The University of Tehran Press

Biological Control of Pests and Plant Diseases

Online ISNN: 2322-2883

Homepage: https://jbiocontrol.ut.ac.ir/

Sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and spiromesifen on life table and population growth parameters of Encarsia formosa (Hymenoptera:

Mahsa Abdollahzadeh-Bovani[1], Fariba Mehrkhou [2]✉, Maryam Forouzan[3]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: mahaabdollahzadeh96@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: f.mehrkhou@urmia.ac.ir
3. Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, Urmia, Iran. E-mail: m.forouzan@areeo,ac,ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 12 May 2024

Revised: 4 August 2024

Accepted: 5 August 2024

Published online: Spring 2023

Keywords:

parasitoid wasp,

Encarsia formosa,

thiocyclam hydrogen oxalate,

spiromsifen,

life table parameters.

ABSTRACT

Encarsia formosa Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) is one of the most important endoparasitoids of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, westwood (Hemiptera: Aleyrodidae). In this study, we investigated the sub-lethal effects (LC_{25}) of two insecticides, thiocyclam hydrogen oxalate and spiromsifen, on the life table and population growth parameters of *E. formosa* under laboratory conditions. Bioassays were conducted by dipping bean leaves containing parasitized third instar nymphs of *T. vaporariorum* in the obtained LC_{25} concentrations of the two insecticides. The life table data were analyzed using the computer program TWOSEX−MSChart based on the age-stage, two-sex life table theory. The results showed that the shortest pre-adult period and the lowest survival rate were recorded in the F_1 generation of parasitoides exposed to spiromsifen. Additionally, both thiocyclam hydrogen oxalate and spiromesifen reduced adult longevity, fecundity rate and reproductive days compared to the control group. However, using of sub-lethal concentration of spiromesifen negatively affeted on the population growth parameters (R_0, r, and λ) of *E. formosa*, while thiocyclam hydrogen oxalate had no side effects on these parameters. The findings of this research suggest that thiocyclam hydrogen oxalate has the less harmful effect compared to spiromesifen on *E. formosa*, likely due to the biorational properties. This makes thiocyclam hydrogen oxalate a promising option for the management of *T. vaporariorum*. It would be better to evaluate complementary experiments in terms of its side effects against other natural enemis of greenhouse whitefly under greenhouse conditions.

Cite this article: Abdollahzadeh-Bovani, M., Mehrkhou, F. & Forouzan, M. (2024). Sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and spiromesifen on life table and population growth parameters of Encarsia formosa (Hymenoptera:. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 12 (1), 111-131. DOI: https://doi.org/10.22059/jbioc.2024.376343.343

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/jbioc.2024.376343.343

Extended Abstract

Introduction

Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, Westwood is one of the most important pests of vegetables, and ornamental plants. Usage of either biological agents or chemical control are considered in management of greenhouse whitefly. Therefore knowing the compatibility and effect of insecticides on biological agents is essential for the effective integration of chemical and biological control. For this reason, in this study, the lethal and sub-lethal effects (LC_{25}) of two insecticides, thiocyclam hydrogen oxalate and spiromsifen were evaluated on life table and population growth parameters of *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae), as one of the most important endoparasitoids of greenhouse whitefly under laboratory conditions. The lethal effects of insecticides lead to the death of the insect, while the sublethal effects may have different aspects. The sublethal effects of insecticides can reduce the performance of biological agents that play a key role in predicting the success of natural enemies in IPM programs.

Materials and Methods

The colony of whitefly used in the experiment was collected on ornamental crops (vervain and hollyhocks). The whitefly population was reared on bean var. MINA in plastic pots (15 × 19 cm) under controlled greenhouse conditions (27 ± 2°C, 65% ± 10% RH, and a photoperiod of 16: 8 [L: D] h). It is worth mentioning that in order to equalize the bioassay test conditions with greenhouse and field conditions, the LC_{25} concentration obtained for *T. vaporariorum* was used in the tests related to the sublethal effects of parasitoid wasps.

The dipping method was used in bioassay and life table studies against parasitized of the third instar nymphs of the whitefly *T. vaporariorum*. The LC_{50} value of thiocyclam hydrogen oxalate and spiromsifen insecticides for parasitized third instar nymphs of the whitefly were 392.627 and 854.871 ppm, respectively after 24 hours. The LC_{25} concentrations (117.520 and 731.548 ppm) were used to estimate the sub-lethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and spiromsifen on the biological parameters of parasitized third instar nymphs of the whitefly. 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 used Sigma Plot software to draw graphs. The growth of the pest population in a period of 60 days was done using Timing-MsChart software.

Results

According to the results, the shortest pre-adult period and the lowest survival rate were recorded in the F_1 generation of *E. formosa* were exposed to spiromsifen. The adult lifespan/longevity was significantly different from the control by LC_{25} concentration of mentioned insecticides. The longest lifespan of adult parasitoid in control treatment was recorded as 21.0 days. Fecundity were significantly reduced in sublethal concentration of the insecticides compared to the control. The highest value of fecundity in control treatment was recorded 17.76 eggs per female and the lowest value in spiromesifen treatment was 3.38 eggs per female. The mean oviposition period of parasitoides decreased from 4.59 days in control to 3 and 1.92 days in LC_{25} concentration of thiocyclam hydrogen oxalate and spiromsifen insecticides respectively. Additionally, usage of sublethal concentration of spiromesifen had negatively effects on the population growth parameters (R_0, r, and λ), but thiocyclam hydrogen oxalate had no side effects on population growth parameters of *E. formosa*. Also, the sublethal concentration of thiocyclam hydrogen oxalate and spiromsifen reduced the net reproductive rate (R_0) from 15.1 nymphs per female in the control treatment to 7.3 and 2.2 nymphs in thiocyclam hydrogen oxalate and spiromsifen insecticides, respectively. The intrinsic rate of increase (r) was recorded 0.1410 (day^{-1}) on control and 0.1260 and 0.0500 (day^{-1}) on thiocyclam hydrogen oxalate and spiromsifen, respectively. The finite rate of increase (λ) and gross reproductive rate (*GRR*), in spiromesifen treatment were also significantly lower than the control. The mean generation time (T) of treatment affected by LC_{25} concentration of insecticides reduced compared to the control treatment.

Discussion

The findings of this research suggested that thiocyclam hydrogen oxalate was the less side effect compared to spiromesifen on *E. formosa*, likely due to the its biorational properties and this makes it as a promising option for the management of *T. vaporariorum*. Due to the broad-spectrum effects of thiocyclam hydrogen oxalate, it would be better to evaluate complementary experiments in terms of its side effects against other natural enemis of greenhouse whitefly under greenhouse conditions.

.

نشریه کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی، دوره ۱۲، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۸۰۹۰

Homepage: https://jbiocontrol.ut.ac.ir/

اثرات کشندگی و زیر کشندگی حشره کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن روی پراسنجه‌های جدول زندگی و رشد جمعیتی *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae)

مه سا عبداله زاده بوانی [۱] | فریبا مهرخو✉ [۲] | مریم فروزان [۳]

۱. گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: mahsaabdollahzadeh96@yahoo.com

۲. .نویسنده مسئول، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: f.mehrkhou@urmia.ac.ir

۳. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. رایانامه: m.forouzan@areeo,ac,ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵

تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۲

کلیدواژه‌ها:

زنبور پارازیتوئید، Encarsia formosa، تیوسیکلام هیدروژن اکسالات، اسپیرومسیفن، فراسنجه¬های جدول زندگی.

چکیده

زنبور پارازیتوئید داخلی *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) یکی از پارازیتوئیدهای موثر سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporarium* (Westwood) در ایران می‌باشد. در این پژوهش، اثرات غلظت زیرکشنده (LC_{25}) دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر پراسنجه‌های جدول زندگی و رشد جمعیت *E. formosa* در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. زیست‌سنجی به روش فرو بردن برگ‌های لوبیا حاوی پوره‌های سن سوم سفیدبالک گلخانه پارازیته شده توسط زنبور پارازیتوئید در غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها صورت گرفت. داده‌های حاصل از جدول زندگی، بر اساس تئوری جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله رشدی تجزیه شدند. نتایج نشان داد کوتاه‌ترین دوره پیش‌از بلوغ و کمترین میزان زنده‌مانی در نسل F1 زنبور انکارسیا که در معرض اسپیرومسیفن قرار داشتند، ثبت شد. نتایج نشان داد که هر دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن باعث کاهش طول عمر حشرات کامل، میزان باروری و طول دوره باروری نسبت به شاهد شدند. علاوه بر این، استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش اسپیرومسیفن اثر منفی بر پراسنجه های رشد جمعیتی (R_0 ،r و λ) داشت، ولی تیوسیکلام هیدروژن اکسالات اثر جانبی بر پراسنجه‌های موردنظر زنبور پارازیتوئید نداشت. بنابراین، نتایج این پژوهش نشان داد که حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات اثر سوء کمتری در مقایسه با حشره‌کش اسپیرومسیفن روی زنبور انکارسیا دارد که زیست پایه بودن حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات می‌تواند دلیل بر این مهم باشد. با توجه به طیف اثر وسیع تیوسیکلام هیدروژن اکسالات، بهتر است آزمایشات تکمیلی مبنی بر اثرات سوئ آن روی سایر دشمنان طبیعی سفیدبالک گلخانه‌ای در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

استناد: عبداله زاده بوانی، مه سا؛ مهرخو، فریبا و فروزان، مریم (۱۴۰۲). اثرات کشندگی و زیر کشندگی حشره کش¬های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن روی پراسنجه¬های جدول زندگی و رشد جمعیتی (Hym.: Aphelinidae) *Encarsia formosa*. *نشریه کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی* ، ۱۲ (۱)، ۱۳۱-۱۱۱.
DOI: https://doi.org/10.22059/jbioc.2024.376343.343

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/jbioc.2024.376343.343

مقدمه

سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) یکی از مهم‌ترین آفات گیاهی در ایران و جهان می‌باشد (Bigham *et al*., 2021)، که به طیف وسیعی از گیاهان به‌ویژه محصولات گلخانه‌ای، خسارت مستقیم و غیرمستقیم وارد می‌کند (Van Lenteren & Martin, 2000; Capinera, 2008; Beheshti *et al*., 2022)، به طوری که بیش از ۱۵۰ ویروس گیاهی توسط سفیدبالک‌ها منتقل می‌شود (Beheshti *et al*., 2022). این آفت با تغذیه مستقیم از شیره گیاهی و به‌صورت غیرمستقیم از طریق ترشح عسلک و با انتقال ویروس‌هایی نظیر کلستروویروس[1]، موزاییک طلایی لوبیا[2]، ویروس زرد برگ گوجه فرنگی[3] ، موزاییک طلایی لوبیا[4] و ویروس زردی دروغین چغندرقند[5] به محصولات خسارت وارد می‌کند (Karatolos *et al*., 2010; Safavi & Bakhshaei, 2017; Reshadat-Salvanagh, 2021). اگرچه گزارش‌هایی مبنی بر بروز مقاومت در نتیجه استفاده گسترده از حشره‌کش‌های شیمیایی در سفیدبالک‌ها در برابر آفت‌کش‌ها وجود دارد (Whalon *et al*., 2020)، ولی با این حال، روش غالب در مدیریت آفت مذکور کنترل شیمیایی است. به‌طوریکه در شرایط ضروری، کنترل شیمیایی آفات با استفاده از آفت‌کش‌ها حمایت می‌گردد (De Cock *et al*., 1996) کنترل شیمیایی و کنترل بیولوژیک دو راهبرد مهم مورد استفاده در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات هستند (Qu *et al*., 2015). سالیان متمادی زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) به‌عنوان یکی از موفق‌ترین عوامل کنترل بیولوژیک، جهت کنترل سفیدبالک در گلخانه مورد استفاده قرار می‌گرفت (Endo & Tsurumachi, 2001; Enkegaard and Brdsogaard, 2006; Pilkington *et al*., 2010).

آگاهی از سازگاری و تاثیر حشره‌کش‌ها (اثرات غلظت‌های کشنده و زیرکشنده) با عوامل کنترل بیولوژیک، برای تلفیق موثر کنترل شیمیایی و کنترل بیولوژیک امری ضروری است (Greathead, 1995). اثرات کشنده حشره‌کش‌ها منجر به مرگ حشره می‌شود درحالیکه اثرات زیرکشنده ممکن است جنبه‌های متفاوتی داشته باشد (Galvan *et al*., 2005). بنابراین، علاوه بر مرگ و میر مستقیم، اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها به‌عنوان اثرات فیزیولوژیکی و رفتاری بر جمعیت حشرات، برای تجزیه و تحلیل کامل تاثیر آنها باید در نظر گرفته شود (Desneux *et al*., 2007). از جمله اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها بر زیست-شناسی پارازیتوئیدها می‌توان به کوتاه شدن طول عمر، کاهش باروری و تغییر در نسبت جنسی اشاره نمود (Stark & Banks, 2003; Desneux *et al*., 2006). به‌عبارت دیگر، اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها می‌تواند عملکرد عوامل کنترل بیولوژیک را که نقش کلیدی در پیش‌بینی موفقیت دشمنان طبیعی در برنامه‌های IPM دارند، کاهش دهد (Desneux *et al*., 2007; Asadi *et al*., 2019).

استفاده مداوم از آفت‌کش‌های شیمیایی در نقاط مختلف دنیا، جمعیت زنبور *E. formosa* را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطالعات متعددی پیرامون اثرات جانبی حشره‌کش‌های مختلف روی این حشره انجام شده است (Simmonds *et al*., 2002; Chiasson *et al*., 2004; Arayal *et al*., 2006; Sohrabi, 2012). اگرچه مواردی از اثرات جانبی حشره‌کش‌های بوپروفزین (Drobnjacovic *et al*., 2019)، پی‌متروزین (Drobnjacovic & Marcic, 2020) ، اسپیروتترامات (Drobnjacovic & Marcic, 2021)، پیری پروکسی‌فن، فن‌پروپاترین (Heidari *et al*., 2006) و آبامکتین (Rashidi & Nouri Ganbalani, 2018) بر ویژگی‌های رفتاری، پارامترهای زیستی و تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید *E.formosa* وجود دارد، با این حال تاکنون اطلاعات جامع و کاملی در خصوص اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن روی گونه مذکور موجود نمی‌باشد.

1- Closterovirus
2 BGMV (Bean Golden Mosaic Virus)
3 TYLCV (Tomato Yellow Leaf Virus)
4BGMV (Bean Golden Mosaic Virus)
5BPYV (Beat Pseudo Yellow Virus)

حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات از جمله حشره‌کشی با منشا بیولوژیک که دارای خاصیت حشره کشی تماسی- گوارشی و سیستمیک خفیف بوده و با مهار کردن گیرنده نیکوتینی استیل کولین در سامانه عصبی مرکزی حشره باعث فلج و در نهایت مرگ حشره می‌شود (Ebneabbasi *et al*., 2023). این حشره‌کش کارایی قابل قبولی برای کنترل آفاتی نظیر مگس‌های مینوز جالیز، پروانه مینوز گوجه فرنگی، تریپس و سفیدبالک گلخانه دارد (Zawrah *et al*., 2020; Sheikhigarjan *et al*., 2021). اسپیرومسیفن یک حشره‌کش-کنه‌کش جدید و متعلق به گروه شیمیایی کتوانول‌ها است که در سراسر جهان برای کنترل کنه و سفیدبالک روی سبزیجات، میوه‌ها، پنبه و چای استفاده می‌شود. این آفت‌کش تمام مراحل مختلف رشدی کنه‌ها و سفیدبالک‌ها را تحت تأثیر قرار داده و منجر به کنترل طولانی مدت این آفات می‌شود. اسپیرومسیفن برای حشرات مفید بی‌خطر است و با عملکرد جدید، مدیریت عالی برای کنترل سفیدبالک و کنه‌ها ارائه می‌دهد (Saidi, & Ziaei, 2017). این آفت‌کش به‌علت تاثیر در ساخت و ساز چربی‌ها، کند اثرتر از ترکیبات دیگر است، اما به‌دلیل نحوه اثر آن، می‌توان به‌عنوان یک ترکیب ایمن در مواردی که سفید بالک به ترکیبات دیگر مقاومت نشان داده‌اند، استفاده نمود (Rakhshani, 2005; Hosseininia *et al*., 2016).

با توجه به اهمیت ادغام کنترل شیمیایی و کنترل بیولوژیک برای موفقیت یک برنامه IPM، در این مطالعه اثر دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن با نحوه اثر متفاوت روی پراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* به‌عنوان یکی از پرکاربردترین عوامل کنترل بیولوژیک در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت مورد بررسی قرار گرفت، تا با انتخاب حشره‌کش‌هایی که اثر سوء کمتری بر پارامترهای زیستی و تولیدمثلی این پارازیتوئید دارند، از آن‌ها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی سفیدبالک گلخانه با تاکید بر کاربرد این پارازیتوئید استفاده نمود.

روش شناسی پژوهش

کشت گیاه میزبان، پرورش سفیدبالک گلخانه

پرورش سفیدبالک گلخانه روی گیاه لوبیا، رقم مینا (MINA)، انجام گرفت به طوری که بذرها قبل از کاشت، در آب خیسانده و ضدعفونی شدند. کاشت لوبیا در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۹×۱۵ سانتی‌متر حاوی پیت‌ماس، خاک باغچه و ماسه (خاک سبک) به ترتیب به نسبت‌های ۳، ۱ و ۰/۵ بوده و تعداد ۴-۶ عدد بذر در هر گلدان استفاده گردید. نشاهای قوی حفظ شده و نشاهای ضعیف تنک شدند. پرورش گیاهان در گلخانه گروه گیاهپزشکی دانشگده کشاورزی دانشگاه ارومیه با شرایط نوری ۱۶: ۸ ساعت روشنایی: تاریکی، دمای ۲±۲۷ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ درصد انجام گرفت. گلدانها بصورت یک روز در میان آبیاری گردیدند.

کلنی اولیه و مورد نیاز برای پرورش سفیدبالک گلخانه برای انجام آزمایش‌ها، از روی گیاهان زینتی (شاه‌پسند و ختمی) موجود در گلخانه‌های دانشکده کشاورزی، با استفاده از آسپیراتور مکنده جمع‌آوری و برای تایید گونه به موسسه گیاهپزشکی ارسال گردید سپس به داخل قفس‌های چوبی (به ابعاد ۹۰×۶۰× ۵۰ سانتی‌متر) حاوی گلدان‌های لوبیا رهاسازی شدند. برای هم‌سن سازی کلنی، حشرات کامل سفیدبالک رهاسازی شده به داخل قفس، بعد از گذشت ۲۴ ساعت حشرات کامل از داخل قفس حذف شدند. بعد از گذشت تقریبی ۲۲ روز (Reshadat-Salvanagh, 2021) جمعیت زیادی از سفیدبالک روی گیاه ایجاد و کلنی با جمعیت کافی برای انجام آزمایش‌ها فراهم شد. کلنی حشرات قبل از استفاده در آزمایش‌ها، حداقل به‌مدت دو تا سه نسل روی گیاه میزبان پرورش داده شدند.

برای ایجاد یک گروه هم سن از زنبور پارازیتوئید، پس از شناسایی آنها توسط کلید شناسایی ارائه شده توسط Polaszek *et al*. (1992)، گلدان‌های میزبان دارای گیاهچه۱۰-۸ برگی آلوده به پوره‌های سنین سوم و چهارم سفیدبالک گلخانه انتخاب و برگ‌ها با قفس‌های لیوانی محصور و در هر قفس تعداد ۱۰-۵ عدد زنبور *E. formosa* با طول عمر ۲۴ ساعت که برای

حداقل دو نسل روی همان میزبان پرورش یافته بود، رهاسازی شد. پرورش حشرات در اتاقک رشد دمای ۱ ±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی تا پایان آزمایش‌ها ادامه یافت.

حشره‌کش‌های مورد استفاده

تیوسیکلام هیدروژن اکسالات SP50% (پودر قابل حل در آب با نام تجاری اویسکت (Evisect SP 50%) ساخت کشور چین با دوز توصیه شده ۰/۷۵کیلوگرم در هکتار، دارای اثر تماسی، گوارشی و منشا آن یک نوع کرم دریایی (*Lumbrinereis heteropoda*) است. اسپیرومسیفن با نام تجاری ابرون (SC) ساخت کشور آلمان از گروه تترونیک اسید ها میباشد که فرمولاسیون ۴۸۰ سوسپانسیون آن، مورد استفاده گرفت (Noorbakhsh, 2018) .

زیست‌سنجی سفیدبالک گلخانه

غلظت توصیه شده روی برچسب سموم بر اساس فرمولاسیون، برای حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسفن به ترتیب ۸۵۰ و ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام بود و از این غلظت‌ها به عنوان معیاری برای مشخص کردن محدوه غلظت‌ها در آزمون‌های مقدماتی استفاده شد. سپس برای تعیین غلظت‌ها در آزمون اصلی، با استفاده از فواصل لگاریتمی غلظت‌های بین دو غلظت بالا و پایین، محاسبه و در آزمایش اصلی زیست سنجی برای تعیین LC_{50} و LC_{25} استفاده شد (Piri Ouchtape *et al*., 2024). سپس، با تجزیه پروبیت (Finney, 1971) داده‌های مربوط به LC_{50} و LC_{25} برای هر تیمار با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه شد. بنابراین از ۵ غلظت و شاهد برای حشره‌کش‌های مورد مطالعه در آزمون اصلی استفاده گردید. با توجه به اینکه بیشترین میزان ترجیح زنبور پارازیتوئید *E. formosa* پوره‌های سنین سوم و چهارم سفیدبالک می‌باشند (Oliveira *et al*., 2003) لذا در زیست‌سنجی سفیدبالک، از پوره سن سوم آن استفاده شد. فرو بردن برگ‌های لوبیا حاوی پوره‌های سن سوم در غلظت‌های مورد نظر روش زیست‌سنجی برای انجام آزمایش‌ها بود (Hoseininaveh *et al*., 2012). بدین منظور برگ‌های آلوده به پوره سن سوم انتخاب شده و در هر برگ آلوده، ۱۵ عدد پوره شمارش و حفظ شده و بقیه پوره‌ها یا سایر مراحل زیستی از روی برگ حذف شدند. سپس برگ حاوی پوره داخل غلظت‌های مورد نظر به مدت ۲۰ ثانیه فروبرده شده و پس از نیم ساعت (برای خشک شدن قطرات حشره‌کش)، به درون تشتک‌های پتری هشت سانتی‌متری منتقل شدند. با پیچیدن پنبه مرطوب به دور دمبرگ، رطوبت برگ در طول آزمایش تامین گردید. سپس تشتک‌های پتری به اتاقک رشد با دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد، دوره نوری ۸:۱۶ (تاریکی: روشنایی) منتقل شدند. در این آزمایش پوره‌های سیاه شده و خشکیده به عنوان مرده تلقی گردید (Hosseininia, *et al*., 2015). میزان تلفات افراد تیمار شده پس از طی۲۴ ساعت ثبت شد. غلظت زیرکشنده LC_{25} حشره‌کش‌ها، پس از ۲۴ ساعت از تیمار محاسبه و مورد استفاده قرار گرفتند. برای تیمار شاهد، برگ‌های لوبیا حاوی پوره‌های سن سوم داخل آب مقطر غوطه‌ور شدند. آزمایش مذبور برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد.

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر پراسنجه‌های زیستی و رشدجمعیتی زنبور پارازیتوئید *E. formosa*

با توجه به اینکه در شرایط گلخانه و مزرعه، صرفا از یک دوز جهت کنترل سفیدبالک استفاده می‌شود و در صورت فعالیت دشمنان طبیعی، نظیر زنبور پارازیتوئید *E. formosa* تحت تاثیر همان دوز قرار می‌گیرند، لذا در این تحقیق نیز برای همسان سازی شرایط آزمایش با شرایط گلخانه و مزرعه، زیست‌سنجی مجزا برای تعیین LC_{25} روی زنبور پارازیتوئید صورت نگرفت (Dadras *et al*., 2024)، بلکه از همان غلظت زیر کشنده LC_{25} به‌دست آمده برای سفیدبالک گلخانه‌ای در آزمایش‌های مربوط به اثرات زیرکشندگی زنبور پارازیتوئید استفاده شد. بدین ترتیب، برای مطالعه اثرات زیر کشنده حشره‌کش‌های تیوسیکلام

هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر پراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید، به ترتیب از غلظت LC_{25} (۱۱۷/۵۲۰ و ۷۳۱/۵۴۸ پی‌پی‌ام) به دست آمده در آزمایش زیست‌سنجی سفیدبالک استفاده شد. برای این منظور ابتدا تعداد ۵۰ عدد پوره سن سوم پارازیت شده روی برگ مستقرشده و به داخل غلظت زیرکشنده به مدت بیست ثانیه فروبرده شدند و پوره‌های پارازیته شده تا زمان ظهور زنبورها نگه‌داری شدند. با ظهور زنبورها، به طور انفرادی روی دیسک‌های برگی حاوی پوره‌های سن سوم میزبان رهاسازی شد (با توجه به درصد پارازیتیسم روزانه زنبور، به طور متوسط ۱۳ عدد پوره سن سوم روزانه در اختیار زنبور ماده قرار می‌گرفت) (Hoseininaveh *et al*., 2012). برای بررسی باروری روزانه زنبور، حشرات کامل زنبور به طور روزانه به وسیله آسپیراتور به ظروف جدید منتقل شدند و روند نشو و نمای زنبور در آنها به طور روزانه بررسی و ثبت شد. دوره ی پیش از بلوغ پارازیتوئید به دو مرحله ی سفید و سیاه تقسیم و پراسنجه‌های مورد نظر در مراحل مذکور اندازه گیری شد. مرحله‌ی سفید زنبور، بیانگر مجموع دوره‌ی نشوونمای تخم و سه سن لاروی است، درحالی که مرحله ی سیاه، بیانگر دوره ی شفیرگی زنبور پارازیتوئید می‌باشد (Fazeli Dinan *et al*., 2012).

تجزیه داده‌ها

تجزیه داده‌ها برای تخمین مقادیر مختلف LC با استفاده از روش پروبیت نرم‌افزار آماری SPSS انجام گرفت (SPSS 2019). پراسنجه‌های جدول زندگی زنبور انکارسیا با استفاده از تئوری جدول زندگی دوجنسی ویژه‌ی سن- مرحله‌ی رشدی و با استفاده از نرم‌افزار TWO-SEX MSChart مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Chi & Liu, ؛ Chi, 1988؛ Chi, 2020a 1985). میانگین، واریانس و خطای معیار پراسنجه‌های زیستی با استفاده از تکنیک بوت‌استرپ و با ۱۰۰۰۰۰ نمونه‌برداری محاسبه گردید. به‌منظور مقایسه‌ی داده‌های به‌دست آمده از تکنیک بوت‌استرپ جفت شده (Paired bootstrap) در نرم‌افزار TWO-SEX MSChart استفاده شد. پیش‌بینی روند رشد جمعیت زنبور انکارسیا در تیمار حشره‌کش‌های مورد مطالعه در دوره زمانی ۶۰ روزه با استفاده از نرم افزار TIMING-MSChart انجام شد (Chi, 2020b). رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Sigmaplot (Ver,14.0) انجام شد.

یافته‌های پژوهش

اثرات کشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن روی پوره سن سوم سفیدبالک

تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف اسپیرومسیفن و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات بعد از ۲۴ ساعت روی پوره‌های پارازیت شده سفیدبالک گلخانه مطابق جدول۱ حاصل گردید. با توجه به LC_{50} بدست آمده بعد از ۲۴ ساعت، نتایج نشان داد که تیوسیکلام هیدروژن اکسالات دارای سمیت بیشتری نسبت به اسپیرومسیفن می باشد (جدول ۱).

جدول۱. آنالیز پروبیت ناشی از سمیت تماسی تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن روی پوره سن سوم سفیدبالک پارازیته شده به وسیله زنبور *Encarsia formosa*

حشره کش	LC_{25} (حدود اطمینان ۹۵٪)	LC_{50} (حدود اطمینان ۹۵٪)	Slope±S.E.	χ^2(df)	تعداد
اسپیرومسیفن	۷۳۱/۵۴۸ (۶۹۵/۷۶۰–۸۸۳/۹۶۲)	۸۵۴/۸۷۱ (۸۲۳/۸۹۳–۴۰۷/۲۳۶)	۹/۱±۹۶/۱۵	۱/۴۷۶ (۳)	۳۰۰
تیوسیکلام هیدروژن اکسالات	۱۱۷/۵۲۰ (۴۷/۱۷۵–۲۷۷/۷۹۵)	۳۹۲/۶۲۷ (۲۹۹/۵۳۵–۴۱۷/۵۱۸)	۱/۰±۲۸/۲۸۲	۱/۳۷۵ (۳)	۳۰۰

اثر حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر طول دوره‌ی زیستی زنبور پارازیتوئید *E. formosa*

تجزیه‌ی آماری داده‌های مربوط به بررسی اثر دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن روی طول دوره‌ی زیستی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن در زنبور باعث کوتاه شدن طول دوره مراحل نابالغ گردید. بیشترین و کمترین طول دوره مراحل نابالغ به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (۱۵/۸۲روز) و حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۳/۵روز) و اسپیرومسیفن (۱۳/۱۲روز) بود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف معناداری در نرخ مرگ و میر مراحل نابالغ این زنبور در نتیجه استفاده از حشره‌کش‌ها با شاهد وجود نداشت (جدول ۲).

جدول۲. اثرات غلظت زیر کشنده (LC_{25}) حشره کش‌های اسپیرومسیفن و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات بر طول دوره زیستی و میزان زنده مانی (میانگین ± خطای معیار) زنبور پارازیتوئید *Encarsi formosa*

مرحله زیستی	شاهد	تیوسیکلام هیدروژن اکسالات	اسپیرومسیفن
تخم-لارو (روز)	۹/۰±۲۶/۱۳^{a}	۸/۰±۱۶/۲۴^{b}	۸/۰±۱۱/۲۸^{b}
شفیره (روز)	۶/۰±۴۷/۱۵^{a}	۵/۰±۴۴/۲۸^{b}	۵/۰±۱۲/۴۲^{b}
کل دوره مراحل نابالغ (روز)	۱۵/۰±۸۲/۲۵^{a}	۱۳/۰±۵۰/۴۱^{b}	۱۳/۰±۱۲/۴۳^{b}
زنده مانی مراحل نابالغ	۰/۰±۸۵/۰۷^{a}	۰/۰±۹۰/۰۶^{a}	۰/۰±۸۰/۰۸^{a}

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

طول دوره‌ی مراحل تخم‌گذاری و باروری زنبور پارازیتوئید *E. formosa* تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های اسپیرومسیفن و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به بررسی طول دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری، کل دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری، تخم‌گذاری و طول دوره‌ی تخم‌گذاری زنبور پارازیتوئید *E.formosa* تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که طول عمر زنبورهای پارازیتوئید نیز تحت تاثیر غلظت LC_{25} هر دو حشره‌کش قرار گرفتند به طوری باعث کاهش طول عمر حشرات کامل ماده نسبت به شاهد شد. همچنین هر دو حشره‌کش باعث کاهش دوره تخمریزی نسبت به شاهد شدند و بین تیمارها و شاهد از این لحاظ تفاوت معنی داری وجود داشت ($P<۰/۰۵$). بیشترین و کمترین طول دوره تخم‌ریزی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد (۴/۵۹ روز) و اسپیرومسیفن (۱/۹۲ روز) بود. نتایج مربوط به میزان باروری حشرات کامل F1 بیانگر تاثیر غلظت زیرکشنده زنبور پارازیتوئید بود به طوری که زنبورهای تیمار شده با اسپیرومسیفن، تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و شاهد به ترتیب (۳/۳۸±۰/۴ تخم/ماده)، (۰/۹ ± ۸/۱۱ تخم/ماده) و (۱۷/۷۶±۱/۵ تخم/ماده) نتاج در طول عمر داشتند (جدول ۳).

جدول۳. اثرات غلظت زیرکشنده (LC25) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره تخمریزی و باروری زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa*

	تیمارها		
مرحله زیستی	شاهد	تیوسیکلام هیدروژن اکسالات	اسپیرومسیفن
طول عمر حشرات کامل ماده (روز)	۵/۰±۱۸/۲^{a}	۳/۰±۳۹/۲۸^{b}	۲/۰±۷۵/۲۷^{b}
کل دوره زندگی ماده ها (روز)	۲۱/۰±۰/۳۱^{a}	۱۶/۰±۸۹/۵۵^{b}	۱۵/۰±۸۸/۵۱^{b}
دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری (روز)	۰/۰±۳۵/۱۵^{a}	۰/۰±۳۹/۱۲^{a}	۰/۰±۷۷/۲۰^{a}
کل دوره‌ی پیش از تخم‌گذاری (روز)	۱۶/۰±۱۸/۲۳^{a}	۱۳/۰±۸۹/۴۸^{b}	۱۳/۰±۸۵/۴۸^{b}
دوره‌ی تخم‌گذاری (روز)	۴/۰±۵۹/۲۹^{a}	۳/۰±۰۰/۲۶^{b}	۱/۰±۹۲/۱۴^{c}
باروری (تخم/ماده)	۱۷/۱±۷۶/۵۰^{a}	۸/۰±۱۱/۹۰^{b}	۳/۰±۳۸/۴۰^{c}

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

پراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور پارازیتوئید *E. formosa* تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های اسپیرومسیفن و تیوسیکلام

نتایج مقایسه‌ی میانگین پراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. در این تحقیق کمترین و بیشترین نرخ خالص تولیدمثلی (R_0) مربوط به تیمار اسپیرومسیفن (۲/۲) و شاهد (۱۵/۱) پوره/ به ازای هر ماده بود، که حاکی از تأثیر منفی بیشتر این تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. نرخ خالص تولید مثل (R_0) نشان دهنده‌ی متوسط تعداد نتاج ماده‌ی تولید شده توسط هر فرد ماده در طول یک نسل می‌باشد، به بیان دیگر این پراسنجه نشان می‌دهد که جمعیت در پایان هر نسل، چند برابر نسل قبلی می‌شود. نرخ خالص تولید مثل مهم‌ترین پراسنجه‌ی جدول زندگی بعد از نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) است. نرخ ناخالص تولید مثلی نیز (GRR) کمترین و بیشترین میزان را به ترتیب در تیمارهای اسپیرومسیفن (۴/۶۳) و شاهد (۲۹/۹۹) نتاج/ به ازای هر ماده داشت. در این فراسنجه بین تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۵/۹۴) و شاهد (۲۹/۹۹) اختلاف معنادار وجود نداشت. مقدار پراسنجه‌ی نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، تحت تاثیر غلظت زیرکشنده سموم مورد آزمایش کاهش پیدا کرد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این پراسنجه به‌ترتیب در تیمار شاهد (۰/۱۴۱) بر روز و اسپیرومسیفن (۰/۰۵) بر روز به دست آمد و مقدار این فراسنجه در تیمار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۰/۱۲۶) با شاهد اختلاف معنی‌دار ی نداشت. بر اساس نتایج حاصل، مقدار پراسنجه‌ی نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) تحت تأثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد (۱/۱۵ بر روز) کاهش یافت، به‌طوری که در حشره‌کش اسپیرومسیفن (۱/۰۵ بر روز) و در حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱/۱۳بر روز) مشاهده گردید. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) بیانگر نسبت افزایش جمعیت پایدار هر روز نسبت به روز قبل می‌باشد، این مقدار نشان می‌دهد که جمعیت هر روز نسبت به روز قبل به چند نسبتی افزایش خواهد یافت. در پراسنجه‌ی مدت زمان یک نسل (T) بیشترین مقدار این پراسنجه در تیمارشاهد (۱۹/۱۴روز) ثبت گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن باعث کاهش معنی داری در مقدار این فراسنجه نسبت به شاهد شد. متوسط مدت زمان یک نسل (T) مدت زمانی است که جمعیت به اندازه‌ی نرخ خالص تولیدمثل افزایش می‌یابد.

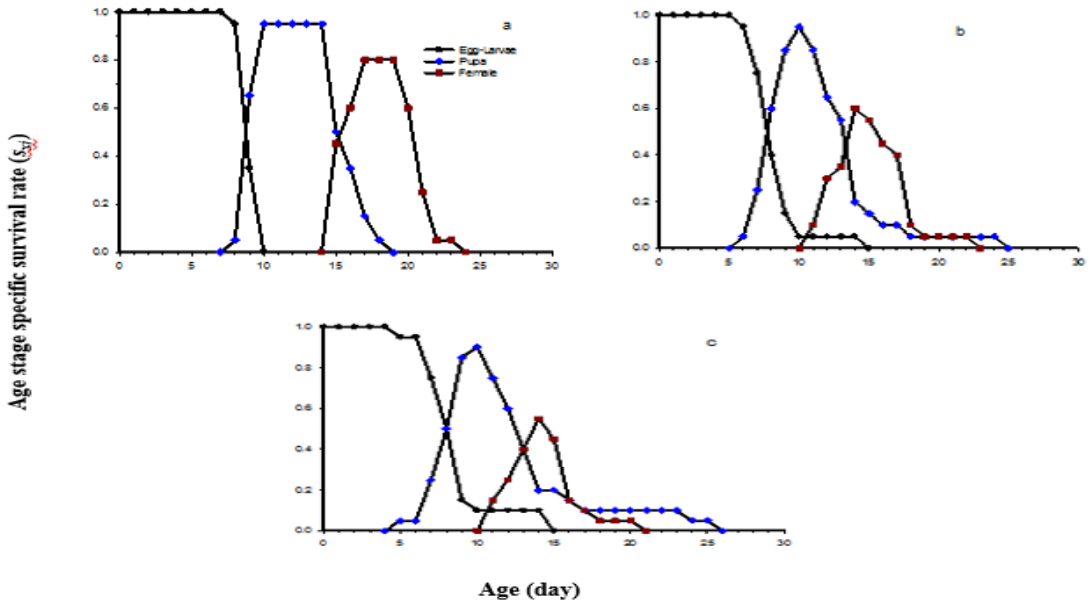
جدول۴. اثرات غلظت زیرکشنده (LC_{25}) حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر فراسنجه‌های رشد جمعیت (میانگین ± خطای معیار) زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa*.

پراسنجه های جمعیتی	تیمارها		
	شاهد	تیوسیکلام هیدروژن اکسالات	اسپیرومسیفن
نرخ خالص تولید مثل(R_0) (پوره/ماده)	۱۵/۱۰±۱/۸۷^{a}	۷/۳۰±۰/۹۵^{b}	۲/۲۰±۰/۴۳^{c}
نرخ ناخالص تولیدمثلی (GRR) (نتاج)	۲۹/۹۹±۰/۴۷۹^{a}	۱۵/۹۴±۰/۴۶۵^{b}	۴/۶۳±۰/۱۹۱^{b}
نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) (بر روز)	۰/۱۴۱۰±۰/۰۰۶۰^{a}	۰/۱۲۶۰±۰/۰۰۸۰^{a}	۰/۰۵۰۰±۰/۰۱۰۰^{b}
نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) (بر روز)	۱/۱۵±۰/۰۰۷^{a}	۱/۱۳±۰/۰۰۹^{a}	۱/۰۵±۰/۰۱^{b}
متوسط مدت زمان یک نسل (T) (روز)	۱۹/۱۴±۰/۲۶^{a}	۱۵/۷۱±۰/۴۸^{b}	۱۵/۵۴±۰/۶۶^{b}

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

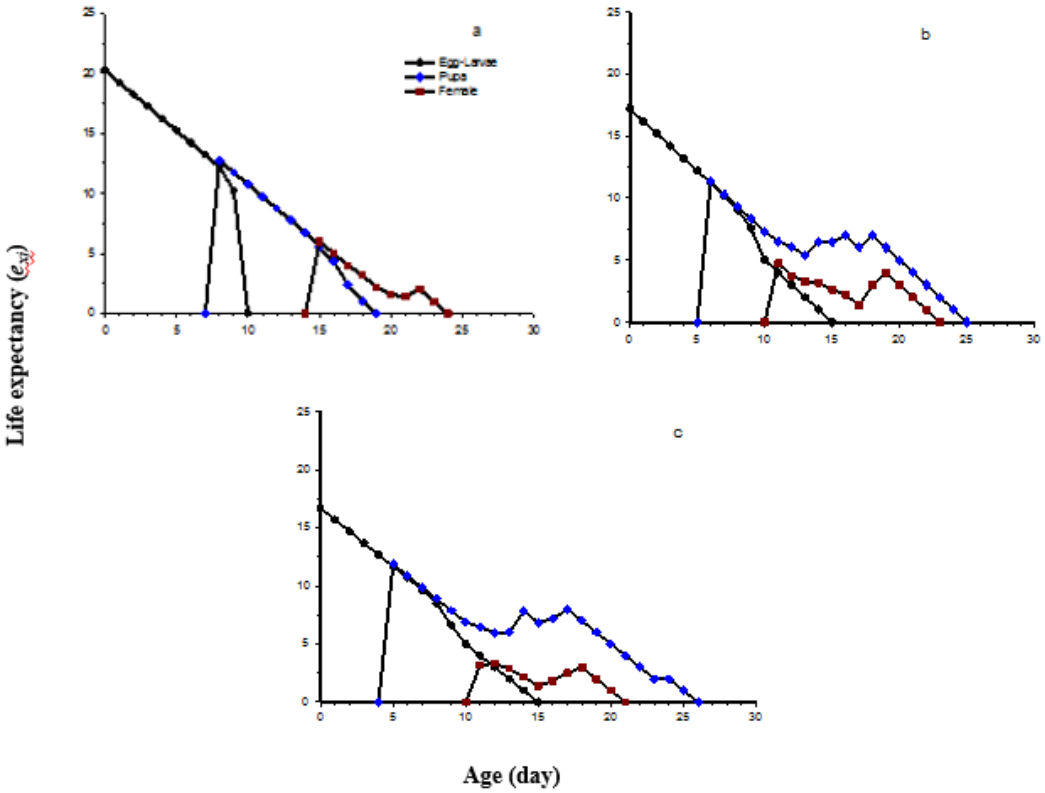
اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر نرخ زنده‌مانی ، زادآوری ناخالص، زادآوری خالص، امید به زندگی و نرخ تولیدمثلی ویژه سنی زنبور پارازیتوئید

منحنی های مربوط به نرخ زنده مانی ویژه سن- مرحله‌ی زیستی سفیدبالک گلخانه (s_{xj}) تحت تاثیر غلظت زیر کشنده حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات ، اسپیرومسیفن و شاهد در شکل ۱ ارائه شده است. این فراسنجه علاوه بر توصیف نرخ زنده مانی، روند تغییرات نرخ رشد و نمو در میان افراد مختلف را نیز نشان داده و ما را قادر می سازد تا بتوانیم مراحل مختلف زیستی را در مدت رشد و نمو انطباق دهیم. در حقیقت تفکیک نرخ زنده مانی به مراحل مختلف زیستی استفاده ویژگی های استفاده از تجزیه جدول زندگی دو جنسی ویژه سن- مرحله زیستی می باشد که در روش‌های سنتی تجزیه داده های جدول زندگی وجود ندارد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ماده ها در شاهد تا روز ۲۳، تیمار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات تا روز ۲۲ و در تیمار اسپیرومسیفن تا روز ۲۰ زنده بودند (شکل ۱).



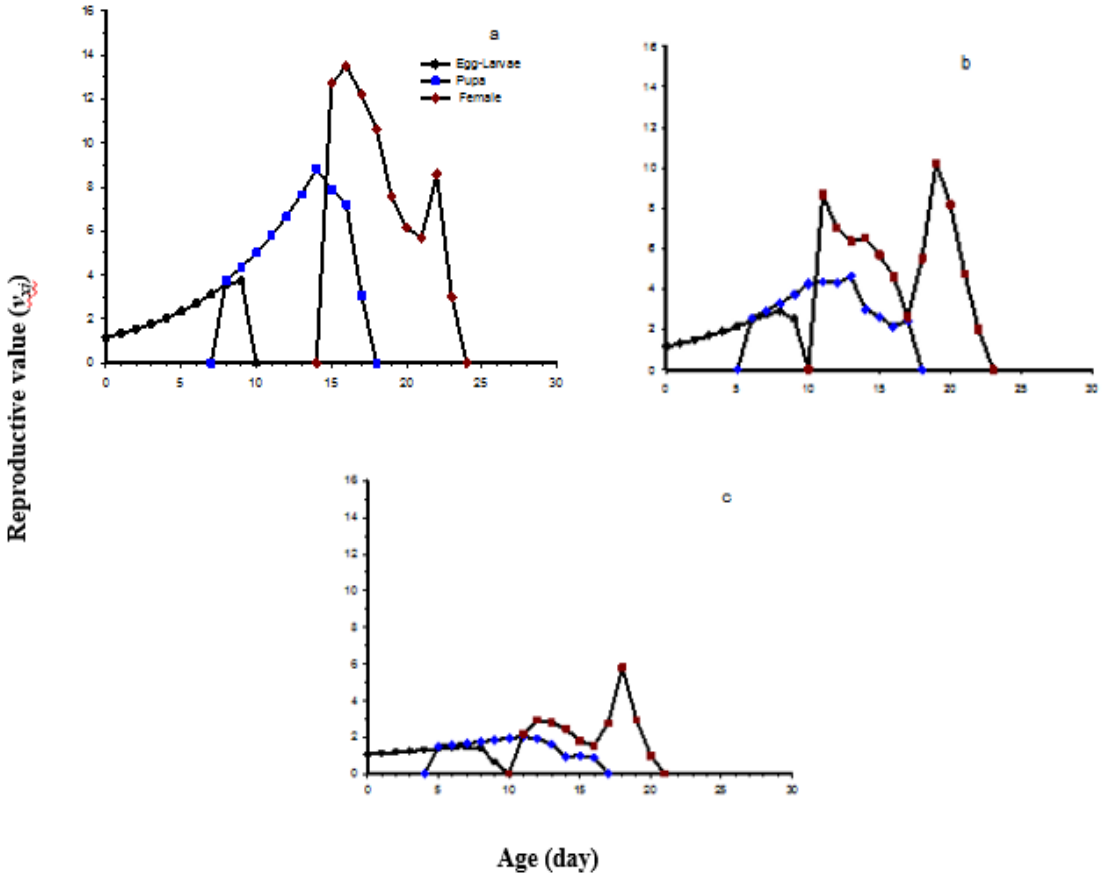
شکل ۱. اثرات غلظت زیر کشنده (LC_{25}) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (b) و اسپیرومسیفن(c) بر امید به زندگی سن-مرحله‌ای (e_{xj}) زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* در مقایسه با شاهد (a)

امید به زندگی ویژه سنی–مرحله‌ای (e_{xj}) طول عمر پیش‌بینی شده زنبور انکارسیا در معرض غلظت زیرکشنده حشره‌کش را نشان می‌دهد (شکل ۲). میزان امید به زندگی در مرحله حشره کامل در روز صفر تیمار شاهد ۵/۹۸ روز بود، در حالی که در تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن این مقدار به ترتیب به ۴/۷۲ و ۳/۲ روز کاهش یافت.



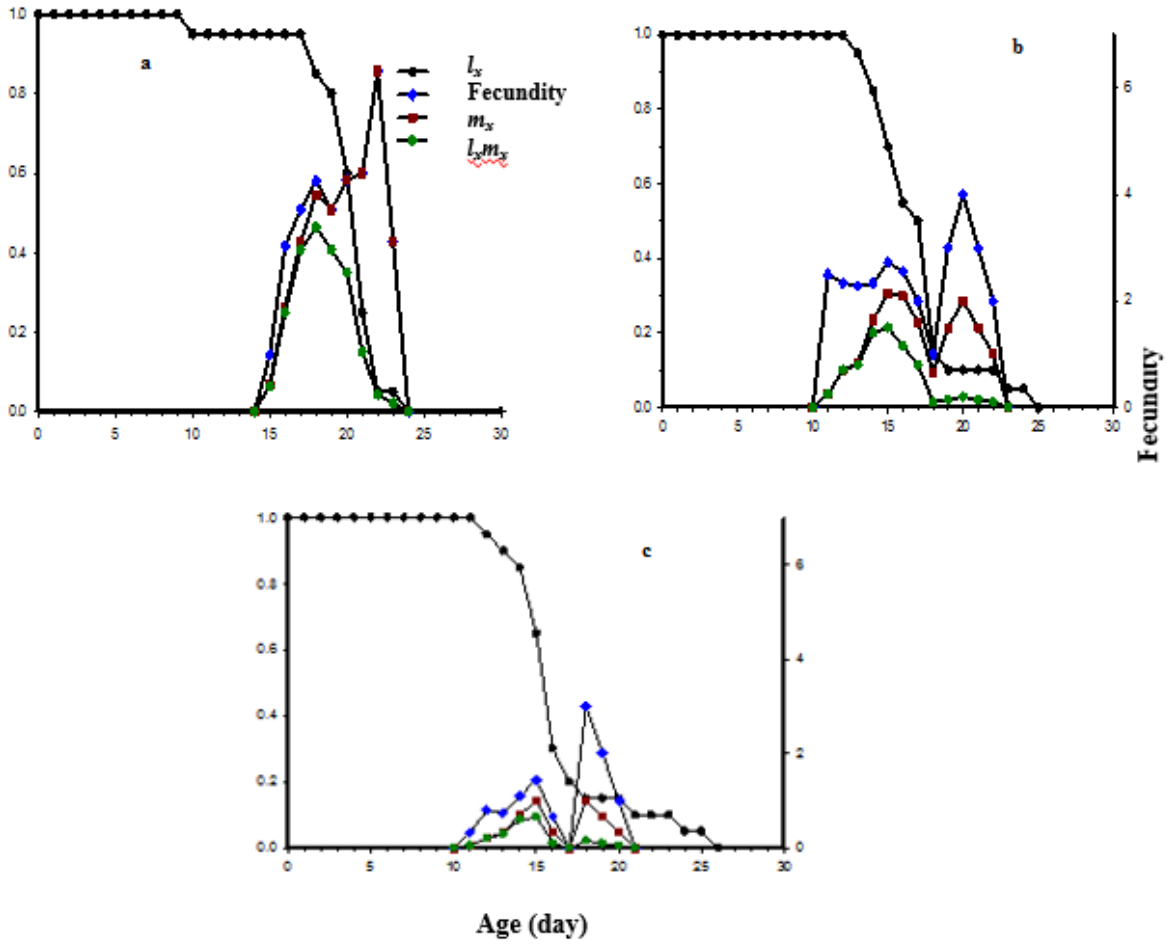
شکل ۲. اثرات غلظت زیر کشنده (LC_{25}) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (b) و اسپیرومسیفن(c) بر امید به زندگی سن–مرحله‌ای (e_{xj}) زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* در مقایسه با شاهد (a)

شاخص ارزش تولیدمثل ویژه سنی–مرحله‌ای (v_{xj}) میزان سهم هر فرد در ایجاد نسل بعد می‌باشد (شکل ۳). با توجه به نتایج بدست آمده مشخص است که ارزش تولیدمثلی در ماده‌های تیمار شده با غلظت زیرکشنده نسبت به شاهد کاهش داشته و تحت تأثیر سم قرار گرفته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، ارزش تولیدمثلی در ماده‌ها در شاهد ۱۲/۷۲ تخم و در ماده های تیمار شده با غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن نسبت به شاهد کاهش یافته و به ترتیب به ۸/۶۸ و ۲/۱۹ تخم رسید که کاهش چشم‌گیری را نشان داد.



شکل ۳– اثرات غلظت زیر کشنده (LC_{25}) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (b) و اسپیرومسیفن(c) بر ارزش تولیدمثل ویژه سنی (v_{xj}) زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* در مقایسه با شاهد (a)

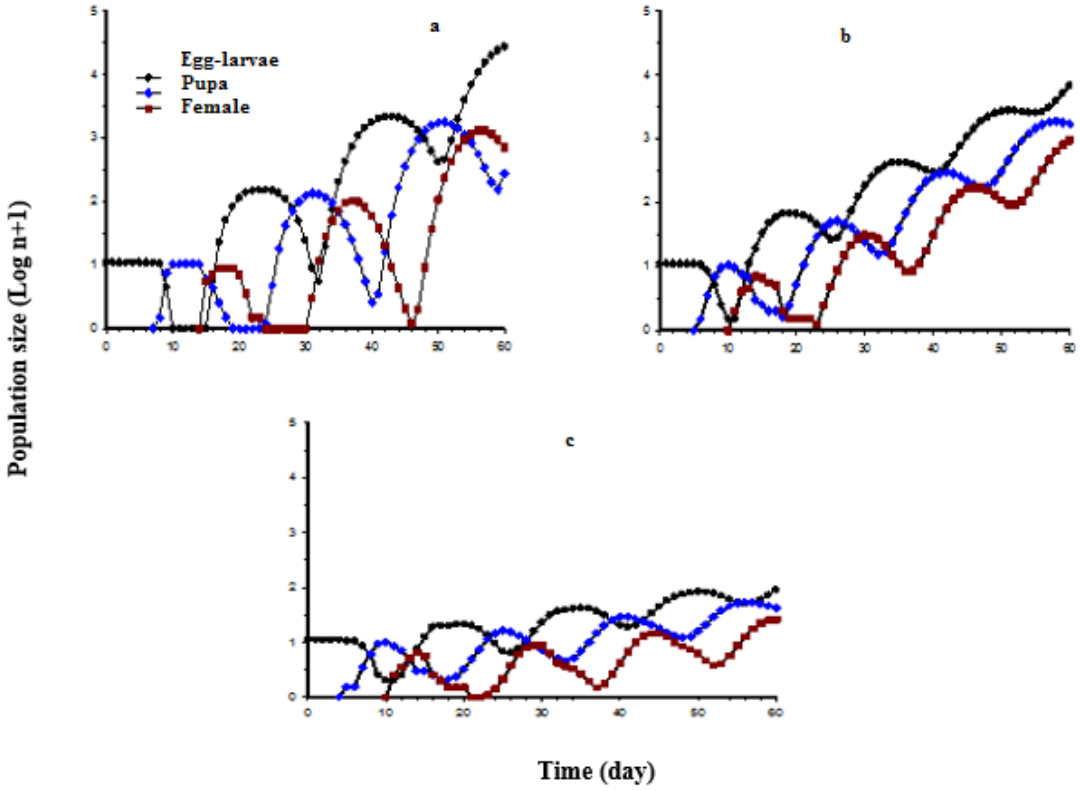
بررسی منحنی باروری ویژه سنی (l_xm_x) و باروری ویژه سن– مرحله رشدی (m_x) نشان داد که حشره‌کش‌های مذکور باعث اثرات سوء روی زنبور پارازیتوئید انکارسیا شدند. بیشترین مقدار باروری برای شاهد ثبت شد که ۶/۰ تخم در روز بیست و دوم بود. باروری در تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن به‌ترتیب ۴/۰ تخم در روز بیستم و ۳/۰ تخم در روز هیجده بود. نرخ باروری ویژه سن–مرحله رشدی در حشرات ماده (نمف m_x =۶/۰) و باروری ویژه سنی حشرات بالغ (نتاج l_xm_x =۳/۲۵) در شاهد نسبت به تیمار حشره‌کش‌ها بیشترین میزان را داشت . کمترین باروری ویژه سنی حشرات بالغ در تیمار اسپیرومسیفن (نتاج l_xm_x =۰/۶۵) بوده است. تغییر در تمامی این فراسنجه‌ها نشان از اثر سو کمتر حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات در مقایسه با حشره‌کش اسپیرومسیفن روی زنبور انکارسیا می‌باشد که زیست پایه بودن حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات می‌تواند دلیل محکمی بر این مهم باشد (شکل۴).



شکل ۴. اثرات غلظت زیر کشنده (LC_{25}) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (b) و اسپیرومسیفن(c) بر زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروی ویژه سن ماده (f_x)، باروری ویژه سن–مرحله‌ای (m_x) و باروری خالص روزانه (l_xm_x) زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* در مقایسه با شاهد (a)

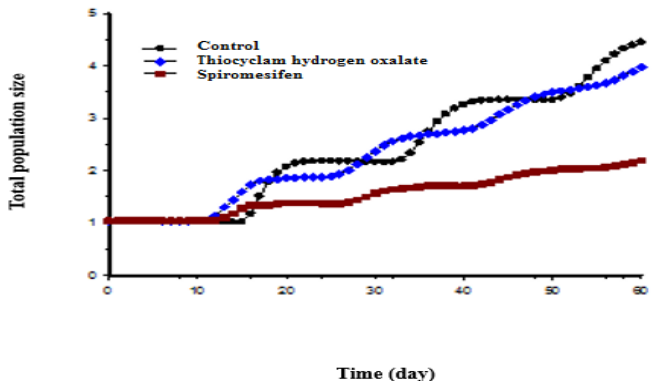
پیش بینی روند رشد جمعیتی زنبور پارازیتوئید *E. formosa*

تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر روند رشد جمعیت مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در شکل ۵ نشان داده شده است. پیش‌بینی رشد جمعیت در یک بازه زمانی ۶۰ روزه صورت پذیرفت. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، روند رشدی جمعیت تحت تأثیر غلظت زیرکشنده اسپیرومسیفن مراحل مختلف روند رشد کندتری را پیش بردند در صورتیکه در تیوسیکلام هیدروژن اکسالات تمامی تیمارهای مورد مطالعه رشد جمعیت با آهنگ تقریباً یکسانی صورت پذیرفته است.



شکل ۵. اثرات غلظت زیرکشنده (LC25) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (b) و اسپیرومسیفن(c) بر پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله زنبور پارازیتوئید Encarsia formosa در مقایسه با شاهد **(a)** در طول ۶۰ روز

در شکل ۶ روند رشد جمعیت کل زنبور پارازیتوئید مشاهده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت عدم استفاده از حشره‌کش (گروه شاهد)، اندازه جمعیت به علت بالا بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت، بعد از گذشت دو ماه به بیشترین میزان خود می‌رسد در حالی که اگر در معرض دوز زیر کشنده حشره‌کش اسپیرومسیفن قرار بگیرند، کمترین میزان رشد جمعیتی را تجربه خواهند کرد به طوری که بالاترین سرعت رشدونمو در تیمار شاهد و کم‌ترین آن در حشره‌کش اسپیرومسیفن مشاهده گردید.



شکل ۶. اثرات غلظت زیر کشنده (LC_{25}) تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن بر رشد جمعیت کل زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* در طول ۶۰ روز

بحث

کنترل سفیدبالک‌ها بطور سنتی وابسته به مصرف حشره‌کش‌های شیمیایی است. با توجه به اثرات سوء این ترکیبات، انگیزه‌های زیادی برای به‌کار بردن روش‌های کنترل تلفیقی وجود دارد (Barati *et al*., 2013, 2014). از آنجایی که آفت‌کش‌ها و عوامل کنترل بیولوژیک دو عنصر مهم مدیریت تلفیقی آفات هستند (Talebi *et al*., 2008)، سازگاری آن‌ها برای استفاده هم‌زمان علیه آفات بسیار مهم است. جمعیت حشرات به‌طور مکرر در معرض غلظت‌های کشنده و زیرکشنده حشره‌کش‌ها قرار می‌گیرد(Guedes *et al*. 2016; Majidpour *et al*. 2020)، لذا مطالعات دموگرافیک پارازیتوئیدهایی که در معرض غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌ها قرار می‌گیرند، می‌تواند دانش ارزشمندی را در مورد اثرات آفت‌کش‌ها بر کاهش احتمالی توانایی‌های دشمنان طبیعی ارائه دهد (Stark *et al*., 2004). کاربرد حشره‌کش‌ها همراه با زنبور *E. formosa* برای کنترل *T.vaporariorum* در قالب مدیریت تلفیقی ضرورتی اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. نتایج این تحقیق نشان داد که حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن، علاوه بر اثرات کشندگی در ۲۴ ساعت بعد از تیمار (کوتاه مدت)، دارای اثرات زیرکشندگی روی نتاج نسل اول زنبور *E. formosa* نیز می‌باشند. اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌ها روی نتاج حاصله (F_1)، به صورت تاخیر در مدت زمان رشد و نمو، کاهش طول دوره تولیدمثلی و مدت زمان یک نسل حشره، بروز می‌کند (Mahmoodi *et al*., 2020; Ebneabbasi *et al*., 2023). همچنین غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها، با تاثیر بر فیزیولوژی حشرات، پراسنجه‌های تولیدمثلی را تحت تاثیر قرار داده، اگرچه این اثرات ممکن است در کوتاه مدت ملموس نباشند (Papachristos & Milonas, 2008). طبق نتایج حاصل در این مطالعه، اثرات زیرکشنده این دو حشره‌کش روی باروری و طول عمر زنبور *E. formosa* تاثیر منفی داشتند. بیشترین باروری ماده‌ها در تیمار شاهد ۱۷/۷۶ عدد تخم بود. میزان باروری زنبور در تیمار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات حدود ۵۰٪ نسبت به شاهد کاهش نشان داده و به ۸/۱۱ عدد تخم رسید. کاهش میزان باروری در تیمار اسپیرومسیفن (۳/۳۸ عدد تخم) نیز چشمگیر بود. کاهش باروری زنبور به‌دنبال تیمار با حشره‌کش‌ها، ناشی از تغییرات فیزیولوژیک در سیستم تولیدمثل آن‌ها است (Desneux *et al*., 2007). کاهش در میزان باروری *E. formosa* در نتیجه تیمار با حشره‌کش‌های پریمیکارب، لیندین و تترادیفون نیز توسط Perera (1982) گزارش شده است،علت این تشابه را می‌توان به مکانیسم عمل مشابه حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و حشره‌کش‌های مورد مطالعه آنها ربط داد. در تحقیقی که توسط Rashidi & Nouri Ganbalani (2018) انجام گرفت، حشره‌کش‌های بوپروفزین و آبامکتین از نظر ایمنی برای زنبور *E. formosa* مورد ارزیابی قرار گرفتند، نتایج آنها بیانگر آن بود که باروری حشرات ایمن بودن بوپروفزین در مقایسه با آبامکتین بود. علت این تفاوت را می‌توان به تفاوت در نوع حشره‌کش مورد مطالعه و مکانیسم عمل متفاوت آنها ربط داد. نتایج مطالعات Gholamzadeh *et al*. (2012) نیز عدم تاثیر معنی‌دار حشره‌کش بوپروفزین را بر طول عمر و باروری *E. formosa* نشان داد. کاهش در طول عمر و باروری *Chrysoperla carnea* Stephens به‌دنبال تیمار با غلظت LC_{25} حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات توسط Asadi *et al*. (2014) گزارش گردید، که مؤید نتایج تحقیق حاضر می‌باشددر تحقیق انجام یافته، غلظت زیرکشنده هر دو حشره‌کش منجر به عدم اختلاف معنادار طول دوره پیش از تخم‌ریزی (APOP) ماده بالغ با تیمار شاهد گردید که با نتایج تحقیق Rezaei *et al*. (2018) در ارتباط با تاثیر حشره‌کش‌های پریمیکارب و تیامتوکسام بر زنبور *Diateliella rapae* M'Intosh هم‌خوانی دارد. براساس نتایج تحقیق حاضر، کاربرد حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این تحقیق به ویژه، اسپیرومسیفن اثرات قابل توجهی روی برخی پراسنجه‌های زیستی *E. formosa* نظیر کاهش طول دوره پیش از بلوغ، طول عمر ماده، میزان تخم‌ریزی و باروری ماده‌ها داشت. این نتایج با یافته‌های (Sarmadi *et al*. 2010; Abedi *et al*., 2014; Asadi *et al*., 2014) مبنی بر کاهش پراسنجه‌های ذکر شده تحت تاثیر حشره‌کش‌های مختلف در زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say، مطابقت دارد. در تحقیق صورت گرفته توسط Sohrabi *et al*.(2012) تیمار پارازیتوئید *E. inaron* Walker با حشره‌کش ایمیداکلوپراید روی طول عمر حشرات بالغ تاثیری نداشت. درصورتی‌که، تیمار زنبورهای *Eretmocerus mundus* Mercet با ایمیداکلوپراید منجر

به کاهش معنی‌دار طول عمر زنبور گردید (Sohrabi *et al*., 2013). می‌توان اینگونه استنباط کرد که عوامل متعدد نظیر مکانیسم عمل متفاوت حشره‌کش به‌کار رفته، گونه دشمن طبیعی در معرض آفت‌کش و روش به‌کارگیری آفت‌کش، طول عمر پارازیتوئیدها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Bayram *et al*., 2010). کاهش طول عمر حشرات کامل اغلب در پارازیتوئیدهایی مشهود است که تیمار آنها با حشره‌کش در مراحل نابالغ که در بدن میزبانشان مستقر هستند صورت بگیرد (Smilanick *et al*., 1996; Suh *et al*., 2000; Schneider *et al*., 2004; Desneux *et al*., 2006) با توجه به روش کار پژوهش حاضر، که پوره پارازیته سفیدبالک با حشره‌کش‌های مذکور تیمار شده بودند، می‌توان دلیل کاهش طول عمر حشرات کامل پارازیتوئید را بیان نمود. در بین فراسنجه‌های رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) مهم‌ترین آماره بوده و یک شاخص استاندارد جهت مقایسه و ارزیابی نرخ رشد و توانایی‌های تولیدمثلی جمعیت حشرات استفاده می‌شود. میزان این پراسنجه بسته به گونه‌ی حشره مورد بررسی، منشأ جغرافیایی و شرایط اقلیمی متغیر است (Infante, 2000; Southwood & Henderson, 2000; Rezaei *et al*., 2018). هر چه مقدار این پراسنجه بیشتر باشد نرخ افزایش جمعیت سریع‌تر و دوره‌ی رشد و نمو کوتاه‌تر خواهد بود (Medeiros *et al*., 2000). البته ذکر این نکته ضروری است که کاهش در r باعث اثر منفی در سطح پایداری جمعیت می‌شود (Stark & Banks, 2003). نتایج مربوط به پراسنجه‌های رشد جمعیتی بیانگر عدم اثر سوء غلظت زیرکشنده حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات بر برخی پراسنجه‌های تولیدمثلی نظیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و نرخ ناخالص تولیدمثل(GRR) زنبور پارازیتوئید *E. formosa* بود. اگرچه تیمار با غلظت زیرکشنده اسپیرومسیفن، باعث کاهش میزان پراسنجه‌های رشد جمعیتی گردید. در بررسی Hosseininaveh *et al*. (2012)، تاثیر دوز توصیه شده مزرعه‌ای حشره‌کش‌های آمیتراز، بوپروفزین و پروپارژیت مشخص شد که مراحل بالغ زنبور از حساسیت بالایی نسبت به مراحل شفیرگی برخوردار هستند. در بررسی Rashidi & Nouri Ganbalani (2018)، شفیره‌های زنبور پارازیتوئید *E. formosa*، از حساسیت کمتری نسبت به حشرات کامل در برابر حشره‌کش‌های آبامکتین و بوپروفزین داشتند. تفاوت در تغییرات فیزیولوژیکی مراحل رشدی حشره، وضعیت حفاظت شده شفیره داخل بدن میزبان می‌تواند دلیلی بر تفاوت حساسیت مراحل رشدی متفاوت باشد (Ebneabbasi *et al*., 2023). بتعدادی از محققین نیز کاهش مقادیر فراسنجه‌های تولیدمثلی زنبورهای پارازیتوئید را در تیمار با حشره‌کش‌ها بیان نموده‌اند (Sarmadi *et al*., 2010; Abedi *et al*., 2014; Asadi *et al*., 2019). در نتایج تحقیق Pappari *et al*. (2022) نشان از اثرات سوئ کمتر غلظت زیرکشنده (LC_{30}) حشره‌کش تیوسیکلام بر پراسنجه‌های دموگرافیک Bezdenko *Trichogramma brassicae* بود، که مطابق با طبقه‌بندی سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیکی (IOBC) تیوسیکلام در کلاس ۱(حشره‌کش بی ضرر به *T.brassicae*) طبقه‌بندی گردید، که این نتایج با نتایج تحقیق حاضر هم‌پوشانی دارد. هرچند که در بررسی‌های انجام شده روی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* تیوسیکلام هیدروژن اکسالات اثر منفی بیشتری روی فراسنجه‌های تولیدمثلی این حشره در مقایسه با آزادیراکتین، فلونیکامید و تیاکلوپراید داشت (Fuladi *et al*., 2014). علت این تفاوت می‌تواند گونه‌های متفاوت دشمنان طبیعی و نوع حشره‌کش‌های مورد مقایسه در آزمایش‌ها باشد. نتایج تحقیق حاضر در رابطه با کاهش پراسنجه‌های تولیدمثلی در معرض غلظت زیرکشنده اسپیرومسیفن با نتایج بررسی (Sarbaz *et al*., 2017; Rajaee *et al*., 2022) در تاثیر غلظت زیرکشنده اسپیرومسیفن بر کنه شکارگر *Neoseilus californicus* McGregor مطابقت دارد. مشابه با یافته‌های این پژوهش، در مطالعه Fytrou *et al*., 2017، اثرات زیرکشنده اسپیرومسیفن به‌طور قابل توجهی مضر به سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* Reuter بود. در تحقیق دیگر حشره‌کش اسپیرومسیفن میزان باروری کنه شکارگر-Athias *Amblyseius swirskii* Henriot را به‌طور معنی‌داری کاهش داد و به عنوان حشره‌کش مضر به کنه شکارگر *A. swirskii* گزارش گردید (Koppert, 2016). در صورتیکه نتایج تحقیق (Bielza *et al*., 2009; Fernández *et al*., 2015) حشره‌کش اسپیرومسیفن را برای سن شکارگر *Orius laevigatus* و پارازیتوئید *E. mundus* بی‌ضرر گزارش کردند. علت این تفاوت را می‌توان به نوع گونه دشمن طبیعی و شرایط آزمایش نسبت داد. در این پژوهش، مقدار T یا طول دوره یک نسل برای حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۵/۷۱ روز) و اسپیرومسیفن (۱۵/۵۴ روز) نسبت به شاهد (۱۹/۱۴ روز) کاهش

نشان داد که با نتایج Fuladi *et al*. (2014) در رابطه با تاثیر تیوسیکلام هیدروژن اکسالات بر زنبور *H.hebetor* هم‌پوشانی دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

آگاهی کامل از اثرات کشنده و زیرکشنده یک حشره‌کش بر جمعیت بندپایان مفید، قبل از تلاش برای استفاده از آن ماده، برای حفاظت از محصول حائز اهمیت است تا عملکرد دشمنان طبیعی در برابر آفات را به حداکثر رساند (Nastri Nasrabad & Tabasian, 2021). این اولین تحقیق در مورد اثرات کشنده و زیرکشنده تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و اسپیرومسیفن روی زنبور *E. formosa* است که به‌عنوان یک عامل کنترل بیولوژیک استفاده می شود. با توجه به اینکه انتخاب یک حشره‌کش مناسب در برنامه IPM نه تنها به کارایی آن در برابر آفت هدف بستگی دارد، بلکه به سمیت آن برای حشرات مفید نیز بستگی دارد، نتایج این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی بدلیل کم‌خطر بودن حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات روی زنبور *E formosa*، نسبت به اسپیرومسیفن، آن را گزینه مناسب‌تری برای مدیریت تلفیقی سفیدبالک گلخانه گلخانه معرفی می‌کند. البته شایان ذکر است با توجه به طیف اثر وسیع تیوسیکلام هیدروژن اکسالات، انجام آزمایشهای تکمیلی مبنی بر اثرات سوئ آن روی سایر دشمنان طبیعی موجود در گلخانه، بهتر است انجام شود.

RERERENCES

Abedi, Z., Saber, M., Gharekhani, G., Mehrvar, A. & Kamita, S.G. (2014). Lethal and sublethal effects of azadirachtin and cypermethrin on *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology*, *107*(2), 638–645.

Arayal, J.E., Estay, P. & Araya, M.H. (2006). Short communication. Toxicity of abamectin, acetamiprid, imidacloprid, mineral oil and an industrial detergent with respect to *Encarsia formosa* (Gahan)parasitizing *Trialeurodes vaporariorum* Westwood nymphs. *Spanish Journal of Agricultural Research, 1*, 86-90.

Asadi, M., Rafiee–Dastjerdi, H., Nouri–Ganbalani, G., Naseri, B. & Hassanpour, M. (2019). Lethal and sublethal effects of five insecticides on the demography of a parasitoid wasp. *International Journal of Pest Management*, *65*(4), 301–312.

Barati, R., Golmohammadi, Gh., Ghajarie, H., Zarabi, M. & Mansouri, R. (2013). The effects of some botanical insecticides and pymetrozine on life table parameters of silver leaf whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pesticides and Phytomedicine*, *28*, 47-55.

Barati, R., Golmohammadi, Gh., Ghajarie, H., Zarabi, M. & Mansouri, R. (2014). Efficiency of some herbal pesticides on reproductive parameters of silverleaf whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *47*, 212-221.

Bayram, A., Salerno, G., Onofri, A. & Conti, E. (2010), Sub–lethal effects of two pyrethroids on biological parameters and behavioral responses to host cues in the egg parasitoid *Telenomus busseolae. Biological Control*, *53*(2), 153–160.

Beheshti, A. Imani, S., Zahdi, H., Tirgari, S., & Abdi Gudarzi, M. (2022). Investigation of the sublethal effects of the insecticides Apel, Abacmetin and Amidachloropride on the life span of different life stages of greenhouse whiteflies (*Trialeurodes vaporariorum*) (Hem.: Aleyrodidae) in laboratory conditions. *Quarterly Entomological Research Specialty* (scientific-research). *14*(1): 27-31 (in Persian). Bielza, P., Fernández, E., Grávalos, C. & Izquierdo, J. (2009). Testing for non-target effects of spiromesifen on *Eretmocerus mundus* and *Orius laevigatus* under greenhouse conditions. *Biological control*, *54*, 229-236.

Bigham, Z., Allahyari, H., Talebi Jahrami, K. & Hosseininaveh, V. (2021). Survey on different populations of *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae) resistance to imidacloprid and its effect on *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae) resistance. *Plant Pest Research*, *11* (3): 29-44 (in Persian).

Capinera, J. L. (2008) Greenhouse whitefly, Trialeurodes vaporariorum (westwood) (Hemiptera:

Aleyrodidae). *Encyclopedia of Entomology*. *Springer, Netherland, pp.* 1723-1726.

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

Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology, 17* (1), 26-34.

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

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

Chiasson, H., Vincent, C. & Bostanian, N.J. (2004). Insecticidal properties of a *Chenopodium*-based botanical. *Journal of Economic Entomology*, *97*, 1378-1383.

Dadras, S., Mehrkhou, F., Atlihan, R. & Fourouzan, M. (2024). The sublethal effects of thiamethoxam-lambda cyhalothrin on the life table parameters and the population prediction of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, and its parasitoid, *Encarsia formosa*, under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran*, (In press).

De Cock, A., Ishaaya, I., Degheele, D., & Veierov, D. (1990). Vapor toxicity and concentration-dependent persistence of buprofezin applied to cotton foliage for controlling the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, *83 (4)*, 1254-1260. doi:10.1093/jee/83.4.1254

Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, *52*: 81–106.

Desneux, N., Denoyelle, R. & Kaiser, L. 2006. A multi–step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere*, *65* (10): 1697–1706.

Drobnjaković, T. & Marčić, D. (2021). Effects of spirotetramat insecticide on life history traits and population growth of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biocontrol Science and Technology, 31*(6), 604-618. https://doi.org/10.1080/09583157.2021.1873248.

Drobnjaković, T., Marčić, D., Prijović, M. & Milenković, S. (2019). Toxic and sublethal effects of buprofezin on the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* Gahan. *Pesticidi i fitomedicina*, 34(3-4): 201-209. https://doi.org/10.2298/PIF1904201D.

Drobnjakovic, T., Marcic, D., Prijovic, M., Peric, P., Milenkovic, S. and Boskovic, J. 2018. Sublethal effects of NeemAzal-T/S botanical insecticide on Dutch and Serbian populations of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biocontrol Science and Technology*, *28* (1): 1-19.

Drobnjaković, T., Marčić, D., Prijović, M., Perić, P., Milenković, S., and Bošković, J. 2016. Life history traits and population growth of *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) local population from Serbia. *Entomology Generalis, 35,* 281-295.

Drobnjaković, T., Marčić, D., Prijović, M., Perić, P., Milenković, S., and Bošković, J. (2018). Sublethal effects of NeemAzal-T/S botanical insecticide on Dutch and Serbian populations of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biocontrol Science and Technology*, *28* (1): 1-19.

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. doi: 10.61186/JESI.44.2.71

Endo, S. & Tsurumachi, M. (2001). Insecticide susceptibility of the brown plant hopper and the whiteback plant hopper collected from Southeast Asia, *Journal of Pesticide Science, 26* (1), 82-86.

Enkegaard, A., & Brødsgaard, H.F. (2006). Biocontrol in protected crops: is lack of biodiversity a limiting factor? In: J. Eilenberg and H.M.T. Hokkanen (eds.), *An ecological and society approach to biological control* (pp. 91-122). The Netherlands: Springer. doi: 10.1007/978-1-

4020-4401-4

Fazeli Dinan, M., Talaei-Hassanloui, R., Allahyari, H., Kharazi Pakdel, A. & Goldansaz, S. H. 2012. The effect of the fungus *Lecanicillium longisporum* (Hypocreales: Clavicipitaceae) on the parameters of the life table of the parasitoid bee *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Plant Pest Research*, *2*(2): 1-11 (in Persian)

Fernández, M., Medina, P., Fereres, A., Smagghe, G. & Vinuela, E. (2015). Are mummies and adults of *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae) compatible with modern insecticides. *Ecotoxicology*, *108*(5): 2268-2277. doi:10.1093/jee/tov181

Fuladi, M., Golmohammadi, G. & Qajarieh, H. (2014). Review of the lethal and sublethal effects of azadirachtin, flunicamid, thiaclopride and thiocyclam on the parasitic bee *Habrobracon hebetor*. *Journal of Biocontrol in Medicinal Plants*, *3*(1): 2423-5148.

Fuladi, M., Golmohammadi, G. H. & Ghajarieh, H. (2015). Lethal and sublethal effects of insecticides azadirachtin, flonicamid, thiacloprid and thiocyclam on parasitoide wasp *Habrobracon hebetor*. *Biocontrol in Plant Protection*, *3*(1), 9-18. doi: 10.22092/BCPP.2015.103134

Galvan, T. L., Koch, R. L., & Hutchison, W. D. (2005). Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development, and reproduction of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, *34*, 108-114. Doi: 10.1016/j.biocontrol.2005.04.005.

Greathead, D.J. (1995). Natural enemies in combination with pesticides for integrated pest management. In R. Reuveni (Ed.), *Novel approaches to integrated pest management* (pp. 183–197). Boca Raton, FL: CRC Press.

Guedes, R.N.C., Smagghe, G., Stark, J. D. & Desneux, N. (2016). Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annual Review of Entomology*, *61*, 43-62. doi: 10.1146/annurev-ento-010715-023646

Heidari, A., Moharramipour, S., Poormirza, A. A., & Talebi, A. A. (2006). Effects of buprofezin, pyriproxyfen and fenpropathrin on the reproductive parameters of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Entomological Society of Iran, 36* (2): 353 -361.

Hoseininaveh, V., Salehi, L., Ghadamyari, M. & Gholamzadeh, M. (2012). Effects of amitraz, buprofezin and propargite on some fitness parameters of the parasitoid *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae), using life table and IOBC methods. *Journal of Entomological Society of Iran*, *31*(2), 1-14.

Hosseininia, A., Khanjani, M., Khobdel, M. & Javadi Khodri, S. (2016). Comparision the effectiveness of common oils and insecticidal compounds in controlling the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hem.: Aleyrodidae) on rose and investigating their interaction. *Iranian Plant Protection Research, 30* (4), 718-726 (in Persian)

Infante, F. (2000). Development and population growth rates of *Prorops nasuta* (Hym.: Bethylidae) at constant temperatures. *Jourmnal of Applied Entomology*, *124*, 343-348.

Karatolos, N., Denholm, I., Williamson, M., Nauen, R. & Gorman, K. (2010). Incidence and characterization of resistance to neonicotinoid insecticides and pymetrozine in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*, *66*, 1304-1307.

Koppert. (2016). Side-effects. http://www.koppert.com/side-effects. Accessed 10 September 2016.

Majidpour M., Maroofpour N., Ghane-Jahromi M., & Guedes R.N.C. (2020). Thiacloprid+ deltamethrin on the life-table parameters of the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), and the parasitoid, *Aphidius flaviventris* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of economic entomology, 113*, 2723-2731. https://doi.org/10.1093/jee/toaa214

Medeiros, G.F., Mendes, A., Castro, R.A., Baú, E.C., Nader, H.B. & Dietrich, C.P. (2000). Distribution of sulfated glycosaminoglycans in the animal kingdom: widespread occurrence of heparin-like compounds in invertebrates. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, *1475* (3): 287-294. https://doi.org/10.1016/S0304-4165(00)00079-9

Mehdi Fuladi, M. Gul Mohammadi, G. & Hamid Qajareh, h. 2014. Investigating the lethal and

sublethal effects of azadirachtin, flunicamide, thiacloprid and tiocyclam on the parasitic bee *Habrobracon hebetor*. *The 3rd International Congress of Entomology of Iran,* (220) (in Persian)

Nastri Nasrabadi, H. & Tabasian, H. (2021). Investigating the lethal and sublethal effect of palizin insecticide and salinity stress on Aphis gossypii in laboratory conditions. *Applied Researches in Herbal Medicine, 10*(4): 1-15 (in Persian). https://doi.org/10.22034/arpp.2021.13483

Noorbakhsh, S. (2018). List of important pests, diseases, and weeds of major agricultural crops, pesticides and recommended methods for their control. *Ministry of Agriculture Jihad and Plant Protection Organization*. 209 p. (In Persian).

Oliveira, M. R.V., Amancio, M., Laumann, R. A., & de O. Gomes, L. (2003). Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Gennadius) B biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brasília, Brazil. *Neotropical Entomology, 32* (1): 151-154. https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000100023.

Papachristos, D.P. & Milonas, P.G. 2008. Adverse effects of soil applied insecticides on the predatory coccinellid *Hippodamia undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control, 47*(1), 77–81.

Pappari, S., Dousti, A., Fallahzadeh, M., Ullah, F., Desneux, N, & Saghaeim, N. (2022). Lethal and sublethal effects of commonly used insecticides on South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* Meyrick and its parasitoid, *Trichogramma brassicae* Bezdenko. *Research Square*, 1-39.

Perera, P. A. (1982). Some effects of insecticide deposit pattern on the parasitism of *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia formosa*. *Annual Applied Biology, 101*, 239-244.

Pilkington, L.J., Messelink, G., van Lenteren, Y.C., & Le Mottee, K. (2010). Protected Biological Control. Biological pest management in the greenhouse industry. *Biological Control, 52(3),* 216-220. doi: 10.1016/j.biocontrol.2009.05.022

Piri Ouchtape, M., Mehrkhou, F. & Foorouzan, M. (2024). Lethal and sub-lethal effects of Clothianidin and summer oil on the life table parameters and population trend of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Hem.: Aphididae). *Plant Pest Research*, 13 (4): 17-34.

Polaszek, A., Evans, G.A., & Bernett, F.D. (1992). *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Aphelinidae, Homoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. *Bulletin of Entomological Research, 82(3),* 375-392. doi:10.1017/S0007485300041171.

Qu, Y., Xiao, D., Li, J., Chen, Z., Biondi, A., Desneux, N., & Song, D. (2015). Sublethal and hormesis effects of imidacloprid on the soybean aphid *Aphis glycines*. E*cotoxicology*, *24* (3): 479-487.

Rajaee, F. Ghane-Jahromi, M, Maroofpour, N. & Sedaratian-Jahromi, A. (2022). Sublethal effects of spiromesifen on life table traits of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Acarologia, 62* (3), 772-785.

Rakhshani, M.(2005). Principle of agricultural toxicology (pesticides). Farhang Jame Press Center of Tehran, Iran, p. 100-374. (In Persian).

Rashidi F. & Nouri Ganbalani, G. (2018). Toxicity and sublethal effects of selected insecticides on life parameters of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Entomological Science, 53*(4), 543-553.

Reshadat-Salvanagh, N. (2021). Survey on the sublethal effects of Flonicamid and Bino2 on the population growth prameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). MSc thesis, Urmia University, 75 p.

Rezaei, N., Mossadegh, M.S., Kocheyli, F., Jahromi, K.T. & Kavousi, A.(2018). Sub–Lethal Effects of Thiamethoxam and Pirimicarb on Life–Table Parameters of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), Parasitoid of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae*). International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 12*(10), 321–328.

Safavi, S.A. & Bakhshaei, M. (2017). Biological parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) exposed to lethal and sublethal concentrations of Calypso®. *Journal of Crop Protection, 6* (3): 341-351.

Saidi, Z. & Ziaei, M. 2017. The toxicity of Sivanto ® and Ebron Speed ® insecticides to control sugarcane whitefly, *Nemaskellia andropogonis,* (Hem.: Aleyrodidae) in laboratory conditions. *Plant Pest Research, 8* (2): 53-65. (in Persian)

Sarbaz S., Goldasteh S., Zamani A.A., Solymannejadiyan E., & Vafaei Shoushtari R. (2017). Side effects of spiromesifen and spirodiclofen on life table parameters of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Cardiology, 43*, 380-386. https://doi.org/10.1080/01647954.2017.1325396

Sarmadi, S., Nouri–Gonbalani, G., Rafiee–Dastjerdi, H., Hassanpour, M. & Farshbaf–Pourabad, R. (2010). The effects of imidacloprid, indoxacarb and deltamethrin on some biological and demographic parameters of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in adult stage treatment. *Munis Entomology and Zoology*, *5*, 646–651.

Schneider, M.I., Smagghe, G., Pineda, S. & Vinuela, E. (2004). Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third–instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. *Biological Control, 31*(2), 189–198.

Sheikhigarjan, A. Najafi, H., Abbasi, Azimi, H. & Moradi, M. (2021). The chemical and organic pesticide guide of Iran. Rah Dan press, Tehran, Iran, p. 525.

Simmonds, M.S.J., Manlove, J.D., Blaney, W.M. & Khambay, B.P.S. (2002). Effects of selected botanical insecticides on the behaviour and mortality of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata, 102*(1), 39-47. https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00923.x.

Smilanick, J.M., Zalom, F.G. & Ehler, L.E. (1996). Effect of Methamidophos Residue on the Pentatomid Egg Parasitoids *Trissolcus basalis* and *T. utahensis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Biological Control, 6*(2), 193–201.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. & Mosaddegh, M.S. (2012). Lethal and sublethal effects of buprofezin and imidacloprid on the whitefly parasitoid *Encarsia inaron* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Crop Protection, 32*, 83-88.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. & Mosaddegh, M.S. (2013). Lethal and sublethal effects of imidacloprid and buprofezin on the sweetpotato whitefly parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Crop Protection, 45*, 98–103.

Southwood, T.R.E. & Henderson, P.A. (2009). *Ecological methods*. John Wiley & Sons.

Stark, J. D., Banks, J. E., & Acheampong, S. (2004). Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: Influence of life history strategies and population structure. *Biological Control, 29*, 392-398.

Stark, J. D., & Banks, J. E. (2003). Population–level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology, 48* (1), 505–519.

Suh, C.P.C., Orr, D.B. & Van Duyn, J. W. (2000). Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. *Journal of Economic Entomology*, *93*(3), 577–583.

Talebi, K., Kavousi, A. & Sabahi, Q. (2008). Impacts of pesticides on arthropod biological control agents. *Pest Technology*, *2* (2): 87-97.

van Lenteren, J. C., & Martin, N. A. (2000). Biological control of whiteflies, p.202-214. In Albajes R, Gullino M, van Lenteren J C, Elad Y (eds) Integrated pest and disease management in greenhouse crops. *Dordrecht, Kluwer Publishers*, 568p.

Whalon, M. E., Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R. M., & Duynslager, L. (2017). Arthropod pesticide resistance database. Retrieved May 20, 2017, from https://www.pesticideresistance. Com.

Zawrah, M. F. M., Masry, A. T. El., Noha, L., & Saleh, A. A. A. (2020). Efficiacy of certain insecticides against whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) infesting tomato plants and their associated predators. *Plant Archives*, 20 (2): 2221-2228.