Journal of Entomological Society of Iran
https://jesi.areeo.ac.ir
Entomological Society of Iran
2023, 43 (3), 219-231
Research Article
https://doi.org.10.61186/jesi.43.3.3
pISSN: 0259-9996
eISSN: 2783-3968
OPEN ACCESS

اثرات کشندگی و زیرکشندگی تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر آماره‌های تولیدمثلی و پیش‌بینی روند جمعیتی مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

سارا ابن عباسی[۱]، فریبا مهرخو[۱] و مریم فروزان[۲]

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

✉ Ebneabbassisarah@gmail.com https://orcid.org/0009-0001-1374-969X
✉ f.mehrkhou@urmia.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-0023-8396

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

✉ maryam_fourouzan@yahoo.com https://orcid.org/0000-0002-5440-3329

چکیده: شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Meyrick) یکی از آفات مهم و کلیدی مزارع و گلخانه‌های گوجه‌فرنگی در سرتاسر جهان می‌باشد. در پژوهش حاضر، اثر غلظت‌های کشنده و زیرکشنده (LC_{25}) دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر آماره‌های جدول زندگی شب‌پره مینوزگوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای زیست‌سنجی‌ها از غوطه‌ورکردن برگ استفاده شد. داده‌های حاصل از جدول زندگی، بر اساس تئوری جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله رشدی تجزیه شدند. نتایج نشان داد که تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (LC_{50}: ۱۷۵/۳۲۷ پی‌پی‌ام) سمیت بالاتری نسبت به فلوبن‌دی‌آمید (LC_{50}: ۲۱۹/۷۵۹ پی‌پی‌ام) برای مرحله تخم *T. absoluta* داشت. اگرچه غلظت‌های زیرکشنده هردو حشره‌کش مذکور، آماره‌های جدول زندگی را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دادند، اما طول دوره‌های مراحل نابالغ با حشره-کش فلوبن‌دی‌آمید با تاخیر بیشتری نسبت به حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات طی شدند. همچنین، آماره‌های رشد جمعیتی نظیر نرخ ذاتی و متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثل به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بودند. مجموع نتایج این پژوهش نشان دادند که هر دو حشره‌کش، دارای اثرات کشندگی و زیرکشندگی قابل قبولی بر تخم *T. absoluta* می‌باشند و می‌توانند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت مدنظر قرارگیرند.

واژه‌های کلیدی: مینوزگوجه‌فرنگی، تیوسیکلام هیدروژن اکسالات، فلوبن‌دی‌آمید، جدول زندگی، اثرات زیرکشندگی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۳
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳
دبیر تخصصی: معصومه ضیایی

Citation: Ebneabbasi, S., Mehrkhou, F. & Fourouzan, M. (2023) Lethal and sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendimide on the population growth parameters and population projection of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Entomol. Soc. Iran* 43 (3), 219-231.

مقدمه

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) آفتی پلی‌فاژ با چرخه زندگی کوتاه و ظرفیت تولیدمثلی بالا است (Cocco *et al.*, 2015؛ Cherif *et al.*, 2019). این آفت در سال‌های اخیر به یک تهدید جدی برای تولید گوجه‌فرنگی در گلخانه‌ها و کشت‌های مزرعه‌ای تبدیل شده است (Campos *et al.*, 2017). مینوز گوجه‌فرنگی علاوه بر گوجه‌فرنگی از گیاهان دیگر تیره بادنجانیان مانند بادنجان، سیب‌زمینی، فلفل‌شیرین و تنباکو تغذیه می‌کند. در صورت عدم وجود میزبان اصلی، روی علف‌های هرز از جمله تاجریزی سیاه و داتوره تغذیه می‌کند (Desneux *et al.*, 2010؛ Pereyra & Sanchez, 2006). مینوز گوجه‌فرنگی با تغذیه از برگ، گل، ساقه و میوه در هر مرحله از رشد، روی گیاهان میزبان باعث خسارت می‌شود. درصورت عدم وجود برنامه‌های مدیریتی، خسارت این آفت می‌تواند به ۸۰-۱۰۰ درصد هم برسد (Balzan & Moonen, 2012؛ Nitin *et al.*, 2019). لاروهای این حشره با تغذیه از مزوفیل و ایجاد دالان آسیب جدی به برگ‌های مورد حمله وارد می‌کنند. گسترش دالان‌های لاروی بر ظرفیت فتوسنتزی گیاه، اثر گذاشته و باعث کاهش عملکرد آن می‌شوند. علاوه بر این، دالان‌های ایجاد شده در میوه ممکن است مورد حمله میکروارگانیسم‌های ثانویه قرار گرفته و موجب پوسیدگی میوه شوند (Urbaneja *et al.*, 2012). ظهور و طغیان آفاتی نظیر مینوز گوجه‌فرنگی روی محصولات گلخانه‌ای، اهمیت مدیریت آنها را بیشتر نمایان می‌کند. اگرچه روش-های مختلف زراعی، فیزیکی، عوامل بیولوژیک و تله‌های فرمونی برای مدیریت این آفت استفاده می‌شود، با این حال استفاده از حشره‌کش‌ها به دلیل کاربرد آسان و کارایی بالا به‌عنوان یکی از راهکارهای اصلی در مدیریت این آفت محسوب می‌شوند (Braham & Hajji, 2011). با توجه به اینکه این گونه به سرعت

Corresponding author: Fariba Mehrkhou (E-mail: f.mehrkhou@urmia.ac.ir)
© 2023 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran
This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

به تعدادی زیادی از حشره کش‌ها مقاومت نشان داده است (Lietti *et al.*, ؛ Sadeghinasab *et al.*, 2017؛ Silva *et al.*, 2011؛ Nozad-Bonab *et al.*, 2017 Siqueira *et al.*, 2000, 2001؛2005)، در راستای مدیریت مقاومت استفاده از گروه‌های مختلف حشره‌کش با نحوه اثر متفاوت نظیر آبامکتین، اسپینوساد، تبوفنوزاید و کلرفناپیر معرفی شدند (Lietti *et al.*, 2005). از طرف دیگر مصرف تازه‌خوری اغلب محصولات گلخانه‌ای و لزوم رعایت دوره کارنس برای حشره-کش‌های مورد استفاده در گلخانه‌ها از جمله مواردی است که در انتخاب حشره‌کش‌ها باید مد نظر قرار گیرد. لذا برای رفع مشکلات مذکور، استفاده آگاهانه و هوشمندانه از حشره‌کش‌ها، راهکاری است که می‌تواند در قالب مدیریت تلفیقی برای آفت مذکور مورد استفاده قرار گیرد (Souza and Reis, 1986). حشره‌کش-های فلوبن‌دی آمید (تاکومی) و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (اویسکت) به دلیل انتخابی بودن، فعالیت حشره‌کشی بالا و سمیت کم برای پستانداران، بطور گسترده در کنترل تمام مراحل رشد و نمو آفات راسته‌های بالپولکداران، دوبالان و سخت‌بالپوشان روی محصولاتی از جمله برنج، سیب‌زمینی، سبزیجات و میوه به کار می‌روند (Liu *et al.*, 2015؛ Adams *et al.*, 2016؛ Tian *et al.*, 2020). حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات یک حشره‌کش تماسی-گوارشی و تا حدی سیستمیک بوده و با مهارگیرنده‌ی استیل‌کولین باعث فلج و مرگ حشره می‌شود (Civelek & Weintraub, 2003)، در حالیکه حشره‌کش فلوبن‌دی‌آمید با اتصال به کمپلکس گیرنده ریانودین باعث آزادسازی طولانی مدت ذخایر کلسیم داخل سلولی شده که در نتیجه‌ی آن تغذیه حشره به سرعت متوقف شده، سپس فلج عضلانی و نهایتا مرگ حشره اتفاق می‌افتد (Adams *et al.*, 2016). ارزیابی اثرات زیستی آفت‌کش‌ها روی آفات، بیشتر روی برآورد مرگ و میر متمرکز شده و به اثرات دراز مدت آفت‌کش‌ها روی آفات توجه کمتری شده است، اما بهترین روش برای ارزیابی اثرات کلی یک آفت‌کش، علاوه بر اثرات کشندگی، تجزیه و تحلیل جداول زیستی یا سم‌شناسی دموگرافیک می‌باشد (Taheri-Sarhozaki & Safavi, 2014؛ Mahmoodi *et al.*, 2020). برآورد آماره‌های رشد جمعیت و تعیین نحوه تغییر جمعیت حشرات از طریق مطالعه اثر آفت‌کش روی توانایی تولیدمثلی، می‌تواند در انتخاب یک حشره‌کش مناسب بسیار مفید باشد. دستیابی به این اطلاعات ممکن است به توجیه علل طغیان و تجدید حیات آفات ناشی از کاربردهای قبلی حشره‌کش‌ها کمک کند. یک مزیت مهم برای ارزیابی اثرات زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌ها، توانایی اجرای برنامه‌های موثرتر و سازگار با محیط زیست در برنامه‌های مدیریت آفات می‌باشد (Desneux *et al.*, 2007). لذا مطالعات سم‌شناسی دموگرافی در برآورد اثرات زیرکشنده حشره‌کش روی رشد جمعیت آفت هدف بسیار مهم می‌باشد (Lashkari *et al.*, 2007). اغلب مطالعات انجام شده، به مطالعه اثر حشره‌کش‌ها در مرحله لاروی مینوز گوجه‌فرنگی پرداخته‌اند (Sheikhi Garjan *et* ؛ Alikhani *et al.*, 2019؛ Sadeghi nasab *et al.*, 2021 Radwan & Taha, 2012؛*al.*, 2013) و تعداد معدودی از مطالعات اثر حشره‌کش‌ها را روی مراحل تخم و لاروهای نئونات مینوز گوجه‌فرنگی بررسی کرده اند (Nozad-Bonab *et al.*, 2017؛ Kabiri Raeisabad, 2019). با توجه به اینکه کنترل شیمیایی با این آفت به سبب وجود لاروها درون دالان‌ها دشوار است (IRAC, 2007)، لذا در این پژوهش جهت موفقیت بیشتر کنترل شیمیایی اقدام به مطالعه اثر حشره‌کش‌های مذکور در مرحله تخم گردید. از آنجائیکه اطلاعات جامع و کاملی درخصوص اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این پژوهش، روی آماره‌های زیستی و تحلیل کمی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی با استفاده از جدول زندگی دو جنسی در دسترس نمی‌باشد و از طرف دیگر به دلیل قابلیت این روش در توصیف و نقش هر یک از مراحل زیستی گونه مذکور در افزایش و روند تغییرات جمعیتی، اهمیت این نوع مطالعات بیش از پیش نمایان می‌شود (Atlihan *et al.*, 2017؛ Özgökçe *et al.*, 2018a, b). بنابراین هدف از انجام این پژوهش، مطالعه اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر فراسنجه‌های زیستی، تولیدمثلی و پیش‌بینی روند رشدی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها

کشت گوجه‌فرنگی. کاشت بذرهای گوجه‌فرنگی رقم وانیا در داخل سینی‌های کشت حاوی پیت‌ماس انجام شده و بعد از مرحله‌ی چهار برگی نشاها به گلدان‌های اصلی با قطر ۱۵ سانتی‌متر که با ترکیبی از خاک، ماسه و پیت‌ماس پر شده بودند، انتقال داده شدند. جهت جلوگیری از آلوده شدن گلدان‌ها، پرورش و نگهداری آنها در اتاق رشد مجزا صورت گرفت. در طول مدت آزمایش‌ها، کاشت گلدان‌ها هر سه ماه یکبار تجدید گردید. همچنین هیچگونه سمپاشی در طی کشت گلخانه‌ای صورت نگرفت. پرورش گیاهان در گلخانه با شرایط دمایی ۲ ± ۲۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت روشنایی و تاریکی انجام گرفت (Sadeghinasab, 2017).

پرورش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی. جهت تشکیل کلنی مینوز گوجه‌فرنگی، حشرات کامل از گلخانه آلوده گروه گیاهپزشکی دانشگاه ارومیه، با آسپیراتور جمع‌آوری شده و به داخل قفس‌های چوبی (به ابعاد ۹۰×۶۰×۵۰ سانتی‌متر) حاوی گلدان‌های گوجه‌فرنگی رهاسازی شدند. حشرات نر و ماده را می‌توان از شکل ظاهری شکم و لکه‌های زیرشکم تشخیص داد. به‌طوریکه حشرات نر دارای شکم باریک‌تر و نوک‌تیزتر از ماده‌ها بوده و لکه‌های سطح زیرین شکم نامنظم‌تر و پخش به نظر می‌رسد. در حالی‌که در ماده‌ها شکم پهن‌تر و خطوط مورب زیر شکم وضوح بیشتری دارد (Bloem & Spaltenstein, 2011). جهت همسن‌سازی کلنی، حشرات کامل رهاسازی شده به داخل قفس، بعد از گذشت ۲۴ ساعت از قفس خارج شدند، بدین ترتیب از تخم‌های همسن گذاشته شده در طول ۲۴ ساعت برای تشکیل کلنی و جمعیت همسن استفاده گردید. پرورش حشرات در اتاقک رشد با شرایط کنترل شده (دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت روشنایی و تاریکی صورت گرفت. پرورش حشرات به مدت دو نسل قبل از انجام آزمایشات اصلی ادامه یافت.

حشره‌کش‌های مورد استفاده. حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات SP50% (Evisect)*، و فلوبن‌دی‌آمید WG 20% (Takomi) ساخت کشور ژاپن به ترتیب از شرکت‌های آریستا لایف ساینس و بازرگان کالا تهیه شدند.

زیست‌سنجی مقدماتی برای تعیین LC_{50} و LC_{25}. غلظت توصیه شده روی برچسب حشره‌کش‌ها، برای حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۰/۷۵کیلوگرم در هکتار) و برای فلوبن‌دی‌آمید (۲۵۰ گرم در هکتار) است (Nourbakhsh, 2019). ابتدا در آزمایش مقدماتی، غلظت‌هایی که در حشرات مورد

آزمایش تلفاتی در محدوده ۲۰–۸۰ درصد را ایجاد نمودند، انتخاب شدند (Robertson *et al.*, 2007). سپس، سه غلظت حد واسط نیز محاسبه شدند. در نهایت پنج غلظت ۲۵، ۵۴/۱۰، ۱۱۷/۳۰، ۲۵۴ و ۵۵۰ پی‌پی‌ام برای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و پنج غلظت ۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام برای فلوبن‌دی‌آمید به همراه شاهد، در زیست‌سنجی اصلی استفاده شد. در زیست‌سنجی از روش غوطه‌ور کردن برگ استفاده شد (Silva *et al.*, 2011). بدین ترتیب که برگ‌های گوجه‌فرنگی به قطر ۵ سانتی‌متر، حاوی ۱۵ عدد تخم سه روزه حشره به مدت ۳۰ ثانیه داخل غلظت‌های مورد نظر فرو برده شدند و از سطح پشتی در داخل پتری‌دیش‌هایی به قطر ۸ سانتی‌متر قرار داده شدند (۵ غلظت در ۴ تکرار). برای حفظ شادابی و رطوبت برگ‌ها از پنبه آغشته به آب که دور دمبرگ پیچانده شده بود، استفاده شد. برای تهویه ظروف پتری، روی درپوش آن‌ها منفذ ایجاد شده و با توری ارگانزا پوشانده شد. در تیمار شاهد نیز از آب مقطر استفاده شد. ظهور لاروهای سن اول و نفوذ آنها به برگ‌ها معیاری جهت زنده‌مانی تخم‌های تیمارشده در نظر گرفته شد (Nozad-Bonab *et al.*, 2017؛ Ziaee & Sohrabi, 2021). زیست سنجی در دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت روشنایی و تاریکی انجام گرفت.

تاثیر غلظت زیرکشنده (LC_{25}) حشره کش های مورد مطالعه بر آماره‌های زیستی و تحلیل کمی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی. جهت مطالعه فراسنجه‌های جدول‌زندگی از غلظت‌های زیرکشنده (LC_{25}) ۷۸/۲۳ و ۸۵/۱۴ پی‌پی‌ام به ترتیب برای حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی–آمید استفاده شد. بدین ترتیب که به‌ترتیب ۹۹، ۱۳۰ و ۱۰۴ عدد تخم سه روزه (به طور متوسط هر برگ حاوی ۲–۳ عدد تخم) به مدت ۳۰ ثانیه در غلظت‌های مذکور فروبرده شدند. با ظهور لاروهای سن اول، لاروها به ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (ارتفاع ۴ سانتی‌متر و قطر ۲ سانتی‌متر) حاوی برگ، که در آنها با توری مسدود شده بود، به صورت انفرادی منتقل شدند. برگ‌ها از سطح زیری در داخل ظروف پلاستیکی قرار گرفتند و برای حفظ رطوبت برگ‌ها از پنبه آغشته به آب که به دور دمبرگ پیچانده شده بود استفاده گردید. از ۸۴، ۶۱ و ۵۴ عدد لارو سن اول هم‌سن مینوز گوجه‌فرنگی و در نهایت از ۱۵، ۱۰ و ۱۶ ماده برای ثبت زادآوری، به‌ترتیب برای تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات، فلوبن‌دی‌آمید و شاهد استفاده شد و در مطالعات آماره‌های جدول زندگی مورد بررسی قرار گرفتند. هر ۴–۳ روز یک‌بار، برگ‌های خشک شده با برگ‌های تازه و تیمار نشده جایگزین شدند. در تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. میزان بقا، مرگ و میر روزانه، طول دوره پیش از بلوغ، طول عمر حشرات کامل، طول دوره‌های تخم‌ریزی (پیش از تخم‌ریزی، دوره تخم‌ریزی و پس از تخم‌ریزی) و تولیدمثل حشرات کامل مینوزگوجه‌فرنگی تا زمان مرگ همه آنها به صورت روزانه ثبت شد. همه آزمایش‌ها در دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت روشنایی و تاریکی انجام گرفت.

تجزیه داده‌ها. برای محاسبه مقادیر LC_{25} و LC_{50} پروبیت به روش (Finney, 1971) در برنامه آماری SPSS 19 انجام شد (SPSS, 2019). داده‌های حاصل از جدول زندگی و روند رشد جمعیتی، بر اساس جدول زندگی دو جنسی سن– مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار Twosex-MsChart و Timing تجزیه گردید (Chi & Liu, 1985؛ Chi, 1988؛ Chi, 2020a, b). میانگین و خطای استاندارد آماره‌های جدول زندگی، با استفاده از روش Bootstrap محاسبه شده و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات انجام یافت (SigmaPlot 2012,Ver. 12.3).

نتایج

اثرات کشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید روی مینوز گوجه‌فرنگی. غلظت‌های LC_{50} و LC_{90} حاصل از نتایج زیست‌سنجی برای مقادیر غلظت– پاسخ برآورد شده تخم‌های سه روزه مینوز گوجه‌فرنگی در ز مان ظ هور لارو های سن اول، برای ح شره کش های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات به ترتیب ۱۷۵/۳۲۷و ۸۱۲/۳۴۲ و فلوبن‌دی‌آمید ۲۱۹/۷۵۹ و ۱۳۳۱/۷۰۲ پی‌پی‌ام بود و این در حالی است که هیچ گو نه مرگ و میری برای تیمار شاهد مشاهده نشد (جدول۱). براساس مقادیر به دست آمده، حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات موثرتر از حشره‌کش فلوبن‌دی‌آمید بود.

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر طول دوره‌ی زیستی مینوز گوجه‌فرنگی. اثرات زیرکشندگی دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید روی طول دوره‌ی زیستی مینوز گوجه‌فرنگی در جدول ۲ نشان داده شده‌است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که حشره‌کش‌های مورد استفاده طول دوره‌های تخم، لاروی (تیوسیکلام هیدرووژن اکسالات) و شفیرگی (فلوبن‌دی‌آمید) را نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین و کمترین طول دوره مراحل نابالغ به ترتیب مربوط به حشره‌کش فلوبن‌دی‌آمید و شاهد بود (جدول ۲).

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره‌ی مراحل تخم‌گذاری و باروری مینوز گوجه‌فرنگی. نتایج این پژوهش نشان دادند که اختلاف معنی‌داری از نظر طول عمر حشرات کامل (نر و ماده) بین تیمارها وجود نداشت ($P>0/05$)، با این حال، ماده‌ها دارای طول عمر کوتاهتری در مقایسه با نرها بودند (جدول ۳).

جدول ۱– آنالیز پروبیت ناشی از سمیت تماسی تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید علیه تخم‌های سه روزه مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Table 1. Probit analysis results of contact toxicity of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide against three day olds of tomato leafminer moth *Tuta absoluta*

Insecticide	LC_{25} (ppm)	LC_{50} (ppm)	Slope±SE	χ^2(df)	No.
Thiocyclam hydrogen oxalate	78.232 (36.76-122.51)	175.327 (111.043-312.48)	1.92±0.20	5.752 (3)	300
Flubendiamide	85.140 (12.871-148.557)	219.759 (112.796-376.249)	1.638±0.227	5.495 (3)	300

جدول۲- اثرات زیرکشندگی (LC_{25}) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر طول دوره زیستی مراحل نابالغ مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Table 2. Sublethal effects (LC_{25}) of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide on developmental period of tomato leafminer moth *Tuta absoluta*

Parameters	Control	Thiocyclam hydrogen oxalate	Flubendiamide
Egg (days)	3.21±0.06^{b}(53)	3.42±0.09^{a}(66)	3.26±0.07^{ab}(57)
L1(days)	2.38±0.08^{b}(53)	2.69±0.08^{a}(62)	2.3±0.07^{b}(57)
L2 (days)	2.51±0.08^{b}(53)	2.97±0.08^{a}(59)	2.96±0.07^{a}(57)
L3 (days)	3.08±0.07^{b}(49)	3.36±0.1^{a}(55)	3.45±0.08^{a}(56)
L4 (days)	3.33±0.1^{b}(46)	3.63±0.12^{ab}(46)	3.9±0.14^{a}(49)
Larval duration (days)	11.24±0.18^{b}(46)	12.74±0.23^{a}(46)	12.49±0.23^{a}(49)
Pupa(days)	9.65±0.21^{b}(34)	9.21±0.25^{b}(38)	10.74±0.25^{a}(34)
Pre-adult duration (days)	24.03±0.27^{c}(34)	25.24±0.33^{b}(38)	26.74±0.33^{a}(34)

حروف مختلف در هر ردیف اختلاف معنی‌دار بین تیمارها را در سطح ۵ درصد بر اساس روش بوت استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار نشان می‌دهند

The means followed by different letters in each raw are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 bootstrap resampling)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به بررسی طول دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری، کل دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری، باروری و طول دوره‌ی تخم‌گذاری مینوز گوجه‌فرنگی تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که استفاده از حشره‌کش‌های فلوبن- دی‌آمید و تیوسکلام هیدروژن اکسالات نه تنها باعث تاخیر حشرات کامل F1 در ورود به مرحله پیش از تخم‌گذاری شدند، بلکه طول دوره تخم‌ریزی در آنها نیز کاهش یافته ($P<0/05$) که نتیجه آن با کاهش میزان باروری همراه بود.

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر آماره‌های رشد جمعیتی. نتایج مقایسه‌ی میانگین آماره‌های رشد جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. نتایج این پژوهش نشان دادند که میزان نرخ خالص تولیدمثلی (R_0) از ۳۹/ ۱۳ (نتاج/ ماده) تا ۴۳/۷۲ (نتاج/ ماده) به ترتیب در تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و شاهد متغیر بودند، که حاکی از تأثیر منفی بیشتر این تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) که یکی از مهمترین آماره‌های رشد جمعیتی پایدار می‌باشد، تحت تاثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش کاهش پیدا کرد. بیش‌ترین مقدار این آماره در تیمار شاهد (۰/۱۳۲ بر روز) به دست آمد (جدول ۴)، اگرچه بین حشره‌کش‌های مورد مطالعه از نظر نرخ ذاتی افزایش جمعیت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با این حال بیشترین و کمترین مدت زمان یک نسل (T) به ترتیب مربوط به تیمارهای فلوبن‌دی‌آمید (۳۲/۰۱ روز) و شاهد (۲۸/۵۹ روز) مشاهده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده حشره‌کش فلوبن‌دی‌آمید باعث افزایش معنی‌داری در مقدار مدت زمان یک نسل نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

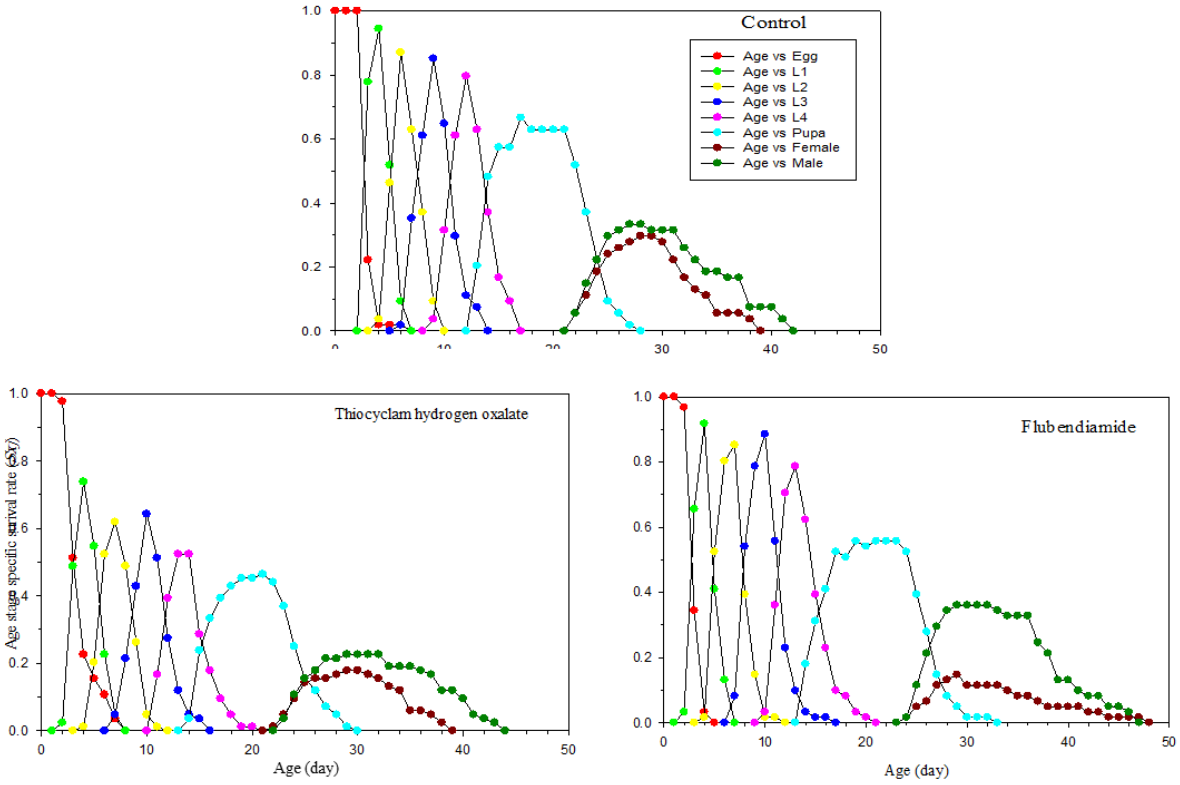
اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر نرخ بقا، زادآوری ناخالص، زادآوری خالص، امید به زندگی و نرخ تولیدمثلی ویژه‌ی سنی مینوز گوجه‌فرنگی. منحنی‌های مربوط به نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن- مرحله‌ی زیستی مینوزگوجه‌فرنگی (S_{xj}) تحت تاثیر غلظت زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که نرخ بقای ویژه سنی مینوزگوجه‌فرنگی در زمان ورود به مرحله حشره کامل ماده، با شاهد (۶۲ درصد) و تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۴۵ درصد) و فلوبن‌دی‌آمید (۵۵ درصد) بود. به‌طوری که کاهش میزان نرخ بقای مرحله‌ی ماده‌ی بالغ در غلظت زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد مشاهده گردید (شکل ۱).

بررسی منحنی زادآوری ناخالص ویژه‌ی سنی (m_x) وزادآوری خالص ویژه‌ی سنی (l_xm_x) نشان داد که تیمار با غلظتهای زیرکشنده حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید باعث اثرات سوء روی حشرات بالغ مینوزگوجه‌فرنگی شده و شروع تخم‌ریزی را در آن‌ها نسبت به شاهد به تأخیر می‌اندازد. حشرات کاملی که از تخم‌های تیمار شده با حشره‌کش تکامل یافته بودند با تاخیر وارد مرحله تولیدمثلی شدند که این مقدار در تیمار فلوبن‌دی‌آمید (۲/۸ روز عمر) در حالی‌که در شاهد سریعتر از سایر تیمارها وارد این مرحله از زندگی (۱/۳۸روز عمر) شد. بیشترین زادآوری خالص ویژه‌ی سنی حشرات بالغ از ۲/۶۳ (تیوسیکلام هیدروژن اکسالات) تا ۶/۴۰ (شاهد)، نتاج /روز عمر متغیر بود (شکل ۲).

منحنی امید به زندگی ویژه سن- مرحله رشدی مینوز گوجه‌فرنگی در شکل ۳ نشان داده شده است. روز صفر امید به زندگی مرحله تخم از ۲۷/۲۷ روز در تیمار شاهد به ۲۲/۱۳ روز در تیمار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات کاهش یافت (شکل۳).

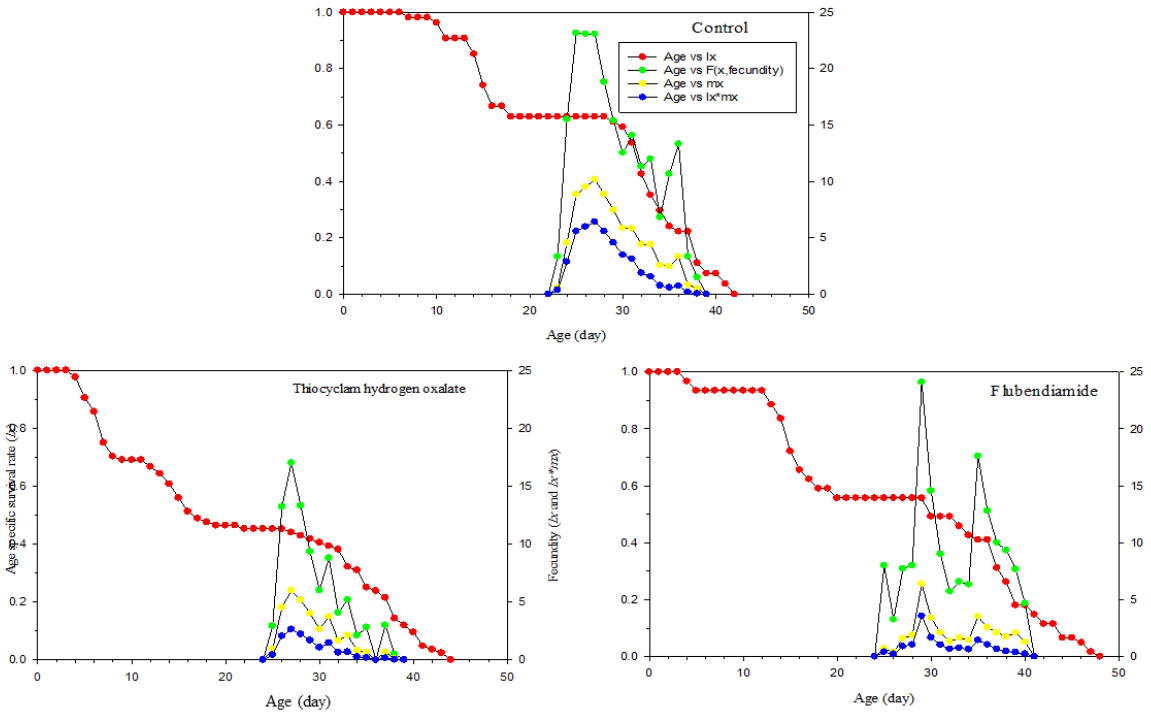
ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) عبارت است از تعداد نتاجی که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن x و در مرحله رشدی j در باقی مانده عمرش تولید کند. نمودارها بیانگر کاهش میزان نرخ یا ارزش تولیدمثلی در حشرات تیمارشده با حشره‌کش‌ها نسبت به تیمار شاهد بود. به طوریکه بیشترین نرخ یا ارزش تولیدمثلی به ترتیب در تیمار شاهد (۱۰۳/۱۷ تخم/بیست و چهارمین روز)، فلوبن‌دی‌آمید (۶۸/۱۹ تخم/ بیست و پنجمین روز) و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۶۲/۱۹ تخم/ بیست و ششمین روز) به دست آمد (شکل ۴). شکل ۵ اثرات غیرکشندگی دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید را در تغییرات و پیش‌بینی رشد جمعیت مینوزگوجه فرنگی به تفکیک مرحله سنی حشره بعد ازگذشت شصت روز نشان می‌دهد (شکل۵).

نتایج این پژوهش نشان دادند که در صورت عدم استفاده از حشره‌کش (گروه شاهد)، اندازه جمعیت به علت بالا بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت، بعد از گذشت دو ماه به بیشترین میزان خود می‌رسد در حالی که اگر در معرض غلظت غیرکشنده حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید قرار بگیرند،کمترین میزان رشد جمعیتی را تجربه خواهند کرد به طوری که بالاترین سرعت رشدونمو در تیمار شاهد و کم‌ترین آن در حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات مشاهده گردید (شکل۶).



شکل ۱– اثرات غلظت‌های زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر نرخ بقا ویژه سن–مرحله‌ای (S_{xj}) پروانه مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Fig. 1. Sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide on age-stage specific survival rate (S_{xj}) of tomato leafminer moth *Tuta absoluta*



شکل ۲– اثرات غلظت‌های زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سن–مرحله‌ای (m_x) و باروری خالص روزانه (l_xm_x) پروانه مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Fig. 2. Sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide on age-specific survival (l_x), age-stage specific fecundity (m_x) and age- specific fecundity (l_xm_x) of tomato leafminer moth *Tuta absoluta*

جدول۳- اثرات زیرکشندگی (LC_{25}) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره تخم‌ریزی و باروری مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Table 3. Sublethal effects (LC_{25}) of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide on adult longevity, oviposition period and fecundity of tomato leafminer moth *Tuta absoluta*.

Parameters	Control±SE	Thiocyclam hydrogen oxalate±SE	Fubendiamide±SE
Male Adult (days)	12.28±0.93^{a}(18)	11.57±1.06^{a}(23)	12.38±0.87^{a}(24)
Male total longevity(days)	36.17±0.93^{b}(18)	37.17±1.08^{ab}(23)	38.96±0.94^{a}(24)
Female Adult (days)	9.56±0.47^{a}(16)	10.6±0.7^{a}(15)	10.0±1.69^{a}(10)
Female total longevity (days)	33.75±0.72^{a}(16)	35.27±0.64^{a}(15)	37.1±1.89^{a}(10)
APOP (days)	1.38±0.15^{b}(16)	2.27±0.18^{a}(15)	2.8±0.53^{a}(10)
TPOP (days)	25.56±0.47^{c}(16)	26.93±0.48^{b}(15)	29.9±1.06^{a}(10)
Oviposition period (days)	7.38±0.36^{a}(16)	4.73±0.47^{b}(15)	4.6±0.62^{b}(10)
Fecundity(eggs/female)	147.56±10.67^{a}(16)	75.0±12.8^{b}(15)	91.8±15.9^{b}(10)

حروف مختلف در هر ردیف اختلاف معنی‌دار بین تیمارها را در سطح ۵ درصد بر اساس روش بوت استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار نشان می‌دهند.

The means followed by different letters in each raw are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 resampling).
APOP: Adult Pre-Ovipositional Period; TPOP: Total Pre-Ovipositional Period.

بحث

نتایج ما نشان دادند که غلظت کشنده (LC_{50}) حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات تاثیر بیشتری روی تخم‌های سه روزه مینوز گوجه فرنگی نسبت به حشره‌کش فلوبن‌دی‌آمید داشت و LC_{50} های به دست آمده برای هر دو حشره‌کش استفاده شده در این پژوهش روی مرحله تخم موثرتر از حشره‌کش‌های آزادیراکتین و ایندوکساکارب روی تخم مینوز گوجه فرنگی استفاده شده توسط Kabiri Raeisabad (2019) بودند. مقایسه نتایج پژوهش اخیر با یافته‌های Sadeghi Nasab *et al.* (2021)، که با حشره‌کش‌های مشابه در این پژوهش و بر روی لاروهای سن‌سوم مینوزگوجه فرنگی انجام داده بودند نشان داد که هر دو حشره‌کش مورد مطالعه محققان مزبور، بر روی مرحله لاروی موثرتر از مرحله تخم در این پژوهش بودند. علت این اختلاف را می‌توان به تفاوت در میزان حساسیت مراحل مختلف زیستی، شرایط فیزیولوژیکی حشره (Mahmoodi *et al.*, 2020)، نوع رقم و میزبان گیاهی (Giustolin *et al.*, 2001)، ساختار شیمیایی و مکانیسم عمل حشره‌کش‌های مورد مطالعه ربط داد (Teixeira & Andaloro, 2013؛ IRAC, 2014). به عبارت دیگر، در نتیجه سمیت گوارشی و به دنبال توقف تغذیه‌ای، لاروها حساسیت بیشتری را نسبت به تخم‌ها در سمیت تماسی نشان دادند.

در مطالعه (Nozad-Bonab *et al.*, 2017) که به مطالعه اثرات کشندگی و زیرکشندگی چندین حشره‌کش‌های شیمیایی و بیولوژیکی بر روی مراحل تخم و لاروهای نئونات مینوز گوجه‌فرنگی پرداخته بودند، حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول موثرتر از حشره‌کش‌های آبامکتین و اسپینوزاد بود و غلظت‌های به دست آمده برای حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول پایین‌تر از حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این پژوهش بود. علت این تفاوت‌ها را می‌توان به تفاوت در نوع حشره‌کش مورد استفاده و جمعیت‌های گونه مورد مطالعه در پژوهش نیز ربط داد.

تاخیر در مدت زمان رشد و نمو، کاهش طول دوره تولیدمثلی و مدت زمان یک نسل حشره از اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌ها روی نتاج حاصله (F1) می باشد (Mahmoodi *et al.*, 2020). یکی از دلایل مهم طغیان آفات، استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌ها بوده که با تحریک سیستم تولیدمثلی و افزایش میزان باروری و کاهش تاثیر دشمنان طبیعی همراه بوده‌است (Desneux *et al.*, 2007؛ Wang *et al.*, 2013؛ Liu *et al.*, 2016). اگرچه برخی از مطالعات انجام یافته، بیانگر تاثیر غلظت‌های زیرکشنده بر طغیان حشرات آفات می‌باشد (Desneux *et al.*, 2007؛ Haddi *et al.* 2016)، ولی مطالعات به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید نه تنها باعث تحریک باروری و تولیدمثل مینوزگوجه‌فرنگی نشده، بلکه با وجود استفاده از غلظت‌های زیرکشنده، میزان باروری هم کاهش یافت. نتایج ما نشان داد که تخم‌های تیمارشده با حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید اثرات قابل توجهی بر نرخ رشد جمعیت نتاج حاصله از جمله تاثیر بر مدت زمان رشد و نمو، نرخ بقا و باروری داشت.

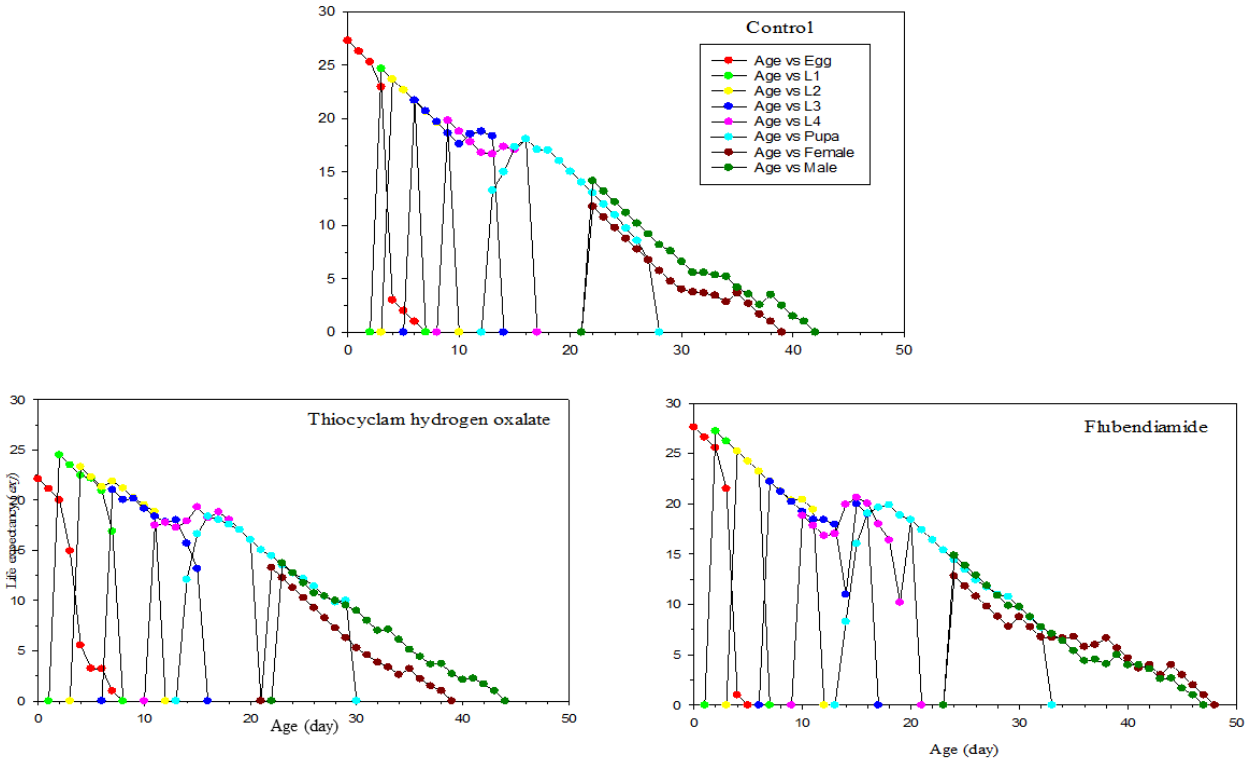
جدول٤- اثرات زیرکشندگی (LC_{25}) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر بر آماره‌های رشد جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta*

Table 4. Sublethal effects (LC_{25}) of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide on the population growth parameters of tomato leafminer moth *Tuta absoluta*

	Treatments		
Population parameters	Control±SE	Thiocyclam hydrogen oxalate±SE	Flubendiamide±SE
Intrinsic rate of increase (r) (day^{-1})	0.132±0.008^{a}(54)	0.087±0.01^{b}(84)	0.084+0.01^{b}(61)
Finite rate of population increase (λ) (day^{-1})	1.14±0.009^{a}(54)	1.091±0.01^{b}(84)	1.08+0.01^{b}(61)
Net reproductive rate (R_0) (offspring)	43.72± 9.67^{a}(54)	13.39±3.77^{b}(84)	15.04+4.99^{b}(61)
Gross reproductive rate (*GRR*) (offspring)	80.23±16.58^{a}(54)	32.95±8.35^{b}(84)	34.18+12.66^{b}(61)
Mean generation time (T) (days)	28.59±0.47^{b}(54)	29.5±0.55^{ab}(84)	32.01+1.2^{a}(61)

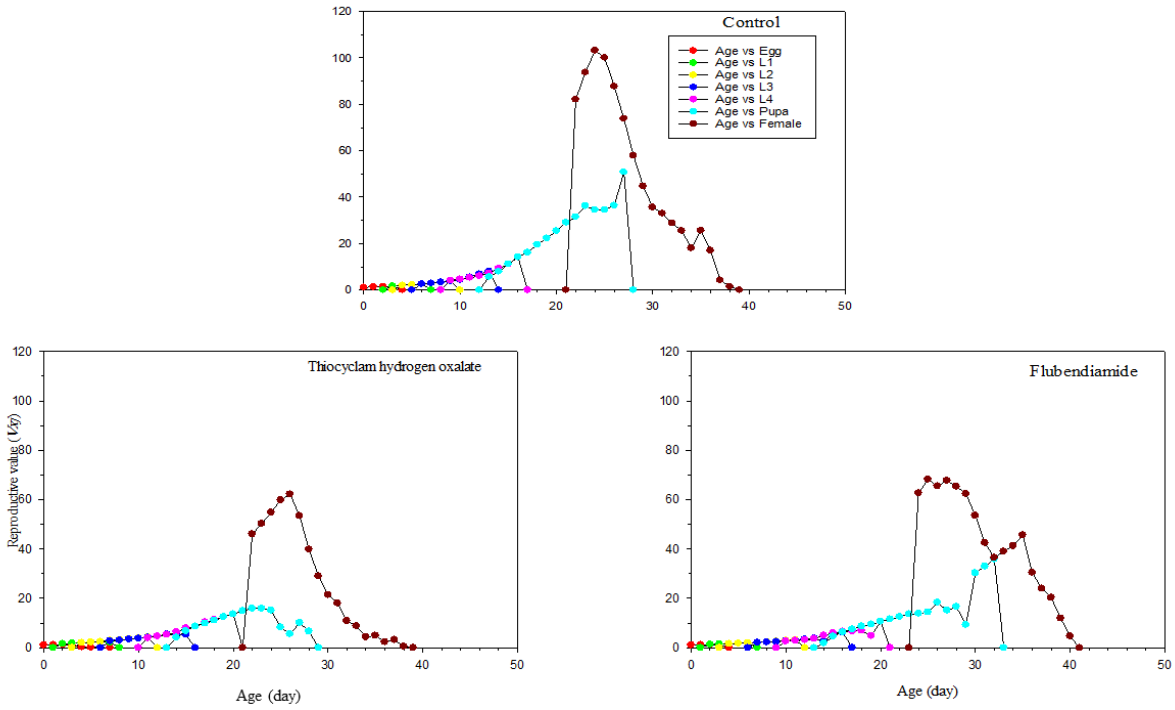
حروف مختلف در هر ردیف اختلاف معنی‌دار بین تیمارها را در سطح ۵ درصد بر اساس روش بوت استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار نشان می‌دهند

The means followed by different letters in each raw are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 resampling).
R_0: net reproductive rate (offspring per female); *GRR*: gross reproductive rate (offspring per female); r_m: intrinsic rate of increase (per day); λ: finite rate of increase (per day); T: generation time (day).



شکل ۳– اثرات غلظت‌های زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر امید به زندگی سن–مرحله‌ای (e_{xj}) پروانه مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Fig. 3. Sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide on age-specific survival (l_x), age-stage specific fecundity (m_x) and age- specific fecundity (l_xm_x) of tomato leafminer moth *Tuta absoluta*



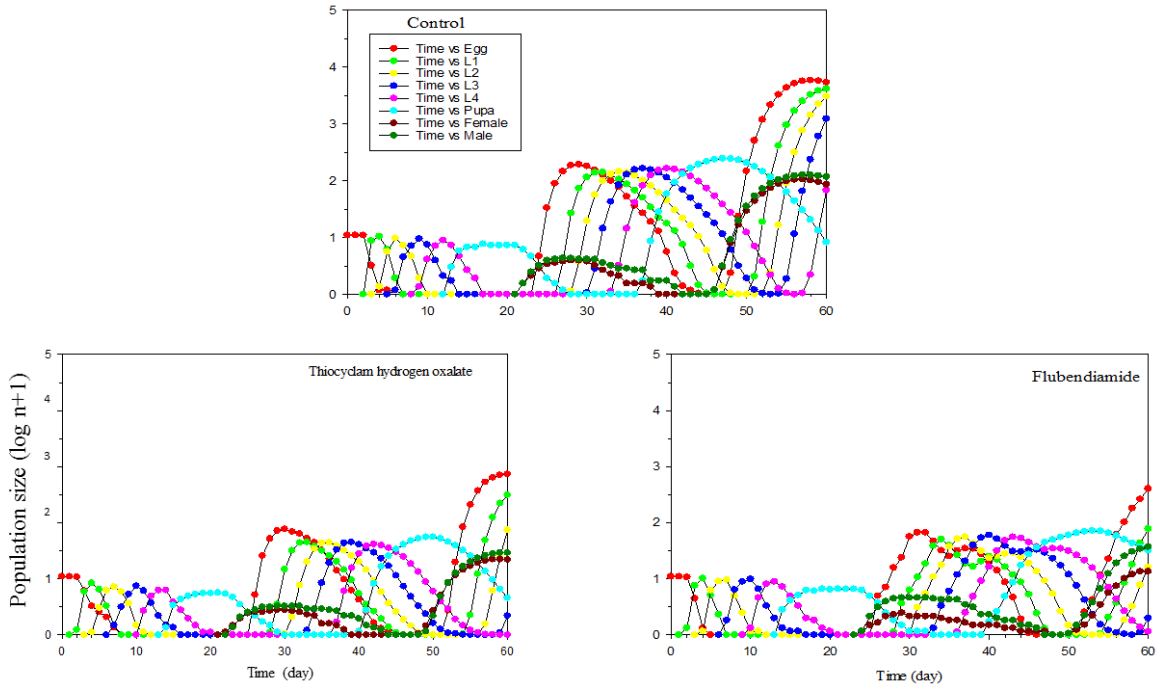
شکل ٤– اثرات غلظت‌های زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید بر ارزش تولیدمثلی ویژه سن–مرحله‌ای (V_{xj}) پروانه مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Fig. 4. Sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide on age-stage-specific reproductive value (V_{xj}) of tomato leafminer moth *Tuta absoluta*

در بررسی تأثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات روی لارو سن چهار شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، مجموع طول دوره پیش از بلوغ روند افزایشی را در مقایسه با شاهد نشان داد. هم‌چنین، باروری افراد ماده از ۲۵۴/۴۴ (تخم به‌ازای هر ماده) در شاهد به ۱۳۹/۹۷ (تخم به‌ازای هر ماده) در تیمار LC_{30} کاهش یافت که هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر است (Rezaei *et al.*, 2016). مطالعات Fariborzi *et al.* (2016) نیز، حاکی از کاهش باروری حشرات کامل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در معرض غلظت‌های زیرکشنده فلوبن‌دی‌آمید بود. بررسی‌های صورت گرفته توسط Zibaee & Esmaeily (2017) کاهش باروری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در معرض غلظت‌های LC_{10} و LC_{30} آبامکتین را نشان داد. در پژوهش حاضر طول عمر افراد نر و ماده شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در معرض غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. Ziaee & Sohrabi (2021) گزارش کردند که، غلظت‌های LC_{10} و LC_{30} امامکتین بنزوات تفاوت معنی‌داری در طول عمر افراد نر مینوز گوجه‌فرنگی ایجاد نکرد ولی طول عمر حشرات ماده روند کاهشی را نسبت به شاهد داشت.

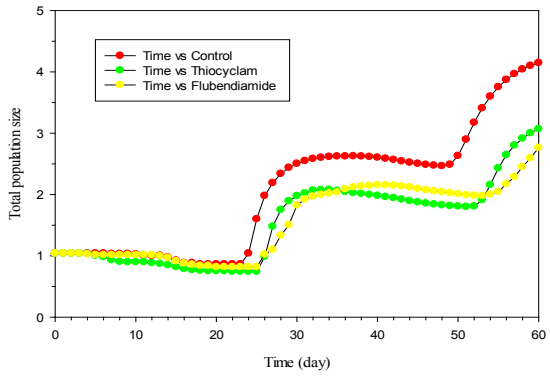
یکی از مهم‌ترین آماره‌ها از فراسنجه‌های رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) است که یک شاخص استاندارد برای بیان نرخ رشد جمعیت می باشد. بالا بودن مقدار این آماره بیانگر سریع‌تر بودن نرخ افزایش جمعیت و کوتاه بودن دوره‌ی رشد و نموی در جمعیت می‌باشد (Medeiros *et al.*, 2000). همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت آماره دقیقی جهت مقایسه‌ی توانایی‌های تولیدمثلی جمعیت‌ها محسوب می‌شود. این آماره تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله گونه‌ی حشره مورد بررسی، منشأ جغرافیایی، شرایط اقلیمی، طول عمر حشرات کامل و غیره قرار می‌گیرد (Infante, 2000). نتایج ما نشان داد که اگرچه اختلاف معنی‌داری بین حشره‌کش‌های مورد مطالعه از نظر آماره‌های جمعیتی (نرخ خالص تولیدمثلی، نرخ ذاتی و متناهی افزایش جمعیت) وجود نداشت، ولی حشره‌کش‌های مذکور، نرخ آماره‌های ذکرشده را در نتاج حاصله نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش داده و مدت زمان یک نسل در حشرات تیمارشده با فلوبن‌دی‌آمید بیشتر از تیوسیکلام هیدروژن اکسالات بوده است. به‌طور مشابه Fariborzi *et al.* (2016) نشان دادند که، غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش فلوبن‌دی‌آمید مقدار نرخ ذاتی (r) و متناهی (λ) افزایش جمعیت *T. absoluta* را کاهش داد. به‌طوریکه نرخ ذاتی افزایش جمعیت از ۰/۱۱۱ بر روز در شاهد به ۰/۰۱۰ بر روز در تیمار LC_{30} رسید. هم‌چنین، متوسط مدت زمان یک نسل (T) در تیمارهای زیرکشنده نسبت به شاهد روند افزایشی داشت.

مقایسه نتایج به‌دست آمده از یافته‌های Kabiri Raeisabad (2019) با نتایج پژوهش ما نشان داد که حشره‌کش‌های مطالعه شده روی تخم مینوز گوجه‌فرنگی در این پژوهش باعث کاهش بیشتر آماره‌های رشد جمعیت به ویژه نرخ ذاتی افزایش جمعیت نسبت به حشره‌کش‌های تنداکسیر و ایندوکساکارب شدند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت در شاهد و غلظت LC_{30} حشره‌کش‌های ایندوکساکارب و تنداکسیر به‌ترتیب ۰/۱۱۶، ۰/۱۰۸ و ۰/۱۰۰ بر روز بود. بیشترین و کمترین مقدار نرخ خالص تولیدمثل به‌ترتیب در شاهد و تنداکسیر برابر با ۵۷/۴۲۵ و ۵۲/۳۵۱ تخم به‌ازای هر ماده بود. حساسیت بیشتر شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در برابر تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن‌دی‌آمید در مقایسه با آفت‌کش‌های تحقیق اخیر می‌تواند ناشی از مکانیسم اثر متفاوت و غلظت حشره‌کش‌ها باشد.



شکل ۵- پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله پروانه مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش‌های تیوسیکلام و فلوبن‌دی‌آمید در مقایسه با شاهد در طول ۶۰ روز

Fig. 5. Projection of population growth potential and stage structure of tomato leafminer moth *Tuta absoluta* treated with LC_{25} of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide in comparison with control during 60 days



شکل ٦– رشد جمعیت کل پروانه مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش‌های تیوسیکلام و فلوبن‌دی‌آمید در مقایسه با تیمار شاهد در طول ۶۰ روز

Fig. 6. Population projection of tomato leafminer moth *Tuta absoluta* (total stage) treated with LC_{25} of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide in comparison to control treatment during 60 days

نتایج حاصله از پیش‌بینی رشد جمعیت، همسو و مرتبط با یافته‌های آماره‌های نرخ رشد جمعیت (r ،λ ،R_0 ،T و GRR) حشرات تیمارشده با حشره‌کش‌ها در این پژوهش بود. به‌طوری که تاخیر در مدت زمان رشدی حشره منجر به کاهش نرخ خالص تولیدمثل، نرخ ذاتی و متناهی افزایش جمعیت حشرات تیمار شده با حشره‌کش‌ها به خصوص با حشره‌کش فلوبن‌دی‌آمید شد. این مساله نشان می‌دهد که با کاهش غلظت توصیه‌شده یک حشره‌کش و استفاده از غلظت‌های زیرکشنده، ضمن کاهش میزان مصرف آفت‌کش، می‌توان در برخی موارد سرعت رشد و نمو آفت را نیز کاهش داد. کاهش میزان مصرف آفت‌کش در زیست‌بوم‌های کشاورزی علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و تاثیر باقیمانده حشره‌کش‌ها بر سلامت مصرف کننده، اثرات نامطلوب حشره‌کش‌ها بر کارایی دشمنان طبیعی و حشرات گرده‌افشان در چنین زیست‌بوم‌هایی نیز کاهش می‌یابد (Tadeo, 2008؛ Fenoll *et al.*, 2009؛ Omirou *et al.*, 2009). نتایج نشان داد که هر دو حشره‌کش استفاده شده، آماره‌های رشد جمعیت مینوزگوجه‌فرنگی را کاهش می‌دهند، به طوری که به عنوان حشره‌کش‌های انتخابی و سازگار با محیط‌زیست می‌توانند به صورت متناوب در کنترل شیمیایی در قالب برنامه مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرند. اگرچه در برخی مطالعات به خواص انتخابی و غیرسمی بودن آنها برای دشمنان طبیعی اشاره شده است ولی برای دستیابی به اطلاعات کاربردی‌تر، بهتر است غلظت کشنده و زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این پژوهش بر روی دشمنان طبیعی مینوزگوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای ارزیابی شود.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از بررسی اثرات کشندگی حشره‌کش‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر نشان از سمیت بالای حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات نسبت به سم فلوبن‌دی‌آمید بود. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که هر دو حشره‌کش اثرات زیرکشندگی بالاتری (نظیر افزایش طول دوره‌های زیستی، افزایش مراحل قبل از تخم‌ریزی، کاهش طول دوره تخمریزی و کاهش میزان باروری) نسبت به شاهد داشتند، به طوری که حشره‌کش فلوبن‌دی‌آمید باعث افزایش بیشتر طول دوره‌های مراحل نابالغ نسبت به تیمارها گردید. اگرچه اختلاف معنی‌داری بین حشره‌کش‌ها از نظر فراسنجه‌های رشد جمعیتی وجود نداشت ولی میزان این فراسنجه‌ها در حشرات تیمارشده کمتر و سرعت نرخ رشد جمعیتی پایین‌تر از شاهد بود.

سپاسگزاری

این پژوهش در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه به انجام رسیده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

حمایت مادی و معنوی

این طرح با حمایت مادی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد انجام شده است.

REFERENCES

Adams, A., Gore, J., Catchot, A., Musser, F., Cook, D., Krishnan, N. & Irby, T. (2016) Susceptibility of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) neonates to diamide insecticides in the mid southern and southeastern United States. *Journal of Economic Entomology* 109(5), 2205-2209. doi: 10.1093/jee/tow175

Alikhani, M., Safavi, S. A. & Iranipour, S. (2019) Effect of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, on demographic fitness of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control 29*(1), 1-7. https://doi.org/10.1186/s41938-019-0121-0

Atlihan, R., Kasap, İ., Özgoökçe, M. S., Polat-Akköprü, E. & Chi, H. (2017) Population growth of *Dysaphis pyri* (Hemiptera: Aphididae) on different pear cultivars with discussion on curve fitting in life table studies). *Journal of Economic Entomology* 110, 1890-1898. doi: 10.1093/jee/tox174

Balzan, M. V. & Moonen, A. C. (2012) Management strategies for the control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) damage in open field cultivations of processing tomato in Tuscany (Italy). *EPPO Bulletin* 42, 217–225. doi:10.1111/epp.2558

Bloem, S. & Spaltenstein, E. (2011) *New pest response guidelines: tomato leafminer (Tuta absoluta).* USDA-APHIS-PPQ-EDP-Emergency Management, Riverdale, Maryland.

Braham, M. & Hajji, L. (2011) Management of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) with insecticides on tomatoes. *Insecticides-Pest Engineering*, 333-354. doi:10.5772/27812

Campos, M. R., Biondi, A., Adiga, A., Guedes, R. N. & Desneux, N. (2017) From the Western Palaearctic region to beyond: *Tuta absoluta* 10 years after invading Europe. *Journal of Pest Science* 90(3), 787-796. doi:10.1007/s10340-017-0867-7

Civelek, H. S. & Weintraub, P. G. (2003) Effects of bensultap on larval serpentine leafminers, *Liriomyza tirfolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae), in tomatoes. *Crop Protection* 22(3), 479-483. doi:10.1016/S0261-2194(02)00197-7

Chi, H. & Liu, H. S. I. (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica* 225-240.

Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17(1), 26-34. https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26.

Chi, H. (2020a) TWOSEX-MSChart: a computer program for age stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan; available from http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar.

Chi, H. (2020b) TIMING-MSChart: a computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. Taichung, Taiwan: National Chung Hsing University; Available from http://140.120.197.173/Ecology/Download/TimingMSChart.rar.

Cherif, A., Attia-Barhoumi, S., Mansour, R., Zappalà, L. & Grissa-Lebdi, K. (2019) Elucidating key biological parameters of *Tuta absoluta* on different host plants and under various temperature and relative humidity regimes. *Entomologia Generalis* 39(1), 1-7. doi: 10.1127/entomologia/2019/0685

Cocco, A., Deliperi, S., Lentini, A., Mannu, R. & Delrio, G. (2015) Seasonal phenology of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected and open-field crops under Mediterranean climatic conditions. *Phytoparasitica* 43(5), 713-724. doi:10.1007/s12600-015-0486-x

Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A. G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, González-Cabrera, J., Ruescas, D. C., Tabone, E., Frandon, J., Jeannine Pizzol, J., Christine Poncet, 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(3) 197-215. doi: 10.1007/s10340-010-0321-6

Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J. M. (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52, 81-106. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440

Fariborzi, E., Ghane-Jahromi, M., Sedaratian-Jahromi, A. & Sahraeian, H. (2016) Sub-lethal effects of Flubendiamide on reproductive and population growth parameters of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechidae). *Iranian Plant Protection Congress* 27-30.

Fenoll, J., Ruiz, E., Hellin, P., Lacasa, A. & Flores, P. (2009) Dissipation rates of insecticides and fungicides in peppers grown in greenhouse and under cold storage conditions. *Food Chemistry* 113, 727-732. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.007

Finney, D. J. (1971) *A statistical treatment of the sigmoid response curve. Probit analysis. Cambridge University Press* London. https://doi.org/10.1093/aesa/45.4.686

Giustolin, T. A., Vendramin, J. D., Alve, S. B. & Vieira, S. A. (2001) Susceptibility of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep, Gelechiidae) reared on two species of *Lycopersicon* to *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. *Journal of Applied Entomology* 125, 551-556. https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2001.00579.x.

Haddi, K., Mendes, M. V., Barcellos, M. S., Lino-Neto, J., Freitas, H. L., Guedes, R. N. C. & Oliveira, E. E. (2016) Sexual success after stress Imidacloprid-induced hormesis in males of the neotropical stink bug *Euschistus heros*. *PLoS One* 11(6), 1–18. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156616

Infante, F. (2000) Development and population growth rates of Prorops nastua (Hym. Bethylidae) at constant temperatures. *Journal of Applied Entomology*124: 343-348. doi:10.1046/j.1439-0418. 2000.00462.x

IRAC. (2007) Tomato leafworm resistance management practice in Brazil. Irac (Insecticide Resistance Action Committee) News-Resistance Mnagement News, Conferencees and Symposia (15): 3. Accessed November 24, 2009.

IRAC. (2014). IRAC MoA Classification Scheme (Version 7.3.1). http://www.irac-online.org.Accessed October 2014.

Kabiri Raeisabad, M. (2019) Lethal and sublethal effects of botanical insecticide, tondexir (Tondexir®) and chemical insecticide, indoxacarb (Avaunt®) on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). *Plant Protection* (42) (1), 45-63. (In Persian with English summery). doi: 10.22055/ppr.2019.14443

Lashkari, M. R., Sahragard, A. & Ghadamyari, M. (2007) Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brassica napus* L. *Journal of Insect Science* 14, 207-212. http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00145.x

Lietti, M. M. M., Botto, E. & Alzogaray, R. A. (2005) Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* 34 (1), 113-119. https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000100016

Liu, W., Zhang, D., Zhu, W., Zhang, S., Wang, Y., Yu, S., Liu, T., Zhang, X., Zhang, W. & Wang, J. (2015) Colorimetric and visual determination of total nereistoxin-related insecticides by exploiting a nereistoxin-driven aggregation of gold nanoparticles. *Microchimica Acta* 182(1), 401-408. doi:10.1007/s00604-014-1347-x

Liu, L. L., Dai, R. H., Yang, H. & Jin, D. C. (2016) Sublethal effects of triazophos on the life table parameters of *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae). *Florida Entomologist* 99(2), 292-296. doi:10.1653/024.099.0221

Mahmoodi, L., Mehrkhou, F., Guz, N., Forouzan, M. & Atlihan, R. (2020) Sublethal effects of three insecticides on fitness parameters and population projection of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 113(6), 2713-2722. doi: 10.1093/jee/toaa193

Medeiros, R. S., Ramalho, F. S., Lemos, W. P. & Zanuncio, J. C. (2000) Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology* 124, 319–324. https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2000.00482.x

Nitin, K. S., Chakravarthy, A. K., Mehmet Salih Özgökçe, M. S. & Atlihan, R. (2019) Population growth potential of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato, potato, and eggplant. *Journal of Applied Entomology* doi.org/10.1111/jen.12622

Nourbakhsh, S. (2019) List of pests, diseases and weeds of the most important major agricultural products, pesticides and recommended methods for their control. *The Ministry of Agriculture Jihad*, 222 p. (in Persian).

Nozad-Bonab, Z., Hejazi, M. J., Iranipour, Sh. & Arzanlou, M. (2017) Lethal and sublethal effects of some chemical and biological insecticides on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs and neonates. *Journal of Economic Entomology* 110(3), 1138-1144. doi: 10.1093/jee/tox079

Omirou, M., Vryzas, Z., Papadopoulou-Mourkidou, E. & Economou, A. (2009) Dissipation rates of iprodione and thiacloprid during tomato production in greenhouse. *Food Chemistry* 116, 499-504. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.007

Özgökçe, M. S., Chi, H., Atlıhan, R. & Kara, H. (2018a) Demography and population projection of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae) on five pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Phytoparasitica* 46, 153-167. doi:10.1007/s12600-018-0658-6

Özgökçe, M. S., Chi, H., Atlihan, R. & Kara, H. (2018b) Correction to: demography and population projection of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae) on five pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Phytoparasitica* 46, 169. doi:10.1007/s12600-018-0658-6

Pereyra, P. C. & Sánchez, N. E. (2006) Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* 35, 671-676. doi: 10.1590/s1519-566x2006000500016

Radwan, E. M. & Taha, H. S. (2012) Toxic and biochemical effects of different insecticides on the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences* 4(1), 1-10. doi:10.21608/eajbsf.2012.17272

Rezaei, Z., Ghane-Jahromi, M., Sedaratian, H. & Sahraeian. H. (2016) Investigation Sub-lethal effects of Thiocyclam-Hydrogen-Oxalate on reproductive and population growth parameters of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechidae). Proceedings of 22nd Iranian Plant Protection Congress College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, IRAN. (Available: https://sid.ir/paper/937985/en)

Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. & Savin, N. E. (2007) *Pesticide bioassays with arthropods*. CRC Press. Doi: https://doi.org/10.1201/9781420004045

Sadeghinasab, F. (2017) *Effect of different varieties of tomato on susceptibility, metabolic detoxification mechanisms and physiology of tomato leaf miner, Tuta absoluta Meyrick (Lep.: Gelechiidae) larvae in response to flubendiamide and thiocyclam hydrogen oxalate insecticides.* (thesis). Urmia University, 176. P.

Sadeghinasab, F., Safavi, S. A., Ghadamyari, M. & Hosseini Naveh, V. (2017) Biochemical characterization of digestive carbohydrases of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae in response to feeding on six tomato cultivars. *Journal of Crop Protection* 6(3), 377-389.

Sadeghinasab, F., Safavi, S. A., Ghadamyari, M. & Hosseini Naveh, V. (2021) Cellular energy allocation of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) treated with Flubendiamide and Thiocyclam Hydrogen Oxalate on different tomato cultivars. *Neotropical Entomology* 50(3), 398-407. doi: 10.1007/s13744-021-00856-4

Sheikhi Garjan, A., Baniamery, V. & Mohammadipour, A. (2013) Efficiency of two new insecticides flubendiamide (Takomi wg20%) and thiocyclam (Evisect SP 50%) against the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*, (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Project No,* 4-16-16-92160.

Silva, G. A., Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B., Rosado, J. F. & Guedes, R. N. C. (2011) Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science* 67(8), 913-920. https://doi.org/10.1002/ps.2131

Siqueira, H. A. A., Guedes, R. N. C. & Picanco, M. C. (2000) Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology* 2, 147-153. https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2000.00062.x

Siqueira, H. A. A., Gudes, R. N. C., Fragoso, D. B. & Magalhaes, L. C. (2001) Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae).*International Journal of Pest Management* 47, 247-251. https://doi.org/10.1080/09670870110044634

Souza, J. C. & Reis, P. R. (1986) Controle da tracË a-do-tomateiro emMinas Gerais. *Pesquisa AgropecuaÂ ria Brasileira* 21, 343 - 354.

SPSS, Inc. (2019) IBM SPSS statistics for windows, version 26.0 (Vol. 440). IBM Corporation.

Tadeo, L. (2008) *Analysis of pesticides in food and environmental samples*. 382pp. CRC Press Taylor and Francis Group an informa business. https://doi.org/10.1201/9781420007756

Taheri-Sarhozaki, M. & Safavi, A. (2014) Population growth parameters of the cabbage aphid, *Brevicorynebrassicae* L. (Hemiptera: Aphididae), exposed to sublethal doses of thiacloprid. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 47 (4), 464-471. https://doi.org/10.1080/03235408.2013.812314

Teixeira, L. A. & Andalora, J. T. (2013) Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 106, 76-78. doi:10.1016/jpestbp.2013.01.010

Tian, F., Qiao, C., Luo, J., Guo, L., Pang, T., Pang, R., Li, R., Wang, C., Wang R. & Xie, H. (2020) Development and validation of a method for the analysis of five diamide insecticides in edible mushrooms using modified QuEChERS and HPLC-MS/MS. *Food Chemistry* 333, 127468. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127468

Urbaneja, A., González-Cabrera, J., Arno, J. & Gabarra, R. (2012) Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest Management Science* 68(9), 1215-1222. doi: 10.1002/ps.3344

Wang, D., Wang, Y. M., Liu, H. Y., Xin, Z. & Xue, M. (2013) Lethal and sublethal effects of spinosad on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 106(4), 1825-1831.doi: 10.1603/ec12220

Ziaee, M. & Sohrabi, F. (2021) Lethal and sublethal effects of emamectin benzoate on the tomato leafminer, *Tuta absoluta. Journal of Applied Research in Plant Protection* 10 (4), 91–97.doi.org/10.22034/arpp.2021.14162

Zibaee, 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 (3), 256-267. https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0036

Lethal and sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendimide on the population growth parameters and population projection of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Sara Ebneabbasi[1], Fariba Mehrkhou[1] & Maryam Fourouzan[2]

1. *Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran*
   ✉ Ebneabbassisarah@gmail.com https://orcid.org/0009-0001-1374-969X
   ✉ f.mehrkhou@urmia.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-0023-8396
2. *Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, AREEO, Urmia, Iran*
   ✉ maryam_fourouzan@yahoo.com https://orcid.org/0000-0002-5440-3329

Article History
Received: 02 April 2023 | *Accepted:* 25 July 2023 | *Subject Editor:* Masoumeh Ziaee

Abstract
The tomato leafminer moth, *Tuta absoluta* (Meyrick), is a key pest in green houses and tomato-growing regions in the world. In the present study, the lethal and sublethal (LC_{25}) effects of two insecticides, thiocyclam hydrogen oxalate and flubendiamide were evaluated on the life table parameters of *T. absoluta* under laboratory conditions. The leaf dipping was used for the bioassays. The life table data were analyzed based on the age-stage, two-sex life table theory. The results showed that, thiocyclam hydrogen oxalate (LC_{50}: 175.327 ppm) was more toxic than flubendiamide (LC_{50}: 219.759 ppm) on the *T. absoluta* eggs. However, the sublethal concentrations of mentioned insecticides affected life table parameters of *T. absoluta* significantly compared with control, but flubendiamide prolonged the developmental time (embryonic, pre-adult and pupal period) of *T. absoluta,* significantly more than thiocyclam hydrogen oxalate. Also, the population growth parameters such as intrinsic rate of increase, finite rate of increase and net reproductive rate of insects treated by insecticides were lower than the control, significantly. The total results revealed that either thiocyclam hydrogen oxalate or flubendiamide have admissible lethal and sublethal effects on tomato leafminer eggs and can be consider in integrated pest management program (IPM) of this pest.

Keywords: Leafminer moth, Thiocyclam hydrogen oxalate, Flubendiamide, life table, sublethal effects

Corresponding Author: Fariba Mehrkhou (Email: f.mehrkhou@urmia.ac.ir)

Citation: Ebneabbasi, S., Mehrkhou, F. & Fourouzan, M. (2023) Lethal and sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendimide on the population growth parameters and population projection of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Entomol. Soc. Iran* 43 (3), 219-231. https://doi.org.10.61186/jesi.43.3.3