



تأثیر غلظت زیرکشنده سه فرموله تجاری چریش شامل کوفه، نیم‌آزال و نیم‌بسدین روی

فراسنجه‌های جدول زندگی سفیدبالک گلخانه (Hem., Aleyrodidae) *Trialeurodes vaporariorum*سمانه نیک اختر^۱، شهرام آرمیده^۱، شهرام میرفخرائی^۱ و مریم فروزان^۲

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

✉ samanehnikachtar1375@yahoo.com

✉ sh.aramideh@urmia.ac.ir

✉ sh_mirfakhraie@yahoo.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4220-6165

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8148-4136

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

✉ maryam_fourouzan@yahoo.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5440-3329

چکیده: سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* Westwood یکی از آفات مهم سبزی، صیفی و گیاهان زینتی می‌باشد. در کنترل این آفت، یافتن راهکارهای جایگزین به‌منظور کاهش اثرات سوء ناشی از مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌های شیمیایی ضروری می‌باشد. بنابراین در این پژوهش، اثر زیرکشنده (LC₂₀) سه فرمولاسیون چریش (*Azadirachta indica* A. Juss) شامل نیم-بسدین[®]، نیم‌آزال[®] و کوفه[®] روی سفیدبالک گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها در گلخانه با شرایط نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی)، دمای ۲۷±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد انجام گرفت. نتایج نشان داد فرمولاسیون نیم-بسدین[®] با LC₅₀ معادل ۰/۲۶۱ میلی گرم ماده موثر بر لیتر، سمی‌ترین فرمولاسیون روی پوره سن سوم این آفت بود. در بررسی اثرات زیر کشنده، هر سه فرمولاسیون، طول دوره مراحل نابالغ، طول عمر، باروری و بقاء سفیدبالک را تحت تأثیر قرار دادند. کمترین نرخ خالص تولید مثل (R₀) (۳/۶۸/تاج/فرد)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) (۰/۱۰۶/روز) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) (۱/۱۰۶/روز) مربوط به فرمولاسیون نیم‌بسدین بود. با این حال میانگین مدت زمان یک نسل (T) تحت تأثیر غلظت زیرکشنده سه فرمولاسیون قرار نگرفت. یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از اثرات منفی غلظت زیرکشنده (LC₂₀) هر سه فرمولاسیون چریش روی فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیت این آفت بود. بر همین اساس، می‌توان از غلظت زیرکشنده فرمولاسیون نیم‌بسدین[®] در مدیریت تلفیقی این آفت استفاده کرد.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۴

دبیر تخصصی: معصومه ضیایی

واژه‌های کلیدی: مدیریت آفات، چریش، اثرات زیر کشنده، فراسنجه‌های رشد جمعیت

Citation: Nikakhtar, S., Aramideh, S. H., Mirfakhraie, S. H. & Frouzan, M. (2023) The effect of sublethal concentration of three commercial formulations of neem including including Kofa, NeemAzal and Nimbecidine on the life table parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (4), 313-323.

مقدمه

یکی از چالش‌های مهم در گلخانه‌ها، کنترل جمعیت سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) می‌باشد. سفیدبالک گلخانه یک آفت با طبیعت چند خوار و تهدید جدی در محصولات کشاورزی است. این آفت دارای میزبان‌های گسترده، تعدد سریع نسل، زیست‌شناسی خاص و توانایی به دست آوردن سریع مقاومت به حشره‌کش‌ها می‌باشد، که همه این عوامل مشکلات جدی در مدیریت آن ایجاد می‌کند (Nasruddin & Zafar, 2021; Menke & Gerhard, 2010; et al., 2021). جهت کنترل این آفت معمولاً از روش‌های شیمیایی استفاده می‌گردد (Duhon et al., 2017; Zapata et al., 2016). مبارزه شیمیایی با سفیدبالک به علت تخم‌گذاری افراد بالغ و رشد و نمو پوره‌ها در سطح زیرین برگ و نیز مقاومت سفیدبالک به تعداد زیادی از حشره‌کش‌ها مشکل می‌باشد (Bi & Toscano, 2007). در این آفت ایجاد مقاومت به حشره‌کش‌های پیرتروئیدها، کاربامات‌ها و ارگانوفسفات از جمله دی‌متوات گزارش شده است (Menke & Gerhard, 2010). از جمله راهکارهایی که در کشاورزی نوین به‌منظور کاهش اثرات نامطلوب آفت‌کش‌های مصرفی در زیست‌بوم‌های مختلف کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از آفت‌کش‌های بیولوژیک و ترکیب‌های گیاهی است (Shu et al., 2018; Glare & Moran-Diez, 2016). از ترکیب گیاهی آزادیراختین حاصل از عصاره درخت چریش برای کنترل سفیدبالک‌ها استفاده می‌شود (Shu et al., 2018). ترکیبات فعال جدا شده از عصاره این گیاه شامل نیمبین، نیمبولید، گدونین و آزادیراختین می‌باشد (Dehghani & Ahmadi, 2013). آزادیراختین یک ترکیب تنظیم‌کننده رشد، ضد تغذیه و دفع‌کننده برای حشرات گیاه‌خوار به‌ویژه سفیدبالک‌ها است (Shu et al., 2018). آزادیراختین دارای تاثیرات فیزیولوژیکی و رفتاری مختلف روی حشرات است. اثرات



فیزیولوژیکی مانند مهار رشد و نمو، تولید مثل و سنتز هورمون جوانی می‌باشد (Chaudhary *et al.*, 2017). آزادبراختین به عنوان یک آنتاگونیست با تاثیر روی سلولهای مترشحه مغزی (Brain-corpora cardiacum complex) روی هورمون اکدیسون (هورمون پوست اندازی) عمل می‌کند (Zhao *et al.*, 2019) همچنین آزادبراختین روی تعاملات ایمنی حشره می‌تواند تاثیر سوء بگذارد (Aylin, 2022; Amaral *et al.*, 2019). از اثرات رفتاری آزادبراختین هم می‌توان به خواص دفع کنندگی یا بازدارندگی از تغذیه حشرات اشاره کرد (Bernardes *et al.*, 2017; Bezzar-Bendjazia *et al.*, 2017). پتانسیل استفاده از فرمولاسیون‌های چریش در کنترل آفات کشاورزی، به ویژه سفیدبالک در سیستم‌های کشاورزی ارگانیک، نیاز به بررسی بیشتر برای تعیین فرمولاسیون بهینه و طرح‌های کاربردی دارد (Karanja *et al.*, 2015; Barnby *et al.*, 1989; Johnson *et al.*, 2003). سمیت حاد و مزمن در ارزیابی اثرات آفت‌کش‌ها حائز اهمیت هستند. سمیت حاد آفت-کش‌ها براساس اطلاعات حاصله از تلفات افراد در کوتاه مدت می‌باشد. اطلاعات حاصله از این نوع مطالعات بدون توجه به اثرات دراز مدت در سطح جمعیتی، حائز اهمیت نمی‌باشد (Mahmoudi *et al.*, 2020). بنابراین جهت مدیریت آفات و تصمیم‌گیری درست در مبارزه، آگاهی از اثرات زیرکشنده آفت‌کش‌های مختلف روی شاخصه‌های رشد جمعیت حائز اهمیت می‌باشد. تغییرات جمعیت را می‌توان توسط تنظیم جدول زندگی نشان داد (Southwood & Henderson, 2000) پراسنجه‌های مختلفی از جدول زندگی برآورد می‌شوند که از جمله آنها می‌توان از نرخ ذاتی افزایش طبیعی (r)، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، میانگین طول مدت یک نسل (T)، زمان دو برابر شدن (DT) و نرخ منتهای افزایش جمعیت (λ) را نام برد (Maia *et al.*, 2000). مهمترین پارامتر رشد جمعیت نرخ ذاتی افزایش طبیعی می‌باشد. محاسبه (r) می‌تواند برای پیشگویی وضعیت آفت ارزشمند باشد و به عنوان یک ابزار کمی یا شاخص اکولوژیک برای مقایسه واکنش گونه‌های مختلف به عوامل متعدد مانند اثر آفت‌کش و شرایط محیطی باشد (Taghizadeh *et al.*, 2008). با توجه به اهمیت آفت سفیدبالک و کاهش مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی و تولید محصولات ارگانیک در این پژوهش تاثیر غلظت LC_{20} سه فرمولاسیون تجاری ترکیب گیاهی چریش با نام‌های کوف[®]، نیم‌آزال[®] و نیم-بسیدین[®] روی فراسنجه‌های جدول زندگی باروری سفیدبالک گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان و سفیدبالک گلخانه. جهت پرورش سفیدبالک گلخانه، بذور گوجه‌فرنگی وارسته سان سید از مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی تهیه و در شرایط گلخانه کشت داده شد. برای کاشت از گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد $8 \times 7 \times 6$ سانتی متر استفاده گردید. به منظور زهکشی مناسب، کف گلدان با لایه‌ای از قلمه سنگ پوشانده شد. خاک مورد استفاده برای پرورش گیاه میزبان به صورت مخلوط شامل خاک باغچه، ماسه و خاکبرگ به ترتیب به نسبت ۳، ۱ و ۵ قسمت بود. در هر گلدان پلاستیکی ۳ عدد بذر ضدعفونی شده کاشته شد و روی آن‌ها با یک لایه نازکی از ماسه جهت جوانه‌زنی بهتر پوشانده شد. پرورش گیاهان در گلخانه با شرایط نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی)، دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد انجام گردید (Fahim *et al.*, 2012). گلدان‌ها معمولاً به صورت یک روز در میان آبیاری و تمام عملیات داشت به طور یکسان برای تمام گلدان‌ها اعمال شد. همچنین با مسن شدن گیاهان، بوته‌های تازه جایگزین شد. کلیه آزمایش‌ها پس از گذشت سه نسل از زندگی سفیدبالک‌ها در گلخانه محل پرورش که کاملاً عاری از آفت‌کش بود، انجام گرفت.

فرمولاسیون‌های تجاری حشره‌کش گیاهی چریش. حشره‌کش گیاهی چریش با سه فرمولاسیون تجاری شامل نیم‌آزال[®] (NeemAzal T/S) حاوی ۱ درصد مایع امولسیون شونده استحصال شده از مغز دانه‌ی چریش، همچنین فرمولاسیون کوف[®] (Kofa) با $1/2$ EC% یا $1-2$ لیتر در هکتار، و نیم‌بسیدین[®] (Nimbecidine) $0.3/0$ EC% با ۲ لیتر در هکتار، که هر سه ساخت شرکت Trifolio آلمان بودند در این بررسی استفاده گردید.

زیست‌سنجی تعیین غلظت‌کننده و زیرکشنده فرمولاسیون‌های مختلف چریش روی سفیدبالک گلخانه. آزمایش مقدماتی با روش غوطه ورسازی برگ‌های حاوی پوره سن سوم در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد (Horowitz *et al.*, 2004). در آزمایشات مقدماتی واحدهای آزمایشی شامل برگ‌های نشاندار روی بوته‌های گوجه‌فرنگی بود که تعداد پوره‌های سن سوم روی آنها شمارش و به همان صورتی که به بوته اصلی اتصال داشتند به آرامی به مدت ۵ ثانیه در ۵۰ میلی‌لیتر از ۵ غلظت متفاوت محلول‌ها به همراه توئین ۸۰ فرو برده شد. هدف از آزمایش‌های مقدماتی به‌دست آوردن غلظت‌هایی بود که بتواند بعد از ۲۴ ساعت تلفاتی در بازه ۲۰ تا ۸۰ درصد ایجاد نماید. سه غلظت مابین این دو غلظت براساس فواصل لگاریتمی محاسبه گردید و پنج غلظت (جدول ۱) به همراه شاهد (آب مقطر و محلول $0.2/0$ درصد توئین ۸۰) در آزمایش‌های اصلی استفاده شد (Robertson *et al.*, 2007). بعد از آزمایش اولیه و تعیین غلظت‌ها برای زیست‌سنجی اصلی از پوره‌های همسن (سن سوم) استفاده شد. تعداد ۳۰ عدد پوره روی سه برگ در سه تکرار توسط خودکار درون محدوده‌ای مشخص شد سپس برگ‌ها درون محلول‌های سمی با غلظت‌های مختلف غوطه‌ور و پس از غوطه‌وری سی دقیقه در فضای آزاد قرار گرفته و سپس پتری‌ها به درون اتاقک رشد با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 با دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی) منتقل شدند. در این آزمایش پوره‌هایی که خشک شده و یا تغییر رنگ داده به عنوان مرده تلقی شد. میزان تلفات افراد تیمار شده پس از طی ۲۴ ساعت ثبت شد. غلظت زیرکشنده LC_{20} آفت‌کش‌ها پس از ۲۴ ساعت از تیمار محاسبه و مورد استفاده قرار گرفتند.

اثر زیرکشنده و بررسی فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی سفیدبالک گلخانه. برای ایجاد پوره‌های همسن با استفاده از اسپراتور تعداد ۲۰-۳۰ حشره بالغ بدون در نظر گرفتن جنسیت آنها درون چارچوب‌های توری در ابعاد 1×1 متر انتقال داده شدند. پس از انتقال حشرات به قفسه‌های جدید به آنها اجازه داده شد به مدت یک روز تخم‌ریزی کنند. پس از آن حشرات بالغ از روی برگ‌ها حذف شدند. سپس جهت انجام آزمایش‌های زیرکشنده پوره‌های سن سوم همسن با غلظت زیرکشنده LC_{20} سه فرمولاسیون نیم‌آزال[®] ($5/0.182$)، نیم‌بسیدین[®] ($0.184/0$) و کوف[®] ($4.03/0$) میلی گرم ماده موثر بر لیتر تیمار شدند. در شاهد از آب مقطر استریل و محلول $0.2/0$ درصد توئین ۸۰ استفاده شد. تعداد ۵۰ ماده زنده مانده (با عمر کمتر از ۲۴ ساعت) در هر تیمار انتخاب شده و طول

مرحله بالغ و میزان تخم‌ریزی آن‌ها به‌صورت روزانه ثبت شد. مطالعات دموگرافی در شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی) انجام گردید. به‌منظور ارزیابی اثر زیرکشندگی سه فرمولاسیون نیم‌آزال[®]، نیم‌بسیدین[®] و کوفاف[®] روی نتاج سفیدبالک-های ماده تیمار شده، تعداد ۸۰ تخم هم‌سن از پوره‌های تیمار شده در هر غلظت زیرکشنده به‌صورت تصادفی جمع‌آوری شده و طول مراحل مختلف رشدی، میزان تلفات و تخم‌ریزی افراد ماده تا زمان مرگ آخرین فرد ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها. جهت محاسبه LC فرمولاسیون‌ها تلفات پوره‌ها در تیمارها و شاهد شمارش و درصد تلفات طبق فرمول آبوت اصلاح شد (Abbott, 1925). داده‌های به‌دست آمده در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه پروبیت گردید. همچنین داده‌های حاصل از جدول زندگی، براساس تئوری جدول زندگی دو جنسی سن‌مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار Twosex-MSChart تجزیه شد (Chi, 2020; Chi, 1988; Chi & Liu, 1985). میانگین و خطای استاندارد فراسنجه‌های جدول زندگی، با استفاده از روش بوت استرپ با صد هزار تکرار محاسبه شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات نسخه ۱۴ انجام شد.

نتایج

مقادیر غلظت کشنده (LC_{50}) و زیر کشنده (LC_{20}) آفت‌کش‌ها، ۲۴ ساعت پس از تیمار پوره سن سوم سفیدبالک با حدود اطمینان ۹۵ درصد در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که نیم‌بسیدین[®] دارای سمیت بیشتری نسبت به نیم‌آزال[®] و کوفاف[®] است (جدول ۱).

فراسنجه‌های زیستی نسل اول حاصل از سفیدبالک گلخانه تیمار شده با غلظت زیرکشنده سه فرمولاسیون حشره‌کش آزادیراختین در مقایسه با شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که طول دوره نابالغ شامل پوره سن دوم، سوم و چهارم تحت تأثیر هر سه فرمولاسیون حشره-کش آزادیراختین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان طول کل دوره نابالغ مربوط به تیمار نیم‌بسیدین[®] بود و با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد. به طوری‌که مقدار آن در تیمار شاهد و LC_{20} نیم‌بسیدین[®] به ترتیب $17/82$ و $19/84$ روز بود. طول عمر ماده‌های بالغ در شاهد $6/33$ روز بود، که به طور معنی‌داری نسبت به غلظت زیرکشنده سه فرمولاسیون بیشتر بود و کمترین مقدار آن در تیمار نیم‌بسیدین[®] $3/91$ روز بود. باروری تحت تأثیر غلظت‌های LC_{20} تیمارها قرار گرفت و به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. میانگین طول دوره تخم‌ریزی در تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند که بیشترین دوره تخم-ریزی مربوط به شاهد با $5/78$ روز و کمترین آن مربوط به تیمار نیم‌بسیدین[®] با $3/04$ روز بود.

فراسنجه‌های رشد جمعیت نتاج حاصل از سفیدبالک در شاهد و غلظت زیر کشنده سه فرمولاسیون تجاری چریش در جدول ۳ نشان داده شده است. همان گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، به جز متوسط مدت زمان یک نسل (T) سایر پراسنجه‌های رشد جمعیت محاسبه شده، تحت تأثیر غلظت زیر کشنده مورد مطالعه قرار گرفتند. بیشترین مقادیر نرخ ناخالص (GRR) و خالص تولید مثل (R_0) در شاهد مشاهده شد. که مقادیر آن با فرمولاسیون کوفاف[®] اختلاف معنی‌دار نداشته ولی در دو فرمولاسیون دیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین میزان این پارامترها نیز در تیمار نیم‌بسیدین[®] (به ترتیب $12/71$ و $3/68$ نتاج/فرد) مشاهده شد. منحنی‌های نرخ بقای ویژه سن - مرحله رشدی سفیدبالک (s_{xy}) تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده سه فرمولاسیون مختلف حشره‌کش آزادیراختین و شاهد در (شکل ۱) آورده شده است. نمودار (s_{xy}) علاوه بر نرخ بقاء مراحل مختلف رشدی، مدت زمانی که حشره در هر مرحله رشدی سپری کرده است را نشان می‌دهد. ماده‌های بالغ در شاهد نسبت به بقیه تیمارها یک روز زودتر ظاهر شدند. طول دوره رشد پوره در تیمارهای زیرکشنده نسبت به شاهد بیش‌تر شده است که این عامل باعث طولانی‌تر شدن سیکل زندگی و کاهش تعداد نسل می‌شود (شکل ۱).

جدول ۱- غلظت‌های کشندگی (LC_{50}) و زیرکشندگی (LC_{20}) نیم‌بسیدین[®]، نیم‌آزال[®] و کوفاف[®] بعد از ۲۴ ساعت روی پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه

Table 1. Lethal (LC_{50}) and sublethal (LC_{20}) concentrations of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] after 24 hours on 3rd nymphal age of *Trialetrodes vaporariorum*

Treatments	Concentration (a.i. mg/L)	Time (hr.)	Slope \pm SE	Interseps	X ² (df)	LC ₂₀ (95% CLs)	LC ₅₀ (95% CLs)
Nimbecidine	0.057	24	1.87 \pm 0.45	-5.51	0.208 (3)	0.084	0.261
	0.086						
	0.131						
	0.198						
	0.300						
Control						0.075-0.1195	0.193-0.290
NeemAzal	1.900	24	2.15 \pm 0.50	-6.51	0.589 (3)	5.0182	10.6793
	2.878						
	4.359						
	6.600						
	10.00						
Control						3.8047-6.8116	7.8176-21.4059
Kofa	2.280	24	2.01 \pm 0.55	-6.41	0.287 (3)	8.403	18.272
	3.454						
	5.231						
	7.922						
	12.00						
Control						6.247-11.168	11.873-65.839

جدول ۲- طول دوره‌های مختلف رشدی (میانگین \pm خطای معیار) سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporararium* تیمار شده با LC₂₀ نیم‌آزال[®]، نیم‌بسیدین[®] و کوفاف[®] در مقایسه با شاهد

Table 2. The length of different growth periods (Mean \pm SE) of *Trialeurodes vaporararium* treated with LC₂₀ of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] in comparison to the control

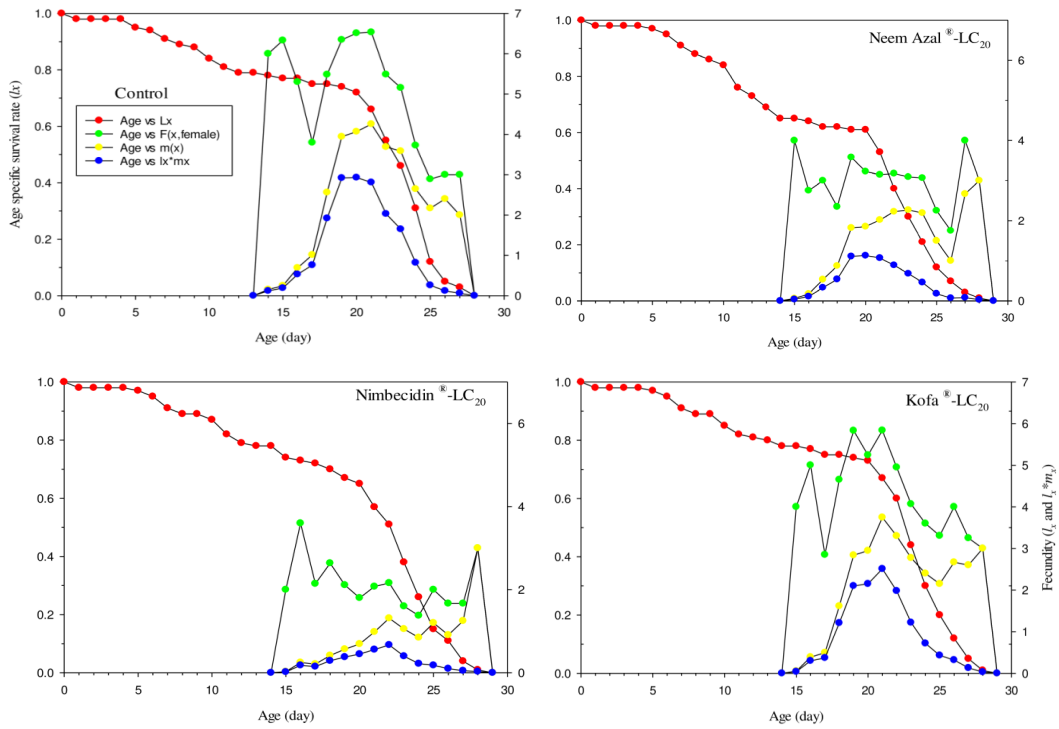
Parameters	Treatments			
	Control	Kofa	NeemAzal	Nimbecidine
Egg (day)	4.79 \pm 0.09a	4.85 \pm 0.09a	4.84 \pm 0.09a	4.99 \pm 0.07a
Nymph 1 (day)	3.56 \pm 0.06a	3.63 \pm 0.06a	3.6 \pm 0.06a	3.68 \pm 0.06a
Nymph 2 (day)	3.14 \pm 0.05c	3.28 \pm 0.07b	3.34 \pm 0.08ab	3.65 \pm 0.08a
Nymph 3 (day)	2.88 \pm 0.08c	3.36 \pm 0.09b	3.37 \pm 0.10b	3.74 \pm 0.11 a
Nymph 4 (day)	3.58 \pm 0.09b	3.82 \pm 0.09ab	3.80 \pm 0.10ab	4.00 \pm 0.09a
Adult (day)	6.09 \pm 0.11a	5.50 \pm 0.12b	4.96 \pm 0.14c	3.99 \pm 0.11d
Male Adult (day)	5.64 \pm 0.16a	5.00 \pm 0.20b	5.00 \pm 0.19b	4.02 \pm 0.19c
Female Adult (day)	6.33 \pm 0.14a	5.76 \pm 0.14b	4.98 \pm 0.18c	3.91 \pm 0.14d
Preadult (day)	17.82 \pm 0.18c	18.72 \pm 0.20b	18.75 \pm 0.23b	19.84 \pm 0.26a
Fecundity (eggs/female)	34.94 \pm 1.28a	27.57 \pm 1.21b	15.27 \pm 1.37c	8.00 \pm 0.62d
Total longevity (day)	20.18 \pm 0.69a	20.3 \pm 0.69a	18.58 \pm 0.70a	19.81 \pm 0.69a
Oviposition period (day)	5.78 \pm 0.14a	5.22 \pm 0.17b	4.25 \pm 0.18c	3.04 \pm 0.15d
TPOP (day)	18.02 \pm 0.23c	18.81 \pm 0.24 bc	19.04 \pm 0.28 b	20.15 \pm 0.33a
APOP (day)	0.33 \pm 0.07a	0.30 \pm 0.06a	0.31 \pm 0.07a	0.41 \pm 0.07a

بررسی منحنی باروری ویژه سنی ($l_x m_x$) و باروری ویژه سن - مرحله رشدی (m_x) نشان داد که حشره‌کش‌ها باعث اثرات سوء روی حشرات بالغ سفیدبالک گلخانه شدند و شروع تخم‌ریزی را در آنها نسبت به شاهد به تأخیر انداختند. حشرات کاملی که والدین آنها تحت تأثیر حشره‌کش نیم‌بسیدین[®] قرار گرفته بودند با تأخیر وارد مرحله تولیدمثلی شدند (۰/۴۱ روز عمر) و این در حالی است که حشرات کاملی که تحت تأثیر حشره‌کش قرار نگرفته بود سریع‌تر از سایر تیمارها وارد این مرحله از زندگی (۰/۳۳ روز عمر) شدند. بیشترین نرخ باروری ویژه سن - مرحله رشدی در حشرات ماده (نمف ۴/۲۵) و باروری ویژه سنی حشرات بالغ (نتاج ۲/۹۳) در شاهد نسبت به تیمار حشره‌کش‌ها بیشترین میزان را داشت. کمترین باروری ویژه سنی حشرات بالغ در تیمار نیم‌بسیدین[®] (نتاج ۰/۶۷) در روز عمر بوده است (شکل ۲). منحنی امید به زندگی ویژه سن - مرحله رشدی سفیدبالک در شکل ۳ نشان داده شده است. این منحنی مدت زمانی که هر فرد در سن x و مرحله رشدی z امید است زنده بماند، را نشان می‌دهد. امید به زندگی حشرات کامل در تیمارهای زیرکشنده فرمولاسیون‌های حشره‌کش آزادپراختین نسبت به شاهد کاهش نشان داد، که این روند کاهش حشره‌کش‌ها در تیمار نیم‌بسیدین[®] (۶/۸۸ روز) و شاهد (۹/۹۹ روز) بود و نشان‌دهنده تأثیر زیاد این غلظت می‌باشد. روز صفر امید به زندگی مرحله تخم‌نیز در تیمارهای زیرکشنده فرمولاسیون‌های آزادپراختین نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش طول دوره را نشان دادند. به طوریکه در روز صفر میزان امید به زندگی شاهد ۲۰/۱۸ روز در صورتی که در فرمولاسیون نیم‌بسیدین[®] این مقدار به ۱۹/۸۱ روز کاهش یافت. ارزش تولیدمثلی (R_0) عبارت است از تعداد نتاجی که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن x در مرحله رشدی z در باقی مانده عمرش تولید کند. بیشترین نرخ یا ارزش تولیدمثلی مربوط به تیمار شاهد (۳۲/۵۱ پوره/چهاردهمین روز) به دست آمد. بیشترین نرخ تولیدمثلی در فرمولاسیون نیم‌بسیدین[®] (۱۳/۱۳ پوره/پانزدهمین روز) بود. نتایج نشان داد که این حشره‌کش‌ها روی میزان زادآوری سفیدبالک گلخانه تأثیر داشته و میزان این فراسنجه نسبت به شاهد کاهش پیدا کرده است (شکل ۴). روند رشد جمعیت حاصل از تخم‌های تیمار شده سفیدبالک، در تیمارهای مختلف مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است. پیش‌بینی رشد جمعیت در هر تیمار در یک بازه‌ی زمانی شصت روزه صورت پذیرفت. کمترین سرعت رشد و نمو مراحل مختلف رشدی آفت در فرمولاسیون نیم‌بسیدین[®] به علت پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت مشاهده شد، بالاترین سرعت رشد و نمو در شاهد ثبت شد. این مسأله نشان می‌دهد که با کاهش غلظت توصیه شده یک آفت‌کش و استفاده از غلظت‌های زیرکشنده می‌توان علاوه بر کاهش میزان آفت‌کش مصرفی، از سرعت رشد جمعیت آفات نیز کاست (شکل ۶).

جدول ۳- فراسنجه‌های رشد جمعیت (میانگین \pm خطای معیار) سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporararium* تیمار شده با LC₂₀ نیم‌آزال[®]، نیم‌بسیدین[®] و کوفاف[®] در مقایسه با شاهد

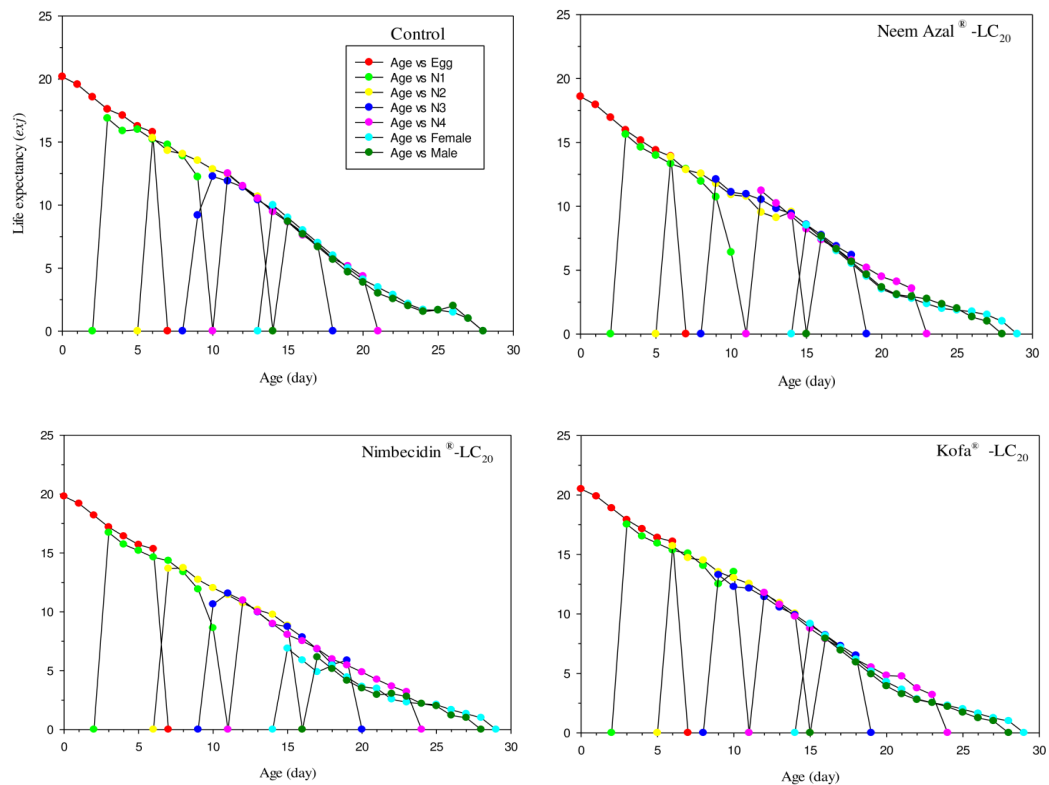
Table 3. Population growth parameters (Mean \pm SE) of *Trialeurodes vaporararium* treated with the LC₂₀ of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] in comparison to the control

Population parameters	Treatments			
	Control	Kofa	NeemAzal	Nimbecidine
Intrinsic rate of Increase(r)(day ⁻¹)	0.14 \pm 0.05a	0.12 \pm 0.06a	0.09 \pm 0.06b	0.06 \pm 0.06c
Finite rate of population Increase(λ)(day ⁻¹)	1.14 \pm 0.06a	1.12 \pm 0.05a	1.09 \pm 0.07b	1.06 \pm 0.04c
Net reproductive rate(R_0)(Offspring)	17.12 \pm 0.85a	13.51 \pm 0.48a	6.72 \pm 0.96b	3.68 \pm 0.48c
Gross reproductive rate(GRR)(Offspring)	33.42 \pm 0.89a	29.07 \pm 0.14ab	22.18 \pm 0.64b	12.71 \pm 0.85c
Mean generation time(T)(day)	20.93 \pm 0.26a	21.52 \pm 0.26a	21.50 \pm 0.32a	21.84 \pm 0.42a



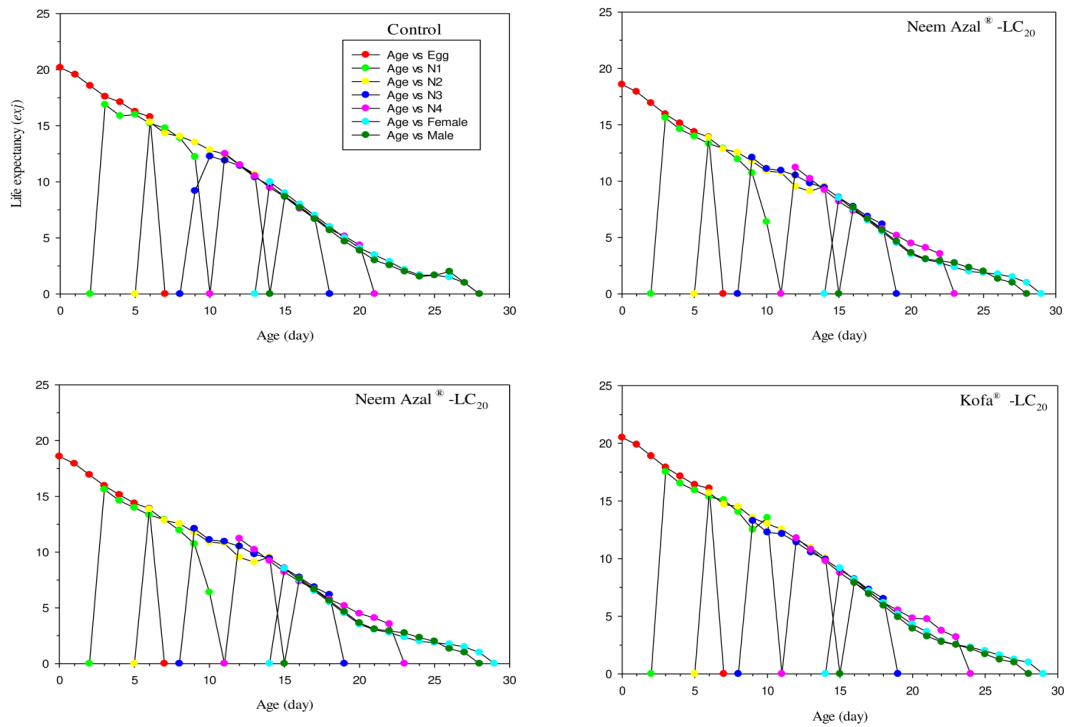
شکل ۱- منحنی نرخ بقاء ویژه سن- مرحله رشدی (s_{xy}) سفیدبالک گلخانه تیمار شده با LC₂₀ نیم آزال[®]، نیم بسیدین[®] و کوفاف[®] در مقایسه با شاهد

Fig. 1. Age-stage-specific survival rate curve (s_{xy}) of *Trialeurodes vaporarum* treated with LC₂₀ of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] in comparison to the control



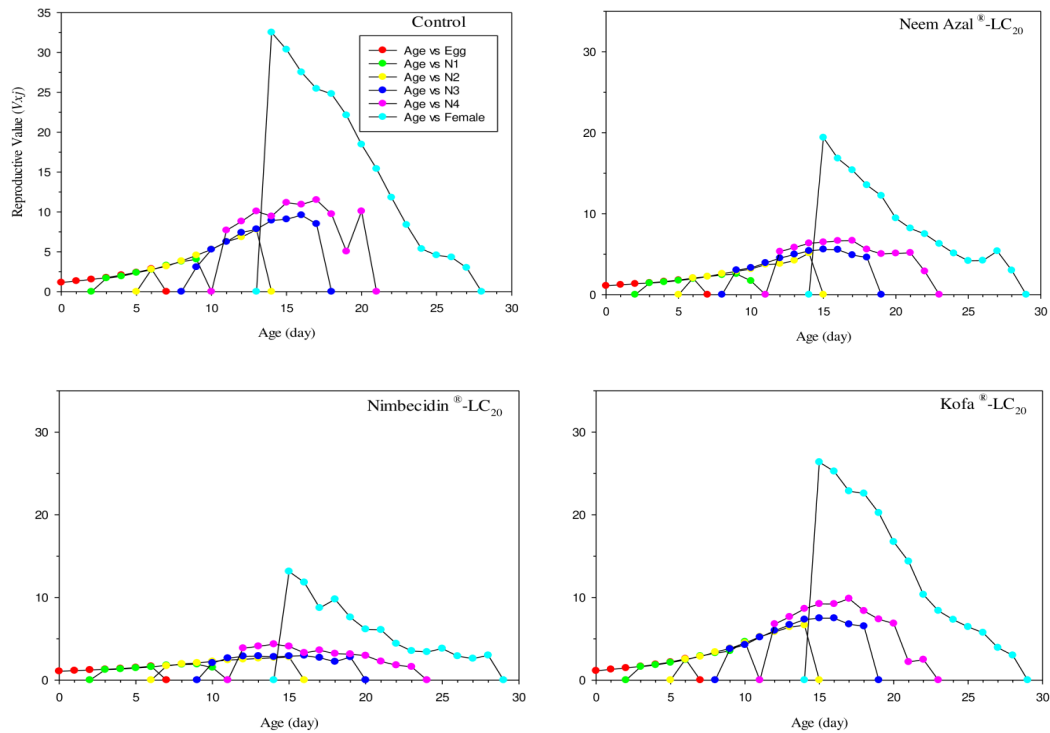
شکل ۲- منحنی نرخ بقاء ویژه سن (lx)، باروری ویژه سنی (mx) و باروری ویژه سن- مرحله رشدی (s_{xy}) سفیدبالک گلخانه تیمار شده با LC₂₀ نیم آزال[®]، نیم بسیدین[®] و کوفاف[®] در مقایسه با شاهد

Fig. 2. Curve of age-specific survival rate (l_x), age-specific fertility (m_x) and age-stage-specific fertility (s_{xy}) of *Trialeurodes vaporarum* treated with LC₂₀ of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] in comparison to the control treatment



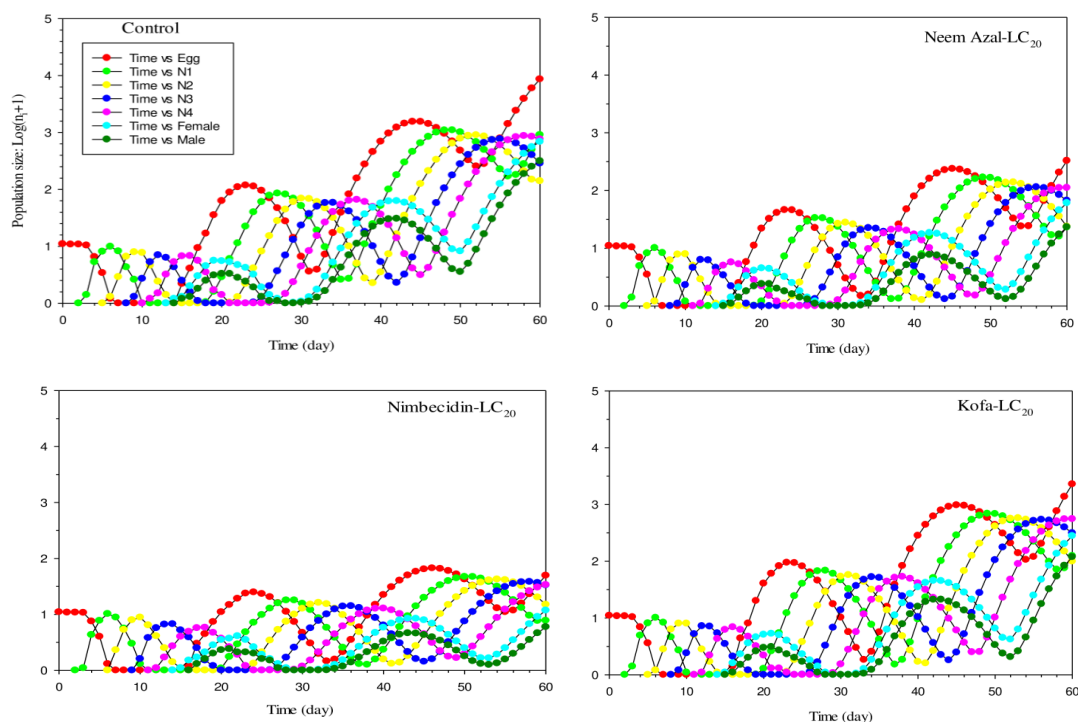
شکل ۳- منحنی امید به زندگی ویژه سن- مرحله رشدی (e_{xj}) سفیدبالک گلخانه تیمار شده با LC_{20} نیم‌آزال[®]، نیم‌بسیدین[®] و کوفاف[®] در مقایسه با شاهد

Fig. 3. Life expectancy curve specific to age-growth stage (e_{xj}) of *Trialeurodes vaporariorum* treated with the LC_{20} of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] in comparison to the control



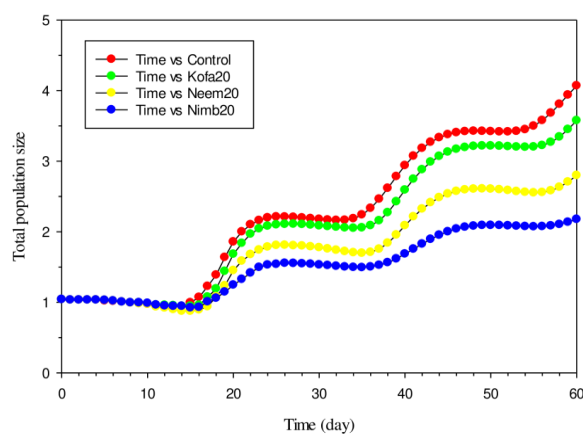
شکل ۴- منحنی ارزش تولید مثلی ویژه سن- مرحله رشدی (v_{xj}) سفیدبالک گلخانه تیمار شده با LC_{20} نیم‌آزال[®]، نیم‌بسیدین[®] و کوفاف[®] در مقایسه با شاهد

Fig. 4. Age-stage-specific reproduction value curve (v_{xj}) of *Trialeurodes vaporariorum* treated with the LC_{20} of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] in comparison to the control



شکل ۵- منحنی روند رشد جمعیت مراحل رشدی سفیدبالک گلخانه‌تیمار شده با LC_{20} نیم‌آزال[®]، نیم‌بسدین[®] و کوفای[®] در مقایسه با شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 5. Growth trend curve of the population of different growth stages of *Trialeurodes vaporarum* treated with the LC_{20} of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] in comparison to the control during 60 days



شکل ۶- منحنی روند رشد جمعیت کل سفیدبالک گلخانه‌تیمار شده با LC_{20} نیم‌آزال[®]، نیم‌بسدین[®] و کوفای[®] در مقایسه با تیمار در طول ۶۰ روز

Fig. 6. The growth trend curve of *Trialeurodes vaporarum* population treated with the LC_{20} of Nimbecidine[®], NeemAzal[®] and Kofa[®] in comparison to the control during 60 days

بمٹ و تلیہ گیری

ترکیبات بی‌خطر برای محیط زیست از قبیل ترکیبات گیاهی با خاصیت کنترل رفتار آفات، ایجاد اختلال در رفتار تولید مثلی، بازدارندگی تغذیه، اختلال در پوست اندازی و تاثیر در فیزیولوژی چشم اندازی نوینی را در امر مبارزه تلفیقی با آفات پدید آورده‌اند (Wheathersbee & Tang, 2002; Koul et al., 1997; Koul, 1999). در مطالعه سمیت نیم‌بسدین[®] و نیم‌آزال[®] بر آفت *Earias vittella* (Fab) نتایج نشان داد که این آفت نسبت به نیم‌بسدین[®] حساس‌تر از نیم‌آزال[®] می‌باشد (Bhardwaj & Ansari, 2015). در پژوهش حاضر نیز فرمولاسیون نیم‌بسدین[®] در مقایسه با نیم‌آزال[®] اثر کشندگی بیشتری روی پوره‌های سفیدبالک نشان داد. بررسی اثر فرمولاسیون‌های چربش شامل $NG4^{\text{®}}$ ، نیم‌بسدین[®]، راشکاک[®] و نیم‌آزال[®] روی لاروهای *Diuraphis* *armigera* (Olivier) و *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) نشان داد که فرمولاسیون‌های راشکاک[®]، $NG4^{\text{®}}$ و نیم‌آزال[®] بر اساس شاخص کاهش آسیب به برگ، بازدارندگی تغذیه‌ای قابل توجهی نسبت به دیگر فرمولاسیون‌ها دارند (Lingaiah et al., 1999). ولی در بررسی حاضر، فرمولاسیون نیم‌آزال[®] از لحاظ کشندگی بعد از نیم‌بسدین[®] قرار گرفت. براساس بررسی تاثیر نانو فرمولاسیون روغن چربش روی پوره‌های سن یک و تخم *Bemisia tabaci* Gennadii در

شرایط آزمایشگاهی و پوره سن سوم در شرایط گلخانه‌ای در مقایسه با روغن چربش تجاری نشان داد که نانوفرمولاسیون روغن چربش اثری بر تفریح تخم‌های سفیدبالک ندارد و تیمار نانو فرمولاسیون مزبور جمعیت پوره سن یک را بیشتر کاهش داد (Carvalho *et al.*, 2012). بررسی حاضر نشان داد که هر سه فرمولاسیون آفت‌کش گیاهی چربش قابلیت به کارگیری در مدیریت تلفیقی این آفت را دارند و روی آفات مختلف سمیت متفاوتی نشان می‌دهند. نیم-بسیدین® کشندگی بیشتری در مقایسه با نیم‌آزال® و کوفاف® روی مراحل زیستی سفیدبالک گلخانه‌ای نشان داد. در این پژوهش، اثرات زیرکشندگی سه فرمولاسیون آزادیراختین با استفاده از روش جدول زندگی دو جنسی مورد مطالعه قرار گرفت. در روش دوجنسی که به سنی- مرحله‌ای نیز معروف هست، علاوه بر حشرات ماده، نقش حشرات جنس نر و مراحل رشدی نابالغ نیز در روند تغییرات جمعیتی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Chi *et al.*, 2020). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سه فرمولاسیون آزادیراختین مورد استفاده به ویژه نیم‌بسیدین باعث تأخیر در رشد و نمو مراحل نابالغ و کاهش طول عمر حشرات کامل و طول عمر کل در شاهد شده و بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. تأخیر در طول عمر نتایج سفیدبالک گلخانه یکی از اثرات تجمعی غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها است که می‌تواند زمینه را برای در معرض قرارگیری آن‌ها در برابر دشمنان طبیعی فراهم کند و در تقویت تاثیر کنترل بیولوژیک علیه آفات مفید باشد. استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها به ویژه فرمولاسیون نیم‌بسیدین، باعث کاهش باروری حشرات کامل نیز شده است. لذا از آفت‌کش مزبور می‌توان در قالب برنامه‌های مدیریتی استفاده کرد (Mahmoudi *et al.*, 2020). سمیت و اثرات زیر کشنده آزادیراختین و متوکسی فنوزید روی لاروهای سن ۲ کرم برگ پنبه *Spodoptera littoralis* Boisduval مورد بررسی قرار گرفت. لاروهای سن ۲ تیمار شده با LC₁₀ و LC₂₅ آزادیراختین و متوکسی فنوزید به‌طور معنی‌داری درصد رشد حشرات کامل را کاهش دادند. باروری در تمام تیمارهای حشره‌کش نسبت به شاهد به شدت کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت‌های زیر کشنده آزادیراختین و متوکسی فنوزید ممکن است رشد جمعیت *S. littoralis* را با تأثیر بر رشد و تولید مثل آن کاهش دهد (Abou-Taleb, 2016). در میان پارامترهای رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش (r) پارامتر اساسی و مهمی است که بقا، باروری، طول عمر و سرعت رشد آفت را منعکس می‌کند (Alipour & Mehrkhou, 2018). یافته‌های این پژوهش نشان داد که کمترین باروری و میزان بقا در جمعیت‌های تیمار شده با نیم‌بسیدین® منجر به کمترین فراسنجه‌های رشد جمعیت مانند نرخ ذاتی افزایش (r)، جمعیت نرخ خالص باروری (R_0) نرخ ناخالص باروری (GRR) می‌شود. غلظت زیر کشنده LC₃₀ حشره‌کش کالیپسو روی حشره *Trialeurodes vaporarum* پرورش یافته روی گیاه لوبیا *Phaseolus vulgaris* نشان داد که تأخیر در طول عمر، کاهش میزان بقا و نرخ باروری از اثر غلظت زیرکشندگی بر رشد جمعیت سفیدبالک محسوب می‌شوند (Safavi & Bakhshaei, 2017). در بررسی اثر زیرکشندگی فرمولاسیون NeemAzal-T/S روی پوره‌های شته *Macrosiphum rosae* L. نتایج نشان داد پوست اندازی در لاروها تأخیر قابل توجهی یافتند علاوه بر این، تولید مثل ماده‌های بالغ زمانی که شته‌ها در سن اول در معرض غلظت‌های زیر کشنده نیم‌آزال قرار می‌گیرند کاهش می‌یابد. در نتیجه رشد جمعیت این شته در گیاه رز تحت تیمار NeemAzal-T/S مهار یا به تعویق می‌افتد (Bartelsmeier *et al.*, 2023). در بررسی تأثیر ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی گرم در لیتر نیم‌آزال® EC ۱درصد آزادیراختین را روی بقای لاروهای سن ششم *Helicoverpa armigera* (Hübner) ارزیابی شد. نرخ خالص تولید مثل (R_0) با افزایش غلظت نیم‌آزال® به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. نرخ ذاتی (r) و محدود افزایش (λ) به‌طور قابل توجهی در ۲۰ میلی گرم در لیتر نسبت به جمعیت بدون مواجهه کمتر شد و رشد مراحل نابالغ افزایش یافت (Ahmad *et al.*, 2013). به‌طور مشابه در مطالعه حاضر مقدار (λ) فرمولاسیون نیم‌بسیدین® و کوفاف® کاهش یافت. استفاده موثر از ترکیب گیاهی آزادیراختین به عنوان یک حشره‌کش زیستی و غیر شیمیایی می‌تواند به عنوان یک جایگزین در کنترل این آفت مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، با توجه به خاصیت تجزیه پذیری و غیر سمی بر دشمنان طبیعی در قالب برنامه مدیریت تلفیقی می‌تواند مفید واقع گردد.

سپاسگزاری

نگارندگان از جناب دکتر عباس حسین زاده و سرکار خانم دکتر الهام رضایی به خاطر همکاری جهت انجام این تحقیق تشکر می‌نمایند.

حمایت مادی و معنوی

این پژوهش با حمایت مادی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد انجام گردیده است.

REFERENCES

- Abbott, W.S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18, 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Abou-Taleb, H.K. (2016) Effects of azadirachtin and methoxyfenozide on some biological and biochemical parameters of cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Scientific Journal of Pesticides* 2(1), 17-26.
- Ahmad, S., Ansari, M. S. & Moraiet, M. A. (2013) Demographic changes in *Helicoverpa armigera* after exposure to neemazal (1% EC azadirachtin). *Crop Protection* 50, 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.03.012>
- Alipour, V. & Mehrkhou, F. (2018) Effects of different potato cultivars on life history and demographic parameters of *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *International Journal of Pest Management* 64 (4), 365-371. <https://doi.org/10.1080/09670874.2018.1445881>
- Amaral, K. D., Gandra, L. C., de Oliveira, M. A., de Souza D. J. & Della Lucia, T. M. C. (2019) Effect of azadirachtin on mortality and immune response of leaf-cutting ants. *Ecotoxicology* 28 (10), 1190-1197. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02124-z>.

- Aylin, ER. (2022) Mortality, developmental biology and cellular immunity in *Achroia grisella* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) larvae exposed to azadirachtin. *Turkish Journal of Entomology* 46 (4), 441-452. <https://doi.org/10.16970/entoted.1123238>.
- Barnby, M. A., Yamasaki, R. B. & Klocke, J. A. (1989) Biological activity of azadirachtin, three derivatives, and their ultraviolet radiation degradation products against tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Economic Entomology* 82(1), 58-63. <https://doi.org/10.1093/jee/82.1.58>.
- Bartelsmeier, I., Kilian, Michael. & Dicke, M. (2023) Effects of NeemAzal-T/S on different developmental stages of rose aphid, *Macrosiphum rosae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 170 (3): 245-259. <https://doi.org/10.1111/eea.13141>.
- Bernardes, R. C., Tomé, H. V. V., Barbosa, W. F., Guedes R. N. C. & Lima, M. A. P. (2017) Azadirachtin-induced antifeeding in neotropical stingless bees. *Apidologie* 48 (3), 275-285. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0473-3>
- Bezzar-Bendjazia, R., Kilani-Morakchi, S., Ferdenache M. & Aribi, N. (2017) Azadirachtin induces larval avoidance and antifeeding by disruption of food intake and digestive enzymes in *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 143 (1), 135-140. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.08.006>.
- Bhardwaj, A. K. & Ansari, B. A. (2015) Effect of Nimbecidine and Neemazal on the developmental programming of cotton pest, *Earias vittella*. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 3(1), 38-42.
- Bi, J. L. & Toscano, N. C. (2007) Current status of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, susceptibility to neonicotinoid and conventional insecticides on strawberries in southern California. *Pest Management Science* 63(8): 747-752. <https://doi.org/10.1002/ps.1405>.
- Carvalho, S. S., Vendramim J. D., Pitta R. M. & Forim M. R. (2012) Efficiency of neem oil nanoformulations to *Bemisia tabaci* (GENN.) Biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Semina: Ciências Agrárias* 33(1), 193 - 201. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p193>.
- Chaudhary, S., Kanwar, R. K., Sehgal, A., Cahill, D. M., Barrow, C. J., Sehgal R. & Kanwar, J. R. (2017) Progress on Azadirachta indica based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. *Frontiers in Plant Science* 8 (1), 623-610. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00610>.
- Chi, H. & Liu, H. (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of 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. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>.
- Chi, H. (2020) TWSEX-MSChart: a computer program for age stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan; available from <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar>.
- Dehghani, M. & Ahmadi, K. (2013) Influence of some plant extracts and commercial insecticides on the eggs of *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hom.: Aleyrodidae). *Journal of Phytopathology and Plant Protection* 46 (10), 1127-1135. <https://doi.org/10.1080/03235408.2012.760261>.
- Duhan, J. S., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K. & Duhan, S. (2017) Nanotechnology: the new perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports* 15, 11-23. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.03.002>.
- Fahim, M., Safaralizadeh, M. H. & Safavi, S. A. (2012) Evaluation of the sensitivity of the egg, nymph and adult greenhouse whitefly against of essential oils of mint and cumin in laboratory conditions. *Journal of Agricultural Acknowledge and Sustainable Production* 22(3), 27-35.
- Glare, T. R. & Moran-Diez, M. E. (2016) *Microbial-Based Biopesticides-Methods and Protocols*. Springer Protocols. Humana Press, New York, NY. 224 pp. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6367-6>.
- Horowitz, A. R., Kontsedalov, S. & Ishaaya, I. (2004) Dynamics of resistance to the neonicotinoids actamiprid and thiamethoxam in *Bemisia tabaci*. *Insecticides Resistance and Resistance Management* 97(6), 2051-2056. <https://doi.org/10.1093/jee/97.6.2051>.
- Isman, M. B. (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology* 51, 45-66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>.
- Johnson, S., Dureja, P. & Dhingra, S. (2003) Photostabilizers for Azadirachtin-A (a neem-based pesticide). *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 38(4), 451-462. <https://doi.org/10.1081/PFC-120021665>.
- Karanja, J., Poehling, H. M. & Pallmann, P. (2015) Efficacy and dose response of soil-applied neem formulations in substrates with different amounts of organic matter, in the control of whiteflies, *Aleyrodes proletella* and *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 108(3), 1182-1190. <https://doi.org/10.1093/jee/tov047>.
- Koul, O. (1999) Insect growth regulating and antifeedant effects of neem extracts and azadirachtin on two aphid species of ornamentals plants. *Journal of Bioscience* 24(1), 85-90. <https://doi.org/10.1007/BF02941111>.
- Koul, O., Shankar, J.S. & Mehta, N. (1997) Antifeedant activity of neem seed extracts and azadirachtin to cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.). *Indian Journal of Experimental Biology* 35, 994-997.
- Lingaiyah, T., Krishnaiah, N. V., Kumar, K. M., Katti, G., Krishnaiah, K. & Pasalu, I. C. (1999) Antifeedant effect of neem formulations against rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* and *Hispa*, *Dicladispa armigera*. *Pesticide Research Journal* 11(1), 93-96.
- Mahmoudi, T., Abdolmohammadi, K., Bashiri, H., Mohammadi, M., Rezaie, M.J., Fathi, F. & Tayebi, L. (2020) Hydrogen peroxide preconditioning promotes protective effects of umbilical cord vein mesenchymal stem cells in experimental pulmonary fibrosis. *Advanced Pharmaceutical Bulletin* 10(1), 72-82. <https://doi.org/10.15171/apb.2020.009>.

- Maia, A. D. H., Luiz, A. J. & Campanhola, C. (2000) Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93(2), 511-518. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.511>
- Menke, S. & Gerhard, D. (2010) Detection of a related difference in efficacy of azadirachtin treatments for the control of whiteflies on *Gerbera jamesonii* by testing for interactions in generalized linear models. *Pest Management Science* 66(4), 358-364. <https://doi.org/10.1002/ps.1881>.
- Nasruddin, A., Jumardi, J. & Melina, M. (2021) Population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) and its populations on different planting dates and host plant species. *Annals of Agricultural Sciences* 66, 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2021.08.001>.
- Robertson, J. L., Russel, R. M., Preisler, H. K. & Savin, N. E. (2007) *Bioassays with Arthropods*. CRC Press. 2nd ed. New York, 224.
- Safavi, S. A. & Bakhshaei, M. (2017). Biological parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) exposed to lethal and sublethal concentrations of Calypso®. *Journal of Crop Protection* 6(3), 341-351. <https://doi.org/10.1001.1.22519041.2017.6.3.9.9>.
- Shu, B., Zhang, J., Cui, G., Sun, R., Yi, X. & Zhong, G. (2018). Azadirachtin affects the growth of *Spodoptera litura* Fabricius by inducing apoptosis in larval midgut. *Frontiers in Physiology*, 9: 137. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00137>.
- Southwood, R. & Henderson. P.A. (2000) *Ecological Methods*. 3rd edition. Blackwell Science. 592 pp.
- Taghizadeh, R., Fathipour, Y. & Kamali, K. (2008) Influence of temperature on life table parameters of *Stethorus gilvifrons* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology* 132 (8), 638-645. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01276.x>.
- Wheathersbee, A. A. & Tang, Y.Q. (2002) Effect of neem seed extract on feeding, growth, survival and reproduction of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology* 95, 661-667. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.4.661>.
- Zapata, N., Vargas, M., Latorre, E., Roudergue, X. & Ceballos, R. (2016) The essential oil of *Laurelia sempervirens* is toxic to *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa*. *Industrial Crops and Industrial Crops and Products* 84: 418-422. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.030>.
- Zhao, T., Lai, D., Zhou, Y., Xu, H., Zhang, Z., Kuang, S. & Shao, X. (2019) Azadirachtin A inhibits the growth and development of *Bactrocera dorsalis* larvae by releasing cathepsin in the midgut. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 183 (1), 109512. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109512>.

The effect of sublethal concentration of three commercial formulations of neem including Kofa, NeemAzal and Nimbecidine on the life table parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hem., Aleyrodidae)

Samaneh Nikakhtar¹, Shahram Aramideh¹ , Shahram Mirfakhraie¹  & Maryam Frouzan² 

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

✉ samanehnikachtar1375@yahoo.com

✉ sh.aramideh@urmia.ac.ir

✉ sh_mirfakhraie@yahoo.com

2. Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, AREEO, Urmia, Iran

✉ maryam_fourouzan@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4220-6165>

 <https://orcid.org/0000-0002-8148-4136>

 <https://orcid.org/0000-0002-5440-3329>

Article History

Received: 24 December 2022 | Accepted: 4 February 2023 | Subject Editor: Masoumeh Ziace

Abstract

Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood is one of the most important pests of vegetables, crops, and ornamental plants. In order to control this pest, it is necessary to find alternative solutions in order to reduce the adverse effects caused by the excessive use of chemical pesticides. Therefore, this research investigated the sub-lethal effect (LC₂₀) of three formulations of Azadirachtin, including Nimbecidine[®], NeemAzal T/S[®] and Kofa[®] investigated on the greenhouse condition. Experiments were carried out in the greenhouse with light conditions of 16:8 hours (light: dark), temperature 27±2 °C, and 65±5% RH. The results showed that Nimbecidine[®] formulation with LC₅₀ was equal to 0.261 a.i. mg/L was the most toxic formulation on the third instar nymph of this pest. In investigating the sub-lethal effects of all three formulations, they affected the duration of immature stages, survival, longevity, and fecundity of the whitefly. The lowest net rate of reproduction (R₀) (3.68 offspring), the intrinsic rate of population increase (r) (0.06 1/day), and the finite rate of population increase (λ) (1.06 1/day) were related to the Nimbecidine[®] formula. However, the average duration of one generation (T) was not affected by the sublethal concentration of the three formulations. The findings of the present research indicated the adverse effects of the sub-lethal concentration (LC₂₀) of all three neem formulations on the biological parameters and population growth of this pest. Accordingly, it is possible to use the sublethal concentration of the Nimbecidine[®] formula in the integrated management of this pest.

Keywords: Pest management, Greenhouse whitefly, Azadirachtin, Sub-lethal effects, Population growth parameters

Corresponding Author: Shahram Aramideh (E-mail: sh.aramideh@urmia.ac.ir)

Citation: Nikakhtar, S., Aramideh, S. H., Mirfakhraie, S. H. & Frouzan, M. (2023) The effect of sublethal concentration of three commercial formulations of neem including Kofa, NeemAzal and Nimbecidine on the life table parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hem., Aleyrodidae). *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (4), 313–323. <https://doi.org/10.52547/jesi.42.4.6>