ارزیابی اثرات زیرکشندگی تیامتوکسام بر پارامترهای زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae)

محمدرضا هواسی[۱]، کتایون خردمند[۲*]، هادی مصلی‌نژاد[۳] و یعقوب فتحی‌پور[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه حشره‌شناسی و بیماری‌های گیاهی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

۲- ***نویسنده مسوول:** دانشیار، گروه حشره‌شناسی و بیماری‌های گیاهی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران (kkheradmand@ut.ac.ir)

۳- استادیار، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استاد، گروه حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۹

چکیده

کنه تارتن دو لکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch یکی از آفات کلیدی می‌باشد که باعث آسیب به طیف گسترده‌ای از محصولات می‌شود. در پژوهش حاضر اثرات زیرکشندگی تیامتوکسام (آکتارا®) در سه غلظت LC_5، LC_{10} و LC_{20} بر پارامترهای زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای در شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (روشنایی:تاریکی) ساعت بررسی شد. پارامترهای جدول زندگی، تولید مثلی و جمعیتی کنه *T. urticae* مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های خام بر اساس روش آنالیزی جدول زندگی دو جنسی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله، غلظت‌های زیرکشنده (LC_{20}, LC_{10}) تیامتوکسام، متوسط میزان باروری و طول دوره زندگی کنه‌های ماده را به شدت تحت تاثیر خود قرار داده است به طوری که میزان باروری و طول دوره زندگی از ۶۱/۱ تخم به ازای فرد و ۲۳/۷۱ روز در تیمار شاهد به ۴۵/۸۹ تخم به ازای فرد و ۲۰/۸۹ روز در تیمار LC_{20} کاهش یافت. نرخ ذاتی و متناهی افزایش جمعیت (λ,r) تحت تاثیر افزایش غلظت مصرفی قرار نگرفت. نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به کمترین میزان خود (۳۶/۷۱ نتاج/فرد) در تیمار LC_{20} رسید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام بر برخی از پارامترهای بیولوژیکی کنه *T. urticae* تاثیرگذار بوده و نتایج این مطالعه می‌تواند در طراحی برنامه‌های مدیریتی آفت مذکور مورد استفاده واقع گردد.

کلیدواژه‌ها: Tetranychus urticae، تیامتوکسام، اثرات زیرکشندگی، پارامترهای جدول زندگی

مقدمه

کنه تارتن دولکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) یکی از خسارت‌زا ترین آفات کشاورزی در سیستم‌های زراعی و باغی می‌باشد (Hell and Sabelis, 1985; Hossain et al., 2006) که محدوده گسترده‌ای از میزبان‌های گیاهی همچون پنبه، هلو، لوبیا، خیار، لوبیا، بادنجان (Sedaratian et al., 2009, 2011; Khanamani et al., 2013; Maleknia et al.,

2016; Havasi et al., 2018) را شامل می‌شود. این کنه با تغذیه از برگ‌ها و تنیدن تار سبب از بین رفتن کلروفیل، ممانعت از عمل تعرق و کاهش سطح فعال فتوسنتزی گیاه شده و در صورت شدید بودن خسارت، منجر به ریزش برگ‌ها می‌گردد (Brandenburg and Kennedy, 1987; Gorman et al., 2001; Sedaratian et al., 2011) در سال‌های اخیر روش‌های متنوعی به منظور کنترل جمعیت این کنه پیشنهاد شده است که اغلب آنها مبتنی بر به‌کارگیری آفت‌کش‌های شیمیایی به ویژه کنه‌کش‌ها بوده است (Antonious and Snyder, 2006).

با این حال، این آفت به سرعت به کنه‌کش‌ها و آفت کش‌ها مقاوم می‌شود (Van Leeuwen et al., 2010; Van Leeuwen and Dermauw, 2016) و تاکنون بیش از ۹۳ مورد مقاومت این آفت نسبت به آفت‌کش‌های مختلف در سراسر جهان گزارش شده است (Whalon et al., 2012). به دلیل تجزیه آفت‌کش‌ها در محیط و یا وقوع بادبردگی هنگام کاربرد آن‌ها، آفات و یا دشمنان طبیعی آن‌ها در طبیعت (باغ، مزرعه، گلخانه) به دفعات در معرض غلظت‌های زیرکشنده قرار می‌گیرند (Desneux et al., 2007). غلظت‌های زیرکشنده اگرچه خاصیت کشندگی ندارند، اما می‌توانند اثرات مختلف فیزیولوژیک و یا رفتاری بر حشرات داشته باشند (Desneux et al., 2007; Stark and Banks, 2003). ترکیبات نئونیکوتینوئیدی یکی از مهم‌ترین گروه‌های حشره‌کش‌ها هستند (Simon-Delso et al., 2015) که در دنیا در سطح وسیعی مصرف می‌شوند، به طوری که در سال ۲۰۰۸ حدود ۲۴ درصد از فروش کل آفت‌کش‌ها در دنیا را به خود اختصاص داده اند (Krämer et al., 2012). این گروه با خواص شیمیایی و زیستی منحصر به فرد، ویژگی‌های سیستمیک مناسب و ایمنی مطلوب برای انسان‌ها و موجودات غیر هدف، به طور چشم‌گیری توسعه یافته‌اند (Jeschke and Nauenr, 2008).

در میان ترکیبات نئونیکوتینوئید، حشره‌کش کنه‌کش تیامتوکسام به عنوان یک نئونیکوتینوئید نسل دوم، با اثرات تماسی و تأثیر بر گیرنده‌های استیل‌کولین[1] در سیستم عصبی حشرات، به منظور کنترل طیف وسیعی از آفات مهم از جمله مگس سفید، شته‌ها و تریپس‌ها، کاربرد زیادی پیدا نموده است (Maienfisch et al., 2001; Nauen et al., 2003). نحوه اثر این حشره‌کش به طور عمده از طریق فعالیت سیستمیک آن می‌باشد (Elbert et al., 2008). حشره‌کش_کنه‌کش تیامتوکسام با نام تجاری Actara® (WG25%)، دارای اثرات ضدتغذیه‌ای می‌باشد. در برخی از مطالعات، میزان سمیت تیامتوکسام بر زنده‌مانی، باروری، مرگ‌ومیر و همچنین پارامترهای بیولوژیکی کنه تارتن دو لکه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است (Pozzebon et al., 2011, Barati and Hejazi et al., 2015). ارزیابی اثر آفت‌کش‌ها در شرایط آزمایشگاهی به منظور دستیابی به اطلاعاتی در مورد چگونگی اثرات بالقوه بر بندپایان می‌تواند مهم و مفید باشد.

امروزه به‌کارگیری جدول زندگی به عنوان یک شیوه مطمئن به منظور تعیین میزان سمیت آفت‌کش‌ها، تعیین بهترین زمان مقابله با آفات (Chi, 1990) و مطالعه جمعیت آفات (Sakai et al., 2001) مطرح می‌شود. جدول زندگی یک آفت، با ارائه اطلاعاتی همچون میزان تولیدمثل، میزان افزایش یا کاهش جمعیت و همچنین میزان مرگ‌ومیر می‌تواند اطلاعات مفیدی را جهت مدیریت آفات ارائه دهد (Kakde et al., 2014). با وجود اینکه مطالعات فراوانی به منظور بررسی اثرات زیرکشندگی آفت‌کش‌های گوناگون بر پارامترهای زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای صورت گرفته (Marcic, 2003, 2007; Alzoubi

1- acetylcholine

and Cobanoglu, 2010; Wang et al., 2016) اما تا کنون مطالعاتی در زمینه بررسی اثرات زیرکشندگی (LC_5، LC_{10} و LC_{20}) تیامتوکسام بر کنه تارتن دو لکه‌ای، صورت نگرفته است. هدف از انجام این مطالعه، تعیین اثرات زیرکشندگی تیامتوکسام بر کنترل جمعیت کنه *T. urticae* در شرایط آزمایشگاهی از طریق بررسی تعیین پارامترهای جمعیتی آن است.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

از گیاه لوبیا چیتی (Fabaceae) (*Phaseolus vulgaris* L.)، رقم خمین به عنوان میزبان برای پرورش کنه تارتن دولکه‌ای استفاده شد. بذرها در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۹ سانتی‌متر در خاک با نسبت مساوی کوکوپیت و پرلیت کاشته شدند. گلدان‌ها در شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (روشنایی:تاریکی) ساعت، نگه‌داری شدند.

پرورش کنه تارتن دو لکه‌ای

جمعیت اولیه کنه تارتن دو لکه‌ای از بوته‌های آلوده به این کنه از گلخانه‌های موجود در اطراف شهر پاکدشت جمع‌آوری و پس از شناسایی، روی لوبیاهای کشت‌شده در گلخانه پرورش داده شد. گیاه آلوده به کنه در یک اتاقک رشد با شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (روشنایی:تاریکی) ساعت قرار گرفت.

آزمایش‌های زیست‌سنجی

در این آزمایش از یک حشره‌کش–کنه‌کش با نام عمومی تیامتوکسام و فرمولاسیون تجاری WG25% با نام تجاری ®Actara ساخت شرکت سین جنتا[1] استفاده گردید. این حشره‌کش از گروه نئونیکوتینوئیدی بوده و با ایجاد اختلال در سیستم عصبی و تقلید از استیل‌کولین، باعث از بین رفتن آفات می‌گردد.

به منظور تعیین غلظت‌های موثر تیامتوکسام بر کنه تارتن دو لکه‌ای از روش غوطه‌وری[2] برگ (Helle and Overmeer, 1985) در شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) ساعت استفاده شد. آزمایش مقدماتی به منظور تعیین تلفات ۱۰–۹۰ درصدی روی کنه بالغ انجام شد (Robertson et al., 2007). شش غلظت شامل ۵۰۰۰، ۶۳۰۰، ۷۶۰۰، ۹۲۰۰ و ۱۱۰۰۰ پی‌پی‌ام[3] و شاهد در آزمایش مقدماتی استفاده شد. دیسک‌های برگی به مدت ۱۵ ثانیه در غلظت‌های تهیه شده از تیامتوکسام فرو برده شدند. دیسک‌های برگی پس از خشک شدن (به مدت ۲ ساعت) در دمای اتاق، در داخل پتری‌دیش‌ها (قطر ۹، ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر) به صورت جداگانه برای هر تیمار قرار داده شدند. تیمار شاهد فقط در آب مقطر قرار داده شد. از کلنی همسن، تعداد ۲۰ کنه بالغ (یک روزه، از هر دو جنس) به دیسک‌های برگی به قطر ۳ سانتی‌متر درون پتری‌دیش‌هایی به قطر ۶ سانتی‌متر انتقال یافت و جهت جلوگیری از فرار کنه‌ها، اطراف دیسک‌های برگی با پنبه مرطوب محصور شد. به منظور حفظ رطوبت دیسک‌های برگی لوبیا چیتی، سطح پشتی دیسک‌ها به سمت بالا و سطح رویی در تماس با کاغذ صافی مرطوب داخل پتری‌دیش قرار داده شدند. آزمایشات اصلی در ۶ غلظت و ۴ تکرار انجام شد. تعداد تلفات پس از ۲۴ ساعت با شمارش کنه‌هایی که پس از تحریک توسط قلم‌مو هیچ عکس‌العملی از خود نشان ندادند، به دست آمد.

1- Syngenta

2- dipping
3- ppm

اثر زیرکشندگی تیامتوکسام روی جدول زندگی کنه تارتن دولکه‌ای

به منظور بررسی اثرات زیرکشندگی تیامتوکسام بر کنه تارتن دو لکه‌ای، دیسک‌های برگی با غلظت‌های زیرکشنده LC_5، LC_{10} و LC_{20} (جدول ۱) تیمار شده و به مدت ۲ ساعت به آن‌ها اجازه داده شد تا در شرایط آزمایشگاهی خشک شوند. تیمار شاهد تنها در معرض آب مقطر قرار گرفت. تعداد ۱۰۰ عدد کنه ماده بالغ جفتگیری کرده همسن با قلم‌موی نرم روی برگ‌های هر غلظت منتقل شدند. پس از ۲۴ ساعت، کنه‌های ماده‌ای که زنده مانده بودند به صورت تصادفی انتخاب و به دیسک‌های برگی به قطر ۳ سانتی‌متر که روی کاغذ صافی درون پتری‌دیش قرار داشتند، منتقل شد. پس از ۲۴ ساعت، یک تخم به عنوان مبنای آزمایش نگهداری و سایر تخم‌ها و کنه‌ها از پتری‌دیش حذف گردید. تعداد ۱۰۰ تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد.

به منظور بررسی میزان باروری و پارامترهای بیولوژیکی، کنه‌های ماده جدید نوظهور با کنه‌های نر سالم جفتگیری نمودند. به منظور جلوگیری از تنش (با در نظر گرفتن گذر زمان)، دیسک‌های برگی هر ۴۸ ساعت تعویض شدند. تمام پتری‌دیش‌ها هر ۲۴ ساعت در تمامی مراحل زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای مورد بازدید قرار گرفته شد و تمامی تغییرات از زمان تفریخ تخم تا مرگ تمام کنه‌ها ثبت گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تعیین مقادیر LC_{50} و همچنین غلظت‌های زیرکشنده (LC_5، LC_{10} و LC_{20}) از روش پروبیت و نرم‌افزار IBM SPSS 19.0 استفاده شد. داده‌های خام حاصل از یادداشت‌برداری‌های روزانه، به منظور تعیین پارامترهای بیولوژیکی بر اساس نظریه جدول زندگی با استفاده از برنامه TWO-SEX_Ms Chart (Chi, 2016) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین‌های مربوط به مراحل مختلف سنی و دوره‌های زیستی مربوط به باروری در سطح احتمال آماری ۵ درصد و توسط آزمون توکی-کرامر (Tukey-Kramer) صورت گرفت (SAS Institute, 2002). میانگین‌ها به همراه خطاهای استاندارد تمامی پارامترهای بیولوژیکی با استفاده از روش Paired bootstraps با ۱۰۰ هزار بار تکرار محاسبه گردید (Huang and Chi, 2013).

نتایج و بحث

آزمایش‌های زیست‌سنجی

غلظت کشندگی ۵۰ درصدی (LC_{50}) حشره‌کش-کنه‌کش تیامتوکسام برای کنه تارتن دو لکه‌ای با محدوده اطمینان ۹۵٪، ۷۵۶۵/۹ پی‌پی‌ام محاسبه گردید. هیچ مرگ‌ومیری برای تیمار شاهد ثبت نگردید (جدول ۱).

تأثیر غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام بر طول مراحل مختلف رشدی در هر دو جنس نر و ماده کنه تارتن *T. urticae*

نتایج تأثیر غلظت‌های زیرکشنده کنه‌کش تیامتوکسام بر طول مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دو لکه‌ای در مقایسه با شاهد در جدول ۲ نشان داده‌شده است. مشاهده شد که طول دوره‌های رشدی کنه‌های نر و ماده تارتن تیمار شده با غلظت‌های مختلف تیامتوکسام در مقایسه با شاهد هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در مقایسه با پژوهش Smith et al. (2013) روی کنه تارتن دو لکه‌ای، طول دوره‌های زیستی پیش از بلوغ در کنه‌های تیمار شده با دو حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی شامل تیامتوکسام (۰/۳۴ میلی گرم ماده فعال[1]/بذر) و ایمیداکلوپراید (۰/۳۷۵ میلی گرم ماده فعال/بذر) در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد که با نتایج حاصل از این پژوهش مغایرت داشت. این اختلاف می‌تواند

1- Active ingredient

ناشی از اختلاف در غلظت به کار گرفته شده و یا نوع آفت‌کش باشد. همچنین، Ako et al. (2006) نشان دادند که کاربرد حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی ایمیداکلوپراید (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) سبب کاهش معنی‌دار جمعیت افراد در مراحل قبل از بلوغ کنه‌های تارتن دو لکه‌ای شده است.

جدول ۱. تجزیه و تحلیل پروبیت غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام

Table 1. The probit analysis of thiamethoxam sublethal concentrations

LC_5	LC_{10}	LC_{20}	LC_{50}	Slope ± SE	X^2	P-value	df	NO.
4378.02 (3830.3–4815.2)	4940.31 (4430.8–5345.7)	5718.71 (5274.2–6079.6)	7565.9 (7220.3–7927.6)	6.92±0.65	1.50	0.68	4	480

*Twenty individuals per replicate, four replicates per concentration, six concentrations per assay.
*LC values are showed as ppm with 95% confident limited.

در این مطالعه، غلظت‌های زیرکشنده (LC_{10} و LC_{20}) به طور معنی‌دار باعث کاهش میانگین طول عمر بالغین جنس ماده کنه تارتن دو لکه‌ای در مقایسه با تیمار شاهد شدند. میانگین طول دوره بلوغ کنه‌های نر و ماده در تیمار LC_{20} و شاهد به ترتیب ۹/۷۷ تا ۱۰/۵۶ و ۱۰/۳۱ تا ۱۳/۰۱ روز بود (نر: df=3,61, F= 1.3, P=0.28، ماده: df=3,180, F= 416.9, P<0.0001). همچنین میانگین طول دوره زندگی نر و ماده در تیمار LC_{20} و شاهد به ترتیب از ۲۰/۱۵ تا۰۰/ ۲۱ و از ۲۰/۸۹ تا ۲۳/۷۱ روز متغیر بود (نر: df=3,180, F= 171.6, P<0.0001، ماده: df=3,61, F= 1.19, P=0.032). مشابه با نتایج حاصل از این پژوهش، Pozzebon et al. (2011) گزارش کردند که کاربرد تیامتوکسام (۹۵ میلی گرم ماده فعال بر لیتر) سبب کاهش معنی‌دار طول دوره بقاء در کنه تارتن دو لکه‌ای شد. همچنین Qu et al. (2015) کاهش معنی‌دار دوره زیستی بقاء شته *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae) تیمار شده با غلظت کم کشنده[1] ایمیداکلوپراید (۰/۲۰ میلی‌گرم برلیتر) را مطابق با یافته‌های این پژوهش گزارش کردند. روند مشابه نتایج به دست آمده در این پژوهش، در مطالعه‌ی Silva et al. (2019) دیده شد که در اثر تیمار کنه *Panonychus ulmi* Koch با ۱۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ لیتر ایمیداکلوپراید، بقاء به طور معنی‌داری کاهش یافت. این در حالی است که طبق نتایج حاصل از مطالعات Smith et al. (2013) هنگامی که کنه‌های تارتن دو لکه‌ای در معرض بذرهای مربوط به پنبه که با تیامتوکسام (۰/۳۴ میلی گرم ماده فعال/بذر) تیمار شده بودند قرار گرفتند، مدت زنده‌مانی آنها نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود.

پارامترهای تولید مثلی

در جدول ۳ نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های LC_5، LC_{10} و LC_{20} زیرکشندگی بر طول دوره‌های تولیدمثلی و

1- low-lethal

جدول ۲. اثرات غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام بر طول مراحل زیستی مختلف (روز ± خطا) *Tetranychus urticae*

Table 2. Effects of sublethal concentrations of thiamethoxam on the length of various biological stages (day ± SE) *Tetranychus urticae*

sex	Stage	Sublethal concentration			
		Control	LC_5	LC_{10}	LC_{20}
Male	Egg (day)	4.19±0.10a	4.15±0.11a	4.21±0.11a	4.15±0.12a
	Larva (day)	2.11±0.09a	2.08±0.08a	2.07±0.09a	2.08±0.08a
	Protonymph (day)	2.12±0.09a	2.15±0.12a	2.14±0.11a	2.09±0.08a
	Deutonymph (day)	2.09±0.06a	2.09±0.08a	2.07±0.07a	2.08±0.08a
	Longevity (day)	10.56±0.18a	10.62±0.41a	10.14±0.35a	9.77±0.44a
	Total life span (day)	21.00±0.25a	21.08±0.45a	20.64±0.41a	20.15±0.49a
Female	Egg (day)	4.16±0.04a	4.19±0.04a	4.12±0.04a	4.21±0.05a
	Larva (day)	2.14±0.04a	2.15±0.04a	2.11±0.04a	2.06±0.03a
	Protonymph (day)	2.26±0.06a	2.25±0.05a	2.19±0.04a	2.26±0.05a
	Deutonymph (day)	2.12±0.04a	2.11±0.04a	2.12±0.04a	2.04±0.02a
	Longevity (day)	13.01±0.02a	12.95±0.04a	11.88±0.07b	10.31±0.10c
	Total life span (day)	23.71±0.08a	23.65±0.11a	22.43±0.12b	20.89±0.11c

*Means within a row followed by the same letter are not significantly different (Tukey–Kramer $p < 0.05$).

جدول ۳. اثرات غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام بر پارامترهای بیولوژیکی *Tetranychus urticae*

Table 3. Effects of sublethal concentrations of thiamethoxam on biological parameters of *Tetranychus urticae*

parameter	Sublethal concentration			
	Control	LC_5	LC_{10}	LC_{20}
Oviposition period	10.92±0.03 a	10.84±0.06 a	9.76.±0.05b	8.15±0.11 c
APOP[1]	1.09±0.03a	1.09±0.03a	1.11 ±0.03a	1.11±0.04a
TPOP[2]	11.76±0.09a	11.79±0.10a	11.65±0.09a	11.69±0.08a
Total fecundity	61.10±0.22a	60.74±0.39a	51.85±0.32b	45.89±0.46c

*Means within a row followed by the same letter are not significantly different (Tukey–Kramer $p < 0.05$).
APOP:adult pre-oviposition period
TPOP: total pre-oviposition period.

باروری کل کنه تارتن دولکه‌ای نشان داده شده است. میانگین طول دوره تخم‌ریزی به طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده بود به طوری که از ۸/۱۵ تا ۱۰/۹۲ روز در تیمارهای مختلف، متغیر بود (df=3,180, F= 386.96, P<0.0001). نتایج نشان داد که دوره پیش از تخم‌گذاری در بالغین تحت تأثیر هیچ‌کدام از تیمارها

قرار نگرفت (df=3,180, F= 0.13, P=0.94). باروری کل از ۶۱/۱ در تیمار شاهد تا ۴۵/۸۹ در غلظت LC_{20} متغیر بود، به طوری که تحت تاثیر غلظت‌های آزمایشی بطور معنی‌دار روند نزولی نشان داد (df=3,180, F=422.6, P<0.0001). مشابه با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، Ako et al. (2004, 2006) که به بررسی اثرات ایمیداکلوپراید (۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) علیه کنه تارتن دو لکه‌ای در شرایط آزمایشگاهی پرداختند، کاهش باروری را برای کنه‌های تیمار شده در مقایسه با تیمار شاهد گزارش نمودند. این در صورتی است که James and Price (2002) به بررسی باروری کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با ایمیداکلوپراید (۱/۸-۱/۶ میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع) پرداختند، شاهد افزایش باروری و عدم تأثیر بر میزان باروری بودند.

همچنین بر اساس گزارش Zarandi et al. (2018) باروری کنه‌های *Panonychus citri* (McGregor) تیمار شده با ایمیداکلوپراید (20%، ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد ثبت گردید. این اختلاف می‌تواند ناشی از اختلاف در غلظت به کار گرفته شده، نوع آفت‌کش و یا نوع گونه کنه مورد مطالعه باشد.

پارامترهای جمعیتی

مقادیر مربوط به پارامترهای رشد جمعیت نتاج حاصل از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده کنه‌کش تیامتوکسام در جدول ۴ ارائه شده است. نرخ ناخالص تولید مثل[1] به طور معنی‌داری تحت تاثیر غلظت‌های مختلف آزمایشی کاهش یافت. به طوریکه در غلظت LC_{20} به کمترین مقدار خود برابر با ۴۱/۵۲ نتاج/فرد رسید. نرخ خالص تولیدمثل[2] کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با تیامتوکسام با افزایش غلظت کاهش یافت. به‌طوری‌که کمترین میزان آن (۳۶/۷۱ نتاج/فرد) مربوط به کنه‌های تیمار شده با غلظت LC_{20} بود که با تیمار شاهد (۴۸/۸۸ نتاج/فرد) اختلاف معنی‌دار داشت. نرخ ذاتی افزایش جمعیت[3] با افزایش غلظت مصرفی، کاهش معنی‌داری را نشان نداد و میانگین آن در کنه‌های تیمار شاهد برابر با ۰/۲۳ بر روز به دست آمد. همچنین نرخ متناهی افزایش جمعیت[4] در این مطالعه بین ۱/۲۶ تا ۱/۲۵ بر روز متغیر بود. بیشترین و کمترین طول دوره یک نسل به ترتیب (۱۶/۶۱ روز) در تیمار شاهد و (۱۵/۶ روز) مربوط به کنه‌های تیمار شده با غلظت LC_{20} بود. Zeng et al. (2016) گزارش کردند که کاربرد غلظت زیرکشنده ایمیداکلوپراید (LC_{30})، سبب کاهش معنی‌دار آماری در نرخ ذاتی افزایش جمعیت در *Myzus persicae* Sulzer شده است. نتایج Barati and Hejazi (2015) نشان داد که کاربرد استامی‌پراید باعث افزایش معنی‌دار نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت کنه تارتن دو لکه‌ای شد که مغایر با نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌باشد. از جمله دلایل وجود این تفاوت می‌توان به شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده و تفاوت در نوع آفت‌کش اشاره نمود (Motoba et al., 1992).

همچنین Stavrinides and Mills (2009) گزارش کردند که نرخ رشدی جمعیت *Tetranychus pacificus* McGregor تیمار شده با ایمیداکلوپراید تحت تاثیر قرار نگرفته است. Yuan et al. (2017) کاهش معنی‌دار نرخ خالص تولیدمثل (R_0) را برای *Aphis gossypii* Golver (Hemiptera: Aphididae) تیمار شده با سیکلوکساپراید[5] (LC_{10} و LC_{40}) گزارش کردند که همسو با یافته‌های به دست آمده در این پژوهش می‌باشد.

1- Gross reproduction rate
2- Net reproductive rate

3- Intrinsic rate of increase
4- Finite rate of increase
5- cycloxaprid

جدول ۴- میانگین پارامترهای رشد جمعیت (±خطای معیار) کنه‌های *Tetranychus urticae* تحت تأثیر غلظت‌های زیر کشنده تیامتوکسام و شاهد

Table 4. The mean population growth parameters (± SE) of *Tetranychus urticae* under the influence of sublethal concentrations of thiamethoxam and control

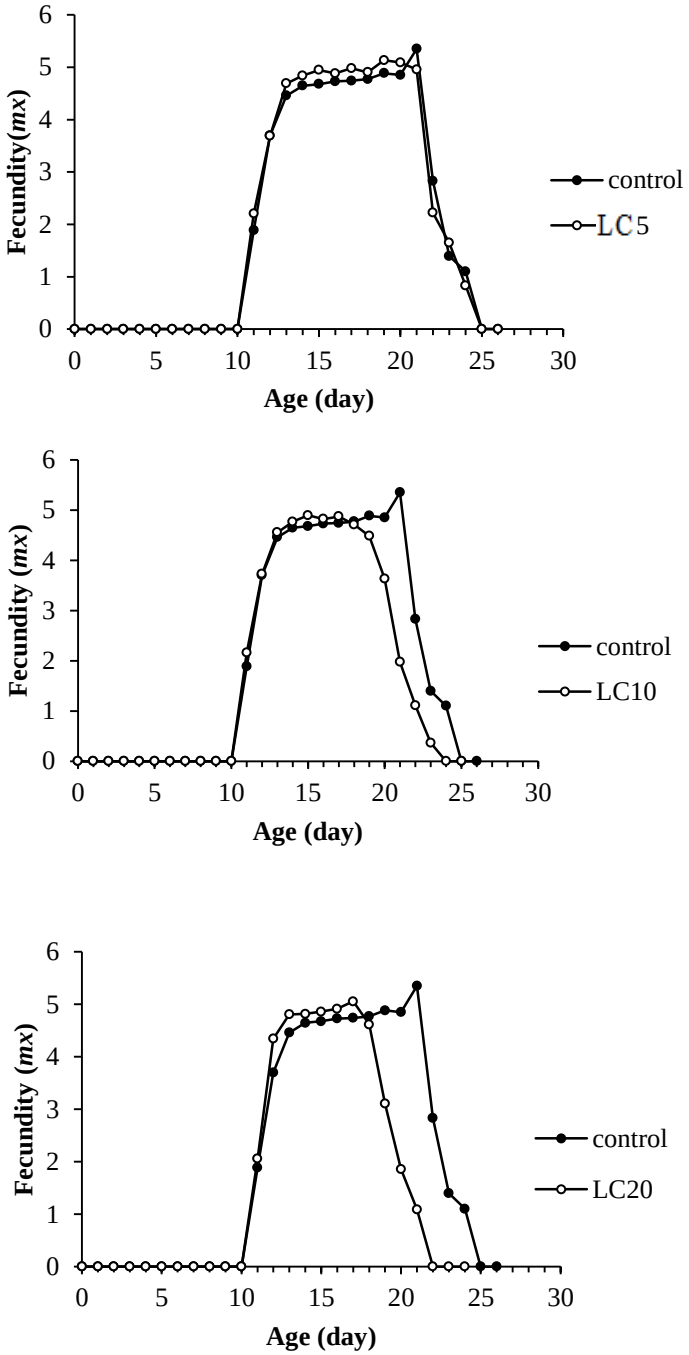
population growth parameters	Sublethal concentration				
	Control	LC_5	LC_{10}	LC_{20}	Unit
gross reproduction rate (*GRR*)	54.01±2.14a (54.01)	55.01±2.04a (55.01)	46.06±1.84b (46.07)	41.52±1.72b (41.52)	offspring/individual
net reproductive rate (R_0)	48.88±2.44a (48.87)	48.59±2.45a (48.58)	41.89±2.07b (41.90)	36.71±1.86c (31.71)	offspring/individual
intrinsic rate of increase (*r*)	0.23±0.003a (0.23)	0.23±0.003a (0.23)	0.23±0.003a (0.23)	0.23±0.003a (0.23)	Day^{-1}
finite rate of increase (λ)	1.26±0.004a (1.26)	1.26±0.004a (1.26)	1.26±0.004a (1.26)	1.25±0.004a (1.25)	Day^{-1}
Mean generation time (*T*)	16.61±0.08a (16.61)	16.53±0.09a (16.53)	16.05±0.09b (16.05)	15.60±0.07c (15.60)	Day

*The data in the first row were calculated for each parameter using Bootstrap and 100,000 repetitions, and the data in the second row were calculated using the main data. The mean of each row of the same letters does not have a significant difference (Paired-bootstrap test, 100,000 repetitions)

همچنین در پژوهشی دیگر، Miao et al., (2014) گزارش دادند که پارامترهای رشدی جمعیت شته غلات *Sitobion avenae* Fabricius (Hemiptera: Aphidoidea) تیمار شده با تیاکلوپراید و تیامتوکسام در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی داری کاهش پیدا کرده است.

بقاء و باروری

در شکل ۱ روند تغییرات بقای ویژه سنی (m_x) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام نشان داده شده است. حداکثر میزان باروری ویژه سنی (m_x) کنه‌های ماده در غلظت‌های LC_5، LC_{10} و LC_{20} به ترتیب برابر ۵/۱۳ تخم/فرد در روز نوزدهم، ۴/۸۹ تخم/فرد در روز پانزدهم، ۵/۰۵ تخم/فرد در روز هفدهم ثبت شد. بالاترین مقدار این پارامتر، ۵/۳۴ تخم/فرد در روز بیست و یکم برای کنه‌های تیمار نشده بدست آمد. در مقایسه، Ako et al. (2004) دریافتند که کاربرد تیامتوکسام (۱۲۰ و ۱۲۵ پی‌پی‌ام) میزان باروری کنه *T. urticae* را به طور معنی‌داری کاهش داده است. به طوری که کمترین و بیشترین میزان باروری به ترتیب برای تیمار شاهد و بالاترین غلظت ملاحظه شد که این روند کاهشی منطبق بر نتایج پژوهش حاضر بود. Fernandes et al. (2016) نتایج مشابهی پس از کاربرد غلظت زیرکشنده (LC_{20}) تیامتوکسام و ایمیداکلوپراید که به ترتیب شامل۰/۰۴، ۰/۰۰۱ ، ۰/۰۱ و ۰/۰۱ میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع بود، روی *Orius insidiosus* Say (Hemiptera:Anthocoridae) و *Chauliognathus flavipes* Fabricius (Coleoptera: Cantharidae) به دست آوردند. این محققین نشان دادند کاربرد غلظت LC_{20} دو ترکیب به کار برده شده باعث کاهش معنی‌دار ظرفیت باروری کل در این آفت شد.

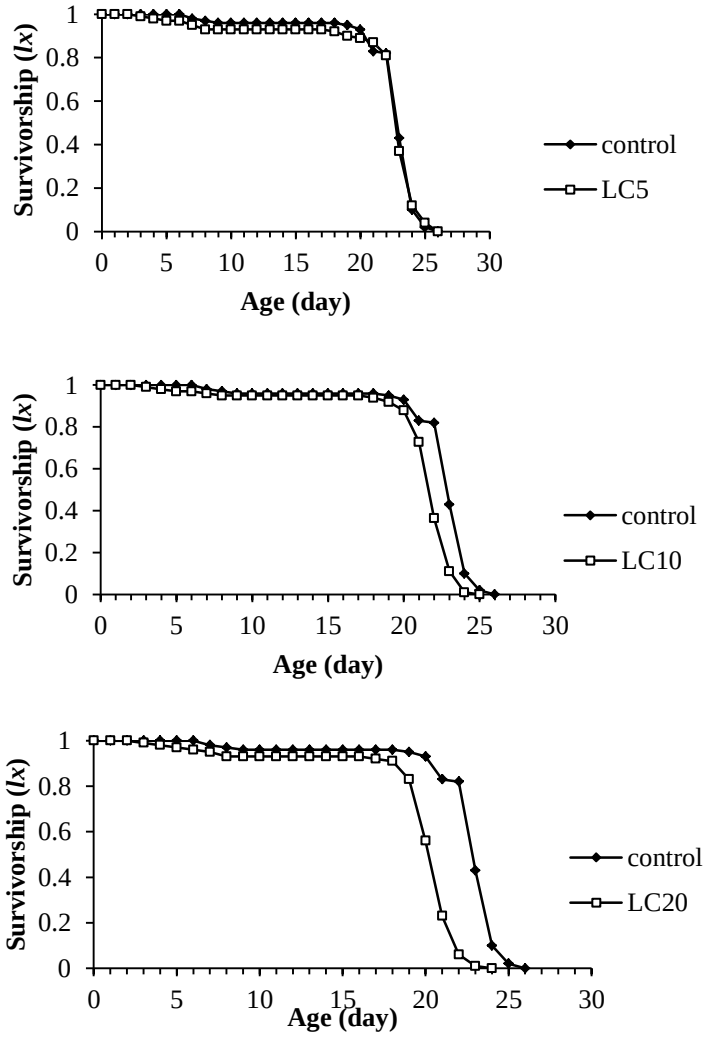


شکل ۱- منحنی باروری ویژه سنی (m_x) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام

Figure 1. Age-specific fecundity (*mx*) of the offspring of thiamethoxam treated and untreated mites of *Tetranychus urticae*

در شکل ۲ روند تغییرات بقای ویژه سنی (l_x) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمارشده با غلظت‌های زیرکشنده کنه‌کش تیامتوکسام نشان داده شده است. بیشترین طول عمر کنه‌های ماده در کنه‌های شاهد و غلظت LC_5، ۲۶ روز بود، در حالی که این میزان در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد زیرکشندگی به ترتیب ۲۵ و ۲۴ روز بود.

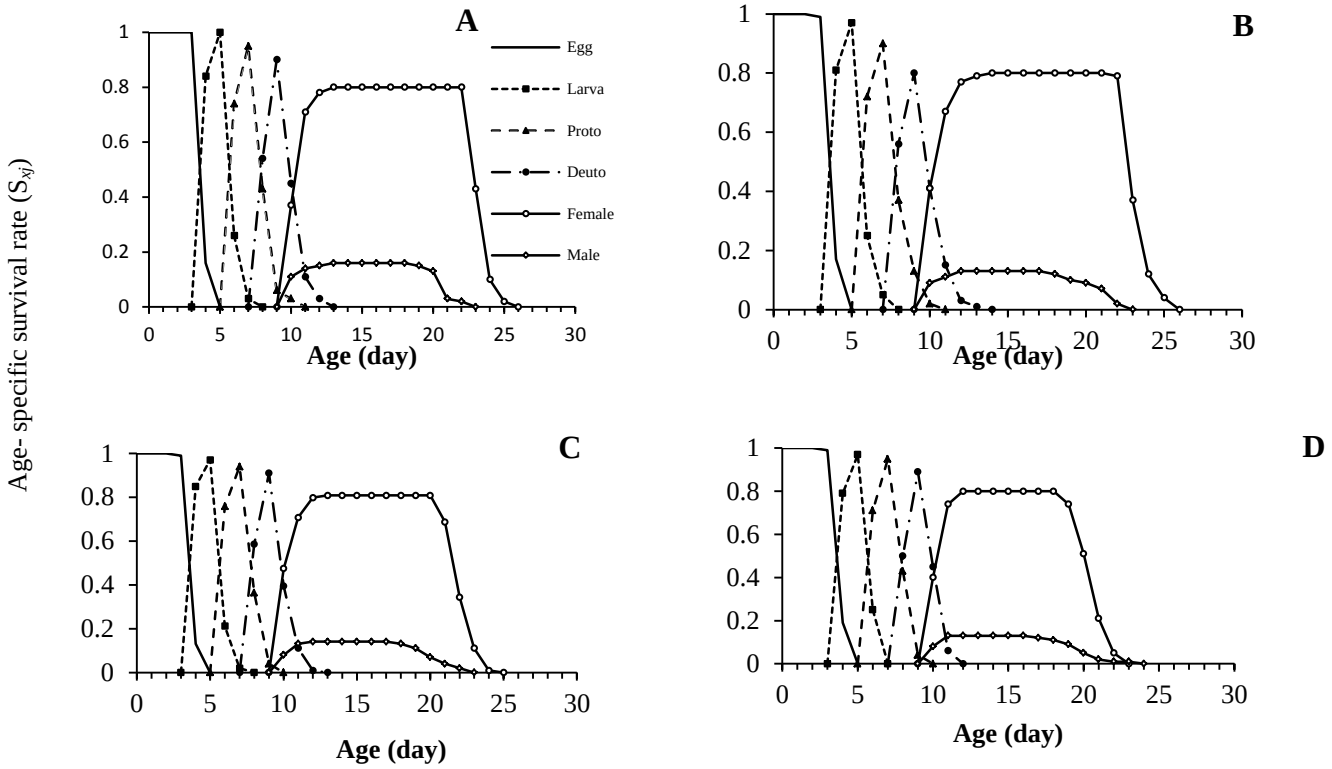
روند مشابه با نتایج به دست آمده در این پژوهش در مطالعه‌ی Wang et al. (2017) دیده شد، که در اثر تیمار شته پنبه *A. gossypii* با غلظت LC_{50} نیتنپیرام (نئونیکوتینوئید نسل دوم) بقای ویژه سنی در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت.



شکل ۲- منحنی بقای ویژه سنی (l_x) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام

Figure 2. Age-specific survivorship (*lx*) of offspring of thiamethoxam treated and untreated mites of *Tetranychus urticae*

در شکل ۳ منحنی بقای ویژه سن-مرحله زیستی (S_{xj}) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام نشان داده شده است که همپوشانی بین مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای را می‌توان مشاهده کرد. بیشترین نرخ زنده‌مانی کنه‌های ماده و نر در تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین Kavousi et al. (2009) همپوشانی بین مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دولکه‌ای *T. urticae* را پیش از این گزارش کردند.



شکل۳- منحنی بقای ویژه سن-مرحله زیستی (s_{xj}) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با غلظت های زیرکشنده تیامتوکسام (A: شاهد، B: LC_5، C: LC_{10}، D: LC_{20})

Figure 3. Age-stage specific survival rate (*sxj*) of *Tetranychus urticae* for control and different concentrations of thiamethoxam: Control (A), LC5 (B), LC10 (C), LC20 (D)

نتیجه‌گیری کلی

با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده در این پژوهش، می‌توان استنباط کرد که کاربرد غلظت‌های زیرکشنده تیامتوکسام، دارای اثرات منفی بر پارامترهای بیولوژیکی همچون طول دوره بلوغ و طول دوره زندگی بوده که در جلوگیری از افزایش طغیانی این آفت چند نسلی می‌تواند مؤثر باشد. همچنین میانگین باروری کل، طول دوره تخم‌ریزی، و برخی از پارامترهای پویایی جمعیت کنه تارتن دو لکه‌ای همچون نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) و متوسط طول یک نسل (T) با افزایش غلظت کاربردی تیامتوکسام (LC_{10} و LC_{20})، کاهش معنی‌داری را نشان داد. در نهایت، مطالعات بیشتری به منظور مطالعات تکمیلی بررسی اثرات زیرکشندگی حشره‌کش-کنه‌کش تیامتوکسام بر پارامترهای زیستی کنه

تارتن دو لکه‌ای در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای جهت تعیین مناسب‌ترین ترکیب شیمیایی در تلفیق با سایر عوامل کنترلی به منظور یافتن ترکیبی با کمترین خطر برای دشمنان طبیعی و محیط زیست پیشنهاد می‌شود.

سپاس‌گزاری

از حمایت‌های مالی و امکانات فراهم شده توسط دانشگاه تهران جهت اجرای این پژوهش تشکر و قدرانی می‌شود.

RERERENCES

Ako, M., Poehling, H.M., Borgemeister, C. and Nauen, R. 2006. Effect of imidacloprid on the reproduction of acaricide-resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Pest Management Science, 62(5): 419-424.

Ako, M., Borgemeister, C., Poehling, H.M., Elbert, A. and Nauen, R., 2004. Effects of neonicotinoid insecticides on the bionomics of two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). Journal of Economic Entomology, 97(5): 1587-1594.

Alzoubi, S. and Çobanoğlu, S. 2010. Bioassay of some pesticides on two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch and predatory mite *Phytoseiulus persimilis* AH. International Journal of Acarology, 36(3): 267-272.

Antonious, G.F. and Snyder, J.C. 2006. Natural products: repellency and toxicity of wild tomato leaf extracts to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 41(1): 43-55.

Barati, R. and Hejazi, M.J. 2015. Reproductive parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) affected by neonicotinoid insecticides. Experimental and Applied Acarology, 66(4): 481-489.

Brandenburg, R.L. and Kennedy, G.G. 1987. Ecological and agricultural considerations in the management of twospotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). Agricultural Zoology Reviews, 2: 185–236.

Chi, H. 1990. Timing of control based on the stage structure of pest populations: a simulation approach. Journal of Economic Entomology, 83(4): 1143-1150.

Chi, H. 2016. Twosex-Mschart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.

Desneux, N., Decourtye, A. and Delpuech, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology, 52: 81-106.

Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W. and Nauen, R. 2008. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. Pest Management Science, 64(11): pp.1099-1105.

Fernandes, M.E., Alves, F.M., Pereira, R.C., Aquino, L.A., Fernandes, F.L. and Zanuncio, J.C., 2016. Lethal and sublethal effects of seven insecticides on three beneficial insects in laboratory assays and field trials. Chemosphere, 156: 45-55.

Gorman, K., Hewitt, F., Denholm, L. and Devine, G.J. 2001. New developments in insecticid resistance in the glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in the UK. Pest Management Science, 58(2):123-130.

Havasi, M., Kheradmand, K., Mosallanejad, H. and Fathipour, Y. 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.

Helle, W. and Overmeer, W. P. J. 1985. Toxicological test methods. In: W. Helle and M.W. Sabelis (eds), Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1A. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokio. pp.391-395.

Helle, W. and Sabelis, M.W. eds. 1985. Spider mites: their biology, natural enemies and control (Vol. 1, 403). Amsterdam, Elsevier.

Hossain, S., Haque, M. and Nader, N. 2006. Control of two–spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (acari: Tetranychidae) by some selected chemicals. University Journal of Zoology, Rajshahi University, 25: 15-18.

Huang, Y. B. and Chi, H. 2013. Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): with an invalidation of the jackknife technique. Journal of Applied Entomology, 137(5), 327-339.

IBM SPSS. "IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19." (2010).

James, D.G. and Price, T.S. 2002. Fecundity in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. Journal of Economic Entomology, 95(4): 729-732.

Jeschke, P. and Nauen, R. 2008. Neonicotinoids—from zero to hero in insecticide chemistry. Pest Management Science, 64(11): 1084-1098.

Kakde, A.M., Patel, K.G. and Tayade, S. 2014. Role of life table in insect pest management-A review. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS), 7: 40-43.

Kavousi, A., Chi, H., Talebi, K., Bandani, A., Ashori, A. and Naveh, V. H. 2009. Demographic traits of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on leaf discs and whole leaves. Journal of Economic Entomology, 102 (2): 595-601.

Khanamani, M., Fathipour, Y. and Hajiqanbar, H. 2013. Population growth response of *Tetranychus urticae* to eggplant quality: application of female age-specific and age-stage, two-sex life tables. International Journal of Acarology, 39(8): 638-648.

Krämer, W., Schirmer, U., Jeschke, P. and Witschel, M. eds. 2012. Modern Crop Protection Compounds: 3 volume set (Vol. 1). John Wiley and Sons.

Maienfisch, P., Angst, M., Brandl, F., Fischer, W., Hofer, D., Kayser, H., Kobel, W., Rindlisbacher, A., Senn, R., Steinemann, A. and Widmer, H. 2001. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. Pest Management Science, 57(10): 906-913.

Maleknia B, Fathipour Y. and Soufbaf, M. 2016. How greenhouse cucumber cultivars affect population growth and two-sex life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). International Journal of Acarology, 42(2): 70-78.

Marcic, D. 2003. The effects of clofentezine on life-table parameters in two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. Experimental and Applied Acarology, 30(3): 249-263.

Marcic, D. 2007. Sublethal effects of spirodiclofen on life history and life-table parameters of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). Experimental and Applied Acarology, 42(2): 121-129.

Miao, J., Du, Z.B., Wu, Y.Q., Gong, Z.J., Jiang, Y.L., Duan, Y., Li, T. and Lei, C.L. 2014. Sub-lethal effects of four neonicotinoid seed treatments on the demography and feeding behaviour of the wheat aphid *Sitobion avenae*. Pest Management Science, 70(1): 55-59.

Motoba, K., Suzuki, T. and Uchida, M. 1992. Effect of a new acaricide, fenpyroximate, on energy metabolism and mitochondrial morphology in adult female *Tetranychus urticae* (two-spotted spider mite). Pesticide Biochemistry and Physiology, 43(1): 37-44.

Nauen, R., Ebbinghaus-Kintscher, U., Salgado, V.L. and Kaussmann, M. 2003. Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. Pesticide Biochemistry and Physiology, 76(2): 55-69.

Pozzebon, A., Duso, C., Tirello, P. and Ortiz, P.B. 2011. Toxicity of thiamethoxam to *Tetranychus urticae* Koch and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari Tetranychidae, Phytoseiidae) through different routes of exposure. Pest Management Science, 67(3): 352-359.

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

Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K. and Savin, N.E. 2007. Bioassays with arthropods. CRC, Boca Raton, FL, p.199.

Sakai, A.K., Allendorf, F.W., Holt, J.S., Lodge, D.M., Molofsky, J., With, K.A., Baughman, S., Cabin, R.J., Cohen, J.E., Ellstrand, N.C. and McCauley, D.E. 2001. The population biology of invasive species. Annual Review of Ecology and Systematics, 32(1): 305-332.

SAS Institute. (2002) SAS/STAT User's Guide, version 9.2. Cary, NC: SAS Institute.

Sedaratian, A, Fathipour, Y. and Moharramipour, S. 2009. Evaluation of resistance in 14 soybean genotypes to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Journal of Pest Science, 82(2): 163-170.

Sedaratian, A., Fathipour, Y. and Moharramipour, S. 2011. Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on 14 soybean genotypes. Insect Science, 18(5):541-553.

Silva, D.E., do Nascimento, J.M., da Silva, R.T.L., Juchem, C.F., Ruffatto, K., da Silva, G.L., Johann, L., Corrêa, L.L.C. and Ferla, N.J., 2019. Impact of vineyard agrochemicals against *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) and its natural enemy, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in Brazil. Crop Protection, 123: 5-11.

Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Chagnon, M., Downs,C., Furlan, L., Gibbons, D.W., Giorio, C., Girolami, V. and Goulson, D. 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. Environmental Science and Pollution Research, 22(1): 5-34.

Smith, J.F., Catchot, A.L., Musser, F.R. and Gore, J. 2013. Effects of aldicarb and neonicotinoid seed treatments on two spotted spider mite on cotton. Journal of Economic Entomology, 106(2): 807-815.

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

Stavrinides, M.C. and Mills, N.J. 2009. Demographic effects of pesticides on biological control of Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) by the western predatory mite (*Galendromus occidentalis*). Biological Control, 48(3): 267-273.

Van Leeuwen, T. and Dermauw, W. 2016. The molecular evolution of xenobiotic metabolism and resistance in chelicerate mites. Annual Review of Entomology, 61: 475-498.

Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W. and Tirry, L. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 40(8): 563-572.

Wang, L., Zhang, Y., Xie, W., Wu, Q. and Wang, S. 2016. Sublethal effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (acari: Tetranychidae). Pesticide Biochemistry and Physiology, 132:102-107.

Wang, S., Qi, Y., Desneux, N., Shi, X., Biondi, A. and Gao, X. 2017. Sublethal and transgenerational effects of short-term and chronic exposures to the neonicotinoid nitenpyram on the cotton aphid *Aphis gossypii*. Journal of Pest Science, 90(1): 389-396.

Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R.M. and Duynslager, L. 2012. Arthropod pesticide resistance database. Available in< http://www. pesticideresistance. org/search/1>. Accessed, 1, (http:// www.pestiside resistance.org).

Yuan, H.B., Li, J.H., Liu, Y.Q., Cui, L., Lu, Y.H., Xu, X.Y., Li, Z., Wu, K.M. and Desneux, N. 2017. Lethal, sublethal and transgenerational effects of the novel chiral neonicotinoid pesticide cycloxaprid on demographic and behavioral traits of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). Insect Science, 24(5): 743-752.

Zanardi, O.Z., Bordini, G.P., Franco, A.A., de Morais, M.R. and Yamamoto, P.T. 2018. Spraying pyrethroid and neonicotinoid insecticides can induce outbreaks of *Panonychus citri* (Trombidiformes: Tetranychidae) in citrus groves. Experimental and Applied Acarology, 76(3): 339-354.

Zeng, X., He, Y., Wu, J., Tang, Y., Gu, J., Ding, W. and Zhang, Y. 2016. Sublethal effects of cyantraniliprole and imidacloprid on feeding behavior and life table parameters of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology, 109(4): 1595-1602.

© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Evaluation of sublethal effects of thiamethoxam on the biological parameters of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)

M. R. Havasi[1], K. Kheradmand[2*], H. Mosallanejad[3] and Y. Fathipour[4]

1. Ph.D. Student, Department of Entomology and Plant Pathology, Aburaihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
2. ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Entomology and Plant Pathology, Aburaihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran (kkheradmand@ut.ac.ir)
3. Asistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extention Organization (AREEO), Tehran, Iran
4. Professor, Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(DOI): 10.22055/ppr.2019.14930

Received: 27 April 2019 Accepted: 10 November 2019

Abstract

Background and Objectives

The two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) is one of the key pests that can damage a wide range of crops.

Materials and Methods

In this study, sublethal effects of thiamethoxam (Actara®) in three concentrations including LC_5, LC_{10} and LC_{20} on biological parameters of two-spotted spider mite was assessed at 25±2 ºC, 60±5 % RH, and a photoperiod of 16:8 (L:D) hr. The life table, reproductive and population growth parameters of *T. urticae* were also studied. The raw data were analyzed based on two-sex life table analysis.

Results

Based on the results, sublethal concentrations of thiamethoxam significantly reduced the mean fecundity and lifespan from 61.1 eggs/individual and 23.71 days, respectively, in control treatment to 45.89 eggs/individual and 20.89 days in LC_{20} treatment. The intrinsic and finite rate of increase (r, λ) was not affected by the increase of concentration. The net reproductive rate (R_0) reached its lowest level (36.71 offspring/individual) in LC_{20} treatment.

Discussion

The results of this study showed that the sublethal concentrations of thiamethoxam affected some biological parameters of *T. urticae*. The results of this research can be used to design management plans for two-spotted spider mite.

Keywords: Tetranychus urticae, Thiamethoxam, Sublethal effects, Life table parameters