



مقایسه میزان آلودگی سه رقم پرتقال به مگس میوه مدیترانه‌ای، *Ceratitis capitata* (Dip.: Tephritidae)

زینب السادات بایگان^۱سید علی اصغر فتحی^{۲*}علی گلی زاده^۳جبرائیل رزمجو^۴مهدی حسن پور^۵

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

سیمین امدادی^۶<https://orcid.org/0009-0002-6770-5702><https://orcid.org/0000-0003-2169-3574><https://orcid.org/0000-0002-4003-9343><https://orcid.org/0000-0003-0948-8279><https://orcid.org/0000-0002-5409-428X><https://orcid.org/0000-0002-1885-8596>

۶- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

چکیده: مگس میوه مدیترانه‌ای، *Ceratitis capitata* (Wiedemann)، آفت کلیدی درختان مرکبات در شمال ایران است. در این تحقیق، در باغ آزمایشی تاثیر سه رقم مرکبات (سیاورز، تامسون ناول و خونی) بر فراوانی جمعیت و خسارت مگس میوه مدیترانه‌ای در دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ بررسی شد. همچنین، در آزمایشگاه ترجیح میزبانی حشرات کامل مگس نسبت به میوه‌های سه رقم پرتقال بررسی شد. در ادامه، مقادیر ترکیبات فرار در میوه‌های سه رقم مورد نظر اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش‌های صحرایی نشان داد که تعداد حشرات کامل مگس میوه به ازای تله، تعداد لارو به ازای میوه، و درصد میوه‌های آلوده در رقم خونی در مقایسه با سیاورز کمتر بود. نتایج آزمایش‌های ترجیح میزبانی نشان داد که کمترین و بیشترین تعداد سوراخ تخم‌گذاری و نیز تعداد لارو به ازای میوه به ترتیب روی ارقام خونی و سیاورز مشاهده شد. میوه‌های رقم پرتقال خونی با داشتن مقادیر بالاتر آلفا و بتا پینن (۰/۵ درصد) و لینالول (۰/۴ درصد) در مقایسه با دو رقم دیگر، به احتمال دورکنندگی بیشتری برای تخم‌گذاری مگس‌های ماده داشت. میوه‌های رقم سیاورز با مقادیر کمتر آلفا و بتا پینن (۰/۲ درصد) و لینالول (۰/۱ درصد) به احتمال جلب‌کنندگی بیشتری برای تخم‌گذاری حشرات کامل مگس داشت. این یافته‌ها نشان می‌دهد غلظت ترکیبات فرار میوه‌های سه رقم مورد مطالعه در ترجیح میزبانی *C. capitata* تاثیر دارد. بنابراین، شناسایی رقم‌های حاوی ترکیبات آلی فرار دورکننده برای مگس میوه مدیترانه‌ای می‌تواند در برنامه‌های اصلاح ارقام مرکبات و مدیریت آفت موثر باشد.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۱/۲۸

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۳/۱۲

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فرار، ترجیح میزبانی، خسارت، رقم، مگس میوه مدیترانه‌ای

Citation: Bayegan, Z. A., Fathi, S. A. A., Golizadeh, A., Razmjou, J., Hassanpour, M. & Emdadi, S. (2025). Comparison of the infestation level of three orange cultivars by the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Dip.: Tephritidae). *Plant Pest Research*, 15(1), 53-63. Doi: <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.30404.1634>



*Corresponding author: fathi@uma.ac.ir

مقدمه

مگس میوه مدیترانه‌ای، *Ceratitis capitata* (Wiedemann)، گونه‌ای با پراکنش جهانی است که میوه بیش از ۳۰۰ گونه گیاه میزبان از جمله ارقام مختلف مرکبات را آلوده کرده و خسارت اقتصادی قابل توجهی را به آن‌ها وارد می‌کند (Liquido et al., 1989; Papadopoulos et al., 2001; Bayegan et al., 2025). این آفت قابلیت سازگاری بالایی با شرایط محیطی گوناگون و توانایی گسترش به مناطق معتدل‌تر را دارد (Meats et al., 2007; Birke et al., 2013). برداشت دیر هنگام میوه‌ها می‌تواند منجر به رسیدگی بیش از حد و افزایش غلظت قند و در نتیجه، حساسیت بیشتر آن‌ها به مگس میوه مدیترانه‌ای شود (Umeh et al., 2004). در آلودگی‌های شدید، خسارت ناشی از این آفت می‌تواند منجر به از دست رفتن ۹۰-۷۰ درصد میوه‌ها در باغ‌ها شود (Braham et al., 2007). میزان آلودگی و شدت خسارت ناشی از مگس میوه مدیترانه‌ای در گونه‌ها و ارقام مختلف مرکبات تحت تأثیر ترکیبی از عوامل محیطی منطقه‌ای (Mavrikakis et al., 2000; Segura et al., 2006) و نیز ویژگی‌های ذاتی مقاومت متفاوت گزارش شده است (Rossler & Greany, 1990; Papachristos et al., 2008). به عنوان مثال، شرایط محیطی خاص مانند دما و رطوبت می‌توانند شرایط مناسبی را برای افزایش جمعیت مگس میوه مدیترانه‌ای ایجاد کنند (Segura et al., 2006). برخی از ارقام مرکبات دارای سازوکارهای مقاومت متنوعی هستند که می‌توانند بر میزان زنده‌مانی، زادآوری و طول عمر مگس میوه مدیترانه‌ای تأثیر بگذارند (Aluja & Mangan, 2008). این مکانیسم‌های مقاومت شامل موانع فیزیکی مانند ضخامت بیشتر پوست میوه و دفاع‌های بیوشیمیایی هستند که از تخم‌گذاری مگس یا تغذیه آن از میوه جلوگیری می‌کنند (Papachristos et al., 2009; Staub et al., 2008; Papachristos & Papadopoulos, 2009). اسانس موجود در لایه خارجی پوست پرتقال^۱ و همچنین رنگ میوه ممکن است در انتخاب میزبان مناسب بین ارقام مختلف توسط مگس‌های ماده تأثیر داشته باشد (Levinson et al., 2003). درک این مکانیسم‌ها برای انتخاب ارقام مقاوم به خسارت مگس میوه مدیترانه‌ای، بسیار مهم است. بررسی‌ها نشان داده‌اند که ترکیبات آلی فرار موجود در پوست مرکبات به میزان زیادی در ترجیح نسبی آن‌ها به مگس میوه مدیترانه‌ای و سایر گونه‌های مگس میوه نقش دارند. این ترکیبات می‌توانند با ایجاد واکنش‌های دورکننده یا بازدارنده‌ای رفتار مگس میوه مدیترانه‌ای را تعدیل و توانایی آن را در یافتن میزبان مناسب برای تخم‌گذاری کاهش دهند (Papanastasiou et al., 2017; Visakh et al., 2022; Anastasaki et al., 2023). نتایج یک پژوهش نشان داد که میوه‌های لیمو و نارنج کمتر از سایر میوه‌ها به مگس میوه مدیترانه‌ای آلوده می‌شوند و این کاهش آلودگی به ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها، مانند pH پایین‌تر (لیمو ۲/۳ و نارنج ۲/۷) و اسیدیته بالاتر (لیمو ۲/۳ و نارنج ۴/۱ درصد) نسبت داده شده است (Papachristos et al., 2008). اگرچه اثرات دورکنندگی ترکیبات آلی فرار روی مگس میوه مدیترانه‌ای به خوبی مستند شده‌اند (Rodriguez et al., 2011; Ioannou et al., 2012; Papanastasiou et al., 2020; Anastasaki et al., 2023)، اما سازوکارهای دقیق جلوگیری از تخم‌گذاری آن‌ها همچنان ناشناخته باقی مانده و پژوهش‌های بیشتری برای توضیح کامل رابطه پیچیده بین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی میوه و میزان خسارت این آفت لازم است.

در این مطالعه فرض بر آن است که مگس میوه مدیترانه‌ای، ترجیح خاصی برای برخی از ارقام مرکبات قائل است و این ترجیح احتمالاً تحت تأثیر مقادیر ترکیبات آلی فرار منتشر شده از این میوه‌ها و ویژگی‌های فیزیکی خاص آن‌ها، قرار دارد. لذا، این پژوهش با هدف مقایسه میزان آلودگی میوه‌های سه رقم مرکبات (پرتقال خونی، تامسون و سیاورز) به مگس میوه مدیترانه‌ای در شرایط باغی و آزمایشگاه، انجام شد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های اصلاح ژنتیک و معرفی رقم مقاوم به مگس میوه مدیترانه‌ای و نیز مدیریت این آفت، مورد استفاده قرار گیرد.

^۱. Flavedo

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و تیمارها

این پژوهش در منطقه املش، استان گیلان، با مختصات جغرافیایی عرض $37^{\circ}05'96''$ شمالی و طول $48^{\circ}18'00''$ شرقی و ۴ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. هدف از این تحقیق، ارزیابی مقاومت سه رقم پرتقال، شامل خونی^۱، تامسون ناول^۲ و سیاورز^۳ (یک رقم بومی)، نسبت به آلودگی مگس میوه مدیترانه‌ای بود. درختان متعلق به هر رقم در یک باغ جداگانه با طول عمر ۱۲ سال بودند. در هر باغ، فاصله بین ردیف‌ها ۳ متر و فاصله بین درختان در هر ردیف ۲ متر بود. باغ‌های آزمایشی حدود ۱۰ متر از همدیگر فاصله داشتند. آزمایش‌ها از اواخر مهر تا اواخر آذرماه مصادف با دوره فعالیت و آلودگی میوه‌های مرکبات به مگس میوه مدیترانه‌ای انجام شد.

پایش جمعیت حشرات کامل مگس میوه مدیترانه‌ای روی رقم‌های مرکبات در شرایط باغی

برای پایش جمعیت حشرات کامل مگس میوه، از تله تفری^۴، حاوی جلب‌کننده بیولور^۵ و دارای یک نوار ۵۰۰ میلی گرمی آغشته‌شده به حشره کش دی کلرووس استفاده شد. در هر باغ متعلق به هر رقم، چهار تله پایش در قسمت مرکزی و به فاصله ۵ متر از یکدیگر نصب شدند. بررسی‌ها به صورت هفتگی از ۲۰ مهر تا ۲۵ آذرماه در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد و تعداد حشرات کامل مگس به دام افتاده در آن‌ها شمارش و ثبت شدند. پس از هر نمونه برداری، حشرات کامل مگس از تله‌ها حذف شدند تا دقت شمارش در بازدیدهای بعدی حفظ شود.

ارزیابی میزان آلودگی رقم‌های مرکبات به مگس میوه مدیترانه‌ای در شرایط باغی

نمونه برداری‌ها برای تعیین میزان آلودگی میوه‌های سه رقم مورد مطالعه نسبت به مگس میوه مدیترانه‌ای، از زمان شروع رسیدن میوه‌ها تا تاریخ برداشت (۲۵ مهر تا ۲۰ آذر)، به طور هفتگی انجام شد. در هر تاریخ نمونه برداری، ۱۰ اصله درخت از هر باغ متعلق به هر رقم به صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس، از هر درخت یک شاخه انتخاب شد. از هر شاخه، ده میوه (در مجموع ۱۰۰ عدد) به صورت تصادفی انتخاب و پس از جدا شدن از شاخه، درون پاکت کاغذی به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، میوه‌های نمونه برداری شده به دقت زیر استرئومیکروسکوپ تشریح و آلوده یا سالم بودن آن‌ها و نیز تعداد لاروهای موجود در هر میوه شمارش و درصد میوه‌های آلوده و تعداد لاروها به ازای میوه در سه رقم مورد آزمایش تعیین شد.

ترجیح میزبانی میوه‌های رقم‌های مرکبات به مگس میوه مدیترانه‌ای در آزمایشگاه

در اوایل اردیبهشت ماه ۱۴۰۱، قبل از شروع فعالیت مگس‌های میوه مدیترانه‌ای، حدود ۳۰ عدد میوه از هر رقم در باغ‌های مورد مطالعه درون کیسه‌های کاغذی محصور و از آلودگی آن‌ها به مگس میوه جلوگیری شد. در مرحله رسیدگی میوه‌ها، از آن‌ها برای آزمایش‌های ترجیح میزبانی استفاده شد. آزمایش‌ها درون قفس‌های پلکسی گلاس انجام شد؛ درون هر قفس تعداد ۲۰ عدد میوه سالم از هر رقم به صورت تصادفی روی یک دایره به قطر یک متر چیده شدند. سپس، پنج جفت حشره کامل مگس میوه (۱۰ روزه و بدون تجربه تخم گذاری) که در آزمایشگاه از میوه‌های آلوده جمع آوری شده از باغ‌های مرکبات ظاهر شده بودند، به کمک یک آسپیراتور جمع آوری و درون هر قفس رهاسازی شدند (Lopez et al., 2011; Tabanca et al., 2020; Stappen et al., 2021). میوه‌های داخل قفس به مدت ۲۴ ساعت در معرض حشرات کامل مگس میوه قرار گرفتند. سپس، میوه‌ها از قفس خارج و زیر استرئومیکروسکوپ بررسی و تعداد سوراخ‌های تخم گذاری روی میوه‌های هر رقم شمارش شد. سپس، این میوه‌ها درون ظروف پلاستیکی (۲۰×۲۰×۲۰ سانتی متر) به مدت ۶ روز در اتاقک رشد با شرایط دمایی 27 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 55 ± 5

¹. Blood Orange

². Thomson Navel

³. Siavarz

⁴. Tephri trap

⁵. Biolure

درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی نگهداری شدند تا لاروها ظاهر و درون میوه شروع به تغذیه کنند. در نهایت، میوه‌ها زیر استریومیکروسکوپ شکافته شده و تعداد لاروهای موجود در هر میوه در هر رقم شمارش شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه‌های سه رقم مورد آزمایش

با هدف تعیین پارامترهای موثر در مقاومت ارقام به مگس میوه مدیترانه‌ای، برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی میوه در چهار میوه به طور تصادفی انتخاب شده از سه رقم مورد مطالعه، از جمله میزان قند، pH و ضخامت لایه‌های پوست میوه، اندازه‌گیری شدند. میزان قند میوه با استفاده از بریکس‌متر (Staub et al., 2008) و ضخامت اپی‌کارپ (فلاودو؛ لایه خارجی پوست پرتقال) و مزوکارپ (آلیدو؛ لایه سفید داخلی پوست) با استفاده از کولیس ورنیه اندازه‌گیری شد (Ruiz et al., 2015).

تجزیه ترکیبات آلی فرار میوه‌های سه رقم مورد آزمایش

ترکیبات آلی فرار روی میوه‌های رسیده جمع‌آوری شده از باغ متعلق به هر رقم تجزیه شد تا نقش احتمالی ترکیبات معطر پوست در برهمکنش حشره-میزبان بررسی شود. از هر رقم، دو میوه با حجم مشابه انتخاب و پس از شستشو با آب مقطر، در دمای اتاق خشک شدند. حدود ۳۰۰ گرم از بخش فلاودو با استفاده از اسکالپل جدا شده و تحت تقطیر-آبی در دستگاه کلونجر^۱ در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت قرار گرفت تا روغن‌های ضروری استخراج شوند. روغن‌های استخراج شده با سولفات آمونیوم بی‌آب خشک شده و درون میکروتیوب‌های در بسته در دمای ۱۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. سپس، روغن‌های ضروری با استفاده از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) تجزیه و تحلیل شدند (Papachristos et al., 2009) و به این ترتیب، ترکیبات فرار غالب در روغن‌های ضروری پوست هر رقم شناسایی شدند.

تحلیل آماری

تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ (IBM Corp 2016) انجام شد. داده‌های مربوط به جمعیت حشرات کامل مگس میوه در هر تله، تعداد لاروها درون هر میوه و درصد میوه‌های آلوده در تیمارهای آزمایشی با آزمون یک‌طرفه (one-way ANOVA) تجزیه واریانس شدند و اختلاف بین میانگین تیمارها با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. داده‌های حاصل از آزمون ترجیح میزبانی در آزمایشگاه (تعداد سوراخ‌های تخم‌گذاری روی میوه‌های هر رقم و تعداد لاروهای درون هر میوه) نیز با استفاده از آزمون یک‌طرفه تجزیه واریانس شدند و تفاوت میانگین صفات با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد. همچنین، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی میوه (شامل میزان قند، pH و ضخامت لایه‌های پوست میوه) در سه رقم مورد مطالعه نیز با استفاده از آزمون یک‌طرفه با چهار تکرار تجزیه واریانس شده و میانگین صفات با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

فراوانی جمعیت و درصد آلودگی مگس میوه مدیترانه‌ای در شرایط باغی

نتایج نشان داد که تراکم حشرات کامل مگس میوه در هر تله در رقم خونی در مقایسه با سیاورز در هر دو سال کمتر بود ($F_{2,11} = 29.70; P \leq 0.001$ و $F_{2,11} = 31.0; P \leq 0.001$) (جدول ۱). در هر دو سال، بیشترین میانگین تراکم حشرات کامل مگس میوه در هر تله در رقم سیاورز و کمترین آن مربوط به رقم خونی بود (جدول ۱). همچنین، تراکم لاروهای مگس در میوه در هر دو سال در رقم سیاورز به طور معنی‌داری بیشتر از دو رقم دیگر بود و کمترین تراکم لاروها در رقم تامسون مشاهده شد ($F_{2,29} = 19.31; P \leq 0.001$ و $F_{2,29} = 17.22; P \leq 0.001$ در سال ۱۴۰۱، جدول ۱). همچنین، درصد میوه‌های آلوده در رقم سیاورز نسبت به دو رقم دیگر، افزایش معنی‌داری نشان داد و در بین ارقام مورد مطالعه، کمترین درصد آلودگی در رقم خونی ثبت شد ($F_{2,29} = 18.11; P \leq 0.001$ در سال ۱۴۰۰ و $F_{2,29} = 23.02; P \leq 0.001$ در سال ۱۴۰۱، جدول ۱).

^۱. Clevenger

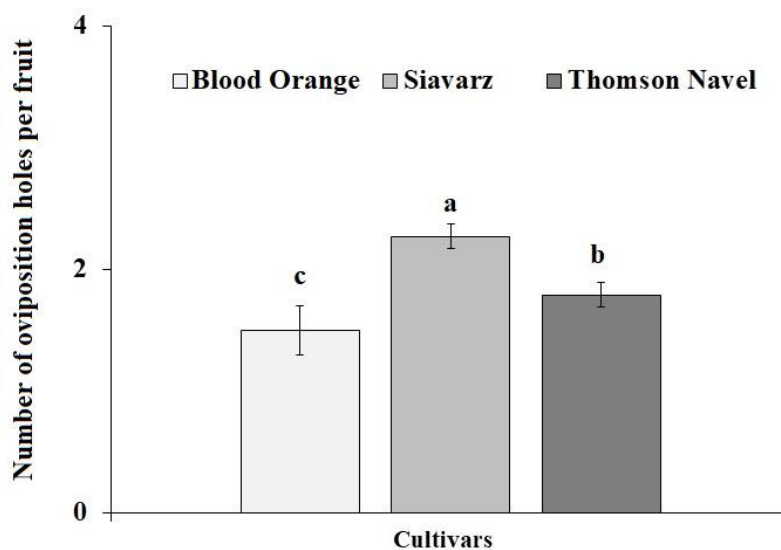
۱). بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش‌ها می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در بین سه رقم پرتقال مورد آزمایش، پرتقال خونی با کمترین میانگین تعداد حشرات کامل در هر تله، تعداد لارو در هر میوه، و درصد میوه‌های آلوده مطلوبیت نسبی کمتری نسبت به مگس میوه مدیترانه‌ای در مقایسه با رقم‌های تامسون ناول و سیاورز داشت. در مقابل، رقم سیاورز با داشتن بیشترین میانگین تعداد حشرات کامل در هر تله، تعداد لارو در هر میوه، و درصد میوه‌های آلوده مطلوبیت نسبی بیشتری نسبت به این مگس داشت. این یافته‌ها با پژوهش‌های قبلی مبنی بر اینکه گونه‌ها و ارقام مختلف مرکبات درجه‌های متفاوتی از آلودگی به مگس میوه مدیترانه‌ای دارند، مطابقت دارد (Leyva et al., 1991; Hennessey et al., 1992; Ruiz et al., 2015).

جدول ۱- میانگین ($\pm$ خطای معیار) تعداد حشرات کامل *Ceratitis capitata* در هر تله، تعداد لارو به ازای هر میوه و درصد میوه‌های آلوده در سه رقم پرتقال مورد آزمایش

Table 1. Mean ($\pm$ SE) of *Ceratitis capitata* adults per trap, larvae per fruit, and the percentage of infested fruits in three tested cultivars of orange

Cultivars	Adult/trap		Larvae/fruit		Percentage of infested fruits	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Thomson Navel	8.12 $\pm$ 0.1 b	7.34 $\pm$ 0.2 b	2.12 $\pm$ 0.2 b	2.1 $\pm$ 0.1 b	4.7 $\pm$ 0.4 a	4.8 $\pm$ 0.3 a
Blood Orange	7.23 $\pm$ 0.1 b	7.21 $\pm$ 0.2 b	2.1 $\pm$ 0.1 b	2.1 $\pm$ 0.2 b	3.8 $\pm$ 0.5 c	3.5 $\pm$ 0.4 c
Siavarz	10.5 $\pm$ 0.2 a	11.85 $\pm$ 0.1 a	2.7 $\pm$ 0.2 a	2.6 $\pm$ 0.1 a	6.71 $\pm$ 0.3 b	3.3 $\pm$ 0.3 b

Means within a column followed by the same letter are not significantly different (Tukey's HSD test; $P > 0.05$).



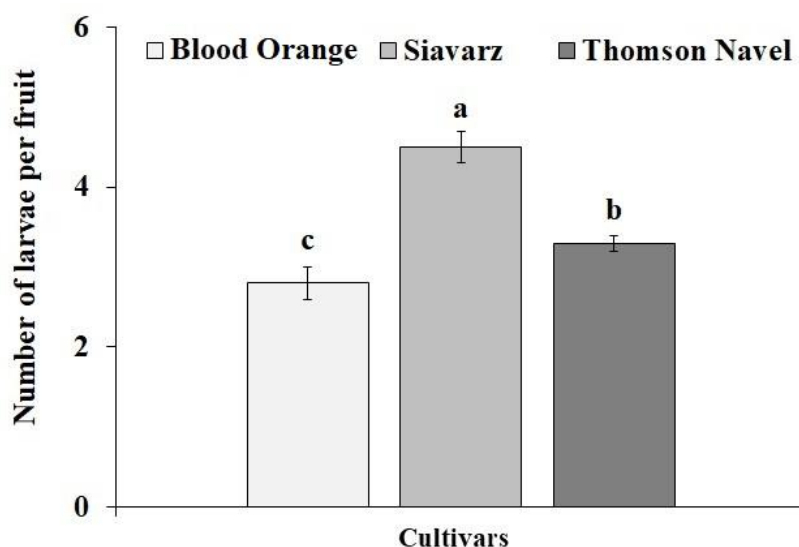
شکل ۱- تعداد سوراخ‌های تخم‌گذاری *Ceratitis capitata* روی میوه‌های سه رقم پرتقال در آزمون ترجیح میزبانی
Figure 1. The number of *Ceratitis capitata* punctures on fruits of three tested cultivars of orange in the host preference test

آزمون ترجیح میزبانی با حق انتخاب^۱

نتایج آزمون ترجیح میزبانی با حق انتخاب در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که کمترین تعداد سوراخ‌های تخم‌گذاری مگس میوه مدیترانه‌ای در رقم خونی (با ۱/۷ سوراخ در هر میوه) و پس از آن در رقم تامسون (با ۱/۹ سوراخ در هر میوه) مشاهده شد و

^۱. Choice test

بیشترین تعداد سوراخ‌های تخم‌گذاری مربوط به رقم سیاورز (با ۲/۲ سوراخ در هر میوه) بود ($F_{2, 59} = 21.5; P \leq 0.001$) (شکل ۱). علاوه بر این، کمترین تعداد لارو در هر میوه در رقم خونی (با ۲/۸ لارو در هر میوه) ثبت شد و رقم تامسون (با ۳/۳ لارو در هر میوه) در رتبه دوم قرار گرفت؛ در مقابل، بیشترین تعداد لارو به رقم سیاورز (با ۴/۶ لارو در هر میوه) اختصاص داشت ($F_{2, 59} = 34.6; P \leq 0.001$) (شکل ۲). این نتایج تأیید کردند که رقم پرتقال خونی با کمترین تعداد سوراخ تخم‌گذاری و تعداد لارو در هر میوه ترجیح نسبی کمتری نسبت به مگس میوه مدیترانه‌ای در مقایسه با دو رقم دیگر دارد. در مقابل، رقم محلی سیاورز با بیشترین تعداد سوراخ تخم‌گذاری و تعداد لارو در هر میوه، بیشترین ترجیح به مگس میوه مدیترانه‌ای را در بین سه رقم مورد آزمایش داشت.



شکل ۲- تعداد لاروهای *Ceratitidis capitata* در هر میوه در سه رقم پرتقال مورد مطالعه در آزمون ترجیح میزبانی

Figure 2. The number of *Ceratitidis capitata* larvae per fruit in three tested cultivars of orange in the host preference test

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه‌ها

میوه‌های رقم سیاورز دارای بالاترین میزان قند (۹/۶ درصد) بودند، در حالی که میزان قند در میوه‌های رقم پرتقال خونی ۷/۲ درصد و تامسون ۵/۹ درصد اندازه‌گیری شد ($F_{2, 11} = 69.8; P \leq 0.001$). مقدار pH در میوه‌های رقم سیاورز بالاترین مقدار (۳/۷۵ درصد) را داشت و پس از آن، میوه‌های رقم خونی با ۳/۵۵ درصد و تامسون ناول با ۲/۹۶ درصد قرار گرفتند ($F_{2, 11} = 37.3; P \leq 0.001$). ضخامت پوست میوه ($F_{2, 11} = 13.5; P = 0.001$)، لایه فلاودو ($F_{2, 11} = 12.1; P = 0.002$) و آلبدو ($F_{2, 11} = 9.6; P = 0.004$) در رقم سیاورز به طور معنی‌داری از رقم‌های خونی و تامسون ناول کمتر بود (جدول ۲). مطالعه حاضر نشان داد که میوه‌های رقم سیاورز با داشتن بیشترین میزان قند، نازک‌ترین پوست، بالاترین pH و نازک‌ترین لایه فلاودو، در مقایسه با پرتقال خونی و تامسون مطلوبیت نسبی بالایی نسبت به مگس میوه مدیترانه‌ای داشتند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه‌ها نقش موثری در میزان آلودگی میوه‌های سه رقم مورد آزمایش نسبت به مگس میوه مدیترانه‌ای دارند. به طور مشابه، رویز و همکاران (Ruiz et al., 2015) گزارش کردند که ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه‌های سه گونه مرکبات (لیمو، پرتقال شیرین و گریپ‌فروت) بر تخم‌گذاری مگس میوه آمریکای جنوبی (*Anastrepha fraterculus* Wiedeman) تأثیر دارد. آن‌ها دریافتند که ضخامت آلبدو در گریپ‌فروت بیشتر از لیمو و پرتقال شیرین بود، که باعث کاهش توانایی لاروها در نفوذ به درون میوه شد. قبری و جما (Ghabbari & Jemâa, 2024) نیز نشان دادند که در میان گونه‌ها و رقم‌های مرکبات (تامسون ناول،

کلماتین^۱، نارنگی، لیمو، پرتقال مالتی^۲ و نارنج)، میوه‌های رقم تامسون ناول و کلماتین در زمان برداشت، مطلوبیت نسبی کمتری نسبت به مگس میوه مدیترانه‌ای داشتند.

جدول ۲- درصد قند، اسیدیته، و ضخامت پوست میوه در سه رقم پرتقال مورد مطالعه

Table 2. Sugar content, pH, and peel thickness in fruits of three cultivars of orange

Cultivars	Sugar (%)	pH	Peel thickness	Flavedo	Albedo
			(mm)	thickness (mm)	thickness (mm)
Siavarz	9.6 ± 0.03 a	3.75 ± 0.01 a	2.88 ± 0.03 c	0.98 ± 0.01 c	1.90 ± 0.01 c
Blood Orange	7.2 ± 0.02 b	3.55 ± 0.01 b	3.35 ± 0.02 b	1.65 ± 0.01 b	1.70 ± 0.01 b
Thomson Navel	5.9 ± 0.01 c	2.96 ± 0.01 c	4.85 ± 0.04 a	2.85 ± 0.02 a	2.00 ± 0.03 a

Means within a column followed by the same letter are not significantly different (Tukey's HSD test: $P > 0.05$).

ترکیبات آلی فرار در پوست میوه‌ها

نتایج تجزیه شیمیایی ترکیبات آلی فرار در پوست میوه‌های سه رقم پرتقال مورد آزمایش نشان داد که میوه‌های رقم خونی نسبت به دو رقم دیگر، کمترین میزان لیمون^۳ و بالاترین مقادیر لینالول^۴، و آلفا و بتاپین^۵ را دارا بودند. این ترکیبات به‌طور عمده در گروه مونوترپن‌ها^۶ و الکل‌های ترپنی^۷ قرار می‌گیرند. در مقابل، بالاترین مقدار لیمون و کمترین مقادیر لینالول، و آلفا و بتاپین در رقم سیاورز اندازه‌گیری شد (جدول ۳). وجود ترکیبات آلی فرار در پوست سه رقم پرتقال به‌طور احتمالی تأثیر قابل توجهی بر جلب و تخم‌گذاری مگس میوه مدیترانه‌ای و زنده‌مانی لاروهای آن دارد. بررسی‌های آنتوناتوس و همکاران (Antonatos *et al.*, 2023) نشان داد که در پوست پرتقال، لیمون ترکیب آلی فرار غالب بود و بیش از ۹۰ درصد از ترکیبات آلی را در سه رقم مورد مطالعه تشکیل می‌داد، احتمال می‌رود که لیمون عامل محرک در جلب و تخم‌گذاری مگس میوه مدیترانه‌ای است. در تحقیق حاضر رقم سیاورز در مقایسه با دو رقم دیگر با داشتن بیشترین غلظت لیمون به‌طور احتمالی جلب‌کنندگی بیشتری برای مگس میوه مدیترانه‌ای داشت. در مقابل، رقم پرتقال خونی با داشتن کمترین غلظت لیمون کمتر توسط مگس میوه مدیترانه‌ای برای تخم‌گذاری ترجیح داده شد. با این حال، اثر لیمون می‌تواند توسط سایر ترکیبات مانند لینالول، که در غلظت‌های بالا می‌توانند تخم‌گذاری را مهار کنند، متعادل شود (Ioannou *et al.*, 2012). لیمون در مقایسه با سایر ترکیبات فرار مرکبات، سمیت پایینی برای لاروهای مگس میوه دارد و این سمیت بر اساس کمیت و کیفیت سایر ترکیبات، به‌ویژه مونوترپن‌ها، متفاوت گزارش شده است (Papachristos *et al.*, 2009). یافته‌های این مطالعه نشان داد که غلظت بالای لینالول، و آلفا و بتاپین در پوست میوه‌های سه رقم مورد مطالعه، به احتمال تأثیر مهمی در دورکنندگی حشرات کامل ماده مگس میوه مدیترانه‌ای و کاهش تخم‌گذاری روی میوه‌ها داشت (Papachristos *et al.*, 2009; Papanastasiou *et al.*, 2020). در بین رقم‌های مورد آزمایش، میوه‌های رقم پرتقال خونی با داشتن بیشترین مقادیر لینالول و آلفا و بتاپین، به احتمال دورکنندگی قوی‌تری برای تخم‌گذاری مگس‌های ماده و سمیت بالاتری برای تغذیه لاروها داشتند. در مقابل، رقم سیاورز با داشتن مقادیر کمتر لینالول و آلفا و بتاپین، دورکنندگی نسبی کمتری به تخم‌گذاری مگس‌های ماده

1. Clemantine

2. Maltese

3. Limonene

4. Linalool

5. α - β pinene

6. Monoterpenes

7. Terepen

و سمیت کمتری نسبت به تغذیه لاروها داشتند. این نتایج به طور احتمالی نشانگر ارتباط بین غلظت برخی از ترکیبات آلی فرار در پوست میوه سه رقم مرکبات و میزان ترجیح آن‌ها نسبت به مگس میوه مدیترانه‌ای است. بنابراین، غلظت برخی ترکیبات فرار در پوست میوه مرکبات ممکن است به عنوان یک مکانیسم طبیعی دفاعی در برابر آلودگی به مگس میوه مدیترانه‌ای عمل کنند. این یافته‌ها می‌توانند در برنامه‌های اصلاح ارقام، انتخاب ارقام مقاوم، یا توسعه روش‌های مدیریت آفت مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۳- ترکیبات آلی فرار موجود در پوست میوه‌های سه رقم پرتقال مورد آزمایش

Table 3. Volatile organic compounds in peels of fruits of three tested cultivars of orange

Compound ^a	Percentage of total composition (%)		
	Blood Orange	Thomson Navel	Siavarz
Alcohols (aliphatic& monoterpene)			
Linalool ^{cd}	0.4	0.2	0.1
Monoterpene hydrocarbons			
α -Pinene ^{cd}	0.3	0.2	0.1
Sabinene ^b	0.1	0.2	0.1
β -Pinene ^{cd}	0.2	0.1	0.1
Myrcene ^{cd}	0.2	0.2	0.2
β -Phellandren ^c	-*	0.2	0.1
3-Carane ^{cd}	-	-	0.1
Limonene	93.1	94.2	96.3
γ -Terepinene ^{cd}	-	-	0.2
Geranial ^b	-	0.1	0.1
Sesquiterpene hydrocarbons			
Caryophyllene ^{cd}	0.1	-	-
Valencene ^{cd}	-	0.1	0.1
Carboxylic acids			
Decanal ^b	0.1	0.1	0.1
Citral ^b	0.1	-	-
Octanal ^b	0.1	-	-
Total	98.3	95.8	98.0

^a Compounds listed in order of elution from an HP-5 MS column; ^b Tentative identification based on data obtained from NIST 98 and Wiley 275 library of the GC-MS system and literature data; ^c Comparison with pure standards;

^d Compounds applied for bioassays. *Concentration less than 0.1.

سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشگاه محقق اردبیلی بابت حمایت مالی این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

References

- Aluja, M., & Mangan, R. L. (2008). Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: Critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annual Review of Entomology*, 53, 473–502. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093350>
- Anastasaki, E., Papachristos, D. P., Antonatos, S., & Milonas, P. G. (2023). Profiles of Volatiles Emitted from Orange Fruits Infested by *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(33), 12403-12416. DOI: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.3c01339>
- Antonatos, S., Anastasaki, E., Balayiannis, G., Michaelakis, A., Magiatis, P., Milonas, P., & Papachristos, D. P. (2023). Identification of volatile compounds from fruits aroma and citrus essential oils and their effect on oviposition of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology*, 52, 327-340. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/nvad024>
- Bayegan, Z.A., Fathi, S.A.A., Golizadeh, A., Razmjou, J., & Hassanpour, M. (2025). Alfalfa as cover crop enhances predators and biological control of the Mediterranean fruit fly in a citrus orchard. *Arthropod-Plant Interactions*, 19, 17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-024-10125-x>

- Birke, A., Aluja, M., Greany, P., Bigurra, E., Perez-Staples, D., & McDonald, R. (2006). Long aculeus and behavior of *Anastrepha ludens* render gibberellic acid ineffective as an agent to reduce 'Ruby Red' grapefruit susceptibility to the attack of pestiferous fruit fly in commercial groves. *Economic Entomology*, 99, 1184–1193. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/99.4.1184>
- Braham, M., Pasqualini, E., & Ncira, N. (2007). Efficacy of kaolin, spinosad and malathion against *Ceratitis capitata* in Citrus orchards. *Bulletin of Insectology*, 60, 39-47.
- Ghabbari, M., & Jemâa, J. M. B. (2024). Infestation and evaluation of damage of the Mediterranean fruit fly (Medfly), *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) on Citrus in Southern Tunisia. *Oasis Agriculture and Sustainable Development*, 6, 113-122. DOI: <https://doi.org/10.56027/JOASD.112024>
- Hennessey, M. K., Baranowski, R. M., & Sharp, J. L. (1992). Absence of natural infestation of Caribbeanfruit fly (Diptera: Tephritidae) from commercial Florida 'Tahiti' lime fruits. *Economic Entomology*, 85, 1843-1845. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/85.5.1843>
- Ioannou, C. S., Papadopoulos, N. T., Kouloussis, N. A., Tananaki, C. I., & Katsoyannos, B. I. (2012). Essential oils of citrus fruit stimulate oviposition in the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Physiological Entomology*, 37, 330-339. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2012.00847.x>
- Levinson, H., Levinson, A., & Osterried, E. (2003). Orange-derived stimuli regulating oviposition in the Mediterranean fruit fly. *Applied Entomology*, 127, 269-275. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00750.x>
- Leyva, J. L., Browning, H. W., & Gilstrap, F. E. (1991). Development of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) in several host fruits. *Environmental Entomology*, 20, 1160–1165. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/20.4.1160>
- Liquido, N. J., Cunningham, R. T., & Melvin Couey, H. (1989). Infestation rates of papaya by fruit flies (Diptera: Tephritidae) in relation to the degree of fruit ripeness. *Economic Entomology*, 82, 213–218. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/82.1.213>
- Mavrikakis, P. G., Economopoulos, A. P., & Carey, J. R. (2000). Continuous winter reproduction of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Heraklion, Crete, Southern Greece. *Entomology*, 29, 1180-1187. DOI: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.6.1180>
- Meats, A., & Smallridge, C. J. (2007). Short-and long-range dispersal of medfly, *Ceratitis capitata* (Dipt., Tephritidae), and its invasive potential. *Applied Entomology*, 131, 518-523. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01168.x>
- Papachristos, D. P., Papadopoulos, N. T., & Nanos, G. D. (2008). Survival and development of immature stages of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruit. *Economic Entomology*, 101, 866-872. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/101.3.866>
- Papachristos, D. P., & Papadopoulos, N. T. (2009). Are citrus species favorable hosts for the Mediterranean fruit fly? A demographic perspective. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 132, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2009.00861.x>
- Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I., Carey, J. R., & Kouloussis, N. A. (2001). Seasonal and annual occurrence of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America*, 94, 41-50. DOI: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2001\)094\[0041:SAAOOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2001)094[0041:SAAOOT]2.0.CO;2)
- Papanastasiou, S. A., Bali, E. M. D., Ioannou, C. S., Papachristos, D. P., Zarpas, K. D., & Papadopoulos, N. T. (2017). Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*). *PloS One*, 12, e0177837. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177837>
- Papanastasiou, S. A., Ioannou, C. S., & Papadopoulos, N. T. (2020). Oviposition-deterrent effect of linalool—a compound of citrus essential oils—on female Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Pest Management Science*, 76, 3066-3077. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5858>
- Rodriguez, A., San Andrés, V., Cervera, M., Redondo, A., Alquézar, B., Shimada, T., & Pena, L. (2011). Terpene down-regulation in orange reveals the role of fruit aromas in mediating interactions with insect herbivores and pathogens. *Plant Physiology*, 156, 793-802. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.111.176545>

- Ruiz, M. J., Juárez, M. L., Alzogaray, R. A., Arrighi, F., Arroyo, L., Gastaminza, G., & Vera, M. T. (2015). Oviposition behavior and larval development of *Anastrepha fraterculus* from Argentina in citrus. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 157, 198–213. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12357>
- Segura, D. F., Vera, M. T., Cagnotti, C. L., Vaccaro, N., De Coll, O., Ovruski, S. M., & Cladera, J. L. (2006). Relative abundance of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in diverse host species and localities. of Argentina. *Annual Entomological Society*, 99, 70-83. DOI: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2006\)099\[0070:RAOCCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2006)099[0070:RAOCCA]2.0.CO;2)
- Stappen, I., Wanner, J., Tabanca, N., Bernier, U. R., & Kendra, P. E. (2021). Blue tansy essential oil: Chemical composition, repellent activity against *Aedes aegypti* and attractant activity for *Ceratitis capitata*. *Natural Product Communications*, 16, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1177/1934578X21990194>
- Staub, G. C., Lima, D. F., & Majer, D. (2008). Determination of host status of citrus against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Australian Journal of Entomology*, 47, 184-187. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2008.00646.x>
- Tabanca, N., Niogret, J., Kendra, P. E., & Epsky, N. D. (2020). TLC-based bioassay to isolate kairomones from tea tree essential oil that attract male Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). *Biochemistry and Molecular Biology*, 10, 683. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom10050683>
- Umeh, V. C., Olaniyan, A. A., Ker, J., & Andir, J. (2004). Development of fruit fly control strategies for small-holders in Nigeria. *Fruits*, 59, 265-274. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits:2004025>
- Visakh, N. U., Pathrose, B., Chellappan, M., Ranjith, M. T., Sindhu, P. V., & Mathew, D. (2022). Chemical characterisation, insecticidal and antioxidant activities of essential oils from four *Citrus spp.* **j.fbio.2022.102163** Fruit peel waste. *Food Bioscience*, 50, 102-163. DOI: <https://doi.org/10.1016/>

Comparison of the infestation level of three orange cultivars by the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Dip.: Tephritidae)

Z. A. Bayegan¹, S. A. A. Fathi*², A. Golizadeh³, J. Razmjou⁴, M. Hassanpour⁵ and S. Emdadi⁶

1, 2, 3, 4 & 5. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, 6. Food Sciences and Technology Department, Faculty of Nutrition and Food Sciences, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

✉ z.bayegan@uma.ac.ir

✉ fathi@uma.ac.ir

✉ golizadeh@uma.ac.ir

✉ razmjou@uma.ac.ir

✉ hassanpour@uma.ac.ir

✉ S.emdadi@tbzmed.ac.ir

 <https://orcid.org/0009-0002-6770-5702>

 <https://orcid.org/0000-0003-2169-3574>

 <https://orcid.org/0000-0002-4003-9343>

 <https://orcid.org/0000-0003-0948-8279>

 <https://orcid.org/0000-0003-0948-8279>

 <https://orcid.org/0000-0002-1885-8596>

Received: 16 April 2025 | Accepted: 2 June 2025 |

Abstract

The Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), is a key pest of citrus trees in northern Iran. In this study, the effect of three citrus cultivars (Siavarz, Thomson-Novel, and Blood Orange) on the population abundance and damage of the Mediterranean fruit fly was investigated in an experimental orchard in 2021 and 2022. Furthermore, the host preference of females towards the fruits of three orange cultivars was investigated in the laboratory. Later, the contents of volatile compounds in the fruits of three cultivars were measured. The results of field experiments showed that the number of *C. capitata* adults per trap, the number of larvae per fruit, and the percentage of infested fruits were lower in Blood Orange compared to Siavarz. The results of host preference experiments showed that the lowest and highest number of oviposition holes and larvae per fruit were observed on Blood Orange and Siavarz, respectively. The fruits of Blood Orange, with more levels of alpha and beta pinenes (0.5%) and linalool (0.4%) compared to the other two cultivars, were more likely to repel *C. capitata* females from egg-laying. The fruits of Siavarz, with lower levels of alpha- and beta-pinene (0.2%) and linalool (0.1%), were more likely to attract *C. capitata* females for egg-laying. These findings indicate that the concentration of volatile compounds in three orange cultivars affects the host preference of *C. capitata*. Therefore, identifying cultivars containing volatile organic compounds that repel the Mediterranean fruit fly can be effective in citrus cultivar breeding and pest management programs.

Key words: Cultivar, Damage, Host preference, Mediterranean fruit fly, Volatile Compounds

Citation: Bayegan, Z. A., Fathi, S. A. A., Golizadeh, A., Razmjou, J., Hassanpour, M. & Emdadi, S. (2025). Comparison of the infestation level of three orange cultivars by the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Dip.: Tephritidae). *Plant Pest Research*, 15(1), 53-63. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.30404.1634>



*Corresponding author: fathi@uma.ac.ir