

DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2021.13504>**اثرات کشندگی و زیرکشندگی ترکیب دی‌فلوویدازین روی کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri*)**میثم سلیمانی کراتی، محمد قدمیاری[✉]، آزاده کریمی ملاطی، الهه شفیعی علویجهگروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران. [✉]mghadamyari@gmail.com

پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۰

بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۱۵

دریافت: ۹۹/۱۲/۲۳

چکیده

کنه قرمز مرکبات، *Panonychus citri* یک گونه آفت گیاهی مهم در مناطق پرورش مرکبات جهان است. به علت استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی با طیف اثر وسیع علیه این آفت و آفات دیگر در مناطق مرکبات‌کاری، *P. citri* تبدیل به یک آفت جدی در باغ‌های مرکبات از جمله باغ‌های مرکبات شمال کشور شده است. در این تحقیق اثرات کنه‌کشی و زیرکشندگی ترکیب دی‌فلوویدازین روی مراحل مختلف زندگی کنه قرمز مرکبات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دی‌فلوویدازین روی مراحل تخم، لارو و دئوتونمف کنه قرمز مرکبات سمیت بالایی داشت. اثرات زیرکشندگی دی‌فلوویدازین روی پارامترهای جدول زندگی کنه قرمز مرکبات بررسی شد و نتایج کاهش معنی‌دار میانگین طول نسل، طول عمر افراد بالغ، دوره تخم‌ریزی و باروری را نشان داد. نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به ترتیب برای شاهد و تیمار دی‌فلوویدازین ۱۱/۲ و ۱/۶۲ نتاج به ازای هر کنه ماده به دست آمد. نرخ ذاتی (r) و متناهی (λ) افزایش برای شاهد به ترتیب ۰/۱۳۳ و ۱/۱۴۲ بر روز و برای تیمار LC_{30} دی‌فلوویدازین به ترتیب ۰/۰۳۳ و ۱/۰۳۴ بر روز بود. به طور کلی غلظت زیرکشنده دی‌فلوویدازین روی همه پارامترهای رشد جمعیت در دئوتونمف‌های تیمار شده اثر کنترل‌کنندگی داشت. در مجموع، نتایج نشان دهنده اثرات کشندگی و زیرکشندگی دی‌فلوویدازین روی کنه قرمز مرکبات بوده و می‌توان این ترکیبات را در قالب برنامه مدیریت مقاومت برای کنترل این کنه به کار برد.

کلمات کلیدی: جدول زندگی، سم‌شناسی دموگرافیک، سمیت، کنه‌کش

Lethal and sub-lethal effects of diflovidazin on citrus red mite, *Panonychus citri*Meysam Soleymani Karati, Mohammad Ghadamyari[✉], Azadeh Karimi-Malati, Elaheh Shafiei Alavijeh

Department of Plant Protection, College of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

[✉]mghadamyari@gmail.com

Received: 13 Mar 2021

Revised: 5 May 2021

Accepted: 11 Aug 2021

Abstract

Citrus red mite, *Panonychus citri* is an important plant pest species in the citrus growing regions of the world. Due to the use of chemical pesticides with a wide range of effects against this pest and other pests in citrus orchards, *P. citri* has become a serious pest in citrus orchards, including citrus orchards in the north of the country. In this study, the acaricidal and sublethal effects of diflovidazin on different stages of citrus red mite were investigated. The results showed that diflovidazin was highly toxic to the eggs, larvae and deutonymph stages of citrus red mite. The sublethal effects of diflovidazin on the parameters of citrus red mite life table were investigated and the results showed a significant decrease in generation length average, adult longevity, fecundity and fertility period. The net reproduction rates (R_0) were 11.2 and 1.62 offspring per female mite for control and treatment of diflovidazin, respectively. The intrinsic (r) and finite (λ) rates of increase for the control were 0.133 and 1.142 per day, respectively, and for the LC_{30} treatment was 0.033 and 1.034 per day, respectively. In general, the sub-lethal concentration of diflovidazine showed a diminishing effect on all population growth parameters in treated deutonymphs. Overall, the results indicate the lethal and sub-lethal effects of diflovidazin on citrus red mites, and this compound can be recommended as part of a resistance management program to control this mite.

Keywords: Acaricide, Demographic Toxicology, Life Table, Toxicity**How to cite:**Soleymani Karati M, Ghadamyari M, Karimi-Malati A, Shafiei Alavijeh E, 2022. lethal and sub-lethal effects of diflovidazin on citrus red mite, *Panonychus citri*. Journal of Applied Research in Plant Protection 11 (1): 49–59.

مقدمه

کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) یکی از مهم‌ترین آفات مرکبات در جهان است. موطن اولیه این کنه جنوب شرقی آسیا بوده و از آنجا به سایر مناطق مرکبات کاری جهان گسترش یافته است (Hu et al. 2010). کنه قرمز مرکبات یک گونه چندین خوار (Polyphagous) است، میزبان‌های آن بیشتر گیاهان چوبی و میزبان اصلی آن درختان مرکبات است (Bolland, Gutierrez & Flechtmann 1998). این کنه یکی از آفات مهم مرکبات در شمال ایران است که در سال ۱۳۱۵ به کشور وارد شد (Behdad 2009). کنه قرمز مرکبات در نواحی شمالی ایران دارای ۱۹ نسل است و بیش‌ترین فعالیت این آفت در دو بازه زمانی اوایل فروردین تا اواخر خرداد (فصل بهار) و اوایل مهر تا اواخر آذر قابل مشاهده است (Mirabalu et al. 2014) که این افزایش تراکم باعث خسارت فراوان به باغ‌های مرکبات می‌شود. در اثر خسارت، بافت سبز گیاه شفافیت خود را از دست داده و جای نیش فراوان و رنگ پریده روی برگ و ساقه‌های سبز ایجاد می‌شود (Niu et al. 2011). افزایش جمعیت این آفت طی سالیان اخیر باعث شده است تا استفاده از روش‌های مختلف کنترل در برنامه مدیریت این آفت الزامی شود. هرچند متأسفانه حفاظت از خسارت آفات در باغ‌های مرکبات همانند حفاظت از سایر محصولات کشاورزی، به طور عمده به استفاده از آفت-کش‌ها وابسته بوده است. تاکنون گروه‌های متنوعی از ترکیبات شیمیایی به تنهایی یا مخلوط با هم به‌عنوان کنه‌کش ثبت شده‌اند (Vacante, 2010). در ایران برای کنترل کنه قرمز مرکبات روغن‌پاشی زمستانه به همراه یکی از کنه‌کش‌های هگزیتیازوکس (Hexythiazox)، فن‌پیروکسیمیت (Fenpyroximate)، کلوفنتزین (Clofentezine) و اسپیرودایکلوفن (Spirodiclofen) و مبارزه بهاره با استفاده از یکی از کنه‌کش‌های آمیتراز (Amitraz)، برم‌پروپیلات (Bromopropylate) یا هگزیتیازوکس و فن‌پیروکسیمیت توصیه می‌شود (Mirabalu et al. 2014). دی‌فلوئیدازین (Diflovidazin) یا فلوفنزین (Flufenzin) ترکیبی از گروه تترازین‌ها با نام تجاری فلومایت® (Flumite) می‌باشد. دی-فلوئیدازین دارای خصوصیات بهبود یافته سیستمیک موضعی (Local systemic or translaminar) و انتقال به تخمدان (Transovarian) و دارای فشار بخار بالایی است (Jeschke et al. 2019). فلومایت® اثر کنه‌کشی روی تخم و لارو کنه‌های گیاهی به ویژه گونه‌های دو جنس *Tetranychus*

Panonychus نشان داده و برای حشرات مفید و کنه‌های شکارگر سمیت کمی دارد (Bretschneider & Nauen 2007). این ترکیب در گروه بازدارنده‌های رشد (Growth inhibitors) توسط IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) طبقه‌بندی شده است و از سنتز کیتین در کنه‌ها جلوگیری می‌کند که هم خانواده‌های این آفت‌کش دو ترکیب کلوفنتزین و هگزیتیازوکس هستند (IRAC 2020; Sparks & Nauen 2015). این کنه‌کش انتخابی عمل کرده و با میزان مصرف پایین (۸۰ گرم ماده‌ی موثره در هکتار) کنترلی موثر علیه کنه‌های جنس *Panonychus*، *Tetranychus*، *Aculus* و *Calipitimerus* روی سیب و انگور داشت (Specifications, 2004). در یک پژوهش سمیت فلوفنزین روی تخم، لارو و افراد بالغ کنه قرمز مرکبات بررسی و مقدار LC₅₀ روی هرکدام از مراحل رشدی به ترتیب ۱۱/۰، ۳۵/۶ و ۶۱۷۳ میلی‌گرم ماده موثره بر لیتر گزارش شد (Gao et al. 2004). رشد جمعیت کنه‌ها می‌تواند توسط عواملی از قبیل شرایط زیست محیطی (دما و رطوبت نسبی)، گونه‌ها، واریته‌ها، کیفیت غذا، آلوده‌شیمیایی موجود در گیاه میزبان، رقابت درون و برون گونه‌ای، شکارگری و آفت‌کش‌ها تحت تاثیر قرار گیرد و در این موارد ممکن است پارامترهای زیستی، فیزیولوژی و رفتاری کنه تغییر کند (Lei et al. 2004; Kasap 2009; Gotoh et al. 2004). درک اکولوژی آفات و تخمین توانایی تولیدمثل و پارامترهای رشد جمعیت حشرات، به منظور دستیابی به یک برنامه مدیریت آفات، اکولوژی نظری و کاربردی موفق از اهمیت خاصی برخوردار است (Carey, 1993). جدول زندگی رشد و توسعه، بقا و باروری آفت را توصیف می‌کند (Chi & Liu 1985) و می‌توان تاثیر آفت‌کش‌ها بر بقا و عوامل محدود کننده نرخ رشد جمعیت آفت را با جدول زندگی مشخص کرد (Marcic 2003). بررسی اثر فلوفنزین روی پارامترهای جدول زندگی کنه‌های بالغ (Acari: *Tetranychus urticae* Koch) نشان داد که طول عمر ماده‌ها، دوره تخم‌ریزی و باروری کل کاهش می‌یابد (Havasi et al. 2018). تیمار کنه شکارگر (Acari: *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) با غلظت‌های زیر کشنده دی‌فلوئیدازین به تدریج طول عمر و کل زندگی هر دو جنس نر و ماده را کاهش داد (Havasi et al. 2019). با توجه به سم‌پاشی‌های گسترده در شمال کشور روی کنه قرمز مرکبات، در این تحقیق سمیت یک ترکیب بازدارنده رشد (دی‌فلوئیدازین) روی کنه قرمز مرکبات

بود. آزمایش با استفاده از برج پاشش (Potter Tower) (ساخت دانشگاه گیلان) با میزان پاشش $0.2 \pm 1/5$ میلی‌گرم بر سانتی‌مترمربع انجام شد، شاهد نیز با آب مقطر تیمار شد. برای انجام آزمایش زیست‌سنجی روی مرحله‌ی تخم، از دیسک‌های برگی دارای تخم هم‌سن، استفاده شد. همچنین در آزمایش برای مراحل متحرک شامل مرحله لارو، پورگی و کنه‌های بالغ ماده، از کنه‌های هم‌سن استفاده شد و در روی هر دیسک برگی برای آزمایش مراحل متحرک، ۲۰ کنه هم‌سن قرار داده شد. برای هر غلظت چهار الی پنج تکرار در نظر گرفته شد. نمونه‌ها در انکوباتور با دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس، رطوبت 10 ± 70 درصد، دوره روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار داده شدند و میزان مرگ و میر بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت ثبت شد. در بررسی مرگ و میر تخم کنه قرمز مرکبات، تخم‌های تفریخ نشده بعد از مدت دو هفته (براساس چرخه زندگی) مرده محسوب شدند. در بررسی مراحل متحرک کنه‌هایی که پس از تحریک با قلم‌مو قادر به حرکت به اندازه طول بدن خود نبودند، مرده در نظر گرفته شدند (Khajehali et al. 2011).

بررسی اثرات زیرکشنده

برای بررسی اثرات زیرکشنده دی‌فلوویدازین روی پارامترهای جدول زندگی کنه قرمز مرکبات، مرحله دئوتونمف این کنه با غلظت زیرکشنده‌ی LC₃₀ این ترکیب با استفاده از دستگاه برج پاشش انجام شد. این تیمار به مدت ۲۴ ساعت انجام شد و کنه‌های زنده مانده تا زمان ظهور کنه‌های بالغ روی دیسک‌های برگی نگهداری شدند. در این تیمار صد عدد تخم از کنه‌های ماده زنده مانده از تیمار دی‌فلوویدازین برای بررسی اثرات روی مراحل نابالغ و ۵۰ عدد تخم برای شاهد در نظر گرفته شدند. پس از تفریخ تخم‌ها، لاروهای حاصل به صورت جداگانه به دیسک‌های برگی جدید منتقل شدند و رشد و نمو و بقای کنه‌های موجود در هر واحد آزمایشی، روزانه بررسی و ثبت شد (Askari et al. 2013).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های آزمایش‌های زیست‌سنجی توسط نرم‌افزار Polo plus تجزیه و تحلیل شدند و LC₃₀ و LC₅₀ محاسبه شد و از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ برای رسم نمودارها استفاده شد. نسبت سمیت LC₅₀ در سطح اطمینان بالا و پایین، با تقسیم نسبت‌های به دست آمده در سطح ۹۵ درصد محاسبه و گزارش

بررسی شد. با در نظر گرفتن اثرات تنظیم کنندگی رشد دی‌فلوویدازین روی آفات، بررسی پارامترهای زیستی و جدول زندگی در دئوتونمف‌های تیمار شده کنه قرمز مرکبات با این ترکیب از اهداف دیگر این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

کنه‌کش مورد استفاده

در این تحقیق از کنه‌کش دی‌فلوویدازین (فلومایت®)، SC (20%) ساخت شرکت Agro-Chemie Ltd مجارستان استفاده شد.

جمع‌آوری جمعیت کنه قرمز مرکبات

جمعیتی از کنه قرمز مرکبات بدون سابقه مصرف کنه‌کش (درختان مرکبات محوطه دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان) در بهار ۱۳۹۵ جمع‌آوری و به اتاق پرورش انتقال یافت. به‌منظور پرورش کنه قرمز مرکبات از نهال نارنج (Citrus aurantium L.) استفاده شد و قبل از انجام زیست‌سنجی‌ها به مدت سه نسل در آزمایشگاه پرورش داده شد. جمعیت آفت در شرایط اتاق پرورش (دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس، رطوبت 10 ± 70 درصد و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگهداری شد. برای بدست آوردن افراد هم‌سن جهت استفاده در آزمایش‌های زیست‌سنجی، ۲۰ کنه بالغ ماده‌ی بارور به دیسک‌های برگی نارنج منتقل شدند. بعد از ۲۴ ساعت کنه‌ها به دیسک دیگری منتقل شدند؛ تخم‌های گذاشته شده در زیست‌سنجی استفاده شدند. در مورد مراحل لاروی، پورگی و افراد بالغ، بعد از هم‌سن سازی و تفریخ تخم‌ها، تا رسیدن به مرحله مورد نظر روی دیسک‌های برگی در انکوباتور (دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس، رطوبت 10 ± 70 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی)) پرورش داده شدند (Villanueva & Walgenbach 2006).

زیست‌سنجی

ابتدا با انجام آزمایش‌های مقدماتی محدوده غلظت‌های مؤثر دی‌فلوویدازین روی کنه قرمز مرکبات تعیین شد. سپس غلظت‌هایی که میزان تلفات آنها بین ۱۰ تا ۹۰ درصد بود، در آزمایش نهایی استفاده شد. محدوده غلظت‌های مؤثر برای هریک از مراحل تخم، لارو و پورگی به ترتیب ۰/۲۵-۲۵، ۱۵-۰/۵ و ۱۵-۰/۵ بدست آمد که تعداد غلظت‌های مورد آزمایش برای تخم و لارو هشت و مرحله پورگی هفت غلظت

زیست‌سنجی دی‌فلوویدازین روی مراحل مختلف زندگی کنه قرمز مرکبات

نتایج زیست‌سنجی دی‌فلوویدازین روی مراحل مختلف زندگی کنه قرمز مرکبات نشان داد که این ترکیب در غلظت‌های پایین روی مراحل نابالغ این کنه اثر کشندگی بالایی داشت (جدول ۱) در حالی که روی افراد بالغ این کنه اثر کشندگی نشان نداد و با کاربرد غلظت بالای ۲۰۰۰ میلی‌گرم ماده فرموله شده بر لیتر مرگ و میری مشاهده نشد؛ بنابراین، LC_{50} برای مرحله بالغ محاسبه نشد. با توجه به این که دی‌فلوویدازین بازدارنده رشد بوده و در پوست اندازی اختلال ایجاد می‌کند، به همین دلیل مرگ و میر پایین مرحله بالغ کنه قابل توجیه می‌باشد (Demaeght et al. 2014; Hu et al. 2010). در پژوهش حاضر، بررسی اثر کنه‌کشی دی‌فلوویدازین روی سه مرحله تخم، لارو و دئوتونمف کنه قرمز مرکبات نشان داد که LC_{50} این ترکیب روی لارو کم‌تر از دو مرحله دیگر بود، پس از لارو، تخم با LC_{50} برابر با ۰/۶۷۴ میلی‌گرم بر لیتر از حساسیت بالایی در واکنش به این ترکیب برخوردار بود.

شد. داده‌های مربوط به جدول زندگی *P. citri* تحت تاثیر دی‌فلوویدازین براساس نظریه جدول زندگی سن- مرحله رشدی، دوجنسی (Chi & Liu 1985; Chi 2015) تجزیه شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار Two-Sex-MSchart (Chi 2015) استفاده شد و نرخ بقای ویژه سن مرحله رشدی (S_{xj}) ، تولیدمثل ویژه سن مرحله رشدی (v_{xj}) ، نرخ بقای ویژه سن (l_x) ، باروری ویژه سن (m_x) ، تولیدمثل ویژه سن $(l_x m_x)$ و امید به زندگی ویژه سن مرحله رشدی (e_{xj}) محاسبه شد. همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) ، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) ، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و زمان میانگین نسل (T) محاسبه شدند. داده‌های مربوط به باروری و زادآوری به وسیله نرم‌افزار SAS 9.1 با استفاده از آزمون تی- استیودنت در سطح احتمال آماری ۵٪ تجزیه شد (Rodenhouse et al. 2004).

نتایج و بحث

ارزیابی اثر کشندگی دی‌فلوویدازین روی جانور بالغ

جدول ۱. زیست‌سنجی دی‌فلوویدازین روی مراحل مختلف نابالغ *Panonychus citri*.

Developmental stage	N*	Slope±SE	χ^2	Df	LC ₃₀ (95%CI)**	LC ₅₀ (95%CI)**
Egg	360	1.26 ± 0.19	2.28	6	0.258 (0.096-0.46)	0.674 (0.314-1.06)
Larvae	360	1.56 ± 0.17	0.20	6	0.184 (0.118-0.254)	0.398 (0.292-0.52)
Deutonymph	360	2.3 ± 0.57	4.78	5	0.676 (0.272-0.966)	1.144 (0.712-1.468)

*Number of mites in bioassay.

**Lethal concentrations and their 95% confidence limits (CI) were presented as mg active ingredient (a.i.) difluvidazine per liter.

کنه فلفل (Acari: Polyphagotarsonemus latus (Bank) Tarsonemidae) را کاهش داد (Sarkar et al. 2014). در بررسی انجام شده بیشترین اثر روی مراحل نابالغ به ویژه تخم و لارو مشاهده شد. در بررسی انجام شده روی کنه قرمز اروپایی، (Acari: Teranychidae) *P. ulmi* (Koch) در تیمار با کلوفنتزین و هگزیتیاژوکس، اثر تخم‌کشی و لاروکشی کلوفنتزین در غلظت‌هایی پایین بیش از هگزیتیاژوکس گزارش شد (Welty et al. 1988)؛ در مطالعه حاضر دی‌فلوویدازین در کم‌ترین غلظت (۰/۳۹۸ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین سمیت را روی مرحله لارو و سپس تخم داشت که با نتایج تحقیق گزارش شده روی کنه قرمز اروپایی مطابقت دارد. همانند نتایج تحقیق حاضر، اتوکسازول به عنوان ترکیب بازدارنده رشد کنترل مناسبی روی تخم و لارو کنه قرمز مرکبات داشت و اثری روی بالغین ماده نداشت (Ochiai et al. 2009).

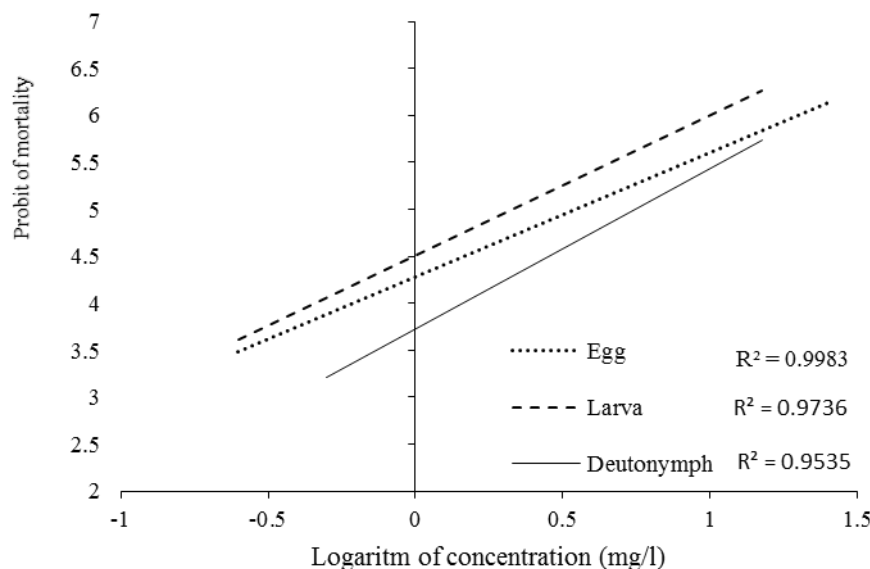
در این تحقیق استفاده از بالاترین غلظت دی‌فلوویدازین روی کنه‌های ماده بالغ مرگ و میری ایجاد نکرد. به نظر می‌رسد که غالب ترکیبات بازدارنده رشد روی افراد بالغ اثر کشندگی ندارند. Gao et al. (2004) با بررسی سمیت هگزیتیاژوکس، کلوفنتزین، فلوبنزامین (Flubenzamine)، فلونکسورون (Flufenoxuron) و فلوسیکلوکسورون (Flucyclohexuron) به عنوان ترکیباتی که نحوه عمل مشابهی با دی‌فلوویدازین دارند؛ روی کنه قرمز مرکبات نشان دادند که هیچ یک از این ترکیبات روی افراد بالغ موثر نیستند، که نتایج بررسی حاضر با مطالعه انجام شده مطابقت داشت. در بررسی اثر کلوفنتزین روی درخت لیمو، میانگین تعداد تخم‌ها، مراحل نابالغ و بالغین کنه قرمز مرکبات موجود روی برگ و میوه سه هفته پس از محلول‌پاشی صفر گزارش شد (Jamieson & Stevens 2009). کلوفنتزین تفریح تخم و ظهور مراحل متحرک

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های زیست سنجی نشان داد که در آزمایش‌های زیست سنجی، با اطمینان ۹۵ درصد بین مرگ و میر ناشی از غلظت‌های مختلف دی‌فلویدازین روی مراحل مختلف زندگی کنه قرمز مرکبات، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نسبت سمیت LC_{50} دی‌فلویدازین روی هر یک از مراحل با حدود اطمینان بالا و پایین در جدول ۲ آورده شده است. قابل ذکر است که عدم اختلاف بین تیمارهای دئوتونمف-تخم و تخم-لارو به دلیل هم‌پوشانی LC_{50} دی‌فلویدازین روی این مراحل می‌باشد؛ چون در محدوده اطمینان ۹۵ درصد سمیت نسبی، عدد یک نیز واقع شده است بنابراین LC_{50} این مراحل با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد ندارند.

(2007). هرچند افراد بالغ که از کنه‌های تیمار شده ایجاد شدند پارامترهای رشد جمعیت‌شان تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده دی‌فلویدازین قرار گرفت.

رابطه لگاریتم غلظت-پاسخ مراحل نابالغ کنه قرمز مرکبات تحت تاثیر دی‌فلویدازین و ضریب تبیین (R^2) در شکل ۱ آمده است. نتایج نشان داد با افزایش غلظت، مرگ و میر نیز افزایش پیدا کرد و خطوط غلظت-پاسخ دئوتونمف با لارو موازی می‌باشد که نشان‌دهنده یکسان بودن کیفیت آنزیم‌های سم‌زدا بوده ولی کمیت این آنزیم‌ها در مرحله دئوتونمف بالاتر از مرحله لاروی می‌باشد.

مقایسه سمیت دی‌فلویدازین روی مراحل نابالغ کنه قرمز مرکبات



شکل ۱. رابطه لگاریتم غلظت-پروبیت درصد مرگ و میر مراحل مختلف *Panonychus citri* در پاسخ به کنه کش دی‌فلویدازین.

Figure 1. Logarithm of concentration-probit of mortality (%) of different developmental stages of *Panonychus citri* in response to diflovidazin acaricide.

جدول ۲. مقایسه سمیت دی‌فلویدازین روی مراحل مختلف زندگی *Panonychus citri*.

Table 2. The comparison of diflovidazin toxicity on different developmental stages of *Panonychus citri*.

Developmental stage	Toxicity Ratio	Down level	Up level
Deutonymph to Egg	1.70	0.92	3.13
Deutonymph to larvae	2.87*	1.89	4.37
Egg to Larvae	1.69	0.93	3.10

*an asterisk indicates whether there is a significant difference between LC_{50} of developmental stages (based on 95% CI).

در جدول ۳ آمده است. نتایج تجزیه آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین طول دوره رشدی مراحل لارو، پروتونمف و دئوتونمف و مجموع دوره پیش از بلوغ در تیمارهای شاهد و دی‌فلویدازین مشاهده نشد. اما میانگین طول دوره جنینی در این دو تیمار اختلاف معنی‌داری داشت به طوری که مدت

اثرات غلظت زیرکشنده LC_{30} دی‌فلویدازین روی ویژگی‌های رشدی و پارامترهای جدول زندگی کنه قرمز مرکبات تاثیر دی‌فلویدازین روی طول دوره رشدی مراحل مختلف زندگی کنه قرمز مرکبات: میانگین طول دوره رشدی هر یک از مراحل زندگی کنه قرمز مرکبات و کل طول دوره پیش از بلوغ

تفریح تخم در تیمار دیفلویدازین بیش تر از شاهد بود. دیفلویدازین به صورت قابل توجهی نسبت به شاهد کاهش میانگین طول عمر کنه های بالغ و کل دوره زندگی نیز در تیمار پیدا کرد.

جدول ۳. تاثیر غلظت زیرکشنده LC₃₀ دیفلویدازین روی طول دوره (روز) مراحل مختلف زندگی کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri*) (میانگین $\pm$ S.E).

Table 3. The sub-lethal concentration effect of diflovidazin on the duration (days) of different stages of citrus red mite (*Panonychus citri*) (mean $\pm$ S.E).

Treatment	Egg	Larvae	Protonymph	Deutonymph	Adult Longevity	Pre-developmental period	Whole Life
Control	6.33 $\pm$ 0.06*	1.64 $\pm$ 0.07	1.67 $\pm$ 0.08	1.98 $\pm$ 0.09	11.18 $\pm$ 0.44*	11.62 $\pm$ 0.17	21.32 $\pm$ 0.77*
Diflovidazin	6.81 $\pm$ 0.06	1.59 $\pm$ 0.06	1.55 $\pm$ 0.07	1.81 $\pm$ 0.07	3.33 $\pm$ 0.23	11.79 $\pm$ 0.14	10.96 $\pm$ 0.42

*The significant difference at 95% level.

کنه ماده (Total preovipositional period: TPOP) پارامتر مناسبی به شمار می آید زیرا به خوبی نشان دهنده تاثیر اولین باروری روی پارامترهای جمعیت است (Gabre et al. 2005). مجموع طول دوره پیش از تخم ریزی، در تیمار دیفلویدازین به طور معنی داری کاهش یافت و کنه هایی که در معرض غلظت زیرکشنده دیفلویدازین قرار گرفته بودند، TPOP کمتری نسبت به شاهد داشتند. همان گونه که ذکر شد دیفلویدازین بر مجموع دوره پیش از بلوغ تاثیر معنی داری نداشت، همچنین غلظت زیرکشنده دیفلویدازین، دوره تخم ریزی کنه های ماده بالغ را به صورت معنی داری در مقایسه با شاهد کاهش داد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که تعداد تخم های گذاشته شده توسط کنه ماده در تیمار با غلظت LC₃₀ دیفلویدازین نیز در مقایسه با شاهد به شدت کاهش یافته بود.

ظرفیت تولیدمثلی کنه قرمز مرکبات تحت تاثیر غلظت زیرکشنده دیفلویدازین

تاثیر غلظت LC₃₀ دیفلویدازین بر ویژگی های تولیدمثلی و طول دوره ی تخم ریزی کنه قرمز مرکبات ثبت شد و پارامترهایی مانند باروری، طول دوره پیش از تخم ریزی کنه بالغ، مجموع دوره پیش از تخم ریزی و طول دوره تخم ریزی در جدول ۴ قابل مشاهده است. طول دوره پیش از تخم ریزی کنه های بالغ (Adult preovipositional period: APOP) که از زمان ظهور کنه بالغ تا اولین تخم ریزی محاسبه شد که در تیمار دیفلویدازین کاهش یافت که این می تواند به دلیل کاهش طول عمر کنه های ماده باشد که نسبت به شاهد به مقدار قابل توجهی کمتر بود. از دیدگاه دموگرافی مجموع طول دوره ی پیش از تخم ریزی (مرحله ی تخم تا اولین روز تخم ریزی

جدول ۴. تاثیر غلظت زیرکشنده دیفلویدازین روی ظرفیت تولیدمثلی (میانگین $\pm$ S.E) کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri*).

Table 4. The sub-lethal concentration effect of diflovidazin on the reproduction capacity of citrus red mite (*Panonychus citri*) (mean $\pm$ S.E).

Treatment	APOP** (day)	TPOP*** (day)	Oviposition period (day)	Fertility (egg/female)
Control	0.9 $\pm$ 0.07*	13 $\pm$ 0.19*	9.87 $\pm$ 0.63*	18.06 $\pm$ 1.19*
Diflovidazin	0.32 $\pm$ 0.11	12.21 $\pm$ 0.2	2.95 $\pm$ 0.3	6.48 $\pm$ 1.13

*The significant difference at 95% level. **APOP: The length of period before oviposition of female mites. ***TPOP: Total length of pre- oviposition period.

این دوره اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۵)، بنابراین اختلاف در نرخ ذاتی افزایش جمعیت متاثر از طول دوره رشدی کنه قرمز نخواهد بود. درحقیقت آن چه که باعث کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت در کنه قرمز تیمار شده با غلظت زیرکشنده دیفلویدازین شده است، کاهش باروری و کاهش m_x می باشد. علاوه بر این، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) یا نرخ خالص باروری که نشان دهنده تعداد نتاج ماده در طول دوره ی زندگی برای ماده ها است و نیز نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)

تاثیر دیفلویدازین روی پارامترهای جدول زندگی کنه قرمز مرکبات

نتایج نشان داد که نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) کنه قرمز مرکبات در تیمار دیفلویدازین با شاهد تفاوت معنی داری داشت و با کاهش قابل توجهی مواجه شد. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به این که طول دوره پیش از بلوغ تحت تاثیر تیمار دیفلویدازین قرار نگرفت و در تیمار شاهد و دیفلویدازین

کنه قرمز مرکبات، به طور چشم‌گیری در تیمار دی‌فلوویدازین کمتر از شاهد بود. همچنین میانگین زمان نسل (T) در تیمار دی‌فلوویدازین به شدت کاهش یافت.

جدول ۵. اثر زیرکشنده دی‌فلوویدازین روی پارامترهای جدول زندگی (میانگین $\pm$ SE). کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri*).

Table 5. The sub-lethal effect of diflovidazin on the life table parameters of citrus red mite (*Panonychus citri*) (mean $\pm$ S.E).

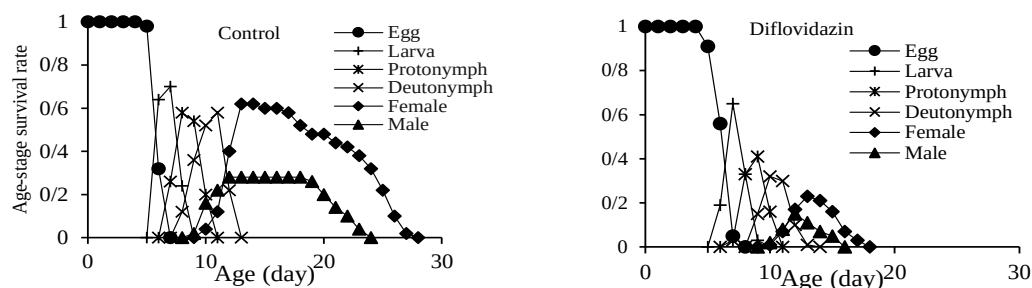
Treatment	r (day ⁻¹)	λ (day ⁻¹)	R_0 offspring/individual	GRR offspring/individual	T (day)
Control	0.133 $\pm$ 0.01*	1.14 $\pm$ 0.01*	11.2 $\pm$ 1.44*	17.13 $\pm$ 1.39*	18.09 $\pm$ 0.25*
Diflovidazin	0.033 $\pm$ 0.02	1.034 $\pm$ 0.02	1.62 $\pm$ 0.39	6.07 $\pm$ 1.21	14.35 $\pm$ 0.78

*The Significant Difference at 95% Level. R: Intrinsic Rate of Increase, Λ : Finite Rate of Increase, R_0 : Net Reproduction Rate, GRR: Gross Reproduction Rate, T: Mean Generation Time.

نرخ بقای ماده‌های بالغ بیش‌تر از نرها، در تیمار شاهد و دی‌فلوویدازین می‌باشد. همچنین میانگین نرخ بقای هر کدام از مراحل لارو، پروتونمف و دئوتونمف در شاهد به ترتیب ۰/۵۳، ۰/۳۹ و ۰/۳۶ و در تیمار دی‌فلوویدازین به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۱۸ و ۰/۱۸ ثبت شد. در شکل ۲ نشان داده شد که دوره‌های رشد و نمو مراحل مختلف رشدی با هم همپوشانی دارند و لارو نرخ زنده‌مانی بیش‌تری نسبت به پروتونمف و دئوتونمف داشت. همچنین کم‌ترین نرخ بقا برای مرحله دئوتونمف در تیمار دی‌فلوویدازین مشاهده شد که این مقدار در شاهد بیش‌تر بود.

تاثیر دی‌فلوویدازین روی نرخ بقای ویژه سن مرحله رشدی کنه قرمز مرکبات

منحنی نرخ بقا (s_{xj}) برای کنه قرمز مرکبات تیمار شده با غلظت LC_{30} دی‌فلوویدازین در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، غلظت LC_{30} دی‌فلوویدازین باعث کاهش نرخ بقای همه مراحل زیستی این آفت شد و منحنی نرخ بقا (s_{xj}) به سرعت وارد مرحله نزولی گردید. میانگین نرخ بقای نرها و ماده‌ها در شاهد به ترتیب ۰/۲ و ۰/۳۸ و در تیمار دی‌فلوویدازین به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۱۲ بود که نشان می‌دهد



شکل ۲. نرخ بقای ویژه سن - سنی (s_{xj}) برای مراحل مختلف رشدی *Panonychus citri* در تیمار شاهد و دی‌فلوویدازین.

Figure 2. Age-stage survival rate (s_{xj}) of *Panonychus citri* at different stages in control and diflovidazin treatments.

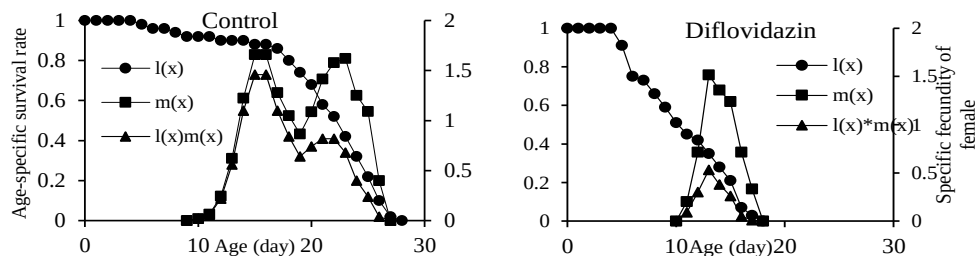
تخم در تیمارهای شاهد و دی‌فلوویدازین تا سن x زنده بماند به ترتیب ۷۰ و ۴۶ درصد می‌باشد. علاوه بر این مشخص شد که در هر دو شکل تابع بقا یک تابع نزولی یکنواخت است که نشان می‌دهد مرگ و میر در طول عمر به آهستگی رخ می‌دهد، اما در سنین بالا شدت می‌یابد. همان‌گونه که نتایج پژوهش حاضر نشان داد بقای افراد در تیمار دی‌فلوویدازین در روز ششم به شدت سیر نزولی پیدا کرد و در روز ۱۸ به صفر رسید. در تیمار شاهد نیز در روز ششم به تدریج احتمال بقا کاهش یافته

تاثیر دی‌فلوویدازین روی باروری ویژه سن، تولیدمثل ویژه سن و نرخ بقای کنه قرمز مرکبات

باروری ویژه سن کنه‌های ماده بالغ (m_x)، تولیدمثل ویژه سن ($l_x m_x$) کنه قرمز مرکبات و نرخ بقای ویژه سن کل گروه هم‌سن (l_x) در تیمار دی‌فلوویدازین در شکل ۳ نشان داده شده است. l_x احتمال این است که یک تخم تازه متولد شده تا سن x زنده بماند، بنابراین منحنی l_x شکل ساده شده نمودار S_{xj} است. بدین ترتیب می‌توان اظهار داشت که احتمال این‌که یک

اوج بود و پس از کاهش جزئی دوباره در روزهای ۲۲ و ۲۳ به اوج بازگشت و در نهایت در روز ۲۸ به صفر رسید. همچنین تولیدمثل ویژه نیز در تیمار دیفلویدازین به طور معنی داری از شاهد کم تر گزارش شد.

ولی در روز ۲۸ به صفر رسید. m_x در تیمار دیفلویدازین در روز ۱۳ از دوره زندگی (روز سوم بلوغ) به اوج خود رسید و بلافاصله طی پنج روز به صفر رسید. این در حالی بود که در تیمار شاهد در روزهای ۱۵ و ۱۶ میزان تخم‌ریزی افراد ماده در



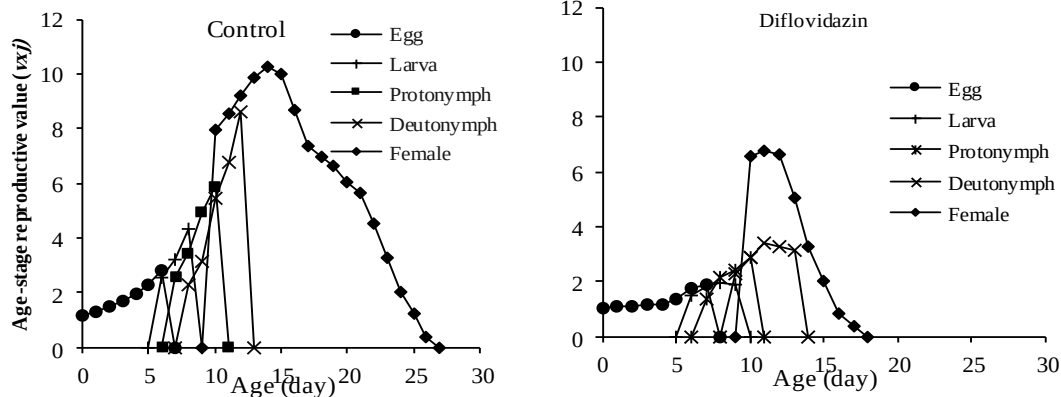
شکل ۳. نرخ بقای ویژه سن (l_x)، باروری ویژه سن (m_x) و تولیدمثل ویژه سن ($l_x m_x$) در تیمار شاهد و دیفلویدازین.

Figure 3. Age-specific survival rate (l_x), age-specific fecundity of the female (m_x) and age-specific maternity ($l_x m_x$) of *Panonychus citri* at different stages in control and diflovidazin treatments.

ارزش تولیدمثل به طور معنی داری کاهش یافت. شکل ۴ نشان می‌دهد که بیش‌ترین مشارکت در تولید مثل در تیمار شاهد در روزهای ۱۰ تا ۲۰ و در تیمار دیفلویدازین در روزهای ۱۰ تا ۱۳ اتفاق افتاد. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که در تیمار دیفلویدازین اوج تولید مثل پس از یک دوره کوتاه به شدت کاهش پیدا می‌کند.

تاثیر دیفلویدازین روی تولید مثل ویژه سن - مرحله رشدی کنه قرمز مرکبات

ارزش تولید مثل (v_{xj}) تعداد نتاجی است که انتظار می‌رود توسط هر فرد که در سن x و مرحله رشدی j است، در آینده تولید شود. تیمار دیفلویدازین بر مقدار تولید مثل کنه قرمز مرکبات تاثیر بسزایی داشت، به طوری که در این تیمار اوج



شکل ۴. ارزش تولید مثل ویژه سن-مرحله رشدی (v_{xj}) برای مراحل مختلف رشدی کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri*) در تیمار شاهد و دیفلویدازین.

Figure 4. Age-stage reproductive value (v_{xj}) of *Panonychus citri* at different stages in control and diflovidazin treatments.

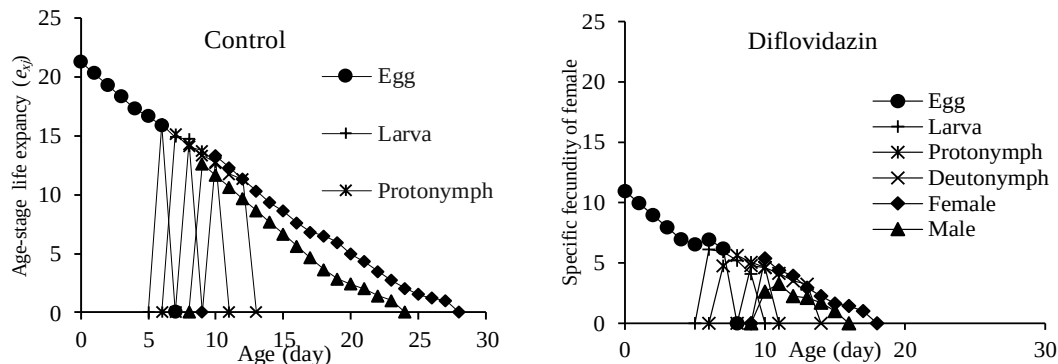
طول عمر، امید به زندگی کاهش یافت. از آنجا که تغییرات امید به زندگی رابطه عکسی با نرخ مرگ و میر دارد، بنابراین در اولین روز زندگی، امید به زندگی در بالاترین مقدار بود و هم‌زمان با افزایش سن کنه‌ها، منحنی‌های امید به زندگی در

تاثیر دیفلویدازین روی امید به زندگی کنه قرمز مرکبات

منحنی‌های امید به زندگی (e_{xj}) ویژه هر سن و مرحله رشدی کنه قرمز مرکبات در شکل ۵ ترسیم شده‌اند. همان گونه که در شکل ۵ قابل مشاهده است به طور کلی با افزایش

شاهد کاهش داد. امید به زندگی در اولین روز ظهور کنه‌های نر و ماده بالغ به ترتیب در شاهد ۱۲/۶۴ و ۱۳/۳۲ روز و در تیمار دی‌فلویدازین ۲/۶۲ و ۵/۳۸ روز ثبت شد که نشان‌دهنده کاهش قدرت زنده‌مانی کنه‌های بالغ می‌باشد.

هر دو تیمار روند نزولی پیدا کرد. بررسی نتایج تاثیر غلظت زیرکشنده دی‌فلویدازین روی کنه قرمز مرکبات نشان داد که تیمار دی‌فلویدازین روی امید به زندگی این آفت تاثیر بسزایی داشت و تقریباً آن را به نصف میزان امید به زندگی در تیمار



شکل ۵. امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی (e_{xj}) برای مراحل مختلف رشدی کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri*) در تیمار شاهد و دی‌فلویدازین.

Figure 5. Age-stage life expectancy (e_{xj}) of *Panonychus citri* at different stages in control and diflovidazin treatments.

فلویدازین روی کنه‌های بالغ دولکه‌ای اثر کشندگی داشت منتهی در پژوهش حاضر این ترکیب هیچ اثر کشندگی روی افراد بالغ کنه قرمز مرکبات نشان نداد. در بررسی اثر کشندگی کلوفنتزین روی بالغین کنه تارتن دولکه‌ای نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ بقای بالغین، نرخ طول عمر بالغین و نرخ خالص تولیدمثل در مقایسه با شاهد کاهش یافت که این تغییرات نشان دهنده موثر بودن این ترکیب در تمامی مراحل رشدی کنه و به عنوان پیشنهادی مناسب در مدیریت این آفت است (Marcic, 2003). نتایج بدست آمده از اثر دی‌فلویدازین روی کنه قرمز مرکبات و همچنین نتایج بدست آمده توسط سایر محققین روی گونه‌های مختلف کنه‌های آفت (Havasi et al. 2018; Marcic, 2006) نشان از اثر مشابه ترکیبات بازدارنده رشد روی کنه‌های خانواده Tetranychidae داشته پیشنهاد استفاده از این ترکیبات در کنترل کنه‌های این خانواده دارد. در بررسی غلظت‌های زیرکشنده دی‌فلویدازین روی ویژگی‌های جدول زندگی *N. californicus* به عنوان شکارگر *T. urticae*، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) تغییری در مقایسه با شاهد نداشت با این حال نرخ خالص تولید مثل کاهش یافت که عدم کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نشان دهنده مناسب بودن این ترکیب در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کنه تارتن دولکه‌ای است (Havasi et al.

بررسی اثر کشندگی آفت‌کش دی‌فلویدازین روی ماده‌های بالغ *T. urticae* نشان داد که میزان LC_{20} ، LC_{50} و LC_{90} به روش غوطه‌وری برگ (Leaf dip method) به ترتیب ۱۲۹۰/۸، ۲۳۶۲/۲ و ۵۹۲۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همچنین اثرات زیرکشنده دی‌فلویدازین در تیمارهای LC_5 ، LC_{10} و LC_{20} (۷۲۵/۱، ۹۴۱/۲ و ۱۲۹۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر، به ترتیب) روی کنه‌های بالغ ماده *T. urticae* نشان داد که طول دوره دئوتونمف، طول عمر و کل دوره زندگی، همچنین طول دوره تخم‌ریزی و باروری کل نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد و با افزایش غلظت زیرکشنده میزان اثر دی‌فلویدازین روی پارامترهای زیستی بیشتر بود (Havasi et al. 2018) نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده کاهش مدت زمان تفریح تخم، کاهش طول عمر، کاهش مجموع طول دوره پیش از تخم‌ریزی، تحت تاثیر غلظت LC_{30} دی‌فلویدازین بود. همچنین باروری و تفریح تخم تحت تاثیر این غلظت کاهش یافت که مشابه نتایج بدست آمده از تاثیر این کنه‌کش روی کنه تارتن دولکه‌ای بود. البته لازم به ذکر است که در تحقیق (Havasi et al. 2018) مرحله بالغ کنه دو لکه‌ای با روش غوطه‌وری برگ تیمار شده بودند ولی در تحقیق حاضر مرحله دئوتونمف کنه قرمز مرکبات با روش برج پاشش تیمار شده بود و اثرات زیرکشنده در نسل بعد مشاهده شد. در پژوهش (Havasi et al. 2018) دی-

دی‌فلوویدازین در غلظت زیرکشنده روی پارامترهای جدول زندگی کنه قرمز اثرگذار بوده و اثرات سوئی روی این آفت دارد و نرخ بقا و باروری کنه قرمز مرکبات تحت تاثیر دی‌فلوویدازین کاهش پیدا کرد. همچنین طول عمر، نرخ خالص تولیدمثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت و میانگین زمان نسل کنه قرمز مرکبات تحت تاثیر دی‌فلوویدازین قرار گرفت، APOP در کنه قرمز مرکبات تحت تاثیر دی‌فلوویدازین کاهش یافت که دلیل آن می‌تواند کاهش طول عمر و میانگین زمان نسل در تیمار دی‌فلوویدازین در مقایسه با شاهد باشد.

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، ترکیبات تنظیم کننده رشد همانند دی‌فلوویدازین از پتانسیل لازم به عنوان ابزاری موثر علیه ویژگی‌های زیستی کنه قرمز مرکبات داشته و می‌توانند به عنوان کنه‌کش در باغ‌های آلوده به این آفت توصیه شوند.

سیاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان در جهت فراهم کردن امکانات لازم برای انجام این تحقیق قدردانی می‌شود.

References

- Askari SG, Hejazi MJ, Amizadeh M, 2013. Lethal and sublethal effects of spiromesifen, spirotetramat and spirodiclofen on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46(11): 1278–1284.
- Bolland HR, Gutierrez J, Flechtmann CHW, 1998. World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari: Tetranychidae). Leiden, Brill Academic Publisher. 392 pp.
- Bretschneider T, Nauen R, 2007. Mite growth inhibitors (clofentezine, hexythiazox, etoxazole). In: Schirmer, U, Krämer, W, Jeschke, P, and Witschel, M (eds), *Modern Crop Protection Compounds*, Wiley-VCH. Pp. 1012–1028.
- Carey JR, 1993. *Applied Demography for Biologists: with Special Emphasis on Insects*. Oxford University Press.
- Chi H, 2015. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. [Http://140.120.197](http://140.120.197). [Accessed on 3 Feb. 2022].
- Demaeght P, Osborne EJ, Odman-Naresh J, Grbić M, Nauen R, et al., 2014. High resolution genetic mapping uncovers chitin synthase-1 as the target-site of the structurally diverse mite growth inhibitors clofentezine, hexythiazox and etoxazole in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 51: 52–61.
- Gabre RM, Adham FK, Chi H, 2005. Life table of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). *Acta Oecologica* 27(3): 179–183.
- Gao C-F, Xu J-T, Zhou W-J, Chen J, Shen J-L, 2004. Laboratory toxicity studies with flufenazine against citrus red mite [J]. *Pesticides*.
- Gotoh T, Kitashima Y, Adachi I, 2004. Geographic variation of susceptibility to acaricides in two spider mite species, *Panonychus osmanthi* and *P. citri* (Acari: Tetranychidae) in Japan. *International Journal of Acarology* 30(1): 55–61.
- Havasi M, Kheradmand K, Mosallanejad H, 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.
- Havasi M, Kheradmand K, Mosallanejad H, Fathipour Y, 2019. Sublethal effects of diflovidazin on demographic parameters of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* (Acari:

- Phytoseiidae). *International Journal of Acarology* 45(4), 238–244.
- Hu J, Wang C, Wang J, You Y, Chen F, 2010. Monitoring of resistance to spiroticlofen and five other acaricides in *Panonychus citri* collected from Chinese citrus orchards. *Pest Management Science* 66(9): 1025–1030.
- IRAC, 2020. Mode of Action Classification Scheme, Version 9.4. IRAC International MoA Working Group, Insecticide Resistance Action Committee.
- Jamieson LE, Stevens PS, 2009. Miticides against citrus red mites (*Panonychus citri*). *New Zealand Plant Protection* 62: 302–309.
- Jeschke P, Jeschke P, Witschel M, Krämer W, Schirmer U, 2019. Modern Crop Protection Compounds. John Wiley and Sons.
- Kasap İ, 2009. The biology and fecundity of the citrus red mite *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) at different temperatures under laboratory conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 33(6): 593–600.
- Khajehali J, Van Nieuwenhuyse P, Demaeght P, Tirry L, Van Leeuwen T, 2011. Acaricide resistance and resistance mechanisms in *Tetranychus urticae* populations from rose greenhouses in the Netherlands. *Pest Management Science* 67(11): 1424–1433.
- Lei HD, Hu JH, Li HJ, Ran C, Zhang QB, *et al.*, 2004. Performances of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae) on various citrus varieties. *Acta Entomologica Sinica* 47(5): 607–611.
- Li D, Tian J, Shen Z, 2006. Assessment of sublethal effects of clofentezine on life-table parameters in hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis*). *Experimental and Applied Acarology* 38(4): 255–273.
- 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.
- Niu J-Z, Liu G-Y, Dou W, Wang J-J, 2011. Susceptibility and activity of glutathione S-transferases in nine field populations of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) to pyridaben and azocyclotin. *Florida Entomologist* 94(2): 321–330.
- Ochiai N, Mizuno M, Mimori N, Miyake T, Dekeyser M, *et al.*, 2007. Toxicity of bifenazate and its principal active metabolite, diazene, to *Tetranychus urticae* and *Panonychus citri* and their relative toxicity to the predaceous mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Experimental and Applied Acarology* 43(3): 181–197.
- Rodenhouse NL, Best LB, O'Connor RJ, Bollinger EK, O'Connor RJ, *et al.*, 2004. SAS Institute Inc. In SAS, 3.
- Sarkar S, Patra S, Biswas MK, Das BC, Biswas AK, 2014. Bio-efficacy of Modern Acaricides against Chilli Mite, *Polyphagotarsonemus latus* Banks. *International Journal of Bio-Resource and Stress Management* 5(4): 545–548.
- Sparks, TC, Nauen, R, 2015. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 121: 122–128.
- Specifications FAO, 2004. Evaluations for agricultural pesticides. *Malathion, Food and Agricultural Organization of the United States*. Pp. 76.
- Vacante V. 2010. Citrus mites: identification, bionomy and control. CABI.
- Villanueva RT, Walgenbach JF, 2006. Acaricidal properties of spinosad against *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 99(3): 843–849.
- Welty C, Reissig WH, Dennehy TJ, Weires RW, 1988. Susceptibility to hexythiazox of eggs and larvae of European red mite (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 81(2), 586–592.



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)