گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)
جلد ٤٥، شماره ٤، زمستان ١٤٠١

10.22055/ppr.2022.17991

بررسی فراسنجه‌های جدول زیستی شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش ماترین

وحید امیرفنک[1]، سید علی صفوی[2*] و مریم فروزان[3]

۱- کارشناسی ارشد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- *نویسنده مسوول: استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (a.safavi@urmia.ac.ir)

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۶

چکیده

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* یکی از جدّی‌ترین آفات کلم در جهان است. این آفت از برگ‌ها و بیشتر از برگ‌های میانی گیاه میزبان خود تغذیه می‌کند. شته‌ها به رغم داشتن دشمنان طبیعی فراوان، به خاطر زاد و ولد سریع، به وسیله دشمنان طبیعی به طور کامل کنترل نمی‌شوند. کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی از روش‌های مهم مورد استفاده برای کنترل شته‌ها هستند. کاربرد یک آفت‌کش برای کنترل چند آفت می‌تواند هزینه‌ها و دفعات سمپاشی را کاهش دهد. در این پژوهش، اثرت کشنده و زیرکشنده حشره‌کش ماترین که دارای عملکرد تماسی و گوارشی است، روی شته مومی کلم در شرایط آزمایشگاهی با روش غوطه‌ور کردن دیسک‌های برگی حامل شته در داخل محلول حشره‌کش مورد بررسی قرار گرفت. مقدار LC_{50} حشره‌کش ماترین برای افراد بالغ شته مومی کلم بعد از ۲۴ ساعت ۸۳/۳۳ میکرولیتر بر میلی‌لیتر بدست آمد و برای برآورد اثرات زیرکشندگی ماترین روی فراسنجه‌های زیستی شته مومی کلم از غلظت LC_{25} (۳۰/۱۱ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) استفاده شد. آزمایش‌ها روی گیاه کلم واریته *acephala* انجام گرفت. یکی از روش‌های رایج بررسی اثرات غیرکشندگی حشره‌کش‌ها، استفاده از فراسنجه‌های جدول زندگی برای ارزیابی سمیت است. نتایج این تحقیق نشان داد که طول عمر و باروری شته‌های بالغ در غلظت زیرکشنده حشره‌کش نسبت به شاهد (آب مقطر و سیتوویت) به طور معنی‌داری کمتر بود. میانگین طول دوره پوره‌زایی شته‌های بالغ تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده این حشره‌کش از ۸/۹۲ روز در شاهد به ۳/۷۹ روز در LC_{25} کاهش یافت. همچنین غلظت زیرکشنده ماترین، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) از ۲۳/۹۶ پوره به ازای هر ماده در هر نسل در تیمار شاهد را به ۳/۲۶ پوره کاهش داد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در غلظت زیرکشنده ۰/۳۶ برروز و در شاهد ۰/۱ برروز ثبت شد. سایر فراسنجه‌ها مانند نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) نیز به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر شدند. میانگین طول یک نسل (T) تحت تأثیر حشره‌کش ماترین نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج تحقیق حاضر در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که این حشره‌کش اثرهای کشنده و زیرکشنده قابل ملاحظه‌ای روی شته مومی کلم دارد. لذا حشره‌کش گیاهی ماترین می‌تواند در برنامه‌های مدیریت شته مومی کلم نیز مورد توجه قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: جدول زندگی، اثرات زیرکشنده، زیست‌سنجی، حشره‌کش گیاهی

دبیر تخصصی: دکتر آرش راسخ

Citation: Amirfanak, V., Safavi, S. A. & Forouzan, M. (2023). Study on the life table parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) influenced by sublethal concentrations of the matrine. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *45*(4), 19-35. https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17991.

مقدمه

محصولات کلم، از جمله کلم معمولی، کلم بروکلی، کلم بروکسل، گل کلم و خردل از خانواده چلیپائیان هستند و تقریباً در همه کشورهای جهان از جمله ایران کشت می‌شوند (Ayaz et al., 2006; Mehrkhou et al., 2013). شته مومی کلم (Hemipetra: Aphididae) *Brevicoryne brassicae* (L.) یکی از جدی‌ترین آفات کلم در جهان است (Moharramipour et al., 2003). که در بیشتر نقاط ایران به ویژه در مناطق مرکزی وجود دارد (Khanjani, 2007). این آفت جمعیت زیادی روی برگ‌ها، ساقه‌ها و جوانه‌ها ایجاد کرده و با مکیدن شیره گیاهی سبب پیچیدگی برگ‌ها می‌شود. هم‌چنین، از طریق انتقال بیش از ۲۰ نوع ویروس بیمارگر به صورت غیرمستقیم نیز به گیاهان خسارت وارد می‌کند (Blackman & Eastop, 2000; Sarwa, 2017). این آفت از برگ‌ها و بیشتر از برگ‌های میانی گیاه میزبان خود تغذیه می‌کند (Hines & Hutchison, 2013). آلودگی شدید این آفت تولید کلم را ۷۰ تا ۸۰ درصد کاهش می‌دهد (Rustamani et al., 1988; Khattak et al., 2002). شته‌ها به رغم داشتن دشمنان طبیعی فراوان، به خاطر زاد و ولد سریع، به وسیله دشمنان طبیعی به طور کامل کنترل نمی‌شوند (van Emden & Harrington, 2007).

حشره‌کش‌های شیمیایی از ابزار مهم مورد استفاده برای کنترل شته‌ها هستند (Tawfiq et al., 2010). گسترش مقاومت در آفات مکنده نسبت به آفت‌کش‌ها به دنبال استفاده نامناسب از این ترکیبات از عمده‌ترین مشکلات کشاورزی است. آفت‌کش‌های موجود در مدیریت کنترل آفات باید در چهارچوب مدیریت مقاومت به حشره‌کش‌ها طوری استفاده شوند که باعث به‌تعویق انداختن تحمل و مقاومت آفات به حشره‌کش‌ها گردد (Georghiou, 1986). حشره‌کش‌های گیاهی در مدیریت آفات مختلف گیاهان زراعی مؤثر هستند، ارزان هستند، به‌راحتی تجزیه می‌شوند، روش‌های عمل متفاوتی دارند، منابع آن‌ها به راحتی در دسترس هستند و سمیت کمی برای موجودات غیرهدف دارند (Lengai et al., 2020). استفاده از حشره‌کش‌های گیاهی به‌عنوان یک برنامه مدیریت یکپارچه حشرات می‌تواند تا حد زیادی کاربرد حشره‌کش‌های مصنوعی را کاهش دهد (Hikal et al., 2017). یکی از مهمترین روش‌های کنترل شته مومی کلم، استفاده از کنترل شیمیایی است و کاربرد یک آفت‌کش برای کنترل چند آفت می‌تواند هزینه‌ها و زمان سمپاشی را کاهش دهد. ماترین یک آلکالوئید کینولیزیدین[1] است که از ریشه گیاهان *Sophora flavescens* Aiton و *Sophora alopecuroides* L. گرفته شده است (Mao & Henderson, 2007). این آفت‌کش، یک حشره‌کش گیاهی با عملکرد تماسی و گوارشی است (Akdeniz & Ozmen, 2011)، و به عنوان یک ماده سنتی چینی در دفع آفات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Zhang et al., 2012). نیمه عمر آلکالوئید ماترین هفت روز است، یعنی نسبتاً سریع در محیط تخریب می‌شود (Xiang et al., 2012). در سال‌های اخیر، ماترین به صورت مجزا یا مخلوط با سایر عصاره‌های گیاهی و آفت‌کش‌های مصنوعی برای کنترل موریانه‌ها، شته‌ها، کرم‌ها و کنه‌ها و بیماری‌های قارچی، باکتریایی و نماتدها در مناطق مختلف چین در تولید سبزیجات، میوه‌ها، گل و چای مورد استفاده قرار گرفته است (Yang & Zhao, 2006; Mao & Henderson, 2007; Wang et al., 2007). این حشره‌کش برای کنترل کرم

1- Qinolizidine

ساقه‌خوار برنج، بیدکلم و پسیل پسته به‌وسیله سازمان حفظ نباتات کشور به ثبت رسیده است. علاوه بر سمیت، ماترین فعالیت‌های ضدتغذیه‌ای علیه موریانه چوب‌خوار (*Coptotermes formosanus* Shiraki) و کنه تارعنکبوتی (*Tetranychus urticae* Koch) نشان داده است (Mao & Henderson, 2007; Bakr et al., 2012). هم‌چنین اثر یک فرمول شیمیایی (KNI3126) بر اساس مخلوطی از روغن ماترین و چریش در کنترل لارو شب‌پره پشت الماسی کلم و چند آفت زننده – مکنده از جمله شته پنبه، تریپس خرما و کنه تارتن دونقطه‌ای بررسی شد که اثر آفت‌کشی آن علیه شته پنبه و لارو شب‌پره پشت الماسی بیش از ۹۵ درصد گزارش شد. این نتیجه عملکرد سمی و بیولوژیکی ماترین در بندپایان گیاه‌خوار با عادات تغذیه‌ای متفاوت را تأیید می‌کند (Hwang et al., 2009). همچنین در مقایسه کارایی چند حشره‌کش برای کنترل کرم غوزه پنبه (*Helicoverpa armigera* Hübner) در شرایط مزرعه حشره‌کش ماترین توانست حدود ۵۰ درصد کنترل نسبت به شاهد در جمعیت این آفت ایجاد کند (Bagheri et al., 2021). تأثیر حشره‌کش‌های مختلف روی کشندگی شته مومی کلم نشان داد در بررسی تأثیر حشره‌کش‌های تیامتوکسام و دینوتفوران روی این آفت، تیامتوکسام در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای اثر سمیت بالایی نسبت به حشره‌کش دینوتفوران روی شته مومی کلم در مزارع کلزا داشت (Mohamed et al., 2015). در تحقیقی نیز علی‌زاده و صفوی نشان دادند که حشره‌کش تیامتوکسام+ لامبداسای هالوترین برای حشرات کامل و پوره‌های شته مومی کلم در روش‌های سیستمیک و تماسی نسبت به حشره‌کش‌های اسپیروتترامات، اسپیرومسیفن و آزادیراختین از قدرت کشندگی بالاتری برخوردار هستند (Alizadeh & Safavi, 2019). در بررسی تأثیر سیستمیک آزادیراختین بر رشد، تولیدمثل و تلفات شته مومی کلم مشخص شد که کاربرد این حشره‌کش از طریق ریشه سبب کاهش باروری و افزایش تلفات شته‌هایی شد که از این گیاه تغذیه کرده بودند و با افزایش غلظت حشره‌کش این اثر تشدید شد (Pavel et al., 2004).

یکی از روش‌های رایج بررسی اثرات غیرکشندگی حشره‌کش‌ها، سم‌شناسی دموگرافیک است که در این روش از فراسنجه‌های جدول زندگی و رشدی جمعیت برای ارزیابی سمیت استفاده می‌کند. به دلیل کاربرد حشره‌کش‌ها در مزارع، آفات تحت تأثیر غلظت‌های متفاوتی از حشره‌کش‌ها قرار می‌گیرند که چنین غلظت‌هایی نتایج اکولوژیکی و بیولوژیکی به همراه دارد (Stark & Banks, 2003; Zhao et al., 2018). جداول زندگی باروری با برآورد آماره‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، میانگین طول مدت یک نسل (T)، و نرخ افزایش متناهی جمعیت (λ) برای توصیف زمان رشد و نمو و نرخ بقای هر مرحله‌ی رشدی، پیش‌بینی اندازه جمعیت یک آفت و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص استفاده می‌شوند (Ansari et al., 2014). تأثیر حشره‌کش‌های شیمیایی و گیاهی مختلف بر فراسنجه‌های جمعیت شته مومی کلم بررسی شده است. در تحقیقی حشره‌کش‌های گیاهی تنداکسیر و پالیزین باعث کاهش معنی‌دار مقادیر فراسنجه‌های جدول زندگی شته کلم در مقایسه با شاهد شدند (Romasi et al., 2021). در پژوهش دیگری قرار گرفتن شته‌های بالغ تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌های استامی‌پراید، بوپروفزین و حشره‌کش ترکیبی تیامتوکسام لامبداسای هالوترین (TLC) باعث کاهش میزان فراسنجه‌های رشد جمعیت و افزایش میانگین طول یک نسل شته مومی کلم شد (Mahmmodi et al., 2020). هم‌چنین، در بررسی کارایی حشره‌کش‌های تیاکلوپراید و تیامتوکسام بر

فراسنجه‌های جمعیت این آفت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولیدمثل و نرخ متناهی افزایش جمعیت در جمعیت تیمار شده با این حشره‌کش‌ها نسبت به شاهد کمتر بود (Taheri Sarhozaki & Safavi, 2014a,b).

با توجه به اهمیت موضوع و اجتناب‌ناپذیر بودن کاربرد حشره‌کش‌ها در کنترل شته مومی کلم و توصیه حشره‌کش ماترین برای کنترل بید کلم از سوی سازمان حفظ نباتات کشور از یک طرف، و عدم وجود بررسی تأثیر آن روی شته مومی کلم از طرف دیگر، ارزیابی اثر کشنده و زیرکشنده و امکان استفاده از حشره‌کش مذکور در کنترل و کاهش جمعیت شته مومی کلم هدف این مطالعه قرار گرفت.

مواد روش‌ها

پرورش گیاه و حشرات مورد آزمایش

گیاه کلم زینتی (*Brassica oleracea* var. acephala) به عنوان میزبان برای پرورش شته مومی کلم استفاده شد. این گیاهان از فضای سبز سازمان شهرداری و همچنین گلخانه‌های اطراف شهر ارومیه تهیه شدند که در ۵۰ گلدان سفالی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر کشت شدند. گلدان‌ها در شرایط گلخانه بخش حشره‌شناسی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) قرار گرفتند و یک روز در میان آبیاری شدند. این گیاهان برای تشکیل جمعیت اولیه برای آزمایش‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفتند. شته‌ها از روی گیاهان کلم کشت شده در مزارع شهرستان ارومیه جمع‌آوری شد و بعد از شناسایی (Blackman & Eastop, 2006)، روی گیاهان گلدانی در شرایط گلخانه با شرایط فوق رهاسازی و تکثیر شدند و در تمامی آزمایش‌ها استفاده شدند.

حشره‌کش مورد استفاده در آزمایش

حشره‌کش ارگانیک ماترین با نام تجاری روی‌آگرو[1]، حشره‌کش تماسی و گوارشی، 0.6% SL، ساخت کشور چین زیر نظر Ecocert فرانسه، در این تحقیق استفاده شد.

زیست‌سنجی

آزمایش‌های غوطه‌وری برگ با کمی تغییر طبق روش لوری و همکاران (Lowery et al., 2005) صورت گرفت. بدین منظور از برگ‌های کلم پرورش‌یافته در گلخانه، دیسک‌هایی به قطر ۵/۵ سانتی‌متر تهیه شد و درون ظروف پتری به قطر هشت سانتی‌متر و ارتفاع یک سانتی‌متر قرار گرفت که روی درب آنها سوراخی به اندازه پنج سانتی‌متر جهت تهویه ایجاد شده و با توری نازک پوشانده شده بود. با استفاده از قلم موی نرم روی هر دیسک برگی ۱۰ عدد پوره سن چهار قرار داده شد. این برگ‌ها به مدت ۱۰ ثانیه در محلول‌های حشره‌کش غوطه‌ور شدند برای جلوگیری از آب‌گریزی برگ‌ها و قرارگیری مناسب آفت‌کش روی گیاه کلم از روغن سیتوویت به میزان ۰/۲ در هزار (Taheri sarhozaki & Safavi, 2014a) محلول حشره‌کش استفاده شد. زیست‌سنجی مقدماتی با در نظر گرفتن غلظت توصیه شده روی برچسب حشره‌کش انجام شد که برای محصول کلم یک لیتر در هزار بود. سپس پنج غلظت که در حشرات مورد آزمایش تلفات بین ۲۰ تا ۸۰ درصد را ایجاد نمودند، برای زیست‌سنجی اصلی انتخاب گردید. غلظت‌های میانی از طریق فاصله لگاریتمی به دست آمد و در آزمون اصلی از غلظت‌های ۱۲، ۲۸/۸، ۶۹/۳، ۱۶۶/۵، ۴۰۰ میکرولیتر بر میلی‌لیتر و شاهد (آب مقطر سترون و سیتوویت ۰/۵ در هزار) استفاده شد. دیسک‌های برگی حاوی ۱۰ عدد پوره سن چهار به اتاقک رشد با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۵۰ درصد و دوره نوری با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل و پس

1- Ruiagro

از ۲۴ ساعت تلفات آن‌ها محاسبه شد. معیار مرگ پوره‌ها عدم تکان دادن پاها و شاخک‌ها با تحریک قلم‌مو بود. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت.

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش ماترین بر فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شته مومی کلم

برای برآورد اثرات زیرکشندگی ماترین روی فراسنجه‌های زیستی شته مومی کلم از غلظت LC_{25} استفاده شد. بر اساس زیست‌سنجی انجام شده، مقدار این غلظت برای حشره‌کش ماترین ۳۰/۱۱ میکرولیتر بر میلی‌لیتر به‌دست آمد. برای داشتن شته‌های بالغ هم‌سن، از جمعیت تشکیل شده در گلدان‌ها به طور تصادفی تعدادی شته بالغ جدا شدند و به مدت ۲۴ ساعت برای پوره‌زایی روی تعدادی از بوته‌های کلم بدون آفت در داخل چارچوب‌های محصور با توری رهاسازی شدند (Lashkari et al., 2007). یک روز بعد حشرات بالغ از بوته حذف شدند و بدین ترتیب پوره‌های یک‌روزه با سن یکسان به‌دست آمد. سپس این پوره‌ها پرورش یافته و بلافاصله پس از تبدیل شدن به پوره سن چهار در زیست‌سنجی استفاده شدند. تعداد ۱۰۰ عدد پوره سن چهار (پنج دیسک برگی و روی هر دیسک ۲۰ عدد پوره سن چهار) در نظر گرفته شد. سپس دیسک‌های برگی حامل پوره‌های سن چهار با غلظت LC_{25} حشره‌کش حاوی سیتوویت به روش غوطه‌وری (پنج ثانیه) تیمار شدند. در شاهد نیز از آب مقطر و سیتوویت به میزان ۰/۲ در هزار استفاده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، شته‌های زنده مانده به کمک قلم‌موی ظریفی به دیسک‌های برگی تیمار نشده منتقل شده و پس از تبدیل شدن به شته بالغ خصوصیات زیستی آنها شامل زنده‌مانی و پوره‌زایی روزانه تا زمان مرگ بررسی شد. اثرات زیرکشنده حشره‌کش ماترین روی فراسنجه‌های زیستی نتاج حاصل از شته‌های تیمار شده (نسل اول) نیز بررسی شد. بدین منظور، تعداد ۸۰ عدد پوره سن یک تولید شده به‌وسیله ماده‌های تیمار شده با غلظت LC_{25} ماترین و شاهد به طور تصادفی جدا شدند و با استفاده از قلم‌موی ظریفی به دیسک‌های برگی جداگانه و عاری از حشره‌کش منتقل شدند. این دیسک‌ها در شرایط مذکور برای مطالعه‌های دموگرافی نگهداری شدند. این دیسک‌ها هر ۴۸ ساعت یک‌بار تعویض شدند. میزان تلفات و تولیدمثل شته‌های نسل اول تا زمان مرگ همه آن‌ها بصورت روزانه ثبت شد و پوره‌های تولید شده نیز روزانه پس از شمارش حذف شدند.

تجزیه داده‌ها

تجزیه داده‌ها برای تخمین مقادیر مختلف غلظت کشنده با استفاده از روش پروبیت نرم‌افزار SPSS انجام گرفت (SPSS, 2019). هم‌چنین، داده‌های حاصل از جدول زندگی، بر اساس تئوری جدول زندگی دو جنسی سن- مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار TwoSex-MsChart تجزیه شدند (Chi & Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2020). میانگین و خطای استاندارد فراسنجه‌های جدول زندگی، با استفاده از روش paired Bootstrap محاسبه شده و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات (Ver. 12.3) صورت گرفت.

نتایج

مقادیر غلظت کشنده (LC_{50}) و غلظت زیرکشنده (LC_{25}) حشره‌کش ماترین با روش غوطه‌وری، ۲۴ ساعت پس از تیمار شته‌های بالغ با حدود اطمینان ۹۵٪ در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر LC_{50} و LC_{25} به ترتیب ۸۳/۳۳ و ۳۰/۱۱ میکرولیتر بر میلی‌لیتر به دست آمد.

نتایج مقایسه طول دوره رشد و نمو مراحل مختلف زیستی نسل تیمار شده شته مومی کلم نشان داد که طول دوره سن چهار پورگی تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش به‌صورت معنی‌دار افزایش یافت (جدول ۲).

جدول ۱- سمیت حشره‌کش ماترین روی حشرات کامل شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* پس از ۲۴ ساعت

Table 1. Toxicity of matrine on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* adults after 24 hours

LC_{25} (µl/ml)	LC_{50} (µl/ml)	Slope ± SE	χ^2(df)	No.
30.117 (17.37-43.72)*	83.335 (58.976-121.117)	1.526±0.236	3.783(3)	180

*: confidence intervals

جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های زیستی (میانگین ± خطای معیار) شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش ماترین در مقایسه با حشراتی که در معرض آفت‌کش قرار نگرفته‌اند.

Table 2. Biological characteristics (Mean ± SE) of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* treated with LC_{25} concentration of matrine in comparison with insects that have not been exposed to insecticide.

Life-history parameter	Treatments		P-value
	Control	LC_{25}	
Nymph 4 duration (days)	1.45±0.06[b]	1.71±0.08[a]	0.018
Female adult longevity (days)	12.43±0.32[a]	5.08 ±0.46[b]	<0.0001
Fecundity (nymphs/female)	25.27±0.64[a]	11. 33±0.95[b]	<0.0001
Oviposition Period (days)	8.92±0.2[a]	3.79 ±0.31[b]	<0.0001
TPOP (days)	1.45 ±0.06[b]	1.79 ±0.08[a]	0.002
APOP (days)	0.00 ±0.00[a]	0.04 ±0.02[a]	0.096

*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)

طول عمر شته‌های بالغ در شاهد و LC_{25} به ترتیب ۱۲/۴۳ و ۵/۰۸ روز بود که به طور معنی‌داری در غلظت زیرکشنده حشره‌کش نسبت به شاهد کمتر بود. میانگین کل طول عمر بالغ در شاهد ۱۳/۳۴ روز و در شته‌های تیمار شده با غلظت LC_{25} کمتر از نصف آن (۶/۴۲ روز) به‌دست آمد. باروری نیز که مقدار آن در شاهد از۲۵/۲۷ پوره به ازای هر ماده بود ۱۱/۳۳در تیمار LC_{25} کاهش یافت. همچنین میانگین طول دوره پوره‌زایی شته‌های بالغ نیز در تیمار زیرکشنده این حشره‌کش از ۸/۹۲ روز در شاهد به ۳/۷۹ روز در LC_{25} کاهش یافت (جدول ۲). بررسی طول دوره رشد و نمو مراحل مختلف زیستی در نسل اول شته مومی کلم نشان داد که طول دوره سنین پورگی شامل سن دوم، سوم و چهارم تحت تأثیر حشره‌کش به طور معنی‌داری افزایش یافت. اما طول دوره رشد پوره سن یک تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۳). طول دوره نابالغ در شاهد ۵/۶۳ روز و در غلظت LC_{25}، ۷/۷۵ روز به دست آمد. طول عمر شته‌های بالغ در شاهد و تیمار LC_{25} به‌ترتیب ۱۳/۴۵ و ۵/۷۵ روز بود که به طور معنی‌داری در غلظت زیرکشنده ماترین نسبت به شاهد کمتر بود. بیشترین و کم‌ترین میانگین کل طول عمر به ترتیب در شاهد (۱۸/۲۷ روز) و شته تیمار شده با غلظت LC_{25} (۷/۹ روز) بود. باروری در غلظت LC_{25} به طور قابل توجهی نسبت به شاهد کمتر بود. بین میانگین طول دوره پوره‌زایی دو تیمار تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که مقدار آن از ۹/۷۱ روز در شاهد به ۳/۳۷ روز در تیمار LC_{25} کاهش یافت. طول دوره پوره‌زایی در شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از آن در تیمار LC_{25} بود (جدول ۳).

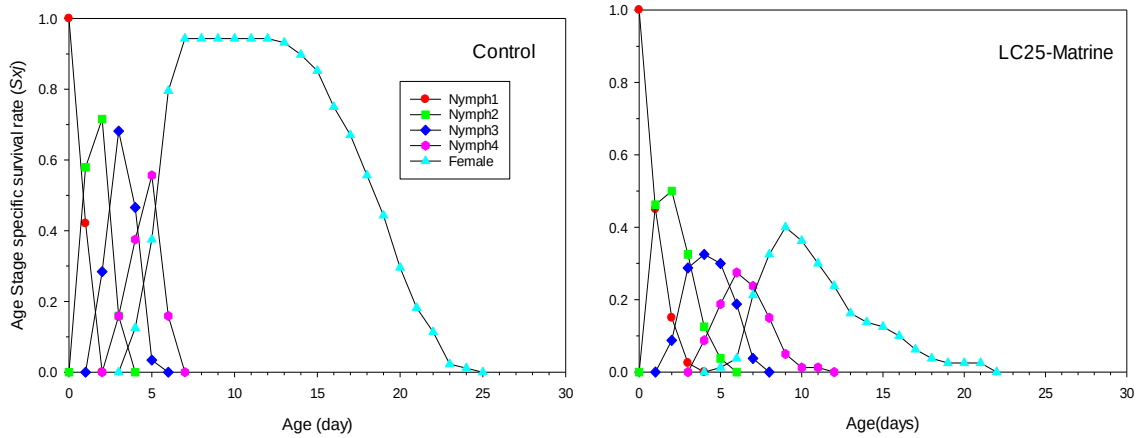
منحنی نرخ بقای ویژه سنی–مرحله‌ای (S_{xj}) در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده، ماده‌ها در شاهد یک روز زودتر از تیمار ظاهر شدند. طول دوره نابالغ در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد بیشتر بود. امید به زندگی ویژه سنی مرحله‌ای (e_{xj})، طول عمر پیش‌بینی شده شته‌های کلم در شاهد و غلظت زیرکشنده حشره‌کش را نشان می‌دهد.

جدول ۳- ویژگی‌های زیستی (میانگین ± خطای معیار) نسل اول تولید شده به‌وسیله شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش ماترین در مقایسه با حشراتی که در معرض آفت‌کش قرار نگرفته‌اند.

Table 3. Biological characteristics (Mean ± SE) of the offspring produced by treated cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* with LC_{25} concentration of matrine in comparison with insects that have not been exposed to insecticide.

Life-history parameter	Treatments		P-value
	Control	LC_{25}	
Nymph 1 duration (days)	1.42 ±0.05[a]	1.35±0.09[a]	0.504
Nymph 2 duration (days)	1.44±0.06[b]	2.12±0.14[a]	<0.0001
Nymph 3 duration (days)	1.49±0.06[b]	2.28±0.15[a]	<0.0001
Nymph 4 duration (days)	1.28 ±0.05[b]	1.94±0.14[a]	0.0009
Adult longevity (days)	13.45 ±0.32[a]	5.75 ±0.6[b]	<0.0001
Preadult (days)	5.63±0.1[b]	7.75±0.19[a]	<0.0001
Fecundity (nymph/female)	25. 46±0.71[a]	7. 25±1.16[b]	<0.0001
Total longevity (days)	18.27±0.45[a]	7.9±0.65[b]	<0.0001
Oviposition Period (days)	9.71±0.24[a]	3.37 ±0.42[b]	<0.0001
TPOP (days)	5.63 ±0.1[b]	8.74 ±0.2[a]	<0.0001
APOP (days)	0.00±0.00[b]	1 ±0.07[a]	<0.0001

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

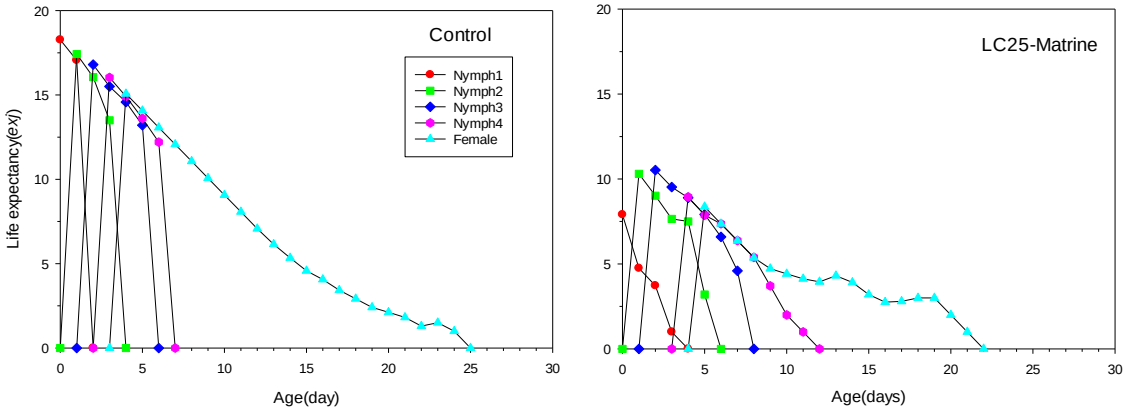


شکل ۱- منحنی بقای ویژه سنی-مرحله‌ای (S_{xj}) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC_{25} ماترین در مقایسه با حشراتی که در معرض آفت‌کش قرار نگرفته‌اند.

Figure 1. Age-specific survival (S_{xj}) curve of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC_{25} concentration of matrine in comparison with insects that have not been exposed to insecticide.

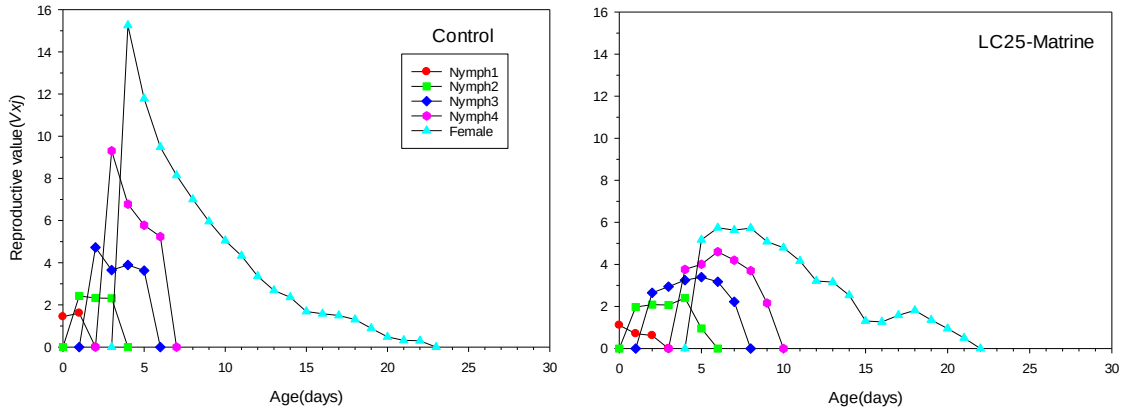
روز صفر امید به زندگی پوره سن یک در شاهد ۱۸/۲۷ روز بود، در صورتی که در غلظت زیرکشنده میزان امید به زندگی پایین آمده و در روز صفر به ۷/۰۹ روز بود(شکل ۲). در شاهد اولین فرد ماده ۱۵/۰۷ روز امید به زندگی داشت، در حالی‌که در غلظت زیرکشنده این رقم به ۸/۳۶ روز کاهش یافت. مراحل نابالغ در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد تحت تأثیر حشره‌کش قرار گرفتند و افزایش طول دوره را نشان دادند. شاخص ارزش تولیدمثل ویژه سنی‌مرحله‌ای (v_{xj})، میزان سهم هر فرد در ایجاد نسل بعد می‌باشد (شکل ۳). با توجه به نتایج بدست آمده، 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 بقا، به

تدریج از مقدار این فراسنجه نیز کاسته شده و با رسیدن به مرحله پس از پوره‌زایی این مقدار به صفر رسید. میزان بقا (l_x)، زادآوری ویژه سنی (m_x) و تولیدمثل خالص روزانه ($l_x m_x$) در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت. احتمال بقا در تیمار LC_{25} در روز بیست و دوم، ولی در شاهد در روز بیست و پنجم به صفر رسید. مقدار باروری برای شاهد ۷/۰۹ پوره در روز چهار ثبت شد. باروری در تیمار، ۱/۸۷ پوره در روز یازده بود (شکل ۴).



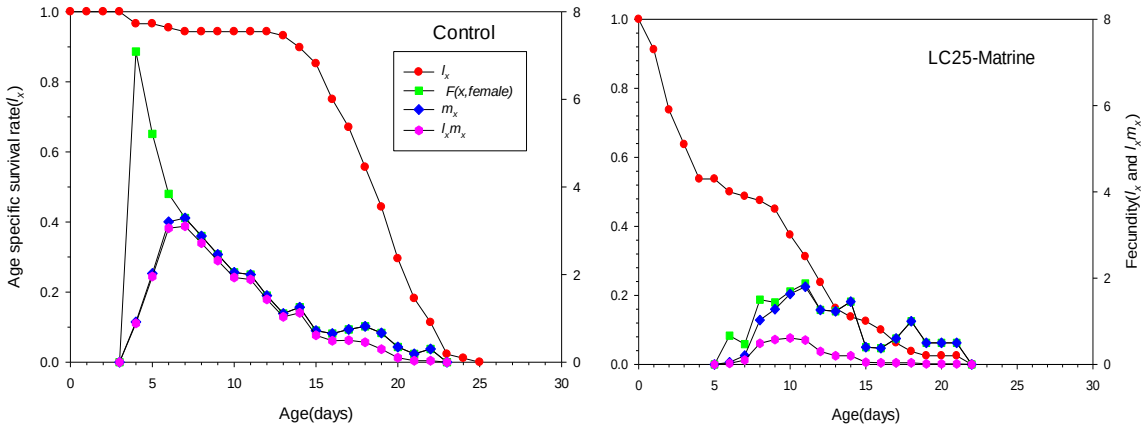
شکل ۲- منحنی امید به زندگی سنی-مرحله‌ای (e_{xj}) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC_{25} ماترین در مقایسه با حشراتی که در معرض آفت‌کش قرار نگرفته‌اند.

Figure 2. Age-stage life expectancy (e_{xj}) curve of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC_{25} concentration of matrine in comparison with insects that have not been exposed to insecticide.



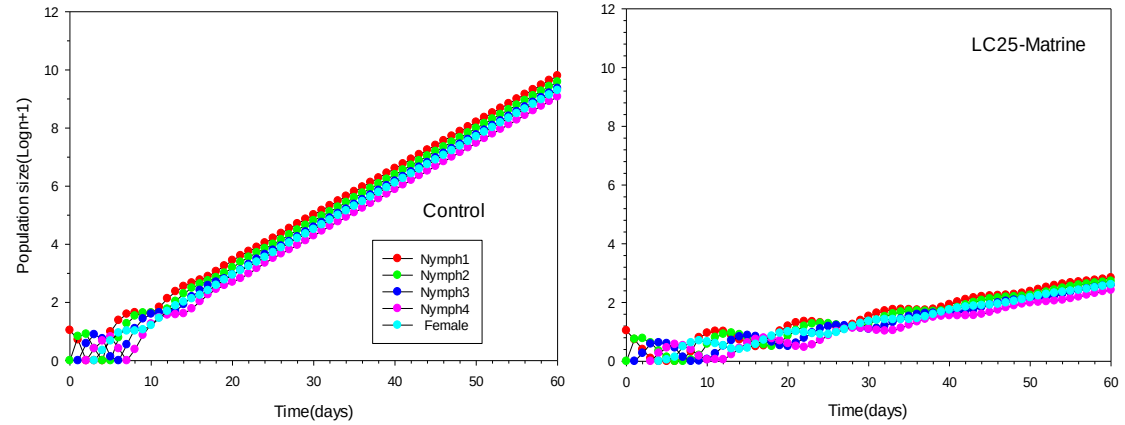
شکل ۳- منحنی ارزش تولیدمثل سنی-مرحله‌ای (v_{xj}) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC_{25} ماترین در مقایسه با حشراتی که در معرض آفت‌کش قرار نگرفته‌اند.

Figure 3. Age-stage reproduction value (v_{xj}) curve of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC_{25} concentration of matrine in comparison with insects that have not been exposed to insecticide.



شکل ٤- منحنی بقای ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (m_x) و تولیدمثل خالص روزانه (l_xm_x) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با LC_{25} ماترین در مقایسه با حشراتی که در معرض آفت‌کش قرار نگرفته‌اند.

Figure 4. Age-specific survival (l_x), age-specific fertility (m_x) and age-specific maternity (l_xm_x) curves of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC_{25} of matrine in comparison with insects that have not been exposed to insecticide.



شکل ٥- پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* تیمار شده با غلظت LC_{25} ماترین در مقایسه با حشراتی که در معرض آفت‌کش قرار نگرفته‌اند در طول ٦٠ روز.

Figure 5. Prediction of population growth potential and stage structure of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* treated with LC_{25} concentration of matrine in comparison with insects that have not been exposed to insecticide during 60 days.

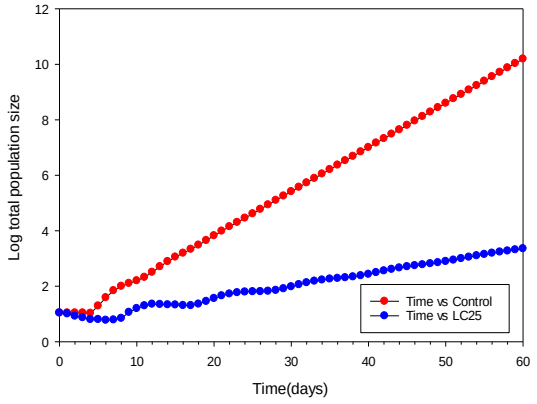
پیش‌بینی افزایش مراحل مختلف جمعیت در تیمار و شاهد با در نظر گرفتن یک بازه زمانی ۶۰ روزه نشان دهنده پایین‌تر بودن روند افزایش جمعیت مراحل مختلف رشدی آفت، در تیمار به علت پایین بودن نرخ ذاتی افزایش در مقایسه با شاهد بود (شکل ۵). روند کلی رشد جمعیت شته مومی کلم نیز حاکی از کاهش قابل توجه روند افزایشی جمعیت در غلظت زیرکشنده LC_{25} ماترین بود (شکل ۶).

فراسنجه‌های رشد جمعیت نسل اول شته مومی کلم در شاهد و تیمار غلظت LC_{25} حشره‌کش ماترین در جدول ۴ نشان داده شده است. میانگین نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در غلظت LC_{25} ماترین ۳/۲۶ و در شاهد ۲۳/۹۶ پوره به ازای هر ماده بود که به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) نشان‌دهنده نرخ تغییرات روزانه جمعیت به ازای هر فرد

از آن جمعیت است که در غلظت LC_{25} ماترین مقدار آن (۰/۱ روز) به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (۰/۳۶ روز) کاهش یافت. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در تیمارهای شاهد و LC_{25} به ترتیب ۱/۴۴ و ۱/۱ بر روز بود. نرخ ناخالص تولیدمثل (*GRR*) که نشان‌دهنده تعداد پوره‌های اضافه شده به جمعیت در طول یک نسل بدون در نظر گرفتن درصد تلفات است و مقدار آن تفاوت معنی‌داری را بین تیمار غلظت LC_{25} و شاهد نشان داد. میانگین طول یک نسل (*T*) تحت تأثیر حشره‌کش ماترین نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۴).

بحث

تحقیق حاضر نشان داد که حشره‌کش ماترین با غلظت ۸۳/۳۳ میکرولیتر بر میلی‌لیتر قادر به ایجاد ۵۰ درصد تلفات (LC_{50}) در جمعیت پوره های سن چهارم شته مومی کلم است. ماترین برای کنترل آفات مختلف شرات در محصولات مختلف استفاده شده است (Liu et al., 2007). در بررسی اثرات کشندگی ماترین روی تریپس گل غربی، *Frankliniella occidentalis* Pergande مقدار LC_{50} آن برای این آفت ۳۴/۹ میکرولیتر بر میلی‌لیتر به‌دست آمد (Kordestani et al., 2021).



شکل ٦- تأثیر غلظت LC_{25} ماترین بر عدم قطعیت رشد جمعیت شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* در طول ٦٠ روز بر اساس حدود اطمینان (۲/۵ و ۹۷/۵ درصد) از نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ).

Figure 6. The effect of LC_{25} concentration of matrine on population projection of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (total stage) during 60 days based on the confidence limits (2.5 and 97.5%) of the finite rate of population increase (λ).

جدول ٤- فراسنجه‌های رشد جمعیت (میانگین ± خطای معیار) نسل اول حاصل از شته مومی کلم، *B. brassicae* تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش ماترین در مقایسه با حشراتی که در معرض آفت‌کش قرار نگرفته‌اند.

Table 4. Population growth parameters (mean ± SE) of the first generation of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC_{25} concentration of matrine in comparison with insects that have not been exposed to insecticide.

Population parameters	Treatments		P-value
	Control	LC_{25}	
Intrinsic rate of Increase (*r*) (day^{-1})	0.36 ± 0.008^{a}	0.1 ± 0.01^{b}	<0.0001
Finite rate of population Increase (λ) (day^{-1})	1.44 ± 0.01^{a}	1.1 ± 0.01^{b}	<0.0001
Net reproductive rate (R_0) (Offspring)	23.96 ± 0.94^{a}	3.26 ± 0.65^{b}	<0.0001
Gross reproductive rate (*GRR*) (Offspring)	27.13 ± 0.75^{a}	13.82 ± 2.07^{b}	<0.0001
Mean generation time (*T*) (days)	8.65 ± 0.17^{b}	11.33 ± 0.32^{a}	<0.0001

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

نتایج مقایسه کارایی حشره‌کش ماترین با حشره‌کش‌های مالاتیون و هگزافلومورون روی سوسک برگ‌خوار غلات *Lema melanopus* L. در شرایط مزرعه‌ای نشان داد که دو تیمار مربوط به ماترین دو در هزار و مالاتیون در تمامی زمان‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشته و بیشترین کارایی را مالاتیون در روز سوم پس از تیمار و ماترین در روز پنجم داشت و توانست مثل بقیه آفت‌کش‌ها بالای ۹۵ درصد تلفات را در این زمان اعمال کند (Sharifi et al., 2019). به‌علاوه، نتایج بررسی کشندگی یک فرمولاسیون بر اساس ماترین در برزیل نشان داد که تأثیر کنه‌کشی آن روی کنه قرمز مرکبات، *Panonychus citri* (McGregor) حدود ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از تأثیر حشره‌کشی آن روی شپشه ذرت، *Sitophilus zeamais* Motschulsky، کرم طوقه‌بر، *Spodoptera frugiperda* Smith و پسیل آسیایی مرکبات، *Diaphornia citri* Kuwayama بود (Zanardi et al., 2015). در پژوهش دیگری اثربخشی چند حشره‌کش روی جمعیت شته سبز هلو *Myzus persicae* Sulzer بررسی شد. به‌طوری که حشره‌کش ماترین ۸۹/۶۱ درصد کاهش جمعیت شته‌ها را نشان داد (Khan et al., 2019). در مطالعه حساسیت لاروهای شب‌پره شمشاد *Cydalima perspectalis* Walker به برخی حشره‌کش‌های کم‌خطر در زیست‌سنجی آزمایشگاهی بر اساس تجزیه و تحلیل پروبیت، بالاترین کارایی را حشره‌کش ماترین با غلظت کشنده ۲/۸۷ میکرولیتر بر لیتر در لاروهای سن دوم نشان داد (Moradi Afrapoli et al., 2022). در بررسی کارایی چندین حشره‌کش گیاهی روی شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) و کنه تار عنکبوتی (*T. urticae*) در گلخانه خیار هیدروپونیک نتایج نشان داد که سه روز پس از درمان حشره‌کش ماترین به ترتیب با اثر بخشی (۸۳ – ۷۲) درصد جمعیت این آفات را به ترتیب (۸۷ و ۷۹) درصد کاهش داد (Saleem et al., 2019). در مطالعه تأثیر چندین حشره‌کش روی شب‌پره پشت الماسی *Plutella xylostella* L. نتایج نشان داد که حشره‌کش ماترین جزء حشره‌کش‌های یا سمیت حاد با LC_{50} کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر قرار گرفت (Wang et al., 2022). در بررسی اثرات آلکالوئیدهای *S. alopecuroides* روی شته مومی کلم مشخص شد که تمام هفت آلکالوئید این گیاه علیه آفت موثر بودند و مقدار LD_{50} آلکالوئیدهای ماترین روی شته مومی کلم ۰/۷۱ میکروگرم بر شته بود (Ma et al., 2017). در تحقیقی مقدار LC_{50} ماترین برای *Spodoptera litura* Fabricius ۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد (Wu et al., 2019). هم‌چنین، در پژوهشی مقدار LC_{50} ماترین برای *Bemisia tabaci* Gennadius نیز ۰/۸۳ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد (Ali et al., 2017). نتایج تحقیقی نشان داد که حشره‌کش ماترین می‌تواند به عنوان جایگزینی برای حشره‌کش‌های مصنوعی در ادغام با سن شکارگر *Orius laevigatus* Fieber برای کنترل آفات استفاده شود (Kordestani et al., 2022). تاکنون تحقیقات متعددی برای بررسی اثرات کشندگی آفت‌کش‌های مختلف شیمیایی و گیاهی روی شته مومی کلم صورت گرفته است در تحقیقی مقدار LC_{50} حشره‌کش تیامتوکسام برای شته مومی کلم بعد از ۲۴ ساعت به روش اسپری برگ کلم ۱۶۹/۰۵ پی‌پی‌ام بود (Taheri Sarhozki & Safavi, 2014a). در مطالعه دیگری مقدار LC_{50} حشره‌کش تیاکلوپراید برای شته مومی کلم ۲۷۴/۸۹ پی‌پی‌ام محاسبه شد (Taheri Sarhozaki & Safavi, 2014b). در بررسی تأثیر حشره‌کش‌های گیاهی تنداکسیر و پالیزین میزان غلظت کشنده LC_{50} برای شته مومی کلم به ترتیب (۲۳۳۱/۵۲ و ۲۱۹۰/۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) بدست آمد (Romasi et al., 2021). در پژوهش

دیگری غلظت LC_{50} برای حشره‌کش ایمیداکلوپرید روی شته مومی کلم در جمعیت رشت و کرج به ترتیب ۱۲ و ۸/۴ پی‌پی‌ام بود. این مقدار برای حشره‌کش پی‌متروزین ۹۳ و ۷۴ پی‌پی‌ام در جمعیت رشت و کرج برآورد شد (Lashkari et al., 2007). تفاوت این مقادیر با مقدار LC_{50} ماترین در تحقیق حاضر ممکن است ناشی از تفاوت در آفت‌کش مورد استفاده، آفت موردنظر و روش زیست‌سنجی باشد.

یکی از مشکلات سم‌شناسی، چگونگی بررسی اثرات کلی یک آفت‌کش روی جمعیت حشره هدف است. ارزیابی اثرات بیولوژیکی آفت‌کش‌ها روی آفات بیشتر روی برآورد تلفات متمرکز شده است و به اثرات درازمدت آفت‌کش‌ها روی آفات توجه کمتری شده است، اما بهترین روش برای ارزیابی اثر کلی یک آفت‌کش، تجزیه و تحلیل جداول زیستی یا سم‌شناسی دموگرافیک است (Walthall & Stark, 1997). بررسی جدول زندگی به‌عنوان روش قابل اطمینان برای تعیین بهترین زمان مبارزه با آفات و ابزار مهم در مطالعه پویایی جمعیت است (Desneux et al., 2007). در این بررسی مشخص شد که حشره‌کش ماترین تأثیر معنی‌داری روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم داشت. طول عمر و باروری شته‌های تیمار بالغ شده با غلظت LC_{25} ماترین در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. به طور مشابه، در بررسی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های گیاهی تنداکسیر و پالیزین روی شته مومی کلم نتایج نشان داد که طول عمر حشرات تیمار شده با غلظت زیرکشنده (LC_{30}) تنداکسیر و پالیزین به ترتیب (۱۸/۶۸ و ۱۸/۳۱ روز) ثبت شد که نسبت به شاهد ۲۵/۰۲ روز کمتر بود. هم‌چنین، مقدار باروری نیز در غلظت‌های زیرکشنده تنداکسیر و پالیزین به ترتیب ۱۸/۴۱ و ۲۰/۵ پوره به ازای هر ماده ثبت شد که نسبت به شاهد (/۵۸/۶۵ پوره به ازای هر ماده) به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر بود (Romasi et al., 2021). نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) ، مهم‌ترین فراسنجه در تعیین نوع و میزان رشد جمعیت است (Carey, 1993). نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در حشرات تیمار شده با غلظت زیرکشنده ماترین به دلیل افزایش تلفات و کاهش طول عمر و تولیدمثل حشرات بالغ، در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد. که مقدار آن در غلظت زیرکشنده ۰/۱ و در شاهد ۰/۳۶ بر روز برآورد شد. در یک تحقیق، مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته مومی کلم در غلظت زیرکشنده (LC_{25}) تیاکلوپراید ۰/۲۳ بر روز بود که نسبت به شاهد (۰/۲۷ بر روز) به مقدار قابل توجهی کمتر بود. در تحقیق حاضر، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) شته مومی کلم در غلظت زیرکشنده ماترین به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. به طور مشابه، مقدار این فراسنجه در غلظت زیرکشنده (LC_{25}) تیاکلوپراید و تیامتاکسام (به‌ترتیب ۸/۵۵ و ۱۲/۵۶ پوره به ازای هر ماده) که تفاوت معنی‌داری با شاهد (۲۵/۲۴ پوره به ازای هر ماده) داشت. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در غلظت زیرکشنده ماترین نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد که مقدار آن در غلظت LC_{25} برابر ۱/۱ بر روز و در شاهد ۱/۴۴ بر روز به‌دست آمد. مقدار این فراسنجه در غلظت زیرکشنده (LC_{25}) تیاکلوپراید ۱/۲۶ بر روز بود که نسبت به شاهد (۱/۳۱ روز) کمتر بود (Taheri Sarhozaki & Safavi, 2014a,b). در این تحقیق مقدار نرخ ناخالص تولیدمثل (*GRR*) در غلظت زیرکشنده ماترین نسبت به شاهد دارای تفاوت معنی‌داری است، به طوری در پژوهش دیگری نتایج نشان داد که نرخ ناخالص تولیدمثل این آفت در غلظت زیرکشنده تنداکسیر و پالیزین به‌ترتیب ۱۹/۴۸ و ۲۱/۰۱ پوره به ازای هر ماده) ثبت شد که نسبت به شاهد (۶۲/۸۵ پوره به ازای هر ماده) کمتر بود (Romasi et al., 2021). در غلظت زیرکشنده

ماترین کاهش رشد و نمو باعث افزایش میانگین طول یک نسل (*T*) گردید که مقدار آن در غلظت LC_{25} برابر ۱۱/۳۳ روز و در شاهد ۸/۶۵ روز به‌دست آمد. در تحقیق مشابهی قرار گرفتن شته‌های بالغ تحت تأثیر غلظت TLC، استامی‌پراید و بوپروفزین نشان داد که مقدار این فراسنجه در غلظت‌های زیرکشنده (LC_{30}) حشره‌کش‌های استامی‌پراید، بوپروفزین و تیامتاکسام+لامبداسای هالوترین به‌ترتیب ۱۵/۸۲، ۱۷/۴۰ و ۲۱/۳۸ روز بود که نسبت به شاهد (۱۳/۸۴ روز) به طور قابل توجهی افزایش یافت. سایر فراسنجه‌های جمعیت مثل نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r*) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) شته‌های تیمار شده با این حشره‌کش‌ها نسبت به شاهد به طور قابل توجهی کم‌تر بود (Mahmmodi et al., 2020). علاوه بر این، در بررسی اثرات زیرکشنده ماترین روی تریپس گل غربی، *Frankliniella occidentalis* مشخص شد که نرخ ذاتی افزایش جمعیت در غلظت زیرکشنده (LC_{25}) ماترین برابر ۰/۱۱ و در شاهد ۰/۱۴ بر روز بود. برعکس، میانگین طول یک نسل در شاهد ۲۰/۶۵ روز و به‌طور معنی‌داری کمتر از مقدار آن در غلظت زیرکشنده (۲۲/۴۷ روز) بود (Kordestani et al., 2021). نتایج تحقیق حاضر در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که این حشره‌کش اثرهای کشنده و زیرکشنده قابل ملاحظه‌ای روی شته مومی کلم دارد و ضمن از بین بردن بخشی از جمعیت آفت، زنده‌مانی و تولیدمثل شته‌های باقیمانده را به صورت منفی متاثر می‌کند. لذا با توجه به توصیه سازمان حفظ نباتات برای کاربرد حشره‌کش گیاهی ماترین در مزارع کلم، می‌تواند در برنامه‌های مدیریت شته مومی کلم نیز مورد توجه قرار گیرد. البته لازم است آزمایش‌ها در شرایط مزرعه‌ای نیز انجام شود تا اثر سایر عوامل محیطی بر کارایی آن و به‌علاوه تأثیر آن روی دشمنان طبیعی فعال در مزارع کلم ارزیابی و مشخص شود.

سپاس‌گزاری

این تحقیق با حمایت دانشگاه ارومیه در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Akdeniz, D. & Ozman, A. (2011). Antimitotic effects of the biopesticide oxymatrine, *Caryologia*, *64*(1), 117-120.

Ali, S., Zhang, C., Wang, Z., Wang, X. M., Wu, J. H., Cuthbertson, A. G. S., Shao, Z. & Qiu, B. L. (2017). Toxicological and biochemical basis of synergism between the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and the insecticide matrine against *Bemisia tabaci* (Gunnadius). *Scientific Reports*, *7*(1): 1-14.

Alizadeh, S. & Safavi S.A. (2019). Toxicity of spirotetramat, spiromesifen, thiamethoxam + lambdacyhalothrin and azadirachtin on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Hem.: Aphididae). *Plant pest Research*, *9*(1): 37-49 (In Farsi with English summary).

Ansari, A., Gheibi, M. & Hesami, Sh. (2014). Effects of Azadirachtin on reproductive parameters of aphid rose, *Macrosiphum rosae* (Hmiptera: Aphididae) in the laboratory conditions. *Plant Protection Journal*, *6*(3): 225-244.

Ansari, A., Gheibi, M. & Hesami, Sh. (2014). Effects of Azadirachtin on reproductive parameters of aphid rose, *Macrosiphum rosae* (Hmiptera: Aphididae) in the laboratory conditions. *Plant Protection Journal*, *6*(3): 225-244.

Ayaz, F. A., Glew, R. H., Millson, M., Huang, H. S., Chuang, L. T., Sanz, C. & Hayirhoglu-Ayaz, S. (2006). Nutrient contents of kale (*Brassica oleraceae* L. Var acepbala DC.) *Food Chemistry*, *96*(4): 572-579.

Bagheri, N. Mohammadi Sharif, M. & Golmohammadi, G. H. (2021). Comparing the efficacy of some chemical and non-chermical insecticides for control of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) under cotton field conditions. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *44*(3):1-11 (In Farsi with English summary).

Bakr, E. M., Soliman, Z. R., Hassan, M. F. & Tawadrous, S. S. D. (2012). Biological activity of the organic pesticide Baicao No. 1 against the red spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of the Egyptian Society of Acarology*, *6*(1): 35-39.

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

Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2006). Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs (Volume 1 host lists and keys). John Wiley and Sons, London. 1456pp.

Carey, J. R. (1993). Applied demography for biologists with special emphasis on insects. Oxford University Press, New York, Oxford, 206.

Chi, H. & Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. Bulletin of the Institute of Zoology, *Academia Sinica*, *24*(2): 225-240

Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, *17*(1): 26-34.

Chi, H. (2020). TWOSEX-MSChart: a computer program for age stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing Univesity, Taichung, Taiwan; available from http:// 140. 120.197.173/Ecology/Downloud/ TWOSEX-MSchart. Rar

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

Georghiou, G. P. (1986). The magnitude of the resistance problem, in pesticide resistance: strategies and tactics for management. National academic press, Washington, DC. 14-43.

Hikal, WM., Baeshen, RS & Said-Al Ahl. (2017). Botanical insecticide as simple extractives for pest control. *Cogent Biology*, *3*(1): 1404274.

Hines, R. L. & Hutchison, W. D. (2013). Cabbage aphids on vegetable IPM resource for the Midwest. University of Minnesota, Minneapolis, MN.

Hwang, I. C., Kim, J., Kim, H. M., Kim, D. I., Kim, S. G., Kim, S. S. & Jang, C. (2009). Evaluation of toxicity of plant extract made by neem and matrine against main pests and natural enemies. *Korean Journal of Applied Entomology*, *48*(1): 87-94.

Khan, M. Sh., Akbar, M. F., Sultan, A., Saleem, M. S. & Gul, C. (2019). Testing the effect of different insecticides on *Myzus percicae* (Hemoptera: Aphididae) in field mustard (*Brassica Campestris* L.) Czern for possible consideration in an IPM strategy. *International Journal of Tropical Insect Science, 40*(1): 225-231.

Khanjani, M. (2007). Vegetable Pests in Iran. Bu-Ali Sina University Press Center, Hamedan. 467pp. (In Farsi).

Khattak, S. U., Hameed, A. U., Khan, A. Z. & Farid, A. (2002). Pesticidal control of rapeseed aphid, *Brevicoryne brassicae* L. *Pakistan Journal of Zoology*, *34*: 222-228.

Kordestani, M., Mahdian, K., Baniameri, V., & Sheikhi Garjan, A. (2021). Lethal and sublethal effects of proteus, matrine, and pyridayl on *Frankliella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology*, *50*(2): 1137-1144.

Kordestani, M., Mahdian, K., Baniameri, V., & Sheikhi Garjan, A. (2022). Proyeus, Matrine, and Pyridalyl toxicity and their sublethal effects on Qrius laevigatus (Hemiptera: Anthocoridae). *Journal of Economic Entomology*, *115*(2): 573-581.

Lashkari, M. R., Sahragard, A. & Ghadamyari, M. (2007). Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brassica napus* L. *Journal of Insect Science, 14*(3): 207-212.

Lengai, GMV., Muthomi, JW & Mbega, ER. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African, 7,* e00239.

Liu, Z.L., Goh, S. H. & Ho, S. H. (2007). Screening of Chinese medicinal herbs for bioactivity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Triboulium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research, 43*(3): 290-296.

Lowery, D. T., Smirle, M. J., Foottit, R. G., Zurowski, C. L. & Beers Peryea, E. H. (2005). Baseline susceptibilities to imidacloprid for green apple aphid and spirea aphid (Homoptera: Aphididae) collected from apple in the Pacific Northwest. *Journal of Economic Entomology*, *98*: 188-194.

Ma, T., Yan, H., Shi, X., Liu, B., Ma, Z. & Zhang, X. (2017). Comprehensive evaluation of effective constiuents in total alkaloids from Sophora alopecuroides L. and their joint action against aphids by labrotory toxicity and field efficacy. *Industrial Crop & Products*, *111*: 149-157.

Mao, L. & Henderson, G. (2007). Antifeedant activity and acute and residual toxicity of alkaloids from *Sophora flavescens* (Leguminosae) against Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, *100*(3): 866-870.

Mehrkhou, F., Mahmoodi, L. & Mouavi, M. (2013). Nutritional indices parameters of large white butterfly *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae) on different cabbage crops. *African Journal of Agricultural Research*, *8*(25): 3294-3298.

Mohamed, H. Th., Mohamed. I. A., Abou-Elhagag, G. H. & Saba, R. M. (2015). Toxicity and field persistence of thiamethoxam and dinotefuran against cabbage aphid, *Brevicoryne*

brassica L. (Homoptera: Aphididae) under laboratory and field conditions. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, *2*(2): 20-26.

Moharramipour, S., Monfard, A. & Fathipour, Y. (2003). Comparison of intrinsic rate of increase and relative growth rate of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) on four rapesed (*Brassica napus* L.) varieties in a growth chamber. *Agriculture Science*, *13*(3): 79-86.

Moradi Afrapoli, F., Mohammadi Sharif, M., Barimani Varandi, H. & Shayanmehr M. (2022). Susceptilibity of *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae to some reduced-risk insecticides in laboratory bioassays. *Journal of Forest Science*, *68*(7): 253-262.

Pavela, R., Barnet, M. & Kocourek, F. (2004). Effect of azadirakhtin applied systemically through roots of plants on the mortality, development and fecundity of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*). *Phytoparasitica*, *32*(3): 286-294.

Romasi, F., Vahedi, H., Moeeni Naghadeh, M. & Mahmoudvand, M. (2021). The effects of botanical insecticides palizin® and tondexir® on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. under laboratory conditions. *Plant Protection*. *43*(4): 71-91 (In Farsi with English summary).

Rustamani, M. A., Qamikhani, U. F., Munshi, G. H. & Chutto, A. B. (1988). Efficacy of different insecticides against mustard aphid, *Brevicoryne brassicae* L. *Sarhad Journal of Agriculture*, *4*: 659-664.

Saleem, M. S. Batool, T. S., Akbar, M. F., Raza, S. & Shahzad, S. (2019). Efficiency of botanical pesticides against some pests infesting hydroponic cucumber, cultivated under greenhouse conditions. *Egyption Journal of Biological Pest Control*, *29*(1): 1-7.

Sarwar, M. (2017). Integrated control of insect pests on canola and other brassica oilseed crops in Pakistan. In Reddy, G. V. P. (Eds.). Integrated Management of Insect Pests on Canola and Other Brassica Oilseed Crops, Wallingford, Oxfordshire, UK, CABI. 408.

Sharifi, M., Taghi Mobasheri, M., Ghaderi, K. & Malek Shahkoei, S. (2019). Comparison of the efficiency of rui agro as new insecticides if cereal leaf beetle *Lema melanopa* (Col.: Chrysomelidae) in field conditions. *Journal of Entomological Research, 1*(12): 51-60 (In Farsi with English summary).

Stark, J. D. Banks, E. (2003). Population level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, *48*(1): 505-529.

Taheri-Sarhozaki, M. & Safavi S. A. (2014b). Population growth parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) exposed to sublethal doses of thiacloprid. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. *47*: 464-471.

Taheri-Sarhozaki, M. Safavi, S. A. (2014a). 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.

Tawfiq, M., Ateyyat, M. A. & Abussamin, B. M. (2010). Toxicity of certain insecticides to the parasitoid *Diaeretiella rapae* (Mcintosh) (Hymenoptera: Aphidiae) and its host, the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae). *Australain Journal of Basic and Applied Sciences*, *4*(6): 994-1000.

van Emden, H. F. & Harrington, R. (2007). Aphids as Crop Pests, CAB International. Wallingford/Oxford, UK, 153-186.

Walthall, W. K. & Stark, J. D. (1997). A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *37*: 45-52.

Wang, D., Lv, W., Yuan, Y., Zhang, T., Teng, H., Losey, J. E. & Chang, X. (2022). Effects of insecticides on malacostraca when managing diamondback moth (*Plutella xylostella*) in combination planting-rearing fields. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *229*:1-7.

Wang, Y. L., Guan, Z. G., Jia, X. S., Wu, S. Y. & Wei, H. G. 2007. Study progress of matrine application in farming pest control. *Journal Shanxi Academy of Agricultural Sciences*, *40*: 424-428.

Wu, J. H., Yu, X., Wang, X. S., Tang, L. D. & Ali, S. (2019). Matrine enhances the pathogenicity of *Beauveria brongniartii* against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Frontiers in Microbiology*, *10*: 1812.

Xiang, Z., Shang, S., CAI, K., Geng, Z. & Chen, X. (2012). Determination and decline study of matrine residue in tobacco by gas chromatography-nitrogen chemiluminessence detector. *Chinese Journal of Pesticide Science*, *14*(2): 198-202.

Yang, X. Y. & Zhao, B. G. (2006). Antifungal activities of matrine and oxymatrine and their synergetic effects with chlorthalonil. *Journal of Forestry Research*, *17*(4): 323-325.

Zanardi, O.Z. Ribeiro, L. D. P. Ansante, T. F. Santos, M. S. Bordini, G. P. Yamamoto, P. T. Vendramim, J. D. (2015). Bioactivity of a matrine-based biopesticide against four pest species of agricultural importance. *Crop Protection*, *67*: 160-167.

Zhang, S., Zhang, Y., Zhuang, Y., Wang, J., Ye, J., Zhang, S., Wu, J., Yu, K. & Han, Y. (2012). Matrine induce apoptosis in human acute myeloid leukemia cells via the mitochondrial pathway and Akt inactivation. *Public Library of Science*, *7*(10): 1-11.

Zhao, Y., Wang, Q., Ding, J., Wang, Y., Zhang, Z., Liu, F. & Mu, W. (2018). Sub lethal effects of chlorfenapyr on the life table parameters, nutritional physiology and enzymatic properties of *Bradysia odoriphage* (Diptera: Sciaridae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *148*: 93-102.

© 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)

45(4), Winter, 2023

10.22055/ppr.2022.17991

Study on the life table parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) influenced by sublethal concentrations of the matrine

V. Amirfanak[1], S. A. Safavi[2*], M. Forouzan [3]

1. MSc, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2. ***Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran (a.safavi@urmia.ac.ir)
3. Assistant Professor, Agriculture and natural resources research center of west Azarbaijan, AREEO, Urmia, Iran

Received: 10 October 2022 Accepted: 27 December 2022

Abstract

Background and Objectives

Brevicoryne brassicae is one of the most serious cabbage pests in the world. This pest feeds on the leaves, mostly on the host plant's middle leaves. Despite having many natural enemies, aphids are not entirely controlled by natural enemies due to their rapid reproduction. Applying chemical insecticides is one of the essential methods used to control aphids; using one pesticide to control several pests can reduce the costs and frequency of spraying. In this study, the lethal and sub-lethal effects (LC_{25}) of matrine insecticide with a contact and stomach function on the cabbage aphid, were evaluated under laboratory conditions.

Materials and Methods

The dipping method was used in bioassay and life table studies against adults of aphid insects. The LC_{50} value of matrine insecticide for adults of cabbage aphid was 83.33 µl/ml after 24 hours, and LC_{25} concentration (30.11 µl/ml) was used to estimate the sub-lethal effects of matrine on the biological parameters of the cabbage aphid. Experiments were performed on the acephala variety of cabbage. One common method of investigating insecticides' non-lethal effects is demographic toxicology, which uses life table and growth population parameters to evaluate toxicity.

Results

According to the results, the female lifespan/longevity and fertility affected by sub-lethal concentration were significantly reduced compared to the control (distilled water and citowett). The mean oviposition period of adult aphids decreased from 8.92 days in control to 3.79 days in LC_{25} concentration of the insecticide. The present study's data also showed that the sublethal concentration also affected the offspring of treated cabbage aphids. Accordingly, the sublethal concentration of matrine reduced the net reproductive rate (R_0)

from 23.96 nymphs per female in each generation in the control treatment to 3.26 nymphs in LC_{25}. The intrinsic rate of increase (r) in sublethal concentration was recorded as 0.36 (day^{-1}) and in control as 0.1 (day^{-1}). Other parameters, such as finite rate of increase (λ) and gross reproductive rate (*GRR*), were also significantly lower than the control. The mean generation time (*T*) of treatment affected by LC_{25} concentration of matrine increased compared to the control treatment.

Discussion

Results of the current research in laboratory conditions showed that this insecticide has significant lethal and sublethal effects on the cabbage aphid. Therefore, matrine, as an herbal insecticide, can be considered in the management programs of cabbage aphids.

Keywords: life table, sublethal effects, bioassay, botanical insecticide

Associate editor: A. Rasekh (Prof.)

Citation: Amirfanak, V., Safavi, S. A. & Forouzan, M. (2023). Study on the life table parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) influenced by sublethal concentrations of the matrine. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *45*(4), 19-35. https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17991.