پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۹ (۳): ۲۷- ۱۱ (۱۳۹۹)

اثرات کشندگی اسانس‌های گیاهی فرموله شده روی شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* (Hem.: Pseudococcidae) در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای

دریافت: ۹۸/۸/۱۸ بازنگری: ۹۹/۲/۱۵ پذیرش: ۹۹/۶/۲۹

الهام روزدار[۱]، بهزاد حبیب پور[۲]✉، محمد سعید مصدق[۲] و محمد محمودی سورستانی[۳]

[۱، ۲ و ۳] به ترتیب دانشجوی دکتری حشره شناسی، دانشیار و استاد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. (✉habibpour_b@scu.ac.ir). [۳]دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

چکیده

در این پژوهش پس از تهیه فرمولاسیون‌هایی از اسانس‌های پونه *Mentha longifolia*، نعناع فلفلی *Mentha piperita* و لعل کوهستان *Oliveria decumbens*، کیفیت فرمولاسیون‌های ساخته شده بر اساس روش FAO بررسی شد. سپس کارایی حشره‌کشی این ترکیبات در مقایسه با آفت‌کش‌های دایابون و استامی‌پرید علیه پوره سن اول و حشرات کامل شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. تعداد پوره سن اول و حشره کامل شپشک در نوبت‌های یک روز قبل و سه، هفت و چهارده روز بعد از تیمار شمارش شد. میزان LC_{50} فرمولاسیون پونه، نعناع فلفلی، لعل کوهستان، دایابون، دایابون+ روغن کنجد و استامی‌پرید در آزمایشگاه روی حشرات کامل شپشک با گذشت ۴۸ ساعت از زمان تیمار به ترتیب ۱۶۴/۵۵، ۱۷۱/۴۱، ۱۹۵/۹۲، ۶۱۷۷/۸۵، ۳۳۱۶/۵۸ و ۶۹/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر و میزان همین شاخص در مورد پوره‌های سن اول به ترتیب ۴۹/۷۷، ۵۵/۱۳، ۶۵/۳۲، ۴۲۵۶/۱۰، ۲۱۵۹/۸۹ و ۱۶/۴۵ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد. نتایج زیست‌سنجی مزرعه‌ای نشان داد که اسانس‌های فرموله شده اثرات قابل قبولی روی مراحل رشدی شپشک آردآلود پنبه داشتند. آفت‌کش استامی‌پرید سمیت بیشتری نسبت به سایر ترکیبات داشت اما با گذشت زمان اثر آن کاهش یافت. نتایج به طور کلی نشان داد اسانس‌های فرموله شده به عنوان ترکیبات امیدبخش شناخته شده و می‌توانند به عنوان یک فرآوردهٔ کاربردی در مدیریت تلفیقی این آفت مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: اسانس‌های گیاهی، استامی‌پرید، دایابون، شپشک آردآلود پنبه، فرمولاسیون.

Lethal effects of formulated essential oils on *Phenacoccus solenopsis* (Hem.: Pseudococcidae), under the laboratory and fields conditions

Received: 9 Nov 2019 Review: 4 May 2020 Accepted: 19 Sep 2020

Roozdar Elham[1], Habibpour Behzad[2] ID ✉, Mossadegh Mohammad Saeed[2], Mahmoodi Sourestani Mohammad[3]

[1, 2, 3]Respectively, PhD Student, Associate Professor and Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (✉habibpour_b@scu.ac.ir). *[3]Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.*

Abstract

In this research after formulating essential oils of *Mentha longifolia, Mentha piperita* and *Oliveria decumbens,* quality of the prepared formulations was studied according to the FAO standards. Then insecticidal efficacy of these compounds was investigated in comparison with Dayabon (Dayabon®) and acetamiprid (Mospilan®) against first instar nymphs and adults of *Phenacoccus solenopsis* in lab and field conditions. The LC_{50} values of formulated essential oils of *M. longifolia*, *M. piperita*, *O. decumbens*, Dayabon, Dayabon+ sesame oil and acetamiprid on the adults and the nymphs of *P. solenopsis* were 164.55, 171.41, 195.92, 6177.85, 3316.58, 69.28 and 49.77, 55.13, 65.32, 4256.10, 2159.89 and 16.45 mg/l, 48h after treatment respectively. Field experiments were also conducted with four replications in a randomized complete block design. The numbers of *P. solenopsis* (nymph and adult) on branch samples were counted before treatment and 1, 3, 7 and 14 days after treatment. The field bioassay results showed that formulated essential oils had acceptable effects on developmental stages of *P. solenopsis.* Acetamiprid toxicity was higher than the other treatments but gradually reduced. The total results revealed that formulated essential oils were known as promising compounds in integrated management of this pest.

Keywords: Acetamiprid, Cotton mealybug, Dayabon, Essential oils, Formulation.

How to cite:
Roozdar E, Habibpour B, Mossadegh Mohammad S, Mahmoodi Sourestani M, 2020. Lethal effects of formulated essential oils on *Phenacoccus solenopsis* (Hem.: Pseudococcidae), under the laboratory and fields conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 9(3): 11–27.

مقدمه

درختچه ختمی چینی *Hibiscus rosa-sinensis* (L.) از خانواده پنیرکیان (Malvaceae) گیاهی همیشه سبز بوده و یکی از متداولترین بوته‌های گل دهنده برای کاشت در بوستان‌های شهر اهواز می‌باشد. شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) یکی از آفات مهم و خسارت‌زای این گیاه است که باعث خشکیدگی شاخه‌ها و تنک شدن بوته می‌گردد. شپشک با تغذیه از شیره گیاهی سبب زرد شدن برگ‌ها، بدشکلی، ریزش برگ‌ها و میوه‌ها، کاهش رشد گیاه، انتقال بیماری‌های ویروسی و در هنگام آلودگی شدید سبب مرگ گیاه می‌شود. همچنین در حین تغذیه مقادیر زیادی عسلک تولید کرده که به عنوان بستری مناسب برای رشد قارچ‌های مولد کپک دوده، سطح برگ‌ها و میوه‌ها را پوشش می‌دهد. این اعمال سبب اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فعالیت‌های گیاه و در نتیجه کاهش کیفیت و کمیت محصول می‌شوند (Nagrare *et al*. 2011; Zhou *et al*. 2013). شپشک آردآلود پنبه تاکنون از بیش از ۹۹ کشور با شرایط بوم شناختی متفاوت گزارش شده و در حال حاضر در مناطق متعددی از جنوب و مرکز آمریکا، آفریقا و آسیا حضور دارد (Ben-Dov *et al*. 2014). این شپشک در سال‌های اخیر آلودگی‌های شدیدی روی ختمی چینی در جنوب ایران ایجاد کرده و تاکنون روی بیش از ۲۱۱ میزبان گیاهی در مناطق آلوده جمع‌آوری شده است (Moghaddam & Bagheri 2010; Mossadegh *et al*. 2012, 2015). از سال ۱۳۵۸ در استان خوزستان مشاهده شده است و اولین میزبان آن درختچه‌های ختمی چینی می‌باشند. متأسفانه از زمان ظهور این آفت در شهر اهواز به دلیل خسارت شدید و خشکیدگی درختچه‌های ختمی چینی، تعداد زیادی از درختچه‌های آلوده قطع شده‌اند (Mossadegh *et al*. 2015). برای مبارزه با شپشک آردآلود روش‌های شیمیایی، بیولوژیکی و زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Cucchi & Becerra (2009) برای کنترل شپشک‌های تاکستان‌های شیلی از ایمیداکلوپرید و سموم ارگانو فسفره مثل دیمیتوات و پریمیفوس متیل و همچنین از دشمنان طبیعی مثل *Chrysoperla asoralis* (Banks) و *Angyrus* sp. استفاده کردند. Tanwar *et al*. (2010) برای کنترل شپشک آردآلود پاپایا *Paracoccus marginatus* (Williams & Granara de Willink) روش‌های مختلفی مانند تخریب کلنی مورچه‌ها با کلرپایریفوس، استفاده از سم گیاهی نیم (NSKE 5%)، و صابون روغن ماهی و در مرحله آخر کاربرد حشره‌کش‌های پروفنوفوس، کلرپایریفوس، بوپروفزین، دیمیتوات، تیومتوکسام و ایمیداکلوپرید را پیشنهاد دادند.

Mossadegh *et al*. (2015) کارآترین دشمنان طبیعی شپشک آردآلود پنبه را گونه‌های *Chrysoperla carnea* (Stephens)، *Hyperaspis polita* (Weise)، *Nephus arcuatus* (Kapur) و *Aenasius bambawalei* (Hayat) معرفی کردند. در سال‌های اخیر تحقیقات وسیعی در رابطه با اثر آفت‌کشی اسانس‌های گیاهی صورت گرفته است. بر اساس تحقیقات Sardar *et al*. (2018)، از بین عصاره‌های گیاهی به کار برده شده علیه شپشک آردآلود پنبه در شرایط آزمایشگاهی، عصاره *Azadirachta indica* (A. Juss.)، بیشترین اثر حشره‌کشی را داشت. ترکیبات گیاهی ابزار مهمی در بسیاری از برنامه‌های مدیریت آفات هستند. زیرا این ترکیبات برای کنترل آفات موثر بوده و برای دشمنان طبیعی آن‌ها اثرات سوء کمتری دارند (Isman & Machial 2006). اما فرّاربودن و ناپایداری این ترکیبات، باعث شده که آن‌ها کمتر به صورت کاربردی درآیند. این معایب اسانس‌ها قبل از این که به عنوان جزیی از سیستم کنترل آفت مورد استفاده قرار گیرند باید بر طرف شود. یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌های این معایب ارائه فرمولاسیون جدید و ایجاد تغییراتی است که بتواند با اعمال بر روی اسانس‌ها، کیفیت و میزان تاثیر آن‌ها را افزایش دهد (Emamjomeh *et al*. 2018). با توجه به گسترش سریع و وسیع شپشک آردآلود پنبه در سال‌های اخیر در ایران و دامنه میزبانی وسیع آن، در صورتی که اقدامات مناسب علیه آن انجام نشود، احتمال می‌رود که خسارت اقتصادی جدی به فضای سبز و نیز محصولات مهم زراعی نظیر گوجه‌فرنگی و بادمجان وارد کند. همچنین از آنجا که مبارزه شیمیایی با شپشک‌های آردآلود چه از نظر اقتصادی و چه از نظر گسترش آفات و از بین رفتن دشمنان طبیعی، مقرون به صرفه نیست و محیط زیست و سلامت بازدیدکنندگان پارک‌ها و فضای سبز را به خطر می‌اندازد، لذا در این مطالعه، با بررسی اثرات کشندگی اسانس‌های پونه *M. longifolia*، نعناع فلفلی *M. piperita* و لعل کوهستان *O. decumbens* به صورت فرموله شده سعی شده است تا کارایی حشره‌کشی و دوام ترکیبات گیاهی با کمک فرمولاسیون‌های مختلف افزایش یابد. همچنین توان کشندگی این ترکیبات فرموله شده در مقایسه با حشره‌کش گیاهی دایابون و حشره‌کش شیمیایی استامی‌پرید روی شپشک آردآلود پنبه در شرایط

آزمایشگاه و مزرعه بررسی شد. در صورت امیدبخش بودن فرمولاسیون‌های ساخته شده بر اساس آزمون‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای، ماحصل این پژوهش به یک فرآورده‌ی کاربردی در مدیریت تلفیقی این آفت تبدیل خواهد شد.

مواد و روش‌ها

ترکیبات مورد استفاده

خصوصیات ترکیبات مورد استفاده در این مطالعه در جدول های ۱و ۲ ذکر شده است.

جدول ۱. آفت‌کش‌های مورد استفاده در این مطالعه.

Table 1. Pesticides used in this research.

Common name	Trade name	Chemical group	Formulation	RFC* (ppm)	Company and Country
Dayabon	Dayabon®	Biorational insecticide	SL 10%	5000	Nano Fanavaran Daya
Acetamiprid	Mospilan®	Neonicotinoid	SP 20%	250	Aria Shimi

*Recommended field concentration.

جدول ۲. مشخصات گیاهان جمع‌آوری شده برای اسانس‌گیری.

Table 2. Characteristics of collected plants for essential oil extraction.

Scientific name	Family	Plant organs used	Origin
Mentha longifolia L.	Lamiaceae	Leaves	Cultivated (Ahvaz)
Mentha piperita L.	Lamiaceae	Leaves	Cultivated (Dezful)
Oliveria decumbens Vent.	Umbelliferae	Flowers and seeds	Cultivated (Dezful)

پرورش حشرات

جهت پرورش شپشک آردآلود پنبه، از غده‌های سیب‌زمینی جوانه‌زده *Solanum tuberosum* L. به عنوان میزبان گیاهی استفاده شد (Khodaman 1992). سپس، نمونه‌هایی از ماده‌های کامل شپشک آردآلود پنبه در کنار جوانه‌های سیب‌زمینی قرار داده شد تا پس از ظهور پوره‌های سن اول، این پوره‌ها به روی جوانه‌های سیب‌زمینی منتقل شوند. کلنی شپشک در ظروف پرورش به ابعاد ۲۹ × ۲۹ × ۴۲ سانتی‌متر که درپوش آن‌ها به منظور تهویه با پارچه مش ریز پوشیده شده، در انکوباتور در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگه‌داری شد.

تهیه اسانس گیاهی

اسانس‌گیری توسط دستگاه کلونجر (Clevenger) در آزمایشگاه گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. در هر مرتبه اسانس‌گیری ۱۰۰-۵۰ گرم گیاه خرد یا پودر شده به همراه ۱۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در د ستگاه ریخته شد و ا سانس‌گیری به مدت سه ساعت انجام گردید. ا سانس‌های جمع‌آوری شده تا زمان ا ستفاده در ظروف شیشه‌ای به حجم پنج میلی‌لیتر قرار داده شده و پس از آبگیری با سولفات سدیم، برای جلوگیری از تجزیه نوری با فویل آلومینیوم پوشانده و در دمای چهار درجه سلسیوس در یخچال نگه‌داری گردید.

تهیه فرمولاسیون از اسانس‌های گیاهی و روغن کنجد

موادی که در ساخت فرمولاسیون‌ها به کار گرفته شد، شامل عامل امولسیون کننده (امولسیفایر) پلی آریل فنیل اتر سولفات یا ®soprophor (۴-۶ درصد)، عامل چسباننده پلی ونیل پیرولیدون یا PVP (۳-۶ درصد)، حلال هیدروالکلی ۷۰ درصد، ماده موثره (اسانس‌ها) (۱۰-۵ درصد) و پایه روغن گیاهی کنجد (۱-۳درصد) بود. با انتخاب نوع مواد فوق، بررسی و محاسبهٔ اثرات شیمیایی آن‌ها و کم و زیادکردن نسبت این مواد در هنگام فرموله کردن، فرمولاسیون‌های مورد نظر ایجاد شد. برای تهیه فرمولاسیون روغن جهت حلالیت در آب، ۵۰ سی‌سی روغن کنجد با پنج سی‌سی زایلن مخلوط شد؛ از طرف دیگر مقدار پنج سی‌سی محلول Tween 80 با ۰/۵ سی‌سی زایلن با مگنت به مدت پنج دقیقه روی دستگاه هم‌زن قرار گرفت. سپس این دو مخلوط به مدت نیم ساعت با مگنت به روی هم‌زن قرار داده شد (Saghafi & Emani 2015). در نهایت دایابون و فرمولاسیون روغن به نسبت (۳ : ۱) مخلوط و غلظت‌های موردنظر تهیه شد. تیمارها عبارت بودند از: T1: فرمولاسیون پونه، T2: فرمولاسیون نعناع فلفلی، T3: فرمولاسیون لعل کوهستان، T4: دایابون + روغن کنجد (با نسبت ۳ : ۱)، T5: دایابون و T6: استامی‌پرید (جدول ۳).

جدول۳. مشخصات مواد به کار رفته در تهیه فرمولاسیون‌ها.

Table 3. Characteristic of materials used in the preparation of the formulations.

(%) Compounds						
Sesame oil	**Essential oil**	**Binding agent**	**Emulsifier**	**Methanol 70%**	**Formulations**	**Essential oil**
1.5	5	3	5.5	85	P1	*Mentha longifolia*
2	5	5.5	4.5	83	P2	
3	10	4	4	79	P3	*Mentha piperita*
1	10	6	6	77	P4	
3	10	4.5	4.5	78	P5	*Oliveria* ***decumbens***
2.5	10	5.5	5	77	P6	

ارزیابی پایداری فرمولاسیون‌ها

به منظور تعیین میزان پایداری فرمولاسیون‌ها، ۴۸ ساعت بعد از تهیه فرمولاسیون، مقدار معینی از هر فرمولاسیون وارد یک فالکون به قطر یک و طول ۱۰ سانتی‌متر گردیده و عمل سانتریفوژ با سرعت ۲۰۰۰ rpm بر روی آن انجام شد. پس از گذشت ۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه از زمان سانتریفوژ، پایداری فرمولاسیون‌های تهیه شده مورد بررسی قرار گرفت. پی‌اچ (pH) فرمولاسیون‌ها طی یک دوره زمانی، از زمان تهیه آن‌ها تا یک ماه بعد اندازه‌گیری گردید. همچنین فرمولاسیون‌ها از نظر عدم ایجاد کرمینگ (Creaming) و کوالسانس (Coalescence) مورد بررسی قرار گرفتند. برای انجام آزمایش تغییرات دمایی، پس از رسیدن فرمولاسیون‌ها به تعادل، سه نمونه از هر فرمولاسیون انتخاب گردید. یکی از نمونه‌ها در دمای ۴ تا ۶ درجه سانتی‌گراد، دیگری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سومی در دمای ۴۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بررسی فرمولاسیون‌ها از لحاظ خصوصیات ظاهری به ترتیب ۲۴ ساعت، یک هفته و یک ماه بعد صورت گرفت (FAO 2006).

آزمایش‌های زیست‌سنجی در شرایط آزمایشگاهی

ابتدا یک‌سری آزمایش‌های مقدماتی به منظور به دست آوردن غلظت‌های حداقل و حداکثر ترکیبات ذکر شده روی حشرات کامل و پوره سن اول شپشک آردآلود پنبه انجام گرفت. سپس بر اساس نتایج این آزمایش‌ها، غلظت‌هایی که به صورت لگاریتمی انتخاب شدند بین این دو غلظت منظور و آزمایش‌های نهایی با غلظت‌های به دست آمده برای هر کدام از تیمارها و با در نظر گرفتن تیمار شاهد انجام شد. غلظت‌های مورد استفاده عبارتند از: فرمولاسیون پونه، نعناع فلفلی و لعل کوهستان روی حشرات کامل شپشک (۱۶۰، ۱۹۰، ۲۲۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر

لیتر) و برای پوره سن اول آن (۶۰، ۸۰، ۱۱۰ و ۱۵۰میلی‌گرم بر لیتر)، غلظت‌های (۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) از آفت‌کش شیمیایی استامی‌پرید برای حشرات کامل و (۵۰، ۲۰، ۱۰ و ۵ میلی‌گرم بر لیتر) برای پوره سن اول آن، غلظت‌های (۵۰۰۰، ۶۰۰۰، ۷۰۰۰ و ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) از آفت‌کش گیاهی دایابون برای حشرات کامل و (۳۰۰۰، ۴۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) برای پوره سن اول آن و غلظت‌های (۲۶۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) از مخلوط دایابون + روغن کنجد برای حشرات کامل و غلظت‌های (۱۷۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) برای پوره سن اول آن مورد استفاده قرار گرفتند. این آزمایش‌ها چهار مرتبه تکرار شد و در تیمار شاهد از متانول (به عنوان حلال آلی مورد استفاده قرار گرفت) استفاده شد. بر اساس روش Amini Jam *et al.* (2014)، برگ‌های ختمی چینی به مدت ۱۵ ثانیه در غلظت‌های مورد نظر از هر یک از تیمارها غوطه‌ور شده و اجازه داده شد تا پس از گذشت نیم ساعت، سطح برگ‌ها خشک شوند. در ادامه جهت مرطوب نگه‌داشتن برگ‌ها، در کف تشتک‌های پتری به قطر هشت سانتی‌متر، آگار یک درصد به ارتفاع یک سانتی‌متر ریخته، و هر یک از برگ‌ها به صورت انفرادی به داخل تشتک‌های پتری انتقال داده شد؛ سپس برای هر تکرار، ۱۰ عدد پوره سن یک شپشک آردآلود پنبه (همسن) با قلم مو به روی برگ‌های تیمار شده درون پتری انتقال داده شد. تشتک‌های پتری درون انکوباتور با شرایط ثابت ذکر شده نگه‌داری شد. درب پتری‌های آزمایش دایره‌وار و به قطر سه سانتی‌متر سوراخ و توری چسبانده شد. حشرات تلف شده بعد از گذشت ۴۸ ساعت شمارش شدند. (ملاک تشخیص حشرات مرده این بود که وقتی پاها و شاخک‌ها توسط قلم مو تحریک می‌شد، هیچ عکس‌العملی دیده نمی‌شد) سپس درصد مرگ و میر اصلاح شده (CM) طبق معادله آبوت (Matsumura 1985) محاسبه شد. که در این معادله P نشان دهنده میزان تلفات در تیمار مورد نظر و P_0 میزان تلفات در شاهد می‌باشد. البته این معادله وقتی معتبر است که تعداد تلفات در شاهد کمتر ۲۰ درصد جمعیت باشد (Mobarakian *et al.* 2015).

$$\%CM = \frac{P - P_0}{100 - P_0} \times 100 \qquad [\text{معادله } 1]$$

این آزمایش‌ها روی حشرات کامل شپشک آردآلود پنبه به طریق ذکر شده برای پوره سن اول انجام شد.

آزمایش‌های مزرعه‌ای

به منظور بررسی اثرات ترکیبات ذکر شده روی فراوانی شپشک آردآلود پنبه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با شش تیمار به همراه شاهد (آب) در چهار تکرار در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در زمینی به ابعاد تقریبی ۳۰۰ متر مربع واقع در شهر اهواز انجام گرفت. فاصله بین درختچه‌های ختمی چینی سه متر و فواصل بین ردیف‌های کاشت از هم سه متر بود. واحد نمونه‌برداری جهت شمارش شپشک‌های زنده، سرشاخه‌هایی به طول ۱۰ سانتی‌متر تعیین گردید که برای هر درختچه ختمی چینی تعداد چهار سرشاخه در چهار جهت جغرافیایی به طور تصادفی انتخاب و شپشک‌های موجود در ۱۰ سانتی‌متری آن‌ها شمارش گردید. با آلوده شدن درختچه‌ها توسط شپشک‌ها (درختچه‌ها به طور طبیعی به شپشک آلوده شدند)، عملیات سم‌پاشی با استفاده از سم‌پاش دستی در صبح زود با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۵ درصد به صورت یکنواخت انجام گرفت. تیمارهای مورد آزمایش عبارت بودند از: فرمولاسیون پونه (۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، فرمولاسیون نعناع فلفلی (۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، فرمولاسیون لعل کوهستان (۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، آفت‌کش دایابون + روغن کنجد (۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، آفت‌کش دایابون (۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و آفت‌کش شیمیایی استامی‌پرید (۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر). روش کار بدین ترتیب بود که، سرشاخه‌ها یک روز قبل از محلول‌پاشی و همچنین در روزهای یک، سه، هفت و چهارده بعد از محلول‌پاشی اندام‌های هوایی انتخاب و پس از قطع توسط قیچی باغبانی در کیسه‌های پلاستیکی دو لایه قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه تراکم جمعیت شپشک‌های زنده از طریق شمارش مستقیم حشرات کامل و پوره‌های سن اول آن‌ها با استفاده از بینوکولار، تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های مربوط به تلفات حشره کامل و پوره سن اول شپشک آردآلود پنبه، به روش Finney و با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ver. 16، تجزیه پروبیت شدند (Finney 1971). مقادیر LC_{50} و LC_{90} ترکیبات و حدود اطمینان آن‌ها محاسبه گردید. شاخص سمیت و سمیت نسبی با استفاده از معادله ۲ و ۳ محاسبه شد (Sun 1950).

$$T.I. = \left(\frac{\text{غلظت کشنده 50 درصدی موثرترین ترکیب}}{\text{غلظت کشنده 50 درصدی سایر ترکیب}}\right) \times 100 \qquad [\text{معادله2}]$$

$$R.P.L. = \left(\frac{\text{غلظت کشنده 50 درصدی کم‌اثرترین ترکیب}}{\text{غلظت کشنده 50 درصدی سایر ترکیب}}\right) \qquad [\text{معادله3}]$$

در آزمون مزرعه‌ای درصد تاثیر هر یک از تیمارها با استفاده از فرمول هندرسون- تیلتون تعیین گردید (Henderson & Tilton 1955).

$$\text{Efficacy \%} = \left(1 - \frac{C_b \times T_a}{C_a \times T_b}\right) \times 100 \qquad [\text{معادله4}]$$

در این فرمول Ta: میانگین جمعیت آفت در تیمارها بعد از اعمال روش کنترل، Tb: میانگین جمعیت آفت در تیمارها قبل از اعمال روش کنترل، Ca: میانگین جمعیت آفت در تیمار شاهد بعد از اعمال روش کنترل و Cb: میانگین جمعیت آفت در تیمار شاهد قبل از اعمال روش کنترل می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج

آزمایش‌های فیزیک‌وشیمیایی

در آزمایش کرمینگ و کوالسانس هر شش فرمولاسیون تهیه شده توانستند در طی یک ماه نگهداری در شرایط دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، کیفیت خود را به خوبی حفظ نمایند. بر اساس نتایج آزمایش تغییرات دمایی، فرمولاسیون‌ها تا یک هفته پس از قرار گرفتن در دماهای گوناگون هیچ تغییری را نشان ندادند؛ اما در بررسی فرمولاسیون‌ها بعد از یک ماه ملاحظه گردید فرمولاسیون شماره ۴ اندکی تغییر رنگ داده است.

بر اساس آزمایش پایداری در برابر نیروی گریز از مرکز (سانتریفیوژ)، هر شش فرمولاسیون به خوبی توانستند پایداری خود را در برابر نیروی گریز از مرکز حفظ نمایند و در هیچ کدام جدا شدن فازها دیده نشد. تغییرات pH فرمولاسیون‌ها در محدوده ۶/۸- ۶/۴ گزارش شد. تغییرات بسیار اندک pH طی یک دوره زمانی یک ماهه نیز نشان دهنده پایداری خوب فرمولاسیون‌ها بود (Poucher 1993). لذا از شش فرمولاسیون تهیه شده، فرمولاسیون‌های شماره ۱، ۳ و ۵ برای آزمایش‌های زیست‌سنجی انتخاب شدند (جدول‌های ۴ و ۵).

جدول۴. پایداری pH فرمولاسیون‌ها در زمان‌های مختلف.

Table 4. Stability of pH of formulations at different times.

Formulations						Time
P6	P5	P4	P3	P2	P1	
6.7 ± 0.1	6.5 ± 0.2	6.5 ± 0.2	6.6 ± 0.1	6.5 ± 0.1	6.4 ± 0.1	Preparation time
6.7 ± 0.1	6.7 ± 0.1	6.5 ± 0.2	6.5 ± 0.3	6.4 ± 0.2	6.8 ± 0.1	48h later
6.6 ± 0.2	6.6 ± 0.2	6.4 ± 0.1	6.4 ± 0.2	6.4 ± 0.3	6.5 ± 0.1	1-Week later
6.4 ± 0.3	6.7 ± 0.1	6.4 ± 0.1	6.6 ± 0.1	6.5 ± 0.3	6.5 ± 0.3	1- Month later

جدول۵. نتایج آزمایش‌های فیزیک‌وشیمیایی فرمولاسیون‌ها

Table 5. Results of physicochemical experiments of formulations.

Formulations*						Experiments
P6	P5	P4	P3	P2	P1	
+	+	+	+	+	+	Creaming and Coalescence
+	+	+	+	+	+	Centrifugal
+	+	-	+	+	+	Temperature Changes

* Signs are expressed as results of stability experiment, (-) Stability formulation, (+) Instability of formulation.

زیست‌سنجی آزمایشگاهی

نتایج تجزیه پروبیت داده‌های زیست‌سنجی ترکیبات مورد آزمایش روی حشرات کامل شپشک آردآلود پنبه در جدول ۷ ذکر شده است. بر اساس نتایج، میزان LC_{50} تیمارهای T1، T2، T3، T4، T5 و T6، ۴۸ ساعت بعد از تیمار به ترتیب ۱۶۴/۵۵، ۱۷۱/۴۱، ۱۹۵/۹۲، ۳۳۱۶/۵۸، ۶۱۷۷/۸۵ و ۶۹/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد. در هر دو سطح غلظت کشنده ۵۰ و ۹۰ درصد، سمیت آفت‌کش استامی‌پرید برای حشرات کامل شپشک آردآلود بیشتر از سایر ترکیبات بود. مقایسه تیمارها با مدنظر قرار دادن شاخص سمیت بر مبنای LC_{50}ها نیز نشان داد در این زمان، سمیت استامی‌پرید (شاخص سمیت ۱۰۰) بیشتر از سایر ترکیبات (شاخص سمیت T1، T2، T3، T4، T5 به ترتیب ۴۲/۱۰، ۴۰/۴۱، ۳۵/۳۶، ۲/۰۸ و ۱/۱۲) بود. بر اساس نتایج، حشرات کامل شپشک نسبت به پوره‌ها حساسیت کمتری نسبت به ترکیبات مورد آزمایش نشان دادند. همچنین مقایسه سمیت ترکیبات ذکر شده با مدنظر قرار دادن هر دو شاخص کشنده ۵۰ و ۹۰ درصدی نشان داد میزان سمیت آفت‌کش استامی‌پرید برای پوره‌های شپشک آردآلود نیز بیشتر از سایر ترکیبات بود. چنانچه میزان LC_{50} تیمارهای T1، T2، T3، T4، T5 T6 ، ۴۸ ساعت بعد از تیمار برای پوره‌ها به ترتیب ۴۹/۷۷، ۵۵/۱۳، ۶۵/۳۲، ۲۱۵۹/۸۹، ۴۲۵۶/۱۰ و ۱۶/۴۵ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد. همچنین بر اساس مقایسه شاخص سمیت برای پوره‌های شپشک، سمیت استامی‌پرید (شاخص سمیت ۱۰۰) بیشتر از سایر ترکیبات (شاخص سمیت T1، T2، T3، T4، T5 به ترتیب ۳۳/۰۵، ۲۹/۸۳، ۲۵/۱۸، ۰/۷۶ و ۰/۳۸) بود (جدول ۶). مقایسه LC_{50} فرمولاسیون‌های اسانس‌های گیاهی روی پوره سن اول و حشره کامل شپشک آردآلود نشان داد فرمولاسیون پونه به ترتیب با LC_{50} معادل ۴۹/۷۷ و ۱۶۴/۵۵ بعد از آفت‌کش استامی‌پرید دارای بیشترین سمیت بود. همچنین آفت‌کش گیاهی دایابون سمیت قابل قبولی روی پوره سن اول و حشره کامل شپشک داشت. با افزودن روغن کنجد به آفت‌کش دایابون، ضمن کاهش غلظت‌های به کار برده شده، میزان سمیت نیز افزایش یافت؛ به طوری که میزان LC_{50} دایابون به تنهایی روی پوره سن اول شپشک آردآلود به ترتیب از ۴۲۵۶/۱۰ به ۲۱۵۹/۸۹ میلی‌گرم بر لیتر و میزان همین شاخص برای حشره کامل از ۶۱۷۷/۸۵ به ۳۳۱۶/۵۸ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت.

زیست‌سنجی مزرعه‌ای

بر اساس نتایج، میانگین تعداد پوره سن اول و حشره کامل شپشک آردآلود پنبه در تمامی تیمارها در نمونه‌برداری‌های قبل از عملیات سمپاشی تقریباً در یک سطح بوده و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (شکل‌های ۱ و ۲). همچنین در نمونه‌برداری‌های یک روز پس از تیمار مشخص شد تمامی تیمارها کارایی بالاتر از ۹۰ درصد را در پوره سن اول شپشک آردآلود ایجاد نمودند. میزان کارایی تیمارها یک روز پس از تیمار در مرحله حشره کامل نیز بالا بود (جدول ۸ و ۹). نتایج حاصل از تجزیه واریانس با طرح فاکتوریل نشان داد که اثر دو فاکتور مدت زمان در معرض قراردهی ($F = 21.342; df = 3,48; P = 0.00$) و نوع سم ($F = 12.084; df = 5,48; P = 0.000$) هر کدام به تنهایی روی کارایی تیمارها معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل دو عامل مدت زمان در معرض قراردهی و نوع سم نیز روی کارایی تیمارها معنی‌دار بود ($F = 2.896; df = 15,48; P = 0.01$).

نمونه‌برداری‌های چهارده روز بعد از تیمار نشان داد میزان کارایی تیمارها روی پوره‌های سن اول شپشک آردآلود در قطعات تیمار شده با T5 (۸۳/۷۹ درصد) و T6 (۸۰/۲۹ درصد) به طور معنی‌داری کمتر از کارایی سایر تیمارها، T1 (۹۲/۵۶ درصد)، T2 (۹۱/۹۲ درصد)، T3 (۹۰/۳۰ درصد) و T4 (۹۰/۹۵ درصد) در این زمان بود ($F = 39.30; df = 5, 18; P = 0.0000$) (جدول ۸). همچنین در حشرات کامل شپشک آردآلود پنبه نیز نمونه‌برداری‌های چهارده روز بعد از تیمار نشان داد میزان کارایی تیمارها در قطعات تیمار شده با T5 (۸۲/۲۳ درصد) و T6 (۷۶/۷۴ درصد) به طور معنی‌داری کمتر از کارایی سایر تیمارها، T1 (۹۱/۹۲ در صد)، T2 (۸۴/۷۴ در صد)، T4 (۸۹/۶۶ درصد) و T5 (۸۵/۳۹ درصد) بود ($F = 31.79; df = 5, 18; P = 0.0000$) (جدول ۹). اگرچه در زمان‌های سه، هفت و چهارده روز بعد از تیمار بین کارایی تیمارها در پوره‌های سن اول و حشرات کامل شپشک آردآلود پنبه در قطعات تیمار شده با T5 و T6 اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت، اما در قطعات تیمار شده با سایر ترکیبات در زمان‌های هفت و چهارده روز بعد از تیمار، کارایی تیمارها در پوره‌های سن اول و حشرات کامل شپشک آردآلود به طور معنی‌داری بالاتر از کارایی تیمارها در سه روز بعد از تیمار بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس با طرح فاکتوریل نشان داد که اثر مرحله رشدی آفت ($F = 53.489; df$

رشدی و نوع سم روی کارایی تیمارها معنی‌دار نبود ($F = 0.16$; $df = 5,48$; $p = 0.975$).

روی کارایی تیمارها معنی‌دار نشد در حالی ($F = 0.85$; $df = 1,48$; $p = 0.85$) که اثر نوع سم ($F = 53.489$; $df = 1,48$; $P = 0.85$) روی کارایی تیمارها معنی‌دار شـــد. همچنین اثر متقابل دو فاکتور مرحله

جدول۶. نتایج تجزیه پروبیت داده‌های زیست‌سنجی روی پوره سن اول شپشک آردآلود *Phenacoccus solenopsis*.

Table 6. Probit analysis of bioassay data on *Phenacoccus solenopsis* first instar nymph.

Treatment	LC_{50} (ppm) (Confidence limits)	LC_{90} (ppm) (Confidence limits)	Slope (±SE)	$\chi 2$ (df)	*Toxicity index	*Relative potency
T1	49.77 (24.35-63.55)	137.81 (110.38-255.96)	2.89 ± 0.80	3.14(3)	33.05	85.51
T2	55.13 (30.09-68.80)	158.68 (123.18-331.14)	2.79 ± 0.76	2.57(3)	29.83	77.20
T3	65.32 (34.06-81.56)	246.93 (162.89-1321.70)	2.21 ± 0.70	2.25(3)	25.18	65.15
T4	2159.86 (1988.91-2326.67)	3377.60 (2977.94-4311.01)	6.60 ± 1.18	2.14(3)	0.76	1.97
T5	4256.10 (3941.08-4535.42)	6566.26 (5857.40-7973.02)	6.84 ± 1.05	3.09(3)	0.38	1
T6	16.45 (12.33-22.44)	91.51 (54.31-250.78)	1.72 ± 0.30	2.64(3)	100	258.72

*Toxicity index and relative potency based on LC_{50}

جدول۷. نتایج تجزیه پروبیت داده‌های زیست‌سنجی روی افراد بالغ شپشک آردآلود *Phenacoccus solenopsis*

Table 7. Probit analysis of bioassay data on *Phenacoccus solenopsis* adults.

Treatment	LC_{50} (ppm) (Confidence limits)	LC_{90} (ppm) (Confidence limits)	Slope (±SE)	χ^2 (df)	*Toxicity index	*Relative potency
T1	164.55 (131.15-180.93)	275.33 (240.88-402.11)	5.73 ± 1.51	3.33(3)	42.10	37.54
T2	171.41 (115.44-192.02)	351.68 (275.19-1208.46)	4.42 ± 1.43	1.91(3)	40.41	36.04
T3	195.92 (171.17-217.59)	362.55 (288.53-826.12)	4.79 ± 1.42	2.76(3)	35.36	31.53
T4	3316.58 (3134.33-3526.84)	4648.97 (4187.82-5718.20)	8.73 ± 1.58	3.07(3)	2.08	1.86
T5	6177.85 (5661.34-6647.98)	9683.0 (8440.7-13277.1)	6.56 ± 1.40	3.02(3)	1.12	1
T6	69.28 (51.80-92.76)	171.05 (127.40-240.69)	1.75 ± 0.30	2.99(3)	100	89.17

*Toxicity index and relative potency based on LC_{50}

جدول۸. میانگین کارایی (± خطای استاندارد) تیمارهای مختلف در ۱، ۳، ۷ و ۱۴روز بعد از سم‌پاشی علیه پوره‌های سن اول شپشک آردآلود پنبه در آزمایش مزرعه‌ای.

Table 8. Mean efficiency (± SE) of different treatments at 1, 3, 7 & 14 days after spraying against first instar nymphs of *Phenacoccus solenopsis* in field experiment.

Treatment	Concentration	1 Days after treatment	3 Days after treatment	7 Days after treatment	14 Days after treatment
T1	250	93.21 ± 0.65^{a}	89.66 ± 1.05^{b}	91.27 ± 0.64^{a}	92.56 ± 1.24^{a}
T2	250	91.59 ± 1.45^{a}	88.69 ± 0.64^{b}	90.62 ± 1.62^{ab}	91.92 ± 1.62^{a}
T3	250	91.92 ± 1.23^{a}	84.41 ± 0.14^{c}	87.67 ± 1.74^{b}	90.30 ± 1.29^{a}
T4	4000	92.89 ± 0.75^{a}	88.37 ± 0.70^{c}	89.98 ± 1.23^{bc}	90.95 ± 2.11^{a}
T5	5000	90.62 ± 1.62^{a}	86.00 ± 2.68^{b}	85.78 ± 3.33^{b}	83.79 ± 1.58^{b}
T6	250	94.50 ± 1.23^{a}	81.51 ± 2.56^{b}	83.44 ± 2.81^{b}	80.29 ± 3.05^{b}

*Means with different letter in each column are significantly different at 5% level (Duncan test).

جدول ۹. میانگین کارایی (± خطای استاندارد) تیمارهای مختلف در ۱، ۳، ۷ و ۱۴روز بعد از سم‌پاشی علیه حشرات کامل شپشک آردآلودُ پنبه در آزمایش مزرعه‌ای.

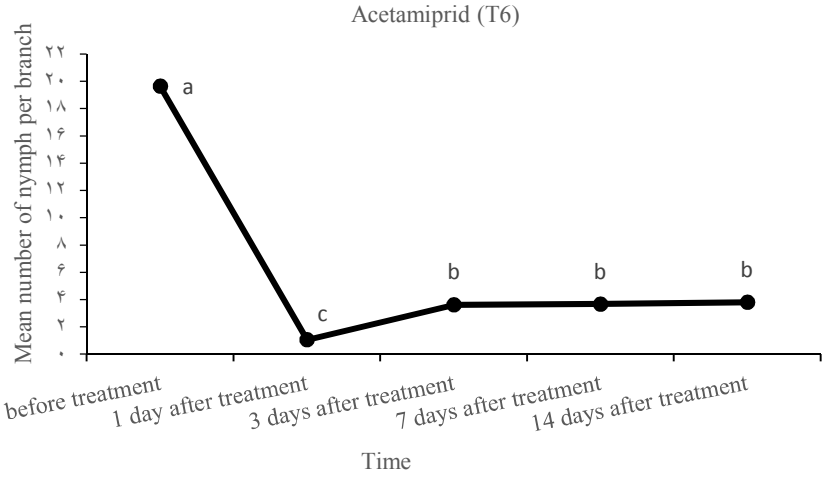
Table 9. Mean efficiency (±SE) of different treatments at 1, 3, 7 & 14 days after spraying against adults of *Phenacoccus solenopsis* in field experiment.

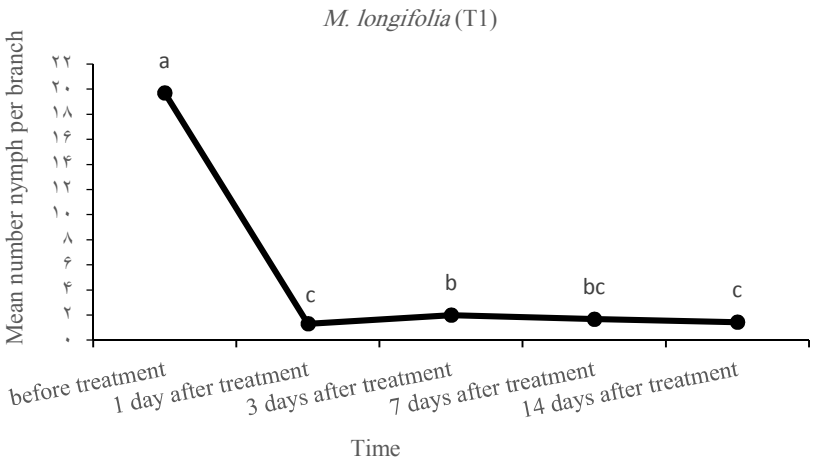
Treatment	Concentration	1 Days after treatment	3 Days after treatment	7 Days after treatment	14 Days after treatment
T1	250	92.56 ± 0.65^{a}	89.33 ± 1.23^{b}	88.37 ± 1.48^{b}	91.92 ± 1.23^{a}
T2	250	91.59 ± 0.74^{a}	86.75 ± 2.66^{bc}	90.30 ± 0.74^{ab}	84.74 ± 2.22^{c}
T3	250	91.92 ± 1.23^{a}	81.58 ± 2.2^{b}	82.55 ± 1.29^{b}	89.66 ± 1.05^{a}
T4	4000	90.95 ± 2.79^{a}	80.94 ± 1.23^{c}	88.69 ± 2.66^{ab}	85.39 ± 2.90^{bc}
T5	5000	89.98 ± 1.23^{a}	85.96 ± 2.1^{b}	85.06 ± 2.5^{b}	82.23 ± 1.62^{b}
T6	250	93.21 ± 0.65^{a}	79.64 ± 1.24^{b}	79.00 ± 1.94^{b}	76.74 ± 1.82^{b}

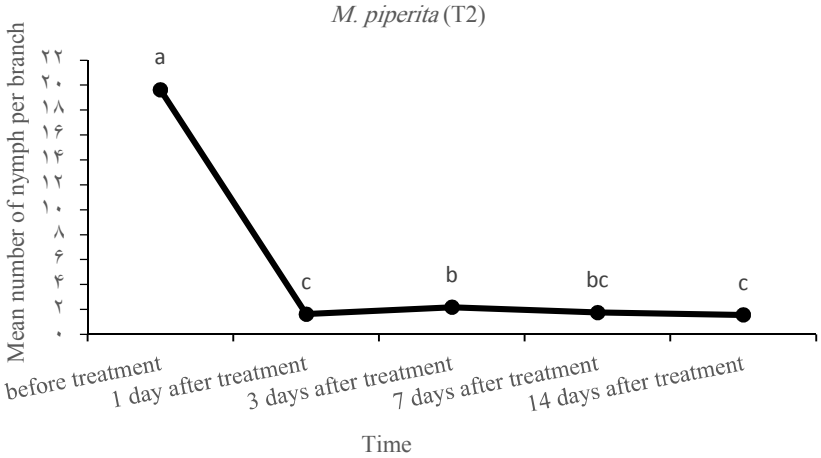
*Means with different letter in each column are significantly different at 5% level (Duncan test).

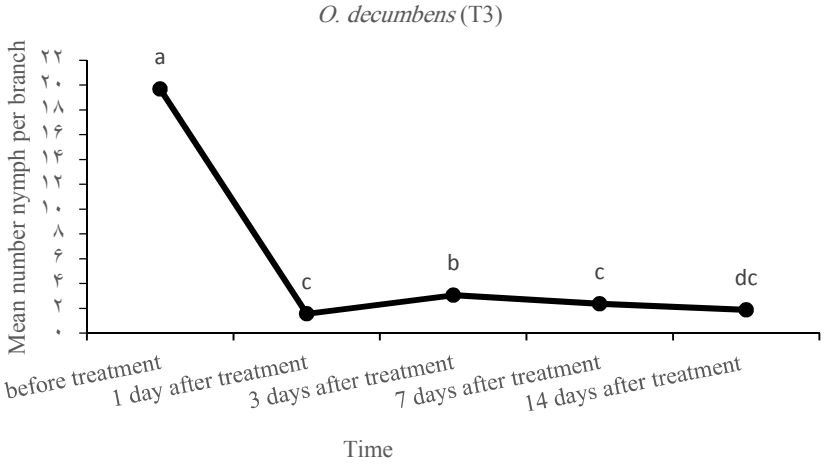
بحث

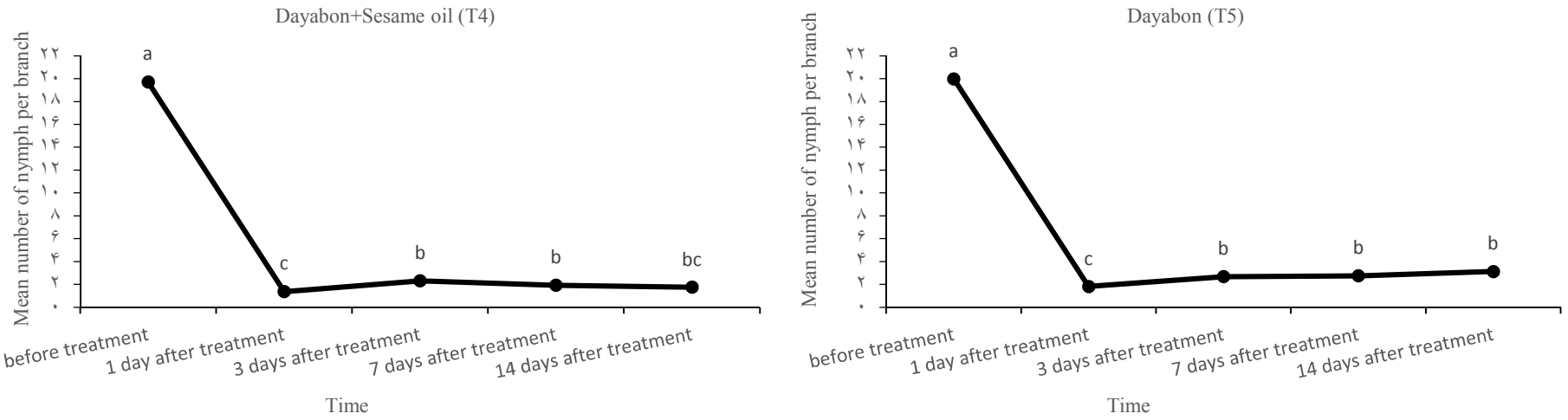
در این تحقیق، برای تعیین میزان پایداری فرمولاسیون‌ها از آزمایش‌های کرمینگ و کوالسانس، تغییرات دمایی، تغییرات pH و سانتریفیوژ استفاده شد. پدیده کرمینگ به این مفهوم است که ذرات و قطرات معلق در امولسیون، در اثر نیروی ثقل به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کنند. در صورتی که در کرمینگ لخته‌های سخت به وجود نیاید با به هم زدن، به راحتی به حالت اول خود برمی‌گردد. کوالسانس نیز به معنای پیوستن قطرات در شت است. این دو پدیده از علایم ناپایداری فرمولاسیون‌ها هستند. پایداری فرآورده در برابر نیروی گریز از مرکز نیز یکی از فاکتورهای تعیین کننده برای داشتن پایداری مناسب می‌باشد. در غیر این صورت احتمال دو یا چند فازی شدن فرآورده طی گذشت زمان زیاد است (Poucher 1993). بررسی فرمولاسیون‌ها از لحاظ تغییرات pH نیز حایز اهمیت می‌باشد. زیرا این تغییرات می‌تواند نشانه فعالیت عوامل قارچی یا میکروبی باشد که به نوعی سبب تخریب فرمولاسیون‌ها می‌شود (Poucher 1993). برای بررسی پایداری فرمولاسیون‌ها در فصول مختلف و شرایط گوناگون آب وهوایی، از آزمایش تغییرات دمایی استفاده می‌شود. تغییرات دمایی با تسریع واکنش های داخلی فرمولاسیون ها، باعث کاهش پایداری می‌گردند؛ لذا یک فرمولاسیون مطلوب باید بتواند در دوره‌های معین و در دما های گوناگون کیفیت خود را از نظر خواص ارگانولپتیک مانند رنگ، بو، ویسکوزیته و یکنواختی حفظ نماید (Poucher 1993). در تحقیقات انجام شده توسط (Heydari & Alizadeh *et al.* (2016)، فرمولاسیون امولسیون شونده غلیظ بر پایه عصاره گیاه چریش، *A. indica* به دست آمد. در این روش پنج گرم روغن طبیعی آفتابگردان با ۱۳۰ میلی‌گرم عصاره آزادیراختین به همراه مقادیر مختلف امولسیون کننده Tween 85 با یکدیگر مخلوط شد و فرمولاسیون مورد نظر به دست آمد. پس از تایید کیفیت فرمولاسیون‌های ساخته شده بر اساس


Acetamiprid (T6)
Mean number of nymph per branch
۰ ۲ ۴ ۶ ۸ ۱۰ ۱۲ ۱۴ ۱۶ ۱۸ ۲۰ ۲۲
a c b b b
before treatment
1 day after treatment
3 days after treatment
7 days after treatment
14 days after treatment
Time


M. longifolia (T1)
Mean number nymph per branch
۰ ۲ ۴ ۶ ۸ ۱۰ ۱۲ ۱۴ ۱۶ ۱۸ ۲۰ ۲۲
a c b bc c
before treatment
1 day after treatment
3 days after treatment
7 days after treatment
14 days after treatment
Time

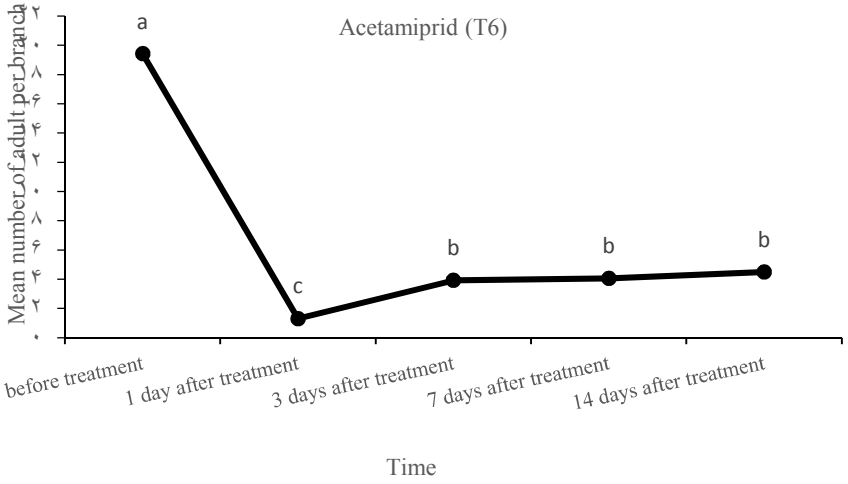

M. piperita (T2)
Mean number of nymph per branch
۰ ۲ ۴ ۶ ۸ ۱۰ ۱۲ ۱۴ ۱۶ ۱۸ ۲۰ ۲۲
a c b bc c
before treatment
1 day after treatment
3 days after treatment
7 days after treatment
14 days after treatment
Time

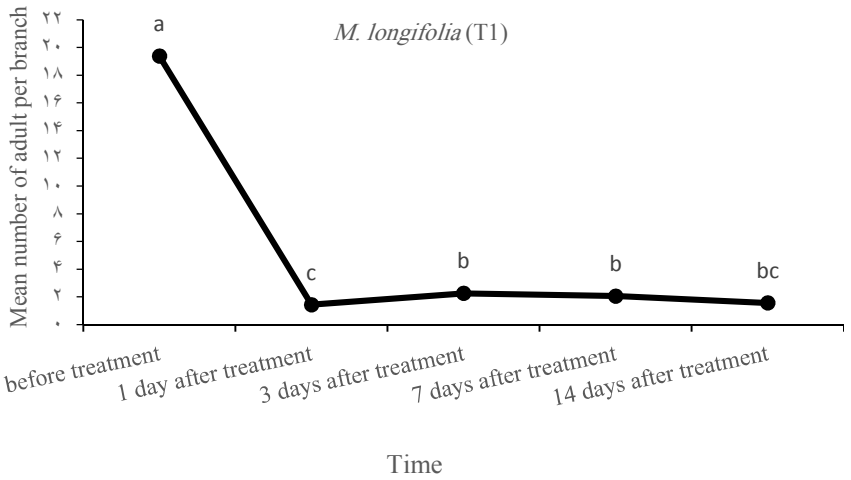

O. decumbens (T3)
Mean number nymph per branch
۰ ۲ ۴ ۶ ۸ ۱۰ ۱۲ ۱۴ ۱۶ ۱۸ ۲۰ ۲۲
a c b c dc
before treatment
1 day after treatment
3 days after treatment
7 days after treatment
14 days after treatment
Time

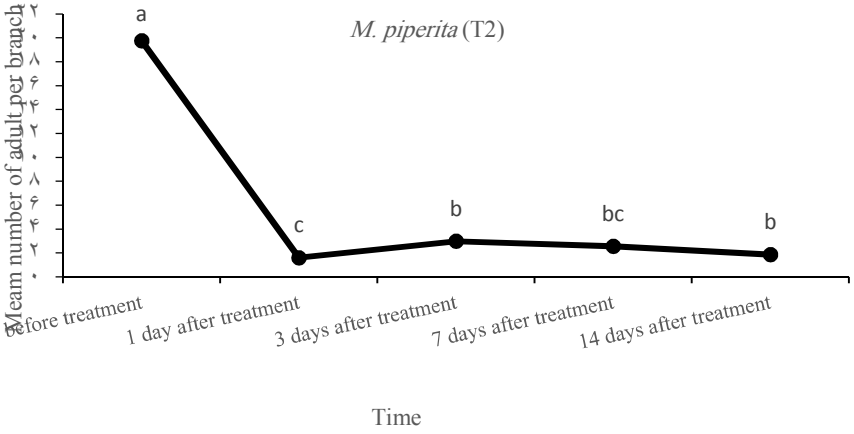


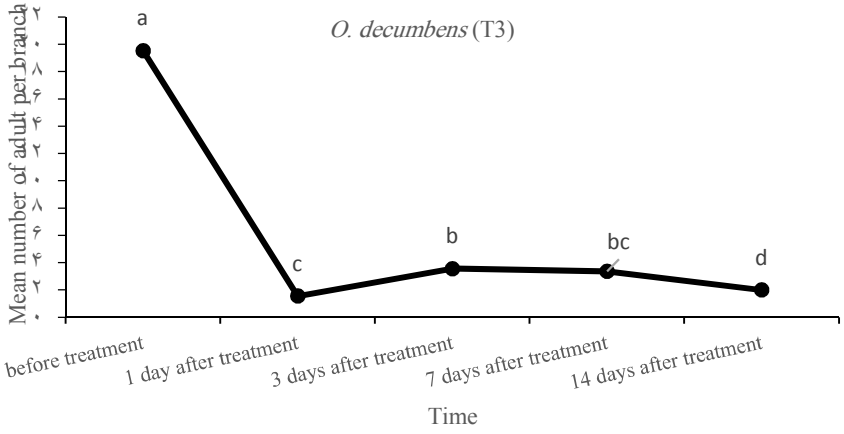
شکل ۱. میانگین پوره‌های سن اول شپشک آردآلود پنبه (به ازای هر شاخه) در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری (حروف غیر مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهند).

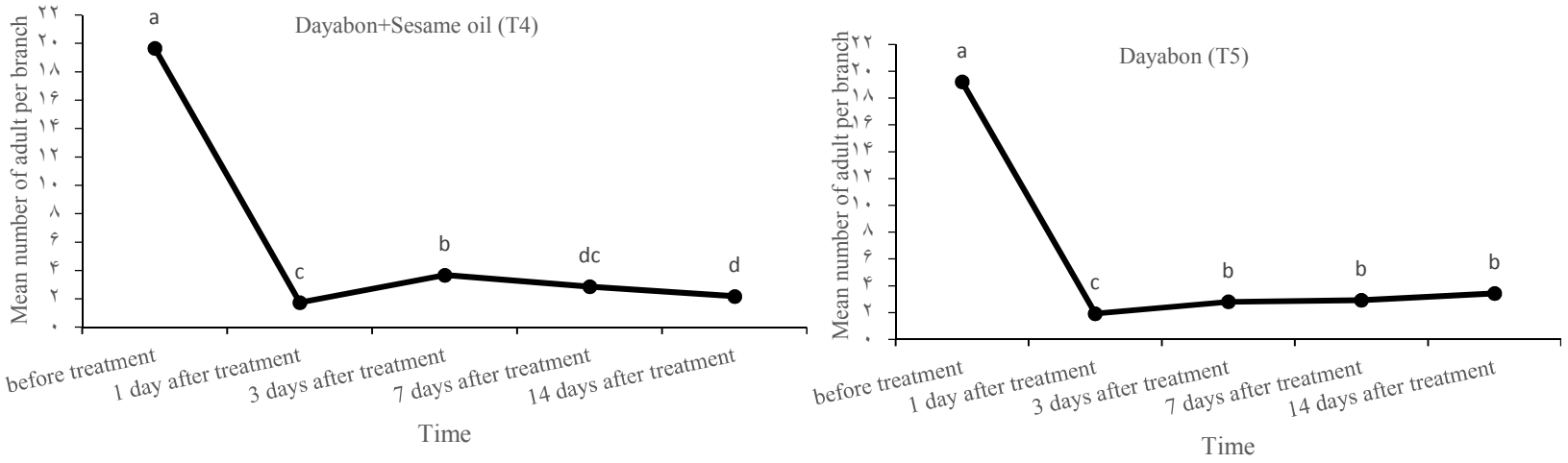
Figure 1. Mean first instar nymphs of *Phenacoccus solenopsis* (per branch) at different time of sampling (different letters showed significant differences at $P \leq 0.05$).


Acetamiprid (T6)
Mean number of adult per branch
a
c
b
b
b
before treatment
1 day after treatment
3 days after treatment
7 days after treatment
14 days after treatment
Time


M. longifolia (T1)
Mean number of adult per branch
a
c
b
b
bc
before treatment
1 day after treatment
3 days after treatment
7 days after treatment
14 days after treatment
Time


M. piperita (T2)
Mean number of adult per branch
a
c
b
bc
b
before treatment
1 day after treatment
3 days after treatment
7 days after treatment
14 days after treatment
Time


O. decumbens (T3)
Mean number of adult per branch
a
c
b
bc
d
before treatment
1 day after treatment
3 days after treatment
7 days after treatment
14 days after treatment
Time



شکل ۲. میانگین حشرات کامل شپشک آردآلود پنبه (به ازای هر شاخه) در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری (حروف غیر مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهند).

Figure 2. Mean adults of *Phenacoccus solenopsis* (per branch) at different time of sampling (different letters showed significant differences at $P \leq 0.05$).

آزمایش کرمینگ و دو فاز شدن، کارآیی غلظت‌های مختلف فرمولاسیون تهیه شده در مقایسه با پیریمیکارپ، دیازینون و دلتامترین روی شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer) بررسی شد. نتایج نشان داد فرمولاسیون تهیه شده می‌تواند به عنوان یک جایگزین و یا در تناوب با سایر حشره‌کش‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

بر اساس نتایج کسب شده در این تحقیق، در شرایط آزمایشگاه و مزرعه، حشره‌کش استامی‌پرید سمیت بیشتری در مقایسه با سایر ترکیبات داشت. کشندگی بیشتر ترکیبات شیمیایی در مقایسه با ترکیبات گیاهی در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است. به طور مثال بر اساس تحقیقات Rastegari *et al.* (2015)، در شرایط آزمایشگاه، حشره‌کش ایمیداکلوپرید سمیت بیشتری در مقایسه با عصاره متانولی حنا *Lawsonia inermis* L (Lythraceae) روی حشرات کامل شته برگ برنج *Rhopalosiphum padi* L. داشت. میزان LC_{50} حشره کش ایمیداکلوپرید و عصاره متانولی حنا به ترتیب ۰/۰۳۱۸ و ۴۶۹/۵۳ گرم بر لیتر برآورد شد. بر اساس نتایج حاصل از بررسی آزمایشگاهی توسط Khajehoseini *et al.* (2013)، حشره‌کش تیامتوکسام بیشترین مرگ و میر را روی لارو سن دوم و شفیرگی بالتوری سبز *Ch. carnea* در مقایسه با عصاره‌های ریشه روناس (L.) *Rubia tinctorum*، بذر شوید (L.) *Aniethum graveolens* و بذر باریجه *Ferula gummosa* (Boiss.) داشت.

دایابون یک آفت‌کش گیاهی جدید و زیست سازگار است که از روغن کرچک تهیه شده است (Rezaeian *et al.* 2016). خاصیت حشره‌کشی دایابون در تحقیقات مختلفی گزارش شده است (Heydari *et al.* 2015; Seyfi *et al.* 2015; Vahabi Mashhour 2016; Vahabi Mashhour *et al.* 2016). در تحقیق حاضر نیز دایابون کنترل موثری روی مراحل مختلف زندگی شپشک داشت. از طرفی با هدف بهینه‌سازی و مدیریت مصرف آفت‌کش‌ها، بررسی اثر یک سینرژیست سنتی (روغن کنجد) به همراه آفت‌کش دایابون روی شپشک آردآلود پنبه صورت گرفت. تشدید اثر مهم‌ترین پدیده جالب در زمینه اختلاط دو ترکیب است که در بیشتر موارد با مهار کردن آنزیم‌های موثر در سم‌زدایی حاصل می‌شود. اولین مورد تشدید اثر، مربوط به روغن کنجد بود که در سال ۱۹۴۰ کشف شد اضافه کردن روغن به عنوان ماده همراه آفت‌کش‌ها در برخی موارد باعث افزایش کارایی آن‌ها شده است. به طور مثال در تحقیقات Saghafi & Emani (2015) بررسی اثر روغن کنجد به همراه سه آفت‌کش از گروه‌های پایریتیروئید، نئونیکوتینوئید و بیولوژیک روی حشرات کامل شپشه آرد *Tribolium confusum* (Duval) صورت گرفت. نتایج نشان داد که روغن کنجد به تنهایی دارای اثر آفت‌کشی بوده و علاوه بر آن باعث تشدید اثر آفت‌کش‌های مصرفی از ۳۰۰-۱۰۰ برابر شد؛ همچنین میزان مصرف آفت‌کش‌ها را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. جهت تکمیل برنامه کنترل میکروبی شپشه دندانه‌دار *Orizaphilus surinamensis* (L.) در مدیریت تلفیقی آفات انباری خرما، تعیین فرمولاسیون مناسب قارچ با استفاده از روغن‌های گیاهی ضروری بود. بر اساس نتایج این پژوهش، روغن گیاهی کنجد برای فرمولاسیون قارچ پیشنهاد شد و دارای بیشترین اثر سینرژیستی در خواص زهرآگینی قارچ بود Latifian (2012) در تحقیقی دیگر، بررسی کارایی آزادیراختین و ماترین و اثر ترکیبی آن‌ها با روغن کنجد در بوته‌های خیار در شرایط آزمایشگاهی صورت گرفت. نتایج نشان داد افزودن روغن ۲۵ درصد به غلظت‌های آزادیراختین و ماترین اثر حشره‌کشی را تا حدی که ماده موثره حشره‌کش را تا حد دز نرمال کاهش دهد، افزایش می‌دهد. اثر سینرژیستی نشان داده شده توسط ترکیب آزادیراختین و روغن کنجد اجازه می‌دهد تا غلظت توصیه شده تجاری آزادیراختین بدون کاهش اثر کاهش یابد Saberfar & Shyikhi Garjan (2014) در تحقیق حاضر نیز افزودن روغن کنجد به دایابون ضمن کاهش غلظت، باعث افزایش کارایی دایابون شد. با مقایسه سمیت ترکیبات ذکر شده در شرایط مزرعه‌ای مشخص شد گرچه حشره‌کش استامی‌پرید سمیت بالایی هم در مرحله پوره هم حشره کامل شپشک داشت اما با گذشت زمان کارایی آن کاهش یافت. تحقیقات نشان داده برخی از حشره‌کش‌ها ممکن است سمیت بالایی برای آفات در شرایط آزمایشگاهی داشته باشند اما در شرایط مزرعه‌ای این اثرات چندان بالا نباشد. دلایل مختلفی ممکن است برای این موضوع وجود داشته باشد. یکی از دلایل این امر می‌تواند تجزیه شدن حشره‌کش در شرایط طبیعی و در نتیجه کاهش کارایی آن برای حشرات آفت باشد (Eijaza *et al.* 2015). به طور مثال در تحقیقات Golmohammadi *et al.* (2017) مشخص شد حشره‌کش‌های عصبی و سریع الاثر کلوتیانیدین و استامی‌پرید کنترل بسیار بالایی در سه روز پس از سم‌پاشی روی پسیل آسیائی مرکبات *Diaphorina citri* (Kuwayama) در شرایط

مزرعه‌ای نشان دادند. مشابه این نتایج در مطالعه دوام حشره‌کش‌های تیامتوکسام و ایمیداکلوپرید در کنترل پسیل مرکبات *D. Citri* ارزیابی شد. نتایج حاصل نشان داد که کاربرد این حشره‌کش‌ها کارایی بالای ۸۰ درصد را در سه تا پنج روز بعد از سم‌پاشی داشتند (Yamamoto *et al*. 2008). در تحقیق حاضر نیز حشره‌کش استامی‌پرید کشندگی حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد در یک تا سه روز بعد از تیمار داشت. همچنین گسترش مقاومت تقاطعی (Cross-resistance) در اثر کاربرد متوالی حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی گزارش شده است. به طور مثال طبق گزارش‌های Li *et al*. (2000)، کاربرد متوالی حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید، تیامتوکسام و استامی‌پرید باعث مقاومت تقاطعی در سفید بالک گلخانه شده است. از طرفی با توجه به این که بسیاری از حشره‌کش‌های شیمیایی اختصاصی عمل نمی‌کنند، لذا استفاده از سموم شیمیایی باعث کاهش جمعیت دشمنان طبیعی و افزایش جمعیت آفات می‌شود (Trumper & Holt 1998). همچنین کاربرد برخی نئونیکوتینوئیدها باعث تحریک تخم‌گذاری آفات و در نتیجه افزایش جمعیت آن‌ها می‌شود. به عنوان مثال Troxclair (2007) گزارش کرد که کاربرد نئونیکوتینوئیدها در پنبه باعث افزایش معنی‌دار جمعیت کنه تارتن در مقایسه با قطعات تیمار نشده با این آفت‌کش شده است. بسیاری از محققان اثر کشندگی ترکیبات گیاهی در مقایسه با آفت‌کش‌های شیمیایی در شرایط مزرعه را بررسی کرده‌اند. بر اساس تحقیقات Kabiri Raeis & Abad & Zaree (2017) آفت‌کش تنداکسیر دوام اثر طولانی‌تری نسبت به کنه‌کش فن‌پیروکسی‌میت روی تخم و بالغ کنه تارتن در شرایط مزرعه داشت. بررسی اثرات کشندگی حشره‌کش گیاهی تنداکسیر و حشره‌کش شیمیایی ایندوکساکارب روی شب‌پره مینوز گوجه فرنگی (Meyrick) *Tuta absoluta* نشان داد در شرایط مزرعه‌ای اثر حشره‌کشی تنداکسیر بالاتر از ایندوکساکارب بود، چنانچه در نمونه‌برداری‌های ۲۱ روز پس از تیمار، درصد تلفات ایجاد شده در تخم و لارو مینوز گوجه‌فرنگی در قطعات تیمار شده با این حشره‌کش به طور معنی‌داری بالاتر از قطعات تیمار شده با ایندوکساکارب بود (Kabiri Raeisabad 2015). اما بر اساس نتایج حاصل از بررسی مزرعه‌ای توسط Honarmand *et al*. (2016) حشره‌کش لامداسای‌هالوترین سمیت بالایی برای حشرات کامل و پوره‌های سن گندم *Eurygaster integriceps* (Puton) در مقایسه با دو عصاره گیاهی تجاری سیرینول و پالیزین داشت. با توجه به بررسی منابع، این اولین گزارش از بررسی مزرعه‌ای تاثیر ترکیبات گیاهی روی شپشک آردآلود پنبه می‌باشد. اثر قابل قبول فرمولاسیون اسانس‌های گیاهی روی کنترل مراحل مختلف شپشک آردآلود پنبه می‌تواند امکان تولید انبوه این فرمولاسیون‌ها را فراهم نماید. به طور کلی با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت اگرچه آفت‌کش شیمیایی استامی‌پرید توانست بلافاصله بعد از تیمار تلفات بالایی روی شپشک آردآلود پنبه ایجاد کند اما رفته رفته از اثرات کشندگی آن کم شد؛ اما فرموله کردن اسانس‌ها توانست با حفظ اثرات کشندگی اسانس، کارایی آن‌ها را نیز افزایش دهد. بنابراین می‌توان در طرح‌های آینده با استفاده از تکنیک فرموله کردن و همچنین با استفاده از اسانس‌هایی با اثرات کشندگی بالاتر در جهت کنترل سایر آفات اقدام نمود و بر بسیاری محدودیت‌های استفاده از اسانس در کنترل آفات غلبه کرد. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دایابون فرآوری شده تولید داخل، ترکیبی موثر و امید بخش برای کنترل شپشک آردآلود پنبه می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (GNSCU.AP98.323) در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Amini Jam N, Kocheyli F, Mossadegh MS, Rasekh A, Saber M, 2014. Lethal and sublethal effects of imidacloprid and pirimicarb on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Journal of Crop Protection* 3 (1): 89–98.

Ben-Dov Y, Miller DR, Gibson GAP, 2014, Scale Net. http://www.sel.barc. usda.gov/scalenet/scalenet.htm. (Accessed June 2015).

Cucchi NJA, Becerra V, 2009. Phytosanitary treatment manual for temperate crops under irrigation. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Mendoza* (in Spanish).

Eijaza S, Khan MF, Mahmood K, Anwar M, Alamgir A, *et al.,* 2015. Studies on degradation and efficacy of synthetic pesticides on Okra. *Academic Journal of Entomology* 8:12–18.

Emamjomeh L, Imani S, Talebi K, Mharramipour S, LalijaniK, 2018. Preparation of nanoemulsion formulation of essential oil of *Zataria multiflora* and comparison of contact toxicity with pure essential oil on *Ephestia kuehniella*. *Journal of Applied Entomology and Phytopathology* 85 (2): 181–190 (in Persian with English abstract).

FAO 2006, Guidelines on efficacy evaluation for the registration of plant protection products. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy.

Finney DJ, 1971. Probit Analysis. 3rd Edition. Cambridge University Press, London, UK. 333 pp.

Golmohammadi G, Naseri M, Keyhanian A, 2017. Studying the effects of some insecticides on different developing stages of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama in field conditon. *Applied Research in Plant Protection* 6(2): 63–70 (in Persian with English abstract).

Henderson CF, Tilton EW, 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157–161.

Heyidari Alizadeh B, Heidari A, Modares Najafabadi S, 2017. Preparation of emulsifiable concentrat formulation of neem seed extract and investigating its efficacy against green peach aphid *Myzus persicae*. *Journal of Applied Entomology and Phytopathology* 84 (2): 279–290 (in Persian with English abstract).

Heydari S, Torani AH, Dostdar Kol Kenari L, Abasi Pour H, 2015. Comparison of the effect of plant insecticides on the first instar nymph of *Icerya purchase* Maskell and its natural enemy *Novius cardinalis* Mulsant. *22th Iranian Plant Protection Congress*, June 7, Karaj, Iran. P.10.

Honarmand P, Nouri G, Rafiee -Dastjerdi H., Hassanpour, M., Fathi, S. Lethal effect of three synthetic insecticides and two commerical botanical extracts on the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton under the field and laboratory conditions. *Plant Pests Research* 6(3): 65–77 (in Persian with English abstract).

Isman MB, Machial CM, 2006. Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. in: "naturally occurring bioactive compounds". *Advances in Phytomedicine* 3: 29–44.

Kabiri Raeisabad M, 2015. Lethal and sublethal effects of botanical insecticide, tondexir (Tondexir®) and chemical insecticide, indoxacarb (Avaunt®) on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). *Plant Protection* 42(1): 46–63 (in Persian with English abstract).

Kabiri Raeis Abad M, Zaree E, 2017. Comparison toxicity of plant pesticides, Tondexir® and chemichal acaricides, Ortus® on two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its natural enemies *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Plant Protection* 40(3): 53–70 (in Persian with English abstract).

Khajehoseini M, Samih M, Mahdian K, Alizadeh A, 2013. The side effects of several plant extracts and thiamethoxam on biological parameters of common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neu.: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Plant Pests Research* 3(1): 21–34 (in Persian with English abstract).

Khodaman A, 1992. Investigation of the biology of *Nipaecoccus viridis* (Newstead) and the possibility of biological control using crypt ladybug and other ladybugs in Khuzestan province. MSc Thesis, Agricultural Entomology, Shahid Chamran University of Ahvaz, 140 pp (in Persian with English abstract).

Latifian M, 2012. Effect of fungus *Beauveria bassiana* formulations with different vegetable oils and their chemical attraction to the pathogenesis on the sawtoothed beetle population *Oryzaephilus Surinaemensis* in terms of dates nutrition. *Plant Protection* 35(3): 45–57 (in Persian with English abstract).

Li Y, Dennehy TJ, Li X, Wigert ME, 2000. Susceptibility of Arizona whiteflies to chloronicotinyl insecticides and IGRs: new developments in the 1999 season. *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*, Jan 8, Texas, United States. P. 6.

Matsumura F, 1985. Toxicology of Insecticides. Plenum Press. 598 pp.

Mobarakian M, Zamani A, Karimzadeh J, Moeeny Naghadeh N, 2015. Insecticidal Effects of Crude Extracts of Six Officinal Plants on the Cowpea Weevil, *Callosobruchus maculates* F. (Col.: Bruchidae). *Journal of Plant Protection* 29(4): 499–510 (in Persian with English abstract).

Moghaddam M, Bagheri NA, 2010. A new record of mealybug pest in the South of Iran, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 30: 67–69 (in Persian with English abstract).

Mossadegh MS, Vafaei Sh, Zarghami S, Farsi A, Sedighi Dehkordi F, *et al*., 2012. The mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae) in Khuzestan and Kish island, Iran. *Proceedings of the 20th Iranian Plant Protection Congress* University of Shiraz. August 29-31, Shiraz, Iran, p. 174. (in Persian).

Mossadegh MS., Vafaei Sh, Farsi A, Zerghami S, Esfandiari M, *et al*., 2015. *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae), its natural enemies and host plants in Iran. *Proceedings of the first Iranian International Congress of Entomology* University of Tehran, September 7-9, Tehran, Iran. P. 159–167 (in Persian).

Nagrare VS, Kranthi S, Kumar R, Dhara B, Amutha M, *et al*., 2011. Compendium of Cotton Mealybugs. CICR publication. 42 pp.

Poucher WA, 1993. Poucher's perfum, cosmetics and soaps. Volume 3: Cosmetics, Chapman and Hall, New York, 628–40.

Rastegari S, Alichi M, Samih M, Minaei K, Saharkhiz J, 2015. Toxicity effect of henna, *Lawsonia inermis* L. and madder *Rubia tinctorum* L. extracts on *Rhopalosiphum padi* L. versus pesticidal effect of pirimicarb and imidacloprid. *Plant Protection*, 38(4): 22–34 (in Persian with English abstract).

Rezaeian N, Heidari A, Moharramipour S, Imani S, 2016. Contact toxicity of botanical insecticide, Dayabon based on plant essential oils thyme (Thymus vulgaris) on *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 52(5): 3225–3228.

Saberfar F, Shyikhi Garjan A, 2014. Improving the performance of natural extracts by adding oil against *Liriomyza sativae* Blankard (Dip: Agromyzidae). *21st Iranian Plant Protection Congress*, September 1-4, Iran, Urmia. P. 1-7 (in Persian).

Saghafi M, Emani S, 2015. Synergistic effect of sesame oil on deltamethrin, confidor and abamectin toxins for control *Tribolium confusum. 3th Conference on Stable Agriculture and Natural Resources*, Pp. 1–7.

Sardar MU, Mamoon-ur-Rashid M, Naeem M, 2018. Entomocidal efficacy of different botanical extracts against Cotton Mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Pseudococcidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 6(5): 2078–2084.

Seyfi R, Mortezavi S, Moharramipour S, 2015. Effect of plant insecticide Dayabon (SL 10%) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *1th Congress of Entomology of Iran*, September 7-9, Tehran, Iran. P. 5.

Sun YP, 1950. Toxicity index- an improved method of comparing the relative toxicity of insecticides. *Journal of Economic Entomology* 43(1): 45–53.

Tanwar RK, Jeyakumar P, Vennila S, 2010. Papaya Mealybug and its Management Strategies. National Centre for Integrated Pest Management, New Delhi. 26 pp.

Troxclair N, 2007. Field evaluation of cotton seed treatments and a granular soil insecticide in controlling spider mites and other early-season cotton pests in Texas. *Integrated Control of Plant-Feeding Mites IOBC/WPRS Bull* 30: 117–122.

Trumper EV, Holt J, 1998. Modelling pest population resurgence due to recolonization of fields following an insecticide application. *Journal of Applied Ecology* 35: 273–285.

Vahabi Mashhour M, 2016. Evaluation of Botanical Insecticide, Dayabon (SL 10%), on the Elm Leaf Beetle, *Xanthogaleruca luteolla*. *Pesticides in Plan Protection Sciences* 3(2): 67–69 (in Persian with English abstract).

Vahabi Mashhour M, Moharramipour S, Negahban M, Ghelichkhani M, 2016. Evaluation of contact toxicity of Botanical Insecticide Dayabon (SL 10%) on *Aphis nerii* and *Aphis fabae* and their predator enemies, *Coccinella septempunctata*. *Proceedings 22nd Iranian Plant Protection Congress*, August 27-30, Karaj, Iran. P. 723. (in Persian).

Yamamoto PT, Beloti VH, Rugno GR, 2008. Efficiency of insecticides to control *Diaphorina citri* vector of Huanglongbing Bacteria. *IRCHLB Proceedings*, Funde Citrus, Araraquara, Brazil.

Zhou A, Lu Y, Zeng L, Xu Y, Liang G, 2013. Effect of host plants on honeydew production of an invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Insect Behaviour* 26: 191–199.