# کارایی اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) بر فراسنجه‌های زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

ایاد السندی[۱]، محمدرضا هواسی[۱]، غلامرضا گل محمدی[۲]، سعید فراهانی[۱] وکتایون خردمند[۳*]

۱- دانشجوی دکتری، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- دانشیار، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

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

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۰۲

## چکیده

**کنه تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)، از مهم‌ترین آفات کشاورزی بوده که خسارت بالایی را به دامنه وسیعی از محصولات کشاورزی وارد می‌کند. امروزه به علت مشکلات ناشی از آفت‌کش‌های شیمیایی مانند بروز مقاومت و خطرات زیست‌محیطی، استفاده از اسانس‌های گیاهی مورد توجه می‌باشد. از شیوه‌های عمده در راستای اصلاح خواص فیزیکی اسانس‌ها و کاربردی کردن آن در کنترل آفات کشاورزی، فرموله‌کردن آنها می‌باشد. در این راستا اسانس نعناع فلفلی *Mentha piperita* L. از طریق روش کواسرواسیون با انجام یکسری تغییرات میکروکپسوله شد و تأثیر غلظت‌های زیرکشنده آن روی فراسنجه‌های دموگرافی کنه تارتن دو لکه‌ای در شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (روشنایی:تاریکی) ساعت بررسی شد. داده‌های بدست آمده براساس تئوری جدول زندگی دوجنسی تجزیه و تحلیل شد. تمام غلظت‌های زیرکشنده موجب کاهش معنی‌دار دوره تخم‌ریزی، باروری کل و طول دوره زندگی کنه تیمار شده نسبت به شاهد شد. حداکثر و حداقل میانگین طول عمر کنه‌های نر و ماده در گروه تیمار نشده و $LC_{30}$ مشاهده گردید. باروری کل از ۳۴/۹۸ در تیمار با غلظت $LC_{30}$ تا ۵۶/۷۴ نتاج/فرد در شاهد متغیر بود. کمترین نرخ خالص تولیدمثل ($R_0$) ۱۷/۰۶ تخم/فرد/نسل در غلظت $LC_{30}$ برآورد شد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r$) در تیمار شاهد ۰/۲۲ و در تیمار $LC_{30}$ ۰/۱۹ (نتاج/ فرد/روز) ثبت گردید. مدت زمان یک نسل ($T$) با افزایش غلظت‌های آزمایشی، کاهش معنی‌داری را نشان داد. نتایج نشان داد که غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسوله *M. piperita*، می‌تواند شاخص‌های زیستی کنه *T. urticae* را تحت تأثیر قرار دهد.**

***کلیدواژه‌ها: فراسنجه‌های زیستی، نعناع فلفلی، Tetranychus urticae، سمیت، میکروکپسول***

دبیر تخصصی: دکتر معصومه ضیایی

## مقدمه

کنه تارتن دو لکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)، یکی از آفات چندخوار، بسیار خسارت‌زا و همه جازی بوده، به طوری‌که بیش از ۹۶۰ گونه میزبان در یک‌صد تیره گیاهی (مثمر، غیرمثمر، زراعی و مرتعی) دارد (Khanamani et al., 2013; Sangak Sani Bozhgani et al., 2018; Havasi et al., 2019b). خسارت کنه تارتن دو لکه‌ای به دو صورت مستقیم با تغذیه از سلول‌های گیاهی و غیر مستقیم با تنیدن تار بوده که مانع از عمل تعرق و فتوسنتز در گیاه می‌شود (Zhang, 2003; Sedaratian et al., 2009). علائم خسارت این گونه بروز لکه‌های سفید مایل به زرد در سطح رویی برگ‌ها که به علت خالی شدن سلول‌های گیاهی از کلروفیل است. پس از مدتی این لکه‌ها به رنگ زرد و قهوه‌ای در می‌آیند و در خسارت‌های شدید، برگ‌ها کاملا خشک شده و در موارد شدیدتر منجر به از بین رفتن کامل گیاه می‌گردد (Mondal and Ara, 2006; Kulkarni et al., 2008; Migeon and Dorkeld, 2010).

چندین روش برای مدیریت جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای شامل کنترل زراعی و بیولوژیک وجود دارد، از جمله رطوبت و دمای پایین منجر به کاهش تراکم جمعیت این گونه می‌گردد. اما معمول‌ترین روش کنترل آفت به منظور دستیابی به سریع‌ترین پاسخ جهت سرکوب جمعیت، استفاده از سموم شیمیایی می‌باشد (Attia et al., 2013). کنترل بیولوژیک این گونه بیشتر بر حفاظت از دشمنان طبیعی کنه تارتن و رهاسازی کنه‌های شکارگر از خانواده Phytoseiidae استوار است (Opit et al., 2001, Havasi et al., 2019a).

علیرغم برخی پیشرفت‌هایی که در کنترل این گونه حاصل شده است استفاده گسترده از سموم دفع آفات منجر به تأثیر بر ارگانیسم‌های غیرهدف (Croft, 1990)، سلامت افراد (García-Marí and Enrique González-Zamora, 1999)، ظهور آفات ثانویه (Elzen, 2001) و همچنین توسعه مقاومت شده است (Brattsten et al., 1986).

مصرف بی‌رویه کنه‌کش‌ها منجر به بروز پدیده مقاومت در کنه‌های تارتن شده است به طوری‌که تا کنون بیش از ۵۰۱ مورد مقاومت به بیش از ۹۶ ترکیب آفت‌کش شامل کلرپایریفوس (Farahani et al., 2016)، آبامکتین (Ferreira et al., 2015)، فن‌پایروکسی میت (Kim et al., 2004)، اسپیرومسیفن (Sato et al., 2016) و اسپیرودیکلوفن (Farahani et al., 2018) گزارش شده است. امروزه محققان در صدد یافتن روش‌های موثر و در عین حال ایمن برای کنترل کنه تارتن دو لکه‌ای هستند. در سال‌های اخیر استفاده از آفت‌کش‌های گیاهی به عنوان جایگزینی مناسب برای آفت‌کش‌های شیمیایی توصیه شده است. در این میان، سموم دفع آفات طبیعی مانند اسانس‌های گیاهی و ترکیبات گیاهی روغنی به علت دارا بودن سمیت تنفسی، تماسی، دور کنندگی، ضد تغذیه‌ای و نیز ایمن بودن برای محیط زیست و انسان و به عنوان یک جایگزین مناسب، از جایگاه ویژه‌ای در کنتر ل آفات برخوردار بوده است (Isman, 2000). استفاده تجاری از گیاهان یا ترکیبات آنها به عنوان آفت‌کش از سال ۱۸۵۰ آغاز گردیده است که در بین آنها می‌توان به استفاده از گیاهان تنباکو *Nicotiana tabaci* L.، دریس *Derris eliptica* (Wallich) و پیریتروم *Chrysanthemum cinerariaefolium* L. اشاره کرد (Cracker and Simon, 2002). در حال حاصر فرمولاسیون‌هایی بر پایه اسانس‌های رزماری (Morreti et al., 2002; Miresmailli and Isman, 2006)، دارچین (Koul et al., 2008) و بذر چریش (Makundi and Kashenge, 2002; Duchovskiene et al., 2008) تولید شده است که علیه آفات مختلفی نظیر کنه تارتن دو

لکه‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین فراورده‌هایی بر پایه اسانس میخک، نعناع فلفلی، لیمو و آویشن نیز به منظور مدیریت آفات بهداشتی، زراعی و گلخانه‌ای ساخته شده و به صورت تجاری وارد بازار مصرف گردیده است (Isman et al., 2011).

گیاهان خانواده‌ی نعناعیان دارای اهمیت اقتصادی زیادی هستند. گیاهان این خانواده بیش از ۲۵۰۰ گونه دارند و بیشتر در مناطق معتدله می‌رویند. قسمت عمده‌ی این گیاهان علفی بوده و دارای ریشه‌های چندساله می‌باشند. در سطح برگ و ساقه جوان بیشتر گیاهان این خانواده پرزهای ساده و غده‌ای یافت می‌شود که دارای ترشحات معطر می‌باشند. مطالعات انجام شده در زمینه‌ی بررسی خاصیت حشره‌کشی و کنه‌کشی گونه‌های متفاوت از خانواده‌ی نعناعیان نشان داده است که گونه‌های مختلف این خانواده دارای ترکیبات متفاوتی هستند که خاصیت حشره‌کشی و کنه‌کشی خود را به واسطه‌ی این ترکیبات اعمال می‌کنند از جمله این ترکیبات می‌توان به تیمول، کارواکرول و منتول اشاره کرد (Kumar et al., 2011; Rajendran and Sriranjini, 2008). نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha piperita* L. از خانواده Lamiaceae از جمله گیاهان دارویی و معطری است که اسانس آن در صنایع مختلف داروسازی استفاده می‌شود. Pirayeshfar et al. (2016) اثر کنه‌کشی اسانس استخراج شده از اندام‌های هوایی گیاه نعناع فلفلی را روی کنه تارتن دو لکه‌ای گزارش کرد.

اسانس‌های گیاهی به دلیل محدودیت هایی نظیر حلالیت پایین در آب، فرار بودن و دوام کم (Rajendran and Sriranini, 2008)؛ لازم است به نحوی که ماهیت شیمیایی آنها تغییر نکند فرموله شوند و سپس مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین امروزه مطالعات متعددی روی خواص حشره‌کشی و کنه‌کشی اسانس‌های فرموله شده انجام گرفته است. Bashiri et al. (2016) اثر کنه‌کشی اسانس نانوکپسوله زیره سبز (L.) *Cuminum cyminum* روی کنه قرمز مرکبات *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae) مورد مطالعه قرار دادند و غلظت کشنده ۵۰ درصد را بعد از گذشت ۲۴ ساعت ۷۴۳/۱۷ پی‌پی‌ام گزارش کردند. این محققان نشان دادند که فرمولاسیون نانوکپسول اسانس فوق علاوه بر خاصیت کنه‌کشی منجر به کاهش پارامترهای تولید مثلی شده است. در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که اسانس‌های میکروکپسول شده رزماری *Rosmarinus officinalis* L. و آویشن *Thymus vulgaris* L. منجر به مرگ و میر قابل توجهی روی شپ پره هندی *Plodia interpunctella* (Hübner) شد (Sanna-Passino and Moretti, 2004). لذا هدف از انجام این پژوهش ارزیابی اثرات کنه‌کشی اسانس میکروکپسوله نعناع فلفلی بر فراسنجه‌های دموگرافیک[1] کنه تارتن دو لکه‌ای با استفاده از تئوری جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله می‌باشد تا بتوان کارایی این ترکیب گیاهی را به منظور یافتن ترکیبات جایگزین کم خطر و امکان استفاده در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی مورد ارزیابی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### جمع‌آوری گیاه و خشک کردن نمونه مورد مطالعه

گیاه نعناع فلفلی در اواخر بهار ۱۳۹۸ در زمان گل‌دهی، از شهرستان شیروان (استان خراسان شمالی) جمع آوری گردید. اندام‌های هوایی آن که شامل جوانه، برگ و گل بود در محل کاملا تاریک خشک شده و داخل پاکت‌های کاغذی در یخچال (دمای ۲۰- درجه سلسیوس) نگه‌داری شد.

1- Demographic

### تهیه اسانس

ابتدا شاخه‌های چوبی از گیاهان خشک شده حذف و باقیمانده به کمک دستگاه خردکن به صورت پودر درآورده شد. به منظور اسانس‌گیری از پودر به دست آمده از روش هیدرولیزاسیون (Aslan et al., 2004) استفاده شد. بدون منظور در هر بار، مقدار ۵۰ گرم پودر گیاهی به همراه ۵۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر (به عنوان حلال) به وسیله دستگاه Clevenger، به مدت ۳ ساعت، اسانس‌گیری شد. پس از تهیه اسانس، به کمک سولفات سدیم بدون آب (دهیدراته[1]) عمل آبگیری صورت گرفت و تا زمان استفاده درون ظروف شیشه‌ای که حاوی پوشش آلومینیومی بود، در داخل یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس نگه‌داری شد.

### مواد مورد استفاده در تهیه فرمولاسیون میکروکپسول اسانس گیاهی

بتا سیکلودکسترین از شرکت سیگما آلدریچ[2] آلمان خریداری شد و نقش آن بیشتر برای محافظت مواد از تخریب ناشی از میکروارگانیسم‌ها، پایدارسازی مواد حساس به نور یا اکسیژن، بهبود فعالیت شیمیایی مولکول مهمان در نگهداری طولانی اشاره نمود (Astray et al., 2009). اتانول (به عنوان ضد حلال) از شرکت جهان الکل طی اراک ایران خریداری شد و به عنوان حلال در فرمولاسیون به کار گرفته شد. کیتوزان[3] با وزن مولکولی پائین از شرکت سیگما آلدریچ، توئین ۸۰ ( سوربیتان منو-۹-اکتادکنوئات) به منظور توزیع و ترکیب کامل اسانس از شرکت سیگما آلدریچ آلمان تهیه گردید. گلیسرول و هیدروکسید سدیم از شرکت CARLO EBRA فرانسه تهیه و مورد استفاده قرار گرفت.

1- dehydrated
2- Sigma Aldrich
3- Chitosan

### تهیه فرمولاسیون میکروکپسول اسانس گیاهی

میکروکپسول به وسیله ترکیب روش کواسرواسیون[4] با روش خشک کردن در خلاء، شرح داده شده توسط Bhandari et al. (1999) و Ojagh et al. (2010) با انجام یکسری تغییرات آماده گردید. به این صورت که ۵ گرم از بتا سیکلودکسترین در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (قرار گرفته شده روی هیتر) با دمای ۷۰ درجه سلسیوس حل گردید. سپس اسانس که به نسبت حجمی ۱:۱ در اتانول حل شده بود، بعد از رسیدن دمای آب به ۴۰ درجه سلسیوس به محلول فوق در حین هم زدن به مدت ۱۰ دقیقه با rpm ۱۳۵۰۰ انجام گرفت. به طوری‌که نسبت اسانس به بتاسیکودکسترین ۰/۴ تا ۲/۴ مولار حاصل شود و ظرف محلول روی دستگاه شیکر به مدت سه ساعت هم زده شد. سپس کیتوزان یک درصد(، اسانس (۱۵٪)، اتانول (۲۰٪)، توئین ۸۰ (۲٪) و گلیسرول ( ۷۵٪ ) به ظرف محلول اضافه گردید و pH محلول با اضافه کردن هیدروکسید سدیم (یک نرمال) در حدود ۸ تنظیم گردید. سپس محلول ترکیبی فوق در دمای اتاق به مدت یک ساعت به وسیله هم زن مغناطیسی کاملا هم زده شد و در نهایت ذرات میکروکپسول سخت شد. بعد از جداسازی توسط کاغذ صافی، با آب سرد شسته شد و در دمای ۳۰ درجه سلیسوس به مدت ۴۸ ساعت در بالون روتاری قرار داده و تحت خلاء چرخان، در لوله آزمایش جدا و سپس به ظرف تیره منتقل و برای تیمارها مورد استفاده قرار گرفت.

### پرورش کنه تارتن دو لکه‌ای

کنه تارتن دو لکه‌ای، *T. urticae*، در اتاقک رشدی با شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی روی گیاه لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) ، رقم خمین پرورش داده شد.

4- Coacervation

### آزمایش‌های زیست‌سنجی

به منظور تعیین غلظت‌های موثر اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی بر کنه تارتن دو لکه‌ای از روش غوطه‌وری[1] برگ (Helle and Overmeer, 1985) استفاده شد. آزمایش مقدماتی به منظور تعیین تلفات ۱۰-۹۰ درصدی روی کنه بالغ انجام شد (Robertson et al., 2007). شش غلظت شامل ۱۰۰۰، ۱۵۸۰، ۲۲۳۰، ۳۳۲۰ و ۵۰۸۰ پی‌پی‌ام[2] و شاهد در آزمایش مقدماتی مورد استفاده قرار گرفت. دیسک‌های برگی به مدت ۱۵ ثانیه در غلظت‌های تهیه شده از اسانس میکروکپسول شده فرو برده شدند. پس از دو ساعت خشک شدن در دمای اتاق، دیسک‌های برگی 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 ۴ سانتی‌متر درون پتری‌دیش‌هایی به قطر ۶ سانتی‌متر انتقال یافت و جهت جلوگیری از فرار کنه‌ها، اطراف دیسک‌های برگی با پنبه مرطوب محصور شد. آزمایش‌های اصلی در ۶ غلظت و ۴ تکرار انجام شد. تعداد تلفات پس از ۲۴ ساعت با شمارش کنه‌هایی که پس از تحریک توسط قلم‌مودر زیر استریومیکروسکوپ (OPTIKA, SZM-1) هیچ عکس‌العملی از خود نشان ندادند، به دست آمد.

### اثر غلظت‌های زیرکشنده بر پارامترهای رشد جمعیت کنه‌ی دولکه‌ای

دیسک‌های برگی لوبیا در محلول‌های تهیه شده در غلظت‌های زیرکشنده $LC_{10}$، $LC_{20}$ و $LC_{30}$ از اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی و آب مقطر به مدت ۱۵ ثانیه غوطه‌ور شده و پس از خشک شدن در دمای اتاق، داخل پتری‌دیش‌ها به صورت جداگانه برای هر تیمار قرار داده شدند. تعداد ۱۰۰ عدد کنه ماده بالغ جفتگیری کرده همسن با قلم‌موی نرم روی برگ‌های هر تیمار منتقل شدند. به منظور داشتن یک جمعیت همسن کنه‌های ماده زنده مانده در هر تیمار، کنه‌ها به مدت ۲۴ ساعت به طور جداگانه روی دیسک‌های برگی قرار داده شدند. 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. تمامی تکرارها بصورت روزانه مورد بازدید قرار گرفتند و طول دوره رشدی مراحل مختلف کنه در هر یک از آنها ثبت گردید. به منظور تخمین میزان باروری، کنه‌های ماده با نر همراه شدند و دوره تخم‌گذاری، میزان باروری و طول عمر آنها ثبت گردید. ثبت داده‌ها تا پایان عمر آخرین کنه‌ها ادامه یافت.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تعیین غلظت‌های زیرکشنده از نرم‌افزارهای IBM SPSS Software version 19.0 و Polo Plus روش پروبیت استفاده شد. داده‌های بدست آمده از یادداشت‌برداری‌های روزانه براساس نظریه جدول زندگی دوجنسی (Chi, 1988; Chi and Liu, 1985) Age-stage two-sex و با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MSChart (Chi, 2019) تجزیه شد. مقایسه میانگین تیمارها به روش Tukey-kramer در سطح احتمال آماری ۵٪ انجام گرفت.

## نتایج

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی جهت تعیین غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی روی کنه تارتن دولکه‌ای در جدول ۱ ارائه شده است. غلظت‌های $LC_{10}$، $LC_{20}$ و $LC_{30}$ به ترتیب ۹۴۰/۲، ۱۳۰۱/۳ و ۱۶۲۰/۳ پی‌پی‌ام محاسبه شد.

1- dipping
2- ppm

## اثرات زیرکشندگی اسانس میکروکپسول نعنلع فلفلی بر مراحل رشدی قبل از بلوغ، طول عمر بالغ و طول دوره زندگی کنه تارتن دولکه‌ای

نتایج تأثیر غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی بر طول مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دو لکه‌ای در مقایسه با شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است. مشاهده شد که طول دوره‌های رشدی کنه‌های نر تیمار شده با غلظت‌های مختلف اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی در مقایسه با شاهد هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. این در صورتی می‌باشد که مراحل زیستی پروتونمف و دئوتونمف در غلظت‌های $LC_{20}$ و $LC_{30}$ در جنس ماده تفاوت معنی‌داری را نشان داد. در این مطالعه اختلافات معنی‌دار در میانگین طول عمر بالغین در جنس ماده در مقایسه با شاهد ملاحظه شد. میانگین طول دوره بلوغ کنه‌های نر و ماده به ترتیب ۸/۱۵ تا ۱۰/۱۸ و ۹/۸۹ تا ۱۲/۸۴ روز بود. میانگین طول دوره زندگی نر و ماده به ترتیب از۲۰/۸۲ تا ۱۸/۹۳ و از ۲۳/۳۲ تا ۲۰/۹۳ روز متغیر بود. تأثیر غلظت‌های زیرکشنده ($LC_{10}$، $LC_{20}$ و $LC_{30}$) بر طول دوره زندگی کنه‌های تارتن ماده تیمار شده نسبت به شاهد، باعث کاهش معنی‌دار شده است.

## شاخص‌های تولید مثلی

در جدول ۳ نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های $LC_{10}$، $LC_{20}$ و $LC_{30}$ زیرکشنده اسانس نعناع فلفلی بر طول دوره‌های تولیدمثلی و باروری کل کنه تارتن دولکه‌ای نشان داده‌شده است. میانگین طول دوره تخم‌ریزی به طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده بود به طوری که از ۷/۸۷ تا ۱۰/۷۲ روز در تیمارهای مختلف، متغیر بود. نتایج نشان داد که دوره پیش از تخم‌گذاری در بالغین تحت تأثیر هیچ‌کدام از تیمارها قرار نگرفت. باروری کل از ۵۶/۷۴ در تیمار شاهد تا ۳۴/۹۸ در غلظت $LC_{30}$ متغیر بود، به طوری که تحت تأثیر غلظت‌های آزمایشی بطور معنی‌دار روند نزولی نشان داد (جدول ۳).

## شاخص‌های جمعیتی

فراسنجه‌های رشد جمعیت از جمله نرخ خالص تولیدمثل[1] ($R_0$)، نرخ متناهی افزایش جمعیت[2] ($\lambda$)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت[3] ($r$)، طول دوره یک نسل[4] ($T$) و نرخ ناخالص تولیدمثل[5] ($GRR$) جمعیت در جدول ۴ ارائه شده است. اسانس میکروکپسول مورد مطالعه نرخ خالص تولیدمثل را به صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند.

اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی مورد استفاده، نرخ ذاتی افزایش جمعیت کنه *T. urticae* را به صورت معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد. به طوری که بیشترین مقدار $r$ در مرحله لاروی تیمار شاهد آب مقطر (۰/۲۲۰۸ بر روز) و کمترین آن (۰/۱۹۲۵ بر روز) با مصرف غلظت $LC_{30}$ اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی ثبت شد.

نرخ ناخالص تولید مثل به طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های مختلف آزمایشی کاهش یافت. به‌طوری‌که در غلظت $LC_{30}$ به کمترین مقدار خود برابر با ۲۴/۵۴ نتاج/فرد رسید. نرخ خالص تولیدمثل کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی با افزایش غلظت کاهش یافت. به‌طوری‌که کمترین میزان آن (۱۷/۰۶ نتاج/فرد) مربوط به کنه‌های تیمار شده با غلظت $LC_{30}$ بود که با تیمار شاهد (۳۹/۸۷ نتاج/فرد) اختلاف معنی‌دار داشت. اسانس میکروکپسول مورد مطالعه اثرات معنی‌داری بر طول دوره یک نسل ($T$) کنه تارتن دو لکه‌ای داشت. کمترین طول دوره یک نسل کنه *T. urticae* (۱۴/۹۵ روز) برای غلظت $LC_{30}$ به دست آمد. بیشترین طول دوره یک نسل (۱۶/۵۵ روز) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴).

---

1- Net reproductive rate
2- Finite rate of increase
3- Intrinsic rate of increase
4- Mean generation time
5- Gross reproduction rate

**جدول ۱- تجزیه پروبیت برای پاسخ غلظت -تلفات مرحله بالغ کنه‌ی تارتن دولکه‌ای نسبت به میکروکپسول اسانس نعناع فلفلی**

**Table 1. Probit analysis for the concentration-mortality response of adult stage of *Tetranychus urticae* to *Menthe piperita* essential oil microcapsule**

| N* | *df* | $LC_{10}$ | $LC_{20}$ | $LC_{30}$ | $LC_{50}$ | Slope ± SE | $X^2$ | *P–value* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 480 | 4 | 938.2 (744-1112) | 1303.3 (1089-1468) | 1615.3 (1423-1809) | 2365.6 (2138-2618) | 3.23±0.31 | 0.65 | 0.72 |

*20 individuals per replicate, four replicates per concentration, six concentrations per assay

**جدول ۲- اثرات غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی بر طول مراحل زیستی مختلف (میانگین ± خطا) *Tetranychus urticae***

**Table 2. Effects of sublethal concentrations of *Menthe piperita* essential oil microcapsule on the length of various biological stages (mean ± SE) *Tetranychus urticae***

| Sex | Stage | Sub-lethal concentration | | | | *F, df , P* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Control | $LC_{10}$ | $LC_{20}$ | $LC_{30}$ | |
| Male | | | | | | |
| | Egg (day) | 4.24±0.09a | 4.27± 0.06a | 4.27±0.08a | 4.31±0.07a | 1.25, 3; 50, 0.33 |
| | Larva (day) | 2.12±0.12a | 2.15±0.09a | 2.14±0.12a | 2.14±0.09a | 11.21, 3; 50, 0.22 |
| | Protonymph (day) | 2.17±0.13a | 2.18±0.09a | 2.18±0.11a | 2.19±0.11a | 9.56, 3; 50, 0.15 |
| | Deutonymph (day) | 2.11±0.12a | 2.13±0.09a | 2.15±0.08a | 2.15±0.08a | 5.87, 3; 50, 0.16 |
| | Longevity (day) | 10.18±0.17a | 9.87 ±0.18a | 9.08± 0.21b | 8.15±0.19c | 3.1, 3,50, 0.14 |
| | Total life span (day) | 20.82±0.24a | 20.61±0.22a | 19.79±0.23b | 18.93±0.27c | 4.32, 3,50, 0.07 |
| Female | | | | | | |
| | Egg (day) | 4.18±0.05a | 4.21±0.06a | 4.22±0.08a | 4.22±0.07a | 8.19, 3;150, 0.29 |
| | Larva (day) | 2.13±0.09a | 2.12±0.09a | 2.15±0.11a | 2.16±0.11a | 6.29, 3;150, 0.12 |
| | Protonymph (day) | 2.08±0.10b | 2.13±0.07b | 2.25±0.08a | 2.32±0.09a | 1.21, 3;150, 0.18 |
| | Deutonymph (day) | 2.09±0.12b | 2.14±0.11b | 2.28±0.13a | 2.34±0.12a | 0.33, 3;150, 0.73 |
| | Longevity (day) | 12.84±0.21a | 12.05±0.28b | 11.08±0.22c | 9.89±0.21d | 55.3, 3,150, <0.0001 |
| | Total life span (day) | 23.32±0.29a | 22.66±0.33b | 21.94±0.32c | 20.93±0.34d | 33.5, 3,150, <0.0001 |

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

**جدول ۳- اثرات غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی بر فراسنجه‌های زیستی (میانگین ± خطای معیار) کنه *Tetranychus urticae***

**Table 3. Effects of sublethal concentrations of *Menthe piperita* essential oil microcapsule on biological parameters (mean ± SE) of *Tetranychus urticae***

| Parameter | Sub-lethal concentration | | | | *F, df , P* |
|---|---|---|---|---|---|
| | Control | $LC_{10}$ | $LC_{20}$ | $LC_{30}$ | |
| Oviposition period | 10.72±0.12 a | 10.43±0.11a | 9.04.±0.09b | 7.87±0.14c | 41.3, 3,150, <0.0001 |
| APOP[1] | 1.01±0.03a | 1.04±0.03a | 1.09 ±0.03a | 1.11±0.03a | 0.23, 3,150, 0.14 |
| TPOP[2] | 11.64±0.13a | 11.68±0.14a | 11.72±0.15a | 11.74±0.15a | 0.39, 3,150, <0.008 |
| Total fecundity | 56.74±0.31a | 54.35±0.36a | 41.35±0.29b | 34.98±0.32c | 24.6, 3,150, <0.0001 |

*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.

**جدول ٤- فراسنجه‌های رشد (میانگین± خطای معیار) جمعیت کنه‌های *Tetranychus urticae* تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده میکروکپسول اسانس نعناع فلفلی و تیمار شاهد**

**Table 4. Population growth parameters (Mean± SE) of *Tetranychus urticae* under the influence of sublethal concentrations of *Menthe piperita* essential oil microcapsules and control**

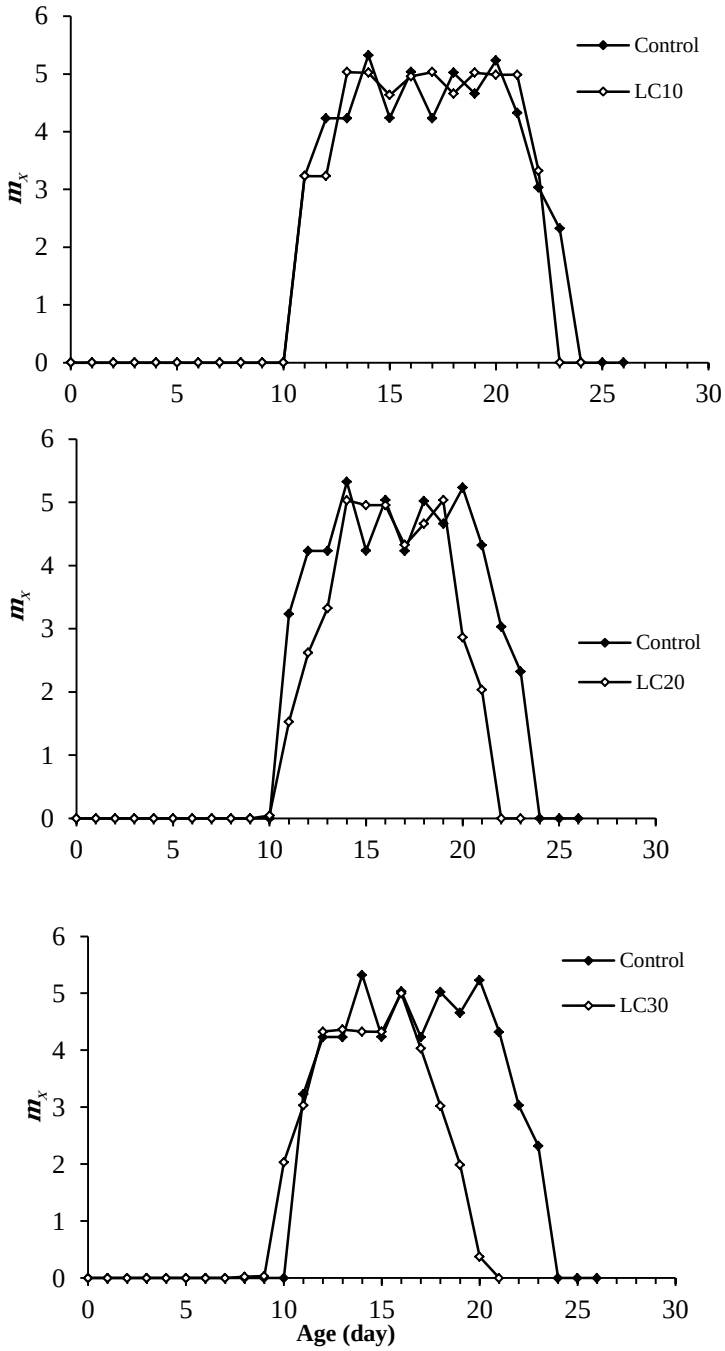
| population parameters | Control | $LC_{10}$ | $LC_{20}$ | $LC_{30}$ |
|---|---|---|---|---|
| *GRR* (eggs/individual/Generation) | 49.34±2.45a | 42.35±2.03b | 32.67±1.87c | 24.54±1.46d |
| *R* (eggs/individual/Generation) | 39.87±2.32a | 33.61±2.11b | 22.36±1.69c | 17.06±1.54d |
| $r$ ($day^{-1}$) | 0.2208±0.006a | 0.2112±0.005a | 0.2011±0.003ab | 0.1925±0.003b |
| $\lambda$ ($day^{-1}$) | 1.266±0.005a | 1.242±0.006a | 1.231±0.007ab | 1.208±0.007b |
| *T* (days) | 16.66±0.11a | 16.23±0.09b | 15.84±0.07c | 14.95±0.08d |

*The data in the first row were calculated for each parameter using Bootstrap and 100,00 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)

## بقاء و باروری

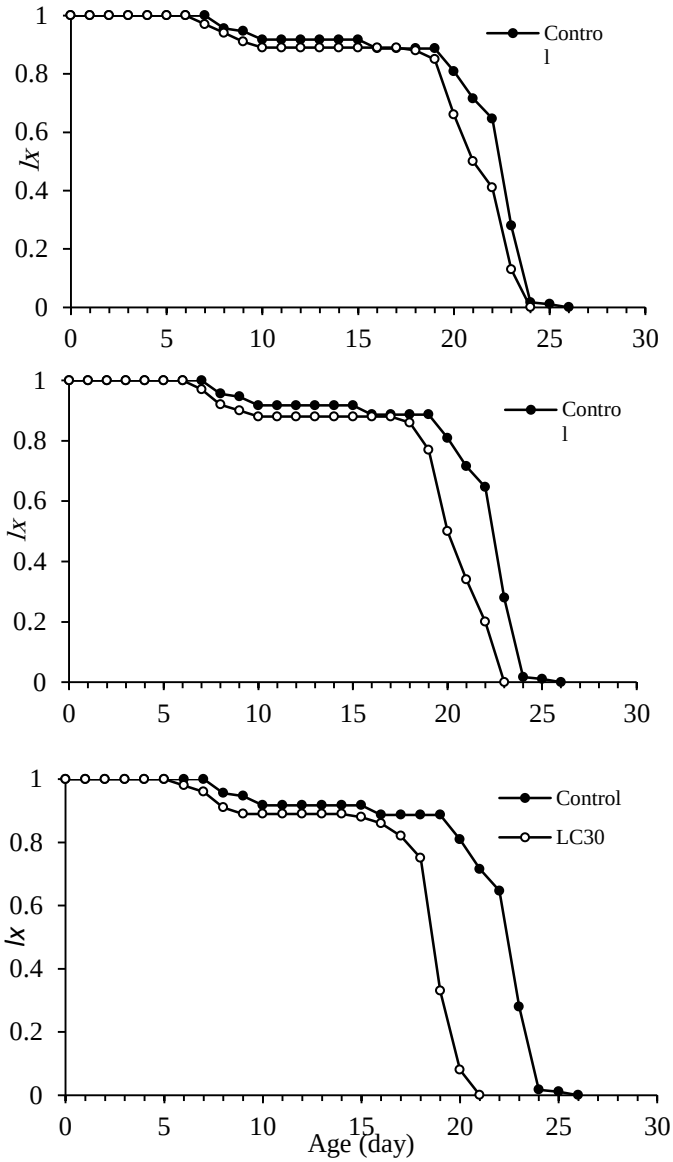
در شکل ۱ باروری ویژه سنی ($m_x$) در کنه تارتن *T. urticae* تیمار شده و شاهد، نشان داده شده است. تخم‌گذاری برای ماده‌های همه تیمارها بعد از دهمین روز آغاز گردید. حداکثر میزان باروری ویژه سنی ($m_x$) کنه‌های ماده در تیمارهای $LC_{10}$، $LC_{20}$ و $LC_{30}$ به ترتیب برابر ۵/۰۳، ۵/۰۴ و ۵ نتاج/فرد بودکه در روزهای سیزدهم، نوزدهم و شانزدهم مشاهده گردید که براساس نتایج حاصله با افزایش غلظت مصرفی، میزان باروری کاهش یافت. بیشترین میزان باروری ۵/۳۲ نتاج/فرد بود که در روز چهاردهم برای کنه‌های تیمار نشده بدست آمد (شکل ۱).

در شکل ۲، منحنی بقای ویژه سنی ($l_x$) در کنه‌های تارتن *T. urticae* تیمار شده با آب مقطر و سه غلظت زیرکشنده از اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی نشان داد احتمال بقاء در کنه‌های تیمار نشده در روز ۲۸ به صفر رسید و در کنه‌های تارتن تیمار شده با غلظت‌های $LC_{10}$، $LC_{20}$ و $LC_{30}$ به ترتیب در روزهای ۲۵، ۲۳ و ۲۱ و برای کنه‌های تیمار نشده در روز ۲۶ به صفر رسید. علاوه بر این در همه تیمارها درصد تلفات مشاهده شده در مراحل بالغ در مقایسه با شاهد کاهش یافت (شکل ۲).




**شکل ۱- منحنی باروری ویژه سنی ($m_x$) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی**

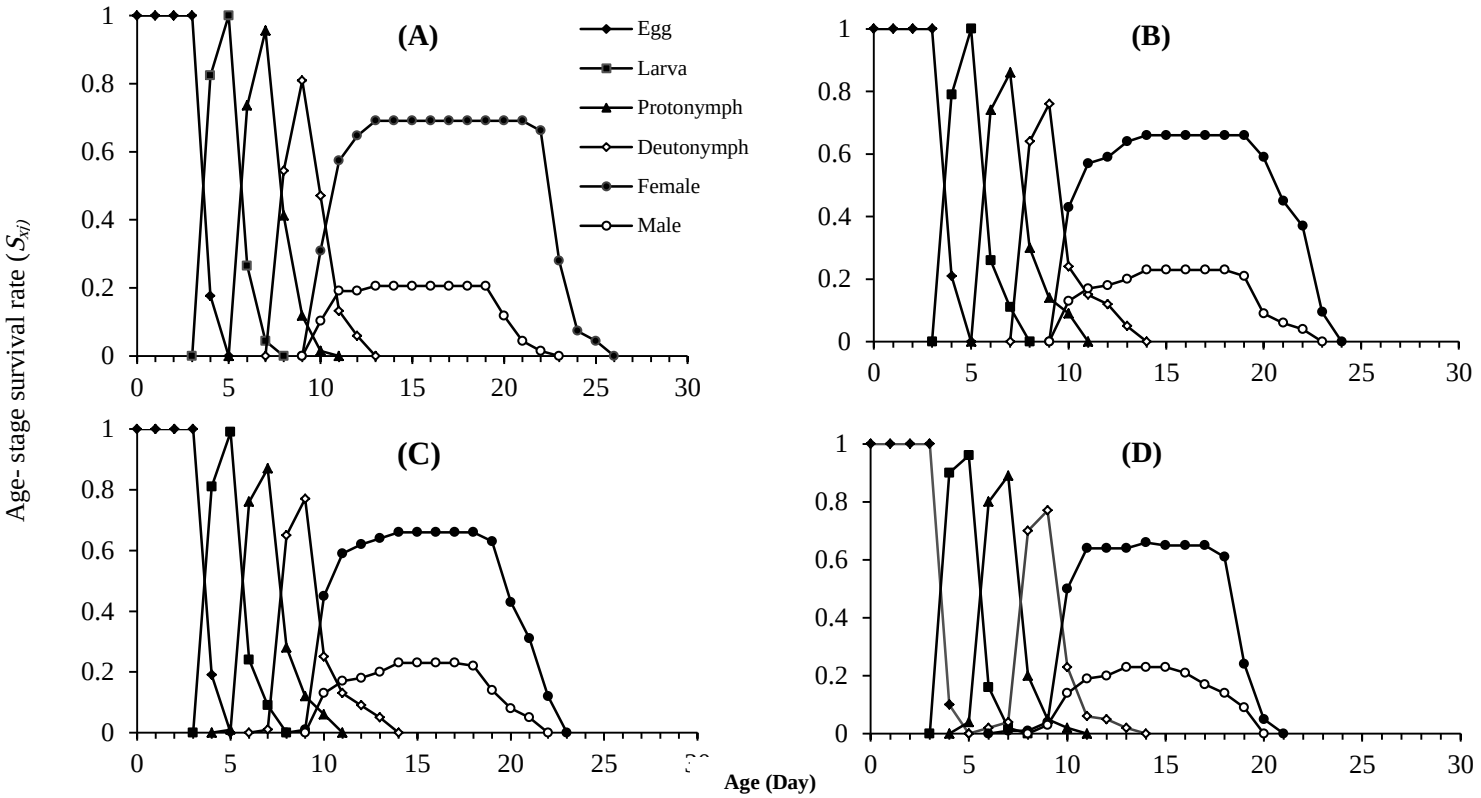
**Figure1. Age-specific fecundity (*mx*) of *Tetranychus urticae*-offspring treated by sublethal concentrations of essential oil microcapsule from *Menthe piperita***




**شکل ۲- منحنی بقای ویژه سنی ($l_x$) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی**

**Figure 2. Age-specific survivorship (*lx*) of *Tetranychus urticae*-offspring treated by sublethal concentrations of essential oil microcapsule from *Menthe piperita***

در شکل ۳ منحنی بقای ویژه سن-مرحله زیستی ($S_{xj}$) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی 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.




**شکل۳- منحنی بقای ویژه سن-مرحله زیستی ($s_{xj}$) نتاج حاصل از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با غلظت های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی (A: شاهد؛ B: $LC_{10}$؛ C: $LC_{20}$؛ D: $LC_{30}$)**

**Figure 3. Age-stage specific survival rate (*sxj*) of *Tetranychus urticae*-offspring treated by sublethal concentrations of essential oil microcapsule from *Menthe piperita*: Control (A), $LC_{10}$ (B), $LC_{20}$ (C), $LC_{30}$ (D)**

## بحث

با توجه به اثرات نامطلوب استفاده وسیع از آفت‌کش‌های شیمیایی نظیر بروز مقاومت در کنه‌های گیاهی و آلودگی‌های زیست محیطی، طی چند دهه اخیر تحقیقات وسیعی روی ترکیبات گیاهی متعدد به منظور دستیابی به جایگزین‌های بی‌خطر یا کم‌خطر و مؤثرتر از حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌های شیمیایی برای کنترل این آفت انجام شده است (Beynaghi et al., 2015; Havasi et al., 2020). اساس و زمینه‌هایی به منظور حمایت از فعالیت کنه‌کشی اسانس‌های برگرفته از گیاهان مختلف در برابر کنه‌های گیاه‌خوار[1] وجود دارد. اثرات کشندگی سموم دفع آفات، صرفا به اندازه‌گیری جزئی از اثرات نامطلوب آنها دارد. بنابراین، اثرات زیرکشندگی بر روی فیزیولوژی و رفتار بندپایان نیز باید به منظور یک تجزیه و تحلیل کامل در نظر گرفته شود (Desneux et al., 2007). اثرات زیرکشندگی می‌تواند بسیار حساس و در غلظت‌های کمتر از منحنی غلظت-تلفات بر جمعیت تأثیرگذار باشد (Stark and Banks, 2003). همچنین لازم به ذکر است که پژوهش‌های متعددی به بررسی اثرات زیر کشنده عصاره‌ها و اسانس‌های مختلف گیاهی بر پارامترهای بیولوژیکی *T. urticae* بررسی شده است (Sundaram and Sloane, 1995; Kheradmand et al., 2015; Akyazi et al., 2018; Havasi et al., 2019a). با این حال، پژوهش حاضر، اولین آزمایش مربوط گزارش سمیت و همچنین اثرات زیرکشندگی اسانس میکروکپسوله شده نعناع فلفلی بر *T. urticae* می‌باشد.

Moayeri et al. (2013) اثر دور کنندگی سه اسانس نعناع فلفلی، رزماری و مرزه را روی کنه تارتن دو لکه‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد اسانس نعناع فلفلی بیشترین اثر دورکنندگی را روی کنه *T. urticae* داشته است. کارایی بالای منتول و روغن گیاهی منجر به کاربرد وسیع آن‌ها برای مدیریت کنه (*Acarapis woodi* (Rennie) Acari: Tarsonemidae) انگل زنبور عسل (*Apis mellifera* L.) در کندوها در آمریکای شمالی و اروپا گردیده است (Delaplane, 1992). اسانس‌های گیاهی طیف وسیعی از فعالیت‌های بیولوژیکی شامل حشره‌کشی، کنه‌کشی و دور کنندگی و ضد تغذیه‌ای دارند (Conti Lopez et al., 2010). Haririmoghadam et al. (2011) میزان سمیت غلظت کشنده ۵۰ درصد اسانس دو گونه اکالیپتوس *Eucalyptus salmonophloia* F. Muell و *E. kingsmillii* (Mauden) Maiden and Blakely را روی کنه تارتن دو لکه‌ای به ترتیب ۳/۴۲ و ۳/۱۰ میکرولیتر بر لیتر هوا گزارش کردند. در مطالعه مشابهی El-Moneim et al. (2012)، $LC_{50}$ تماسی اسانس‌های استخراج شده از گیاهان *Chamomile recutita* (L.)، *Marjorana hortensis* (M.) و *Eucalyptus* sp. را روی کنه تارتن دو لکه‌ای به ترتیب ۶۵۰۰، ۱۸۴۰۰ و ۲۱۸۰۰ پی‌پی‌ام گزارش کردند. در پژوهشی که به بررسی اثر حشره‌کشی اسانس میکروکپسول گیاه فلفل پروئی *Schinus molle* L. بر مگس بالغ *Haematobia irritans* (L.) بررسی شد، گزارش گردید که چهار میکروکپسول (EEO1- EEO4) با خاصیت رهایش کنترل شده از این اسانس (بکارگیری از روش اسپری)، تأثیر حشره‌کشی تدریجی از خود نشان دادند (Lopez et al., 2014). Bashiri et al. (2016) اثر کنه‌کشی اسانس نانوکپسول زیره سبز *C. cyminum* را روی کنه قرمز مرکبات *P. citri* بررسی کردند. نتایج این محققان نشان داد میزان $LC_{50}$ اسانس نانوکپسول گیاه فوق روی کنه قرمز مرکبات در مدت ۲۴ ساعت برابر با ۷۴۳/۱۷ پی پی ام بوده است. همچنین این محققان بیان داشتند که به جز غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام، در غلظت‌های بالاتر (۳۰۰، ۵۰۰ و

1- Phytophagous

۷۰۰ پی‌پی‌ام) فرمولاسیون نانوکپسول اسانس اثر بازدارندگی بر میزان تخم‌ریزی و کاهش معنی‌دار تعداد تخم‌های تولید شده به ازای هر فرد ماده نسبت به شاهد را نشان داده است. Pirayeshfar et al. (2016) اثر تخم‌کشی و بالغ‌کشی اسانس نعناع فلفلی را روی کنه تارتن دو لکه‌ای *T. urticae* مورد آزمون قرار دادند و میزان $LC_{50}$ را به ترتیب ۵۱۳/۶ و ۸۲/۵ میکرولیتر بر لیتر برای مراحل زیستی تخم و افراد بالغ کنه *T. urticae* گزارش کردند. علیرغم مطاعات گسترده روی اثر کنه‌کشی اسانس‌های گیاهی در سال‌های اخیر و نتایج امید بخش این مطالعات، کاربرد اسانس‌های گیاهی در شرایط مزرعه‌ای با محدودیت‌هایی روبه رو است از جمله فرار بودن ترکیبات استخراج شده که منجر به عدم دستیابی به نتیجه مطلوب حاصل شده در شرایط آزمایشگاهی می‌گردد. در این مطالعه به منظور افزایش پایداری اسانس نعناع فلفلی، فرمولاسیون میکروکسپول آن تهیه شد و اثر کشندگی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بررسی‌های انجام شده توسط دیگر محققین نشان داد میکروکسپوله کردن اسانس‌های گیاهی منجر به افزایش پایداری در محیط و در نتیجه افزایش سمیت آن گردد (Bashiri et al., 2016).

مطابق با نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر Beynaghi et al. (2015)، در بررسی اثر زیرکشندگی اسانس زیره سبز و میخک را روی میانگین و دوره باروری کنه تارتن دو لکه‌ای نشان دادند اثر زیرکشندگی غلظت $LC_{25}$ هر یک از اسانس‌های فوق منجر به کاهش معنی‌دار طول دوره تخم‌ریزی و میانگین باروری کل در سطح ۱ درصد شده است. Attia et al. (2011) در پژوهش دیگری گزارش کردند کاربرد غلظت زیرکشنده اسانس گیاه *Deverra scoparia* Coss. and Durieu منجر به کاهش معنی‌دار میانگین باروری در کنه‌های تارتن تیمار شده با اسانس مذکور شده است. Esmaeily et al. (2017) اثر زیرکشندگی اسانس استخراج شده از رزماری *Rosmarinus officinalis* L. و درمنه *Artemisia annua* L. را روی میانگین باروری کنه تارتن دو لکه‌ای مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که میزان میانگین باروری در غلظت کشنده ۳۰ درصد کشندگی (رزماری: ۳۹/۵۷، درمنه: ۳۴/۶۴، شاهد: ۷۱/۱۲ تخم/ماده) هر یک از اسانس های مورد بررسی کاهش معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داد.

Refaat et al. (2002) کاهش تعداد تخم‌های گذاشته شده را در کنه‌های تارتن تیمار شده با غلظت‌های زیر کشنده گیاه ریحان *Ocimum basilicum* L. و اسطوخودوس *Lavandula officinalis* L. گزارش کردند. Pietrosiuk et al. (2003) کاهش باروری ماده‌ها و کوتاه شدن طول عمر کنه‌های تارتن تیمار شده با آلکالوئیدهای پیرولیزیدین استخراج شده از گونه سنگدانه *Lithospermum canescens* L. را گزارش کردند. در مطالعه مشابهی که توسط Miresmailli and Isman (2006) انجام گرفت، نشان داده شد که عصاره رزماری میزان تخم‌گذاری کنه تارتن دو لکه‌ای را کاهش داده و باعث تأثیر روی رفتار تولید مثلی آن شد. به طوری‌که تعداد افراد کنه تارتن دو لکه‌ای، هنگامی که عصاره رزماری به عنوان تیمار حضور داشت ( ۱۸۳/۴ کنه در هر لکه آزمایش[1])کاهش معنی‌داری نسبت به عدم حضور عصاره( ۸۷//۹ کنه در هر لکه آزمایش) نشان داد. بیشتر ترکیبات سمی توانایی کاهش نرخ ذاتی رشد ($r$) جمعیت آفات را دارند (El-Gengaihi et al., 1996; Gholamzadeh Chitgar et al., 2013). Beynaghi et al. (2015) نشان دادند تیمار ماده بالغ کنه تارتن دو لکه‌ای با غلظت کشنده ۲۵ درصد اسانس‌های زیره سبز و میخک منجر به کاهش معنی دار نرخ خالص تولیدمثل

1- Patch

($R_0$) و $r$ نسبت به تیمار شاهد می گردد. Esmaeily et al. (2017) نشان دادند تیمار ماده‌های بالغ کنه تارتن دولکه‌ای با غلظت زیرکشنده اسانس‌های *A. annua* و *R. officinalis* منجر به کاهش معنی‌دار طول دوره رشدی و طول دوره بلوغ می‌گردد که این موضوع منجر به کاهش خسارت کنه تارتن روی گیاهان می‌شود. همچنین مطابق با نتایج به دست آمده در این تحقیق؛ da GS Maciel et al. (2019) گزارش کردند که میکروکپسول عصاره بذر *Annona squamosa* L. (Annonaceae) تأثیر بالایی در ایجاد تلفات در جمعیت کنه *T. urticae* داشته و توانسته کنترل موفقی برای این آفت به ثبت رساند.

Esmaeily et al. (2017) کاهش معنی‌دار پارامترهای جدول زندگی شامل $r$، $R_0$، $T$ و $\lambda$ را در کنه‌های تارتن تیمار شده با غلظت زیرکشنده دو اسانس و *R. officinalis* را گزارش کردند. با توجه به این‌که اسانس‌ها باعث کاهش طول عمر، زنده‌مانی و باروری کنه تارتن می‌گردند، بنابراین باعث کاهش مقدار $r$ می‌گردند. مشابه با نتایج پژوهش حاضر، Martinez-Villar et al. (2005) نشان دادند که تیمار کنه‌های تارتن *T. urticae* با آزادیراختین منجر به کاهش معنی‌دار پارامترهایی همچون $R_0$، $\lambda$ و $T$ می‌گردد. در پژوهش دیگری Pietrosiuk et al. (2003) کاهش معنی‌دار مقدار $r$ (شاهد: ۰/۱۸۲، تیمار: ۰/۱۳۴ بر روز) را در کنه‌های تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با آلکالوئید پیرولیزیدین گزارش کردند. Havasi et al. (2019a) دریافتند که کاربرد عصاره پوست انار در غلظت‌های $LC_{10}$ و$LC_{20}$، میزان باروری کنه *T. urticae* را به طور معنی‌داری کاهش داد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان باروری به ترتیب برای تیمار شاهد (۵۶ نتاج/فرد) و بالاترین غلظت (۴۳/۲ نتاج/فرد برای تیمار ۲۰ درصد کشندگی) ملاحظه شد که این روند کاهشی منطبق بر نتایج پژوهش حاضر بود. روند مشابه با نتایج به دست آمده در این پژوهش در مطالعه Havasi et al. (2018, 2020) دیده شد که در اثر تیمار کنه *T. urticae* با غلظت $LC_{10}$ و $LC_{20}$ دایابون (Dayabon®) بقای ویژه سنی در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. در این مطالعه، اسانس میکروکپسول شده نعناع فلفلی، اثرات منفی بر پارامترهای رشدی جمعیت و تغییرات قابل توجهی در نتاج تولیدی نسل بعدی از جمله طول عمر کنه *T. urticae* شد. به طور کلی، با توجه به یافته‌های به دست آمده در پژوهش حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد غلظت زیرکشنده اسانس میکروکپسول مذکور، پتانسیل کنترل کنه‌های تارتن تحت تیمار را به منظور سرکوب نمودن جمعیت کنه *T. urticae* را خواهد داشت. به نظر می‌رسد کاربرد عصاره گیاهان می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین برای سموم شیمیایی استفاده شود. دانستن ماهیت شیمیایی ترکیب کنه‌کش زیستی، یک موضوع مهم برای تحقیقات آینده بوده که منجر به ایجاد یک شیوه موثر و سازگار با محیط زیست در برابر کنه‌های آفت شود که می‌تواند کاربرد بیش از اندازه به کنه‌کش‌های مصنوعی را کاهش دهد.

با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده در این پژوهش، می‌توان استنباط کرد که کاربرد غلظت‌های زیرکشنده اسانس میکروکپسول نعناع فلفلی دارای اثرات منفی بر پارامترهای بیولوژیکی همچون طول دوره بلوغ و طول دوره زندگی کنه بوده و می‌تواند در جلوگیری از طغیان این آفت چند نسلی 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 ($GRR$)، متوسط طول یک نسل ($T$) و همچنین پارامترهای کلیدی در نرخ رشد جمعیت نسل های بعدی همچون نرخ ذاتی($r$) و متناهی

افزایش جمعیت ($\lambda$) با افزایش غلظت کاربردی اسانس میکروکپسوله شده ($LC_{30}$)، کاهش معنی‌داری را نشان داد. در نهایت، مطالعات بیشتری به منظور مطالعات تکمیلی بررسی اثرات زیرکشندگی اسانس میکروکپسول ذکر شده در فوق بر پارامترهای زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای جهت تعیین مناسب‌ترین ترکیب جایگزین 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 قدرانی می‌شود. همچنین از جناب آقای مهندس مرعشی و خانم مهندس یافایی جهت اجرای این پژوهش تشکر می‌شود.

## RERERENCES

Akyazi, R., Soysal, M., Altunç, E. Y., Lisle, A., Hassan, E., and Akyol, D. 2018. Acaricidal and sublethal effects of tobacco leaf and garlic bulb extract and soft soap on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Trombidiformes :Tetranychidae). Systematic and Applied Acarology, 23: 2054-2070.

Aslan, I., Özbek, H., Çalmaşur, Ö., and Şahi, F. 2004. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* koch and *Bemisia tabaci* Genn. Industrial Crops and Products و 19: 167-173.

Astray, G., Gonzalez-Barreiro, C., Mejuto, J.C., Rial-Otero, R., and Simal-Gandara, J. 2009. A review on the use of cyclodextrins in food. Journal of Food Hydrocolloids, 23: 1631-1640.

Attia, S., Grissa, K.L., Zeineb, G.G., Mailleux, A.C., Lognay, G., and Hance, T. 2011. Assessment of the acaricidal activity of several plant extracts on the phytophagous mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in Tunisian citrus orchards. Bulletin de la Société Royale Belge d'Entomologie, 147: 71-79.

Attia, S., Grissa, K.L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T., and Mailleux, A.C. 2013. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. Journal of Pest Science, 86: 361-386.

Bashiri, M., Moharramipour, S., Negahban, M., and Mafi Pashakolaei, Sh. 2016. Effects of nanocapsulated formulation of *Cuminum cyminum* essential oil on *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). Journal of Entomological Society of Iran, 36: 151-162.

Beynaghi, S., Kheradmand, K., Asgari, S., and Sheikhi Garjan, A. 2015. Sublethal effects of *Cuminum cyminum* and *Eugenia caryophyllata* essential oils on two–spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Entomology and Phytology, 82: 82-90

Bhandari, BR., D'Arcy, B.R., and Padukka I. 1999. Encapsulation of lemon oil by paste method using beta-cyclodextrin: encapsulation efficiency and profile of oil volatiles. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 47: 5194-5197.

Brattsten, L.B., Holyoke, C.W., and Leeper, J.R. 1986. Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. Science, 231: 1255–1260.

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

Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology, 17: 26-34.

Chi, H. 2019. TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. URL http://140. 120.197.173/Ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar. (accessed February 2016).

Conti, B., Canale, A., Bertoli, A., Gozzini, F., and Pistelli, L. 2010. Essential oil composition and larvicidal activity of six Mediterranean aromatic plants against the mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). Parasitology Research, 107: 1455-1461.

Cracker, L.E., and Simon, J.E. 2002. Herbs spices and medicinal plants: recent advances in botany, Horticulture and pharmacology, V. 4. Satish Kumar jain for CBC publisher and Distributors, New Delhi.

Croft BA.1990. Arthropod biological control agents and pesticides. New York (NY): John Wiley.

da GS Maciel, A., Trindade, R.C., Júnior, I.D.B., Santana, A.E.G., da Silva, J.P., Santos, L.A.T., Silva, E.S., de Freitas, J.D., and do Nascimento, T.G. 2019. Microencapsulation of *Annona squamosa* L. (Annonaceae) seed extract and lethal toxicity to *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae). Industrial Crops and Products, 127: 251-259.

Delaplane, K. S. 1992. Controlling tracheal mites (Acari: Tarsonemidae) in colonies of honey bees (Hymenoptera: Apidae) with vegetable oil and menthol. Journal of Economic Entomology, 85: 2118-2124.

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

Duchovskiene, L., Karkleliene, R., Surviliene, E., and Starkute, R. 2008. The effect of biopesticide NeemAzal-T/S on the *Tetranychus urticae* Koch. in carrot seed plants under greenhouse conditions. Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture, Sodininkyste ir daržininkyste, 27: 177-182.

El-Gengaihi, DE., Amer, S.A.A., and Mohamed, SM .1996. Biological activity of thyme oil and thymol against *Tetranychus urticae* Koch. Anz Scha¨dlingskd, 69: 157-159.

El-Moneim, M. A. A., Fatma, S. A., and Turky, A. F. 2012. Control of *Tetranychus urticae* Koch by extracts of three essential oils of chamomile, marjoram and Eucalyptus. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2: 24-30.

Elzen, G.W. 2001. Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). Journal of Economic Entomology, 94: 55-59.

Esmaeily, M., Bandani, A., Zibaee, I., and Sharifian, I. 2017. Sublethal effects of *Artemisia annua* L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils on life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Persian Journal of Acarology, 6: 39-52.

Farahani, S., Bandani, A. and Eslami, S. 2018. Comparison of susceptibility of two Iranian populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to spirodiclofen. Persian Journal of Acarology, 7: 279-287.

Farahani, S., Bandani, A., Bigham, Z., and Khalili Moghadam, A. 2016. Study of susceptibility of two populations of the two-spotted spider mite, *Teranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to chlorpyrifos and propargite. Proceedings of the 22nd Iranian Plant Protection Congress, Karaj, Iran, P. 829.

Ferreira, C.B., Andrade, F.H., Rodrigues, A.R., Siqueira, H.A., and Gondim Jr, M.G. 2015. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. Crop Protection, 67: 77-83.

García-Marí, F., Enrique González-Zamora, J.E. 1999. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valencia, Spain. Experimental and Applied Acarology, 23: 487-495.

Gholamzadeh Chitgar, M., Khosravi, R., JalaliSendi, J., and Ghadamyari, M. 2013. Sublethal effects of Thymus vulgaris essential oil on life-table parameters of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Archives of Phytopathology and Plant Protection, 46: 781-788.

Haririmoghadam, F., Moharramipour, S., and Sefidkon, F. 2011. Repellent activity and persistence of essential oil from *Eucalyptus salmonophloia* F. Muell and *E. kingsmillii* (Mauden) Maiden and Blakely on two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. Iranian Jopurnal if Medicinal and Aromatic Plants, 27: 375-383.

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

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: 115-120.

Havasi, M., Kheradmand, K., Mosallanejad, H., and Fathipour, Y. 2019. Sublethal effects of diflovidazin on demographic parameters of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). International Journal of Acarology, 45: 238-244.

Havasi, M., Kheradmand, K., Parsa, M., and Riahi, E. 2019a. Acaricidal activity of *Punica granatum* L. peels extract against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Archives of Phytopathology and Plant Protection, 52: 1215-1228.

Havasi, M., Kheradmand, K., Mosallanejad, H., and Fathipour, Y. 2019b. Evaluation of sublethal effects of thiamethoxam on the biological parameters of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Plant Protection (Scientific Journal of Acriculture), 42: 17-33 (In Farsi with English summary).

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: 391-395.

Isman, M.B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop protection, 19: 603-608.

Isman, M. B., Miresmailli, S., and Machial, C. 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. Phytochemistry Reviews, 10: 197-204.

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: 638-648.

Kheradmand, K., Beynaghi, S., Asgari, S., and Sheykhi Garjan, A. 2015. Toxicity and repellency effects of three plant essential oils against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Journal of Agricultural Science and Technology, 17: 1223-1232.

Kim, Y.J., Lee, S.H., Lee, S.W. and Ahn, Y.J. 2004. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. Pest Management Science, 60: 1001–1006.

Koul, O., Walia, S., and Dhaliwal, G. S. 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. Biopesticides International, 4: 63-84.

Kulkarni, N. S., Mani, M., and Banerjee, K. 2008. Management of mites on grape. Extension Folder, 15:2.

Kumar, P., Mishra, S., Malik, A. and Satya, S. 2011. Insecticidal properties of Mentha species: A review. Journal of Industrial Crops and Products, 34: 802-817.

López, A., Castro, S., Andina, M. J., Ures, X., Munguía, B., Llabot, J. M., and Domínguez, L. 2014. Insecticidal activity of microencapsulated *Schinus molle* essential oil. Industrial Crops and Products, 53: 209-216.

Makundi, R.H., and Kashenge S. 2002. Comparative efficacy of neem, *Azadirachta indica*, extract formulations and the synthetic acaricide, Amitraz (Mitac) against the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on tomatoes, *Lycopersicum aesculentum*. Zschr Pflanzkr Pflanzenschutz, 109: 57-63.

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

Migeon, A., and Dorkeld, F. 2010. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. Available from: http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb (accessed on 16 October 2017).

Miresmailli, S., and Isman, M. B. 2006. Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. Journal of Economic Entomology, 99: 2015-2023.

Moayeri, H. R. S. 2013. Miticide effects of some formulated compositions based on peppermint, pennyroyal and rosemary essential oils against the two-spotted spider mite .Ph.D Thesis, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanajn, Iran.

Mondal, M. and Ara, N. 2006. Biology and fecundity of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) under laboratory condition. Journal of Life Earth Science, 1: 43-47.

Moretti, M. D., Sanna-Passino, G., Demontis, S., and Bazzoni, E. 2002. Essential oil formulations useful as a new tool for insect pest control. AAPs PharmSciTech, 3: 64-74.
NeemAzal-T/S on the *Tetranychus urticae* Koch. in carrot seed plants under greenhouse conditions. Sodininkyste ir Darzininkyste, 27: 177-182.

Ojagh, S. M., M. Rezaei, S. H., and S. M. H. Hosseini. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry, 120: 193-198.

Opit, G.P., Jonas, V.M., Williams, K.A., Margolies, D.C., and Nechols, J.R. 2001. Effects of cultivar and irrigation management on population growth of the two-spotted spider mite

*Tetranychus urticae* on greenhouse ivy geranium. Experimental and Applied Acarology, 25: 849-857.

Pietrosiuk, A., Furmanowa, M., Kropczyńska, D., Kawka, B., and Wiedenfeld, H. 2003. Life history parameters of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) feeding on bean leaves treated with pyrrolizidine alkaloids. Journal of Applied Toxicology, 23: 187-190.

Pirayeshfar, F., Chavoshi, S.H., Saraf Moayeri, H.R., and Bolandnazar, A.R. 2016. The effect of *Mentha piperita* L. essential oil on two Tetranychid species and predator mite *Amblyseius swriskii* (Acari: Phytoseiidae). Proceedings of the 22nd Iranian Plant Protection Congress, Karaj, Iran, P. 818.

Rajendran, S., and Sriranjini, V. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. Journal of Stored Products Research, 44: 126-132.

Refaat, M., Momen, F. M., and Amer, S. A. A. 2002. Acaricidal activity of sweet basil and French lavender essential oils against two species of mites of the family Tetranychidae (Acari: Tetranychidae). Acta phytopathologica et Entomologica Hungarica, 37: 287-298.

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

Sanna Passino, G., and Moretti, M. 2004. Microencapsulated essential oils active against indianmeal moth. Boletin de Sanidad Vegetal. Plagas, 30.

Sangak Sani Bozhgani, N., Kheradmand, K., and Talebi, A.A. 2018. Sublethal effects of spirotetramat on demographic parameters of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Plant Protection (Scientific Journal of Acriculture), 41: 17-31 (In Farsi with English summary).

Sarraf Muayeri, H.R., Pirayeshfar, F., and Kavousi, O. 2013. Repellency effect of three herbal essential oils on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Journal of Plant Protection, 28: 393-399 (In Farsi).

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

Sato, M.E., Veronez, B., Stocco, R.S., Queiroz, M.C.V., and Gallego, R. 2016. Spiromesifen resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Selection, stability, and monitoring. Crop Protection, 89: 278-283.

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

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

Sundaram, K. M. S., and Sloane, L. 1995. Effects of pure and formulated Azadirachtin, a neem-based biopesticide, on the phytophagous spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. Journal of Environmental Science and Health B, 30: 801-814.

Zhang, Z.Q. 2003. Mites of greenhouses: identification, biology and control4. Oxon, UK : CABI Publishing.

© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, 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/).

# Efficacy of microcapsule essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.) on biological parameters of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

A. Alsendi[1], M.R. Havasi[1], Gh.R. Golmohammadi[2], S. Farahani[1] and K. Kheradmand[3]*

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

(DOI): 10.22055/PPR.2021.16776

Received: 12 September 2020 Accepted: 22 November 2020

## Abstract

### Background and Objectives

*Tetranychus urticae*, as the two-spotted spider mite, is considered as one of the most important and destructive herbivorous mites in farms and greenhouses, which is very important to control due to its wide host range. The damage caused by agricultural pests combined with the harmful effects of synthetic chemicals used in their control can be mitigated or eliminated by using botanicals, which are derived from renewable resources including a mixture of various bioactive ingredients. Therefore, finding a suitable alternative way for controlling this pest is necessary by considering the resistance to acaricides, as well as undesirable effects of chemical compounds. The present work aims to evaluate microcapsule essential oil of *Mentha piperita* and its lethal and sublethal toxicity to *T. urticae*.

### Materials and Methods

Laboratory bioassays were used for evaluating the sublethal effects of peppermint essential oil microcapsules on biological and population parameters of *T. urticae*. The life table parameters of *T. urticae* were conducted on leaf discs under laboratory conditions at 25 ± 2°C, 60 ± 5% relative humidity, and a photoperiod of 16:8 (L: D) hours. Then, the duration of each stage, developmental time, and survival were observed and recorded daily. In addition, the raw data were analyzed based on age stage two-sex life table theory with MS-Chart.

### Results

Based on the results, microcapsules of *Menthe piperita* caused a significant reduction in fecundity and longevity. Those treated with $LC_{20}$ and $LC_{30}$ had a significant reduction at net reproductive rate, compared to those treated with $LC_{10}$ and untreated ones. The intrinsic and finite rate of increase reduced significantly in higher concentration compared to the control.

In addition, the mean generation time decreased significantly at the upper dose, compared with $LC_{10}$.

**Discussion**

Botanic acaricides can be used for controlling *Tetranychus urticae*, and the microencapsulated formulation of these products makes them more stable. Familiarity with the chemical nature of the bio-active pesticide/acaricidal compound can be considered in future research which can play a role in developing an effective and environmentally friendly treatment against spider mites, leading to a decrease in reliance on synthetic pesticides/acaricides. The results of this study can be used in designing the mentioned pest management programs by considering the detrimental effects of *M. piperita* essential oil microcapsule on some biological parameters of *T. urticae*.

***Keywords: Biological parameters, Peppermint, Tetranychus urticae, Toxicity, Microcapsule***