



اثر حشره کش‌های امامکتین بنزوات به اضافه لوفنورون، ماترین و اسانس خردل روی مرگ و میر و شاخص‌های تغذیه‌ای سفیده بزرگ کلم *Pieris brassicae* در شرایط آزمایشگاهی

عارف محمودی^۱

<https://orcid.org/0009-0005-8845-1790>

اروج ولیزادگان^{۲*}

<https://orcid.org/0000-0002-7336-4126>

سیدعلی صفوی^۳

<https://orcid.org/0000-0002-8300-6138>

اثمر سلیمان زاده^۴

<https://orcid.org/0000-0002-5312-2154>

۱، ۲، ۳ و ۴- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

چکیده: در این تحقیق اثر حشره کش‌های امامکتین بنزوات+ لوفنورون و ماترین در کنترل تخم و لاروهای سفیده بزرگ کلم *Pieris brassicae* L. ارزیابی شد. هم چنین، اثر غلظت زیرکشنده آنها (LC₃₀) همراه با اسانس بذر خردل (به عنوان محرک تغذیه) روی شاخص‌های تغذیه‌ای آفت در شرایط آزمایشگاهی مطالعه شد. تجزیه پروبیت داده‌ها نشان داد که امامکتین بنزوات+ لوفنورون به ترتیب با مقادیر LC₅₀ برابر با ۸/۸۸، ۰/۷۵، ۲/۰۵ و ۲/۹۶ میلی گرم بر لیتر ترکیب مؤثرتری در کنترل مراحل تخم، لارو سن اول، دوم و سوم آفت در مقایسه با ماترین بود. شاخص‌های تغذیه‌ای آفت در ترکیب غلظت زیرکشنده حشره کش‌ها با محرک تغذیه‌ای در مقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش یافتند که می‌تواند سبب بهبود تاثیر حشره کش‌ها شوند. در مجموع، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که هرچند امامکتین بنزوات+ لوفنورون نسبت به ماترین کارایی کنترل بهتری داشت، ماترین نیز کنترل مناسبی نشان داد و هر دو می‌توانند در برنامه‌های مدیریت مؤثر سفیده بزرگ کلم استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: اثر کشندگی، ایزوتیوسیانات، سفیده بزرگ کلم، کنترل شیمیایی، محرک تغذیه‌ای

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۵/۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۶/۱۵

Citation: Mahmoudi, A., Valizadegan O., Safavi, S. A. & Soleymanzadeh, A. (2025). Effect of Emamectin benzoate plus Lufenuron, Matrine, and mustard essential oil on mortality and nutritional indices of *Pieris brassicae* under laboratory conditions. *Plant Pest Research*, 15(2), 47-58. Doi: <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31269.1647>



*Corresponding author: o.valizadegan@urmia.ac.ir

مقدمه

میزان تولید گیاهان خانواده چلیپاییان Cruciferae در سال ۲۰۲۲ در سطح دنیا حدود ۷۲۶۰۴ تن بوده است. در دهه اخیر نیز این میزان نسبت به دهه گذشته ۶/۵۳ درصد رشد داشته است (Haghighi et al., 2025). یکی از مهم‌ترین آفات کلم در سراسر دنیا سفیده بزرگ کلم (*Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae) می‌باشد. لاروهای این آفت با تغذیه از برگ‌ها خسارت شدیدی به محصول وارد می‌کنند (Khorrami et al., 2017). لاروها در مراحل ابتدایی از اپیدرم برگ تغذیه می‌کنند. با بالا رفتن سن آنها و افزایش شدید اشتها تمام برگ را از حاشیه به داخل مصرف می‌کنند (Askary & Ahmad, 2020).

استفاده از حشره کش‌ها هنوز هم به‌عنوان یکی از روش‌های اصلی کنترل آفات به کار می‌رود. در ایران کشاورزان در یک فصل زراعی علیه آفات کلم ۱۵-۲۰ بار سمپاشی می‌کنند (Soleymanzade et al., 2019a, b). استفاده بی‌رویه از حشره کش‌های شیمیایی اثرات نامطلوبی بر محیط زیست خواهد گذاشت که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به آلودگی آب‌های زیرزمینی، مقاومت به حشره کش‌ها، از بین رفتن دشمنان طبیعی و تنوع زیستی اشاره کرد (Soleymanzadeh et al., 2025). هم‌چنین، باقیمانده بالای حشره کش‌های شیمیایی در محصولاتی مانند کلم که بیشتر مصرف تازه‌خوری دارند، عوارض جانبی نامطلوبی برای سلامت انسان دارد (Mesri et al., 2023). این مسائل پژوهشگران را به کشف و استفاده از ترکیبات زیست سازگار سوق داده‌اند.

حشره کش لوفنورون+ امامکین بنزوات با نام تجاری Denim fit UV® نسل جدیدی از حشره کش پروکلیم‌فیت (Proclaim Fit) است که برای بهبود کارایی آن در برابر نور خورشید، مجهز به ترکیبات ضد نور ماورای بنفش خورشید شده است. این حشره کش جدید دو ماده موثره با نام‌های لوفنورون (۴۰۰ گرم) و امامکین بنزوات (۵۰ گرم) دارد (Mukanga et al., 2024). لوفنورون به‌عنوان یک حشره کش هورمونی از گروه تنظیم‌کننده‌های رشد IGR با ممانعت از ساخت کیتین، باعث اختلال در رشد و نمو حشرات می‌شود (Merzendorfer, 2013). امامکین بنزوات نیز از گروه آورمکین‌ها بوده و عملکرد تماسی-گوارشی دارد. این ترکیب، با بازنگه‌داشتن کانال‌های کلر در محل اتصال به ماهیچه‌ها به‌ویژه در لارو بالپولک‌داران موجب اختلال در عملکرد سیستم عصبی شده و در نهایت مرگ حشرات هدف می‌شود. هم‌چنین قابل بیان است که ماده موثره امامکین بنزوات برای پستانداران و حشرات مفید ایمن شناخته شده و با محیط‌زیست سازگار می‌باشد (Ishaaya et al., 2002). حشره کش گیاهی ماترین با نام تجاری Rui agro® و اثر تماسی-گوارشی یک آلکالوئید گیاهی مشتق‌شده از ریشه‌های خشک گیاه *Sophora flavescens* Aiton می‌باشد. در واقع ماترین بر گیرنده‌های استیل کولین حشرات و میزان تولید استیل کولین استراز تأثیر می‌گذارد. منابع مختلف نشان می‌دهند که این حشره کش اثربخشی بالایی در برابر انواع مختلف آفات، بیماری‌های قارچی و باکتریایی دارد (Wu et al., 2019; Cheng et al., 2018).

گیاهان حاوی ترکیبات متعددی هستند که می‌توانند بر زیست‌شناسی حشرات تأثیر داشته باشند. از جمله این موارد می‌توان به جذب‌کننده‌ها، دورکننده‌ها، ترکیبات شبه هورمونی و محرک‌های تغذیه‌ای اشاره کرد (Koul, 2008). محرک‌های تغذیه‌ای در صورت اختلاط با حشره کش‌ها موجب افزایش کارایی آنها خواهند شد. آمینواسیدها، قندها و ملاس در این زمینه کارایی خوبی از خود نشان داده‌اند (Pszczolkowski & Brown, 2014; Roubos et al., 2019). در مورد گیاهان خانواده چلیپاییان، اثر محرک تغذیه‌ای ترکیباتی مانند گلوکوزینولات‌ها به‌ویژه ایزوتیوسیانات روی تعدادی از آفات این خانواده به اثبات رسیده است (Heydari et al., 2009). هم‌چنین لازم به بیان است که گیاه خردل به‌عنوان یکی از منابع اصلی ماده ایزوتیوسیانات شناخته شده است؛ طوری که مقدار این ماده در بذر خردل حدود ۷۰-۹۰ درصد گزارش شده است (Holley & Patel, 2005; Peng et al., 2014). محرک‌های تغذیه‌ای در اختلاط با ترکیبات شیمیایی به‌عنوان یک تکنیک موثر موجب جذب و کشتن آفات مختلفی شده‌اند (Kilci & Altun, 2020). اندازه‌گیری شاخص‌های تغذیه‌ای از جمله میزان غذای خورده‌شده، هضم و کاهش وزن، می‌تواند در شناخت بیشتر نحوه تأثیر ترکیبات محرک تغذیه‌ای روی حشرات آفات موثر باشد (Asmoro & Winasa, 2021). در تحقیق حاضر با هدف کاهش استفاده از حشره کش‌های شیمیایی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، اثر حشره کش‌های ماترین و امامکین

بنزوات+ لوفنورون به تنهایی و در ترکیب با اسانس بذر خردل به عنوان محرک تغذیه‌ای روی کشندگی و شاخص‌های تغذیه‌ای سفیده بزرگ کلم مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات حاصل از این تحقیق می‌تواند در تدوین برنامه‌های مدیریت تلفیقی سفیده بزرگ کلم موثر واقع شود.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

بذرهای گیاه کلم برگ از شرکت پاکان بذر خریداری و داخل گلدان‌های پلاستیکی کاشته شدند. گلدان‌ها در گلخانه تحقیقاتی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی، روشنایی) نگهداری و یک روز در میان آبیاری شدند.

پرورش سفیده بزرگ کلم

برای پرورش سفیده بزرگ کلم، برگ‌های آلوده به تخم و لارو آفت از مزارع کلم واقع در شهرستان ارومیه ($37^{\circ}35' N$, $45^{\circ}05' E$)، استان آذربایجان غربی جمع‌آوری شده و به ظرف‌های پلاستیکی با ابعاد $50 \times 25 \times 10$ سانتی‌متر منتقل شدند. درب این ظروف به منظور تامین تهویه با توری ۸۰ مش پوشانیده شده بود. برای تامین رطوبت نیز تکه‌های پنبه مرطوب داخل ظروف قرار گرفت. ظروف پرورش روزانه بازدید و فضولات لاروها خارج شده و برگ‌های تازه کلم جایگزین می‌شدند. حشرات کامل پس از خروج برای جفت‌گیری و تخم‌ریزی درون قفسه‌هایی به ابعاد $95 \times 75 \times 105$ سانتی‌متر حاوی گلدان‌های کلم غیرآلوده قرار گرفتند. پس از تخم‌ریزی حشرات کامل، تخم‌ها به داخل ظروف پرورش انتقال یافتند (Kour et al., 2022).

تهیه حشره‌کش‌ها و محرک تغذیه‌ای

از حشره‌کش‌های ماترین با نام تجاری Rui Agro® (SL 0.6 %)، ساخت شرکت Hangzhou Ruigiang چین و امامکتین بنزوات+ لوفنورون با نام تجاری دنیم‌فیت (Denim fit®) ساخت شرکت سینجنتا (Syngenta)، در تحقیق حاضر استفاده شد. برای تهیه محرک تغذیه، با توجه به بررسی منابع انجام گرفته از اسانس بذر خردل استفاده شد.

تهیه اسانس

به منظور تهیه اسانس خردل، بذر خردل زرد *Sinapis alba* L. از بازار محلی ارومیه تهیه و پودر شد. برای اسانس‌گیری با روش تقطیر با بخار آب، مقدار ۵۰ گرم پودر بذر خردل درون بالن شیشه‌ای دستگاه کلونجر (مدل BP جدید با سوپاپ اضافی) ریخته شده و مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. اسانس‌گیری به مدت ۴ ساعت ادامه یافت و اسانس جمع‌آوری شده درون ظروف شیشه‌ای تیره ریخته شده و تا زمان استفاده در یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (Soleymanzade et al., 2017).

تجزیه ترکیبات فرار اسانس

ترکیبات اسانس به دست آمده با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC-MS) ساخت آمریکا مدل Agilent 5975 در مرکز جهاد دانشگاهی دانشگاه ارومیه، استان آذربایجان غربی شناسایی شدند. ستون مویینه در این دستگاه HP-5MS با مشخصات: طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. تغییرات در برنامه حرارتی دستگاه (۸۰ تا ۱۸۰ درجه سلسیوس) ۸ درجه سلسیوس بر دقیقه بود. گاز حامل، گاز هلیوم با سرعت ۱ میلی‌متر بر دقیقه و انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت تعریف شده بود. پس از تجزیه شیمیایی اسانس خردل و مشخص شدن پیک‌ها، شناسایی ترکیبات به وسیله کتابخانه رایانه دستگاه (NIST, 2005; Wily, 2007) انجام شد (Soltanpour et al., 2023).

اثر حشره‌کش‌های ماترین و امامکتین بنزوات+ لوفنورون روی تخم و سنبل مختلف لاروی سفیده بزرگ کلم

بر اساس آزمایش‌های مقدماتی، غلظت‌های اصلی (غلظت‌هایی که مرگ و میری معادل ۲۰ تا ۸۰ درصد در جمعیت ایجاد می‌کنند) حشره‌کش‌های ماترین و امامکتین بنزوات+ لوفنورون تعیین شدند (Robertson & Presiler, 1992). سپس دیسک‌های

تهیه شده از گیاه کلم به قطر تقریبی ۸ سانتی متر تهیه و به مدت ۱۵ ثانیه داخل غلظت‌های تهیه شده از حشره کش‌ها قرار گرفتند. برای شاهد از آب مقطر استفاده شد. بعد از خشک شدن دیسک‌های برگ‌ها و انتقال جداگانه هر یک از آنها به تشتک‌های پتری ۸ سانتی متری، تعداد ۲۰ عدد لارو یک روزه هر سن مورد نظر (سن اول، دوم یا سوم) روی هر یک از آنها قرار گرفت. زیر هر یک از برگ‌ها به منظور تامین رطوبت، کاغذ صافی مرطوب گذاشته شد. همچنین، در انتهای دمبرگ‌ها پنبه خیس قرار داده شد و با فویل آلومینیومی پوشش داده شد. برای ایجاد تهویه روی درب تشتک‌های پتری سوراخ‌های ریزی ایجاد شد. هر تیمار در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. میزان مرگ و میر لاروها ۲۴ ساعت پس از رهاسازی آنها روی دیسک‌های برگ‌ها ثبت شد (Hajipour-Jarchelou *et al.*, 2021).

برای بررسی اثر تخم‌کشی حشره کش‌های امامکتین بنزوات+ لوفنورون و ماترین، روی برگ‌های کلم دسته‌های ۲۰ عددی تخم یک روزه سفیده بزرگ کلم جداسازی شده و به طور جداگانه به مدت ۱۵ ثانیه داخل غلظت‌های اصلی تهیه شده از هر یک از حشره کش‌ها قرار گرفتند. برگ‌ها بعد از خشک شدن داخل تشتک‌های پتری ۸ سانتی متری قرار داده شدند. به منظور تامین رطوبت و تهویه در تشتک‌های پتری همانند آزمایش بالا عمل شد. مرگ و میر تخم‌ها پس از سپری شدن دوره انکوباسیون آنها (۸ روز) شمارش و ثبت شد (Hajipour-Jarchelou *et al.*, 2021).

اثر محرک تغذیه‌ای حاصل از اسانس بذر خردل

به منظور بررسی تأثیر اسانس بذر خردل در ترکیب با حشره کش‌های مورد استفاده، مطابق با روش پشولکوفسکی و براون (Pszczolkowski & Brown, 2014)، غلظت‌های زیرکشنده (LC₃₀) حشره کش‌ها با غلظت بهینه از محرک تغذیه‌ای (۰/۰۵ میکرولیتر بر میلی لیتر بر اساس آزمایش‌های مقدماتی) ترکیب داده شدند. نحوه انجام آزمایش همانند روش شرح داده شده در بخش بالا بود.

شاخص‌های تغذیه‌ای

برای محاسبه شاخص‌های تغذیه‌ای، لاروهای نئونات در سه تکرار و هر تکرار شامل ۱۰ لارو جداسازی و پرورش داده شدند. شاخص‌های تغذیه‌ای از زمان ظهور لاروهای سن سوم محاسبه شدند و هر لارو به تنهایی مورد بررسی قرار گرفت. لاروهای سن سوم تازه پوست اندازی کرده با ترازوی دیجیتال مدل Mettler (دقت تا ۰/۰۰۱ گرم) توزین شده و میانگین وزن هر تکرار جداگانه یادداشت شد. بعد از آماده‌سازی تیمارهای مختلف و آغشته کردن برگ‌های کلم به هر تیمار؛ به طور روزانه (فواصل زمانی ۲۴ ساعته) تا زمان رسیدن لاروها به مرحله پیش شفیرگی، وزن خشک لاروهای سن سوم قبل و بعد از تغذیه، همچنین وزن خشک مقدار برگ خورده شده (با تفاضل وزن برگ قبل و بعد از تغذیه لارو) و وزن فضولات لاروی تعیین شد. در گروه شاهد، از آب مقطر و در تیمارهای مربوط به حشره کش‌ها از غلظت زیرکشنده LC₃₀ استفاده شد. سپس شاخص‌های تغذیه‌ای از جمله درصد قابلیت هضم نسبی^۱ AD، درصد کارایی غذای خورده شده به بیوماس حشره^۲ ECI، درصد کارایی غذای هضم شده^۳ ECD، نرخ رشد نسبی^۴ RGR و نرخ مصرف نسبی^۵ RCR مطابق با معادله‌های زیر محاسبه شدند (Waldbauer, 1968; Hassan *et al.*, 2023).

$$AD = \frac{E - F}{E} \times 100$$

$$ECI = \frac{P}{E} \times 100$$

$$ECD = \frac{P}{E - F} \times 100$$

^۱. Approximate Digestibility (AD%)

^۲. Efficiency of Conversion Ingested food (ECI%)

^۳. Efficiency of Conversion Digested food (ECD%)

^۴. Relative Growth Rate (RGR)

^۵. Relative Consumption Rate (RCR)

$$RGR = \frac{P}{TA}$$

$$RCR = \frac{E}{TA}$$

در این فرمول‌ها E: وزن خشک غذای خورده شده، F: وزن خشک فضولات تولید شده، P: وزن خشک بیوماس لارو، T: مدت زمان آزمایش و A: میانگین وزن خشک لاروها در مدت زمان T هستند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه‌های آماری تحقیق حاضر از نرم‌افزار SPSS ver. 16 و برای مقایسه میانگین‌ها از روش One-Way ANOVA و آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. شاخص سمیت و سمیت نسبی توسط معادله‌های زیر محاسبه شدند.

$$\text{سمیت نسبی} = \frac{\text{LC50 کم اثرترین سم}}{\text{LC50 ترکیب دیگر}}$$

$$\text{شاخص سمیت} = \frac{\text{LC50 قوی ترین سم}}{\text{LC50 ترکیب دیگر}} \times 100$$

نتایج

زیست‌سنجی سنین مختلف لاروی و تخم سفیده بزرگ کلم با حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات+ لوفنورون و ماترین

با تجزیه پروبیت داده‌های به‌دست‌آمده از زیست‌سنجی‌های سفیده بزرگ کلم با حشره‌کش‌های ماترین و امامکتین بنزوات+ لوفنورون غلظت‌های کشنده ۵۰ درصد مراحل مختلف زیستی آفت از جمله تخم، لاروهای سنین اول، دوم و سوم این آفت به دست آمد (جدول ۱). بر اساس نتایج حاصل، حشره‌کش امامکتین بنزوات+ لوفنورون با مقدار LC₅₀ کمتر نسبت به ماترین، بیشترین اثر کشندگی را روی مراحل مختلف زیستی سفیده بزرگ کلم داشت. لارو سن اول سفیده بزرگ کلم با مقادیر LC₅₀ برابر با ۰/۷۵ میلی گرم بر لیتر حساس‌ترین مرحله زیستی آفت به این حشره‌کش بود. لارو سن دوم و لارو سن سوم با مقادیر LC₅₀ برابر ۲/۰۵ و ۲/۹۶ میلی گرم بر لیتر حساسیت تقریباً یکسانی به حشره‌کش امامکتین بنزوات+ لوفنورون نشان دادند. هم‌پوشانی محدوده‌های اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شده برای این مراحل زیستی آفت نیز نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر LC₅₀ به‌دست‌آمده برای آنها است. در مورد حشره‌کش ماترین نیز نتایج زیست‌سنجی‌ها نشان داد لارو سن اول با مقدار LC₅₀ برابر با ۱۱۴/۱۲ میلی گرم بر لیتر و تخم با مقدار LC₅₀ برابر ۷۹۰/۳۱ میلی گرم بر لیتر به ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین مرحله زیستی سفیده بزرگ کلم نسبت به این حشره‌کش بودند.

شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس خردل

نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی اسانس خردل (GC-MS) نشان داد که تعداد ۲۷ ماده شناسایی شده ۹۷/۹۹ درصد از کل ترکیبات اسانس را تشکیل می‌دهند. موادی که بیشترین درصد این ترکیبات را تشکیل دادند عبارتند از: 3-Butenyl isothiocyanate (۸۳/۹۰٪)، di-Limonene (۴/۷۵٪)، di-isopropyl ethylamine (۲/۴۹٪) و Carvone (۱/۸۰٪) (جدول ۲).

تأثیر حشره‌کش‌های ماترین و امامکتین بنزوات+ لوفنورون به‌تنهایی و در ترکیب با اسانس خردل روی شاخص‌های تغذیه سفیده بزرگ کلم

وزن خشک غذای خورده شده (شکل ۱-A) توسط لاروهای سفیده کلم تغذیه کرده از تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($F=772.92$; $df=5,12$; $P<0.0001$) کمترین میزان غذای خورده شده مربوط لاروهای تغذیه کرده از تیمار غلظت زیرکشنده حشره‌کش امامکتین بنزوات+ لوفنورون (0.510 ± 0.33 گرم بر لارو) و بیشترین مقدار آن مربوط به لاروهای تغذیه کرده از تیمار اسانس خردل بود (2.380 ± 0.10 گرم بر لارو).

کمترین وزن خشک فضولات دفع شده نیز مربوط به لاروهای تغذیه کرده از تیمار زیرکشنده حشره کش امامکتین بنزوات+ لوفنورون (0.218 ± 0.16 گرم بر لارو) و بیشترین مقدار آن نیز مربوط به لاروهای تغذیه کرده از تیمار اسانس خردل (0.701 ± 0.46 گرم بر لارو) بود ($F=416.29$; $df=5,12$; $P<0.0001$) (شکل ۱-B).

جدول ۱- نتایج تجزیه پروبیت اثر حشره کش‌های امامکتین بنزوات+ لوفنورون و ماترین روی مراحل مختلف زیستی سفیده بزرگ کلم *Pieris brassicae* در شرایط آزمایشگاهی

Table 1. Results of probit analysis of the effect of Emamectin benzoate + Lufenuron and Matrine insecticides on different biological stages of *Pieris brassicae* in laboratory conditions

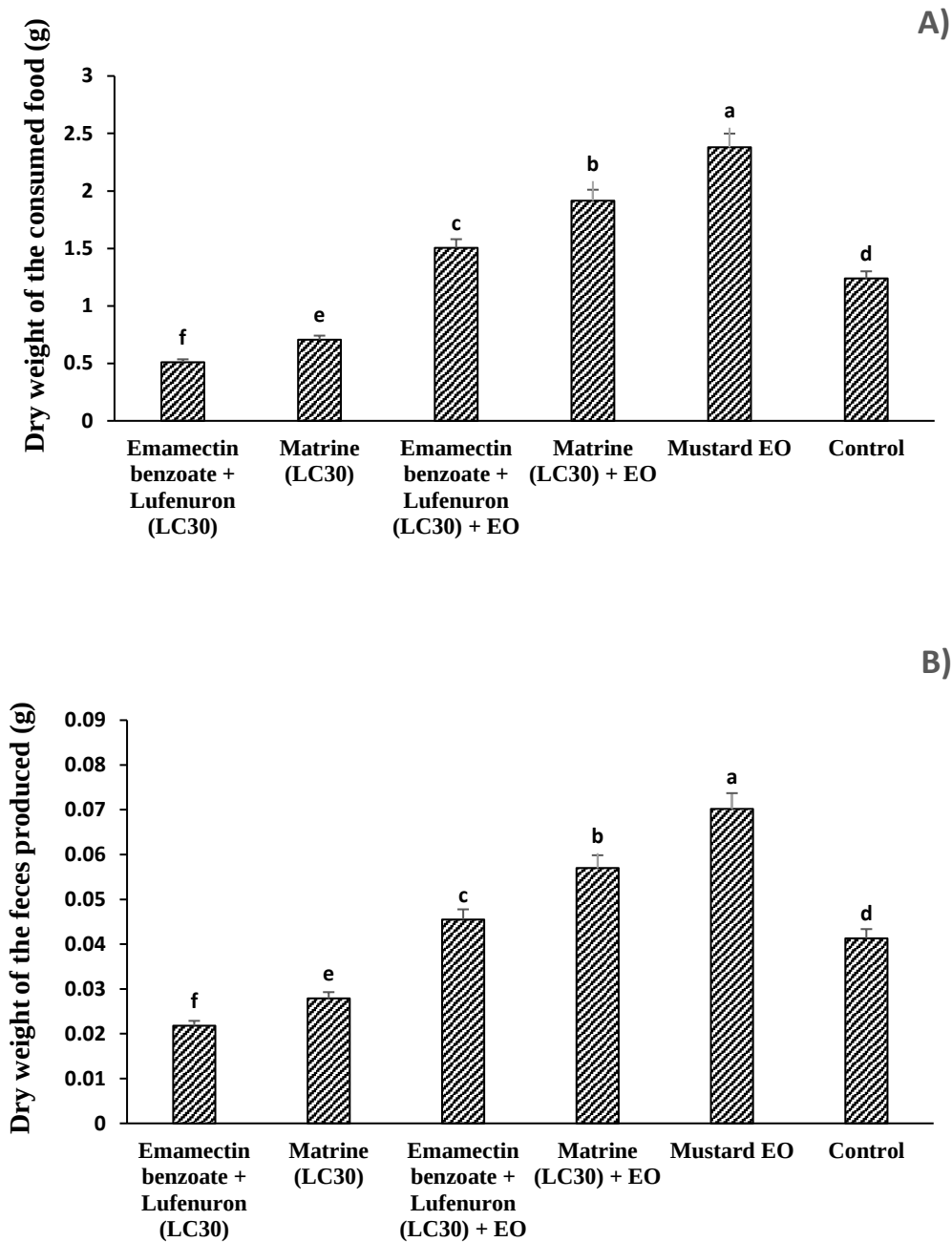
Insecticide	Growth stage	Number of insects	χ^2 (df)	Slope $\pm$ SE	LC ₅₀ (mg/l) (Lower-Upper) 95% CL	Toxicity index (%)	Relative potency
Emamectin benzoate + Lufenuron	Egg	300	1.46(3)	3.99 $\pm$ 0.75	8.88 (8.26-9.54)	100	88.99
	Larva I	300	1.60(3)	1.33 $\pm$ 0.17	0.75 (0.57-0.98)	100	152.16
	Larva II	300	0.78(3)	1.93 $\pm$ 0.29	2.05 (1.69-2.46)	100	118.92
	Larva III	300	0.60(3)	1.97 $\pm$ 0.30	2.96 (2.37-3.41)	100	98.68
Matrine	Egg	300	0.56(3)	4.03 $\pm$ 0.79	790.31 (737.19-853.52)	1.12	1.00
	Larva I	300	0.66(3)	3.65 $\pm$ 0.70	114.12 (105.30-124.63)	0.66	1.00
	Larva II	300	1.11(3)	3.93 $\pm$ 0.64	243.78 (223.70-265.09)	0.84	1.00
	Larva III	300	0.45(3)	3.59 $\pm$ 0.60	292.10 (266.61-319.71)	1.01	1.00

χ^2 : Chi-square value, df: degree of freedom, LC: lethal concentration, CL: confidence limits

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی اسانس بذر خردل *Sinapis alba*

Table 2. Chemical composition of essential oil from *Sinapis alba* seeds

No.	Compound	RI	RT	Composition (%)
1	di-fluorovinyl Borane	898	4.58	0.81
2	Delta.3-Carene	930	5.20	1.00
3	Carbon bisul	945	5.49	0.57
4	3-Butenyl isothiocyanate	981	6.21	83.90
5	di-Limonen	1024	7.12	4.75
6	di-isopropyl ethylamine	1055	7.80	2.49
7	Etrahydrothiepin	1087	8.53	0.08
8	N,N-di isopropyl formamide	1100	8.82	1.03
9	Ethoxydihdropyran	1170	10.43	0.18
10	Carvone	1245	12.16	1.80
11	Propyl isothiocyanate	1336	14.23	0.33
12	Propane, 1-isothiocyanato	1343	14.37	0.78
13	trans-Caryophyllene	1414	15.92	0.18
14	Azetidine-D1	1845	24.57	0.09
Total	-	-	-	97.99



شکل ۱- میانگین ($\pm$ خطای معیار) وزن خشک غذای خورده شده (A) و وزن خشک فضولات دفع شده (B) توسط لاروهای سن سوم سفیده بزرگ کلم تحت تاثیر تیمارهای حشره کش های امامکتین بنزوات+ لوفنورون و ماترین به تنهایی و در اختلاط با اسانس خردل

Figure 1. Mean ($\pm$ SE) dry weight of food consumed (A) and dry weight of feces produced by third instar larvae of *Pieris brassicae* under the influence of treatments with Emamectin benzoate + Lufenuron and Matrine insecticides alone and in combination with mustard essential oil. Different letters on the bars indicate significant differences ($P < 0.05$, Tukey).

نتایج حاصل از اندازه گیری شاخص های تغذیه ای در جدول ۳ آورده شده است. طبق نتایج حاصل، محرک تغذیه ای حاصل از اسانس بذر خردل اثر معنی داری بر مقدار شاخص های تغذیه ای لارو سن سوم سفیده بزرگ کلم داشته است. بین مقادیر نرخ مصرف

نسبی (RCR) در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری مشاهده شد ($F=11.10$; $df=5,12$; $P<0.0001$). بیشترین مقدار نرخ مصرف نسبی در لاروهای تغذیه کرده از برگ آغشته به محرک تغذیه (اسانس بذر خردل) بود (0.427 ± 0.36). کم‌ترین مقدار این شاخص (0.380 ± 0.29) نیز در تیمار غلظت زیرکشنده حشره کش امامکتین بنزوات+ لوفنورون دیده شد. علاوه بر این، با افزودن اسانس خردل به برگ‌های تیمار شده به غلظت زیرکشنده حشره کش‌ها (LC_{30})، نرخ مصرف نسبی به طور معنی داری نسبت به تیمار هر حشره کش به تنهایی افزایش داشت.

اختلاف بین مقادیر نرخ رشد نسبی (RGR) در تیمارهای مختلف به لحاظ آماری معنی دار بود ($df=5,12$; $P<0.0001$; $F=696.06$). به طوری که مطابق نتایج حاصل حشره کش امامکتین بنزوات+ لوفنورون نرخ رشد نسبی سفیده بزرگ کلم را در غلظت زیرکشنده LC_{30} نسبت به شاهد به ازای هر میلی گرم وزن بدن حشره در روز بیشتر از غلظت زیرکشنده حشره کش ماترین کاهش داد. در مقابل با افزودن اسانس خردل به عنوان محرک تغذیه به برگ آغشته به غلظت‌های زیرکشنده حشره کش‌ها، نرخ رشد نسبی نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت.

بیشترین مقدار درصد کارایی غذایی خورده شده (ECI) در تیمار با اسانس خردل دیده شد (16.76 ± 0.72) در تیمارهای غلظت زیرکشنده حشره کش‌ها مقادیر این شاخص نسبت به شاهد کاهش معنی داری داشت. هم‌چنین، تیمار غلظت زیرکشنده حشره کش‌ها در ترکیب با اسانس خردل مقدار این شاخص را به طور معنی داری افزایش داد ($F=590.712$; $df=5,12$; $P<0.0001$). شاخص درصد کارایی غذایی هضم شده (ECD) نیز در تیمارهای غلظت زیرکشنده حشره کش‌ها در ترکیب با اسانس خردل نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت ($F=520.415$; $df=5,12$; $P<0.0001$). هم‌چنین، افزایش معنی داری ($df=5,12$; $P<0.0001$; $F=398.515$) در شاخص قابلیت هضم نسبی (AD) در تیمار ترکیب اسانس و غلظت زیرکشنده حشره کش‌ها در مقایسه با تیمار حشره کش‌ها به تنهایی و شاهد دیده شد.

جدول ۳- اثر اسانس خردل (محرک تغذیه) و غلظت زیرکشنده ماترین و امامکتین بنزوات+ لوفنورون (LC_{30}) روی شاخص‌های تغذیه‌ای (میانگین $\pm$ خطای معیار) لارو سن سوم سفیده بزرگ کلم

Table 3. Effect of mustard essential oil (feeding stimulant) and sublethal concentration (LC_{30}) of Emamectin benzoate + Lufenuron and Matrine on nutritional indices (mean $\pm$ SE) of the third instar larvae of *Pieris brassicae*

Treatment	AD %	ECD %	ECI %	RGR	RCR
Emamectin benzoate + Lufenuron (LC_{30})	95.72 $\pm$ 0.99 ^d	8.52 $\pm$ 0.11 ^e	8.16 $\pm$ 0.71 ^e	0.0310 $\pm$ 0.56 ^f	0.380 $\pm$ 0.29 ^c
Matrine (LC_{30})	96.04 $\pm$ 0.78 ^c	12.71 $\pm$ 0.12 ^d	12.21 $\pm$ 0.49 ^d	0.0487 $\pm$ 0.23 ^e	0.399 $\pm$ 0.17 ^{bc}
Emamectin benzoate + Lufenuron (LC_{30}) + EO	96.96 $\pm$ 0.36 ^a	16.25 $\pm$ 0.37 ^{bc}	15.75 $\pm$ 0.30 ^{bc}	0.0652 $\pm$ 0.27 ^c	0.411 $\pm$ 0.61 ^{ab}
Matrine (LC_{30}) + EO	97.04 $\pm$ 0.12 ^a	16.78 $\pm$ 0.94 ^{ab}	16.29 $\pm$ 0.58 ^{ab}	0.0686 $\pm$ 0.18 ^b	0.420 $\pm$ 0.48 ^{ab}
Mustard EO	97.05 $\pm$ 0.45 ^a	17.27 $\pm$ 0.46 ^a	16.76 $\pm$ 0.22 ^a	0.0714 $\pm$ 0.12 ^a	0.427 $\pm$ 0.36 ^a
Control	96.67 $\pm$ 0.75 ^b	15.95 $\pm$ 0.12 ^c	15.41 $\pm$ 0.01 ^c	0.0625 $\pm$ 0.98 ^d	0.405 $\pm$ 0.18 ^b

AD: approximate digestibility, ECD: efficiency of conversion digested food, ECI: efficiency of conversion ingested food, RGR: relative growth rate, RCR: relative consumption rate, EO: essential oil

بحث

در این تحقیق کارایی حشره کش جدید امامکتین بنزوات+ لوفنورون (دینیم‌فیت) و حشره کش گیاهی ماترین علیه سفیده بزرگ کلم بررسی و به اثبات رسید. اثر کشندگی ماترین روی مراحل مختلف زیستی سفیده بزرگ کلم مناسب بود و استفاده از آن می‌تواند جایگزین مناسبی برای حشره کش‌های شیمیایی رایج علیه این آفت باشد. حشره کش امامکتین بنزوات+ لوفنورون نیز در مقایسه با ماترین روی مراحل مختلف زیستی آفت مقدار LC_{50} کمتری داشت که حاکی از سمیت بالاتر آن نسبت به ماترین است. لاروهای سنین پایین حساسیت بیشتری در برابر حشره کش‌ها از خود نشان دادند که دلیل احتمالی آن می‌تواند مقاومت بیشتر لاروهای سنین

بالاتر در برابر حشره کش ها باشد (Roy et al., 2021). حشره کش امامکتین بنزوات + لوفنورون نسل جدیدی از حشره کش پروکلیم فیت و مخلوطی از دو حشره کش لوفنورون و امامکتین بنزوات می باشد. بر اساس پژوهش های انجام شده توسط برخی از پژوهشگران در بررسی کارایی چند حشره کش شیمیایی و غیرشیمیایی در کنترل کرم غوزه پنبه *Helicoverpa armigera* Hubner و پروانه میوه خوار پسته *Recurvaria pistaciicola* Danil حشره کش پروکلیم فیت بهترین کارایی را نشان داده است (Bagheri et al., 2021; Askari Saryazdi et al., 2022).

استفاده از ترکیبات محرک تغذیه میزان غذای خورده شده آغشته به حشره کش را بیشتر کرده و زمان مرگ حشره را کوتاه تر می کند (Roubos et al., 2019). با توجه به وجود بیشترین مقدار ایزوتیوسیانات ها در گیاه خردل (Milani et al., 2019)، در تحقیق حاضر از اسانس این گیاه به عنوان محرک تغذیه استفاده شد. نتایج نشان داد اسانس خردل حاوی ۸۳/۹۵ درصد ترکیب ایزوتیوسیانات بوده و استفاده از آن مقادیر شاخص های تغذیه ای سفیده بزرگ کلم را افزایش داد. غلظت های ۱ و ۵ درصد روغن بذر کلم روی لاروهای سفیده بزرگ کلم نقش محرک تغذیه ای داشتند (Hajipour-Jarchelou et al., 2021). لازم به بیان است ترکیبات ایزوتیوسیانات از ترکیبات بی خطر و ایمن بوده و بررسی های مختلفی ثابت کرده اند که در پستانداران اثرات ضد تکثیری و ضد آپوپتوزی روی سلول های توموری دارند (Núñez-Iglesias et al., 2018). شاخص های تغذیه ای معرف کاملی از کیفیت غذای عرضه شده برای حشرات می باشند (Babic et al., 2008). در تحقیق حاضر، غلظت زیرکشنده (LC₃₀) ماترین و امامکتین بنزوات + لوفنورون موجب کاهش مقادیر شاخص های تغذیه ای سفیده بزرگ کلم شدند.

کارایی مناسب حشره کش های ماترین و امامکتین بنزوات + لوفنورون روی مرگ و میر مراحل زیستی سفیده بزرگ کلم نشانگر این است که این ترکیبات می توانند جایگزین مناسبی برای حشره کش های شیمیایی رایج با سمیت بالا باشند و خطرات کمتری برای موجودات غیر هدف و محیط زیست ایجاد کند. مشخص شد که ترکیب غلظت زیرکشنده LC₃₀ هر دو حشره کش امامکتین بنزوات + لوفنورون و ماترین با اسانس بذر خردل می تواند موجب کاهش مقادیر شاخص های تغذیه ای لاروهای سفیده بزرگ کلم شود. با توجه به اینکه ترکیب ایزوتیوسیانات به عنوان اصلی ترین جزء اسانس شناخته شد. در نتیجه با جداسازی و تجاری سازی این ترکیب از اسانس خردل می توان گام موثری در راستای کاهش مصرف حشره کش های شیمیایی و برنامه های مدیریت تلفیقی سفیده بزرگ کلم برداشت. این موضوع نیازمند انجام پژوهش های بیشتر در آینده است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت های معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه تشکر و قدردانی می شود.

References

- Askary, T. H., & Ahmad, M. J. (2020). Efficacy of entomopathogenic nematodes against the cabbage butterfly (*Pieris brassicae* (L.) (Lepidoptera: Pieridae) infesting cabbage under field conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00243-y>
- Askari Saryazdi Gh., Jafari Nodooshan A., Heidari A., & Amizadeh, M. (2022). Efficacy of abamectin (Vertimec 1.8 EC) and emamectin benzoate + lufenuron (Proclaim-fit 50 WG) on pistachio fruit moth, *Recurvaria pistaciicola*. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 11(2), 27–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.22034/arpp.2022.14773> (in Farsi)
- Asmoro, P. P., & Winasa, I. W. (2021). December. Nutritional indices and feeding preference of the *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) in several Brassicaceae plants. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 948, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.
- Babic, B., Poisson, A., Darwish, S., Lacasse, J., Merks-Jacques, M., Despland, E., & Bede, J. C. (2008). Influence of dietary nutritional composition on caterpillar salivary enzyme activity. *Journal of Insect Physiology*, 54(1), 286-296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2007.09.010>

- Bagheri, N., Mohammadi-Sharif, M., & Golmohammadi, Gh. (2021). Comparing the efficacy of some chemical and non-chemical insecticides for control of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) under cotton field conditions. *Plant Protection*, 44(3), 135-141. DOI: <http://doi.org/10.22055/ppr.2021.17132>
- Cheng, X., Ye, J., He, H., Liu, Z., Xu, C., Wu, B., Xiong, X., Shu, X., Jiang, X., & Qin, X. (2018). Synthesis, characterization and in vitro biological evaluation of two matrine derivatives. *Scientific Reports*, 8(1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33908-8>
- Haghighi, M., Barzegar, A., & Mozafarian, M. (2025). Impact of cultivar and seasonal growing conditions on growth and health-promoting compounds in *Brassica oleracea* cultivars: Smooth German kale, Scarlet kale, Dwarf Blue Curled kale, and Collard. *Journal of Agriculture and Food Research*, 19, 101575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101575>
- Hajipour-Jarchelou, Valizadegan, O., & Soleymanzade, A. (2022). Laboratory assessment of cabbage seed oil and *Alhagi maurorum* extract in enhanced insecticidal activity of chlorantraniliprole and lambda-cyhalothrin against *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 41(4), 321-340. DOI: <http://doi.org/10.22117/jesi.2022.357933.1453> (in Farsi)
- Hassan, S., Ahmad, T., & Hussain, B. (2023). Food preferences and consumption parameters of cabbage butterfly, *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae) on different kale genotypes. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 130(1), 45-55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00683-8>
- Heydari, A. B., Avand, F. A., Mohagheghi, N. J., & Yousefi, P. A. (2009). Ethyl 4-isothiocyanatobutyrate as a potential attractant for *Nysius cymoides* (Het.: Lygaeidae). *Applied Entomology and Phytopathology*, 76(2), 1-10.
- Holley, R. A., & Patel, D. (2005). Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*, 22(4), 273-292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.08.006>
- Ishaaya, I., Kontsedalov, S., & Horowitz, A. R. (2002). Emamectin, a novel insecticide for controlling field crop pests. *Pest Management Science*, 58(11), 1091-1095. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.535>
- Khorrami, F., Soleymanzade, A., & Forouzan, M. (2017). Toxicity of some medicinal plant extracts to *Pieris brassicae* and combined effects with Proteus® against *Brevicoryne brassicae*. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 4(3), 50-55.
- Kılıcı, L., & Altun, N. (2020). The effect of carbohydrates on nutritional preference and development of Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 87, 101620. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101620>
- Koul, O. (2008). Phytochemicals and insect control: an antifeedant approach. *Critical Reviews in Plant Science*, 27, 1-24. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352680802053908>
- Kour, R., Gupta, R. K., Hussain, B., & Kour, S. (2022). Synergistic effect of naturally occurring Granulosis virus isolates (PbGV) with phagostimulants against the cabbage butterfly, *Pieris brassicae* (L.) for its eco-friendly management. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1), 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00502-0>
- Li, W., Abudukadier, A., Chen, Z., Zhan, C., Zhang, S., Liu, J., Zhao, Y., & Peng, Y. (2023). Combining tea saponin and matrine botanical insecticides is highly effective against fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Entomologia Generalis*, 43(6). DOI: <https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/2120>
- Merzendorfer, H. (2013). Chitin synthesis inhibitors: old molecules and new developments. *Insect Science*, 20, 121-138. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2012.01535.x>
- Mesri, H., Valizadegan, O., & Soleymanzade, A. (2023). Toxicity of three insecticides to *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) and their selectivity for its predator, *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 54(1), 165-186. DOI: <http://doi.org/10.22059/IJPPS.2023.360644.1007032> (in Farsi)
- Milani, M. A., Dana, M. G., Ghanbarzadeh, B., Alizadeh, A., & Afshar, P. G. (2019). Comparison of the chemical compositions and antibacterial activities of two Iranian mustard essential oils and use of these oils in turkey meats as preservatives. *Applied Food Biotechnology*, 6(4), 225-236. DOI: <https://doi.org/10.22037/afb.v6i4.25687>
- Mukanga, M., Matimelo, M., Lwinya, K., Machuku, O., Chilipa, L., Lupapula, M., Tembo, S. M., & Chipabika, G. (2024). Efficacy of selected pesticides against the fall armyworm infestation in small

- holder maize production in Zambia. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 13(2), 237-249. DOI: <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2024.105>
- Núñez-Iglesias, M. J., Novio, S., García-Santiago, C., Cartea, M. E., Soengas, P., Velasco, P., & Freire-Garabal, M. (2018). Effects of 3-butenyl isothiocyanate on phenotypically different prostate cancer cells. *International Journal of Oncology*, 53(5), 2213-2223. DOI: <https://doi.org/10.3892/ijo.2018.4545>
- Oke, O. A. (2008). Evaluation of the effectiveness of three insecticides on control of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in cabbage (*Brassica olearaceavar. capitata*). *European Journal of Scientific Research*, 22, 391-395.
- Peng, C., Zhao, S. Q., Zhang, J., Huang, G. Y., Chen, L. Y., & Zhao, F. Y. (2014). Chemical composition, antimicrobial property and microencapsulation of Mustard (*Sinapis alba*) seed essential oil by complex coacervation. *Food Chemistry*, 165, 560-568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.126>
- Pszczolkowski, M. A., & Brown, J. J. (2014). Enhancement of insecticides against codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with L-aspartate in laboratory and field experiments. *Journal of Economic Entomology*, 107(3), 1163-1171. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC13446>
- Robertson, J. L. & Preisler, H. K. (1992). Pesticide bioassay with arthropods. 2th ed. 224 pp. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Roubos, C. R., Gautam, B. K., Fanning, P. D., Van Timmeren, S., Spies, J., Liburd, O. E., Isaacs, R., Curry, S., Little, B. A., & Sial, A. A. (2019). Impact of phagostimulants on effectiveness of OMRI-listed insecticides used for control of spotted-wing drosophila (*Drosophila suzukii* Matsumura). *Journal of Applied Entomology*, 143(6), 609-625. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12620>
- Roy, S., Babu, A., Handique, G., Dutta, R., Bora, A., & Das, P. (2021). Stage specific differential expression of three detoxifying enzymes of larvae of tea defoliator, *Hyposidra talaca* Walker (Geometridae: Lepidoptera) and its bearing on their insecticide tolerance status. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41, 541-545. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00238-0>
- Soleymanzade, A., Valizadegan, O., & Askari Saryazdi, G. (2019a). Biochemical mechanisms and cross resistance patterns of chlorpyrifos resistance in a laboratory-selected strain of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 21(7), 1859-1870.
- Soleymanzade, A., Khorrami, F., & Forouzan, M. (2019b). Insecticide toxicity, synergism and resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 54(1), 147-154. DOI: <https://doi.org/10.1556/038.54.2019.013>
- Soleymanzade, A., Khorrami, F., Forouzan, M., Noori, H., & Poushand, F. (2017). Insecticidal activity of some medicinal plant essential oils combined with Proteus® against greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Entomological Research*, 9(3), 13-20.
- Soleymanzadeh, A., Valizadegan, O., Saber, M., & Hamishehkar, H. (2025). Toxicity of *Foeniculum vulgare* essential oil, its main component and nanoformulation against *Phthorimaea absoluta* and the generalist predator *Macrolophus pygmaeus*. *Scientific Reports*, 15(1), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01193-x>
- Soltanpour A., Valizadegan O., & Soleymanzade A. (2023). Laboratory assessment of powder, essential oil and plant extract of clove, *Syzygium aromaticum* on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* in comparison with chlorantraniliprole insecticide. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 12 (2), 153–167. DOI: <http://dx.doi.org/10.22034/arpp.2022.15654> (in Farsi)
- Waldbauer, G. (1968). The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*, 5, 229–288. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60230-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60230-1)
- 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. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01812>

Effect of Emamectin benzoate plus Lufenuron, Matrine, and mustard essential oil on mortality and nutritional indices of *Pieris brassicae* under laboratory conditions

A. Mahmoudi¹, O. Valizadegan^{2*}, S. A. Safavi³ and A. Soleymanzadeh⁴

1, 2, 3 & 4. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

✉ arefmahmoudi51@gmail.com

✉ o.valizadegan@urmia.ac.ir

✉ a.safavi@urmia.ac.ir

✉ soleymanzade.a@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0005-8845-1790>

 <https://orcid.org/0000-0002-7336-4126>

 <https://orcid.org/0000-0002-8300-6138>

 <https://orcid.org/0000-0002-5312-2154>

Received: 25 July 2025 | Accepted: 5 September 2025 |

Abstract

In this research, the efficacy of Emamectin Benzoate + Lufenuron and Matrine insecticides was assessed in the control of *Pieris brassicae* L. eggs and larvae. Additionally, the effect of their sublethal concentration (LC₃₀) were studied alongside mustard seed essential oil (serving as a feeding stimulant) on the nutritional indices of the pest under laboratory conditions. Probit analysis of the data indicated that Emamectin Benzoate + Lufenuron was more effective than Matrine in controlling egg, 1st, 2nd, and 3rd instar pest larvae with LC₅₀ values of 8.88, 0.75, 2.05, and 2.96 mg/L, respectively. The nutritional indices of the pest significantly increased when a sublethal concentration of the insecticides was combined with the feeding stimulant compared to the control, which may improve the effectiveness of the insecticides. Overall, the results of this study indicated that while Emamectin Benzoate + Lufenuron demonstrated a better control efficacy, Matrine also showed acceptable control and both can be utilized effectively in management of the large cabbage white butterfly.

Key words: Chemical control, isothiocyanate, large cabbage white, lethal effect, phagostimulant

Citation: Mahmoudi, A., Valizadegan O., Safavi, S. A. & Soleymanzadeh, A. (2025). Effect of Emamectin benzoate plus Lufenuron, Matrine, and mustard essential oil on mortality and nutritional indices of *Pieris brassicae* under laboratory conditions. *Plant Pest Research*, 15(2), 47-58. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31269.1647>