Journal of Entomological Society of Iran
https://jesi.areeo.ac.ir
Entomological Society of Iran
2023, 42 (4), 279–290
Research Article
https://doi.org/10.52547/jesi.42.4.3
pISSN: 0259-9996
eISSN: 2783-3968
OPEN ACCESS

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش تیوسیکلام بر فراسنجه‌های زیستی مگس مینوز سبزی و صیفی، *Liriomyza sativae* (Diptera:Agromyzidae) در شرایط آزمایشگاهی

مریم فروزان[1] و عزیز شیخی گرجان[2]

۱- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
maryam_fourouzan@yahoo.com https://orcid.org/0000-0002-5440-3329
۲- موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
asheikhi48@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-2462-3512

چکیده: مگس مینوز سبزی و صیفی *Liriomyza sativae* Blanchard، از مهم‌ترین آفات سبزی های گلخانه ای و فضای باز، محسوب می شود. با توجه به توصیه کاربرد حشره‌کش تیوسیکلام جهت مدیریت آفت مزبور، در پژوهش حاضر، اثرات کشندگی و زیرکشندگی(LC_{30}:۱۳۱/۵، LC_{20}:۸۷/۱، LC_{10}:۴۹/۱۵ میلی گرم ماده موثره بر لیتر) حشره‌کش تیوسیکلام (اویسکت®SP50%) روی فراسنجه‌های زیستی این آفت در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. روش مورد استفاده در انجام آزمایش‌ها غوطه‌وری صفحه‌های برگی حاوی لارو مگس در ترکیب آفت‌کش بود. تجزیه داده‌ها با استفاده از تئوری جدول زندگی دو جنسی ویژه سن–مرحله رشدی انجام شد. نتایج نشان داد که، طول عمر مگس‌های بالغ بصورت معنی‌داری تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش کاهش یافت. باروری نیز بطور معنی‌داری تحت تاثیر غلظت‌های مورد مطالعه قرار گرفت و کمترین میزان این فراسنجه (۳۴/۲۳ تخم) در غلظت LC_{30} ثبت شد. به‌علاوه غلظت‌های زیرکشنده مورد مطالعه مقادیر نرخ خالص تولیدمثل (R_0) را در مقایسه با شاهد کاهش دادند (۷۸/۰۱شاهدو LC_{30}:۱۱/۵۸، LC_{20}:۳۳/۶، LC_{10}:۶۳/۷۶ نتاج/ فرد). سایر فراسنجه‌ها مانند نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نیز به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر شدند. بیشترین مقادیر این فراسنجه‌ها در شاهد ثبت شد(به‌ترتیب ۰/۱۹و ۱/۲۱ بر روز). کاهش نرخ رشد در تیمارهای مختلف زیرکشنده، افزایش طول مدت یک نسل (T) را دربرداشت بطوریکه کمترین آن در شاهد ۲۲/۴۹ روز و بیشترین در LC_{30} با ۲۶/۲۵ روز ثبت شد. یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این است که حشره‌کش تیوسیکلام پتانسیل خوبی در کنترل مگس مینوز در غلظت‌های کشنده و زیرکشنده دارد. ضرورت توجه به اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌ها در ارزیابی اثرات کلی آفت‌کش‌ها بر آفات و دشمنان طبیعی آنها را آشکار می‌کند.

واژه‌های کلیدی: کنترل شیمیایی، جدول زندگی، اثرات زیرکشنده، زیست‌سنجی، مدیریت آفات

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹
پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۹
دبیر تخصصی: معصومه ضیایی

Citation: Forouzan, M & Sheikhi Garjan, A. (2023) Effect of sublethal concentrations of Thiocyclam insecticide on biological parameters of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) under laboratory conditions. *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (4), 279-290.

مقدمه

جنس *Liriomyza* یکی از غنی‌ترین گونه‌ها در راسته دوبالان است که بیش از ۳۰۰ گونه پراکنده در سراسر جهان را شامل می‌شود که ۲۳ گونه از نظر اقتصادی مهم هستند (Kang *et al.*, 2009؛ Alaei Verki *et al.*, 2020). مینوز از آفاتی است که ممکن است خسارت‌های اقتصادی قابل توجهی را ایجاد کند. گونه‌های زیادی از حشرات شناسایی شده‌اند که با فعالیت خود باعث آسیب به برگ می‌شوند و برخی از آن‌ها پلی‌فاژ هستند. آفات این خانواده در مناطق معتدل تا گرمسیری دارای چرخه زندگی نسبتاً کوتاه هستند (Rahardjo *et al.*, 2020). از گونه‌های مهم *Liriomyza*، می‌توان به *L. sativae* Blanchard، *L. trifolii* Burgess و *L. huidobrensis* اشاره نمود (Alaei Verki *et al.*, 2020). خیار (*Cucumis sativus* L.) یکی از مهم‌ترین سبزی‌های گلخانه‌ای ایران است که مورد حمله گونه‌های مختلف آفات از جمله مگس مینوز *L. sativae* قرار می‌گیرد (Fathipour *et al.*, 2006). مینوز *L. sativae*، یک حشره پلی‌فاژ و همه‌جایی است. این آفت دارای چندین گیاه میزبان است (Khorshidi *et al.*, 2017؛ Askari Saryazdi *et al.*, 2014؛ Weintraub &Horowitz,1996). مگس مینوز، بومی مناطق گرمسیری جهان بوده و در ابتدا از مکزیک و بخش‌هایی از آمریکای مرکزی و جنوبی گزارش شد، اما به سرعت در کشورهای دیگر در اروپا، آفریقا و آسیا گسترش یافت. در ایران این آفت اولین بار در سال ۱۳۷۹ گزارش شد (Safaralizadeh *et al.*, 2011). این گونه و *Liriomyza trifolii* Burgess خسارت قابل توجهی به محصولاتی مانند نخود، لوبیا، سبزیجات، گوجه فرنگی و خیار در استان های خوزستان، کرمان، هرمزگان و تهران وارد کرده است (Safaralizadeh *et al.*, 2011). این آفت بیشتر به محصولات خانواده Solanaceae، Liliaceae و Fabaceae حمله می‌کند. لاروهای *L. sativae* از مزوفیل برگ تغذیه می‌کنند و فتوسنتز را کاهش می‌دهند. مگس‌های بالغ نیز برگ را برای تغذیه و تخمگذاری سوراخ می‌کنند. تراکم زیاد این آفت باعث خشکی سطح برگ، از بین رفتن

Corresponding author: Maryam Forouzan (E-mail: maryam_fourouzan@yahoo.com)
© 2023 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran
This Work is licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

گیاهان جوان، ریزش زود هنگام برگ‌ها، سوختگی میوه‌ها، کاهش عملکرد گیاه و در نهایت کاهش بازارپسندی محصول می‌شود (Khorshidi *et al.*, 2017؛ Askari Saryazdi *et al.*, 2014؛ Weintraub & Horowitz, 1996؛ Parrella, 1987). به‌دلیل آسیب اقتصادی جدی به برگ‌ها، به‌عنوان آفت عمده بسیاری از محصولات در نظر گرفته می‌شود (López *et al.*, 2010). امروزه در بیشتر کشورهای جهان، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، کنترل شیمیایی در حفاظت گیاهان نقش اصلی را ایفا می‌کند.همانند دیگر کشورهای جهان، در ایران نیز متداول‌ترین روش برای کنترل آفت مزبور روش شیمیایی می باشد (Rashid *et al.*, 2012؛ Fathipour *et al.*, 2006؛ Hammad *et al.*, 2000). برنامه‌ی موفق برای مدیریت مینوزها باید شامل به حداقل رساندن تحرک حشرات کامل در گلخانه، انتخاب سریع و دقیق برنامه‌ی مدیریتی، پیش آگاهی مناسب جمعیت در طول دوره و استفاده از داده‌های پیش آگاهی برای انتخاب زمان و نوع عملکرد مدیریتی مناسب باشد (Bogran, 2005). گاهی اوقات تأثیر حشره‌کش‌ها بر موجودات مفید (به عنوان مثال دشمنان طبیعی) می‌توانند شدیدتر از آفات هدف باشند. استفاده مکرر از آفت‌کش‌های معمولی منجر به از بین بردن دشمنان طبیعی، جابجایی آفات ثانویه و ایجاد مقاومت در برابر بسیاری از حشره‌کش‌ها می‌شود (Khorshidi *et al.*, 2017). مینوزها می‌توانند به آسانی در برابر آفت‌کش‌ها مقاومت کنند و بسیاری از آفت‌کش‌ها نمی‌توانند به لاروهای داخل سوراخ‌ها یا شفیره‌های داخل خاک برسند (Alaei Verki *et al.*, 2020). باتوجه به ویژگی‌های بیولوژیکی مینوزها که مراحل زیستی لاروی در داخل دالان بوده و اغلب آفت‌کش‌های مورد استفاده غیرانتخابی می‌باشند، ایجاد مقاومت در برابر حشره‌کش‌ها در این آفت غیرمنتظره نیست. طغیان مینوزها در ایران به‌ویژه در گلخانه‌های تجاری در دو دهه گذشته گزارش شده است (Askari Saryazdi *et al.*, 2014). با این حال، در جمعیت بالای آفت، استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی اجتناب ناپذیر است. در همین راستا، گلخانه داران حشره‌کش‌های شیمیایی را با غلظت‌های بالا برای سرکوب آفت با مشاهده اولین علائم خسارت روی محصول استفاده می‌کنند (Reitz *et al.*, 2013). تیوسیکلام هیدروژن اگزالات (Evisect®) یک حشره‌کش مصنوعی با طیف اثر وسیعی است که برای کنترل حشرات مکنده و جونده در انواع محصولات زراعی استفاده می‌شود. این حشره‌کش حاوی اگزالات هیدروژن تیوسیکلام است و نام شیمیایی آن N,N-dimethyl1,2,3-trithian-5-amine hydrogen oxalate است. در ابتدا توسط آزمایشگاه Sandoz، بازل، سوئیس تهیه شد. معمولاً به صورت پودر محلول یا گرانول عرضه می‌شود. از آنجایی که به سرعت تجزیه می‌شود، پسماندها در محیط باقی نمی‌مانند. تیوسیکلام هیدروژن اگزالات به عنوان آگونیست گیرنده استیل کولین در غلظت‌های پایین و آنتاگونیست در غلظت‌های بالا بدون تأثیر بر فعالیت کولین استراز عمل می‌کند (Suganthan *et al.*, 2020).

مطالعات نشان داده اند که، ویژگی‌های خاص این مینوزها از جمله باروری بالا، رشد سریع، کوچکی و تحرک زیاد، کنترل شیمیایی آن ها را پیچیده کرده و باعث شیوع این آفت شده‌اند (Runjie *et al.*, 2000). برای تدوین برنامه‌ی مدیریت تلفیقی آفات، انتخاب آفت کش‌های مناسب و کم خطر نقش بسیار مهمی در موفقیت این برنامه دارد. از جمله راهکارها استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی با مکانیسم اثر جدید و یا کاربرد غلظت‌های زیرکشنده‌ی این ترکیبات می‌باشد (Ibrahim & Yee, 2000).

باتوجه به این‌که حشره‌کش تیوسیکلام برای کنترل آفاتی همچون مگس مینوز در کشور ثبت شده و در حال حاضر استفاده می‌شود. در همین راستا، در پژوهش حاضر بررسی اثرات زیرکشندگی حشره‌کش تیوسیکلام روی فراسنجه‌های زیستی مگس مینوز صورت گرفت تا بتوانیم ارزیابی دقیق‌تری از استفاده‌ی این حشره کش در برنامه‌های مدیریتی تلفیقی ارائه نمائیم.

مواد و روش‌ها

گیاه میزبان. بذر رقم نگین خیاردر شرایط گلخانه در دمای ۵ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی۱۰ ± ۷۵ درصد و شرایط روشنایی طبیعی درون گلدان‌های پلاستیکی (پلاستیک‌های نشاء) به ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۸ سانتی‌متر کاشته شدند. علاوه‌بر این، به‌منظور جلوگیری از آلودگی گیاهان مذکور به آفات ناخواسته‌ای که در شرایط گلخانه فعال می‌باشند، گیاهان مذکور درون قفس‌های توری نگهداری شدند.

پرورش آفت . برگ‌های آلوده به مراحل مختلف زیستی مگس مینوز، از گلخانه‌ها و مزارع آلوده‌ی اطراف شهر ارومیه جمع‌آوری و سپس جهت خالص‌سازی به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی انتقال داده شد. گلدان‌های حاوی گیاه خیار درون قفس‌های توری به ابعاد ۹۰×۹۰×۱۵۰ سانتی‌متر که سقف آنها به‌منظور دریافت نور کافی با تلق شیشه ای محصور گردید، در شرایط گلخانه قرار داده شد. سپس جهت تشکیل کلنی و تخم‌گیری حشرات بالغ مگس مینوز روی گیاهان سالم رهاسازی شد. در صورت پژمرده شدن گیاهان، بوته‌های سالم جایگزین شدند.

همسن سازی حشرات جهت آزمایش. تعداد ۱۰۰ جفت حشرات ماده و نر مگس درون قفس‌های حاوی گیاه خیار با دو برگ هم‌اندازه و بزرگ منتقل و اجازه داده می‌شد که حشرات ماده به مدت ۳ ساعت روی این گیاهان تخم‌ریزی کنند، پس از ۳ ساعت حشرات کامل از روی گیاهان حذف شدند. گیاه حاوی تخم مگس مینوز در قفس‌های عاری از مگس مینوز تا زمان ظهور لارو سن سه پایش و نگهداری شد. لاروهای سن سوم جهت آزمایش زیست‌سنجی مورد استفاده قرار گرفتند.

حشره‌کش مورد استفاده. در پژوهش حاضر از فرمولاسیون SP50% حشره‌کش تیوسیکلام با نام تجاری Evisect® استفاده شد. حشره کش مزبور تولید شرکت آریستا لایف ساینس کشور ژاپن است.

زیست سنجی. آزمایش مقدماتی برای تخمین و به‌دست آوردن غلظت‌های لازم با چهار تکرار انجام شد. سپس، پنج غلظت که منجر به تلفات بین ۲۰ تا ۸۰ درصد در جمعیت شدند با استفاده از فواصل لگاریتمی، محاسبه گردیدند (Robertson *et al.*, 2007). در آزمون اصلی از غلظت‌های ۱۵۰، ۲۴۱، ۳۸۷/۳، ۶۶۲/۳ میلی گرم بر لیتر براساس فرمولاسیون تجارتی و از آب مقطر استریل، به‌عنوان شاهد در چهار تکرار استفاده شد. ابتدا غلظت‌های مختلف از محلول حشره-کش ساخته شده و برگ‌هایی از خیار که حاوی ۱۰ لارو سن سوم داخل دالان بودند، به صورت دیسک برگی در پتری‌دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر به مدت ۵

ثانیه در محلول حشره‌کش غوطه‌ور شدند (Leibee, 1988). بعد از غوطه وری، برگ‌ها جهت خشک شدن ۳۰ دقیقه در فضای آزاد قرار گرفتند. سپس پتری-دیش‌ها به درون اتاقک رشد با شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. میزان تلفات افراد تیمار شده پس از طی ۲۴ ساعت ثبت شد. غلظت‌های زیرکشنده‌ی LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} پس از ۲۴ ساعت از تیمار محاسبه و مورد استفاده قرار گرفتند (Alinejad *et al.* 2016؛ Shahbaz *et al.*, 2019).

ارزیابی اثرات زیرکشنده‌ی حشره‌کش تیوسیکلام روی فراسنجه‌های زیستی مگس مینوز. پس از انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی و تعیین غلظت‌های زیرکشنده‌ی LC_{10}، LC_{20} و LC_{30}، حشره‌کش تیوسیکلام لارو سن سوم از کلنی موجود در شرایط گلخانه انتخاب و با غلظت‌های زیرکشنده‌ی LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} تیوسیکلام تیمار شدند. در شاهد از آب مقطر استریل استفاده شد. پس از ظهور حشرات کامل، حشرات نر و ماده به صورت جفت روی گیاهان عاری از حشره‌کش انتقال داده شد، و پس از ۲۴ ساعت حشرات کامل از روی گیاهان حذف شدند. برگ‌های حاوی تخم تا زمان ظهور دالان بررسی شدند. مابقی دالان ها به جز یک دالان حذف گردید. سپس، هر برگ حاوی دالان در یک ظرف شیشه ای که در آن توسط توری مسدود شده بود نگهداری شد و روزانه برگ‌ها از لحاظ طول دوره و مرحله زیستی آفت، طول عمر مرحله‌ی نابالغ، بالغ و میزان تخم‌ریزی آن‌ها تا زمان مرگ آخرین فرد به‌صورت روزانه ثبت شد.

تجزیه داده‌ها. تجزیه داده‌ها برای تخمین مقادیر مختلف LC با استفاده از روش پروبیت نرم‌افزار آماری SPSS انجام گرفت (SPSS 2019). فراسنجه‌های جدول زندگی مگس مینوز 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, 1985؛ Chi, 1988؛ Chi, 2020). میانگین، واریانس و خطای معیار فراسنجه‌های زیستی با استفاده از تکنیک بوت‌استرپ و با ۱۰۰۰۰۰ نمونه‌برداری محاسبه گردید. به‌منظور مقایسه‌ی داده‌های به‌دست آمده از تکنیک بوت‌استرپ جفت شده (Paired bootstrap) و نرم‌افزار TWO-SEX MSChart استفاده شد. پیش‌بینی روند رشد جمعیت مگس مینوز در تیمارهای مختلف مورد مطالعه در دوره زمانی ۶۰ روزه با استفاده از نرم افزار TIMING-MSChart انجام شد (Chi, 2021). رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Sigmaplot (Ver,14.0) انجام شد.

نتایج

مقادیر غلظت کشنده (LC_{50}) و غلظت‌های زیرکشنده (LC_{10}, LC_{20}, LC_{30}) آفت‌کش تیوسیکلام، ۲۴ ساعت پس از تیمار لاروهای سن سوم مگس مینوز با حدود اطمینان ۹۵٪ در جدول ۱ نشان داده شده است. در این بررسی مشخص شد که مقدار LC_{50} حشره‌کش تیوسیکلام برای لاروهای سن سوم مگس مینوز برگ سبزی ۲۶۰/۶میلی گرم ماده موثره بر لیتر محاسبه شد. علاوه بر این، پایین بودن میزان عددی آماره مربع کای محاسبه شده (۱/۱۴۶) حاکی از برازش مناسب مدل پروبیت با داده‌های بدست آمده در پژوهش حاضر است (جدول۱).

نتایج مقایسه طول دوره رشد و نمو مراحل مختلف زیستی نتاج حاصل از لاروهای سن سوم تیمار شده نشان داد که غلظت‌های مختلف مورد مطالعه اثرات معنی داری بر طول دوره‌های مختلف زیستی این آفت داشتند. کمترین و بیشترین میانگین طول دوره نابالغ به ترتیب مربوط به شاهد و LC_{30} بود. افزایش طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ بیانگر شرایط نامناسب ایجاد شده بود و این امر می‌تواند کاهش پتانسیل رشد جمعیت را به‌دنبال داشته باشد. میانگین طول عمر مگس‌های ماده بالغ در شاهد ۱۱/۸۶ روز بود، این فراسنجه در غلظت‌های زیرکشنده روند نزولی داشته و در تیمار LC_{30} به کمترین مقدار خود که معادل ۷/۸۲ روز بود رسید. باروری در غلظت‌های زیرکشنده به‌طور قابل‌توجهی نسبت به شاهد کمتر بود و در تیمار LC_{30} به کمترین میزان خود که ۳۴/۲۳ تخم به ازای هر ماده بود رسید. بین میانگین طول دوره تخم‌ریزی تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که مقدار آن از ۸/۵۴ تخم به ازای هر ماده در شاهد به ۴ تخم به ازای هر ماده در LC_{30} کاهش یافت. در تمامی تیمارهای مورد مطالعه، مگس مینوز پس از رسیدن به بلوغ، دوره پیش از تخم ریزی (APOP) کوتاهی را تجربه نمود که کمترین مقدار آن در شاهد معادل ۰/۷۶ روز بود (جدول ۲).

جدول ۱- سمیت تیوسیکلام روی لارو سن سوم مگس مینوز برگ سبزی پس از ۲۴ ساعت

Table 1. Toxicity of Thiocyclam on the third larval stage of *Liriomyza sativae* after 24 hours

a.i. mg/L Confidence Limits							
LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}	LC_{50}	Slope± SE	Intercept (a)+5	χ^2(df)	No.
49.15 (25.6-71.2)	87.1 (56.6-113.4)	131.5 (98.05-162.1)	260.6 (214.3-331.6)	1.318±0.261	1.83	1.146 (3)	200

جدول۲- ویژگی‌های زیستی (میانگین ± خطای معیار) نتاج حاصل از لاروهای سن سوم تیمار شده مگس مینوز با غلظت‌های LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} تیوسیکلام در مقایسه با شاهد

Table 2. Biological characteristics (means ± SE) of offspring from treated 3rd larval instarse of *Liriomyza sativae* with LC_{10}, LC_{20} and LC_{30} concentrations of Thiocyclam in comparison with control

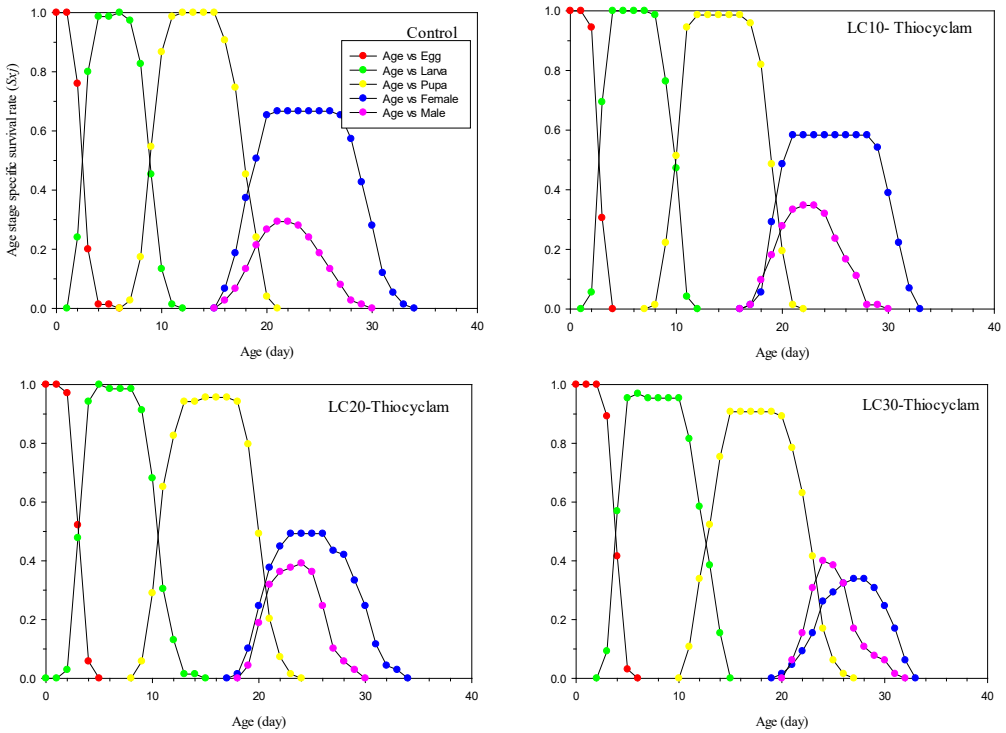
Parameters	Control	LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}
Egg (days)	2.99±0.09d	3.25±0.06c	3.55±0.08b	4.36±0.09a
Larva (days)	6.41±0.1d	7.03±0.09c	7.59±0.12b	8.78±0.14a
Pupa (days)	8.96±0.08d	9.19±0.08c	9.51±0.07b	10.11±0.13a
Female adult (days)	11.86±0.09a	11.55±0.08a	9.71±0.2b	7.82±0.27c
Male adult (days)	7.68±0.17a	7.08±0.13b	6.33±0.15c	4.32±0.22d
Preadult (days)	18.4±0.16d	19.55±0.15c	20.64±0.16b	23.25±0.2a
Fecundity (eggs/female)	117.02±1.85a	109.31±2.33b	68.21±4.67c	34.23±2.92d
Total longevity (days)	28.55±0.37a	28.56±0.48a	27.38±0.61ab	26.62±0.82b
Oviposition Period (days)	8.54±0.15a	8.07±0.16b	5.94±0.31c	4.0±0.32d
TPOP (days)	19.08±0.19d	20.38±0.16c	21.56±0.27b	24.5±0.44a
APOP (days)	0.76±0.09a	0.83±0.1a	0.97±0.11a	1.0±0.11a

*Different letters in each row indicate a significant difference between treatments (Paired bootstrap test, $P<0.05$)
1) TPOP: Total pre-ovipositional period (from egg to first oviposition)
2) APOP: Adult pre-ovipositional period (from eclosion to first oviposition)

منحنی‌های مربوط به نرخ بقای ویژه سن–مرحله‌ای (S_{xj}) مگس مینوز تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده‌ی حشره‌کش تیوسیکلام و شاهد در شکل ۱ ارائه شده است .این فراسنجه علاوه بر توصیف نرخ بقا، روند تغییرات نرخ رشد و نمو در میان افراد مختلف را نیز نشان می‌دهد (شکل۱).

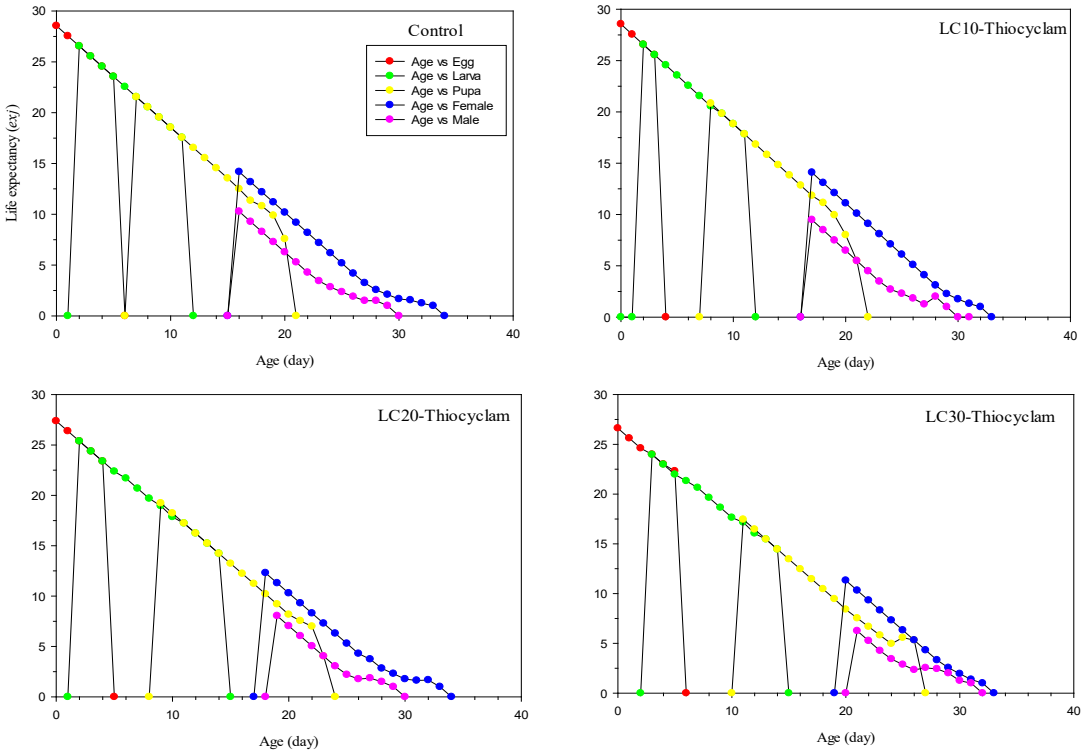
طبق نتایج بدست آمده، نرخ بقای ویژه سنی مگس مینوز در زمان ورود به مرحله حشره کامل ماده، در شاهد ۹۶ درصد بود، مقدار این فراسنجه تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش تیوسیکلام روند نزولی داشت و در غلظت LC_{30} به کمترین میزان خود یعنی ۸۱ درصد رسید. هم‌چنین، ماده‌ها در شاهد زودتر از تیمارهای تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده ظاهر شدند. ظهور ماده‌ها در شاهد در روز شانزدهم صورت گرفته در حالیکه در تیمارLC_{30} اولین ظهور حشره ماده روز بیستم صورت گرفت.

امید به زندگی ویژه سن–مرحله‌ای (e_{xj}) طول عمر پیش‌بینی‌شده مگس‌های مینوز در معرض غلظت‌های زیرکشنده‌ی حشره‌کش را نشان می‌دهد (شکل ۲). روز صفر، امید به زندگی تخم در شاهد ۲۸/۵۴ روز بود، در صورتی که در غلظت‌های زیرکشنده میزان امید به زندگی کاهش یافته و در روز صفر تیمار LC_{30} به ۲۶/۶۱ روز رسید. در شاهد اولین فرد ماده ۱۴/۱۸ روز امید به زندگی داشت، در حالی‌که در غلظت‌های زیرکشنده روند نزولی داشته و در غلظت LC_{30}این رقم به کم‌ترین مقدار ۱۱/۳۱ روز کاهش یافت. مراحل نابالغ در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد تحت تأثیر آفت‌کش قرار گرفته و افزایش طول دوره را نشان دادند.



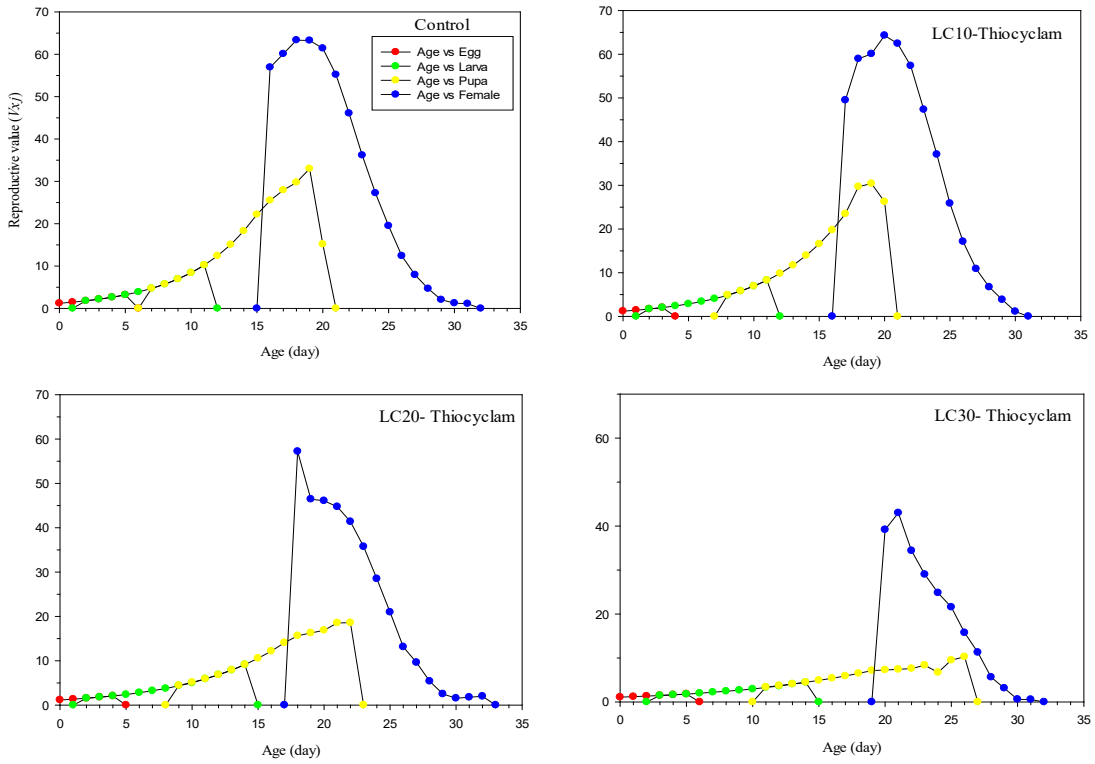
شکل۱- اثرات زیر کشنده‌ی حشره کش تیوسیکلام روی نرخ بقا ویژه سن–مرحله‌ای (S_{xj}) مگس مینوز سبزی *Liriomyza sativae*

Fig. 1. Sublethal effects of Thiocyclam on Age-Stage specific survival curve (S_{xj}) of *Liriomyza sativae*



شکل۲– اثرات زیر کشنده‌ی حشره‌کش تیوسیکلام روی منحنی امید به زندگی سن–مرحله‌ای (e_{xj}) مگس مینوز سبزی *Liriomyza sativae*

Fig. 2. Sublethal effects of Thiocyclam on Age-Stage life expectancy curve (e_{xj}) of *Liriomyza sativae*

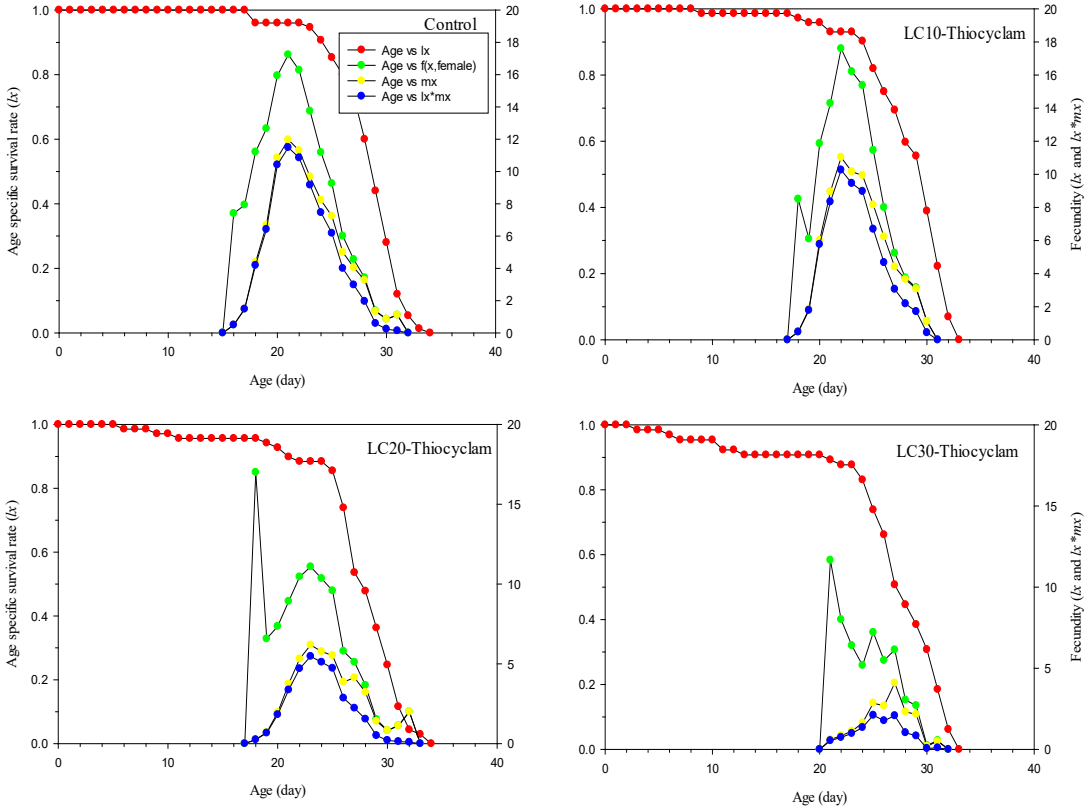


شکل۳– اثرات زیر کشنده‌ی حشره کش تیوسیکلام روی منحنی ارزش تولیدمثلی سن–مرحله‌ای (v_{xj}) مگس مینوز سبزی *Liriomyza sativae*

Fig. 3. Sublethal effects of Thiocyclam on Age-Stage Reproduction value curve (v_{xj}) of *Liriomyza sativae*

شاخص ارزش تولیدمثل ویژه سن–مرحله‌ای (v_{xj}) که بیانگر نقش افراد در ایجاد جمعیت نسل بعد است، در شکل ۳ نشان داده شده است. نمودارها بیانگر این مطلب است که در تمامی تیمارهای مورد مطالعه، افراد ماده به دلیل تخم‌ریزی بیش‌ترین نقش را در شکل‌گیری جمعیت نسل آینده داشته و بیش‌ترین مشارکت آن‌ها در زمان رسیدن به اوج تخم‌ریزی است. با توجه به نتایج به‌دست آمده ارزش تولیدمثلی در ماده‌ها در شاهد ۶۳/۳۴ تخم و در ماده های تیمار شده با غلظت

زیرکشنده LC_{30} نسبت به شاهد کاهش یافته و به مقدار ۴۳/۰۱ تخم رسید که کاهش چشم‌گیری را نشان داد. ارزش تولیدمثلی مراحل نابالغ نیز در تیمارهای زیرکشنده نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد (شکل۳).



شکل٤– اثرات زیر کشنده حشره کش تیوسیکلام روی منحنی زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سن–مرحله‌ای (m_x) و باروری خالص روزانه (l_xm_x) مگس مینوز سبزی *Liriomyza sativae*

Fig. 4. Sublethal effects of Thiocyclam on Age-specific survival (l_x), age-stage specific fertility (m_x) and age-specific fertility (l_xm_x) curves of *Liriomyza sativae*

بررسی منحنی زادآوری ناخالص ویژه سنی (m_x) وزادآوری خالص ویژه سنی (l_xm_x) نشان دادکه تیمار با غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش تیوسیکلام باعث اثرات سوء روی حشرات بالغ مگس مینوز و شروع تخم‌ریزی را در آن‌ها نسبت به شاهد به تأخیر می‌اندازد. حشرات کاملی که از لاروهای تیمار شده با حشره‌کش تکامل یافته بودند با تاخیر وارد مرحله تولیدمثلی شدند که این مقدار در تیمار LC_{30} (یک روز عمر) در حالی‌که شاهد سریعتر از سایر تیمارها وارد این مرحله از زندگی(۰/۷۶روز عمر) شد. بیشترین مقدار باروری برای شاهد ثبت شد که ۱۷/۲۴ تخم در روز بیست و یکم بود. و کمترین میزان آن در تیمار LC_{30} برابر با ۱۱/۶۶ تخم در روز بیست و یکم بود (شکل ۴). در تیمار LC_{30} بیشترین نرخ زادآوری ناخالص ویژه سنی درحشرات ماده (ماده m_x=۴/۰۹) وزادآوری خالص ویژه سنی حشرات بالغ (نتاج l_xm_x=۲/۱) در شاهد نسبت به غلظت‌های زیرکشنده بیشترین میزان را داشت (ماده m_x=۱۱/۹۷)، (نتاج l_xm_x=۱۱/۴۹).

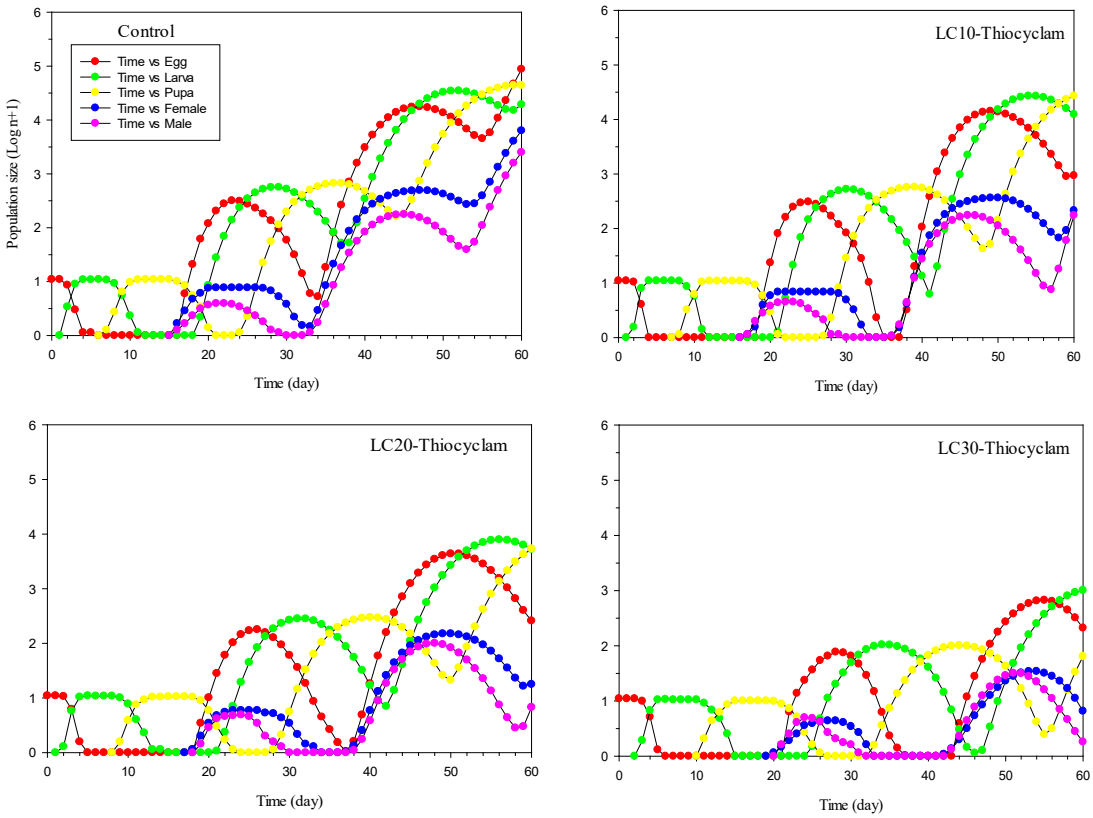
پیش‌بینی رشد جمعیت در هر تیمار با در نظر گرفتن یک بازه زمانی ۶۰ روزه صورت گرفت. کمترین سرعت رشد و نمو مراحل مختلف رشدی آفت، در تیمار LC_{30} به‌علت پائین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت مشاهده شد. بالاترین سرعت رشد و نمو در شاهد ثبت شد (شکل ۵).

جدول۳– فراسنجه‌های جدول زندگی (میانگین ± خطای معیار) نتاج حاصل از لاروهای سن سوم تیمار شده مگس مینوز با غلظت‌های LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} تیوسیکلام در مقایسه با شاهد

Table 3. Life table parameters (mean ± SE) of offspring from treated 3rd larval stage of *Liriomyza sativae* with LC_{10}, LC_{20} and LC_{30} concentrations of Thiocyclam in comparison with control

Population parameters	Treatments			
	Control	LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}
Intrinsic rate of Increase (r) (day^{-1})	0.19±0.004a	0.17±0.004b	0.14±0.006c	0.09±0.008d
Finite rate of population Increase (λ) (day^{-1})	1.21±0.005a	1.19±0.005b	1.15±0.007c	1.09±0.008d
Net reproductive rate (R_0) (Offspring)	78.01±6.48a	63.76±6.48a	33.6±4.7b	11.58±2.22c
Gross reproductive rate (GRR) (Offspring)	87.89±6.12a	75.05±6.02a	46.01±5.43b	18.99±2.66c
Mean generation time (T) (day)	22.49±0.2c	23.79±0.16b	24.33±0.28b	26.25±0.4a

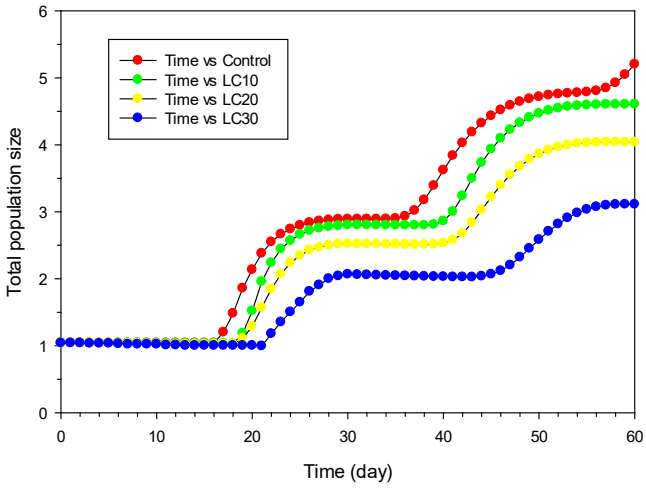
*: indicates a significant difference between treatments in each row (Paired bootstrap test, P<0.05)



شکل ۵– پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله مگس مینوز سبزی، *Liriomyza sativae* تیمار شده با LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} تیوسیکلام در مقایسه با شاهد در طول ۶۰ روز

Fig. 5. Projection of population growth potential and stage structure of *Liriomyza sativae* treated with LC_{10}, LC_{20} and LC_{30} of Thiocyclam in comparision with control during 60 days

شکل ۶ روند رشد جمعیت کل مگس مینوز سبزی را در تیمارهای مختلف مورد مطالعه نشان می‌دهد. بالاترین سرعت رشدونمو در تیمار شاهد و کم‌ترین آن در غلظت زیر کشنده‌ی LC_{30} مشاهده گردید(شکل۶). این مساله نشان می‌دهد که با کاهش غلظت توصیه شده یک حشره‌کش و استفاده از غلظت‌های زیرکشنده، ضمن کاهش میزان مصرف آفت‌کش، می‌توان سرعت رشد و نمو آفت را نیز کاهش داد. کاهش میزان مصرف آفت‌کش در زیست‌بوم‌های کشاورزی علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و تاثیر باقیمانده حشره‌کش‌ها بر سلامت مصرف کننده، اثرات نامطلوب حشره‌کش‌ها بر کارایی دشمنان طبیعی و حشرات گرده‌افشان در چنین زیست‌بوم‌هایی نیز کاهش می‌یابد.



شکل ٦– رشد جمعیت کل *Liriomyza sativae* تیمار شده با غلظت LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} تیوسیکلام در مقایسه با تیمار شاهد در طول ۶۰ روز

Fig. 6. Population projection of *Liriomyza sativae* (total stage) treated with LC_{10}, LC_{20} and LC_{30} of Thiocyclam in comparison to control treatment during 60 days

فراسنجه‌های رشد جمعیت نتاج حاصل از مگس مینوز تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده تیوسیکلام و شاهد در جدول ۳ نشان داده شده است. بیش‌ترین مقادیر نرخ‌های ناخالص (*GRR*) و خالص (R_0) تولیدمثل در شاهد مشاهده شد (به‌ترتیب ۸۷/۸۹ و ۷۸/۰۱ نتاج/ فرد). با افزایش غلظت مورد استفاده از مقادیر این فراسنجه‌ها کاسته شده و کم‌ترین میزان آنها در غلظت LC_{30} مشاهده گردید (به‌ترتیب ۱۸/۹۹ و ۱۱/۵۸ نتاج/فرد). کاهش میزان نرخ خالص تولیدمثل این آفت با افزایش غلظت زیر کشنده، نقش انکارناپذیری در کاهش میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r*) آفت داشته است. بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت در شاهد و LC_{30} به‌ترتیب ۰/۱۹و ۰/۰۹ بر روز بود (جدول ۳). میانگین طول یک نسل (*T*) تحت تأثیر غلظت‌های زیر کشنده حشره‌کش تیوسیکلام در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳).

بحث

در پژوهش حاضر مقدار LC_{50} حشره‌کش تیوسیکلام برای لاروهای سن سوم مگس مینوز برگ سبزی ۲۶۰/۶ میلی گرم بر لیتر محاسبه شد. (2012) Abotalebi، مقدار LC_{50} تیوسیکلام روی حشره بالغ شب‌پره پشت الماسی *Plutella xylostella* L. را ۱۴۷/۵ میلی گرم بر لیتر گزارش کرد. مقایسه این نتایج نشان می‌دهد که، حشرات بالغ شب‌پره پشت الماسی کلم در برابر تیوسیکلام بسیار حساس‌تر از مگس مینوز هستند. در بررسی تأثیر تیوسیکلام بر تلفات جمعیت شب پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* Meyrick ، مقدار LC_{50} این حشره‌کش ۵۵۷ میلی گرم بر لیتر به‌دست آمد (Rezaei *et al.*, 2016). مقدار LC_{50} برای لارو سن سوم مگس مینوز سبزی در برابر حشره‌کش‌های آبامکتین، سیرومازین و اسپینوزاد به‌ترتیب ۱/۸، ۳۸/۴ و ۱۲/۱ میلی گرم بر لیتر بر اساس ماده موثره بدست آمد (Saberfar *et al.*, 2012). حساسیت پایین‌تر مگس مینوز در برابر تیوسیکلام در مقایسه با آفت‌کش‌های تحقیق اخیر می‌تواند ناشی از نحوه اثر متفاوت حشره-کش‌ها باشد همچنین در حدود ۱۰ سالی است این حشره‌کش در گلخانه‌های سبزی و صیفی استفاده می شود (Sheikhigarjan *et al.*, 2021)، که می تواند نشان از افزایش مقاومت مگس مینوز به این حشره‌کش باشد. نتایج تحقیق Conroy *et al.* (2008)، میزان LC_{50} کلرانترانیلی‌پرول برای لارو سن اول مگس مینوز را ۰/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر ماده موثره گزارش کردند. تفاوت در نتایج این پژوهش با تحقیق Conroy ناشی از اختلاف در سن لارو مورد آزمایش و نوع حشره‌کش مصرفی بود. به‌علاوه مقدار گزارش شده LC_{50} برمبنای ماده موثره می‌باشد. در یک تحقیق، تیمار مزرعه‌ای مگس مینوز با تیوسیکلام به‌میزان ۰/۷۵ در هزار در ۵ و ۱۰ روز پس از سم‌پاشی، به‌ترتیب ۸۲/۲۵ و ۷۶ درصد تلفات نشان داد (Forouzan *et al.*, 2017). بررسی تاثیر ترکیب تجاری چریش به‌عنوان حشره‌کش گیاهی روی مگس مینوز سبزی در گلخانه‌های خیار نشان داد که، فرمولاسیون تجاری عصاره چریش با غلظت‌های ۰/۷۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌لیتر بر متر مربع، در ۳و ۷ روز پس از سم‌پاشی با میزان تلفات بیش از۸۰ درصد عملکرد موثری در کنترل آفت مذکور داشت (Namvar *et al.*, 2011).

نتایج بررسی ویژگی‌های زیستی مگس مینوز در معرض غلظت‌های زیرکشنده نشان داد که، حشره‌کش تیوسیکلام اثرات معنی‌داری بر طول دوره‌های مختلف زیستی این آفت داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین طول دوره نابالغ به‌ترتیب مربوط به غلظت زیرکشنده LC_{30} (۲۳/۲۵ روز) و شاهد (۱۸/۴ روز) بود. افزایش طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ بیانگر شرایط نامناسب ایجاد شده بود و این امر می‌تواند کاهش پتانسیل رشد جمعیت را به‌دنبال داشته باشد. در بررسی Rezaei *et al.* (2016)، افزایش طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ پروانه مینوز گوجه‌فرنگی تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش تیوسیکلام مشاهده شد که هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر است. نکته قابل توجه آن است که افزایش طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ مدت زمانی که افراد در معرض دشمنان طبیعی قرار می‌گیرند را افزایش داده، در نتیجه می‌تواند منجر به افزایش کارایی دشمنان طبیعی در برنامه‌های مهار زیستی آفات گردد (Sedaratian *et al.*,2013؛ Erb *et al.*, 2001). طول عمر حشرات کامل ماده با افزایش غلظت مورد استفاده تیوسیکلام در مقایسه با شاهد کاهش یافت و کم‌ترین طول این دوره زیستی در غلظت زیرکشنده LC_{30} مشاهده شد. در تحقیق صورت گرفته توسط Abbasalizadeh (2016)، کاهش طول عمر ماده‌های مگس مینوز در غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های آبامکتین، دیازینون و اسپینوزاد در مقایسه با شاهد ثبت گردید. بطوریکه از ۱۷ روز در شاهد به‌ترتیب به ۱۰، ۱۶ و ۱۰ روز در غلظت-های زیرکشنده حشره‌کش‌ها کاهش یافت که با نتایج تحقیق حاضر هم‌پوشانی دارد.

در پژوهش حاضر کل مدت قبل از تخم‌ریزی (TPOP) در غلظت‌های زیرکشنده نسبت به شاهد روند صعودی داشته و در LC_{30} به ۲۴/۵ روز رسید. این فراسنجه در نتایج پژوهش Aghdam *et al.* (2015)، به‌منظور کنترل پروانه مینوز گوجه‌فرنگی، در غلظت زیرکشنده تیوسیکلام نسبت به شاهد روند صعودی داشت که منطبق با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. مقدار آن در LC_{25} تیوسیکلام روی پروانه مینوز گوجه فرنگی ۱۹/۵۳ روز بود. لذا طول این دوره کمتر از مقدار به‌دست آمده در این تحقیق می‌باشد. دلیل این اختلاف می‌تواند نوع حشره، شرایط آزمایش و غلظت حشره‌کش باشد.

باروری از مهم‌ترین اجزا دینامیک بوده و یکی از حساس‌ترین صفات زیستی به اثرات زیرکشنده آفت‌کش‌ها می‌باشد (Mackauer, 1986) کاهش چشم‌گیر باروری مگس مینوز در غلظت LC_{30} به مقدار ۳۴/۲۳ تخم نسبت به شاهد با ۱۱۷/۰۲ تخم در این تحقیق گزارش گردید. در تحقیق صورت گرفته توسط Pienkowski & Parkman (1990)، بررسی تاثیر غلظت زیرکشنده آزادیراختین روی *Liriomyza trifolii* نشان داد که، غلظت ۱ پی‌پی‌ام این حشره‌کش باعث کاهش باروری و تاخیر در رسیدن به اوج باروری نسبت به شاهد می‌گردد، که هم‌سو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. با توجه به اینکه *L. sativae* و *L. trifolii* هر دو متعلق به خانواده Agromyzidae و از لحاظ مرفولوژیکی تفاوتهای اندکی دارند. لذا می‌توان جهت مقایسه به این گونه نیز اشاره نمود. در بررسی کشندگی و باقیمانده حشره‌کش‌های آزادیراختین، اسپینوزاد و آورمکتین روی مگس مینوز توسط Poehling & Hossein (2009)، مشخص شد که این حشره‌کش‌ها به‌شدت باعث کاهش میزان تخم ریزی، رشد دوره جنینی و بقا مراحل نابالغ گردیده و رسیدن به مرحله بلوغ را متوقف می‌کند.

با استفاده از فراسنجه‌های جدول زندگی مانند R_0، r، λ، *GRR* و *T* می‌توان تأثیر آفت‌کش‌های شیمیایی بر آفات را برآورد کرد. محاسبه نرخ ذاتی افزایش جمعیت و فراسنجه‌های تولیدمثلی می‌تواند برای پیش‌گویی وضعیت یک آفت پس از استفاده از آفت کش ارزشمند باشد. و به‌عنوان یک ابزار کمی یا شاخص اکولوژیک، واکنش گونه‌های آفت را در مقابل آفت‌کش نشان دهد(Talebi jahromi, 2012) . در بررسی‌های دموگرافیک میزان افزایش ذاتی جمعیت (*r*)، یکی از فراسنجه‌های مهم برای ارزیابی اثرات زیرکشنده است که تحت تاثیر عوامل مختلف مانند باروری، طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ و .... قرار می‌گیرد (Stark

Stark & Wennergren, 1995؛ Bank & Stark, 1998؛ Kammenga & Laskowski, 2000؛ & Bank, 2003). نرخ رشد جمعیت، نشان دهنده رشد ثابت، مثبت یا منفی جمعیت می‌باشد (Starck *et al*., 2007). در پژوهش حاضر، میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در شاهد ۰/۱۹ بر روز به‌دست آمد که مقدار آن در غلظت های زیر کشنده به‌طور معنی‌داری روند نزولی داشته و به کمترین میزان خود در LC_{30}، معادل ۰/۰۹ بر روز رسید. نرخ ناخالص تولیدمثل *GRR* در غلظت-های زیر کشنده نسبت به شاهد روند کاهشی داشت بطوریکه از ۸۷/۸۹ تخم در شاهد به ۱۸/۹۹ تخم در LC_{30} رسید. به‌طور مشابه، در تحقیق صورت گرفته توسط Abbasalizadeh (2016)، مقدار r و *GRR* در جمعیت *L.sativae* تحت تاثیر غلظت LC_{25} حشره‌کش‌های آبامکتین، دیازینون و اسپینوزاد کاهش یافت بطوریکه میزان r از ۰/۱۸ بر روز در شاهد به‌ترتیب به ۰/۱۵، ۰/۱۴ و ۰/۱۷ بر روز و میزان *GRR* از ۱۶۳/۶۲ تخم درشاهد به‌ترتیب به ۵۱/۰۹، ۵۱/۵۱ و ۹۷/۱۳ تخم در غلظت زیرکشنده کاهش یافت. روند کاهشی در هر دو تحقیق مشاهده گردید ولی تفاوت موجود به نوع گیاه میزبان و شرایط آزمایشگاهی مرتبط می-باشد.

نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) از ۱/۲۱ بر روز در شاهد به ۱/۰۹ بر روز در غلظت LC_{30} کاهش یافت. مقدار این فراسنجه در بررسی‌های صورت گرفته توسط Aghdam *et al.* (2015)، در خصوص تاثیر غلظت زیرکشنده تیوسیکلام روی پروانه مینوز گوجه‌فرنگی ۱/۱۲ به روز بوده است. تفاوت ملاحظه شده در نتایج دو تحقیق ناشی از تفاوت دز زیرکشنده حشره‌کش و حساسیت حشره مورد آزمایش می‌باشد. متوسط مدت زمان یک نسل (T) در جمعیت مگس مینوز تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده تیوسیکلام نسبت به شاهد روند افزایشی را نشان داد. به‌طوری‌که در غلظت LC_{30} به بالاترین مقدار خود معادل ۲۶/۲۵ روز رسید. مقدار این فراسنجه در شاهد ۲۲/۴۹ روز بود. در تحقیقات Rezaei *et al.* (2016)، روند مشابهی را تحت تاثیر غلظت زیر کشنده حشره‌کش تیوسیکلام روی پروانه مینوز گوجه‌فرنگی شاهد هستیم. به‌طوریکه مقدار (T) از ۳۲/۲۶ روز در شاهد به ۳۹/۸۲ روز در غلظت LC_{30} رسید. تفاوت می‌تواند ناشی از نوع آفت مورد آزمایش و شرایط محیط آزمایش می‌باشد. در تحقیق حاضر اثرات حشره‌کش تیوسیکلام روی مگس مینوز سبزی *L. sativae* مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که این حشره‌کش مرحله بالغ مگس مینوز و نتاج آن‌ها را تحت تاثیر قرار داده و کنترل موثری علیه این آفت نشان می‌دهد. لذا حشره‌کش زیستی تیوسیکلام می‌تواند جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی بوده و در برنامه‌های مدیریت تلفیقی مگس مینوز مورد توجه قرار گیرد. اگرچه لازم است برای تأیید نتایج آزمایشگاهی در شرایط مزرعه‌ای نیز که سایر عوامل محیطی بر عملکرد آن تأثیر می‌گذارند مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی انجام شده است که بدین وسیله نهایت تشکر و قدردانی را داریم. از خانم مهندس ام کلثوم عبیدی بخاطر کمک در اجرای طرح تحقیقاتی نیز تشکر می گردد.

حمایت مادی و معنوی

این طرح با حمایت موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی انجام شده است.

REFERENCES

Abbasalizadeh, S. (2016) Lethal & sublethal effects of abamectin, spinosad and diazinon on *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). 71 pp. MSc Thesis.Tabriz University. (In Persian)

Abotalebi, E. (2012) The effect of sub-lethal doses of thiocyclam and chromofenoside on the biotable parameters of diamondback moth *Plutella xylostella*. 134 pp. MSc thesis.Shahed University.(In Persian)

Aghdam, M.T., Asgari, S. & Sheikhigarjan, A. (2015) Study of lethal dose and sub lethal effect of thiocyclam insecticide on life table of tomato Meyrick (Lep: Gelechiidae) *Tuta absoluta*. *Advances in Environmental Biology* 9(2), pp.1194-1197.

Alaei Verki, S.T., Iranipour, S. & Karimzadeh, R. (2020) Vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) damage mediated yield loss of cucumber. *North-Western. Journal of Zoology* 16 (2) 134-140.

Alinejad, M., Kheradmand, K. & Fathipour, Y. (2016) Assessment of sublethal effects of spirodiclofen on biological performance of the predatory mite, *Amblyseius swirskii*. *Systematic and Applied Acarology* 21(3), 375-384. https://doi.org/10.11158/saa.21.3.12

Askari Saryazdi, G., Hejazi, M.J., Rashidi, M.R. & Ferguson, S. (2014) Incidence and characterization of resistance to fenpropathrin in some *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) populations in Iran. *Journal of Economic Entomology* 107 (5), 1908-1915. https://doi.org/10.1603/EC14181

Banks, J.E. & Stark, J.D. (1998) What is ecotoxicology? An ad-hoc grab bag or an interdisciplinary science?. *Integrative Biology: Issues, News, and Reviews: Published in Association with The Society for Integrative and Comparative Biology* 1(5), pp.195-204. https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6602(1998)1:5<195::AID-INBI5>3.0.CO;2-3

Bogran, C. E. (2005) Biology and management of Liriomyza leafminers in greenhouse ornamental crops. *Agrilife Extension*, [Aquired, May 21, 2014] Available from: https://insects.tamu.edu/extension/publications/epubs/eee_00030.cfm

Chi, H., & H. Liu. (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology,* Academia Sinica 24, 225-240.

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

Chi, H. (2020) TWOSEX-MSChart: a computer program for the agestage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, (http://140.120.197.173/Ecology/Download/ Twosex- MSChart.zip) (accessed 1 August 2020). (Replace 2020 with the actual year you downloaded the program).

Chi H, (2021) TIMING-MSChart: a computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. [online], Available: http: //140.120.197.173/Ecology/.

Conroy, L., Scott-Dupree C.D., Harris, C. R., Murphy, G. & Broadbent, A.B. (2008) Susceptibility of two strains of American serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii* (Burgess)) to registered and reduced risk insecticides in Ontario. *Journal of the Entomological Society of Ontario* 139, 41-47.

Erb, S.L., Bourchier, R.S., van Frankenhuyzen, K. & Smith, S.M. (2001) Sublethal effects of *Bacillus thurengiensis* 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

Fathipour, Y., Haghani, M., Talebi, A.A., Baniameri, V. & Zamani, A.A. (2006) Natural parasitism of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber under field and greenhouse conditions. *IOBC Wprs Bulletin* 29 (4), 163.

Fourouzan, M. & Farrokh-Eslamlu, M.A. (2017) Efficiency of some biorational insecticides on leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *Research & Reviews: Journal of Botanical Sciences* 6(3), pp.91-98.

Hammad, E.M.A., Nemer, N.M. & Kawar, N.S. (2000) Efficacy of chinaberry tree (Meliaceae) aqueous extracts and certain insecticides against the pea leafminer (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Agriculture Science* 134, 413-420. https://doi.org/10.1017/S002185969900773X

Ibrahim, Y.B. & Yee, T.S. (2000) Influence of sublethal exposure to abamactin on the boplogical performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology* 93, 1085-1089. https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.4.1085

Kammenga, J. & Laskowski, R. (2000) Demography in ecotoxicology. Chichester: Wiley.

Kang, L., Chen, B., Wei, J.N. & Liu, T.X. (2009) Roles of thermal adaptation and chemical ecology in Liriomyza distribution and control. *Annual Review of Entomology* 54,127-145. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090507

Khorshidi, M., Hejazi, M.J. & Iranipour, S. (2017) Effect of azadirachtin, chlorantraniliprole and some insect growth regulators on vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Crop Protection* 6 (1), 115-123.

Leibee, G.L. (1988) Toxicity of abamactin to *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 81, 738-740. https://doi.org/10.1093/jee/81.2.738

López, R., Carmona, D., Vincini, A.M., Monterubbianesi, G. & Caldiz, D. (2010) Population dynamics and damage caused by the leafminer *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), on seven potato processing varieties grown in temperate environment. *Neotropical Entomology* 39, 108-114. https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000100015

Mackauer, M. (1986) Fecundity and host utilization of the aphid parasite *Aphelinus semiflavus* (Hymenoptera: Aphilinidae) at two host densities. *Canadian Entomology* 114, 721-726. https://doi.org/10.4039/Ent114721-8

Namvar, P., Safaralizadeh, M.H. & Baniameri, V. (2011) Effect of the commercial combination of neem in the control of the *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) and its comparison with common chemical pesticides. *Soil and Plant Interactions* 7 (2), 89-96.

Pienkowski, R.L. & Parkman, P. (1990) Sub lethal effects of neem seed extract on adults of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 83(4), 1246-1249. https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1246

Parrella, M.P. (1987) Biology of Liriomyza. *Annual Review of Entomology* 32, 201-224. https://doi.org/10.1146/annurev.en.32.010187.001221

Poehling, H.M. & Hossain, M.B. (2009) A comparative study of residual effects of Azadirachtin, Spinosad and Avermectin on *Liriomyza sativae* (Dip.: Agromyzidae) on tomatoes. *International Journal of Pest Management* 55(3), 187-195. https://doi.org/10.1080/09670870902725791

Rahardjo, I.B., Marwoto, B. & Budiarto, K. (2020) Efficacy of selected plant extracts to control leaf miner (Lyriomyza spp.) in chrysanthemum. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science* 42 (1), 37-44. DOI: http://doi.org/10.17503/agrivita.v42i1.2219

Rashid, M., Sheikhi Garjan, A., Naseri, B. & Saberfar, F. (2012) Comparative toxicity of abamectin, cyromazine and spinosad against the leaf-miner fly, *Liriomyza sativae* (Dip.: Agromyzidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 32(1), pp.125-133.

Reitz, S.R., Gao, Y. & Lei, Z. (2013) Insecticide use and the ecology of invasive Liriomyza leafminer management. *Insecticides-development of safer and more effective technologies.* pp. 235-255. InTech. http://dx.doi.org/10.5772/53874.

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

Robertson, J.L., Russel, R.M., Preisler, H.K. & Savin, N.E. (2007) *Bioassays with arthropods*. 224 pp. CRC Press. New York.

Run-jie, Z.H.A.N.G., Dao-jian, Y.U. & Chang-qing, Z.H.O.U. (2000) Effects of temperature on certain population parameters of *Liriomyza sativae* BLAN-CHARD (Diptera: Agromyzidae). *Insect Science* 7(2), 185-192. https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2000.tb00358.x

Saberfar, F., Sheikhi Garjan, A., Naseri, B. & Rashid, M. (2012) Comparative toxicity of abamectin, cyromazine and spinosad against the leaf-miner fly, *Liriomyza sativae* (Dip. : Agromyzidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 32, 125-133.

Safaralizadeh, P.N.M.H., Baniameri, V., Pourmirza, A.A. & Isfahani, J.K. (2011) Spatial distribution and fixed-precision sequential sampling of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) on cucumber greenhouse. *Middle-East Journal of Scientific Research* 10 (2), 157-163.

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 Applid Entomology* 137, 540-549. https://doi.org/10.1111/jen.12030

Shahbaz, M., Khoobdel, M., Khanjani, M., Hosseininia, A. & Khederi, S.J. (2019) Sublethal effects of acetamiprid on biological aspects and life table of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Aleuroclava jasmini* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Systematic and Applied Acarology*, *24*(5), pp.814-824. https://doi.org/10.11158/saa.24.5.7

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

Stark, J.D. & Banks, J.E. (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual review of entomology* 48, p.505. doi:10.1146/annurev,ento,48.091801.112621

Starck, J.D., Sugayama, R.L. & Kovaleski, A. (2007) Why demographic and modeling approaches should be adopted for estimating the effects of pesticides on biocontrol agents. *BioControl* 52, 365-374. https://doi.org/10.1007/s10526-006-9040-6

Stark, J.D. & Wennergren, U. (1995) Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies?. *Journal of Economic Entomology*, *88*(5), pp.1089-1096. https://doi.org/10.1093/jee/88.5.1089

Suganthan, N., Manmathan, R. & Kumanan, T. (2020) Rhabdomyolysis and acute kidney injury associated with thiocyclam hydrogen oxalate (Evisect) poisoning. *SAGE Open Medical Case Reports 8*, 205-313. https://doi.org/10.1177/2050313X20954942

Talebi Jahromi, Kh. (2012) Toxicology of pesticides (insecticides, acaricides, rodenticides). Fifth editon, University of Tehran, 500pp

Weintraub, P.G. & Horowitz, A.R. (1996) Spatial and diel activity of the pea leafminer (Diptera: Agromyzidae) in potatoes, *Solanum tuberosum*. *Environmental Entomology* 25 (4), 722-726.

Effect of sublethal concentrations of Thiocyclam insecticide on biological parameters of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) under laboratory conditions

Maryam Forouzan[1] & Aziz Sheikhi Garjan[2]

1. Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran

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

2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

✉ asheikhi48@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-2462-3512

Article History

Received: 19 November 2022 | *Accepted:* 30 December 2022 | Subject Editor: Masoumeh Ziaee

Abstract

Liriomyza sativae Blanchard is considered as one of the most important pests of greenhouse and farm vegetables. According to the recommendation of using Thiocyclam insecticide against the mentioned pest, in the present study the lethal and sub-lethal effects (LC_{10}= 49.15, LC_{20}= 87.1 and LC_{30}= 131.5 a.i. mg/L) of Thiocyclam insecticide (Evisect® SP50%) was evaluated on the biological parameters of this pest under laboratory conditions. The method used in the experiments was Leaf dip technique for leaves containing fly larva. Data analysis was performed using Age-stage two sex life table theory. The results showed that adult lifespan/longevity was significantly reduced by sublethal concentration. Fecundity was also affected by the studied concentrations and the lowest amount of this parameter (34.23 eggs/female) was recorded in LC_{30} concentration. Accordingly, sublethal concentrations reduced the net reproductive rate (R_0), and there were significant differences among the values of this parameter at all treatments tested when compared with control (control: 78.01, LC_{10}: 63.76, LC_{20}: 33.6 and LC_{30}: 11.58 offspring/individual). Other parameters such as intrinsic rate of increase (r), finite rate of increase (λ) were also significantly lower than the control. The highest estimated values for r and λ were recorded at control (0.19 and 1.21 day^{-1}, respectively). Finally, with the reduced rate of development for individuals treated with sublethal concentrations, the mean generation time (T) was significantly higher in individuals exposed to any concentration tested, So that it was the lowest in the control with 22.49 days and the highest in LC_{30} with 26.25 days. The findings of the present research indicate that thiocyclam insecticide has a good potential in controlling the leaf miner in lethal and sublethal concentrations, and the importance of considering the role of sublethal effects when attempting to evaluate the total impacts of specific pesticide on an insect pest population and its natural enemy.

Keywords: Vegetable leaf miner, Life table, Sub lethal effects, Population growth parameters

Corresponding Author: Maryam Forouzan (Email: Maryam_fourouzan@yahoo.com)

Citation: Forouzan, M & Sheikhi Garjan, A. (2023) Effect of sublethal concentrations of Thiocyclam insecticide on biological parameters of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) under laboratory conditions. *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (4), 279-290.DOI: https://doi.org.10.52547/jesi.42.4.3