نامه انجمن حشره‌شناسی ایران ۳۴۰-۳۲۱ ,(٤)٤١ ,١٤٠٠
JOURNAL OF ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF IRAN
2022, 41(4), 321-340
DOI: 10.22117/JESI.2022.357933.1453

مقالـهٔ علـمی پژوهـشی

ارزیابی آزمایشگاهی روغن بذر کلم و عصاره خارشتر در افزایش فعالیت حشره‌کشی آفت‌کش‌های کلرانترانیلی پرول و لامبداسای هالوترین روی سفیده بزرگ کلم *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae)

صحرا حاجی‌پور جارچلو، اروج ولیزادگان* و اثمر سلیمان زاده

گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: O.valizadegan@urmia.ac.ir

چکیده

سفیده بزرگ کلم .*Pieris brassicae* L یکی از آفات مهم خانواده چلیپاییان است که باعث خسارت کمی و کیفی قابل توجه در محصول می‌شود. با در نظر گرفتن مشکلات ناشی از کاربرد آفت‌کش‌های مصنوعی رایج، نیاز به آفت‌کش‌های کم خطر و با کارایی بالاتر و همچنین ترکیبات زیست تخریب‌پذیر بیشتر احساس می‌شود. امروزه استفاده از ترکیبات گیاهی به عنوان حشره‌کش گیاهی و افزاینده فعالیت حشره‌کشی به دلیل کارایی قابل قبول و ایمنی نسبی آنها برای انسان و محیط زیست، اهمیت روزافزونی یافته است. در این بررسی کارایی آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای‌هالوترین به تنهایی و در ترکیب با عصاره گیاه خارشتر .*Alhagi maurorum* Medik و روغن بذر کلم (به عنوان محرک تغذیه) در برابر سفیده کلم در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز پروبیت نشان داد که کلرانترانیلی‌پرول به ترتیب با مقدار LC_{50} برابر با ۱۱، ٤، ۱۵ و ۱٦ میلی‌گرم بر لیتر، موثرترین ترکیب در برابر مراحل تخم، لارو سن اول، دوم و سوم آفت می‌باشد. عصاره خارشتر در ترکیب با کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای هالوترین به ترتیب اثر افزاینده و سینرژیستی را نشان داد. مطابق با نتایج زیست‌سنجی‌های انجام گرفته، افزودن محرک تغذیه باعث بهبود کارایی حشره‌کش‌ها شد. مقادیر LC_{50} آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای‌هالوترین برای تمام مراحل لاروی آزمایش شده، در اثر اضافه شدن غلظت‌های ۱ و ۵ درصد از محرک تغذیه کاهش یافتند. اطلاعات حاصل از این تحقیق می‌تواند راهنمایی برای مطالعات آینده باشد و به عنوان یک ابزار موثر در استراتژی‌های مدیریت آفت استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: سفیده بزرگ کلم، سینرژیست، عصاره گیاهی، محرک تغذیه، حشره‌کش

Laboratory assessment of cabbage seed oil and *Alhagi maurorum* extract in enhanced insecticidal activity of chlorantraniliprole and lambda-cyhalothrin against *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae)

Sahra Hajipour Jarchelou, Orouj Valizadegan* & Asmar Soleymanzade

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
*Corresponding author, E-mail: O.valizadegan@urmia.ac.ir

Abstract

Cabbage large white butterfly, *Pieris brassicae* is one of the important insect pests of plant family Brassicacea which causes remarkable quantitative or qualitative crop losses. Keeping in view the problems caused by conventional chemical insecticides, need is being felt for insecticides with more efficient and low-risk ones as well as biodegradable compounds. Nowadays, utilization of botanical plant

دریافت: ۱٤۰۰/۱۰/۰۳، پذیرش ۱٤۰۰/۱۲/۱۰.

دبیر تخصصی : میرجلیل حجازی

©2022 by Author(s), Published by Entomological Society of Iran
This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License

compounds as bioenhancer and bioinsecticide are becoming increasingly important, due to their acceptable efficiency and relative safety to human and environment. To this end, we investigated the efficacy of chlorantraniliprole and lambda-cyhalothrin insecticides alone and in combination with *Alhagi maurorum* extract and cabbage seed oil against *P. brassicae* under laboratory conditions. Probit analysis revealed chlorantraniliprole as the most effective insecticide against egg, first, second and third instar larvae with LC_{50} values of 11, 4, 15 and 16 mg/L, respectively. Methanolic extract of *A. maurorum* when combined with chlorantraniliprole and lambdacyhalothrin possessed additive and synergistic effect, respectively. In bioassays, the addition of feeding stimulant improved the efficacy of the insecticides. The concentrations of chlorantraniliprole and lambdacyhalothrin required for 50 % mortality of all tested larval stages were reduced when the feeding stimulant was added in concentrations of 1 and 5 %. This information will guide future study and could be used as an effective tool for *P. brassicae* management strategies.

Key words: cabbage large white butterfly, plant extract, synergist, feeding stimulant, insecticide
Received: 22 December 2021, *Accepted:* 20 February 2022.

مقدمه

گیاهان خانواده چلیپاییان با بیش از ۳۵۰۰ گونه و حدود ۳۵۰ جنس جزء یکی از ده محصول مهم اقتصادی هستند (Sarfraz & Keddie, 2005). این خانواده، سبزی‌های بسیار متنوعی از جمله انواع کلم، ترب، تربچه، شاهی و شلغم را شامل می‌شود که در بین آنها کلم‌ها با بیشترین تنوع از اهمیت بالاتری برخوردارند (Maynard & Hochmuth, 2006). کلم به عنوان یکی از مغذی‌ترین سبزیجات برگ‌دار، منبع غنی از ویتامین‌های C و K می‌باشد. هر صد گرم بخش خوراکی کلم، حاوی ۱/۸ گرم پروتئین، ۰/۱ گرم چربی، ٤/٦ گرم کربوهیدرات، ۰/٦ گرم مواد معدنی، ۲۹ میلی‌گرم کلسیم، ۰/۸ میلی‌گرم آهن و ١٤/١ میلی‌گرم سدیم می‌باشد (Ojetaya *et al*., 2011;Kanwal *et al*., 2020). در مورد سطح زیر کشت و میزان تولید این سبزی‌ها در ایران آمار دقیقی وجود ندارد، ولی با توجه به تنوع محصولات این خانواده میزان مصرف آنها در کشور بالاست.

سفیده بزرگ کلم *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae)، به عنوان یکی از آفات مهم خانواده کلمیان، روی ۸۳ گونه از گیاهان این خانواده فعالیت گیاه‌خواری دارد (Raqib, 2004). این آفت یکی از عوامل مهم محدود کننده تولید کلم در دنیا بوده که لاروهای آن با تغذیه از برگ‌های کلم، خسارت شدیدی را به محصول وارد می‌کنند. لاروهای جوان به سطح برگ خسارت می‌زنند در حالی‌که لاروهای مسن‌تر برگ‌ها را از حاشیه به سمت داخل مصرف کرده و تنها رگبرگ‌های اصلی را باقی می‌گذارند. در آلودگی‌های شدید کل گیاه خورده می‌شود (Askary & Ahmad, 2020). در برخی مناطق، کاهش میزان محصول تا ٤٠ درصد گزارش شده است (Hasan & Ansari, 2011). روش‌های فعلی مدیریت این آفت تا حد زیادی متکی به استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی می‌باشد (Kaur & Kumar, 2018). در ایران، کشاورزان در طول یک فصل زراعی، به منظور کنترل آفات محصول کلم، حدود ۲۰–۱۵ بار سمپاشی انجام می‌دهند و استفاده از حشره‌کش‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت آفات در این محصول به حساب می‌آید (Soleymanzade *et al*., 2019). استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌های رایج، اثرات نامطلوبی همچون ایجاد و توسعه مقاومت در آفات، طغیان آفات ثانویه و آلودگی محیط زیست را به همراه دارد (Metspalu *et al*., 2009; Kaur & Kumar, 2018). دشمنان طبیعی آفات کلم از جمله گونه *Hyposoter ebeninus* Grav. که پارازیتوئید داخلی لاروهای سفیده کوچک کلم *Pieris rapae* L. و سفیده بزرگ کلم *P. brassicae* می‌باشد، به شدت تحت تاثیر آفت‌کش‌های شیمیایی قرار می‌گیرند و نیاز به حفاظت دارند. باقیمانده بالای آفت‌کش‌های مصرفی در محصولاتی نظیر کلم که بیشتر به صورت تازه مصرف می‌شوند، عوارض جانبی نامطلوبی برای انسان دارند (Matter *et al*., 2002). با توجه به اثرات نامطلوب ذکر شده برای آفت‌کش‌های شیمیایی رایج، جستجو برای روش‌های جایگزین و استفاده از آفت‌کش‌های موثرتر ضروری است. همچنین، مشتقات گیاهی برای بسیاری از گونه‌های حشرات خاصیت سمی داشته‌اند. عصاره‌های گیاهی به دلیل

داشتن اثرات مضر روی حشرات آفت به عنوان حشره‌کش‌های جدید گیاهی مورد توجه بوده‌اند (Jeyasankar *et al*., 2011).

کلرانترانیلی‌پرول Coragen® یک حشره‌کش آنترانیلیک دی‌آمید جدید است و به طور موثری علیه آفات بالپولکدار و غیر بالپولکدار در محصولات مختلف عمل کرده است. این حشره‌کش دارای نحوه عمل بسیار منحصر به فرد بوده و موجب تحریک رهاسازی ذخایر کلسیمی بدن حشره می‌شود که کاهش کلسیم، توقف تغذیه، بی‌حالی و در نهایت مرگ حشره را در پی دارد. کلرانترانیلی پرول به لحاظ زیست محیطی، ایمن بوده و جایگزین مناسبی برای بسیاری از حشره‌کش‌های شیمیایی می‌باشد (Cao *et al*., 2010; Pereira, 2013).

لامبداسای هالوترین Karate® Zeon یک حشره‌کش پایرتروئید طیف وسیع با مقدار مصرف پایین و خاصیت تماسی–گوارشی می‌باشد. در فناوری زئون ماده فعال لامبداسای هالوترین توسط میکروکپسول‌هایی احاطه شده است. کاراته زئون جهت کنترل آفاتی مانند شته‌ها،بال‌ریشکداران، لارو پروانه‌ها، سوسک‌ها و موریانه‌ها روی محصولاتی مانند گندم، سیب‌زمینی، سبزیجات، گیاهان زینتی و گلخانه‌ای و نیز آفات بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این حشره‌کش به سرعت در جلد حشره نفوذ می‌کند، باعث آسیب به سیستم عصبی و مختل کردن فعالیت ماهیچه‌ای، فلج و در نهایت مرگ حشره می‌شود (Perrin, 1998; Mohammadipour *et al*., 2015).

تحقیقات مختلف نشان داده‌اند فرآورده‌های مشتق شده از گیاهان، قابلیت‌های زیادی را برای جایگزینی ترکیبات شیمیایی دارند. گیاهان حاوی انواع مختلفی از متابولیت‌های ثانویه مانند مونوترپن‌ها، سسکویی‌ترپن‌ها و تری‌ترپن‌ها هستند که نقش مهمی در عملکرد دفاعی گیاه بر عهده دارند (Barney *et al*., 2005). تعداد زیادی از متابولیت‌های ثانویه گیاهان، اثرات فیزیولوژیک و رفتاری مانند کشندگی، دورکنندگی و بازدارندگی تغذیه روی حشرات آفت دارند (Moralle-Rejesus *et al*., 1984). در سال‌های اخیر استفاده از عصاره‌های گیاهی به عنوان جایگزین آفت‌کش‌های شیمیایی در کنترل آفات مورد توجه زیادی قرار گرفته است. اکثر عصاره‌های گیاهی در عرض چند روز و گاهی در عرض چند ساعت تجزیه می‌شوند (Guleria & Tiku, 2009). گیاه خارشتر *Alhagi maurorum* Medik. یک علف هرز چند ساله از تیره بقولات Fabaceae می‌باشد و در اکثر نقاط ایران وجود دارد. این گیاه سبز رنگ، ارتفاع آن ١٠٠–٦٠ سانتی‌متر بوده و ساقه‌های آن به شدت منشعب و خاردار می‌باشند. میوه آن ناشکوفاست. سیستم ریشه عمیقی دارد. برگها متناوب، پراکنده، ضخیم و چرمی هستند. طول آنها ممکن است ٢٠–٧ میلی‌متر باشد. گل‌ها صورتی رنگ با ساقه کوتاه یا بدون ساقه هستند. تعداد آنها اندک (٦–٢ عدد) می‌باشد (Atta *et al*., 2010; Hamed *et al*., 2012; Muhammad *et al*., 2015). برخی از آزمایش‌ها نشان داده‌اند که عصاره آن خاصیت دورکنندگی و کشندگی برای آفات دارد (Shakhsi Zare *et al*., 2016).

همچنین طبق برآوردهای حاصل از تحقیقات مختلف، گیاهان حاوی مواد متعددی مانند ترکیبات شبه هورمونی، جذب کننده‌ها، دور کننده‌ها و محرک‌های تغذیه‌ای هستند که به لحاظ بیولوژیکی برای حشرات فعال می‌باشند (Koul, 2008). ایده افزایش کارایی حشره‌کش‌ها در برابر حشرات گیاهخوار در صورت اختلاط با محرک‌های تغذیه‌ای در اوایل دهه ١٩٦٠ مطرح شد و از آن زمان ترکیباتی که بر پایه قندها و ملاس بوده‌اند و همچنین ترکیبات فعال به لحاظ بیولوژیک (مانند آمینواسیدها)، کارایی خوبی را در این زمینه از خود نشان داده‌اند (Pszczolkowski & Brown, 2014). استفاده از ترکیبات محرک تغذیه به همراه آفت‌کش‌ها ممکن است در افزایش اثربخشی کنترل موثر واقع شود و موجب کاهش دوز مصرفی آفت‌کش‌ها گردد (Potter & Watson, 1983).

از آنجا که سفیده بزرگ کلم به دلیل سمپاشی‌های بی‌رویه کشاورزان به میزان زیادی در معرض آفت‌کش‌ها قرار دارد و همچنین خسارت کمی و کیفی زیادی را باعث می‌شود، به عنوان مدلی برای تحقیق حاضر انتخاب

شد. شناسایی حشره‌کش‌های جدید و موثر می‌تواند در بهبود مدیریت یک آفت تاثیرگذار باشد. از طرف دیگر استفاده از خواص حشره‌کشی ترکیبات گیاهی و بررسی محرک‌های تغذیه‌ای موجود در گیاهان میزبان آفت می‌تواند قدم بزرگی در راستای کاهش مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی باشد. از این رو، تحقیق حاضر به منظور ارزیابی اثر عصاره گیاه خارشتر و محرک تغذیه‌ای حاصل از روغن بذر کلم در ترکیب با حشره‌کش‌های شیمیایی کلرانترانیلی پرول و لامبداسای هالوترین علیه مراحل مختلف زیستی آفت سفیده بزرگ کلم انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

پروش گیاه میزبان

به منظور دسترسی به گیاه میزبان، گیاه کلم برگ .*Brassicae oleracea* L، در گلخانه تحقیقاتی گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه با شرایط دمای ۳±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±٦۰٪، دوره نوری ۱٦:۸ (تاریکی: روشنایی) در داخل گلدان‌های آزمایشی کاشته شد.

پرورش سفیده بزرگ کلم

تخم و لاروهای پروانه سفیده بزرگ کلم از مزارع کلم واقع در روستای کشتیبان شهرستان ارومیه استان آذربایجان غربی (37°33′25″ N, 45°14′46″ E) جمع‌آوری و به گلخانه روی برگ‌های تازه کلم منتقل گردیدند. هر روز لاروها به برگ‌های تازه و عاری از هر گونه آفت‌کش منتقل می‌شدند. پس از خروج حشرات کامل جهت انجام جفتگیری و تخمریزی، آنها به قفسه‌هایی با ابعاد ۱۰۰×۷۰×۹۰ سانتی‌متر منتقل شدند. تخم‌های جمع آوری شده به داخل ظروف پلاستیکی با ابعاد ۸×۲۰×۱۹۰ سانتی‌متر انتقال یافتند. جهت تامین تهویه و رطوبت، درب ظروف با توری ۸۰ مش پوشیده و یک تکه پنبه مرطوب داخل آنها قرار گرفت. در ظروف پرورش لارو، به منظور حفظ شرایط بهداشتی، مواد غذایی خورده نشده و فضولات لاروها، خارج و برگ تازه جایگزین می‌شد (Webb & Shelton, 1988; Kour *et al*., 2022).

تهیه حشره‌کش‌ها، عصاره گیاهی و محرک تغذیه‌ای

در این تحقیق از آفت‌کش‌های کلرانترانیلی پرول (18.5 SC) با نام تجاری Coragen® ساخت شرکت DuPont ایالات متحده و لامبداسای هالوترین (10 CS) با نام تجاری Karate® Zeon ساخت شرکت Syngenta استفاده شد. نمونه گیاهی پژوهش (گیاه خارشتر *A. maurorum*) با توجه به بررسی منابع مختلف مبنی بر داشتن اثر حشره‌کشی، انتخاب و عصاره ۵ درصد آن در آزمایشگاه تهیه شد. همچنین جهت تهیه محرک تغذیه، با توجه به بررسی منابع انجام گرفته از روغن بذر کلم استفاده شد.

تهیه عصاره گیاه خارشتر

اندام‌های هوایی گیاه خارشتر در تیرماه ۱٤۰۰، از باغ‌های روستای مراجول شهرستان ارومیه، استان آذربایجان غربی (37°33′45″ N, 45°8′50″ E) بعد از شناسایی در حد گونه، جمع آوری گردید. در این بررسی، عصاره متانولی گیاه مذکور با استفاده از دستگاه سوکسله به دست آمد (Gupta *et al*., 2020; Nouri Ganbalani *et al*., 2020). روند عصاره‌گیری به گونه‌ای بود که در هر بار ۳۰ گرم از پودر گیاه مورد نظر داخل انگشتانه (از جنس کاغذ صافی ضخیم) قرار داده شد. سپس حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر حلال متانول داخل بالن ریخته شد. پس از روشن کردن دستگاه، کمی قبل از رسیدن حلال به نقطه جوش خود، با باز کردن شیرآب از تبخیر آن جلوگیری به عمل آمد. هر بار عصاره گیری ٦ ساعت به طول انجامید. بعد از اتمام عمل عصاره‌گیری، حلال آن با استفاده از دستگاه

روتاری تبخیر شد. عصاره تهیه شده تا انجام آزمایشات و آنالیز توسط دستگاه GC-Mass در ظرفی با محفظه تاریک و در یخچال با دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری شد. برای تهیه غلظت‌های مشخص، از حجم یکسان حلال متانول استفاده شد. ابتدا وزن مورد نظر از عصاره خشک در ٢ میلی‌لیتر از متانول حل گردید و سپس با آب مقطر به حجم ٣٠ میلی‌لیتر رسانده شد. مثلا برای تهیه غلظت ٤ گرم بر لیتر از عصاره، مقدار ٠/١٢ گرم از عصاره خشک در ٢ میلی‌لیتر متانول حل شد و با آب مقطر به حجم ٣٠ میلی‌لیتر رسانده شد.

تهیه محرک تغذیه‌ای حاصل از بذر گیاه کلم

با توجه به بررسی منابع مختلف مبنی بر اینکه خاصیت محرک تغذیه‌ای در گیاهان خانواده چلیپاییان مربوط به ترکیبات موجود در روغن آنها می‌باشد، روغن بذر کلم جداسازی شد. به منظور تهیه روغن، بذر کلم (رقم Rare ball) از فروشگاه‌های بذر، خریداری و ناخالصی‌های آن به طور کامل جداسازی گردید. از آنجایی که تحقیقات نشان داده روغن‌های پرس سرد دارای شاخص‌های کیفیت مطلوب‌تری در مقایسه با روش‌های مبتنی بر حلال هستند (Zinat Bakhsh *et al*., 2017; Vedaei & Aarabi, 2021)، به همین دلیل از این روش جهت استخراج روغن استفاده شد. یک کیلوگرم از بذر کلم در داخل مخزن دستگاه ریخته شد. طی مراحل استخراج، جهت حفظ پایداری روغن از هیچ گونه حرارتی استفاده نگردید. روغن به دست آمده تا زمان انجام آزمون‌ها در محفظه تاریک در دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری شد.

تعیین محدوده غلظت‌های لازم از مواد آزمایشی

هدف از این آزمایش، تعیین دامنه‌ای از غلظت‌های آفت‌کش‌ها و عصاره گیاهی بود که مرگ و میری معادل ٢٥ تا ٧٥ درصد در جمعیت موردنظر ایجاد نماید (Robertson & Presiler, 1992). در مورد آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای‌هالوترین، برای مشخص کردن این محدوده، غلظت توصیه شده آفت‌کش را به عنوان غلظت وسط در نظر گرفته و برای به دست آوردن چهار غلظت دیگر با فاصله ٥ برابر، دو غلظت بالای غلظت حد وسط و دو غلظت پایین غلظت حد وسط انتخاب شدند. در مورد عصاره گیاه خارشتر نیز یک غلظت به عنوان غلظت حدوسط در نظر گرفته شد و مابقی غلظت‌ها مانند روش بالا به کار رفت. آزمایش‌های مقدماتی با ٥ غلظت از محلول سمی و یک تیمار شاهد (آب مقطر) انجام یافتند. در نهایت، غلظت‌های اصلی با رعایت فاصله لگاریتمی(Moradeshaghi & Pourmirza, 1974) از روی غلظت‌های مقدماتی محاسبه شدند. غلظت‌های به کار رفته برای تعیین مقادیر LC_{50} آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای هالوترین روی سنین مختلف لاروی سفیده کلم در شکل ١ قسمت نتایج آورده شده‌اند و جهت تکراری نشدن مطالب در اینجا به آنها اشاره نشد. غلظت‌های اصلی عصاره در تعیین مقادیر LC_{50} آن برای لاروهای سن اول، دوم و سوم آفت به ترتیب برابر با (٢٤٠، ٣٣٩، ٤٧٩، ٦٧٦، ٩٥٩)، (٦٤٦، ٨٩١، ١٢٠٢، ١٦٢٢، ٢١٨٨) و (٧٩٤، ١١٤٨، ١٥٨٥، ٢١٨٨، ٢٩٥١) میلی‌گرم بر لیتر بودند.

بررسی اثر آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول، لامبداسای‌هالوترین و عصاره گیاه خارشتر روی تخم و مراحل مختلف لاروی سفیده بزرگ کلم

برای انجام آزمایش‌ها، روش غوطه‌وری برگ به کاربرده شد (Grišakova *et al*., 2006). غلظت‌های اصلی آزمایش که از آزمون‌های مقدماتی به دست آمده بودند برای هر حشره‌کش با استفاده از آب مقطر تهیه شدند. پس از آن دیسک‌های برگی از گیاه کلم به قطر ٦ سانتی‌متر تهیه شدند و به مدت ١٥ ثانیه داخل غلظت‌های تهیه شده قرار گرفتند. برای شاهد از آب مقطر به تنهایی استفاده شد. بعد از خشک شدن دیسک‌های برگی در دمای اتاق، آنها به تشتک‌های پتری ٨ سانتی‌متری منتقل شدند. برای هر غلظت ٢٠ عدد لارو (سن اول، دوم، سوم) یک روزه

که از قبل همسن‌سازی شده بودند، قرار گرفت. به منظور ایجاد شرایط مناسب از لحاظ تهویه برای لاروها، در روی درب‌های پتری سوراخ‌هایی ایجاد و جهت تامین رطوبت کافی، از کاغذهای صافی مرطوب در زیر برگ‌های کلم استفاده شد. تمامی آزمایش‌ها در ۳ تکرار انجام شدند. پتری‌ها در شرایط آزمایشگاهی قرار گرفتند. میزان مرگ و میر لارو ها، ٢٤ ساعت بعد از رهاسازی لاروها شمارش و ثبت شد.

در مورد بررسی اثر آفت‌کش‌ها و عصاره گیاهی روی تخم آفت، جهت انجام آزمایش، دسته‌های ۲۰ عددی تخم یک روزه سفیده بزرگ کلم در روی برگ‌های کلم جداسازی و به مدت ۱۵ ثانیه داخل غلظت های آزمایشی هر ترکیب (۵ غلظت به علاوه یک تیمار شاهد) غوطه‌ور شدند. بعد از خشک شدن آنها، دیسک‌های برگی حاوی تخم به داخل پتری‌های ٦ سانتی‌متری حاوی تهویه و کاغذ صافی مرطوب جهت تامین رطوبت، انتقال داده شدند. پتری‌های مورد نظر در شرایط آزمایشگاهی قرار گرفتند. پس از سپری شدن دوره انکوباسیون (۸-۵ روز)، مرگ و میر تخم‌ها بررسی و شمارش شد.

بررسی اثر ترکیب آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای هالوترین با عصاره خارشتر روی تخم و مراحل مختلف لاروی سفیده کلم

به منظور بررسی اثر تلفیق آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای هالوترین با عصاره خارشتر، مقادیر LC_{25} آفت‌کش‌ها با عصاره ترکیب و تاثیر ترکیب حاصل مشابه با روش شرح داده شده در قسمت‌های قبلی روی مراحل تخم و سنین مختلف لاروی سفیده بزرگ کلم مورد بررسی قرار گرفت. در شاهد از آب مقطر استفاده شد. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد (Mansour *et al*., 2012).

بررسی اثر محرک تغذیه‌ای روغن بذر کلم

آزمایش مطابق با روش Pszczolkowski & Brown (2014) با اندکی تغییرات انجام شد. برای انجام این آزمایش، از لاروهای سن اول، دوم و سوم آفت استفاده شد. دیسک‌های برگی تهیه شده از برگ‌های جوان و تازه گیاه کلم (با وزن مشخص) به مدت ۱۵ ثانیه داخل غلظت‌های ۱ و ۵ درصد تهیه شده از روغن بذر کلم غوطه‌ور شدند. در تیمار شاهد فقط از آب مقطر استفاده شد. بعد از خشک شدن دیسک‌های برگی در دمای اتاق، آنها به پتری‌هایی با قطر ٦ سانتی‌متر انتقال داده شدند. در روی هر دیسک برگی تیمار شده یک عدد لارو قرار داده شد. به منظور ایجاد تهویه و تامین رطوبت، در روی درب تشتک‌های پتری، سوراخ‌هایی تعبیه شد، همچنین در کف آنها کاغذ صافی‌های مرطوب قرار داده شد. برای هر غلظت از روغن بذر کلم، تعداد ۲۰ لارو مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش مربوط به هر غلظت ۳ بار تکرار شد. میزان غذای خورده شده (با تفاضل وزن برگ قبل و بعد از تغذیه لارو) و میزان فضولات لاروها بعد از گذشت ٢٤ ساعت اندازه‌گیری شد.

بررسی افزایش فعالیت حشره‌کشی آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای‌هالوترین در ترکیب با محرک تغذیه‌ای حاصل از روغن بذر کلم

به منظور بررسی تاثیر ترکیب محرک تغذیه‌ای با آفت‌کش‌های شیمیایی به کاربرده شده، مطابق با روش Pszczolkowski & Brown (2014) غلظت‌های اصلی آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای هالوترین در برآورد مقدار LC_{50} آنها با غلظت‌های ۱ و ۵ درصد روغن ترکیب داده شدند. نحوه انجام آزمایش مطابق با روش‌های شرح داده شده در بخش تاثیر آفت‌کش‌ها روی مراحل لاروی آفت بود.

شناسایی ترکیبات شیمیایی عصاره خارشتر

شناسایی و تعیین کمیت اجزای تشکیل دهنده عصاره متانولی گیاه خارشتر در مرکز جهاد دانشگاهی شهرستان ارومیه استان آذربایجان غربی انجام گرفت. برای این منظور از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به

طیف سنج جرمی GC-Mass (Gomathi *et al*., 2015; Maazoun *et al*., 2019)، ساخت ایالات متحده آمریکا مدل Agilent 5975 با ستون مویینه HP-5MS (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) استفاده شد. برنامه حرارتی از ۸۰ تا ۱۸۰ درجه سلسیوس با تغییرات ۸ درجه سلسیوس بر دقیقه به کار برده شد. سرعت گاز هلیوم خالص ۱ میلی‌متر بر دقیقه و انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت بود. درجه حرارت ۲۵۰ درجه سلسیوس برای تولید منبع یون تنظیم شد. پس از تجزیه و مشخص شدن پیک‌ها، شناسایی ترکیبات به کمک کتابخانه رایانه دستگاه (NIST 2005;Wily 2007) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش‌های تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی و در ۳ تکرار انجام شدند. در صورت نیاز، آزمون نرمال بودن و تبدیل داده‌ها انجام داده شد. برای تعیین مقادیر LC_{50} آفت‌کش‌های کلرانترانیلی پرول، لامبداسای هالوترین و عصاره خارشتر از روش پروبیت در نرم افزار SPSS version 17.0 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال آماری یک درصد و با روش ONE-WAY ANOVA انجام شد. در محاسبه اثر سینرژیستی/آنتاگونیستی ترکیب آفت‌کش‌های شیمیایی با عصاره خارشتر مطابق روش Mansour *et al*. (2012) از غلظت‌های زیر کشنده (LC_{25}) هر کدام از ترکیبات استفاده شد. تلفیق این غلظت‌ها (LC_{25} آفت‌کش و LC_{25} عصاره) به دو صورت مرگ و میر مشاهده شده و مرگ و میر مورد انتظار با استفاده از فرمول زیر در محاسبه اثر سینرژیستی/ آنتاگونیستی مورد بررسی قرار گرفتند:

$$\text{Co} - \text{toxicity factor} = \frac{\text{Observed mortality (\%)} - \text{Expected mortality (\%)}}{\text{Expected mortality (\%)}} \times 100$$

طبق این روش، مقادیر ۲۰≥ نشان دهنده اثر سینرژیستی، مقادیر ۲۰- ≤ نشان دهنده اثر آنتاگونیستی و مقادیر مابین ۲۰> و ۲۰-< حالت افزاینده را نشان می‌دهد. از نرم افزار EXCEL 2013 برای رسم نمودارها استفاده گردید.

نتایج

اثرآفت‌کش‌های کلرانترانیلی پرول، لامبداسای هالوترین و عصاره گیاه خارشتر روی تخم و مراحل مختلف لاروی سفیده بزرگ کلم

با تجزیه پروبیت داده‌های به دست آمده از زیست‌سنجی حشره‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول، لامبداسای هالوترین و عصاره خارشتر روی سفیده بزرگ کلم، غلظت‌های کشنده ۵۰ درصد مراحل تخم، لارو سنین اول، دوم و سوم این حشره برآورد گردید. مطابق با نتایج حاصل، حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول با کمترین میزان LC_{50} نسبت به دو ترکیب دیگر، بیشترین اثر کشندگی را روی مراحل مختلف زیستی آفت داشته است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه پروبیت اثر حشره‌کش‌های کلرانترانیلی پرول، لامبداسای هالوترین و عصاره گیاه خارشتر روی مراحل مختلف زیستی سفیده بزرگ کلم *Pieris brassicae* در شرایط آزمایشگاهی

Table 1. Results of probit analysis of effect of chlorantraniliprole, lambda-cyhalothrin and plant extract of *Alhagi maurorum* on different life stages of *Pieris brassicae* in laboratory conditions

Insecticide	Growth stage	Number of insects	χ^2(df)	Slope±SE	LC_{50} (mg/L) (Lower-Upper) 95% CL	R^2	LC_{50}/Slope Ratio
Chlorantraniliprole	egg	300	1.60(3)	2.83±0.47	19.4 (16.9-21.9)	0.96	6.8
	L1	300	2.24(3)	2.93±0.43	3.9 (3.3-4.3)	0.96	1.3
	L2	300	2.79(3)	2.68±0.46	27.5 (23.9-31.6)	0.94	10.2
	L3	300	2.45(3)	2.47±0.37	28.8 (24.5-33.1)	0.95	11.6
Lambda-cyhalothrin	egg	300	1.20(3)	1.95±0.34	219.9 (183.7-265.3)	0.97	112.7
	L1	300	0.58(3)	3.90±0.61	93.7 (84.9-102.4)	0.99	24.0
	L2	300	0.97(3)	3.64±0.62	119.1 (108.3-123.4)	0.97	32.7
	L3	300	0.41(3)	2.47±0.39	154.8 (132.2-177.9)	0.99	62.6
Alhagi maurorum extract	L1	300	2.26(3)	2.73±0.34	464.1 (405.8-528.5)	0.93	170.0
	L2	300	0.08(3)	2.66±0.42	1088.5 (939.8-1239.0)	0.99	409.0
	L3	300	0.22(3)	2.40±0.38	1502.4 (1287.7-1738.3)	0.99	626.0

لارو سن اول سفیده بزرگ کلم با مقادیر LC_{50} برابر با ٤ میلی‌گرم بر لیتر، حساس‌ترین مرحله زیستی آفت به این آفت‌کش بود. لارو سن دوم و لارو سن سوم با مقادیر LC_{50} برابر ۲۷ و ۲۹ میلی‌گرم بر لیتر، حساسیت تقریبا یکسانی داشته‌اند. هم‌پوشانی محدوده‌های اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شده برای لاروهای سن دوم و سوم نیز نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین LC_{50}های به دست آمده برای آنها می‌باشد. در مورد حشره‌کش لامبداسای هالوترین، لارو سن اول با مقدار LC_{50} برابر با ۹۳/۷٤ میلی‌گرم بر لیتر و تخم با مقدار LC_{50} برابر ۲۱۹/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین مرحله زیستی آفت به این آفت‌کش بوده‌اند. به دلیل اینکه عصاره خارشتر (حتی در غلظت‌های بالاتر از ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، اثر کشندگی معناداری روی مرحله تخم آفت نداشت، مقدار LC_{50} آن برآورد نگردید. با افزایش سن لاروی، مقدار غلظت کشنده عصاره نیز افزایش پیدا کرد. نسبت LC_{50} به شیب خط برای مقایسه بهتر سمیت آفت‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول، لامیداسای هالوترین و عصاره خارشتر در جدول ۱ آورده شده است. به طور کلی، در مقایسه چند ترکیب سمی، هر چقدار مقدار عددی LC_{50} کمتر باشد؛ نشان دهنده سمیت بیشتر آن ترکیب شیمیایی می‌باشد. با این وجود، شیب خط دوز – اثر نیز ارزش بالایی در مقایسه پتانسیل سمیت حشره‌کش‌های شیمیایی دارد. در مقایسه مقادیر LC_{50}ها با اختلاف کم، هر چقدر شیب خط بیشتر بوده باشد، پتانسیل آفت‌کشی بیشتر است (Lei & Sun, 2018). مقدار عددی مربوط به نسبت LC_{50} به شیب خط هر چقدر کوچکتر باشد؛ پتانسیل حشره‌کشی آن ترکیب بیشتر است. مقایسه مقادیر این نسبت برای حشره‌کش کلرانترانیلی پرول در هر مرحله زیستی آفت با مقادیر آن برای لامبداسای‌هالوترین و عصاره خارشتر نیز نشان دهنده موثرتر بودن کلرانترانیلی پرول می‌باشد.

اثر ترکیب آفت‌کش‌های کلرانترانیلی پرول و لامبداسای هالوترین با عصاره خارشتر روی تخم و مراحل مختلف لاروی سفیده کلم

در این آزمایش، برای هر مرحله زیستی آفت، غلظت‌های زیر کشنده (مقادیر LC_{25}) هر کدام از حشره‌کش‌ها به طور جداگانه در تلفیق با غلظت زیر کشنده (LC_{25}) عصاره خارشتر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد ترکیب مقادیر زیرکشنده آفت‌کش لامبداسای هالوترین و عصاره خارشتر در هر مرحله زیستی آفت، اثر کشندگی را به میزان زیادی بالا برد، اما در مورد کلرانترانیلی پرول، اثر سینرژیستی مشاهده نشد و ترکیب مقادیر زیر کشنده این آفت‌کش با عصاره خارشتر نمایانگر اثر افزاینده بود (جدول ٢).

جدول ٢- تلفات مراحل مختلف زیستی سفیده کلم تحت تاثیر ترکیب سموم کلرانترانیلی پرول و لامبداسای هالوترین با عصاره گیاه خارشتر بعد از گذشت ٢٤ ساعت در شرایط آزمایشگاهی

Table 2. Mortality of different life stages of *Pieris brassicae* exposed to mixture of chlorantraniliprole and lambda-cyhalothrin with plant extract of *Alhagi maurorum* after 24 h in laboratory conditions

Insecticide	Concentration (mg/L)	Growth stage	Number of insects	Observed mortality ± SE (%)	Expected mortality ± SE (%)	Effect
Chlorantraniliprol + Plant extract	2.3 + 262.8	L1	60	55.00 ± 0.58	51.67 ± 0.11	Additive
	15.1 + 606.6	L2	60	56.67 ± 0.33	50.00 ± 0.10	Additive
	16.5 + 786.9	L3	60	53.33 ± 0.58	50.00 ± 0.33	Additive
Lambda-cyhalothrin + Plant extract	62.9 + 262.8	L1	60	93.33 ± 0.01	53.33 ± 0.57	Synergism
	77.7 + 606.7	L2	60	95.00 ± 0.33	48.22 ± 0.32	Synergism
	84.5 + 786.9	L3	60	73.33 ± 0.11	50.00 ± 0.56	Synergism

اثر محرک تغذیه حاصل از روغن بذر کلم

مطابق با نتایج به دست آمده از این آزمایش، غلظت‌های ١ و ٥ درصد تهیه شده از روغن بذر کلم، میانگین تغذیه و میانگین فضولات لاروهای سن اول، دوم و سوم را به طور معناداری تحت تاثیر قرار دادند (جدول ٣). مطابق با این واکنش تغذیه‌ای لاروهای سنین مختلف سفیده بزرگ کلم در برابر برگ‌های کلم (شاهد) و برگهای کلم آغشته به غلظت‌های ١ و ٥ درصد روغن، می‌توان نتیجه گرفت روغن بذر کلم، برای آفت خاصیت محرک تغذیه‌ای داشته است.

جدول٣- اثر روغن بذر کلم روی میانگین غذای خورده شده و میانگین فضولات مراحل مختلف لاروی سفیده بزرگ کلم بعد از گذشت ٢٤ ساعت

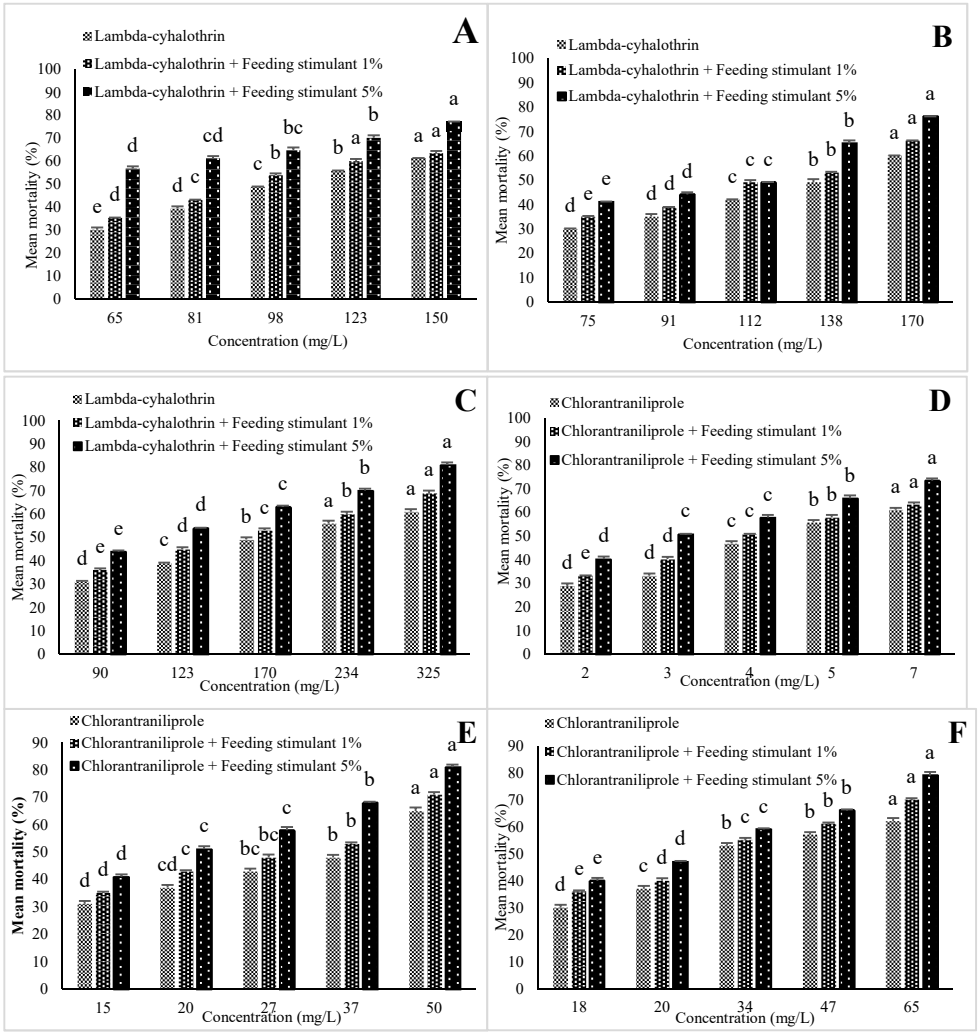
Table 3. Effect of cabbage seed oil on mean food consumed and mean faeces of different larval stages of *Pieris brassicae* after 24 h

Experimental variant	Larval instar	N	Mean food consumed ± SE (mg/larvae)	Mean faecal ± SE (mg/larvae)
Cabbage	L1	60	$59.24^{c} \pm 0.01$	$24.35^{c} \pm 0.07$
Cabbage + Feeding stimulant (1%)	L1	60	$79.25^{b} \pm 0.66$	$40.95^{b} \pm 0.32$
Cabbage + Feeding stimulant (5%)	L1	60	$93.23^{a} \pm 0.01$	$57.24^{a} \pm 0.10$
Cabbage	L2	60	$231.59^{c} \pm 0.85$	$152.52^{c} \pm 0.27$
Cabbage + Feeding stimulant (1%)	L2	60	$240.13^{b} \pm 0.29$	$160.85^{b} \pm 0.09$
Cabbage + Feeding stimulant (5%)	L2	60	$253.77^{a} \pm 0.30$	$170.91^{a} \pm 0.46$
Cabbage	L3	60	$956.79^{c} \pm 0.61$	$401.67^{c} \pm 0.18$
Cabbage + Feeding stimulant (1%)	L3	60	$964.79^{b} \pm 1.19$	$409.11^{b} \pm 0.61$
Cabbage + Feeding stimulant (5%)	L3	60	$987.38^{a} \pm 0.81$	$424.98^{a} \pm 0.52$

Means with different letters in each column are significantly different at 1% level (Tuckey's test

افزایش حشره‌کشی آفت‌کش‌های کلرانترانیلی پرول، لامبداسای هالوترین و عصاره گیاه خارشتر در ترکیب با محرک تغذیه‌ای حاصل از روغن بذر کلم

طبق نتایج حاصل از این آزمایش، بعد از گذشت ٢٤ ساعت، مقادیر LC_{50} حشره‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و لامبداسای‌هالوترین در برابر لاروهای سن اول، دوم و سوم آفت در اثر غلظت‌های ۱ درصد و ۵ درصد محرک تغذیه کاهش پیدا کرد. تغییرات مربوط به میانگین درصد کشندگی هر یک از غلظت‌های آفت‌کش‌ها در اثر غلظت‌های محرک تغذیه در شکل ۱ نشان داده شده است. در اثر این تغییرات، مقادیر LC_{50} آفت‌کش کلرانترانیلی‌پرول برای لارو سن اول، دوم و سوم سفیده کلم در اثر غلظت‌های ۱ و ۵ درصد محرک تغذیه به ترتیب (از ٤ به ۳ و ۲)، (از۲۷ به ۲۳ و ۱۹) و (از ۲۹ به ٢٤ و ۲۰) میلی‌گرم بر لیترکاهش پیدا کرد. در مورد حشره‌کش لامبداسای‌هالوترین نیز مقادیر LC_{50} آن برای لاروهای سن اول، دوم و سوم آفت به ترتیب (از ۹٤ به ۸۳ و ٤٤)، (از۱۱۹ به ۱۰٤ و ۸۹) و (از ۱۵۵ به ۱۳۰ و ۱۱۱) میلی‌گرم بر لیتر کاهش پیدا کرد.



شکل ۱- واکنش مراحل مختلف لاروی سفیده بزرگ کلم بعد از گذشت ٢٤ ساعت آزمایش با: حشره‌کش لامبداسای هالوترین به تنهایی و همراه با محرک تغذیه‌ای (A: واکنش لارو سن اول؛ B: واکنش لارو سن دوم؛ C: واکنش لارو سن سوم) و حشره‌کش کلرانترانیلی پرول به تنهایی و همراه با محرک تغذیه‌ای (D: واکنش لارو سن اول؛ E: واکنش لارو سن دوم؛ F: واکنش لارو سن سوم). حروف غیر مشابه در بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱ درصد می‌باشد (آزمون توکی)

Fig. 1. Responses of different larvae of *Pieris brassicae* in 24 h bioassays to lambda-cyhalothrin alone and lambda-cyhalothrin plus feeding stimulant (A: responses of first instar larvae, B: responses of second instar larvae, C: responses of third instar larvae) and chlorantraniliprole alone and chlorantraniliprole plus feeding stimulant (D: responses of first instar larvae, E: responses of second instar larvae, F: responses of third instar larvae). None similar letters on the top of same columns indicate a significant difference at 1% level (Tuckey's test)

ترکیبات شیمیایی عصاره خارشتر

جدول ٤ آنالیز ترکیبات عصاره متانولی گیاه خارشتر را نشان می‌دهد. در عصاره این گیاه، ٢٤ ترکیب شناسایی شد که ٩٠/٠٤ درصد کل ترکیبات عصاره را تشکیل دادند. ترکیبات 1- ،Silane, ethyltrimethyl-

Acetic acid pentyl و Bis(2-ethylhexyl) phthalate ،mome inositol ،Methoxy-3-(2-hydroxyethyl)nonane ester به ترتیب با ۲۲/۰، ۱۲/٤، ۱۱/۲، ۷/۸ و ٦/۲ درصد، بیشترین حجم عصاره را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ٤- ترکیبات شیمیایی عصاره خارشتر *Alhagi maurorum*

Table 4. Chemical composition of *Alhagi maurorum* plant extract

No.	Compound	Retention time (minute)	Composition (%)	Chemical structure
1	Acetic acid, pentyl ester	4.453	6.20	$C_7H_{14}O_2$
2	Methanamine, N-methoxy-	6.330	1.60	C_2H_7NO
3	2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-	6.496	0.38	$C_{10}H_{16}O$
4	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	9.814	0.95	$C_6H_8O_4$
5	Coumarin	11.594	0.22	$C_9H_6O_2$
6	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	11.892	3.60	$C_6H_6O_3$
7	2,5-Diethylphenol	13.328	0.16	$C_{10}H_{14}O$
8	4-vinyl-2-methoxy-phenol	13.648	0.36	$C_9H_{10}O_2$
9	1-(2,3,6-trimethylphenyl)buta-1,3-diene	15.691	0.10	$C_{13}H_{16}$
10	4-(2,6,6-Trimethylcyclohexa-1,3-dienyl) but-3-en-2-one	17.224	0.14	$C_{13}H_{18}O$
11	1,4-Dihydronaphthalene	19.685	0.19	$C_{10}H_{10}$
12	Silane, ethyltrimethyl-	21.018	22.06	$C_5H_{14}Si$
13	2-Propanamine, N-ethyl-	21.842	1.56	$C_5H_{13}N$
14	1-Methoxy-3-(2-hydroxyethyl) nonane	24.285	12.42	$C_{12}H_{26}O_2$
15	Dodeca-1,6-dien-12-ol, 6,10-dimethyl-	24.749	2.26	$C_{14}H_{26}O$
16	1-Hexadecyne	25.063	3.91	$C_{16}H_{30}$
17	mome inositol	26.254	11.02	$C_7H_{14}O_6$
18	Dodecanoic acid	26.334	4.47	$C_{12}H_{24}O_2$
19	Phytol	28.308	2.89	$C_{20}H_{40}O$
20	9,12-Octadecadienoic acid (Z, Z)-	28.542	0.22	$C_{18}H_{32}O_2$
21	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z, Z, Z)-	28.651	1.68	$C_{19}H_{32}O_2$
22	Octadecanoic acid	28.846	1.70	$C_{18}H_{36}O_2$
23	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	32.748	7.86	$C_{24}H_{38}O_4$
24	3,5-Dimethylbenzaldehyde thiocarbamoylhydrazone	50.818	4.09	$C_{10}H_{13}N_3S$
Total	-	-	90.04	-

بحث

طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق، کلرانترانیلی‌پرول، لامبداسای هالوترین و عصاره خارشتر، نتایج کنترلی خوبی روی مراحل مختلف زیستی سفیده بزرگ کلم داشتند. خصوصاً حساسیت مراحل تخم و لارو سن اول آفت به حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول قابل توجه بود. حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول به عنوان یک آفت‌کش دی- آمیدی، بیشترین فعالیت حشره‌کشی را روی آفات بالپولکدار داشته است (Lahm *et al*., 2005). در بررسی فعالیت حشره‌کشی کلرانترانیلی‌پرول روی گونه‌های مختلف آفات، نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که این آفت‌کش به طریق گوارشی- تماسی عمل می‌کند. خاصیت تخم- لاروکشی کلرانترانیلی‌پرول نیز به این خصوصیت آن نسبت داده شده است (Bassi *et al*., 2007). نتایج حاصل از آزمایش Su *et al*. (2017) در بررسی حساسیت لاروهای سنین مختلف سفیده کوچک کلم *P. rapae* به حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول نشان داد که لاروهای سنین پایین‌تر این آفت، حساسیت بیشتری به حشره‌کش دارند و بیشترین میزان مرگ و میر آنها ٢٤ ساعت بعد از تیمار مزرعه‌ای آفت‌کش بوده است. طبق توصیه این محققین، بهترین زمان استفاده از آفت‌کش کلرانترانیلی‌پرول زمانی خواهد بود که اغلب جمعیت آفت سفیده کوچک کلم در مرحله سنین لاروی ۱ و ۲ باشند. در تحقیق دیگری Ioriatti *et al*. (2008) نشان دادند آفت‌کش کلرانترانیلی‌پرول نتایج کنترلی خوبی را روی مراحل تخم و لاروی کرم خوشه خوار انگور *Lobesia botrana* Den. & Schiff. در شرایط آزمایشگاه و مزرعه دارد. همچنین، نتایج

آزمایش Moustafa *et al*. (2021) نشان داد سن اول لاروی آفت کرم برگخوار مصری پنبه *Spodoptera littoralis* Boisd. بیشترین حساسیت را به آفت‌کش کلرانترانیلی‌پرول دارد.

حشره‌کش‌های پایرتروئیدی، گروهی از آفت‌کش‌هایی هستند که در سال‌های اخیر به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند و در حال حاضر از عمده‌ترین حشره‌کش‌های مورد استفاده علیه آفات بالپولکدار و سایر آفات دیگر می‌باشند (Pietrantonio *et al*., 2007). نتایج تحقیق Vukovic *et al*. (2014) در بررسی تاثیر حشره‌کش لامبداسای هالوترین روی سفیده کوچک کلم *P. rapae* و بید کلم *Plutella xylostella* L. نشان داد که بعد از گذشت ٤ روز، درصد کنترل آن روی آفات مذکور به ترتیب برابر با ٩٦/٤ و ١٠٠ درصد بود. در تحقیقی Thakur & Parmar (2000) هشت آفت‌کش مختلف پایرتروئیدی را در مزرعه روی سفیده بزرگ کلم مورد ارزیابی قرار دادند. مطابق با نتایج آنها، حشره‌کش لامبداسای هالوترین، موثرترین حشره‌کش پایرتروئیدی علیه آفت بود. با توجه به اثرات سوء حشره‌کش‌های پایرتروئید روی بسیاری از گونه‌های حشرات مفید (پارازیتوئیدها)، توصیه شده است که در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات کلم استفاده از این ترکیبات به همراه سایر روش‌های غیر شیمیایی (مبارزه بیولوژیک، استفاده از سینرژیست‌ها و ...) باشد (Aydogdu *et al*., 2017).

عصاره‌های گیاهی به دلیل کارایی علیه آفات و ایمن بودن برای محیط زیست، می‌توانند جایگزین خوبی برای حشره‌کش‌های شیمیایی باشند (Tavares *et al*., 2014). گیاهان خانواده بقولات جزو ١٥ خانواده مهم گیاهی هستند که حداقل یک جنس یا یک گونه از آنها فعالیت حشره‌کشی دارد (Amoabeng *et al*., 2019). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که گونه‌های مختلف جنس *Alhagi* حاوی موادی مانند فلاونوییدها، اسیدهای چرب، کومارین‌ها، استرول‌ها، ویتامین‌ها و آلکالوئیدها هستند. ترکیبات حاصل از گیاه خارشتر *A. maurorum* به واسطه داشتن مواد مذکور، فعالیت‌های مختلف دارویی، ضد زخم، ضد التهاب، آنتی اکسیدانی و فیتوشیمیایی را از خود نشان داده است (Samejo *et al*., 2012). اسانس و عصاره گیاه خارشتر تاکنون در ترکیب با حشره‌کش‌ها آزمایش نشده است. در تحقیق حاضر عصاره آن سبب افزایش اثربخشی آفت‌کش‌های کلرانترانیلی پرول (اثر افزاینده) و لامبداسای هالوترین (اثر سینرژیستی) شد. در تحقیقی Shakhsi Zare *et al*. (2016) خاصیت دورکنندگی عصاره اتانولی گیاه خارشتر را روی شپشه آرد *Tribolium castaneum* Herbst. بررسی کردند. مطابق با نتایج این محققین، عصاره خارشتر پتانسیل زیادی در دورکنندگی آفت از خود نشان داد. نتایج بررسی Mostafa *et al*. (2019) نشان داد عصاره متانولی گیاه خارشتر خاصیت کنه‌کشی روی کنه قرمز مرکبات *Panonychus citri* McG. دارد و حاوی ترکیباتی همچون تانن‌ها، اسیدهای چرب و ترپن‌ها می‌باشد. همچنین در یک بررسی، عصاره پترولیوم اتری بذر گیاه *Abrus precatorius* L. از تیره بقولات برای آفت سفیده بزرگ کلم خاصیت ضد تغذیه‌ای نشان داد (Johri *et al*., 2004).

تحقیقات مختلف دیگری نیز وجود دارند که نحوه اثر فیزیولوژیک عصاره‌های مختلف گیاهی را در ترکیب با حشره‌کش‌های شیمیایی مورد بررسی قرار داده‌اند. در تحقیقی Khosravi *et al*. (2011) عصاره متانولی برگ گیاه *Artemisia annua* L. را روی برخی خصوصیات بیولوژیکی و فیزیولوژیکی کرم برگخوار توت *Glyphodes pyloalis* Walk. آزمایش کردند. میزان باروری ماده‌ها، طول عمر حشرات کامل و درصد تفریخ تخم‌ها در اثر غلظت LC_{50} عصاره، کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان داد. همچنین فعالیت آنزیم‌های گوارشی آلفا آمیلاز و پروتئاز در حشرات تیمار شده با عصاره در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. فعالیت آنزیم‌های سم زدا از جمله استراز و گلوتاتیون اس-ترانسفراز نیز افزایش معناداری در مقایسه با شاهد داشت. نتایج تحقیق Zibaee & Bandani (2010) نیز نشان داد عصاره گیاه *A. annua* سبب کاهش آنزیم‌های گوارشی آلفا

آمیلاز، آلفا و بتا گلوکوزیداز، پروتئاز و لیپاز در سن گندم .*Eurygaster integriceps* Put می‌شود. در تحقیق دیگری، کاهش فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز و سیستئین پروتئاز در نتیجه اثر عصاره برگ .*Agave Americana* L روی شپشه برنج .*Sitophilus oryzae* L مشاهده شد (Maazoun *et al*., 2019).

مطابق با نتایج تحقیق حاضر، افزودن روغن بذر کلم به عنوان محرک تغذیه باعث افزایش اثر حشره‌کشی و کاهش غلظت کشنده ۵۰ درصد آفت‌کش‌های کلرانترانیلی پرول و لامبداسای هالوترین روی سنین مختلف لاروی آفت شد. اگرچه مطالعات اندکی در ارتباط با ترکیبات محرک تغذیه‌ای آفت سفیده کلم روی ارقام مختلف خانواده چلیپاییان وجود دارد، در یک مطالعه David & Gardiner (1966) اجزای روغن خردل را به طور جداگانه به عنوان محرک تغذیه آفت سفیده بزرگ کلم مورد بررسی قرار دادند. آنها تعداد گلوله‌های فضولات لاروی را بعد از تیمار لارو با ترکیبات مختلف شمارش کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد گلوکوزیدهای روغن خردل مانند سینیگرین، پروگویترین، گلوکوتروپئولین، گلوکوکاپرین، گلوکوارجین و گروکوسینالبین، نقش مهمی به عنوان محرک تغذیه‌ای در افزایش تعداد گلوله‌های فضولات لاروی دارند. برخی از تحقیقات انجام گرفته روی گیاهان دیگر خانواده چلیپاییان، مانند کلزا نشان داده‌اند گلوکوزینات‌ها عامل اصلی طعم تند و بوی زننده اندام‌های این گیاهان هستند. در ارقام جدید کلزا میزان این ماده کاهش یافته است (Gunstone, 2004). مطالعات بیشتر در مورد ترکیبات تشکیل دهنده روغن گیاهان خانواده چلیپاییان و نقش هر یک از آنها در واکنش تغذیه‌ای آفات مهم این خانواده از جمله سفیده بزرگ کلم می‌تواند دانش بیشتر و درک بهتری از این قضیه به ما بدهد. ترکیبی از آرد بذر پنبه، ساکارز و روغن دانه پنبه به عنوان محرک تغذیه در کنترل لاروهای کرم قوزه پنبه .*Heliothis virescens* Fab مورد بررسی قرار گرفت. بعدها این ترکیب تحت نام تجاری Coax تولید شد. این ترکیب همچنین توانست تغذیه لاروهای برگخوار مصری پنبه *S. littoralis* را افزایش دهد و به عنوان یک محرک تغذیه در ترکیب با حشره‌کش دلتامترین مقدار LC_{50} آن را به میزان قابل توجهی کاهش دهد (Meisner *et al*., 1984). مطابق نتایج Navon *et al*. (1987) مخلوطی از پروتئین‌های روغن دانه پنبه، لسیتین سویا، ساکارز و مخمر نقش مهمی به عنوان محرک تغذیه در برابر لاروهای برگخوار مصری پنبه داشتند. در تحقیقی Bernklau *et al*. (2011) گروهی از اسیدهای چرب و قندهای مصنوعی سنتز شده را به عنوان محرک تغذیه در ترکیب با آفت‌کش‌های تفلوترین و تیامتوکسام اثر دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد محرک‌های تغذیه به کار برده شده اثر حشره‌کشی آنها را به میزان قابل توجهی افزایش دادند.

نتیجه‌گیری

مطابق با نتایج به دست آمده از تحقیق می‌توان در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت سفیده بزرگ کلم، از حشره‌کش‌های موثری چون کلرانترانیلی‌پرول که قادر به کنترل مراحل تخم و لاروی آفت می‌باشد، استفاده کرد. علاوه بر این، ترکیب حشره‌کش‌ها با عصاره‌های گیاهی و همچنین محرک‌های تغذیه‌ای، گذشته از افزایش اثر-بخشی آفت‌کش‌ها، می‌تواند راهکار مقرون به صرفه‌تر و همچنین موثرتری در مدیریت تلفیقی آفت سفیده بزرگ کلم باشد. می‌توان با انجام آزمایش‌های تکمیلی (بیوشیمیایی و مولکولی)، به کاربرد بیشتر عصاره‌های گیاهی و حتی جایگزین کردن آنها با آفت‌کش‌ها بیشتر امیدوار بود. روغن خانواده چلیپاییان نقش مهمی در واکنش تغذیه-ای آفات این خانواده به عنوان محرک تغذیه می‌تواند داشته باشد. با جداسازی هر یک از ترکیبات تشکیل دهنده روغن، آزمایش جداگانه هر یک از ترکیبات روی واکنش تغذیه‌ای آفت و تجاری سازی موثرترین آنها، می‌توان در راستای کاهش مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی و کنترل موثرتر آفت گام مهمی برداشت. این فرضیه نیاز به تحقیقات بیشتری در آینده دارد.

References

Amoabeng, B. W., Johnson, A. C. & Gurr, G. M. (2019) Natural enemy enhancement and botanical insecticide source: A review of dual use companion plants. *Applied Entomology and Zoology* 54(1), 1-19.

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), 1-7.

Atta, A. H., Nasr, S. M., Mouneir, S. M., Al Wabel, N. A. & Essawy, S. S. (2010) Evaluation of the diuretic effect of *Conyza dioscorides* and *Alhagi maurorum*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 2, 162-165.

Aydogdu, M., Gokalp, F. D. & Güner, U. (2017) Toxic effects of pyrethroids lambda-cyhalothrin and alpha-cypermethrin on pest *Archips rosana* (Lepidoptera: Tortricidae) and its common parasitoid. *Fresenius Environmental Bulletin* 26(3), 2436-2445.

Barney, J. N., Hay, A. G. & Weston, L. A. (2005) Isolation and characterization of allelopathic volatiles from mugwort (*Artemisia vulgaris*). *Journal of Chemical Ecology* 31, 247–256.

Bassi, A., Alber, R., Wiles, J. A., Rison, J. L., Frost, N. M., Marmor, F.W. & Marcon, P. C. (2007) Chlorantraniliprole: A novel anthranilic diamide insecticide. *In Proceedings of XVI International Plant Protection Congress* 1, 52-59.

Bernklau, E. J., Bjostad, L. B. & Hibbard, B. E. (2011) Synthetic feeding stimulants enhance insecticide activity against western corn rootworm larvae, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Applied Entomology* 135(1-2), 47-54.

Cao, G. C., Lu, Q., Zhang, L., Guo, F., Liang, G., Wu, K., Wyckhuys, K. A.G. & Guo, Y. (2010) Toxicity of chlorantraniliprole to Cry1Ac-susceptible and resistant strains of *Helicoverpa armigera*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 98(1), 99-103.

David, W. A. L. & Gardiner, B. O. C. (1966) Mustard oil glucosides as feeding stimulants for *Pieris brassicae* larvae in a semi-synthetic diet. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 9(2), 247-255.

Gomathi, D., Kalaiselvi, M., Ravikumar, G., Devaki, K. & Uma, C. (2015) GC-MS analysis of bioactive compounds from the whole plant ethanolic extract of Evolvulus alsinoides (L.) L. *Journal of food science and technology* 52(2), 1212-1217.

Grišakova, M., Metspalu, L., Jogar, K., Hiiesaar, K., Kuusik, A. & Poldma, P. (2006) Effects of biopesticide Neem EC on the large white butterfly, *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera, Pieridae). *Agronomy Research* 4(Special Issue), 181-186.

Guleria, S. & Tiku, A. K. (2009) Botanicals in pest management: current status and future perspectives. pp. 317-329 in Peshin, R & Dhawan, A. K. (Eds) *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process*. 704 pp. Springer Dordrecht

Gunstone, F. D. (2004) *Rapeseed and canola oil; Production, processing, properties and uses*. 240 pp. CRC Press

Gupta, G., Sharma, S. & Kumar, N. R. (2020) Carica papaya Aqueous leaf extract as potential botanical insecticide against rose aphids (*Macrosiphum rosaeformis D.*). *Journal of Entomology and Zoology Studies 8*(3), 960-964.

Hamed, A., Perrone, A., Mahalel, U., Oleszek, W., Stochmal, A. & Piacente, S. (2012) Oleanane glycosides from the roots of *Alhagi maurorum*. *Phytochemistry Letters 5*(4), 782-787.

Hasan, F. & Ansari, M. S. (2011) Toxic effects of neem-based insecticides on *Pieris brassicae* (Linn.). *Crop Protection* 30, 502-507.

Ioriatti, C., Anfora, G., Angeli, G., Mazzoni, V. & Trona, F. (2009) Effects of chlorantraniliprole on eggs and larvae of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae). *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science* 65(6), 717-722.

Jeyasankar, A., Raja, N. & Ignacimuthu, S. (2011) Insecticidal compound isolated from *syzygium lineare* wall.(Myrtaceae) against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Saudi Journal of Biological Sciences* 18(4), 329-332.

Johri, P. K., Deepa, S., Ranjeeta, M., Divya, T., Abha, B. & Reeta, J. (2004) Ovicidal action and feeding response of certain plant extracts against *Bagrada cruciferarum (Kirk)*, *Pieris brassicae (Linn.)* and *Mylabris pustulata (Thunb)*. *Journal of Applied Zoological Researches* 15, 37-42.

Kanwal, A., Ahmad, M., Khurshid, I., Khan, M. P., Khan, S., Ullah, I., Khan, F., Shahid, M., Bashir, S. & Rukh, M. (2020) Comparison of Efficacy of Synthetic Pesticides with Botanical Extracts under Field Condition on Cabbage White Butterfly (Pieris brassicae). *Advances in Entomology* 9(1), 44-48.

Kaur, J. & Kumar, S. (2018) Evaluation of Brassicaceous wild relatives for resistance to the large white butterfly, *Pieris brassicae* L. *Journal of Agricultural Science and Technology* 20(4), 759-774.

Khosravi, R., Sendi, J. J., Ghadamyari, M. & Yezdani, E. (2011) Effect of sweet wormwood *Artemisia annua* crude leaf extracts on some biological and physiological characteristics of the lesser mulberry pyralid, *Glyphodes pyloalis*. *Journal of Insect Science* 11(1), 156.

Koul, O. (2008) Phytochemicals and insect control: an antifeedant approach. *Critical Reviews in Plant Science* 27, 1 -24.

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), 1-9.

Lahm, G. P., Selby, T. P., Freudenberger, J. H., Stevenson, T. M., Myers, B. J., Seburyamo, G., Smith, B. K., Flexner, L., Clark, C. E. & Cordova, D. (2005) Insecticidal anthranilic diamides: A new class of potent ryanodine receptor activators. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 15(22), 4898-4906.

Lei, C. & Sun, X. (2018) Comparing lethal dose ratios using probit regression with arbitrary slopes. *BMC Pharmacology and Toxicology* 19, 1-10.

Maazoun, A. M., Hamdi, S. H., Belhadj, F., Jemâa, J. M. B., Messaoud, C. & Marzouki, M. N. (2019) Phytochemical profile and insecticidal activity of *Agave americana* leaf extract towards *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Science and Pollution Research* 26(19), 19468-19480.

Mansour, S. A., Bakr, R. F., Hamouda, L. S. & Mohamed, R. I. (2012) Adulticidal activity of some botanical extracts, commercial insecticides and their binary mixtures against the housefly, *Musca domestica* L. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology* 5(1), 151-167.

Matter, M. M., Gesraha, M. A., Ahmed, A. A. I. & Farag, N.A. (2002) Impact of neem and chinaberry fruit extracts on the pest/parasitoid (*Pieris rapae*/*Hyposoter ebeninus*) interactions. *Anzeiger für Schädlingskunde, Journal of pest science* 75(1), 13-18.

Maynard, D. N. & Hochmuth, G. J. (2006) *Knott's handbook for vegetable growers*. 5th ed. 621pp. John Wiley and Sons. Inc. Canada.

Meisner, J., Ascher, K. R. S. & Eizick, C. (1984) Effect of the commercial phagostimulants coax and gustol on the toxicity of cypermethrin and deltamethrin against *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 77(5), 1123-1126.

Metspalu, L., Hiiesaar, K., Jõgar, K., Švilponis, E., Ploomi, A., Kivimägi, I., Luik, A. & Mens'hikova, N. (2009) Oviposition preference of *Pieris brassicae* (L) on different *Brassica oleracea* var. capitata L. cultivars. *Agronomy Research 7*(1): 406-411.

Mohammadipour, A., Gharali, B. & Bagheri Matin, Sh. (2015) Effectiveness of insecticides deltamethrin, Fenitrothion and lambda cyhalothrin against sunn pest *Eurygaster integriceps Puton*. *Plant Pest Research* 5(1), 13-25. (In Persian with English summary).

Moradeshaghi, M. J. & Pourmirza, A. A. (1974) Survay on the resistance of different stages of mediterranean flour moth (*Plodia interpunctella*) to *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Entomological Society of Iran* 2(1), 25-34. (In Persian with English summary).

Moralle-Rejesus, M. B., Maini, H. A., Hsawa, k. & Yamamoto, J. (1984) Insecticions of several plant to *Callosbruchus chinenis Bruchids* and *legumes*. Economics, *Ecology and Coevolution* 91-100.

Mostafa, R. M., Essawy, H. S. & Baz, M. M. (2019) Potency of *Alhagi maurorum* plant extracts as phytoacaricidal against *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, H. Botany* 10(2), 41-53.

Moustafa, M. A., Fouad, E. A., Abdel-Mobdy, Y., Hamow, K. Á., Mikó, Z., Molnár, B. P. & Fónagy, A. (2021) Toxicity and sublethal effects of chlorantraniliprole and indoxacarb on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Applied Entomology and Zoology* 56(1), 115-124.

Muhammad, G., Hussain, M. A., Anwar, F., Ashraf, M. & Gilani, A. H. (2015). Alhagi: a plant genus rich in bioactives for pharmaceuticals. *Phytotherapy research* 29(1), 1-13.

Navon, A., Meisner, J. & Ascher, K. R. S. (1987) Feeding stimulant mixtures for *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 80(5), 990-993.

Nouri Ganbalani, Gh., Teimouri Bilehsavar, A., Rfiee Dastgerdi, H., Mardani Talaee, M. & Mansouri, S. M. (2020) The effects of plant extracts from eucalyptus, lemon balm, soapwort and Persian hogweed against Phthorimaea operculella (Zeller) under laboratory conditions. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology* 1(33), 189-201. (In Persian with English summary).

Ojetayo, A. E., Olaniyi, J. O., Akanbi, W. B. & Olabiyi, T. I. (2011) Effect of fertilizer types on nutritional quality of two cabbage varieties before and after Storage. *Journal of Applied Biosciences* 48(5), 3322-3330.

Pereira, N. C. (2013) Evaluation of the toxic effect of insecticide chlorantraniliprole on the silkworm (Lepidoptera: Bombycidae). *Open Journal of Animal Sciences* 3, 343–353.

Perrin, R. M., Wege, P., Foster, D., Bartley, M., Browde, J., Rehmke, A. & Scher, H. (1998) Fast release capsules: A new formulation of lambda-cyhalothrin. In: Proceedings of British Crop Protection Conference Pests and Diseases, 16-19 Nov, Brighton, England, 43-48.

Pietrantonio, P. V., Junek, T. A., Parker, R., Mott, D., Siders, K., Troxclair, N., VargasCamplis, J., Westbrook, J. K. & Vassiliou, V.A. (2007) Detection and evolution of resistance to the pyrethroid cypermethrin in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera, Noctuidae) populations in texas. *Environmental Entomology* 36(5), 1174-1188.

Potter, M. F. & Watson, T. F. (1983) Garbanzo bean as a potential feeding stimulant for use with a nuclear polyhedrosis virus of tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 76, 449-451.

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.

Raqib, A. (2004) Population dynamic of cabbage butterfly and cabbage aphid on five cultivars of cauliflower at Peshawar. *Asian Journal of Plant Science* 3(3), 391.393.

Robertson, J. L. & Preisler, H. K. (1992) *Pesticide bioassay with arthropods*. 2th ed. 224 pp. CRC Press. Boca Raton, Florida.

Samejo, M., Memon, S., Bhanger, M. & Khan, K. (2012) Chemical composition of essential oils from *Alhagi maurorum. Chemistry of Natural Compounds* 48 (5): 898-900.

Sarfaraz, M. & Keddie, B. A. (2005) Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Applied Entomology* 129 (3), 149-157.

Shakhsi Zare, F., Loni, S., Moradi, F. & Azizpour, F. (2016) Repellency of camelthorn (*Alhagi camelorum F.*) and nettle (*Urtica dioica L.*) extracts against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomological Research* 7(4), 317-325. (In Persian with English summary).

Soleymanzade, A., Valizadegan, O. & Askari Saryazdi, G. (2019) 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.

Su, Q., Tong, H., Cheng, J., Zhang, G., Shi, C., Li, C. & Wang, W. (2017) Toxicity and efficacy of chlorantraniliprole on *Pieris rapae* (Linnaeus) (Lepidoptera: Pieridae) on cabbage. *Journal of Agricultural Science* 9, 180.

Tavares, W. D. S., Faroni, L. R. D. A., Ribeiro, R. C., Fouad, H. A., Freitas, S. D. S. & Zanuncio, J. C. (2014) Effects of astilbin from *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) flowers and Brazilian plant extracts on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist* 97(3), 892-901.

Thakur, S. S. & Parmar, S. (2000) Field evaluation of insecticides against *Pieris brassicae* Linn. infesting cabbage seed crop. *Insect Environment* 6, 139-140.

Vedaei, Sh. & Aarabi, A. (2021) An investigation on the effect of cold press and soxhlet methods of extracting Iranian black seed oil on physicochemical and antioxidant properties. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation* 13(1), 89-101. (In Persian with English summary).

Vuković, S., Indic, D., Gvozdenac, S. & Červenski, J. (2014) Efficacy of insecticides in the control of cabbage pests. *Research Journal of Agricultural Science* 46(2), 421-425.

Webb, S. & Shelton, A. (1988) Laboratory rearing of the imported cabbageworm. *New Yorks Food and Life Sciences Bulletin* 12, 1-6.

Zibaee, A. & Bandani, A. R. (2010) Effects of *Artemisia annua* L.(Asteracea) on the digestive enzymatic profiles and the cellular immune reactions of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutellaridae), against *Beauveria bassiana*. *Bulletin of entomological research* 100(2), 185-196.

Zinat Bakhsh, L., Piravi Vanak, Z., Mohajer, A. R., Shokri, T. & Hassani Bafrani, A. R. (2017) The effects of cold pressed colza oil on the hematological, biochemical and liver enzymes factors of rat. *Food Technology & Nutrition* 14(2), 107-114. (In Persian with English summary).