

Lethal and sublethal effects of Imunit® and Indomect® insecticides on the biological and population growth characteristics of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Parastoo Jalili¹, Fariba Mehrkhoo^{id*2} and Maryam Forouzan^{id3}

1- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

2- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

3- Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, Urmia, Iran.

f.mehrkhoo@urmia.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.93383.1230>

Introduction

The tomato leafminer moth, *Tuta absoluta*, (Meyrick), is one of the most important pests in green houses and tomato-growing regions in Iran and the world, which resulting in up to 100% yield losses during serious outbreaks. The tomato leafminer moth is known as an oligophagous pest damaging solanaceous crops, including eggplant, pepper, potato, and sweet pepper, tobacco, as well as solanaceous weeds. It causes quantitative and qualitative damages in the yield of greenhouse products. In direct damage, all parts of host plants are damaged by larvae, and indirect damage occurs through wounds that prepare the entrance of pathogens. In the other hands, some biological properties (leaf mining habit, short life span and high reproductive rates) of the tomato leafminer moth resulted in development to insecticide resistance. In the present study, we used selective, harmless, and eco-friendly insecticides to study the lethal and sublethal (LC₂₅) effects of two insecticides, Indomect® and Imunit® through the life table parameters and population projection of *T. absoluta* under laboratory conditions. Indomect is known as a non-systemic insecticide that is a combination of two insecticides, indoxacarb and emamectin benzoate. This disrupts the nervous system and kills target insects by keeping the chlorine channel open. Additionally, its contact effect is short and causes the death of target pest through digestion and nerves. Imunit® is combination of Teflubenzuron and Alphacypermethrin (Teflubenzuron 75 G/L + Alphacypermethrin 75 G/L SC). Teflubenzuron is classified under IRAC - Group 15, which controls insects by inhibiting the formation and growth of the cuticle (exoskeleton). Alphacypermethrin is classified under IRAC - Group 3, which controls insects by contact and ingestion of applied residues. Our results may increase to *T. absoluta* control efficiency in greenhouses through using reduced concentration rates of the studied insecticides, which in turn may be led to delay in pest resistance and reduction of their residuals on greenhouse crops.

Materials and Methods

The colony of the tomato leafminer moth, was collected on tomato crops at the greenhouse in Department of Plant Protection at Urmia University. The gathered *T. absoluta* population was released into cages (90×60×50 cm on tomato (var. Vania) pots under controlled greenhouse conditions (25 ± 2°C, 70% ± 5% RH, and a photoperiod of 16: 8 L: D h). To obtain dose-mortality response for adult stage of greenhouse whitefly, we followed the bioassay methods described by Ebneabbasi et al. (2023). The leaf dipping method was used in bioassays. For this purpose, the tomato leaf containing three days old of *T. absoluta* (15 eggs) was dipped in five different concentrations (in the ranges of 83–750 ppm) for each insecticides for 20 s. The treated leaves were air-dried for 20 min at room temperature, then put into the ventilated plastic containers (4cm in height and 2 cm in diameter) containing the treated leaflet. Distilled water was used as a control. Four replicates were set up for each of the insecticides and controls. Percentage adult's mortality was counted 24 h after treatment. To prevent the desiccation of the leaves, the basal ends of the tomato leaflets were wrapped in moistened cotton wicks. The lethal (LC₅₀) and sublethal (LC₂₅) concentrations, and 95% confidence limits

in each treatment were obtained using the Probit analysis (Finney, 1971), which conducted by SPSS software (Ver. 20, 2011). To study the sublethal effects (LC_{25}) of both used insecticides, 53,49,59 same-aged of the eggs were selected from the insect colony and then dipped in above mentioned sublethal concentrations of insecticides. The treated eggs were transferred into plastic containers until the first instar larvae of *T. absoluta* were appear, then they were used to life table studies. The age stage, two-sex life table method was used to analyze the collected data. We used the bootstrap technique with 100,000 iterations to estimate the variance and standard errors of the biological and population parameters and Sigma Plot software used to draw graphs. The growth of the pest population over 60 days was done with Timing-MsChart software.

Results and Discussion

The results showed that, Imunit[®] (LC_{50} : 239.412 ppm) was more toxic than Indomect[®] (LC_{50} : 247.541 ppm) on the *T. absoluta* eggs. The sublethal concentration (LC_{25}) of Imonit insecticides affected life table parameters of *T. absoluta* significantly compared with control, and it prolonged the incubation period of eggs (3.04 ± 0.03 d), pupal (6.33 ± 0.11 d) and total pre-adult developmental time (20.67 ± 0.25 d) of the tomato leaf miner moth, significantly more than control treatment. Although, there was no significant difference in terms of population growth parameters (intrinsic rate of increase, finite population growth and net reproductive rate) between the used insecticides. The rate of these parameters were decreased in insects whose parents were treated with sublethal concentrations of aforementioned insecticides compared to the control. The results also demonstrated that population growth of the leaf miner moth in different treatments was exactly in consistent with the estimated population growth parameters. For example, moths treated with the used insecticides, had slower growth rate and, thereby prolonged mean generation time (T).

Conclusion

The overall results of this study showed that both of the insecticides can be used alternately as an integrated management program for tomato leaf miner moth.

Keywords: Leaf miner moth, Insecticide, Life table, Population growth, Sublethal.

اثرات کشندگی و غیر کشندگی حشره کش های ایمونیت[®] و ایندومکت[®] بر ویژگی های زیستی و رشد

جمعیتی شب پره مینوز گوجه فرنگی، (*Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

پرستو جلیلی^۱، فریبا مهرخو^{۲*}، مریم فروزان^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. دانشیار، نویسنده مسئول، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳. دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

f.mehrkh@urmia.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.93383.1230>

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، (*Tuta absoluta* (Meyrick)، یکی از مهمترین آفات مزارع و گلخانه‌های گوجه‌فرنگی در ایران و سرتاسر جهان می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات کشندگی و زیرکشندگی (LC_{25}) دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومتک بر فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی و پیش‌بینی سرعت رشد مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی بود. روش مورد استفاده برای انجام زیست‌سنجی‌ها، غوطه‌ور کردن برگ‌های گوجه‌فرنگی حاوی تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در غلظت‌های مورد نظر بود. داده‌های به‌دست آمده از جدول زندگی، به روش جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله رشدی تجزیه شدند. نتایج حاصل از مطالعات اثرات کشندگی نشان داد که تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی از حساسیت بیشتری به ایمونیت ($239/412$ پی‌پی‌ام: LC_{50}) نسبت به ایندومتک ($247/541$ پی‌پی‌ام: LC_{50}) داشتند. استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش ایمونیت، باعث افزایش طول دوره تخم ($3/04 \pm 0/03$ روز)، شفیرگی ($6/33 \pm 0/11$ روز) و کل دوره مراحل نابالغ ($20/67 \pm 0/25$ روز) نسبت به حشره‌کش ایندومتک گردید. اگرچه اختلاف معنی داری از نظر فراسنجه‌های رشد جمعیتی (نرخ ذاتی، متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثلی) بین حشره‌کش‌های مورد استفاده وجود نداشت، ولی میزان این فراسنجه‌ها در حشراتی که والدین آنها با غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها تیمار شده بودند، نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج حاصل از پیش‌بینی روند رشد جمعیتی نشان داد که رشد جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در تیمارهای مربوطه با فراسنجه‌های رشد جمعیت مطابقت داشت، به‌طوری که حشرات تیمار شده با حشره‌کش‌های مذکور، سرعت رشد کمتر و در نتیجه مدت زمان یک نسل (T) طولانی مدت داشتند. مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو حشره‌کش می‌توانند به طور متناوب در قالب برنامه مدیریت تلفیقی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه های کلیدی: شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، حشره‌کش، جداول زیستی، رشد جمعیت، غلظت زیرکشنده.

مقدمه

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) آفتی الیگوفاز با چرخه زندگی کوتاه و ظرفیت تولیدمثلی بالا است که در ایران برای اولین بار از استان آذربایجان غربی در سال ۱۳۸۹ گزارش شده است (Cherif et al., 2019; Cocco et al., 2015). این آفت در سال‌های اخیر به یک تهدید جدی برای تولید گوجه‌فرنگی تبدیل شده است. اگرچه گیاه گوجه فرنگی میزبان ترجیحی برای تخم‌گذاری *T. absoluta* است (Bogorni et al., 2003) با این حال گیاهان دیگر مانند بادمجان *Solanum melongena* L.، سیب‌زمینی *S. tuberosum* L. و انگور فرنگی نیز تغذیه می‌کند (IIIakwahhi et al., 2017; Negi et al., 2018; Cherif et al., 2019). علف‌های هرز گیاهان خانواده سولاناسه از جمله تاجریزی سیاه *S. nigrum* L. و تنباکو درختی *Nicotiana glauca* Graham از میزبان‌های دیگر شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی محسوب می‌شوند (Desneux et al., 2010; Garcia and Espul, 1982). این آفت، به تمام مراحل رشدی گیاه گوجه‌فرنگی از قبیل برگ، میوه، ساقه خسارت وارد کرده و در صورت عدم وجود برنامه‌های مدیریتی، خسارت این آفت می‌تواند به ۸۰-۱۰۰ درصد هم برسد (Balzan and Moonen, 2012; Nitin et al., 2019). نحوه خسارت به صورت سوراخ‌های ریز و تونل‌مانند در سطح برگ با توده‌هایی از فضولات لاروی، توقف رشد، خشکیدگی انتهایی بوته، تغذیه لارو از گوشت میوه که همراه با فضولات لاروی و کوتاه شدن بوته است، می‌باشد (Desneux et al., 2010). همچنین، تونل‌های ایجادشده در میوه ممکن است مورد حمله میکروارگانیسم‌های ثانویه قرار بگیرد و موجب پوسیدگی میوه شود.

مدیریت مینوز گوجه‌فرنگی همچنان یک محدودیت عظیم در صنعت تولید گوجه‌فرنگی بوده است و از روش‌های مختلفی برای مدیریت این آفت، نظیر روش‌های زراعی، تله‌های فرمونی، عوامل بیولوژیک و فیزیکی استفاده می‌شود (IIIakwahhi and Srivastava, 2017)، اما با این حال یکی از راهکارهای اصلی کنترل مینوز گوجه‌فرنگی استفاده از حشره‌کش‌های

شیمیایی است. به دلیل بروز مقاومت به تعدادی زیادی از حشره‌کش‌ها، محققان درصدد استفاده از گروه‌های مختلف حشره-کش‌ها با نحوه اثر متفاوت نظیر اپتیم، پیریدالیل و ایندوکساکارب و کارباریل و آزیفوس متیل برآمدند (Monserrat, 2009; Siqueira et al., 2000, 2001; Lietti et al., 2005; Silva et al., 2011; Sadeghinasab et al., 2017; Nozad-Bonab et al., 2017; Moeini-Naghade et al., 2020). از طرف دیگر مصرف تازه‌خوری گوجه‌فرنگی و رعایت دوره کارنس برای حشره‌کش‌های مورد استفاده یکی دیگر از مواردی است که باید در مدیریت آفت مذکور مد نظر قرار گیرد. لذا برای رفع مشکلات مذکور، استفاده از حشره‌کش‌های کم‌خطر و سازگار با محیط زیست راهکاری است که می‌تواند در قالب مدیریت تلفیقی برای آفت مذکور مورد استفاده قرار گیرد (Souza and Reis, 1986). حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت برای کنترل تمام مراحل رشد و نمو آفات راسته‌های بالپولکداران، دوبالان روی محصولاتی نظیر برنج، سیب‌زمینی، سبزیجات و میوه توصیه شده‌اند (Liu et al., 2015; Adams et al., 2016). در این پژوهش از حشره‌کش‌های مذکور به دلیل خاصیت حشره‌کشی بالا و سمیت پایین برای پستانداران برای کنترل مینوز گوجه‌فرنگی استفاده شد. ارزیابی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی خصوصیات زیستی حشرات آفت، برای آگاهی از اثربخشی کلی آنها در کنترل جمعیت آفات و کمترین آسیب به موجودات غیرهدف بسیار مهم می‌باشد (Biondi et al., 2012). بهترین روش برای ارزیابی اثرات کلی یک آفت‌کش، علاوه بر اثرات کشندگی، تجزیه و تحلیل جداول زیستی یا سم‌شناسی دموگرافیک می‌باشد (Taheri-Sarhozaki and Safavi, 2014; Mahmoodi et al., 2020). برآورد آماره‌های رشد جمعیت و تعیین نحوه تغییر جمعیت حشرات از طریق مطالعه اثر آفت‌کش روی توانایی تولید مثلی، می‌تواند در انتخاب یک حشره‌کش مناسب بسیار مفید باشد. یک مزیت مهم برای ارزیابی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها، توانایی اجرای برنامه‌های موثرتر و سازگار با محیط زیست در برنامه‌های مدیریت آفات می‌باشد (Desneux et al., 2007; Lashkari et al., 2007). کاهش طول دوره زندگی، میزان رشد جمعیت، باروری، تغییر در نسبت جنسی، رفتار تغذیه‌ای، جستجوگری، تخم‌گذاری، عقیم‌کنندگی و دورکنندگی از اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی حشرات محسوب می‌شوند (de Franca et al., 2017). اغلب مطالعات انجام شده، به مطالعه اثر حشره‌کش‌ها در مرحله لاروی مینوز گوجه‌فرنگی پرداخته‌اند و مطالعات کمی در مورد تاثیر حشره‌کش‌ها بر مرحله تخم این آفت وجود دارد (Radwan and Taha, 2012; Sheikhi Garjan et al., 2013; Ebneabbasi et al., 2023; Sadeghi nasab et al., 2021; Alikhani et al., 2019). کنترل شیمیایی مینوز گوجه‌فرنگی به دلیل اینکه لاروها در قسمت درونی دالان است دشوار است لذا در این تحقیق مرحله تخم آفت مذکور جهت تاثیر بهتر حشره‌کش‌های مورد مطالعه، انتخاب گردید. به دلیل وجود اطلاعات محدود درخصوص اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر آماره‌های زیستی و تحلیل کمی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی با استفاده از جدول زندگی دو جنسی اهمیت این نوع مطالعات نمایان می‌شود (Atlihan et al., 2017; Özgökçe et al., 2018a, b). بنابراین هدف از انجام این پژوهش، مطالعه اثرات کشندگی و غیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر فراسنجه زیستی، تولیدمثلی و پیش‌بینی روند رشدی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه گوجه‌فرنگی و پرورش شب پره مینوز گوجه‌فرنگی

کاشت بذرهای گوجه‌فرنگی (رقم وانیا) داخل سینی‌های کشت حاوی پیت‌ماس انجام شد. سپس نشاها در مرحله ۴ برگه، به گلدان‌های اصلی با قطر ۱۵ سانتی‌متر که با ترکیبی از خاک، ماسه و کود حیوانی پر شده بودند (به نسبت برابر)، انتقال داده شدند. جهت جلوگیری از آلوده شدن گلدان‌ها به آفات، پرورش و نگهداری آنها در اتاق رشد داخل قفس‌های چوبی صورت

گرفت. در طول مدت آزمایش‌ها، کاشت گلدان‌ها هر دو تا سه ماه یکبار تجدید گردید. همچنین هیچگونه سمپاشی در طی کشت گلخانه‌ای صورت نگرفت. پرورش گیاهان در گلخانه با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت (Sadeghinasab, 2017).

جهت تشکیل کلنی، حشرات کامل شب پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی از گلخانه‌های گروه گیاهپزشکی دانشگاه ارومیه جمع‌آوری شده و به داخل قفس (به ابعاد $90 \times 60 \times 50$ سانتی‌متر) روی بوته‌های گوجه‌فرنگی رها سازی شدند. برای هم‌سن‌سازی، حشرات کامل مینوز گوجه‌فرنگی با اسپیراتور از کلنی جمع‌آوری شده و در قفس چوبی دیگری که در آن بوته‌های سالم گوجه‌فرنگی قرار داشت، رهاسازی شدند و بعد از گذشت ۲۴ ساعت، گلدان‌های سالم جایگزین گلدان‌های آلوده شده و بدین ترتیب حشرات هم‌سن ایجاد گردید و زمینه برای استفاده از تخم‌های هم‌سن برای انجام آزمایشات فراهم گردید. پرورش حشرات در اتاقک رشد با شرایط کنترل شده (دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت تاریکی و روشنایی) صورت گرفت. پرورش حشرات به مدت دو نسل قبل از انجام آزمایشات اصلی ادامه یافت.

حشره‌کش‌های مورد استفاده

حشره‌کش‌های مورد استفاده در این تحقیق ایمونیت و ایندومکت می‌باشند. حشره‌کش ایمونیت® یک حشره‌کش تماسی-گوارشی است با نام عمومی آلفاسایپرمترین $7/5$ درصد +تفلوبنزورون $7/5$ درصد، که محصول کشور آلمان از شرکت {BASF} می‌باشد. حشره‌کش ایندومکت®، حشره‌کش غیرسیستمیک (تماسی-گوارشی) با نام عمومی امامکتین بنزوات $5/1$ گرم در لیتر و ایندوکساکارب $5/7$ گرم در لیتر به صورت سوسپانسیون محصول کشور چین شرکت هیلیر استفاده شد.

زیست‌سنجی مقدماتی برای تعیین LC₅₀ و LC₂₅

غلظت توصیه شده روی برچسب حشره‌کش‌ها، برای حشره‌کش‌های ایمونیت (300 میلی لیتر در هکتار) و برای ایندومکت (250 گرم در هکتار) است (Keihanian et al., 2014). ابتدا در آزمایش مقدماتی، غلظت‌هایی که در حشرات مورد آزمایش تلفاتی در محدوده $10-90$ درصد را ایجاد نمودند، انتخاب شد (Robertson et al., 2007)، سپس سه غلظت حدواسط نیز براساس فاصله لگاریتمی محاسبه شدند. بنابراین از پنج غلظت‌های نهایی (83 ، $143/9$ ، $249/5$ ، $432/6$ و 750 پی‌پی‌ام) در آزمون نهایی زیست‌سنجی برای هر دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومکت استفاده شد. روش زیست‌سنجی مورد استفاده، غوطه‌ور کردن برگ‌های حاوی تخم سه روزه حشره به مدت 20 ثانیه داخل غلظت‌های مورد نظر فرو برده شدند و از سطح پشتی در داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (ارتفاع 4 سانتی‌متر و قطر 2 سانتی‌متر) قرار داده شده‌اند. برای حفظ شادابی و رطوبت برگ‌ها از پنبه آغشته به آب که دور دم‌برگ پیچانده شده بود، استفاده شد. برای تهویه این ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل، 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 تیمار شده در نظر گرفته شد (Nozad-Bonab et al., 2017; Ziaee and Sohrabi, 2021).

تاثیر غلظت زیرکشنده (LC₂₅) حشره‌کش‌های ایندومکت و ایمونیت بر فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شب پره مینوز گوجه‌فرنگی

جهت مطالعه فراسنجه‌های جدول‌زندگی از غلظت‌های زیرکشنده (LC₂₅) و ۱۵۲/۱۸۲ و ۱۴۷/۴۱۶ پی‌پی‌ام به‌ترتیب برای حشره‌کش‌های ایندومت و ایمونیت استفاده شد. بدین ترتیب که برگ‌های گوجه‌فرنگی حاوی تخم‌های سه روزه 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 پشتی 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 ۵۳، ۴۹ و ۵۹ عدد تخم سه روزه مینوز گوجه‌فرنگی به‌ترتیب برای تیمارهای ایمونیت، ایندومت و شاهد در مطالعات آماره‌های جدول‌زندگی مورد بررسی قرار گرفتند. بدین ترتیب میزان بقا، مرگ و میر روزانه، طول دوره پیش از بلوغ مراحل نابالغ به طور روزانه ثبت گردید. سپس با ظهور حشرات کامل، تفکیک جنسیتی (براساس شکل ظاهری شکم و لکه‌های موجود در سطح شکمی) (Fera, 2009; Bloem and Spaltenstein, 2011) شدند و در ظروف پلاستیکی به طور جفت جهت مطالعات طول عمر و میزان باروری به طور روزانه مورد بازرسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که در تفکیک جنسیتی شب پره‌های ماده درشت‌تر از نرها بوده و حشرات نر دارای شکم باریک‌تر و نوک‌تیزتر از ماده‌ها می‌باشند و لکه‌های سطح زیرین شکم نامنظم‌تر و پخش به نظر می‌رسد، در حالی که در ماده‌ها قسمت شکم پهن‌تر و خطوط مورب زیر شکم وضوح بیشتری دارد. بدین ترتیب طول عمر حشرات کامل نر و ماده، طول دوره‌های تخم‌ریزی (پیش از تخم‌ریزی، دوره تخم‌ریزی و پس از تخم‌ریزی) و میزان باروری روزانه حشرات کامل ماده شب پره مینوز گوجه‌فرنگی تا زمان مرگ همه آن‌ها به صورت روزانه ثبت شد. در طول انجام آزمایشات، برگ‌های خشک شده هر ۴-۳ روز یک‌بار، با برگ‌های تازه و تیمار نشده جایگزین شدند. در تیمار شاهد نیز از آب مقطر استفاده شد. شرایط دمایی و رطوبتی آزمایشات مشابه بخش زیست‌سنجی بود.

تجزیه داده‌ها

برای محاسبه مقادیر LC₂₅ و LC₅₀ پروبیت به روش (Finney, 1971) در برنامه آماری SPSS 19 انجام شد. داده‌های حاصل از جدول‌زندگی و روند رشد جمعیتی، براساس جدول‌زندگی دو جنسی سن-مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار TwoSex-MSChart تجزیه شدند (Chi and Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2021a). میانگین و خطای استاندارد آماره‌های جدول‌زندگی، با استفاده از روش Bootstrap با ۱۰۰۰۰۰ تکرار محاسبه شده و جهت مقایسه تیمارها از Paired bootstrap در سطح احتمال آماری ۵ درصد موجود در این برنامه استفاده شد. پیش‌بینی روند رشد جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف مورد مطالعه در دوره زمانی ۶۰ روزه با استفاده از نرم‌افزار TIMING-MSChart انجام شد (Chi, 2021b). ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات انجام یافت (SigmaPlot 2012, Ver. 14).

نتایج

اثرات کشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت روی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

غلظت‌های LC₂₅ و LC₅₀ حاصل از نتایج زیست‌سنجی برای مقادیر غلظت-پاسخ برآورد شده تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در زمان ظهور لاروهای سن اول، برای حشره‌کش‌های ایمونیت به ترتیب ۲۳۹/۴۱۲ و ۱۴۷/۴۱۶ پی‌پی‌ام و ایندومت ۲۴۷/۵۴۱ و ۱۵۲/۱۸۲ پی‌پی‌ام بود (جدول ۱). براساس مقادیر به‌دست آمده، تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی حساسیت بیشتری به حشره‌کش ایمونیت نسبت به ایندومت داشتند.

جدول ۱- آنالیز پروبیت ناشی از سمیت تماسی ایندومت و ایمونیت روی تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

Table 1. Probit analysis results of Imunit® and Indomect® on the third day olds of *Tuta absoluta* eggs

Treatments	LC ₂₅ (ppm)	LC ₅₀ (ppm)	Slope±SE	χ ² (df)	No.
Indomect	152.182	247.541			
	16.43 mg ai/L	26.73 mg ai/L	3.192±03	9.157(3)	300
	(73.85-217.62)	(163.95-373.75)			
Imunit	147.416	239.412			
	22.11 µl ai/L	35.91 µl ai/L	3.203±0/301	8.881(3)	300
	(72.90-209.66)	(159.85-357.62)			

اثرات زیرکشندگی حشره کش های ایمونیت و ایندومکت بر طول دوره ی زیستی مراحل نابالغ شب پره مینوز گوجه فرنگی

تجزیه ی آماری داده های مربوط به بررسی اثر دو حشره کش ایمونیت و ایندومکت روی طول دوره ی زیستی مراحل نابالغ شب پره مینوز گوجه فرنگی در جدول (۲) نشان داده شده اند. نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین و کمترین طول دوره تفریح تخم ها مربوط به حشره کش های ایمونیت و ایندومکت بود. همچنین، استفاده از غلظت زیرکشنده حشره کش های مورد مطالعه منجر به افزایش کل دوره مراحل نابالغ نسبت به شاهد گردید.

جدول ۲- اثرات زیرکشندگی (LC₂₅) ایمونیت و ایندومکت بر طول دوره زیستی مراحل نابالغ شب پره مینوز گوجه فرنگی

Table 2. Sublethal effects (LC₂₅) of Imunit® and Indomect® on the developmental time of *Tuta absoluta*

Developmental stage	Control	Imunit	Indomect
Egg(days)	3.0±0.0 ^{ab}	3.04±0.03 ^a	2.96±0.03 ^b
L1(days)	2.02±0.02 ^a	2.02±0.02 ^a	2.0±0.0 ^a
L2(days)	2.02±0.02 ^b	2.2±0.06 ^a	2.11±0.05 ^a
L3(days)	2.91±0.05 ^b	3.14±0.07 ^a	3.36±0.09 ^a
L4(days)	3.1±0.11 ^b	3.67±0.11 ^a	3.41±0.12 ^{ab}
Pupa(days)	5.59±0.18 ^b	6.33±0.11 ^a	6.0±0.21 ^{ab}
Pre-adult duration(days)	18.59±0.3 ^b	20.67±0.25 ^a	20.06±0.28 ^a

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

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره‌ی مراحل

تخم‌گذاری و باروری شب پره مینوز گوجه‌فرنگی

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به بررسی طول دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری، کل دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری، تخم‌گذاری و طول دوره‌ی تخم‌گذاری شب پره مینوز گوجه‌فرنگی تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت در (جدول ۳) نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت باعث افزایش طول دوره‌های پیش از تخم‌گذاری^۱ (APRP) شد. همچنین هر دو حشره‌کش باعث کاهش دوره تخم‌ریزی نسبت به شاهد شدند و بین تیمارها و شاهد از این لحاظ تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.05$). نتایج مربوط به میزان باروری حشرات کامل F1 بیانگر تأثیر غلظت زیرکشنده بود، به‌طوری که ماده‌های حاصل از نسل اول تیمار شده با ایمونیت ($53/4 \pm 7/34$)، ایندومت ($49/33 \pm 4/61$) و شاهد ($115/56 \pm 10/16$) نتاج در طول عمر داشتند.

جدول ۳- اثرات زیرکشندگی (LC_{25}) ایمونیت و ایندومت بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره تخم‌ریزی و باروری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی.

Table 3. Sublethal effects (LC_{25}) of Imunit® and Indomect® on adult longevity, oviposition period and fecundity of *Tuta absoluta*.

Biological stages	Treatments		
	Control	Imunit	Indomect
Male longevity (days)	11.31±0.43 ^a	10.36±0.24 ^a	9.0±0.38 ^b
Total male longevity (days)	29.62±0.51 ^b	31.18±0.44 ^a	29.12±0.69 ^b
Female longevity (days)	10.69±0.18 ^a	9.9±0.46 ^{ab}	9.56±0.44 ^b
Total female longevity (days)	29.5±0.56 ^a	30.4±0.52 ^a	29.56±0.69 ^a
Adult pre-reproductive period (days)	0.62±0.2 ^b	1.5±0.22 ^a	1.89±0.31 ^a
Total pre-reproductive period (days)	19.44±0.66 ^b	22.0±0.37 ^a	21.86±0.45 ^a
Reproductive days (days)	7.81±0.23 ^a	6.0±0.33 ^b	6.0±0.37 ^b
Fecundity (eggs/female)	115.56±10.16 ^a	53.4±7.34 ^b	49.33±4.61 ^b

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

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر آماره‌های رشد جمعیتی شب پره مینوز گوجه‌فرنگی

نتایج مقایسه‌ی میانگین آماره‌های رشد جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که بین حشره‌کش‌های ایندومت و ایمونیت اختلاف معنی‌داری از نظر فراسنجه‌های رشد جمعیتی وجود نداشت، اگرچه استفاده از غلظت زیرکشنده منجر به کاهش فراسنجه‌های رشد جمعیتی نظیر نرخ خالص تولیدمثلی (R_0)، نرخ ناخالص تولید مثلی نیز (GRR)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نسبت به شاهد شدند. میزان نرخ

¹ Adult pre reproductive period

خالص تولیدمثل از (۹/۰۶) در تیمار ایندومکت تا (۳۱/۳۳) تخم/ به ازای هر ماده در شاهد متغیر بود، که حاکی از تأثیر منفی بیشتر این تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. همچنین بیشترین میزان نرخ ناخالص تولیدمثلی مربوط به تیمار شاهد (۹۶/۱۷) نتاج/ به ازای هر ماده بود. در این فراسنجه نیز بین تیمارهای ایمونیت (۲۵/۵۶) و ایندومکت (۲۸/۵۲) نتاج/ به ازای هر ماده اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). مقدار فراسنجه‌ی نرخ ذاتی افزایش جمعیت نیز تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش کاهش پیدا کرد. بیش‌ترین مقدار این فراسنجه در تیمار شاهد (۰/۱۵۲ بر روز) به دست آمد. براساس نتایج حاصل، مقدار فراسنجه‌ی نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) تحت تأثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد (۱/۱۶۴) بر روز) کاهش یافت به طوری که در حشره‌کش ایمونیت (۱/۰۹۹ بر روز) و در حشره‌کش ایندومکت (۱/۰۹۲ بر روز) مشاهده گردید. در فراسنجه‌ی مدت زمان یک نسل (T) بیشترین مقدار این فراسنجه در تیمار ایندومکت (۲۴/۸۵ روز) ثبت گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده حشره‌کش ایندومکت باعث افزایش معنی داری در مقدار این فراسنجه نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

جدول ۴- اثرات زیرکشنده‌ی (LC₂₅) ایمونیت و ایندومکت بر بر آماره‌های رشد جمعیت مینوز گوجه فرنگی

Table 4- Sublethal effects (LC₂₅) of Imunit® and Indomect® on the population growth parameters of *Tuta absoluta*

Parameter	Treatment (mean $\pm$ standard error)		
	Control	Imunit	Indomect
Net reproductive rate (R_0)(offspring/individual)	31.33 $\pm$ 7.19 ^a	10.07 $\pm$ 3.14 ^b	9.06 $\pm$ 2.84 ^b
Gross Reproductive Rate (GRR) (offspring/individual)	96.17 $\pm$ 24.34 ^a	25.56 $\pm$ 6.51 ^b	28.52 $\pm$ 7.16 ^b
Intrinsic rate of population growth (r) (day ⁻¹)	0.152 $\pm$ 0.011 ^a	0.094 $\pm$ 0.014 ^b	0.088 $\pm$ 0.013 ^b
Finite rate of increase (λ) (day ⁻¹)	1.164 $\pm$ 0.012 ^a	1.099 $\pm$ 0.015 ^b	1.092 $\pm$ 0.015 ^b
Mean generation time (T) (day)	22.57 $\pm$ 0.053 ^b	24.33 $\pm$ 0.31 ^a	24.85 $\pm$ 0.53 ^a

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

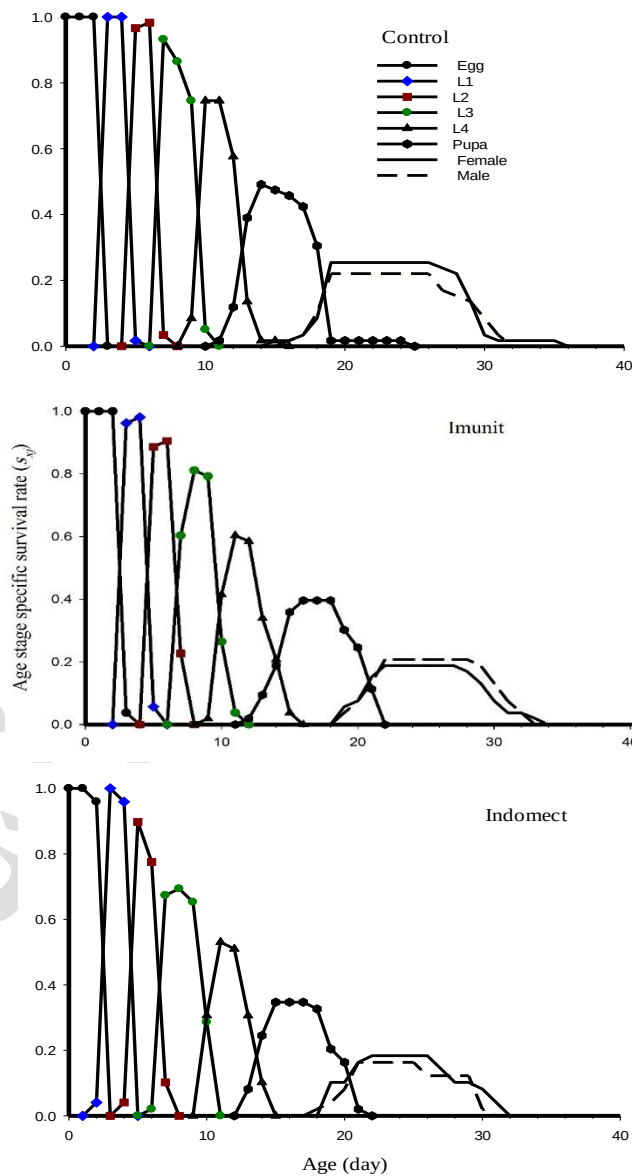
R_0 : net reproductive rate (offspring per female); GRR : gross reproductive rate (offspring per female); r_m : intrinsic rate of increase (per day); λ : finite rate of increase (per day); T : generation time (day).

اثرات زیرکشنده‌ی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت بر نرخ بقا، زادآوری ناخالص، زادآوری خالص،

امید به زندگی و نرخ تولید مثلی ویژه سنی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

منحنی‌های مربوط به نرخ زنده‌مانی ویژه سن - مرحله‌ی زیستی مینوز گوجه‌فرنگی (s_{xj}) تحت تأثیر غلظت غیرکشنده حشره-کش‌های ایمونیت و ایندومکت در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که نرخ بقای ویژه سنی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در زمان ورود به مرحله حشره کامل ماده، با شاهد (۴۹٪) و تیمارهای ایمونیت (۳۹٪)، ایندومکت (۳۴٪) بود. به

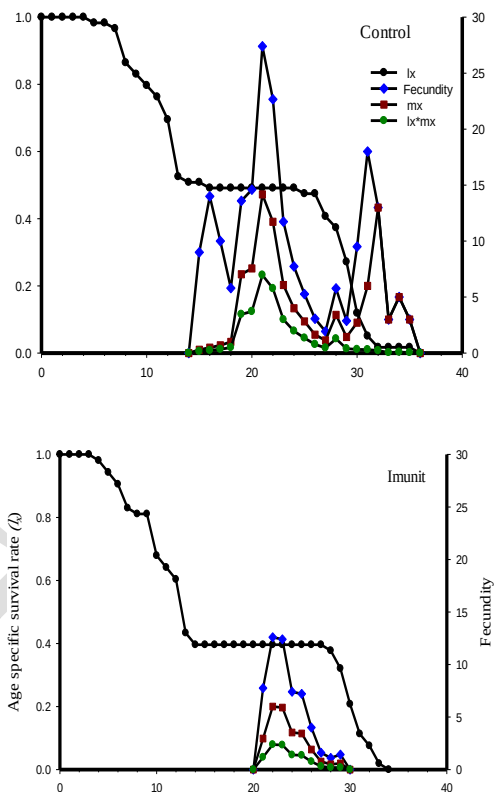
طوری که کاهش میزان نرخ بقای مرحله‌ی ماده‌ی بالغ در غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد مشاهده گردید.

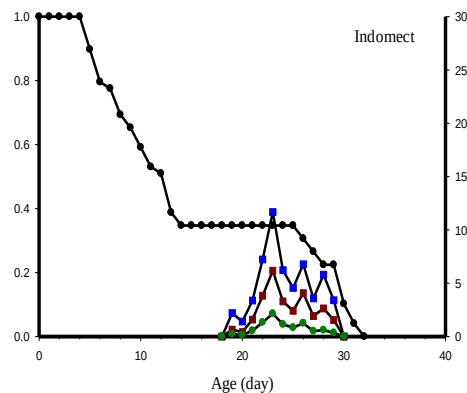


شکل ۱- اثرات زیر کشنده‌ی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومتکت بر نرخ بقا ویژه سن-مرحله‌ای (s_{xj}) شب‌پره مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Figure 1- Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-stage specific survival rate (s_{xj}) of *Tuta absoluta*

بررسی منحنی زادآوری ناخالص ویژه سنی (m_x) وزادآوری خالص ویژه سنی ($l_x m_x$) نشان داد که تیمار با غلظت زیرکشنده حشره کش های ایمونیت و ایندومکت باعث اثرات سوء روی حشرات بالغ شب پره مینوز گوجه فرنگی داشته و شروع تخم ریزی را در آن ها نسبت به شاهد به تأخیر انداخته است. حشرات کاملی که از تخم های تیمار شده با حشره کش تکامل یافته بودند با تاخیر وارد مرحله تولید مثلی شدند که این مقدار در تیمارهای ایمونیت (۱/۵ روز عمر) و ایندومکت (۱/۸۹ روز عمر) در حالی که شاهد سریعتر از سایر تیمارها وارد این مرحله از زندگی (۰/۶۲ روز عمر) شد. بیشترین نرخ زادآوری ناخالص ویژه سنی در حشرات ماده (ماده ۱۴/۱۷) و زادآوری خالص ویژه سنی حشرات بالغ ($l_x m_x = ۶/۹۶$) در تیمار شاهد نسبت به سایر حشره کش ها بیشترین میزان را داشت. کمترین زادآوری خالص ویژه سنی حشرات بالغ در تیمار ایندومکت (نتاج $l_x m_x = ۲/۱۴$) در روز عمر بوده و در تیمار ایمونیت نیز فراسنجه مذکور معادل (نتاج $l_x m_x = ۲/۳۷$) در روز عمر می باشد (شکل ۲).

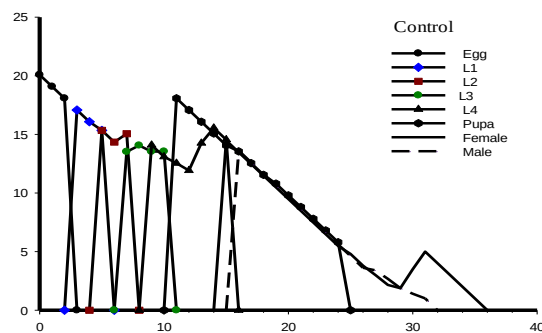


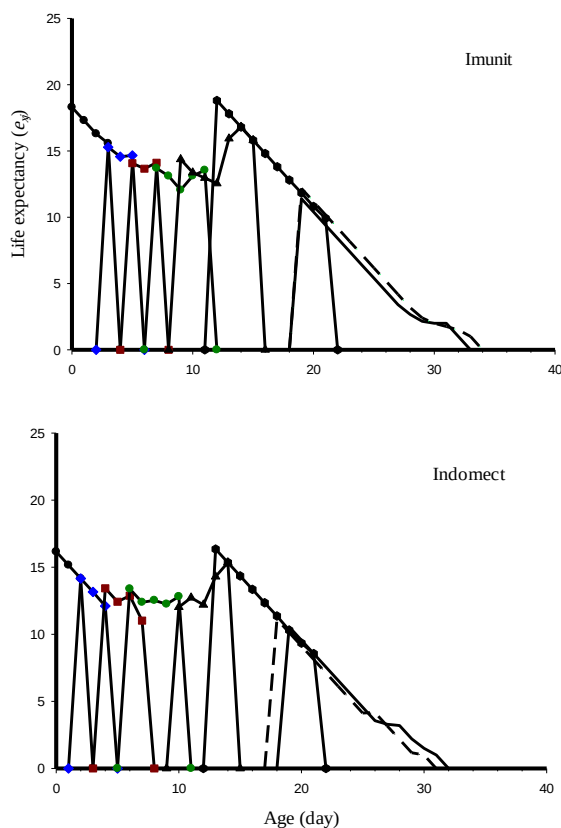


شکل ۲- اثرات زیر کشنده‌ی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سن-مرحله‌ای (m_x) و باروری خالص روزانه ($l_x m_x$) شب‌پره مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta*

Figure 2- Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-specific survival (l_x), age-stage specific fertility (m_x) and age-specific fertility ($l_x m_x$) of *Tuta absoluta*

منحنی امید به زندگی ویژه سن- مرحله رشدی مینوز گوجه فرنگی در شکل ۳ نشان داده شده است. روز صفر امید به زندگی مرحله تخم نیز در تیمار زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش طول دوره را نشان دادند. به طوریکه در روز صفر میزان امید به زندگی شاهد ۲۰/۰۸ روز در صورتی که در تیمارهای ایمونیت و ایندومت به ترتیب این مقدار به ۱۸/۱۶۵ و ۱۶/ روز کاهش یافت.

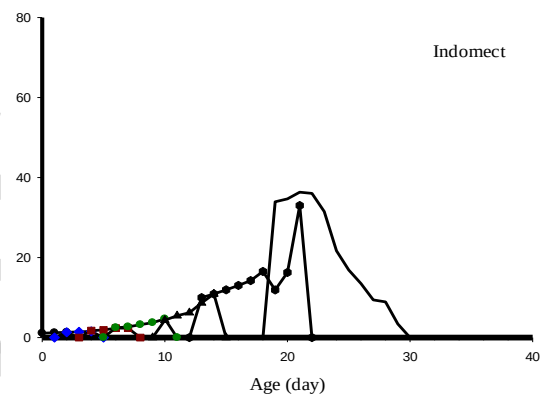
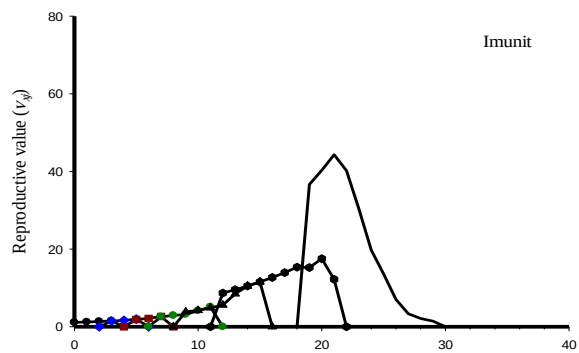
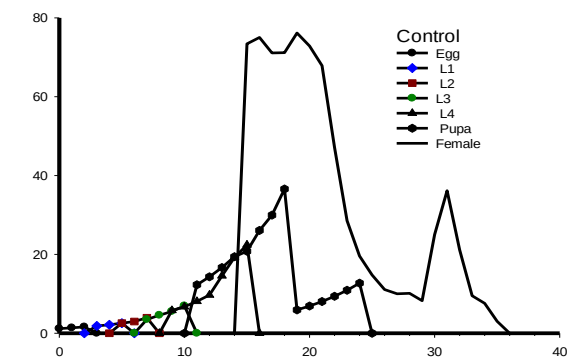




شکل ۳- اثرات زیر کشنده‌ی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر امید به زندگی سن-مرحله‌ای (e_{xj}) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta*

Figure 3- Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-specific survival (l_x), age-stage specific fertility (m_x) and age-specific fertility (l_{xx}) of *Tuta absoluta*

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 این مطلب است که بیشترین نرخ یا ارزش تولیدمثلی مربوط به تیمارشاهد (۷۶/۱۶ تخم/نوزدهمین روز) به دست آمد. بیشترین نرخ تولیدمثلی در هر دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومت در بیست و یکمین روز، به ترتیب (۴۴/۳۳ تخم) و در تیمار ایندومت (۳۶/۳۶ تخم) بود. نتایج نشان داد که این حشره‌کش‌ها روی میزان زادآوری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تأثیر داشته و میزان این فراسنجه نسبت به شاهد کاهش پیدا کرده است (شکل ۴).

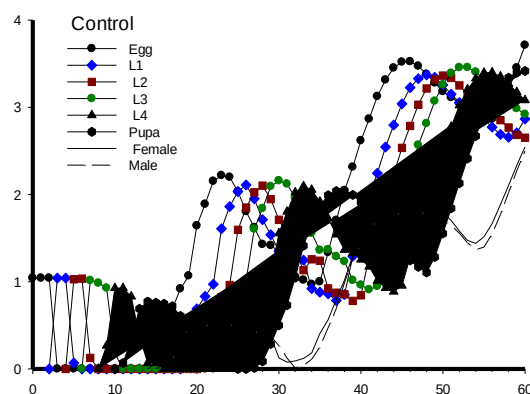


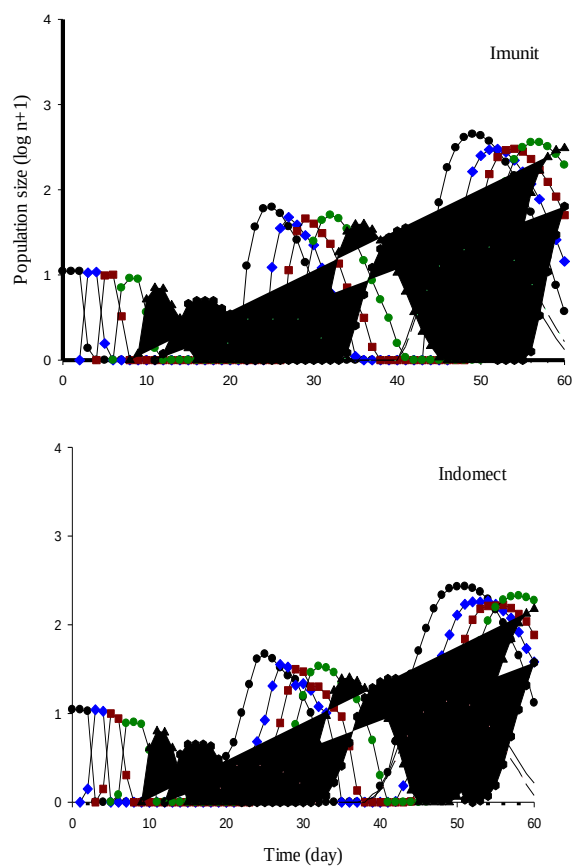
شکل ۴- اثرات زیر کشنده‌ی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله‌ای (v_{xj}) شب‌پره مینوز گوجه-فرنگی، *Tuta absoluta*

Figure 4. Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-stage-specific reproductive value (v_{xj}) of *Tuta absoluta*

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر رشد جمعیت کل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

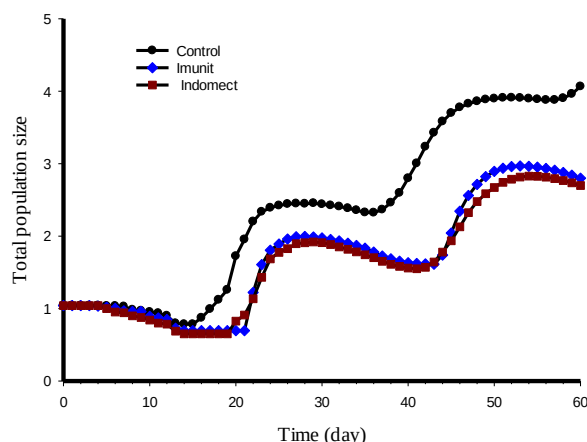
تغییرات و پیش‌بینی رشد جمعیت و رشد جمعیت کل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی به تفکیک مرحله سنی آفت بعد از گذشت شصت روز تحت تاثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. بالاترین سرعت رشدونمو در تیمار شاهد و کم‌ترین آن در حشره‌کش ایندومت مشاهده گردید (شکل ۶). این مساله نشان می‌دهد که با کاهش غلظت توصیه شده یک حشره‌کش و استفاده از غلظت‌های زیرکشنده، ضمن کاهش میزان مصرف آفت‌کش، می‌توان سرعت رشد و نمو آفت را نیز کاهش داد.





شکل ۵- پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله شب‌پره مینوز گوجه فرنگی، *Tuta absoluta*، تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره-کش‌های ایمونیت و ایندومت در مقایسه با شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 5- Projection of population growth potential and stage structure of *Tuta absoluta* treated with LC_{25} of Imunit and Indomect



شکل ۶- رشد جمعیت کل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta*، تیمار شده با غلظت LC_{25} ایمونیت و ایندومت در مقایسه با تیمار شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 6- Population projection of *Tuta absoluta* (total stage) treated with LC_{25} of Imunit and Indomect in comparison to control treatment during 60 days

بحث

در این مطالعه اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت روی مینوز گوجه‌فرنگی بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو حشره‌کش مذکور دارای سمیت حاد برای *T. absoluta* بوده و در غلظت‌های زیرکشنده نیز باعث کاهش ظرفیت تولیدمثلی این حشره می‌شوند. غلظت کشنده LC_{50} حشره‌کش ایمونیت (۲۳۹/۴۱۲ پی‌پی‌ام: LC_{50}) تاثیر بیشتری نسبت به حشره‌کش ایندومت (۲۴۷/۵۴۱ پی‌پی‌ام: LC_{50}) روی تخم‌های سه روزه پروانه مینوز گوجه‌فرنگی داشت. همانطوریکه در مقدمه ذکر گردید، اغلب مطالعات انجام شده توسط محققین، اثرات کشندگی حشره‌کش‌های شیمیایی را روی مرحله لاروی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار دادند و تعداد معدودی از آنها تاثیر حشره‌کش‌ها را در مرحله تخم مورد بررسی قرار دادند. به عنوان مثال، مقایسه خاصیت حشره‌کشی آلفاسایپرومترین + تفلوبنزورون (ایمونیت) روی مرگ و میر لاروهای سن دوم شب‌پره مینوز در پژوهش صورت گرفته توسط (Khanmohammadi et al., 2023) روی ارقام گوجه‌فرنگی ارلی‌اوربانا Y (۴۵۰۹ پی‌پی‌ام: LC_{50} پی‌پی‌ام) و سوپرسترین B (۵۵۹۵ پی‌پی‌ام: LC_{50} پی‌پی‌ام)، نشان از حساسیت بیشتر تخم‌های سه روزه با حشره‌کش مشابه نسبت به لاروهای سن دوم دارد. در تحقیق (Moezzi et al., 2022) روی سرخرطومی برگ یونجه *Hypera postica* Gyllenhal (Col.: Curculionidea) مقدار LC_{50} ایمونیت ۱۱/۹۴ میلی گرم در ۶۰ لیتر مربع بود که از LC_{50} ایمونیت در این تحقیق کمتر بود. علت این اختلاف را می‌توان به تفاوت در میزان حساسیت مراحل مختلف زیستی، شرایط فیزیولوژیکی حشره (Mahmoodi et al., 2020)، جمعیت‌های گونه مورد مطالعه (Nozad-Bonab et al., 2017)، نوع رقم و میزبان گیاهی (Giustolin et al., 2001) ربط داد. مقایسه

نتایج حاصله از اثرات کشندگی صورت گرفته توسط (Ebneabbasi et al., 2023) با تحقیق حاضر، در استفاده از دو حشره کش تیوسیکللام هیدروژن اکسالات با (۱۷۵/۳۲۷ پی پی ام: LC₅₀) و فلوپن دی آمید با (۲۱۹/۷۵۹ پی پی ام: LC₅₀)، بیانگر حساسیت بیشتر تخم های آفت به حشره کش های مورد استفاده آنها نسبت به هردو حشره کش مورد مطالعه در این تحقیق دارد. همچنین در مطالعه (Nozad-Bonab et al., 2017) که به مطالعه اثرات کشندگی و زیرکشندگی چندین حشره کش شیمیایی و بیولوژیکی بر روی مراحل تخم و لاروهای نئونات مینوز گوجه فرنگی پرداخته بودند، حشره کش کلرانترانیلی پرول (۰/۰۲ میلی گرم ماده موثر بر لیتر: LC₅₀) موثرتر از حشره کش های مورد مطالعه در این تحقیق بود. تفاوت در ساختار شیمیایی و مکانیسم عمل حشره کش ها و جمعیت های گونه مورد مطالعه می تواند دلیلی بر این اختلافات باشد (Teixeira & Andaloro, 2013; IRAC, 2014). در مطالعه (Khani et al., 2020) اثربخشی غلظت های کشندگی چند حشره کش شامل اسپینوسد، کلرانترانیلی پرول، ایندوکساکارب، ابامکتین و زتا-سایپرترین روی تخم شب پره مینوز گوجه فرنگی نشان داد که LC₅₀ هر کدام به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۹، ۸/۱۰، ۲۹/۰، ۲۳۲/۲ میلی گرم ماده موثره در لیتر بدست آمدند که در بین آفت کش های مورد آزمایش کلرانترانیلی پرول و اسپینوسد بیشترین اثر تخم کشی را نشان دادند. طبق مطالعه صورت گرفته (Ziaee and Sohrabi, 2021) اثرات کشندگی حشره کش ابامکتین بنزوات بروی لارو سن دوم مینوز گوجه فرنگی در شرایط آزمایشگاهی انجام شد که (LC₅₀: 14/50 میلی گرم ماده موثره بر لیتر) پس از ۲۴ ساعت بدست آمد. در مطالعه حاضر علاوه بر اثرات کشندگی حشره کش های ایمونیت و اندومکت، اثرات زیرکشندگی آنها نیز مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت کشنده LC₂₅ حشره کش ایمونیت (۱۴۷/۴۱۶ پی پی ام: LC₂₅) تاثیر بیشتری نسبت به حشره کش ایندومکت (۱۵۲/۱۸۲ پی پی ام: LC₂₅) روی تخم های سه روزه پروانه مینوز گوجه فرنگی داشت. در پژوهش انجام یافته توسط (Ziaee and Sohrabi, 2021)، مقدار غلظت های زیرکشنده LC₁₀: ۰/۰۷ پی پی ام و LC₃₀ (۱/۶۱ پی پی ام) حشره کش ابامکتین بنزوات روی لارو سن دوم *T. absoluta* گزارش کردند که نسبت به زیرکشندگی حشره کش های مورد مطالعه در این تحقیق کمتر است. در مطالعه (Kabiri Raeisabad 2019) میزان LC₃₀ حشره کش های تنداکسیر® و ایندوکساکارب® Avaunt® روی تخم مینوز گوجه فرنگی را به ترتیب ۷۶۲/۴ و ۸۸۶/۳ پی پی ام گزارش کردند، که مقایسه نتایج آنها با پژوهش اخیر، بیانگر تاثیر بیشتر حشره کش های مورد مطالعه در پژوهش اخیر می باشد. LC₂₅ حشره کش های مورد مطالعه در این تحقیق، طول دوره رشد مراحل نابالغ را در مقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش داد. افزایش طول دوره رشد افراد نابالغ باعث می شود که این افراد مدت زمان بیشتری در معرض عوامل کنترل بیولوژیک از جمله دشمنان طبیعی قرار بگیرند که این امر کارایی دشمنان طبیعی را در مهار جمعیت آفت افزایش می دهد (Erb et al., 2001; Sedaration et al., 2013). استفاده از غلظت زیرکشنده حشره کش های مورد مطالعه، به موازات تاثیر بر مراحل رشدی نابالغ شب پره مینوز گوجه فرنگی، طول عمر مراحل بالغ و باروری شب پره مینوز گوجه فرنگی را نیز تحت تاثیر قرار دادند، به طوری که متوسط کل طول عمر و تخم گذاری افراد بالغ تحت تاثیر غلظت های LC₂₅ به طور چشمگیری نسبت به شاهد کاهش یافت. در مطالعه حاضر، غلظت های زیرکشنده حشره کش های مربوطه با افزایش تلفات و کاهش طول عمر و تولیدمثل حشرات بالغ باعث کاهش معنی دار مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت در مقایسه با شاهد شد. به طور مشابهی، در پژوهش صورت گرفته توسط (Kabiri Raeisabad 2019)، استفاده از غلظت زیرکشنده LC₃₀ حشره کش های تنداکسیر و ایندوکساکارب روی تخم *T. absoluta* منجر به کاهش نرخ ذاتی و متناهی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولیدمثل شد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r*)، نرخ تغییرات جمعیت حشره به ازای هر فرد در هر روز را نشان می دهد و

مهم‌ترین آماره زیستی جمعیت حشرات است که تخمین دقیق‌تری از تأثیر حشره کش‌ها بر روی جمعیت آفات ارائه می‌دهد (Walthall and Stark, 1997; Stark et al., 1997; Forbes and Calow, 1999). همچنین هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر، مطالعات انجام شده توسط (Esmaily et al.: 2015) در بررسی اثرات زیرکشنده‌گی حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب روی لارو سن دوم مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که غلظت LC_{30} به ترتیب (۰/۵۸ و ۲/۴۶) میلی گرم ماده موثره بر لیتر هر دو حشره‌کش باروری، طول عمر حشرات کامل، طول دوره لاروی و شفیرگی را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار دادند. در مطالعه (Kandil et al., 2020)، اثرات زیرکشنده باسیلوس تورینجیس، اسپینوساد و بنزوات امامکتین به‌عنوان حشره‌کش زیستی در مقایسه با حشره‌کش‌های شیمیایی کلرپیریفوس و ایندوکساکارب علیه لارو سن دو نشان داد که غلظت زیرکشنده فرمولاسیون Bt به طور قابل توجهی مرگ و میر شفیره را افزایش داد. علاوه بر کارایی، فرمولاسیون Bt و بنزوات امامکتین دوره رشد لارو را افزایش داد. تمامی حشره‌کش‌های زیستی از جمله Bt، اسپینوساد و امامکتین بنزوات باعث ایجاد ناهنجاری در مراحل مختلف زندگی مینوز گوجه‌فرنگی شدند.

نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه اختلاف معنی‌داری بین حشره‌کش‌های مورد مطالعه از نظر آماره‌های جمعیتی (نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، مدت زمان یک نسل (T)، نرخ ذاتی (r) و نرخ متناهی (λ) افزایش جمعیت) وجود نداشت، ولی حشره‌کش‌های مذکور، این آماره‌ها را در نتایج حاصله نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش دادند. در پژوهش صورت گرفته توسط (Taleh et al., 2022) اثربخشی غلظت‌های زیرکشنده چند حشره‌کش شامل آزادپراکتین، امامکتین بنزوات، ایمیداکلوپرید، لامبدا سی هالوترین و تیاکلوپرید روی لارو سن دوم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که امامکتین بنزوات و آزادپراکتین آماره‌های جمعیتی را به طرز چشم‌گیری نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار دادند. همچنین، نتایج حاصل از پیش‌بینی روند جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با فراسنجه‌های رشد جمعیت مطابقت داشت. به عنوان مثال، با افزایش مدت زمان یک نسل حشره (T)، در نتایج که والدین آنها با غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها تیمار شده بودند، سرعت رشد جمعیتی کمتری نسبت به شاهد داشتند.

نتایج نشان داد که هر دو حشره‌کش استفاده شده، آماره‌های رشد جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی 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. یافته‌های حاصل از این تحقیق بیانگر این نکته مهم است که غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایندومکت و ایمونیت قادرند اثرات منفی قابل توجهی بر پتانسیل رشد جمعیت *T. absoluta* داشته باشند. نکته قابل توجه اینکه کاربرد غلظت زیرکشنده علاوه بر اینکه سبب کاهش پتانسیل رشد جمعیت آفات می‌شود، احتمالاً امکان استفاده از این ترکیبات را در تلفیق با دشمنان طبیعی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی را فراهم آورد، 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 مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای ارزیابی شود. مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو حشره‌کش مورد استفاده می‌توانند به عنوان حشره‌کش‌های موثر در مدیریت آفت مذکور مدنظر قرار گیرند.

References

1. Adams, A., Gore, J., Catchot, A., Musser, F., Cook, D., Krishnan, N. and 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.
2. Alikhani, M., Safavi, S. A. and 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.
 3. Atlihan, R., Kasap, İ., Özgoökçe, M. S., Polat-Akköprü, E. and 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.
 4. Balzan, M. V. and 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.
 5. Bloem, S. and Spaltenstein, E. (2011). New pest response guidelines: tomato leafminer (*Tuta absoluta*). USDA-APHIS-PPQ-EDP-Emergency Management, Riverdale, Maryland.
 6. Biondi, A., Mommaerts, V., Smagghe, G., Viñuela, E., Zappalà, L. and Desneux, N.
 7. (2012). The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest Management Science*, 68(12), 1523-1536.
 8. Bogorni, P. C., Silva, R. A. D., & Carvalho, G. S. (2003). Consumo de mesófilo foliar por *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera: Gelechiidae) em três cultivares de *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ciência Rural*, 33, 07-11.
 9. Chi, H. S. I. N. and 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.
 10. Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17(1), 26-34.
 11. Chi, H. (2021a). 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>.
 12. Chi, H. (2021b). 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>.
 13. Cherif, A., Attia-Barhoumi, S., Mansour, R., Zappalà, L. and 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.
 14. Cocco, A., Deliperi, S., Lentini, A., Mannu, R., & Delrio, G. (2015). Cocco Seasonal phenology of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected and open-field crops under Mediterranean climatic conditions. *Phytoparasitica*, 43, 713-724.
 15. de França, S. M., Breda, M.O., Barbosa, D. R. S., Araujo, A. M. N., & Guedes, C. A. (2017). The sublethal effects of insecticides in insects. *Biological Control Pest Vector Insect*, 23–39. <https://doi.org/10.5772/66461>
 16. 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. and 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.
 17. Desneux, N., Decourtye, A. and Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52, 81-106.
 18. 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). *Journal of Entomological Society of Iran* 43 (3), 219-231 (In Persian with English Abstract).
 19. Erb, S. L., R. S. Bouchier, K. van Frankenhuyzen and S. M. Smith, (2001). Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. *kurstaki* on *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae)

- and the tachinid parasitoid *Compsilura concinnata* (Diptera: Tachinidae). *Environmental Entomology*, 30: 1174-1181.
20. Esmaily, M., Saber, M., Bagheri, M., and Gharekhani, G. (2015). Effect of emamectin benzoate and indoxacarb on tomato leaf minor, *Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) in laboratory conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 4(2), 161-169.
 21. FERA.(2009). Managing *Tuta absoluta* infestations at packing sites in the UK: Best practice guidelines to mitigate the risk of spread of this pest in the UK. Food and Environment Research Agency, Department for Environment Food and Rural Affairs.
 22. Finney, D. J. (1971). *Probit Analysis* 3rd Edition, Cambridge University, London, 333 pp.
 23. Forbes, V. E., and P. Calow. (1999). Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18: 1544-1556.
 24. Garcia, M.F. and Espul, J.C. (1982). Bioecología de la polilla Del tomate (*Scrobipalpula absoluta*) en Mendoza, República Argentina. *Rev. Invest. Agropecuarias INTA (Argentina)*. 18: 135–146.
 25. Giustolin, T. A., Vendramim, J. D., Alves, S. B., Vieira, S. A., & Pereira, R. M. (2001). Susceptibility of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) reared on two species of *Lycopersicon* to *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. *Journal of Applied Entomology*, 125(9-10), 551-556.
 26. IRAC. (2014). IRAC MoA Classification Scheme (Version 7.3.1). <http://www.irac-online.org>. Accessed October 2014.
 27. Illakwahhi, D. T., and Srivastava, B. B. L. (2017). Control and management of tomato leafminer- *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). A review. *Journal of Applied Chemistry*, 10, 14-22.
 28. 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 (Scientific Journal of Agriculture)*, 42(1): 45-64. (In Persian with English Abstract).
 29. Kandil, M. A., Abdel-kerim, R. N., and Moustafa, M. A. (2020). Lethal and sub-lethal effects of bio-and chemical insecticides on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1-7.
 30. Keihanian, A.A., Barari, H., Amin, G.H.A., Farhangi, V, Khormali, S and Sheikhi Garjan, A. (2014). Investigating the effectiveness of Imunite for *Helicoverpa armigera* Hub. control. Final Report of the Iraninan Research Plant Protection Institute. 2014. 26pp. No. 47257. (In Persian with English abstract).
 31. Khani, S., Hejazi, M. J., & Karimzadeh, R. (2020). Susceptibility of eggs and larvae of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) to some insecticides. *Journal of entomological society of Iran*, 39(4), 393-402. (In Persian with English Abstract).
 32. Khanmohammadi, P., Rafiee, D. H., Razmjou, J., Hassanpour, M., & Ebadollahi, A. (2023). 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. (In Persian with English Abstract).
 33. Lashkari, M. R., Sahragard, A. and 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. (In Persian with English Abstract).
 - 34.
 35. Lietti, M. M. M., Botto, E. and Alzogaray, R. A. (2005). Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* 34 (1), 113-119.
 36. Liu, L. L., Dai, R. H., Yang, H. and Jin, D. C. (2016). Sublethal effects of triazophos on the life table parameters of *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae). *Florida Entomologist* 99(2), 292-296.

37. Mahmoodi, L., Mehrkhou, F., Guz, N., Forouzan, M. and 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.
38. Monserrat, A. (2009). La polilla Del tomate *Tuta absoluta* en la Region de Murcia: bases para su control. Serie Tecnica y de Estudios No. 43. Conserjeria de Agriculture y Agua.
39. Moeini-Naghade, A., Sheikharjan, A., Moeini-Naghade, N. and Zamani, A. (2020). Effect of different insecticides on egg, larva and adult of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep. Gelechiidae). *Journal of Crop Protection*, 9(3): 439–446. (In Persian with English Abstract).
40. Moezzi-pour, M., Gholamzadeh Chitgar, M., Sadat Shojaei, Sh. And Fatehi, F. (2022). Efficacy of several insecticides against alfalfa leaf weevil *Hypera postica* Gyllenhal (Cl.: Curculionidae) under field condition. *Journal of Foragr and Feed Extension*. 3(1): 75-81. (In Persian).
41. Negi, S., Sharma, P. L., Sharma, K. C., and Verma, S. C. (2018). Effect of host plants on developmental and population parameters of invasive leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Phytoparasitica*, 46, 213-221.
42. Nitin, K. S., Chakravarthy, A. K., Mehmet Salih Özgökçe, M. S and 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.
43. Nozad-Bonab, Z., Hejazi, M. J., Iranipour, Sh. and 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.
44. Özgökçe, M. S., Chi, H., Atlihan, R. and Kara, H. (2018a). Demography and population projection of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae) on five pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars. *Phytoparasitica* 46, 153-167.
45. Özgökçe, M. S., Chi, H., Atlihan, R. and Kara, H. (2018b). Correction to: demography and population projection of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae) on five pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars. *Phytoparasitica* 46, 169.
46. Radwan, E. M. and 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.
47. Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. and Savin, N. E. (2007). Pesticide bioassays with arthropods. CRC Press.
48. Sadeghinassab, 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.
49. Sadeghinassab, F., Safavi, S. A., Ghadamyari, M. and 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. (In Persian with English Abstract).
50. Sadeghinassab, F., Safavi, S. A., Ghadamyari, M. and 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.
51. Sedarafian, 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. <https://doi.org/10.1111/jen.12030>
52. Sheikhi Garjan, A., Baniamery, V. and 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. (In Persian).
53. Souza, J. C. and Reis, P. R. (1986). Controle da traça-do-tomateiro em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 21, 343 ± 354.

54. Silva, G. A., Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B., Rosado, J. F. and 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.
55. Siqueira, H. A. A., Guedes, R. N. C., and Picanco, M. C. (2000). Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology* 2, 147-153.
56. Siqueira, H.A.A., Gudes, R.N.C., Fragoso, D.B., and 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.
57. Stark, J. D., L. Tanigoshi, M. Bounfour, and A. Antonelli. (1997). Reproductive potential, its influence on the susceptibility of the species to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37, 273-279.
58. Taheri-Sarhozaki, M. & Safavi, A. (2014). Population growth parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae), exposed to sublethal doses of thiacloprid. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 47 (4), 464-471.
59. Taleh, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Ebadollahi, A., & Alkan, M. (2022). Comparative lethal and sublethal toxicity of some conventional insecticides against tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 24(1), 89-101.
60. Teixeira, L. A. and Andalora, J. T. (2013). Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 106, 76-78.
61. Walthall, W. K., and J. D. Stark. (1997). A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37, 45-52.
62. Ziaee, M. and 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. (In Persian with English Abstract).