نامه انجمن حشره‌شناسی ایران ۲۴۷-۲۳۵ ,(۳)۴۱ ,۱۴۰۰
JOURNAL OF ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF IRAN
2021, 41(3), 235-247
DOI: 10.22117/JESI.2022.354411.1416

مقالـهٔ علـمی پژوهـشی

بررسی اثرات کشندگی و زیرکشندگی سیترونلول و عصاره‌ی چریش در کنترل کنه قرمز مرکبات، *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae)

میثم سلیمانی‌کراتی، محمد قدمیاری* و الهه شفیعی علویجه

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mghadamyari@gmail.com

چکیده

کنهٔ قرمز مرکبات، *Panonychus citri* (McGregor) (Acari:Tetranychidae) یک آفت مهم گیاهی در مناطق کشت مرکبات جهان است. استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی با طیف اثر وسیع علیه این گونه و دیگر آفات در مناطق مرکبات‌کاری، این کنه را به یک آفت جدی در باغ‌های مرکبات در حاشیه دریای خزر درآورده است. اثرات کشندگی و زیرکشندگی دو ترکیب زیست‌سازگار سیترونلول و عصاره‌ی چریش روی مراحل مختلف زندگی کنهٔ قرمز مرکبات با استفاده از روش برج پاشش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سیترونلول روی مرحله‌ی تخم و عصاره‌ی چریش روی مرحله‌ی لاروی به ترتیب با LC_{50} معادل ۲۴۵/۵۵ و ۶۶۶/۹۴ میلی‌گرم بر لیتر، سمیت بالایی داشتند. بررسی اثرات زیرکشندگی سیترونلول و عصاره‌ی چریش روی ماده‌های بالغ کنهٔ قرمز مرکبات در مقایسه با شاهد باعث کاهش معنی‌دار باروری (۰/۱، ۱/۵ و ۱۸/۰۳ تخم به ازای هر ماده به ترتیب)، زادآوری (۰/۰۶۶، ۱/۰۷ و ۱۷ تخم تفریخ شده به ترتیب) و طول عمر (۵/۴۳، ۵/۸۶ و ۱۱/۸۳ روز به ترتیب) شد. در کل نتایج نشان دهنده‌ی اثر مناسب ترکیبات سیترونلول و عصاره‌ی چریش در کنترل مراحل ابتدایی رشد کنهٔ قرمز مرکبات با رویکرد حفاظت از محیط زیست بود. از این‌رو، می‌توان استفاده از این ترکیبات را در برنامه‌ی مدیریت مقاومت برای کنترل این کنه پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی: اثرات زیرکشندگی، باروری، کنه‌کش‌های گیاهی، کنهٔ قرمز مرکبات.

The investigation of lethal and sub-lethal effects of citronellol and neem extraction in control of red citrus mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae)

Meysam Soleymani Karati, Mohammad Ghadamyari*& Elaheh Shafiei Alavijeh

Department of Plant Protection, College of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
*Corresponding author, E-mail: mghadamyari@gmail.com

Abstract

Panonychus citri (McGregor) (Acari: Tetranychidae) is an important pest species in the citrus growing world. Due to broad spectrum chemical pesticides applied on citrus orchards pests, *P. citri* became an important citrus orchard pest in the north of Iran. In this study, lethal and sub-lethal effects of two biocompatible compounds, citronellol and neem extract, were investigated on different developmental stages of citrus red mite using the potter spray tower method. The results showed that citronellol and neem had high toxicity on egg and larval mite stages with LC_{50} values of 245.55 and 666.94 mg/L, respectively. The sub-lethal effects of citronellol and neem extract on adult citrus red mite in comparison control significantly reduced fecundity (0.1, 1.5 and 18.03 eggs/female, respectively), fertility (0.066, 1.07 and 17 hatched eggs/female, respectively) and longevity (5.43, 5.86 and 11.83 days, respectively). The results showed appropriate control effects of biomite® and neem extract against early growth stages of the citrus red mite with an environmental protection approach. Therefore, these compounds could be recommended in the program of resistance management of this pest.

Key words: *Sub-lethal effects, Fecundity, Botanical acaricides, Citrus red mite*.

Received: 2 May 2021, *Accepted:* 23 October 2021.

دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲، پذیرش ۱۴۰۰/۰۸/۰۱.

دبیر تخصصی : معصومه ضیائی

مقدمه

تولید مرکبات امروزه به یکی از منابع بسیار مهم تولید ثروت، مبادلات تجاری و اشتغال به کار ساکنین حدود ۱۲۵ کشور مرکبات‌خیز جهان تبدیل شده است (Ahangaran & Alizadeh, 2008). یکی از مهم‌ترین گونه‌های خسارت‌زا آفات روی مرکبات ، کنهٔ قرمز مرکبات (Citrus red mite)، *Panonychus citri* McGregor (Acari:Tetranychidae) است. این گونه دامنه‌ی میزبانی گسترده‌ای داشته و به بیش از ۱۱۰ گونه‌ی میزبان گیاهی حمله می‌کند که اغلب آنها مرکبات هستند (Vacante, 2010). در حاشیه جنوبی دریای خزر این گونه روی ارقام مرکبات، اهمیت اقتصادی دارد و سابقه کنترل شیمیایی آن به دهه ۱۳۵۰ بازمی‌گردد (Arbabi *et al.*, 2005).

مانند اغلب کنه‌های گیاهی، این آفت از سطح رویی برگ‌ها (میوه و شاخه‌های جوان) تغذیه کرده و باعث ایجاد لکه‌های سفید قابل مشاهده، تخریب مزوفیل و ریزش برگ‌ها می‌شود. آسیب به صورت مناطق رنگ پریده مشخص شده که سبب ایجاد ظاهری رنگ پریده و نقره‌ای مایل به خاکستری می‌شود (Jones & Parrella, 1984). بررسی روند نوسانات جمعیت کنه قرمز مرکبات در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در قائمشهر نشان داد که بیشترین تراکم جمعیت آفت در طول تابستان اتفاق افتاده و به ترتیب به میزان ۱۲۷/۳ و ۹۱/۱۵ عدد کنه در برگ بود. همچنین جمعیت این آفت در فصل پاییز فروکش کرده و به پایین‌ترین میزان خود می‌رسد (Faez *et al.*, 2018). جمعیت کنهٔ قرمز مرکبات توسط عوامل غیر زنده مانند شرایط آب و هوایی و عوامل زنده، مانند گونه‌های دیگر، تعامل با گیاهان میزبان، دشمنان طبیعی و فعالیت‌های کشاورزی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Jeppson *et al.*, 1975). مهمترین شکارگر کنهٔ قرمز مرکبات، کنه‌ی فیتوزئید *Typhlodromips caspiansis* Denmark & Daneshvar (Acari:Phytoseiidae) تعیین شده است (Rafati-fard *et al.*, 2004).

به کارگیری آفت‌کش‌های شیمیایی دارای معایب متعددی است که از جمله می‌توان به از بین رفتن دشمنان طبیعی، بروز پدیدهٔ مقاومت و طغیان مجدد آفت اشاره نمود (Liao *et al.*, 2013). در شمال ایران از آفت‌کش‌های رایج از جمله کلروپایریفوس، اتیون، دیازینون، آبامکتین، ایمیداکلوپرید، فن پیروکسیمیت و بروموپروپیلات برای کنترل آفات مرکبات استفاده می‌شود (Arbabi *et al.*, 2006). به دلیل استفاده از حشره‌کش‌های طیف وسیع علیه سایر آفات، دشمنان طبیعی این کنه تحت تأثیر قرار گرفته که منجر به کاهش فشار دشمنان طبیعی روی *P. citri* و تبدیل آن به آفتی جدی در باغ‌های مرکبات شده است (Kasap, 2009). با توجه چرخهٔ زندگی کوتاه، تولید نتاج فراوان و تولیدمثل نرزایی (Arrhenotokous)، کنه‌های خانواده Tetranychidae می‌توانند به سرعت به آفت‌کش‌ها مقاوم شوند و در نتیجه کنترل آن‌ها به مسئله‌ای چالش برانگیز تبدیل شده است (Van Leeuwen *et al.*, 2010)؛ براساس ویژگی‌های اشاره شده، تاکنون موارد مقاومت کنه‌ی قرمز مرکبات در استان‌های شمالی کشور به بروموپروپیلات (Emami & Ghadamyari, 2019) و فن‌پیروکسیمیت (Shafiei Alavijeh *et al.*, 2020) گزارش شده است.

به‌دلیل ناگزیر بودن بشر در استفاده از روش‌ها و محصولات مناسب در کنترل آفات، استفاده از ترکیبات با منشاء طبیعی و انتخابی می‌توانند جایگزین آفت‌کش‌های با طیف اثر وسیع باشند زیرا این ترکیبات به دلیل سمیت کم روی پستانداران، حفظ دشمنان طبیعی (Yu, 2014)، تجزیه سریع در محیط‌زیست و عدم دارا بودن بقایای سمی در محصولات کشاورزی (Feng & Isman, 1995) حائز اهمیت هستند. آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده، آفت‌کش‌های زیستی را براساس نوع ماده فعال به سه گروه اصلی آفت‌کش‌های گیاهی (آفت‌کش بر پایه گیاه تراریخته مقاوم شده)، بیوشیمیایی و میکروبی (عوامل کنترل زیستی) طبقه‌بندی کرده است (Aneja *et al.*, 2016). گاهی ممکن است ترکیب آفت‌کش‌های زیستی با شیمیایی در کنترل آفات گیاهی نقش بسزایی داشته

باشند؛ به‌عنوان مثال کاربرد تلفیقی قارچ *Beauveria bassiana* مخلوط با پیریدابن ٪۱۵ به صورت دو بار با فاصله ۱۵ روز در باغ‌های مرکبات باعث کنترل مطلوبی علیه کنه‌ی قرمز مرکبات شد (Shi & Feng, 2006).

گیاهان دارای طیف وسیعی از متابولیت‌های ثانویه هستند که در برهمکنش‌های متقابل گیاه و حشره نقش مهمی ایفا می‌کنند. متابولیت‌های ثانویه به عنوان دور کننده، بازدارنده تغذیه و تخم‌گذاری و یا ترکیبات سمی ایفای نقش کرده و گیاهان را در مراحل رشدی مختلف در برابر حشرات محافظت می‌کنند (Erdogan *et al.*, 2012). آفت‌کش آزادیراکتین از فرآورده‌های درخت چریش با نام علمی *Azadirachta indica* (A. Juss) از خانواده Meliaceae، از جمله ترکیباتی است که اثرات آفت‌کشی، ضد تغذیه‌ای، ممانعت از رشد یا تخم‌ریزی، ضد باروری و ضد هورمونی آن علیه طیف وسیعی از آفات مورد مطالعه قرار گرفته است (Zhong *et al.*, 2017). یکی از ترکیبات زیست‌سازگار و با منشأ گیاهی مناسب برای کنترل کنه‌ها، سیترونلول (بیومایت®) است. این کنه‌کش دارای شیوه تأثیر جدید بوده و از گسترش مقاومت کنه‌ها به کنه‌کش‌ها جلوگیری می‌کند و ترکیبی مناسب در برنامه‌های مدیریت مقاومت به کنه‌کش‌ها است. این فراورده حاوی سیترونلول (۰/٤۱۷٪)، گرانیول (۰/٤۱۷ ٪)، نرولیدول (۰/٤۱۷ ٪) و فارنزول (۰/۱٦۷ ٪) و دیگر مواد همراه (۹۸/۵۸۲ ٪) می‌باشد که در اجرای برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) می‌تواند به تنهایی و یا در تناوب با کنه‌کش‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد (Reilly *et al.*, 2009).

در میان ترکیبات گیاهی مورد بررسی در کنترل کنه تارتن خرما، *Oligonychus afrasiaticus* (MCG.)، به ترتیب عصارهٔ تجاری چریش، عصارهٔ چریش و سپس زیتون تلخ بیشترین سمیت را داشته و اثر هم‌افزایی این ترکیبات در تلفیق با اسانس مورتلخ *Salvia mirzayanii* Rech.f & Esfand گزارش شد (Sohrabi & Kohanmoo, 2017). سیترونلول بدون ویژگی گیاهسوزی در باغ‌های سیب در کنترل کنه قرمز اروپایی *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) مؤثر گزارش شده است (Shirdel & Arbabi, 2016). در مقایسه بین کنه‌کش‌های شیمیایی رایج شیمیایی، بایومایت کنترلی معادل ترکیبات شیمیایی روی کنهٔ زرد نیشکر *Oligonychus sacchari* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) داشته است (Ziaee *et al.*, 2017).

با توجه به تغییر شرایط اقلیمی و سم‌پاشی‌های مکرر علیه آفات مرکبات در شمال کشور به‌ویژه گلستان و مازندران و از بین رفتن دشمنان طبیعی، کنهٔ قرمز مرکبات به آفت جدی برای مرکبات شمال کشور تبدیل شده است. با توجه به استفاده گسترده کشاورزان از آفت‌کش‌ها و اثرات سوء آنها روی سلامت انسان و تخریب محیط زیست، در این تحقیق سعی شد تا سمیت دو ترکیب گیاهی تجاری شده (نیم‌آزال® و بیومایت®) روی کنهٔ قرمز مرکبات بررسی شود. همچنین با توجه به اثرات سیترونلول و عصارهٔ چریش روی باروری، اثر این ترکیبات روی طول عمر و باروری ماده‌های بالغ این کنه نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از عصاره‌ی چریش (با نام تجاری NeemAzal®، EC 1%، ساخت شرکت BB Park آلمان) و سیترونلول (EC 24%، ساخت شرکت Arysta life science، با نام تجاری Biomite®) استفاده شد.

جمع‌آوری جمعیت کنه‌ی قرمز مرکبات

در بهار ۱۳۹۵ کنهٔ قرمز مرکبات از درختان نارنج دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان که سابقه سم‌پاشی نداشت، جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. پرورش جمعیت کنه روی گلدان‌های پایه نارنج *Citrus aurantium* L. از خانواده Rutaceae و در اتاق پرورش (دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰± ٦۰

درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) انجام شد. همچنین از دیسک‌های برگ کامل نارنج درون ظرف‌های پلاستیکی درب‌دار به ابعاد ۲۰×۸۰×۱۰۰ میلی‌متر برای پرورش و هم‌سن‌سازی درون انکوباتور همانند شرایط اتاق پرورش استفاده شد. بعد از ۲۴ ساعت تخم‌ریزی، کنه‌های ماده به دیسک‌های جدید منتقل شده و بدین ترتیب جمعیتی هم‌سن از کنه‌ها تهیه شد.

آزمون زیست سنجی

برای انجام آزمون زیست‌سنجی از روش برج پاشش با میزان پاشش ۰/۲ ± ۱/۵ میلی‌گرم بر سانتی‌مترمربع (طراحی و ساخته شده در دانشگاه گیلان) استفاده شد. تعیین میزان سمیت آفت‌کش‌های ذکر شده شامل آزمون‌های مقدماتی و نهایی بود. ابتدا با آزمون مقدماتی با کاربرد دستگاه برج پاشش و با استفاده از غلظت‌های مختلف میزان تلفات بررسی شد و سپس محدوده‌ی غلظت‌های مؤثر روی مراحل مختلف کنهٔ قرمز مرکبات (تخم، لارو، پوره سن دوم یا دئوتونمف و کنه‌های بالغ ماده) تخمین زده شد؛ غلظت‌هایی که ۱۰–۹۰ درصد تلفات ایجاد کردند، در آزمون نهایی مورد استفاده قرار گرفتند (Tsagkarakou *et al.*, 2009). آزمون سمیت مقدماتی روی مرحله تخم کنهٔ قرمز مرکبات با عصاره چریش در غلظت‌های مختلف (بیش از ۳۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر) سبب تلفاتی نشد؛ به این دلیل در آزمون نهایی مورد بررسی قرار نگرفت. در انتخاب مراحل رشدی مورد بررسی، با توجه به مرحله پوست اندازی و بررسی روزانه برگ‌ها، مرحله لارو، دئوتونمف و بالغین ماده جهت آزمون انتخاب شدند.

بعد از تعیین محدوده غلظت‌های مؤثر، آزمون نهایی با پنج غلظت (سیترونلول روی تمام مراحل رشدی: ۵۰۰–۷۵۰–۱۰۰۰–۱۵۰۰–۲۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر؛ عصاره‌ی چریش: مرحله لاروی ۵۰–۱۰۰–۲۵۰–۷۵۰–۱۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر، مرحله دئوتونمف و بالغ ۷۵۰–۱۰۰۰–۱۵۰۰–۲۰۰۰–۲۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر) و در چهار تکرار انجام گرفت. شاهد با آب مقطر به روش بالا تیمار شد. برای این منظور از برگ‌های نارنج، دیسک‌هایی به قطر ۳ سانتی‌متر تهیه و قسمت پشتی برگ روی ظروف پتری حاوی پنبه مرطوب گذاشته شدند. غلظت‌های مورد مطالعه با استفاده از برج پاشش روی دیسک‌های برگی تهیه شده پاشیده شده و به مدت نیم ساعت برای خشک شدن در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس روی هر دیسک برگی ۲۰ عدد کنه با توجه به مرحله رشدی مورد بررسی (لارو، دئوتونمف و بالغین ماده)، منتقل شد، جهت جلوگیری از فرار کنه‌ها از سطح تیمار شده، یک نوار باریک از دستمال کاغذی دور تا دور دیسک قرار گرفت، طوری که نصف نوار روی پنبه خیس و نصف دیگر روی برگ قرار گیرد. کلیه آزمون‌های زیست‌سنجی درون انکوباتور (دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰± ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) انجام گرفت. تلفات مراحل مختلف زیستی در نمونه‌ها، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از انجام آزمون بررسی شد و کنه‌هایی که پس از تحریک با قلم‌مو قادر به حرکت به اندازه طول بدن خود نبودند، به عنوان افراد مرده در نظر گرفته شدند (Tsagkarakou *et al.*, 2009; Shafiei Alavijeh *et al.*, 2020). مراحل نابالغی که در مرحله پوست‌اندازی می‌ماندند نیز به آمار تلفات اضافه شدند. در بررسی اثر ترکیب‌های مورد مطالعه روی تخم کنه قرمز مرکبات، از دیسک برگی با تعداد مشخص تخم گذاشته شده (۱۰تا ۲۰عدد در هر برگ) جهت تیمار استفاده شد و میزان تفریخ تخم‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون زیرکشندگی

در این آزمایش اثرات زیرکشندگی غلظت LC_{30} دو ترکیب عصاره‌ی چریش و سیترونلول، روی طول عمر، باروری و زادآوری کنهٔ قرمز مرکبات بررسی شد. برای این منظور، ۳۰ عدد کنهٔ ماده زنده مانده از جمعیتی که با غلظت LC_{30} تیمار شده بودند به‌صورت تصادفی انتخاب شده و جداگانه به دیسک‌های برگی مرکبات (قطر ۳ سانتی‌متر) روی پنبه مرطوب، منتقل شدند. روزانه تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر کنهٔ ماده شمارش و

کنه‌ها به دیسک‌های برگی جدید منتقل شدند. این کار تا پایان عمر کنه‌های ماده ادامه داشت. برای تعیین زادآوری میزان تفریخ تخم‌های گذاشته شده بررسی و ثبت شد. شاهد نیز به روش فوق و با آب مقطر تیمار گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت محاسبه نتایج آزمون‌های زیست‌سنجی و برآورد میزان LC_{30} و LC_{50}، شیب خط و کای اسکور از نرم‌افزار Polo plus استفاده شد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های جدول زندگی با استفاده از نرم‌افزار TWO-SEX MSchart (Chi, 2017) انجام شد و داده‌های مربوط به باروری، زادآوری و طول عمر کنه‌های بالغ ماده به وسیله نرم‌افزار SAS 9.1 با استفاده از آزمون توکی (Tukey،s test) در سطح احتمال آماری ۵٪ تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

ارزیابی اثر کشندگی ترکیب‌های عصاره‌ی چریش و سیترونلول

زیست‌سنجی چریش روی مراحل مختلف زندگی کنهٔ قرمز مرکبات

نتایج زیست‌سنجی ترکیب چریش نشان داد که این ترکیب روی مراحل لارو، پوره و کنهٔ بالغ ماده مؤثر است و باعث تلفات آفت در مراحل رشدی شد (جدول ۱). همچنین مشخص شد که عصاره‌ی چریش تأثیری روی تخم‌های کنهٔ قرمز مرکبات نداشته به طوری که حتی تا غلظت ۳۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر، اختلافی در میزان تفریخ تخم در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نشد و به همین دلیل LC_{50} برای این مرحله گزارش نگردید.

جدول ۱- زیست‌سنجی عصاره‌ی چریش روی مراحل مختلف زندگی کنه‌ی قرمز مرکبات، *Panonychus citri*

Table 1. Neem extraction bioassay on different developmental stages of citrus red mite, *Panonychus citri*

Life stage	N*	Slope±SE	x^2	df	LC_{30} ($\mu l/L$)	LC_{50} ($\mu l/L$)
Larva	280	1.73 ± 0.26	1.12	4	122.28 (56.76-194.24$^+$)	245.55 (144.73-351.77) $^+$
Deutonymph	240	4.44 ± 0.69	0.34	3	998.21 (778.45-1167.53)	1310.57 (1110.20-1491.70)
Female	240	3.19 ± 0.53	0.22	3	751.46 (525.07-925.54)	1097.10 (881.24-1287.51)

*Number of used mites in treatment

$^+$The upper and lower confidence interval at 95% level

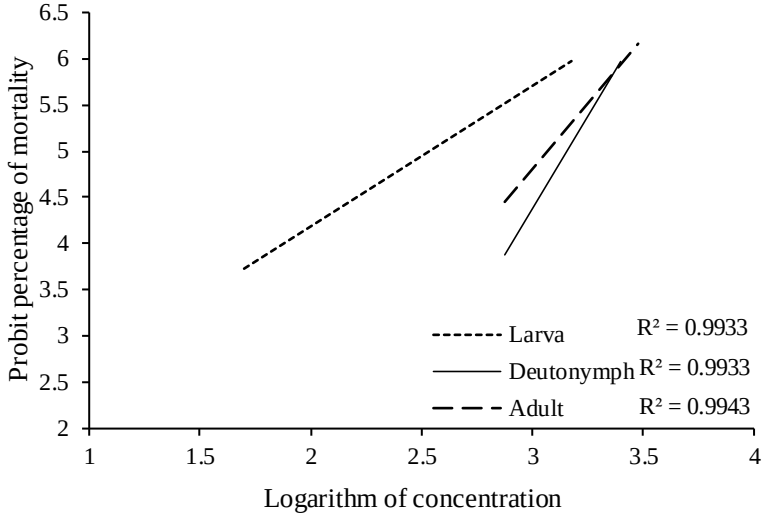
نتایج نسبت سمیت LC_{50} عصاره‌ی چریش روی سه مرحله‌ی لارو، پوره‌ی سن دو (دئوتونمف) و ماده بالغ با اطمینان ۹۵٪ در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج نشان داد که مرحله لاروی کنهٔ قرمز مرکبات از حساسیت بیشتری (تلفات در غلظت پایین ترکیب) به عصاره‌ی چریش، در مقایسه با دئوتونمف و ماده بالغ این کنه برخوردار بود. میزان LC_{50} ماده‌های بالغ در مقایسه با LC_{50} دئوتونمف در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشتند. شیب خط لگاریتم غلظت به پروبیت درصد تلفات در دئوتونمف نیز نشان دادکه این مرحله پاسخ شدیدتری به تغییر غلظت از خود نشان می‌دهد (شکل ۱).

جدول ۲- مقایسه سمیت چریش روی مراحل مختلف زندگی کنه‌ی قرمز مرکبات، *Panonychus citri*

Table 2. The comparison of neem extraction toxicity on different developmental stages of citrus red mite, *Panonychus citri*

Life stage (LC_{50}/LC_{50})	Toxicity ratio (Down-Up)
Deutonymph/Larva	5. 33* (3.41-8.35)
Deutonymph/ Female	1.19 (0.94-1.50)
Female /Larva	4.46* (2.81-7.08)

*The significant difference in the upper and lower confidence at 95% level



شکل ۱- رابطه لگاریتم غلظت-پروبیت درصد تلفات مراحل مختلف کنه‌ی قرمز مرکبات، *Panonychus citri*، در پاسخ به عصاره‌ی چریش

Fig. 1. Relationship between logarithm of concentration and probit percentage mortality of different developmental stages of citrus red mite, *Panonychus citri*, in response to neem extract

در بررسی انجام شده، عصاره چریش اثری روی تخم کنهٔ قرمز مرکبات نداشت ولی روی مراحل دیگر رشدی موثر بود. آزادیراکتین روی ماده‌های بالغ *T. urticae* مؤثر بود در حالی‌که درصد تفریخ تخم در غلظت مشابه تفاوت معنی‌داری با درصد تفریخ تخم در شاهد نداشت (Castagnoli *et al.*, 2005; Duso *et al.*, 2008). در بررسی فرمولاسیون‌های آفت‌کش برپایه چریش مشخص شد این ترکیبات دارای اثرات جانبی بر جمعیت کنهٔ تارتن دولکه‌ای بوده و باعث کاهش جمعیت به ویژه در غلظت‌های بالا شدند (Venzon *et al.*, 2020). اثر فرمولاسیون NeemAzal-T/S روی تخم کنهٔ تارتن دولکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) بررسی شد و این ترکیب، از تفریخ ۱۰۰ درصد تخم‌های این کنه جلوگیری کرد (Aflaki *et al.*, 2016). علاوه بر این، عصاره اتانولی و آبی چریش در کنترل کنهٔ قرمز مرکبات و کنهٔ زنگار مرکبات *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) (Syahputraa & Endartob, 2013) مؤثر گزارش شدند که نتایج مطالعه‌ی حاضر با آن مطابقت دارد. در بررسی اثر Azter® (Azadirachtin 0.15% EC) روی کنه *Oligonychus coffeae* Neitner (Acarina: Tetranychidae) در غلظت‌های مختلف (۱۱۲۵، ۲۲۵۰ و ۳۳۷۵ میلی لیتر در هکتار) در شرایط آزمایشگاهی ۱۰۰درصد تلفات گزارش شد (Vasanthakumar *et al.*, 2013). در تحقیق حاضر اثر عصاره چریش بر مراحل مختلف به غیر از تخم، موثر بدست آمد که نشان از اثر کنترلی این ترکیب بر جمعیت *P. citri* است. آزادیراکتین در غلظت‌های مختلف مورد بررسی در مقایسه با آبامکتین، درصد تلفات مشابهی را روی کنهٔ تارتن ایجاد کرد. علاوه بر این ماندگاری بیولوژیکی کمتری (۷ روز) نسبت به آبامکتین (۲۱ روز) نشان داد (Bernardi *et al.*, 2013). همچنین آزادیراکتین و آبامکتین در مقایسه با ماترین، سولفور و اسپینوزاد بیشترین اثر را در کنترل و دورکنندگی روی کنه تارتن نشان دادند (El-Kawas *et al.*, 2008).

زیست‌سنجی سیترونلول روی مراحل مختلف زندگی کنه‌ی قرمز مرکبات

تجزیه و تحلیل داده‌های زیست‌سنجی سیترونلول روی مراحل تخم، لارو، دئوتونمف و ماده بالغ کنهٔ قرمز مرکبات در جدول ۳ گزارش شده است. نتایج نشان داد که اگر چه آفت‌کش سیترونلول روی مرحله تخم کنهٔ

قرمز مرکبات مؤثرتر از سایر مراحل بود اما با توجه به نتایج بدست آمده، این ترکیب روی دیگر مراحل رشدی کنهٔ قرمز مرکبات نیز مؤثر بوده و از آن می‌توان به عنوان جایگزینی مناسب بجای آفت‌کش‌های شیمیایی جهت کنترل کنهٔ قرمز مرکبات نام برد.

جدول ۳- زیست‌سنجی سیترونلول روی مراحل مختلف زندگی کنهٔ قرمز مرکبات، *Panonychus citri*

Table 3. The bioassay of citronellol on different life stages of citrus red mite, *Panonychus citri*

Developmental stage	N*	Slope±SE	x^2	df	LC_{30} ($\mu l/L$)	LC_{50} ($\mu l/L$)
Egg	240	2.89± 0.62	2.14	3	439.26 (233.7-592.06+)	666.94 (455.48-837.36)
Larva	240	3.31 ± 0.58	1.19	3	707.58 (504.3-865.93+)	1018.8 (824.89-1211.06)
Deutonymph	240	3.80 ± 0.57	4.71	3	679.14 (296.72-915.78)	932.97 (586.67-1252.50)
Female	240	5.00 ± 0.62	2.26	3	698.67 (593.19-786.53)	889.4 (790.51-987.04)

*Number of mites used in each treatment
+The lower and upper confidence limit at 95% level

میزان LC_{25} و LC_{50} سیترونلول روی افراد بالغ کنهٔ *Tetranychus turkestani* Ugarov & Nikolskii (Acari: Tetranychidae) به ترتیب ۰/۶۳ و ۱/۲۱ میلی‌لیتر بر لیتر گزارش شد (Mohammadi *et al.*, 2016). در بررسی کارایی کنه‌کش‌های مختلف روی کنهٔ قرمز اروپایی *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae)، بیشترین کارایی متعلق به اسپیرودیکلوفن و سیترونللول و کمترین مقدار مربوط به فن‌پیروکسیمیت گزارش شد (Shirdel & Arbabi, 2016).

مقایسه سمیت سیترونلول روی مراحل مختلف زندگی کنهٔ قرمز مرکبات

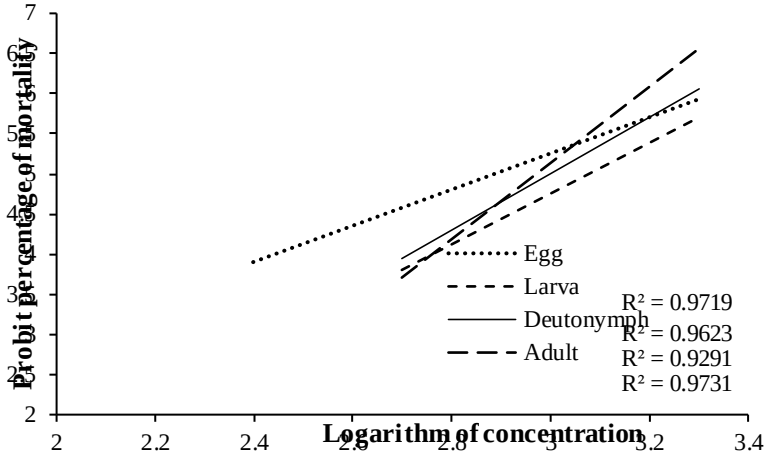
مقایسه سمیت غلظت‌های LC_{50} با حدود اطمینان ۹۵ درصد نشان داد که مرحله تخم نسبت به سایر مراحل حساس‌تر و از اختلاف معنی‌داری به جز با ماده‌های بالغ در پاسخ به غلظت برخوردار است (جدول ٤). رابطه لگاریتم غلظت-پاسخ مراحل مختلف زندگی کنهٔ قرمز مرکبات نیز نشان داد که مرحله‌ی بالغ نسبت به سه مرحله دیگر پاسخ شدیدتری به تغییرات غلظت داشتند (شکل ۲).

جدول ٤- مقایسه سمیت سیترونلول روی مراحل مختلف زندگی کنهٔ قرمز مرکبات، *Panonychus citri*

Table 4. Comparison of citronellol toxicity on different life stages of citrus red mite, *Panonychus citri*

Life stage (LC_{50}/LC_{50})	Toxicity ratio (Down level- Up level)
LC_{50} of larva/LC_{50} of egg	1.58 (1.10-2.12)*
LC_{50} of larva/LC_{50} of deutonymph	1.09 (0.86-1.38)
LC_{50} of larva/LC_{50} of female	1.14 (0.92-1.41)
LC_{50} of deutonymph /LC_{50} of egg	1.39 (1.02-1.90)*
LC_{50} of deutonymph /LC_{50} of female	1.04 (0.83-1.26)
LC_{50} of female /LC_{50} of egg	1.33 (0.99-1.78)

*The significant difference in the upper and lower confidence at 95% level



شکل ۲- رابطه لگاریتم غلظت-پروبیت درصد تلفات مراحل مختلف زندگی کنهٔ قرمز مرکبات، *Panonychus citri* در پاسخ به آفت‌کش سیترونلول

Fig. 2. Logarithm of concentration-probit relationship percentage of mortality in different developmental stages of citrus red mite, *Panonychus citri* in response to citronellol pesticide

مقایسه سمیت سیترونلول با ترکیب چریش

نتایج مقایسه سمیت سیترونلول و چریش با حدود اطمینان ۹۵ درصد در جدول ۵ گزارش شده است. نتایج LC_{50} سیترونلول روی لارو و دئوتونمف با LC_{50} چریش روی این مراحل اختلاف معنی‌داری را نشان داد، درحالی‌که تفاوتی بین LC_{50} دو ترکیب روی مرحله‌ی بالغ مشاهده نشد.

جدول ۵- مقایسه سمیت سیترونلول با چریش روی مراحل مختلف زندگی کنهٔ قرمز مرکبات، *Panonychus citri*

Table 5. Comparison of citronellol toxicity with neem extraction on different life stages of citrus red mite, *Panonychus citri*

Life stage	Toxicity ratio (Down level- Up level)
LC_{50} of citronellol on deutonymph/LC_{50} of neem on larva	4.14 (2.61-6.58)*
LC_{50} of citronellol on deutonymph/ LC_{50} of neem on female	0.71 (0.58-0.87)*
LC_{50} of citronellol on larva/ LC_{50} of neem on female	0.81 (0.65-1.00)*

*The significant difference in the upper and lower confidence at 95% level

باروری و زادآوری ماده‌های کنهٔ قرمز مرکبات در تیمارهای چریش و سیترونلول

میانگین میزان باروری و زادآوری کنه‌های ماده بالغ تحت تأثیر غلظت زیرکشنده LC_{30} دو ترکیب چریش و سیترونلول در جدول ٦ گزارش شده است. نتایج نشان داد که میانگین باروری در این دو تیمار نسبت به شاهد به شدت کاهش یافت، به‌طوری‌که در تیمار چریش تقریبا به صفر رسید. همچنین طول عمر ماده‌های بالغ کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. میانگین درصد زادآوری در هر دو تیمار نیز نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($df=2$, $\alpha= 0.05$, $P<0.0001$). در مطالعه انجام شده دوره تخمریزی کنهٔ قرمز مرکبات در حالت طبیعی ۹/۸۷ ± ۰/٦۳ روز می‌باشد (داده‌های منتشر نشده).

جدول ٦- تأثیر چریش و سیترونلول روی میزان باروری و زادآوری و طول عمر افراد ماده بالغ کنهٔ قرمز مرکبات، *Panonychus citri*

Table 6. The effect of neem extraction and citronellol on longevity, fecundity and fertility rate of citrus red mite female adults, *Panonychus citri*

Treatment	N*	Longevity	Fecundity	Fertility	Fertility percentage
Control	30	11.83± 0.60^{a+}	18.03 ± 1.11^{a}	17 ± 1.02^{a}	94.27 ± 0.07
Citronellol	30	5.43 ± 0.42^{b}	1.5 ± 0.32^{b}	1.07 ± 0.28^{b}	70.62 ± 1.64
Neem extract	30	5.86 ± 0.31^{b}	0.1 ± 0.05^{c}	0.066 ± 0.04^{c}	66 ± 6.59
F-value	--	60.15	222.85	231.76	--

*Number of mites used in treatment

+Means with different letters in each column are significantly different at 5% level (Tuckey's test)

در بررسی اثر آزادیراکتین خالص در مقایسه با چهار فرمولاسیون مبتنی بر چریش حاوی ایزومر حشره‌کش علاوه‌بر اثر دورکنندگی، کاهش تخم‌گذاری، تغذیه و افزایش تلفات در کنه تارتن دولکه‌ای *T. urticae* مشاهده شد (Sundaram & Sloane, 1995). تیمار آزادیراکتین منجر به کاهش طول عمر ماده‌های بالغ کنه تارتن دولکه‌ای (Aflaki *et al.*, 2016) شد. در تحقیق حاضر ترکیب چریش علاوه بر کاهش طول عمر، میزان تخم‌گذاری را به مقدار قابل توجهی کاهش داد. در پژوهشی دیگر، کاربرد آزادیراکتین باعث توقف تخم‌ریزی کنه‌ی بالغ، کاهش باروری خالص و ناخالص و کاهش نرخ بقای بالغین *T. urticae* شد (Marčić & Među, 2015). برخلاف نتایج بدست آمده در این تحقیق و پژوهش Marčić & Među, 2015، نتایج تعدادی از پژوهشگران نشان داد که میانگین میزان تخم‌ریزی *T. urticae* تیمار شده تفاوت معنی‌داری با شاهد ندارد (Castagnoli *et al.*, 2005; Duso *et al.*, 2008). تأثیر غلظت‌های مختلف از ماده مؤثره آزادیراکتین (Align®) نشان داد با افزایش غلظت محلول، طول عمر کنه ماده، میانگین باروری و میانگین درصد زادآوری در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد (Martínez-Villar *et al.*, 2005) که در این بررسی، عصاره چریش روی کنهٔ قرمز مرکبات نتایج مشابهی دربرداشت. پاشش عصاره هسته چریش با حلال‌های مختلف باعث کاهش تخم‌گذاری کنه‌های ماده *T. cnnabarinus*، افزایش تلفات و کاهش باروری افراد ماده بالغ شد (Mansour & Ascher, 1983). در بررسی آزادیراکتین روی *T. urticae*، میزان باروری در مقایسه با شاهد تا ۵۰٪ کاهش یافت (Bernardi *et al.*, 2013).

تأثیر غلظت زیرکشنده LC_{25} سیترونلول روی کنه *T. turkestani* باعث کاهش میانگین طول مراحل نابالغ و طول کل دوره زندگی نسبت به شاهد شد. غلظت زیرکشنده سیترونلول، نرخ باروری ماده‌های تیمار شده، طول دوره تخم‌ریزی و نرخ نرخ بقای افراد ماده بالغ را افزایش داد (Mohammadi *et al.*, 2016) که نتایج تحقیق حاضر نشان از کاهش نرخ بقا و میزان باروری تحت تاثیرغلظت زیرکشنده سیرونلول روی کنه قرمز مرکبات داشت که با نتایج مذکور مطابقت ندارد. در ارزیابی اثرات بایومایت بر پارامترهای جدول زندگی *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) McGregor، بعنوان دشمن طبیعی کنه تارتن دولکه‌ای، با کاهش طول عمر بالغین و باروی این کنه در غلظت زیرکشنده، پیشنهاد شد که در برنامه کنترل تلفیقی از این کنه‌کش استفاده نشود (Havasi *et al.*, 2020).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، ترکیبات زیست‌سازگار همانند سیترونلول و آزادیراکتین پتانسیل لازم را به عنوان ابزاری مؤثرعلیه ویژگی‌های زیستی کنهٔ قرمز مرکبات داشته و می‌توانند به عنوان کنه‌کش در باغ‌های آلوده به این آفت مورد استفاده قرار گیرند. به طور کلی این دو ترکیب باعث تلفات معنی‌داری در مراحل

مختلف زندگی این آفت شدند.

آفت‌کش چریش تا غلظت ۳۰۰۰ میکرولیتر، بر لیتر تأثیری روی تفریخ تخم کنهٔ قرمز مرکبات نداشت اما روی مراحل متحرک این کنه، سمیت بالایی نشان داد و مرحله لاروی حساسیت زیادی به این ترکیب داشت. ترکیب سیترونلول نیز اثر کنترلی قابل توجهی روی تمام مراحل زندگی کنهٔ قرمز مرکبات داشت و میزان LC_{50} این ترکیب روی مراحل تخم، لارو، دئوتونمف و بالغ قابل توجه بود. این ترکیب روی مراحل تخم و بالغ سمیت بیش‌تری نشان داد. همچنین غلظت‌های زیرکشنده سیترونلول و چریش با تأثیر روی باروری، زادآوری و طول عمر کنه‌های بالغ ماده می‌توانند در کاهش جمعیت این کنه مؤثر واقع شوند. به طور کلی این دو ترکیب گیاهی اثرات عقیم‌کنندگی بالایی روی افراد بالغ نشان داد.

کنه‌ی قرمز مرکبات پتانسیل مقاومت به انواع ترکیبات آفت‌کش را دارا می‌باشد و در ایران تاکنون به کنه-کش‌های برموپروپیلات، آبامکتین و فن‌پیروکسیمیت مقاوم شده است(Emami & Ghadamyari, 2019; Shafiee alavijeh *et al*., 2020). با توجه به محدود بودن تعداد و تنوع کنه‌کش‌ها در مقایسه با حشره‌کش‌ها، معرفی ترکیبات موثر روی کنه‌های آفت یکی از الزامات مدیریت مقاومت می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق و براساس اثرات زیرکشنده ترکیبات مورد آزمون، می‌توان از ترکیب‌های چریش و سیترونلول به‌منظور مدیریت مقاومت کنهٔ قرمز مرکبات به کنه‌کش‌های شیمیایی در برنامه‌های تناوب آفت‌کش‌ها استفاده نمود.

سپاسگزاری

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

References

Aflaki, F., Rahmani, H. & Kavuosi, A. (2016) Effects of Azadirachtin and Spirodiclofen on some biological traits and predation rate of *Neuseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *National Conference on Biological Control in Agriculture and Natural Resources of Iran*, P. 45. [In Persian with English summary]

Ahangaran, A. & Alizadeh, P. (2008) *Report of Citrus Pests and Diseases*. 42 pp. Plant Protection Organization. [In Persian]

Aneja, K. R., Khan, S. A. & Aneja, A. (2016) Biopesticides an eco-friendly pestmanagement approach in agriculture: status and prospects. *Kavaka* 47, 145–154.

Arbabi, M., Asadi, U., Mirhosseini, M. R. & Zaghi, A. R. (2006) Evaluating of fenpyroximate 5% EC against citrus red mite (*Panonychus citri* (McGregor) in Sari region. *Iranian Journal of Dynamic Agriculture* 2(3), 83. *https://www.magiran.com/paper/503135* LK-*https://www.magiran.com/ paper/503135*. [In Persian with English summary]

Arbabi, M., Baradaran, P. & Khosroshahi, M. (2005) *Iranian plant mites*. Agricultural Research, Education and Extention Organization. [In Persian]

Bernardi, D., Botton, M., da Cunha, U. S., Bernardi, O., Malausa, T., Garcia, M. S. & Nava, D. E. (2013) Effects of azadirachtin on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its compatibility with predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. *Pest Management Science* 69(1), 75–80.

Castagnoli, M., Liguori, M., Simoni, S. & Duso, C. (2005) Toxicity of some insecticides to

Tetranychus urticae, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. *BioControl* 50(4), 611–622.

Chi, H. (2015) TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. *Available on:* http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm (accessed 27 March 2017).

Duso, C., Malagnini, V., Pozzebon, A., Castagnoli, M., Liguori, M. & Simoni, S. (2008) 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.

El-Kawas, H. M. G., Mead, H. M. I. & Desuky, W. M. H. (2008) Repellency and toxic effect of certain compounds against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Egyptian Journal of Agricultural Research* 86(1), 331–339.

Emami, H. & Ghadamyari, M. (2019) Survey on bromopropylate acaricide resistance in the citrus red spider mite, *Panonychus citri* and the effect of three synergists on its resistance. *Plant Pest Research* 9(2), 25–37. [In Persian with English summary]

Erdogan, P., Yildirim, A. & Sever, B. (2012) Investigations on the effects of five different plant extracts on the two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Tetranychidae). *Psyche* 2012, 1-5.

Faez, R., Shojaii, M., Fathipour, Y. & Ahadiyat, A. (2018). Effect of initial infestation on population fluctuation and spatial distribution of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) on Thomson navel orange in Ghaemshahr, Iran. *Persian Journal of Acarology* 7(3): 265-278.

Feng, R. & Isman, M. B. (1995) Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Experientia* 51(8), 831–833.

Havasi, M., Kheradmand, K., Mosallanejad, H. & Fathipour, Y. (2020) Life history traits and demographic parameters of *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) treated with the Biomite®. *Systematic and Applied Acarology* 25(1), 125–138.

Jeppson, L. R., Keifer, H. H. & Baker, E. W. (1975) *Mites injurious to economic plants*. Univ of California Press.

Jones, V. P. & Parrella, M. P. (1984) The sublethal effects of selected insecticides on life table parameters of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *The Canadian Entomologist* 116(7), 1033–1040.

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.

Liao, C. Y., Zhang, K., Niu, J. Z., Ding, T. B., Zhong, R., Xia, W. K., Dou, W. & Wang, J. J. (2013) Identification and characterization of seven glutathione S-transferase genes from citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor). *International Journal of Molecular Sciences* 14(12), 24255–24270.

Mansour, F. A. & Ascher, K. R. S. (1983) Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. *Phytoparasitica* 11(3), 177–185.

Marčić, D. & Među, I. (2015) Sublethal effects of azadirachtin-A (NeemAzal-T/S) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Systematic and Applied Acarology* 20(1), 25–38.

Martínez-Villar, E., Sáenz-De-Cabezón, F. J., Moreno-Grijalba, F., Marco, V. & Pérez-Moreno, I. (2005) Effects of azadirachtin on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental & Applied Acarology* 35(3), 215–222.

Mohammadi, S., Ziaee, M. & Seraj, A. A. (2016) Sublethal effects of Biomite® on the population growth and life table parameters of *Tetranychus turkestani* Ugarov and Nikolskii on three cucumber cultivars. *Systematic and Applied Acarology* 21(2), 218–227.

Rafati-fard, M., Hajizadeh, J. & Arbabi, M. (2004) Biology of *Typhodromis caspiansis*(Acari: Phytoseiidae) Predator of Some Spider Mites (Acari:Tetraanychidae) under Labortory Condition. *Journal of Entomological Society of Iran* 24(1), 49–65. [In Persian with English summary]

Reilly, S. K., Hollis, L., Jones, R. S. & Wilkins, R. (2009) US Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs Biopesticides registration action document, suggested format for acute toxicity studies, Citronellol (PC Code 167004)(Vol. 1, pp. 22). *US Environmental Protection Agency*.

Shafiei Alavijeh, E., Khajehali, J., Snoeck, S., Panteleri, R., Ghadamyari, M., Jonckheere, W., Bajda, S., Saalwaechter, C., Geibel, S. & Douris, V. (2020) Molecular and genetic analysis of resistance to METI-I acaricides in Iranian populations of the citrus red mite *Panonychus citri*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 164: 73-84.

Shafiei-Alavijeh E, Ghadamyari M, & Khajehali J. (2018) Enhanced activity of esterases and glutathion-s-transferases in abamectin resistante populations of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Plant Pest Research* 8 (3): 31-43. [In Persian with English summary].

Shi, W. B. & Feng, M. G. (2006) Field efficacy of application of Beauveria bassiana formulation and low rate pyridaben for sustainable control of citrus red mite *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) in orchards. *Biological Control* 39(2), 210–217.

Shirdel, D. & Arbabi, M. (2016) Efficacy of biomite in controlling European red mite population in East Azerbaijan province. *22nd Iranian Plant Protection Congress, Agriculture & Natural Resources Campus*, University of Tehran, Karaj, Iran. p. 820.

Sohrabi, F. & Kohanmoo, A. (2017) Toxicity of neem and chinaberry extracts and additive effect of the essential oil *Salvia mirzayanii* on the date palm spider mite, *Oligonychus afrasiaticus* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 37(1), 43–54.

Syahputraa, E. & Endartob, O. (2013) Acaricidal activity of tropical plant extracts against citrus mites and their effect on predator and citrus plants. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 3(4), 99–106.

Tsagkarakou, A., Van Leeuwen, T., Khajehali, J., Ilias, A., Grispou, M., Williamson, M. S., Tirry, L. & Vontas, J. (2009) Identification of pyrethroid resistance associated mutations in the para sodium channel of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Insect Molecular Biology* 18(5), 583–593.

Vacante, V. (2010) Review of the phytophagous mites collected on citrus in the world. *Acarologia* 50(2), 221-241.

Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W. & 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.

Vasanthakumar, D., Babu, A., Shanmugapriyan, R. & Subramaniam, S. R. (2013) Impact of Azter (azadirachtin 0.15% EC), a neem-based pesticide, against tea red spider mite, *Oligonychus coffeae*

Neitner (Acarina: Tetranychidae), and its natural enemies. *International Journal of Acarology* 39(2), 140–145.

Venzon, M., Togni, P. H. B., Perez, A. L. & Oliveira, J. M. (2020) Control of two-spotted spider mites with neem-based products on a leafy vegetable. *Crop Protection* 128, 105006.

Yu, S. J. (2014) *The Toxicology and Biochemistry of Insecticides*. CRC press, Boca Raton, FL, USA, 380 pp.

Zhong, B., Lv, C. & Qin, W. (2017) Effectiveness of the botanical insecticide azadirachtin against *Tirathaba rufivena* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist* 100(2), 215–218.

Ziaee, M., Nikpay, A., Koohzad-Mohammadi, P. & Behnam-Oskuyee, S. (2017) The toxicity of Biomite®, GC-mite®, Oberon® and Envidor® acaricides against sugarcane yellow mite, *Oligonychus sacchari* (Acari: Tetranychidae). *Persian Journal of Acarology* 6(2), 1-6.