تحقیقات آفات گیاهی
۱۴۰۱ -۱۲(۲): ۲۱ -۳۴

علمی پژوهشی

فراسنجه‌های زیستی شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* (L.) در مواجهه با غلظت زیرکشنده (LC_{25}) کلرفلوآزورون

هانیه رجبی[۱]، سیّدعلی صفوی[۱*] و مریم فروزان[۲]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، ۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۵)

چکیده

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* (L.) از آفات مهم و اقتصادی محصولات چلیپایی در ایران است. یکی از روش‌های اصلی و اولیه برای دفاع از گیاهان در برابر شته‌ها استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی است. با توجه به توصیه کاربرد حشره‌کش کلرفلوآزورون علیه بید کلم، در پژوهش حاضر تاثیر کشنده و زیرکشنده آن روی شته مومی کلم بررسی شد تا امکان تلفیق کنترل ارزیابی شود. روش مورد استفاده در انجام آزمایش‌ها پاشش ترکیبات آفت‌کش روی صفحه‌های برگی حاوی شته بود. برای بررسی اثر زیرکشنده آفت‌کش روی شته از غلظت LC_{25} محاسبه‌شده (۱۰۵/۶۰پی‌پی‌ام) استفاده شد. نتایج نشان داد طول عمر و باروری شته‌های بالغ تیمار شده به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر غلظت زیرکشنده قرار گرفتند. طول عمر کل از ۱۲/۷۸ روز در شاهد به ۸/۱۴ روز در غلظت زیرکشنده کاهش یافت. داده‌های تحقیق حاضر نشان داد که غلظت زیرکشنده، نتاج شته‌های کلم تیمار شده را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. غلظت زیرکشنده آفت‌کش مورد مطالعه، مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) را در مقایسه با شاهد کاهش داد. سایر فراسنجه‌های رشد جمعیت مانند نرخ خالص تولیدمثل (R_0) ، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) نیز به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بودند. کاهش نرخ رشد در غلظت زیرکشنده باعث افزایش میانگین مدت زمان یک نسل (T) شد. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، در صورت همزمانی حضور شته مومی کلم و بیدکلم در شرایط مزرعه، کاربرد آفت‌کش کلرفلوآزورون برای کنترل آفت توصیه شده (بیدکلم) می‌تواند در مدیریت جمعیت شته مومی کلم نیز موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اثرات زیرکشندگی، کلرفلوآزورون، شته مومی کلم، نرخ ذاتی افزایش جمعیت

*نویسنده مسئول: a.safavi@urmia.ac.ir

مقدمه

یکی از مهم‌ترین آفات چلیپاییان که خسارت زیادی را به این گیاهان وارد می‌کند، شته مومی کلم با نام علمی *Brevicoryne brassicae* (L.) است (Lashkari *et al*., 2007). این آفت با نفوذ استایلت‌های خود به بافت‌های گیاهی مثل ساقه، برگ و گل‌ها و به‌طور مستقیم از طریق آوند آبکشی تغذیه می‌کند، رشد گیاه را متوقف و بافت‌های نرم را خشک و بدشکل می‌کند و در موارد شدید آن‌ها را از بین می‌برد. هم‌چنین، این آفت به‌طور غیرمستقیم از طریق پوست‌اندازی، تولید عسلک و انتقال ویروس‌هایی از قبیل موزاییک تربچه، موزاییک گل‌کلم و موزاییک کلم، کیفیت و ارزش بازاری محصول را کاهش می‌دهد (Hughes, 1963; Blackman and Eastop, 1984). کنترل شته‌ها به‌دلیل تحرک و سرعت زیاد آن‌ها در باروری، تنها با تکیه بر عوامل طبیعی به‌سختی امکان‌پذیر است (Stark and Rangus, 1994). در حال حاضر استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی موثرترین و بهترین روش برای کنترل شته‌ها است؛ ولی استفاده از غلظت‌های بالای آفت‌کش‌ها آسیب‌های زیادی به محیط‌زیست و موجودات غیرهدف وارد می‌کند (Furk and Hines, 1993; Saldo and Szpyrka, 2009). بنابراین، باید از حشره‌کش‌های انتخابی استفاده کرد که آسیب کمتری به عوامل کنترل بیولوژیک وارد می‌کنند (Acheampony and Stark, 2004). کلرفلوآزورون (Atabron®) آفت‌کشی انتخابی و مهار کننده سنتز کیتین می‌باشد که به‌علت اثر شدید روی آفات هدف و آسیب کم روی پستانداران، دشمنان طبیعی و محیط زیست، از پتانسیل بالایی برای کنترل و کاهش جمعیت آنها برخوردار است (Ishaaya *et al*., 1986). کلرفلوآزورون در دسته حشره‌کش‌های ایمن برای انسان و محیط زیست طبقه‌بندی می‌شود تا از آفت‌کش‌های معمولی مانند ترکیبات فسفره آلی، پایرتروئیدها و کاربامات‌ها که باعث بروز مقاومت آفات در برابر بسیاری از این حشره‌کش‌ها و اثرات مخرب روی محیط و دشمنان‌طبیعی می‌شوند، تفکیک شوند (Ishaaya *et al*., 2005, Horowitz *et al*., 2009,Vattikonda and Sangam, 2017). این حشره‌کش برای کنترل لارو بعضی از بالپولک‌داران در کشور ثبت شده است. با این حال، کارایی کنترل بعضی از آفات زننده‌مکنده، مانند پسیل معمولی پسته (Poye *et al*., 2019) و شته نخود فرنگی (Karimzadeh *et al*., 2020) در شرایط مزرعه‌ای به‌وسیله کلرفلوآزورون گزارش شده است. استفاده از آفت‌کش‌های انتخابی جدیدتر و مؤثرتر در غلظت‌های زیرکشنده یکی از موضوع‌های مهم در کنترل جمعیت آفات، کاهش مقاومت آفات به آفت‌کش‌ها، حفظ دشمنان طبیعی و اثرات سوء آن‌ها بر محیط زیست در قالب مدیریت تلفیقی آفات است (Tadeo, 2008; Fenoll *et al*., 2009; Omirou *et al*., 2009). غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌ها به‌دلیل اینکه اثر آن‌ها مدت زمان بیشتری در مزارع باقی می‌ماند و می‌توانند به روش‌های مختلف روی حشرات هدف و غیرهدف اثر بگذارند، برای کنترل آفات بسیار مهم هستند (Sanil and Shetty, 2012; Vojoudi and Saber, 2013)؛ همچنین، تغییراتی را در رفتار و فیزیولوژی حشرات مثل باروری، زنده‌مانی، رشد، رفتار تغذیه‌ای، طول عمر، به‌وجود می‌آورند. علاوه بر این، غلظت‌های زیرکشنده آفت‌کش‌ها به‌طور غیرمستقیم باعث تغییراتی بر نسل آفات می‌شوند (Borgorni and Vendramin, 2005; Lashkari *et al*., 2007). بنابراین، ارزیابی اثرات زیرکشنده آفت‌کش‌های کشاورزی باعث کاربرد برنامه‌های بهتر و موثرتر برای کنترل آفات کشاورزی می‌شود که سازگار با محیط‌زیست و موجودات غیرهدف می‌باشند (Desneux *et al*., 2007; Rahmani and Bandani, 2013; Sohrabi *et al*., 2014). ارزیابی جدول زندگی یا پژوهش‌های سم‌شناسی دموگرافیک (Demographic toxicology) مناسب‌ترین شیوه برای بررسی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها و ابزاری مطمئن برای مطالعه رشد جمعیت و زمان کنترل آفت هستند (Stark and Banks, 2003; Desneux *et al*., 2007). اثرات زیرکشنده آفت‌کش‌های تیاکلوپراید و تیامتوکسام روی فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم بررسی شده است. نتایج نشان داد که این حشره‌کش‌ها کنترل مناسبی روی شته‌ها داشته و میزان

زنده‌مانی و باروری این آفت را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند و می‌توانند جایگزین مناسبی برای حشره‌کش‌های قدیمی باشند (Taheri-Sarhozaki and Safavi, 2014). حیدری و همکاران (Heidari *et al*., 2020) نشان دادند که غلظت‌های زیرکشنده خالص و نانو کپسول اسانس *Thymus daenensis* Celak. به‌طور معنی‌داری باعث کاهش طول عمر شته‌های بالغ در مقایسه با شاهد می‌شوند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در شته‌های تیمار شده با اسانس خالص و نانوکپسول به‌ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۱۶ بر روز بود که در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود. میانگین نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در شته تیمار شده با اسانس نانو نسبت به شاهد حدود پنج برابر کاهش یافت. از آنجا که حشره‌کش کلرفلوآزورون علیه بید کلم در کشور توصیه شده، شته مومی کلم نیز در زمان کنترل آن در معرض غلظت‌هایی از این آفت‌کش قرار می‌گیرد. تاکنون هیچ مطالعه‌ای در مورد تاثیر حشره‌کش تماسی کلرفلوآزورون روی شته مومی کلم انجام نگرفته است؛ بنابراین، در این پژوهش تأثیر غلظت زیرکشنده (LC_{25}) آفت‌کش کلرفلوآزورون روی فراسنجه‌های جدول زندگی باروری شته مومی کلم، در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد تا تاثیرکاربرد آن در کنترل و کاهش جمعیت آفت مذکور مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان و شته مومی کلم

به‌منظور تأمین گیاه مورد نظر، حدود ۶۰-۵۰ عدد گیاه کلم (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) داخل گلدان‌های پلاستیکی (۱۶ سانتی‌متر ارتفاع و ۱۶ سانتی‌متر قطر) و در شرایط گلخانه گروه گیاهپزشکی، بخش حشره‌شناسی در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۵۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی کاشته شد و یک روز در میان آبیاری شدند. این گیاهان برای تشکیل کلنی شته‌ها و برگ آن‌ها برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. جمعیت اولیه شته مومی کلم *B. brassicae* طی بازدیدهای مداوم از مزارع کلم در اطراف شهر ارومیه جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه منتقل شدند و بعد از شناسایی (Blackman and Eastop, 2006) روی گیاهان رهاسازی شده و تکثیر یافتند.

حشره‌کش مورد استفاده در آزمایش‌ها

در این تحقیق، از حشره‌کش تماسی و گوارشی کلرفلوآزورون با نام تجارتی Atabron®، 5% EC ساخت کشور ژاپن استفاده شد.

زیست‌سنجی شته مومی کلم

در ابتدا یک آزمون مقدماتی به‌منظور تعیین محدوده غلظت‌های کشنده آفت‌کش مورد نظر انجام گرفت. سپس، غلظت‌های بین این دو غلظت با استفاده از فواصل لگاریتمی محاسبه شدند (Heidary *et al*., 2020). در آزمون اصلی از غلظت‌های ۲۰، ۵۳/۲، ۱۴۱/۴، ۳۷۶/۱، ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و از آب مقطر استریل به‌همراه روغن سیتوویت، به‌عنوان شاهد استفاده شد. زیست‌سنجی به روش پاشش غلظت‌های مورد نظر روی برگ‌های حاوی شته انجام شد. برای انجام آزمایش‌ها، صفحه‌هایی به قطر ۵/۵ سانتی‌متر از برگ‌های کلم پرورش‌یافته در گلخانه تهیه شد. سپس، صفحه‌های برگی حاوی شته‌های بالغ، توسط سمپاش دستی از فاصله ۱۵ سانتی‌متری با ۱۰-۸ فشار اسپری تیمار شدند (Chen, 1990) و درون ظروف پتری به قطر ۸ سانتی‌متر و ارتفاع یک سانتی‌متر قرار گرفتند. روی درب ظروف پتری سوراخی برای تهویه ایجاد شده و با توری نازک پوشانده شد. برای جلوگیری از آب‌گریزی برگ‌ها و پوشش مناسب حشره‌کش از روغن سیتوویت به میزان ۰/۵ در هزار استفاده شد. صفحه‌های برگی در اتاقک رشد در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۵۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. پس از ۲۴ ساعت میزان تلفات شمارش و ثبت شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت.

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش و بررسی فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شته مومی کلم

برای مطالعه فراسنجه‌های زیستی و آماره‌های جدول زندگی شته مومی کلم به گروهی از شته‌های هم‌سن نیاز بود. بدین منظور، از کلنی تشکیل‌شده در گلدان‌ها به‌طور تصادفی

تعداد ۲۰-۳۰ عدد شته بالغ جدا شدند و روی تعدادی از بوته‌های کلم که برای همسن‌سازی شته‌ها اختصاص داده شده بود و در چارچوب‌های توری (برای جلوگیری از نفوذ پارازیتوئیدها) قرار داشتند، به‌منظور پوره‌زایی رهاسازی شدند (Lashkari *et al.*, 2007). بعد از ۲۴ ساعت، حشرات بالغ از بوته حذف شدند و بدین‌ترتیب پوره‌های یک روزه با سن یکسان به‌دست آمد. سپس، این پوره‌ها پرورش یافته و پس از تبدیل شدن به پوره سن چهار، تعداد ۱۰۰ عدد از آن‌ها (روی هر صفحه برگی ۲۰ عدد پوره سن چهار قرار داده و برای هر تیمار پنج صفحه برگی در نظر گرفته شد) انتخاب و در زیست‌سنجی استفاده شدند. صفحه‌های برگی حاوی پوره سن چهار با غلظت LC_{25} آفت‌کش مورد نظر (۱۰۵/۶۰ پی‌پی‌ام) به روش اسپری تیمار شدند. در شاهد نیز از آب مقطر استریل و روغن سیتوویت استفاده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت شته‌های زنده مانده به کمک یک قلم‌موی نرم به صفحه‌های برگ تیمار نشده منتقل شده و در بررسی دموگرافی در شرایط مشابه با شرایط فوق استفاده شدند. اثرات غلظت زیرکشنده این آفت‌کش روی فراسنجه‌های زیستی شته‌های تیمار شده بررسی شد. فراسنجه‌های جدول زندگی برای نسل حاصل از شته‌های تیمار شده تشکیل شد. بدین منظور، روز سوم پوره‌زایی شته‌های بالغ تیمار شده با شاهد و غلظت LC_{25}، تعداد ۸۰ پوره سن یک از آن‌ها جدا شدند و به صفحه‌های برگ جداگانه و عاری از آفت‌کش منتقل شدند و با ثبت زنده‌مانی و تولیدمثل برای مطالعه فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شته مومی کلم استفاده شدند. رشد و نمو و پوره‌زایی شته‌ها به‌صورت روزانه تا زمان مرگ همه آن‌ها مشاهده و ثبت شد و پوره‌ها نیز روزانه پس از شمارش حذف شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

قبل از تجزیه آماری، برای یکنواختی واریانس‌ها، تغییر شکل داده‌ها به $Arcsin\sqrt{x}$ صورت گرفت. تجزیه داده‌ها برای تخمین مقادیر غلظت‌های کشنده و زیرکشنده به روش پروبیت و توسط نرم‌افزار SPSS 26.0 انجام شد (SPSS 2019). در بررسی اثرات زیرکشندگی، داده‌های زنده‌مانی و تولیدمثل ۸۰ پوره سن اول شته ثبت شد و با استفاده از تئوری جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله رشدی، نرم افزار Twosex-MsChart تجزیه شدند (Chi, 2019). محاسبه خطای معیار و مقایسه میانگین‌های فراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از روش Bootstrap محاسبه شده و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot (ver. 12.3) ترسیم شدند.

نتایج

مقادیر غلظت کشنده (LC_{50}) و غلظت زیرکشنده (LC_{25}) آفت‌کش کلرفلوآزورون، ۲۴ ساعت پس از تیمار شته‌های بالغ با حدود اطمینان ۹۵٪ در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر LC_{50} و LC_{25} به‌ترتیب ۵۰۳/۱۶ و ۱۰۵/۶۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های زیستی شته مومی کلم (افراد تیمار شده) نشان داد که غلظت زیرکشنده آفت‌کش کلرفلوآزورون طول دوره رشدی پوره سن چهار را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۲). میانگین طول عمر شته‌های بالغ در شاهد و LC_{25} به‌ترتیب ۱۱/۸۳ و ۶/۹۵ روز بود که در غلظت زیرکشنده نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود. بیشترین و کمترین میانگین کل طول عمر به‌ترتیب در شاهد (۱۲/۷۸ روز) و شته‌های تیمار شده با غلظت LC_{25} (۸/۱۴ روز) محاسبه شدند (جدول ۲). باروری تحت تأثیر تیمار LC_{25} نسبت به شاهد به شدت کاهش یافت (جدول ۲). میانگین طول دوره پوره‌زایی شته‌های بالغ تحت تأثیر غلظت زیرکشنده این آفت‌کش از ۸/۷۸ پوره به ازای هر ماده در شاهد به ۳/۹۸ پوره به ازای هر ماده در LC_{25} کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه پروبیت سمیت کلرفلوآزورون روی شته مومی کلم، *Breavicoryne brassicae* بالغ پس از ۲۴ ساعت

Table 1. Probit analysis of the toxicity of chlorfluazuron against *Brevicoryne brassicae* adults after 24 hours

LC_{25} (ppm)[1]	LC_{50} (ppm)	Slope±SE	Intercept (a)+5	χ^2 (df)	No.
105.604 (50.68-177.18)	503.163 (291.8-1249.65)	0.995±0.201	-2.688+5	1.958 (3)	150

جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های زیستی (میانگین ± خطای معیار) شته مومی کلم تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد

Table 2. Biological characteristics (means ± SE) of *Brevicoryne brassicae* treated with LC_{25} dose of chlorfluazuron in comparison to control treatment

Biological characteristics	Treatments	
	Control	LC_{25}
Nymph 4 duration (days)	1.47±0.06[a]	2.11±0.1[b]
Female adult longevity (days)	11.83±0.34[a]	6.95±0.59[b]
Fecundity (eggs/female)	24.97±0.63[a]	10.55±0.85[b]
Total longevity (days)	12.78±0.42[a]	8.14±0.6[b]
Oviposition period (days)	8.78±0.2[a]	3.98 ±0.3[b]
TPOP (days)	1.48 ±0.06[a]	2.14 ±0.1[b]
APOP (day)	0.00 ±0.00[a]	0.04 ±0.03[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 egg to first oviposition)

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

نتایج مقایسه طول دوره رشد و نمو مراحل مختلف زیستی نتاج حاصل از شته مومی کلم (نسل اول) نشان داد که طول دوره سنین پورگی شامل سن دوم، سوم و چهارم تحت تأثیر حشره‌کش به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. طول دوره رشد پوره سن یک تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. طول مجموع دوره نابالغ در شاهد ۵/۶۵ روز و در غلظت LC_{25}، ۸/۴۲ روز به‌دست آمد (جدول ۳). طول عمر شته‌های بالغ در شاهد و LC_{25} به‌ترتیب ۱۳/۰۱و ۴/۲۵ روز بود که به‌طور معنی‌داری در غلظت زیرکشنده نسبت به شاهد کمتر بود. بیشترین و کمترین میانگین کل طول عمر به‌ترتیب در شاهد (۱۷/۸۹روز) و شته تیمار شده با غلظت LC_{25} (۴/۷۴روز) بود (جدول ۳). باروری در غلظت LC_{25} به‌طور قابل‌توجهی نسبت به شاهد کمتر بود (جدول ۳). بین میانگین طول دوره پوره‌زایی در دو تیمار تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین دوره پوره‌زایی مربوط به شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار LC_{25} بود (جدول ۳). منحنی نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله رشدی (S_{xj}) در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج به‌دست آمده، ماده‌ها در شاهد سه روز زودتر از تیمار ظاهر شدند. طول دوره نابالغ در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد بیشتر بود. امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی (e_{xj}) طول عمر پیش‌بینی‌شده شته‌های کلم در معرض غلظت زیرکشنده حشره‌کش را نشان می‌دهد (شکل ۲).

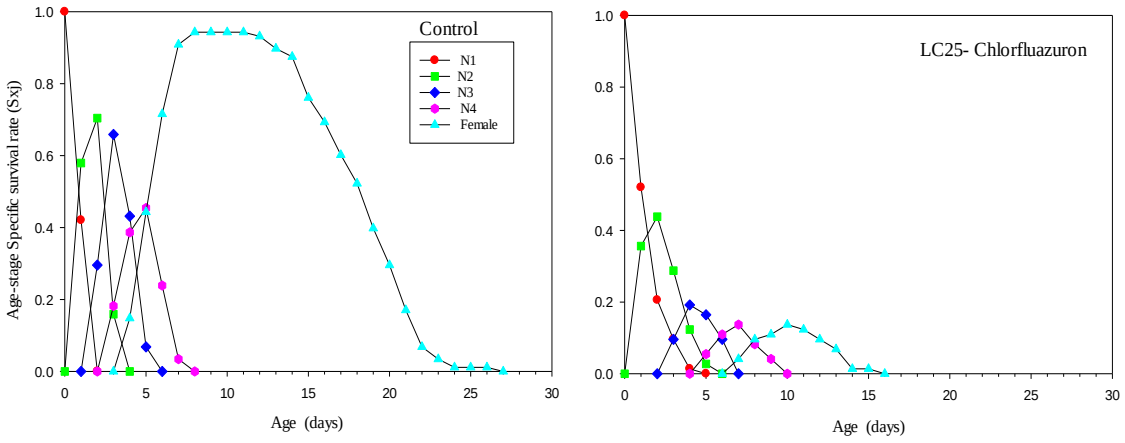
جدول ۳- ویژگی‌های زیستی (میانگین ± خطای معیار) نسل اول حاصل از شته مومی کلم تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد

Table 3. Biological characteristics (means ± SE) of the first generation produced by *Brevicoryne brassicae* treated with LC_{25} dose of chlorfluazuron in comparison to control treatment

Biological characteristics	Treatments	
	Control	LC_{25}
Nymph 1 duration (days)	1.42 ±0.05[a]	1.24 ±0.09[a]
Nymph 2 duration (days)	1.43±0.06[a]	2.47±0.12[b]
Nymph 3 duration (days)	1.48±0.06[a]	2.31±0.13[b]
Nymph 4 duration (days)	1.33 ±0.06[a]	2.33 ±0.19[b]
Female adult longevity (days)	13.01 ±0.35[a]	4.25 ±0.6[b]
Preadult duration (days)	5.65±0.12[a]	8.42±0.34[b]
Fecundity (eggs/female)	25. 08±0.73[a]	3. 33±0.99[b]
Total longevity (days)	17.89±0.46[a]	4.74±0.46[b]
Oviposition period (days)	9.64±0.24[a]	2.78±0.43[b]
TPOP (days)	5.65 ±0.12[a]	9.89 ±0.35[b]
APOP (day)	0.00±0.00[a]	1.67±0.29[b]

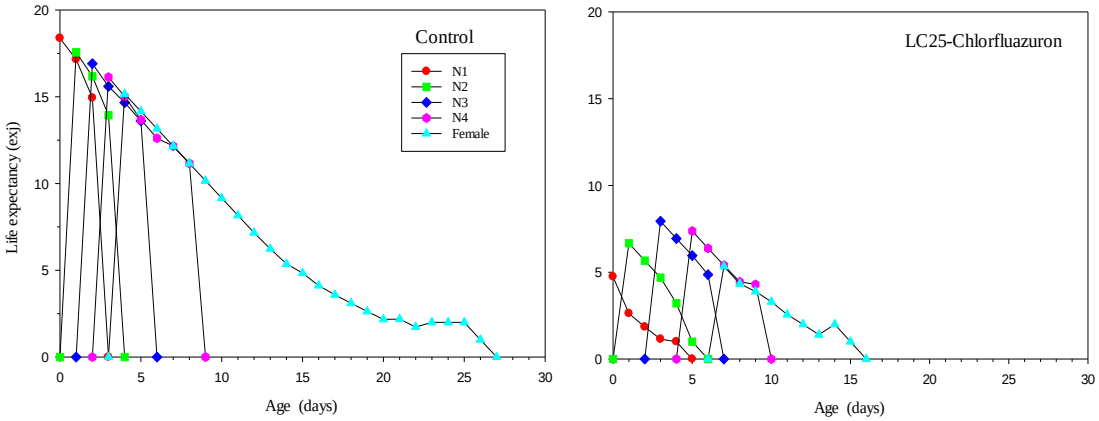
*Different letters in each row indicate a significant difference between treatments (Paired bootstrap test, P<0.05).

روز صفر، امید به زندگی پوره سن یک در شاهد ۱۷/۸۸ روز بود، در صورتی که در غلظت زیرکشنده میزان امید به زندگی کاهش یافته و در روز صفر به ۴/۷۳ رسید. در شاهد اولین فرد ماده ۱۴/۶۶ روز امید به زندگی داشت، در حالی که در غلظت زیرکشنده این رقم به ۵/۳۳ روز کاهش یافت. مراحل نابالغ در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد تحت تأثیر آفت‌کش قرار گرفته و افزایش طول دوره را نشان دادند. شاخص ارزش تولیدمثل ویژه سن-مرحله رشدی (v_{xj}) میزان سهم هر فرد در ایجاد نسل بعد می‌باشد (شکل ۳).



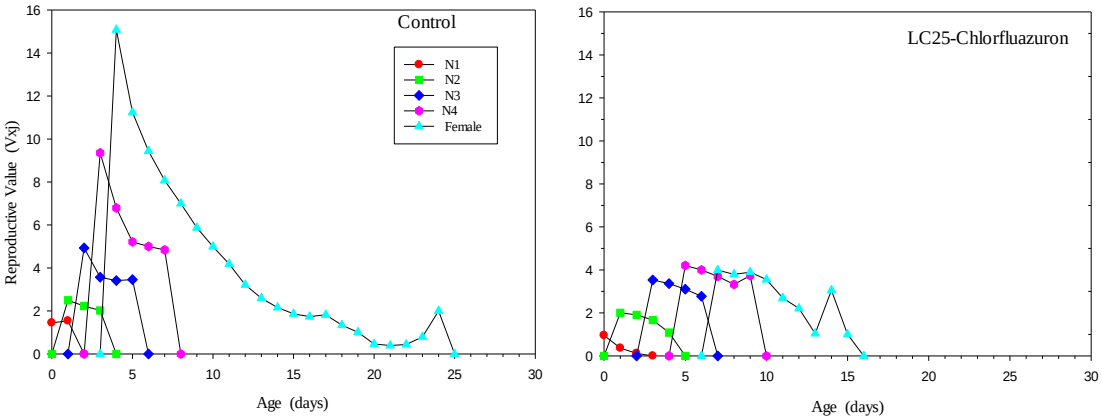
شکل ۱- منحنی زنده‌مانی ویژه سن-مرحله رشدی (S_{xj}) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC_{25} آفت‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد

Figure 1. Age-specific survival curve (S_{xj}) of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by individuals treated with LC_{25} of chlorfluazuron in comparison to control treatment



شکل ۲- منحنی امید به زندگی سن-مرحله رشدی (e_{xj}) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC_{25} آفت‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد

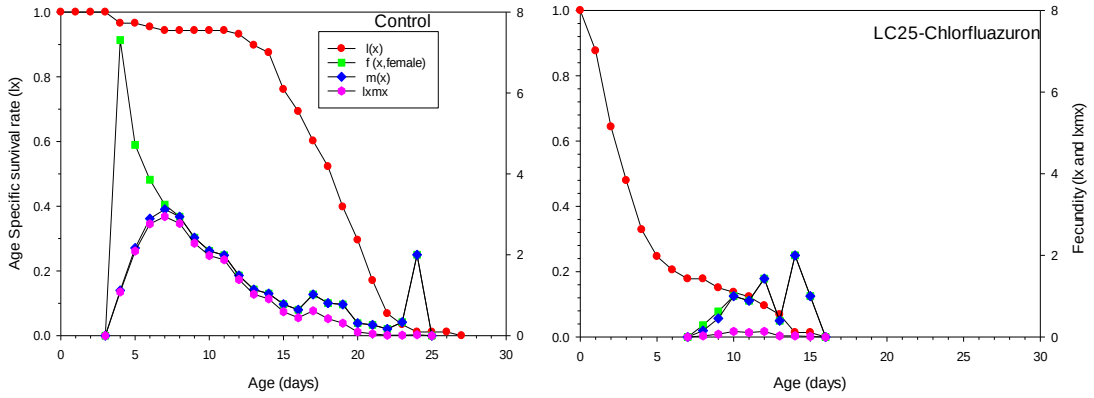
Figure 2. Age-stage life expectancy (e_{xj}) of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by individuals treated with LC_{25} of chlorfluazuron in comparison to control treatment



شکل ۳- منحنی ارزش تولیدمثلی سن-مرحله رشدی (v_{xj}) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC_{25} آفت‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد

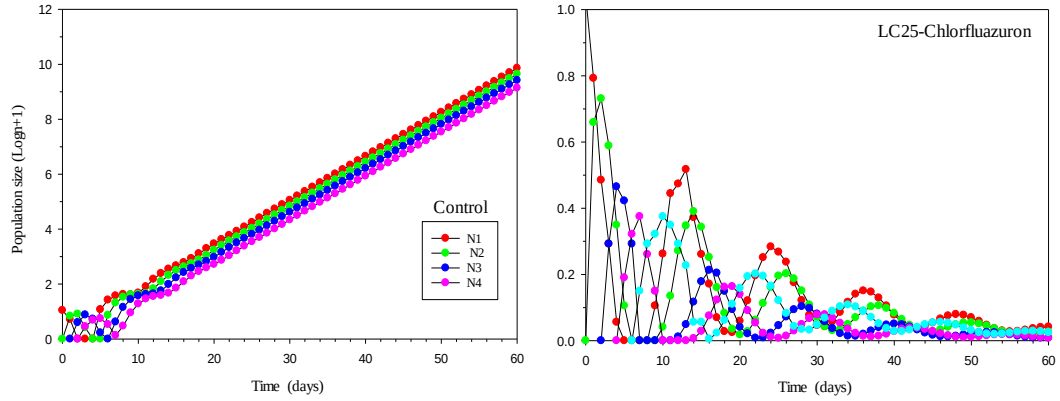
Figure 3. Age-stage reproduction value curve (v_{xj}) of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by individuals treated with LC_{25} of chlorfluazuron in comparison to control treatment

ارزش تولیدمثلی در ماده‌های تیمار شده با غلظت زیرکشنده نسبت به شاهد کاهش داشته و تحت تأثیر حشره‌کش قرار گرفت. ارزش تولیدمثلی مراحل نابالغ نیز در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. با کاهش میزان باروری و زنده‌مانی، به‌تدریج از مقدار این فراسنجه نیز کاسته شده و با رسیدن به مرحله پس از پوره‌زایی این مقدار به صفر رسید. میزان زنده‌مانی (l_x)، باروری ویژه سن-مرحله رشدی (m_x) و تولیدمثل خاص روزانه (l_xm_x) در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت. احتمال زنده‌مانی در تیمار LC_{25} به کمتر از ۱۶ روز رسید، در صورتی‌که مقدار آن در شاهد ۲۶ روز محاسبه شد. بیشترین مقدار باروری برای شاهد ثبت شد که ۷/۳ پوره در روز چهارم بود. باروری در تیمار، ۲ پوره در روز چهارم بود (شکل ۴). پیش‌بینی رشد جمعیت در هر تیمار با در نظر گرفتن یک بازه زمانی ۶۰ روزه صورت گرفت. کمترین سرعت رشد و نمو مراحل مختلف رشدی آفت، در تیمار LC_{25} به‌علت پائین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت مشاهده شد. بالاترین سرعت رشد و نمو در شاهد ثبت شد (شکل ۵).



شکل ۴- منحنی زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سن-مرحله‌ای (m_x) و باروری خالص روزانه (l_xm_x) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC_{25} آفت‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد

Figure 4. Age-specific survival (l_x), age-stage specific fertility (m_x) and age-specific fertility (l_xm_x) curves of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by individuals treated with LC_{25} of chlorfluazuron in comparison to control treatment

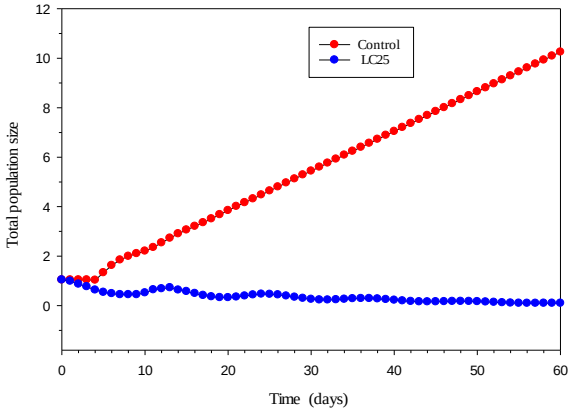


شکل ۵- پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله *Brevicoryne brassicae* تیمار شده با غلظت LC_{25} آفت‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 5. Projection of population growth potential and stage structure of *Brevicoryne brassicae* treated with LC_{25} of chlorfluazuron in comparison to control treatment during 60 days

بالاترین سرعت رشد و نمو در شاهد و کمترین سرعت رشد و نمو در تیمار غلظت مؤید آن است که با کاهش غلظت مورد استفاده می‌توان علاوه بر کاهش میزان آفت‌کش مصرفی، از سرعت رشد جمعیت آفت نیز کاست. کاهش میزان مصرف آفت‌کش، موجب کاهش مخاطرات زیستی، محیطی و پیامدهای ناگوار بر سلامت انسان می‌شود (شکل ۶). فراسنجه‌های رشد جمعیت نتاج حاصل از شته مومی کلم تیمار شده با غلظت LC_{25} آفت‌کش کلرفلوآزورون و شاهد در جدول ۴ نشان داده شده است. کلرفلوآزورون در غلظت LC_{25} به‌طور معنی‌داری میانگین نرخ خالص تولیدمثل (R_0) را در مقایسه با شاهد کاهش داد. نرخ خالص تولیدمثل در شاهد ۲۳/۶۵ و در LC_{25}، ۰/۵۴ پوره به‌ازای هر ماده بود (جدول ۴). نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) نشان دهنده نرخ تغییرات روزانه جمعیت به‌ازای هر فرد از آن جمعیت می‌باشد. مقدار این فراسنجه در شته‌های تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود (جدول ۴). نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در شاهد و LC_{25} به‌ترتیب ۱/۴۴و ۰/۹۵ بر روز بود (جدول ۴). نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) نشان‌دهنده تعداد پوره‌های اضافه شده به جمعیت در طول یک نسل بدون در نظر گرفتن درصد تلفات

است. نتایج به‌دست آمده نشان داد تفاوت معنی‌داری بین مقدار *GRR* در تیمار LC_{25} و شاهد وجود داشت (جدول ۴). میانگین طول یک نسل (*T*) تحت تأثیر حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴).



شکل ۶- رشد جمعیت کل *Brevicoryne brassicae* تیمار شده با غلظت LC_{25} آفت‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 6. Population projection of *Brevicoryne brassicae* (total stage) treated with LC_{25} of chlorfluazuron in comparison to control treatment during 60 days

جدول ۴- فراسنجه‌های رشد جمعیت (میانگین ± خطای معیار) نسل اول حاصل از شته مومی کلم تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با تیمار شاهد

Table 4. Population growth parameters (mean ± SE) of the first generation produced by *Brevicoryne brassicae* treated with LC_{25} dose of chlorfluazuron in comparison to control treatment

	Treatments	
Population parameters	**Control**	**LC_{25}**
Intrinsic rate of increase (*r*) (day^{-1})	0.36±0.009[a]	-0.05±0.03[b]
Finite rate of population increase (λ) (day^{-1})	1.44 ±0.01[a]	0.95 ±0.03[b]
Net reproductive rate (R_0) (offspring)	23.65 ±0.92[a]	0.54 ±0.21[b]
Gross reproductive rate (*GRR*) (offspring)	29. 49±1.51[a]	7. 33±1.93[b]
Mean generation time (*T*) (days)	8.57 ±0.18[a]	12.01±0.41[b]

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

بحث

بر اساس نتایج کشندگی در مطالعه حاضر، غلظت ۵۰۳/۱۶۳ پی‌پی‌ام حشره‌کش کلرفلوآزورون باعث تلفات ۵۰ درصدی جمعیت شته مومی کلم شد. با این حال، در بررسی تأثیر کلرفلوآزورون بر تلفات جمعیت بید کلم *Plutella xylostella* L.، مقدار LC_{50} این حشره‌کش برای سویه‌های CFR و NS بیدکلم به‌ترتیب ۱۹/۹۲ و ۱/۷۹ پی‌پی‌ام به‌دست آمد (Sonoda and Tsumuki, 2005). مقایسه این نتایج نشان می‌دهد که لاروهای شب‌پره پشت الماسی کلم به عنوان هدف اصلی و ثبت شده این حشره‌کش، در برابر کلرفلوآزورون بسیار حساس‌تر از شته مومی کلم هستند. در تحقیقی دیگر، تیمار مزرعه‌ای بید کلم با کلرفلوآزورون در ۵ و ۱۰ روز پس از سم‌پاشی، به‌ترتیب ۷۷ و ۶۲/۷ درصد تلفات نشان داد (Nasiri *et al.*, 2015). نتایج این تحقیق حاکی از کنترل مناسب شته مومی کلم با حشره‌کش کلرفلوآزورون بود و بنابراین می‌توان تلفیق کنترل دو آفت را پیشنهاد کرد. البته این بررسی باید در شرایط مزرعه‌ای تایید شود.

هم‌چنین، پژوهش حاضر نشان داد که آفت‌کش کلرفلوآزورون تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی ویژگی‌های زیستی

و فراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم داشته است. طول عمر، باروری و طول دوره پوره‌زایی شته‌های بالغ، در غلظت LC_{25} به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. به‌طور مشابه نتایج به‌دست آمده توسط طاهری سرحوضکی و صفوی (Taheri Sarhozaki and Safavi, 2014) نشان داد که طول عمر شته‌های بالغ *B. brassicae* در معرض غلظت LC_{25} حشره‌کش‌های تیامتوکسام و تیاکلوپراید به‌ترتیب ۱۱/۶۰ و ۹/۰۵ روز و در معرض غلظت LC_{10} به‌ترتیب ۱۲/۳۵ و ۱۱/۶۵ روز بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد (۱۹/۴۵ روز) داشتند. حیدری و همکاران (Heidary *et al*., 2020) نشان دادند که غلظت‌های زیرکشنده خالص و نانو کپسول اسانس *Thymus daenensis* Celak. به‌طور معنی‌دار باعث کاهش طول عمر و باروری شته‌های بالغ می‌شود. طول عمر شته‌های بالغ در فرمولاسیون‌های خالص و نانو کپسول اسانس به‌ترتیب ۷/۲۴ و ۵/۳۹ روز و باروری به‌ترتیب ۱۲/۹۵ و ۷/۹۴ پوره به‌ازای هر شته بالغ ماده به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند. با استفاده از فراسنجه‌های جدول زندگی مانند R_0، r، λ، GRR و T می‌توان تأثیر آفت‌کش‌های شیمیایی بر روی آفات را برآورد کرد. در بررسی‌های دموگرافیک میزان افزایش ذاتی جمعیت (r)، یکی از فراسنجه‌های مهم برای ارزیابی اثرات زیرکشنده است (Stark and Wennergren, 1995; Banks and Stark, 1998; Kammenga and Laskowski, 2000; Stark and Banks, 2003). در پژوهش حاضر، میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در شاهد ۰/۳۶ بر روز به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری مقدار آن در غلظت LC_{25} کاهش یافت. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) از ۱/۴۴ بر روز در شاهد به ۰/۹۵ بر روز در غلظت زیرکشنده کاهش یافت. نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در شاهد ۲۳/۶۵ پوره به ازای هر فرد به‌دست آمد که مشابه نتایج به‌دست آمده توسط لشکری و همکاران (Lashkari *et al*., 2007) می‌باشد. تحقیق انجام شده توسط لشکری و همکاران (Lashkari *et al*., 2007) کاهش معنی‌داری در فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم تحت تأثیر غلظت LC_{30} از آفت‌کش‌های ایمیداکلوپراید و پی‌متروزین در مقایسه با شاهد نشان داد. مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) به‌ترتیب ۰/۲۷، ۰/۰۷ و ۰/۱۲ بر روز و نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به‌ترتیب ۲۳/۵۴، ۱/۹۹ و ۳/۲۹ پوره به‌ازای هر ماده به‌دست آمد. در تحقیقی دیگر، محمودی و همکاران (Mahmoodi *et al*., 2020) تأثیر غلظت‌های LC_{30} از سه آفت‌کش استامی‌پراید، بوپروفزین و TLC روی فراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم را مورد بررسی قرار دادند. هر سه آفت‌کش به‌طور منفی و معنی‌داری تمام فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی این آفت مانند طول عمر، باروری، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و میانگین طول یک نسل (T) را تحت تأثیر قرار دادند. هم‌چنین، طول دوره رشد سن ۱ تا ۴ پورگی و مجموع کل دوره پیش از بلوغ نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. هم‌سو با پژوهش حاضر، تعداد زیادی از پژوهش‌های انجام گرفته روی شته مومی کلم نشان داده است که بیش‌تر آفت‌کش‌های مورد استفاده طول دوره رشد پیش از بلوغ را افزایش داده‌اند. کاهش طول دوره پیش از بلوغ *B. brassicae* با استفاده از آفت‌کش‌های گیاهی تنداکسیر و پالیزین گزارش شد که این مسأله را می‌توان به نوع آفت‌کش به‌کار برده شده و همچنین، مرحله زندگی شته مومی کلم مورد بررسی مرتبط دانست (Romasi *et al*., 2021). بررسی منابع قبلی گویای آن است که آفت‌کش کلرفلوآزورن روی بیشتر بالپولک‌داران و تعدادی از آفات مکنده کنترل مؤثری داشته است (Hashizum, 1988). ارزیابی اثرات زیرکشنده آفت‌کش کلرفلوآزورون بر تولیدمثل و زنده‌مانی *Spodoptera litura*، وزن بدن حشره را در تمام مراحل رشد و همچنین باروری و تخم‌گذاری افراد بالغ را کاهش داد (Perveen, 2000). حشره‌کش‌های هگزافلومورون، کلرفلوآزورون و لوفنورون به‌ترتیب بیشترین کشندگی را علیه لارو *Helicoverpa armigera* داشتند. هم‌چنین، طول عمر، تخم‌گذاری و وزن لاروها و شفیره‌ها تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده این حشره‌کش‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Khorshidi *et al*., 2019). در تحقیقی دیگر، پویه و همکاران (Pooye *et al*., 2019) نشان دادند که حشره‌کش کلرفلوآزورون با ۶۰ درصد کاهش جمعیت تخم پسیل

معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* و ۶۷/۸۲ درصد کاهش جمعیت پوره این آفت، کنترل قابل قبولی علیه آن داشت. کاربرد مزرعه‌ای کلرفلوآزورون علیه شته نخود فرنگی *Acyrthosiphon pisum* Harris جمعیت این آفت را تا ۴۰ درصد کاهش داد (Karimzadeh *et al.*, 2020). در این تحقیق اثرات حشره‌کش انتخابی کلرفلوآزورون روی *B. brassicae* ارزیابی شد و مشخص شد که این آفت‌کش افراد شته مومی کلم و نتاج آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و کنترل موثری علیه آفات مکنده از جمله شته‌ها نشان می‌دهد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد این حشره‌کش ضمن توصیه سازمان حفظ نباتات کشور برای کنترل بید کلم، حتی در غلظت‌های زیرکشنده در کنترل شته مومی کلم قابل توصیه است. اگرچه برای تایید نتایج آزمایشگاهی در جهت استفاده مؤثر از این آفت‌کش علیه جمعیت شته مومی کلم، انجام آزمایش‌ها در شرایط مزرعه‌ای ضروری است.

References

Acheampong, S. and Stark, J. D. 2004. Effects of the agricultural adjuvant Sylgard 309 and the insecticide pymetrozine on demographic parameters of the aphid parasitoid, *Diaeretiella rapae*. **Sylgard Biological Control** 31: 133-137.

Bank, J. E. and Stark, J. D. 1998. What is ecotoxicology? An adhoc grap bag or an interdisciplinary science? **Intergrative Biology** 5: 195-204.

Blackman, R. L. and Eastop, V. F. 1984. Aphids on the World Crops, An Identification Guide. John Wiley and Sons, New York. pp. 466.

Blackman R. L. and Eastop V. F. 2006. Aphids on Worlds' Herbaceous Plants and Shrubs (Volume 1 host lists and Keys). John Wiley and Sons. London. 1456pp.

Borgorni, P. and Vendramin, J. 2005. Sublethal effect of aqueous extract of *Trichilia* sp. on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) development in maize. **Neotropical Entomology** 34: 311-317.

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

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.

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

Fenoll, J., Ruiz, E., Hellin, P., Lacasa, A. and Flores, P. 2009. Dissipation rates of insecticides and fungicides in peppers grown in greenhouse and under cold storage conditions. **Food Chemistry** 113: 727-732.

Furk, C. and Hines, C. M. 1993. Aspects of insecticide resistance in the melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). **Annals of Applied Biology** 123: 9-17.

Hashizume, B. 1988. Atabron® 5E, a new IGR insecticide (chlorfluazuron). **Japan Pesticide Information** 58: 32-34.

Heidary, M., Jafari, Sh., Karimzadeh, J., Negahban, M. and Shakarami, J. 2020. The effects of pure and nanocapsulated formulations of *Thymus daenensis* Celak. (Lamiaceae) essential oil on life-table parameters of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) (Hem: Aphididae). **Plant Pest Research** 10 (2): 15-32. (In Farsi)

Horowitz, A. R., Ellsworth, P. C. and Ishaaya, I. 2009. Biorational pest control: an overview. In: I. Ishaaya, AR. Horowitz, editors. Biorational control of arthropod pest: application and resistance management. Heidelberg, Springer, pp. 1-20.

Hughes, R. D. 1963. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). **The Journal of Animal Ecology** 393-424.

Ishaaya, I., Kontsedalov, S. and Horowitz, A. R. 2005. Biorational insecticide: mechanism and ceoss-resistance. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology** 58: 192-199.

Ishaaya, I., Navon, A. and Gurevitz, E. 1986. Comparative toxicity of chlorfluazuron (IKI-7899) and cypermethrin to *Spodoptera littoralis*, *Lobesia botrana* and *Drosophila melanogaster*. **Crop Protection** 5 (6): 385-388.

Kammenga, J. and Laskowski, R. 2000. Demography in ecotoxicology. John Wiley and Sons, Chichester, UK. pp. 298.

Karimzadeh, R., Kazemi, F. and Hejazi, M. J. 2020. Compatibility of *Beauveria bassiana* (Balsamo) with some biorational insecticides, and their effects on four species of pests and natural enemies in alfalfa fields. **Iranian Journal of Plant Protection Science** 50 (2): 235-247. (In Farsi)

Khorshidi, M., Abad, R. F. P., Saber, M. and Zibaee, A. 2019. Effects of hexaflumuron, lufenuron and chlorfluazuron on certain biological and physiological parameters of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology** 21: 101270.

Lashkari, M. R., Sahragard, A. and Ghadamyari, M. 2007. Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brussica napus* L. **Insect Science** 14: 207-212.

Mahmoodi, L., Mehrkhou, F., Guz, N., Forozan, M. and Atlihan, N. 2020. Sublethal effects of three insecticides on fitness parameters and population projection of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). **Jornal of Economic Entomology** 113 (6): 2713-2722.

Nasiri, R., Karimzadeh, J. and Jalalizand, A. R. 2015. Comparison of the several biological, hormonal and chemical insecticides on Diamond Back Moth (DBM). **IAU Entomological Research Journal** 7 (1): 51-59. (In Farsi)

Omirou, M., Vryzas, Z., Papadopoulou-Mourkidou, E. and Economou, A. 2009. Dissipation rates of iprodione and thiacloprid during tomato production in greenhouse. **Food Chemistry** 116: 499-504.

Perveen, F. 2000. Sublethal effects of chlorfluazuron on reproductivity and viability of *Spodoptera litura* (F.) (Lep., Noctuidae). **Journal of Applied Entomology** 124: 223-231.

Pooye, E., Sheibani, Z. and Hasani, M. R. 2019. Effect of different insecticides on eggs and nymphs of *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Aphalaridae) under field conditions. **Journal of Applied Research in Plant Protection** 8 (1): 19-31. (In Farsi)

Rahmani, S. and Bandani, A. R. 2013. Sublethal concentrations of thiamethoxam adversely affect life table parameters of the aphid predator, *Hippodamia variegate* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). **Crop Protectection** 54: 168-175.

Romasi, F., Vahedi, H., Moeeni Naghadeh, M. and Mahmoudvand, M. 2021. The effects of botanical insecticides palizin® and tondexir® on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. under laboratory conditions. **Plant Protection** 43 (4): 71-89.

Saldo, S. and Szpyrka, E. 2009. Ecotoxicological view of protection of apple orchards against insect pests in Poland. **Pestycydy/Pesticides** (1-4): 15:26.

Sanil, D. and Shetty, N. J. 2012. The effect of sublethal exposure to temephos and propoxur on reproductive fitness and its influence on circadian rhythms of pupation and adult emergence in *Anopheles stephensi* Liston-amalaria vector. **Parasitology Research** 111: 423-432.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. and Mosaddegh, M. S. 2014. Effects of buprofezin and imidacloprid on the functional response of *Eretmocerus mundus* Mercet. **Plant Protection Science** 50: 145-150.

Sonoda, S. and Tsumuki, H. 2005. Studies on glutathione S-transferase gene involved in chlorfluazuron resistance of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 82: 94-101.

Stark, J. D. and Rangus, T. M. 1994. Lethal and Sublethal effects of the neem insecticide formulation, 'Margosan-O', on the pea aphid. **Pesticide Science** 41: 155-160.

Stark, J. D. and Wennergren, U. 1995. Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies? **Journal of Economic Entomology** 88: 1089-1096.

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

Tadeo, L. 2008. Analysis of pesticides in food and environmental samples. **CRC Press Taylor and Francis Group an Informa Business**, pp. 382.

Taheri-Sarhozaki, M. and 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.

Vattikonda, S. R. and Sangam, S. R. 2017. Effect of forskolin on the growth and differentiation of the ovary of *Papilio demoleus* L. (Lepidoptera: Papilionidae). **International Research Journal of Environmental Sciences** 6: 13-17.

Vojoudi, S. and Saber, M. 2013. Lethal and sublethal effects of thiacloprid on survival, growth and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Archives of Phytopathology and Plant Protection** 46: 1769-1774.

Plant Pest Research
2022- 12 (2): 21-34

Research paper

Biological parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, encountering the sublethal concentration (LC_{25}) of chlorfluazuron

H. Rajabi[1], S. A. Safavi[1*] and M. Fourouzan[2]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, 2. Agricultural and natural resources research center of west Azarbaijan, AREEO, Urmia, Iran

(Received: May 20, 2022- Accepted: July 27, 2022)

Abstract

Brevicoryne brassicae (L.) is one of the important and economic pests of Cole crops in Iran. One of the main methods to protect plants against aphids is using chemical pesticides. In this study, the sublethal effects of Chlorfluazuron was evaluated on the population growth parameters of cabbage aphid under greenhouse condition. The method used in the experiments was insecticide spraying on the leaves containing aphids. LC_{25} (105.60 ppm) concentration was used to investigate the sublethal effect of insecticides on aphid. The results showed that lifespan/longevity and fertility of the treated adult aphids were significantly affected by the sublethal concentration. Total longevity reduced from 12.78 days in control treatment to 8.14 days in sublethal concentration. The results of present study indicated that sublethal concentration also affected progeny of treated adult aphids. Accordingly, the sublethal concentration of the studied insecticide decreased the values of the intrinsic rate of increase (r) compared to the control treatment. Other population growth parameters such as net reproductive rate (R_0), finite rate of increase (λ) and gross reproductive rate (GRR) were also significantly lower than the control. Decreasing the growth rate in sublethal treatment increased mean generation time (T). Based on research findings, Chlorfluazuron can be suitable for use in the management of the cabbage aphid, other than the recommended pest (diamondback moth).

Key words: Cabbage aphid, Chlorfluazuron, Intrinsic rate of increase, Sublethal effects

*Corresponding author: a.safavi@urmia.ac.ir