

Impact of Some Pesticides on *Diaeretiella rapae* and *Diadegma semiclausum* in Cabbage Production

M.A. Samih ^{1*}

1- Department of Plant Protection, College of Agriculture, Vali-E-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

(*- Corresponding author's Email: samih@vru.ac.ir)

Received: 05-05-2024

Revised: 05-05-2025

Accepted: 19-05-2025

Available Online: 10-11-2025

How to cite this article:

Samih, M.A. (2025). Impact of some pesticide on *Diaeretiella rapae* and *Diadegma semiclausum* in cabbage production. *Iranian Plant Protection Research*, 39(3), 229-248. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.87745.1184>

Introduction

The cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) is a pest of cruciferous plants, especially cabbage, occurring in various parts of the world. The aphids feed on many varieties of produce, including cabbage, broccoli (especially), Brussels sprouts, cauliflower, and many other members of the genus *Brassica*, but do not feed on plants outside of the Brassicaceae family. One of the control measures, which can be used for the cabbage aphid, is biological control. The aphid is attacked by the parasitoid *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiidae) which tends to specialize on crucifer-feeding. The Braconid wasp, *D. rapae* is a cosmopolitan parasitoid of many species of aphids, especially the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. *Diadegma semiclausum* (Hellen) (Hymenoptera: Ichneumonidae) is one of the most important parasitoids of the diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). This Ichneumonid is a potentially useful biological control agent in integrated management programs of DBM. It lays its eggs into the developing larvae of the DBM. This ichneumonid can be released in any brassica plantings where no harmful chemicals have been used.

Materials and Methods

Seeds of Chinese cabbage (*Brassica rapa*) were cultivated directly in a planting tray. After about 6 weeks, young cabbages were transferred individually from the tray to the 10×10×15 cm pots. For ease of transfer of pots and better irrigation, each of the six pots was placed in a tray of the size indicated. All rearing was carried out at 23 ± 2°C and a photoperiod of 14 h L:10 h D. For the rearing of cabbage aphids, a distinct insectary space was considered under above condition. Cabbage aphid was reared on Chinese cabbage (*Brassica rapa*). The DBM reared in a controlled experimental space in a cage of 60cm×60cm×66cm. A pot containing young plants from 4 to 6 weeks old was used to prepare the primary colony of the pest. The pots were placed within the cage containing adults of DBM in the South Australian Research and Development Institute (SARDI). Therefore, under normal conditions, there are always four pots containing adults that are laying on and a future rearing process proceeds, and in another cage there were larvae of old ages and to obtain adults. Given there. In this study, for the same age population of insect tested after 24 hours, the main mass of separation of contaminated specimens was carried out. In all experiments, the third generation was obtained from the main colony. *D. rapae* rearing in a controlled condition in a cubic shape cage in 46 cm and surrounded by a net. *Diadegma* Parasitoid rearing in a



©2025 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.87745.1184>

controlled lab was made of cages 60×60×66h cm and surrounded by a net jar. In this research, three pesticides were selected based on the following table. We used the selected pesticides as recommended dosages and schedule using power tower.

Results and Discussion

The results showed that the effect of Monto pesticide was less than Confidor and Benoya pesticides. Also, the percentage of bees leaving mummified aphids was higher than the other two pesticides. But in this experiment, the effect of Monto on the parameters of the life table was greater than Confidor pesticide. These results showed that the lasting and long-term effects of Monto poison can be considered. Two pesticides, Confidor and Monto, inhibited the growth of cabbage waxy aphid population, respectively, and their inhibitory effects on the parasitoid bee were less than Benoya. Therefore, it is considered as a safe margin for parasitoid bees. Application of Monto with parasitoid bees increased control efficiency. Compared to the control, Confidor pesticide had significant inhibitory effects on bee exit from pupation and it is considered as a non-target effect on diadigma. Benoya pesticide has also reduced the amount of bee departure compared to the control, but the advantage of this pesticide is that it controls the DBM population alone and there is no need to use the pesticide together with the parasitoid bee. The results of the research with a view to the above tests showed that Confidor pesticide has an inhibitory effect on the parasitism activity of *Diadegma* bee and it has a non-target location and this parasitoid is safe compared to Monto pesticide. Monto pesticide was not effective for DBM pest control. The efficiency of cabbage waxy aphid control methods showed that the highest efficiency was related to Confidor and Benoya pesticides and the lowest was related to the use of parasitoid bees and the use of both Confidor and parasitoid bees. Since the use of Benoya and Confidor alone and together with the parasitoid does not have a significant difference; therefore, additional use of parasitoid with these two poisons is not justified. But the use of Monto pesticide should be combined with parasitoid. So, this composition is safe for nature.

Keywords: Cabbage, Diamondback moth, Fertility table, Pesticide

تأثیر متقابل برخی آفت‌کش‌ها روی *Diaeretilla rapae* و *Diadegma semiclausum* در مزارع کلم

محمد امین سمیع*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹

چکیده

کلم *Brassica oleracea* L. Brassicaceae یکی از سبزیجات مهم و اقتصادی جهان محسوب می‌شود. این گیاه در معرض هجوم آفات مختلفی قرار می‌گیرد که از مهم‌ترین آن‌ها شته مومی کلم و شب‌پره پشت الماسی است. در این پژوهش، اثر توأم غیرهدف سه آفت‌کش سیانترانلیپرول، اسپروتترامات و ایمیداکلپرید با نام‌های تجاری به ترتیب بنویا، مونتو و کونفیدور روی *Diaeretilla rapae* به‌عنوان عامل مہار بیولوژیکی شته کلم (*Brevicoryne brassicae* (L.) و *Diadegma semiclausum* (Hellen) روی بید کلم (*Plutella xyntella* (L.) در تولید کلم بررسی شد. تمام پرورش‌ها در شرایط کنترل‌شده با دمای 23 ± 2 درجه سلسیوس و شرایط نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد. اثر محلول‌پاشی روی شته مومی کلم، میزان پارازیتسم زنبور *D. rapae* روی شته‌های سم‌پاشی‌شده، اثر محلول‌پاشی شته‌های مومیایی‌شده روی میزان خروج زنبور *D. rapae* جدول زندگی زنبور *D. rapae* به‌دست‌آمده از مومیایی‌های سم‌پاشی‌شده، اثر محلول‌پاشی روی شب‌پره پشت الماسی، اندازه‌گیری میزان پارازیتسم زنبور *D. semiclausum* روی لاروهای شب‌پره پشت الماسی در معرض آفت‌کش قرار گرفته، اثر محلول‌پاشی شفیله بید کلم روی میزان خروج زنبور *D. semiclausum* جدول زندگی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید دیادگما خارج‌شده از شفیله‌های در معرض سم قرار گرفته و کارایی روش‌های مہار شته مومی کلم در این پژوهش ارزیابی شد. نتایج نشان داد که اثر آفت‌کش مونتو کمتر از دو آفت‌کش کونفیدور و بنویا بوده است. همچنین درصد خروج زنبورها از شته‌های مومیایی‌شده بیشتر از دو آفت‌کش دیگر است، اما در این آزمایش اثر مونتو روی مشخصه‌های جدول زندگی بیشتر از آفت‌کش کونفیدور بود. این نتایج نشان می‌دهد که اثرات ماندگار و درازمدت سم مونتو می‌تواند در خور نگرش باشد. دو آفت‌کش کونفیدور و مونتو به‌ترتیب بازدارنده رشد جمعیت شته مومی کلم بوده و اثرات بازدارندگی آن‌ها روی زنبور پارازیتوئید نیز کمتر از بنویا است. بنابراین به‌عنوان یک حاشیه امن برای زنبور پارازیتوئید محسوب می‌شود. کاربرد مونتو با زنبور پارازیتوئید سبب افزایش کارایی کنترل شد. آفت‌کش کونفیدور نسبت به شاهد اثرات بازدارنده معنی‌دار روی خروج زنبور از شفیله‌ها داشته است و به‌عنوان یک اثر غیرهدف روی دیادگما محسوب می‌شود. آفت‌کش بنویا نیز میزان خروج زنبور را نسبت به شاهد مقدار زیادی کاهش داده است، اما امتیاز این آفت‌کش این است که به‌تنهایی جمعیت بید کلم را مہار می‌کند و نیازی به کاربرد توأم آفت‌کش با زنبور پارازیتوئید نیست. نتایج پژوهش با نگرش به آزمایش‌های بالا نشان می‌دهد که آفت‌کش کونفیدور بر فعالیت پارازیتسم زنبور دیادگما اثر بازدارنده داشته است و یک جایگاه غیرهدف دارد و این پارازیتوئید نسبت به آفت‌کش مونتو دارای ایمنی بوده است. آفت‌کش مونتو برای مہار آفت بید کلم دارای کارایی مناسب نیست. کارایی روش‌های مہار شته مومی کلم نشان داد که بیشترین میزان کارایی مربوط به آفت‌کش کونفیدور و بنویا و کمترین مربوط به کاربرد زنبور پارازیتوئید و استفاده توأم کونفیدور و زنبور پارازیتوئید است. از آنجایی که استفاده از بنویا و کونفیدور به‌تنهایی و توأم با پارازیتوئید دارای اختلاف معنی‌داری نیست، بنابراین استفاده اضافی از پارازیتوئید با این دو آفت‌کش توجیه ندارد، اما استفاده از آفت‌کش مونتو باید توأم با پارازیتوئید باشد و این ترکیب ایمن برای طبیعت است.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش، بید کلم، جدول باروری، کلم

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

(Email: Samih@vru.ac.ir)

*) نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.87745.1184>

مقدمه

کلم (*Brassica oleracea* L. (Brassicaceae) از سبزیجات مهم و اقتصادی جهان است (Maynard & Hochmuth, 2007). این گیاه در معرض هجوم آفات مختلفی قرار می‌گیرد که از مهم‌ترین آن‌ها شته مومی کلم و شب‌پره پشت الماسی است.

شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) که به شته کلزا نیز معروف است و هر چند روی کلزا به شدت خسارت‌زا است، ولی کلم معمولی، گل کلم و کلم بروکلی را به سایر ارقام کلم ترجیح می‌دهد (Gabrys et al., 1997). شته مومی کلم باعث ایجاد خسارت مستقیم از طریق تغذیه از شیره گیاهی و خسارت غیرمستقیم به وسیله انتقال ویروس‌های بیماری زای گیاهی مختلف می‌شود (Carter & Blackman & Eastop, 1984; Hines & Sorensen, 2013; Opfer & McGrath, 2013; Hutchison, 2013).

این آفت در ایران برای اولین بار در سال ۱۳۱۷ گزارش شده و در تمام نواحی کشور روی انواع کلم، شلغم (*Brassica rapa* L.)، تربچه (*Raphanus sativus* L.) و چلیپایان وحشی انتشار دارد. با توجه به اینکه محصولات نظیر کلم به طور مستقیم مورد استفاده انسان قرار می‌گیرند، باید به باقی‌مانده سموم موجود بر روی آن‌ها، توجه خاصی مبذول گردد. با توجه به این مطلب و نیز افزایش روزافزون هزینه‌های سم‌پاشی و مخرب بودن آن‌ها از نظر محیط زیست و مقاومت آفت به سموم (Ahmad and Akhtar 2013) می‌توان از روش مهار بیولوژیک به عنوان یکی از روش‌های جایگزین مناسب استفاده نمود (Natwick, 2009). پارازیتوئید مهم شته‌های گیاهان خانواده چلیپایان، زنبور (*Diarretiella rapae* (M Intosh) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiidae) می‌باشد. شته مومی کلم میزبان مطلوب این پارازیتوئید می‌باشد (Hafez, 1961). این زنبور زمانی که شته مومی کلم در دسترس نباشد، می‌تواند دیگر گونه‌های شته‌ها را نیز پارازیته کند (Baidoo & Adam, 2012; Kibrom et al., 2012; Mekuaninte et al., 2011).

شب‌پره پشت الماسی (بید کلم)^۱ (Lepidoptera: Plutellidae) *Plutella xylostella* مهم‌ترین آفت تیره چلیپائی‌ان^۲ در سرتاسر دنیا و مهم‌ترین آفت مزارع کلم پیچ و کلم گل در ایران می‌باشد و به چلیپائی‌ان دیگر نظیر شلغم، تربچه، ترب (*Raphanus raphanistrum* L.) و کلزا (*Carthamus tinctorius* L.) نیز خسارت می‌زند (Furlong et al., 2013; Afiunizadeh et al., 2011).

لاروهای سنین اول به صورت داخلی و به حالت مینوز از نسوج برگ

و سایر سنین لاروی به صورت خارجی از قسمت‌های مختلف تغذیه کرده و باعث ایجاد خسارت می‌شوند (Ahmad et al., 2008). از آنجایی که این آفت فاقد دیاپوز اجباری می‌باشد، قادر است که در طول سال بی‌وقفه تولید نسل کند، همچنین دارای قابلیت مقاومت به حشره کش‌های شیمیایی و میکروبی می‌باشد. در سال‌های اخیر، بید کلم در ایران حالت طغیانی پیدا کرده است، به طوری که استفاده از انواع حشره کش‌های متداول حتی تا ۱۰ برابر دوزهای توصیه شده قادر به مهار این آفت نیستند (Afiunizadeh & Karimzade, 2015).

هم‌اکنون این حشره در سراسر آمریکا و اروپا، جنوب شرقی و غرب آسیا، استرالیا و نیوزلند به شکل یک آفت بسیار مهم درآمده است (Talekar & Shelton, 1993; Abro et al., 1992). این آفت به گفته هاردی (Hardy, 1983) از اروپا منشأ گرفته است، اما از نظر کفیر (Kfir, 1998) براساس وجود عوامل بیوکنترل طبیعی (۱۴ گونه پارازیتوئید) و گیاهان میزبان (۱۷۵ گونه)، این آفت از آفریقای جنوبی ناشی شده است. (Sarfaraz et al., 2005). سرفراز و همکاران به نقل از لیو و همکاران (Liu et al., 1982, 1988)، طی تحقیقات مشابه، منشأ آن را چین ذکر کرده‌اند. در هر حال، امروزه این آفت در هر نقطه‌ای که میزبان وجود داشته باشد، یافت می‌شود و پراکنش قابل توجهی نسبت به سایر بال‌پولکداران دارد (Shelton, 2004). در ایران نیز این آفت در بیشتر نقاط کشور به ویژه اطراف تهران، سواحل دریای خزر و فارس انتشار دارد (Afiunizadeh & Karimzadeh, 2015). این حشره در دنیا برای تولید سبزیجات خانواده کلم، مشکل‌ساز بوده است و این خسارت تا حدی است که تالکار و شلتون در سال ۱۹۹۳، خسارت یک‌ساله این آفت را در آمریکا، حدود یک بیلیون دلار تخمین زده بودند. این آفت در بسیاری از کشورها مشکل اصلی تولیدکنندگان این سبزیجات می‌باشد، زیرا جمعیت‌های مختلف آن به بیشتر گروه‌های حشره کش مقاومت پیدا کرده است (Diaz-Gomez et al., 2000).

در سراسر جهان، توجه بیشتری به توسعه برنامه‌های مدیریت یکپارچه آفات مبتنی بر مهار بیولوژیکی برای *P. xylostella* نسبت به برنامه‌های کنترل مرسوم شده است (Talekar & Shelton, 1993; Hill & Foster, 2000; Biever, 1996). با این حال، به نظر می‌رسد که مهار شیمیایی تاکتیک اصلی برای مدیریت *P. xylostella* سایر آفات چلیپایی در آینده نزدیک باقی خواهد ماند تا زمانی که جایگزین‌های قابل اعتمادی پیدا شود (Xu et al., 2001; Smith et al., 2002; Liu et al., 2003; Hill & Foster 2000). شب‌پره پشت الماسی در طبیعت پارازیتوئیدهای زیادی دارد که به عنوان یک عامل مهار بیولوژیک در مهار آن نقش مهمی ایفا می‌کنند. مارش (Marsh, 191) اولین کسی بود که متوجه شد، جمعیت‌های بید کلم به طور طبیعی توسط پارازیتوئیدها سرکوب می‌-

1- Diamond back moth (DBM)

2- Brassicaceae

غیرهدف فراهم می‌کند بنابراین اثرات مخرب سموم روی آفات و دشمنان طبیعی غیرهدف را نباید از دیدگاه مدیریت تلفیقی آفات دور داشت. در این پژوهش، اثر توأم غیرهدف چند ماده شیمیایی روی دو آفت مهم کلم و دو دشمن طبیعی مهم این دو آفت بررسی شده و کوشش شده است که نقطه ایمن از دیدگاه دشمن طبیعی و حشره کش مورد استفاده به دست آید.

مواد و روش‌ها

۱- گیاه میزبان

بذر کلم چینی به صورت مستقیم در سینی نشاء به ابعاد ۲۸×۴۰ و ارتفاع ۱۶ سانتی‌متر کشت گردید (شکل ۱). سینی‌ها با خاک گلدانی استریل شده پر شد. با استفاده از تخته نشاء دارای ۲۴ پایه سه سانتی‌متری با فاصله هفت سانتی‌متر مکان قرار گرفتن بذر در سینی نشاء مشخص شد و داخل هر حفره ایجاد شده یک بذر قرار گرفت. در صورتی که تمام بذرهای رشد می‌کردند، هر سینی نشاء حاوی ۲۴ بوته کلم کشت شده بود (شکل ۱-۱). پس از گذشت حدود شش هفته، بوته‌های جوان چند برگه کلم به صورت انفرادی از سینی کشت به گلدان‌های ۱۵×۱۰×۱۰ سانتی‌متری انتقال یافت. برای سهولت انتقال گلدان‌ها و آبیاری بهتر، هر شش گلدان در یک سینی خالی به اندازه ذکر شده قرار گرفت (شکل ۱-۲). براساس شرایط آب‌وهوایی، آبیاری گلدان‌ها هر یک تا چهار روز یک بار انجام شد. برای دسترسی بهتر ریشه‌ها به آب و مواد غذایی، همیشه آب و محلول غذایی در سینی زیر گلدان‌ها وجود داشت. از گلدان‌های حاوی بوته‌های جوان دو تا چهار هفته‌ای (پس از انتقال به گلدان) برای تخم‌گذاری DBM (شکل ۱-۳) و از بوته‌های مسن‌تر برای پرورش شته مومی کلم و تغذیه لاروهای DBM استفاده شد (شکل ۱-۴).

۲- پرورش حشرات

تمام پرورش‌ها در شرایط کنترل شده با دمای ۲۳±۲ درجه سلسیوس و شرایط نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد.

شوند. لیم (Lim, 1986) گزارش کرد که شش گونه پارازیتوئید تخم، ۳۸ گونه پارازیتوئید لارو و ۱۳ گونه پارازیتوئید شفیره به این حشره حمله می‌کنند. مؤثرترین پارازیتوئیدهای این آفت، پارازیتوئید-های مرحله لاروی آن هستند.

Diadegma semiclausum (Hellen, (Ichneumonidae) 1949) یکی از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای شب‌پره پشت الماسی می‌باشد که پارازیتوئید داخلی و انفرادی لاروی - پیش‌شفیرگی^۱ این آفت می‌باشد و پارازیتوئید اختصاصی آن محسوب می‌شود (Sarfraz et al., 2002; Wang & Keller, 2002; Rossbach et al., 2006a, 2005).

این پارازیتوئید در برخی از مناطق دنیا مانند فیلیپین، مالزی، ژاپن، کنیا، استرالیا و نیوزلند به عنوان مهم‌ترین عامل مه‌ار بید کلم گزارش شده است (Wang & Keller, 2005; Gols & Harvey, 2009) گفته شده است که خاستگاه این گونه اروپا می‌باشد (Furlong et al., 2013; Talekar & Shelton, 1993).

همانگی مراحل رشدونمو *D. insulare* با مراحل رشدونمو میزبان و ظرفیت جستجوی عالی آن، این حشره را برای استفاده به عنوان یک عامل بیوکنترل در مدیریت تلفیقی DBM مناسب می‌کند (Harcourt, 1969, 1960). با این حال، بیشتر حشره‌کش‌های مصنوعی که در حال حاضر برای مه‌ار *P. xylostella* استفاده می‌شوند، برای *D. semiclausum* مضر هستند.

این گونه یک پارازیتوئید همراهی^۲ به شمار می‌رود (Gols & Harvey, 2009) و به تمام سنین لاروی حمله می‌کند، اما سن دوم و سوم را ترجیح می‌دهد (Khatri et al., 2008; Shi et al., 2004). تخم‌ها داخل بدن لاروها تفریخ می‌شوند و لاروهای پارازیتوئید از بدن لارو میزبان تغذیه می‌کنند و در مرحله پیش‌شفیرگی کمی بعد از تشکیل پیل میزبان، خارج می‌شوند. لاروهای این پارازیتوئید سپس پیل خود را داخل پیل میزبان می‌تنند و باقی‌مانده‌های جسد میزبان را به پایین پیل می‌رانند (Harcourt, 1986). در دمای ۲۲ °C رشد و نمو پارازیتوئید از تخم تا حشره کامل حدود ۱۶ روز طول می‌کشد، درحالی که این دوره در دمای ۱۵ °C، ۳۶ روز است. این پارازیتوئید به صورت شفیره داخل بقایای محصول زمستان‌گذرانی می‌کند. لی و همکاران و یانگ و همکاران (Yang et al., Lee et al., 2004; 1993) معتقد بودند که *D. semiclausum* تنها در شرایط خنک و کم‌ارتفاع و مرطوب مستقر شده، اما با این وجود برخلاف مطالعات دیگر که دامنه فعالیت این گونه را فقط معطوف به ارتفاعات می‌دانستند، با نگرش به اینکه استفاده از سموم شیمیایی در مزارع کلم سبب نابودی دشمنان طبیعی شده و زمینه را برای طغیان آفات

1- Larval- prepupal
2- Koinobiont



شکل ۱- مراحل و روش کشت گیاه میزبان ۱- کاشت بذر در سینی نشاء ۲- بوته‌های جوان کلم و انتقال به گلدان ۳- بوته‌های جوان کلم مناسب برای تخم‌گذاری DBM ۴- بوته‌ها کلم مناسب برای تغذیه لاروهای DBM

Figure 1- Steps and methods of cultivating the host plants, 1- planting seeds in the tray, 2- shoots of young cabbage and transferring to the pot 3- young shoots of cabbage suitable for laying DBM, 4- shrubs cabbage suitable for feeding DBM larvae

آلوده قرار می‌گرفت و با گذاشتن برگ‌های آلوده به شته روی این بوته‌های جدید، جمعیت شته افزایش یافت. برای داشتن کلمی هم‌سن شته، ماده‌های بالغ بکرزا به‌صورت جداگانه روی بوته‌های کلم غیرآلوده منتقل و ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد حذف می‌شد، بنابراین پوره‌های باقی‌مانده هم‌سن می‌شدند.

۲-۲- شب‌پره پشت الماسی یا بید کلم Diamond Back Mouth (DBM) *Plutella xylostella*

شب‌پره پشت الماسی یا بید کلم در فضای کنترل‌شده آزمایشگاهی داخل قفسه‌های هرمی شکل به ابعاد ۶۰×۶۰ و ارتفاع ۶۶ سانتی‌متر احاطه‌شده با تور پرورش داده شد. از گلدان حاوی بوته جوان کلم (شش هفته‌ای) برای تهیه توده اولیه این آفت استفاده شد. بوته‌ها داخل قفس حاوی حشرات کامل بید کلم در توده موجود در SARDI قرار داده شد. بوته‌های کلم که در معرض تخم‌گذاری

۱-۲- شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae*

برای پرورش شته مومی کلم، یک فضای انسکتاریومی مجزا با شرایط بالا در نظر گرفته شد. این روش از آلودگی توده پرورش‌یافته به زنبورهای پارازیتوئید و همچنین گیاهان میزبان به سایر آفات مانند کنه، تریپس، سفیدبالک و شب‌پره پشت الماسی جلوگیری می‌کرد و همچنین افزایش جمعیت شته سریع‌تر انجام می‌شد (تا زمانی‌که پرورش در قفس توری باشد). از یک گلدان حاوی بوته کلم آلوده به شته مومی کلم که از توده موجود در آزمایشگاه SARDI^۱ جدا شده بود برای تشکیل توده آزمایشگاهی جدید استفاده شد. هر چند روز یک بار گلدان‌های سالم حاوی بوته‌های جوان کلم در کنار گلدان

1- South Australian Research and Development Institute (SARDI), School of Agriculture, Food & Wine, Waite Main Building, Waite Campus, The University of Adelaide, Adelaide, South Australia 5064

آزمایش‌های لازم در این پژوهش استفاده شد. برای تغذیه حشرات کامل زنبور از مخلوط آب و عسل ۲۰ درصد استفاده شد. برای داشتن توده هم‌سن از زنبور و مومیایی‌های هم‌سن، گلدان‌های کلم آلوده به شته که ۴۸ ساعت در معرض زنبور قرار گرفته بود، به قفس جدید منتقل شده و گلدان‌های جدید به قفس پرورش اضافه می‌شد. در تمام آزمایش‌ها از نسل سوم به بعد به‌دست‌آمده از توده اصلی استفاده شد.

۲-۴- زنبور پارازیتوئید بید کلم *Diadegma semiclausum*

پرورش زنبور پارازیتوئید دیادگما در فضای کنترل‌شده آزمایشگاهی داخل قفسه‌هایی مکعبی شکل به اندازه ۶۰×۶۰ و ارتفاع ۶۶ سانتی‌متر و احاطه‌شده با تور انجام شد، از گلدان حاوی بوته کلم آلوده به شب‌پره پشت الماسی پارازیت‌شده که از توده موجود در SARDI جدا شده بود برای تهیه توده زنبور استفاده شد. این توده اولیه در قفس ذکرشده در بالا قرار گرفت. در روشی دیگر از حشرات کامل جمع‌آوری‌شده از توده اصلی پرورش زنبور در SARDI استفاده شد. در قفس دیگر چند گلدان کلم آلوده به شب‌پره پشت الماسی قرار گرفت. این توده زنبور جداشده از جمعیت موجود در SARDI و یا حشرات کامل خارج‌شده از شفیره‌های زنبور که ۲۴ ساعت از سن آن‌ها گذشته بود از توده اولیه با اسپراتور جمع‌آوری و در قفس دوم رها شد. این رهاسازی زمانی انجام شد که آفت شب‌پره در مرحله سن دو تا سه بود که این نیاز حدود هفت روز پس از آغاز تخم‌گذاری شب‌پره روی بوته‌های کلم به دست آمد. به این ترتیب، توده جدید هم‌سن از لاروهای شب‌پره پارازیت‌شده و زنبور پارازیتوئید به دست آمد. از این توده‌ها برای آزمایش‌ها استفاده شد. برای تغذیه حشرات کامل زنبور از مخلوط آب و عسل ۲۰ درصد استفاده گردید. برای داشتن توده هم‌سن از زنبور، گلدان‌های کلم آلوده به شب‌پره که ۴۸ ساعت در معرض زنبور قرار گرفته بود به قفس جدید منتقل شده و گلدان‌های جدید به قفس پرورش اضافه گردید. در این پژوهش همیشه برای داشتن توده هم‌سن از توده حشرات مورد آزمایش، پس از ۲۴ ساعت از رهاسازی بوته‌های الوده از توده اصلی جدا می‌شد. در تمام آزمایش‌ها از نسل سوم به‌دست‌آمده از توده اصلی استفاده شد.

۳- آفت‌کش‌های به‌کاربرده‌شده

در این پژوهش سه آفت‌کش سیانترانیلیپرول^۱ (Benevia 180 ML - 10.26% w/w OD) از شرکت دوپونت و سینجنتا^۲، یک حشره‌کش بنزامید با اثرات تماسی و مسمومیت معده است، جذب سیستمیک خوبی نیز دارد و در برابر آفات دارای قطعات دهانی -زنده

شب‌پره قرار گرفته بود، پس از گذشت ۲۴ ساعت جدا و به تعداد چهار گلدان در هر قفس به ابعاد بالا در آزمایشگاه قرار گرفت (اشکال این روش این است که ممکن است لاروهای باقی‌مانده از توده قبلی، بوته‌های کلم را آلوده کند و با خوردن برگ‌ها، تفریح تخم‌های جدید و تغذیه لاروهای جوان را دچار مشکل می‌کند). در روش دیگر، داخل یک قفس به ابعاد بالا چهار گلدان حاوی بوته جوان کلم قرار داده شده و حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ حشره کامل بید کلم در قفس رها شد و برای تغذیه حشرات کامل از مخلوط آب و عسل ۲۰ درصد استفاده شد. در مواردی که لاروهای هم‌سن نیاز بود، گلدان‌های کلم که ۲۴ تا ۴۸ ساعت در معرض تخم‌گذاری قرار گرفته بود، به قفس جدید انتقال یافت و گلدان‌های کلم جدید به قفس پرورش اضافه می‌شد یا حشرات کامل حذف شد. بدین ترتیب تخم‌ها تفریح‌شده و لاروهای سن یک از پارانشیم زیر برگ و لاروهای سنین بالا از کل پهنک برگ بین رگبرگ‌ها تغذیه می‌کرد. بسته به میزان تغذیه لاروها از برگ‌های کلم، گلدان‌های جدید حاوی بوته کلم مسن‌تر هفت تا هشت هفته‌ای یا بیشتر به‌میزان نیاز تغذیه‌ای لاروها به قفس اضافه می‌شد و این روند تا تبدیل لاروها به شفیره ادامه می‌یافت. برای ادامه روند پرورش آفت حشرات کامل بیرون‌آمده از شفیرگی با ۲۴ ساعت سن به‌وسیله اسپراتور جمع‌آوری و در قفس جدید با چهار گلدان حاوی بوته جوان کلم رها می‌شد. بنابراین در شرایط معمولی همیشه در یک قفس چهار گلدان حاوی حشرات کامل شب‌پره که در حال تخم‌گذاری است و روند پرورش آینده را طی می‌کند، وجود دارد و در قفس دیگری لاروهای سنین بالا که در حال شفیره شدن هستند و برای به دست آوردن حشرات کامل ویژگی داده شده وجود دارد. در این پژوهش همیشه برای داشتن توده هم‌سن حشرات برای آزمایش، پس از ۲۴ ساعت، از توده اصلی جداسازی نمونه‌های آلوده انجام می‌شد. در تمام آزمایش‌ها از نسل سوم به‌دست‌آمده از توده اصلی استفاده شد.

۲-۳- زنبور پارازیتوئید شته مومی کلم *Diaeretiella rapae*

پرورش زنبور پارازیتوئید شته مومی کلم در فضای کنترل‌شده آزمایشگاهی داخل قفسه‌هایی مکعبی شکل به اندازه ۴۶ سانتی‌متر و احاطه‌شده با تور انجام شد. از گلدان حاوی بوته کلم آلوده به شته مومی کلم پارازیت‌شده که از توده موجود در SARDI جدا شده بود برای تهیه توده زنبور استفاده شد. این توده اولیه در قفس ذکرشده در بالا قرار گرفت. در قفس دیگر چند گلدان کلم آلوده به شته مومی کلم قرار گرفت. حشرات کامل خارج‌شده از شته‌های مومیایی که ۲۴ ساعت از سن آن‌ها گذشته بود از توده اولیه با اسپراتور جمع‌آوری و در قفس دوم رها شد. به این ترتیب، توده جدید هم‌سن از شته‌های پارازیت‌شده و زنبور پارازیتوئید به دست آمد. از این توده‌ها برای

1- Cyantraniliprole

2- Dupont and syngenta

همه مراحل شمارش شد. در زمان یک روز پس از محلول‌پاشی، شمارش مجدد انجام گردید. پس از آن نیز هر هفته به مدت سه هفته شمارش تعداد شته موجود روی بوته انجام شد. گلدان‌ها در قفس توری به ابعاد ۶۰ سانتی‌متر قرار گرفت. برای هر بار محلول‌پاشی از گلدان‌های حاوی بوته کلم آلوده به شته مومی کلم به‌عنوان شاهد (بدون محلول‌پاشی) در سه تکرار در نظر گرفته شد.

۴-۲- میزان پارازیتیسیم زنبور *D. rapae* روی شته‌های سم‌پاشی‌شده

برای هر آفت‌کش سه تکرار در نظر گرفته شد. هر تکرار از یک گلدان حاوی بوته کلم آلوده به شته مومی کلم با ۱۵۰ شته (از همه مراحل) در حدود هفت روزه تشکیل شد. یک روز پیش از محلول‌پاشی، تعداد کل شته مومی کلم از همه مراحل شمارش شد. یک روز پس از محلول‌پاشی، شمارش مجدد انجام شده و گلدان‌ها در قفس توری به ابعاد ۶۰ سانتی‌متر قرار گرفت و به‌ازای هر ۱۵ شته، یک زنبور پارازیتوئید ماده یک‌روزه در قفس رها شد. پس از آن نیز هر هفته به مدت سه هفته شمارش تعداد شته و مومیایی‌های موجود روی بوته انجام شد. در پایان، تعداد مومیایی‌های حاوی سوراخ خروج حشرات کامل شمارش شده و میزان پارازیتیسیم شته‌های در معرض سم قرارگرفته محاسبه شد. برای هر بار محلول‌پاشی از گلدان‌های حاوی بوته کلم آلوده به شته مومی کلم پارازیت‌شده به‌عنوان شاهد (بدون محلول‌پاشی) در نظر گرفته شد. از داده‌های این آزمایش برای محاسبه اثر توأم سم‌پاشی و پارازیتیسیم روی جمعیت شته و همچنین برای محاسبه اثر سم‌پاشی روی پارازیتیسیم زنبور استفاده شد.

۴-۳- اثر محلول‌پاشی شته‌های مومیایی‌شده روی میزان خروج زنبور *D. rapae*

برای هر آفت‌کش سه گلدان حاوی بوته کلم آغشته به شته مومی کلم با میانگین هفت روز سن در نظر گرفته شد. گلدان‌های هر تیمار در قفس پرورش به ابعاد ۶۰ سانتی‌متر قرار گرفت. هر تکرار از یک گلدان حاوی بوته کلم آلوده به شته مومی کلم با حدود ۳۰۰ الی ۴۰۰ شته مومی کلم تشکیل شد. به‌ازای هر ۱۵ شته یک زنبور ماده در قفس رها شد و پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت، گلدان‌های در معرض زنبور قرار گرفته به قفس جدید انتقال یافت. پس از گذشت حدود ۹ تا ۱۱ روز از این رهاسازی با مشاهده شته‌های مومیایی‌شده به تعداد حداقل ۱۵۰ مومیایی روی هر بوته، تیمارها برای سم‌پاشی آماده شد. محلول‌پاشی شته‌های مومیایی‌شده با شرایط ذکرشده انجام شد. یک روز پس از محلول‌پاشی برگ‌های حاوی مومیایی در معرض سم قرار گرفته از بوته اصلی جدا و پس از شمارش تعداد مومیایی‌ها روی برگ با استفاده از استریو میکروسکوپ در سه دسته ۱۵۰ تایی به‌ازای هر

و مکنده بسیار فعال است، اسید بروم‌سیانوریک در این آفت‌کش گیرنده‌های اسید نیکوتین موجود در آفات را فعال می‌کند و یون‌های کلسیم ذخیره شده در سلول‌های ماهیچه‌ای مخطط و صاف را آزاد می‌کند و باعث اختلال در تنظیم حرکت ماهیچه‌ای آفات، فلج و در نهایت مرگ می‌شود، اسپیروترامات^۱ (Movento 10%SC) شرکت بایر^۲ به عنوان مهار کننده بیوسنتز لیپیدها وقتی وارد گیاه می‌شود به شکل انول و متابولیت ستوهیدروکسی تبدیل می‌شود، و کنترل‌کننده مراحل پورگی آفات مکنده است. ایمیداکلوپراید^۳ (Confidor 35%SC) از شرکت بایر سیستمیک متعلق به نئونیکوتینوئیدها و روی دستگاه عصبی مرکزی حشرات اثر می‌گذارد. این ماده شیمیایی با تداخل در انتقال محرک‌ها در دستگاه عصبی حشرات عمل می‌کند و به‌طور خاص، باعث انسداد مسیر عصبی نیکوتینرژیک می‌شود. ایمیداکلوپراید با مسدود کردن گیرنده‌های استیل‌کولین نیکوتین از انتقال استیل‌کولین بین اعصاب جلوگیری کرده و در نتیجه باعث فلج شدن حشره و در نهایت مرگ آن می‌شود. این ماده به‌صورت تماسی و -گوارشی بر حشرات تأثیر می‌گذارد. پیه ترتیب با نسبت‌های ۰/۲۴، ۰/۷۵ و ۰/۶-۰/۳ لیتر در هکتار برای محلول-پاشی استفاده شد. آفت‌کش‌های مورد آزمایش در نسبت‌های ذکر شده برابر غلظت‌های توصیه شده مزرعه توسط دستگاه سم پاش روی بوته‌های کلم مورد آزمایش پاشیده شد. این دستگاه به صورت محفظه پاشش بر اساس سمپاشی استاندارد در مزرعه با فشار پمپ ۳۰۰ کیلو پاسکال برابر ۲/۹۶ اتمسفر و سرعت ۱-۲/۸۵ متر بر ثانیه شبیه سازی شده بود. در این سیستم کم مصرف مقدار ۵۰۰ لیتر آب در هکتار و مقدار محلول مصرفی ۵۰ میلی لیتر به ازای هر متر مربع بود.

۴- آزمایش‌ها

تمام آزمایش‌ها در شرایط کنترل‌شده با دمای 23 ± 2 درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد.

۴-۱- اثر محلول‌پاشی روی شته مومی کلم

برای هر آفت‌کش، سه تکرار شامل گلدان حاوی بوته کلم آغشته به شته مومی کلم در نظر گرفته شد. هر تکرار از یک گلدان حاوی بوته کلم آلوده به شته مومی کلم با جمعیت ۱۵۰ شته (از همه مراحل) تشکیل گردید. یک روز پیش از محلول‌پاشی، تعداد کل شته مومی از

- 1- Spirotetramat
- 2- Bayer CropScience
- 3- Imidacloprid

برای این کار برگ‌های حاوی لارو سن دو و سه شب پره در معرض سم قرار گرفت. برای بدست آوردن لاروهای هم‌سن به روش گفته شده در بند ۳ عمل شد. به این انگیزه در شرایط آزمایشی جاری استفاده از لاروهای ۷ تا ۸ روز پس از تخم‌گذاری حشرات کامل مناسب بود. دو روز پس از محلول‌پاشی، شمارش لاروهای آفت انجام شد. هر تکرار از یک گلدان حاوی بوته کلم آلوده به لاروهای سن دو و سه شب پره پشت الماسی با ۵۰ لارو در معرض سم قرار گرفته و زنده تشکیل شد. گلدان‌ها در قفس توری به ابعاد ۶۰ سانتی‌متر قرار گرفت. بر اساس میزان نیاز لاروها گلدان‌های حاوی بوته‌های کلم غیر آلوده به سم یا لارو آفت در اختیار لاروها قرار می‌گرفت. بنابراین تنها لاروها در معرض سم قرار گرفتند و تغذیه لاروها از گیاهان غیر سمی بود. پس از گذشت دوره لاروی و شفیرگی، حشرات کامل ظاهر شدند. با آغاز ظهور حشرات کامل به صورت روزانه تعداد پروانه ظاهر شده شمارش شده و با اسپیراتور جمع‌آوری و از قفس خارج شد. در کنار این آزمایش تیمار شاهد مشابه آنچه در بالا گفته شد با لاروهای سم‌پاشی نشده در نظر گرفته شد. داده‌های بدست آمده در این آزمایش اثر محلول سمی را روی میزان مرگ و میر لاروهای آفت و درصد ظهور حشرات کامل نشان می‌دهد.

۴-۶- اندازه‌گیری میزان پارازیتیسیم زنبور *D. semiclausum* روی لاروهای شب‌پره پشت الماسی در معرض آفت‌کش قرار گرفته

برای هر آفت‌کش سه گلدان حاوی بوته کلم آلوده به لاروهای سن دو و سه شب‌پره پشت الماسی نظر گرفته شد. برای این کار برگ‌های حاوی لارو سن دو و سه شب پره به روش بدست آمده در بند ۳ و ۱۰ در معرض سم قرار گرفت. دو روز پس از محلول‌پاشی تعداد ۵۰ لارو زنده در معرض سم قرار گرفته جدا و روی بوته‌های کلم سالم منتقل شد. هر تکرار از یک گلدان حاوی بوته کلم آلوده به لاروهای سن دو و سه شب پره پشت الماسی در معرض سم قرار گرفته با ۵۰ لارو تشکیل شد. گلدان‌ها در قفس توری به ابعاد ۶۰ سانتیمتر قرار گرفت. یک روز پس از این، زنبورهای دیادگما به تعداد یک زنبور ماده یک روزه به ازای هر ۱۵ لارو سن دو و سه شب‌پره در قفس رها شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت زنبورها از قفس خارج گردید. پس از گذشت دوره لاروی و شفیرگی آفت و زنبور پارازیتوئید، حشرات کامل ظاهر شدند. با آغاز ظهور حشرات کامل به صورت روزانه تعداد پروانه ظاهر شده و حشرات کامل زنبور شمارش شده و با اسپیراتور از قفس جمع‌آوری شد. در کنار این آزمایش تیمار شاهد مشابه آنچه در بالا گفته شد با لاروهای سم‌پاشی شده بدون رها سازی زنبور در بند ۱۰ و لاروهای سم‌پاشی نشده در معرض زنبور قرار گرفته در نظر گرفته شد. داده‌های بدست آمده از این آزمایش برای

تکرار در جعبه‌های به اندازه ۱۰×۲۰ با ارتفاع هفت سانتی‌متر قرار داده شد. پس از آن، شمارش تعداد حشرات کامل زنبور خارج‌شده از مومیایی‌ها روزانه انجام شد. این شمارش تا خروج آخرین زنبور از مومیایی ادامه یافت، در پایان تعداد مومیایی‌هایی که دارای سوراخ خروج حشرات کامل زنبور بودند، شمارش شد. برای هر بار محلول‌پاشی، از گلدان‌های حاوی بوته کلم آلوده به شته مومی کلم و پارازیت‌شده با ۱۵۰ مومیایی برای هر تکرار به‌عنوان شاهد (بدون محلول‌پاشی) در نظر گرفته شد. از داده‌های به‌دست‌آمده از این آزمایش برای محاسبه اثر محلول‌پاشی روی بقاء زنبور و درصد خروج حشرات کامل زنبور از شته‌های مومیایی‌شده در معرض محلول سمی استفاده شد.

۴-۴- جدول زندگی زنبور *D. rapae* به‌دست‌آمده از مومیایی‌های سم‌پاشی‌شده

برای هر آفت‌کش و شاهد، تعداد حداقل ۱۵ جفت از زنبورهای یک‌روزه رهاشده از مومیایی‌های در معرض سم در آزمایش قبل (بند ۸) انتخاب شد. این تعداد از روزی جدا می‌شد که بیشترین خروج زنبور را داشت، تا تمام حشرات کامل مورد آزمایش هم‌سن باشند. به‌صورت روزانه، تعداد دست کم ۵۰ شته مومی کلم از همه مراحل در اختیار هر جفت زنبور قرار می‌گرفت. برای این آزمایش، برگ‌های آلوده به شته‌های مومی کلم (حداقل ۵۰ شته) از بوته اصلی جدا می‌شد و از ناحیه دم‌برگ در آب قرار گرفته و در جعبه‌های به ابعاد ۱۰×۲۰ و ارتفاع هفت سانتی‌متر قرار می‌گرفت و این کار به‌صورت روزانه تکرار و تا مرگ ماده ادامه یافت. حشرات کامل با مخلوط آب و عسل ۲۰ درصد تغذیه می‌شدند. برگ‌های حاوی شته‌های پارازیت‌شده که به‌صورت روزانه در معرض زنبور قرار گرفته بود در جعبه‌های جداگانه به‌صورت بالا تا ظهور حشرات کامل زنبور پارازیتوئید از مومیایی‌ها نگهداری می‌شد. بر این اساس، میزان زادآوری روزانه هر جفت زنبور برای محاسبات جدول زندگی محاسبه شد. به این دلیل که لاروهای زنبور درون بدن پوره آفت مخفی هستند برای اندازه‌گیری میزان زادآوری، حشرات کامل ظاهر شده و مومیایی‌ها شمارش شد. طول دوره پیش از بلوغ از میانگین طول دوره زمان رهاسازی زنبور روی شته قبل از سم‌پاشی تا ظهور حشرات کامل پس از سم‌پاشی که برای آزمایش جدول زندگی استفاده شد، به دست آمد. با شمارش تعداد مومیایی‌ها و مومیایی‌هایی که از آن‌ها زنبور خارج شده بود و دارای سوراخ بود، برآورد میزان زادآوری روزانه هر جفت زنبور تکمیل شد.

۴-۵- اثر محلول‌پاشی روی شب‌پره پشت الماسی

برای هر آفت‌کش سه گلدان حاوی بوته کلم آلوده به لاروهای سن دو و سه شب پره پشت الماسی به عنوان تکرار در نظر گرفته شد.

گرفته، برگ‌های سالم کلم برای تغذیه اضافی لاروها در هر جعبه در نظر گرفته می‌شد. برگ‌های حاوی لارو پارازیت‌شده که به‌صورت روزانه در معرض زنبور قرار گرفته بود در قفس‌های جداگانه تا ظهور حشرات کامل زنبور پارازیتوئید از شفیره‌های زنبور نگهداری می‌شد. بر این اساس، میزان زادآوری روزانه هر جفت زنبور برای محاسبات جدول زندگی محاسبه شد. به این دلیل که لاروهای زنبور درون بدن لارو آفت مخفی هستند، برای اندازه‌گیری میزان زادآوری از شمارش حشرات کامل ظاهرشده از بدن لارو پارازیت‌شده استفاده شد. طول دوره پیش از بلوغ از میانگین طول دوره زمان رهاسازی زنبور روی لاروهای سن دو و سه آفت قبل از سم‌پاشی تا ظهور حشرات کامل پس از سم‌پاشی که برای آزمایش جدول زندگی استفاده شد، به دست آمد.

۵- تجزیه داده‌ها

۵-۱- جدول زندگی

برآورد شاخص‌های رشد جمعیت (به‌عنوان بخشی از مطالعات دموگرافیک) با مطالعه زیست‌شناسی فرد آغاز می‌شود و مهم‌ترین عامل در آن سن فرد می‌باشد. داده‌های بدست آمده بر اساس روش جدول زندگی سن-مرحله دو جنسی که توسط *Chi & Liu* (1985) ارائه شده بود و بکارگیری نرم افزار *TWOSEX-MSChart* (*Chi*, 2018) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پارامتر مهم نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) برآورد شد به طوری که سن حشره از روز صفر در نظر گرفته شده است (*Goodman*, 1982). خطای معیار (SE) پارامترهای یاد شده از طریق روش بوتسترپ^۱ با ۱۰۰۰۰ بار تکرار تخمین زده شد (*Huang and Chi*, 2012). برای تشکیل جدول زندگی سن-مرحله دو جنسی وقایع روزانه همه افراد از تولد تا مرگ شامل روند رشد و نمو فردی، مرگ و میر و باروری روزانه افراد، ثبت شد. (*Chi*, 1988).

نرخ بقا ویژه سن (l_x)، باروری ویژه سن (mx)، نرخ بقا ویژه مرحله سنی (S_{xj}) (x : سن، j : مرحله) و پارامترهای جمعیت (r : نرخ ذاتی افزایش جمعیت، λ : نرخ متناهی افزایش جمعیت، R_0 : نرخ خالص تولیدمثل، GRR : نرخ ناخالص تولید مثل و T_0 : میانگین مدت زمان نسل، برطبق روابط مربوطه برآورد شدند (*Chi*, 1988).

۵-۲- محاسبه کارآیی روش‌های مهار شته مومی کلم

برای تعیین درصد کارآیی اصلاح‌شده در آزمایش آفت‌کش‌ها، با توجه به ناهمگن بودن جمعیت در تیمارهای مختلف و همچنین

محاسبه اثر لاروهای در معرض سم قرار گرفته روی میزان پارازیتسم و خروج حشرات کامل زنبور دیادگما از لاروهای آلوده آفت به سم استفاده شد. بر این اساس درصد مرگ و میر لاروهای آفت در اثر سم‌پاشی و در اثر زنبور *D. semiclausum* جداگانه بدست آمد.

۴-۷- اثر محلول‌پاشی شفیره DBM روی میزان خروج

زنبور *D. semiclausum*

برای هر آفت‌کش سه تکرار در نظر گرفته شد. گلدان‌ها در قفس توری به ابعاد ۶۰ سانتی‌متر قرار گرفت. هر تکرار از یک گلدان حاوی بوته کلم آلوده به لاروهای سن دو و سه شب‌پره پشت‌الماسی با ۲۰۰ لارو بود. زنبورهای دیادگما به تعداد یک زنبور ماده یک روزه به ازای هر ۱۵ لارو سن دو و سه شب‌پره در قفس رها شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت زنبورها از قفس خارج گردید. پس از گذشت دوره لاروی و تشکیل شفیره‌های آفت و زنبور پارازیتوئید بوته‌های کلم حاوی شفیره زنبور در معرض سم قرار گرفت. یک روز پس از سم‌پاشی برگ‌ها و ساقه‌های حاوی شفیره زنبور از بوته اصلی جدا و در جعبه به ابعاد ۲۵*۲۵ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر قرار گرفت. به ازای هر تکرار تعداد ۵۰ شفیره در معرض سم قرار گرفته، در نظر گرفته شد. به صورت روزانه حشرات کامل خارج شده از شفیرگی شمارش شده و از جعبه خارج شد. بر این اساس اثر شفیره‌های در معرض آفت‌کش قرار گرفته روی خروج زنبور از شفیرگی محاسبه شد. در کنار این آزمایش تیمار شاهد حاوی شفیره‌های زنبور در معرض سم نبوده در نظر گرفته شد. بر این اساس اثر محلول‌پاشی روی درصد خروج حشرات کامل زنبور پارازیتوئید از شفیره‌های آلوده به سم بدست آمد.

۴-۸- جدول زندگی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید

دیادگما خارج‌شده از شفیره‌های در معرض سم قرارگرفته

برای هر آفت‌کش و شاهد، تعداد حداقل ۱۵ جفت از زنبورهای یک‌روزه رهاشده از شفیره‌های در معرض سم قرارگرفته بند ۱۲ برای این آزمایش انتخاب شد. برای اینکه تمام حشرات کامل مورد آزمایش هم‌سن باشند این تعداد از روزی جدا می‌شد که بیشترین خروج زنبور را داشت، برای اینکه تمام حشرات کامل مورد آزمایش هم‌سن باشند. به‌صورت روزانه تعداد دست‌کم ۲۰ لارو سن دو و سه DBM در اختیار هر جفت زنبور قرار می‌گرفت. برای این آزمایش، برگ‌های آلوده به لارو سن دو سه آفت (حداقل ۲۰ لارو) از بوته اصلی جدا می‌شد و از ناحیه دم‌برگ در آب قرار گرفته و در جعبه‌های به ابعاد ۲۰*۲۰ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر قرار می‌گرفت و داخل هر جعبه یک جفت زنبور یک روزه رها می‌شد. تعویض و جابجایی برگ‌های آلوده به لارو و در معرض زنبور قرارگرفته به‌صورت روزانه تکرار می‌شد و تا مرگ ماده ادامه یافت. حشرات کامل با مخلوط آب و عسل ۲۰ درصد تغذیه می‌شدند. در کنار برگ‌های آلوده به لارو در معرض زنبور قرار

از آفت‌کش موونتو، جمعیت شته رو به افزایش است و نسبت به هفته اول رشد داشته است، اما زمانی که این آفت‌کش همراه با پارازیتوئید استفاده شود، رشد جمعیت شته روی هر بوته کاهش یافته است. نتایج نشان می‌دهد که با گذشت زمان اثر آفت‌کش موونتو کاهش می‌یابد.

آفت‌کش بنویا چه به‌تنهایی و چه در استفاده از پارازیتوئید توانسته است که جمعیت شته را روی هر بوته در هفته دوم پس از استفاده از آفت‌کش به زیر دو عدد برساند. و استفاده از پارازیتوئید تأثیر معنی‌داری بر اثر بنویا نداشته است. در واقع، نتایج نشان می‌دهد که اثر استفاده از آفت‌کش بنویا به‌تنهایی و توأم با پارازیتوئید مربوط به اثر آفت‌کش است و نمی‌توان به زنبور پارازیتوئید نسبت داد.

آفت‌کش کونفیدور به تنهایی اثر کاهنده روی جمعیت شته مومی کلم داشت و این اثر با افزایش زمان بیشتر شد تا اینکه در هفته دوم و سوم جمعیت به زیر ۳ در هر بوته کلم رسید و با بنویا در یک گروه قرار گرفت. اما وقتی که روی بوته‌های آلوده به این آفت‌کش زنبور پارازیتوئید رها شد کاهش جمعیت شته مومی کلم به طور معنی‌داری در مقایسه با کونفیدور به تنهایی کمتر بود و برابر با ۱۰۹/۹ در هفته دوم و ۱۴۱/۱۲ در هفته سوم را نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که زنبور پارازیتوئید بدون هر محدودیتی بلافاصله پارازیتسم شته را شروع کرده و توانسته است به زندگی خود درون بدن شته‌های پارازیت شده ادامه دهد و وجود جمعیت بالای مومیایی ۱۷/۷۲ روی هر بوته را نشان می‌دهد که سم کونفیدور محدود کننده فعالیت زنبور پارازیتوئید نبوده است و بخشی از جمعیت که باقی مانده توسط زنبور مهار شده است. در تیمار کونفیدور همراه با پارازیتوئید در هفته سوم کمی افزایش جمعیت شته بوده است. در کل جمعیت شته در هفته سوم هم از جمعیت اولیه تجاوز نکرده است و ثابت مانده است.

آفت‌کش موونتو به تنهایی و چه همراه پارازیتوئید در هفته نخست جمعیت شته را به شدت کاهش داده است و این کاهش در هفته دوم و سوم نیز برای زمانی که توأم با پارازیتوئید بوده ادامه یافته است. ولی در هفته دوم و سوم در تیمار استفاده از موونتو به تنهایی با افزایش جمعیت شته روبرو هستیم. اما از جمعیت اولیه بیشتر نبوده است. بنابراین قدرت مهارکنندگی آفت‌کش موونتو روی شته مومی کلم در حالت تنهایی در حد دو آفت‌کش دیگر نبود. ولی زمانی که با پارازیتوئید استفاده شده است قدرت مهارکنندگی در حد دیگر تیمار-های مهارکننده بود. و این نشان می‌دهد که آفت‌کش موونتو مهارکننده پارازیتوئید نبوده است و فعالیت زنبور را کاهش نداده است. و مومیایی تشکیل شده کمتر از کونفیدور است ولی نسبت به سم بنویا که صفر است ۲/۷ درصد را نشان داد. استفاده از پارازیتوئید با آفت‌کش کونفیدور و آفت‌کش موونتو و استفاده از پارازیتوئید به تنهایی توأم با ثابت شدن جمعیت شته نسبت به جمعیت اصلی بوده است و افزایش جمعیت در کل نداشته‌ایم اما در هفته‌های دوم و سوم کمی

بررسی و شمارش جمعیت افراد زنده از فرمول هندرسون و تیلتون (معادله ۱) استفاده شد (Talebi-Jahromi, 2011).

$$\% \text{ efficacy} = \left(1 - \frac{Cb \times Ta}{Ca \times Tb} \right) \times 100 \quad (1)$$

که در آن، Ta: جمعیت آفت در تیمارها بعد از اعمال روش کنترل، Tb: جمعیت آفت در تیمارها قبل از اعمال روش کنترل، Ca: جمعیت آفت در شاهد بعد از اعمال روش مهار و Cb: جمعیت آفت در شاهد قبل از اعمال روش کنترل است.

تمامی داده‌ها در برنامه Excel 2020 در قالب طرح‌های مربوطه تنظیم شد و وارد نرم‌افزار SPSS شدند. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از گزاره STAT نرم‌افزار Minitab 14 انجام شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، محاسبات صورت گرفت. در صورت نرمال نبودن داده‌ها، تصحیح داده‌ها انجام شد. میانگین‌های به‌دست‌آمده از طریق آزمون چند دامنه‌ای توکی و LSD مقایسه شدند. منحنی‌ها و نمودارها به کمک نرم‌افزار Sigmaplot رسم شدند.

نتایج و بحث

اثر محلول‌پاشی روی شته مومی کلم و اثر شته‌های در معرض آفت‌کش روی میزان پارازیتسم زنبور *D. rapae*

اثر روش مهار با استفاده از سه آفت‌کش و زنبور پارازیتوئید *D. rapae* بر جمعیت شته مومی کلم در مقایسه با هم به‌صورت جدا و یا تلفیقی و شاهد در هفته نخست $F_{7,18}=16.65$ $P=0.000$ ، هفته دوم $F_{7,18}=28.47$ $P=0.000$ و هفته سوم $F_{7,18}=16.64$ $P=0.000$ سطح یک درصد معنی‌دار است. این اثر در هفته اول اعمال روش مهار تا هفته سوم که نمونه‌برداری انجام شده است، مشاهده می‌شود (جدول ۱). در هفته نخست، پس از اعمال روش مهار، بیشترین تعداد شته روی هر بوته مربوط به شاهد با ۲۷۸/۱۸ و کمترین مربوط به استفاده از آفت‌کش کونفیدور و بنویا با مقدار ۱۱/۱۹ و ۱۸/۳۵ شته روی هر بوته بود.

استفاده از آفت‌کش کونفیدور، بنویا و ترکیب آن‌ها با زنبور پارازیتوئید و آفت‌کش (جدول ۱) موئتو در گروه کمترین قرار داشت، بدین معنی که کمترین تعداد شته را روی هر بوته داشت. پس از آن، استفاده از کونفیدور همراه با پارازیتوئید بود که توانایی مهار کمتری داشته و جمعیت بیشتری از شته مومی کلم روی بوته باقی ماند (جدول ۱). در هفته دوم پس از اعمال روش کنترل، در شاهد همچنان جمعیت شته روی هر بوته بالاترین حد و رو به افزایش بود. در تیمار استفاده از آفت‌کش بنویا همراه با پارازیتوئید یا بدون آن و تیمار استفاده از آفت‌کش کونفیدور، جمعیت شته روی هر بوته کمتر از دو بود. در این هفته، علی‌رغم وجود جمعیت پایین شته در تیمار استفاده

افزایش جمعیت وجود داشته است.

جدول ۱- اثر محلول‌پاشی روی شته مومی کلم روی میانگین جمعیت شته‌های زنده و مومیایی شده و میزان پارازیتسم زنبور *D. rapae* در زمان‌های مختلف پس از محلول‌پاشی (n=150)

Table 1- Effect of spraying on cabbage aphid on the mean live and mummified aphids population and the amount of parasitism in *D. rapae* wasps at different times after application (n = 150)

Control methods	Time after the spraying (per week)			
	1 st	2 nd	3 rd	
Treatment			Aphid population	Mummy
Benevia	18.35±0.24d*	1.61±0.24c	1.93±0.24c	00.00±0.0d
Confidor	11.19±0.36d	1.53±0.36c	3.8±0.36c	00.00±0.0d
Movento	30.87±0.93dc	119.9±0.93b	140.00±5.77b	00.00±0.0d
Benevia+Parasitoid	22.69±9.76d	0.00±0.0c	00.00±0.0a	00.00±0.0d
Confidor+Parasitoid	88.37±24.11bc	109.02±45.32b	141.12±8.24b	17.72±7.05b
Movento+Parasitoid	28.86±13.87dc	5.24±1.8c	5.27±2.56c	2.72±1.36c
Parasitoid	153.36±31.88b	128.5±25.81b	139.48±10.64b	37.42±8.14a
Control	278.18±44.08a	287.99±0.63a	386.00±0.63a	00.00±0.0d

* حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد برای هر مشخصه است

*Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5%probability level for each characteristic.

مومیایی‌هایی که همراه با خروج حشرات کامل بوده است و چه از نظر حشرات کامل زنبور پارازیتوئید خارج شده، اثر بازدارندگی روی میزان پارازیتسم زنبور نداشته است. بین آفت‌کش بنویا و شاهد مربوط به خودش تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بنابراین بنویا اثر بازدارنده داشته است. با نگرش به اینکه بنویا یک آفت‌کش مورد استفاده برای آفات جونده و مکنده است، به‌ویژه نتایج این پژوهش در بخش‌هایی بعدی نشان می‌دهد که برای آفت جونده مانند شب‌پره پشت الماسی نیز مؤثر و دارای کارایی بالایی است. در استفاده از این آفت‌کش برای DBM می‌تواند اثرات غیرهدف روی زنبور پارازیتوئید شته مومی کلم داشته باشد.

اثر محلول‌پاشی شته‌های مومیایی شده روی میزان خروج زنبور *D. rapae*

اثر آفت‌کش‌ها زمانی که روی شته‌های مومیایی شده در اثر پارازیتسم *D. rapae* محلول‌پاشی شده است روی میزان خروج حشرات کامل زنبور پارازیتوئید و پوسته‌های سوراخ‌دار باقی‌مانده از پارازیتسم شته مومی کلم نسبت به شاهد و همدیگر $F_{5,15}=5.84$ $P=0.003$ معنی‌دار است (جدول ۲).

بیشترین میزان بازدارندگی زنبور در پارازیتسم شته مومی کلم را آفت‌کش بنویا داشته و کمترین مقدار در آفت‌کش مونتو مشاهده شد. بین آفت‌کش کونفیدور و مونتو و شاهد خودشان تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. به این معنی که این دو آفت‌کش چه از نظر درصد

جدول ۲- اثر آفت‌کش‌هایی مورد استفاده روی درصد تشکیل مومیایی و درصد خروج حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *D. rapae* از شته‌های *B. brassicae* مومیایی شده

Table 2- Effects of insecticides used on the percentage of mummification and the percentage of total emerged of *D. rapae* parasitoid from mummified *B. brassicae* aphids

Control methods	Mummy of <i>D. rapae</i> %	Adult of <i>D. rapae</i> %
Benevia + mummy	70.21±7.24c*	22.16±4.68c
Mummy (Benevia control)	95.85±1.36ab	51.04±6.06bc
Confidor + mummy	81.55±7.93bc	69.52±9.77ab
Mummy (confidor control)	93.00±2.63ab	92.35±2.33a
Movento + mummy	99.65±0.35a	86.24±6.15a
Mummy (movento control)	100.00±0.0a	51.04±16.00bc

* حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد برای هر مشخصه است.

*Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5%probability level for each characteristic.

نتایج نشان داد که اثر دو آفت‌کش مونتو و کونفیدور بر مشخصه‌های جدول زندگی دو جنسی دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۳).

جدول زندگی زنبور *D. rapae* خارج شده از مومیایی محلول‌پاشی شده

بیشترین اثر مربوط به مونتو و کمترین مربوط به کونفیدور است، بین هر دو سم و مهار اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

اثر آفت‌کش مونتو در آزمایش بند ۶ و ۷ کمتر از دو آفت‌کش کونفیدور و بنویا بوده است. همچنین در آزمایش بند ۸ درصد خروج زنبورها از شته‌های مومیایی‌شده بیشتر از دو آفت‌کش دیگر است، اما در این آزمایش، اثر مونتو روی مشخصه‌های جدول زندگی بیشتر از آفت‌کش کونفیدور بود. این نتایج نشان می‌دهد که اثرات ماندگار و

درازدت سم مونتو می‌تواند در خور نگرش باشد. دو آفت‌کش کونفیدور و مونتو به‌ترتیب بازدارنده رشد جمعیت شته مومی کلم بوده و اثرات بازدارندگی آن‌ها روی زنبور پارازیتوئید نیز کمتر از بنویا است. بنابراین به‌عنوان یک حاشیه امن برای زنبور پارازیتوئید محسوب می‌شود. کاربرد مونتو با زنبور پارازیتوئید سبب افزایش کارایی مهار شد (جدول ۷).

جدول ۳- تفاوت میانگین مقدار مشخصه‌های جمعیت در اثر کاربرد دو آفت‌کش روی مومیایی شته مومی کلم پارازیت‌شده با زنبور *D. rapae*
Table 3- Difference between mean values of population parameters due to the use of two pesticides on mummies. Cabbage aphid parasitized *D. rapae*

Insecticides	Population parameters							
	r (d ⁻¹)	γ(d ⁻¹)	R ₀ (eggs.individual ⁻¹)	T (d)	GRR (eggs.individual ⁻¹)	Fecundity (eggs.individual ⁻¹)	Female %	Longevity (d)
Confido	00.14±0.2b	1.15±0.02	9.84±2.86a	15.19±0.2	13.8±2.58a	19.67±0.0a	0.50±0.0	16.58±0.3
Movento	*	5b		0a			4a	5b
Control	00.096±0.0	1.1±0.014	3.05±0.63b	12.08±0.2	4.01±0.72c	7.0±0.59c	0.50±0.0	15.71±0.1
	1c	c		b			8a	9d
	00.16±0.02	1.18±0.02	8.84±1.96a	12.87±0.3	10.71±2.07b	17.4±0.82b	0.50±0.1	16.84±0.2
	a	3a		2b			a	8a

* حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد برای هر مشخصه است.

*Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5% probability level for each characteristic.

توجهی جهت کنترل حشرات مکنده و به‌ویژه پسیل معمولی پسته است، لذا توصیه می‌شود تا با تنظیم روشهای کاربرد و با در نظر گرفتن زمان مناسب برای مصرف آن تا حد امکان به اثر انتخابی دست یافت (Erfani et al. 2022). به همین دلیل روی بید کلم که یک افت‌چونده است تأثیر کمی داشته است و می‌تواند یکی از دلایل کم بودن اثر آن روی افت‌بید کلم باشد. زمانی که لاروهای سن دو و سه DBM که در معرض این دو آفت‌کش قرار گرفته‌اند در معرض زنبور دیادگما قرار گرفتند مرگ و میر آفت DBM به ترتیب ۹۹/۰۸ و ۴۳/۴۲ درصد بود. نتایج نشان می‌دهد که مونتو روی فعالیت پارازیتسمی زنبور دیادگما اثر منفی نداشته است و نسبت به شاهد یعنی لاروهای که در معرض سم قرار نگرفته و در معرض دیادگما قرار گرفته است اختلاف معنی‌دار ندارد. اگر چه در اثر فعالیت پارازیتسم زنبور دیادگما روی لاروهای سن دو و سه که در معرض آفت‌کش کونفیدور قرار گرفته مرگ و میر ۴۳/۴ درصدی ایجاد شده است ولی نسبت به شاهد ۹۸/۶۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارد و نشان می‌دهد که این آفت‌کش اثر بازدارندگی روی زنبور داشته است. بیشترین میزان پارازیتسم زنبور دیادگما روی لاروهای سن دو و سه DBM آلوده به مونتو و سپس کونفیدور بود و کمترین اثر مستقیم آفت‌کش روی DBM مربوط به مونتو بود. آفت‌کش کونفیدور برای حشرات مکنده پیشنهاد شده است. زمانی که این آفت‌کش برای مبارزه با شته مومی کلم استفاده شود می‌تواند اثرات غیر هدف داشته

اثر محلول‌پاشی روی شب‌پره پشت‌الماسی و اثر لاروهای در معرض آفت‌کش قرارگرفته روی میزان پارازیتسم زنبور *D. semiclausum*

نتایج نشان می‌دهد که اثر آفت‌کش‌های این پژوهش در مهار جمعیت DBM دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۴). در استفاده از آفت‌کش بنویا چه به‌تنهایی و چه توأم با زنبور دیادگما، جمعیت DBM به‌ترتیب صفر تا ۶/۹ درصد بود و مرگ‌ومیر ۹۳/۱ تا ۱۰۰ درصد ایجاد کرده است و پیش از اینکه زنبور پارازیتوئید فعالیتی انجام دهد موجب مرگ لاروهای آلوده به آفت‌کش شده است.

نتایج این پژوهش نشان داد که گیاهان در معرض آفت‌کش بنویا قرار گرفته بیش از یک ماه سالم بوده و تخم‌گذاری آفت DBM روی آن‌ها انجام نشد. بنابراین برای حفاظت گیاه کلم از آفت DBM بنویا بازدارنده مناسبی است. مرگ و میر ایجاد شده به وسیله آفت‌کش مونتو و کونفیدور روی DBM زمانی که به‌تنهایی استفاده شد به ترتیب ۰/۷۷ و ۱۰/۱۹ درصد بود (جدول ۴)؛ بنابراین آفت‌کش کونفیدور بیشتر از مونتو سبب مرگ و میر لاروهای آفت شد. مونتو یک آفت‌کش کنترل‌کننده مراحل پورگی آفات مکنده معرفی شده است که با مهار آنزیم استیل کولین کربوکسیلاز بیوستنز چربی‌ها را مختل می‌کند و با تأثیر بر سیستم عصبی باعث مرگ سریع حشره حتی در غلظت‌های پایین می‌شوند مونتو دارای قابلیت‌های قابل

و میزان پارازیتسم زنبور دیادگما را کاهش دهد (جدول ۴).

جدول ۴- اثر محلول‌پاشی روی درصد ظهور حشرات کامل شب‌پره پشت‌الماسی و اثر لاروهای در معرض آفت‌کش قرارگرفته روی درصد پارازیتسم زنبور *D. semiclausum*

Figure 4- Effect of spraying on the percentage of emergence of adults in the DBM and the effect of exposure larvae on pesticide residues on the percentage of parasitism of the *D. semiclausum*

Control methods	Sum adult of Plutella%	Total mortality of Plutella%	Mortality of Plutella sprayed%	Sum adult of <i>D. semiclausum</i>
Plutella+Benevia+Diadegma	6.9±3.9d	93.1±3.9a	91.7±3.2b	1.33±0.66d
Plutella+Benevia	0.0±0.0d	100.00±0.00a	100±0.0a	00.00±0.0e
Plutella+Confidor+Diadegma	56.57±0.93c	43.42±0.93b	3.71±0.77e	39.71±0.0c
Plutella+Confidor	89.8±0.08b	10.19±0.63c	10.19±0.63d	00.00±0.0e
Plutella+Movento+Diadegma	0.91±0.88d	99.08±0.81a	34.21±0.6c	64.77±0.14b
Plutella+Movento	99.22±0.39a	0.77±0.39c	0.77±0.39e	00.00±0.0e
Plutella+Diadegma	4.31±0.11d	95.68±0.32a	0.22±0.24e	95.45±0.05a

* حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد برای هر مشخصه است

*Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5%probability level for each characteristic

کش کونفیدور نسبت به شاهد اثرات بازدارنده معنی‌دار روی خروج زنبور از شفیرگی داشته است و به عنوان یک اثر غیر هدف روی دیادگما محسوب می‌شود. آفت‌کش بنویا نیز میزان خروج زنبور را نسبت به شاهد مقدار زیادی کاهش داده است اما امتیاز این آفت‌کش این است که به تنهایی جمعیت DBM را کنترل می‌کند و نیازی به کاربرد توام آفت‌کش با زنبور پارازیتوئید نیست.

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که اثر آفت‌کش‌ها روی درصد خروج حشرات کامل زنبور دیادگما از شفیره‌های در معرض آفت‌کش قرار گرفته $F_{5,18}=4.399$ $P=0.009$ معنی‌دار است (جدول ۵). بیشترین درصد خروج زنبور مربوط به آفت‌کش موونتو است و با شاهد اختلاف معنی‌دار ندارد. بنابراین هم‌چون آزمایش پیشین با کاربرد موونتو روی آفت DBM در زمانی که زنبور دیادگما در مرحله شفیرگی است اثرات بازدارنده روی درصد خروج زنبورها ندارد. آفت-

جدول ۵- اثر محلول‌پاشی شفیره زنبور روی میزان خروج زنبور دیادگما از شفیرگی

Figure 5- Effect of spraying on the of bee pupae on the exit rate of *Diadegma* bees from pupation

Isecticides	Adults of <i>D. semiclausum</i> %
Diadegma +benevia	32.14±11.72c*
Diadegma (benevia control)	59.36±11.05ab
Diadegma +confidor	58.04±7.27ab
Diadegma (confidor control)	81.39±7.23a
Diadegma +movento	76.24±8.92a
Diadegma (movento control)	81.39±7.23a

* حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد برای هر مشخصه است

*Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5%probability level for each characteristic.

از سه آفت‌کش مورد استفاده نسبت به شاهد نه تنها اثر بازدارندگی نداشته‌اند بلکه سبب افزایش زادآوری شده‌اند. در این میان آفت‌کش کونفیدور بیشترین اثر بازدارندگی را داشته است. بحث:

نتایج پژوهش با نگرش به آزمایش‌های بالا نشان می‌دهد که آفت‌کش کونفیدور بر فعالیت پارازیتسم زنبور دیادگما اثر بازدارندگی داشته است و یک جایگاه غیر هدف دارد و این پارازیتوئید نسبت به آفت‌کش موونتو دارای ایمنی بوده است. آفت‌کش موونتو برای کنترل آفت DBM دارای کارایی مناسب نیست.

جدول زندگی زنبور *D. semiclausum* خارج‌شده از شفیره-

های در معرض سم قرارگرفته

اثر آفت‌کش‌های این پژوهش روی پارامترهای جدول زندگی زنبور پارازیتوئید دیادگما در (جدول ۶) آمده است. نتایج نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌دار بین تیمارها وجود دارد. بیشترین میزان عددی پارامترهای افزایش جمعیت، مربوط به حشرات کامل خارج شده از شفیره‌هایی است که در معرض موونتو قرار گرفته‌اند و با شاهد اختلاف معنی‌دار دارد و کمترین مقدار مربوط به تیمار کونفیدور است که با شاهد اختلاف معنی‌دار ندارد. نتایج نشان می‌دهد که هیچ کدام

جدول ۶- تفاوت میانگین مقدار مشخصه‌های جمعیت زنبور *D. semiclausum* خارج‌شده از شفیره‌های آلوده به سه آفت‌کش در فعالیت پارازیتسم روی لاروهای DBM

Table 6- Difference between mean of population parameters of *D. semiclausum* from pupae infected with three pesticides in activity of parasitism on DBM larvae

Insecticides	activity of parasitism on <i>BDM</i> larvae							
	Population parameters							
	r (d ⁻¹)	γ(d ⁻¹)	R ₀ (eggs.individual ⁻¹)	T (d)	GRR (eggs.individual ⁻¹)	Fecundity (eggs.individual ⁻¹)	Female%	Longevity (d)
Benevia	0.13±0.015 b*	1.14±0.17 b	9.19±2.03b	15.99±0.3 d	9.85±2.05b	18.48±0.0b	0.49±0.1a b	22.15±0.1 8c
Confido	00.11±0.01 c	1.11±0.01 c	5.13±0.97c	14.69±0.2 5e	5.51±0.97e	8.83.2±0.63d	0.58±0.1a	20.42±0.2 6d
Movento	00.16±0.01 3a	1.17±0.01 6a	12.03±2.71a	15.11±0.4 2c	14.64±3.05a	21.2±3.28a	0.56±0.09 ab	19.78±0.4 6e
Control	00.10±0.01 2c	1.11±0.01 4c	7.66±1.67b	18.34±0.2 8a	7.82±1.72c	17.07±1.55b	0.44±0.08 d	24.75±0.2 0a

* حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد برای هر مشخصه است

*Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5%probability level for each characteristic.

پارازیتوئید و استفاده توام کونفیدور و زنبور پارازیتوئید است. از آنجایی که استفاده از بنویا و کونفیدور به تنهایی و توام با پارازیتوئید دارای اختلاف معنی‌داری نیست؛ بنابراین استفاده اضافی از پارازیتوئید با این دو آفت‌کش توجیه ندارد. اما استفاده از آفت‌کش موونتو باید توام با پارازیتوئید باشد و این ترکیب برای طبیعت ایمن است.

کارایی روش‌های مختلف مهار شته مومی کلم

کارایی روش‌های کنترل شته مومی کلم در (جدول ۷) آمده است. نتایج نشان می‌دهد که روش‌های کنترل این آفت $F_{7,70}=64.56$ $P=0.000$ دارای اختلاف معنی‌دار است. بیشترین میزان کارایی مربوط به آفت‌کش کونفیدور و بنویا و کمترین مربوط به کاربرد زنبور

جدول ۷- درصد کارایی روش‌های مختلف مهار شته مومی کلم با استفاده از سه آفت‌کش و زنبور پارازیتوئید *D. rapae*

Table 7- Efficiency of different methods of control of cabbage aphid using three pesticides and parasitoid wasp *D. rapae*

Control method	Efficiency
Aphid +Benevia	97.34±1.09a*
Aphid +Confidor	98.18±0.61a
Aphid +Movento	70.18±4.66b
Aphid +Benevia+ Parasitoid	97.00±1.98a
Aphid +Confidor +Parasitoid	63.45±8.9bc
Aphid +Movento+ Parasitoid	95.67±1.67a
Aphid +Parasitoid	53.85±5.27c
Control	0.0±0.0d

* حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد برای هر مشخصه است

*Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5%probability level for each characteristic.

(Bishop, 1996; Martinou et al., 2014; 1990; افزون بر این اثرات مثبت آفت‌کش‌ها شامل افزایش باروری (Fleshner and Rumschlag et al., 2019; 1957; Desneux et al., 2007)، افزایش فعالیت شکارگر و پارازیتوئید (Desneux et al., 2007)، افزایش تحرک و کاهش دوره رشد (Lawrence et al., Ndakidemi et al., 2016; 1973) هستند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از آفت‌کش بنویا به تنهایی و توام با پارازیتوئید توانسته است آفت‌بید کلم را کنترل کند و این اثر مربوط به آفت‌کش است و نمی‌توان به زنبور

بحث و نتیجه گیری کلی

به دلیل وجود همانندی فیزیولوژیک بین بندپایان آفت و دشمنان طبیعی آنها، آفت‌کش‌ها اغلب باعث مرگ و میر در هر دو گروه از این موجودات می‌شوند (Croft, 1990; Desneux et al., 2007; Sánchez-Bayo, 2021). عوامل متعددی بر حساسیت دشمنان طبیعی نسبت به آفت‌کش‌ها تأثیر می‌گذارد که از این میان ویژگی‌های ذاتی دشمنان طبیعی، خصوصیات میزبان یا شکار، ویژگی‌های محیطی و نیز مشخصات آفت‌کش‌ها از اهمیت بیشتری برخوردارند (Croft,

پارازیتوئید نسبت داد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آفت‌کش موونتو و کونفیدور مهارکننده پارازیتوئید شته مومی کلم نبوده است و فعالیت زنبور را کاهش نداده است. آفت‌کش موونتو با ۲۵ درصد تلفات اثر سوء بسیار کمتری روی پارامترهای زیستی کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Goeze) به عنوان دشمن طبیعی پسیل معمولی پسته داشته است (Erfani et al 2022). حشره کش اسپروتترامات روی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) رو شته سیاه باقلا *Aphis fabae* تا سه برابر غلظت مزرعه ای ۵۰۰ پی پی ام حداکثر ۱۶ درصد تلفات ایجاد کرد (Aminijam and Kbiri-Dehkordi, 2018). لذا استفاده از آفت کش موونتو برای مهار سه آفت شته مومی کلم، پسیل معمولی پسته و شته سیاه باقلا انتخاب ایمنی برای دشمنان طبیعی مطالعه شده این آفات بوده است. این در حالی است که در بررسی تأثیر آفت‌کش کونفیدور روی شکارگر *Menochilus sexmaculatus* Fabricius که از پوره‌های پسیل معمولی پسته آلوده به آفت‌کش تغذیه می‌کرد، ۱۰۰ درصد مرگ و میر مشاهده شد (Nazari et al., 2016). در مطالعه دیگر گزارش شد که کونفیدور و آبامکتین باعث کاهش طول عمر و بقای حشرات ماده کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant شدند (Ahmadi et al., 2010). تیمار تخم‌های کفشدوزک *M. sexmaculatus* با موونتو موجب کاهش معنی‌دار درصد تفریح تخم‌ها و درصد خروج حشرات کامل از شفیره و افزایش معنی‌دار طول دوره قبل از تخم‌ریزی و طول دوره لاروی شد (Azod et al., 2019). که با نتایج پژوهش جاری روی زنبور پارازیتوئید شته مومی کلم و پژوهش عرفانی و همکاران (Erfani et al 2022) روی یک شکارگر آفت پسیل معمولی پسته و امینی جم و کبیری دهکردی (Aminijam and Kbiri-Dehkordi, 2018) روی زنبور پارازیتوئید اختلاف وجود دارد. در مطالعات روگنو و همکاران (Rugno et al., 2024) نیز مشخص شد که اثرات منفی اسپروتترامات بر پارازیتیسیم زنبور *Tamarixia radiata* روی پوره های پسیل مرکبات *Diaphorina citri* کمتر از حشره کش‌های دیگر از گروه‌های فسفره آلی، پائرتروئید و نئونیکوتنوئید بوده است. این نتایج متفاوت نشان می‌دهد که آفات مختلف و دشمنان طبیعی آنها میتوانند واکنش‌های متفاوت مثبت یا منفی نسبت به یک آفت‌کش نشان دهند و در مدیریت هر آفت بایستی آن مجموعه را به عنوان یک اکوسیستم در نظر گرفته و بررسی‌های همه جانبه زیست بومی را مد نظر قرار دهیم و اینجاست که بررسی اثرات غیر هدف آفت‌کش‌ها اهمیت پیدا میکند. اثر یک آفت‌کش در تیمار امیداکلوپراید درصد ظهور حشرات کامل زنبور کمتر بود امکان دارد این امر به علت نفوذ حشره کش‌ها از منافذ پوستی پوره‌های پسیل به کوتیکول بدن زنبور باشد که منجر به مرگ پارازیتوئید داخل بدن میزبان شده است. استفاده از پارازیتوئید با آفت‌کش‌های کونفیدور و موونتو و استفاده از

پارازیتوئید به تنهایی منجر به ثابت ماندن جمعیت شته نسبت به جمعیت اصلی بوده است لذا افزایش جمعیتی صورت نگرفته است اما در هفته‌های دوم و سوم با افزایش اندک جمعیت مواجه بودیم. نتایج این پژوهش را می‌توان در سطح کاربردی چنین بیان نمود که هم‌زمان با حضور آفت دشمنان طبیعی این آفت نیز شروع به فعالیت می‌کنند. در این بازه زمانی نوع آفت‌کش مصرفی نقش بسزایی در حفاظت و حمایت از جمعیت دشمنان طبیعی به ویژه زنبورهای پارازیتوئید را دارد. این در حالی است که در پژوهش حاضر بیشترین میزان بازدارندگی زنبور در پارازیتیسیم شته مومی کلم را آفت‌کش بنویا داشته و کمترین مقدار در آفت‌کش موونتو و کونفیدور مشاهده شد. بدین مفهوم که این دو آفت‌کش چه از نظر درصد مومیایی‌هایی که همراه با خروج حشرات کامل بوده است و چه از نظر حشرات کامل زنبور پارازیتوئید خارج شده، اثر بازدارندگی روی میزان پارازیتیسیم زنبور نداشته است. بین آفت‌کش بنویا و شاهد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بنابراین بنویا اثر بازدارنده داشته است. با نگرش به اینکه بنویا یک آفت‌کش مورد استفاده برای آفات جونده و مکنده است. نتایج این پژوهش نشان داد که این آفت‌کش برای بید کلم نیز موثر و دارای کارایی بالایی است. استفاده از این آفت‌کش برای مبارزه با بید کلم روی گیاه کلم می‌تواند روی زنبور پارازیتوئید شته مومی کلم اثر داشته باشد. بدست آمدن این نتیجه از اهداف اصلی این پژوهش است و به عنوان اثر غیر هدف تعریف شده است. اثر آفت‌کش موونتو روی پارامترهای جدول زندگی دشمن طبیعی بیشتر از آفت‌کش کونفیدور بود. این نتایج نشان می‌دهد که آفت‌کش موونتو اثرات ماندگار و دراز مدت دارد. دو آفت‌کش کونفیدور و موونتو به ترتیب بازدارنده رشد جمعیت شته مومی کلم بوده و اثرات بازدارندگی آن‌ها روی زنبور پارازیتوئید نیز کمتر از بنویا است. بنابراین به عنوان یک حاشیه امن برای زنبور پارازیتوئید محسوب می‌شود. کاربرد موونتو با زنبور پارازیتوئید سبب افزایش کارایی کنترل شد (جدول ۷).

در پژوهشی دیگر سموم گیاهی پالیزین به تنهایی و همراه با روغن گیاهی سیترال پلاس در کنترل شته مومی کلم حدود ۶۱ درصد تلفات سه روز پس از محلول پاشی ایجاد کرده و فراورده نیم ازال کارایی چندانی در کنترل نداشته است (Seyedi-Sahebani, et al., 2021). استفاده از ترکیب موونتو و عصاره متانولی شوید ۹۱/۲۶ در- صد تلفات روی جمعیت پوره‌های پسیل پسته ایجاد کرده است (Karamoozian, et al., 2021). استفاده از کونفیدور با دوز مصرف نیم لیتر در هکتار روی شته مومی کلم در کلزا ۳۵ درصد تلفات ایجاد کرده است (Karimzadeh, et al., 2025). موونتو هم‌چنین توانسته است تحمل سرمایی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به عنوان یک آفت مکنده را کاهش دهد (Dehshiri, et al. 2023). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آفت‌کش کونفیدور بر فعالیت پارازیتیسیم زنبور دیادگما اثر بازدارندگی داشته است در حالی که روی زنبور

راهکاری مؤثر برای مدیریت پایدار آفات به‌ویژه بید کلم مطرح شده است

سپاسگزاری

این پژوهش با کمک دانشگاه آدلاید کشور استرالیا در طول فرصت مطالعاتی و راهنمایی و مشاورت دکتر مریم یزدانی و مرکز تحقیقات کشاورزی جنوب استرالیا^۱ حمایت مالی و آزمایشگاهی و معنوی شده است که سپاسگزاری می‌شود. از دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان به‌خاطر پشتیبانی مالی و اداری برای این فرصت مطالعاتی سپاسگزاری می‌شود.

پارازیتوئید شته مومی کلم اثر بازدارنده نداشته است و این نشان می‌دهد که کاربرد آفت کش مونو برای کنترل شته مومی کلم می‌تواند اثر بازدارنده روی زنبور پارازیتوئید بید کلم داشته باشد و به عنوان یک اثر زیانبار غیر هدف برای آن محسوب می‌شود. آفت کش مونو برای کنترل آفت DBM دارای کارایی مناسب نیست. برای ایجاد یک رویکرد جامع و پایدار در کنترل بید کلم، استفاده از مدیریت یکپارچه آفات (IPM) امری ضروری و مؤثر است. این رویکرد شامل ترکیب چندین روش مختلف کنترل آفات، از جمله کنترل زیستی، تکنیک‌های زراعی، حشره‌کش‌های گیاهی، مقاومت میزبان و استفاده هدفمند از ترکیبات شیمیایی می‌باشد. (Paudel et al., 2022)

استفاده از IPM به‌ویژه در مواجهه با چالش‌هایی نظیر مقاومت به حشره‌کش‌ها و سوءاستفاده مکرر از این ترکیبات شیمیایی، به‌عنوان

References

1. Abro, G.H., Soomro, R.A., & Sayed, T.S. (1992). Biology and behavior at *Plutella xylostella*. *Pakistan Journal of Zoology*, 24, 7-10.
2. Afiunizadeh, M., Karimzadeh, J., & Shojai, M. (2011). Naturally-occurring parasitism of diamondback moth in central Iran. The 6th International Workshop on Management of the Diamondback Moth and Other Crucifer Insect Pests, 21-25 March, Thailand, pp. 93-96.
3. Afiunizadeh, M., & Karimzadeh, J. (2015). Assessment of naturally-occurring parasitism of diamondback moth in field using recruitment method. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48, 43-49. <https://doi.org/10.1080/03235408.2014.882113>
4. Ahmadi, F., Ghadamyari, M., and Khani1, A. (2010). Biochemical effects of abamectin and imidacloprid on *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col., Coccinellidae). *19th Iranian Plant Protection Congress*, 31 July-3 August 2010, 193p
5. Ahmad M., & Akhtar S. (2013). Development of insecticide resistance in field populations of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) in Pakistan. *Journal of Economic Entomology*, 106, 954-958. <https://doi.org/10.1603/EC12233>
6. Ahmad, S.K., Ali, A. & Rizvi, P.Q. (2008). Influence of varying temperature on the development and fertility of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) on cabbage, *Asian Journal of Agricultural Research*, 2, 25-31. <https://doi.org/10.3923/ajar.2008.25.31>
7. Amini Jam, N. and Kabiri Dehkordi, S. (2018). Effects of spirotetramat, acetamiprid, pirimicarb and flonicamid on parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym.: Braconidae) under laboratory conditions N. *Plant Pest Research*, 8(2), 67-81
8. Azod F, Shahidi-Noghabi Sh, Mahdian K. (2019). The impact of the pesticides abamectin and spirotetramat on biological parameters of the coccinellid predator *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) via egg exposure. *Pistachio and Health Journal*. 2 (1), 62-70.
9. Baidoo P.K., & Adam J.I. (2012). The effects of extracts of *Lantana camara* (L.) and *Azadirachta indica* (A. Juss) on the population dynamics of *Plutella xylostella*, *Brevicoryne brassicae* and *Hellula undalis* on cabbage. *Sustainable Agriculture Research*, 1, 229-234. <https://doi.org/10.5539/sar.v1n2p229>
10. Biever, K.D. (1996). Development and use of a biological control-IPM system for insect pests of crucifers. In: Sivapragasam, A., Loke, W. H., Hussan, A. K. and Lim, G. S. (Eds), *The management of diamondback moth and other crucifer pests. Proceedings of the Third International Workshop*, 29 October - 1 November, Kuala Lumpur, Malaysia, Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), 257-261.
11. Bishop, B. (1996). We should develop and release pesticide resistant natural enemies. *American Entomologist*, 3, 167-168.
12. Blackman, R.L., & Eastop, V.F. (1984). *Aphids on the World's Crops*. An identification and information guide. Published by John Wiley & Sons, Ltd .30 pages
13. Carter, C.C., & Sorensen, K.A. (2013). Insect and related pests of vegetables. Cabbage and turnip aphid. Center for Integrated Pest Management. North Carolina State University, Raleigh, N.C.
14. Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rate among individuals. *Environmental Entomology*, 17, 26-34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>
15. Chi, H. (1990). Timing of Control Based on the Stage Structure of Pest Populations: A Simulation Approach.

- Journal of Economic Entomology*, 83, 1143-1150. <https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1143>
16. Chi, H. (2018). TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart.zip>.
17. Chi, H., & H., Liu. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica*, 24, 225-240.
18. Croft, B. A. (1990). Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley and Sons Inc., New York, 723 p. <https://doi.org/10.1017/s000748530005080x>
19. Dehshiri, A., Izadi, H. and Alizadeh, A. (2023). Toxicity and Physiological Effects of Spirotetramat, Flonicamid, and Lambda-cyhalothrin against Fifth Instar Nymphs of *Agonosca pistaciae*. *Journal of Pistachio Science and Technology*, 8, 14, 1-16
20. Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual review of entomology*, 52, 81–106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
21. Diaz-Gomez, O., Rodriguez, J., Shelton, A.M., Lagunes A., & Bujanos, R. (2000). Susceptibility of *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae) population in Mexico to commercial formulations of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Economic Entomology*, 93, 963-970. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.963>
22. Erfani Nategh M., Mahdian, K. and Izadi, H. (2022) Effects of acetamiprid, spirotetramat and sulfur on biological parameters of the predatory Coccinellid *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae). *Journal of Pistachio Science and Technology*, 8, 14, 51-81
23. Fleshner, C. A., & Scriven, G. T. (1957). Effect of soil-type and DDT on ovipositional responses of *Chrysopa californica* on lemon. *Journal of Economic Entomology*, 50(2), 221-222. <https://doi.org/10.1093/jee/50.2.221a>
24. Furlong, M.J., Wright, D.J. & Dosdall, L. M. (2013). Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress, and Prospects. *Annual Review of Entomology*, 58, 517-541. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153605>
25. Gabrys, B.J., Gadomski, H.J., Klukowski, Z., Pickett, J.A., Sobota, G.T., Wadhams, L.J., & Woodcock, C.M. (1997). Sex pheromone of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*: identification and field trapping of male aphids and parasitoids. *Journal of Chemical Ecology*, 23, 1881-1890. <https://doi.org/10.1023/b:joec.0000006457.28372.48>
26. Gols, R. & Harvey, J.A. (2009). The effect of host developmental stage at parasitism on sex-related size differentiation in a larval endoparasitoid. *Ecological Entomology*, 34, 755-762. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2009.01130.x>
27. Goodman, D. 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *American Naturalist*, 119, 803–823. <https://doi.org/10.1086/283956>
28. Harcourt, D. G. 1969. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. *Annual Review of Entomology*, 14, 175–196.
29. Hafez, H. 1961. Seasonal fluctuations of population density of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.), in the Netherlands, and the role of its parasite, *Diaeretiella rapae* (M. Intosh). *Tij Plantenziekten* 67: 445-548
30. Harcourt, D.G. (1960). Biology of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curtis) (Lepidoptera: Plutellidae), in eastern Ontario. III. Natural enemies. *Canadian Entomologist* 92, 419–428.
31. Harcourt, D.G. (1963). Major mortality factors in the population dynamics of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curtis) (Lepidoptera: Plutellidae). In: Population dynamics of agricultural and forest pests. LeRoux, E. J. (eds.). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 95(32), 55–66.
32. Harcourt, D.G. (1986). Population dynamics of the diamondback moth in southern Ontario. In: Talekar, N. S. and Griggs T. D. (eds.). *Diamondback moth management*. Proceedings of the First International Workshop, Tainan, Taiwan, 11–15 March 1985. Shanhua, Taiwan. The Asian Vegetable Research and Development Center. <https://doi.org/10.1017/s0007485300041900>
33. Hardy, J.E. (1938). *Plutella maculipennis* (Curtis), its natural and biological control in England. *Bulletin of Entomological Research*, 29, 343-372. <https://doi.org/10.1017/s0007485300026274>
34. Hill, T.A. & Foster, R.E. (2000). Effect of Insecticides on the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) and Its Parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Economic Entomology*, 93(3), 763-768. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.763>
35. Hines, R.L., & Hutchison, W.D. (2013). Cabbage aphids. VegEdge, vegetable IPM resource for the Midwest. *University of Minnesota, Minneapolis, MN*. (2 October 2013)
36. Huang, Y, Chi, H. 2012. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. *Insect Science*, 19, 263–273. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2011.01424.x>
37. Karamoozian, M., Pahlavan Yali, M. and Ahmadi K. (2021) Combination effect of spirotetramate and biological and non-biological compounds on some chemical attributes of pistachio leaves and *Agonosca pistacia* population. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 10(3), 51-61
38. Karimzadeh, R., Tabatabaie, E., Hejazi, M and Behmaram, S. (2025) Using drone for chemical control of cabbage

- aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae) in canola fields. *Journal of Entomological Society of Iran*, 45 (1), 75–85. <https://doi.org/10.61186/jesi.45.1.6>
39. Kfir, R. (1998). Origin of the Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Annals of Entomological Society of America*, 91, 164-167. <https://doi.org/10.1093/aesa/91.2.164>
40. Khatri, D., Wang, Q. & He, X.Z. (2008). Development and reproduction of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) on diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *New Zealand Plant Protection*, 61, 322-327.
41. Kibrom, G, Kebede, K, Weldehaweria, G, Dejen, G, Mekonen, S, Gebreegziabher & E. Nagappan R. (2012). Field evaluation of aqueous extract of *Melia azedarach* Linn. seeds against cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* Linn. (Homoptera: Aphididae), and its predator *Coccinella septempunctata* Linn. (Coleoptera: Coccinellidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45, 1273-1279. <https://doi.org/10.1080/03235408.2012.673260>
42. Lawrence, P. O., Kerr, S. H., & Whitcomb, W. H. (1973). *Chrysopa rufilabris*. Effect of selected pesticides on duration of third larval stadium, pupa stage and adult survival. *Environmental Entomology*, 2(3), 477-480. <https://doi.org/10.1093/ee/2.3.477>
43. Lee, J.C., Carrillo, M.A., & Hutchison, W.D. (2004). *Diadegma insulare*. Department of Entomology, University of Minnesota. <https://vegedge.umn.edu/beneficial-insect-profiles/diadegma-insulare> . <https://doi.org/10.1079/cabicompndium.18665>
44. Lee, J.C., Heimpel, G.E., & Leibe, G.L. (2004). Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 111(3), 189–199.
45. Lim, G.S. (1986). Biological control of diamondback moth. In: *Diamondback moth management*. Talekar, N. S. and T. D. Griggs (eds.). Proceedings of the First International Workshop, Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC), Shanhua, Taiwan. pp. 159-171.
46. Lim, G.S., Sivapragasan, A., & Ruwaida, M. (1986). Impact assessment of *Apanteles plutellae* on diamondback moth using an insecticide-check method. In: Talekar, N. S. and Griggs T. D., (eds.) *Diamondback moth management*. Proceedings, First International Workshop at Asian Vegetable Research and Development Center, 11-15 March 1985, Shanhua, Taiwan. pp. 195-204. <https://doi.org/10.59852/tpe-a502v17i2>
47. Liu, M.Y., Tzeng, Y.J., & Sun, C.N. (1982). Insecticide resistance in the diamondback moth. *Journal of Economic Entomology*, 75, 153-155. <https://doi.org/10.1093/jee/75.1.153>
48. Liu, T.X., Sparks, A. N. J. R., & Chen, W. (2003). Toxicity, persistence and efficacy of indoxacarb and two other insecticides on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) immatures in cabbage. *International Journal of Pest Management*, 49, 235-241. <https://doi.org/10.1080/0967087031000101070>
49. Liu, Y.B., Tabashnik, B.E., Moar, W.J. & Smith, R.A. (1998). Synergism between *Bacillus thuringiensis* Spores & Toxins against Resistant and susceptible Diamondback moth (*Plutella xylostella*). *Applied and Environmental Microbiology*, 64(4), 1385-1389. <https://doi.org/10.1128/aem.64.4.1385-1389.1998>
50. Marsh, H.O. (1917). Life history of *Plutella maculipennis*, the diamondback moth. *Journal of Agriculture Research*, 10, 1-10.
51. Martinou A. F., Seraphides, N., & Stavrinides, M.C. (2014) Lethal and behavioral effects of pesticides on the insect predator *Macrolophus pygmaeus*. *Chemosphere*, 96, 167-173. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.024>
52. Maynard, D.N. & Hochmuth, G.J. (2007). *Knott's handbook for vegetable growers*. John Wiley & Sons, Inc, 1-53pp.
53. Mekuaninte, B., Yemataw, A., Alemseged, T., & Nagappan, R. (2011). Efficacy of *Melia azadarach* and *Mentha piperata* plant extracts against cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). *World Applied Science Journal*, 12, 2150-2154. <https://doi.org/10.4314/sinet.v44i1.3>
54. Natwick, E.T. (2009). Cole crops: Cabbage aphid. UC Pest Management Guidelines. *University of California Agriculture & Natural Resources*. (5 September 2019)
55. Nazari, M., Shahidi Noghabi, S., & Mahdian, K. (2016). Effects of pyriproxyfen and imidacloprid on mortality and reproduction of *Menochilus sexmaculatus* (Coleoptera: Coccinellidae), predator of *Agonosceia pistaciae*. *Journal of Crop Protection*, 5(1), 89-98. <https://doi.org/10.18869/modares.jcp.5.1.89>
56. Ndakidemi, B., Mtei K., & Ndakidemi, P. A. (2016) Impacts of Synthetic and Botanical Pesticides on Beneficial Insects. *Agricultural Sciences*, 7(6), 365-372. <https://doi.org/10.4236/as.2016.76038>
57. Opfer, P., & McGrath, D. (2013). Oregon vegetables, cabbage aphid and green peach aphid. Department of Horticulture. Oregon State University, Corvallis, OR. (2 October 2013)
58. Paudel, A., Yadav, P. K., & Karna, P. (2022). Diamondback Moth *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae); A Real Menace To Crucifers And Its Integrated Management Tactics. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(12), 2504–2515. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i12.2504-2515.5231>
59. Rossbach, A., Löhr, B. & Vidal, S. (2006). Parasitism of *Plutella xylostella* feeding on a new host plant.

- Environmental entomology*, 35, 1350-1357. <https://doi.org/10.1093/ee/35.5.1350>
60. Rugno, G.R., and Qureshi, J. (2024). Topical and field-tested residual effects of globally used insecticides on the parasitoid *Tamarixia radiata* released against the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 172 (1), 66-74. <https://doi.org/10.1111/eea.13381>
61. Rumschlag, S. L., Halstead N. T., Hoverman J. T., Raffle T. R., Carrick H. J., Hudson P. J., & Rohra J. R., (2019). Effects of Pesticides on Exposure and Susceptibility to Parasites can be Generalized to Pesticide Class and Type in Aquatic Communities. *Ecology letters*. 22(6), 962–972. <https://doi.org/10.1111/ele.13253>
62. Sánchez-Bayo, F. (2021). Indirect Effect of Pesticides on Insects and Other Arthropods. *Toxics*. 9, 177. <https://doi.org/10.3390/toxics9080177>
63. Sarfraz, M., Keddie, A.B. & Dosdall, L.M. (2005) Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: a review. *Biocontrol Science and Technology*, 15, 763-789. <https://doi.org/10.1080/09583150500136956>
64. Talebi Jahromi, K. H., (2011). Pesticides toxicology. Tehran University press.
65. Shelton, A.M. Nault, B.A 2004. Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Protection*, 23, 497–503
66. Seyed-Sahebari F., Shirazi J., Mohajer A. and Taghizadeh M. (2021) Control of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on oilseed rape using none chemical products in East Azerbaijan province. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 10(2), 63-69
67. Shi, Z.H., Li, Q.B. & Li, X. (2004). Interspecific competition between *Diadegma semiclausum* Hellén (Hym., Ichneumonidae) and *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hym., Braconidae) in parasitizing *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae). *Journal of Applied Entomology*, 128, 437–444. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00869.x>
68. Smith, D., Harris, M.K. & Liu, T.X. (2002). Adoption of pest management practices by vegetable growers: a case study. *American Entomologist*, 48, 236-242. <https://doi.org/10.1093/ae/48.4.236>
69. Talekar, N.S. & Shelton, A.M. (1993). Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology*, 38, 275-301. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001423>
70. Wang, X.G., & Keller, M.A. (2002). A comparison of the host-searching efficiency of two larval parasitoids of *Plutella xylostella*. *Ecological Entomology*, 27, 105-114. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.0374a.x>
71. Xu, J.X., Shelton, A.M. & Cheng, X.N. (2001). Variation in susceptibility of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) to permethrin. *Journal of Economic Entomology* 94, 541-546. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.2.541>
72. Yang, J.C., Chu, Y.I. & Taleker, N.S. (1993). Biological studies of *Diadegma semiclausum* (Hym.: Ichneumonidae), a parasite of diamondback moth. *Entomophaga*, 38, 579-586. <https://doi.org/10.1007/bf02373092>