Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 1, Sep., 2025

آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد۹۳، شماره ۱، شهریور ۱٤۰٤

Scientific article

Biological response of *Phytoseiulus persimilis* to sublethal concentrations of cyenopyrafen

ELHAM REZAEI✉[1], AMIN SEDARATIAN-JAHROMI[2], SHAHRAM ARAMIDEH[3], MARYAM FOROUZAN[4]

1. Expert, Plant Protection Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran; 2. Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran; 3. Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran; 4. Associate Professor, Plant Protection Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

(Received: June 2025; Accepted: Sep., 2025)

Abstract

The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch is an important pest in many agro-ecosystems. The combined application of pesticides and natural enemies is a common strategy for integrated management of this pest. In the present study, sublethal effects (LC_{10}=74.42, LC_{20}=113.25, and LC_{30}=152.86 ppm) of cinopyrafen on the biological parameters of offspring of *Phytoseiulus persimilis* Athis-Henriot were evaluated under laboratory conditions at 25±2 °C, relative humidity of 65±5 % and a light period of 16 h. by the theory of age-stage two-sex life table. According to the results obtained, pre-adult duration at all sublethal concentrations had significant increase than control and the highest duration of this period (7.81 day) was recorded at LC_{30}. The treatments tested had no significant effects on the mortality percentage of different life stages of offspring from treated predators. The sublethal concentrations had significant effects on the population parameters tested. The lowest (15.00 offspring/individual) and highest (19.13 offspring/individual) values of net reproduction rate (R_0) were recorded at LC_{30} and control, respectively. The sublethal treatments had also negative effects on the intrinsic rate of increase (r) of the offspring from treated predators and the lowest value of this parameter (0.169 day^{-1}) was estimated at treatment LC_{30}. The results of the present research indicated that the trend of population increase in the offspring of treated predators was slower than control individuals. The information presented in the current study revealed incompatibility of *P. persimilis* and cinopyrafen and highlighted the importance of sublethal studies for evaluating the pesticide effects on natural enemies.

Keywords: Biological control, integrated management, interactions, phytoseiidae, spider mite

DOI: http://doi.org/10.22092/jaep.2025.361115.1465
✉ e_rezaei@areeo.ac.ir

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 1, Sep., 2025

آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد۹۳، شماره ۱، شهریور ۱٤۰٤

مقاله پژوهشی

پاسخ زیستی کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* به غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن

الهام رضائی[1]✉، امین صدارتیان جهرمی[2]، شهرام آرمیده[3]، مریم فروزان[4]

۱- کارشناس، تحقیقات گیاه‌پزشکی، بخش گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران؛ ۲- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران؛ ۳- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛ ٤- دانشیار، بخش گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: خرداد ۱٤۰٤؛ تاریخ پذیرش: مهر ۱٤۰٤)

چکیده

کنه تارتن دولکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch، آفتی بسیار مهم در بوم‌سامانه‌های مختلف کشاورزی است. استفاده تلفیقی از آفت‌کش‌ها و دشمنان طبیعی از جمله راهکارهای متداول در برنامه‌های مدیریتی این آفت می‌باشد. در پژوهش حاضر، اثرات زیرکشندگی (LC_{10}=۷۲/٤۲، LC_{20}=۱۱۳/۲۵ و LC_{30}=۱۵۲/۸٦ پی‌پی‌ام) کنه‌کش سینوپیرافن بر فراسنجه‌های زیستی نتاج کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* Athis-Henriot در شرایط آزمایشگاهی با دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ٦۵±۵ درصد و دوره روشنایی ۱٦ ساعت با استفاده از تئوری جدول زندگی دو جنسی ویژه سن-مرحله رشدی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج، طول دوره پیش از بلوغ در تیمارهای مورد مطالعه به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و بیش‌ترین طول این دوره (۷/۸۱ روز) در غلظت زیرکشنده LC_{30} مشاهده شد. تیمارهای مورد مطالعه اثرات معنی‌داری بر درصد مرگ و میر مراحل مختلف رشدی نتاج کنه‌های شکارگر تیمار شده نداشتند. با این وجود، غلظت‌های زیرکشنده اثرات معنی‌داری بر فراسنجه‌های جمعیتی مورد مطالعه داشتند. کم‌ترین (۱۵/۰۰ نتاج/فرد) و بیش‌ترین (۱۹/۱۳ نتاج/فرد) مقادیر نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به‌ترتیب در تیمارهای LC_{30} و شاهد ثبت شد. تیمارهای زیرکشنده اثرات منفی قابل توجهی نیز بر مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) نتاج کنه‌های شکارگر تیمار شده داشتند و کم‌ترین میزان محاسبه شده این فراسنجه (۰/۱٦۹ برروز) در تیمار زیرکشنده LC_{30} محاسبه شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که روند رشد جمعیت در نتاج کنه‌های تیمار شده در مقایسه با تیمار شاهد از سرعت پائین‌تری برخوردار بود. یافته‌های این پژوهش حاکی از عدم سازگاری کنه شکارگر *P. persimilis* با کنه‌کش سینوپیرافن بوده و اهمیت بررسی‌های زیرکشندگی در ارتباط با ارزیابی اثرات آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی را مشخص می‌نمایند.

واژه‌های کلیدی: اثرات متقابل، فیتوزئیده، کنترل تلفیقی، کنه‌های تارتن، مهارزیستی

DOI: http://doi.org/10.22092/jaep.2025.361115.1465
✉ e_rezaei@areeo.ac.ir

مقدمه

کنه‌ها از جنبه‌های مختلف در بوم‌سامانه‌های مختلف کشاورزی دارای اهمیت می‌باشند. گروهی از آن‌ها از جمله مهم‌ترین آفات گیاه‌خوار و گروهی نیز به‌عنوان مفیدترین دشمنان طبیعی شناخته می‌شوند (Fathipour and Maleknia, 2016). کنه تارتن دولکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)، از جمله مهم‌ترین کنه‌های گیاه‌خوار می‌باشد که هر ساله خسارت‌های اقتصادی قابل توجهی به محصولات زراعی، باغی، گلخانه‌ای و غیره در نقاط مختلف جهان وارد می‌آورد (Sedaratian *et al*., 2009). این آفت با دارابودن قطعات دهانی سوزنی شکل، سلول‌های پارانشیم برگ را سوراخ نموده و با تغذیه از محتویات کلروفیل آن‌ها باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌شود.

در حال حاضر، استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی اصلی‌ترین روش کاهش جمعیت و خسارت کنه‌های تارتن در بوم‌سامانه‌های مختلف کشاورزی می‌باشد. متأسفانه اتکای بیش از اندازه به این روش علاوه بر بروز عواقب ناگوار زیست‌محیطی، موجب پیدایش جمعیت‌های مقاوم نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی را نیز فراهم نموده است (Naher *et al*., 2005; Sato *et al.,* 2011; Leviticus *et al.,* 2020). کنه‌های تارتن به واسطه دارابودن توان تولیدمثلی بالا، تعداد نسل زیاد در سال و کوتاه بودن طول هر نسل، از توانایی قابل توجهی در ایجاد جمعیت‌های مقاوم نسبت به آفت‌کش شیمیایی برخوردار می‌باشند (Kim *et al*., 2007; Li *et al*., 2017). بر همین اساس، ضرورت استفاده از روش‌های جایگزین به‌منظور به‌حداقل رساندن عوارض نامطلوب استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود.

از جمله روش‌هایی که به‌منظور کاهش اثرات نامطلوب آفت‌کش‌های شیمیایی در بوم‌سامانه‌های مختلف تولید محصولات کشاورزی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، استفاده تلفیقی از غلظت‌های زیرکشنده آفت‌کش‌ها به همراه دشمنان طبیعی می‌باشد (Alinejad *et al.,* 2014; Fernandez *et al*., 2017; Sarbaz *et al*., 2017). بدیهی است که اجرای موفقیت‌آمیز برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات، در مرحله اول مستلزم ارزیابی دقیق اثرات متقابل میان راهبردهای مختلف مدیریتی است (Lopez *et al*., 2014). در میان گروه‌های مختلف دشمنان طبیعی که از کنه‌های تارتن تغذیه می‌نمایند، کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae از جایگاه متمایزی برخوردار هستند(McMurtry *et al.,* 2013). کنه‌های این خانواده گروه بزرگی از کنه‌های میان استیگما (Mesostigmata) را تشکیل می‌دهند که قادر به تغذیه از بندپایان کوچک شامل کنه‌ها، تریپس‌ها، سفید بالک‌ها و نماتدها می‌باشند. علاوه بر این، برخی گونه‌های این خانواده قادر به تغذیه از قارچ‌ها، ترشحات و گرده‌های گیاهی نیز می‌باشند (Weintraub and Palevsky, 2008). کنه‌های فیتوزئید باتوجه به داشتن قدرت تغذیه قابل توجه، توان تولیدمثلی بالا و قابلیت سازگاری با شرایط اقلیمی مختلف، از پتانسیل قابل توجهی به‌منظور کاهش جمعیت آفات گیاه‌خوار و به‌ویژه کنه‌های تارتن برخورداند (Abad-Moyano *et al*., 2009).

کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) به واسطه دارابودن قدرت جستجوی بالا، پتانسیل تولیدمثلی قابل توجه و توانایی تغذیه از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای، مهم‌ترین گونه مورد استفاده این خانواده در برنامه‌های مهارزیستی کنه‌های تارتن می‌باشد (Helyer *et al*., 2014; Fathipour and Maleknia, 2016). بر اساس طبقه‌بندی ارائه شده توسط McMurtry *et al.* (2013)، این شکارگر از نظر رژیم غذایی و سبک زندگی به گروه اول (کنه‌های شکاگر با دامنه تغذیه‌ای اختصاصی) تعلق داشته و منحصراً از کنه‌های تارعنکبوتی جنس *Tetranychus* تغذیه می‌کند. البته کارایی بیولوژیک این شکارگر تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند دما و رطوبت نسبی محیط، ویژگی‌های طعمه، خصوصیات گیاه میزبان، آفت‌کش‌های مورد استفاده و غیره، قرار می‌گیرد (Moghadasi *et al.,* 2016). با توجه به اهمیت کنه شکارگر *P. persimilis* در برنامه‌های مدیریتی کنه تارتن

دولکه‌ای، پژوهشگران جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی و رفتارشناسی این گونه را مطالعه نموده‌اند (Moghadasi *et al*., 2016: Yasar *et al*., 2024; Noha *et al*., 2025; Pakyari and Zemek, 2025; Sehat-Niaki *et al*., 2025).

باتوجه به کاربرد گسترده آفت‌کش‌های شیمیایی و کنه‌های فیتوزئید در برنامه‌های مدیریتی کنه‌های تارتن، ارزیابی اثرات آفت‌کش‌ها بر کارایی بیولوژیک این گروه از دشمنان طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Havasi *et al*., 2021; Mousavi *et al*., 2023; Rezaei *et al*., 2024). بدیهی است استفاده موفقیت‌آمیز از این راهبرد مستلزم ارزیابی دقیق اثرات آفت‌کش‌های شیمیایی بر فراسنجه‌های زیستی و رفتاری دشمنان طبیعی می‌باشد (Alinejad *et al.,* 2014). این امر در حالی‌است که حساسیت دشمنان طبیعی نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی به دلایل مختلفی مانند جثه کوچک‌تر، رفتار جستجوگری، توسعه کم‌تر آنزیم‌های سم‌زدا و غیره، بیش‌تر از آفات می‌باشد (Alzoubi and Cobanoglu, 2007). لازم به ذکر است که در ارزیابی اثرات آفت‌کش‌ها بر کارایی بیولوژیک دشمنان طبیعی، مطالعه اثرات زیرکشندگی موضوعی است که اغلب مورد غفلت قرار می‌گیرد (Desneux *et al*., 2007). بررسی‌های جدول زندگی دوجنسی ویژه سن–مرحله رشدی، با ارائه توصیف دقیق از نرخ رشد مراحل مختلف زیستی و در نظر گرفتن نقش افراد بالغ نر، توصیف جامعی از تأثیر عوامل مختلف بر فراسنجه‌های زیستی آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها ارائه می‌نمایند (Yu *et al*., 2008). بررسی‌های زیرکشندگی که با هدف ارزیابی اثرات منفی غیرکشنده آفت‌کش‌ها بر فراسنجه‌های زیستی دشمنان طبیعی انجام می‌پذیرد، اطلاعات جامعی در خصوص پاسخ‌های زیستی دشمنان طبیعی در مواجهه با آفت‌کش‌های شیمیایی و میزان سازگاری این دو گروه از عوامل کنترلی ارائه می‌نمایند (Stark and Banks, 2003; Ditillo *et al*., 2016; Atlihan *et al*., 2017; Fernandez *et al*., 2017).

وابستگی برنامه‌های مدیریتی کنه‌های تارتن به آفت‌کش‌های شیمیایی باعث شده است تا تحقیقات به‌منظور معرفی آفت‌کش‌های جدید همواره از جذابیت قابل توجهی برخوردار باشد. سینوپیرافن (StarMite®) یک کنه‌کش نوظهور و مؤثر علیه کنه‌های تارتن با تأثیر بر فرآیند انتقال الکترون کمپلکس II در میتوکندری بوده که از یک ساختار مولکولی مشترک با مهارکننده‌های کمپلکس I (یک حلقه پیرازول و یک گروه بوتیل سوم) برخوردار می‌باشد (Sugimoto and Osakabe, 2014). بررسی منابع موجود نشان می‌دهد که با وجود استفاده گسترده از این کنه‌کش در برنامه‌های مدیریتی کنه تارتن دولکه‌ای، تاکنون مطالعه جامعی در خصوص ارزیابی اثرات آن بر دشمنان طبیعی این آفت و به‌ویژه کنه‌های فیتوزئید صورت نگرفته است. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف پرکردن خلأ موجود انجام شد و نتایج آن تأثیر به‌سزایی در مدیریت پایدار کنه‌های تارتن در بوم‌سامانه‌های مختلف کشاورزی و به‌ویژه کشت‌های گلخانه‌ای خواهد داشت.

روش بررسی

گیاه میزبان

پرورش گیاهان در گلخانه گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام پذیرفت. بذور گیاه خیار رقم ناگین (*Cucumis sativus* L. var. Nagin) در دمای ۵ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی۱۰ ± ۷۵ درصد و شرایط روشنایی طبیعی، درون پلاستیک‌های نشاء به ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۸ سانتی‌متر کاشته شدند. در کاشت گیاهان از ترکیب خاک حاصلخیز مزرعه و ماسه (نسبت ۲ به ۱) استفاده شد. گیاهان مذکور پس از رسیدن به مرحله ٦–۸ برگی، در تشکیل کلنی کنه تارتن دولکه‌ای و انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. در طول مراحل پرورش گیاهان، آبیاری در فواصل زمانی دو روزه صورت پذیرفت. علاوه بر این، به‌منظور جلوگیری از آلودگی گیاهان به آفات ناخواسته‌ای که در شرایط گلخانه فعال می‌باشند، گیاهان مذکور تا زمان استفاده درون قفس‌های توری به ابعاد ۹۰×۹۰×۱۵۰ سانتی‌متر نگهداری شدند.

تشکیل کلنی کنه تارتن دولکه‌ای و کنه شکارگر

به‌منظور تشکیل کلنی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط گلخانه، ابتدا بوته‌های خیار در مرحله ٦–۸ برگی درون قفس‌های توری به ابعاد ۹۰×۹۰×۱۵۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. سپس، کنه‌های تارتن جمع‌آوری شده از گلخانه‌ها و مزارع خیار اطراف ارومیه، با استفاده از بررسی خصوصیات اِدیاگوس در افراد نر بالغ شناسایی شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده روی گیاهان سالم انتقال داده شده و به آن‌ها اجازه تغذیه و تولیدمثل داده شد. کلنی کنه *T. urticae* قبل از استفاده در آزمایش‌ها، حداقل به‌مدت سه نسل روی بوته‌های خیار پرورش یافت. با پژمرده شدن گیاهان در اثر تغذیه کنه‌های تارتن، بوته‌های سالم خیار به‌صورت مرتب در اختیار کنه‌های تارتن قرار گرفت. علاوه بر این، به‌منظور حفظ قدرت کلنی طی مراحل انجام آزمایش، نمونه‌برداری‌های مداوم در فواصل زمانی دو ماهه از مناطق آلوده انجام و نمونه‌های جمع‌آوری شده به کلنی موجود اضافه شدند.

نمونه‌های اولیه کنه شکارگر *P. persimilis* از طریق شرکت دانش بنیان مهار زیستی هگمتانه تهیه و جهت پرورش به آزمایشگاه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه منتقل شدند. پرورش کلنی کنه شکارگر درون دستگاه ژرميناتور با دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ٦۵ درصد و دوره روشنایی ۱٦ ساعت صورت پذیرفت. در پژوهش حاضر، از روش جزیره برگی برای پرورش کنه‌های شکارگر استفاده شد. جزیره‌ها با استفاده از تشتک پلاستیکی، اسفنج و طلق پلاستیکی شفاف ساخته شدند. بدین‌منظور، ابتدا قطعه اسفنج به ابعاد ۱۰×۱۵ سانتی‌متر درون تشتک پلاستیکی پرشده از آب قرار گرفت و سپس طلق شفاف روی آن مستقر شد. جهت ممانعت از فرار کنه‌های شکارگر، اطراف طلق با نوارهای پنبه‌ای اشباع از آب پوشانده شد. به‌منظور تغذیه کنه‌های شکارگر، برگ‌های خیار آلوده به مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای به‌صورت روزانه از کلنی موجود در شرایط گلخانه انتخاب شده و به واحدهای پرورش کنه شکارگر انتقال یافت.

کنه‌کش مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، از کنه‌کش سینوپیرافن با نام تجاری StarMite® و فرمولاسیون SC با میزان ماده مؤثره ۳۰ درصد استفاده شد. غلظت توصیه شده این کنه‌کش برای کاهش جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای برابر با ۰/٤– ۰/۵ لیتر کنه‌کش در هزار لیتر آب می‌باشد. لازم به ذکر است که این کنه‌کش قادر به کنترل تمامی مراحل زیستی کنه تارتن دولکه‌ای است.

تهیه دیسک برگی

در انجام بررسی‌های پژوهش حاضر، از روش دیسک برگی استفاده شد. برای تهیه دیسک برگی از برگ خیار، ظروف پتری با قطر ٦ سانتی‌متر و پنبه استفاده شد. جهت تبادل هوا، در مرکز درب ظروف پتری سوراخی به ابعاد یک سانتی‌متر ایجاد و روی آن‌ها با توری ارگان‌زا با مش ۲۰۰ (۷۵ میکرومتر) پوشانده شد. سپس، یک لایه پنبه نازک در کف ظروف پتری قرار گرفته و با آب مرطوب شد. برگ خیار به اندازه قطر پتری بریده شد و به‌صورت وارونه روی لایه پنبه مرطوب قرار گرفت. در نهایت، جهت جلوگیری از فرار کنه‌ها، اطراف برگ‌ها با استفاده از یک نوار پنبه محصور شد.

آزمون زیست‌سنجی

در آزمون‌های مقدماتی، غلظت‌های یک دوم، یک سوم، یک چهارم و یک پنجم از غلظت توصیه شده مزرعه‌ای تهیه شده و با استفاده از برج سمپاش روی دیسک‌های برگی که حاوی ۲۰ عدد پوره سن اول کنه تارتن دولکه‌ای بودند، پاشیده شدند. در تمامی غلظت‌ها، پاشش محلول سمی با حجم ۷۰۰ میکرولیتر، فشار پاشش ۱ بار بر اینچ و زمان پاشش۱۰ ثانیه انجام شد. در تیمار شاهد از آب مقطر سترون و محلول ۰/۰۲ درصد توئین ۸۰ استفاده شد. آزمایش در غلظت‌های مختلف آفت‌کش و تیمار شاهد سه بار تکرار شد. میزان تلفات در غلظت‌های مختلف پس از ۲٤ ساعت شمارش و ثبت شد. با استفاده از نتایج آزمون مقدماتی، سه غلظت مابین غلظت‌هایی که کم‌ترین (۲۰ درصد) و بیش‌ترین (۸۰ درصد) تلفات در جمعیت مورد مطالعه را ایجاد کردند، با استفاده از فاصله

لگاریتمی محاسبه شد (Robertson *et al*., 2007). غلظت‌های ۳۳۲/۷، ۲۷۷/۳، ۲۲۱/۹، ۱۶۶/۵ و ۱۱۱/۱ پی‌پی‌ام کنه‌کش سینوپیرافن به‌همراه تیمار شاهد (آب مقطر به‌همراه محلول ۰/۰۲ درصد توئین ۸۰)، به‌منظور انجام مرحله اصلی آزمون زیست‌سنجی مورد استفاده قرار گرفتند.

ارزیابی اثرات زیرکشندگی سینوپیرافن روی کنه‌های شکارگر

در این مرحله، ابتدا دیسک‌های برگی خیار (۳۲۰ عدد) تهیه شده و به هر کدام از آن‌ها ۲۰ عدد پروتونمف کنه تارتن دولکه‌ای با استفاده از قلم موی ظریف انتقال یافت. دیسک‌های حاوی طعمه توسط برج پاشش (فشار ۱ بار بر اینچ و زمان ۱۰ ثانیه) و با حجم ۷۰۰ میکرولیتر از غلظت‌های زیرکشنده LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} کنه‌کش سینوپیرافن، تیمار شدند. سپس، به هر دیسک یک جفت کنه شکارگر (نر و ماده) با طول عمر کم‌تر از ۲۴ ساعت که از کلنی آزمایشگاهی جدا شده بودند، انتقال یافت. به کنه‌های شکارگر ۴۸ ساعت اجازه فعالیت در سطح دیسک‌های تیمار شده داده شد. با پایان این مدت، تخم‌های گذاشته شده توسط کنه‌های شکارگر از سطح دیسک‌های برگی جمع‌آوری شده و به کنه‌ها اجازه داده شد تا ۲۴ ساعت دیگر در محیط فعالیت داشته باشند. تخم‌های گذاشته شده طی این مدت که مربوط به روز سوم تخم‌ریزی کنه‌های شکارگر بودند، در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند (هر تیمار ۸۰ تخم). بررسی‌ها در تیمار شاهد نیز به همین صورت انجام پذیرفت، با این تفاوت که سطح دیسک‌های برگی تنها با آب مقطر و محلول ۰/۰۲ درصد توئین ۸۰ تیمار شد.

تخم‌های مذکور به‌صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفته و طول مراحل مختلف رشدی مراحل نابالغ افراد مورد مطالعه به‌همراه مرگ و میر هر مرحله به‌صورت روزانه ثبت گردید. پس از بلوغ افراد، افراد نر و ماده در هر تیمار با یکدیگر جفت شده و هر جفت درون یک دیسک برگی مجزا قرار گرفت. در بازدیدهای روزانه علاوه بر ثبت طول عمر مراحل بالغ نر و ماده، میزان تخم‌ریزی افراد ماده نیز تا زمان مرگ آخرین فرد ثبت گردید. لازم به ذکر است که در مدت زمان انجام آزمایش، روزانه ۲۰ عدد پروتونمف کنه تارتن دولکه‌ای از کلنی موجود در شرایط گلخانه جداسازی و به واحدهای آزمایش اضافه شد. تعداد طعمه مورد نیاز بر اساس آزمایش‌های مقدماتی تعیین شد (داده‌های منتشر نشده).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌های زیست‌سنجی با استفاده از رویه پروبیت در نرم‌افزار آماری SPSS (ver. 18.0) تجزیه شدند (SPSS, 2019). ارزیابی اثرات زیرکشندگی کنه‌کش سینوپیرافن بر فراسنجه‌های جدول زندگی نتاج ماده‌های تیمار شده کنه شکارگر *P. persimilis* با استفاده از تئوری جدول زندگی دوجنسی ویژه سن–مرحله رشدی و نرم‌افزار آماری TWO-SEX MSChart انجام شد (Chi, 2022a). فراسنجه‌های محاسبه شده شامل نرخ زنده‌مانی ویژه سن مرحله رشدی (s_{xj})، نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، نرخ باروری ویژه سنی (m_x)، نرخ باروری ویژه سن–مرحله رشدی (f_{xj})، امید به زندگی ویژه سن–مرحله رشدی (e_{xj})، ارزش تولیدمثلی ویژه سن–مرحله رشدی (v_{xj})، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و متوسط مدت زمان یک نسل (T) می‌باشند. برآورد تکرارهای فراسنجه‌های مختلف زیستی با استفاده از آزمون نمونه‌برداری مجدد بوت‌استرپ و ۱۰۰/۰۰۰ نمونه‌برداری انجام شد. مقایسه فراسنجه‌های محاسبه شده در تیمارهای مختلف نیز با استفاده از روش بوت‌استرپ جفت شده انجام پذیرفت. در پیش‌بینی روند رشد جمعیت نتاج کنه‌های شکارگر در تیمارهای مختلف مورد مطالعه از نرم‌افزار آماری TIMING MSChart استفاده شد (Chi, 2022b). به‌منظور ترسیم نمودارها نرم‌افزار Sigmaplot (ver. 14.0) استفاده شد.

نتایج

آزمون زیست‌سنجی

بر اساس نتایج به‌دست آمده در آزمون زیست‌سنجی، مدل پروبیت برازش مناسبی با داده‌های به‌دست آمده در پژوهش

حاضر داشت ($\chi^2 = 0.075, df = 3, P = 0.995$). بر همین اساس، مقادیر غلظت کشنده LC_{50} و غلظت‌های زیرکشنده LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} سینوپیرافن، در فاصله زمانی ۲٤ ساعت پس از تیمار پروتونمف‌های کنه تارتن دولکه‌ای به‌ترتیب برابر با ۲۵۰/۹٤۵، ۷٤/۷۱۹، ۱۱۳/۲۵۳ و ۱۵۲/۸۵۷ پی‌پی‌ام به‌دست آمد.

طول دوره‌های مختلف رشدی و باروری

ارزیابی غلظت‌های زیرکشنده مورد مطالعه، حاکی از اثرات معنی‌دار آن‌ها بر طول برخی از دوره‌های رشدی نتاج ماده‌های تیمار شده کنه شکارگر *P. persimilis* بود (جدول ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده، به جز دوره جنینی، طول سایر دوره‌های رشدی کنه شکارگر تحت تأثیر غلظت‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. استفاده از غلظت‌های زیرکشنده موجب افزایش طول دوره‌های مختلف رشدی نابالغ و کاهش طول عمر کنه‌های بالغ نر و ماده شد. کم‌ترین و بیش‌ترین طول دوره نابالغ به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد و غلظت زیرکشنده LC_{30} می‌باشد. کنه‌های شکارگر در تمامی تیمارهای مورد مطالعه پس از رسیدن به بلوغ، دوره پیش از تخم‌ریزی (APOP) کوتاهی را تجربه نمودند و کم‌ترین طول این دوره در تیمار شاهد محاسبه شد. میانگین طول عمر کنه‌های بالغ ماده و نر در غلظت‌های زیرکشنده مورد بررسی روند نزولی داشته و در تیمار LC_{30} به کم‌ترین میزان خود رسید. طول دوره تخم‌ریزی در غلظت زیرکشنده LC_{30} به‌طور قابل‌توجهی نسبت به تیمار شاهد کم‌تر بود. علاوه بر این، باروری کنه‌های ماده نیز به‌صورت معنی‌داری در غلظت زیرکشنده LC_{30} نسبت به سایر تیمارهای مورد مطالعه کاهش یافت.

زنده‌مانی و باروری

منحنی‌های مربوط به نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله رشدی (s_{xj}) نتاج حاصل از ماده‌های تیمار شده کنه شکارگر *P. persimils* با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن در شکل ۱ ارائه شده است. در این شکل، پائین بودن نرخ زنده‌مانی افراد ماده بالغ در غلظت‌های مختلف زیرکشنده در مقایسه با تیمار شاهد قابل مشاهده می‌باشد. علاوه بر این، اطلاعات ارائه شده در این نمودار نشان می‌دهند که غلظت‌های مختلف مورد مطالعه باعث افزایش طول دوره رشدی مراحل نابالغ و ایجاد تأخیر در ظهور کنه‌های بالغ شدند. بر همین اساس، ظهور کنه‌های بالغ ماده در تیمار شاهد در روز چهارم اما در غلظت زیرکشنده LC_{30} در روز ششم اتفاق افتاد (شکل ۱).

نرخ‌های زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سن-مرحله رشدی (f_{xj}) نتاج کنه‌های شکارگر تیمار شده با غلظت‌های مختلف زیرکشنده، در شکل ۲ نمایش

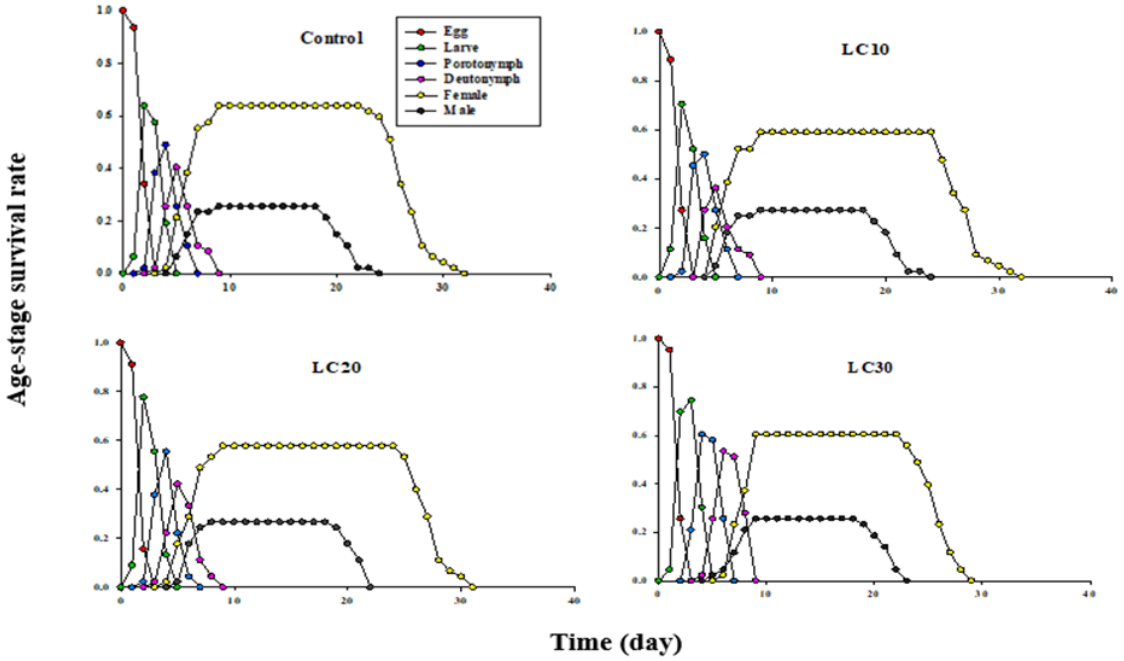
جدول ۱- اثرات زیرکشندگی سینوپیرافن بر طول دوره‌های مختلف رشدی (میانگین ± خطای معیار) نتاج حاصل از ماده‌های تیمار شده کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis*

Table 1. Sublethal effects of cyenopyrafen on duration of different life stages (Mean ± SE) of offspring from treated females of *Phytoseiulus persimilis*

Life stages (day) and fecundity (egg)	Different treatments			
	Control	LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}
Egg	2.26±0.08a	2.14±0.09a	2.07±0.08a	2.22±0.08a
Larva	1.48±0.08b	1.51±0.09b	1.55±0.09b	1.82±0.07a
Protonymph	1.35±0.07b	1.49±0.08b	1.36±0.08b	1.86±0.06a
Deutonymph	1.24±0.07b	1.18±0.06b	1.34±0.09b	1.86±0.08a
Pre-adult	6.29±0.19b	6.26±0.19b	6.37±0.18b	7.81±0.17a
TPOP	8.23±0.32b	8.31±0.34b	8.85±0.35b	9.96±0.27a
APOP	1.97±0.16b	2.08±0.19ab	2.46±0.18a	2.00±0.17ab
Longevity (♀)	20.7±0.22a	21.00±0.24a	21.12±0.25a	18.08±0.21b
Longevity (♂)	14.67±0.19a	14.66±0.19a	14.68±0.19a	13.91±0.21b
Oviposition period	15.86±0.30a	16.04±0.32a	15.88±0.33a	14.31±0.29b
Fecundity	29.97±0.88a	30.31±0.92a	30.23±0.89a	24.81±0.63b

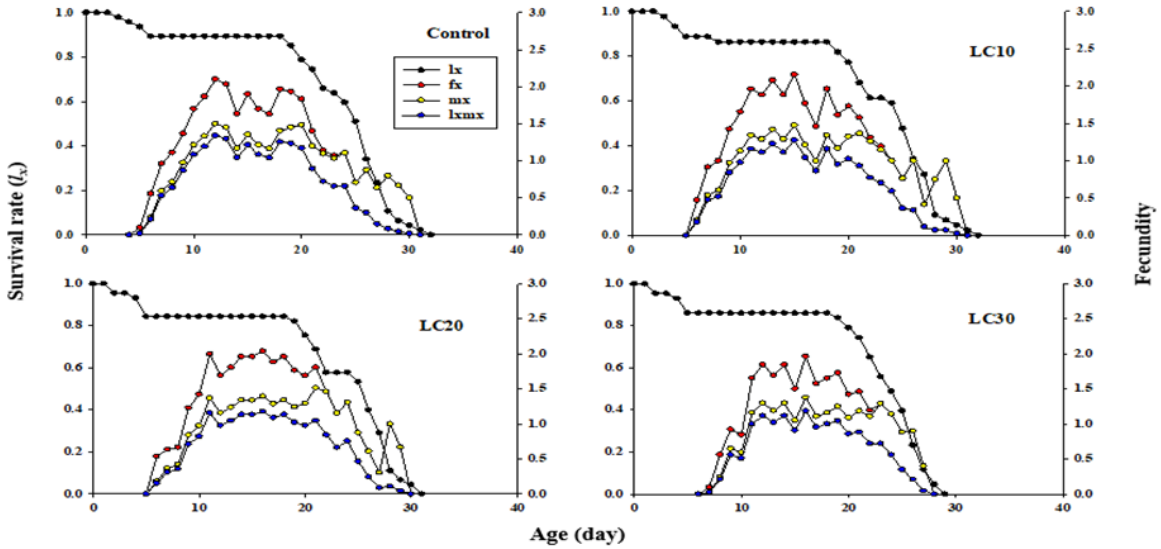
* Means followed by the same letters within a row are not significantly different using the paired bootstrap test ($P < 0.05$).

** TPOP: Total pre-ovipositional period; APOP: Adult pre-ovipositional period.



شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله رشدی (s_{xj}) نتاج حاصل از ماده‌های کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن

Fig. 1. Age-stage-specific survival rate (s_{xj}) of offspring obtained from treated females of *Phytoseiulus persimilis* with sublethal concentrations of cyenopyrafen



شکل ۲- نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سن-مرحله رشدی (f_{xj}) کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* پس از تیمار با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن

Fig. 2. Age-specific survival (l_x), age-stage specific fecundity (m_x), and age-stage-specific fecundity (f_{xj}) of *Phytoseiulus persimilis* treated with sublethal concentrations of cinopyrafen

داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مقادیر این فراسنجه‌ها پس از مواجهه با غلظت‌های زیرکشنده کاهش معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد داشته است. بیش‌ترین میزان باروری کنه‌های شکارگر در تیمار شاهد ثبت شد. علاوه بر این، اطلاعات ارائه شده در این شکل نشان می‌دهند که مواجهه با غلظت‌های مختلف زیرکشنده باعث تأخیر در شروع تخم‌ریزی کنه‌های شکارگر ماده شد.

مرگ و میر مراحل مختلف رشدی

اگرچه میزان مرگ و میر مراحل تخم و لارو با افزایش غلظت مورد مطالعه افزایش یافت و بیش‌ترین میزان مرگ و میر در غلظت زیرکشنده LC_{30} محاسبه شد، اما تیمارهای مختلف مورد مطالعه اثرات معنی‌داری بر میزان مرگ و میر مراحل مختلف رشدی کنه شکارگر *P. persimilis* نداشتند (جدول ۲). علاوه بر این، نتایج به‌دست آمده نشان داد که کنه‌های بالغ ماده سهم بیش‌تری از میزان مرگ و میر را نسبت به سایر مراحل رشدی، به خود اختصاص دادند.

امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی

منحنی امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی (e_{xj}) در نتاج کنه‌های شکارگر تیمار شده با غلظت‌های مختلف زیرکشنده سینوپیرافن در شکل ۳ ارائه شده است. اطلاعات ارائه شده در این نمودار نشان‌گر مدت زمانی که هر فرد در سن x و مرحله رشدی j امید است پس از تولد زنده بماند، می‌باشد. بر اساس اطلاعات ارائه شده در این نمودار، افراد متولد شده در تیمار شاهد ۲۳ روز امید زنده‌مانی دارند، درحالی‌که این میزان در تیمارهای مختلف مورد مطالعه روند نزولی داشته و در غلظت زیرکشنده LC_{30} به کم‌ترین مقدار خود رسید. لازم به ذکر است که سایر مراحل رشدی نیز در تیمار زیرکشنده LC_{30}، کم‌ترین میزان امید به زندگی را داشتند.

ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله رشدی

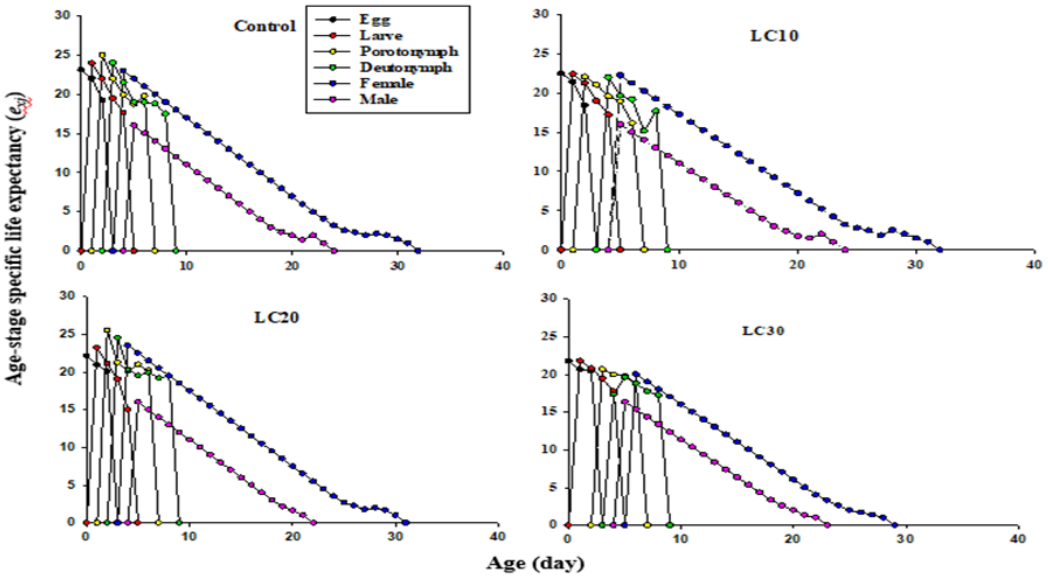
شکل ٤ نشان‌دهنده ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله رشدی (v_{xj}) نتاج حاصل از کنه‌های شکارگر تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده کنه‌کش سینوپیرافن می‌باشد. این فراسنجه بیانگر نقش افراد در مراحل و سنین مختلف رشدی در تشکیل جمعیت نسل بعد می‌باشد. نتایج ارائه شده در این منحنی بیانگر اثرات قابل توجه تیمارهای مختلف مورد مطالعه بر این فراسنجه است. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، مشخص شد که ارزش تولیدمثلی در ماده‌های تیمارشده با غلظت‌های مختلف کنه‌کش سینوپیرافن در مقایسه با تیمار شاهد کاهش قابل توجهی داشته است. در تمامی تیمارهای مورد مطالعه، کنه‌های ماده به‌دلیل دارا بودن توانایی تخم‌گذاری، بیش‌ترین نقش را در پایه‌گذاری جمعیت در نسل آینده داشتند. اطلاعات ارائه شده در شکل ٤ نشان می‌دهد که ارزش تولیدمثلی افراد ماده در بازه زمانی روزهای هشتم تا پانزدهم و هم‌زمان با رسیدن افراد به بالاترین میزان تخم‌ریزی، به بیش‌ترین میزان خود رسید.

جدول ۲- مرگ و میر (میانگین ± خطای معیار) مراحل مختلف رشدی نتاج حاصل از ماده‌های تیمار شده کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن

Table 2. Mortality (Mean ± SE) of different life stages of offspring from treated females of *Phytoseiulus persimilis* with sublethal concentrations of cyenopyrafen

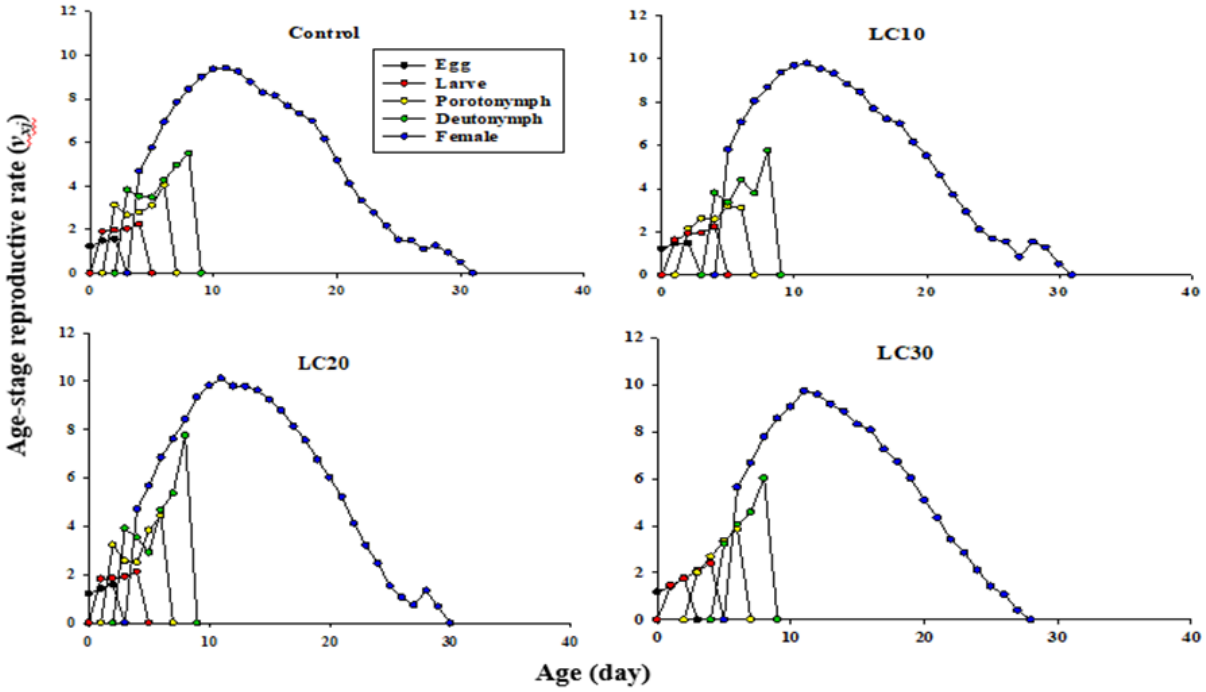
Life stages	Different treatments			
	Control	LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}
Egg	0.021±0.021a	0.022±0.022a	0.044±0.030a	0.046±0.031a
Larva	0.042±0.029a	0.045±0.031a	0.066±0.037a	0.069±0.038a
Protonymph	0.021±0.021a	0.045±0.031a	0.022±0.022a	0.023±0.023a
Deutonymph	0.021±0.021a	0.022±0.022a	0.022±0.022a	0.000±0.000a
Female	0.638±0.070a	0.590±0.073a	0.570±0.073a	0.604±0.074a
Male	0.255±0.063a	0.272±0.066a	0.266±0.065a	0.255±0.066a

* Means followed by the same letters within a row are not significantly different using the paired bootstrap test ($P < 0.05$).



شکل ۳- امید به زندگی ویژه سن- مرحله رشدی (e_{xj}) در نتاج کنه‌های شکارگر *Phytoseiulus persimilis* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده کنه‌کش سینوپیرافن

Fig. 3. Age-stage-specific life expectancy (e_{xj}) of offspring from treated females of *Phytoseiulus persimilis* with different concentrations of cyenopyrafen



شکل ٤- ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله رشدی (v_{xj}) نتاج کنه‌های شکارگر *Phytoseiulus persimilis* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن

Fig. 4. Age-stage-specific reproductive value (v_{xj}) of offspring of *Phytoseiulus persimilis* treated with different concentrations of cyenopyrafen

فراسنجه‌های جمعیتی

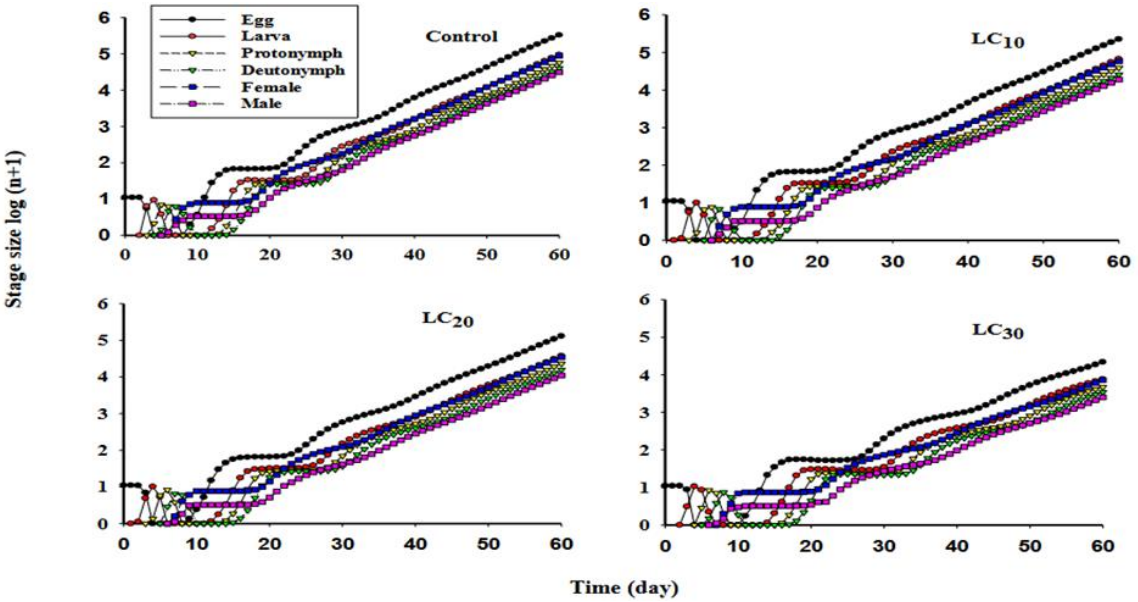
فراسنجه‌های رشد جمعیت نتاج حاصل از ماده‌های کنه شکارگر *P. persimilis* تیمار شده با غلظت‌های مختلف زیرکشنده کنه‌کش سینوپیرافن در جدول ۳ نشان داده شده است. بیش‌ترین مقادیر نرخ‌های ناخالص (*GRR*) و خالص (R_0) تولیدمثل در تیمار شاهد مشاهده شد. با افزایش غلظت مورد استفاده، از مقادیر این فراسنجه‌ها نیز کاسته شده و کم‌ترین مقدار آن‌ها در تیمار LC_{30} مشاهده شد. کاهش مقدار نرخ خالص تولیدمثل با افزایش غلظت‌های مورد مطالعه، نقش انکارناپذیری در کاهش میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) کنه شکارگر داشت. بر همین اساس، بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت در افراد مورد مطالعه به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و LC_{30} مشاهده شد. روند مشابهی نیز در مقادیر محاسبه شده نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) مشاهده شد. میانگین طول یک نسل (T) کنه شکارگر نیز تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن قرار گرفت و مقادیر آن در غلظت‌های مختلف زیرکشنده در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۳).

جدول ۳- فراسنجه‌های جمعیتی (میانگین ± خطای معیار) نتاج حاصل از ماده‌های تیمار شده کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن

Table 3. Population parameters (Mean ± SE) of offspring from treated females of *Phytoseiulus persimilis* with different concentrations of cyenopyrafen

Parameters	Different treatments			
	Control	LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}
***GRR* (offspring/individuals)**	25.970±2.171a	25.520±2.370ab	24.700±2.098ab	20.410±1.633b
R_0 (offspring/individuals)	19.127±2.171a	17.909±2.302a	17.466±2.277a	15.000±1.887b
r (day^{-1})	0.204±0.010a	0.197±0.011ab	0.188±0.010ab	0.169±0.009b
λ (day^{-1})	1.227±0.012a	1.218±0.013ab	1.206±0.013ab	1.185±0.011b
***T* (day)**	14.399±0.383b	14.602±0.375b	15.207±0.373ab	15.944±0.299a

Means followed by the same letters within a row are not significantly different using the paired bootstrap test ($P < 0.05$). *



شکل ۵- رشد جمعیت مراحل مختلف رشدی نتاج کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن

Fig. 5. Population projection of offspring from *Phytoseiulus persimilis* treated with sublethal concentrations of cyenopyrafen

روند رشد جمعیت

روند رشد جمعیت مراحل و سنین مختلف رشدی نتاج کنه‌های شکارگر تیمار شده با غلظت‌های مختلف زیرکشنده در شکل ۵ نشان داده شده است. در این مرحله، پیش‌بینی روند رشد جمعیت در هر تیمار با در نظر گرفتن ۱۰ عدد تخم و طی بازه زمانی ۶۰ روزه صورت پذیرفت. کم‌ترین سرعت رشد و نمو و افزایش جمعیت مراحل مختلف رشدی کنه شکارگر در غلظت زیرکشنده LC_{30} مشاهده شد. پائین بودن مقدار محاسبه شده فراسنجه نرخ‌ذاتی افزایش جمعیت کنه‌های شکارگر در این تیمار، مهم‌ترین دلیل این مسأله می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در شرایط عدم استفاده از کنه‌کش (تیمار شاهد)، اندازه جمعیت بعد از گذشت ۶۰ روز به بالاترین میزان خود خواهد رسید.

بحث

در پژوهش حاضر، اثرات زیرکشندگی سینوپیرافن بر فراسنجه‌های زیستی کنه شکارگر *P. persimilis* ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از اثرات منفی کنه‌کش مورد مطالعه بر فراسنجه‌های زیستی این کنه شکارگر بود. علاوه بر این، با افزایش غلظت مورد مطالعه، شدت اثرات منفی مشاهده شده نیز افزایش یافته و بیش‌ترین اثرات منفی، در بالاترین غلظت مورد استفاده (LC_{30}) مشاهده شد. بررسی‌های متعددی در مورد ارزیابی اثرات آفت‌کش‌های مختلف بر ویژگی‌های زیستی کنه تارتن دولکه‌ای و کنه‌های شکارگر آن انجام شده و گزارش‌های ارائه شده نتایج متفاوتی از عدم مشاهده اثرات منفی تا سمیت شدید را ارائه نموده‌اند (Cloyd *et al*., 2006; Marcic *et al*., 2010; Havasi *et al*., 2018; 2020).

از جمله اثرات منفی سینوپیرافن بر کنه شکارگر *P. persimilis* می‌توان به طولانی شدن دوره‌های مختلف رشدی نابالغ، کاهش طول عمر افراد بالغ نر و ماده، کاهش میزان باروری، افزایش درصد تلفات برخی مراحل رشدی نابالغ و کاهش فراسنجه‌های جمعیتی اشاره نمود. افزایش طول دوره رشدی مراحل نابالغ، تأثیر به‌سزایی در افزایش سن شروع تخم‌ریزی افراد بالغ و کاهش نرخ رشد جمعیت خواهد داشت. افزایش میزان تلفات مراحل رشدی نابالغ، کاهش طول عمر افراد بالغ ماده و به دنبال آن کاهش میزان باروری نیز از جمله دلایل کاهش قابل توجه فراسنجه‌های جمعیتی کنه شکارگر *P. persimilis* در غلظت‌های زیرکشنده مورد مطالعه می‌باشند. مطالعه فراسنجه‌های جمعیتی در نتاج کنه‌های شکارگر تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن نشان داد که تیمارهای مورد مطالعه این فراسنجه‌ها را تحت تأثیر قرار داده‌اند. اگرچه متوسط مدت زمان یک نسل (T) با افزایش غلظت مورد مطالعه افزایش یافت، ولی سایر فراسنجه‌ها شامل نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) کاهش یافتند. کاهش مقادیر محاسبه شده نرخ خالص تولیدمثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت کنه شکارگر *P. persimilis* در تیمارهای زیرکشنده را می‌توان به عوامل متعددی مانند افزایش تلفات مراحل نابالغ، افزایش طول دوره رشدی مراحل نابالغ و تأخیر در باروری افراد بالغ، کاهش باروری کنه‌های ماده و کاهش طول عمر آن‌ها مرتبط دانست. مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر، در بررسی‌های صورت گرفته توسط Havasi *et al*. (2023) در ارتباط با بررسی اثرات غلظت‌های زیرکشنده (LC_{10} و LC_{30}) سایفلومتوفن (دانی‌سارابا) روی کنه‌های شکارگر *P. persimilis* و *Neoseiulus californicus* (McGregor)، نشان داده است که غلظت‌های مورد مطالعه اثرات مشابهی بر فراسنجه‌های زیستی هر دو گونه مورد مطالعه داشتند. در گزارش ارائه شده توسط Nadimi *et al*. (2011)، کاهش باروری کنه شکارگر *P. persimilis* پس از مواجهه با غلظت‌های زیرکشنده کنه‌کش‌های آبامکتین (ورتیمک) و فن‌پیروکسی‌میت (اُرتوس) مشاهده شده است. Park *et al*. (2011) نیز بیان می‌نمایند که نرخ خالص تولیدمثل کنه شکارگر *P. persimilis* تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده فن‌پیروکسی‌میت (اُرتوس) و پیریدابن (سان‌مایت) کاهش یافته است. بررسی‌های فوق همگی دال بر حساسیت بالای کنه شکارگر *P. persimilis* نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی مورد استفاده در بوم‌سامانه‌های

مختلف کشاورزی می‌باشند. گزارش‌های مشابهی نیز در خصوص سایر گونه‌های این خانواده وجود دارد. بررسی‌های Hamedi *et al.* (2010) کاهش مقادیر فراسنجه‌های جمعیتی کنه شکارگر *Phytoseius plumifer* (Canestrini & Fanzago) پس از مواجهه با غلظت‌های زیرکشنده فن‌پیروکسی‌میت (اُرتوس) را گزارش نموده است. در ارزیابی‌های صورت گرفته توسط Kaplan *et al.* (2012)، اثرات غلظت‌های مختلف اُبرون (اسپیرومسیفن) بر مراحل مختلف رشدی نابالغ و بالغ کنه شکارگر *N. californicus* مورد مطالعه قرار گرفته. گزارش ارائه شده توسط این پژوهشگران نشان داده است که اثرات منفی غلظت‌های مورد مطالعه روی افراد بالغ، به‌مراتب کم‌تر از افراد نابالغ بود. ارزیابی سمیت اسپیرودیکلوفن (اِنویدور) علیه کنه شکارگر *Amblyseius womersleyi* Schicha نیز نشان داده که میزان بقای کنه‌های شکارگر ماده با افزایش غلظت‌های مورد مطالعه به‌صورت معنی‌داری کاهش یافته و موجب کاهش کارایی بیولوژیک افراد مورد مطالعه شده است (Cheon *et al*., 2007).

اگرچه سمیت یک آفت‌کش به عوامل مختلفی مانند نحوه تأثیر، گونه مورد مطالعه و مرحله رشدی آن، ساز و کار آنزیم‌های سم‌زدا و شرایط ارزیابی وابسته است (Kim and Yoo, 2002; Duso *et al*., 2008; Cua-Basulto *et al*., 2021; Nateq . Golestan *et al*., 2021)، برخی پژوهشگران نیز عدم اثرات منفی آفت‌کش‌ها بر کارایی بیولوژیک دشمنان طبیعی و سازگاری این دو گروه از عوامل کنترلی جهت استفاده هم‌زمان در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات را گزارش نموده‌اند (Kim and Seo, 2001; Sato *et al*., 2011). در مطالعه Mousavi *et al*. (2022)، مشخص شده که غلظت‌های زیرکشنده کنه‌کش میلبمکتین (میلبک‌ناک) اثرات منفی قابل توجهی بر فراسنجه‌های زیستی کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* Athis-Henriot نداشته‌اند. پژوهش‌های صورت گرفته توسط Alam *et al*. (2014) نیز نشان داد که اُبرون (اسپیرومسیفن) برای کفشدوزک‌های جنس *Stethorus* sp. و کنه‌های جنس *Amblyseius* sp. بسیار ایمن بوده. یافته‌های Asadi *et al.* (2019) نیز حاکی از آن است که غلظت توصیه شده اُبرون (اسپیرومسیفن) تأثیری بر مرگ و میر کنه بالغ شکارگر *A. swirskii* ندارد. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققین ارائه شده است (Cote *et al*., 2002; Holt *et al*., 2006; Ganjisaffar and Perring, 2017). باتوجه به این‌که استفاده هم‌زمان از ترکیبات شیمیایی و عوامل بیولوژیک در قالب راهبردهای مدیریت تلفیقی از جمله شیوه‌های مورد توجه در کاهش پایدار جمعیت آفات گیاه‌خوار می‌باشد، لزوم انجام ارزیابی‌های جامع در خصوص بررسی اثرات کلی آفت‌کش‌ها بر کارایی بیولوژیک دشمنان طبیعی بسیار ضروری است. در پژوهش حاضر، کنه شکارگر *P. persimilis* با غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن تیمار شده و فراسنجه‌های زیستی نتاج آن‌ها ارزیابی شد. نتایج این بررسی حاکی از اثرات نامطلوب غلظت‌های زیرکشنده این کنه‌کش بر فراسنجه‌های زیستی مورد مطالعه می‌باشد. این امر در حالی است که در مطالعه حاضر به‌منظور کاهش اثرات منفی، از غلظت‌های زیرکشنده سینوپیرافن استفاده شد و بررسی‌ها نیز روی نتاج کنه‌های تیمار شده انجام پذیرفت. اگرچه یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهند که استفاده هم‌زمان از این دو عامل کنترلی بروز اثرات کاهشی (آنتاگونیستی) را به‌دنبال داشته و کاربرد تلفیقی آن‌ها قابل توصیه نمی‌باشد، اما ارائه راهکارهای کاربردی مستلزم انجام بررسی‌های بیش‌تر است. بر همین اساس، انجام بررسی‌های جامع در خصوص ارزیابی اثرات کلی آفت‌کش‌ها بر فراسنجه‌های زیستی و رفتاری دشمنان طبیعی قبل از استفاده هم‌زمان آن‌ها در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات حائز اهمیت بوده و ادامه بررسی‌ها جهت یافتن آفت‌کش‌های ایمن و سازگار با دشمنان طبیعی کنه‌های تارتن بسیار ضروری است.

سپاسگزاری

نویسندگان بدینوسیله مراتب قدردانی خود از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی و دانشگاه ارومیه را به‌دلیل ارائه حمایت‌های لازم جهت اجرای پژوهش حاضر، اعلام می‌دارند.

References

ABAD-MOYANO, R., T. PINA., F. FERRAGUT. and A. URBANEJA, 2009. Comparative life-history traits of three phytoseiid mites associated with *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) colonies in clementine orchards in eastern Spain: implications for biological control. Experimental and Applied Acarology, 47: 121 - 132. DOI: https://doi.org/10.1007/s10493-008-9197-z

ALAM, S. F., B. PATRA., M. CHATTERJEE., P. K. DEY., P. P. DHAR., A. SAMANTA. and A. K. SOMCHOUDHURY, 2014. Bioefficacy of spiromesifen 240 Sc (w/v) against white fly and red spider mites *Tetranychus* spp. infesting tomato. Journal of Entomological Research, 38(2): 105-109.

ALINEJAD, M., K. KHERADMAND. and Y. FATHIPOUR, 2014. Sublethal effects of fenazaquin on life table parameters of the predatory mite *Amblyseius swiriskii* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology, 64: 361-373. DOI: https://doi.org/10.1007/s10493-014-9830-y

ALZOUBI, S. and S. COBANOGLU, 2007. Effects of sublethal dose of different pesticides on the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch and its predatory mites under greenhouse conditions. World Journal of Agricultural Sciences, 3(6): 764-770.

ASADI, P., A. SEDARATIAN-JAHROMI., M. GHANE-JAHROMI. and M. HAGHANI, 2019. How Spiromesifen affects some biological parameters and switching behavior of predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) when feeding on different ratios of mixed preys. Persian Journal of Acarology, 8(3): 239-251. DOI: https://doi.org/10.22073/pja.v8i3.47939

ATLIHAN, R., I. KASAP., M.S. OZGOKCE., E. POLAT-AKKOPRU and H. CHI, 2017. Population growth of *Dysaphis pyri* (Hemiptera: Aphididae) on different pear cultivars with discussion on curve fitting in life table studies. Journal of Economic Entomology, 110(4): 1890-1898. DOI: https://doi.org/10.1093/jee/tox174

CHEON, G.S., C.H. PAIK., G.H. LEE. and S.S. KIM, 2007. Toxicity of spirodiclofen to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae), and its prey, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Journal of Entomological Science, 42(1): 44-51.

CLOYD, R.A., C.L. GALLE. and S.R. KEITH, 2006. Compatibility of three miticides with the predatory mites *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Journal of Horticultural Science, 41(3): 707-710.

CUA-BASULTO, M.E., E. RUIZ-SANCHEZ., H. BALLINA-GOMEZ., W. CHAN-CUPUL. and A. REYES-RAMIREZ, 2021. Efectos letales y subletales de acaricidas sintéticos en ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae. Acta Universitaria, 31.

COTE, K.W., E.E. LEWIS. and P.B. SCHULTZ, 2002. Compatibility of acaricide residues with *Phytoseiulus persimilis* and their effects on *Tetranychus urticae*. Journal of Horticultural Science, 37(6): 906-909.

CHI, H. 2022a. TWOSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. DOI: http://140.120.197.173/ecology/Download/TWOSEX-MSChart-B100000.rar

CHI, H. 2022b. TIMING-MSChart: A computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. DOI: http://140.120.197.173/Ecology/Download/Timing-MSChart.rar

DESNEUX, N., A. DECOURTYE. and J.M. DELPUECH, 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology, 52: 81-106. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440.

DITILLO, J.L., G.G. KENNEDY. and J.F. WALGENBACH, 2016. Effects of insecticides and fungicides commonly used in tomato production on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phtyoseiidae). Journal of Economic Entomology, 109(6): 2298- 2308. DOI: https://doi.org/10.1093/jee/tow234

DUSO, C., V. MALAGNINI., A. POZZEBON., M. CASTAGNOLI., M. LIGOURI and S. SIMONI, 2008.

HAVASI, M., K. KHERADMAND. and E. RIAHI, 2020. Sublethal effects of Dayabon® on biological parameters of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). Journal of Crop Protection, 9(1): 171-182.

HAVASI, M., K. KHERADMAND., H. MOSALLANEJAD. and Y. FATHIPOUR, 2018. Sublethal effects of diflovidazin on life table parameters of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). International Journal of Acarology, 44(2-3): 115-120.
DOI: https://doi.org/10.1080/01647954.2017.1417328

HELYER, N., N.D. CATTLIN. and K.C. BROWN, 2014. Biological control in plant protection: a colour handbook. CRC press. 276p.

HOLT, K.M., G.P. OPIT., J.R. NECHOLS. and D.C. MARGOLIES, 2006. Testing for non-target effects of spinosad on two-spotted spider mites and their predator *Phytoseiulus persimilis* under greenhouse conditions. Experimental and Applied Acarology, 38: 141-149.
DOI: https://doi.org/10.1007/s10493-006-0018-y

KAPLAN, P., S. YORULMAZ. and R. AY, 2012. Toxicity of insecticides and acaricides to the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). International Journal of Acarology, 38(8): 699-705.
DOI: https://doi.org/10.1080/01647954.2012.719031

KIM, S.S. and S.G. SEO, 2001. Relative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* and the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Applied Entomology and Zoology, 36(4): 509-514.
DOI: https://doi.org/10.1303/aez.2001.509

KIM, S.S. and S.S. YOO, 2002. Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. BioControl, 47:563-573.
DOI: https://doi.org/10.1023/A:1016585607728

KIM, Y.J., S.W. LEE., J.R. CHO., H.M. PARK. and Y.J. AHN, 2007. Multiple resistance and biochemical Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari Tetranychidae, Phytoseiidae). Biological Control, 47(1): 16-21.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.06.011

FATHIPOUR Y. and B. MALEKNIA, 2016. Mite Predators. *In*: Omkar (ed.) Ecofriendly Pest Management for Food Security. San Diego, USA, Elsevier. pp. 329-366. Academic Press.

FERNANDEZ, M.M., P. MEDINA., A. WANUMEN., P. DEL ESTAL., G. SMAGGHE. and E. VINUELA, 2017. Compatibility of sulfoxaflor and other modern pesticides with adults of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. Residual contact and persistence studies. BioControl, 62: 197-208
DOI: https://doi.org/10.1007/s10526-017-9784-1

GANJISAFFAR, F. and T.M. PERRING, 2017. Effects of the miticide hexythiazox on biology of *Galendromus flumenis* (Acari: Phytoseiidae). International Journal of Acarology, 43(2): 169-172.
DOI: https://doi.org/10.1080/01647954.2016.1256348

HAMEDI, N., Y. FATHIPOUR. and M. SABER, 2010. Sublethal effects of fenpyroximate on life table parameters of the predatory mite *Phytoseius plumifer*. BioControl, 55: 271-278.
DOI: https://doi.org/10.1007/s10526-009-9239-4

HAVASI, M., N. SANGAK SANI BOZHGANI., G. GOLMOHMMADI. and K. KHERADMAND, 2021. Impact of hexythiazox on life table parameters of the *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) and its prey *Tetranychus urticae*. Journal of Crop Protection, 10(2): 295-308
DOI: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106343

HAVASI, M., A.R. BANDANI. and A. ZAHEDI-GOLPAYEGANI, 2023. The impact of Cyflumetofen on demographic parameters of two predatory mites, *Neoseiulus californicus* (MG) and *Phytoseiulus persimilis* (AH). Systematic and Applied Acarology, 28(3): 483-496.
DOI: https://doi.org/10.11158/saa.28.3.6

of Agricultural Science and Technology, 18(5): 1279-1288.

MOUSAVI, A., K. KHERADMAND., Y. FATHIPOUR., H. MOSALLANEJAD M. HAVASI, 2023. The effects of the abamectin and spirodiclofen mixture on life history and population parameters of *Amblyseius swirskii*. Systematic and Applied Acarology, 28: 971-984. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.28.5.16

MOUSAVI, A., K. KHERADMAND., Y. FATHIPOUR., H. MOSALLANEJAD and M. HAVASI, 2022. Sublethal effects of Milbemectin on biological parameters of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). Systematic and Applied Acarology, 27(6): 1085-1097. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.27.6.8

NADIMI, A., K. KAMALI., M. ARBABI. and F. ABDOLI, 2011. Study on persistence tests of miticides abamectin and fenproximate to predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae). African Journal of Agricultural Research, 6(2): 338-342.

NAHER, N., W. ISLAM and M.M. HAQUE, 2005. Predation of three predators on two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Journal of Life and Earth Science, 1(1): 1-4.

NATEQ GOLESTAN, M., A. FARAZMAND and H. KAMALI, 2021. Study of population relationship and the effect of several acaricides on the *Tetranychus urticae* Koch and the predatory mite of *Neoseiulus californicus* (McGregor) in greenhouse roses. Plant Pest Research,11(3): 59-69. (in Persian with English summary)

NOHA, A.I., M.G. WAFAA., Z.A. WESSAM and A.E. HEBA, 2025. Population dynamics of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its predator *Phytoseiulus persimilis* on eggplant cultivars, with emphasis on vertical distribution and chemical control of this pest. Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute, 8(1): 68-81.

PARK, J.J., M. KIM, J.H. LEE., K.I. SHIN., S.E. LEE., J.G. KIM and K. CHO, 2011. Sublethal effects of fenpyroximate and pyridaben on two predatory mite species, *Neoseiulus womersleyi* and *Phytoseiulus*

mechanisms of dicofol resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Journal of Asia-Pacific Entomology, 10(2): 165-170. DOI: https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60348-9

LEVITICUS, K., L. CUI., H. LING., Z.Q. JIA., Q.T. HUANG., Z.J. HAN., C.Q. ZHAO and L. XU, 2020. Lethal and sublethal effects of fluralaner on the two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Pest Management Science, 76(3): 888-893. DOI: https://doi.org/10.1002/ps.5593

LI, Y.Y., X. FAN., G.H. ZHANG., Y.Q. LIU., H.Q. CHEN., H. LIU and J.J. WANG, 2017. Sublethal effects of bifenazate on life history and population parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Systematic and Applied Acarology, 22(1):148-158. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.22.1.15

LOPEZ-ARIAS, A., D. VILLAR-ARGAIZ., J.J. CHAPARRO-GUTIERREZ., R.J. MILLER and A.A.P. DE LEON, 2014. Reduced efficacy of commercial acaricides against populations of resistant cattle tick *Rhipicephalus microplus* from two municipalities of Antioquia, Colombia. Environmental Health Insights, 8: EHI-S16006. DOI: https://doi.org/10.4137/EHI.S16006

MARCIC, D., I. OGURLIC., S. MUTAVDZIC and P. PERIC, 2010. The effects of spiromesifen on life history traits and population growth of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). Experimental and Applied Acarology, 50(3): 255-267. DOI: https://doi.org/10.1007/s10493-009-9316-5

MCMURTRY, J. A., G.J. DE MORAES. and N.F. SOURASSOU, 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. Systematic and Applied Acarology, 18(4): 297-320. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1

MOGHADASI, M., H. ALLAHYARI., A. SABOORI and A. ZAHEDI-GOLPAYEGANI, 2016. Life table and predation capacity of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on rose. Journal

STARK, J.D. and J.E. BANKS, 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annual Review of Entomology, 48(1): 505-519.

SEHAT-NIAKI, N., A.Z. GOLPAYEGANI., E. TORABI., A. SABOORI., B. AMIRI-BESHELI and M. HAVASI, 2025. Sublethal effects of chlorfenapyr on biological parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and predatory mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Systematic and Applied Acarology, 30(4): 754-769.

SUGIMOTO, N., and M. OSAKABE, 2014. Cross-resistance between cyenopyrafen and pyridaben in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Pest Management Science, 70(7): 1090-1096. DOI: https://doi.org/10.1002/ps.3652

WEINTRAUB, P., and E. PALEVSKY, 2008. Evaluation of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper under hot arid field conditions. Experimental and Applied Acarology, 45(1): 29-37.
DOI: https://doi.org/10.1007/s10493-008-9169-3

YU DEYI, Y.D., Z.Y. ZHANG YANXUAN., T.J. TANG JIANYANG and J.J. JI JIE, 2008. The application of predatory mites in biological control of agro-forest spider mites in China. Chinese Bulletin of Entomology, 45(4): 537-541.

YAŞAR, İ., S. KÖK and I. KASAP, 2024. Investigation of the synergistic effect of two predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae), in the biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). International Journal of Acarology, 50(3): 315-319.

persimilis (Acari, Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology, 54: 243-259.
DOI: https://doi.org/10.1007/s10493-011-9435-7

PAKYARI, H. and R. ZEMEK, 2025. The effect of light cycles on the predation characteristics of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Plants, 14(5), 687.

REZAEI, E., SH. ARAMIDEH., J.P. MICHAUD., SH. MIRFAKHRAIE and M. FOROUZAN, 2024. Sublethal effects of a spiromesifen and abamectin combination on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its predators *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiiidae). Experimental and Applied Acarology, 93: 501-514.
DOI: https://doi.org/10.1007/s10493-024-00941-4

ROBERTSON, J. L., R.M. RUSSEL., H.K. PREISLER. and N.E. SAVIN, 2007. Bioassays with Arthropods. CRC Press. New York, 224 pp.

SARBAZ, S., S. GOLDASTEH., A.A. ZAMANI., E. SOLYMANNEJADIYAN and R. VAFAEI-SHOUSHTARI, 2017. Side effects of spiromesifen and spirodiclofen on life table parameters of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae). International Journal of Acarology, 43(5): 380-386.
DOI: https://doi.org/10.1080/01647 954.2017.13253 96

SATO, M.E., M.Z., DA SILVA., A. RAGA., K.G. CANGANI., B. VERONEZ and R.L. NICASTRO, 2011. Spiromesifen toxicity to the spider mite *Tetranychus urticae* and selectivity to the predator *Neoseiulus californicus*. Phytoparasitica, 39: 437-445.
DOI: https://doi.org/10.1007/s12600-011-0189-x

SEDARATIAN, A., Y. FATHIPOUR and S. MOHARRAMIPOUR, 2009. Evaluation of resistance in 14 soybean genotypes to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Journal of Pest Science, 82:163-170.

SPSS, 2019. IBM SPSS Statistics for Windows (Version 18.0) [Computer software]. IBM Corp.