گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)

جلد ٤٦، شماره ١، بهار ١٤٠٢

10.22055/ppr.2023.42995.1681

اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش ترکیبی امامکتین بنزوات + استامی‌پرید روی فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز *Aphis gossypii* (Hem: Aphididae)

هانیه رجبی[1*]، سیدعلی صفوی [2] و مریم فروزان[3]

۱- **نویسنده مسوول:** کارشناسی ارشد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (honeyrajabi20@gmail.com)

۲- استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴

چکیده

شته جالیز *Aphis gossypii* Glover یک آفت پلی‌فاژ است که طیف بسیار وسیعی از گیاهان میزبان در سراسر جهان را آلوده می‌کند. رایج‌ترین روش کنترل شته‌ها با وجود اثرات سوء که بر جای می‌گذارد، استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی است. پتانسیل بالای این آفت در مقاومت به ترکیبات شیمیایی، مستلزم بررسی و به‌کارگیری حشره‌کش‌های جدیدتر با نحوه اثر متفاوت است. بنابراین در این پژوهش، اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش ترکیبی و جدید امامکتین بنزوات ٪ ٤/٨ + استامی‌پرید ٪٦/٤ که دارای عملکرد تماسی و گوارشی است، روی فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شته جالیز در شرایط گلخانه‌ای، با استفاده از روش پاشش حشره‌کش روی برگ‌های حاوی شته مورد بررسی قرار گرفت. جمعیت شته روی گیاه لوبیا چیتی واریته خمین در دمای ۱±۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد و دوره نوری با ١٦ ساعت روشنایی و ٨ ساعت تاریکی پرورش یافت. مقدار LC_{50} امامکتین بنزوات + استامی‌پرید برای افراد بالغ شته جالیز ٢٤ ساعت بعد از تیمار، ٢٣/٨٤ پی‌پی‌ام (٢/٦٧ میکرولیتر بر لیتر ماده موثره) به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که، میانگین طول عمر شته‌های بالغ در تیمارهای LC_{20} و LC_{30} با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. باروری و طول دوره پوره‌زایی در غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همه فراسنجه‌های جدول زیستی شته جالیز تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده در مقایسه با شاهد، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر حشره‌کش قرار گرفتند. حداکثر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در شاهد، برابر با ۰/۳۹ بر روز بود. نرخ خالص تولیدمثل (R_0) از ۳۷/۲۸ پوره به ازای هر ماده در هر نسل در شاهد به ٦/٩٠ در LC_{30} کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار مدت زمان یک نسل (T) به ترتیب در LC_{30} (١١/٢٨ روز) و شاهد (٩/١١ روز) برآورد شد. یافته‌های مطالعه حاضر گویای این است که، با توجه به ضرورت استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی برای مدیریت شته‌ها و تأثیر قابل ملاحظه این آفت‌کش روی شته جالیز، حشره‌کش امامکتین بنزوات + استامی‌پرید می‌تواند در کنترل و کاهش جمعیت شته جالیز مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، توجه به اثرات کشندگی و زیرکشندگی این حشره‌کش در ارزیابی اثرات کلی آن بر دشمنان طبیعی آفت امری ضروری است.

کلید واژه‌ها: شته سبز پنبه، کنترل شیمیایی، فراسنجه‌های رشد جمعیت، لوبیا چیتی

دبیر تخصصی: دکتر آرش راسخ

Citation: Rajabi, H., Safavi, S. A. & Forouzan, M. (2023). The lethal and sub lethal effects of the combined insecticide Emamectin benzoate + Acetamiprid on the life table parameters of *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 46*(1), 105-118. https://doi.org/ 10.22055/ppr.2023.42995.1681

مقدمه

آفات مکنده از جمله شته‌ها، خسارت‌های مستقیم و غیرمستقیم زیادی را به محصولات کشاورزی نظیر خیار، کدو، گوجه‌فرنگی و سایر محصولات سبزی و صیفی وارد می‌کنند (Blackman & Eastop, 2000). شته جالیز *Aphis gossypi* Glover (Hemiptera: Aphididae) یکی از آفات مخرب محصولات گلخانه‌ای و با دامنه میزبانی وسیع در سراسر جهان است که به‌طور گسترده در مناطق گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و معتدل، پراکنده شده است (Ebert & Cartwright, 1997). شته جالیز با تغذیه از شیره‌گیاهی، سبب ضعف، کاهش رشد و عملکرد گیاه میزبان می‌شود. هم‌چنین پتانسیل بالای جمعیت این آفت، در مقاومت به حشره‌کش‌ها، انتقال حدود ۷۶ بیماری ویروسی از گیاهان آلوده به گیاهان سالم و ترشح عسلک، شته جالیز را به یک آفت مهم و خسارت‌زا مبدل ساخته است (Kim, 2007; Pinto *et al*., 2008). این آفت به مزارع و گلخانه‌ها هجوم برده، و تراکم بالایی از جمعیت را روی گیاهان میزبان ایجاد می‌کند. بر اساس مطالعات Wool *et al*. (1995)، میزان بقا و تولیدمثل شته جالیز روی گیاه خانواده فاباسه ۳۷/۴ درصد بود. یک روش مهم و اساسی برای کنترل این آفت، استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی است. از سوی دیگر، کاربرد غیراصولی حشره‌کش‌ها، باعث بروز مقاومت آفات به این ترکیبات و آسیب به دشمنان طبیعی شده و سلامت انسان و محیط‌زیست را به خطر می‌اندازد (Cooper & Niglli, 2002). از این رو، در سال‌های اخیر تلاش زیادی در جهت بررسی اثرات غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی آفات و تاثیرات آن‌ها روی رفتار و فیزیولوژی حشرات انجام گرفته است. در این پژوهش، از حشره‌کش ترکیبی و جدید امامکتین بنزوات + استامی‌پرید برای بررسی اثرات آن روی شته جالیز استفاده شد. در مطالعات Shafaghi *et al*. (2022)، حشره‌کش امامکتین بنزوات ٪۴/۸ + استامی‌پرید ٪۶/۴ با غلظت دو در هزار، کارایی ۱۰۰ درصدی در روز سوم پس از سم‌پاشی روی خیار گلخانه‌ای در آذربایجان غربی را نشان داد.

امامکتین بنزوات حشره‌کشی تماسی-گوارشی، از گروه آورمکتین‌ها[1] است و از تخمیر یک نوع اکتینومیست[2] خاکزی به‌دست می‌آید که سیستم عصبی حشرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این ترکیب سازگار با محیط‌زیست بوده و نسبت به حشره‌کش‌های قدیمی سمیت کمتری روی پستانداران و عوامل کنترل بیولوژیک[3] دارند (Burg *et al*., 1979; Jansson *et al*., 1997). استامی‌پرید نیز یک شته‌کش تماسی و گوارشی از گروه نئونیکوتینوئیدها[4] است که از نیکوتین مشتق شده و به‌دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی خاص خود، کاربرد زیادی در کشاورزی دارد. این ترکیب عملکرد گیرنده‌های استیل کولین استراز[5] در حشرات را مختل کرده و باعث تلفات آن‌ها می‌شود (Millar and Denholm, 2007; Wallace, 2014). غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌ها، می‌تواند منجر به طیف وسیعی از اثرات بر پویایی جمعیت شود. این اثرات ممکن است به‌صورت کاهش یا افزایش طول دوره مراحل مختلف رشد، کاهش باروری و تغییر در رفتار تخم‌ریزی، رفتار تغذیه و سرعت رشد حشرات ظاهر شود (Haynes, 1988). در پژوهش صورت گرفته توسط Ullah *et al*. (2021)، سویه Ace-R استامی‌پرید طول‌عمر، باروری و فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز را در مقایسه با سویه Ace-S استامی‌پرید، به‌طور معنی‌داری کاهش داد. مطالعات Gerami *et al*. (2007) نشان داد که حشره‌کش ایمیداکلوپراید طول‌عمر و باروری حشرات کامل شته جالیز را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش داد. هم‌چنین، نرخ ذاتی افزایش جمعیت در معرض ایمیداکلوپراید، به میزان ۸۱ درصد کاهش پیدا کرد. بررسی اثرات زیرکشنده آفت‌کش‌ها بر رفتار و ویژگی‌های زیستی آفات، در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات اهمیت زیادی دارد، زیرا غلظت‌های زیرکشنده باعث مرگ حشرات نمی‌شود، ولی با ایجاد اثرات

1- Avermectins
2- Actinomiset
3- Biological control
4- Neonicotinoids
5- Acetylcholinesterase

طولانی مدت روی آن‌ها، ممکن است نسل‌های بعدی آفات روی محصولات را کاهش دهد (Franca *et al*., 2017). سم‌شناسی دموگرافیک، علاوه بر اثرات کشنده، اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها بر نرخ رشد جمعیت آفات را نیز بررسی می‌کند. بنابراین، با استفاده از این روش، تخمین واقعی‌تری از تأثیر حشره‌کش‌ها روی آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها به‌دست می‌آید (Stark & Wennergren, 1995). بنابراین، در این پژوهش، تأثیر غلظت‌های کشنده و زیرکشنده حشره‌کش جدید امامکتین بنزوات + استامی‌پرید روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی جمعیت آفت چندخوار شته جالیز روی لوبیا چیتی در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت تا ضمن بررسی کارایی این حشره‌کش در تلفات جمعیت شته جالیز، ارزیابی دقیقی از تاثیر غلظت‌های پایین آن روی زنده‌مانی و تولیدمثل و سایر خصوصیات زیستی آن صورت گیرد تا بتوان کاربرد بهتر و دقیق‌تری از این حشره‌کش در برنامه‌های مدیریت تلفیقی شته جالیز ارائه داد.

مواد و روش‌ها

پرورش شته جالیز

بذرهای گیاه لوبیا چیتی *Phaseolus vulgaris* var. Khomein در شرایط گلخانه‌ای (دمای ۱±۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد و دوره نوری با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی)، در داخل گلدان‌های پلاستیکی (۱۰ × ۱۰ سانتی‌متر) و در خاک استریل کاشته شده و پرورش داده شد. جمعیت اولیه شته جالیز *A. gossypii* از مزارع کدو و خیار در اطراف شهر ارومیه جمع‌آوری شد و پس از شناسایی، روی گیاهان لوبیا چیتی رهاسازی و تکثیر شد. از حشرات بالغ بدون بال و برگ‌های لوبیا چیتی، برای انجام زیست‌سنجی و جدول زندگی شته جالیز استفاده شد.

حشره‌کش مورد استفاده

حشره‌کش ترکیبی امامکتین بنزوات ٪۴/۸ + استامی‌پرید ٪۶/۴ EC، محصول شرکت آریسان به‌شیمی، به نسبت ۰/۵ در هزار استفاده شد.

زیست‌سنجی

به‌منظور تخمین مقادیر غلظت‌های کشنده و زیرکشنده حشره‌کش روی شته جالیز، از روش پاشش حشره‌کش روی برگ‌های حاوی شته‌های بالغ یک‌روزه استفاده شد (Chen, 1990). با انجام چهار نوبت آزمایش مقدماتی در نهایت بالاترین و پایین‌ترین غلظت که در مدت ۲۴ ساعت به‌ترتیب باعث ۹۰ و ۱۰ درصد تلفات در جمعیت شته‌های بالغ شود، انتخاب شد. سپس، سه غلظت‌های حد واسط نیز محاسبه شدند. از پنج غلظت ۱۰/۸، ۲۸/۲، ۷۳/۵، ۱۹۱/۷ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام، به همراه شاهد (آب مقطر و روغن سیتوویت ۰/۵ در هزار)، در آزمایش اصلی استفاده شد. برای جلوگیری از آب‌گریزی برگ‌ها و قرارگیری مناسب آفت‌کش روی گیاه، در محلول‌های حشره‌کش نیز از روغن سیتوویت استفاده شد (Taheri sarhozaki & Safavi, 2014). تعداد ۱۰ عدد شته بالغ هم‌سن، روی صفحه‌های برگی لوبیا چیتی رقم خمین رهاسازی شده، و با غلظت‌های مختلف حشره‌کش، با استفاده از سمپاش دستی (RH-6002) Ronix® از فاصله حدود ۱۵-۲۰ سانتی‌متری (به‌طور متوسط ۰/۵ سی‌سی در هر سانتی‌متر مربع) اسپری شدند و از سطح پشتی در کف ظروف پتری دیش‌های پلاستیکی (به قطر ۸ سانتی‌متر) قرار داده شدند.برای تهویه ظروف پتری، روی درپوش آن‌ها منفذ ایجاد شده و با توری ارگانزا پوشانده شد. شادابی و رطوبت برگ‌ها از طریق پنبه آغشته به آب که دور دمبرگ پیچانده شده بود، تأمین شد. به‌منظور جلوگیری از تلفات شته‌ها، پنبه‌های آغشته به آب با فویل آلومینیومی پوشانده شدند. ظروف پتری در دمای ۱±۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد و دوره نوری با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در شرایط گلخانه‌ای نگهداری شدند. تمام غلظت‌ها سه بار تکرار شد و پس از گذشت ۲۴ ساعت، تلفات شته‌ها ثبت شد. شته‌هایی که با لمس قلم‌موی ظریف واکنشی نشان ندادند، مرده در نظر گرفته شد.

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌ها روی ویژگی‌های زیستی و جدول زندگی شته جالیز

این آزمایش‌ها، با سه تیمار غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش شامل LC_{10} (۱/۷۶ پی‌پی‌ام)، LC_{20} (۴/۳۱ پی‌پی‌ام)، LC_{30} (۸/۲۲ پی‌پی‌ام) و شاهد روی شته جالیز و در شرایط مشابه با شرایط فوق انجام شد. برای هم‌سن‌سازی شته‌ها، تعداد ۵۰-۴۰ عدد شته بالغ بی‌بال روی تعدادی از بوته‌های لوبیا برای پوره‌زایی رهاسازی و در گلخانه نگهداری شدند. برای جلوگیری از نفوذ پارازیتوئیدها، گلدان‌ها داخل چارچوب‌های توری قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت، حشرات بالغ از بوته‌ها حذف شدند و پوره‌های یک‌روزه با سن یکسان به‌دست آمد. سپس، این پوره‌ها پس از تبدیل شدن به شته‌های بالغ یک‌روزه، در آزمایش‌ها استفاده شدند. ابتدا، صفحه‌های برگی به قطر ۸-۶ سانتی‌متر و محتوی شته، با غلظت‌های زیرکشنده حشرکش اسپری شدند و از سطح پشتی در کف ظروف پتری (به قطر ۸ سانتی‌متر) قرار داده شدند. در شاهد از آب مقطر و سیتوویت ۰/۵ در هزار استفاده شد. به‌مدت ۲۴ ساعت به شته‌های بالغ فرصت داده شد که پوره‌زایی کنند. سپس، شته بالغ و همه پوره‌ها به‌جز یک پوره از هر ظرف پتری حذف شدند. پوره در معرض برگ سمپاشی شده به رشد خود ادامه داد. برای هر یک از تیمارها و شاهد ۱۰۰ تکرار در نظر گرفته شد. روند تغییرات و رشد و نمو شته‌ها به‌صورت روزانه ثبت شد. پس از ظهور شته‌های بالغ، تعداد پوره‌های تولید شده در هر روز ثبت، و از ظروف پتری حذف شدند. این روند تا زمان مرگ همه شته‌ها ادامه یافت. هر ۴ الی ۵ روز یک‌بار، برگ‌های خشک شده هر ظرف پتری با برگ‌های تازه و سمپاشی نشده جایگزین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایش زیست‌سنجی، برای تخمین مقادیر غلظت‌های کشنده و زیرکشنده، با حدود اطمینان ۹۵ درصد به روش پروبیت و با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه شد (SPSS, 2019). برای محاسبه ویژگی‌های زیستی، و فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز، از تئوری جدول زندگی دوجنسی ویژه سن-مرحله رشدی و نرم‌افزار آماری Twosex-MsChart استفاده شد (Chi, 2019) خطای معیار و مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های زیستی، و فراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از تکنیک بوت استرپ جفت شده (Paired bootstrap) محاسبه شدند. به منظور ایجاد نتایج بوت استرپ با کمترین تغییرات از ۱۰۰۰۰۰ تکرار در این مطالعه استفاده شد. ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار سیگماپلات (ver. 12.3)، و ارزیابی روند رشدی جمعیت آفت در یک دوره ۶۰ روزه، با نرم‌افزار آماری Timing-MsChart انجام گرفت (Chi, 2016).

نتایج

نتایج حاصل از آزمایش زیست‌سنجی حشره‌کش امامکتین بنزوات + استامی‌پرید، ۲۴ ساعت پس از تیمار مرحله حشره کامل شته جالیز در جدول ۱ آورده شده است. مقدار غلظت کشنده (LC_{50}) این حشره‌کش نسبت به حشرات کامل شته جالیز،۲۳/۸۴ پی‌پی‌ام محاسبه شد. از غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید برای بررسی و مقایسه ویژگی‌های رشدی جمعیت شته جالیز استفاده شد.

جدول ۱- سمیت حشره‌کش امامکتین بنزوات + استامی‌پرید روی حشرات کامل شته جالیز *Aphis gossypii*

Table 1. Toxicity of Emamectin benzoate + Acetamiprid insecticide against *Aphis gossypii* adults

LC_{10} (ppm)	LC_{20} (ppm)	LC_{30} (ppm)	LC_{50} (ppm)	Slope±SE	χ^2(df)	No.
1.76	4.31	8.22	23.84			
(0.19 µl ai/L)	(0.48 µl ai/L)	(0.92 µl ai/L)	(2.67 µl ai/L)	1.134±0.21	1.638 (3)	180
(0.220-4.791)	(0.888-9.439)	(2.398-15.599)	(11.584-38.252)			

*: 2.67 µl ai/L

مقایسه میانگین ویژگی‌های زیستی شته جالیز تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید و شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، غلظت‌های مختلف این حشره‌کش اثرات معنی داری بر طول دوره‌های مختلف رشدی این حشره داشتند. طول دوره رشدی مراحل نابالغ تحت تأثیر حشره‌کش افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. بیشترین مقدار طول دوره رشد نابالغ مربوط به LC_{30} و کمترین آن مربوط به شاهد بود. میانگین طول عمر حشرات بالغ در شاهد ۱۱/۷۶ روز بود که به‌طور معنی‌داری در غلظت‌های LC_{20} و LC_{30} کاهش پیدا کرد و در تیمار LC_{30} به کمترین مقدار خود برابر با ۵/۹۰ روز رسید. میانگین طول عمر کل و باروری شته در معرض غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش نسبت به شاهد، به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بین میانگین طول دوره پوره‌زایی در تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به‌طوری‌که در غلظت‌های زیرکشنده نسبت به شاهد روند کاهشی را نشان داد. دوره پیش از پوره‌زایی کل (TPOP) در تیمارها نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد که نشان دهنده افزایش سریع‌تر جمعیت آفت در شاهد نسبت به غلظت‌های زیرکشنده بود (جدول ۲).

منحنی‌های بقای ویژه سنی–مرحله‌ای (S_{xj}) شته جالیز در معرض غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید و شاهد در شکل ۱ آورده شده است. بقای ویژه سنی–مرحله‌ای نسبت افراد زنده جمعیت در هر گروه سنی و در هر مرحله زیستی را نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست آمده، با افزایش غلظت حشره‌کش ظهور افراد بالغ به تأخیر افتاد. اولین فرد ماده در شاهد و تیمار LC_{10} در روز چهارم ظاهر شدند در حالی‌که در تیمارهای LC_{20} و LC_{30} اولین فرد ماده به‌ترتیب در روزهای پنجم و هفتم ظاهر شدند. نرخ بقای ویژه سنی شته جالیز در زمان ورود به مرحله حشره کامل، در شاهد ۹۴ درصد بود، مقدار این پارامتر تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش کاهش یافت و در غلظت LC_{30} به کمترین میزان خود یعنی ۶۶ درصد رسید.

امید به زندگی سن–مرحله‌ای (e_{xj}) تعداد روزهای باقی‌مانده عمر افراد زنده در هر گروه سنی و در هر مرحله زیستی را پیش‌بینی می‌کند منحنی‌های مربوط به این آماره در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش باعث کاهش امید به زندگی در افراد بالغ و پوره‌ها شدند. در شاهد اولین شته بالغ ۱۲/۸۲ روز امید به زندگی داشت، در حالی‌که در غلظت‌های زیرکشنده روند کاهشی داشته و در غلظت LC_{30} امید به زندگی شته بالغ به ۷/۷۰ روز رسید.

جدول ۲- ویژگی‌های زیستی (میانگین ± خطای معیار) شته جالیز تیمار شده با غلظت‌های LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در مقایسه با شاهد

Table 2. Biological characteristics (means ± SE) of *Aphis gossypii* treated with LC_{10}, LC_{20} and LC_{30} of Emamectin benzoate + Acetamiprid in comparison with control

	Treatments			
Biological characteristics	**Control**	**LC_{10}**	**LC_{20}**	**LC_{30}**
Nymph 1 (days)	1.28±0.05^{c}	1.34±0.05^{c}	1.81+0.08^{b}	2.19+0.09^{a}
Nymph 2 (days)	1.31±0.05^{c}	1.34±0.05^{c}	1.83+0.08^{b}	2.31+0.08^{a}
Nymph 3 (days)	1.19±0.04^{c}	1.23±0.05^{c}	1.82+0.09^{b}	2.47+0.10^{a}
Nymph 4 (days)	1.28±0.05^{c}	1.33±0.05^{c}	1.74+0.07^{b}	2.18+0.08^{a}
Preadult (days)	5.06±0.06^{d}	5.24±0.07^{c}	6.94+0.12^{b}	8.88+0.20^{a}
Female adult (days)	11.76± 0.18^{a}	11.31±0.17^{a}	8.66+0.18^{b}	5.90+0.23^{c}
Nymphal period (days)	9.00±0.12^{a}	8.44±0.14^{b}	5.34+0.22^{c}	2.96+0.14^{d}
Total longevity (days)	16.11±0.36^{a}	15.30±0.43^{a}	13.81+0.42^{b}	12.40+0.45^{c}
Fecundity (Nymphs/female)	39.48±0.53^{a}	36.74±0.63^{b}	21.69+1.05^{c}	10.43+0.57^{d}
TPOP (days)	5.49±0.09^{c}	5.74±0.10^{c}	7.52+0.15^{b}	9.51+0.23^{a}
APOP (day)	0.44±0.06^{a}	0.50±0.07^{a}	0.58+0.08^{a}	0.63+0.09^{a}

*Different letters in each row indicate a significant difference between treatments (Paired bootstrap test, P<0.05)

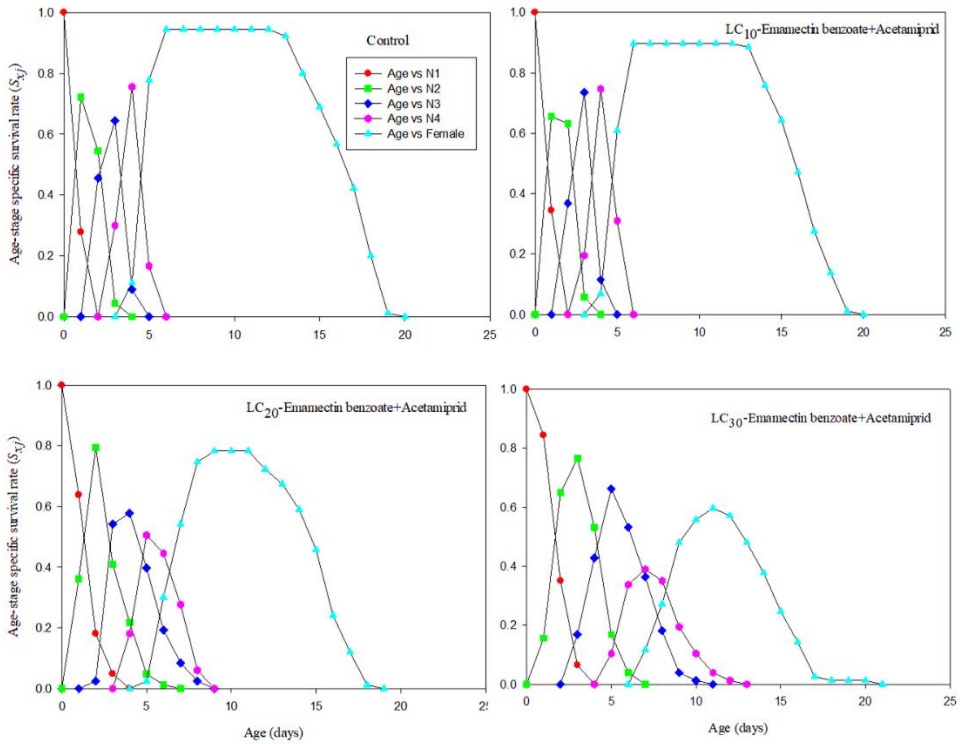
1) TPOP: Total pre-ovipositional period (from eclosion to first reproduction)

2) APOP: Adult pre-ovipositional period (from eclosion to first reproduction)

مراحل پورگی تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش افزایش طول دوره را نشان دادند.

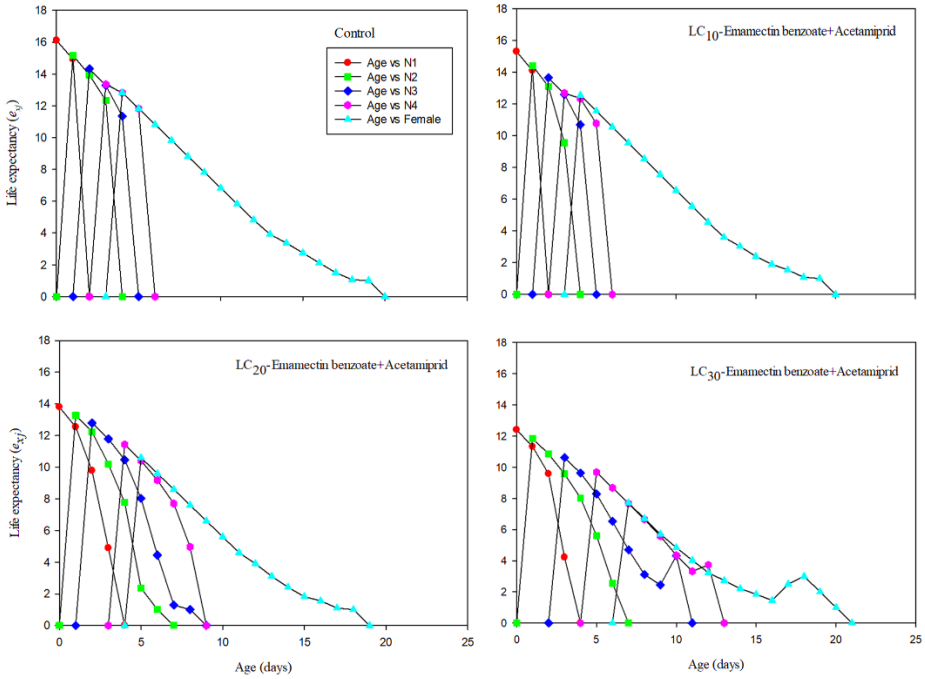
ارزش تولیدمثل سن-مرحله‌ای (v_{xj}) میزان سهم هر فرد در هر سن x و مرحله رشدی j در ایجاد جمعیت نسل بعد را نشان می‌دهد (شکل ۳). منحنی‌ها بیانگر کاهش ارزش تولیدمثلی افراد ماده و مراحل نابالغ در تیمارهای زیرکشنده نسبت به شاهد است. بیشترین ارزش تولیدمثلی ماده‌ها در شاهد معادل ۱۲/۸۱ پوره و کمترین مقدار ارزش تولیدمثل ماده در تیمار LC_{30} برابر با ۹/۸۶ پوره مشاهده شد.

در شکل ۴، منحنی بقای ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و باروری خالص روزانه (l_xm_x) شته جالیز تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش و شاهد آورده شده است. بررسی منحنی باروری ویژه‌ی سنی (m_x) و باروری خالص روزانه(l_xm_x) نشان داد که تیمار با حشره‌کش باعث اثرات منفی روی حشرات بالغ شته جالیز شده و شروع پوره‌زایی را در آن‌ها نسبت به شاهد به تأخیر می‌اندازد. حشرات کاملی که والد ماده آن‌ها تحت تاثیر غلظت LC_{30} حشره‌کش قرارگرفته بودند، با تاخیر وارد مرحله تولیدمثلی شدند (۰/۶۳روز عمر) و این در حالی است که حشرات کاملی که تحت تاثیر حشره‌کش قرارنگرفته بود سریع‌تر از سایر تیمارها وارد این مرحله از زندگی (۰/۴۴روز عمر) شدند. بیشترین باروری ویژه سنی حشرات بالغ (پوره m_x= ۵/۰۹) و باروری خالص روزانه حشرات بالغ (نتاج l_xm_x= ۴/۸۱) در شاهد مشاهده شد. باروری خالص روزانه بیانگر تعداد شته‌های اضافه شده به جمعیت با در نظر گرفتن میزان تلفات در هر روز است. که با افزایش غلظت حشره‌کش روند کاهشی را نسبت به شاهد نشان داد. کمترین باروری خالص روزانه حشرات بالغ مربوط به تیمار LC_{30} (نتاج l_xm_x= ۱/۴۵) بود.



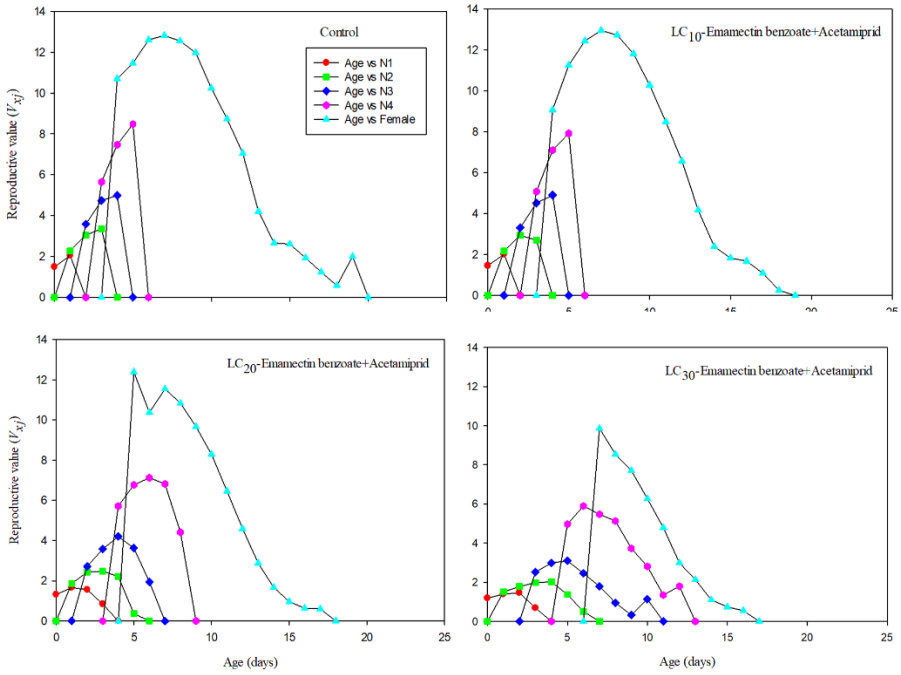
شکل ۱- منحنی بقای ویژه سنی-مرحله‌ای (S_{xj}) شته جالیز *Aphis gossypii* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی-پرید در مقایسه با شاهد

Figure 1. Age-specific survival rate (S_{xj}) of *Aphis gossypii* treated with sublethal concentrations of Emamectin benzoate + Acetamiprid in comparison with control



شکل ۲- منحنی امید به زندگی سنی-مرحله‌ای (e_{xj}) شته جالیز *Aphis gossypii* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در مقایسه با شاهد

Figure 2. Age-stage life expectancy (e_{xj}) of *Aphis gossypii* treated with sublethal concentrations of Emamectin benzoate + Acetamiprid in comparison with control

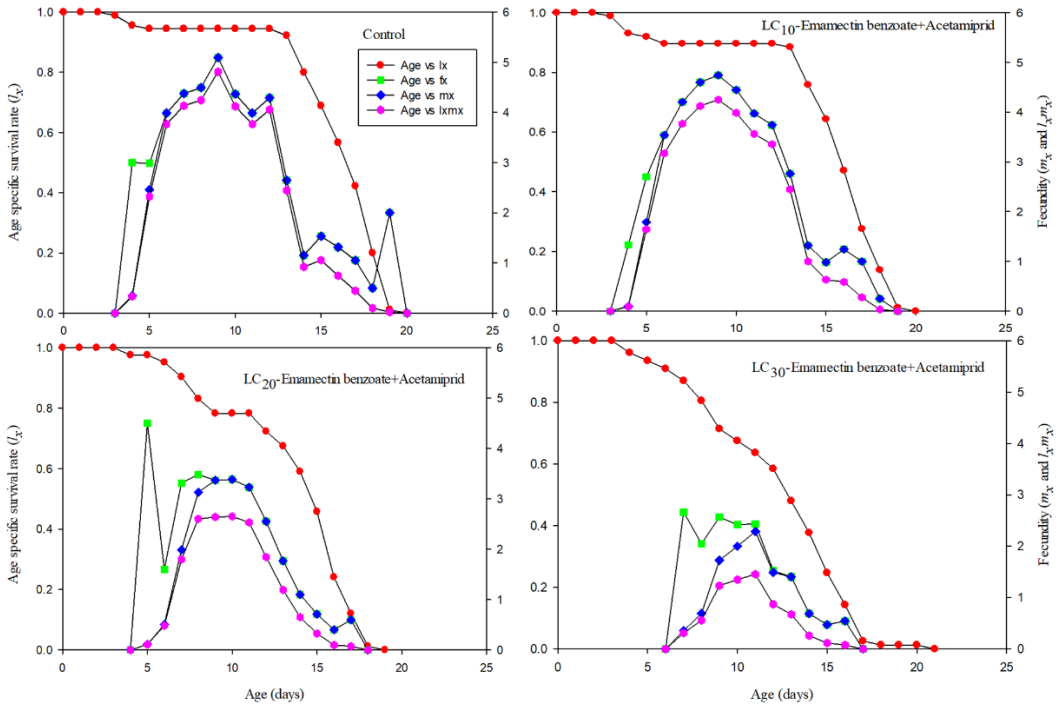


شکل ۳- منحنی ارزش تولیدمثل سنی-مرحله‌ای (v_{xj}) شته جالیز *Aphis gossypii* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در مقایسه با شاهد

Figure 3. Age-stage reproduction value (v_{xj}) of *Aphis gossypii* treated with sublethal concentrations of Emamectin benzoate + Acetamiprid in comparison with control

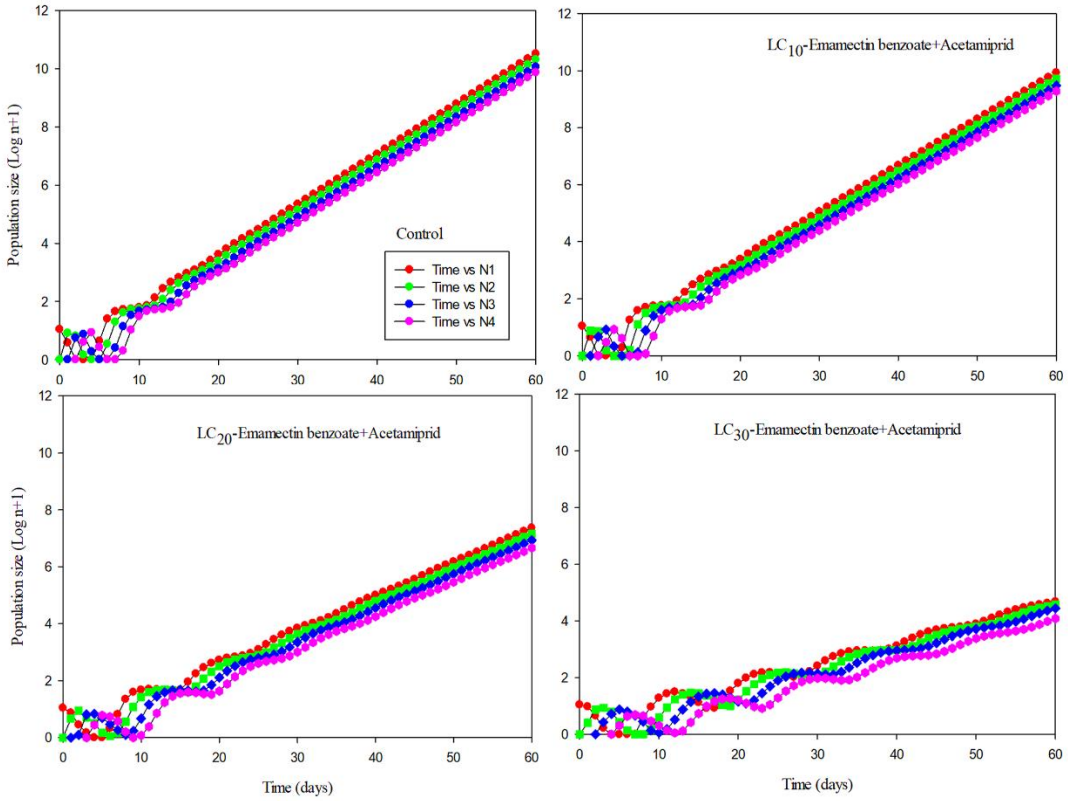
شکل ۵، روند رشد جمعیت آفت را به تفکیک مراحل و در هر تیمار با در نظر گرفتن یک بازه زمانی ۶۰ روزه پیش‌بینی می‌کند. بالاترین سرعت رشد و نمو مراحل مختلف رشدی آفت در شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار LC_{30} مشاهده شد. پیش‌بینی روند رشد جمعیت کل شته جالیز در تیمارهای مختلف مورد مطالعه (شکل ۶) نشان داد که، سرعت رشد و نمو در تیمارهای حشره‌کش نسبت به شاهد کاهش چشم‌گیری داشته است. و کمترین مقدار آن در تیمار LC_{30} مشاهده شد. این امر بیانگر این است که، استفاده از غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌ها، ضمن کاهش میزان مصرف آفت‌کش، می‌تواند سرعت رشد و نمو آفت را نیز کاهش دهد. کاهش میزان مصرف حشره‌کش‌های شیمیایی، باعث کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، اثرات نامطلوب بر کارایی کنترل بیولوژیک دشمنان طبیعی و آسیب به سلامت انسان می‌شود.

نتایج حاصل از محاسبه مقادیر فراسنجه‌های رشد جمعیت شته جالیز تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید و شاهد در جدول ۳ نشان داده شده است. بیش‌ترین میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در شاهد و کمترین مقدار آن در غلظت LC_{30} مشاهده شد (به‌ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۱۷ بر روز). نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) با افزایش غلظت زیرکشنده نسبت به شاهد روند کاهشی را نشان داد. میانگین نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در غلظت‌های زیرکشنده در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. مقدار این فراسنجه در شاهد ۳۷/۲۸ و در غلظت LC_{30} معادل ۶/۹۰ پوره به ازای هر ماده در هر نسل بود. نرخ ناخالص تولید‌مثل (GRR) نشان دهنده تعداد کل پوره‌های تولید شده توسط یک ماده در طول یک نسل می‌باشد. نرخ ناخالص تولیدمثل تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش روند کاهشی داشت. میانگین طول یک نسل (T) در تیمارهای LC_{20} و LC_{30} در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار LC_{30} بود (جدول ۳).



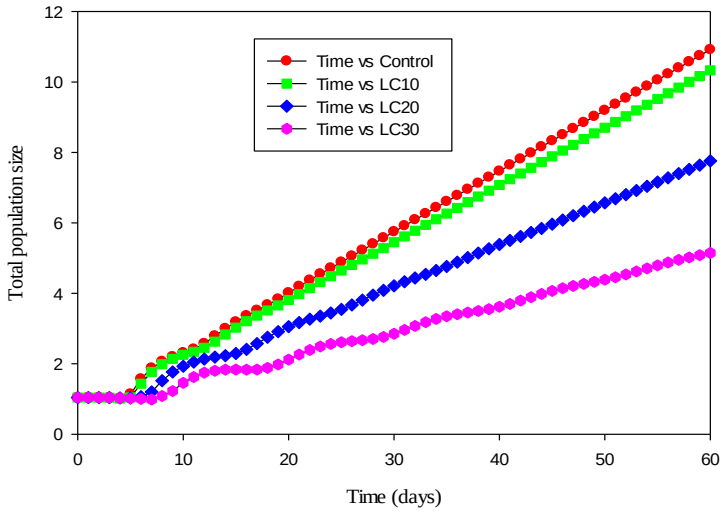
شکل ٤- منحنی بقای ویژه سنی(l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و باروری خالص روزانه (l_xm_x) شته جالیز *Aphis gossypii* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در مقایسه با شاهد

Figure 4. Age-specific survivorship (l_x), age-stage fertility (m_x) and net maternity (l_xm_x) of *Aphis gossypii* treated with sublethal concentrations of Emamectin benzoate + Acetamiprid in comparison with control



شکل ۵- پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله شته جالیز *Aphis gossypii* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در مقایسه با شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 5. Projection of population growth potential and stage structure of *Aphis gossypii* treated with sublethal concentrations of Emamectin benzoate + Acetamiprid in comparison with control during 60 days



شکل ۶- رشد جمعیت کل شته جالیز *Aphis gossypii* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در مقایسه با شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 6. Population projection of *Aphis gossypii* treated with sublethal concentrations of Emamectin benzoate + Acetamiprid in comparison with control during 60 days

جدول ۳- فراسنجه‌های جدول زندگی (میانگین ± خطای معیار) شته جالیز تیمار شده با غلظت‌های LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در مقایسه با شاهد

Table 3. Life table parameters (means ± SE) of *Aphis gossypii* treated with LC_{10}, LC_{20} and LC_{30} of Emamectin benzoate + Acetamiprid in comparison with control

Population parameters	Treatments			
	Control	LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}
Intrinsic rate of increase (r) (day^{-1})	0.39±0.00[a]	0.37±0.00[b]	0.27+0.00[c]	0.17+0.00[d]
Finite rate of population increase (λ) (day^{-1})	1.48±0.00[a]	1.45±0.00[b]	1.31+0.01[c]	1.18+0.01[d]
Net reproductive rate (R_0) (females/female/generation)	37.28± 1.07[a]	32.94±1.32[b]	16.98+1.27[c]	6.90+0.67[d]
Gross reproductive rate (*GRR*) (females/female/generation)	43.61±1.14[a]	38.70±0.70[b]	22.85+1.14[c]	11.67+0.83[d]
Mean generation time (T) (days)	9.11±0.10[c]	9.33±0.10[c]	10.32+0.15[b]	11.28+0.21[a]

*Different letters in each row indicate a significant difference between treatments (Paired bootstrap test, P<0.05)

بحث

نتایج به‌دست آمده کنترل مؤثر حشره‌کش ترکیبی امامکتین بنزوات + استامی‌پرید روی شته جالیز را نشان داد. مقدار LC_{50} این حشره‌کش برای حشرات بالغ شته جالیز۲۳/۸۴ پی‌پی‌ام محاسبه شد. در بررسی سمیت مقایسه‌ای چند حشره‌کش رایج برای کنترل شته جالیز روی پنبه، مقدار LC_{50}استامی‌پرید و امامکتین بنزوات به‌ترتیب ۰/۰۰۷ و ۰/۳۶۸ پی‌پی‌ام محاسبه شد. نئونیکوتینوئید استامی‌پرید علارغم مقاومت نسبی بالاتر، مقدار LC_{50} بسیار پایینی نشان داد و در مقایسه با بقیه حشره‌کش‌ها، مؤثرترین حشره‌کش علیه شته جالیز بود و پس از آن آسفات، ایمیداکلوپراید، امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در کنترل جمعیت این آفت داشتند (Awasthi *et al*., 2013). مقایسه نتایج نشان می‌دهد که، حساسیت بیشتر شته جالیز *A. gossypii*نسبت به استامی‌پرید و امامکتین بنزوات احتمالا ناشی از نحوه اثر متفاوت حشره‌کش‌ها باشد. در پژوهش صورت گرفته توسط Shi *et al*. (2011)، مقدار LC_{50} برای سویه SS و RF45 استامی‌پرید علیه شته جالیز روی پنبه به‌ترتیب ۲/۷۳ و ۱۲/۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر (۲۷۳۰ و ۱۲۴۰۰ پی‌پی‌ام) به‌دست آمد. Almasi *et al*. (2016)، مقدار LC_{50} ایمیداکلوپراید و پریمیکارب علیه پوره سن سوم شته جالیز روی خیار گلخانه‌ای را به‌ترتیب ۷۱/۶۴ و ۱۴۲/۰۶ پی‌پی‌ام گزارش کردند. تفاوت در نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر، به‌دلیل تفاوت در مرحله زیستی مورد آزمایش و نوع حشره‌کش مصرفی است. در مطالعات Riazi *et al*. (2016) مقدار LC_{50} اثر تماسی فرمولاسیون اسانس گیاه نعنا بر حشرات بالغ شته جالیز ۱۴۰۳۳ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد. در بررسی کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی شته جالیز، امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در سه استان و در بیشتر روزهای مورد بررسی با کارایی بیش از ۹۰ درصد، در مقایسه با فلونیکامید، پریمیکارب و دی‌کلروووس، بیشترین تأثیر را در کنترل جمعیت این آفت روی خیار گلخانه‌ای داشت (Shafaghi *et al*., 2022). در یک پژوهش، بررسی کارایی برخی حشره‌کش‌ها علیه شته جالیز روی بامیه نشان داد که، ایمیداکلوپراید با ۷۴/۴۲ درصد تلفات مؤثرترین حشره‌کش و امامکتین بنزوات با ۵/۳۵ درصد تلفات ضعیف‌ترین حشره‌کش در کنترل جمعیت این آفت بود (konar *et al*., 2013).

در پژوهش حاضر، بررسی تأثیر امامکتین بنزوات + استامی‌پرید روی ویژگی‌های زیستی شته جالیز، بیانگر افزایش معنی‌دار طول دوره رشدی افراد نابالغ در معرض غلظت‌های زیرکشنده این حشره‌کش بود. به‌طور مشابه، در مطالعات Liang *et al*. (2019) میانگین طول دوره رشدی پیش از بلوغ شته جالیز روی پنبه تحت تأثیر غلظت LC_{25} فلوپیرادیفورون افزایش یافت و از ۶/۹۶ روز در شاهد به ۷/۷۹

روز در غلظت زیرکشنده حشره‌کش رسید. افزایش طول دوره رشد مراحل نابالغ به‌دلیل شرایط نامناسب ایجاد شده بوده و می‌تواند پتاسیل رشد جمعیت آفت را کاهش دهد. با افزایش غلظت‌های امامکتین بنزوات + استامی‌پرید، طول عمر و باروری شته جالیز در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و کمترین مقدار آن در تیمار LC_{30} مشاهده شد. در پژوهش صورت گرفته توسط Amini Jam *et al*. (2014)، غلظت LC_{25} پریمیکارب و ایمیداکلوپراید، باعث کاهش معنی‌دار طول عمر و باروری حشرات کامل شته جالیز نسبت به شاهد روی خیار گلخانه‌ای شدند. طول عمر حشرات کامل در شاهد، پریمیکارب و ایمیداکلوپراید به ترتیب ۱۴/۹۵، ۶/۵۵ و ۳/۰۵ روز بود و باروری از ۴/۳۳ به‌ترتیب به ۲/۴۷ و ۰/۹۸ پوره به ازای هر ماده در هر نسل در پریمیکارب و ایمیداکلوپراید کاهش یافت. هم‌چنین، در مطالعات Koo *et al*. (2015)، طول عمر حشرات کامل شته جالیز روی بوته‌های خیار در معرض غلظت‌های LC_{10} و LC_{30} فلونیکامید به‌طور معنی‌داری کمتر بود که هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر هستند. در پژوهش حاضر، طول دوره پوره‌زایی شته جالیز در معرض غلظت‌های LC_{20} و LC_{30} حشره‌کش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. طول دوره قبل از پوره‌زایی کل (TPOP)، روند کاهشی را در تیمارها نسبت به شاهد نشان داد. به‌طور مشابه Shang *et al*. (2021)، نشان دادند که، طول دوره پیش از پوره‌زایی کل شته جالیز روی پنبه از ۵/۴۰ روز در شاهد به ۵/۸۷ روز در تیمار آلوده به غلظت LC_{20} سولفوکسافلور کاهش یافت. ولی برخلاف پژوهش حاضر، طول دوره پوره‌زایی تحت تأثیر غلظت LC_{20} سولفوکسافلور روند افزایشی داشت که این تفاوت احتمالا به‌دلیل شرایط آزمایش و نوع حشره‌کش مورد استفاده باشد.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) یک شاخص استاندارد و مهم‌ترین فراسنجه برای ارزیابی نرخ رشد و باروری جمعیت حشرات است که تحت تأثیر تغییرات مربوط به بقا، زادآوری و طول‌عمر حشرات است (Medeiros *et al*., 2000; Southwood & Henderson, 2000; Rezaei *et al*., 2018). در این پژوهش، کاهش طول عمر و باروری افراد بالغ شته جالیز در معرض حشره‌کش امامکتین بنزوات + استامی‌پرید باعث کاهش معنی‌دار نرخ ذاتی افزایش جمعیت حشرات شد. بیشترین مقدار r در شاهد (۰/۳۹ بر روز) و کمترین مقدار آن در LC_{30} برابر با ۰/۱۷ بر روز ثبت شد. مثبت بودن مقدار این فراسنجه نشان می‌دهد که جمعیت به‌صورت نمایی در حال افزایش است (Stark *et al*., 2007). نرخ خالص (R_0) و نرخ ناخالص (GRR) تولیدمثل تحت تأثیر حشره‌کش روند کاهشی را در مقایسه با شاهد نشان دادند. در مطالعات Liang *et al*. (2018) روند مشابهی را تحت تأثیر غلظت LC_{25} فلوپیرادیفورون روی شته جالیز شاهد هستیم. به‌طوریکه مقدار r در شاهد و تیمار به‌ترتیب از ۰/۲۳ بر روز به ۰/۱۹ بر روز و مقدار R_0 از ۲۲/۴۲ به ۱۸/۵۱ پوره به ازای هر ماده در هر نسل کاهش یافت. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نشان دهنده این است که جمعیت در هر روز نسبت به روز قبل چقدر افزایش یافته است. مقدار λ در جمعیت شته جالیز روی خیار گلخانه‌ای تحت تأثیر پریمیکارب و ایمیداکلوپراید در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر شد (Amini Jam *et al*., 2014) که مشابه با پژوهش حاضر است. با مقایسه آماری مدت زمان یک نسل (T)، بیشترین زمان در غلظت LC_{30} حشره‌کش برابر با ۱۱/۲۸ روز ثبت شد که در مقایسه با شاهد (۹/۱۱ روز) تفاوت معنی‌داری داشت. برخلاف پژوهش حاضر، Koo *et al* (2015) نشان دادند که تحت تأثیر غلظت LC_{20} و LC_{30} فلونیکامید، مقدار λ در جمعیت شته جالیز کاهش یافت و مقدار T روند افزایشی داشت. تفاوت ملاحظه شده در نتایج دو پژوهش ناشی از نوع حشره‌کش مورد استفاده و شرایط محیط آزمایش است. در این پژوهش اثرات کشنده و زیرکشنده حشره‌کش ترکیبی و جدید امامکتین بنزوات + استامی‌پرید روی فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شته جالیز مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نتایج نشان دهنده کارایی بالای این حشره‌کش در کنترل جمعیت شته جالیز بود.

ضمن کشندگی بالای امامکتین بنزوات + استامی‌پرید روی شته جالیز، این حشره‌کش در غلظت‌های پایین‌تر از LC_{50} نیز می‌تواند باعث کنترل وکاهش جمعیت آفت شود. لذا، امامکتین بنزوات + استامی‌پرید در راستای کنترل شته جالیز، می‌تواند جایگزین مناسبی برای حشره‌کش‌های قدیمی باشد. به‌منظور تأیید نتایج گلخانه‌ای، انجام آزمایش‌های مشابه در شرایط مزرعه‌ای، همچنین انجام مطالعات آزمایشگاهی و مزرعه‌ای روی اثرات این ترکیب بر دشمنان طبیعی شته جالیز به‌خصوص زنبورها و کفشدوزک‌ها، امری ضروری است.

سپاس‌گزاری

این پژوهش در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه به انجام رسیده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Almasi, A., Rasekh, A., Esfandiari, M., Askari Seyahooei, M. & Ziaee, M. (2016). An investigation of the toxicity of primicarb and imidacloprid on different growth stages of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *39*(2), 71-83. (In Farsi with English summary).

Amini Jam, N., Kocheili, F., Mossadegh, M. S., Rasekh, A. & saber, M. (2014). Lethal and sublethal effects of imidacloprid and primicarb on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Journal of Crop Protection*, *3*(1), 89-98.

Awasthi, N. S., Barkhade, U. P., Patil, S. R. & Lande, G. K. (2013). Comparative toxicity of some commonly used insecticides to cotton aphid and their safety to predatory coccinellids. *The Bioscan*, *8*(3), 1007-1010.

Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2000). Aphids of the World's Crops: An Identification and Information Guide. (2nd ed.). John Wiley and Sons, London.

Burg, R. W., Miller, B. M., Baker, E. E., Birnbaum, J., Currie, S. A., Hartman, R., Yu-Lin, K., Monaghan, R. L., Olson, G., Putter, I., Tunac, J. B., Wallick, H., Stapley, E. O., Oiwa, R. & Omura, S. (1979). Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: organism and fermentation. *Animicrobial Agents Chemotherapy*, *15*, 361-367.

Chen, N. C. (1990). Pesticide bioassay technology. Beijing: Beijing Agricultural University Press 95-109.

Chi, H. (2016). TWOSEX-MSChart: a computer program for the age stage, two-sex life table analysis. Natianonal Chung Hsing University, Taichung, Taiw. available at: http://140. 120.197.173/ Ecology/ Download/ TWOSEX-MSChart.

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

Cooper, J. & Niglli, U. (2002). Handbook of organic food safety and quality, CRC Press, Boca Raton Boston, New York, Washington. P. 25.

Ebert, T. A. & Cartwright, B. (1997). Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Southwestern Entomologist*, *22* (1), 116-153.

Franca, S. M. De., Breda, M. O., Barbosa, D. R., Araujo, A. M. & Guedes, C. A. (2017). The sublethal effects of insecticides in insects. *Biological Control of Pest and Vector Insects*, 23-39.

Gerami, S., Jahromi, K. T., Heidari, A., Ashoori, A. & Rasoulian, G. R. (2007). Sublethal effects of imidacloprid on the life table parameters of *Aphis gossypii*. *Applied Entomology and Phytopathology, 75*, 67-79.

Haynes, K. F. (1988). Sublethal effects of neurotoxic insecticide on insect behavior. *Annual Review Entomology, 33*, 149-168.

Jansson, R. K., Brown, R., Cartwright, B., Cox, D., Dunbar, D. M., Dybas, R. A., Eckel, C., Lasota, J. A., Mookerjee, P. K., Norton, J. A., Peterson, R. F., Starner, V. R. & White, S. (1997). Emamectin benzoate: a novel avermectin derivative for control of lepidopterous pests. Proceeding of the Third International Workshop. The Management of diamondback moth and other crucifer pests, Malaysia, 171-177.

Kim, J. J. (2007). Influence of *Lecanicillium attenuatum* on the development and reproduction of the cotton aphid, *Aphis gossypii*. *BioControl, 52*, 789-799.

Konar, A., More, K. A. & Ray, S. K. D. (2013). Population dynamics and efficacy of some insecticides against aphid on okra. *Journal of Crop and Weed, 9* (2), 168-171.

Koo, H. N., Lee, S. W., Yun, S. H., Kim, H. K. & Kim, G. H. (2015). Feeding response of the cotton aphid, *Aphis gossypii*, to sublethal rates of flonicamid and imidacloprid. *Entomologia Experimentalis et Applicata, 154* (2), 110-119.

Liang, P. Z., Ma, K. S., Chen, X. W., Tang, C. Y., Xia, J., chi, H. & Gao, X. W. (2019). Toxicity and sublethal effects of flupyradifuron, a novel butenolide insecticide, on the development and fecundity of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology, 112* (2), 852-858.

Medeiros, R. S., Ramalho, F, S., Lemos, W. P. & Zanuncio, J. C. (2000). Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology, 124*, 319-324.

Millar, N. S. & Denholm, I. (2007). Nicotinic acetylcholine receptors: targets for commercially important insecticides. *Invertebrate Neuroscience, 7* (1), 53-66.

Namvar, P. (2019). Efficiency of some botanical insecticides against *Aphis gossypii* in greenhouse cucumber. *Journal of Greenhouse Vegetables, 2* (1), 41-49. (In Farsi with English summary).

Pinto, Z. V., Rezende, J. A. M., Yuki, A. V. & Piedro, S. M. S. (2008). Ability of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* to transmit cucumber mosaic virus in single and mixed infection with two potyviruses to zucchini squash*summa phytopathol. Vol. 34 no.2 botucatu apr./june 2008.

Rezaei, E., Sedaratian-Jahromi, A., Ghane-Jahromi, M. & Haghani, M. (2018). How sublethal concentrations of bifenazate effect biological parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran, 38* (3), 345-359. (In Farsi with English summary).

Riazi, M., Khajehali, J., Poorjavad, N. & Bolandnazar, A. (2016). The mortality and repellency effect of a formulation of spearmint essential oil on the cotton-melon aphid under greenhouse conditions. *Isfahan University of Technology, 6* (4), 169-180. (In Farsi with English summary).

Shafaghi, F., Foruzan, M., Morowati, M., Khosravi, M., Namvar, P. & Sheikhi Garjan, A. (2022). The Efficacy of different insecticides against *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) and the determination of emamectin benzoate and acetamiprid residue levels on greenhouse cucumber. *Plant Protection, 45* (2), 109-120. (In Farsi with English summary).

Shang, J., Yao, Y. S., Zhu, X. Z., Wang, L., Wang, L., Li, D, Y., Zhang, K. X., Gao, X. K., Wu, C. C., Niu, L., Ji, J. C., Luo, J. Y. & Cui, J. J. (2021). Evaluation of sublethal and transgenerational effects of sulfoxaflor on *Aphis gossypii* via life table parameters and 16S rRNA sequencing. *Pest Management Science, 77* (7), 3406-3418.

Shi, X. B., Jiang, L. L., Wang, H. Y., Qiao, K., Wang, D. & Wang, K. Y. (2011). Toxicities and sublethal effects of seven neonicotinoid insecticides on survival, growth and reproduction of imidacloprid-resistant cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Pest Management Science, 67* (12), 1528-1533.

Southwood, R. & Henderson, P. A. (2000). Ecological Methods. 3 rd edition. Blachwell Science. 592 pp.

SPSS, Inc. (2019). IBM SPSS statistics for windows, version 26.0 (Vol. 440). IBM Corporation.

Stark, J. D., Sugayama, R. L. & Kovaleski, A. (2007). Why demographic and modeling approaches should be adopted for estimating the effects of pesticides on biocontrol agents. *BioControl, 52*, 365-374.

Stark, Y. D. & Wennergren, U. (1995). Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies? *Journal of Economic Entomology, 88* (5), 1089-1096.

Taheri-Sarhozaki, M. & Safavi, S. A. (2014). Sublethal effects of tiametoxam on life table parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection, 47*, 508-515.

Ullah, F., Gul, H., Tariq, K., Desneux, N., Gao, X. & Song, D. (2021). Acetamiprid resistance and fitness costs of melon aphid, *Aphis gossypii*: An age-stage, two-sex life table study. *Pesticide Biochemistry and Physiology, 171*, 104729.

Wallace, D. R. (2014). Acetamiprid. In Waxter, P. (ed). Encyclopedia of Toxicology. pp. 30-32, Elsevier.

Wool, D., Hales, D & Sunnucks, P. (1995). Host plant relations of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) in Australia. *Australian Journal of Entomology, 34* (3), 265-271.

© 2023 by the authors. Licensee SCU, 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/.

Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)

46(1), Spring, 2023

10.22055/ppr.2023.42995.1681

The lethal and sub lethal effects of the combined insecticide Emamectin benzoate + Acetamiprid on the life table parameters of *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae)

H. Rajabi [1*], S. A. Safavi [2], M. Forouzan [3]

1. ***Corresponding Author:** MSc, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran (honeyrajabi20@gmail.com)
2. Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
3. Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, AREEO, Urmia, Iran

Received: 11 February 2023 Accepted: 24 April 2023

Abstract

Background and Objectives

Aphis gossypii Glover is a polyphagous pest that infects a wide range of host plants in temperate, tropical and subtropical regions. Therefore, it has a great ability to maintain its population in different environmental conditions. Quantitative and qualitative damages of this pest are through feeding on plant sap, transmission of viral diseases, reduction of photosynthesis and secretion of honeydew. Various factors such as excessive use of chemical insecticides, the destruction of natural enemies and the emergence of resistant pest populations have increased the population of aphids and turned it into a damaging pest. However, the most common method of controlling aphids, despite its negative effects, is usage of chemical insecticides. The high potential of this pest in resistance to chemical compounds requires investigating and using of newer insecticides with different modes of action. Insect reproductive parameters as an ecological and indicator tools, can indicate the behavior and physiology of different types of pests after pesticides using. Studies have also been conducted on the effect of sub lethal concentrations of insecticides on behavior, biological characteristics and growth of insect population, which provides a more realistic estimate of the effect of insecticides on pests and natural enemies. Therefore, in this study, the lethal and sub lethal effects of the new combined insecticide Emamectin benzoate 4.8% + Acetamiprid 6.4% which has contact and oral function, was evaluated on the aphids biological and population growth parameters in greenhouse conditions.

Materials and Methods

The colony of cotton aphid used in the experiment was obtained from pinto beans fields in Urmia, West Azerbaijan (Iran), during September 2021. The aphid population was reared on pinto beans var. Khomein in plastic pots (12 × 6 cm) under controlled greenhouse conditions (21 ± 1°C, 50% ± 10% RH, and a photoperiod of 16: 8 [L: D] h). The LC_{50} concentration of Emamectin benzoate + Acetamiprid for cotton aphid adults was 23.84 ppm 24 hours after treatment. The values of LC_{10}, LC_{20} and LC_{30} were estimated at 1.76, 4.31 and 8.22 ppm, respectively. The insecticide spraying

method on leaves containing aphids was used in bioassay and life table studies against adults of aphid insects. The age stage, two-sex life table method was used to analyze the collected data. We used the bootstrap technique with 100,000 iterations to estimate the variance and standard errors of the biological and population parameters and used Sigma Plot software to draw graphs. The growth of the pest population in a period of 60 days was done with Timing-MsChart software.

Results

According to the results, the adult lifespan/longevity was significantly different from the control by LC_{20} and LC_{30} concentrations. The shortest lifespan of adult aphid in LC_{30} treatment was recorded as 5.90 days. Fertility and the duration of Nymphal period were significantly reduced in sub lethal concentrations of the insecticide compared to the control. The highest value of pre adult period in LC_{30} concentration was recorded 8.88 days and the lowest value in control treatment was 5.06 days. All biological table parameters of cotton aphid treated with sub-lethal concentrations were significantly affected by the insecticide compared to the control. The highest value of intrinsic rate of increase (*r*) was 0.39 per day in control. The net reproductive rate (R_0) decreased from 28.37 nymphs per female/generation in control to 6.90 in LC_{30} concentration. The lowest value of finite rate of increase (λ) was observed in LC_{30} concentration, which was 1.18 per day. The gross reproductive rate (*GRR*) in sub lethal concentrations was significantly lower than the control. The highest and lowest values of mean generation time (*T*) were estimated in LC_{30} (11.28 days) and control (9.11 days), respectively.

Discussion

Based on the findings of the present study, considering the necessity of using chemical insecticides for aphid management, and the significant effect of this pesticide on the aphid Emamectin benzoate + Acetamiprid insecticide can be used to control and reduce population of cotton aphids and it can be a suitable alternative to old insecticides. In order to confirm the greenhouse results, it is necessary to conduct similar experiments in field conditions, and conduct laboratory and field studies on the effects of this compound on the natural enemies of *A. gossypii* especially bees and coccinellids.

Keywords: Cotton aphid, Chemical control, Population growth parameters, Pinto bean

Associate editor: A. Rasekh (Prof.)

Citation: Rajabi, H., Safavi, S. A. & Forouzan, M. (2023). The lethal and sub lethal effects of the combined insecticide Emamectin benzoate + Acetamiprid on the life table parameters of *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 46*(1), 105-118. https://doi.org/ 10.22055/ppr.2023.42995.1681