



علمی پژوهشی

تأثیر حشره کش آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون روی مرگ و میر، ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae)، در دو رقم گیاه گوجه‌فرنگی

پریسا خانمحمدی^۱، هوشنگ رفیعی دستجردی^{۲*}، جبرائیل رزمجو^۳، مهدی حسن پور^۴ و عسگر عباداللهی^۵

۱، ۲، ۳ و ۴- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۵- گروه علوم گیاهی، دانشکده

کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

1. 0009-0000-3284-8709, 2. 0000-0003-1278-2858, 3. 0000-0003-0948-8279, 4. 0000-0002-5409-428X, 5. 0000-0003-3276-1608

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲)

چکیده

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، (*Tuta absoluta* (Meyrick)، یکی از آفات مهم گوجه‌فرنگی در ایران است. در تحقیق حاضر، اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره کش آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون با روش غوطه‌ور کردن برگ علیه لاروهای سن دوم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی روی ارقام ارلی اوربانا Y و سوپر استرین B گوجه‌فرنگی انجام گرفت. نتایج نشان داد که سمیت آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون علیه لاروهای شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y ($LC_{50} = 4509$ پی‌پی‌ام) بیش‌تر از سمیت آن در رقم سوپر استرین B ($LC_{50} = 5595$ پی‌پی‌ام) بود. تیمار با حشره کش آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون باعث افزایش طول دوره‌های لاروی، شفیرگی و نشو و نمای شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y نسبت به رقم سوپر استرین B و شاهد شد. کمترین طول عمر و زادآوری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y مشاهده شد. فراسنجه‌های جدول زندگی آفت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده با حشره کش آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون (به ترتیب ۰/۰۴۷۹ و ۱/۰۴۹۱ بر روز) به‌طور معنی‌داری کم‌تر از مقادیر متناظر آن‌ها در رقم سوپر استرین B (به ترتیب ۰/۰۶۸۴ و ۱/۰۷۰۸ بر روز) بود. تیمار شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با حشره کش آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون در هر دو رقم مورد بررسی باعث افزایش میانگین مدت زمان یک نسل (T) آفت در مقایسه با شاهد شد. نتایج بررسی حاضر نشان داد که کاربرد حشره کش آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون روی رقم گوجه‌فرنگی ارلی اوربانا Y، می‌تواند در کنترل *T. absoluta* نسبت به رقم سوپر استرین B مؤثرتر باشد.

واژه‌های کلیدی: رقم، سمیت، شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، فراسنجه‌های جدول زندگی



مقدمه

گوجه‌فرنگی، *Lycopersicon esculentum* (Miller)، گیاهی از تیره بادمجانیان و دومین سبزی مهم پس از سیب‌زمینی است که در مناطق مختلف جغرافیایی جهان کشت می‌شود (Van Dam *et al.*, 2005). آفات مختلفی محصول گوجه‌فرنگی را مورد حمله قرار می‌دهند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، (Meyrick) *Tuta absoluta* می‌باشد (Desneux *et al.*, 2010). شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی آفتی چندخوار است که به گیاهان از تیره بادمجانیان به ویژه گوجه‌فرنگی حمله کرده و روی این میزبان‌ها می‌تواند ۱۰ تا ۱۲ نسل در سال ایجاد کند (Pereyra & Sanchez, 2006; Garzia *et al.*, 2012). لارو این آفت به غیر از ریشه، به تمام قسمت‌های هوایی گیاه شامل برگ، جوانه انتهایی، ساقه و میوه حمله نموده و با ایجاد دالان‌هایی به ویژه در زیر اپیدرم برگ و پوست میوه به ترتیب باعث کاهش سطح فتوسنتز برگ و کاهش بازارپسندی میوه-ها می‌شود (Bajracharya *et al.*, 2016). اگرچه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی بومی آمریکای جنوبی است، در سال ۲۰۰۶ در اروپا و در کشور اسپانیا شناسایی شد (Desneux *et al.*, 2011). این آفت به سرعت به سایر کشورها گسترش پیدا کرد و در حال حاضر در کشورهای جنوب آمریکا، کشورهای خاورمیانه نظیر ترکیه (Kilic, 2010) و کشورهای شمال آفریقا از جمله تونس، لیبی، مراکش و الجزایر (Fathi & Behroo, 2015) پراکنده شده است. در ایران نیز، شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی پیش از این جزو آفات قرنطینه‌ای محسوب می‌شد، ولی اولین بار در آذر ماه ۱۳۸۹ از ارومیه گزارش و تا خرداد ماه ۱۳۹۰ در ۲۰ منطقه مختلف ایران شناسایی شد (Baniameri & Cheraghian, 2011). پس از تفریح تخم‌های آفت، لاروهای سن اول وارد بافت مزوفیل برگ شده و بین دو لایه اپیدرم بالایی و پایینی برگ شروع به تغذیه می‌کنند. محل تغذیه به صورت لکه‌های شفاف روی برگ دیده می‌شود. در صورت عدم مبارزه با شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، خسارت آن در مناطق کشت این گیاه ممکن است به حدی شدید باشد که سبب ایجاد خسارت ۵۰ تا ۱۰۰

درصدی در مزارع شود (Desneux *et al.*, 2011; Chavan *et al.*, 2020).

در مدیریت تلفیقی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی توصیه بر این است که از روش‌های سالم و سازگار با محیط زیست مانند استفاده از ارقام مقاوم به همراه روش شیمیایی استفاده شود. تلفیق روش‌های مختلف کنترل می‌تواند نقش مهمی در ایجاد تعادل اکولوژیک و پایین نگهداشتن تراکم جمعیت آفت در طولانی مدت داشته باشد (Fathi & Behroo, 2015). روش‌های مختلف غیرشیمیایی برای کنترل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد که از بین آنها می‌توان به روش‌های زراعی، کنترل بیولوژیک و شکار انبوه آفت با استفاده از نوارهای رولی چسبناک آغشته به فرمون جنسی اشاره کرد (de Backer *et al.*, 2014; Illakwahhi & Srivastava, 2017; Ghorbani *et al.*, 2019; Jallow *et al.*, 2022). گیاهان به‌عنوان ارقام مقاوم سه نوع مکانیسم مختلف مقاومت آنتی‌زنوز (Antixenosis)، آنتی‌بیوز (Antibiosis) و تحمل (Tolerance) برای مقابله با آفات دارند. گیاهانی که دارای مکانیسم آنتی‌بیوز هستند تاثیر منفی بر زنده‌مانی، طول عمر حشرات کامل و زادآوری آفات می‌گذارند (Safaeniya *et al.*, 2017). کشت چنین گیاهانی می‌تواند نقش بسیار مهمی در کاهش هزینه‌های تولید، کاهش مصرف سموم شیمیایی و کاهش پیامدهای منفی ناشی از مصرف این آفت-کش‌ها بر اکوسیستم‌های کشاورزی و محیط زیست داشته باشد (Fathipour & Sedaratian, 2013).

راهکار کنترل شیمیایی با استفاده از حشره‌کش‌های متعددی مانند امامکتین بنزوات، ایندوکساکارب، آزادیراختین، ایمیداکلوپرید، تیاکلوپراید، استامی‌پراید، افوریا، هگرافلومورون و لامبدا سای‌هالوترین برای کنترل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی انجام می‌شود (Taleh *et al.*, 2021a,b). برخی از حشره‌کش‌ها در فرمولاسیون خود دارای مخلوطی از چندین حشره‌کش متفاوت هستند. این نوع فرمولاسیون‌ها اغلب با هدف کاهش دز مصرفی و تعداد حشره‌کش‌های مورد استفاده در هکتار ساخته می‌شوند. یکی از این حشره‌کش‌ها، حشره‌کش آلفاسایپر مترین +

بررسی کردند. حشرات ماده آفت برای تخم گذاری ترجیح بیشتری به رقم فلات-۱۱۱ و ترجیح کمتری به رقم کینگستون نشان دادند. بیشترین و کمترین طول دوره لاروی این آفت به ترتیب در ارقام پریموارلی و کال-جی-ان تری مشاهده شد. طبق نتایج این مطالعه، ارقام کینگستون و پریموارلی به ترتیب مقاومت آنتی-زنوزی و آنتی-بیوزی بیشتری به این آفت نشان دادند. در پژوهش انجام شده توسط صفائی‌نیا و همکاران (Safaeniya et al., 2017)، مقاومت پنج رقم گوجه-فرنگی به شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از جدول زندگی دوجنسی ویژه سن-مرحله رشدی نشان داد که ارقام گلدی و اینفینیتی به ترتیب بیشترین و کمترین مقاومت آنتی-بیوزی را به مینوز گوجه‌فرنگی داشتند. در تحقیقی دیگر، خاتمی و همکاران (Khatami et al., 2022) با بررسی مقاومت هفت رقم مختلف گوجه‌فرنگی به شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی گزارش کردند که این آفت بیشترین طول دوره لاروی و کمترین طول دوره تخم‌گذاری، طول عمر حشرات کامل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خلص تولیدمثل و تعداد دالان‌های لاروی را در رقم کینگ استون داشت.

هدف تحقیق حاضر بررسی مرگ و میر، ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی شب‌پره مینوز گوجه-فرنگی تحت تاثیر حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون روی دو رقم مقاوم (ارلی اوربانا Y) و حساس (سوپر استرین B) گوجه‌فرنگی است. این تحقیق می‌تواند اطلاعات مفیدی در ارتباط با سمیت این حشره کش و امکان سازگاری تلفیق رقم مقاوم با کنترل شیمیایی را در برنامه‌های مدیریت تلفیقی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

تهیه ارقام گوجه‌فرنگی و حشره‌کش

در تحقیق حاضر از دو رقم گوجه‌فرنگی به اسامی سوپر استرین^۱ B و ارلی اوربانا^۲ Y که با استناد به تحقیق انجام شده

تفلوبنزورون است که فرمولاسیون آن متشکل از ترکیب حشره‌کش آلفا-سایپرمتترین و حشره‌کش تفلوبنزورون است. این حشره‌کش برای کنترل طیف وسیعی از حشرات آفت با قطعات دهانی زنده-مکنده و یا ساینده به‌ویژه حشرات متعلق به راسته بالپولکداران مورد استفاده قرار می‌گیرد. آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون با طولانی کردن مرحله باز کانال‌های سدیم در آکسون سلول‌های عصبی، باعث ایجاد اختلال در سیستم عصبی حشرات می‌شود (Tunaz & Uygun, 2004; Kai et al., 2009). مبارزه شیمیایی علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی به دلیل زندگی مخفی لارو داخل بافت برگ، میوه و ساقه مشکل می‌باشد. علاوه بر این، قدرت تولیدمثل بالا و طول نسل کوتاه این آفت، امکان ایجاد مقاومت آن را به حشره‌کش‌های شیمیایی مختلف فراهم می‌سازد (Illakwahhi & Srivastava, 2017). بنابراین، بهتر است تلفیقی از روش‌های مختلف برای کنترل جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گیرد. از مهم‌ترین راه‌کارها در این زمینه، استفاده از روش‌های سالم و سازگار با محیط زیست مانند استفاده از ارقام مقاوم به همراه روش شیمیایی برای کنترل این آفت مهم می‌باشد (Fathi & Behroo-Benamar, 2015).

مطالعه اثرات کشندگی و زیرکشندگی روش معمول برای ارزیابی سمیت آفت‌کش‌ها می‌باشد. تاثیر کشندگی آفت‌کش‌ها با مطالعه اثرات کوتاه مدت (چند ساعت تا چند روز) حشره‌کش که با ایجاد مرگ و میر در جمعیت حشرات همراه است، انجام می‌گیرد (Stark et al., 2007). بررسی جدول‌های زندگی یا سم‌شناسی دموگرافیک از روش‌های مناسب برای ارزیابی اثرات زیرکشندگی آفت‌کش‌ها می‌باشد (Desneux et al., 2006a). مطالعه جدول زندگی آفت روی ارقام مختلف می‌تواند ملاک مناسبی برای مقایسه میزان مقاومت آنتی-بیوزی ارقام نسبت به آفت هم باشد (Khatami et al., 2022). برای مثال، در مطالعه‌ای، ایرانی‌نژاد-پاریزی و همکاران (Irannejad-Parizi et al., 2015) مقاومت ۱۲ رقم مختلف گوجه‌فرنگی را به شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

2. Early Urbana Y

1. Super Strain B

پس از تأیید گونه، رهاسازی و پرورش شب پره مینوز گوجه-فرنگی روی بوته‌های گوجه‌فرنگی که داخل قفس‌های چوبی به ابعاد $40 \times 40 \times 60$ سانتی‌متر محصور شده بودند، انجام گرفت. لازم به ذکر است که گیاهان مربوط به هر رقم در قفس‌های مجزا قرار داشتند. قفس‌های مذکور در اتاقک رشد در شرایط دمایی 25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار داشتند. پرورش حشره به مدت دو نسل روی گیاهان مذکور انجام گرفت. به منظور حفظ کلنی، هر دو هفته یکبار گلدان‌های حاوی گیاهان سالم داخل قفس‌های آلوده به آفت گذاشته می‌شد تا ضمن در دسترس بودن جمعیت مناسب آفت، به تدریج جایگزین گیاهان آلوده شوند.

بررسی اثر کشندگی حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون

بررسی خاصیت کشندگی حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون، با غوطه‌ور کردن برگ‌های هر دو رقم گوجه-فرنگی در محلول سمی و قرار دادن حشرات در معرض برگ‌های تیمار شده انجام گرفت. از لاروهای سن دوم هم-سن (با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت) به منظور انجام زیست-سنجی استفاده شد. برای تعیین غلظت‌های اصلی، ابتدا آزمایش‌های مقدماتی برای به دست آوردن محدوده بالا و پایین غلظت سمی روی لاروها انجام گرفت. برگ‌های ارقام مختلف به مدت ده ثانیه در غلظت‌های مختلف سم غوطه‌ور شدند (Galdino et al., 2011). برای بهتر خیس شدن سطح برگ‌ها، از توپین 280 به مقدار 500 پی‌پی‌ام استفاده شد. در تیمار شاهد از آب مقطر به همراه توپین 80 استفاده شد. برگ‌های تیمار شده برای خشک شدن قطرات به مدت یک ساعت در محیط معمولی آزمایشگاه قرار داده شدند.

پس از تعیین محدوده غلظت‌های کم‌تر از 80 درصد و بیش‌تر از 20 درصد مرگ و میر، غلظت‌های بینابین به وسیله فاصله لگاریتمی تعیین شد. غلظت‌های بینابین در رقم سوپر استرین B شامل 4000 ، 4842 ، 5689 ، 6684 و 8000 پی‌پی‌ام و غلظت‌های بینابین در رقم ارلی اوربانا Y شامل 3500

توسط فتحی و همکاران (Fathi et al., 2015) به ترتیب به-عنوان ارقام حساس و مقاوم به شب پره مینوز گوجه‌فرنگی معرفی شده بودند، استفاده شد. بذور ارقام مورد نظر از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج خریداری شد. حشره-کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون (Imunit®) ترکیبی از دو حشره کش آلفا-سیپرمتترین ($7/5$ درصد) از گروه پیرتروئیدهای مصنوعی و تفلوبنزورون ($7/5$ درصد) از گروه تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات)، محصول شرکت بی آ اس اف^۱ آلمان، با فرمولاسیون SC ۱۵ درصد و دارای خاصیت تماسی و گوارشی، از شرکت بی آ اس اف ایران سهامی خاص خریداری شد.

پرورش گیاهان میزبان

بذور ارقام سوپر استرین B و ارلی اوربانا Y به مدت ۲۴ ساعت در آب خیس‌انده شده و در لیوان‌های پلاستیکی شفاف به قطر دهانه $7/5$ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر داخل گلخانه کاشته شدند. پس از چهار برگی شدن بوته‌ها، نشاهای گوجه‌فرنگی به گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه 20 سانتی‌متر و ارتفاع 19 سانتی‌متر حاوی مخلوطی از خاک، ماسه و کود دامی به-ترتیب به نسبت $1:1:2$ منتقل شدند. آبیاری گیاهان هر سه روز یک بار انجام می‌شد و طی پرورش از هیچ کود یا سم شیمیایی استفاده نشد. گیاهان داخل گلخانه با دمای 25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 10 ± 60 درصد و دوره نوری طبیعی نگهداری شدند. برای جلوگیری از آلوده شدن بوته‌ها به سایر آفات، گلدان‌های حاوی بوته‌های گوجه‌فرنگی زیر پارچه توری ظریف قرار داده شدند. برای تامین گیاهان سالم در طول تحقیق، هر 20 روز یک‌بار کشت گیاهان جدید انجام می‌شد.

جمع آوری و پرورش حشره

جمعیت اولیه شب پره مینوز گوجه‌فرنگی از گلخانه‌های گوجه‌فرنگی آلوده به این آفت در شهرستان اردبیل جمع-آوری شده و به آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شد.

2. Tween 80

1. BASF

روزانه مورد بازدید قرار گرفته و مدت زمان مراحل مختلف رشدی و نیز مرگ و میر هر مرحله ثبت شد. پس از ظهور حشرات کامل، در هر تیمار حشرات کامل نر و ماده به صورت جفت به لیوان‌های پلاستیکی شفاف به قطر دهانه ۷/۵ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر با درب توری انتقال یافتند. در این ظروف برای جلب و تخم‌گذاری حشرات از برگ تازه گوجه‌فرنگی با دمبرگ پیچیده شده داخل پنبه مرطوب استفاده شد و برای حفظ رطوبت پنبه، اطراف آن با فویل آلومینیومی پوشانده شد. برای تغذیه شب‌پره‌ها از پنبه آغشته به محلول آب عسل ۱۰ درصد استفاده شد. طول عمر، تعداد تخم و طول دوره‌های تخم‌گذاری حشرات کامل در هر تیمار تا زمان مرگ آخرین فرد به صورت روزانه شمارش و ثبت شد. لازم به ذکر است که برگ‌های حاوی تخم در هر تیمار، روزانه با برگ‌های جدید تعویض می‌شدند تا در شمارش تخم‌ها اشتباهی صورت نگیرد.

تجزیه‌های آماری

تجزیه داده‌های حاصل از اثرات کشندگی تیمارهای مورد بررسی با استفاده از دستور PROC PROBIT نرم‌افزار SAS انجام گرفت (SAS Institute, 2002). در بررسی اثرات زیرکشندگی، تجزیه داده‌ها با استفاده از داده‌های به دست آمده از ردیف‌های جدول زندگی همه افراد (ماده‌ها، نرها و آن‌هایی که قبل از بلوغ تلف شدند) با روش دو جنسی سنی - مرحله رشدی (Age-stag Two-Sex Life Table Analysis) و با استفاده از نرم‌افزار Twosex-MSChart انجام گرفت. به منظور تکراردار کردن فراسنجه‌های جدول زندگی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی از روش بوت‌استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار استفاده شد. مقایسه اختلاف آماری بین فراسنجه‌های جدول زندگی آفت، با استفاده از آزمون بوت-استرپ جفت‌شده (Paired bootstrap test) صورت گرفت ($P < 0.05$) (Chi, 2023). رسم نمودارها در نرم‌افزار Sigmaplot نسخه ۱۲ انجام شد.

۴۰۷۴، ۴۸۹۸، ۵۹۲۳ و ۷۰۰۰ پی‌پی‌ام بودند. برگ‌های ارقام گوجه‌فرنگی به صورت جداگانه و به مدت ده ثانیه در غلظت‌های مذکور فرو برده شدند. هر برگ تیمار شده پس از خشک شدن قطرات در محیط آزمایشگاه، در اختیار ۱۵ عدد لارو سن دوم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی داخل ظرف پتری (به قطر ۹ سانتی‌متر) قرار گرفت. برای هر تیمار تعداد چهار تکرار منظور شد. دور تا دور ظروف پتری با پارافیلیم پوشانده شد تا از فرار لاروها جلوگیری شود. ظروف پتری در اتاقک رشد با دمای 25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. مرگ و میر لاروها پس از ۲۴ ساعت ثبت شد (Galdino et al., 2011). لاروهای بی‌حرکتی که به تحریک با قلم‌موی ظریف واکنشی نشان نمی‌دادند، به عنوان حشرات مرده در نظر گرفته شدند.

بررسی اثر زیرکشندگی حشره کش آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون

از غلظت‌های کشنده ۳۰ درصد (LC₃₀) حشره‌کش آلفاسایپر مترین + تفلوبنزورون (به ترتیب ۴۴۸۱ پی‌پی‌ام برای رقم سوپر استرین B و ۳۵۸۸ پی‌پی‌ام برای رقم ارلی اوربانا Y) برای بررسی اثر زیرکشندگی آن استفاده شد (Desneux et al., 2006b). برگ‌های گوجه‌فرنگی به مدت ۱۰ ثانیه در غلظت‌های مذکور فرو برده شد و پس از خشک شدن قطرات در محیط آزمایشگاه، تعداد ۱۰۰ عدد لارو سن دوم آفت با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت به طور انفرادی داخل ظروف پتری (به قطر ۹ سانتی‌متر) روی برگ‌های تیمار شده گوجه‌فرنگی به تفکیک هر رقم منتقل شد. ظروف پتری در اتاقک رشد با شرایط دمایی 25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. پس از ۲۴ ساعت، لاروهای زنده-مانده روی برگ‌های ارقام گوجه‌فرنگی تیمار نشده داخل ظروف پتری پلاستیکی (قطر ۹ سانتی‌متر) با درب توری انتقال داده شدند. در هر ظرف، دمبرگ گوجه‌فرنگی داخل پنبه مرطوب پوشانده شده با فویل آلومینیومی قرار داشت. لاروهای تیمار شده تا زمان شفیرگی روی برگ گوجه‌فرنگی مربوط به هر رقم نگهداری شدند. ظروف پتری به صورت

نتایج

اثر کشندگی حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون

بر اساس نتایج به دست آمده، مقادیر غلظت های کشنده ۵۰ درصد (LC₅₀) حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در ارقام سوپر استرین B و ارلی اوربانا Y علیه شب پره مینوز

گوجه فرنگی به ترتیب ۵۵۹۵ و ۴۵۰۹ پی پی ام به دست آمد. مقایسه حدود اطمینان ۹۵ درصد این مقادیر در دو رقم مورد بررسی نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین آنها به دلیل عدم همپوشانی آنها بود. بر این اساس، میزان کشندگی حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در رقم ارلی اوربانا Y بیشتر از رقم سوپر استرین B بود (جدول ۱).

جدول ۱- سمیت آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون روی شب پره مینوز گوجه فرنگی در ارقام مختلف گوجه فرنگی

Table 1. Toxicity of alpha-cypermethrin + teflubenzuron on tomato leafminer in different tomato varieties

Cultivar	Number	Lethal concentrations (ppm)			χ^2	Slope \pm SE
		LC ₃₀ (95% FL)	LC ₅₀ (95% FL)	LC ₉₀ (95% FL)		
Super Strain B	360	4481 (3938-4867)	5595 (5200-5992)	9623 (8432-12115)	4.394	0.82 \pm 5.44
Early Urbana Y	360	3588 (3090-3937)	4509 (4832-4147)	7877 (9651-9766)	4.085	0.79 \pm 5.29

Lethal concentrations and 95% fiducial limits (FL) were estimated using logistic regression (SAS Institute, 2002).

اثرات زیر کشندگی حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در ارقام گوجه فرنگی

بر اساس نتایج به دست آمده، کاربرد حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در رقم سوپر استرین B تفاوت معنی داری در طول دوره جنینی شب پره مینوز گوجه فرنگی در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد ($P > 0.05$) (جدول ۲). با این حال، طول دوره لاروی و شفیرگی آفت در این رقم متاثر از کاربرد حشره کش بوده و بیشتر از شاهد تخمین زده شد ($P < 0.05$). در این رقم، طول دوره نشو و نمای شب پره مینوز گوجه فرنگی نیز تحت تاثیر استفاده از حشره کش قرار گرفت ($P < 0.05$). به طوری که، طول این دوره در گیاهان تیمار شده با حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون ۳۵/۱۸ روز بود که بیشتر از مقدار آن در تیمار شاهد (۲۶/۷۲ روز) می باشد. درصد زنده-مانی شب پره مینوز گوجه فرنگی در رقم سوپر استرین B به طور

معنی داری در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون کمتر از شاهد بود ($P < 0.05$) (جدول ۲).

کاربرد حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در رقم ارلی اوربانا Y نیز تفاوت معنی داری در طول دوره جنینی شب پره مینوز گوجه فرنگی در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد ($P > 0.05$) (جدول ۲). طول دوره لاروی و شفیرگی شب پره مینوز گوجه فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده با حشره-کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون بیشتر از شاهد بود ($P < 0.05$). در رقم ارلی اوربانا Y، طول دوره نشو و نمای آفت به طور معنی داری در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون (۴۲/۲۳ روز) بیشتر از تیمار شاهد (۳۰/۸۷ روز) بود. در این رقم، شب پره مینوز گوجه فرنگی در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون به طور معنی داری درصد زنده ماننی کمتری نسبت به شاهد داشت ($P < 0.05$) (جدول ۲).

جدول ۲- طول دوره‌های رشدی و زنده‌مانی (میانگین \pm خطای معیار) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در ارقام گوجه‌فرنگی تیمار شده با آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون

Table 2. The developmental times and survival (mean \pm SE) of tomato leafminer on tomato varieties treated with alpha-cypermethrin + teflubenzuron

Cultivar	Treatments	Egg incubation (days)	Larval period (days)	Pupal period (days)	Development time (days)	Preadult survival
Super Strain B	alpha-cypermethrin + teflubenzuron	4.43 \pm 0.05 ^a	19.13 \pm 0.23 ^a	11.61 \pm 0.19 ^a	35.18 \pm 0.33 ^a	0.66 \pm 0.05 ^b
	Control	4.88 \pm 0.00 ^a	13.26 \pm 0.09 ^b	8.66 \pm 0.09 ^b	26.72 \pm 0.15 ^b	0.79 \pm 0.04 ^a
Early Urbana Y	alpha-cypermethrin + teflubenzuron	4.77 \pm 0.04 ^a	24.42 \pm 0.13 ^a	13.03 \pm 0.13 ^a	42.23 \pm 0.23 ^a	0.61 \pm 0.05 ^b
	Control	4.67 \pm 0.05 ^a	15.18 \pm 0.13 ^b	11.03 \pm 0.10 ^b	30.87 \pm 0.18 ^b	0.75 \pm 0.04 ^a

Means followed by different letters in each column are significantly different ($P < 0.05$, paired bootstrap test).

طول دوره پیش از تخم‌گذاری شب‌پره مینوز گوجه-فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون نیز تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت ($P > 0/05$) (جدول ۳). با کاربرد حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون، کل دوره پیش از تخم‌گذاری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود ($P < 0/05$). بر اساس نتایج به-دست‌آمده، طول دوره پیش از تخم‌گذاری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y به‌طور معنی‌داری در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون کمتر از شاهد بود ($P < 0/05$). طول عمر حشرات کامل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نیز در رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون کمتر از شاهد بود ($P < 0/05$). زادآوری شب-پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون و شاهد به‌ترتیب ۳۹/۶۱ و ۸۵/۴۰ تخم بر ماده بود که مقدار آن در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون کمتر بود ($P < 0/05$) (جدول ۳).

هم‌چنین، نتایج نشان داد که تیمار رقم سوپر استرین B با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون تفاوت معنی‌داری در طول دوره پیش از تخم‌گذاری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد ایجاد نکرد ($P > 0/05$) (جدول ۳). کل دوره پیش از تخم‌گذاری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم سوپر استرین B تحت تاثیر کاربرد حشره‌کش به‌طور معنی‌داری در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون بیشتر از شاهد به دست آمد ($P < 0/05$). در این رقم، طول دوره تخم‌گذاری آفت نیز به‌طور معنی‌داری در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون نسبت به شاهد کمتر بود ($P < 0/05$). طول عمر حشرات کامل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نیز به‌طور معنی‌داری در رقم سوپر استرین B تیمار شده با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون کمتر از شاهد بود ($P < 0/05$). میزان زادآوری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم سوپر استرین B تیمار شده با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون ۶۳/۱۷ تخم بر ماده بود که کمتر از زادآوری آن روی شاهد (۱۵۳/۵۶) تخم بر ماده بود ($P < 0/05$) (جدول ۳).

جدول ۳- طول دوره پیش از تخم گذاری، تخم گذاری، طول عمر و زادآوری (میانگین \pm خطای معیار) شب پره مینوز گوجه-

فرنگی در ارقام گوجه فرنگی تیمار شده با آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون

Table 3. The pre-oviposition period, oviposition, longevity, and fecundity (mean \pm SE) of tomato leafminer on tomato varieties treated with alpha-cypermethrin + teflubenzuron

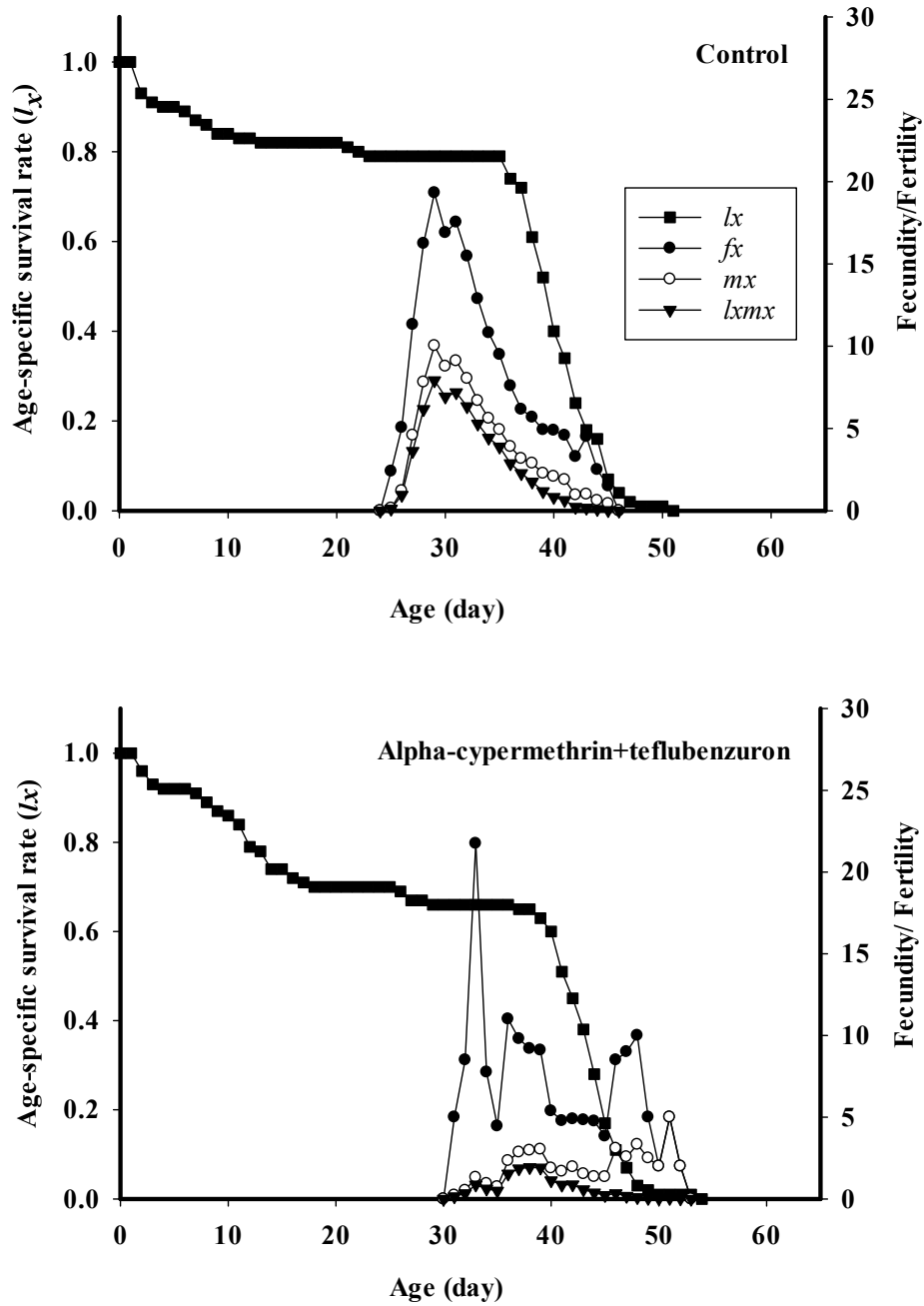
Cultivar	Treatments	APOP	TPOP	Oviposition period (day)	Adult longevity (day)	Fecundity (egg/female)
Super Strain B	alpha-cypermethrin + teflubenzuron	1.22 \pm 0.12 ^a	36.78 \pm 0.56 ^a	7.22 \pm 0.21 ^b	8.77 \pm 0.21 ^b	63.17 \pm 4.98 ^b
	Control	1.22 \pm 0.07 ^a	27.88 \pm 0.19 ^b	12.39 \pm 0.35 ^a	14.43 \pm 0.33 ^a	153.56 \pm 6.88 ^a
Early Urbana Y	alpha-cypermethrin + teflubenzuron	1.13 \pm 0.06 ^a	43.61 \pm 0.25 ^a	5.22 \pm 0.33 ^b	6.98 \pm 0.27 ^b	39.61 \pm 2.96 ^b
	Control	1.03 \pm 0.04 ^a	31.83 \pm 0.26 ^b	7.57 \pm 0.32 ^a	10.20 \pm 0.29 ^a	85.40 \pm 4.18 ^a

Means followed by different letters in each column are significantly different ($P < 0.05$, paired bootstrap test).

APOP: adult pre-oviposition period and TPOP: total pre-oviposition period

در تیمارهای آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون و شاهد تولید شد. اوج نمودار m_x نیز در رقم سوپر استرین B در تیمارهای آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون و شاهد به ترتیب در روزهای ۵۱ و ۲۹ و در رقم ارلی اوربانا Y در روزهای ۴۵ و ۲۹ اتفاق افتاد. طی این روزها، در رقم سوپر استرین B به طور میانگین ۵ و ۱۰/۰۳ فرد ماده و در رقم ارلی اوربانا Y ۳/۲۲ و ۱۰/۰۲ فرد ماده به ترتیب در تیمارهای آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون و شاهد تولید شد. هم چنین، بیشینه $l_x m_x$ در رقم سوپر استرین B در تیمارهای آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون و شاهد به- ترتیب در روزهای ۳۷ و ۲۹ و در رقم ارلی اوربانا Y در روزهای ۴۵ و ۲۹ بود. در روزهای مذکور، در هر دو رقم سوپر استرین B و ارلی اوربانا Y به طور مشابه تعداد ۱/۹۳ و ۷/۹۲ فرد به ترتیب در تیمارهای آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون و شاهد به جمعیت آفت اضافه شدند.

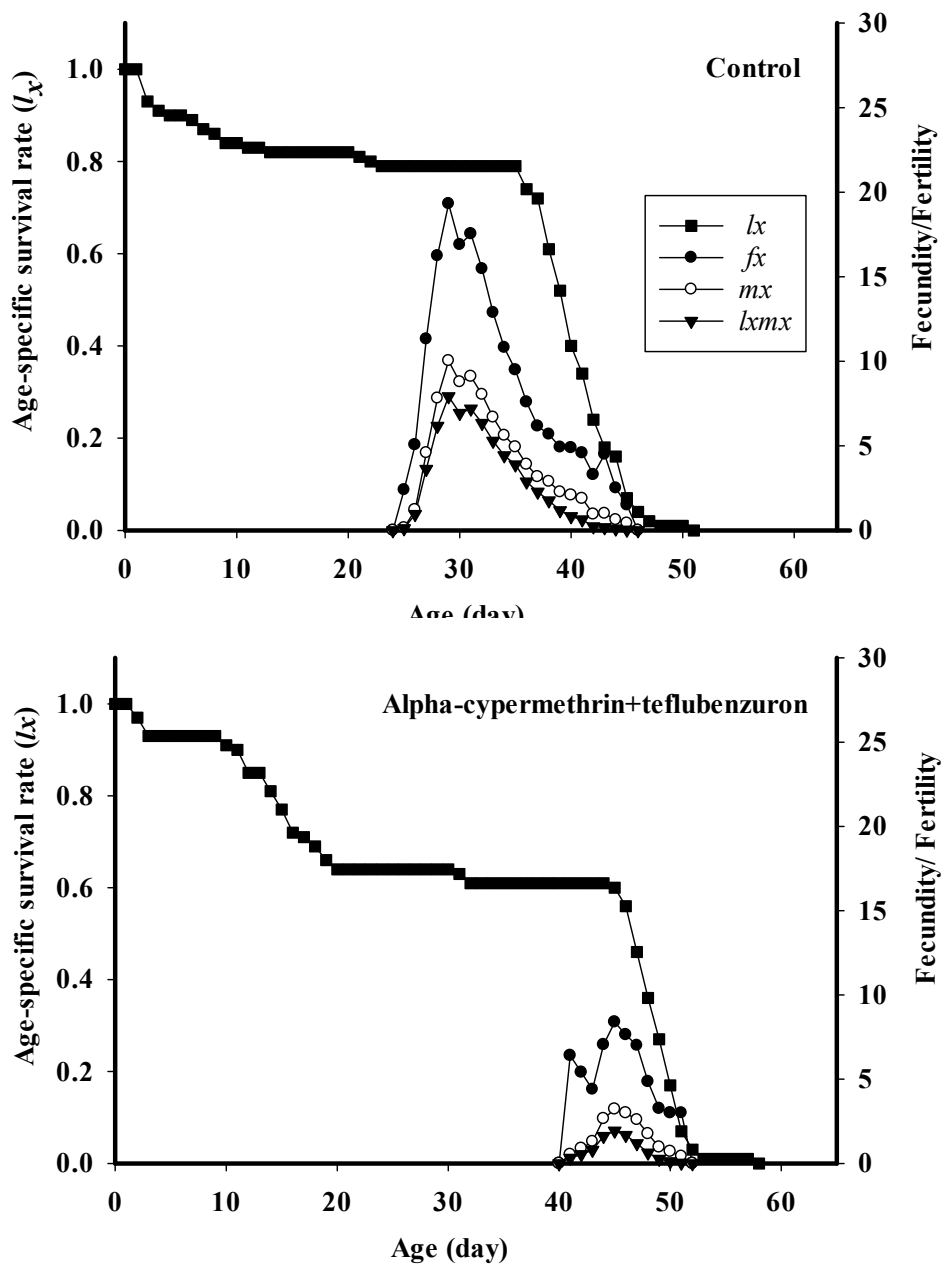
نرخ زنده مانده ویژه سنی (l_x) (احتمال زنده مانده نتاج تازه متولد شده تا سن x)، زادآوری ویژه سنی (f_x) (تعداد نتاج نر و ماده تولید شده توسط هر فرد)، زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) (تعداد نتاج ماده تولید شده به ازای هر فرد در سن x) و باروری ویژه سنی ($l_x m_x$) (تعداد افراد اضافه شده به جمعیت با در نظر گرفتن افراد از بین رفته در هر روز) شب پره مینوز گوجه فرنگی در ارقام سوپر استرین B و ارلی اوربانا Y تیمار شده با حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. l_x شب پره مینوز گوجه- فرنگی در ارقام سوپر استرین B و ارلی اوربانا Y تیمار شده با حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون، با افزایش سن آفت کاهش پیدا کرد. بیشینه نمودار f_x در رقم سوپر استرین B در تیمارهای آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون و شاهد به- ترتیب در روزهای ۳۳ و ۲۹ و در رقم ارلی اوربانا Y در روزهای ۴۵ و ۲۴ اتفاق افتاد. در روزهای مذکور، در رقم سوپر استرین B به طور میانگین ۲۱/۷۳ و ۱۹/۳۲ و در رقم ارلی اوربانا Y به طور میانگین ۸/۳۹ و ۱۹/۳۱ نتاج نر و ماده به ترتیب



شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (f_x)، زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) و باروری ویژه

سنی ($l_x m_x$) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم سوپر استرین B تیمار شده با آلفاسایپرمترین + تفلوبنزورون

Figure 1. The Age-specific survival rate (l_x), age-stage specific fecundity (f_x), age-specific fecundity (m_x), and age-specific fertility ($l_x m_x$) of tomato leafminer in Super Strain B cultivar treated with alpha-cypermethrin + teflubenzuron



شکل ۲- نرخ زنده ماندنی ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (f_x)، زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) و باروری ویژه

سنی ($l_x m_x$) شب پره مینوز گوجه فرنگی در رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده با آلفاسایپرمترین + تفلوبنزورون

Figure 2. The Age-specific survival rate (l_x), age-stage specific fecundity (f_x), age-specific fecundity (m_x), and age-specific fertility ($l_x m_x$) of tomato leafminer in Super Early Urbana Y cultivar treated with alpha-cypermethrin + teflubenzuron

مینوز گوجه فرنگی نسبت به شاهد تفاوت معنی داری ایجاد

نکرد ($P > 0.05$) (جدول ۴). نرخ خالص تولیدمثل (R_0)

تیمار رقم سوپر استرین B با حشره کش آلفاسایپرمترین

+ تفلوبنزورون در نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) شب پره

کاربرد حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در رقم ارلی اوربانا Y تفاوت معنی داری در مقدار فراسنجه‌های GRR و R_0 شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد ایجاد کرد ($P < 0/05$). مقدار این فراسنجه‌ها در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون کمتر از شاهد بود (جدول ۴). بر اساس نتایج به دست آمده، حشره کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در رقم ارلی اوربانا Y به‌طور معنی داری بر مقدار فراسنجه‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تاثیر داشت ($P < 0/05$). مقدار این فراسنجه‌ها در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون (به ترتیب $0/0479$ و $1/0491$ بر روز) کمتر از شاهد (به ترتیب $0/1057$ و $1/1057$ بر روز) تخمین زده شد (جدول ۴). در رقم ارلی اوربانا Y میانگین مدت زمان یک نسل (T) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نیز به‌طور معنی داری با $46/09$ روز در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون بیشتر از شاهد با میانگین $35/12$ روز محاسبه شد (جدول ۴).

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در رقم سوپر استرین B به‌طور معنی داری متأثر از کاربرد حشره کش بود ($P < 0/05$). مقدار این فراسنجه در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون کمتر از شاهد تخمین زده شد (جدول ۴). همچنین، کاربرد حشره-کش در رقم سوپر استرین B، تاثیر معنی داری بر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی داشت. مقدار این فراسنجه در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون با میانگین $0/0684$ بر روز کمتر از شاهد ($0/1288$ بر روز) بود (جدول ۴). نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نیز در رقم سوپر استرین B به‌طور معنی داری در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون کمتر از شاهد به دست آمد ($P < 0/05$) (جدول ۴). همچنین، در رقم سوپر استرین B میانگین مدت زمان یک نسل (T) شب‌پره مینوز گوجه-فرنگی در تیمار آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون $39/10$ روز بود که بیشتر از مقدار میانگین $32/15$ روز در تیمار شاهد بود (جدول ۴).

جدول ۴- فراسنجه‌های جدول زندگی (میانگین \pm خطای معیار) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در هر رقم گوجه‌فرنگی تیمار شده با آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون

Table 4. The life-table parameters (mean \pm SE) of tomato leafminer in tomato varieties treated with alpha-cypermethrin + teflubenzuron

Cultivar	Treatment	GRR	R_0	r	λ	T
Super Strain B	alpha-cypermethrin + teflubenzuron	45.20 \pm 13.12 a	14.53 \pm 2.88 b	0.0684 \pm 0.005 b	1.0708 \pm 0.006 b	39.10 \pm 0.07a
	Control	86.08 \pm 10.49 a	62.96 \pm 8.06 a	0.1288 \pm 0.004 a	1.1375 \pm 0.005 a	32.15 \pm 0.21 b
Early Urbana Y	alpha-cypermethrin + teflubenzuron	18.01 \pm 3.40 b	9.11 \pm 10.80 b	0.0479 \pm 0.0045 b	1.0491 \pm 0.005 b	46.09 \pm 0.31 a
	Control	52.66 \pm 6.57 a	34.16 \pm 4.50 a	0.1005 \pm 0.0038 a	1.1057 \pm 0.0041 a	35.12 \pm 0.030 b

Means followed by different letters in each column are significantly different ($P < 0.05$, paired bootstrap test).

GRR: Gross reproductive rate, R_0 : the net reproductive rate, r : the intrinsic rate of increase, λ : the finite rate of increase, and T: the mean generation time.

همکاران (Taleh *et al.*, 2021a)، حشره کش‌های امامکتین بنزوات، آزادیراختین و ایندوکساکارب به ترتیب با داشتن مقدار LC_{50} برابر $0/52$ ، $5/19$ و $7/13$ میلی گرم ماده موثر بر لیتر سمیت بالایی علیه لاروهای سنین دوم و چهارم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی داشتند. همچنین، نشان داده شده است که آلفا-سایپرمتترین با مقدار LC_{50} برابر $13/95$ میکروگرم بر میلی لیتر روی جمعیت آزمایشگاهی شب‌پره برگ‌خوار

بحث

نتایج نشان داد که آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون تاثیر حشره کشی قابل توجهی علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در ارقام گوجه‌فرنگی آزمایش شده داشت. به طوری که، در رقم ارلی اوربانا Y با داشتن مقدار LC_{50} برابر $45/09$ پی پی ام سمیت بیشتری نسبت به رقم سوپر استرین B با LC_{50} برابر $55/95$ پی پی ام داشت. در تحقیق انجام شده توسط طلعه و

حشره کش آتامکتین باعث کاهش طول عمر حشرات کامل نر و ماده (به ترتیب ۳۱/۸۷ و ۳۲/۴۵ روز) شب پره مینوز گوجه فرنگی نسبت به شاهد (به ترتیب ۳۶/۶۸ و ۳۹/۹۲ روز) شدند. طول عمر حشرات کامل نر و ماده شب پره مینوز گوجه فرنگی در گیاهان گوجه فرنگی تیمار شده با حشره کش ابامکتین بنزوات نسبت به گیاهان تیمار نشده نیز کاهش یافته و به ترتیب ۱۷/۸ و ۱۸/۱۷ روز گزارش شده است (Taleh *et al.*, 2021a). البته مقدار عددی طول عمر حشرات کامل شب پره مینوز گوجه فرنگی در بررسی حاضر کمتر از مقادیر گزارش شده در دو مطالعه اخیر می باشد. اختلاف مشاهده شده می تواند به تفاوت نوع رقم گوجه فرنگی، نوع حشره کش و غلظت مورد استفاده آن و متفاوت بودن شرایط آزمایشی این پژوهش ها نسبت داده شود.

اگر چه تیمار هر دو رقم مورد بررسی با حشره کش آلفاسایپرمترین + تفلوبنزورون، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) شب پره مینوز گوجه فرنگی را در هر دو رقم نسبت به شاهد کاهش داد، ولی اثر کاهشی این حشره کش بر مقدار عددی این فراسنجه در رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده با این حشره-کش بیشتر بود. در پژوهش انجام شده توسط زیبایی و اسماعیلی (Zibae and Esmacily, 2017) نیز مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت برای شب پره مینوز گوجه فرنگی با کاربرد غلظت زیر کشنده (LC₃₀) ابامکتین در مقایسه با شاهد کاهش یافته و ۰/۱۲۰۶ بر روز گزارش شده است. در بررسی حاضر، فراسنجه های جدول زندگی شب پره مینوز گوجه-فرنگی مانند زادآوری، طول عمر، طول دوره تخم گذاری، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در رقم ارلی اوربانا Y کمتر از رقم سوپر استرین B و شاهد بود که نشان می دهد رقم ارلی اوربانا Y در مقایسه با رقم سوپر استرین B مقاومت آنتی بیوزی بیشتری نسبت به آفت داشت. تفاوت در ویژگی های شیمیایی و ریخت شناسی ارقام مختلف گیاهی می تواند تاثیر متفاوتی بر میزان مقاومت آنتی بیوزی گیاهان نسبت به آفات داشته باشند (Ghorbanian *et al.*, 2018). در تحقیق حاضر، سایر فراسنجه های جدول زندگی جمعیت شب پره مینوز گوجه-فرنگی مانند نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در هر دو رقم تیمار

مصری چغندر قند، (*Spodoptera littoralis* (Boisd.)) سمیت بیشتری در مقایسه با جمعیت مزرعای آن با LC₅₀ برابر ۳۵/۵۳ میکروگرم بر میلی لیتر داشت (Fouad *et al.*, 2022). تفاوت میزان کشندگی حشره کش آلفاسایپرمترین + تفلوبنزورون در پژوهش حاضر روی شب-پره مینوز گوجه فرنگی با میزان کشندگی حشره کش های استفاده شده در دو مطالعه اخیر می تواند به تفاوت نوع آفت، نوع حشره کش، دز مصرفی حشره کش و حتی شرایط آزمایش نسبت داده شود.

یافته های بررسی حاضر نشان داد که استفاده از غلظت زیر کشنده (LC₃₀) حشره کش آلفاسایپرمترین + تفلوبنزورون در هر دو رقم مورد بررسی (به ویژه در رقم ارلی اوربانا Y) باعث افزایش معنی دار طول دوره لاروی و سفیرگی شب پره مینوز گوجه فرنگی در مقایسه با شاهد شد. به طور مشابه با وجود متفاوت بودن حشره کش مصرفی، در مطالعه انجام شده توسط طلعه و همکاران (Taleh *et al.*, 2021a)، طول دوره رشدی نابالغ شب پره مینوز گوجه فرنگی هنگام استفاده از غلظت زیر کشنده حشره کش ابامکتین بنزوات نیز تحت تاثیر قرار گرفت و افزایش یافت. طولانی شدن طول دوره نشو و نمای لاروی آفت با کاربرد غلظت زیر کشنده برخی حشره-کش ها می تواند موجب افزایش طول مدت زمان مواجهه افراد نابالغ با سموم شیمیایی یا دشمنان طبیعی شود و بدین ترتیب، کارایی روش های کنترل شیمیایی و بیولوژیک را در برنامه-های مدیریت تلفیقی آفات بهبود بخشد (Sedaratian *et al.*, 2013).

در پژوهش حاضر، بررسی تاثیر تیمار ارقام سوپر استرین B و ارلی اوربانا Y با LC₃₀ حشره کش آلفاسایپرمترین + تفلوبنزورون حاکی از کاهش درصد زنده مانده شب پره مینوز گوجه فرنگی در این تیمارها نسبت به شاهد بود که نشان دهنده تاثیر بالای حشره کش مورد آزمایش در این ارقام می باشد. طول عمر حشرات کامل آفت نیز با کاربرد حشره کش در هر دو رقم مورد بررسی نسبت به شاهد کاهش یافت. به طور مشابه، یافته های زیبایی و اسماعیلی (Zibae and Esmacily, 2017) نشان داد که غلظت های زیر کشنده

ایندوکساکارب نقش موثرتری در کنترل جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی داشت (Katbeh-Bader *et al.*, 2019). بررسی امکان تلفیق دو رقم گوجه‌فرنگی Pesa (F1 و Riogrande VF)، یک حشره‌کش انتخابی (Chlorantraniliprole) و یک دشمن طبیعی (*Macrolophus pygmaeus* Rambur) در مدیریت تلفیقی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نیز نشان داد که جمعیت این آفت زمانی کاهش پیدا کرد که رقم به‌نسبت مقاوم (Riogrande VF) با حشره‌کش و یا رقم حساس (Pesa) (F1 با دشمن طبیعی تلفیق شده بود (Nderitu *et al.*, 2020). بنابراین، استفاده از تلفیق روش‌های مختلف مدیریت آفات مانند کنترل بیولوژیک، کنترل زراعی، ارقام مقاوم و آفت‌کش‌ها می‌تواند در کنترل جمعیت گونه‌های بسیار خسارت‌زای آفات و نیز کاهش تاثیر سوء آفت‌کش‌ها بر محیط زیست مؤثر باشد.

بر اساس نتایج به دست آمده از تحقق حاضر، حشره-کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون به‌ویژه در رقم ارلی اوربانا Y کشندگی مناسبی روی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی داشت. بیشتر فراسنجه‌های جدول زندگی آفت نیز در هر دو رقم مورد بررسی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون قرار گرفت. به‌طوری‌که تیمار ارقام مورد بررسی با غلظت زیرکشنده آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون باعث افزایش معنی‌دار طول دوره لاروی و شفیرگی و کاهش زنده‌مانی، طول عمر، طول دوره تخم-گذاری و زادآوری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در مقایسه با شاهد شد. همچنین، فراسنجه‌های جدول زندگی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مانند R_0 ، r و λ در ارقام گوجه‌فرنگی تیمار شده با آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون به‌طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد بود که نشان‌دهنده تاثیر بالای این حشره‌کش در هر دو رقم مورد بررسی بود. با این حال، در معرض قرارگیری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون در رقم مقاوم ارلی اوربانا Y باعث کاهش اغلب فراسنجه‌های جدول زندگی آفت به‌ویژه r و λ در مقایسه با رقم سوپر استرین B شد. بنابراین، با توجه به اثرات کشندگی و زیرکشدگی مناسب حشره‌کش

شده با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بود. علاوه بر این، مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نیز در رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده با حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. در بررسی انجام شده توسط زیبایی و اسماعیلی (Zibae and Esmaeily, 2017) نیز مقدار فراسنجه‌های r ، R_0 ، GRR و λ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با کاربرد غلظت‌های زیرکشنده آتامکتین نسبت به شاهد تحت تاثیر قرار گرفت و کاهش یافت. میانگین مدت زمان یک نسل (T) متوسط زمانی است که یک جمعیت نیاز دارد تا به اندازه R_0 افزایش یابد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تیمار ارقام سوپر استرین B و ارلی اوربانا Y با LC₃₀ حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون میانگین مدت زمان یک نسل (T) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی را نسبت به شاهد بیشتر کرد.

فتحی و همکاران (Fathi *et al.*, 2015) با مطالعه جدول زندگی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی روی پنج رقم گوجه-فرنگی اهلی گزارش کردند که رقم سوپر استرین B مطلوب-ترین میزان و رقم ارلی اوربانا Y نامطلوب‌ترین میزان برای رشد جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی بود. در پژوهش-هایی دیگر، رقم پرمواری و رقم کینگ استون به‌عنوان ارقام دارای مقاومت آنتی‌بیوزی بیشتر نسبت به این آفت معرفی شدند (Irannejad-Parizi *et al.*, 2015; Khatami *et al.*, 2022). بنابراین، تفاوت نوع رقم با میزان مقاومت آنتی-بیوزی آن نسبت به آفت مرتبط است. در مطالعه حاضر، روند حساسیت و مقاومت نسبی ارقام سوپر استرین B و ارلی اوربانا Y حتی زمانی که شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی روی این ارقام در معرض حشره‌کش آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون قرار گرفت نیز ادامه یافت. این امر نشان می‌دهد که تلفیق رقم ارلی اوربانا Y و آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون می‌تواند تاثیر منفی بیشتری بر جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی داشته باشد. مطالعه تلفیق سه رقم گوجه‌فرنگی (Newton, Dafnis) و Shams) و سه نوع حشره‌کش (فلوبن دیامید، آزادیرکتین و ایندوکساکارب) روی جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که در رقم مقاوم Dafnis استفاده از حشره‌کش

مزرعه‌ای و ارزیابی اثرات زیستی آن روی دشمنان طبیعی برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

این تحقیق در گروه گیاه پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد و بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه قدردانی می‌شود.

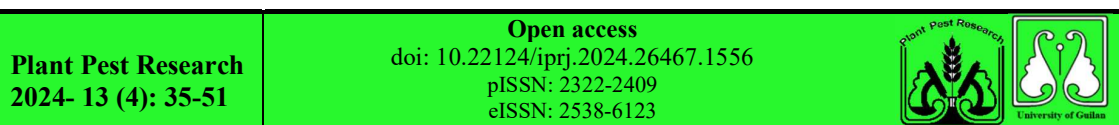
آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون بر جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی روی رقم ارلی اوربانا Y تیمار شده، به نظر می‌رسد تلفیق حشره کش و رقم گوجه‌فرنگی نامبرده می‌تواند در کنترل آفت *T. absoluta* نسبت به رقم سوپر استرین B مؤثرتر باشد. بررسی خواص آفت‌کشی آلفاسایپرمتترین + تفلوبنزورون روی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط

References

- Bajracharya, A. S. R., Mainali, R. P., Bhat, B., Bista, S., Shashank, P. R., & Meshram, N. M. (2016). The first record of South American tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Nepal. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4, 1359-1363.
- Baniameri, V., & Cheraghian, A. (2011). The current status of *Tuta absoluta* in Iran and initial control strategies. *International symposium on management of Tuta absoluta (tomato borer)*, November 16-18, Agadir, Morocco.
- Chavan, D. M., Kharbade, S. B., Kulkarni, S. R., & Pawar, S. A. (2020). Biology and morphometry of tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Meyrick) on tomato. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8, 1821-1825. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.367>
- Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17, 26-34. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>
- Chi, H. (2023). TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-MSChart.zip>.
- Derbalah, A. S., Morsey, S. Z., & El-Samahy, M. (2012). Some recent approaches to control *Tuta absoluta* in tomato under greenhouse conditions. *African Entomology*, 20, 27-34. DOI: <https://doi.org/10.4001/003.020.0104>
- Desneux, N., Denoyelle, R., & Kaiser, L. (2006a). A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere*, 65, 1697-1706. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.04.082>
- Desneux, N., O'neil, R. J., & Yoo, H. J. S. (2006b). Suppression of population growth of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, by predators: the identification of a key predator and the effects of prey dispersion, predator abundance, and temperature. *Environmental Entomology*, 35, 1342-1349. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/35.5.1342>
- Desneux, N., Luna, M.G., Guillemaud, T., & Urbaneja, A. (2011). The invasive South american tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. *Journal of Pest Science*, 84, 403-408. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0398-6>
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C., González-Cabrera, J., Ruescas, D. C., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T., & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83, 197-215. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>
- Fathi, A. A. F., & Behroo-Benamar, R. (2015). Evaluation of the damage level caused by the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) in six cultivars of potato under field condition in Ardabil region. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 38(3), 25-36. (in Farsi). DOI: <https://doi.org/10.22055/ppr.2015.11374>
- Fathi, S. A. F., Solhi, N., Golizadeh, A., & Hassanpour, M. (2015). Comparison of life history parameters of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) on five cultivars of tomato. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 46(1), 141-149. (in Farsi). DOI: <https://doi.org/10.22059/ijpps.2015.54729>

- Fathipour, Y., & Sedaratian, A. (2013). Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems. In: EL- Shemy, H. (Ed.) Soybean pest resistance. InTech, Rijeka (Croatia). pp. 231-280.
- Fouad, E. A., Ahmed, F. S., & Moustafa, M. A. M. (2022). Monitoring and biochemical impact of insecticides resistance on field populations of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae) in Egypt. *Polish Journal of Entomology*, 91, 109-118. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.9707>
- Galdino, T. V. S., Pivanco, M. C., de Moraes, E. G. F., Silva, N. R., da Silva, G. A. R., & Lopes, M. C. (2011). Bioassay method for toxicity studies of insecticide formulations to *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). *Ciencia e Agrotecnologia*, 35(5), 869-877. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500002>
- Garzia, G. T., Siscaro, G., Biondi, A., & Zappalà, L. Z. (2012). *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: Biology, distribution and damage. *EPPO Bulletin*, 42, 205-210.
- Ghorbanian, M., Fathipour, Y., Talebi, A. A., & Reddy, G. V. P. (2018). Different pepper cultivars affect performance of second (*Myzus persicae*) and third (*Diaeretiella rapae*) trophic levels. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 194-202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.12.021>
- Illakwahhi, D. T., & Srivastava, B. B. L. (2017). Control and management of tomato leafminer -*Tuta Absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae), a review. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 10, 14-22.
- Irannejad-Parizi, L., Zahiri, B., Babolhavaeji, H., Khanjani, M., & Shararbar, H. (2015). Evaluation of twelve tomato cultivars for resistance to tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae). *Plant Pests Research*, 5(1), 49-60. (in Farsi).
- Kai, Z. P., Huang, J., Tobe, S. S., & Yang, X. I. (2009). A potential insect growth regulator: synthesis and bioactivity of an allatostatin mimic. *Peptides*, 30, 1249-1253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2009.03.010>
- Katbeh-Bader, A. M., Al-Antary, T. M., & Alhawamdeh, A. S. (2019). The susceptibility of three tomato cultivars and the efficacy of three chemicals in controlling the broad tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in the region of middle Jordan valley in Jordan. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28, 8694-8701.
- Khatami, L., Ghassemi-Kahrizeh, A., Hosseinzadeh, A., & Aramideh, Sh. (2022). Biological parameters of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) on different tomato cultivars. *Plant Pest Research*, 11(4), 15-29. (in Farsi). DOI: <https://10.22124/IPRJ.2022.5450>
- Kilic, T., 2010. First record of *Tuta absoluta* in Turkey. *Phytoparasitica*, 38, 243-244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-010-0095-7>
- Nderitu, P. W., Jonsson, M., Arunga, E., Otieno, M., Muturi, J. J., & Wafula, G. O. (2020). Combining host plant resistance, selective insecticides, and biological control agents for integrated management of *Tuta absoluta*. *Advances in Agriculture*, 6239491. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/6239491>
- Pereyra, P. C., & Sanches, N. E. (2006). Effects of two solanaceous plants on development and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 26, 671-676. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000500016>
- Safaeniya, M., Sedaratian-Jahromi, A., ghane-Jahromi, M., & Haghani, M. (2017). Evaluation of antibiosis resistance of several tomato cultivars to tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) in laboratory conditions. *Applied Entomology and Phytopathology*, 84(2), 327-344. DOI: <https://doi.org/10.22092/jaep.2017.107211>
- SAS Institute, (2002). The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
- Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talaei-Hassanloui, R., & Jurat-Fuentes, J. L. (2013). Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: A carryover study on offspring. *Journal of Applied Entomology*, 137, 540-549. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12030>
- Stark, J. D, Sugayama, R. L., & Kovaleski, A. (2007). Why demographic and modeling approaches should be adopted for estimating the effects of pesticides on biocontrol agents. *BioControl*, 52, 365-374. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-006-9040-6>
- Taleh, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Ebadollahi, A., Sheikhi Garjan, A., & Talebi Jahromi, K. (2021a). Toxicity and biochemical effects of emamectin benzoate against *Tuta absoluta* (Meyrick) alone and in combination with some conventional insecticides. *Physiological Entomology*, 46, 210-217. DOI: <https://doi.org/10.1111/phen.12360>

- Taleh, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Sheikhi Garjan, A., Talebi Jahromi, K., & Ebadollahi, A. (2021b). A laboratory assessment of the lethal and sub-lethal effects of four insecticides considered for commercial control of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *African Entomology*, 29(2), 370–380. DOI: <https://doi.org/10.4001/003.029.0370>
- Tunaz, H., & Uygun, N. (2004). Insect growth regulators for insect pest control. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28, 337-387.
- Van Dam, B., Goffau, M. D., van Lidt de Jeude, J., & Naika, S. (2005). Cultivation of tomato: production, processing and marketing. Agromisa Foundation and CTA Publications, Agricultural University of Wageningen, Netherlands.
- Zibae, I., & Esmaeily, M. (2017). Effect of sublethal doses of abamectin on demographic traits of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Plant Protection Research*, 57, 256-267. DOI: <https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0036>








Research paper

Effects of alpha-cypermethrin + teflubenzuron on the mortality, biological features and life-table parameters of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), on two varieties of tomato

P. Khanmohammadi¹, H. Rafiee Dastjerdi^{2*}, J. Razmjou³, M. Hassanpour⁴, and A. Ebadollahi⁵

1, 2, 3 & 4. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran; 5. Department of Plant Sciences, Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

1.  0009-0000-3284-8709, 2.  0000-0003-1278-2858, 3.  0000-0003-0948-8279, 4.  0000-0002-5409-428X, 5.  0000-0003-3276-1608

(Received: January 13, 2024- Accepted: March 2, 2024)

Abstract

The tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick), is one of the important pests of tomato in Iran. In the present study, the lethal and sublethal effects of the insecticide alpha-cypermethrin + teflubenzuron by leaf dipping method were investigated against the second-instar larvae of the tomato leafminer on Early Urbana Y and Super strain B tomato cultivars. The results showed that the toxicity of alpha-cypermethrin + teflubenzuron to tomato leafminer larvae in the Early Urbana Y variety ($LC_{50} = 4509$ ppm) is more than its toxicity in the Super strain B ($LC_{50} = 5595$ ppm). Treatment with alpha-cypermethrin + teflubenzuron increased the larval and pupal periods and developmental time of the tomato leafminer in the Early Urbana Y compared to the Super Strain B and control group. The lowest longevity and fecundity of the tomato leafminer were observed in the Early Urbana Y. The life-table parameters of the pest, including intrinsic rate of increase (r) and finite rate of increase (λ), on the Early Urbana Y treated by alpha-cypermethrin + teflubenzuron (0.0479 and 1.0491 day⁻¹, respectively) were significantly lower than corresponding amounts on the treated Super Strain B (0.0684 and 1.0708 day⁻¹, respectively). Treatment with alpha-cypermethrin + teflubenzuron increased the mean duration of a generation (T) of pest compared to the control. The results of the present study indicated that the use of alpha-cypermethrin + teflubenzuron on the Early Urbana Y variety in the management of *T. absoluta* could be more effective than the Super strain B variety.

Key words: Life table parameters, tomato leaf miner, toxicity, variety

*Corresponding Author: rafiee@uma.ac.ir

