

اثرات زیرکشنده حشره کش فلوپیرادیفورون روی فراسنجه‌های جدول زندگی شته خردل، *Lipaphis erysimi* (Kalt)

سعیده حسینی، حبیب عباسی پور، علیرضا عسکریان‌زاده* و علی نوروژی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۸

چکیده

کلزا به عنوان یک گیاه دانه روغنی در سطح وسیعی از جهان کشت می‌شود. شته خردل (*Lipaphis erysimi* (Kalt.)) (Hemiptera: Aphididae)، یکی از مهم‌ترین آفات کلزا است. در این تحقیق، غلظت‌های کشنده و زیرکشنده حشره‌کش فلوپیرادیفورون روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی شته خردل بررسی شد. آزمایش‌ها در دمای 20 ± 2 درجه - سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. فراسنجه‌های جدول زندگی شته خردل به روش جدول زندگی تک جنسی کری (Carey) محاسبه شد. میزان LC₁₀، LC₂₅ و LC₅₀ حشره‌کش فلوپیرادیفورون به ترتیب ۰/۳۸۵، ۰/۰۹۳ و ۰/۰۲۶ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد. مقدار نرخ ذاتی رشد جمعیت ۰/۳۴، ۰/۳۰ و ۰/۲۳ ماده به ازای ماده روز، نرخ متناهی افزایش جمعیت ۱/۴۱، ۱/۳۶ و ۱/۲۷ ماده به ازای ماده روز، متوسط مدت زمان یک نسل ۱۰/۸۴، ۹/۹۸ و ۹/۰۰ روز و زمان دو برابر شدن جمعیت ۰/۴۹، ۰/۵۰ و ۰/۵۴ روز به ترتیب در تیمار شاهد، LC₁₀ و LC₂₅ به دست آمد. بیشترین میزان نرخ‌های تولیدمثل و نرخ‌های رشد جمعیت شته خردل به ترتیب مربوط به تیمار شاهد، LC₁₀ و LC₂₅ بود. آزمایش‌ها نشان داد غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش فلوپیرادیفورون فراسنجه‌های نرخ خالص تولید مثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و میانگین طول دوره یک نسل را به طور معنی‌داری کاهش و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت شته خردل را افزایش داد. بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق حشره‌کش فلوپیرادیفورون پتانسیل خوبی در کنترل شته خردل در غلظت‌های کشنده و زیرکشنده دارد.

واژه‌های کلیدی: شته خردل، غلظت زیرکشنده، جدول زندگی، فلوپیرادیفورون

مقدمه

با توجه به این که بیش از ۹۰٪ روغن خوراکی کشور از طریق واردات تامین می‌شود (Mohajer, 2018) و توسعه کشت کلزا در برنامه‌های خودکفایی کشور به صورت ویژه-ای مورد اهمیت قرار گرفته است، یافتن راهکارهایی برای کنترل آفات این محصول و همچنین حمایت از دشمنان طبیعی آفات آن، ضروری به نظر می‌رسد. شته خردل، *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) به عنوان آفت مهم محصولات روغنی خانواده براسیکا به خصوص کلزا در هند و نیوزلند محسوب می‌شود (Singhvi et al., 1973; Lammerink and Banfield, 1980; Bakhetia, 1984). در حال حاضر این شته در ایران نیز آفت اصلی و غالب کلزا در مناطق گرمسیر کشور می‌باشد (Khajezadeh et al., 2010). این شته از طریق مکیدن شیره گیاهی به صورت مستقیم و انتقال ویروس و عوامل بیماری‌زای گیاهی به طور غیرمستقیم باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود (Yue and Liu, 2000). روش‌های متعدد از قبیل استفاده از ارقام مقاوم، استفاده از دشمنان طبیعی، روش‌های کنترل زراعی و استفاده از اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی با فرمولاسیون‌های مختلف برای کنترل شته‌های کلزا و شته خردل مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما روش غالب در بیشتر مناطق دنیا و ایران، روش‌های کنترل شیمیایی و مصرف آفت‌کش‌ها می‌باشد. استفاده بی‌رویه از سموم شیمیایی و افزایش تعداد دفعات سم‌پاشی باعث شده این آفت نسبت به بیشتر سموم شیمیایی مقاومت نشان دهد (Adachi-Hagimori et al., 2010). همچنین، کاربرد روزافزون مواد شیمیایی توانایی بالقوه دشمنان طبیعی آفات را به شدت کاهش می‌دهد (Azizi et al., 2014). بررسی‌ها نشان داده است که تنها راه کنترل موفق و پایدار بسیاری از آفات، استفاده هم‌زمان از عوامل زیستی و ترکیبات شیمیایی در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات است؛ زیرا هر کدام از این روش‌ها به تنهایی نواقصی دارند که تامین‌کننده اهداف مدیریت تلفیقی نمی‌باشند (Mardani, 2012). آثار زیرکشنده حشره‌کش با دوز

کشنده مشخص نمی‌شود (Wennergen and Stark, 2000).

امروزه، جدول زندگی به عنوان یک روش قابل اطمینان برای تعیین سمیت آفت‌کش‌ها و بهترین زمان مبارزه با آفات و از ابزار مهم در مطالعه مبارزه با آفات پیشنهاد شده است. در واقع جدول زندگی تاثیر سم بر زنده‌مانی و عوامل محدود کننده نرخ رشد جمعیت آفت را مشخص می‌کند (Chi, 1990). پژوهش‌های بسیاری در زمینه اثر غلظت‌های زیرکشنده روی میزبان شته در جنس‌های گوناگون انجام گرفته است، از جمله می‌توان به بررسی غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌های تیمتوکسام و پرمیکارپ روی شته خردل (Rezaei et al., 2014)، تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش فلوپیرادیفورون روی شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer) (Tang et al., 2019)، اثرات غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌های فورادان، اورتن روی تولیدمثل شته پنبه *Aphis gossypii* (Glover) (Kerns et al., 1998)، اثر غلظت‌های زیرکشنده حشره-کش ایمیداکلوپرید روی شته سبز هلو (Ayyanath, 2013)، تاثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش سولفاکسفلور روی دو گونه شته گندم *Sitobion avenae* (Fabricius) و *Rhopalosiphum padi* (L.) (Juan-Juan et al., 2019)، اثر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش ایندوکساکارب و سایپرترین روی شته گندم *R. padi* (Zuo et al, 2016) و تاثیر غلظت‌های زیرکشنده چهار حشره‌کش ایمیدوکلروپراید، استامی پراید، دلتامترین و لامبداسای هالوترین روی شته سبز هلو (Sial et al., 2018) اشاره کرد. در این تحقیق نیز اثرات کشنده و زیرکشنده حشره‌کش فلوپیرادیفورون روی شته خردل *L. erysimi* در شرایط آزمایشگاهی بر اساس فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی تعیین شد.

مواد و روش‌ها

فلوپیرادیفورون

لایه پارافیلیم اول روی ظرف محتوی شته‌ها کشیده شده و لایه پارافیلیم دوم روی لایه پارافیلیم اول کشیده می‌شود. بین دو لایه مخلوط ماده غذایی و درصد مشخص حشره‌کش قرار می‌گیرد و شته‌ها استایلت خود را در پارافیلیم فرو برده و به طور مستقیم از مخلوط ماده غذایی بین دو لایه پارافیلیم تغذیه می‌کنند و در واقع شبیه سازی برگ انجام می‌گیرد. برای جیره غذایی حشره از ساکارز ۲۰ درصد استفاده شد (Mittlert et al., 1963). به شته‌ها مدت دو تا چهار ساعت قبل از انجام آزمایش گرسنگی داده شد. برای هر غلظت سه تکرار در نظر گرفته شد و برای شاهد از جیره غذایی حشره بدون سم استفاده شد. ظروف درون اتاقک رشد با دمای 20 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. در این تحقیق از نسل سوم این شته‌ها استفاده شد. بدین منظور، بعد از تشکیل کلنی اولیه تعدادی از ماده‌های بالغ روی یک برگ از گلدان جداگانه منتقل شد و پس از اولین پوره‌زایی ماده بالغ حذف شده و این عمل برای سه نسل تکرار شد. گلدان‌ها با طلقی شفاف به ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر پوشانده شده و به منظور تهویه، درپوشی از توری نازک روی آن‌ها قرار داده شد.

آزمایش‌های زیست‌سنجی

در این پژوهش از حشره‌کش فلوپیرادیفورون با نام تجاری سیوانتو و فرمولاسیون SL 20% (مایع قابل حل در آب) ساخت شرکت بایر کراپ ساینس آلمان استفاده شد.

پرورش شته خردل *L. erysimi*

کلنی اولیه شته خردل از مزارع کلزای بخش جعفرآباد استان قم جمع‌آوری و به گلدان‌هایی با ارتفاع ۱۲ و قطر ۱۰ سانتی‌متر که درون آن با پیت ماس، ورمی کمپوست و خاک زراعی به نسبت ۴:۳:۳ پر شده بود، انتقال داده شد. رقم کلزا هایولا ۵۰ بود. گلدان‌های حاوی کلنی شته در شرایط استاندارد اتاقک رشد در دمای 20 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. در این تحقیق از نسل سوم این شته‌ها استفاده شد. بدین منظور، بعد از تشکیل کلنی اولیه تعدادی از ماده‌های بالغ روی یک برگ از گلدان جداگانه منتقل شد و پس از اولین پوره‌زایی ماده بالغ حذف شده و این عمل برای سه نسل تکرار شد. گلدان‌ها با طلقی شفاف به ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر پوشانده شده و به منظور تهویه، درپوشی از توری نازک روی آن‌ها قرار داده شد.

بررسی جدول زندگی

۱۲۰ عدد شته ماده بالغ بکرزا در شرایط اتاقک رشد انتخاب شده و با روش پارافیلیم در معرض دز زیرکشنده LC_{25} و LC_{10} حشره‌کش قرار گرفتند. افراد زنده مانده با استفاده از قلم موی ظریف به برگ‌های کلزا داخل ظروف پتری با قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع یک سانتی‌متر منتقل شدند. برای حفظ رطوبت برگ، کف ظروف پتری یک لایه نازک اسفنج مرطوب قرار داده شد و برگ به صورت وارونه روی آن قرار گرفت، سپس اطراف برگ و کناره‌های پتری با پنبه مرطوب پوشانده شد. در هر برگ یک عدد شته قرار داده شد. شته‌های مذکور به صورت روزانه بررسی و مرگ و میر و زاد و ولد آن‌ها ثبت شد. پوره‌های متولد شده در هر روز و برای هر شته شمارش و حذف شدند. ثبت مرگ و میر و زاد و ولد روزانه تا زمان مرگ هر یک از شته‌های ماده بالغ ادامه یافت. برای هر دوز ۲۰ حشره در نظر

ابتدا آزمایش‌های اولیه برای تعیین میزان ۵ و ۷۵٪ کشندگی انجام شد و سپس آزمایش‌های تکمیلی زیست-سنجی برای تعیین LC_{50} ، LC_{25} و LC_{10} انجام شد. به منظور تعیین غلظت‌های اولیه، مقادیر غلظت‌ها طوری انتخاب شد که هر دز، نسبت به دز قبلی خود رابطه عددی داشته باشد و یا فواصل لگاریتمی بین آن‌ها صادق باشد. برای این منظور ابتدا با یک‌سری آزمایش‌های مقدماتی حد بالا و حد پایین غلظت مشخص شد و سپس غلظت‌های بین حد بالا و حد پایین مشخص شد. بدین منظور ابتدا ده شته خردل را درون ظروفی به ابعاد 25×31 میلی‌متر قرار داده و روی ظرف با پارافیلیم پوشانده شد و سپس با سمپلر ۲۰۰ میکرولیتر از جیره غذایی حشره به همراه غلظت مورد نظر از سم را روی پارافیلیم قرار داده و یک لایه دیگر از پارافیلیم روی آن کشیده شد، به صورتی که جیره غذایی مخلوط با سم بین دو لایه پارافیلیم قرار گرفت. در واقع، در این روش

استعداد ذاتی رشد و یا نرخ رشد جمعیت (r) که در شرایط بهینه آزمایشگاهی پرورش داده می‌شود. برای محاسبه r از معادله اوپلر-لوتکا استفاده شد (Goodman, 1982).

$$r = \sum e^{-rx} l_x m_x = 1 \quad (5)$$

نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) که نشان‌دهنده این است که جمعیت نسبت به روز قبل چند برابر افزایش یافته است.

$$\lambda = e^r \quad (6)$$

میانگین طول مدت یک نسل (T) یا میانگین زمانی است که در طول آن نتاج تولید شده‌اند.

$$T = \text{Log } R_0 / r \quad (7)$$

مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT):

$$DT = \ln 2 / r \quad (8)$$

میزان تولد روزانه (b) به ازای هر فرد در جمعیت پایدار

$$b = 1 / \sum e^{-rx} l_x \quad (9)$$

میزان مرگ و میر روزانه (d) به ازای هر فرد در جمعیت پایدار

$$d = b - r \quad (10)$$

برای مقایسه میانگین و برآورد خطای استاندارد پارامترهای $b, DT, T, r, \lambda, R_0, GRR$ و d از روش جک نایف استفاده شد (Mayer et al., 1986). داده‌ها در نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ و SPSS-19 در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۲۰ تکرار، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی و در سطح احتمال یک درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار سیگما پلات ورژن ۱۴ استفاده شد.

نتایج

آزمایش‌های زیست‌سنجی حشره کش

فلوپیرادیفورون روی شته خردل، *L. erysimi*

طبق نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های زیست‌سنجی حشره کش فلوپیرادیفورون در جدول ۱، این حشره کش در غلظت‌های زیرکشنده نیز روی شته خردل تاثیر گذاشت. میزان LC_{50} ، LC_{25} و LC_{10} برای حشره کش فلوپیرادیفورون در این آزمایش به ترتیب ۰/۳۸۵، ۰/۹۳ و ۰/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد.

گرفته شد. ۲۰ حشره نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد که در آن شته‌ها فقط از جیره غذایی تغذیه کرده بودند. آزمایش‌ها درون اتاقک رشد با شرایط دمایی 20 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت.

تجزیه داده‌ها

داده‌ها به روش جدول زندگی تک‌جنسی تحلیل شدند. بر این اساس فراسنجه‌هایی که در جدول زندگی می‌توان محاسبه نمود، شامل نرخ زنده‌مانی (l_x)، باروری ویژه سنی جمعیت (تعداد افراد ماده تولید شده در هر روز در سن معین) (m_x)، نرخ ناخالص تولید مثل (GRR)، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (بیشترین نرخ افزایش جمعیت برای یک گونه در شرایط فیزیکی و زیستی مشخص) (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، مدت زمان یک نسل (T)، امید به زندگی (e_x)، نرخ ذاتی تولد (b) و نرخ ذاتی مرگ و میر (d) می‌باشد که بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x): نسبت افراد زنده مانده تا سن x که از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$l_x = n_x / n_0 \quad (1)$$

باروری ویژه سنی جمعیت (m_x): میانگین تعداد نتاج تولید شده توسط هر حشره ماده در فاصله زمانی x تا $x+1$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{\beta} s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k s_{xj}} \quad (2)$$

x : سن

j : مرحله زیستی

β : تعداد مرحله زیستی (Chi and Liu, 1985).

نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) که نشانگر کل ماده‌های تولید شده توسط یک حشره ماده است، به شرطی که در طول تمام دوره‌های سنی زنده مانده باشد.

$$GRR = \sum m_x \quad (3)$$

نرخ خالص تولید مثل (R_0) که میانگین تعداد نتاج تولید شده توسط هر حشره ماده در طول یک نسل می‌باشد.

$$R_0 = \sum l_x m_x \quad (4)$$

جدول ۱- مقادیر دوزهای کشنده و زیرکشنده حشره کش فلوپیرادیفورون روی شته خردل *Lipaphis erysimi* بعد از ۲۴ ساعت

Table 1. Lethal and sublethal effects of flupyradifurone insecticide on mustard aphid *Lipaphis erysimi* after 24

Treatment	df	LC ₅₀ (mg/L) Lower-Upper	LC ₂₅ (mg/L) Lower-Upper	LC ₁₀ (mg/L) Lower-Upper	Intercept ± SE	Slope ± SE	χ ²	p-value
Flupyradifurone	7	0.385 0.270 - 0.565	0.093 0.054 - 0.138	0.026 0.011 - 0.046	0.453 ± 0.11	1.093 ± 0.132	1.927	0.0001

در این تحقیق نسبت زنده‌مانی یا نرخ زنده‌مانی (l_x) که احتمال زنده ماندن یک فرد تا سن معین x می‌باشد، با افزایش سن کاهش یافت (شکل ۱). در تیمار LC₂₅ این روند نزولی بود و از سن ۱۰ روز به بعد افت شدیدی مشاهده شد. در تیمار شاهد نیز بعد از سن ۲۱ روز روند نزولی دیده شد. بنا بر شواهد به‌دست آمده در این تحقیق، با افزایش غلظت حشره کش، زنده‌مانی ویژه سنی کاهش یافته است. نرخ باروری (m_x) بیانگر تعداد افراد تولید شده به ازای هر فرد زنده در سن x است. بنا بر شکل ۲ روند پوره‌زایی در تیمار LC₂₅ تا روز ۱۳ و در تیمار شاهد تا روز ۱۹ ادامه داشته است. نتایج نشان داد که حشره کش فلوپیرادیفورون در غلظت‌های زیرکشنده نیز روی نرخ باروری تاثیر داشته و می‌تواند به میزان قابل توجهی آن را کاهش دهد. زایش ویژه سنی ($l_x m_x$) تلفیقی از باروری و زنده‌مانی است و بیانگر روند تعداد افراد اضافه شده به جمعیت در هر روز می‌باشد. به وسیله این منحنی می‌توان دریافت که جمعیت حشره در چه روزی بیشترین افزایش جمعیت را داشته است. این فراسنجه در مدیریت کنترل آفات کاربرد دارد. بر این اساس، بالاترین نقطه این منحنی در تیمار شاهد، LC₁₀ و LC₂₅ به ترتیب ۷/۸۷، ۴/۸۵ و ۲/۴۵ بوده که به ترتیب در روزهای ۱۱، ۱۰ و ۸ به‌دست آمده است (شکل ۳). این نتایج بیانگر تاثیر حشره کش در غلظت‌های زیرکشنده روی شته خردل بوده و نشان داد که فراسنجه زایش ویژه سنی در تیمارهای آفت کش نسبت به تیمار شاهد به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است.

نتایج اثر غلظت‌های زیرکشنده حشره کش فلوپیرادیفورون بر ویژگی‌های زیستی شته خردل، *L. erysimi*

برخی ویژگی‌های زیستی شته خردل از جمله طول عمر یک شته، طول عمر بالغ، طول دوره پوره‌زایی، طول دوره پس از باروری و تعداد نتاج در جدول ۲ مقایسه شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده نشان داد که بین غلظت‌های زیرکشنده LC₁₀، LC₂₅ و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) تیمارهای زیرکشنده از نظر ویژگی‌های زیستی با یکدیگر و با شاهد، تفاوت دارند ($P = 0.0001$). بنابراین هر تیمار در گروه جداگانه‌ای قرار گرفت. شواهد پژوهش نشان داد که طول عمر شته بالغ، $F(2, 59) = 343.87$ ، $P=0.0001$ ؛ طول عمر شته، $F(2, 59) = 343.87$ ، $P=0.0001$ ؛ طول دوره پوره‌زایی، $F(2, 59) = 52.33$ ، $P=0.0001$ ؛ طول دوره بعد از پوره‌زایی، $F(2, 59) = 168.69$ ، $P=0.0001$ و تعداد نتاج، $F(2, 59) = 88.52$ ، $P=0.0001$ تحت تاثیر حشره کش قرار داشته و با افزایش غلظت آن از طول دوره‌های زیستی و تعداد نتاج کم می‌شود.

نتایج اثر غلظت‌های زیرکشنده حشره کش فلوپیرادیفورون بر فراسنجه‌های جدول زندگی شته خردل، *L. erysimi*

جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های زیستی شته خردل تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده فلوپیرادیفورون و تیمار شاهد (میانگین \pm خطای معیار)

Table 2. Comparison of biological characteristics of mustard aphid under the sublethal effects of flupyradifurone insecticide and control treatment (Mean \pm SE)

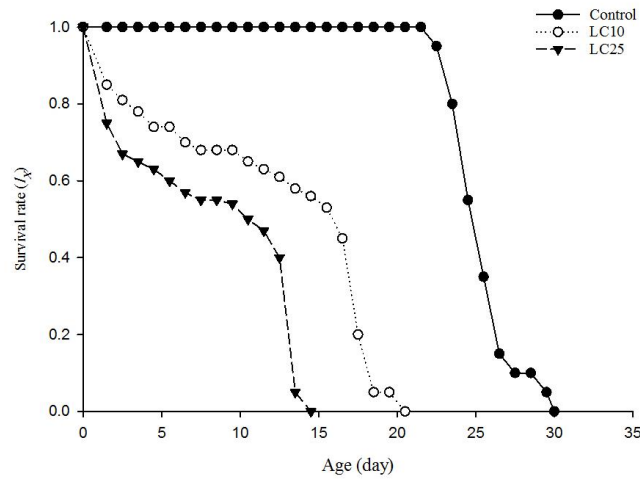
Biology Parameter	Control	LC ₁₀	LC ₂₅
Adult longevity (day)	18.05 \pm 1.3788a	9.2 \pm 1.6415b	5.2 \pm 0.9581c
Total longevity (day)	25.55 \pm 1.9861a	16.7 \pm 1.6415b	12.7 \pm 0.9514c
Reproductive period (day)	9.35 \pm 1.9808a	7.2 \pm 0.8335b	5.05 \pm 0.8255c
Post reproductive period (day)	8.7 \pm 2.2501a	2 \pm 1.4142b	0.15 \pm 0.3663c
Numbers of progeny (Nymph)	42.4 \pm 13.0359a	21.25 \pm 5.0249b	8.5 \pm 1.8778c

Means followed by a different letter within a row are significantly different (by using HSD Tukey test, $P < 0.01$).

می‌توان دریافت که جمعیت حشره در چه روزی بیشترین افزایش جمعیت را داشته است. این فراسنجه در مدیریت کنترل آفات کاربرد دارد. بر این اساس، بالاترین نقطه این منحنی در تیمار شاهد، LC₁₀ و LC₂₅ به ترتیب ۷/۸۷، ۴/۸۵ و ۲/۴۵ بوده که به ترتیب در روزهای ۱۱، ۱۰ و ۸ به دست آمده است (شکل ۳). این نتایج بیانگر تاثیر حشره کش در غلظت‌های زیرکشنده روی شته خردل بوده و نشان داد که فراسنجه زایش ویژه سنی در تیمارهای آفت کش نسبت به تیمار شاهد به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. امید به زندگی (e_x) تعداد روزهای باقی مانده از عمر افراد در سن x را نشان می‌دهد. طبق شکل ۴، مقادیر امید به زندگی در روز اول پس از تولد در تیمار شاهد، LC₁₀ و LC₂₅ به ترتیب ۴۰/۴۰، ۱۲/۳۱ و ۷/۴۸ روز به دست آمد. امید به زندگی در تیمار شاهد بیش از سایر تیمارها بود و این فراسنجه پس از بالغ شدن در همه تیمارها به تدریج کاهش یافت. شیب کاهش در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود.

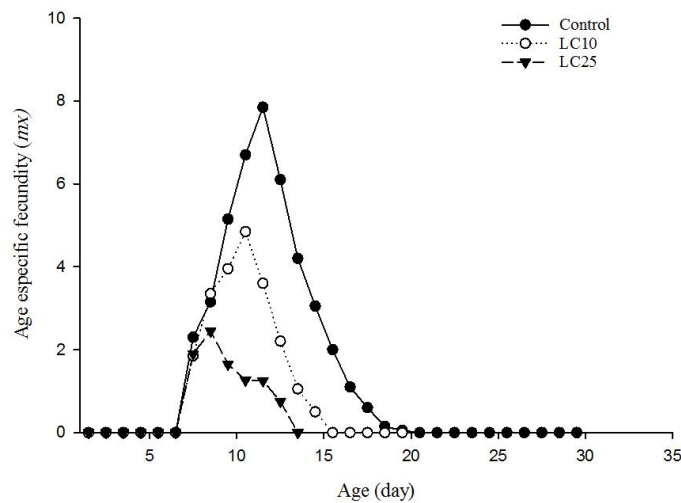
نتایج اثر غلظت‌های زیرکشنده حشره کش فلوپیرادیفورون بر فراسنجه‌های جدول زندگی شته خردل، *L. erysimi*

نسبت زنده‌مانی یا نرخ زنده‌مانی (l_x) که احتمال زنده ماندن یک فرد تا سن معین x می‌باشد، با افزایش سن کاهش یافت (شکل ۱). در تیمار LC₂₅ این روند نزولی بود و از سن ۱۰ روز به بعد افت شدیدی مشاهده شد. در تیمار شاهد نیز بعد از سن ۲۱ روز روند نزولی دیده شد. بنا بر شواهد به دست آمده در این تحقیق، با افزایش غلظت حشره کش، زنده‌مانی ویژه سنی کاهش یافته است. نرخ باروری (m_x) بیانگر تعداد افراد تولید شده به ازای هر فرد زنده در سن x است. بنا بر شکل ۲ روند پوره‌زایی در تیمار LC₂₅ تا روز ۱۳ و در تیمار شاهد تا روز ۱۹ ادامه داشته است. نتایج نشان داد که حشره کش فلوپیرادیفورون در غلظت‌های زیرکشنده نیز روی نرخ باروری تاثیر داشته و می‌تواند به میزان قابل توجهی آن را کاهش دهد. زایش ویژه سنی ($l_x m_x$) تلفیقی از باروری و زنده‌مانی است و بیانگر روند تعداد افراد اضافه شده به جمعیت در هر روز می‌باشد. به وسیله این منحنی



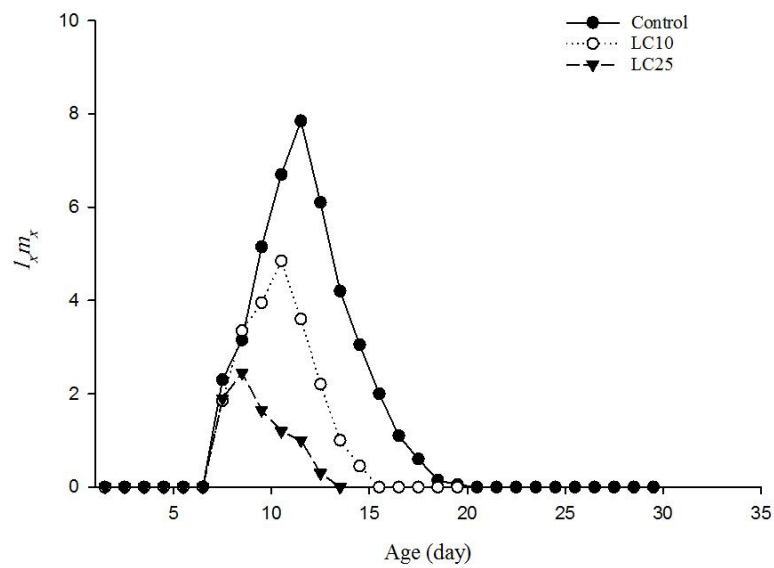
شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) شته خردل *Lipaphis erysimi* در تیمار شاهد و غلظت‌های زیرکشنده تیمار فلوپیرادیفورن در شرایط آزمایشگاهی

Figure 1. Survival rate (l_x) of *Lipaphis erysimi* in control treatment and sublethal concentrations of flupyradifurone under laboratory conditions



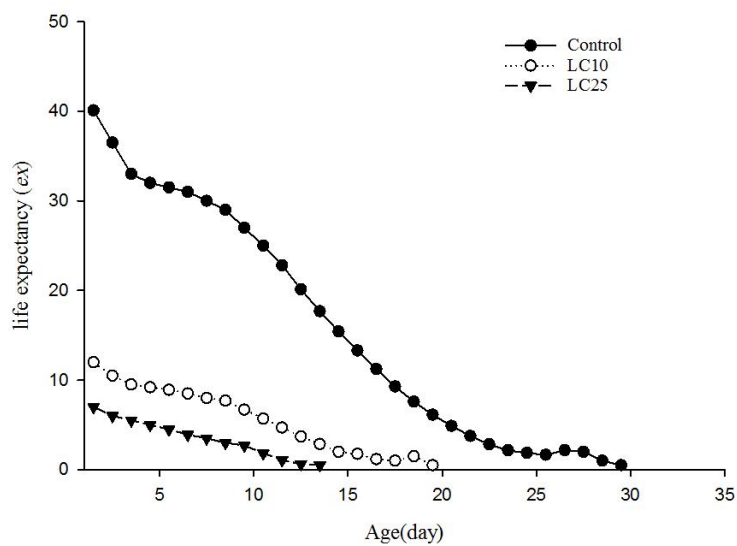
شکل ۲- باروری ویژه سنی جمعیت (m_x) شته خردل، *Lipaphis erysimi* در تیمار شاهد و غلظت‌های زیرکشنده تیمار فلوپیرادیفورن در شرایط آزمایشگاهی

Figure 2. Age-specific fecundity (m_x) of *Lipaphis erysimi* in control treatment and sublethal concentrations of flupyradifurone under laboratory conditions



شکل ۳- زایش ویژه سنی ($l_x m_x$) شته خردل، *Lipaphis erysimi* در تیمار شاهد و غلظت‌های زیرکشنده تیمار فلوپیرادیفورون در شرایط آزمایشگاهی

Figure 3. Age-specific maternity ($l_x m_x$) of *Lipaphis erysimi* in control treatment and sublethal concentrations of flupyradifurone under laboratory conditions



شکل ۴- امید به زندگی (e_x) شته خردل، *Lipaphis erysimi* در تیمار شاهد و غلظت‌های زیرکشنده تیمار فلوپیرادیفورون در شرایط آزمایشگاهی

Figure 4. Life expectancy (e_x) of *Lipaphis erysimi* in control treatment and sublethal concentrations of flupyradifurone under laboratory conditions

مقایسه میانگین هشت فراسنجه جدول باروری تیمارها نشان داد که تمام فراسنجه‌ها در تیمارهای LC₁₀، LC₂₅ و شاهد اختلاف معنی‌داری با هم داشته و در سه گروه جداگانه قرار گرفتند ($P=0/0001$).

اثرات زیرکشدگی حشره کش فلوپیرادیفورون بر فراسنجه‌های جمعیت و تولید مثل شته خردل *L. erysimi*

نتایج مقایسه میانگین فراسنجه‌های جدول باروری شته خردل تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده سم فلوپیرادیفورون و تیمار شاهد در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین فراسنجه‌های جدول باروری (جمعیت و تولید مثل) شته خردل، *Lipaphis erysimi*

Table 3. Mean comparison results of fertility life table parameters (population and reproduction) of mustard aphid, *Lipaphis erysimi*

Parameter of fertility life table	Control	LC ₁₀	LC ₂₅
Gross rate reproduction (<i>GRR</i>) (Female/female/generation)	42.41 ± 0.15 a	21.35 ± 0.58 b	9.26 ± 0.02 c
Net rate reproduction (<i>R</i> ₀) (Female/female/generation)	42.41 ± 0.15 a	21.25 ± 0.05 b	8.49 ± 0.01 c
Intrinsic rate of natural increase (<i>r</i>) (Female/female/day)	0.34 ± 0.00 a	0.30 ± 0.00 b	0.23 ± 0.00 c
Finite rate of increase (<i>λ</i>) (Female/female/day)	1.41 ± 0.00 a	1.36 ± 0.00 b	1.27 ± 0.00 c
Mean generation time (<i>T</i>) (day)	10.84 ± 0.12 a	9.98 ± 0.20 b	9.00 ± 0.19 c
Doubling time (<i>DT</i>) (day)	0.49± 0.00c	0.50±0.00b	0.54±0.00a
Intrinsic birth rate (<i>b</i>) (Female/female/day)	3.96±0.00a	2.86±0.00b	1.78±0.00c
Intrinsic death rate (<i>d</i>) (Femele/female/day)	3.61±0.01a	2.55±0.01b	1.54±0.00c

Means followed by a different letter within a row are significantly different (by using HSD Tukey test, $P<0.01$)

LC₂₅ و LC₁₀ به ترتیب کمترین نرخ را دارا هستند. بیشترین و کمترین مقدار متوسط زمان یک نسل (*T*) به ترتیب در تیمار شاهد و غلظت LC₂₅، به میزان ۱۰/۸۴ و ۹/۰۰ روز مشاهده شد. در نتیجه، متوسط مدت زمان یک نسل که نشانگر میانگین زمانی است که در طول آن نتاج تولید شده‌اند، تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره کش فلوپیرادیفورون کاهش یافت، همچنین بیشترین مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (*DT*) در غلظت LC₂₅، ۰/۵۴ روز و کمترین، در تیمار شاهد به مقدار ۰/۴۹ روز بود. بنابراین، افزایش غلظت حشره کش باعث افزایش مدت این دوره شد.

مقایسه میانگین‌های نرخ خالص تولیدمثل (*R*₀) تیمارها نشان داد که با افزایش غلظت، نرخ خالص کاهش می‌یابد؛ به طوری که میزان آن در غلظت LC₂₅ تقریباً نصف غلظت LC₁₀ شد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r*) معیاری برای سنجش پتانسیل تولیدمثل شته تحت تاثیر عوامل مختلف می‌باشد (Walthall and Stark, 1997). مقدار *r* برای تیمار شاهد ۰/۳۴ ماده به ازای ماده در روز بود و با افزایش غلظت حشره کش از میزان نرخ ذاتی رشد کاسته شد. بنابراین، حشره کش فلوپیرادیفورون در غلظت‌های زیرکشنده روی استعداد یا نرخ ذاتی رشد شته خردل تاثیر داشته است. در نرخ متناهی افزایش جمعیت (*λ*)، مقایسه میانگین تیمارها حاکی از آن است که تیمار شاهد با مقدار ۱/۴۱ ماده به ازای ماده در روز بیشترین نرخ و تیمارهای

بحث

در این تحقیق، آزمایش‌های زیست‌سنجی و جدول زندگی با استفاده از حشره کش فلوپیرادیفورون روی شته خردل انجام شد. میزان LC_{50} حشره کش‌های مختلف روی شته خردل در پژوهش‌های دیگر مورد بررسی قرار گرفته است؛ از جمله آزمایش رضایی که میزان LC_{50} حشره کش تیمتوکسام و پرمیکارپ را روی شته خردل ۲۶/۵ و ۳۳/۵۴ میلی‌گرم بر لیتر به دست آورد (Rezaei, 2014) و همچنین پژوهشی در کراچی هند، که میزان LC_{50} را برای آفت‌کش‌های آبامکتین، لامباداسای هالوترین، استامی‌پراید، ایمیدوکلروپراید، کلروپیروفوس و بیفتترین روی شته خردل به ترتیب ۰/۶۳، ۰/۵۷، ۰/۸۲، ۰/۶۷، ۱/۷۴ و ۲ پی‌پی‌ام محاسبه نمودند (Ujjan et al., 2014). این نتایج نشان می‌دهد سمیت حشره کش فلوپیرادیفورون روی شته خردل بیشتر از حشره کش‌های دیگر است. در تحقیقات فوق، آزمایش‌های زیست‌سنجی بر اساس غوطه‌وری برگ و یا پاشش سم روی برگ انجام شده است، ولی در این تحقیق روش پارافیلیم مورد استفاده قرار گرفته است بنابراین ممکن است روی نتایج به دست آمده موثر باشد. بررسی اثرات زیرکشنده حشره کش‌ها برای ارزیابی اثر حشره کش در کنترل آفت و تاثیر آن بر موجودات غیر هدف مهم است (Biondi et al., 2012). بررسی‌های ما در زمینه تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره کش فلوپیرادیفورون روی شته خردل نشان می‌دهد این حشره کش ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی شته خردل مانند نرخ خالص تولید مثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و طول دوره یک نسل را به طور معنی‌داری کاهش و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت را افزایش داد. اگر چه تاثیر غلظت‌های زیرکشنده این حشره کش روی شته خردل برای اولین بار در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته، اما تحقیقات بسیاری در مورد تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره کش‌های گوناگون روی شته‌ها انجام گرفته است. طاهری و همکاران طی آزمایش غلظت‌های زیرکشنده حشره کش تیاکلوپراید LC_{10} : ۵۸/۸ ppm و LC_{25} : ۲۲/۰۵ ppm روی شته مومی *Brevicoryne brassicae*

(L.) نتیجه گرفتند که میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت، مدت زمان طول نسل، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت و میانگین پوره‌های تولید شده توسط هر ماده، تحت تاثیر غلظت زیرکشنده تیاکلوپراید کاهش می‌یابد (Taheri et al., 2014). اثر غلظت زیرکشنده (LC_{30}) حشره کش‌های ایمیداکلوپراید ($10^{-1} \times 0/68$) و پی‌متروزین ($10^{-1} \times 0/69$) نیز روی همین شته آزمایش شده و نتایج نشان داد که این دو حشره کش نیز در غلظت‌های زیرکشنده روی نرخ ذاتی افزایش جمعیت و میانگین طول مدت نسل و زمان دو برابر شدن جمعیت تاثیر داشته و آن‌ها را کاهش می‌دهند (Lashkari et al., 2007). لئوناردو و همکاران گزارش دادند که غلظت‌های زیرکشنده (LC_{25}) حشره کش‌های تیمتوکسام و ایمیداکلوپراید باعث کاهش ظرفیت تولیدمثل و زنده‌مانی شته سویا *Aphis glycines* (Matsumura) می‌شود و فراسنجه‌های نرخ خالص تولیدمثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Leonardo et al., 2008) و همچنین غلظت‌های زیرکشنده حشره کش مالاتیون روی این شته نیز باعث کاهش نرخ خالص تولیدمثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت شد (Li et al., 2014). بر اساس بررسی‌های لی و همکاران، غلظت‌های زیرکشنده حشره کش ایمیداکلوپراید (LC_{10} , LC_{20} , LC_{25}) روی شته *R. padi* سبب کاهش زنده‌مانی پوره‌ها، کاهش نرخ رشد جمعیت و افزایش مدت زمان رشد بعضی از مراحل رشدی می‌شود و در هر سه غلظت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثل، کاهش داشته است (Li et al., 2018). خواجه‌زاده و همکاران، میانگین طول عمر شته بالغ، طول عمر یک شته، تعداد نتاج و دوره تولیدمثل شته خردل را به ترتیب ۱۸/۴۲، ۲۶/۰۷، ۴۳/۵ و ۸/۵ گزارش دادند که با تحقیقات حاضر در تیمار شاهد تا حدی مطابقت دارد (Khajehzadeh et al., 2010). تحقیقی در پاکستان، میانگین طول عمر شته بالغ خردل را روی پنج رقم مختلف خانواده کلمیان به نام‌های Kohlrabi, Ornamental cabbage, Cabbage

(Hosseini *et al.*, 2013) که با یافته‌های تحقیق حاضر در تیمار شاهد به طور کامل مطابقت دارد. در تحقیقی دیگر، میزان ۲ برای شته خردل روی میزبان *Brassica oleracea* (L.) در دماهای مختلف ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۷۰ درصد و دوره روشنایی ۱۴ ساعت به ترتیب ۰/۰۶، ۰/۲۴، ۰/۲۸ و ۰/۲۳، میزان نرخ متناهی افزایش جمعیت ۱/۰۶، ۱/۲۷، ۱/۳۳ و ۱/۲۵ و میزان مدت زمان دو برابر شدن جمعیت ۱۱/۵۵، ۲/۸۰، ۲/۴۸ و ۳/۰۱ روز محاسبه شد (Karlla *et al.*, 2002). اختلاف میزان فراسنجه‌های به‌دست آمده در این تحقیق با پژوهش حاضر ممکن است مربوط به میزبان متفاوت و شرایط آزمایشگاهی باشد (Durmusoglu *et al.*, 2015; Qayyom *et al.*, 2018). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش و از آنجا که کم‌خطر بودن حشره‌کش فلوپیرادیفورون روی بندپایان غیرهدف در منابع گزارش شده است (Nauen *et al.*, 2015; Cropsience.bayer, 2019) انجام آزمایش‌های تکمیلی توسط سازمان حفظ نباتات و ثبت در فهرست سموم مجاز این حشره‌کش می‌تواند گزینه مناسبی برای مدیریت تلفیقی شته خردل در مزارع کلزا باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شاهد در اجرای این طرح به عنوان پایان نامه دانشجوی کارشناسی ارشد تشکر و قدردانی می‌نمایند.

Chinese و Bak choi به ترتیب ۱۲/۵۹، ۱۵/۳۹، ۱۷/۶۲، ۱۲/۲ و ۱۲/۰۸ به‌دست آوردند (Qayyum *et al.*, 2018) که این اختلاف با پژوهش حاضر می‌تواند مربوط به شرایط آزمایش و نوع رقمی که شته خردل بر روی آن پرورش یافته، باشد (Durmusoglu *et al.*, 2015; Qayyom *et al.*, 2018). در چین طول عمر شته بالغ، طول عمر شته و طول دوره تولید مثلی شته سبز هلو را در غلظت زیرکشنده LC₂₅ حشره‌کش فلوپیرادیفورون و تیمار شاهد مورد آزمایش قرار داده و مقادیر آن را برای غلظت زیرکشنده LC₂₅ در نسل دوم به ترتیب ۱۲/۰۷، ۱۷/۰۰، ۹/۹۸ روز و برای تیمار شاهد به ترتیب ۱۴/۹۶، ۱۸/۷۲، ۱۲/۲۹ روز محاسبه کردند (Tang *et al.*, 2019). این نتایج نشان می‌دهد که حشره‌کش فلوپیرادیفورون روی شته سبز هلو نیز تاثیر داشته و ویژگی‌های زیستی آن را در نسل دوم نسبت به تیمار شاهد تا حدی کاهش داده است، که نتایج این تحقیق با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. در بررسی‌های تقی زاده مقدار ۲ شته خردل روی ارقام مختلف کلزا، ناتالی، نپتون، دانوب و اوکاپی به ترتیب ۰/۳۰، ۰/۲۶، ۰/۲۳ و ۰/۲۱ ماده به ازای ماده روز به‌دست آمد (Taghizadeh, 2019) که مقدار ۲ شته خردل روی رقم ناتالی به مقدار ۲ شته خردل مورد آزمایش روی رقم هایولا ۵۰ در تیمار شاهد نزدیک بود. حسینی و همکاران، طی بررسی‌های خود، روی شته خردل مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت را در تیمار شاهد ۰/۳۴ ماده به ازای ماده روز و مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت را ۱/۴۲ ماده به ازای ماده روز محاسبه کردند

References

- Adachi- Hagimori, T. and Shibao, M. 2010. Control of *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) by adults and larvae of a flightless strain of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on non-heading Brassica cultivars in the greenhouse. **Biocontrol** 56(2): 207-213.
- Ayyanath, M. M. 2013. Effect of sublethal concentrations of imidacloprid and precocene on green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae): A study of hormesis at the gene, individual and population level. PhD. thesis, University of Guelph.
- Azizi, M., Soltani, A. and Khavari Khorasani, S. 2008. Canola (physiology, agronomy, breeding and biotechnology). Jihad University of Mashhad Press. 230p. (In Farsi)
- Bakhtia, D. R. C. 1984. Chemical control of *Lipaphis erysimi* (Kalt.) on rapeseed and mustard crop in Punjab. **Journal of Research Punjab Agriculture University** 21: 63-75.
- Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G. and Zappalà, L. 2012. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere** 87(7): 803-812.

- Blackman, R. L. and Eastop, V. F.** 1984. Aphids on the world's crops: An identification and information guide. John Wiley and Sons: Chi Chester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore. 466 p.
- Chi, H.** 1990. Timing of control based on the stage structure of pest populations: a simulation approach. **Journal of Economic Entomology** 83: 1143-1150.
- Chi, H. and 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.
- Choudhury, S. and Pal, S.** 2005. Efficacy of some newer insecticide against mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. **Shashpa** 12(2): 125-126.
- Cropscience, Bayer.** 2019. Sivanto®, from <http://www.cropscience.bayer.us>
- Dotasara, S. K., Agrawal, N., Singh, N. and Swami, D.** 2017. Efficacy of some newer insecticides against mustard aphid *Lipaphis erysimi* Kalt. in cauliflower. **Journal of Entomology and Zoology Studies** 5(2): 654-656.
- Durmusoglu, E., Hatipoglu, A., Gurkan, M. and Moores, G.** 2015. Comparison of different bioassay methods for determining insecticide resistance in European Grapevine Moth, *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae). **Turkish Journal of Entomology** 39(3): 271-276.
- Goodman, D.** 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. **The American Naturalist** 119(6): 803-823.
- Hosseini, M., Ghorbani, R., Nasiri Mahallati, M. and Falahatpour, F.** 2013. Effect of nitrogen fertilizer in canola on biology parameters and population fluctuations of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Hem: Aphididae). **Plant Pest Research** 3(4): 27-39. (In Farsi)
- Juan-Juan, X., Wen-xin, Y., Xiao-qing, Y., Jun-ping, G., Xi-wu, G. and Xiao-peng, Z.** 2019. Sublethal effects of sulfoxaflor on the fitness of two species of wheat aphids, *Sitobion avenae* (F.) and *Rhopalosiphum padi* (L.). **Journal of Integrative Agriculture** 18(7): 1613-1623.
- Karlla, B., Godoy, E. and Francisco, J.** 2002. Age-Specific life tables of *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) under laboratory and field conditions. **Neotropical Entomology** 31(1): 041-048.
- Kerns, D. L., Yuma, A. Z., Stewart, S. D., Raymond, M. S. and McKenzie, C. L.** 1998. Sublethal effects of insecticides on cotton aphid reproduction. Reprinted from the Proceedings of the Beltwide Cotton Conference Volume 2:1067-1073.
- Khajehzadeh, Y., Malekeshi, H. and Keyhanian, A.** 2010. Population fluctuations of canola aphid, biology of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. and efficiency of natural enemies on canola field in Khuzestan province. **Journal of Plant Protection Sciences of Iran** 31(1): 165-178. (In Farsi)
- Lammerink, J., Banfield, R. A.** 1980. Effect of aphid control by disulfoton on seed yield components and seed quality of oilseed rape. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture** 8: 45-48.
- 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, *Brassica napus* L. **Insect Science** 14: 207-212.
- Leonardo, C. M., Tomas, C. H. and Blair, D. S.** 2008. Development of methods to evaluate susceptibility of soybean aphid to imidacloprid and thiamethoxam at lethal and sublethal concentrations. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 128(2): 330-336.
- Li, W., Lu, Z., Li, L., Dong, S., Men, X. and Ye, B.** 2018. Sublethal effects of imidacloprid on the performance of the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi*. **PLOS ONE** 13(9): e0204097.
- Li, J., Xiao, D., Gao, X. and Song, D.** 2014. Sublethal effects of malathion on biological traits and life table parameters of the soybean aphid, *Aphis glycines* (Matsumura). **Chinese Journal of Pesticide Science**, (2): 119-124.
- Mandal, D., Bhowmik, P. and Chatterjee, M. L.** 2012. Evaluation of new and conventional insecticides for the management of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. (Homoptera: Aphididae) on rapeseed (*Brassica juncea* L.). **Journal of Plant Protection Sciences** 4(2): 37-42.
- Mardani, A.** 2012. Sublethal effect of proteus and pymetrozine insecticides on life table parameters of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall). M.Sc. thesis, Entomology, Faculty of Agriculture, University of Tehran. (In Farsi)
- Meyer, J. S., Igersoll, C. G., MacDonald, L. L. and Boyce, M. S.** 1986. Estimating uncertainty in

- population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. **Ecology** 67: 1156-1166.
- Mittler, T. E. and Dadd, R. H.** 1963. Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) I. Relative uptake of water and sucrose solutions. **Journal of Insect Physiology** 9(5): 623-645.
- Mohajer, A.** 2018. Status of planting of canola in Iran, <http://www.iribnews.ir>. (In Farsi)
- Nauen, R., Jeschke, P., Velten, R., Beck, M.E., Ebbinghaus-Kintscher, U., Thielert, W., Wolfel, K., Haas, M., Kunz, K. and Raupach, G.** 2015. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. **Pest Management Science** 71:850–862.
- Patel, Sh., Yadav, S. K. and Singh, Ch.** 2017. Bio-efficacy of insecticides against *Lipaphis erysimi* (Kalt.) in mustard ecosystem. **Journal of Entomology and Zoology Studies** 5(2): 1247-1250.
- Qayyum, A., Aziz, M., Iftikhar, A., Hafeez, F. and Atlihan, R.** 2018. Demographic parameters of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) on different cultivars of *Brassica* vegetables. **Journal of Economic Entomology** 111(4): 2001.
- Rasool Khan, R., Rasool, I., Ahmed, S., Ovideo, A., Arshad, A. and Zia, Kh.** 2012. Individual and combined efficacy of different insecticides against *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hem.: Aphididae). **Pakistan Entomologist** 34(2): 157-160.
- Rezaei, N.** 2014. Effect of two insecticides on biology parameters of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt) and its parasitoid wasp *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) and mechanism of the insecticides on metabolism of energy. Ph.D. thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University. (In Farsi)
- Sial, M., Zhao, Z., Zhang, L., Zhang, Y., Mao, L. and Jiang, H.** 2018. Evaluation of insecticides induced hormesis on the demographic parameters of *Myzus persicae* and expression changes of metabolic resistance detoxification genes. **Scientific Report** (8):16601.
- Singhvi, S., Verma, N. and Yadava, T.** 1973. Estimation of losses in rapeseed (*B. campestris* L. var. toria) and mustard (*B. juncea* Cross) due to mustard. **Haryana Agricultural University** 3: 5-7.
- Taghizadeh, R.** 2019. Comparative life table of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) (Hemiptera: Aphididae) on canola cultivars. **Journal of Agricultural Science and Technology** 21(3): 627-636.
- Taheri, M., Safavi, A.** 2014. Population growth parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae), exposed to sublethal doses of thiacloprid. **Phytopathology and Plant Protection** 47(4): 464-471.
- Tang, Q., Ma, K., Chi, H., Hou, Y. and Gao, X.** 2019. Transgenerational hermetic effects of sublethal dose of flupyradifurone on the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **PLOS ONE** 14(1): e0208058.
- Ujjan, A. A., Khanzadeh, M. and Shahzad, S.** 2014. Insecticide and papaya leaf extract toxicity to mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.). **Journal of Agri-Food and Applied Sciences** 2(2): 45-48.
- Walthall, W.K. and Stark, J.D.** 1997. Comparison of two population-level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (r_m) and instantaneous (r) rates of increase. **Environmental Toxicology and Chemistry** 16(5): 1068–1073.
- Wennergen, U. and Stark, J. D.** 2000. Modeling long-term effects of pesticides on population: beyond just counting dead animals. **Ecology and Application** 10: 295-302.
- Yue, B. and Liu, X.** 2000. Host selection, development, survival, and reproduction of turnip aphid (Hem.: Aphididae) on green and red cabbage varieties. **Journal of Economic Entomology** 93(4): 1308-1314.
- Zuo, Y., Wang, K., Lin, F., Li, Y. and Peng, X.** 2016. Sublethal effects of indoxacarb and beta-cypermethrin on *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. **Florida Entomologist** 99(3): 445-450.

Sublethal effects of flupyradifurone insecticide on the life table parameters of the mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt)

S. Hosseini, H. Abbasipour, A. Askarianzadeh* and A. Noroozi

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

(Received: April 6, 2020- Accepted: June 15, 2020)

Abstract

Canola is cultivated as an oil seed plant all over around the world. The mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hem.: Aphididae) is one of the most important canola pests. In this study, the lethal and sublethal effects of flupyradifurone were evaluated on biological characteristics and life table parameters of the mustard aphid. The experiments were carried out at $20\pm 2^\circ\text{C}$, $65\pm 5\%$ RH and 16L:8D photoperiods. The life table parameters of *L. erysimi* were calculated using Carey's life table method. The LC_{50} , LC_{25} , and LC_{10} values of the flupyradifurone insecticide were 0.385, 0.093, and 0.026 mg/L, respectively. The intrinsic rate of increase ($r= 0.34, 0.30, \text{ and } 0.23$ Female/female/day), finite rate of increase ($\lambda= 1.41, 1.36, \text{ and } 1.27$ Female/female/day), mean generation time ($T= 10.84, 9.98, \text{ and } 9.00$ d) and doubling time ($DT= 0.49, 0.50, \text{ and } 0.54$ d) were calculated in control, LC_{10} , and LC_{25} treatments, respectively. The highest rates of reproduction and population growth rates of the mustard aphid, *L. erysimi* population were related to control, LC_{10} , and LC_{25} treatments, respectively. Experiments showed that the sublethal effects of flupyradifurone significantly reduced gross rate reproduction, intrinsic rate of increase, finite rate of increase and mean generation time and increased doubling time of mustard aphid. Therefore, according to the results of this study, the insecticide flupyradifurone has a good potential in controlling mustard aphids in lethal and sub-lethal concentrations.

Key words: Mustard aphid, sublethal dose, life table, flupyradifurone

* Corresponding author: askarianzadeh@shahed.ac.ir