پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۳ (۱): ۵۷–۴۵ (۱۴۰۳)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 13 (1): 45–57 (2024)-*Research Article*

https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2023.17120

ارزیابی واکنش برخی لاین‌های خالص طالبی و هندوانه به ویروس موزاییک هندوانه در شرایط گلخانه

مهدی پورمحمدعلی[۱]، حسین معصومی[۱]✉، جهانگیر حیدرنژاد[۱]، اکبر حسینی پور[۱]، روح اله عبدالشاهی[۲]، محمد جواد آروین[۳]

*[۱]گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. [۲]گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. [۳]گروه مهندسی علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.*masoomi@ uk.ac.ir✉

دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۸ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۰

چکیده

ویروس موزاییک هندوانه (*Watermelon mosaic virus*, WMV)، یکی از مهم‌ترین ویروس‌های کدوئیان است. در این تحقیق واکنش ۱۰ لاین خالص طالبی و هشت لاین خالص هندوانه آجیلی (جابانی) نسبت به WMV در شرایط گلخانه ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که از لاین‌های طالبی، تنها طالبی لاین ۲ به دلیل میزان پایین شاخص شدت بیماری و نیز میانگین جذب در آزمون الایزا، متحمل به این ویروس شناخته شد. اما لاین‌های ۳، ۵، ۶، و ۸ طالبی نسبتا حساس و لاین‌های ۴، ۷، ۱۰و ۱۱ حساس بودند. از بین لاین‌های هندوانه، لاین‌های ۲ و ۵ حساس ارزیابی شدند. اما در سایر لاین‌های مایه‌زنی شده با WMV هیچ گونه علائمی مشاهده نگردید و با شاخص شدت بیماری صفر و نتایج منفی در آزمون‌های الایزا و RT-PCR در گروه مقاوم به ویروس قرار گرفتند. جهت ارزیابی تأثیر ویروس بر شاخص وزن تر و خشک اندام‌های گیاهی، لاین‌های طالبی و هندوانه با WMV مایه‌زنی شدند. در نتیجه این ویروس به طور معنی‌داری وزن تر برگ، وزن خشک ساقه، وزن تر و وزن خشک کلی گیاهان بیمار را در مقایسه با گیاهان سالم کاهش داد. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که در ژنوم تعدادی از لاین‌های طالبی و هندوانه مورد بررسی در این تحقیق از جمله لاین‌های ۱و ۲ طالبی و لاین‌های ۱، ۳، ۶، ۷، ۸ و ۱۱ هندوانه آجیلی، احتمالا ژن(های) مرتبط با مقاومت نسبت به WMV وجود دارد که بهره‌گیری از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی ایجاد مقاومت برای تولید ارقام مقاوم توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: ویروس موزاییک هندوانه، کدوییان، لاین‌های خالص، طالبی، هندوانه

Evaluation of the reaction of some cantaloupe and watermelon inbred lines to *Watermelon mosaic virus* under greenhouse conditions

Mehdi Pourmohammad Ali[1], Hossein Massumi✉[1], Jahangir Heydarnejad[1], Akbar Hosseini Pour[1], Roohollah Abdolshahi[2], Mohammad Javad Arvin[3]

[1]Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. [2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. [3]Department of Engineering of Horticultural Scince, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. masoomi@ uk.ac.ir

Received: 29 May 2023 Revised: 28 August 2023 Accepted: 01 September 2023

Abstract:

Watermelon mosaic virus (WMV) is one of the most important viruses of cucurbit plants. In this research, the reaction of 10 cantaloupe and eight watermelon Ajili (Jabani) inbred lines was evaluated under greenhouse conditions against a WMV isolate. Results indicated that only the inbred line of cantaloupe selfing 2 showed a delay in symptoms development which attributed to low disease severity index and average absorbance in ELISA test. Therefore, it was considered as resistant inbred line to the virus. While the inbred lines 3, 5, 6 and 8 were moderately susceptible and 4, 7, 10 and 11 were susceptible to the virus. Among watermelon inbred lines, 2 and 5 were found to be susceptible, whereas other accessions did not show any disease symptoms and also their severity index were recorded to be zero. Furthermore, results of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and RT-PCR tests showed that the later accessions are resistant to WMV. To assess the virus's impact on plant biomass, cantaloupe and watermelon inbred lines were mechanically inoculated with the WMV. Results indicated that the susceptible cantaloupes and watermelons against WMV were found to have significantly lower fresh leaves, dry stems and biomass than control plants (non-inoculated). Collectively, the cantaloupe inbred lines 1 and 2 and watermelon inbred lines 1, 3, 6, 7, 8 and 11 used in this study are probably resistant against WMV and can be recommended in breeding programs to establish more resistant crops.

Keywords: *Watermelon mosaic virus*, Cucurbitaceous plants, inbred lines, Cantaloupe, Watermelon

How to cite:
Pourmohammad Ali M, Massumi H, Heydarnejad J, Hosseini Pour A, Abdolshahi R, Arvin MJ, 2024. Evaluation of the reaction of some cantaloupe and watermelon inbred lines to *Watermelon mosaic virus* under greenhouse conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 13 (1): 45-57.

مقدمه

ویروس موزاییک هندوانه از جنس *Potyvirus* و خانواده *Potyviridae* است. ژنوم آن تک‌بخشی، به صورت یک قطعه بزرگ RNA تک رشته‌ای با قطبیت مثبت که در داخل پیکره‌های میله‌ای خمش‌پذیر قرارمی‌گیرد. این ویروس انتشار جهانی دارد و هر ساله خسارت زیادی را به محصولات کشاورزی وارد می‌سازد، به‌نحوی که از مهم‌ترین ویروس‌های خسارت‌زا بر روی گیاهان زراعی از جمله محصولات جالیزی محسوب می‌گردد و حدود ۱۷۰ گونه گیاهی از ۲۷ خانواده گیاهی را آلوده می‌کند (Shukla *et al*. 1994). تعدادی از گیاهان دولپه‌ای میزبان WMV عبارتند از کدو مسمایی (*Cucurbita pepo* L.)، کدو حلوایی (*C. maxima* L.)، طالبی (*Cucumis melo* var *reticulatus*)، هندوانه (*Citrullus lantanus*)، خربزه (*C. melo* var *indorus*) و خیار (*C. sativus*). در ضمن، جدایه‌هایی از این ویروس قادرند گیاهان مربوط به خانواده‌های *Leguminaceae*، *Solanaceae*، *Chenopodiaceae*، *Ranunculaceae*، *Scrophulariaceae*، *Asteraceae*، *Umbelliferaceae*، *Aizoaceae* و *Malvaceae* را نیز آلوده کنند (Purcifull *et al*. 1984; Shukla *et al*.1994).

شش جدایه از ویروس موزاییک هندوانه در سال ۱۹۷۱ از آفریقای جنوبی گزارش شدند (Schroeder *et al*. 1971)، سپس خسارت آن از نواحی مدیترانه‌ای نیز گزارش گردید (Fischer & Lockhart 1974). پس از آن، WMV از سایر کشورهای اروپایی و آسیایی گزارش شد (Yoshida *et al*. 1980; Luis-Arteaga *et al*. 1998). همچنین جدایه‌ای از این ویروس از گیاه خیار از مناطق مختلف آمریکا نیز جدا شده است (Shukla *et al*. 1994). این ویروس اولین در ایران بر اساس آزمون گیاهان تشخیصی شناسائی و معرفی گردید (Ebrahim-Nesbat 1972). همچنین در همان سال Mostafawy & Weidmann (1972) ضمن گزارش WMV از بوته‌های آلوده طالبی، انتقال آن توسط چند گونه شته از جمله شته سبز هلو [(*Myzus persicae* (Sulzer)]، شته پنبه (*Aphis gossypi* Glover) و شته سیب‌زمینی [*Macrosiphum euphorbias* (Thomas)] را مطالعه نمودند. سپس از سایر استان‌ها از جمله خراسان‌رضوی، فارس، گلستان، یزد، اصفهان، آذربایجان‌غربی، کرمان و هرمزگان و همچنین شمال غرب ایران گزارش شد (Rahimian & Izadpanah 1978; Sharifi *et al*. 2008; Shoeibi & Nasrollanezhad 2010; Massumi et al. 2016; Alinizi *et al*. 2020; Nematollahi *et al*. 2021).

با توجه به اهمیت کدوئیان (*Cucurbitaceae*)، کنترل این بیماری مهم بوده و استفاده از ارقام مقاوم یا متحمل یکی از روش‌های مقابله با این بیماری است. در مورد بررسی مقاومت ارقام کدوئیان در برابر ویروس‌ها، ارقام طالبی گالیکوم، خوراسکانی، تاشکندی و لطیفه-۱ در برابر WMV و ویروس موزائیک خیار (*Cucumber mosaic virus*, CMV) در شرایط مزرعه و نیز گلخانه مقاوم بودند، اما ارقام طالبی باغ کومه لنجان، اشترجان، لنجان، فیروزان، شهدشیراز و ارقام خربزه اردیان و لطیفه با توجه به صفات تیپ آلودگی و میزان کاهش عملکرد میوه متحمل شناخته شدند (Arzani & Ahoonmanesh 2000). طبق بررسی‌های انجام شده خربزه رقم قصری نسبت به ویروس‌های WMV، CMV، ویروس موزائیک زرد کدو (*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV) و ویروس موزائیک کدو (*Squash mosaic virus*, SqMV) مقاوم بودند (Samei *et al*. 2008). همچنین ارقام خیار TN-94-229 و TN-94-206 نسبت به ویروس کوتولگی زرد کدوئیان (*Cucurbit yellow stunting disorder virus*, CYSDV) مقاومت نسبی نشان دادند (Banimostafa *et al*. 2017). در بررسی‌های دیگر خیار رقم کیان حساسیت کمی نسبت به ویروس پالامپور پیچیدگی برگ گوجه‌فرنگی (*Tomato leaf curl palampur virus*, ToLCPalV) نشان داده است (Sabouri & Heydarnejad 2013). به‌علاوه ارقام PS (کریمسون سوئیت)، Proseed، WLNOOL-201046 و Charlee (چارلستون‌گری) در برابر ویروس کوتولگی سبزرد هندوانه (*Watermelon chlorotic stunt virus*, WmCSV) حساسیت کمتری داشتند و بهترین عملکرد نسبی را در برابر آلودگی با این ویروس نشان دادند (Esmaeili & Heydarnejad 2016). براساس بررسی انجام شده روی ۴۰ رقم طالبی جمع‌آوری شده از ۱۷ کشور نسبت به یک نژاد اندونزیائی CMV مشخص شده‌است که ارقام Yamatouri، Sanuki-shirouri، Mawatauri، Miyamauri و Shinjong نسبت به این نژاد از ویروس مقاومت نشان دادند (Daryono *et al*. 2003).

در ایران در مورد واکنش ارقام و لاین‌های خالص طالبی در برابر ویروس WMV اطلاعات دقیقی موجود نیست. همچنین در زمینه تاثیر آلودگی این ویروس روی کاهش توده تر و خشک بوته‌های آلوده مطالعاتی انجام نشده‌است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان حساسیت لاین‌های خالص بذری از خانواده کدوئیان، شامل طالبی و هندوانه نسبت‌به WMV در شرایط گلخانه‌ای و همچنین ارزیابی تاثیر آلودگی‌های این ویروس بر تغییر توده تر و خشک گیاهان مورد بررسی است.

مواد و روش‌ها

لاین‌های خالص طالبی و هندوانه و منابع ویروس

در این مطالعه تاثیر و بیماری‌زایی ویروس موزاییک هندوانه روی تعدادی از گیاهان خانواده کدوئیان، شامل ۱۰ لاین خالص طالبی از توده‌های بومی طالبی (۱ تا ۸، ۱۰ و ۱۱) و هشت لاین خالص هندوانه آجیلی از توده بومی جابانی (۱، ۲، ۳، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۱۱) که از بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان تهیه شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در این تحقیق از یک جدایه ویروس موزائیک هندوانه با نام HOR.HA.1 و با رس شمار EU667628 در بانک ژن استفاده گردید. این جدایه قبلا از گیاه طالبی *C. melo* L. Shahabadi cultivar جداسازی شده بود (Sharifi *et al*. 2008). به‌منظور فعال‌سازی ویروس، برگ‌های آلوده به WMV در بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH ۷/۴ عصاره گیری و بعد از مخلوط شدن با پودر خراش دهنده کاربوراندوم به برگ‌های کدو آجیلی شماره ۴۰۴ مایه‌زنی شد.

مایه‌زنی گیاهان با WMV

بذور گیاهان لاین‌های خالص طالبی و هندوانه پس از ضدعفونی سطحی با محلول هیپوکلریت‌سدیم نیم‌درصد در گلدان‌های ۱/۵ کیلوگرمی حاوی مخلوط خاک، ماسه و کود حیوانی کاشته شدند. گلدان‌ها در گلخانه در دمای حداکثر ۳۵-۳۲ و حداقل ۲۰-۱۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از آن در مرحله دو برگی به منظور افزایش حساسیت گیاهان در مقابل ویروس (Kimmins 1967; Agrawal *et al*. 1979) به‌مدت ۲۴ ساعت قبل از مایه‌زنی، در اتاق تاریک قرار داده و با عصاره گیاهی آلوده به WMV مایه‌زنی و سپس به مدت ۲۴ ساعت در اتاق تاریک نگهداری شدند.

ارزیابی میزان آلودگی بوته‌ها با روش الایزای غیرمستقیم

حدود چهار هفته بعد از مایه‌زنی بوته‌ها و بروز علائم بیماری، آلودگی آن‌ها نسبت به WMV توسط آزمون الایزای غیرمستقیم (Indirect ELISA) (Mowat & Dawson 1987) و با استفاده از آنتی‌سرم چندهمسانه‌ای این ویروس (تهیه شده در آزمایشگاه سرولوژی بخش گیاهپزشکی) تائید گردید. در این بررسی ابتدا با استفاده از بافر عصاره‌گیری از نمونه‌های مشکوک به میزان ۰/۱ گرم برگ در یک میلی‌لیتر بافر(w/v) عصاره‌گیری انجام گردید. در مورد شاهد مثبت و منفی از بافت گیاهان آلوده و سالم نیز عصاره‌گیری به‌عمل آمد و آزمایشات در سه تکرار انجام شد. نتایج با دستگاه الایزاخوان (Biotek EL800: Netherlands Instrument) در طول موج ۴۰۵ نانومتر کمی سنجی شدند. با توجه به میزان جذب عصاره برگ سالم (شاهد منفی) و با استفاده از فرمول $\overline{x}$ + 3 SD، آستانه جذب نوری عصاره‌ی گیاهان آلوده در آزمون الایزا تعیین گردید. در این فرمول $\overline{x}$ میانگین جذب و SD انحراف معیار استاندارد چاهک‌های نمونه سالم است. بر این اساس نمونه‌های آلوده مشخص شدند.

ارزیابی آلودگی بوته‌ها به WMV

به منظور تائید آلودگی بوته‌ها به WMV، آر.ان.ای کل از بوته‌های مایه زنی شده با استفاده از کیت High Pure Viral Nucleic Acid Kit (Roche: Hungary) استخراج شد و بعد از انجام واکنش نسخه‌برداری معکوس (Reverse Transcription, RT) در واکنش PCR از آغازگرهای اختصاصی WMV-F: 5`GAA TCA GTG CTC TGC AAT CAGG 3` و WMV-R: 5` ATT CAC GTC CCT TGC AGT GTG 3` (Sharifi *et al*. 2008) استفاده شدند.

جهت انجام آزمون PCR پس از اضافه نمودن مواد مورد نیاز شامل ۲/۵ میکرولیتر cDNA، ۰/۵ میکرولیتر *Taq* DNA polymerase 5U/μl، ۰/۵ میکرولیتر از هر کدام از آغازگرها مربوط به ویروس با غلظت 10µM، ۰/۵ میکرولیتر $MgCl_2$ با غلظت 50mM، ۰/۵ میکرولیتر dNTP، با غلظت 10 mM، ۲/۵ میکرولیتر PCR Buffer ×10 و ۱۷/۵ میکرولیتر آب دیونیزه استریل در لوله با یکدیگر مخلوط نموده و پس از آن در دستگاه ترموسایکلر Techne مدل TC-132 (Cambridge, UK) قرار داده شدند. واکنش PCR در ۳۰ چرخه و با برنامه دمایی شامل مرحله واسرشت‌سازی (۶۰ ثانیه در دمای ۹۴ درجه سلسیوس)، اتصال (۶۰ ثانیه در دمای ۶۰ درجه سلسیوس)، امتداد (۶۰ ثانیه در دمای ۷۲ درجه سلسیوس) و بسط نهائی به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۷۲ درجه سلسیوس انجام شد.

تعیین شاخص شدت بیماری

جهت تعیین شاخص علایم بیماری، چهار هفته بعد از مایه زنی بر اساس علایم ظاهری بیماری از درجات صفر (فاقد علایم)، یک (تاولی خفیف)، دو (موزاییک به همراه تاولی خفیف)، سه (تاولی شدید)، چهار (تاولی شدید به همراه موزاییک خفیف) و درجه پنج (تاولی همراه با نواری شدن رگبرگ‌ها و کاهش شدید رشد) استفاده گردید (Ashfaq *et al*. 2014).

برای بررسی و مقایسه میزان واکنش لاین‌های خالص مورد مطالعه نسبت به ویروس موزاییک هندوانه، از معادله زیر استفاده گردید :

$$\text{شاخص شدت بیماری} = \frac{\text{حاصل‌مجموع های ضرب تعداد بوته‌های هر درجه درآن}}{\text{تعداد کل بوته‌ها}}$$

بدین ترتیب از شاخص علایم بیماری در هر یک از لاین‌های خالص، یک شاخص شدت بیماری به دست آمد (Salehi *et al.* 2006).

تعیین شاخص‌های وزن تر و خشک بوته‌های آلوده

برای مقایسه شاخص‌های وزن تر و خشک گیاهی (برگ، ساقه و ریشه)، حدود ۴۰ روز بعد از مایه‌زنی، اندام‌های گیاهی حاصل از بوته‌های آلوده و سالم توزین شدند. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، اندام‌ها به مدت دو روز در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

محاسبات آماری و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، لاین‌های خالص طالبی و هندوانه در یک طرح کاملا تصادفی با شش تکرار (۱۰ بوته در تکرار برای طالبی و پنج بوته در تکرار برای هندوانه) در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین تیمارها (با استفاده از آزمون دانکن) از نرم افزار SAS استفاده شد (SAS Institute 2004). همچنین از t جفت شده (Bender 2020) نیز جهت بررسی تاثیر بیماری بر وزن تر و خشک گیاهان استفاده گردید. برای بررسی میزان آلودگی، درصد بوته‌های آلوده در هر کرت محاسبه گردید داده‌ها ی مذکور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شدند که نتایج آن در جدول شش بیان شده است.

نتایج

بروز علایم بیماری در بوته‌های مایه‌زنی شده و شاخص‌ها

چهار هفته بعد از مایه‌زنی بوته‌ها، برای هر یک از علایم (پس از تایید آلودگی نسبت به WMV با انجام آزمون‌های الایزا و RT-PCR)، شاخص مورد نظر تعیین گردید (Ashfaq *et al.* 2014) (جدول ۱). بر این اساس طالبی لاین خالص ۱ فاقد علایم، با شاخص صفر، طالبی لاین‌های ۲، ۵، ۶، ۱۰ و ۱۱ با علایم موزاییک با تاولی خفیف با شاخص ۲ (شکل ۱- A تا ۱-E)، لاین‌های خالص ۳ و ۸ با علایم تاولی شدید همراه با موزاییک خفیف با شاخص ۴ (شکل ۱- F و G) و لاین‌های ۴ و ۷ در گروه مربوط با شاخص ۵ با علایم رگبرگ نواری، تاولی و کاهش شدید رشد (شکل ۱- H و I)، قرار گرفتند. در مورد هندوانه آجیلی نیز لاین‌های خالص ۲ و ۵ در گروه با شاخص ۵ (شکل ۱-J و K) و مابقی لاین‌ها در برابر WMV، هیچ‌گونه علائمی نشان نداده و شاخص صفر به آن‌ها تعلق گرفت.

شاخص شدت بیماری

بوته‌های لاین خالص طالبی ۴ با بیشترین شاخص شدت بیماری (۱/۵)، به‌عنوان رقم حساس به ویروس موزائیک هندوانه تعیین شدند. همچنین لاین‌های خالص طالبی ۶، (۸ و ۵ ،۳)، ۷، ۱۰، ۲ و ۱۱ به ترتیب، ۰/۳۶، ۰/۲، ۰/۱۶، ۰/۱۳، ۰/۱ و ۰/۰۶ بیشترین شاخص شدت را نشان دادند، به طوری که کمترین میزان شاخص بیماری مربوط به لاین‌های خالص طالبی ۱۱ با شاخص ۰/۰۶ ارزیابی گردید. شاخص بوته‌های لاین خالص طالبی ۱، صفر تعیین شد. همچنین شاخص شدت بیماری لاین-های خالص هندوانه‌های آجیلی ۲ و ۵، ۰/۱۶ و سایر توده‌ها، با توجه به‌عدم بروز علایم صفر تعیین شد (جدول ۲).

ارزیابی گیاهان مایه‌کوبی شده با آنتی سرم WMV در الایزا و برآورد غلظت ویروس

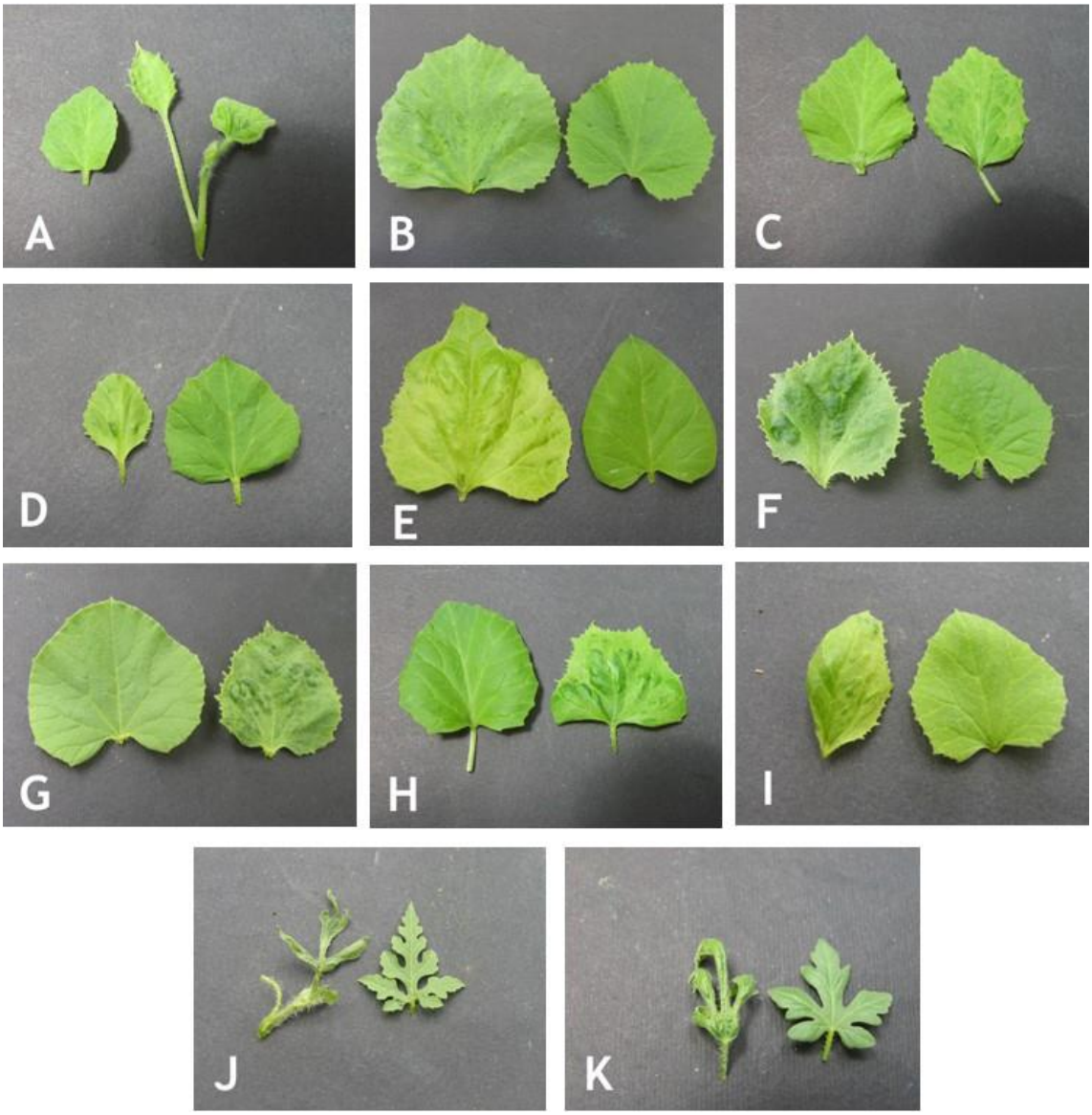
آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که بیشترین میانگین غلظت ویروس در طول موج ۴۰۵ نانومتر به ترتیب مربوط به بوته‌های متعلق به لاین‌های خالص هندوانه آجیلی ۲، طالبی لاین خالص ۱۰ و هندوانه آجیلی ۵ بود. در ضمن بوته‌های طالبی لاین‌های خالص مایه‌زنی شده ۱۱، ۷، ۸، ۳، ۵، ۶، ۴ و ۲ به ترتیب افزایش جذب را داشتند (جدول ۳).

واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (RT-PCR)

با استفاده از آغازگرهای WMV-F و WMV-R اختصاصی ویروس موزائیک هندوانه قطعه مورد انتظار در حدود ۸۰۰ جفت باز تکثیر شد (شکل ۲).

اثر آلودگی ویروس موزاییک هندوانه بر وزن تر و خشک بوته‌های تیمار شده

آزمون t جفت شده لاین خالص طالبی آلوده نشان داد که در وزن تر ساقه، ریشه و وزن خشک برگ و ریشه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در مقایسه با بوته‌های سالم، تفاوت معنی‌دار نمی-باشد (جدول ۴). همچنین تفاوت وزن تر و خشک بوته‌های آلوده حاصل از لاین‌های خالص طالبی و هندوانه نسبت به بوته‌های سالم معنی‌دار بود (جدول ۵).



شکل ۱. واکنش تعدادی از لاین‌های خالص طالبی و هندوانه مایه‌زنی شده با WMV و علائم گیاهان آلوده شده. A و C: موزاییک با تاولی خفیف به ترتیب روی طالبی لاین‌های ۲ و ۶ (گیاه آلوده به ویروس موزاییک هندوانه سمت راست در مقایسه با گیاه سالم سمت چپ، B، D و E: موزاییک با تاولی خفیف به ترتیب روی لاین‌های خالص ۵، ۱۰ و ۱۱ (برگ آلوده سمت چپ در مقایسه با گیاه سالم سمت راست) ،F) تاولی همراه با بدشکلی برگ روی طالبی لاین ۳ (برگ آلوده سمت چپ و برگ سالم سمت راست)، G: تاولی همراه با بدشکلی برگ روی طالبی لاین ۸ (برگ آلوده سمت راست در مقایسه با گیاه سالم سمت چپ)، H: تاولی همراه با رگبرگ‌نواری و کاهش شدید رشد در طالبی لاین ۴ (سمت راست برگ آلوده در مقایسه با گیاه سالم سمت چپ)، I: رگبرگ‌نواری، تاولی و کاهش شدید رشد روی طالبی لاین ۷ (سمت چپ برگ آلوده در مقایسه با گیاه سالم سمت راست)، J و K: رگبرگ‌نواری، تاولی و کاهش شدید رشد به ترتیب روی لاین‌های خالص هندوانه آجیلی ۲ و ۵ (برگ آلوده به ویروس سمت چپ در مقایسه با گیاه سالم سمت راست).

Figure 1. Symptoms of inoculated inbred lines of cantaloupe and watermelon against WMV**.** A and C**:** Mosaic and mild blistering on the inbred lines of cantaloupes selfing 2 and 6, respectively (infected leaf on the right and healthy leaf on the left), B, D, and E**:** Mosaic and mild blistering on the inbred lines of cantaloupe selfing 5, 10 and 11, respectively (infected leaf on the right and healthy leaf on the left), F: Blistering and leaf malformation on the inbred lines of cantaloupe selfing 3 (infected leaf on the left and healthy leaf on the right), G: Blistering and leaf malformation on the inbred lines of cantaloupes selfing 8 (infected leaf on the right and healthy leaf on the left), H: Blistering, vein banding and severe growth reduction on the inbred lines of cantaloupe selfing 4 (infected leaf on the right and healthy leaf on the left), I: Vein banding, blistering, and severe growth reduction on the inbred lines of cantaloupe selfing 7 (infected leaf on the left and healthy leaf on the right), J and K: Vein banding, blistering, and severe growth reduction on the inbred lines of watermelon Ajili 2 and 5, respectively (infected leaf on the left and healthy plant on the right).

جدول ۱. شاخص علائم آلودگی در لاین‌های خالص طالبی و هندوانه نسبت به WMV.

Table 1. WMV symptoms score in inbred lines of cantaloupe and watermelon.

Symptoms score	Inbred lines	Species
0	1	Cantaloupe
2	2	"
4	3	"
5	4	"
2	5	"
2	6	"
5	7	"
4	8	"
2	10	"
2	11	"
0	1	Watermelon Ajili
5	2	"
0	3	"
5	5	"
0	6	"
0	7	"
0	8	"
0	11	"

جدول ۲. شاخص شدت بیماری در گیاهچه‌های لاین‌های خالص طالبی و هندوانه مایه‌زنی شده با ویروس موزاییک هندوانه.

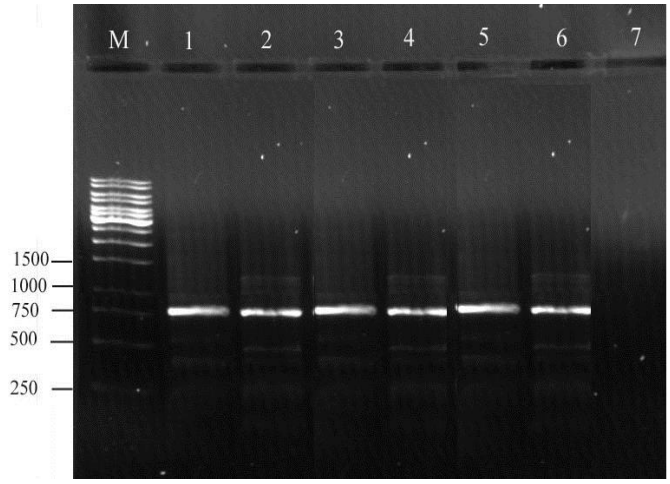
Table 2. Disease severity index in inoculated inbred lines of cantaloupe and watermelon seedlings with WMV.

Disease severity index	Inbred lines	Species
0	1	Cantaloupe
0.1	2	"
0.2	3	"
1.5	4	"
0.2	5	"
0.36	6	"
0.16	7	"
0.2	8	"
0.13	10	"
0.06	11	"
0	1	Watermelon Ajili
0.16	2	"
0	3	"
0.16	5	"
0	6	"
0	7	"
0	8	"
0	11	"

جدول ۳. میانگین جذب نوری در طول موج ۴۰۵ نانومتر چهار هفته پس از مایه‌زنی با WMV.

Table 3. Mean absorbance at 405 nm wave length four weeks after inoculation with WMV.

Species	Inbred lines	* Mean
Cantaloupe	1	0.20425^{e}
"	2	0.50100^{e}
"	3	0.71833^{dc}
"	4	0.54650^{e}
"	5	0.68938^{d}
"	6	0.56450^{e}
"	7	0.86050^{b}
"	8	0.79300^{bc}
"	10	0.99217^{a}
"	11	0.87083^{b}
Watermelon Ajili	1	0.20000^{e}
"	2	1.02650^{a}
"	3	0.15900^{e}
"	5	0.98575^{a}
"	6	0.16550^{e}
"	7	0.15700^{e}
"	8	0.21300^{e}
"	11	0.19325^{e}



شکل ۲. الکتروفورز محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با استفاده از آغازگرهای اختصاصی WMV-F/ WMV-R و شش نمونه مثبت طالبی و هندوانه در آزمون الایزا. چاهک: M: نشانگر اندازه دی اِن اِ (GenRuler™ 1kb DNA ladder Thermo Scientific)، چاهک ۱: لاین ۱۱طالبی، چاهک ۲: لاین ۷ طالبی چاهک ۳: لاین ۸ طالبی، چاهک ۴: لاین ۱۰طالبی، چاهک ۵: هندوانه لاین ۲ هندوانه، چاهک ۶: لاین ۵ هندوانه چاهک ۷: نمونه سالم.

Fig 2. Gel electrophoresis pattern of amplified RT-PCR products from six ELISA-positive samples using WMV-specific primer pair WMV-R/F. Lane M: Molecular marker (GenRuler™ 1kb DNA ladder, Thermo Scientific), Lane 1: Cantaloupe inbred line 11, Lane 2: Cantaloupe inbred line 7, Lane 3: Cantaloupe inbred line 8, Lane 4: Cantaloupe inbred line 10, Lane 5: Watermelon inbred line 2, Lane 6: Watermelon inbred line 5, Lane 7: Healthy plant.

میزان آلودگی بوته‌ها به ویروس موزاییک هندوانه

مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد ویروس موزاییک هندوانه بر روی لاین‌های خالص ۴، ۵ و ۶ طلبی به طور معنی‌داری تاثیر منفی داشته در صورتی که در سایر لاین-های خالص طالبی و هندوانه آجیلی این تاثیر معنی‌دار نبوده است (جدول ۶).

جدول ۴. میانگین وزن تر و خشک اندام‌های بوته‌های لاین خالص طالبی، ۴۰ روز پس از مایه زنی با WMV.

Table 4. Means of the fresh and dried weight of infected plant organs of cantaloupes inbred lines, seven weeks post-inoculation with WMV.

Inbred lines											
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**10**	**11**	**Plant Healthy/Infected**	
t=3.570**	1.159	2.355	0.791	3.702	1.017	0.894	2.173	1.158	1.015	Healthy	Leaf fresh weight
	0.949	1.910	0.495	2.523	0.729	0.635	1.741	0.876	0.970	Infected	
	0.21	0.445	0.296	1.179	0.288	0.259	0.432	0.282	0.045	d	
	1.149	2.739	0.806	3.228	1.423	0.686	1.704	1.098	0.858	Healthy	Stem fresh weight
t=1.171ns	0.508	2.072	0.591	2.920	1.166	0.606	1.685	0.970	0.712	Infected	
	0.641	0.667	0.215	0.308	0.257	0.080	0.019	0.128	0.146	d	
	0.022	0.149	0.035	0.686	0.080	0.059	0.912	0.085	0.051	Healthy	Root fresh weight
t=1.949ns	0.019	0.144	0.017	0.293	0.051	0.025	0.553	0.025	0.036	Infected	
	0.003	0.005	0.018	0.393	0.029	0.034	0.359	0.060	0.015	d	
	0.083	0.214	0.048	0.434	0.072	0.062	0.203	0.081	0.071	Healthy	Leaf dry weight
t=0.78ns	0.058	0.190	0.031	0.304	0.053	0.059	0.175	0.062	0.066	Infected	
	0.025	0.024	0.017	0.130	0.019	0.003	0.028	0.019	0.005	d	
	0.060	0.169	0.039	0.231	0.069	0.044	0.087	0.049	0.061	Healthy	Stem dry weight
t=3.677**	.033	0.131	0.027	0.183	0.053	0.038	0.085	0.045	0.039	Infected	
	0.027	0.038	0.012	0.048	0.016	0.006	0.002	0.004	0.022	d	
	0.009	0.032	0.010	0.065	0.014	0.007	0.051	0.013	0.013	Healthy	Root dry weight
t=1.1978ns	0.005	0.035	0.005	0.046	0.011	0.003	0.034	0.005	0.007	Infected	
	0.004	0.003	0.005	0.019	0.003	0.004	0.017	0.008	0.006	d	
	2.33	5.243	1.632	7.616	2.520	1.639	4.789	2.341	1.924	Healthy	Biomass fresh weight
t=4.524**	1.476	4.126	1.103	5.736	1.946	1.266	3.979	1.871	1.718	Infected	
	0.854	1.117	0.529	1.88	0.574	0.373	0.81	0.47	0.206	d	
	0.152	0.415	0.097	0.730	0.155	0.113	0.341	0.143	0.145	Healthy	Biomass dry weight
t=3.103*	0.096	0.356	0.063	0.533	0.117	0.100	0.294	0.112	0.112	Infected	
	0.056	0.059	0.034	0.197	0.038	0.013	0.047	0.031	0.033	d	

جدول ۵. میانگین وزن‌های تر و خشک بیوماس گیاهی لاین‌های خالص هندوانه آجیلی، ۴۰ روز پس از مایه‌زنی با WMV.

Table 5. Means of fresh and dried weight of watermelon inbred lines seven weeks post inoculation with WMV.

	Watermelon Ajili inbred line 5	**Watermelon Ajili inbred line 2**	**Plant Healthy/Infected**	
	2.027	0.901	Healthy	Leaf fresh weight
t=7*	1.943	0.789	Infected	
	0.084	0.112	d	
	1.923	0.813	Healthy	Stem fresh weight
	1.745	0.685	Infected	
t=6.12*	0.178	0.128	d	
	0.174	0.086	Healthy	Root fresh weight
t=1.285ns	0.170	0.054	Infected	
	0.004	0.032	d	
	0.151	0.040	Healthy	Leaf dry weight
t=2.636ns	0.131	0.031	Infected	
	0.020	0.009	d	
	0.113	0.039	Healthy	Stem dry weight
t=6.5*	0.098	0.028	Infected	
	0.015	0.011	d	
	0.028	0.005	Healthy	Root dry weight
t=5*	0.025	0.003	Infected	
	0.003	0.002	d	
	4.124	1.8	Healthy	Biomass fresh weight
t=89.66**	3.858	1.528	Infected	
	0.266	0.272	d	
	0.292	0.084	Healthy	Biomass dry weight
t=3.75ns	0.254	0.062	Infected	
	0.038	0.022	d	

جدول ۶. میانگین درصد آلودگی در بوته‌های لاین‌های خالص طالبی و هندوانه مایه‌زنی شده با ویروس موزاییک هندوانه.

Table 6. Mean percent infection of cantaloupe and watermelon inbred lines inoculated with WMV.

* **Mean**	**Inbred lines**	**Species**
0.05c	1	Cantaloupe
0.05c	2	"
0.05c	3	"
0.3a	4	"
0.10b	5	"
0.18b	6	"
0.03c	7	"
0.05c	8	"
0.06c	10	"
0.03c	11	"
0c	1	Watermelon Ajili
0.03c	2	"
0c	3	"
0.03c	5	"
0c	6	"
0c	7	"
0c	8	"
0c	11	"

*In the third column, treatment means sharing similar letters are not significantly different..

بحث

استفاده از ارقام مقاوم به‌عنوان یک روش اقتصادی و مؤثر برای کنترل بیماری‌های ویروسی محسوب می‌شود. در این مطالعه با توجه به گسترش بیماری ناشی از WMV، مقاومت ده لاین خالص طالبی و هشت لاین خالص هندوانه آجیلی (جابانی) در شرایط گلخانه در برابر ویروس WMV بررسی شد. نتایج نشان داد که ۹ لاین خالص طالبی و دو لاین خالص هندوانه پس از مایه‌زنی علائم ویروسی نشان دادند. لاین ۲ طالبی براساس شاخص‌های شدت بیماری (Cooper & Jones 1982)، میزان جذب در الایزا و فقدان یا بروز علائم خفیف بیماری، متحمل تشخیص داده شد، در حالی‌که لاین‌های ۳، ۵، ۶، و ۸ این گیاه با وجود میزان جذب پائین در آزمون‌های الایزا به دلیل شاخص شدت بیماری در گروه نسبتا حساس قرار گرفتند. همچنین لاین‌های ۴، ۷، ۱۰ و ۱۱ طالبی و لاین‌های ۲ و ۵ هندوانه آجیلی به دلیل میزان جذب نوری بالا در الایزا، شاخص شدت و همچنین بروز علائم بیماری در مدت زمان کمتر بعد از مایه‌زنی، از نوع لاین‌های حساس به این ویروس محسوب شدند. اما لاین ۱ طالبی و لاین‌های ۱، ۳، ۶، ۷، ۸ و ۱۱ هندوانه آجیلی که در مایه‌زنی مکانیکی علائم بیماری را نشان ندادند و آزمون‌های الایزای آنها نیز منفی بود، به عنوان مقاوم ارزیابی شدند.

در بررسی واکنش ۷۰ توده بذری هندوانه در برابر ویروس‌های CMV، ZYMV و WMV در کشور نیجریه تنها دو توده PI 494528 و PI 494532 نسبت به آنها مقاومت نشان دادند (Provvidenti 1986) که در قیاس با این تحقیق این اختلاف ممکن است ناشی از تفاوت در ساختار ژنتیکی توده‌های بذری ارزیابی شده باشد. همچنین در ارزیابی واکنش ارقام طالبی و خربزه نسبت‌به ویروس موزاییک هندوانه و نیز ویروس موزاییک خیار در مزرعه و نیز مایه‌زنی مکانیکی در گلخانه گزارش شده است که، ارقام گالیکوم، خوراسگانی، تاشکندی و لطیفه ۱ نسبت به این دو ویروس مقاوم بودند (Arzani & Ahoonmanesh 2000) که با نتایج حاصل از این بررسی نیز مطابقت دارد. در تحقیقی دیگر با بررسی واکنش ۲۵ توده بومی طالبی و خربزه در برابر ویروس کوتولگی زرد کدوئیان مشخص شده است که فقط دو توده چروک زرد و تپل زرد مقاوم و متحمل به بیماری هستند (Keshavarz *et al*. 2013). به نظر می‌رسد این نوع تغییرات در قیاس با تحقیق حاضر شواهدی است که نوع ویروس و جدایه‌های مختلف آن و ژنتیک لاین‌های ارزیابی شده در بیماری‌زائی و شدت آن نقش مهمی داشته و در نتیجه طبیعی است که لاین‌های مختلف واکنش متفاوتی در برابر بیمارگر نشان دهند. به‌نحوی که، در بررسی واکنش چند گونه از کدوئیان شامل *Cucurbita ecuadorensis*، *C. foetidissima*، *C. pepo*، و *C. moschata* در برابر *Moroccan mosaic virus* و پنج رقم متعلق به گونه اول و دوم مقاوم و تمام ارقام بررسی شده دو گونه دیگر نسبت به این ویروس حساس ارزیابی شدند. همچنین با انتقال ژن *Wmr* از *Cucumis melo* PI 414723 به سه رقم طالبی، مشخص شده‌است که آن‌ها نسبت‌به WMV مقاومت نشان داده‌اند به‌نوعی که بوته‌های مایه‌زنی شده ابتدا علایم موزائیک را نشان‌داده و پس از مدت کوتاهی علایم محو شدند (Gilbert *et al*. 1994).

در یک مطالعه، اثرات ویروس موزائیک شدید لوبیا چشم بلبلی (*Cowpea severe mosaic virus*; CPMV) روی مراحل مختلف رشد سه رقم حساس لوبیا چشم بلبلی بررسی و نتایج نشان داده است که تعداد غلاف هر بوته و نیز متوسط وزن خشک غلاف کاهش یافته است، به‌نحوی که این کاهش بسته به زمان مایه‌زنی و رقم لوبیا در مقایسه با بوته‌های شاهد از ۲ تا ۸۵ درصد متغیر بوده است (Booker *et al*. 2005). در مواردی بسته به شدت و ضعف بیماری حاصل از استرین‌ها، تاثیر ویروس بر کاهش وزن تر و خشک گیاهی متفاوت گزارش شده است. به عنوان مثال مقادیر بیوماس در بوته‌های کدو و هندوانه آلوده به استرین‌های خفیف ویروس لکه حلقوی پاپایا (*Papaya ringspot virus*, PRSV) به میزان ۱/۷تا ۱۲/۴ درصد کمتر از بوته‌های سالم و در بوته‌های آلوده به استرین شدید کاهش بیوماس بین ۲۹٪تا ۷۴٪ متغیر بوده‌است (Pacheco *et al*. 2003). همچنین در مطالعه تاثیر ویروس موزائیک شلغم بر کاهش وزن تر و خشک بیوماس گیاهی در لاین‌های مختلف کلزا، این ویروس تنها سبب کاهش وزن تر و خشک در بوته‌های آلوده لاین ۲ کرج این گیاه شده است (Jafari *et al*. 2016). اما در تحقیق حاضر نتایج نشان داد که در بیشتر لاین‌های طالبی و هندوانه مایه‌زنی شده با WMV، کاهش وزن تر و خشک مشاهده گردید. در مطالعه‌ای دیگر، آلودگی بوته‌های گوجه‌فرنگی به ویروس روگوز قهوه‌ای میوه

گوجه‌فرنگی (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV) منجر به کاهش قابل توجهی در بیوماس ریشه گردیده است که این کاهش را به تجمع هورمون اکسین در ریشه بوته‌های آلوده، نسبت داده‌اند (Vaisman *et al*. 2022). اما در نتایج بررسی حاضر، اختلاف معنی‌داری در کاهش وزن ریشه‌های بوته‌های آلوده و سالم مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد نوع ویروس، سازوکارهای بیوشیمیایی و واکنش فیزیولوژیکی گیاهان مختلف در این موضوع دخالت داشته باشند. برای اظهار نظر دقیق‌تر، نیاز به مطالعات و دسترسی به داده‌های بیشتر است.

در تحقیق حاضر مشخص گردید که لاین‌های خالص طالبی در مقایسه با لاین‌های هندوانه نسبت به ویروس موزائیک هندوانه از حساسیت بالاتری برخوردار بوده، اما تنها دو لاین از هشت لاین هندوانه آجیلی نسبت به WMV حساس ارزیابی شدند. همچنین در مطالعه بررسی واکنش ارقام هندوانه نسبت به CMV، تمام ارقام بررسی شده در برابر این ویروس مقاوم تشخیص داده شده‌اند (Mirhosseini-chahooki *et al*. 2020). نتایج حاصل از این تحقیق با بررسی‌های انجام شده در خصوص ارزیابی مقاومت ارقام طالبی و هندوانه نسبت‌به بیماری ناشی از قارچ *Phytophthora melonis* Katsura (Nemati & Banihashemi 2015) نیز مطابقت دارد. به‌طوری که ارقام هندوانه نسبت به ارقام طالبی مقاومت بالاتری در برابر این بیمارگر نشان داده‌اند. ضمنا هندوانه به دلیل وجود خویشاوندان وحشی، از مقاومت متنوع‌تری در برابر بیمارگرها برخوردار است (Martín-Hernández & Picó 2021). این پژوهش اولین گزارش از ارزیابی لاین‌های هندوانه و طالبی موجود در برابر WMV است. می‌توان از لاین‌های مقاوم حاصل از این تحقیق به عنوان منابع ژنی مناسب در برنامه‌های به نژادی جهت ایجاد و معرفی ارقام مقاوم هندوانه و طالبی در برابر WMV با هدف دسترسی به عملکرد کمی و کیفی بالاتر آن‌ها استفاده نمود.

References

Agrawal H, Purohit AN, Upadha MD, 1979. Effect of time of inoculation and light conditions on the susceptibility of *Capsicum pendulum* to potato virus X. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Section B. Part2, Plant Sciences* 88(1): 75–77.

Alinizi HR. Mehrvar M. Zakiagh M, 2020. Genetic diversity and biological characterization of watermelon mosaic virus isolates from Iran and Iraq. *Acta Virologica* 64(4): 506–508.

Arzani A, Ahoonmanesh A, 2000. Study of resistance to cucumber mosaic virus, watermelon mosaic virus and zucchini yellow mosaic virus in melon cultivars. *Iranian Agricultural Research* 19: 129–144 (In Persian with English abstract).

Ashfaq M, Iqbal S, Mukhtar T, Shah H, 2014. Screening for resistance to *cucumber mosaic cucumovirus* in chili pepper. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 24 (3): 791–795.

Banimostafa A, Keshavarz T, Maleki M, 2017. Evaluation of resistance to cucurbit yellow stunting disorder virus in cucumber accessions. *Plant Protection* (*Scientific Journal of Agriculture*) 40 (4): 87–95.

Bender FE, 2020. Statistical methods for food and agriculture. CRC Press.

Booker HM, Umaharan P, McDavid CR, 2005. Effect of *Cowpea severe mosaic virus* on crop growth characteristics and yield of cowpea. *Plant Disease* 89: 515–520.

Cooper JI, Jones AT, 1983. Responses of plants to viruses: proposals for the use of terms *Phytopathology* 73: 127–128.

Daryono BS, Somowiyargo S, Natsuaki KT, 2003. New source of resistance to *Cucumber mosaic virus* in melon. SABRAO *Journal of Breeding & Genetics* 35: 19–26.

Ebrahim-Nesbat F, 1972. Distribution of watermelon mosaic viruses 1 and 2 in Iran. *Phytopathology* 79: 352–358.

Esmaeili M, Heydarnejad J, 2016. Evaluation of reaction of watermelon cultivars to watermelon chlorotic stunt virus by agroinoculation with an infectious clone of the virus. *Iranian Journal of*

Plant Pathology 52 (1): 99–107 (In Persian with English abstract).

Fischer HU, Lockhart BE, 1974. Serious losses in cucurbits caused by *Watermelon mosaic virus* in Morocco. *Plant Disease* 58: 143–146.

Gilbert RZ, Kyle MM, Munger HM, Gray SM, 1994. Inheritance of resistance to *Watermelon mosaic virus* in *Cucumis melo* L. *Hortscience* 29: 107–110.

Jafari M, Shams-bakhsh M, Moieni A, 2016. Reaction of commercial canola varieties and lines against turnip mosaic virus (TuMV) isolate. *Iranian Journal of Plant Pathology* 52 (2): 147–152 (In Persian with English abstract).

Keshavarz T, Shams-bakhsh M, Izadpanah K, 2013. Evaluation of reaction of some Iranian melon accessions to cucurbit yellow stunting disorder virus. *Iranian Journal Plant Pathology* 49 (2): 69–71 (In Persian with English abstract).

Kimmins WC, 1967. The effect of darkening on the susceptibility of French bean to tobacco necrosis virus. *Canadian Journal of Botany* 45(5): 543–553.

Luis-Arteaga M, Alvarez JM, Alonso-Prados JL, Bernal JJ, García-Arenal F, Laviña A, Batlle A, Moriones E, 1998. Occurrence, distribution, and relative incidence of mosaic viruses infecting field-grown melon in Spain. *Plant Disease* 82: 979–982.

Martín-Hernández AM, Picó B, 2021. Natural resistances to viruses in cucurbits. *Agronomy* 11 (23): 1–29.

Massumi H, Mohammadi F, Salari KH, Heydarnejad J, Hosseinipour A, 2016. Nucleotide sequence and phylogenetic analysis of coat protein gene of two Iranian *Watermelon mosaic virus* isolates. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 6 (1): 27–40 (In Persian with English abstract).

Mirhosseini-chahooki SZ, Massumi H, Heydanejada J, Hosseinipour A, Abdoshahi R, Maddahian M, 2022. The reaction of forty cucurbits genotypes against *Cucumber mosaic virus*. *Plant Pathology Science* 11(1): 48–59.

Mowat WP. Dawson S, 1987. Detection of plant viruses by ELISA using crude sap extracts and unfractionated antisera. *Journal of Virological Methods* 15: 233–247.

Nemati Z, Banihashemi Z, 2015. Reaction of cucurbit cultivars to *Phytophthora melonis* and *P. drechsleri* under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Plant Pathology* 51 (3): 375–384 (In Persian with English abstract).

Nematollahi S, Panahborhani N, Koolivand D, 2021. Molecular characterization and population evolution analysis of Watermelon mosaic virus isolates on cucurbits of Northwest Iran. *3_Biotech* 11(2): 43.

Pacheco DA, Rezende JAM, Piedade SMS, 2003. Biomass, virus concentration, and symptomatology of cucurbits infected by mild and severe strains of papaya ringspot virus. *Scientia Agricola* 60 (4): 691–698.

Provvidenti R, 1986. Reactions of accessions of Citrullus colocynthis from Nigeria to Zucchini yellow mosaic virus and other cucurbit viruses. *Cucurbit Genetics Cooperative Report* 9: 82–83.

Purcifull DE, Hiebert E, Edwardson J, 1984. *Description of Plant Viruses* CMI/AAB 293. 32: 307–311.

Rahimian H, Izadpanah K, 1978. Identity and prevalence of mosaic inducing cucurbit viruses in Shiraz, Iran. *Journal of Phytopathology* 92 (4): 305–312.

Sabouri M, Heydarnejad J, 2013. Construction and demonstration of infectivity of the infectious clone of the bipartite genome of Tomato leaf curl palampur virus-Iranian isolate. *Iranian Journal of Plant Pathology* 49 (4): 403–409 (In Persian with English abstract).

Salehi M, Nejat N, Masumi M, Niroomand M, Izadpanah K, 2006. Greenhouse evaluation of sugar beet germplasm for curly top resistance. *Iranian Journal of PlantPathology* 42: 55–69 (In Persian with English abstract).

Samei A, Massumi H, Shaabanian M, Hosseini pour A. Heydarnejad J, 2008. Evaluation of some cucurbit cultivars grown in the fields and greenhouses to six important viruses. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 15 (1): 86–96.

SAS Institute, 2004. Base SAS 9.1 procedures guide. Cary (NC): SAS Institute Inc.

Schroeder WT, Provvidenti R, 1971. A common gene for resistance to Bean yellow mosaic virus and Watermelon mosaic virus 2 in *Pisum sativum*. *Phytopathology* 61: 846–848.

Sharifi M, Massumi H, Heydarnejad J, Hosseini Pour A, Shaabanian M, Rahimian H, 2008. Analysis of the biological and molecular variability of Watermelon mosaic virus isolates from Iran. *Virus Genes* 37: 304–313.

Shoeibi S, Nasrollanezhad S, 2010. Detection and distribution of Watermelon mosaic virus (WMV) in cucurbits fields of Golestan province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 16 (1): 302–310

Shukla DD, Ward CW, Brunt AA, 1994. The Potyviridae, CAB International, Wallingford, UK 516 pp.

Vaisman M., Hak H, Arazi T, Spiegelman Z, 2022. The impact of tobamovirus infection on root development involves induction of *auxin response factor 10a* in tomato. *Plant and Cell Physiology* 63 (12): 1980–1993.

Weidemann HL, Mostafawy M, 1972. Watermelon mosaic virus type 2 in Iran and its transmission by different aphid species. *Iranian Journal of Plant Pathology* 8: 20 (In Persian with English abstract).

Yoshida K, Goto T, Nemoto M, Tsuchizaki T, 1980. Five viruses isolated from melon (Cucumis melo L.) in Hokkaido. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 46(3): 339–348.

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons .org/licenses/by-nc/2.0/)