

## مقاله علمی پژوهشی

تأثیر غلظت بسیار پایین (LC<sub>10</sub>) حشره‌کش کلرفلوآزورون روی فراسنجه‌های جدول  
زندگی شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae)هانیه رجبی<sup>۱</sup>، سیدعلی صفوی<sup>۱\*</sup> و مریم فروزان<sup>۲</sup>

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران و ۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران  
\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.safavi@urmia.ac.ir

## چکیده

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* (L.) یکی از آفات مهم محصولات چلیپایی است که به مزارع کلم هجوم می‌برد و کلنی‌هایی به رنگ خاکستر سفید بر جای می‌گذارد. به دلیل توصیه و تأثیر مطلوب حشره‌کش کلرفلوآزورون علیه بید کلم، در این تحقیق ارزیابی تأثیر کشنده و زیرکشنده این حشره‌کش بر جمعیت شته مومی کلم به عنوان آفت جانبی صورت گرفت. روش مورد استفاده در انجام آزمایش پاشش حشره‌کش روی صفحات برگ‌های حاوی شته بود. از غلظت LC<sub>10</sub> (۲۵/۹۰ بی‌پی‌ام) برای بررسی اثرات زیرکشنده حشره‌کش روی شته کلم استفاده شد. طبق نتایج بدست آمده، طول عمر شته‌های بالغ تیمار شده به صورت معنی‌داری تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش کاهش یافت. میانگین باروری در شاهد ۲۵/۳۸ و در تیمار غلظت ۲۱/۰۵ پوره به ازای هر ماده بود. نتایج پژوهش حاضر گویای آن است که غلظت زیرکشنده حشره‌کش، نتایج شته‌های بالغ تیمار شده را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس، غلظت زیرکشنده کلرفلوآزورون، نرخ ذاتی ( $r$ ) و نرخ متناهی ( $\lambda$ ) افزایش جمعیت را به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش داد. نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) در شاهد و غلظت زیرکشنده با اختلاف معنی‌دار به ترتیب ۲۳/۹۲ و ۴/۸۷ پوره به ازای هر ماده بدست آمد. با این حال، میانگین مدت زمان یک نسل ( $T$ ) بین شاهد و تیمار حشره‌کش تفاوت آماری قابل ملاحظه‌ای نداشت. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، غلظت بسیار پایین (LC<sub>10</sub>) حشره‌کش کلرفلوآزورون می‌تواند در کنترل و پایین نگه‌داشتن جمعیت آفت شته مومی کلم موثر باشد. واژه‌های کلیدی: زیرکشندگی، کلرفلوآزورون، شته کلم، حشره‌کش‌ها، فراسنجه‌های رشد جمعیت.

**Effect of very low concentration (LC<sub>10</sub>) of chlorfluazuron insecticide on life table parameters of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae)**Hanieh Rajabi<sup>1</sup>, Seyed Ali Safavi<sup>1\*</sup> & Maryam Fourouzan<sup>2</sup>

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

\*Corresponding author, E-mail: a.safavi@urmia.ac.ir

**Abstract**

*Brevicoryne brassicae* (L.) is one of the major pests of cruciferous crops that invades cabbage fields and leave white ash colonies. Due to the recommendation and suitable effect of chlorfluazuron against *Plutella xylostella*, in this study, the lethal and sub-lethal effect of this insecticide was evaluated on the population of cabbage aphid as a side pest. The method used in the experiments was insecticide spraying on leaves containing aphids. LC<sub>10</sub> concentration (25.90 ppm) was used to investigate the sublethal effects of the insecticide on cabbage aphid. According to the results, the female lifespan/longevity was

دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۱، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

دبیر تخصصی: معصومه ضیائی



significantly reduced by sublethal concentration. The fertility mean of control and treatment exposed by chlorfluazuron sub lethal dose was 25.38 and 21.05 nymphs/female, respectively. Results indicated that the sublethal concentration (LC<sub>10</sub>) also affected progeny of treated adult aphids. Accordingly, the sublethal concentration of Chlorfluazuron significantly reduced intrinsic rate of increase ( $r$ ) and finite rate of increase ( $\lambda$ ) in comparison with control. Net reproductive rate ( $R_0$ ) in control and sublethal concentration treatment were 23.92 and 4.87 nymphs per female, respectively with meaningful difference. However, the mean generation time ( $T$ ) between control and treated aphids have not considerable statistical difference. Based on the findings of the present study, even a very low concentration (LC<sub>10</sub>) of chlorfluazuron insecticide can be effective in cabbage aphid control and keep its population in low levels.

**Key words:** sublethal, chlorfluazuron, cabbage aphid, insecticides, population growth parameters

Received: 12 November 2021, Accepted: 2 February 2022

## مقدمه

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) از آفات مهم و اقتصادی خانواده Brassicaceae در سراسر جهان است (Karazmoodeh & Zandi, 2013). این آفت، ساقه، برگ و گل های گیاهان میزبان را مورد حمله قرار داده و روی بوته ها لایه ای از پوشش مومی سفید رنگ ایجاد می کند. شته مومی کلم با مکیدن شیره گیاهی باعث پژمردگی، زردی و پیچیدگی برگ ها شده و بیش از ۲۰ نوع بیماری ویروسی را بین گیاهان مختلف منتقل می کند. در آلودگی های شدید بیش از ۸۰ درصد محصول از بین رفته و کیفیت و بازار پسندی آنها به شدت کاهش می یابد (Liu *et al.*, 1994; Costello & Altieri, 1995; Aslam & Ahmad, 2002; Khanjani, 2009). استفاده از آفت کش های شیمیایی با وجود روش های جدید کنترل در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات، مطمئن ترین روش کنترل آفات در بین کشاورزان می باشد (Stark & Banks, 2003). ظرفیت بالای تولید مثل در شته ها و از طرفی کاربرد بیش از حد آفت کش های شیمیایی، باعث مقاومت این آفات در برابر برخی از حشره کش ها و در نتیجه نیاز به معرفی مواد شیمیایی جدید و مؤثرتر علیه آنها شده است (Garg *et al.*, 1987; Narkiewicz, 1995; Sweeden & McLeod, 1997; Freuler *et al.*, 2001). ارزیابی اثرات زیرکشنده حشره کش ها روی خصوصیات مختلف زیستی حشرات آفت، برای آگاهی از اثر بخشی کلی آنها در کنترل جمعیت آفات و کمترین آسیب به موجودات غیر هدف بسیار مهم می باشد (Biondi *et al.*, 2012). کلرفلوآزورون (Atabron®) یکی از آفت کش های انتخابی، از گروه بنزوئیل اوره، از ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات می باشد که به علت اثر شدید روی حشرات آفت و سمیت کم روی پستانداران از پتانسیل زیادی برای مهار آنها برخوردار است (Ishaaya *et al.*, 1986). کلرفلوآزورون به روش تماسی و گوارشی وارد بدن حشره می شود و به طور انتخابی روی سیستم ترشح داخلی و فرآیند رشد و نمو حشره اثر می گذارد. به این ترتیب که با ایجاد اختلال در عملکرد هورمون جوانی، ساختن کیتین و در نتیجه توقف پوست اندازی، عملکرد حشرات نابالغ را به شدت کاهش می دهد. این ترکیب بیشتر مراحل جنینی، لارو و پورگی را تحت تاثیر قرار می دهد (Hashizume, 1988; Anonymous, 2012). در آزمایشی اثر حشره کش کلرفلوآزورون و فلو فنوکسورون بر رشد و عملکرد باروری *Agrotis ipsilon* بررسی شد. این دو ترکیب به طور قابل توجهی طول دوره لاروی و شفیرگی را افزایش و طول عمر و باروری افراد بالغ را در مقایسه با شاهد کاهش دادند (El-Sayed *et al.*, 2018). هم چنین کاربرد تعدادی از حشره کش ها برای کنترل کرم غلاف خوار سویا *Helicoverpa armigera* در سه استان ایران، نشان داد که حشره کش کلرفلوآزورون با غلظت ۱۰۰۰ میلی لیتر در هکتار نسبت به سایر حشره کش ها کارایی بهتری در کنترل این آفت داشته است (Keyhanian *et al.*, 2015). حشرات در مزرعه ممکن است در معرض غلظت های کشنده یا زیرکشنده مواد شیمیایی باشند زیرا پس از کاربرد اولیه احتمال دارد حشره کش ها تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر دما، رطوبت و نور تجزیه شوند (Stark *et al.*, 1995). غلظت های زیرکشنده با ایجاد اختلال در فرآیند زیستی و فیزیولوژی

حشرات ممکن است باعث کاهش طول عمر و باروری، افزایش طول دوره رشد مراحل نابالغ، تغییر در رفتار تغذیه و تولیدمثل حشره شوند (Haynes, 1988). استفاده از حشره‌کش‌های جدید انتخابی در غلظت‌های زیرکشنده یکی از موضوعاتی است که در کاهش جمعیت آفات، کاهش مقاومت آن‌ها به آفت‌کش‌ها و حفظ دشمنان طبیعی و اثرات سوء آن‌ها بر محیط‌زیست در قالب مدیریت تلفیقی آفات بر آن تاکید شده است (Tadeo, 2008; Fenoll et al., 2009; Omirou et al., 2009). آزمایش‌های سم‌شناسی دموگرافیک (Demographic toxicology) با ارزیابی اثرات زیرکشنده سموم دفع آفات بر روی نرخ رشد جمعیت، تلفات و تولیدمثل روزانه حشرات فراسنجه‌های جدول زندگی را ارائه می‌دهد (Stark & Banks, 2003). در تحقیقی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید و پی‌متروزین روی فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم بررسی شد، نتایج نشان داد که این آفت‌کش‌ها به طور معنی‌داری میزان بقا، طول عمر و باروری شته کلم را در مقایسه با شاهد کاهش دادند (Lashkari et al., 2007). در یک تحقیق Pavela et al. (2004) تأثیر حشره‌کش سیستمیک آزادیراختین را از طریق ریشه گیاه کلزا بر روی شته مومی کلم مورد بررسی قرار دادند. حشره‌کش آزادیراختین به طور قابل توجهی باعث افزایش تلفات شته کلم در طی مرحله پورگی، و کاهش طول عمر آن‌ها شد، همچنین غلظت بسیار پایین آزادیراختین به طور قابل ملاحظه‌ای باروری حشرات کامل را کاهش داد. حشره‌کش کلرفلوآزورون توسط سازمان حفظ نباتات برای کنترل بید کلم در مزارع کلم و کلزا توصیه شده است. ضمن کاربرد این حشره‌کش روی بید کلم، شته مومی کلم نیز در معرض این آفت‌کش قرار می‌گیرد. در این تحقیق، به‌خاطر تأثیر تماسی حشره‌کش کلرفلوآزورون از یک طرف و وجود پوشش مومی محافظ در شته مومی کلم از طرف دیگر، تأثیر غلظت بسیار پایین حشره‌کش کلرفلوآزورون (LC<sub>10</sub>) روی فراسنجه‌های جدول زندگی باروری شته مومی کلم، در شرایط گلخانه‌ای ارزیابی شد تا کارایی آن در کنترل و کاهش جمعیت آفت مذکور مورد بررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### جمع‌آوری و پرورش شته مومی کلم

به منظور داشتن یک منبع مناسب و قابل دسترس از آفت مورد نظر، جمعیت اولیه شته مومی کلم *B. brassicae* از مزارع اطراف شهر ارومیه جمع‌آوری شدند و بعد از شناسایی (Khanjani, 2007) روی گیاه کلم (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) و در شرایط گلخانه گروه گیاه‌پزشکی، بخش حشره‌شناسی دانشگاه ارومیه، در دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (تاریکی: روشنایی) رهاسازی و تکثیر شدند. گیاهان کلم در داخل ۶۰-۵۰ عدد گلدان پلاستیکی (۱۸ سانتی‌متر ارتفاع و ۱۸ سانتی‌متر قطر) کاشته شدند و یک روز در میان آبیاری شدند. این گیاهان برای تشکیل کلنی شته‌ها و برگ آن‌ها برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

### حشره‌کش

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

### زیست‌سنجی

برای تعیین اثر کشندگی (LC<sub>50</sub>) و محاسبه غلظت زیرکشنده (LC<sub>10</sub>) حشره‌کش کلرفلوآزورون روی شته مومی کلم، زیست‌سنجی انجام شد. بدین منظور از برگ‌های کلم پرورش یافته در گلخانه، صفحاتی به قطر ۵/۵

سانتی متر تهیه شد و طوری درون ظروف پتری به قطر ۸ سانتی متر و ارتفاع یک سانتی متر قرار گرفت که سطح رویی برگ به طرف بالا باشد. روی درپوش پتری ها سوراخی برای تهویه ایجاد شد و با توری نازک پوشانده شد. برای حفظ رطوبت برگ ها، از پنبه مرطوب حول دمبرگ استفاده شد. پس از قرار دادن شته ها با استفاده از قلم موی نرم روی برگ ها (ده عدد شته بالغ روی هر صفحه برگ)، برگ های کلم حاوی شته توسط سمپاش دستی از فاصله ۱۵ سانتی متری اسپری شدند تا سطح برگ ها به طور کامل پوشیده از غلظت های مورد نظر حشره کش شود. برای جلوگیری از آب گریزی برگ ها و قرارگیری مناسب حشره کش ها از روغن سیتوویت به میزان ۰/۵ در هزار استفاده شد. ابتدا در آزمون مقدماتی غلظت های ۱۰ تا ۹۰ درصد حشره کش مورد نظر محاسبه شدند. سپس غلظت های بین این دو غلظت با استفاده از فواصل لگاریتمی محاسبه گردیده (Heidary et al., 2020) و در آزمون اصلی از غلظت های ۲۰، ۵۳/۲، ۱۴۱/۴، ۳۷۶/۱، ۱۰۰۰ پی پی ام و شاهد (آب مقطر سترون به همراه روغن سیتوویت) استفاده شد. صفحه های برگ که به اتاقت رشد و در شرایط مشابه با شرایط فوق منتقل و پس از ۲۴ ساعت تلفات آن ها شمارش گردید. آزمایش ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت.

#### اثر زیرکشندگی حشره کش

در این آزمایش، غلظت LC10 حاصل از نتایج زیست سنجی برای مطالعه فراسنجه های زیستی و رشد جمعیتی شته مومی کلم استفاده شد. مقدار این غلظت برای حشره کش کلرفلوآزورون ۲۵/۹۰ پی پی ام به دست آمد. برای داشتن شته های بالغ همسن، از کلنی تشکیل شده در گلدان ها به طور تصادفی تعداد مشخص شته بالغ جدا شدند و روی تعدادی از بوته های کلم که برای همسن سازی شته ها اختصاص داده شده بود و در چارچوب های توری (برای جلوگیری از نفوذ پارازیتوئیدها) قرار داشتند، به مدت ۲۴ ساعت جهت پوره زایی رهاسازی شدند (Lashkari et al., 2007) یک روز بعد، حشرات بالغ از بوته حذف شدند و بدین ترتیب پوره های یک روزه با سن یکسان بدست آمد. سپس این پوره ها پرورش یافته و پس از تبدیل شدن به پوره سن چهارم در زیست سنجی استفاده شدند. صفحه های برگ طبق مراحل ذکر شده در قسمت بالا، درون ظروف پتری قرار گرفتند. در هر تیمار تعداد ۱۰۰ عدد پوره سن چهارم (روی هر صفحه برگ ۲۰ عدد پوره سن چهارم قرار داده و برای هر تیمار پنج صفحه برگ در نظر گرفته شد) انتخاب شده و روی برگ های گیاه میزبان رهاسازی و برگ ها به روش اسپری با غلظت LC10 حشره کش کلرفلوآزورون تیمار شدند. برای شاهد نیز از آب مقطر سترون به همراه روغن سیتوویت استفاده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت شته های زنده مانده به کمک قلم موی ظریفی به صفحه های برگ تیمار نشده منتقل شده، و برای شروع مطالعات دموگرافی در دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 5$  درصد و دوره نوری با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی استفاده گردیدند. اثرات زیرکشندگی حشره کش کلرفلوآزورون روی فراسنجه های زیستی نسل اول حاصل از پوره های سن چهارم تیمار شده نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، روز سوم پوره زایی شته های بالغ نسل تیمار شده، تعداد ۸۰ عدد پوره سن یک از ماده های تیمار شده با غلظت LC10 حشره کش کلرفلوآزورون، و شاهد به طور تصادفی جدا شدند و به صفحه های برگ جداگانه و عاری از آفت کش منتقل شدند. بدین ترتیب هر واحد آزمایشی شامل صفحه های برگ عاری از حشره کش و یک عدد پوره سن یک در نسل اول بود. طی انجام آزمایش ها در هر دو نسل مورد مطالعه، میزان تلفات و تولید مثل شته ها تا زمان مرگ همه آن ها به صورت روزانه ثبت شد و پوره ها نیز روزانه پس از شمارش حذف شدند.

#### تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه داده ها برای تخمین مقادیر مختلف LC با استفاده از روش پروبیت نرم افزار SPSS انجام شد (SPSS, 2019). هم چنین داده های 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 Bootstrap محاسبه شده و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات (Ver. 12.3) انجام گرفت.

## نتایج

نتایج حاصل از زیست‌سنجی ۲۴ ساعت پس از تیمار شته‌های بالغ با حدود اطمینان ۹۵٪ بدست آمد (جدول ۱). مقادیر  $LC_{50}$  و  $LC_{10}$  به ترتیب ۵۰۳/۱۶ و ۲۵/۹۰ پی‌پی‌ام محاسبه شد.

جدول ۱- سمیت حشره‌کش کلرفلوآزورون روی شته بالغ مومی کلم *Brevicoryne brassicae* بعد از ۲۴ ساعت

**Table 1.** Toxicity of chlorfluazuron insecticide *Brevicoryne brassicae* adults after 24 hours

$LC_{10}$ (ppm) <sup>1</sup>	$LC_{50}$ (ppm) <sup>1</sup>	Slope±SE	Intercept (a)+5	$\chi^2$ (df)	No.
25.908 (6.016-53.243)	503.163 (291.8-1249.65)	0.995±0.201	-2.688+5	1.958 (3)	150

نتایج مقایسه طول دوره رشد و نمو مراحل مختلف زیستی شته مومی کلم (افراد تیمار شده) نشان داد که طول دوره سن چهار پورگی تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش به صورت معنی‌دار افزایش یافته است (جدول ۲). طول عمر شته‌های بالغ در تیمارهای شاهد و  $LC_{10}$  به ترتیب ۱۲/۴۳ و ۷/۳۷ روز بود که به طور معنی‌داری در غلظت‌های زیرکشنده نسبت به شاهد کمتر بود. بیشترین و کمترین میانگین کل طول عمر به ترتیب در شاهد (۱۳/۳۴ روز) و شته‌های تیمار شده با غلظت  $LC_{10}$  (۸/۸۹ روز) بدست آمد (جدول ۲). باروری کل تحت تأثیر تیمار  $LC_{10}$ ، ۲۵/۳۸ پوره به ازای هر ماده بدست آمد و به صورت معنی‌دار نسبت به شاهد (۲۱/۰۵ پوره به ازای هر ماده) کاهش یافت. (جدول ۲). میانگین طول دوره تخم‌ریزی بین دو شاهد و غلظت اختلاف معنی‌داری نشان داد و از ۸/۹۳ روز در شاهد به ۵/۴۴ روز در تیمار غلظت کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۲- ویژگی‌های زیستی (میانگین ± خطای معیار) شته مومی کلم تیمار شده (نسل والد) با غلظت  $LC_{10}$  حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با شاهد

**Table 2.** Biological characteristics (means ± SE) of *Brevicoryne brassicae* (parental generation) treated with  $LC_{10}$  concentration of chlorfluazuron insecticide in comparison with control.

Life-history parameter	Treatments	
	Control	$LC_{10}$
Developmental time (day)		
Nymph 4 (day)	1.44±0.06	1.87±0.08*
Female Adult (days)	12.43±0.35*	7.37±0.45
Total Fecundity (offspring/female)	25.38±0.65*	21.05±0.77
Total longevity (days)	13.34±0.43*	8.89±0.45
Oviposition Period (days)	8.93±0.2*	5.44 ±0.26
TPOP (day)	1.44 ±0.06	1.94 ±0.08*
APOP (day)	0.00 ±0.00	0.06 ±0.03*

\*: indicates a significant difference between treatments in each row (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)

**جدول ۳-** ویژگی های زیستی (میانگین  $\pm$  خطای معیار) نسل اول حاصل از شته مومی کلم تیمار شده با غلظت LC<sub>10</sub> حشره کش کلرفلوآزورون در مقایسه با شاهد

**Table 3.** Biological characteristics (means  $\pm$  SE) of the first generation produced by treated *Brevicoryne brassicae* with LC<sub>10</sub> concentration of chlorfluazuron insecticide in comparison with control

parameters	Treatments	
	Control	LC <sub>10</sub>
Nymph 1 (day)	1.44 $\pm$ 0.06*	1.13 $\pm$ 0.05
Nymph 2 (day)	1.43 $\pm$ 0.06	1.85 $\pm$ 0.11
Nymph 3 (day)	1.49 $\pm$ 0.06	1.69 $\pm$ 0.1
Nymph 4 (day)	1.36 $\pm$ 0.06	1.5 $\pm$ 0.09
Female Adult (day)	13.42 $\pm$ 0.32*	7.22 $\pm$ 0.23
Preadult (day)	5.47 $\pm$ 0.12	6.09 $\pm$ 0.25
Total Fecundity (offspring/individual)	25.33 $\pm$ 0.72*	12.19 $\pm$ 0.68
Total longevity (days)	18.38 $\pm$ 0.45*	7.03 $\pm$ 0.61
Oviposition Period (days)	9.75 $\pm$ 0.22*	5.47 $\pm$ 0.19
TPOP (days)	5.74 $\pm$ 0.12	6.44 $\pm$ 0.12
APOP (day)	0.00 $\pm$ 0.00	0.34 $\pm$ 0.32

\*: indicates a significant difference between treatments in each row (Paired bootstrap test,  $P < 0.05$ )

**جدول ۴-** فراسنجه های جدول زندگی (میانگین  $\pm$  خطای معیار) نسل اول حاصل از شته مومی کلم تیمار شده با غلظت LC<sub>10</sub> حشره کش کلرفلوآزورون در مقایسه با شاهد

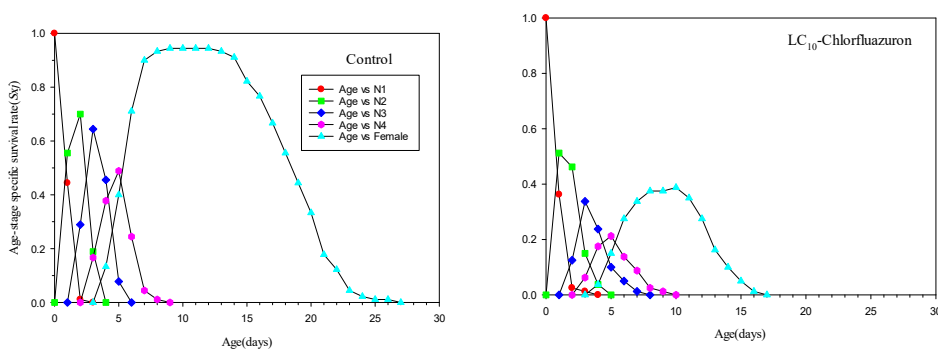
**Table 4.** Life table parameters (mean  $\pm$  SE) of the first generation produced by treated *Brevicoryne brassicae* with LC<sub>10</sub> concentration of chlorfluazuron insecticide in comparison with control

Population parameters	Treatments	
	Control	LC <sub>10</sub>
Intrinsic rate of Increase ( $r$ )(day <sup>-1</sup> )	0.36 $\pm$ 0.008*	0.18 $\pm$ 0.01
Finite rate of population Increase ( $\lambda$ )(day <sup>-1</sup> )	1.43 $\pm$ 0.01*	1.20 $\pm$ 0.02
Net reproductive rate ( $R_n$ ) (Offspring)	23.92 $\pm$ 0.92*	4.87 $\pm$ 0.71
Gross reproductive rate ( $GRR$ )(Offspring)	28.32 $\pm$ 1.28*	16.13 $\pm$ 1.61
Mean generation time ( $T$ )(day)	8.74 $\pm$ 0.17	8.64 $\pm$ 0.32

\*: indicates a significant difference between treatments in each row (Paired bootstrap test,  $P < 0.05$ )

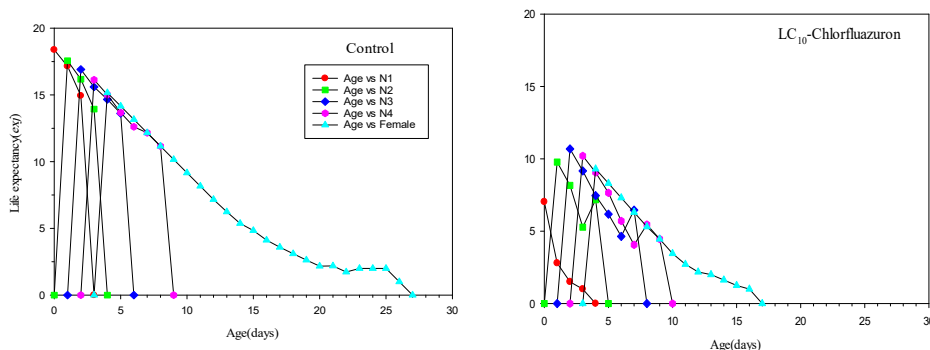
اثرات زیرکشدگی حشره کش کلرفلوآزورون روی فراسنجه های زیستی نتاج حاصل از شته مومی کلم (نسل اول) نشان داد که طول دوره سن یک پورگی در تیمار LC<sub>10</sub> کاهش معنی داری نسبت به شاهد داشته است. طول دوره رشد سن دوم تا چهارم پورگی و طول مجموع دوره نابالغ در مقایسه با شاهد اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۳). طول عمر افراد ماده بالغ تحت تأثیر تیمار LC<sub>10</sub> به طور معنی دار کمتر شد. کمترین میانگین کل طول عمر شته ها ۷/۰۳ روز در تیمار LC<sub>10</sub> و ۱۸/۳۸ روز در شاهد بود (جدول ۳). باروری کل در شاهد و غلظت به ترتیب ۲۵/۳۳ و ۱۲/۱۹ پوره به ازای هر ماده محاسبه شد (جدول ۳). طول دوره تخم ریزی در شاهد و شته های در معرض به ترتیب ۹/۷۵ و ۵/۴۷ روز بود که اختلاف معنی داری بین دو تیمار نشان داد (جدول ۳). منحنی نرخ بقای ویژه سنی-مرحله ای ( $S_{xj}$ ) شته های کلم احتمال زنده ماندن یک فرد جدید تا سن  $x$  و مرحله زرا نشان می دهد. تغییرات مربوط به این منحنی در شاهد و غلظت زیرکشنده نشان داده شده است (شکل ۱). طبق نتایج بدست آمده، نرخ بقای ویژه سنی شته مومی کلم در زمان ورود به مرحله حشره کامل ماده، در شاهد ۹۴ درصد و تیمار LC<sub>10</sub> کلرفلوآزورون ۴۰ درصد بود. به طوری که کاهش میزان بقای مرحله ی ماده بالغ در غلظت زیرکشنده حشره کش مورد آزمایش نسبت به شاهد مشاهده گردید. امید به زندگی ویژه سنی-مرحله ای ( $e_{xj}$ ) طول عمر پیش بینی شده شته های کلم در معرض غلظت زیرکشنده حشره کش را نشان می دهد (شکل ۲). روز صفر امید به زندگی پوره سن یک در شاهد ۱۸/۳۷ روز بود در صورتی که در غلظت زیرکشنده میزان امید به زندگی کاهش یافته و در روز صفر به ۷/۰۲ رسید. در شاهد اولین فرد ماده ۱۵/۱۶ روز امید به زندگی داشت، در حالی که در غلظت زیرکشنده این رقم به ۹/۳ روز کاهش یافت. مراحل نابالغ در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد تحت تأثیر

حشره‌کش قرار گرفته و افزایش طول دوره را نشان دادند. شاخص ارزش تولیدمثل ویژه سنی-مرحله‌ای ( $(l_x m_x)$ ) 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 گرفته است. 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 ( $(l_x)$ ، باروری ویژه سنی-مرحله‌ای ( $(m_x)$ ) و باروری ویژه سنی ( $(l_x m_x)$ ) در تیمار زیرکشنده نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت. احتمال بقا در تیمار LC<sub>10</sub> به کمتر از ۱۶ روز رسید، در صورتی‌که مقدار آن در شاهد ۲۶ روز محاسبه شد. بیشترین مقدار باروری برای شاهد ثبت شد که ۶/۵۸ پوره در روز چهارم بود. باروری در تیمار، ۳/۴۱ پوره در روز پنجم بود (شکل ۴). فراسنجه‌های رشد جمعیت نتاج حاصل از شته مومی کلم در شاهد و غلظت زیرکشنده حشره‌کش کلرفلوآزورون در جدول ۴ نشان داده شده است. کلرفلوآزورون در غلظت LC<sub>10</sub> به طور معنی‌داری میانگین نرخ خالص تولیدمثل ( $(R_0)$ ) را در مقایسه با شاهد کاهش داد. نرخ خالص تولیدمثل در شاهد و LC<sub>10</sub> به ترتیب ۲۳/۹۲ و ۴/۸۷ پوره به ازای هر ماده بود (جدول ۴). نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $(r)$ ) نشان دهنده نرخ تغییرات روزانه جمعیت به ازای هر فرد از آن جمعیت است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت در شاهد ۰/۳۶ بر روز بود که به طور معنی‌داری در تیمار LC<sub>10</sub> کاهش یافت (جدول ۴). نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $(\lambda)$ ) در تیمارهای شاهد و LC<sub>10</sub> به ترتیب ۱/۴۳ و ۱/۲۰ بر روز محاسبه شد که در تیمار حشره‌کش نسبت به شاهد کاهش یافته است (جدول ۴). نرخ ناخالص تولیدمثل ( $(GRR)$ ) نشان دهنده تعداد پوره‌های اضافه شده به جمعیت در طول یک نسل بدون در نظر گرفتن درصد تلفات می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان داد کمترین مقدار این میانگین مربوط به تیمار LC<sub>10</sub> و بیشترین آن مربوط به شاهد می‌باشد (جدول ۴). میانگین طول یک نسل ( $(T)$ ) تحت تأثیر غلظت زیرکشنده در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴).



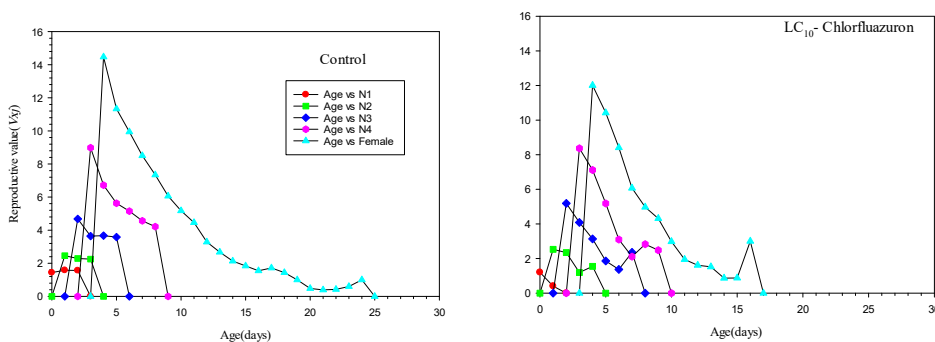
شکل ۱- منحنی بقای ویژه سنی-مرحله‌ای ( $(S_{y_j})$ ) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC<sub>10</sub> حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با شاهد.

**Fig. 1.** Age-specific survival rate ( $(S_{y_j})$ ) curve of the first generation of *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC<sub>10</sub> of chlorfluazuron insecticide in comparison with control.



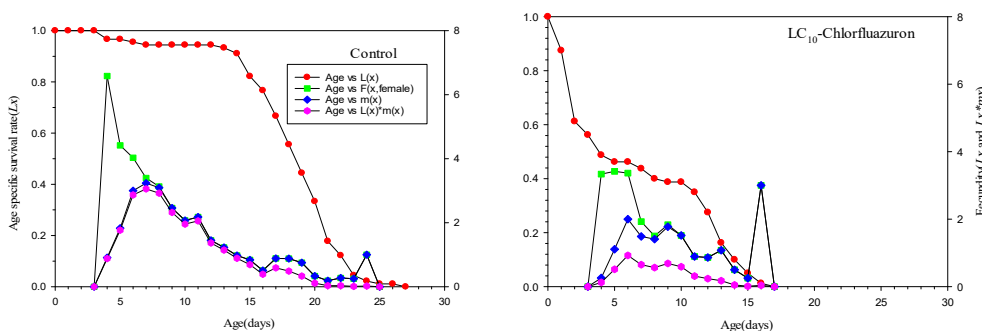
شکل ۲- منحنی امید به زندگی سنی-مرحله‌ای ( $e_{xj}$ ) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC<sub>10</sub> حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با شاهد.

**Fig. 2.** Age-stage life expectancy ( $e_{xj}$ ) curve of the first generation of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC<sub>10</sub> of chlorfluazuron insecticide in comparison with control.



شکل ۳- منحنی ارزش تولیدمثل سنی-مرحله‌ای ( $v_{xj}$ ) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC<sub>10</sub> حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با شاهد.

**Fig. 3.** Age-stage reproduction value ( $v_{xj}$ ) curve of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC<sub>10</sub> of chlorfluazuron insecticide in comparison with control.



شکل ۴- منحنی بقای ویژه سنی ( $l_x$ ), باروری ویژه سنی-مرحله‌ای ( $m_x$ ) و باروری ویژه سنی ( $l_x m_x$ ) نسل اول شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* حاصل از افراد تیمار شده با غلظت LC<sub>10</sub> حشره‌کش کلرفلوآزورون در مقایسه با شاهد.

**Fig. 4.** Age-specific survivorship ( $l_x$ ), age-stage specific fertility ( $m_x$ ) and age-specific fertility ( $l_x m_x$ ) curves of the first generation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* produced by treated individuals with LC<sub>10</sub> of chlorfluazuron insecticide in comparison with control.



## بحث

پژوهش حاضر نشان داد که حشره‌کش کلرفلوآزورون با غلظت ۵۰۳/۱۶۳ پی‌پی‌ام قادر به ایجاد ۵۰ درصد تلفات (LC<sub>50</sub>) در جمعیت شته مومی کلم است. تیمار مزرعه‌ای چهار غلظت ۰،۷۵، ۳۷/۵، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر حشره‌کش کلرفلوآزورون میانگین کارایی ۴۰ درصدی روی تلفات شته نخودفرنگی، *Acyrtosiphon pisum* Harris یک روز پس از سمپاشی نشان داد (Karimzadeh et al., 2020). بررسی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات شامل پیری پروکسی فن، هگزا فلومورون و فلوفنوکسورون روی شته مومی کلم در مزارع کلزا نشان داد که مهار کننده سنتز کیتین هگزا فلومورون با غلظت یک در هزار و ۸۵ درصد تلفات، عملکرد مؤثری در ایجاد تلفات و افزایش محصول داشت (Bahmani et al., 2011). در تحقیق صورت گرفته توسط (Sadeghi et al., 2009)، تنظیم کننده‌های رشد حشرات شامل فلوفنوکسورون، نیم آزال تی-اس و پیری پروکسی فن به ترتیب با LC<sub>50</sub> معادل ۷/۹، ۸/۷ و ۹/۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در ۷۲ ساعت پس از تیمار *Acyrtosiphon pisum* بیشترین تأثیر را در کنترل جمعیت این آفت داشتند. مقدار LC<sub>50</sub> محاسبه شده برای شته مومی کلم در برابر حشره‌کش‌های تیمتوکسام (Taheri Sarrhouzaki & Safavi, 2014a) و تیاکلوپراید (Taheri Sarrhouzaki & Safavi, 2014b) به ترتیب ۱۶۹/۰۵ و ۲۷۴/۸۹ پی‌پی‌ام بدست آمد. حساسیت پایین‌تر شته مومی کلم در برابر کلرفلوآزورون در مقایسه با آفت‌کش‌های تحقیق اخیر می‌تواند ناشی از نحوه اثر و توصیه برای استفاده روی بال‌پولک‌داران باشد. با توجه به سمیت نسبی پایین در ایجاد تلفات روی شته مومی کلم، برای بررسی اثر دقیق‌تر آن از آزمایش زیرکشنده‌گی استفاده شد. وجود پوشش مومی در شته مانعی برای رسیدن حشره‌کش‌های تماسی است و برای شبیه‌سازی شرایط مزرعه‌ای غلظت LC<sub>10</sub> برای رسیدن به حشره در موقع سمپاشی علیه بید کلم در نظر گرفته شد.

نتایج بررسی ویژگی‌های زیستی شته مومی کلم در معرض غلظت زیرکشنده نشان داد که حشره‌کش کلرفلوآزورون تأثیر بسزایی روی باروری و طول عمر شته‌های بالغ داشت. متوسط کل طول عمر و تخم‌ریزی افراد بالغ تیمار شده با غلظت LC<sub>10</sub> به طور چشم‌گیری نسبت به شاهد کاهش یافت. غلظت زیرکشنده این حشره‌کش طول دوره رشد پوره سن چهارم را در نسل تیمار شده افزایش داد، ولی طول دوره رشد پوره‌های سن دوم تا چهارم نسل اول تغییری نداشت. افزایش طول دوره رشد افراد نابالغ باعث می‌شود که این افراد مدت زمان بیشتری در معرض عوامل کنترل بیولوژیک از جمله دشمنان طبیعی قرار بگیرند که این امر کارایی دشمنان طبیعی را در مهار جمعیت آفت افزایش می‌دهد (Erb et al., 2001; Sedaratian et al., 2013). ضمن این که تعداد نسل‌های آفت نیز کاهش می‌یابد. هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر، مطالعات انجام شده توسط (Mahmoodi et al., 2020) در بررسی تأثیر حشره‌کش‌های استامی‌پراید، بوپروفزین و TLC روی فراسنجه‌های زیستی شته مومی کلم نشان داد که غلظت LC<sub>30</sub> این حشره‌کش‌ها (به ترتیب ۵۱/۲۱، ۳۶ و ۰/۵۶ پی‌پی‌ام) طول دوره رشد سنین پورگی را افزایش داد. همچنین طول عمر و باروری شته‌های بالغ در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. به طور مشابه، تحقیق صورت گرفته توسط (Pavela et al., 2004) حاکی از کاهش طول عمر، باروری افراد بالغ و افزایش طول دوره رشد مراحل نابالغ افراد شته مومی کلم در نتیجه استفاده از پنج غلظت ۰/۲۵، ۰/۰۵، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۰۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر حشره‌کش آزادپراختین می‌باشد. برخلاف پژوهش‌های ذکر شده و تحقیق حاضر، مطالعات (Romasi et al., 2021) نشان داد که غلظت LC<sub>30</sub> حشره‌کش‌های گیاهی پالیزین و تنداکسیر (به ترتیب ۱۶۲۷/۰۲ و ۱۸۴۳/۹۹ میلی‌گرم بر لیتر)، طول دوره رشد پیش از بلوغ را کاهش می‌دهد که این تفاوت ممکن است به دلیل نوع حشره‌کش و مرحله زندگی حشره باشد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ تغییرات

جمعیت حشره به ازای هر فرد در هر روز را نشان می‌دهد و مهم‌ترین آماره زیستی جمعیت حشرات است که تخمین دقیقی‌تری از تأثیر ترکیبات سمی روی جمعیت آفات ارائه می‌دهد (Walthall & Stark, 1997; Stark *et al.*, 1999; Forbes & Calow, 1999). در مطالعه حاضر، غلظت زیرکشنده حشره‌کش کلرفلوآزورون با افزایش تلفات و کاهش طول عمر و تولیدمثل حشرات بالغ باعث کاهش معنی‌دار مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت در مقایسه با شاهد شد. مقدار  $r$  در غلظت زیرکشنده ۰/۱۸ و شاهد ۰/۳۶ بر روز بدست آمد. به طور مشابه، در تحقیق صورت گرفته توسط Taheri Sarhozaki & Safavi (2014b) مقدار  $r$  در جمعیت *B. brassicae* تحت تأثیر غلظت-های LC<sub>10</sub> (۲۳/۵۲ پی‌پی‌ام) و LC<sub>25</sub> (۷۶/۴۴ پی‌پی‌ام) حشره‌کش تیاکلوپراید به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. این مقدار برای شاهد ۰/۲۷ بر روز و برای غلظت LC<sub>25</sub> تیاکلوپراید، ۰/۲۳ بر روز بود. در تحقیق حاضر، نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) در شاهد ۲۳/۹۲ پوره به ازای هر ماده می‌باشد که به طور معنی‌داری در غلظت زیرکشنده کلرفلوآزورون کاهش پیدا کرده است. (Lashkari *et al.*, 2007) گزارش کردند که غلظت LC<sub>30</sub> حشره-کش‌های ایمیداکلوپراید و پی‌متروزین (به ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۶۹ مول بر لیتر) کنترل مؤثری علیه شته مومی کلم داشته‌اند. مقادیر بدست آمده برای نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) در تیمارهای شاهد، ایمیداکلوپراید و پی‌متروزین، به ترتیب ۲۳/۵۴، ۱/۹۹ و ۳/۲۹ پوره به ازای هر ماده و نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ ) به ترتیب ۰/۲۷، ۰/۰۷ و ۰/۱۲ بر روز و طول عمر شته‌های بالغ به ترتیب ۱۱/۱۳، ۲/۶۶ و ۳/۶۰ روز بدست آمد. نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) فراسنجه دیگری است که نشان می‌دهد جمعیت در هر روز نسبت به روز قبل چند برابر شده است که در این تحقیق به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافته است. مقدار این فراسنجه برای شته مومی کلم در معرض غلظت LC<sub>25</sub> حشره‌کش تیاکلوپراید ۱/۲۶ بر روز محاسبه شد (Taheri Sarhozaki & Safavi, 2014b). در تحقیقی دیگر Heidary *et al.* (2020) با بررسی تأثیر غلظت LC<sub>25</sub> خالص (۳۸۲/۷۲ میکرولیتر بر لیتر) و نانوکپسول (۹۳/۸۲ میکرولیتر بر لیتر) اسانس *Thymus daenensis* Celak. روی فراسنجه‌های زیستی شته مومی کلم دریافتند که این ترکیبات اثرات منفی و شدیدی روی این آفت دارند، مقادیر فراسنجه‌های  $R_0$ ،  $\lambda$ ،  $r$  و  $GRR$  تحت تأثیر غلظت‌های مورد مطالعه کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. بررسی منابع قبلی نشان داد که اثر زیرکشنده حشره‌کش کلرفلوآزورون تاکنون روی شته کار نشده و بیشتر آفات بالپولکی را کنترل می‌کند و روی تعدادی از آفات مکنده مانند تریپس‌ها، عسلک‌ها و پسیل‌ها نیز کنترل مؤثری داشته است (Hashizum, 1988). به طور مثال، بررسی اثر غلظت LC<sub>50</sub> حشره‌کش کلرفلوآزورون و فلوئوکسورون (به ترتیب ۱/۰۰ و ۴/۶۸ میلی‌گرم بر لیتر) بر روی *Agrotis ipsilon* نشان داد که هر دو این آفت‌کش‌ها طول عمر و باروری افراد بالغ را در مقایسه با شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد، طول دوره تخم‌ریزی در شاهد و تیمارهای کلرفلوآزورون و فلوئوکسورون، به ترتیب ۱۲/۸۰، ۲/۰۰ و ۳/۳۰ روز بود که در کلرفلوآزورون به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بود (El-Sayed *et al.*, 2018). اثرات زیرکشنده (LD<sub>10</sub> یا LD<sub>30</sub>) کلرفلوآزورون بر تولیدمثل و زنده‌مانی *Spodoptera litura* باعث کاهش وزن بدن در تمام مراحل رشد، کاهش باروری و تخم‌گذاری افراد بالغ شد. میزان باروری زمانی که هر دو جنس نر و ماده تحت درمان قرار گرفتند، ۶۸ درصد کاهش یافت (Perveen, 2000). در تحقیق دیگر، Pooye *et al.* (2019) گزارش کردند که غلظت یک در هزار حشره‌کش کلرفلوآزورون در روز سوم پس از سمپاشی جمعیت تخم و پوره پسیل معمولی پسته *Agonosca pistaciae* را به طور قابل قبولی کنترل می‌کند. در این پژوهش تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش کلرفلوآزورون روی افراد بالغ شته مومی کلم و نتایج آن‌ها بررسی شد. ارزیابی‌های انجام شده نشان داد که این ترکیب ضمن تأثیر بر روی افراد بیمار شده این آفت، ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی نسل اول را نیز به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد تحت تأثیر قرار داد. هرچند حشره‌کش کلرفلوآزورون توسط سازمان حفظ نباتات کشور علیه بیدکلم توصیه شده

است، با این حال، بر اساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان بیان کرد که می‌تواند در کاهش جمعیت شته مومی کلم نیز موثر باشد. هر چند تایید نتایج آزمایشگاهی نیازمند داده‌های مزرعه‌ای است. به‌علاوه، بررسی تاثیر آن روی دشمنان طبیعی از جمله زنبورهای پارازیتوئید شته مومی کلم نیز باید در اولویت قرار گیرد.

## References

- Anonymous.** (2012) Chlorfluazuron: Insect growth regulator. <http://www.iskweb.co.jp/eng/products>. Accessed 6 January 2014.
- Aslam, M. & Ahmad, M.** (2002) Effectiveness of some insecticides against cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Homoptera: Aphididae). *Journal of Research Science* 13 (2), 145-150.
- Bahmani, S., Keyhanian, A. A. & Farazmand, H.** (2011) The effect of pyriproxyfen, hexaflumuron and flufenoxuron on the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hem., Aphididae), in canola field. *IAU Entomological Research Journal* 3 (2), 133-141. [In Persian].
- Biondi, A., Mommaerts, V., Smagghe, G., Vinuela, E., Zappala, L. & Desneux, N.** (2012) The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest Management Science* 68, 1523-1536.
- Chi, H.** (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17, 26-34.
- Chi, H.** (2020) TWSEX-MSChart: a computer program for age stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan; available from <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar>.
- Chi, H. & Liu, H.** (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica* 24, 225-240.
- Costello, M. J. & Altieri, M. A.** (1995) Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agriculture Ecosystems & Environment* 52, 187-196.
- El-Sayed, H. Sh., Nawal, Z. Z., Aziza, E. A. & Said, A. E.** (2018) Effect of chlorfluazuron and flufenoxuron on development and reproductive performance of the black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae). *Invertebrate Reproduction & Development* 62 (1): 27-34.
- Erb, S. L., Bouchier, R. S., van Frankenhuyzen, K. & Smith, S. M.** (2001) Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. *Kurstaki* on *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) and the tachinid parasitoid *Compsilura concinnata* (Diptera: Tachinidae). *Environmental Entomology* 30, 1174-1181.
- Fenoll, J., Ruiz, E., Hellin, P., Lacasa, A. & Flores, P.** (2009) Dissipation rates of insecticides and fungicides in peppers grown in greenhouse and under cold storage conditions. *Food Chemistry* 113, 727-732.
- Forbes, V. E. & Calow, P.** (1999) Is the per capita rate of increase a good measure of population level effects in ecotoxicology? *Environmental Toxicology Chemistry* 18, 1544-1556.
- Freuler, J., Fischer, S., Ancav, A., Mittaz, C. & Terrettaz, C.** (2001) Comparative efficacy of some insecticides against cabbage aphid. *Arboriculture and Horticultural* 33, 89-97.
- Garg, P. K., Singh, S. P. & Hameed, S. F.** (1987) Dissipation of endosulfan residues in/on mustard aphid. *Journal of the Entomological Research Society* 11, 158-160.

- Hashizume, B.** (1988) Atabron® 5E, a new IGR insecticide (chlorfluazuron). *Japan Pesticide Information* 58, 32-34.
- Haynes, K. F.** (1988) Sublethal effects of neurotoxic insecticide on insect behavior. *Annual Review Entomology* 33, 149-168.
- Heidary, M., Jafari, Sh., Karimzadeh, J., Negahban, M. & 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 Persian].
- Ishaaya, I., Navon, A. & 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.
- Karazmoodeh, E. & Zandi, P.** (2013) Population abundance of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) on the most commonly cultivated rapeseed varieties in guilan at two growth Stages. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences* 4 (1), 21-27.
- Karimzadeh, R., Kazemi, F. & 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 Persian].
- Keyhanian, A. A., Barari, H., Taghizadeh, M. & Khormali, S.** (2015) Evaluation of the efficacy of insecticide chlorfluazuron (EC 5%) against *Helicoverpa armigera* hab. in soybean. *Pesticides in Plant Protection Sciences* 2 (1). [In Persian].
- Khanjani, M.** (2007) *Vegetable Pests in Iran*. 467 pp. Bu-Ali Sina University Press Center, Hamedan. [In Persian].
- Khanjani, M.** (2009) *Vegetable Pests in Iran*. Bu-Ali Sina University Press Center, Hamedan. [In Persian].
- 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. *Insect Science* 14, 207-212.
- Liu, S. S., Hommes, M. & Hildenhagen, R.** (1994) Damage to white cabbage by the aphid *Brevicoryne brassicae* (L.): influence of aphid density and stage of plant growth. *IOBC/WPRS Bull* 17, 75-89.
- Mahmoodi, L., Mehrkhou, F., Guz, N., Forozan, M. & Atlihan, N.** (2020) Sublethal effects of three insecticides on fitness parameters and population projection of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 113 (6), 2713-2722.
- Narkiewicz, J. J.** (1995) Preliminary trials on the efficiency of the chemical control of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). *Biology Waten* 60, 941-943.
- Omirou, M., Vryzas, Z., Papadopoulou-Mourkidou, E. & Economou, A.** (2009) Dissipation rates of iprodione and thiacloprid during tomato production in greenhouse. *Food Chemistry* 116, 499-504.
- Pavela, R., Barnett, M. & Kocourek, F.** (2004) Effect of azadirachtin applied systemically through roots of plants on the mortality, development and fecundity of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*). *Phytoparasitica* 32 (3), 286-294.
- 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. & 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 Persian].
- 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).
- Sadeghi, A., van Damme, E. J. M. & Smagghe, G. (2009) Evaluation of the susceptibility of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*, to a selection of novel biorational insecticides using an artificial diet. *Journal of Insect Science* 9 (65), 1-8.
- Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talaei-Hassanloui, R. & Jurat-Fuentes, J. L. (2013) Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: A carryover study on offspring. *Journal of Applied Entomology* 137, 540-549.
- SPSS (2019) IBM SPSS statistics for windows, Version 26.0. IBM corporation.
- Stark, J. D., Jepson, P.C. & Mayer, D. (1995) Limitations to the use of topical toxicity data for predictions of pesticide sideeffects in the field. *Journal of Economic Entomology* 88 (5), 1081-1088.
- Stark, J. D., Tanigoshi, L., Bounfour, M. & Antonelli, A. (1997) Reproductive potential, its influence on the susceptibility of the species to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 37, 273-279.
- Stark, J. D. & Banks, E. (2003) Population level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology* 48, 505-519.
- Sweeden, M. B. & McLeod, P. J. (1997) Aphicide persistence on spinach and mustard greens. *Journal of Economic Entomology* 90, 195-198.
- Tadeo, L. (2008) *Analysis of pesticides in food and environmental samples*. 382pp. CRC Press Taylor and Francis Group an informa business.
- 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.
- 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.
- Walthall, W. K. & Stark, J. D. (1997) A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 37, 45-52.