L, Rodríguez - Hernández A M, et al. *Nicotiana benthamiana* resistance to non - adapted melon necrotic spot virus results from an incompatible interaction between virus RNA and translation initiation factor 4E[J]. Plant Journal, 2011,66(3):492-501.
- [5] Al - Tamimi N, Kawas H, Mansour A. Seed transmission viruses in squash seeds (*Cucurbita pepo*) in southern Syria and Jordan valley[J]. Jordan Journal of Agricultural Sciences, 2010,5(4):497-506.
- [6] Hull R. Plant virology[M]. New York:Academic Press,2013.
- [7] 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.
- [8] Ainsworth G C. Mosaic disease of cucumber[J]. Annals of Applied Biology, 1935,22:55-67.
- [9] 李俊香,古勤生. 黄瓜绿斑驳花叶病毒传播方式的研究进展[J]. 中国蔬菜,2015(1):15-18.
- [10] 秦碧霞,蔡健和,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.
- [11] Varveri C, Vassilakos N, Bem F. Characterization and detection of cucumber green mottle mosaic virus in Greece[J]. Phytoparasitica, 2002,30(5):493-501.
- [12] Liu H W, Luo L X, Li J Q, et al. Pollen and seed transmission of cucumber green mottle mosaic virus in cucumber[J]. Plant Pathology, 2014,63(1):72-77.
- [13] Choi G S. Occurrence of two tobamovirus diseases in cucurbits and control measures in Korea[J]. Plant Pathology Journal, 2001,17(5):243-248.
- [14] Hollings M, Komuro Y, Tochiara H. CMI/AAB descriptions of plant viruses;cucumber green mottle mosaic virus[R]. Association

- of Applied Biologists,1975.
- [15] 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.
 - [16] 秦碧霞,蔡健和,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.
 - [17] Jagger I C. Experiments with the cucumber mosaic disease[J]. Phytopathology,1916,6:145-147.
 - [18] Doolittle S P. A new infectious mosaic disease of cucumber[J]. Phytopathology,1916,6:142-144.
 - [19] Francki R I B, Mossop D W, Hatta T. CMI/AAB descriptions of plant viruses;cucumber mosaic virus[R]. Association of Applied Biologists,1979.
 - [20] Edwardson J R, Christie R G. CRC handbook of viruses infecting legumes[M]. Boca Raton:CRC Press,1991:293-319.
 - [21] Xu Z, Barnett O W. Identification of a cucumber mosaic virus strain from naturally infected peanut in China[J]. Plant Disease,1983,68:386-389.
 - [22] Hampton R O, Franckii R B. RNA1 dependent seed transmissibility of cucumber mosaic virus in *Phaseolus vulgaris* [J]. Phytopathol, 1992(82):127-130.
 - [23] Bos L, Maat D Z. A strain of cucumber mosaic virus, seed-transmitted in beans[J]. Netherlands Journal of Plant Pathology,1974,80(4):113-123.
 - [24] Ali A, Kobayashi M. Seed transmission of cucumber mosaic virus in pepper[J]. Journal of Virological Methods,2010,163(2):234-237.
 - [25] Lisa V, Boccardo G, Dagostino G, et al. Characterization of a potyvirus that causes zucchini yellow mosaic[J]. Phytopathology,1981,71(7):667-672.
 - [26] 赵荣乐,郑光宇. 危害新疆西瓜的一种线状病毒的研究[J]. 北京师范大学学报,1998,34(2):258-263.
 - [27] Coutts B A, Kehoe M A, Jones R. Zucchini yellow mosaic virus: contact transmission, stability on surfaces, and inactivation with disinfectants[J]. Plant Disease,2013,97(6):765-771.
 - [28] Coutts B A, Kehoe M A, Jones R A. Minimising losses caused by zucchini yellow mosaic virus in vegetable cucurbit crops in tropical, sub-tropical and Mediterranean environments through cultural methods and host resistance[J]. Virus Research,2011,159(2):141-160.
 - [29] 赵荣乐,郑光宇. 桃蚜可高效率地传播小西葫芦黄化花叶病毒新疆株[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2003,39(3):382-385.
 - [30] Sevik M A. Water pollution;water-borne plant viruses[J]. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,2011,27(1):40-47.
 - [31] 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.
 - [32] Kurstak L. Handbook of plant virus infections comparative diagnosis [M]. Netherland:Elsevier North-holland Biomedical Press,1981:116-119.
 - [33] 郑光宇,王志民,李国玄,等. 新疆哈密瓜病毒病的免疫电子显微诊断[J]. 植物病理学报,1984,14(1):47.
 - [34] 复旦大学生物系植物病毒研究室. 植物病毒志[M]. 上海:上海科学技术出版社,1981:116-118.
 - [35] 赵荣乐. 感染新疆甜瓜的南瓜花叶病毒的鉴定[J]. 喀什师范学院学报,2004,25(3):46-50.
 - [36] 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):1-4,15.
 - [37] Kishi K. Necrotic spot of melon,a new virus disease[J]. Annals of the Phytopathological Society of Japan,1966,32:363-386.
 - [38] Tomassoli L, Barba M. Occurrence of melon necrotic spot carmovirus in Italy[J]. Bulletin OEPP,2000,30(2):279-280.
 - [39] Avgelis A. Occurrence of melon necrotic spot virus in Crete (Greece)[J]. Phytopathology,1985,114:365-372.
 - [40] Gu Q S, Bao W H, Tian Y P, et al. Melon necrotic spot virus newly reported in China[J]. Plant Pathology,2008,57(4):765.
 - [41] 古勤生,吴会杰,彭斌,等. 瓜类新病毒病害(二):甜瓜坏死斑点病[J]. 中国瓜菜,2011,24(5):35-36.
 - [42] Serra-Soriano M, Navarro J A, Genoves A, et al. Comparative proteomic analysis of melon phloem exudates in response to viral infection[J]. Journal of Proteomics,2015,124:11-24.
 - [43] Herrera-Vasquez J A, Cordoba-Selles M C, Cebrian M, et al. Seed transmission of melon necrotic spot virus and efficacy of seed-disinfection treatments[J]. Plant Pathology,2009,58(3):436-442.
 - [44] 杨洪一,张娜娜,郭世辉,等. 植物病毒种传机制研究进展[J]. 黑龙江农业科学,2012(6):150-152.
 - [45] Park J W, Jang T H, Song S H, et al. Studies on the soil transmission of CGMMV and its control with crop rotation[J]. The Korean Journal of Pesticide Science,2010,14(4):473-477.
 - [46] 温孚江. 植物病毒种传的研究概况[J]. 中国农学通报,1986(5):3-4.
 - [47] Mink G I. Pollen and seed-transmitted viruses and viroids[J]. Annual Review of Phytopathology,1993,31:375-402.
 - [48] 时杰. 种传病毒的研究进展[J]. 吉林农业大学译丛,1990(1):1-9.
 - [49] Reingold V, Lachman O, Blaovos E, et al. Seed disinfection treatments do not sufficiently eliminate the infectivity of cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV) on cucurbit seeds[J]. Plant Pathology,2014,7(7):1-11.
 - [50] Sugiyama M. The present status of breeding and germplasm collection for resistance to viral diseases of cucurbits in Japan[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science,2013,82(3):193-202.
 - [51] 许泽永,张宗义,陈坤荣,等. 花生病毒病发生规律和防治研究[J]. 湖北植保,2004(5):37-39.
 - [52] Wrather J A, Sleper D A, Stevens W E, et al. Planting date and cultivar effects on soybean yield, seed quality, and *Phomopsis* sp. seed infection[J]. Plant Disease,2003,87(5):529-532.
 - [53] Cai M, Jiang D, Zhang L Y, et al. Study on CGMMV seed treatment[J]. Plant Quarantine,2011,25(1):62-63.
 - [54] 赵璇,金素娟,李占军,等. 河北省大豆种传病害的发生与防治[J]. 河北农业科学,2015,19(4):46-48.
 - [55] Cordoba M C, Garcia R A, Alfaro-Fernandez A, et al. Seed transmission of Pepino mosaic virus and efficacy of tomato seed disinfection treatments[J]. Plant Disease,2007,91:1250-1254.