The University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

Screening of Tolerance of Plum Cultivars to the Plum Moth *Grapholita funebrana* (Treitschke)

Masoud Latifian[1]✉, Mohieddin Pirkhezri[2], Razieh Ghaemi[3]

1. Corresponding Author, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Horticultural Sciences Research Institute, Temperate Fruits Research Center, Karaj.Iran. E-mail: masoud_latifian@yahoo.com
2. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Horticultural Sciences Research Institute, Temperate Fruits Research Center, Karaj.Iran. E-mail: pirkhezri50mohi@gmail.com
3. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iranian Research Institute of Plant Protection, Nematology Research Department, Tehran, Iran. E-mail: razieh.ghaemii@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 5 February 2023

Received in revised form: 29 October 2023

Accepted: 31 October 2023

Published online: 22 December 2023

Keywords:

Larvae, Injury,

Strees Suceptibility,

Plant defence.

ABSTRACT

Plum fruit moth, *Grapholita funebrana* is one of the most important plum (*Prunus domestica)* pests. This project was carried from 2019 to 2021 to screen 26 cultivars and promising genotypes of plum in terms of pest larvae feeding tolerance index. The percentage of injury and the larvae population were measured every ten days until the end of October during the activity period of larvae. Then the biological stress sensitivity index was calculated. Time series models were used to investigate the correlation between injury percentage and larval population density, and the cluster analysis method was used to separate cultivars and genotypes based on tolerance index. The degree of influence of different fruit characters on tolerance was investigated by calculating Spearman's correlation coefficient. The results showed that the maximum effective day-larva index in the study years was in late July to early August. The values of cross correlation coefficient in Ghalo and Sosormi cultivars had maximum and minimum values, respectively. Finally, Queen Roza and Anjelo were the most sensitive, and Qomi, Gholaman, Faryar, G-Black, Zojlo, Gallo, G-100, G98, G99, Mortini, Black Amber and Kermanshah were the most tolerant cultivars to plum moth. Fruit surface area, sphericity index, average diameter of fruit engineering, fruit size index, fruit length and width had positive and significant correlation with tolerance indices. The results of this research are part of the breeding program of plum cultivars to develop the cultivation of this product in the country.

Cite this article: Latifian, M., Pirkhezri, M., & Ghaemi, R. (2023). Screening of Tolerance of Plum Cultivars to the Plum Moth *Grapholita funebrana* (Treitschke). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 54 (4), 575-593. DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.354847.2088

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.354847.2088

Extended Abstract

Introduction

Plum fruit moth, *Grapholita funebrana*, is one of the most important plum (*Prunus domestica)* pests. The larva of this pest feeds on the flesh of the fruit. Larvae-infested fruits contain a dense mass of black excrement, which greatly reduces the economic value of the product. The damage rate of this pest is reported 30 to 70 percent. The advantages of using resistant plum cultivars can be mentioned by reducing the cost of purchasing pest control inputs and increasing yield per unit area. Consequently, the introduction of plum cultivars tolerant to plum moth is an important and necessary step in the good management of this pest in the country.

Materials and methods

This project was carried out in the collection garden of the temperate and cold-season fruit research institute located in the city of Kamalshahr, Karaj, from 2019 to 2021.To carry out this project, 26 promising plum

cultivars and genotypes named Kh-Mashhad, Sosormi, G-balck, G98, Mortini, Anjelo, Songhor abadi, Ghomi, Kermanshah, Black Amber, G99, Geontype 19, Feriyar, Zard Kordestane, Black star, Ghalo, Bokhara, Queen roza, Laroda, Gr-Rezaeyeh, Gholaman, Zojelo, Uromieh 20, Santarza, G-Malayer and G100 were used. Estimation of the percentage of infection with plum larvae was done at the peak of its activity, i.e., in the middle of May, every ten days until the end of October.Twenty randomly selected fruits from four trees of each genotype in four directions (south, north, east and west) of each tree were harvested and transferred to the laboratory. The fruits were chopped and the number of healthy and infected fruits was counted on the basis of the presence or absence of larvae or their remnants. The number of active larvae inside the fruits was counted separately. After estimating the injury percentage and the effective larval population, strees susceptibility, stress tolerance, damage and tolerance indices, were also calculated for each cultivar. To examine the quantitative and qualitative characteristics of the fruit, 10 ripe fruits from each tree were transferred to the laboratory. Time series models were utilized to study the correlation between damage percentage and larval population. The cluster analysis method was used to classify cultivars and genotypes based on the tolerance indices. The degree of the effect of different fruit characteristics on the tolerance level was investigated by calculating the correlation coefficient using the IBM® SPSS 27.0.1 IF026 software.

Results and Discussion

The damaging population of the pest started its activity from the second half of May and gradually the density of the active larvae population on the plum fruit increased. The maximum effective day-larva index in the studied years was in late July to early August. Although this pattern had the same trend in most of the studied cultivars, differences were also observed in some of them. So that in Anjelo, Gholaman, Kh-Kermanshah and Zojelo cultivars the maximum activity of pest larvae was happened with a little delay, in late August to early September, while in some cultivars such as Kermanshah it happened earlier than other cultivars, in late June. In three years of study, Ghalo and Sosormi cultivars have, respectively, the maximum and minimum values of the cross correlation coefficient between the percentage of damage and the population of harmful larvae. Genotypes with toletrance reactions included Gholaman, Faryar, G-Black, Zojelo, Gallo, G-100, Qomi, G98, G99, Mortini, Black Amber and Kermanshah. Among the investigated characters, fruit surface area, sphericity index, average diameter of fruit engineering, fruit size index, fruit length, and fruit width had a positive and significant correlation with tolerance indices. The important point is the extent that defensive traits provide sustainable pest control. Adaptation and selection of defense traits with different types of pests to optimize the breeding process of tolerant cultivars depends on the nature of the damage caused by the pest, whether it is direct feeding damage, visual spoilage, or whether the pest is a disease carrier. Focusing on specific traits that make plants resistant to pests is vital for the development of pest-tolerant fruit tree germplasm.

Conclusion

In general, the germplasms of Queen Rosa and Angelo were the most sensitive, and Qomi, Gholaman, Faryar, G-Black, Zoglu, Gallo, G-100, G98, G99, Moretini, Black Amber and Kermanshah were the most tolerant cultivars to plum moth. An advantage of using tolerant cultivars as part of integrated pest management is ecological compatibility with other control tactics. One of the most important tasks for breeders is to find and use the natural diversity of plant defense characters and transfer them to future cultivars to improve the inherent resistance of horticultural products, including plum, against pests. The results of this research are also a part of the breeding program of plum cultivars to develop the cultivation of this product in the country.

انتشارات دانشگاه تهران

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۴، شماره ۴

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

غربالگری تحمل ارقام آلو نسبت به شب‌پره آلو *Grapholita funebrana* (Treitschke)

مسعود لطیفیان[۱] ✉ | محی الدین پیرخضری[۲] | راضیه قائمی[۳]

۱. نویسنده مسئول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، کرج،ایران. رایانامه: masoud_latifian@yahoo.com

۲. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، کرج،ایران. رایانامه: pirkhezri50mohi@gmail.com

۳. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی، بخش تحقیقات نماتدشناسی، تهران، ایران. رایانامه: razieh.ghaemii@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:

لارو، آسیب، تنش زیستی، دفاع گیاهی.

چکیده

پروانه میوه آلو *Grapholita funebrana* از مهم‌ترین آفات آلو (*Prunus domestica*) می‌باشد. این تحقیق طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ برای غربالگری ۲۶ رقم و ژنوتیپ امید بخش آلو از نظر شاخص تحمل تغذیه لارو شب‌پره آلو انجام شد. درصد آلودگی و تراکم جمعیت لارو آفت در دوره فعالیت آن یعنی در اواسط اردیبهشت ماه آغاز و تا اواخر مهر ماه به فاصله هر ده روز یکبار محاسبه شد. سپس شاخص حساسیت به تنش زیستی محاسبه شد. از مدل‌های سری زمانی برای بررسی همبستگی بین درصد آسیب وتراکم جمعیت لارو و از روش تحلیل خوشه برای تفکیک ارقام و ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص تحمل استفاده شد. درجه تأثیر صفات مختلف میوه بر میزان تحمل با محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن بررسی شد. نتایج نشان داد که حداکثر شاخص لارو – روز مؤثر در سال‌های مطالعه در اواخر تیر تا اوایل مرداد ماه بوده است. مقادیر ضریب همبستگی تقاطعی در ارقام گالو و سوسورمی به ترتیب دارای حداکثر و حداقل مقادیر بود. در نهایت ژرم‌پلاسم‌های کوئین روزا و آنجلو حساس‌ترین و ژرم‌پلاسم‌های قمی، غلامان، فریار، جی– بلک، زوجلو، گالو، جی–۱۰۰، جی ۹۸، جی ۹۹، مورتینی، بلک امبر و کرمانشاه متحمل‌ترین نسبت به شب پره آلو بودند. صفات مساحت سطح میوه، شاخص کروی بودن، قطر متوسط مهندسی میوه، شاخص اندازه میوه، طول و عرض میوه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های تحمل بودند. نتایج این پژوهش بخشی از برنامه اصلاح ارقام آلو جهت توسعه کشت این محصول در کشور می‌باشد.

استناد: لطیفیان، مسعود؛ پیرخضری، محی الدین؛ و قائمی، راضیه (۱۴۰۲). غربالگری تحمل ارقام آلو نسبت به شب¬پره آلو(Treitschke) *Grapholita funebrana*. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۴ (۴)، ۲۰-۳۲۹. DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.354847.2088

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.354847.2088

مقدمه

آلو (*Prunus domestica* L.)، یک میوه هسته‌دار است که از لحاظ رنگ، شکل و اندازه دارای ارقام متفاوتی است که ارزش غذایی فراوانی دارد (Beltrán Sanahuja *et al*., 2021). پروانه میوه آلو *Grapholita funebrana* Treitscheke (Lep: Tortricidae) از مهم‌ترین آفات آلو می‌باشد. لارو این آفت از گوشت میوه تغذیه می‌کند. میوه‌های آفت زده حاوی توده متراکم فضولات سیاه رنگ آن می‌باشد که به شدت از ارزش اقتصادی محصول می‌کاهد (Sarker & Lim, 2019; Timm *et al*., 2008). میزان خسارت و کاهش عملکرد درختان میوه ناشی از فعالیت این آفت ۷۰-۳۰ درصد گزارش شده است (Lu *et al*., 2012). حشرات کامل از اواخر اردیبهشت تا خرداد فعال هستند. در نسل اول ماده‌ها به صورت تکی روی میوه‌ها تخم می‌گذارند. نسل دوم ماده‌ها در نزدیکی پایه میوه در حال رسیدن تخم می‌گذارند. لارو به داخل میوه تونل زده و داخل آن تغذیه می‌کند (Rauleder, 2002). به دلیل تغییرات اقلیم و گرم شدن کره زمین، افزایش روز افزون پراکنش، میزان خسارت و اهمیت اقتصادی این آفت دور از انتظار نیست (Torriani *et al*., 2010). با توجه به گزارش‌ها مبنی بر مقاومت این آفت نسبت به برخی حشره‌کش‌ها (Kanga *et al*., 2003) و از سویی روشن شدن خطرات استفاده از سموم شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست، به کارگیری روش‌های کم خطر برای کنترل آفت ضروری است (Kumari *et al*., 2022).

پیشینهٔ پژوهش

گیاهان از طریق روش دفاعی پیچیده و پویا که شامل موانع ساختاری، مواد بیوشیمیایی سمی و جذب دشمنان طبیعی است، به حمله گیاهخواران پاسخ می‌دهند (Winkler & Knoche, 2022). روش‌های دفاعی (مستقیم و غیرمستقیم) ممکن است در ساختار گیاه وجود داشته یا پس از آسیب توسط گیاهخواران ایجاد شوند (Abebe, 2021). در طول چند دهه گذشته، پیشرفت قابل توجهی در مطالعه تحمل گیاهان در برابر تنش‌های مختلف زنده و غیر زنده صورت گرفته است (Gonzalez Guzman *et al*., 2022). تحمل به موضوع مهمی در زیست‌شناسی تکاملی و بوم‌شناختی تبدیل شده است (González-Tokman *et al*., 2020)

مقاومت گیاهی به آفات طیف کیفیتی وسیعی را در بر می‌گیرد که از مقاومت کامل، مقاومت جزئی تا تحمل متغیر می‌باشد (Woodcock *et al*., 2019). در این میان تحمل، راهبرد کامل‌تری است زیرا نسبت به سایر روش‌های مقاومت، فشار انتخاب کمی را بر جمعیت آفت تحمیل کرده و زمان ظهور بیوتیپ‌های[1] مقاومت‌شکن طولانی‌تر است (Peterson *et al*., 2017). در سایر شب‌پره‌های هم خانواده شب‌پره آلو، اثر رقم در انتخاب محل تخم‌گذاری در شرایط مزرعه‌ای بر روی *Lobesia botrana* (Schiffermüller & Denis)، *Grapholita molesta* (Busck)، *Eupoecilia ambiguella* (Hübner) و *Cydia pomonella* (L.) ارزیابی شده است (Myers *et al*., 2006; Sharon *et al*., 2009; Wearing, 2016; Pavan *et al*., 2018). تأثیر ویژگی‌های میوه مانند شکل، اندازه، بافت و رنگ بر روی *L. botrana* و *E. ambiguella* مورد مطالعه قرار گرفته است (Markheiser *et al*., 2018). علاوه بر این، تفاوت زمان رشد لارو، باروری، اندازه تخم و قابلیت تفریخ تخم شب‌پره *L. botrana* در ارقام مختلف انگور مورد بررسی قرار گرفته است (Moreau *et al*., 2006; 2007; Thiéry & Moreau, 2006). در مطالعه‌ای مشخص شد که میزان شکار شب‌پره میوه در رقم آلوی استنلی به وسیله تله‌های فرمونی ۷۰ درصد کمتر از سایر ارقام بوده است (Mitrea & Bancă, 2011). در پژوهشی دیگری مشخص شد که کمترین میوه‌های آسیب دیده توسط پروانه میوه آلو (*G. funebrana*) در رقم هرمن بود است (Głowacka & Rozpara, 2014). همچنین، در آزمایش‌هایی مشخص شد که ارقام آلوی امپرس، وریتی، کاچانسکا ناجبولجا و دابروویکا بیشترین و ارقام ولر، واجوکا و استنلی کمترین آلودگی را به شب‌پره آلو داشتند. درصد آلودگی میوه در سال‌های مختلف متفاوت بود و به عملکرد و زمان رسیدن بستگی ندارد (Pluciennik *et al*., 1999). در صورت ارائه ارقام متحمل آلو نسبت به شب‌پره میوه آلو، از هزینه

1Biotypes

باغداران جهت خرید نهاده‌های کنترل آفات کاسته شده و بر میزان عملکرد در واحد سطح افزوده خواهد شد. از این رو، معرفی ارقام متحمل آلو نسبت به شب‌پره آلو گامی مهم و ضروری در راستای مدیریت مناسب این آفت در کشور می‌باشد.

روش‌شناسی پژوهش

مکان و زمان اجرای پژوهش

این پژوهش در باغ کلکسیون ذخایر توارثی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری واقع در شهر کمالشهر کرج طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ انجام شد. این ایستگاه با ارتفاع متوسط ۱۳۵۰متر از سطح دریا، در فاصله ۴۸ کیلومتری غرب تهران قرار دارد. طول جغرافیایی این منطقه برابر ۵۱ درجه و۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی است. اقلیم این ایستگاه در فصول سرد سال متأثر از سامانه‌های شمالی، شمال غربی و غربی به ویژه جنوب غربی بوده و ریزش‌های آن متأثر از فعالیت این سامانه‌ها می‌باشد. بارندگی‌های این منطقه از ماه‌های آبان و آذر آغاز و تا اواسط اردیبهشت ماه ادامه می‌یابد.

ژرم پلاسم مورد آزمایش

برای انجام این پژوهش از ۲۶ رقم و ژنوتیپ امید بخش آلو با نام‌های خ-مشهد، سوسورمی، جی بلک، جی ۹۸، مورتینی، آنجلو، سنقرآبادی، قمی، کرمانشاه، بلک امبر، جی ۹۹، ژنوتیپ ۱۹، فریار، زرد کردستان، بلک استار، گالو، بخارا، کوئین روزا، لارودا، جی آر رضائیه، غلامان، زوجلو، ارومیه ۲۰، سانتارزا، جی ملایر و جی ۱۰۰ استفاده شد.

برآورد آسیب آفت و جمعیت مؤثر آسیب‌زای آفت

برآورد درصد آلودگی به کرم آلو در اوج فعالیت آن یعنی در اواسط اردیبهشت ماه آغاز شده و تا اواخر مهر ماه به فاصله هر ده روز یکبار انجام شد. از هر رقم/ژنوتیپ بطور تصادفی چهار درخت انتخاب و از هر درخت چهار جهت جنوب، شمال، شرق و غرب در نظر گرفته شده و ۲۰ عدد میوه به صورت تصادفی انتخاب شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. میوه‌ها برش داده شده و بر اساس وجود یا عدم وجود لارو یا آثار باقی‌مانده از آن، تعداد میوه‌های سالم و آلوده شمارش شد. شرط آلوده بودن میوه داشتن حداقل یک سوراخ ورودی لارو آفت روی گلگاه است. درصد آسیب شامل نسبت میوه‌های آلوده به غیر آلوده بوده که هیچ علامتی از لارو روی گلگاه میوه ندارند.

تعداد لاروهای فعال درون میوه‌ها به صورت جداگانه شمارش شدند. برای مشخص شدن جمعیت مؤثر لارو در فواصل نمونه‌برداری که بیانگر ارتباط متقابل تراکم جمعیت با آسیب وارده به میوه است، تعداد لارو با تعداد روزی که میوه آلو در معرض جمعیت لارو قرار دارد، به صورت پارامتری تحت عنوان لارو- روز مؤثر محاسبه شد (رابطه ۱) (Machlitt,[2] 1998).

$$Ld = \frac{A(i-1) - Ai}{2} \times t$$ رابطه ۱)

در این رابطه A(i-1) و Ai به ترتیب تعداد لارو در نمونه‌برداری قبلی و فعلی و t فاصله بین دو نمونه‌برداری می‌باشند.

برآورد شاخص‌های تحمل ارقام

پس از برآورد درصد آسیب و جمعیت مؤثر آسیب‌زای لارو (لارو- روز مؤثر)، متوسط آسیب وارده توسط واحد جمعیت مؤثر آفت برای هر رقم با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه شد.

---

1 Calyx
2 Ld=Effective Larval Day
3 Population Unit Injury=PUI

$$PUI_i = \frac{\%\ Injury_i}{Ld_i}$$ رابطه ۲)

$$\overline{PUI} = \frac{\sum_i^n PUI_i}{n}$$ رابطه ۳)

در این روابط PUI_i، $\overline{PUI}$ و n به ترتیب عبارتند از: آسیب وارده توسط واحد جمعیت مؤثر آفت در هر نمونه‌برداری، متوسط آسیب واحده توسط واحد جمعیت آفت در طی فصل نمونه‌برداری و تعداد دفعات نمونه‌برداری در طی فصل. سپس شاخص حساسیت به تنش زیستی (Fischer & Maurer, 1978; Hossain *et al*., 1990) با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$SSI = \frac{1 - (\frac{\sum PUI_c}{\sum PUI_t})}{1 - (\frac{\overline{PUI_c}}{\overline{PUI_t}})}$$ رابطه ۴)

در این رابطه PUIc، PUI_t، $\overline{PUI_c}$ و $\overline{PUI_t}$ به ترتیب مجموع آسیب وارده توسط واحد جمعیت آفات در هر رقم، در کل ارقام، متوسط هر رقم و متوسط کل ارقام می‌باشد. با استفاده از تغییرات فصلی درصد آلودگی، ابتدا مقدار درصد میزبان غیرآلوده در هر رقم/ژنوتیپ و متوسط ارقام شاخص تحمل تنش محاسبه شد (روابط ۴، ۵، ۶ و ۷) (Farshadfar *et al*., 2013).

Y_s=100-%injury رابطه ۴)

$$Y_p = \sum_n^i Y_s$$ رابطه ۵)

$$\overline{Y_p} = Y_p/n$$ رابطه ۶)

$$STI = \frac{Y_p}{\overline{Y_p}^2}$$ رابطه ۷)

در این رابطه‌ها Ys، Yp و $\overline{Y_p}$ به ترتیب درصد میزبان سالم در رقم/ ژنوتیپ، مقدار کل سالم در ارقام و ژنوتیپ‌ها و میانگین میزبان سالم در کل ارقام و ژنوتیپ‌ها بود.

شاخص تحمل با استفاده از رابطه ۸ محاسبهٔ شد. در این رابطه نیز Y_s وY_p مشابه رابطه قبل تعریف شده است (Khayatnezhad & Gholamin, 2020).

$$TI = \sum Y_p - Y_s$$ رابطه ۸)

شاخص شدت آلودگی (DI) در هر مرحله‌ی نمونه‌برداری با رابطه ۹ محاسبه شد. این شاخص به عنوان یک شاخص جامع برای ارزیابی شدت تحمل در هر رقم/ژنوتیپ استفاده گردید (Cai *et al*., 2007).

$$DI = \frac{\sum(\text{رتبه استاندارد} \times \text{تعداد میوه های آلوده در هررتبه})}{\text{تعداد کل میوه آلوده در هر نمونه} \times \text{حداکثر رتبه در هر نمونه}}$$ رابطه ۹)

صفات کمی و کیفی

پس از رسیدن محصول از هر درخت تعداد ۱۰ عدد میوه جهت بررسی صفات کمی و کیفی به آزمایشگاه منتقل و صفات میوه شامل وزن تر و خشک و درصد ماده خشک (با استفاده ار ترازوی دقیق و آون)، طول، عرض و ضخامت میوه با کولیس دیجیتال برحسب میلی‌متر و نسبت طول به قطر برای هر یک از نمونه‌ها محاسبه شد. شاخص اندازه میوه با

1Strees Suceptibility Index=SSI
2STI=Stress tolerance index
3Torelance Index=TI

استفاده از طول یا عرض اندازه‌گیری و با استفاده از معادله $D_a = \frac{L+W+T}{3}$ محاسبه گردید. قطر متوسط مهندسی میوه با استفاده از رابطه $D_g = \sqrt[3]{L \times W \times T}$، شاخص کروی بودن با استفاده از رابطه $\varphi = \frac{D_g}{L} \times 100$ و مساحت سطح میوه با استفاده از رابطه $S = \pi(D_g)^2$ محاسبه شد. در این روابط ابعاد محوری، یعنی طول L (طولانی‌ترین قطر)، ضخامت T (قطر کوتاه‌تر) و عرض W با استفاده از کولیس ورنیه اندازه‌گیری شده و π معادل ۳/۱۴ بود (Sabzi *et al*., 2022). درصد مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر، اسیدیته به روش تیتراسیون[2]، و اندازه‌گیری pH آب میوه با دستگاه pH متر، سفتی بافت گوشت با دستگاه پنترومتر و زمان رسیدن، یادداشت‌برداری شد(Al-Hooti *et al*., 1997).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

قبل از تجزیه و تحلیل آماری و دسته‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌های آلو در گروه‌های مختلف برای آزمون توزیع نرمال داده‌ها از روش کولموگروف – اسمیرنوف[3] استفاده شد. از مدل‌های سری زمانی برای مطالعه روند همبستگی بین درصد آسیب و جمعیت لارو استفاده شد، با فرض این که روند تغییرات درصد آسیب به میوه تحت تأثیر فرآیند تغییرات فراوانی جمعیت مؤثر لارو باشد. شاخص همبستگی متقاطع برای مقایسه روند تغییرات آسیب در مقابل مسیر جمعیتی لارو در هر رقم/ژنوتیپ استفاده شد. میزان تغییرات همبستگی درصد آسیب با جمعیت مؤثر لارو ممکن است در زمان‌های مختلف در طی فصل متفاوت باشد. اگر روند تغییرات فصلی دو شاخص متفاوت بود، با ماتریس واریانس–کوواریانس مدل‌سازی شده و شاخص همبستگی متقاطع، نرخ تغییرات درصد آسیب در طی زمان بر مبنای جمعیت فعال لارو ارزیابی شد (Li *et al*., 2007). در این پژوهش داده‌های سری‌های زمانی تغییرات فصلی درصد آسیب و جمعیت لارو در ۲۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش آلو برمبنای شاخص همبستگی متقاطع بررسی شد.

تحلیل عاملی به منظور تشخیص عامل‌های مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر واکنش تحمل، بر پایه مجموعه شاخص‌های مشاهده‌پذیر انجام‌شد. ترکیب‌های خطی بدست آمده برای توصیف ویژگی‌های مقاومت و ارتباط آن با شاخص‌های محاسبه شده استفاده شد. ماتریس ضریب‌های همبستگی برای استخراج عامل‌ها بکار برده شد. چرخش عامل‌ها به منظور به حداکثر رساندن رابطه بین شاخص‌ها و عامل‌ها و محاسبه بار عاملی انجام شد (Hamzehzarghani *et al*., 2005).

برای تفکیک ارقام و ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده و نمونه‌هایی دارای واکنش تحمل مشابه، بر اساس یک فاصله اقلیدسی مشخص به گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی شدند (Frades & Matthiesen, 2010). به منظور ارزیابی صحت خوشه‌بندی ژرم‌پلاسم‌های مورد مطالعه، تجزیه و تحلیل تشخیص خطی[5]، تجزیه و تحلیل متمایز عادی، یا تجزیه و تحلیل تابع متمایز، تعمیم تفکیک‌کننده خطی فیشر استفاده شد. تحلیل تشخیص خطی همچنین ارتباط نزدیکی با تجزیه و تحلیل عاملی دارد، زیرا هر دو به دنبال ترکیب‌های خطی متغیرهایی هستند که میزان تحمل ژرم‌پلاسم مورد مطالعه را به بهترین شکل توضیح داده و تفاوت بین کلاس‌های داده‌ها مشخص می‌گردد. به این ترتیب از صحت خوشه‌بندی اطمینان حاصل گردید (Fraley & Raftery, 2002). درجه تأثیر صفات مختلف میوه بر میزان تحمل از طریق تجزیه و تحلیل رابطه همبستگی به کمک نرم افزار IBM®SPSS 27.0.1 IF026 مورد بررسی قرار گرفت (Gogtay and Thatte, 2017).

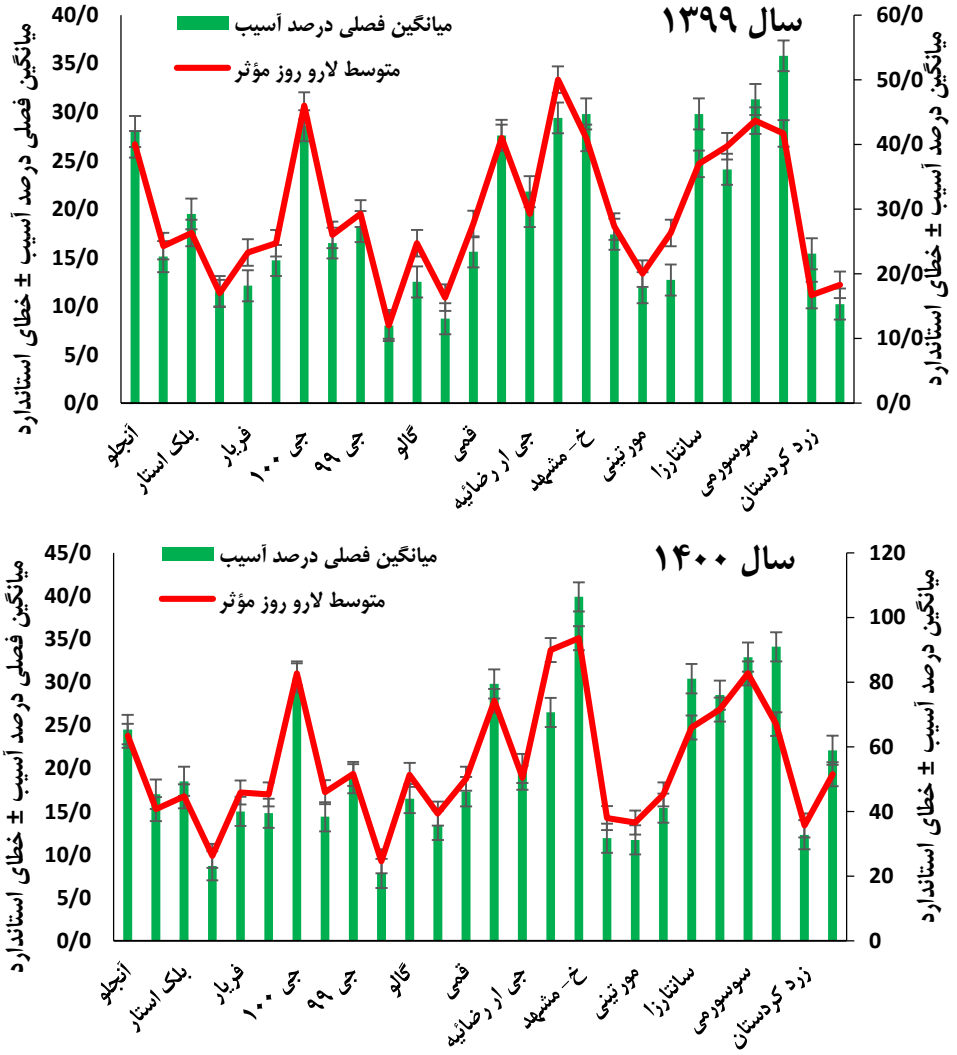
1Total suspended solids=TSS
2Acid–base titration =TA
3Kolmogorov-Smirnov
4CCF= Cross-Correlation Factor
5LDA= Linear Discriminant Analysis
6NDA= Non Destructive Analysis

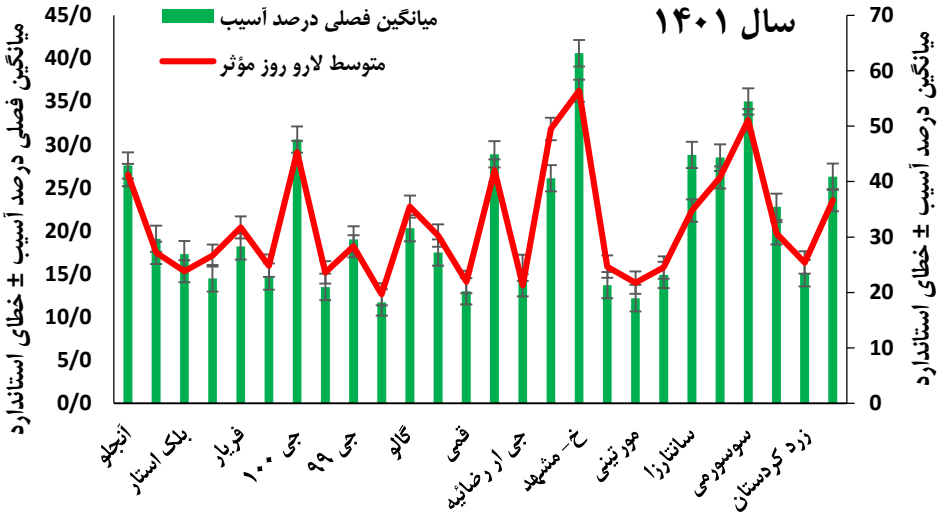
یافته‌های پژوهش

تغییرات فصلی جمعیت لارو (مرحله خسارت‌زای) کرم آلو و آسیب آن

متوسط تغییرات فصلی تراکم آسیب‌زای آفت براساس شاخص لارو- روز مؤثر و درصد آسیب آن در سال‌های ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در شکل 1 نشان داده شده است. جمعیت خسارت‌زای آفت از نیمه دوم اردیبهشت ماه فعالیت خود را آغاز نموده و به تدریج تراکم جمعیت لارو فعال بر روی میوه آلو افزایش می‌یابد. حداکثر شاخص لارو – روز مؤثر در سال‌های مطالعه در اواخر تیر تا اوایل مرداد ماه بوده است. اگر چه این الگو در اکثر ارقام مورد مطالعه روند یکسانی داشته است، اما در برخی از ارقام تفاوت‌هایی نیز مشاهده شد. به طوری که در برخی از ارقام از جمله آنجلو، غلامان، کرمانشاه و زوجلو با کمی تأخیر و در اواخر مرداد تا اوایل شهریور و در برخی ارقام مانند کرمانشاه زودتر از سایر ارقام و در اواخر خرداد حداکثر فعالیت لارو آفت ثبت شده است.

آسیب کرم آلو به ارقام مختلف نیز از نیمه دوم اریبهشت ماه آغاز شده و تا اوایل مرداد به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که درصد آلودگی در اواسط تیر تا اوایل مرداد ماه به حداکثر می‌رسد. پس از آن به تدریج تا نیمه اول مهر ماه با کمی نوسان روند کاهشی نشان می‌دهد. در برخی از اقام مانند جی ۱۰۰، کرمانشاه و خ- مشهد حداکثر خسارت زودتر از سایر ارقام و از اواسط تا اواخر خرداد ماه بروز می‌کند. در برخی از ارقام مانند جی ملایر و ارومیه ۲۰، درصد آلودگی از اواخر خرداد به حداکثر رسیده و سپس با کمی نوسان تا اواخر فصل در اوج باقی می‌ماند.

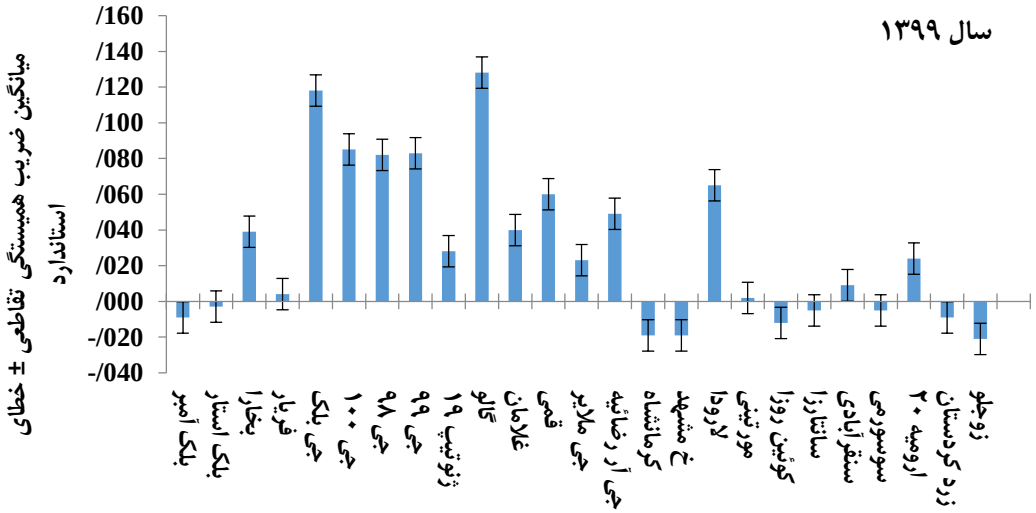


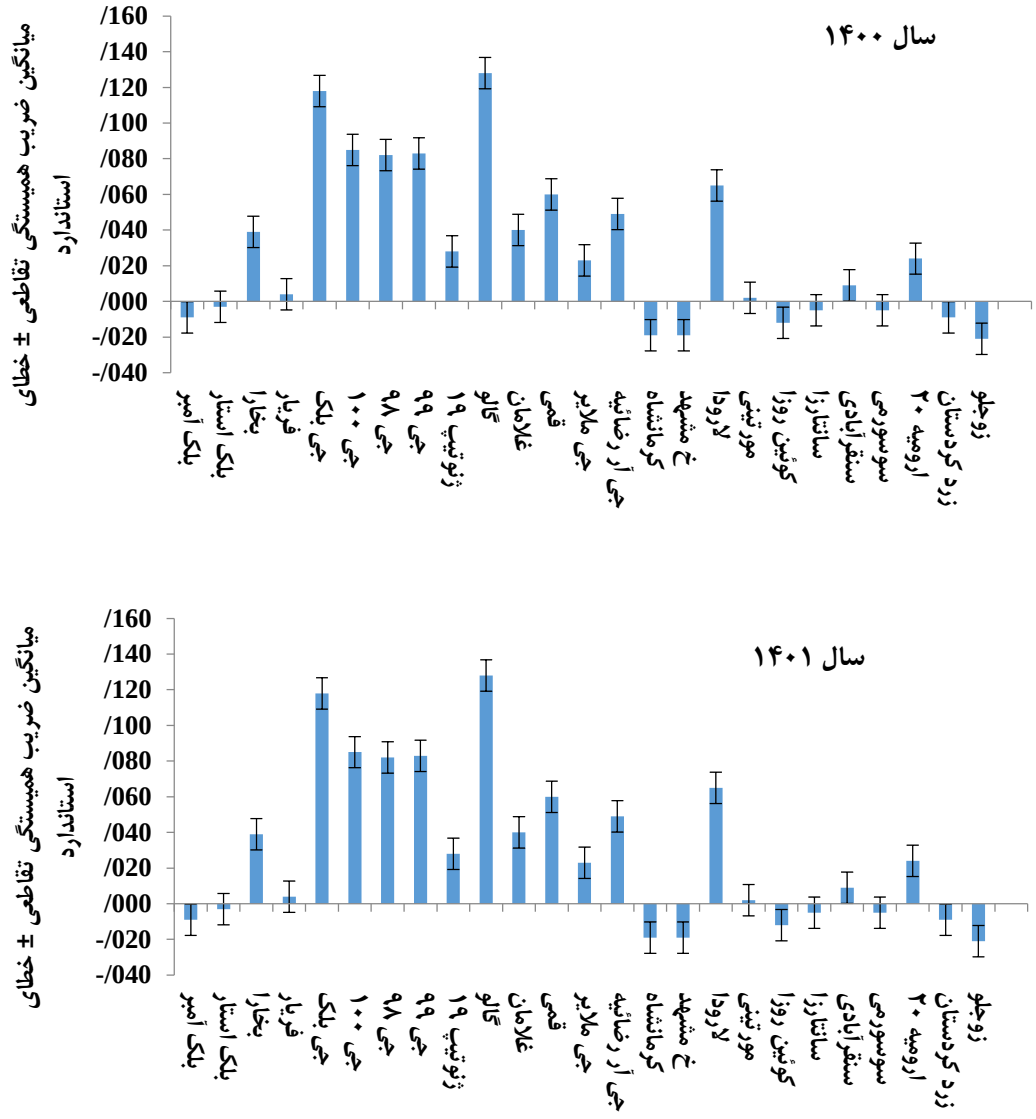


شکل ۱. تغییرات فصلی شاخص لارو- روز مؤثر و درصد آسیب کرم آلو در سال‌های۱۳۹۹ ، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱. (منبع: یافته‌های تحقیق)

بررسی روند همبستگی جمعیت مؤثر آسیب‌زای با درصد آسیب در ارقام مختلف

مقدار همبستگی تقاطعی در ارقام مختلف متفاوت بوده که در سه سال مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است.





شکل ۲. مقادیر همبستگی تقاطعی بین درصد آسیب وجمعیت مؤثر لارو در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف آلو در سال‌های ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و۱۴۰۱ (منبع: یافته‌های تحقیق)

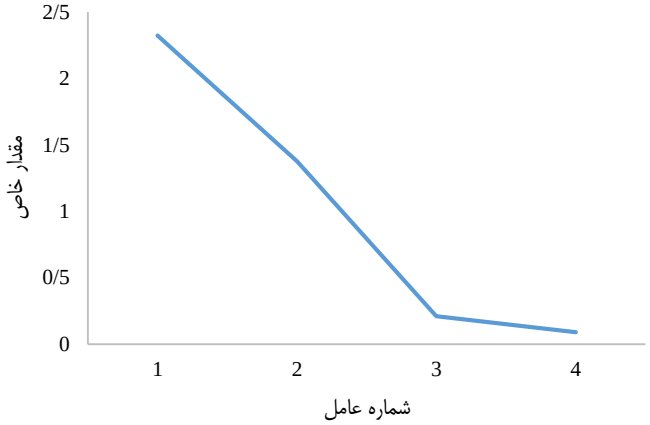
همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، مقادیر ضریب همبستگی تقاطعی در ۲۶ رقم مورد مطالعه متفاوت است. ضرایب همبستگی بالاتر و مثبت نشان دهنده افزایش بیشتر آسیب با تغییرات مقدار شاخص لارو روز مؤثر است. در سه سال مطالعه، رقم گالو و سوسورمی به ترتیب دارای حداکثر و حداقل مقادیر ضریب همبستگی تقاطعی بین درصد آسیب و جمعیت لارو آسیب‌زا بوده اند. تغییراتی که در دوره‌ای کوتاه‌تر از یک دوره کامل نمونه‌برداری در یک سال به صورت تکراری رخ می‌دهد، به تغییرات فصلی معروف است. این تناوب در سال‌های بعد نیز به همین شکل تکرار می‌شود. همانطور که مشخص است دوره تکرار تغییرات فصلی کوتاه‌تر از دوره تکرار برای تغییرات تناوبی در طول دوره نمونه‌برداری بوده و در ارقام/ژنوتیپ‌های مورد مطالعه متفاوت است (شکل ۲). همبستگی متقاطع منفی در ابتدای فصل به معنی قرار گرفتن ارتباط بین جمعیت لارو و درصد آسیب در مرحله تحمل است. هر چه قدرمطلق مقدار این شاخص بزرگ‌تر و دوره قرار گرفتن در این مقطع طولانی‌تر باشد، به معنی طولانی بودن مرحله تحمل و جبران در رقم یا ژنوتیپ مربوطه است. همبستگی مثبت که در اکثر ارقام و ژنوتیپ‌ها در مقطع میانی دوره نمونه‌برداری و بین هفته‌های پنجم و چهاردهم رخ داده است، به معنی قرار گرفتن رقم/ژنوتیپ در مرحله

کاهش خطی است. هر چه قدرمطلق مقدار این شاخص بزرگ‌تر و دوره قرار گرفتن در این مقطع طولانی‌تر باشد به معنی طولانی بودن مرحله کاهش خطی است. همبستگی منفی در منحنی‌های شکل ۲ در انتهای فصل نمونه‌برداری به معنی قرار گرفتن رقم/ژنوتیپ در مرحله حساسیت‌زدایی یا مصونیت ذاتی است. هر چه قدرمطلق مقدار این شاخص بزرگ‌تر و دوره قرار گرفتن در این مقطع طولانی‌تر باشد به معنی طولانی بودن مرحله حساسیت‌زدایی یا مصونیت ذاتی در رقم یا ژنوتیپ مربوطه است.

تغییرات نامعمول بر اثر عوامل تصادفی و غیرقابل پیش‌بینی ایجاد می‌شوند. در چنین شرایطی رشد جمعیت لارو ممکن است اثرات بزرگی در درصد آسیب داشته باشد. در برخی از ژنوتیپ‌ها نظیر جی- بلک، جی- ۹۹ و جی-۱۰۰ در یک مقطع زمانی کوتاه در اواسط دوره نمونه‌برداری مقدار همبستگی متقاطع بالاتر از ۰/۹ بوده و چنین وضعیت نامعمولی می‌تواند در اثر کوتاه بودن دوره جبران یا تحمل در ابتدای فصل به وجود آید.

بررسی میزان تحمل ژنوتیپ‌های آلوی مورد مطالعه نسبت به کرم آلو

در این پژوهش، برای بررسی میزان تحمل ژنوتیپ‌های آلو در برابر شپ‌پره آلو، همزمان از شاخص‌های عدم تحمل تنش زیستی، تحمل تنش و شدت آلودگی استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۳. پلات مؤلفه‌های اصلی در فضای چرخشی (منبع: یافته‌های تحقیق)

براساس رابطه بین شاخص‌ها دو عامل با داشتن ریشه‌های بزرگ‌تر از یک، معنی‌دار بوده و ۹۲/۲۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول و دوم بیشترین تغییرات را نشان دادند و به ترتیب ۵۸/۰۹ و ۱۳/۴۳ درصد از کل تغییرات را برعهده داشتند (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج تجزیه به عامل‌ها به منظور تشخیص عامل‌های مشاهده ناپذیر ترکیبی مؤثر بر واکنش تحمل (منبع: یافته‌های تحقیق)

عامل‌ها	مقادیر ویژه اولیه			مجموع مربعات استخراج شده			مجموع مربعات پس از چرخش		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۲/۳۲	۵۸/۰۹	۵۸/۰۹	۲/۳۲	۵۸/۰۹	۵۸/۰۹	۱/۸۷	۴۶/۷۵	۴۶/۷۵
۲	۱/۳۸	۳۴/۴۳	۹۲/۵۲	۱/۳۸	۳۴/۴۳	۹۲/۵۲	۱/۸۳	۴۵/۷۸	۹۲/۵۲
۳	۰/۲۱	۵/۲۵	۹۷/۷۷						
۴	۰/۰۹	۲/۲۳	۱۰۰/۰۰						

با توجه به دوران عامل‌ها با چرخش واریماکس[1] که واریانس بین عوامل را حداکثر و تفسیر عوامل را ساده‌تر می‌کند، عواملی که درصد بیشتری از تغییرات شاخص‌ها را در بروز تحمل توجیه کنند، مهم‌ترهستند. لذا شاخص‌های مؤثر در هر عامل شناسایی و عوامل براساس مؤثرترین صفات نام‌گذاری شدند (جدول ۲).

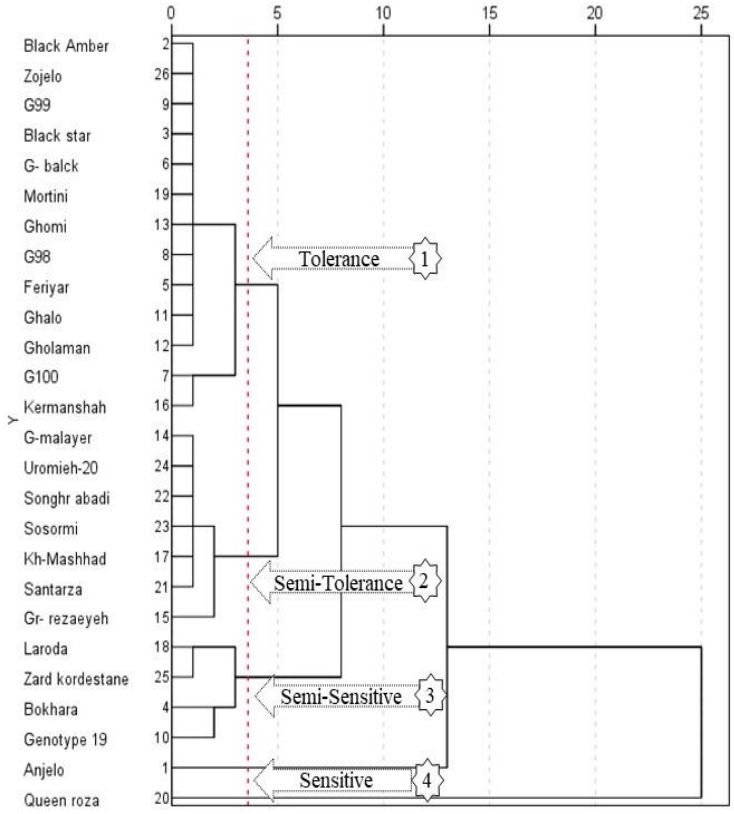
جدول ۲. ریشه‌های تجزیه به عامل‌ها پس از چرخش واریماکس به منظور تشخیص عامل‌های مشاهده ناپذیر ترکیبی مؤثر بر واکنش تحمل (منبع: یافته‌های تحقیق)

شاخص‌ها	عامل‌ها	
	۱	۲
حساسیت به تنش زیستی	−۰/۷۲	−۰/۶۴
تحمل تنش	۰/۸۱	−۰/۵۲
تحمل	۰/۷۷	۰/۵۶
شدت آلودگی	−۰/۷۵	۰/۶۲

در فاکتور اول، شاخص عدم تحمل تنش زیستی و شدت آلودگی مقادیر منفی و بزرگ و شاخص‌های تحمل تنش و تحمل، ضرایب مثبت و بزرگی را در بروز تحمل داشتند. در فاکتور دوم، شاخص‌های عدم تحمل تنش زیستی و تحمل تنش، مقادیر منفی و بزرگ داشته و شاخص تحمل و شدت آلودگی، مقادیر مثبت و بزرگی داشتند.

نمودار دندروگرام خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها و ارقام آلوی مورد مطالعه براساس عوامل مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع تحمل که بر پایه مجموعه شاخص‌های مشاهده پذیر محاسبه شده در شکل ۴ نشان داده شده است. در گروه‌بندی، ۴ دسته مجزا از ارقام/ژنوتیپ‌های آلو تفکیک شدند. میزان ضریب همبستگی کوفنیتیک[2] بین ماتریس فاصله اقلیدسی[3] و ماتریس خروجی حاصل از دندروگرام به دست آمده از تجزیه خوشه‌ای برابر با ۰/۸۹ بود که نشان‌دهنده گروه‌بندی قابل قبول ژرم‌پلاسم آلو از نظر شاخص‌های تحمل بود. توصیف وضعیت شاخص‌های تحمل در ارقام/ژنوتیپ‌های مربوط به هر خوشه در جدول ۳ آورده شده است. در گروه یک، تعداد ۲ ژرم‌پلاسم آلو بنام کوئین روزا و آنجلو قرار دارند. این ژرم‌پلاسم‌ها از نظر رتبه تحمل به شب‌پره آلو بالاترین رتبه را داشته، بنابراین حساس‌ترین ژرم‌پلاسم‌ها نسبت به شب‌پره آلو بودند. متوسط شاخص عدم تحمل تنش زیستی، شاخص تحمل تنش، شدت آلودگی و شاخص تحمل به ترتیب ۲۹/۶۵، ۰/۱۷، ۰/۰۷ و ۵/۰۸- بود. در نهایت مقاوم‌ترین ژرم‌پلاسم‌ها به شب‌پره آلو در گروه چهار قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها/ارقام عبارت بودند از: قمی، غلامان، فریار، جی– بلک، زوجلو، گالو، جی –۱۰۰، قمی، جی ۹۸، جی ۹۹، مورتینی، بلک امبر و کرمانشاه که تعداد آن‌ها ۱۳ ژرم‌پلاسم بود. متوسط شاخص عدم تحمل تنش زیستی، شاخص تحمل تنش، شدت آلودگی و شاخص تحمل به ترتیب ۱۸/۶۴، ۰/۱۷، ۰/۰۸۲ و ۴/۹۲- بود. سایر اطلاعات مربوط به گروه‌های بدست آمده در جدول ۳ درج شده است.

1Varimax rotation
2Cophenetic correlation
3Euclidean distance



شکل ۴. گروه‌بندی ارقم/ژنوتیپ‌های آلو براساس واکنش تحمل نسبت به شب پره آلو(منبع: یافته‌های تحقیق)

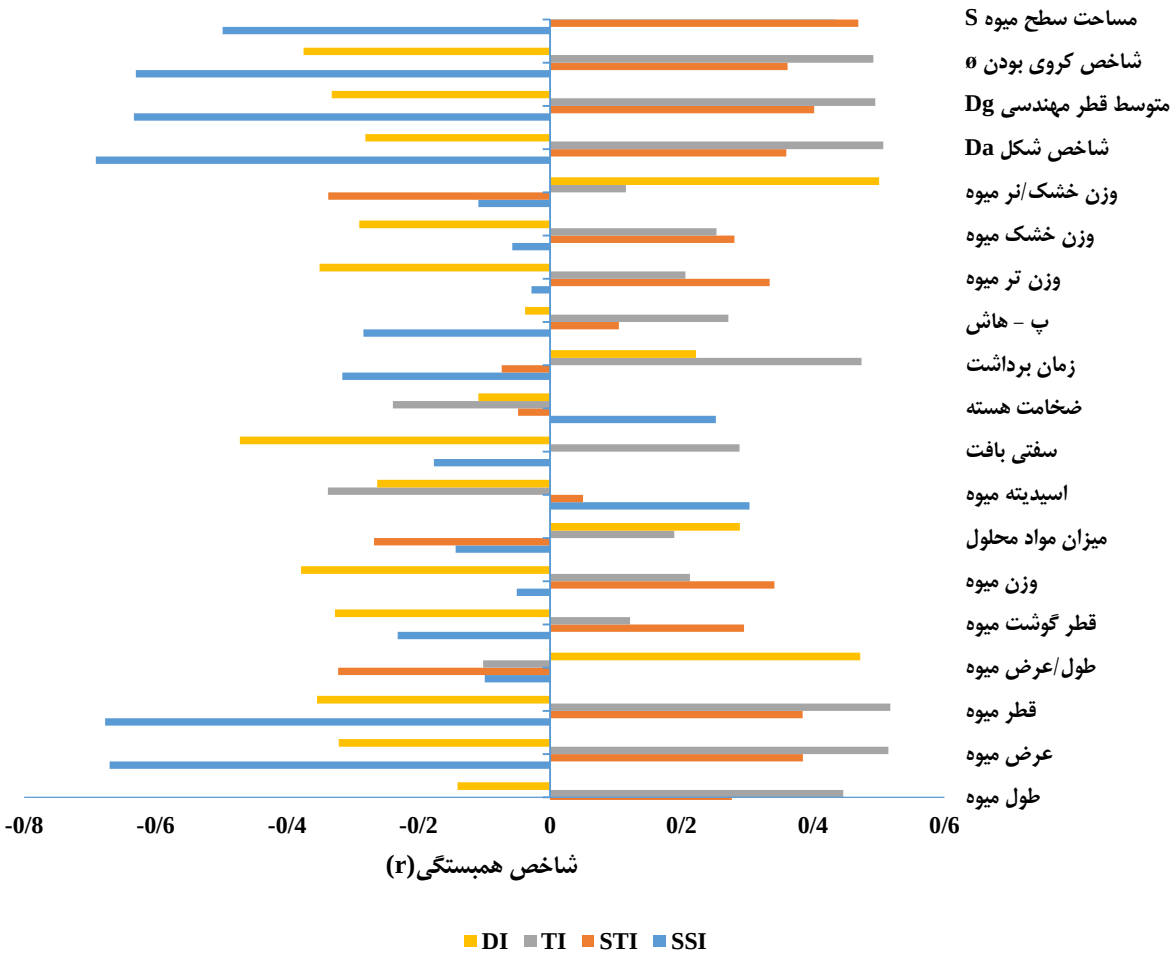
جدول ۳. مشخصات گروه بندی ژرم‌پلاسم آلوی مورد مطالعه براساس واکنش تحمل نسبت به شب‌پره آلو(منبع: یافته‌های تحقیق)

رتبه تحمل/ژرم پلاسم آلو	شاخص‌های تحمل	میانگین	خطای استاندارد	تعدادمعتبر در رتبه	
				بدون وزن	با وزن
رتبه ۱ کرمانشاه، جی ۹۸، جی ۹۹، جی ۱۰۰، غلامان، فریار، جی بلک، زوجلو، گالو، مورتینی، بلک امبر، قمی	حساسیت به تنش زیستی	۱۸/۶۴	۱/۱۲	۱۳	۱۳
	تحمل تنش	۰/۱۷	۰/۰۱	۱۳	۱۳
	شدت آلودگی	۰/۰۸	۰/۰۲	۱۳	۱۳
	تحمل	-۴/۹۲	۰/۰۴	۱۳	۱۳
رتبه ۲ جی- ملایر، ارومیه ۲۰، جی آر-رضائیه، سوسورمی، سانتارزا، سنقرآبادی، خ-کرمانشاه	حساسیت به تنش زیستی	۱۵/۱۵	۱/۰۲	۷	۷
	تحمل تنش	۰/۲۰	۰/۰۱	۷	۷
	شدت آلودگی	۰/۰۴	۰/۰۱	۷	۷
	تحمل	-۴/۷۶	۰/۰۷	۷	۷
رتبه ۳ زرد کردستان، بخارا، ژنوتیپ ۱۹، لارودا	حساسیت به تنش زیستی	۱۴/۰۲	۱/۷۸	۴	۴
	تحمل تنش	۰/۱۶	۰/۰۱	۴	۴
	شدت آلودگی	۰/۱۲	۰/۰۳	۴	۴
	تحمل	-۴/۷۱	۰/۱۲	۴	۴
رتبه ۴ کوئین روزا، آنجلو	حساسیت به تنش زیستی	۲۹/۶۵	۲/۷۰	۲	۲
	تحمل تنش	۰/۱۷	۰/۱۸	۲	۲
	شدت آلودگی	۰/۰۷	۰/۰۴	۲	۲
	تحمل	-۵/۰۸	۰/۴۸	۲	۲

مقایسه دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از تجزیه تابع تشخیص خطی فیشر حاکی از آن بود که معیار وارد توانست ژرم‌پلاسم‌های آلو را با احتمال صحت ۸۶/۱ درصد گروه‌بندی و تفاوت بین ژرم‌پلاسم‌ها را نشان دهد.

ارتباط بین صفات کمی و کیفی میوه با بروز تحمل

درجه تأثیر صفات مختلف میوه بر میزان تحمل از طریق محاسبه ضریب همبستگی به‌دست آمد که نتایج آن در شکل ۵ درج شده است. در میان صفات مورد بررسی شاخص عدم تحمل تنش زیستی با سفتی بافت میوه؛ شاخص عدم ترجیح نیز با طول میوه، عرض میوه، وزن میوه، شکل میوه، قطر مهندسی میوه، شاخص کروی بودن میوه و مساحت سطح میوه؛ شاخص تحمل تنش با اسیدیته میوه، قطر مهندسی میوه و مساحت سطح میوه؛ شاخص شدت آلودگی با صفات طول میوه، عرض میوه، قطر میوه، شاخص شکل میوه، قطر مهندسی میوه، زمان برداشت، شاخص کروی بودن میوه و مساحت سطح میوه و شاخص تحمل با نسبت طول به عرض میوه، سفتی بافت میوه، نسبت وزن خشک به تر و مساحت سطح میوه دارای همبستگی معنی‌دار بودند. بنابراین صفات مورد نظر در بروز تحمل در ژرم پلاسم آلو مؤثر می‌باشند.



شکل ۵. ضرایب همبستگی صفات کمی و کیفی ژرم‌پلاسم آلو با شاخص‌های مقاومت تحمل نسبت به شب پره آلو(منبع: یافته‌های تحقیق)

1- Ward

بحث

یکی از عواملی که به صورت مکرر باعث بروز حساسیت بالای بسیاری از ارقام اصلاح شده نسبت به آفات می‌شود این است که در بسیاری از موارد در طی فرآیند اصلاح ارقام، توجه کافی به بحث تحمل ارقام نشده و به تدریج ارقام اصلاح شده صفات دفاعی خود را در برابر آفات از دست داده‌اند (Whitehead *et al*., 2017). صفات دفاعی که عامل بروز مقاومت هستند معمولاً دارای اثرات منفی بر روی عملکرد هستند، بنابراین در گیاهان اصلاح شده به منظور ارتقاء کمی و کیفی محصول، حذف یا ضعیف شده‌اند. این موضوع چالش اساسی را برای بهبود پایداری تولید محصولات باغبانی ایجاد کرده است، زیرا ارقام اصلاح شده برای توصیه در باغبانی کم نهاده با محدودیت استفاده از آفت کش‌ها، عملکرد ضعیفی خواهند داشت. تحمل نشان دهنده درجه‌ای از مقاومت گیاه است که بدون مصرف آفت‌کش آسیب اقتصادی به گیاه وارد نمی‌گردد (Little *et al*., 2010). تعامل بین دو راهبرد گزینش براساس صفات کیفی و تحمل، امکان گزینش مناسب‌تری را برای اصلاح نژادگر فراهم می‌کند (Whitehead *et al*., 2017).

یک مزیت استفاده از ارقام متحمل به عنوان جزئی از مدیریت تلفیقی آفات، سازگاری بوم‌شناختی با سایر روش‌های کنترل است. ارقام متحمل (ارقامی که میزان آسیب ناشی از آفت با وجود جمعیت کافی از آفت، کمتر از سایر ارقام باشد) با اثرات روش‌های کنترل زیستی و به‌باغی هم افزایی دارد. به عنوان مثال، تحمل با کاربرد حشره‌کش سازگار است، در حالی که با کنترل زیستی سازگاری کمتری دارد. مقاومت تحمل، فقط بر آفت هدف تأثیر می‌گذارد. اغلب اثرات استفاده از ارقام متحمل در طول زمان تجمعی است. معمولاً اثربخشی ارقام متحمل طولانی مدت است (Stout & Alphey & Bonsall, 2018; Davis, 2009). یکی از مهمترین وظایف به نژادگران یافتن و استفاده از تنوع طبیعی صفات دفاعی گیاهان و انتقال آن‌ها به ارقام در دست اصلاح برای بهبود مقاومت ذاتی محصولات باغبانی از جمله آلو در برابر آفات خواهد بود.

پژوهش‌های مقاومت گیاه در برابر گیاه‌خواری حشرات تا حد زیادی بر آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز متمرکز شده است. اگرچه این دو نوع مقاومت ممکن است آسیب و کاهش عملکرد را کاهش دهند، اما از طرف دیگر می‌توانند فشارهای انتخابی را بر روی حشره آفت ایجاد کنند که منجر به ظهور بیوتیپ‌های مقاومت‌شکن می‌شود. اما تحمل یک راهبرد پایدارتر در مدیریت آفات است زیرا فقط شامل پاسخ گیاه است و بنابراین باعث بروز مقاومت در جمعیت آفات هدف نمی‌شود. راهبرد تحمل با وجود ویژگی‌های جذاب آن به خوبی مورد مطالعه قرار نگرفته است (Peterson *et al*., 2017).

پاسخ گیاه به آسیب زیستی به چهار عامل شدت آسیب، زمان آسیب، نوع آسیب، قسمت گیاه آسیب دیده و برهمکنش با عوامل محیطی بستگی دارد (Koch *et al*., 2016). همبستگی متقاطع منفی در ابتدای فصل به معنی قرار گرفتن ارتباط بین جمعیت لارو و درصد آسیب در مرحله تحمل است. هر چه قدرمطلق مقدار این شاخص بزرگ‌تر و دوره قرار گرفتن در این مقطع طولانی‌تر باشد به معنی طولانی بودن مرحله تحمل و جبران در رقم یا ژنوتیپ مربوطه بود. در برخی از ژرم‌پلاسم‌ها نظیر جی- بلک، جی- ۹۹ و جی- ۱۰۰ در یک مقطع زمانی کوتاه در اواسط دوره نمونه‌برداری مقدار همبستگی متقاطع بالاتر از ۰/۹ بوده که می‌تواند ناشی از کوتاه بودن دوره جبران یا تحمل در ابتدای فصل باشد.

ظرفیت تحمل گیاه برای حفظ تناسب اندام خود از طریق رشد و تولید مثل پس از آسیب آفت به عوامل فیزیولوژیکی و بوم‌شناختی متنوعی بستگی دارد (Rosenthal & Kotanen, 1994). تحمل زمانی رخ می‌دهد که صفات گیاهی اثرات منفی خسارت آفت را بر عملکرد محصول کاهش دهند. این شرایط می‌تواند به گیاه اجازه دهد تا با خطر ناشی از آفت سازگاری داشته باشند. یک آفت در رقم حساس دارای آستانه زیان اقتصادی پایین‌تری نسبت به یک رقم متحمل است. به طور کلی، انتخاب یک بستر یا میزبان مناسب برای تخمگذاری از نظر کیفیت تغذیه‌ای و شیمیایی، نقش کلیدی در بقاء و تکمیل مراحل مختلف زندگی بالپولکداران آفت ایفا می‌کند (Joshi *et al*., 2015). علاوه بر این، به نظر می‌رسد حساسیت این گروه از آفات برای

"انتخاب میزبان با کیفیت خوب" در گونه‌های با تغذیه محدود، قوی‌تر از گونه‌های چند میزبانه باشد (Renwick, 1989). این امر به ویژه در مورد گونه‌هایی مانند شب پره آلو که در آنها لاروها وارد میوه می‌شوند و تا مرحله قبل از شفیرگی در داخل میوه باقی می‌مانند از اهمیت بیشتری برخوردار است.

شاخص عدم تحمل تنش زیستی و شدت آلودگی بیشترین تأثیر کاهشی و شاخص‌های تحمل تنش بیشترین تأثیر افزایشی را در بروز مقاومت تحمل در ژرم‌پلاسم آلوی مورد مطالعه نسبت به شب‌پره آلو داشتند. در مجموع ژرم‌پلاسم‌های کوئین روزا و آنجلو حساس‌ترین و ژرم‌پلاسم‌های قمی، غلامان، فریار، جی– بلک، زوجلو، گالو، جی–۱۰۰، جی ۹۸، جی ۹۹، مورتینی، بلک امبر و کرمانشاه متحمل‌ترین نسبت به شب پره آلو بودند.

نکته مهم این است که تا چه حد صفات دفاعی، کنترل بادوام آفات را فراهم می‌کنند. تطبیق و گزینش صفات دفاعی با انواع آفات برای بهینه‌سازی روند اصلاح ارقام متحمل به ماهیت آسیب وارد شده توسط آفت، اعم از آسیب تغذیه مستقیم، فساد بصری یا ناقل بیماری بودن آفت بستگی دارد. تمرکز بر صفات خاصی که در زمینه تحمل گیاه آفات را به وجود می‌آورند، برای توسعه ژرم‌پلاسم متحمل درختان میوه نسبت به آفات، حیاتی است. برخی از صفات گیاهی که در انتخاب گیاه توسط گیاهخواران مؤثر هستند، برای عملکردهای بوم‌شناختی تحمل آسیب ناشی از تغذیه مؤثر هستند (Javed *et al.*, 2011). این صفات در دفاع گیاهی یا ایجاد حساسیت اثرگذار هستند. اکثر صفات میوه ثبت شده در مطالعه حاضر دارای تفاوت‌های قابل توجهی در میان میوه‌های ژنوتیپ‌های آلو مورد مطالعه بودند. شاخص عدم تحمل تنش زیستی با سفتی بافت میوه؛ شاخص عدم ترجیح نیز با طول میوه، عرض میوه، وزن میوه، شکل میوه، قطر مهندسی میوه، شاخص کروی بودن میوه و مساحت سطح میوه؛ شاخص تحمل تنش با اسیدیته میوه، قطر مهندسی میوه و مساحت سطح میوه؛ شاخص شدت آلودگی با صفات طول میوه، عرض میوه، قطر میوه، شاخص شکل میوه، قطر مهندسی میوه، زمان برداشت، شاخص کروی بودن میوه و مساحت سطح میوه و شاخص تحمل با نسبت طول به عرض میوه، سفتی بافت میوه، نسبت وزن خشک به تر و مساحت سطح میوه دارای همبستگی معنی‌دار بودند. بنابراین صفات مورد نظر در بروز تحمل در ژرم‌پلاسم آلو مؤثر می‌باشند. ترکیبی از صفت‌های میوه مانند درصد مواد جامد محلـول و اسیدیته در ترجیح میزبانی مؤثر نیستند اما به متناسب ساختن میوه برای ادامه فعالیت و تغذیه لارو کمک می‌کنند و در میزان تحمل ژرم‌پلاسم‌های آلو نسبت به شب پره آلو مؤثرتر بوده‌اند. صفاتی مانند قطرمهندسی، مساحت سطح، طول، عرض و قطر میوه که با ایجاد بستر گسترده‌تری برای محل تخم‌گذاری و فضای بیشتری برای تغذیه و زیست لارو آفت همراه بوده‌اند، در کاهش تحمل تأثیر بیشتری داشته‌اند.

قسمتی از تفاوت‌های قابل توجه بین ژنوتیپ‌ها در تحمل شب پره آلو مربوط به تفاوت در زمان رسیدگی و فنولوژی میوه است، زیرا زمان رسیدن ارقام دیرس در نیمه دوم شهریور و بیش از ۲ ماه پس از ژنوتیپ‌های زودرس رخ می‌دهد. از سوی دیگر، تفاوت در سطح آلودگی بین ژنوتیپ‌ها از تاریخ اولین نمونه‌برداری تا برداشت مشاهده شد. بنابراین، فنولوژی میوه و تفاوت آن در ژنوتیپ‌های مختلف مورد مطالعه در میزان تحمل شب پره آلو بسیار تأثیر گذار بود. در مطالعات مشابه‌ای مشخص شده است که صفات شکل‌شناسی گیاه میزبان می‌توانند رفتارهای زیستی و بوم‌شناختی گیاهخواران را تغییر داده و منجر به بروز تحمل گردند (Mulwa *et al.*, 2023). تغییرات برخی از صفات گیاهی ممکن است در تقابل با عملکرد اقتصادی محصول باشد. بنابراین برآیند عملکرد یک صفت در بروز تحمل و سایر شاخص‌های عملکردی گیاه را می‌بایست مدنظر قرار داد (Karmakar *et al.*, 2021).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش در واقع گام اول در یک برنامه به‌نژادی ژرم پلاسم آلو در جهت دستیابی به ارقام مقاوم به شب پره آلو بود. گزینش اغلب صفات کیفی میوه ژنوتیپ‌ها بدون این که به اثرات آن گزینش در تغییر ترجیح میزبانی یا میزان تحمل ژنوتیپ‌ها

1Oligophagous

برای خسارت آفات دقت کافی شود، منجر به تشدید استفاده از آفت‌کش‌ها در آینده می‌گردد .نتایج این پژوهش به عنوان بخشی از اطلاعات مکمل برای انتخاب ارقام آلوی مناسب توسعه کشت این محصول در کشور به دلایل ذکر شده از اهمیت زیادی برخوردار است. این مطالعه دانش مفیدی در مورد حساسیت ارقام/ژنوتیپ‌های آلو نسبت به *G. funebrana* ارائه نمود. اطلاعات گزارش‌شده در این پژوهش برای بهبود راهبردهای مدیریت تلفیقی آفات هم در باغ‌های معمولی و هم در باغ‌های ارگانیک آلو مفید است، زیرا استفاده از ارقام متحمل، نیاز به تیمارهای حشره‌کش را کاهش، توسعه مقاومت به آفت‌کش و اثرات جانبی مضر بر گونه‌های مفید را محدود می‌کند. استفاده از ارقام خیلی مقاوم از یک سو سرعت پیدایش بیوتیپ‌های مقاومت شکن را افزایش داده و از سوی دیگر میزان مقاومت آفت به آفت‌کش‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، انتخاب دقیق سطح تحمل و چگونگی تلفیق رقم متحمل با سایر روش‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. انجام مطالعات دقیق و تکمیلی به منظور دستیابی به اطلاعات لازم در کاربرد منطقی ارقام متحمل آلو در تحقیقات آینده ضروری است. در حالی که تحمل تنش‌های زیستی توجه خاصی را در مطالعات مقاومت گیاهی به خود جلب کرده است، نیاز به بررسی واکنش متقابل گیاهان و حشرات در پاسخ به تغییرات آب و هوایی برای استفاده از راهبرد تحمل برای حفظ عملکرد محصول در آینده نیاز به مطالعات بیشتری دارد. علاوه بر این، دخالت هورمون‌های گیاهی در تأثیرگذاری بر بروز واکنش متحمل نیز ناشناخته بوده و نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

REFERENCES

Abebe, W. (2021). Review on plant defense mechanisms against insect pests. *International Journal of novel research in interdisciplinary studies*, 8, 15-39.

Al-Hooti, S., Sidhu, J. S., & Qabazard, H. (1997). Physicochemical characteristics of five date fruit cultivars grown in the United Arab Emirates. *Plant Foods for Human Nutrition*, 50(2), 101-113.

Alphey, N. & Bonsall, M. B. (2018). Genetics based methods for agricultural insect pest management. *Agricultural and forest entomology*, 20(2), 131-140.

Beltrán Sanahuja, A., Maestre Pérez, S. E., Grané Teruel, N., Valdés García, A. & Prats Moya, M. S. (2021). Variability of chemical profile in almonds (*Prunus dulcis*) of different cultivars and origins. *Foods*, 10(1), 153.

Cai, C. J., Ma, Z. H., Wang, H. G., Zhang, Y. P. & Huang, W. J. (2007). Comparison research of hyperspectral properties between near-ground and high altitude of wheat stripe rust. *Acta Phytopathologica Sinica*, 37(1), 77-82.

Farshadfar, E., Poursiahbidi, M. M. & Safavi, S. M. (2013). Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/tolerance indices. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(2), 143-158.

Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 897-912.

Frades, I. & Matthiesen, R. (2010). Overview on techniques in cluster analysis. *Bioinformatics methods in clinical research*, 81-107.

Fraley, C. & Raftery, A. E. (2002). Model-based clustering, discriminant analysis, and density estimation. *Journal of the American statistical Association*, 97(458), 611-631.

Głowacka, A, & Rozpara, E. (2014). Growth, yielding and fruit quality of four plum (*Prunus domestica* L.) cultivars under organic orchard conditions. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 59(3).

Gogtay, N. J. & Thatte, U. M. (2017). Principles of correlation analysis. *Journal of the Association of Physicians of India*, 65(3), 78-81.

Gonzalez Guzman, M., Cellini, F., Fotopoulos, V., Balestrini, R. & Arbona, V. (2022). New approaches to improve crop tolerance to biotic and abiotic stresses. *Physiologia Plantarum*, 174(1), e13547.

González-Tokman, D., Córdoba-Aguilar, A., Dáttilo, W., Lira-Noriega, A., Sánchez-Guillén, R. A, & Villalobos, F. (2020). Insect responses to heat: physiological mechanisms, evolution and ecological implications in a warming world. *Biological Reviews*, 95(3), 802-821.

Hamzehzarghani, H., Kushalappa, A. C., Dion, Y., Rioux, S., Comeau, A., Yaylayan, V., ... & Mather, D. E. (2005). Metabolic profiling and factor analysis to discriminate quantitative resistance in wheat cultivars against fusarium head blight. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 66(4), 119-133.

Hossain, A. B. S., Sears, R. G., Cox, T. S. & Paulsen, G. M. (1990). Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Science*, 30(3), 622-627.

Javed, H., Mohsin, A., Aslam, M., Naeem, M., Amjad, M. & Mahmood, T. (2011). Relationship between morphological characters of different aubergine cultivars and fruit infestation by *Leucinodes orbonalis* Guenee. *Pakistan Journal of Botany*, 43(4), 2023-2028.

Joshi, N.K., Rajotte, E.G., Myers, C.T., Krawczyk, G. & Hull, L.A. (2015). Development of a susceptibility index of apple cultivars for codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) oviposition. *Frontiers in Plant Science*, 6, 992.

Kanga, L. H., Pree, D. J., Van Lier, J. L., & Walker, G. M. (2003). Management of insecticide resistance in oriental fruit moth (Grapholita molesta; Lepidoptera: Tortricidae) populations from Ontario. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 59(8), 921-927.

Karmakar, P., Pal, S., & Chakraborty, G. (2021). Effects of cabbage cultivars on the food consumption and utilization parameters of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *International Journal of Tropical Insect Science*, 1-10.

Khayatnezhad, M. & Gholamin, R. (2020). A modern equation for determining the dry-spell resistance of crops to identify suitable seeds for the breeding program using modified stress tolerance index (MSTI). *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 13(4), 2114-2117.

Koch, K. G., Chapman, K., Louis, J., Heng-Moss, T., & Sarath, G. (2016). Plant tolerance: a unique approach to control hemipteran pests**.** *Frontiers in plant science*, 7, 1363**.**

Kumari, P., Jasrotia, P., Kumar, D., Kashyap, P. L., Kumar, S., Mishra, C. N., Kumar, S. & Singh, G. P. (2022). Biotechnological approaches for host plant resistance to insect pests. *Frontiers in Genetics*, 13, 914029.

Li, H., Futch, S. H. & Syvertsen, J. P. (2007). Cross-correlation patterns of air and soil temperatures, rainfall and *Diaprepes abbreviatus* root weevil in citrus. *Pest Management Science:* formerly *Pesticide Science*, 63(11), 1116-1123.

Little T.J., Shuker D.M., Colegrave N., Day, T. & Graham, A. L. (2010). The coevolution of virulence: tolerance in perspective. *PLoS Pathogens*, 6: e1001006.

Lu, P.F., Huang, L.Q. & Wang, C.Z. (2012). Identification and field evaluation of pear fruit volatiles attractive to the oriental fruit moth, *Cydia molesta Journal of Chemical Ecology*, 38, 1003–1016.

Machlitt, D .(1998). Persea mite on avocados: quick field counting method. *Subtropical Fruit*, 6, 1–4.

Markheiser, A., Rid, M., Biancu, S., Gross, J. & Hoffmann, C. (2018). Physical factors influencing the oviposition behaviour of European grapevine moths *Lobesia botrana* and *Eupoecilia ambiguella*. *Journal of Applied Entomology*, 142, 201–210.

Mitrea, I. & Bancă, G. (2011). Behavior of some plum varieties to the attack of the plum moth *Grapholitha funebrana* Tr. *Lucrări Științifice-Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București*. Seria B, *Horticultură* ,55, 410-413.

Moreau, J., Benrey, B. & Thiery, D. (2006). Grape variety affects larval performance and also female reproductive performance of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research*,. 96, 205–212.

Moreau, J., Thiéry, D., Troussard, J.P. & Benrey, B. (2007). Grape variety affects female but also male reproductive success in wild European grapevine moths. *Ecological Entomology*, 32, 747–753.

Mulwa, G. K., Kitonyo, O. M. & Nderitu, J. H. (2023). Earliness and crop morphological traits modulate field pest infestation in green gram. *Journal of Economic Entomology*. toac205.

Myers, C.T. Hull, L.A. & Krawczyk, G. (2006). Seasonal and cultivar associated variation in oviposition preference of oriental fruit moth (Lepitoptera: Tortricidae) adults and feeding behavior of neonate larvae in apples. *Journal of Economic Entomology*, 99, 349–358.

Pavan, F., Stefanelli, G., Villani, A. & Cargnus, E. (2018). Influence of grapevine cultivar on the second generations of *Lobesia botrana* and *Eupoecilia ambiguella*. *Insects*, 9, 8.

Peterson, R. K., Varella, A. C. & Higley, L. G. (2017). Tolerance: the forgotten child of plant resistance. PeerJ, 5, e3934.

Pluciennik, Z., Tworkowska, U. & Omiecinska, B. (1999). Preference of plum fruit moth (*Laspeyresia funebrana* Tr.) to some plum cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* (Poland),

Rauleder, H. (2002). Observations on the biology of the plum fruit moth (*Cydia funebrana*). *Gesunde Pflanzen*, 54(8), 241-248.

Renwick, J.A.A. (1989). Chemical ecology of oviposition in phytophagous insects. *Experimentia*, 45, 223–228.

Rosenthal, J. P. & Kotanen, P. M. (1994). Terrestrial plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology & Evolution*, 9(4), 145-148.

Sabzi, S., Nadimi, M., Abbaspour-Gilandeh, Y. & Paliwal, J. (2022). Non-destructive estimation of physicochemical properties and detection of ripeness level of apples using machine vision. *International Journal of Fruit Science*, 22(1), 628-645.

Sarker, S. & Lim, U. T. (2019). Development and fecundity performance of *Grapholita molesta and Grapholita dimorpha* (Lepidoptera: Tortricidae) on different immature fruits. *PLoS One*, 14(5), e0217492.

Sharon, R.; Zahavi, T. Soroker, V. & Harari, A.R. (2009). The effect of grape vine cultivars on *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) population levels. *Journal of Pest Science*, 82, 187–193.

Stout, M. & Davis, J. (2009). Keys to the increased use of host plant resistance in integrated pest management. In Peshin, R. & Dhawan, A. K. *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8992-3_7.

Thiéry, D. & Moreau, J. (2006). Grape cultivar affects larval and female fitness of the European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *IOBC-WPRS Bulleti*,. 29, 131–138.

Timm A.E., warnich L. & H. geerTseMa (2008). Morphological and molecular identication of economically important Tortricidae (Lepidoptera) on deciduous fruit tree crops in South Africa. *African Entomology*, 16, 209-219.

Torriani, M.V., Mazzi, D., Hein, S. & Dorn, S. (2010). Structured populations of the oriental fruit moth in an agricultural ecosystem. *Molecular Ecology*, 19, 2651–2660.

Wearing, C.H. (2016). Distribution characteristics of eggs and neonate larvae of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *International Journal of Insect Science*, 8, IJIS-S38587.

Whitehead, S.R., Turcotte, M.M. & Poveda, K. (2017). Domestication impacts on plant–herbivore interactions: a meta-analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 372, 0160034.

Winkler, A., Athoo, T. & Knoche, M. (2022). Russeting of fruits: Etiology and management. *Horticulturae*, 8(3), 231.

Woodcock, P., Marzano, M. & Quine, C.P. (2019). Key lessons from resistant tree breeding programmes in the Northern Hemisphere. *Annals of Forest Science*, 76, 51.