Crop Biotechnology Open Access

Winter (2024) 14 (2): 1-17.
DOI:10.30473/cb.2024.72778.1989

ORIGINAL ARTICLE

Evaluation of the effect of *Iranian johenson grass* mosaic virus infection on some morphological and phenological traits of twelve maize hybrids

Saeedeh Alvani Jami[1], Saeed Nasrollanejad[2](ORCID: 0000000283890146), Leila Fahmideh[3]

1. Ph.D. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Correspondence:
Saeed Nasrollanejad
Email: snasrollanejad@gau.ac.ir

Received: 13, Nov. 2024
Accepted: 28, Dec. 2024

How to cite:
Alvani Jami, S., Nasrollanejad, S., & Fahmideh, L. (2024). Evaluation of the effect of *Iranian johenson grass mosaic virus* infection on some morphological and phenological traits of twelve maize hybrids. *Crop Biotechnology*, 14 (2), 1-17.
(DOI: 10.30473/cb.2024.72778.1989)

ABSTRACT

Corn (*Zea mays*) belongs to Poaceae family. In recent years, the cultivated area and its uses have increased rapidly in most countries of the world. The *Iranian johenson grass mosaic virus* is one of the most important potyviruses of cereals, and the most effective way to combat it is to use resistant cultivars. In the present study, the response of 12 corn hybrids to this virus was investigated using a randomized complete block design. The extract of infected plants was inoculated mechanically on the leaves of corn hybrids at the four-leaf stage. Indirect ELISA test and RT-PCR test were performed using specific primers in order to ensure infection of the samples using *IJMV* specific antibody. One month after inoculation, notes were taken of phonological and morphological characteristics and measurements of the severity and percentage of infection showed significant differences between treatments. The results of the indirect ELISA test showed that the inoculated samples reacted positively with the virus. After performing the RT-PCR test, the amplification of a fragment of 327 base pairs in the inoculated samples indicated the presence of *IJMV*. By examining all traits, especially the severity and percentage of infection and yield, the hybrids were categorized. So that hybrids No. 3 and 4 (KLM78023/35-1-1-1-1× MO17 and K47/2-2-1-4-1-1-1 x K18) were more susceptible to IJMV virus, but hybrids No. 5 and 12 (KSC 705 and K47/2-2-1-2-2-1-1-1× K18 (KSC715) were relatively resistant or tolerant to the virus. Therefore, they are recommended for use in future corn breeding work.

KEYWORDS

Resistance to the virus, *Iranian Johnson grass mosaic virus*, Maize hybrids.

Copyright © 2024 The Authors. Published by Payame Noor University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

زیست‌فناوری گیاهان زراعی

سال چهاردهم، شماره دوم، پیاپی ۴۸، زمستان ۱۴۰۳ (۱۷-۱)

DOI:10.30473/cb.2024.72778.1989

«مقاله پژوهشی»

ارزیابی تاثیر آلودگی ویروس موزائیک ایرانی قیاق روی برخی صفات مورفولوژی و فنولوژی دوازده هیبرید ذرت

سعیده الوانی جامی[۱]، سعید نصرالله نژاد[۲](ارکید: ۰۰۰۰۰۰۰۲۸۳۸۹۰۱۴۶)، لیلا فهمیده[۳]

۱. دانشجوی دکتری گروه گیاهپزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲. دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳. دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

نویسنده مسئول:
سعید نصرالله نژاد
رایانامه: snasrollanejad@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸

استناد به این مقاله:
الوانی جامی، سعیده؛ نصرالله نژاد، سعید و فهمیده، لیلا (۱۴۰۳). ارزیابی تاثیر آلودگی ویروس موزائیک ایرانی قیاق روی برخی صفات مورفولوژی و فنولوژی دوازده هیبرید ذرت، *فصلنامه علمی زیست‌فناوری گیاهان زراعی*، ۱۴ (۲)، ۱۷-۱.
(DOI: 10.30473/cb.2024.72778.1989)

چکیده

ذرت (*Zea mays*) از خانواده *Poaceae* است. در سال‌های اخیر سطح زیر کشت و موارد مصرف آن در اغلب کشورهای جهان به سرعت افزایش یافته است. ویروس موزائیک ایرانی قیاق یکی از مهم‌ترین پوتی‌ویروس‌های غلات است و مؤثرترین روش مبارزه با آن استفاده از ارقام مقاوم است.در پژوهش حاضر واکنش ۱۲ هیبرید ذرت نسبت به ویروس موزائیک ایرانی قیاق، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. عصاره گیاهان آلوده روی برگ هیبریدهای ذرت، در مرحله چهار برگی، به صورت مکانیکی مایه‌زنی گردید. آزمون الایزای غیرمستقیم و آزمون RT-PCR با استفاده از آغازگرهای اختصاصی به‌منظور اطمینان از آلودگی نمونه‌ها انجام شد. یک ماه پس از مایه‌زنی، یادداشت برداری از ویژگی‌های فنولوژی و مورفولوژی و اندازه گیری میزان شدت و درصد آلودگی صورت گرفته نشان دهنده اختلاف معنی‌داری بین تیمارها بود. نتایج ارزیابی آزمون الایزای غیر مستقیم نشان داد که نمونه‌های مایه‌زنی شده با ویروس واکنش مثبت نشان دادند. پس از انجام آزمون RT-PCR، تکثیر قطعه‌ای به اندازه ۳۲۷ جفت باز در نمونه‌های مایه‌زنی شده، نشان دهنده حضور ویروس موزائیک ایرانی قیاق بود. با بررسی تمام صفات به‌ویژه شدت، درصد آلودگی و میزان عملکرد اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد و هیبریدها دسته بندی شدند. به طوریکه هیبریدهای شماره ۳ و ۴ (KLM78023/35-1-1-1 × MO17 و K47/2-2-1-4-1-1-1 × K18) نسبت به ویروس IJMV حساس‌تر بوده ولی هیبریدهای شماره ۵ و ۱۲ (KSC 705 و K47/2-2-1-2-2-1-1-1 × K18 (KSC715)) در مقابل ویروس مذکور نسبتا مقاوم و یا متحمل بودند، بنابراین برای استفاده در کارهای به‌نژادی ذرت در آینده معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی

مقاومت به ویروس، ویروس موزائیک ایرانی قیاق، هیبریدهای ذرت.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۳ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

مقدمه

ذرت (*Zea mays*) از خانواده Poaceae است. ذرت که به انگلیسی کورن و در زبان فرانسه و آلمانی مایز نام دارد، بومی آمریکای مرکزی و جنوبی بوده و سابقه کاشت آن در کشورهای مختلف جهان چندان طولانی نیست. اما در سال‌های اخیر سطح زیر کشت و موارد مصرف آن در اغلب کشورهای جهان به سرعت افزایش پیدا نموده است. این گیاه سومین غله جهان می‌باشد که از لحاظ میزان تولید بعد ازگندم در رتبه دوم و از نظر سطح زیر کشت، مکان سوم را بعد از گندم و برنج دارد (FAO, 2020).

ذرت میزبان طبیعی بیش از ۵۰ نوع ویروس است (Zambrano *et al*, 2014). ویروس موزائیک ایرانی قیاق[۱](IJMV) یکی ازمهم‌ترین پوتی‌ویروس‌های غلات در ایران می‌باشد (Masumi *et al*, 2018) که اولین‌بار توسط Izadpanah (1982) از روی قیاق و از شیرازو پس از آن از روی ذرت، سورگوم و قیاق دارای علائم موزائیکی از دیگر مناطق کشور گزارش شد (Afsharifar and Izadpanah, 1991; Izadpanah and Kamran, 1995; Moini and Izadpanah, 2001; Masumi and Izadpanah, 1995). سپس Afsharifar and Izadpanah (1991) با مطالعه روی عامل موزائیک ذرت در منطقه بید زرد (شیراز) آن را پوتی‌ویروس معرفی کردند. ابتدا به دلیل واکنش خفیف IJMV با آنتی‌سرم SCMV-D از آمریکا، آن را به‌عنوان سویه‌ای از SCMV تحت عنوان SCMV-MS (*Sugarcane mosaic virus-maize shiraz*) نامگذاری کردند (Afsharifar and Izadpanah, 1991). تحقیقات بعدی نشان داد SCMV-MS ارتباطی با گونه SCMV ندارد و از میان پوتی‌ویروس‌های گزارش شده از غلات تنها با ویروس موزائیک ذرت (*Zea mosaic virus*, ZeMV) از فلسطین اشغالی قرابت دارد و میزان تشابه آنها کمتر از حد تمایز بین گونه است و بنابراین به‌عنوان گونه جدید، IJMV نامیده شد (Masumi and Izadpanah, 2000). قیاق منبع اصلی این ویروس است و ذرت و سورگوم میزبان‌های زراعی آن می‌باشند و علائم موزائیک روی قیاق عمدتا مربوط به آلودگی به IJMV است (Zare *et al*, 2005; Masumi *et al*, 2018).

پوتی‌ویروس‌های غلات ویروس‌هایی رشته‌ای از خانواده گندمیان در جنس پوتی‌ویروس و خانواده پوتی‌ویریده گفته می‌شود که گسترش وسیعی در دنیا دارند و خسارات زیادی به غلات وارد می‌کنند. این گروه بر اساس ویژگی‌های سرولوژیکی پروتئین پوششی تا مدتها شامل چهار ویروس موزاییک کوتولگی ذرت (MDMV)، ویروس موزائیک نیشکر (SCMV)، ویروس موزاییک سورگوم (SrMV) و ویروس موزائیک قیاق (JgMV) بود (Shukla, 1989). بعدها ویروس موزائیک ذرت (ZeMV) از اسرائیل و ویروس موزائیک پنی‌ستوم (PeMV) از چین، ویروس موزاییک ایرانی قیاق (IJMV)، ویروس موزاییک مرغ(BGMV) و ویروس موزاییک جنوبی مرغ (SBGMV) به این گروه اضافه شدند، SCMV اولین ویروس از این گروه بود که در سال ۱۹۱۹ روی نیشکر و در سال ۱۹۶۳ در ذرت گزارش شد (Fan *et al*, 2003). در ایران این ویروس اولین بار در سال ۱۳۷۲ از خوزستان گزارش شد (Amiri and Izadpanah, 1993).

استفاده از ارقام مقاوم در جهت مدیریت بیماری‌ها، با توجه به مزیت‌های فراوانی که دارد، امروزه دغدغه بسیاری از کشورها می‌باشد. با توجه به گسترش کشت ذرت در استان گلستان و نیز افزایش علائم بیماری‌های ویروسی آن، بررسی واکنش ارقام و یا هیبریدهای مختلف ذرت به ویروس IJMV که دارای پراکنش وسیعی در مزارع ذرت استان گلستان می‌باشد، امری ضروری است. برهمین اساس در پژوهش حاضر واکنش ۱۲ هیبرید ذرت نسبت به ویروس موزائیک ایرانی قیاق براساس بررسی برخی صفات مهم مورفولوژیکی و فنولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفت.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی عراقی محله که در ناحیه شمال شرقی ایران (ارتفاع از سطح دریا ۵/۵ متر) و دارای عرض جغرافیایی ۳۶/۸۵ درجه و ۵۵ دقیقه، طول جغرافیایی ۵۴/۲۷ درجه ۲۰ دقیقه می باشد

۱ *Iranian Johnson grass mosaic virus*, IJMV

انجام شد. به منظور بررسی عکس‌العمل هیبریدهای ذرت نسبت به ویروس موزاییک ایرانی قیاق، آزمایش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار و در دو شرایط آلودگی با ویروس IJMV و عدم آلودگی با ویروس (شاهد) انجام شد.

مواد گیاهی

در این تحقیق ازهیبریدهای موجود در بانک بذر مرکز تحقیقات و آموزش استفاده شد، نام این هیبریدها در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱. اسامی هیبریدهای مورد بررسی ذرت

Table 1. The names of corn hybrids investigated

شماره هیبریدها Number of hybrids	نام هیبریدها Names of hybrids
1	KLM77021/4-1-2-1-2-4-1 × MO17
2	KLM78027/2-1-3-1-1-1 × K18
3	K47/2-2-1-4-1-1-1 x K18
4	KLM78023/35-1-1-1-1-1 × MO17
5	K47/2-2-1-2-2-1-1-1 × K18 (KSC715)
6	KLM77012/4-1-1-5-1-2-1 × MO17
7	K47/2-2-1-2-2-1-1-1 × K166B
8	KLM75010/4-4-1-2-1-1-1 × MO17
9	KLM77002/10-1-1-1-1-3-1 × K18
10	KLM78018/6-1-1-1-1-3-2 × K18
11	KSC 704
12	KSC 705

کشت بذور و عملیات داشت

هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۵/۶۰ متر و نیز فاصله ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۷/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هیبریدهای مورد ارزیابی هر کدام در یک کرت شامل ۶ ردیف ۱۶ کپه‌ای کشت شد. یک ردیف بعنوان ردیف مورد آزمایش، ۴ ردیف به‌عنوان بادشکن و یک ردیف نیز بعنوان شاهد. طول ردیف‌های کاشت ۵/۶۰ متر، فاصله ردیف‌ها ۷۵ سانتیمتر و فاصله کپه‌ها ۱۷/۵ سانتی‌متر بود. در هر کپه ۴ بذر کشت شد و در زمان ۳–۵ برگه شدن بوته‌ها، بوته‌های اضافی تنک و فقط دو بوته در هر کپه نگهداری شد. جهت کنترل علف‌های هرز وجین دستی صورت گرفت و جهت کنترل آفات هر دو هفته یکبارکرت‌ها با سم مالاتیون سمپاشی گردید.

منبع ویروس و فرآیند انتقال ویروس

در این تحقیق، جهت مایه‌زنی هیبریدها از قسمت‌های مختلف گیاه محک (ارزن مرواریدی) به ویروس موزاییک کوتولگی ذرت که در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شیراز تهیه گردید، گرفته شد. پس از انتخاب بافت‌های آلوده مناسب و همگن‌سازی[1] آن‌ها با استفاده از هاون چینی سرد، مایه ویروس تهیه شد. با توجه به ماهیت *IJMV* که دارای قابلیت انتقال مکانیکی از طریق عصاره شیره گیاهی می‌باشد، در کلیه مراحل، مایه‌زنی به طریق مکانیکی انجام شد.

منبع و آماده‌سازی مایه تلقیح

مایه تلقیح ویروس برای مایه‌زنی و انتقال عصاره از برگ‌های جوان گیاه محک سورگوم پیام که قبلا ویروس IJMV خالص سازی شده بود که حاوی غلظت بالاتری از ویروس (OD=۲/۷) داشتند و علایم آلودگی ویروسی را خوب نشان دادند، انتخاب شد. پس از انتخاب بافت‌های آلوده مناسب و همگن‌سازی آن‌ها با استفاده از هاون چینی سرد، مایه ویروس تهیه گردید. بدین منظور از بافت گیاه مذکور آلوده به ویروس موزائیک ایرانی قیاق، در ۵ برابر حجم بافر فسفات پتاسیم ۰/۰۵ مولار، pH ۷، در هاون سترون عصاره‌گیری شد. عصاره با استفاده از پارچه ململ به داخل ظرفی مناسب صاف گردید و سپس تا موقع مصرف در داخل ظرف یخ قرار داده شد. عصاره‌ی به‌دست آمده روی برگ گیاهان مورد مطالعه که قبلاً با کاربوراندوم گردپاشی شده بودند، در مرحله چهاربرگی، به‌صورت مکانیکی مایه‌زنی شد (از هر تیمار ۳ بوته و جمعاً ۱۲ بوته از هر تیمار). به نحوی که انگشت آغشته شده به مایه تلقیح ویروسی به آرامی بر روی سطح دو برگ از گیاه کشیده شد. برگ‌های مایه‌زنی شده زیر جریان ملایم آب شسته شدند. در تیمار شاهد (۱۲ بوته)، گیاهانی که پودر کربوراندوم روی آنها پاشیده شده بود، به‌عنوان شاهد منفی تنها با محلول فسفات پتاسیم مایه‌زنی شدند. غلظت ویروس جهت مایه‌زنی (۱۳۸/۵) طبق فرمول $C = \frac{OD}{E}$ محاسبه شد. در این فرمول C غلظت ویروس، OD میزان

1. Homogenization

جذب نوری در طول موج ۲۶۰ نانومتر و E ضریب جذب که برای ویروس‌های خانواده پوتی‌ویریده برابر با ۲/۷ است، بدست آمد (Clark and Adams, 1977).

آزمون الیزای غیرمستقیم (Indirect ELISA)

به منظور تعیین غلظت ویروس و اطمینان از آلوده بودن نمونه‌های تلقیح شده با عصاره گیاه آلوده به IJMV از آزمون الایزای غیرمستقیم با آنتی‌بادی IgG-IJMV استفاده گردید. مراحل این آزمون با اصلاحاتی در روش Clark and Adams (1977) انجام شد. بدین‌صورت که در آزمون الایزا با توجه به میزان جذب عصاره برگ سالم (کنترل منفی) با استفاده از فرمول X+3 SD، آستانه جذب گیاهان آلوده تعیین گردید. در این فرمول، X میانگین جذب و SD انحراف معیار چاهک‌های حاوی نمونه سالم است.

تهیه cDNA و آزمون RT-PCR

تهیه cDNA از RNA ویروسی مستلزم آزاد شدن RNA از پوشش پروتئینی و استفاده از روش نسخه‌برداری معکوس[1] می‌باشد. RNA ویروس مورد مطالعه توسط کیت mRNA capture استخراج شد. پس از استخراج RNA با استفاده از الکتروفورز ژل آگاروز مورد بررسی قرار گرفت. آر ان ای به دام افتاده در واکنش نسخه برداری معکوس تبدیل به cDNA می‌شود. برای همین منظور جهت تهیه cDNA، مخلوط واکنش نسخه‌برداری معکوس طبق جدول ۲ به میکروتیوب اضافه شد و به مدت یک ساعت در ۴۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. از محصول واکنش نسخه‌برداری معکوس در واکنشPCR استفاده گردید.

برای انجام واکنش PCR (دستگاه Thermocycler شرکت اپندورف) از ترکیبات لازم طبق جدول ۳ و آغازگرهای جدول ۴ (Seifers *et al.*, 2000) استفاده شد. برنامه PCR متشکل از یک چرخه‌ی ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ دقیقه به منظور واسرشته سازی اولیه و ۳۵ چرخه شامل واسرشته‌سازی در ۹۴ درجه سانتیگراد به مدت۳۰ ثانیه، اتصال به مدت ۴۵ ثانیه در دمای مناسب برای هر جفت آغازگر (دمای اتصال به تناسب هر جفت آغازگر مطابق جدول ۴) و بسط آغازگر در ۷۲ درجه به مدت ۱ دقیقه و به علاوه یک چرخه بسط نهایی در دمای ۷۲ درجه به مدت ۱۵ دقیقه بود.

جدول ۲. مواد مورد نیاز برای واکنش نسخه‌برداری معکوس
Table 2. Required materials of the reverse transcription reaction

نوع ماده Type of material	مقدار مواد در هر واکنش ۵۰ میکرولیتری (میکرولیتر) The amount of material per reaction is 50 µM (µM)
dNTPs (10 mM)	2
DTT (Dithiotreitol) (100 mM)	2
Mmulv RT buffer (5x)	10
Reverse Primer (RCF1) 10µM	3
Mmulv Reverse Transcriptase (200U/µl)(Fermentas)	1
Deionized water	32

جدول ۳. مواد مورد نیاز در واکنش PCR
Table 3. Materials needed in PCR reaction

نوع ماده Type of material	مقدار مواد در هر واکنش ۲۵ میکرولیتری (میکرولیتر) The amount of material per reaction is 25 µM (µM)
Taq buffer (10×)	2.5
$MgCl_2$ (50 mM)	0.75
dNTPS (10 mM)	0.5
Primer-forward (10 µM)	1
Primer-reverse (10 µM)	1
Taq DNA polymerase (5 U/µl)	0.25
cDNA	2
Deionized water	17

جدول ٤. آغازگرهای مورد استفاده در واکنش PCR و دمای اتصال آن‌ها
Table 4. Primers used in PCR reaction and their binding temperature

نام آغازگر Primer name	توالی Sequence	دمای اتصال (°C) Annealing temperature °C)
Oligo1n	Forward 5´-ATg gTH Tgg TgY ATH gAR AAY gg-3´	55
Oligo2n	Reverse 5´-TgC TgC KgC YTT CAT YTg-3´	55

کدهای دژنره: R= (A/G)، Y= (C/T)، K=(G/T) و H=(A/C/T)

تهیه‌ی ژل و انجام الکتروفورز برای بررسی نتایج آزمون PCR

از الکتروفورز ژل آگاروز یک درصد برای بررسی نتایج آزمون PCR استفاده شد. پس از انجام الکتروفورز، ژل مربوطه بر روی صفحه UV Transilluminator مورد بررسی قرار

1 Reverse Transcriptase, RT

گرفت و از آن عکسبرداری شد و با کمک مارکرهای مخصوص اندازه قطعه تکثیر شده تخمین زده شد.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات

یک ماه پس از مایه‌زنی هیبریدهای ذرت به ویروس IJMV یادداشت‌برداری‌های مورد نیاز از مراحل مختلف رشد و نمو (تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل، تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدن فیزیولوژیک، تعداد روز از سبز شدن تا رسیدن فیزیولوژیک) واندازه‌گیری‌های مربوط به خصوصیات مورفولوژیکی هیبریدها مانند ارتفاع بوته و ارتفاع بلال و پس از برداشت نیز اندازه‌گیری‌های مربوط به تعداد دانه در هر ردیف، تعداد ردیف دانه، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه، وزن هزار دانه، عملکرد بلال و عملکرد در هر کرت انجام شد. همچنین صفاتی چون شدت و درصد آلودگی نیز محاسبه شد (جدول ۵).

جدول ۵. لیست صفات اندازه‌گیری در پژوهش حاضر به‌همراه علائم اختصاری

Table 5. The list of characteristics measured in the present study along with abbreviations

شماره No.	نام صفت Adjective	کد Code.
1	تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل The number of days from germination to the appearance of the crown	DGEE
2	تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدن فیزیولوژیک The number of days from the appearance of the crown to physiological maturity	DEEM
3	تعداد روز از سبز شدن تا رسیدن فیزیولوژیک The number of days from germination to maturity	DGM
4	ارتفاع بوته Plant height	PH
5	ارتفاع بلال Cob height	CH
6	تعداد ردیف دانه در بلال The number of seed rows in the cob	SRC
7	تعداد دانه در هر ردیف بلال The number of seeds in per row of cob	SPRC
8	قطر بلال Cob diameter	CD
9	قطر چوب بلال Cob wood diameter	CWD
10	عمق دانه Seed depth	SD
11	وزن هزار دانه The weight of 1000 seeds	WS
12	عملکرد کرت Yield	Y
13	شدت آلودگی Severity of infection	SI
14	درصد آلودگی Percentage of infection	PI

سنجش شدت بیماری

جهت اندازه‌گیری شدت علائم بیماری ایجاد شده در گیاهان آلوده (با استفاده از الگوی ۱۱ شماره‌ای جدول ۶)، از روش Verrier *et al.* (2001) با فرمول زیر استفاده شد:

$$\text{شدت علایم} = \frac{(\text{تعداد برگ} \times \text{نمره آلودگی})۴}{\text{بالاترین نمره} \times \text{تعداد کل برگ‌ها}} \times ۱۰۰$$

جدول ٦. الگوی ۱۱ شماره‌ای جهت ارزیابی میزان بازدارندگی عصاره‌های استفاده شده روی موزائیک ایرانی قیاق

Table 6. The number pattern to evaluate the inhibition rate of the extracts used on the *Iranian johenson grass mosaic virus*

درجه علایم Degree of symptoms	شرح علایم Description of symptoms
0	گیاه سالم Healthy plant
1	موزاییک خفیف Mild mosaic
3	موزاییک Mosaic
5	موزاییک شدید Sever mosaic
7	یک تا دو برگ دارای رگبرگ‌های نکروتیک One to two leaves with necrotic veins
9	سه تا پنج برگ دارای رگبرگ‌های نکروتیک Tree to five leaves with necrotic veins
11	نکروز ساقه Stem necrosis

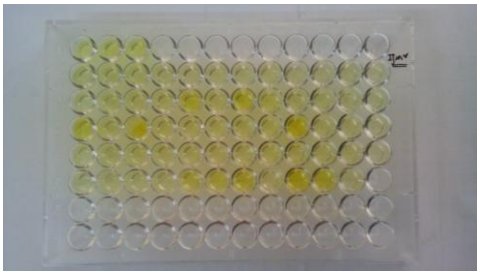
تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از اتمام آزمایش برای ثبت داده‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد. در ادامه تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی، مقایسه میانگین با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم افزارهای SAS و SPSS انجام شد.

یافته‌های پژوهش

ارزیابی نتایج مایه زنی IJMV به گیاهان تیمار

نتایج ارزیابی آزمون الایزای غیر مستقیم (شکل ۱) نشان داد که نمونه‌های مایه‌زنی شده با ویروس واکنش مثبت نشان دادند.



شکل ۱. نتایج آلودگی نمونه‌های ذرت در پلیت الایزای غیر مستقیم (چاهک رنگی واکنش مثبت و چاهک بی‌رنگ واکنش منفی بوده است).

Figure 1. The results of the contamination of the corn samples in the indirect ELISA plate (the colored well has a positive reaction and the colorless well has a negative reaction).

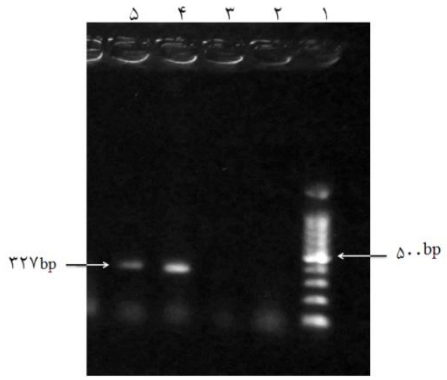
علائم گیاهان آلوده بـه IJMV بـه صـورت موزائیـک و نوارهای زرد رنگ به موازات برگ‌ها و نیز نکروز قرمز رنگ به ویژه در سورگوم بود (شکل ۲). ایـن علائـم بطـور معمـول از قاعده برگ‌ها شروع شده و به سمت نـوک بـرگ ادامـه پیـدا می‌کند. در برخی نمونـه‌هـای قیـاق دارای علائـم موزائیـک مشاهده شد که افـزایش دمـای هـوا موجـب کـاهش شـدت علائم در برگ‌ها می‌شود. نمونه‌هایی با علائـم موزائیـک بـه صورت نقطه نقطه در پهنک برگ و نیز زردی پهنک بـرگ و یا رگبرگ‌ها در آزمون الایزا واکنش منفی نشان دادند. علائـم کمبود آهن در ذرت به صورت راه راه شدن برگ ظـاهر مـی-شود که در این مورد رگبرگ‌ها سبز و فواصل بـین آن‌هـا زرد رنگ و منظم خواهد بود. گاهی ممکن اسـت ایـن علائـم بـا علائم ناشی از موزائیک نواری اشـتباه گرفتـه شـوند. علائـم آلودگی ویروس پس از یک ماه به صـورت موزائیـک نـواری روی برگ‌های مایه‌زنی شده قابل مشاهده بود (شکل ۳).

شکل ۲. علائم ایجاد شده توسط ویروس موزائیک ایرانی قیاق روی (الف) برگ قیاق و (ب) ذرت.

Figure 2. Symptoms caused IJMV on (a) *Johnson grass* leaves and (b) maize.

شکل ۳. علائم موزائیک ایجاد شده در نتیجه تلقیح مکانیکی IJMV روی هیبریدهای ذرت.

Figure 3. Mosaic symptoms resulting from mechanical inoculation of IJMV on maize hybrids.



شکل ٤. نتایج واکنش PCR در ژل آگارز: چاهک ۱ نشانگر 100bp، GenRuler^{TM}100bp DNA Ladder از شرکت Fermentas، چاهک ۲ و ۳ نمونه‌های شاهد و چاهک ۴ و ۵ به ترتیب قطعات تکثیر شده مربوط به IJMV جداشده از هیبریدهای تیمار شده.

Figure 4. Results of PCR reaction in agarose gel: well 1, 100bp marker, GenRulerTM100bp DNA Ladder from Fermentas, wells 2 and 3, control samples, and wells 4 and 5, respectively, amplified fragments related to IJMV isolated from treated hybrids.

نتایج آزمون RT-PCR و الکتروفورز

به منظور اطمینان از آلوده شدن هیبریدهای ذرت تیمار شـده، بـا اسـتفاده از جفـت آغازگرهـای عمـومی پوتی‌ویروس‌هـا، Oligo1n و Oligo2n، بخشی از پروتئین پوششـی ویـروس بـه روش Ghorbani *et al.*, (2024) تکثیـر شـد. پـس از الکتروفـورز محصـول PCR بـر روی ژل آگـارز ۱ درصـد، مشاهده قطعه‌ای در محدوده ۳۲۷ جفت باز تکثیـر بخشـی از پروتئین پوششی ویروس را تأیید کرد (شکل۴).

نتایج حاصل از ارزیابی صفات مورد بررسی در شرایط بدون آلودگی و شرایط آلودگی به ویروس IJMV

در شرایط بدون آلودگی نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل، ارتفاع بوته، تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدن فیزیولوژیک، تعداد روز از سبز شدن تا رسیدن فیزیولوژیک، تعداد دانه در هر ردیف بلال و وزن هزار دانه نشان داد که بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷).

در شرایط آلودگی به ویروس، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل، ارتفاع بوته و ارتفاع بلال بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش مشاهده نشد (جدول ۸).

ارتفاع بلال

در شرایط بدون آلودگی نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۷) که این صفت در بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. همچنین نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به این صفت نشان داد (جدول ۹) که بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدها مورد آزمایش، به هیبرید شماره‌ی ۱۲ با ارتفاع بلال ۱۳۱ سانتی‌متر و کم‌ترین مقدار این صفت به هیبرید شماره‌ی ۶ با ارتفاع بلال ۱۰۳ سانتی‌متر تعلق داشت. در شرایط آلودگی به ویروس، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بلال در بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش، مشاهده نشد (جدول ۸).

تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدن فیزیولوژیک

در شرایط بدون آلودگی، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش، مشاهده نشد (جدول ۷). در شرایط آلودگی، نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به صفت تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدن فیزیولوژیک در جدول ۱۰ آمده است. بیش‌ترین مقدار این صفت در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، با ۶۱ روز، به هیبرید شماره‌ی ۸ تعلق داشت.. همچنین کم‌ترین مقدار این صفت متعلق به هیبریدهای شماره‌ی ۱۰، ۶ و ۲ به ترتیب با ۵۳، ۵۳/۵ و ۵۵ روز زمان بود.

جدول ۷. تجزیه‌ی واریانس صفات مورد مطالعه بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط بدون آلودگی

Table 7. The analysis of variance of the studied traits between 12 corn hybrids under control conditions

Y	WS	SD	CWD	CD	SPRC	SRC	CH	SPRC	DGM	DEEM	DGEE	درجه آزادی DF	منابع تغییرات SOV
108940.9 ns	2817.3 ns	0.42 ns	1.491 ns	2.385 ns	8.34 ns	1.86 *	179.3 ns	752.3 ns	3.94 ns	6.74 ns	0.854 ns	3	بلوک Block
1894824.8 **	2383.4 ns	0.875 *	5.583 **	13.58 **	11.55 ns	4.93 **	273.2 *	619.5 ns	7.10 ns	7.27 ns	0.702 ns	11	هیبرید Hybrid
497766.7	2570.7	0.524	1.598	3.017	11.26	0.942	151.8	739	7.71	9.30	1.41	33	اشتباه آزمایش Experiment error
15.54	15.88	6.80	4.90	6.68	9.95	6.50	10.51	11.01	2.56	5.52	2.24	-	ضریب تغییرات Coefficient of variation

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار نبودن، معنی‌دار بودن در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: indicate non-significance, significance at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۸. تجزیه‌ی واریانس صفات مورد مطالعه بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط آلودگی به IJMV

Table 8. The analysis of variance of the studied traits between 12 corn hybrids under IJMV infection conditions

Y	WS	SD	CWD	CD	SPRC	SRC	CH	SPRC	DGM	DEEM	DGEE	درجه آزادی DF	منابع تغییرات SOV
2202083 ns	28185 **	0.1507 ns	1.386 ns	3.54 ns	11.7 ns	2.977 *	22082 **	5678.5 *	4.75 ns	11.5 ns	2.083 ns	3	بلوک Block
4064753.7 **	10003 *	2.602 *	6.821 **	18.50 **	20.09 *	5.549 **	378.6 ns	16846 ns	19.03 *	23.72 **	1.796 ns	11	هیبرید Hybrid
558996.2	573.5	0.823	0.854	3.708	10.33	1.13	349.5	1357.6	8.31	8.46	1.416	33	اشتباه آزمایش Experiment error
18.30	7.51	8.92	3.63	4.20	10.03	7.24	17.10	16.63	2.63	5.10	2.27	-	ضریب تغییرات Coefficient of variation

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار نبودن، معنی‌دار بودن در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: indicate non-significance, significance at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۹. مقایسه‌ی میانگین صفات مورد مطالعه بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط بدون آلودگی

Table 9. Comparison of the averages of the studied traits between 12 corn hybrids under control conditions

Y (gr)	SD (mm)	CWD (mm)	CD (cm)	SRC	CH (cm)	صفات Traits / شماره هیبرید Number of hybrid
4850 abcd	11.3 a	26.8 abc	49.5 ab	15.5 abc	117.5 abcde	1
4387.5 cd	10.4 abc	25.4 abcd	46.3 bcd	13.5 d	110 cde	2
4100 de	10.3 abc	24.5 cd	45.2 d	13.5 d	108.5 de	3
5525 a	10.7 abc	26.3 abcd	47.8 abcd	17 a	124.5 abc	4
5237.5 ab	10.7 abc	27.1 ab	48.6 abc	16 ab	112.7 cde	5
4737.5 abcd	9.9 c	24.8 bcd	44.7 d	14.25 bcd	103 e	6
4637.5 bcd	10.5 abc	25.8 abcd	47.7 abcd	15.5 abc	122.7 abcd	7
4550 bcd	10.5 abc	23.9 d	44.9 d	13.75 cd	118.7 abcd	8
4537.5 bcd	11.1 ab	24.6 abc	48.7 abc	15.75 ab	114 bcde	9
3212.5 f	9.9 c	25.8 abcd	45.6 cd	15.5 abc	115.2 bcde	10
3462.5 ef	11.08 ab	27.8 a	50 a	14.625 bcd	127.7 ab	11
5225 abc	11.06 ab	24.4 cd	46.5 bcd	14.25 bcd	131 a	12

حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است. Similarity letters indicate no significant differences..

جدول ۱۰. مقایسه‌ی میانگین صفات مورد مطالعه بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط آلودگی به ویروسIJMV

Table 10. Comparison of the averages of the studied traits between 12 corn hybrids under IJMV infection conditions

Y (gr)	WS (gr)	SD (mm)	CWD (mm)	CD (cm)	SPRC	SRC	CH (cm)	DGM	DEEM	صفات Traits / شماره هیبرید Number of hybrid
4825 abc	359 a	11.20 a	26.5 ab	48.9 ab	32 bc	16.12 ab	115.5 ns	110.5 ab	58.25 abc	1
3275 d	293 c	9.40 bc	24.6 cd	43.4 def	30.2 bc	13 d	106.5 ns	106 c	55 bc	2
2825 d	328.5 b	9.75 bc	23.8 d	42.9 ef	32.18 bc	13 d	114.2 ns	109 abc	56.5 abc	3
5450 a	311.7 bc	10.32 ab	26.6 bc	46.3 abcde	32.68 abc	16.87 a	115.5 ns	111.7 ab	59.2 ab	4
5250 a	314 bc	10.11 ab	26.5 ab	46.7 abcd	29.25 c	15.37 abc	92 ns	112.2 a	59.7 ab	5
5300 a	308.2 bc	10.32 ab	24.6 cd	45.2 bcdef	30.75 bc	14 cd	105 ns	106 c	53.5 c	6
3125 d	319 bc	10.24 ab	25.6 bc	46.1 abcdef	30.12 bc	15.25 abc	116.5 ns	109.5 abc	56 abc	7
3750 bcd	321.7 b	10.4 ab	23.9 cd	44.7 cdef	33.12 ab	13.75 cd	111.7 ns	112.5 a	61 a	8
3525 cd	324.2 b	11.26 a	26.5 ab	49.1 a	31 bc	14.87 abcd	90.2 ns	110.2 ab	57.7 abc	9
3100 d	306.5 bc	8.79 c	24.9 bcd	42.5 f	30.5 bc	15.12 abc	106.2 ns	107.7 bc	53 c	10
3500 cd	319.5 bc	9.72 bc	28.1 a	47.5 abc	36.12 a	14.62 bcd	118.2 ns	110.2 ab	57.2 abc	11
5100 ab	319.7 bc	10.65 ab	24.4 cd	45.7 abcdef	36.18 a	14.37 bcd	119.5 ns	108.5 abc	56 abc	12

حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است. Similarity letters indicate no significant differences..

تعداد روز از سبز شدن تا رسیدن فیزیولوژیک

در شرایط بدون آلودگی، اختلاف معنی‌داری در نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش، مشاهده نشد (جدول ۷). در شرایط آلودگی، نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به صفت تعداد روز از سبز شدن تا رسیدن فیزیولوژیک نشان داد، هیبریدهای شماره‌ی ۸ و ۵ به ترتیب با ۱۱۲/۵ و ۱۱۲/۲۵ روز، بیشترین تعداد روز از سبز شدن تا رسیدن فیزیولوژیک را داشته و در یک گروه قرار گرفتند. همچنین کم‌ترین مقدار این صفت به هیبریدهای شماره‌ی ۶ و ۲ با ۱۰۶ روز و سپس هیبرید شماره ۱۰ با ۱۰۷/۷۵ روز تعلق داشت (جدول ۱۰).

تعداد ردیف دانه در بلال

در شرایط بدون آلودگی، براساس نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به این صفت، بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به صفت تعداد ردیف دانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به هیبرید شماره‌ی ۴ تعلق داشت. همچنین هیبریدهای شماره‌ی ۲ و ۳ کم‌ترین تعداد ردیف دانه را به تعداد ۱۲/۵ ردیف داشتند (جدول ۹). در شرایط آلودگی به ویروس، نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به تعداد

ردیف دانه در بلال نشان داد (جدول ۸)، این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری یک درصدی اختلاف معنی‌دار داشت. براساس نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌ها، بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۱۶/۸۷۵ ردیف، متعلق به هیبرید شماره‌ی ۴ بود و هیبریدهای شماره‌ی ۲ و ۳ کم-ترین تعداد ردیف دانه را با تعداد ۱۳ ردیف داشتند (جدول ۱۰).

تعداد دانه در هر ردیف بلال

در شرایط بدون آلودگی، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به تعداد دانه در هر ردیف بلال، بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش، مشاهده نشد (جدول ۷). در شرایط آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به تعداد دانه در هر ردیف بلال، بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش، نشان داد در سطح احتمال آماری پنج اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۸). نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به این صفت در جدول ۱۰ آمده است. بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش به هیبریدهای شماره‌ی ۱۲ و ۱۱ به ترتیب با تعداد ۳۶/۱۸۸ و ۳۶/۱۲۵ تعلق داشت و این دو هیبرید در یک گروه آماری قرار گرفتند. کم‌ترین تعداد دانه نیز به هیبرید شماره‌ی ۵ به میزان ۲۹/۲۵ عدد تعلق داشت.

قطر بلال

در شرایط بدون آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به قطر بلال نشان داد که این صفت در بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۷). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به صفت قطر بلال، بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۵۰/۰۰۵ میلی‌متر قطر، متعلق به هیبرید شماره‌ی ۱۱ بود. همچنین هیبریدهای شماره‌ی ۳، ۸ و ۶ کم‌ترین قطر بلال را به ترتیب به میزان ۴۵/۲۰، ۴۴/۹۷ و ۴۴/۷۰ میلی‌متر داشتند (جدول ۹). در شرایط آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به قطر بلال مندرج در جدول ۸ نشان داد، این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به صفت قطر بلال نشان داد بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۴۹/۰۹۳ میلی‌متر قطر، متعلق به هیبرید شماره‌ی ۹ بود. همچنین هیبرید شماره‌ی ۱۰ کم‌ترین قطر بلال ۴۲/۵۴۵ میلی‌متر را نشان داد (جدول ۱۰).

قطر چوب بلال

در شرایط بدون آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به قطر چوب بلال نشان داد (جدول ۷) که این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت. بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به صفت قطر چوب بلال، بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۲۷/۸۲۲۵ میلی‌متر قطر، متعلق به هیبرید شماره‌ی ۱۱ بود. همچنین هیبرید شماره‌ی ۸ کم‌ترین قطر بلال را به ترتیب به میزان ۲۳/۹۸ میلی‌متر به خود اختصاص داد (جدول ۹). در شرایط آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به قطر چوب بلال در جدول ۸ نشان داده شد، این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به صفت قطر چوب بلال نشان داد، بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۲۷/۱۸ میلی‌متر قطر، متعلق به هیبرید شماره‌ی ۱۱ و کم‌ترین قطر بلال را نیز هیبرید شماره‌ی ۳ به میزان ۲۳/۷۹۲ میلی‌متر به خود اختصاص داد (جدول ۱۰).

عمق دانه

در شرایط بدون آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به عمق دانه نشان داد که در بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد مطالعه از نظر این صفت،

اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری یک درصد مشاهده شد (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به این صفت نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۱۱/۳۵۵ میلی‌متر، متعلق به هیبرید شماره‌ی ۱ بود. همچنین هیبریدهای شماره‌ی ۶ و ۱۰ با کم‌ترین عمق دانه به ترتیب به میزان ۹/۹۲۲۵ و ۹/۹۰۷۵ در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۹). در شرایط آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به عمق دانه بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۸). براساس نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به صفت عمق دانه، بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۱۱/۲۶۷ و ۱۱/۲۰۵ میلی‌متر، به ترتیب متعلق به هیبریدهای شماره‌ی ۹ و ۱ بود که در یک گروه آماری قرار گرفتند و هیبرید شماره‌ی ۱۰ نیز کم‌ترین عمق دانه به میزان ۸/۷۹۵ میلی‌متر را به خود اختصاص داد (جدول ۱۰).

وزن هزاردانه

در شرایط بدون آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به وزن هزار دانه در جدول ۷ نشان داد، این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌دار نیست. در شرایط آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به وزن هزار دانه نشان داد (جدول ۸)، این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری پنج دارای اختلاف معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به این صفت نشان داد، بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با مقدار ۳۵۹ گرم متعلق به هیبرید شماره‌ی ۱ بود. هیبرید شماره‌ی ۲ نیز کم‌ترین وزن هزار دانه به میزان ۲۹۳ گرم را داشت (جدول ۱۰).

عملکرد کرت

در شرایط بدون آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به عملکرد کرت نشان داد (جدول ۷)، این صفت بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش در سطح احتمال آماری یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت. با مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به عملکرد کرت، بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۵۵۲۵ گرم، متعلق به هیبرید شماره‌ی ۴ بود. همچنین هیبرید شماره‌ی ۱۰ با مقدار ۳۲۱۲/۵ گرم، کم‌ترین میزان عملکرد در واحد کرت را نشان داد (جدول ۹). در شرایط آلودگی، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به عملکرد کرت در جدول ۸ نشان داد، این صفت در بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد آزمایش، در سطح احتمال آماری یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. براساس نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به عملکرد کرت، بیش‌ترین مقدار این صفت در بین هیبریدهای مورد آزمایش، با ۵۴۵۰، ۵۳۰۰ و ۵۲۵۰ گرم، به ترتیب متعلق به هیبریدهای شماره‌ی ۴، ۶ و ۵ بود که در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین هیبریدهای شماره‌ی ۳، ۱۰، ۷ و ۲ به ترتیب با مقادیر ۲۸۲۵، ۳۱۰۰، ۳۱۲۵ و ۳۲۷۵ گرم، کم‌ترین میزان عملکرد در واحد کرت را داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱۰).

نتایج بررسی شدت و درصد آلودگی در شرایط آلودگی به ویروس IJMV

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌های جدول ۱۱ نشان داد که شدت آلودگی و درصد آلودگی از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. براساس نتایج مقایسه میانگین بین هیبریدهای مورد بررسی، علائم شدت و درصد آلودگی آلودگی متفاوت بود (جدول ۱۲). هیبریدهای ۳ و ۴ بالاترین شدت آلودگی و هیبرید ۱۲ کمترین شدت آلودگی را نشان دادند. همچنین هیبرید ۴ بالاترین درصد آلودگی و هیبرید ۱۲ کمترین درصد آلودگی را داشت. در مجموع هیبرید ۴ با نشان دادن بیشترین شدت و درصد آلودگی به عنوان حساس‌ترین هیبرید و هیبرید ۱۲ با نشان دادن کمترین شدت و درصد آلودگی مقاوم‌ترین هیبرید در مواجه با ویروس IJMV بود.

جدول ۱۱. تجزیه‌ی واریانس شدت و درصد آلودگی بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط آلودگی به IJMV

Table 11. The analysis of variance of severity and percentage of infection between 12 corn hybrids under IJMV infection conditions

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی Degree of freedom	شدت آلودگی Severity of infection	درصد آلودگی percentage of infection
بلوک Block	3	17.92 ns	9.87 ns
هیبرید Hybrid	11	108.02 **	74.58 **
اشتباه آزمایش Experiment error	33	15.33	23.05
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	12.2	15.1

ns، * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: indicate non-significance, significance at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۱۲. مقایسه میانگین شدت و درصد آلودگی بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط آلودگی به ویروس IJMV

Table 12. Comparison of the average severity and percentage of infection between 12 corn hybrids under IJMV infection conditions

شماره هیبرید Number of hybrid	شدت آلودگی Severity of infection	درصد آلودگی Percentage of infection
1	27.7 cd	6.89 cde
2	31.2 abcd	7.60 cd
3	34.3 a	12.02 ab
4	34.5 a	14.90 a
5	28.9 bcd	7.02 cde
6	28.5 bcd	6.98 cde
7	27.6 cd	6.24 de
8	26.5 d	6.24 de
9	27.6 cd	6.37 de
10	31.9 abc	9.16 bcd
11	32.7 ab	10.51 bc
12	21.6 e	3.64 e

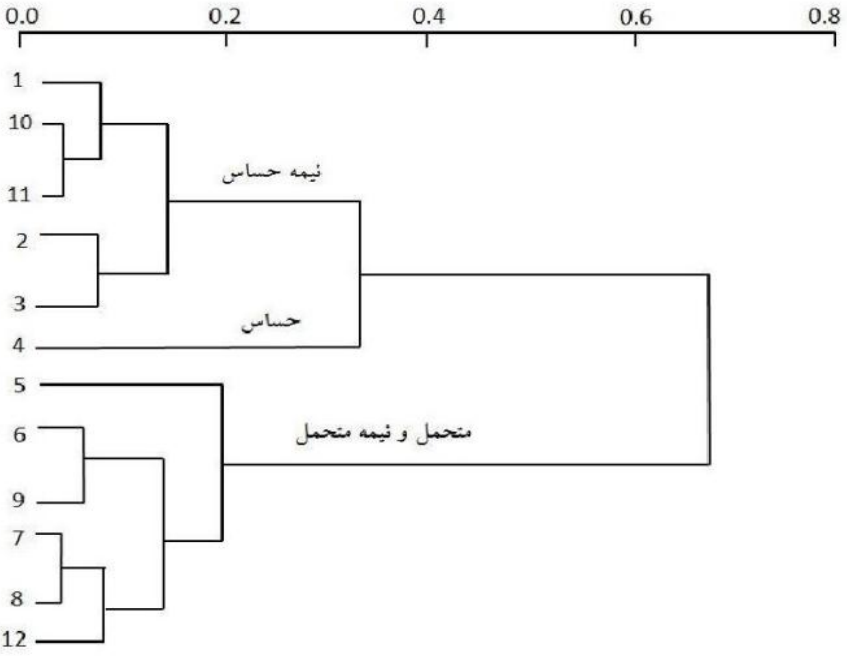
حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است. Similarity letters indicate no significant differences.

نتایج تجزیه خوشه‌ای انجام شده بین هیبریدهای مورد بررسی براساس صفات درصد و شدت آلودگی در شکل ۵ آورده شده است. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای هیبریدها در سه گروه قرار گرفتند. در گروه اول هیبریدهای ۱، ۱۰، ۱۱، ۲ و ۳ قرار دارند که واکنش نیمه حساس به ویروس نشان دادند. در گروه دوم که شامل هیبرید شماره ۴ بود واکنش حساسیت به ویروس نشان داد. گروه سوم که شامل هیبریدهای ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۲ است واکنش نیمه متحمل یا متحمل به ویروس داشتند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین اثر آلودگی ویروسی بر صفات مورد مطالعه

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر بیماری ناشی از IJMV بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۲ هیبرید ذرت که در جدول ۱۳ آورده شده است، مشاهده شد که صفت تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل در بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط طبیعی و آلودگی به ویروس از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. صفت‌های همچون ارتفاع بوته و تعداد دانه در هر ردیف بلال در سطح احتمال آماری پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری بین هیبریدهای ذرت در شرایط آلودگی و بدون آلودگی به IJMV بودند. در مورد سایر صفات از جمله تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدن فیزیولوژیک، تعداد روز از سبز شدن تا رسیدن، تعداد ردیف دانه در بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه و عملکرد در کرت تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال آماری یک درصد در بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط طبیعی و آلودگی به بیماری مشاهده شد (جدول ۱۳).

طبق نتایج حاصل از بررسی تمام صفت‌ها در ۱۲ هیبرید مورد آزمایش، می‌توان گفت آلودگی به ویروس IJMV باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کرت، عمق دانه، قطر بلال، تعداد دانه در هر ردیف و ارتفاع گیاه شد. نتایج مقایسه میانگین صفت‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر در بین ۱۲ هیبرید ذرت، در شرایط عدم آلودگی و آلودگی به IJMV در جدول ۱۴ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل می‌توان اثر آلودگی ویروس را بر صفت‌های مختلف بررسی و عکس العمل هیبریدها را از نظر هر صفت مشخص کرد.



شکل ۵. نتایج تجزیه خوشه‌ای هیبریدهای مورد بررسی براساس درصد و شدت آلودگی به IJMV

Figure 5. Results of cluster analysis of the studied hybrids based on the percentage and severity infection to IJMV

جدول ۱۳. تجزیه‌ی واریانس مرکب صفات مورد مطالعه بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط بدون آلودگی و آلودگی به ویروسIJMV

Table 13. Composite analysis of variance of studied traits between 12 corn hybrids under control and IJMV infection conditions

Y (gr)	SD (mm)	CWD (mm)	CD (mm)	SPRC	SRC	PH (cm)	DGM	DEEM	DGEE	درجه‌آزادی DF	منابع تغییرات SOV
4927734.3**	5.53**	2.63*	4.29**	69.8**	1.26ns	152762**	45.3**	73.5**	12.7**	1	شرایط آزمایش Expriment Condition
987447.9 ns	1.72 ns	8.63 ns	17.7ns	60.19 ns	14.53*	19292.7**	26.08 ns	54.8 ns	8.81 ns	6	تکرار×شرایط Replication×Condition
56145911.4**	26.1**	132.8**	320.4**	230.6*	110.9**	17074.1*	219.9**	224.6**	15.5ns	11	هیبرید Hybrid×Condition
9409453.1*	6.05 ns	3.61 ns	32.4 ns	117.5ns	3.42 ns	8272.1 ns	67.6ns	116.5 ns	11.1ns	11	هیبرید×شرایط Hybrid
528381	0.674	1.22	3.36	10.7	1.037	1048.3	8.01	8.88	1.41	66	اشتباه آزمایش Experiment error
16.8	7.89	4.32	3.94	9.99	6.87	13.8	2.60	5.31	2.25	-	ضریب تغییرات Coefficient of variation

ns، * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: indicate non-significance, significance at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۱۴. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در بین ۱۲ هیبرید ذرت در شرایط بدون آلودگی و آلودگی به IJMV

Table 14. Comparison of the averages of the studied traits between 12 corn hybrids under control and IJMV infection conditions

Y (gr)	SD (mm)	CWD (mm)	CD (mm)	SPRC	SRC	PH (cm)	DGM	DEEM	DGEE	شرایط آزمایش Expriment condition	شماره هیبرید Number of hybrid
4825	11.1	26.5	48.9	32	16.1	224	110.5	58.2	52	1	1
4850	11.3	26.8	49.5	33.3	15.5	237.7	107.2	53.7	523	2	
3275	9.39	24.6	43.4	30.2	13	216.7	106	55	51	1	2
4387.5	10.4	25.4	46.3	35.4	13.5	236.5	107.2	54.5	52	2	
2825	9.58	23.7	42.9	32.2	13	243.2	109.2	56.5	52	1	3
4100	10.2	24.5	45.2	32.7	13.5	235.2	109.7	57.2	53	2	
5450	10.3	25.6	46.3	32.7	16.8	213.5	111.7	59.2	53	1	4
5525	10.7	26.3	47.8	35.6	17	246.2	109.7	57.2	52	2	
5250	10.1	26.5	46.7	29.2	15.3	195.7	112.2	59.7	53	1	5
5237.5	10.7	27.1	48.6	34.2	16	228	109	56	53	2	
5300	10.3	24.5	45.2	30.7	14	243.2	106	53.5	51	1	6
4737.5	9.92	24.8	44.7	32	14.2	247.2	106.5	54	52	2	
3125	10.2	25.6	46.1	30.1	15.2	227.5	109.5	56	53	1	7
4637.5	10.5	25.8	47.7	34.8	15.5	256.5	109.5	56.2	53	2	
3750	10.3	23.9	44.7	33.1	13.7	231	112.5	61	51	1	8
4550	10.4	23.9	44.9	33.6	13.7	265	108.5	55.2	53	2	
3525	11.2	26.5	49.1	31	14.8	172	110.2	57.7	52	1	9
4537.5	11.1	26.4	48.7	31.8	15.7	239.7	107.7	54.7	53	2	
3100	8.79	24.9	42.5	30.5	15.1	224.5	107.7	53	52	1	10
3212.5	9.90	25.8	45.6	30.8	15.5	266.7	107.2	54.5	52	2	
3500	9.70	28.1	47.5	36.1	14.6	227.7	110.2	57.2	52	1	11
3462.5	11.1	27.8	50	36.4	14.6	243.2	10.5	55.7	53	2	
5100	10.6	24.4	45.7	36.1	14.3	239	108.5	56	52	1	12
5225	11.1	24.4	46.5	33.7	14.2	258.7	106	53	53	2	

شرایط آزمایش: ۱- آلودگی به IJMV و ۲- عدم آلودگی (کنترل) Experiment conditions: 1- IJMV infection and 2- no infection (control)

امروزه کشت وسیع ارقام دارای زمینه ژنتیکی یکنواخت، باعث تکامل فزاینده سویه‌های پرآزار بیمارگرها و بروز همه‌گیری‌های گسترده بیماری‌های گیاهی شده است. بنابراین نیاز فراوانی به تولید مقاومت بادوام به بیمارگرها در گیاهان وجود دارد. عملکرد ذرت در سال‌های اخیر به دلیل تاثیر بیماری‌های ویروسی به‌ویژه در کشت‌های اول، به شدت کاهش یافته است. طبق نتایج به‌دست آمده از پژوهشی که توسط Estakhr and Choukan (2006) انجام شد، با یک ماه تاخیر در کاشت درصد آلودگی به ویروس‌های گیاهی در ذرت به شدت کاهش یافت و به یک تا دو درصد رسید و هیبرید OSSK602 با تولید ۱۰۲۱۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت. در صورتی‌که در تاریخ کشت قبلی، به دلیل درصد بالای آلودگی به ویروس کوتولگی زبر، عملکرد حدود ۶ تن در هکتار داشت.در بررسی آن‌ها بیشترین درصد آلودگی به ویروس‌های کوتولگی زبر و موزائیک ایرانی در هیبرید KSC704 مشاهده شد و کمترین درصد آلودگی نسبت به ویروس کوتولگی زبر در هیبرید BC572 و نسبت به ویروس موزائیک ایرانی در هیبرید ZP677 دیده شد. همچنین در پژوهش آن‌ها، اختلاف عملکرد دانه در بین هیبریدها به دلیل تفاوت در درصد آلودگی به ویروس‌ها بود و تاخیر در کاشت، اثر قابل توجهی بر کنترل ویروس‌ها داشت. آن‌ها بیان کردند که ارقام چینی دارای تحمل خوبی نسبت به ویروس‌ها بوده و می‌توان از ژن‌های مقاومت آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد (Estakhr and Choukan, 2006). در

راستای کنترل بیماری‌های ویروسی، استفاده از ارقام مقاوم احتمالاً ارزان‌ترین و موثرترین راه مبارزه با ویروس‌های گیاهی است. عملی نبودن کنترل شیمیایی بیماری‌ها باعث گردیده مقاومت ژنتیکی به‌عنوان امیدبخش‌ترین استراتژی مطرح گردد (Mostafavi Neishaburi *et al*., 2020). هزینه کشت ارقام مقاوم از هزینه کشت ارقام حساس بیشتر نیست، همچنین در استفاده از ارقام مقاوم به علت عدم نیاز به روش‌های پرهزینه دیگر مثل کنترل ناقلین، در هزینه‌ها صرفه‌جویی خواهد شد. به علاوه، به واسطه اجتناب از مصرف مواد شیمیایی، از آلودگی محیط زیست و به وجود آمدن ناقلین مقاوم به مواد شیمیایی جلوگیری می‌شود. استفاده از ارقام مقاوم به ویژه در کنترل ویروس‌هایی که به وسیله شته‌ها به طریق ناپایا منتقل می‌شوند، مفیداست (Sylvester, 1969).

بنابراین از یک طرف آلودگی‌های ویروسی شدید و مخلوط در ذرت و از طرف دیگر عملی نبودن کنترل شیمیایی به‌ویژه در مورد بیماری‌های ویروسی باعث گردیده مقاومت ژنتیکی به‌عنوان امیدبخش‌ترین استراتژی مطرح گردد (Toit and Pataky, 1999). از سال ۱۹۱۸ به بعد مشخص شد که مقاومت ژنتیکی بهترین روش کنترل بیماری‌های ویروسی بوده که قابل توارث است (Smith and White, 1988). رابینسون مقاومت را به قدرت میزبان در جلوگیری از بروز بیماری یا عواملی که باعث کند شدن بیماری می‌شوند، تعریف کرد (Robinson, 1969). کنترل ژنتیکی، تهیه و استفاده از واریته‌های کاملا مقاوم باعث عدم آلودگی محیط زیست، کاهش خسارت بیماری و هزینه‌های ناشی از سایر روش‌های کنترل بیماری می‌گردد و در هر صورت کاری صحیح و قابل اعتبار است که بهره اقتصادی را امکان‌پذیر می‌سازد (Mostafavi Neishaburi *et al*., 2019). به طور کلی عوامل بسیاری در ایجاد مقاومت در ارقام مختلف گیاهی و نیز شکستن مقاومت آن‌ها نقش دارند. با این وجود استفاده از ارقام مقاوم در جهت مدیریت بیماری‌ها، با توجه به مزیت‌های فراوانی که دارد، امروزه دغدغه بسیاری از کشورها می‌باشد.

مقاومت از ناسازگاری‌های بین متابولیسم میزبان و عامل بیماری که هر یک توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود، ناشی می‌گردد (Mostafavi Neishaburi *et al*., 2020). قحطی‌های بزرگی در طول تاریخ مثلاً در ایرلند، بیماری بادزدگی سیب زمینی، در قبل از سال ۱۹۲۰ در امریکا به وسیله زنگ ساقه روی گندم و... در ایران چندین سال پیش اپیدمی زنگ زرد روی گندم رخ داده است که تنها با کنترل ژنتیکی و نه شیمیایی یا زراعی این موضوع قابل رفع است. در سال ۱۳۸۲ به‌منظور یافتن ارقام خارجی پرمحصول‌تر نسبت به ارقام ایرانی، تعداد ۱۷ هیبرید خارجی ذرت و سه رقم داخلی در استان فارس کشت شدند. در آن سال در منطقه زرقان استان فارس اپیدمی ویروس کوتولگی زبر ذرت رخ داد و به هیبریدها خسارت شدیدی وارد کرد. همه هیبریدها حساس بودند و دامنه درصد آلودگی از ۳۰ تا ۸۰ درصدبود و تنها هیبریدهای خارجی SP1042 و KSC700 آلودگی کمتر از ۵۰ درصد داشتند (Estakhr and Choukan, 2006).

ژن‌هایی که باعث ایجاد مقاومت ذرت نسبت به ویروس‌ها می‌شوند ممکن است در مقابل یک یا تعدادی از پوتی‌ویروس‌های غلات عملکرد مناسبی داشته باشند (Mostafavi Neishaburi *et al*., 2020). گزارش شده است که برخی لاین‌های ذرت، در هر دو شرایط گلخانه و مزرعه، در برابر چهار ویروس SCMV، MDMV، SrMV و JGMV مقاوم بودند (Kuntze *et al*., 1995). همچنین لویی و همکاران (۱۹۹۰) با بررسی ژنتیک مقاومت لاین‌های ذرت بیان کردند که برخی لاین‌ها به سه جدایه از ویروس SCMV و دو جدایه از ویروس MDMV مقاوم هستند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهیمت ذرت در شمال ایران و اهمیت بیماری‌های ویروسی در غلات شناسایی شده که ویروس موزائیک ایرانی قیاق (Iranian Johnson grass mosaic virus, IJMV) یکی از مهم‌ترین آن‌ها محسوب می شود ضمن اینکه این ویروس بومی ایران بوده و از پراکنش وسیعی در ایران برخوردار است. در این پژوهش

واکنش ۱۲ هیبرید مورد مطالعه ذرت نسبت به ویروس موزائیک ایرانی قیاق در دو شرایط آلودگی با ویروس و عدم آلودگی با ویروس (شاهد) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون الایزا غیرمستقیم و تست RT-PCR به منظور اطمینان از آلودگی نمونه‌های تیمار شده بیانگر تایید آلودگی هیبریدها بود. تجزیه و تحلیل های آماری در هر دو حالت شرایط آلودگی و عدم آلودگی، برای صفات مورد بررسی انجام شد و نتایج مقایسه میانگین صفت‌های مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد از جمله عملکرد کرت، عمق دانه، قطر بلال، قطر چوب بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در هر ردیف، مشخص کرد که آلودگی به ویروس IJMV سبب کاهش عملکرد کرت در تمامی هیبریدها شد که در برخی هیبریدها میزان کاهش کمتر بود. اما از آنجا که نمی‌توان بر اساس یک یا دو صفت خاص، مقاومت یا حساسیت یک هیبرید را تعیین کرد. بنابراین با بررسی تمام صفت‌ها بخصوص نتایج حاصله از تجزیه صفات درصد و شدت آلودگی و میزان عملکرد محصول و خسارت بیماری در کنار هم هیبریدهای نسبتا مقاوم که در شرایط وجود آلودگی ویروس تا حدی خسارت وارد شده را تحمل کردند و محصول خوبی تولید کردند، شناسایی شدند. از این‌رو با بررسی مجموع صفات مورد بررسی در این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که در بین هیبریدهای مورد بررسی هیبریدهای شماره ۳ و ۴ نسبت به ویروس IJMV حساس‌تر بوده و هیبریدهای شماره ۵ و ۱۲ در مقابل ویروس مذکور نسبتا مقاوم و یا متحمل بودند و تا حدی خسارت وارد شده را تحمل و حد مطلوبی از صفات را حفظ کردند. لذا برای استفاده در کارهای بهنژادی ذرت در آینده معرفی می‌شوند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

References

Afsharifar, A.R., & Izadpanah, K. (1991). Occurrence of a new type of mosaic in maize fields in the vicinity of Shiraz. Iran. *Journal Plant Pathology*. 27, 119. (In Persian)

Amiri, F., & Izadpanah, K. (1993a). Purification, serology and transmission of sugarcane mosaic virus in Khuzestan. (Abst.). *Iran. J. Plant Pathology*., 29, 191-192. (In Persian)

Amiri, F., & Izadpanah, K. (1993b). Sugarcane mosaic virus strain variation in Khuzestan. (Abst.). *Iran Journal Plant Pathology*., 29, 190-191. (In Persian)

Clark, M.F., & Adams, A.N. (1977). Characteristics of the microplate method of Enzyme-linked immunosrobent assay for the detection of plant viruses. *J. gen. Virol*., 34, 475-483.

Estakhr, A., & Choukan, R. (2006). Study of yield, yield component and correlation between them in foreign and local maize hybrids. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 37, 85-91. (In Persian)

Fan, Z., Chen, H., Cai, S., Dong, C., Wang, W., Liang, X., & Li, H. (2003). Molecular characterization of a distinct potyvirus from white grass in China. *Arch. Virol*., 148, 1219-1224.

FAO. (2020). FAOSTAT. Available online at: http://faostat3.fao.org/compare/E.

Ghorbani, M., Nasrollanejad, S., & Mohammadi, M. (2024). Decoding the genetic diversity and taxonomic position of two novel potyviruses of Tuberose crop in Iran. *Indian Phytopathology*, https://doi.org/10.1007/s42360-024-00775-5.

Izadpanah, K. (1982). Annotated list of viral and viroides diseases of plants in Fars province. Shiraz Faculty of Agriculture. 183 pages.

Izadpanah, K., & Kamran, R. (1995). Racial isolation of *Sugarcane mosaic virus* from corn in Sepidan region of Fars. Summary of articles of the 12th *Iranian plant protection congress, Karaj*. Page 94.

Kuntze, L., Fuchs, E., Gruntzig, M., Schulz, B., Henning, U., Hohmann, F., & Melchinger, A.E. (1995). Evaluation of maize inbred lines for resistance to *Sugarcane mosaic virus* (SCMV) and *Maize dwarf mosaic virus* (MDMV). *Agronomie*, 15, 463-467.

Louie, R., Knoke, J.K., & Findley, W.R. (1990). Elite maize germplasm-reactions to Maize dwarf mosaic and Maize chlorotic dwarf viruses. *Crop Sci*., 30, 1210-1215.

Masoumi, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2018). Biological, serological and molecular comparison of potyviruses of cereal plants in Iran. *Plant diseases*, 47(1), 66-47.

Masumi, M., & Izadpanah, K. (2000). Transmission, purification and serology of *Bermuda grass mosaic virus*. Proc. 14th Iran. Plant. Protec. Cong., Isfahan Univ. *Technol. Vol*. II. 183p.

Masumi, M., & Izadpanah, K. (1995). Natural infection of Johnsongrass and certain other gramineous species with a type of sugarcane mosaic virus (SCMV). Proc. 12th Iran. *Plant Protec. Cong., Karaj*. 73p.

Moini, A.A., & Izadpanah, K. (2001). Identification and purification of A MDMV-like potyvirus of maize in Mazandaran. *Iran. J. Plant Path*., 37, 147-159 (Farsi) and 43-45 (English).

Mostafavi Neishaburi, F., Sabbagh, S.K., Yamchi, A., & Nasrollanejad, S. (2019). Molecular study on some of physiological changes in susceptible and tolerant genotypes of maize in response to Maize Dwarf Mosaic Virus infection. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 7 (3), 1-17.

Mostafavi Neishaburi, F., Sabbagh, S.K., Yamchi, A., Nasrollanejad, S., & Panjehkeh, N. (2020). Expression analysis of some defense-related genes in susceptible and tolerant maize genotypes in response to infection of maize dwarf mosaic virus (MDMV). *Journal of Plant Protection (Mashhad)*, 32(4), 449-461. (In Persian)

Robinson, R.A. (1969). Disease resistance terminology. *Review Applied Mycology*, 47(8), 593-606.

Seifers, D.L., Salomon, R., Marie-Jeanne, V., Alliot, B., Signoret, P., Haber, S., Loboda, A., Ens, W., She, Y.M., & Standing, K.G. (2000). Characterization of a novel potyvirus isolate from maize in Israel. *Phytopathology*, 90, 505-513.

Shukla, D.D., Jilka, J., Tosic, M., & Ford, R.E. (1989a). A novel approach to serology of potyviruses involving affinity purified polyclonal antibodies directed towards virus-specific N-termini of coat proteins. *J. Gen. Virology*., 70, 13-23.

Shukla, D.D., Tosic, M., Jilka, J., Ford, R.E., Toler, R.W., & Langham, M. (1989b). Taxonomy of potyviruses infecting maize, sorghum and sugarcane in Australia and the United States as determined by reactivities of polyclonal antibodies directed towards virus-specific N-termini of coat proteins. *Phytopathology*, 79, 223-229.

Smith, D.R., & White, D.G. (1988). Disease of corn. Corn and corn improvement Academic Press. New Yourk. 699p.

Sylvester, E.S. (1969). Evidence of transovarial passage of Sowthistle yellow vein virus in the aphid Hyperomyzus lactucae. *Virology*. 38, 440-448.

Toit, L.J., & Pataky, J.K. (1999). Effects of silk maturity and pollination on infection of maize ears by ustilago maydis. *Plant Dis*., 73, 921-925.

Verrier, J.L., Marchand, V., Cailleteau, B., & Delon, R. (2001). Chemical change & cigarette smoke mutagenicity increase associated with CMV and PVY infection in burley tobacco. Coresta Meet. Agro Phyto Groups. Cape Town, South Africa, P01.

Zambrano, J.L., Jones, M.W., Brenner, E., Francis, D.M., Tomas, A., & Redinbaugh, M.G. (2014). Genetic analysis of resistance to six virus diseases in a multiple virus resistant maize inbred line. *Theor Appl Genet*., 127, 867-880.

Zare, A., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2005). *Bermuda grass mosaic virus*: A distinct potyvirus infecting several geramineous species in Iran. *Parasitica*, 61, 105-110.