

Lethal and Sublethal Effects of Imunit[®] and Indomect[®] Insecticides on the Biological and Population Growth Characteristics of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

P. Jalili¹, F. Mehrkhou^{1*}, M. Forouzan²

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

2- Plant Protection Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

(* - Corresponding author's Email: f.mehrkhou@urmia.ac.ir)

Received: 07-05-2025

Revised: 04-06-2025

Accepted: 10-06-2025

Available Online: 10-02-2026

How to cite this article:

Jalili, P., Mehrkhou, F., & Forouzan, M. (2026). Lethal and sublethal effects of Imunit[®] and Indomect[®] insecticides on the biological and population growth characteristics of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Iranian Plant Protection Research*, 39(4), 343-359. (In Persian with English abstract). <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 greenhouses 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, sweet pepper, and 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 hand, some biological properties (leaf mining habit, short life span and high reproductive rates) of the tomato leafminer moth resulted in development of 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 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 *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



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))

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

The colony of 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 ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70\% \pm 5\%$ 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 insecticide for 20 s. The treated leaves were air-dried for 20 min at room temperature, then put into the ventilated plastic containers (4 cm 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, basal ends of the tomato leaflets were wrapped in moistened cotton wicks. The lethal (LC_{50}) and sublethal (LC_{25}) 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 for 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 analyzed 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 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 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: Chronic toxicity, Fecundity, Insecticide, Leaf miner moth, Life table

اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت® و ایندومکت® بر ویژگی‌های زیستی و

رشد جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)پرستو جلیلی^۱ - فریبا مهرخو^{۱*} - مریم فروزان^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

چکیده

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 (LC₂₅) دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومکت بر فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی و پیش‌بینی سرعت رشد مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی بود. روش مورد استفاده برای انجام زیست‌سنجی‌ها، غوطه‌ورکردن برگ‌های گوجه‌فرنگی حاوی تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در غلظت‌های مورد نظر بود. داده‌های به‌دست‌آمده از جدول زندگی، به‌روش جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله رشدی تجزیه شدند. نتایج حاصل از مطالعات اثرات کشندگی نشان داد که تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی حساسیت بیشتری به ایمونیت (۲۳۹/۴۱۲ پی‌پی‌ام LC₅₀) نسبت به ایندومکت (۲۴۷/۵۴۱ پی‌پی‌ام LC₅₀) 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 ایندومکت گردید. اگرچه اختلاف معنی‌داری از نظر فراسنجه‌های رشد جمعیتی (نرخ ذاتی، متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثلی) 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، به‌طوری‌که حشرات تیمار شده با حشره‌کش‌های مذکور، سرعت رشد کمتر و در نتیجه مدت زمان یک نسل (*T*) طولانی‌مدت داشتند. مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو حشره‌کش می‌توانند به‌طور متناوب در قالب برنامه مدیریت تلفیقی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: باروری، جدول زندگی، حشره‌کش، سمیت مزمن، شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

مقدمه

(Cocco et al., 2015; 2019). این آفت در سال‌های اخیر به یک تهدید جدی برای تولید گوجه‌فرنگی تبدیل شده است. اگرچه گیاه گوجه‌فرنگی 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 (*Ribes uva-crispa* L.) 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*) از جمله میزبان‌های دیگر شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی محسوب می‌شوند (Desneux et al., 2010; Garcia & Espul,

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.,

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

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

(*)- نویسنده مسئول: (Email: f.mehrkhrou@urmia.ac.ir)<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.93383.1230>

(1982).

این آفت، به تمام مراحل رشدی گیاه گوجه‌فرنگی از قبیل برگ، میوه و ساقه خسارت وارد کرده و در صورت عدم وجود برنامه‌های مدیریتی، خسارت این آفت می‌تواند به ۸۰-۱۰۰ درصد نیز برسد (Nitin et al., 2019; Balzan & Moonen, 2012). نحوه خسارت به‌صورت سوراخ‌های ریز و تونل‌مانند در سطح برگ با توده‌هایی از فضولات لاروی، توقف رشد، خشکیدگی انتهایی بوته و 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 ریزجانداران 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 از جمله روش‌های زراعی، تله‌های فرمونی، عوامل بیولوژیک و فیزیکی استفاده می‌شود (Illakwahhi & Srivastava, 2017). اما با این حال یکی از راهکارهای اصلی مهار مینوز گوجه‌فرنگی، استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی است. به‌دلیل بروز مقاومت به تعدادی زیادی از حشره‌کش‌ها، محققان درصدد استفاده از گروه‌های مختلف حشره‌کش‌ها با نحوه اثر متفاوت نظیر ایتیم، پیریدالیل، ایندوکساکارب، کارباریل و آزینفوس متیل برآمدند (Monserrat, 2009; Siqueira et al., 2000, 2001; Lietti et al., 2005; Silva et al., 2011; Sadeghinassab 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 & Reis, 1986). حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت برای مهار تمام مراحل رشدونمو آفات راسه‌های بال‌پولکداران و دوبالان روی محصولات نظیر برنج (*Oryza sativa* L.)، سیب‌زمینی، سبزیجات و میوه توصیه شده‌اند (Liu et al., 2016; Adams et al., 2016). در این پژوهش از حشره‌کش‌های مذکور به‌دلیل خاصیت حشره‌کشی بالا و سمیت پایین برای پستانداران جهت مهار مینوز گوجه‌فرنگی استفاده گردید.

ارزیابی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی خصوصیات مختلف زیستی حشرات آفت، برای آگاهی از اثربخشی کلی آن‌ها بر مهار 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 & 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. یک مزیت مهم برای ارزیابی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها، توانایی اجرای برنامه‌های مؤثرتر و سازگار با محیط‌زیست 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، جستجوی تخم‌گذاری، عقیم‌کنندگی و دورکنندگی از اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی حشرات محسوب می‌شوند (de França et al., 2017).

اغلب مطالعات انجام‌شده، به مطالعه اثر حشره‌کش‌ها در مرحله لاروی مینوز گوجه‌فرنگی پرداخته‌اند و مطالعات کمی در مورد تأثیر حشره‌کش‌ها بر مرحله تخم این آفت وجود دارد (Radwan & Taha, 2012; Sheikhi Garjan et al., 2013; Sadeghi Nasab et al., 2012; Alikhani et al., 2019; Ebneabbasi et al., 2021). مهار شیمیایی مینوز گوجه‌فرنگی به‌دلیل اینکه لاروها در قسمت درونی دالان قرار دارند، دشوار است، لذا در این تحقیق، مرحله تخم آفت مذکور جهت تأثیر بهتر حشره‌کش‌های مورد مطالعه، انتخاب گردید. به‌دلیل وجود اطلاعات محدود در خصوص اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت بر آماره‌های زیستی و تحلیل کمی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی با استفاده از جدول زندگی دوجنسی، اهمیت این نوع مطالعات نمایان می‌شود (Atlihan et al., 2017; Özgoökçe et al., 2018a,b). بنابراین هدف از انجام این پژوهش، مطالعه اثرات کشندگی و غیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت بر فراسنجه زیستی، تولیدمثلی و پیش‌بینی روند رشدی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه گوجه‌فرنگی و پرورش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

کاشت بذرهاي گوجه‌فرنگی (رقم وانیا) داخل سینی‌های کشت حاوی پیت‌ماس انجام شد. سپس نشاها در مرحله چهاربرگی، به گلدان‌های اصلی با قطر ۱۵ سانتی‌متر که با ترکیبی از خاک، ماسه و کود حیوانی پر شده بودند (به‌نسبت 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 یک بار تجدید گردید. همچنین هیچ‌گونه سم‌پاشی در طی کشت گلخانه‌ای صورت نگرفت. پرورش گیاهان در گلخانه با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد،

رطوبت نسبی $5 \pm 70\%$ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت (Sadeghinasab, 2017).

جهت تشکیل کلنی، حشرات کامل شب‌پره 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 رهاسازی شدند. برای هم‌سن‌سازی، حشرات کامل مینوز گوجه‌فرنگی با اسپراتور 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 آزمایش‌ها فراهم گردید. پرورش حشرات در اتاقک رشد با شرایط کنترل‌شده (دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی $5 \pm 70\%$ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت تاریکی و روشنایی) صورت گرفت. پرورش حشرات به‌مدت دو نسل قبل از انجام آزمایش‌های اصلی ادامه یافت.

حشره‌کش‌های مورد استفاده

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

زیست‌سنجی مقدماتی برای تعیین LC₂₅ و LC₅₀

غلظت توصیه‌شده روی برچسب حشره‌کش‌ها، برای حشره‌کش‌های ایمونیت (300 میلی‌لیتر در هکتار) و برای ایندومتک (250 گرم در هکتار) است (Keihanian et al., 2014). ابتدا در آزمایش مقدماتی، غلظت‌هایی که در حشرات مورد آزمایش، تلفاتی در محدوده ۱۰-۹۰ درصد را ایجاد نمودند، انتخاب شد (Robertson et al., 2007). سپس سه غلظت حدواسط نیز براساس فاصله لگاریتمی محاسبه گردید. بنابراین از پنج غلظت‌های نهایی (۸۳، ۱۴۳/۹، ۲۴۹/۵، ۴۳۲/۶ و ۷۵۰ پی‌پی‌ام) در آزمون نهایی زیست‌سنجی برای هر دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومتک استفاده شد (Abdollahzadeh-Bovani et al., 2025). روش زیست‌سنجی مورد استفاده، غوطه‌ور کردن برگ‌های حاوی تخم سه روزه بود (Ebneabbasi et al., 2023). بدین ترتیب که برگ‌های گوجه‌فرنگی، حاوی ۱۵ عدد تخم سه روزه حشره به‌مدت ۲۰ ثانیه

داخل غلظت‌های مورد نظر فرو برده شدند و از سطح پستی در داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (ارتفاع چهار سانتی‌متر و قطر دو سانتی‌متر) قرار داده شده‌اند. برای حفظ شادابی و رطوبت برگ‌ها از پنبه آغشته به آب که دور دم‌برگ پیچانده شده بود، استفاده گردید. برای تهویه این ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل، روی درپوش آن‌ها منفذ ایجاد شده و با توری ارگانزا پوشانده شد. در شاهد نیز از آب مقطر استفاده گردید. 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 & Sohrabi, 2021).

تأثیر غلظت زیرکشنده (LC₂₅) حشره‌کش‌های ایندومتک و ایمونیت بر فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

جهت مطالعه فراسنجه‌های جدول‌زندگی از غلظت‌های زیرکشنده (LC₂₅) $152/182$ و $147/416$ پی‌پی‌ام به‌ترتیب برای حشره‌کش‌های ایندومتک و ایمونیت استفاده گردید. بدین ترتیب که برگ‌های گوجه‌فرنگی حاوی تخم‌های سه روزه به‌مدت ۳۰ ثانیه در غلظت‌های مذکور فروبرده شدند. با ظهور لاروهای سن اول، لاروها به ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (ارتفاع چهار سانتی‌متر و قطر دو سانتی‌متر) حاوی برگ، که در آن‌ها با توری مسدود شده بود، به‌صورت انفرادی منتقل گردید. برگ‌ها از سطح پستی 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، ایندومتک و شاهد در مطالعات آماره‌های جدول‌زندگی استفاده گردید. بدین ترتیب میزان بقا، مرگ‌ومیر روزانه، طول دوره پیش از بلوغ، مراحل نابالغ به‌طور روزانه ثبت گردید. سپس با ظهور حشرات کامل، تفکیک جنسیتی (براساس شکل ظاهری شکم و لکه‌های موجود در سطح شکمی) (Fera, 2009; Bloem & Spaltenstein, 2011) شدند و در ظروف پلاستیکی به‌طور جفت جهت مطالعات طول عمر و میزان باروری به‌طور روزانه مورد بازرسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که در تفکیک جنسیتی، شب‌پره‌های 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، درحالی‌که 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 شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تا زمان مرگ همه آن‌ها به‌صورت روزانه ثبت شد. در طول انجام آزمایش‌ها، برگ‌های خشک‌شده هر ۳-۴ روز یک بار،

با برگ‌های تازه و تیمارنشده جایگزین شدند. در شاهد نیز از آب مقطر استفاده گردید. شرایط دمایی و رطوبتی آزمایش‌ها مشابه بخش زیست‌سنجی بود.

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 گرفت (SigmaPlot 2012, Ver. 14).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای محاسبه مقادیر LC_{25} و LC_{50} پروبیت به‌روش فینی (Finney, 1971) در برنامه آماری SPSS 19 انجام شد. داده‌های حاصل از جدول زندگی و روند رشد جمعیتی، براساس جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار Two-sex-MsChart تجزیه گردید (Chi & Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2021a). میانگین و خطای استاندارد آماره‌های جدول زندگی، با استفاده از روش Bootstrap با ۱۰۰۰۰۰ تکرار محاسبه شده و جهت مقایسه تیمارها از Paired bootstrap در سطح احتمال آماری پنج درصد موجود در این برنامه استفاده گردید. پیش‌بینی روند رشد جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف مورد مطالعه

نتایج

اثرات کشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت روی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

غلظت‌های LC_{25} و LC_{50} حاصل از نتایج زیست‌سنجی برای مقادیر غلظت-پاسخ برآوردشده تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در زمان ظهور لاروهای سن اول، برای حشره‌کش‌های ایمونیت به‌ترتیب ۲۳۹/۴۱۲ و ۱۴۷/۴۱۶ پی‌پی‌ام و ایندومت ۲۴۷/۵۴۱ و ۱۵۲/۱۸۲ پی‌پی‌ام بود (جدول ۱). براساس مقادیر به-دست‌آمده، 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

Treatments	LC_{25} (ppm)	LC_{50} (ppm)	Slope±SE	$\chi^2(df)$	No.
Indomect	152.182 16.43 mg ai L ⁻¹ (73.85-217.62)	247.541 26.73 mg ai L ⁻¹ (163.95-373.75)	3.192±03	9.157(3)	300
Imunit	147.416 22.11 µl ai L ⁻¹ (72.90-209.66)	239.412 35.91 µl ai L ⁻¹ (159.85-357.62)	3.203±0/301	8.881(3)	300

مینوز گوجه‌فرنگی در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بیشترین و کمترین طول دوره تفریح تخم‌ها مربوط به حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بود. همچنین استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد مطالعه منجر به افزایش کل دوره مراحل نابالغ نسبت به شاهد گردید.

اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر طول دوره زیستی مراحل نابالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

تجزیه آماری داده‌های مربوط به بررسی اثر دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومت روی طول دوره زیستی مراحل نابالغ شب‌پره

جدول ۲- اثرات زیرکشنده (LC₂₅) ایمونیت و ایندومت بر طول دوره زیستی مراحل نابالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

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 row are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 bootstrap resampling).

جدول ۳- اثرات زیرکشندگی (LC₂₅) ایمونیت و ایندومت بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره تخم‌ریزی و باروری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

Table 3- Sublethal effects (LC₂₅) 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 (eggsg female ⁻¹)	115.56±10.16 ^a	53.4±7.34 ^b	49.33±4.61 ^b

* حروف مختلف در هر ردیف اختلاف معنی‌دار بین تیمارها را در سطح پنج درصد براساس روش بوت استرپ جفت‌شده با ۱۰۰۰۰۰ تکرار نشان می‌دهند.

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

تیمار ایندومت تا ۳۱/۳۳ تخم به‌ازای 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 شاهد (۹۶/۱۷) نتایج به‌ازای هر ماده) بود. در این فراسنجه نیز بین تیمارهای ایمونیت و ایندومت (به‌ترتیب ۲۵/۵۶ و ۲۸/۵۲ نتایج به‌ازای هر ماده) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). مقدار فراسنجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت نیز تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش کاهش پیدا کرد. بیش‌ترین مقدار این فراسنجه در شاهد (۰/۱۵۲) بر (روز) به دست آمد. براساس نتایج حاصل، مقدار فراسنجه نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) تحت تأثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد (۱/۱۶۴ بر روز) کاهش یافت، به‌طوری‌که در حشره‌کش ایمونیت (۱/۰۹۹ بر روز) و در حشره‌کش ایندومت (۱/۰۹۲ بر روز) مشاهده گردید. در فراسنجه مدت زمان یک نسل (T) بیش‌ترین مقدار این فراسنجه در تیمار ایندومت (۲۴/۸۵) ثبت شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده حشره‌کش ایندومت باعث افزایش معنی‌داری در مقدار این فراسنجه نسبت به شاهد گردید (جدول ۴).

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر نرخ بقاء، زادآوری ناخالص، زادآوری خالص، امید به زندگی و نرخ تولیدمثلی ویژه سنی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

منحنی‌های مربوط به نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله زیستی مینوز گوجه‌فرنگی (s_{xj}) تحت تأثیر غلظت غیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که نرخ بقاء ویژه سنی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در زمان ورود به مرحله حشره کامل ماده، با شاهد و تیمارهای ایمونیت، ایندومت به‌ترتیب ۴۹ درصد، ۳۹ درصد و ۳۴ درصد بود. به‌طوری‌که کاهش میزان نرخ بقاء مرحله ماده بالغ در غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد مشاهده گردید.

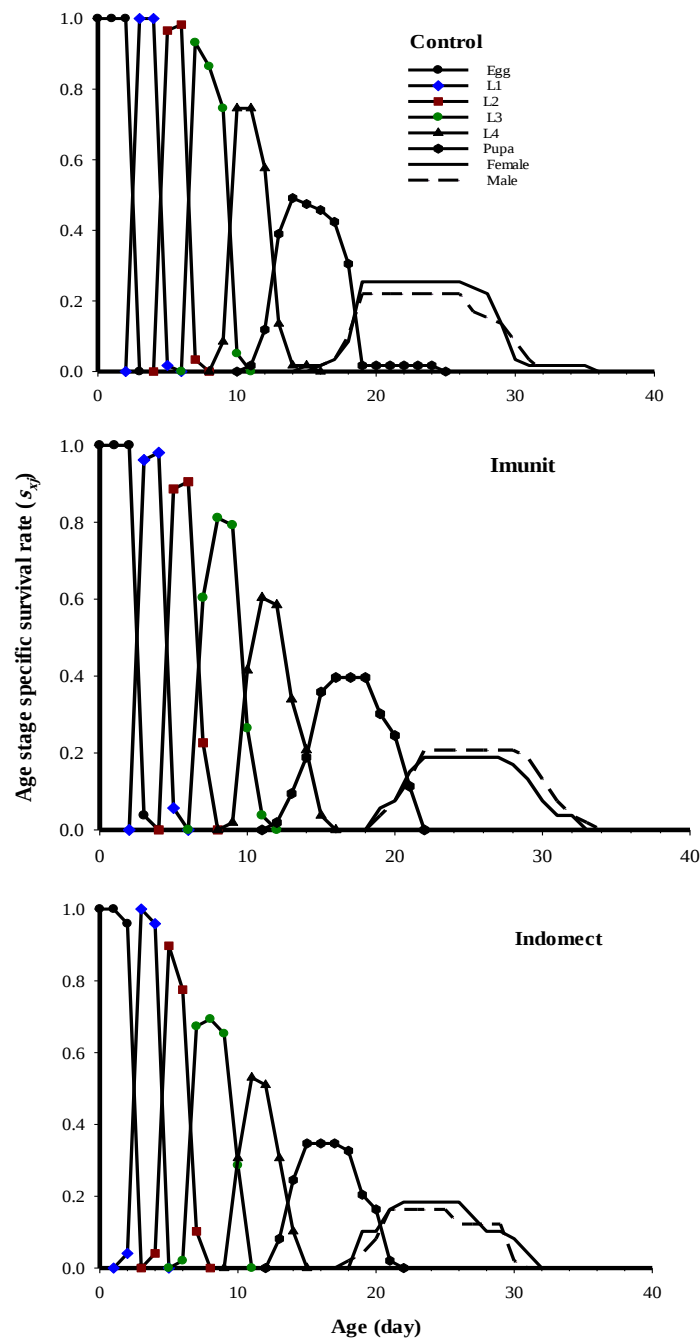
اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره مراحل تخم‌گذاری و باروری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به بررسی طول دوره پیش از تخم‌گذاری، کل دوره پیش از تخم‌گذاری، تخم‌گذاری و طول دوره تخم‌گذاری شب‌پره 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) گردید. همچنین هر دو حشره‌کش باعث کاهش دوره تخم‌ریزی نسبت به شاهد شدند و بین تیمارها و شاهد از این لحاظ تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). نتایج مربوط به میزان باروری حشرات کامل F1 بیانگر تأثیر غلظت زیرکشنده بود، به‌طوری‌که ماده‌های حاصل از نسل اول تیمار شده با ایمونیت، ایندومت و شاهد به ترتیب $53/4 \pm 7/34$ ، $49/33 \pm 4/61$ و $115/56 \pm 10/16$ نتایج در طول عمر داشتند.

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

نتایج مقایسه میانگین آماره‌های رشد جمعیتی 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 تولیدمثلی (GRR)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نسبت به شاهد شدند. میزان نرخ خالص تولیدمثلی از ۹/۰۶ تخم به‌ازای هر ماده در

1- Adult pre reproductive period



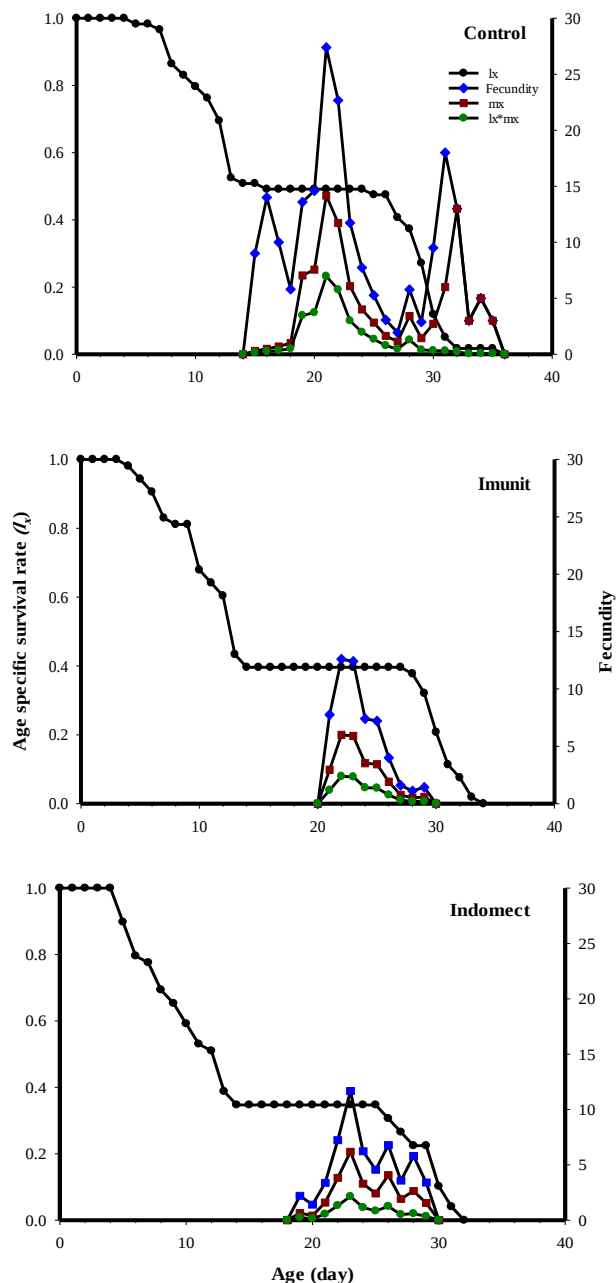
شکل ۱- اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت بر نرخ بقا و ویژه سن-مرحله‌ای (s_{xj}) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)
Figure 1- Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-stage specific survival rate (s_{xj}) of *Tuta absoluta*

تیمار شده با حشره‌کش تکامل یافته بودند با تأخیر وارد مرحله تولیدمثلی شدند که این مقدار در تیمارهای ایمونیت و ایندومکت به ترتیب ۱/۵ و ۱/۸۹ روز عمر بود، درحالی‌که شاهد سریع‌تر از سایر تیمارها وارد این مرحله از زندگی ۶۲/۰ روز عمر شد. بیشترین نرخ زادآوری ناخالص و زادآوری خالص ویژه سنی حشرات بالغ به ترتیب

بررسی منحنی زادآوری ناخالص ویژه سنی (m_x) و زادآوری خالص ویژه سنی ($l_x m_x$) نشان داد که تیمار با غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت باعث اثرات سوء روی حشرات بالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی داشته و شروع تخم‌ریزی را در آن‌ها نسبت به شاهد به تأخیر انداخته است. حشرات کاملی که از تخم‌های

عمر بوده و در تیمار ایمونیت نیز فراسنجه مذکور معادل $l_x m_x = 2/37$ نتاج در روز عمر می‌باشد (شکل ۲).

$m_x = 14/17$ ماده و $l_x m_x = 6/96$ نتاج در روز عمر، در شاهد نسبت به سایر حشره‌کش‌ها بیشترین میزان را داشت. کمترین زادآوری خالص ویژه سنی حشرات بالغ در تیمار ایندومتک، $l_x m_x = 2/14$ نتاج در روز



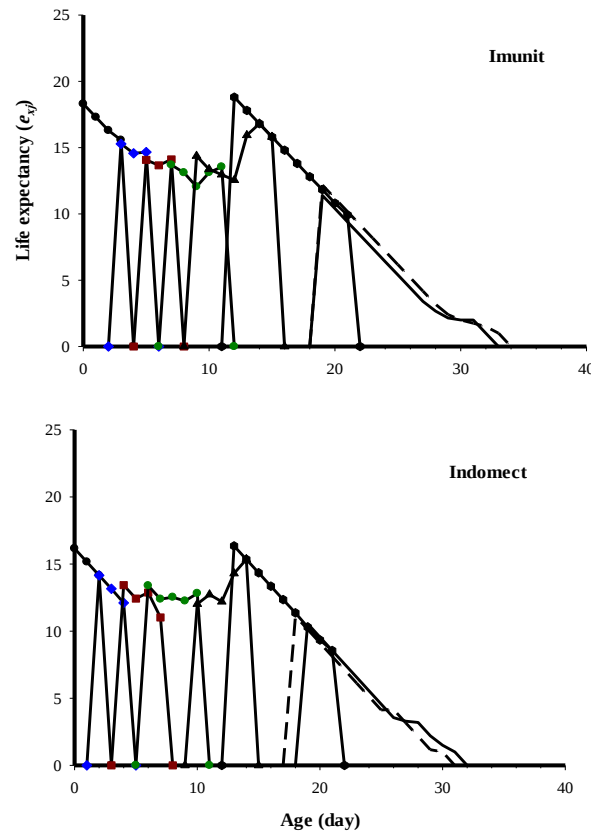
شکل ۲- اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومتک زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سن-مرحله‌ای (m_x) و باروری خالص روزانه ($l_x m_x$) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)

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*

نیز در تیمار زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومتک نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش طول دوره را نشان دادند.

منحنی امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی مینوز گوجه‌فرنگی در شکل ۳ نشان داده شده است. روز صفر امید به زندگی مرحله تخم

به‌طوری‌که در روز صفر، میزان امید به زندگی شاهد ۲۰/۰۸ روز در صورتی‌که در تیمارهای ایمونیت و ایندومت به‌ترتیب این مقدار به ۱۸/۱۶۵ و ۱۶/۰۱ روز کاهش یافت.



شکل ۳- اثرات زیرکشنده 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 ($l_x m_x$) of *Tuta absoluta*

جدول ۴- اثرات زیرکشنندگی (LC_{25}) ایمونیت و ایندومت بر آماره‌های رشد جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی

Table 4- Sublethal effects (LC_{25}) 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 ⁻¹)	31.33 $\pm$ 7.19 a*	10.07 $\pm$ 3.14 b	9.06 $\pm$ 2.84 b
Gross Reproductive Rate (GRR) (offspring individual ⁻¹)	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

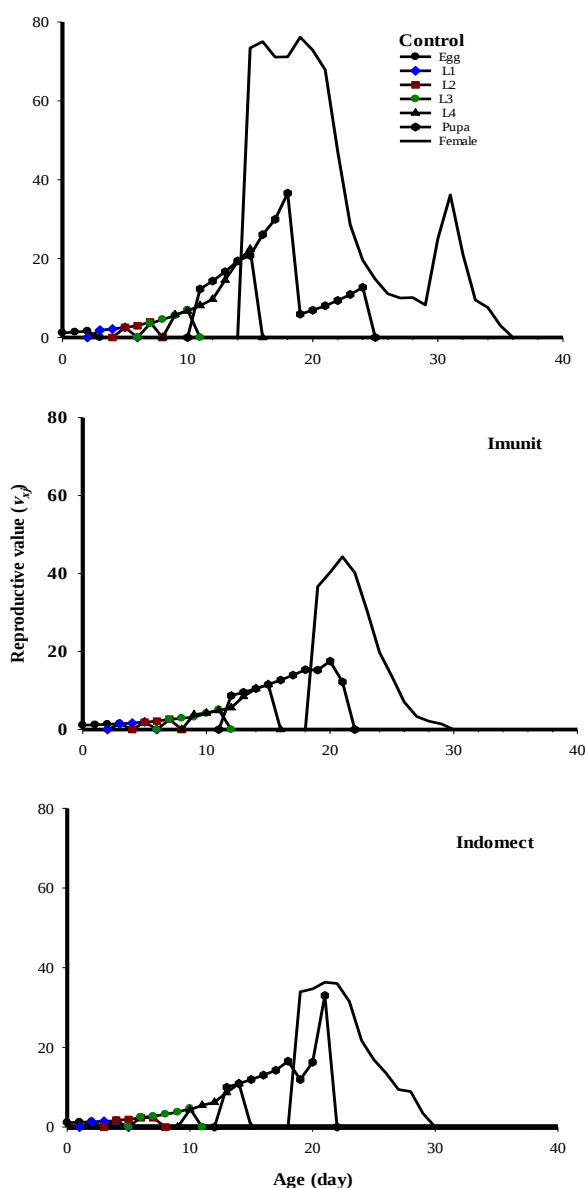
* حروف مختلف در هر ردیف اختلاف معنی‌دار بین تیمارها را در سطح پنج درصد براساس روش بوت استرپ جفت‌شده با ۱۰۰۰۰۰ تکرار نشان می‌دهند.

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

ارزش تولیدمثلی در شاهد (۷۶/۱۶ تخم/نوزدهمین روز) به دست آمد. بیشترین نرخ تولیدمثلی در هر دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومت در بیست و یکمین روز، به‌ترتیب ۴۴/۳۳ تخم و در تیمار ایندومت

ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) عبارت است از تعداد نتاجی که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن x و در مرحله رشدی z در باقی‌مانده عمرش تولید کند. نمودارها بیانگر این مطلب است که بیشترین نرخ یا

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).



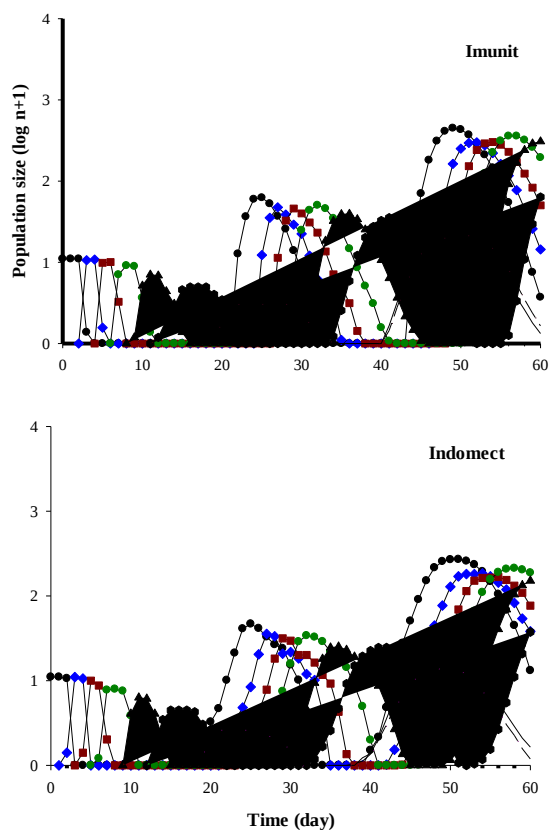
شکل ۴- اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله‌ای (v_{xj}) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)

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

(شکل ۶). این مسئله نشان می‌دهد که با کاهش غلظت توصیه‌شده یک حشره‌کش و استفاده از غلظت‌های زیرکشنده، ضمن کاهش میزان مصرف آفت‌کش، می‌توان سرعت رشدونمو آفت را نیز کاهش داد.

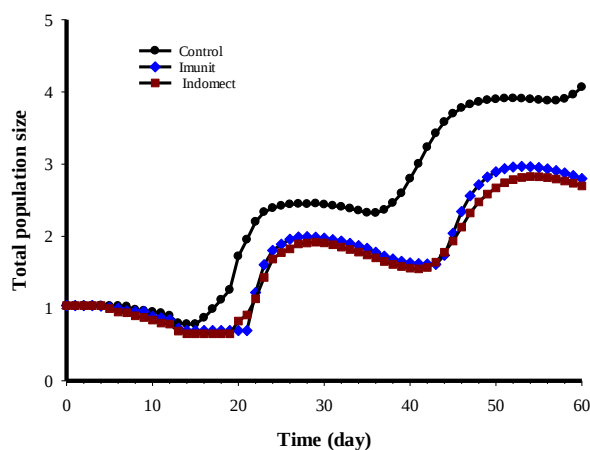
اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر رشد جمعیت کل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

تغییرات و پیش‌بینی رشد جمعیت و رشد جمعیت کل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی به تفکیک مرحله سنی آفت بعد از گذشت شصت روز تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. بالاترین سرعت رشدونمو در شاهد و کم‌ترین آن در حشره‌کش ایندومت مشاهده گردید



شکل ۵- پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)، تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش‌های 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 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

تفاوت در ساختار شیمیایی و سازوکار عمل حشره‌کش‌ها و جمعیت‌های گونه مورد مطالعه می‌توانند دلیلی بر این اختلافات باشد (Teixeira & Andaloro, 2013; IRAC, 2014). در مطالعه خانی و همکاران (Khani et al., 2020)، اثربخشی غلظت‌های کشندگی چندحشره‌کش شامل اسپینوسد، کلرانترانیلی پرول، ایندوکساکارب، ابامکتین و زتا-سایپرمترین روی تخم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که LC_{50} هر کدام به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۹، ۸/۱۰، ۲۹/۰ و ۲۳۲/۲ میلی گرم ماده مؤثره در لیتر به دست آمدند که در بین آفت-کش‌های مورد آزمایش، کلرانترانیلی پرول و اسپینوسد بیشترین اثر تخم‌کشی را نشان دادند. طبق مطالعه صورت گرفته (Ziaee & Sohrabi, 2021)، اثرات کشندگی حشره‌کش ابامکتین بنزوات بر روی لارو سن دوم مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی انجام شد که (۱۴/۵۰ میلی گرم ماده مؤثره بر لیتر: LC_{50}) پس از ۲۴ ساعت به دست آمد.

در مطالعه حاضر، علاوه بر اثرات کشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و اندومتک، اثرات زیرکشندگی آن‌ها نیز مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت زیرکشنده حشره‌کش ایمونیت (۱۴۷/۴۱۶ پی پی ام: LC_{25}) تأثیر بیشتری نسبت به حشره‌کش ایندومتک (۱۵۲/۱۸۲ پی پی ام: LC_{25}) روی تخم‌های سه روزه پروانه مینوز گوجه‌فرنگی داشت. در پژوهش انجام گرفته توسط ضیائی و سهرابی (Ziaee & Sohrabi, 2021)، مقدار غلظت‌های زیرکشنده LC_{10} (۰/۰۷ پی پی ام) و LC_{30} (۱/۶۱ پی پی ام)، حشره-کش ابامکتین بنزوات روی لارو سن دوم *T. absoluta* کمتر از زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این تحقیق است. در مطالعه کییری رئیس آباد (Kabiri Raeisabad, 2019)، میزان LC_{30} حشره‌کش‌های تنداکسیر® Tondexir و ایندوکساکارب® Avaunt روی تخم مینوز گوجه‌فرنگی را به ترتیب ۷۶۲/۴ و ۸۸۶/۳ پی پی ام گزارش کردند که مقایسه نتایج آن‌ها با پژوهش اخیر، بیانگر تأثیر بیشتر حشره‌کش‌های مورد مطالعه در پژوهش اخیر می‌باشد. LC_{25} حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این تحقیق، طول دوره رشد مراحل نابالغ را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش طول دوره رشد افراد نابالغ باعث می‌شود که این افراد مدت زمان بیشتری در معرض عوامل مهار بیولوژیک از جمله دشمنان طبیعی قرار بگیرند که این امر کارایی دشمنان طبیعی را در مهار جمعیت آفت افزایش می‌دهد (Erb et al., 2001; Sedartian et al., 2013). استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد مطالعه، به موازات تأثیر بر مراحل رشدی نابالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، طول عمر مراحل بالغ و باروری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی را نیز تحت تأثیر قرار دادند، به طوری که متوسط کل طول عمر و تخم‌گذاری افراد

در این مطالعه، اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومتک 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 پی پی ام: LC_{50}) تأثیر بیشتری نسبت به حشره‌کش ایندومتک (۲۴۷/۵۴۱ پی پی ام: LC_{50}) روی تخم‌های سه روزه پروانه مینوز گوجه‌فرنگی داشت. همان طوری که در مقدمه ذکر گردید، اغلب مطالعات انجام شده توسط محققان، اثرات کشندگی حشره‌کش‌های شیمیایی را روی مرحله لاروی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار دادند و تعداد معدودی از آن‌ها تأثیر حشره‌کش‌ها را در مرحله تخم مورد بررسی قرار دادند. به عنوان مثال، مقایسه خاصیت حشره‌کشی آلفاسایپرومتترین + تفلوبنزورون (ایمونیت) روی مرگومیر لاروهای سن دوم شب‌پره مینوز در پژوهش صورت گرفته توسط خان محمدی و همکاران (Khanmohammadi et al., 2023) روی ارقام گوجه‌فرنگی ارلی اوربانا Y (۴۵۰۹ پی پی ام: LC_{50} پی پی ام) و سوپرسترین B (۵۵۹۵ پی پی ام: LC_{50} پی پی ام)، نشان از حساسیت بیشتر تخم‌های سه روزه به حشره‌کش مشابه نسبت به لاروهای سن دوم دارد. در تحقیق معزی پور و همکاران (Moezipour et al., 2022) روی سرخرطومی برگ یونجه (*Hypera postica* Gyllenhal (Col.: Curculionidea)) 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 حاصل از اثرات کشندگی صورت گرفته توسط ابن عباسی و همکاران (Ebneabbasi et al., 2023) با تحقیق حاضر، در استفاده از دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۷۵/۳۲۷ پی پی ام: LC_{50}) و فلون‌دی‌آمید با (۲۱۹/۷۵۹ پی پی ام: LC_{50})، بیانگر حساسیت بیشتر تخم‌های آفت به حشره‌کش‌های مورد استفاده آن‌ها نسبت به هر دو حشره‌کش مورد مطالعه در این تحقیق دارد. همچنین در مطالعه نوزادبناب (Nozad-Bonab et al., 2017) که به مطالعه اثرات کشندگی و زیرکشندگی چندین حشره‌کش شیمیایی و بیولوژیکی بر روی مراحل تخم و لاروهای نئونات مینوز گوجه‌فرنگی پرداخته بودند، حشره‌کش کلرانترانیلی پرول (۰/۰۲ میلی گرم ماده مؤثر بر لیتر: LC_{50}) مؤثرتر از حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این تحقیق بود.

بالغ تحت تأثیر غلظت‌های LC₂₅ به‌طور چشمگیری نسبت به شاهد کاهش یافت. در مطالعه حاضر، غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌های مربوطه با افزایش تلفات و کاهش طول عمر و تولیدمثل حشرات بالغ باعث کاهش معنی‌دار مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت در مقایسه با شاهد شد. به‌طور مشابهی، در پژوهش صورت گرفته توسط کیبری رئیس آباد (Kabiri Raeisabad 2019)، استفاده از غلظت زیرکشنده LC₃₀ حشره‌کش‌های تنداکسیر و ایندوکساکارب روی تخم *T. absoluta* منجر به کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثل شد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ تغییرات جمعیت حشره به‌ازای هر فرد در هر روز را نشان می‌دهد و مهم‌ترین آماره زیستی جمعیت حشرات است که تخمین دقیق‌تری از تأثیر حشره‌کش‌ها بر روی جمعیت آفات را ارائه می‌دهد (Walshall & Stark, 1997; Stark et al., 1997; Forbes & Calow, 1999). همچنین هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر، مطالعات انجام‌شده توسط اسماعیلی و همکاران (Esmaily et al., 2015) در بررسی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های امامتین بنزوات و ایندوکساکارب روی لارو سن دوم مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که غلظت LC₃₀ به‌ترتیب ۰/۰۵۸ و ۲/۴۶ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر هر دو حشره‌کش باروری، طول عمر حشرات کامل، طول دوره لاروی و شفیرگی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار دادند. در مطالعه کندیل و همکاران (Kandil et al., 2020)، اثرات زیرکشنده باسیلوس تورینجیس، اسپینوساد و بنزوات امامتین به‌عنوان حشره‌کش زیستی در مقایسه با حشره‌کش‌های شیمیایی کلرپیریفوس و ایندوکساکارب علیه لارو سن دو نشان داد که غلظت زیرکشنده فرمولاسیون Bt به‌طور قابل توجهی مرگومیر شفیره را افزایش داد. علاوه بر کارایی، فرمولاسیون Bt و بنزوات امامتین دوره رشد لارو را افزایش داد. تمامی حشره‌کش‌های زیستی از جمله Bt، اسپینوساد و امامتین 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 به‌طور معنی‌داری کاهش

دادند. در پژوهش صورت گرفته توسط طلعه و همکاران (Taleh et al., 2022) اثر بخشی غلظت‌های زیرکشنده چند حشره‌کش شامل آزادیراکتین، امامتین بنزوات، ایمیداکلوپرید، لامبدا سی هالوترین و تیاکلوپرید روی لارو سن دوم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که امامتین بنزوات و آزادیراکتین آماره‌های جمعیتی را به‌طرز چشم‌گیری نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار دادند. همچنین نتایج حاصل از پیش‌بینی روند جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با فراسنجه‌های رشد جمعیت مطابقت داشت. به‌عنوان 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.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که هر دو حشره‌کش استفاده‌شده، آماره‌های رشد جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی را کاهش دادند، به‌طوری‌که به‌عنوان حشره‌کش‌های انتخابی و سازگار با محیط‌زیست می‌توانند به‌صورت متناوب برای مهار 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 ایندومت و ایمونیت قادرند که 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 فراهم می‌آورد، 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 به‌عنوان حشره‌کش‌های مؤثر در مدیریت آفت مذکور مدنظر قرار گیرند.

References

1. Abdollahzadeh-Bovani, M., Mehrkhou, F., & Forouzan, M. (2025). Sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and spiromesifen, on life table and population projection of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Iranian Plant Protection Research*, 39(2), 133-152. (In Persian with English abstract).
2. 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. <https://doi.org/10.1093/jee/tow175>
3. 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>
4. 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. <https://doi.org/10.1093/jee/tox174>
5. 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. <https://doi.org/10.1111/epp.2558>
6. Bloem, S., & Spaltenstein, E. (2011). New pest response guidelines: Tomato leafminer (*Tuta absoluta*). USDA-APHIS-PPQ-EDP-Emergency Management, Riverdale, Maryland.
7. Biondi, A., Mommaerts, V., Smagghe, G., Viñuela, E., Zappalà, L., & Desneux, N. (2012). The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest Management Science*, 68(12), 1523-1536. <https://doi.org/10.1002/ps.3396>
8. Bogorni, P.C., Silva, R.A.D., & Carvalho, G.S. (2003). Consumo de mesofilo foliar por *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera: Gelechiidae) em três cultivares de *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ciência Rural*, 33, 07-11. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000100002>
9. Chi, H.S.I.N., & Liu, H.S.I. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica*, 24 (2), 225-240.
10. 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>
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., & 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. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2019/0685>
14. 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, 713-724. <https://doi.org/10.1007/s12600-015-0486-x>
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. In: Shields, V.D.C. (eds.) *Biological Control Pest Vector Insect*, 23-39. <https://doi.org/10.5772/63274> <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 P., 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. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>
17. 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>
18. Ebneabbasi, S., Mehrkhrou, 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). <https://doi.org/10.61186/jesi.43.3.3>
19. Erb, S.L., Bouchier, R.S., van Frankenhuyzen, K., & Smith, S.M. (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. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1174>
20. Esmaily, M., Saber, M., Bagheri, M., & 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., & Calow, P. (1999). Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18, 1544-1556. <https://doi.org/10.1002/etc.5620180729>
24. Garcia, M.F., & Espul, J.C. (1982). Bioecología de la polilla Del tomate (*Scrobipalpa 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. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2001.00579.x>
26. IRAC. (2014). IRAC MoA Classification Scheme (Version 7.3.1). <http://www.irac-online.org>. Accessed October 2014.
27. Illakwahhi, D.T., & 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. <https://doi.org/10.9790/5736-1006011422>
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). <https://doi.org/10.22055/ppr.2019.14443>
29. Kandil, M.A., Abdel-Kerim, R.N., & 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. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00278-1>
30. Keihanian, A.A., Barari, H., Amin, G.H. A., Farhangi, V., Khormali, S., & Sheikhi Garjan, A. (2014). Investigating the effectiveness of Imunite for *Helicoverpa armigera* Hub. control. Final Report of the Iraninan Research Plant Protection Institute. 2014. 26 pp. 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). <https://doi.org/10.22117/jesi.2019.126109.1308>
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. *Plant Pest Research*, 13 (4), 35-51. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22124/iprj.2024.26467.1556>
33. 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. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00145.x>
34. 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>
35. 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. <https://doi.org/10.1653/024.099.0221>
36. 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. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa193>
37. 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. Conserjería de Agricultura y Agua.
38. Moeini-Naghade, A., Sheikhi garjan, A., Moeini-Naghade, N., & 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). <https://doi.org/10.48311/jcp.2020.1491>
39. Moezzi-pour, M., Gholamzadeh Chitgar, M., Sadat Shojaei, Sh., & 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).
40. Negi, S., Sharma, P.L., Sharma, K.C., & 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. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0661-y>
41. Nitin, K.S., Chakravarthy, A.K., Mehmet Salih Özgoökçe, M.S., & Atlihan, R. (2019). Population growth potential of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato, potato, and eggplant. *Journal of Applied Entomology*, 143 (5), 518-526. <https://doi.org/10.1111/jen.12622>
42. 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. <https://doi.org/10.1093/jee/tox079>
43. Özgoökçe, M.S., Chi, H., Atlihan, 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. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0651-0>

44. Özgoökçe, M.S., Chi, H., Atlıhan, 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. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0658-6>
45. 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. <https://doi.org/10.21608/eajbsf.2012.17272>
46. Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K., & Savin, N.E. (2007). Pesticide bioassays with arthropods. CRC Press. Boca raton, USA, 224.
47. 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, Urmia, Iran. 176 p.
48. 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. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.48311/jcp.2017.1341>
49. 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. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00856-4>
50. Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talaei-Hassanloui, R., & Jurat-Fuentes, J.L. (2013). Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: A carryover study on offspring. *Journal of Applied Entomology*, 137, 540-549. <https://doi.org/10.1111/jen.12030>
51. 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. (In Persian)
52. Souza, J.C., & Reis, P.R. (1986). Controle da tracÊ a-do-tomateiro em Minas Gerais. *Pesquisa AgropecuaÁ ria Brasileira*, 21, 343-354.
53. 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>
54. 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>
55. 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>
56. Stark, J.D., Tanigoshi, L., Bounfour, M., & Antonelli, A. (1997). Reproductive potential, its influence on the susceptibility of the species to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37, 273-279. <https://doi.org/10.1006/eesa.1997.1552>
57. 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. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.812314>
58. 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. <https://doi.org/10.51963/jers.v24i1.2028>
59. Teixeira, L.A., & Andalora, J.T. (2013). Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 106, 76-78. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.01.010>
60. Walthall, W.K., & Stark, J.D. (1997). A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37, 45-52. <https://doi.org/10.1006/eesa.1997.1521>
61. 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. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22034/ARPP.2021.14162>