



Scientific article

Evaluation of the effects of deltamethrin, fenitrothion and matrine insecticides on seven-spot ladybird *Coccinella septempunctata* under laboratory conditions

REIHANEH BARATI[✉]

Assistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran, Iran

(Received: November 2024; Accepted: February 2025)

Abstract

Insecticides may inadvertently impact non-target insects. The effects of some insecticides on the pupae and adults of seven-spot ladybird *Coccinella septempunctata* was evaluated in this study. The experiment was conducted in a completely randomized design with eleven treatments and three replications, under laboratory conditions at a temperature of $24 \pm 2^\circ\text{C}$, relative humidity of 50-60%, and a photoperiod of 16:8 (light: dark). The treatments included the insecticides fenitrothion (0.5, 1, and 2 ml/L), deltamethrin (0.15, 0.3, and 0.7 ml/L), matrine (0.7, 1, 1.5, and 2 ml/L), and a control (water). The recommended field rate of the insecticides for fenitrothion, deltamethrin, and matrine on wheat pests are 2, 0.75, and 1.5 ml/L, respectively. The results showed that, deltamethrin and fenitrothion caused 100% mortality at all concentration, whereas matrine caused no mortality for adults. For pupae, deltamethrin induced 100% mortality; fenitrothion caused mortality rates of 100%, 82.2%, and 50% at concentrations of 2, 1, and 0.5 ml/L, respectively and matrine caused over 81% mortality at the highest concentration, placing it in the moderately harmful group. These results highlight the need to avoid using deltamethrin and fenitrothion during the population peak of *C. septempunctata*, also to avoid increasing the concentrations of fenitrothion and matrine.

Keywords: Biological control, Botanical insecticides, pesticides, seven-spot ladybird

DOI: <http://doi.org/10.22092/jaep.2025.367517.1532>

✉ r.barati@iripp.ir; matin.barati88@gmail.com

©2025, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر حشره کش های دلتامترین، فنیتروتیون و ماترین روی کفشدوزک هفت نقطه ای
Coccinella septempunctata در شرایط آزمایشگاه

ریحانه براتی

استادیار، مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۳)

چکیده

حشره کش ها می توانند اثرات ناخواسته ای بر حشرات غیرهدف داشته باشند. در این پژوهش، اثر چند حشره کش بر حشرات کامل و شفیره های کفشدوزک هفت نقطه ای *Coccinella septempunctata* بررسی شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با یازده تیمار و سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی با دمای 24 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰-۵۰ درصد و دوره ی نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) انجام شد. تیمارها شامل حشره کش های فنیتروتیون (۰/۵، ۱ و ۲ در هزار)، دلتامترین (۰/۱۵، ۰/۳ و ۰/۷۵ در هزار)، ماترین (۰/۷۵، ۱ و ۱/۵ در هزار) و شاهد (آب) بودند. غلظت توصیه شده فنیتروتیون، دلتامترین و ماترین برای آفات گندم به ترتیب برابر ۲، ۰/۷۵ و ۱/۵ در هزار می باشد. حشرات بالغ در هر سه غلظت دلتامترین و فنیتروتیون تلفات ۱۰۰ درصدی داشتند، اما ماترین تلفاتی ایجاد نکرد. در مورد شفیره ها، دلتامترین ۱۰۰ درصد تلفات ایجاد کرد: فنیتروتیون در غلظت های ۲، ۱ و ۰/۵ در هزار به ترتیب سبب تلفات ۱۰۰، ۸۲/۲ و ۵۰ درصدی شد و ماترین در بالاترین غلظت با ایجاد بیش از ۸۱ درصد تلفات، در گروه نسبتاً زیان آور قرار گرفت. این نتایج، بر لزوم اجتناب جدی از کاربرد دلتامترین و فنیتروتیون در زمان اوج جمعیت کفشدوزک هفت نقطه ای و همچنین پرهیز از افزایش غلظت مصرفی فنیتروتیون و ماترین تأکید می نماید.

واژه های کلیدی: آفت کش ها، حشره کش های گیاهی، کفشدوزک هفت نقطه ای، کنترل بیولوژیک

مقدمه

برای کاربرد یا حفاظت از دشمنان طبیعی به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک در مدیریت تلفیقی آفات، باید به اثرات سوء آفت‌کش‌های شیمیایی برای این بندپایان مفید توجه شود. کنترل شیمیایی مهم‌ترین ابزار در مدیریت آفات کشاورزی است که اگر به درستی استفاده نشود، علاوه بر آلودگی‌های زیست‌محیطی، سبب ایجاد اثرات نامطلوب روی موجودات غیرهدف می‌شود (Tabebordbar et al., 2020; Serrão et al., 2022). با این حال، مطالعات متعددی نشان داده‌اند که حشره‌کش‌هایی که برای کنترل آفات به‌کار می‌روند اثرات جانبی مختلفی روی دشمنان طبیعی دارند (Tabebordbar et al., 2020; Parsaeyan et al., 2020; Serrão et al., 2022). حشره‌کش‌ها، حتی علف‌کش‌ها (Schmidt-Jeffris & Cutulle, 2019) و قارچ‌کش‌ها (Thomson et al., 2000) نیز می‌توانند اثرات جانبی مختلفی بر دشمنان طبیعی داشته باشند. به‌همین دلیل لازم است تا اثر آفت‌کش علاوه بر موجودات هدف، روی دشمنان طبیعی نیز مطالعه شود تا با شناسایی ترکیبات با اثرات جانبی نامطلوب، کاربرد آن‌ها محدود گردد (Parsaeyan et al., 2020).

یکی از دشمنان طبیعی فعال در مزارع گندم که در معرض اثرات ناخواسته آفت‌کش‌ها قرار دارد، کفشدوزک هفت نقطه‌ای *Coccinella septempunctata* L. (Col.: Coccinellidae) است. کفشدوزک‌ها در سراسر جهان از مؤثرترین گروه‌های دشمنان طبیعی شناخته می‌شوند. کفشدوزک هفت نقطه‌ای حشره‌ای چندخوار است که در اکثر زیست‌بوم‌های کشاورزی یافت می‌شود (Hodek & Michaud, 2008; Hodek et al., 2012). حشرات کامل و لاروها از شکارگرهای طبیعی هستند. در ایران، کفشدوزک هفت نقطه‌ای از مهم‌ترین شکارگرهای عمومی محسوب می‌شود. لاروها و حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای عمدتاً از شته‌ها و شپشک‌ها تغذیه می‌کنند و توانایی جستجوی بالایی دارند. تراکم این حشره حتی در شرایط طبیعی می‌تواند قابل توجه باشد. کفشدوزک هفت نقطه‌ای معمولاً زمان کوتاهی پس از استقرار شته‌ها در محصولات کشاورزی روی

گیاه مستقر می‌شود و می‌تواند در مهار جمعیت آفت مؤثر باشد (Hodek, 1996).

کفشدوزک‌ها قابلیت تغذیه‌ای بالایی دارند. هر کفشدوزک هفت نقطه‌ای می‌تواند در طول عمر خود از صدها شته تغذیه نماید و بنابراین می‌تواند به‌عنوان بخشی از برنامه مدیریت تلفیقی آفات در نظر گرفته شود و نیاز به مصرف آفت‌کش‌ها را کاهش دهد (Mishra & Paul, 2024). کارایی شکارگری هر کفشدوزک هفت نقطه‌ای بالغ حدود ۸۰۰ تا بیش از ۹۰۰ شته گندم *Schizaphis graminum* Rondani است (Saleem et al., 2019). با این حال، مطالعات نشان می‌دهند یکی از بندپایان غیرهدف که در معرض آسیب حشره‌کش‌های شیمیایی قرار دارد، کفشدوزک هفت نقطه‌ای است. کاهش جمعیت این دشمن طبیعی در اثر کاربرد حشره‌کش‌هایی که در مزارع گندم برای کنترل شته‌های گندم (Atta et al., 2021) و سن گندم *Eurygaster integriceps* Puton (Barati et al., 2023) استفاده می‌شوند، سبب افزایش نگرانی‌ها در مورد حذف کفشدوزک هفت نقطه‌ای و برهم خوردن تعادل طبیعی شده است. این درحالی است که اجتناب از اثرات غیر هدف آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی، سنگ بنای کنترل بیولوژیک حفاظتی است (Schmidt-Jeffris, 2023).

حشره‌کش‌های ثبت شده علیه آفات گندم و جو در ایران عمدتاً از گروه ترکیبات فسفره آلی، پیریتروئیدی و تنظیم‌کننده‌های رشد هستند (Nourbakhsh, 2022). در این میان، حشره‌کش‌های دلتامترین و فنیتروتیون علیه سن گندم و ملخ‌های زیان‌آور توصیه شده‌اند و به‌طور رایج در مزارع گندم استفاده می‌شوند. بنابراین، دشمنان طبیعی فعال در مزارع گندم از جمله کفشدوزک هفت نقطه‌ای می‌توانند در معرض اثرات سوء این ترکیبات قرار گیرند. اثرات سوء حشره‌کش‌های فسفره آلی بر شکارگرهای طبیعی از جمله کفشدوزک Guérin-*Hippodamia convergens* Ménéville (Santos et al., 2017) و کفشدوزک *Harmonia axyridis* Pallas (Rasheed et al., 20) و نیز اثر ترکیبات پیریتروئیدی بر دشمنان طبیعی مانند

(You et al., 2022; Skouras et al., 2023; Barati et al., 2023) در مطالعه حاضر، حساسیت مراحل شفیره و حشره کامل این دشمن طبیعی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

لاروهای کفشدوزک هفت نقطه‌ای از مزرعه گندم واقع در شهری، روستای صالح‌آباد با مختصات جغرافیایی $35^{\circ}36'35''$ شمالی $51^{\circ}23'12''$ شرقی جمع‌آوری شدند. حشرات در داخل ظرف‌های پلاستیکی به آزمایشگاه بخش تحقیقات حشره‌شناسی مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور منتقل و سپس در ظرف‌های پلاستیکی با ابعاد $10 \times 15 \times 20$ سانتی‌متر پرورش داده شدند. برای پرورش حشرات از روش Afza et al. (2023) با برخی تغییرات استفاده شد. به‌منظور تأمین تهویه مناسب، روی درب هر ظرف یک منفذ ایجاد و با پارچه توری 80μ مش پوشانده شد. ظرف‌ها در اتاق رشد با دمای $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی $60-50\%$ درصد و دوره نوری ۸ : ۱۶ (تاریکی: روشنایی) نگهداری شدند. هر دو روز یک‌بار داخل هر ظرف یک عدد برگ لوبیا آلوده به شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli قرار داده می‌شد. علاوه بر این، داخل هر ظرف دو پتری پلاستیکی به قطر ۳ سانتی‌متر قرار داده می‌شد که یکی حاوی پنبه خیس و دیگری حاوی پنبه آغشته به محلول آب قند ۱۰ درصد بود. این پنبه‌ها هر دو روز یک‌بار تعویض می‌شدند. کف ظرف‌ها با دستمال کاغذی پوشانده می‌شد. پس از تخم‌گذاری حشرات کامل، دستمال‌های حاوی تخم به‌ظرف جدید منتقل می‌شدند. این تخم‌ها برای همسن‌سازی حشرات مورد استفاده قرار می‌گرفتند.

بررسی اثر حشره‌کش‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۱ تیمار (جدول ۱) و سه تکرار در شرایط آزمایشگاه انجام شد. اثرات کشندگی غلظت توصیه شده هر کدام از حشره‌کش‌های دلتامترین (0.075% در هزار) و فنیتروتیون (2% در هزار) همراه با دو غلظت

Cardiochiles nigriceps Viereck، *Bracon mellitor* Say، *Cotesia marginiventris*، *Coleomegilla maculata* De Geer، *Cresson*، *Geocoris punctipes* Say و *H. convergens* (Tillman, & Mulrooney, 2000) و نیز کفشدوزک‌های خانواده Coccinellidae (Fritz et al., 2013) گزارش شده است. این ترکیبات می‌توانند روی مراحل رشدی مختلف کفشدوزک هفت نقطه‌ای نیز اثرات ناخواسته‌ای داشته باشند (Bozsik, 2006).

حشره‌کش ماترین نیز از ترکیبات ثبت شده برای مدیریت آفات گندم و جو است که علیه سوسک برگ‌خوار غلات *Oulema melanopus* L. در کشور به ثبت رسیده است (Barati et al., 2023). ماترین یک حشره‌کش گیاهی از عصاره گیاه تلخ بیان *Sophora flavescens* Aiton و متعلق به تیره بقولات Fabaceae است که دارای اثرات حشره‌کشی است (Wang et al., 2012). ترکیبات گیاهی منبع ارزشمندی از مواد فعال زیستی هستند که می‌توانند به‌عنوان جایگزین آفت‌کش‌های شیمیایی باشند (Kim et al., 2005). اگرچه حشره‌کش‌های گیاهی معمولاً سازگاری بیشتری با زیست‌بوم‌ها دارند، اما لزوماً برای بندپایان مفید ایمن نیستند (Barati et al., 2016). مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که ترکیبات و عصاره‌های گیاهی می‌توانند اثرات کشنده و غیرکشنده بر جمعیت دشمنان طبیعی داشته باشند (Tunca et al., 2012). با این حال، مطالعات پیرامون اثرات سوء ماترین بر دشمنان طبیعی محدود است.

در زمان انجام سم‌پاشی‌های رایج در مزارع گندم معمولاً جمعیت قابل توجهی از دشمنان طبیعی به‌ویژه کفشدوزک هفت نقطه‌ای در مزارع فعال هستند. به‌منظور درک بهتر اثرات احتمالی آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی، در مطالعه حاضر اثرات کشندگی حشره‌کش‌های شیمیایی دلتامترین و فنیتروتیون و ترکیب گیاهی ماترین بر جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. از آن‌جا که بیشتر منابع موجود بر ارزیابی اثرات آفت‌کش‌ها بر مرحله لاروی کفشدوزک هفت نقطه‌ای متمرکز بوده‌اند

سطح به‌طور یکنواخت تیمار شود. پس از خشک شدن محلول حشره‌کش در دمای اتاق، درب پتری‌ها بسته شده و به اتاق رشد با شرایط ذکر شده در بالا منتقل می‌شدند. نتایج مرگ و میر حشرات کامل پس از ۴۸ ساعت و نتایج مرگ و میر شفیره‌ها پس از ۷۲ ساعت ثبت می‌شد (Saleem *et al.*, 2019). شفیره‌های چروکیده، سیاه و خشک که حشره‌ای از آنها خارج نمی‌شد، مرده در نظر گرفته می‌شدند. حشرات کامل در صورتی که پس از تحریک با قلم‌مو قطعات دهانی یا بخش‌های شکمی خود را حرکت نمی‌دادند، مرده در نظر گرفته می‌شدند (Bozsik, 2006).

تجزیه و تحلیل آماری

پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس صورت گرفت. مقایسه میانگین درصد مرگ و میر شفیره‌ها و حشرات کامل با استفاده از آزمون Tukey-HSD در سطح احتمال $P \leq 0.05$ انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷/۰ (IBM Corp., 2020) تجزیه شدند. حشره‌کش‌ها طبق استانداردهای سازمان بین‌المللی کنترل زیستی (IOBC) و بر مبنای درصد مرگ و میر ایجاد شده برای هر کدام از مراحل زیستی مورد مطالعه، در چهارگروه شامل بی‌ضرر (کمتر از ۳۰ درصد)، کمی زیان‌آور (۳۰ تا ۷۹ درصد)، نسبتاً زیان‌آور (۸۰ تا ۹۹ درصد) و زیان‌آور (بیش از ۹۹ درصد) طبقه‌بندی شدند (Hassan *et al.*, 1985).

کمتر، روی حشره کامل و شفیره کفشدوزک ارزیابی شد. با توجه به اینکه ماترین در غلظت‌های ۲ و ۱/۵ در هزار به‌ترتیب برای کنترل پروانه پشت الماسی *Plutella xylostella* L. و سوسک برگ‌خوار غلات توصیه شده است، و نیز اطلاعات موجود در مورد اثرات جانبی این ترکیب محدود است، اثرات چهار غلظت ۱/۷۵، ۱، ۱/۵ و ۲ در هزار بررسی شد. در آزمایش حشرات کامل، پس از تهیه محلول هر حشره‌کش، هر دو قسمت کف و درب ظرف پتری شیشه‌ای به قطر ۶ سانتی‌متر با محلول حشره‌کش آغشته می‌شد (Stanley *et al.*, 2016). برای این منظور، مقدار یک میلی‌لیتر از محلول حشره‌کش با استفاده از نمونه‌بردار ۱۰۰-۱۰۰۰ میکرولیتری داخل پتری ریخته می‌شد. پس از خشک شدن پتری‌ها در دمای اتاق، حشرات کامل به ظروف پتری منتقل می‌شدند. داخل هر ظرف پتری پنبه آغشته به آب قند ۱۰ درصد قرار داده می‌شد. سپس ظروف پتری به اتاق رشد با دمای 24 ± 2 ، رطوبت نسبی ۶۰-۵۰ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (تاریکی: روشنایی) منتقل می‌شدند. در آزمایش شفیره، از روش محلول‌پاشی استفاده شد. به این صورت که شفیره‌ها داخل ظرف پتری شیشه‌ای قرار داده شده و با استفاده از سم‌پاش دستی تیمار می‌شدند. برای یکنواختی در پاشش همه تیمارها، سم‌پاش در فاصله حدوداً ۲۰ سانتی‌متری و با زاویه ۴۵ درجه نگه داشته می‌شد. پاشش‌ها در شرایط محیطی ثابت انجام می‌شد و هر پتری ۵ مرتبه با قطرات ریز پاشش می‌شد تا تمام

جدول ۱- مشخصات و غلظت حشره‌کش‌های مورد استفاده

Table 1. Characteristics and concentrations of insecticides used

Treatment	Formulation	Concentration (ml/L)	Commercial name	Company, country
Matrine	0.6 SL	2.0	Rui Agro	Inner Mongolia Kingbo Biotech Co Ltd, China
		1.5*		
		1		
		0.75		
Fenitrothion	50 EC	2*	Fenitrothion	Gyah Corporation, Iran
		1		
		0.5		
Deltamethrin	2.5 EC	0.75*	Deltamethrin	Gyah Corporation, Iran
		0.3		
		0.15		
Control	Water	-	-	-

* Recommended field rate for wheat pests

نتایج

اثر حشره‌کش‌های مورد مطالعه بر مرحله شفیره کفشدوزک هفت

نقطه‌ای

نتایج تجزیه واریانس میانگین درصد مرگ و میر شفیره‌های کفشدوزک در اثر قرار گرفتن در معرض حشره‌کش‌های مورد آزمایش، در (جدول ۲) ارائه شده است. بر این اساس، تفاوت تیمارهای مختلف در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین درصد مرگ و میر شفیره‌های کفشدوزک هفت نقطه‌ای در اثر تیمارهای مختلف در (جدول ۳) ارائه شده است. دلتامترین بیشترین اثرات سوء را روی شفیره کفشدوزک نشان داد. این حشره‌کش در غلظت توصیه شده و نیز غلظت‌های کمتر از آن سبب مرگ و میر ۱۰۰ درصدی شفیره‌های کفشدوزک شد و در گروه زیان‌آور قرار گرفت. مرگ

و میر ناشی از فنیتروتیون برای شفیره‌ها وابسته به غلظت مورد استفاده بود. با افزایش غلظت فنیتروتیون، مرگ و میر در شفیره‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری که در غلظت توصیه شده سبب تلفات ۱۰۰ درصدی شد. این حشره‌کش فسفره در غلظت‌های ۱، ۲ و ۵/۰ در هزار به‌ترتیب در گروه‌های زیان‌آور، نسبتاً زیان‌آور و کمی زیان‌آور قرار گرفت. در مورد حشره‌کش ماترین، سمیت برای شفیره‌ها به‌شدت وابسته به غلظت مورد استفاده بود، به‌طوری که تفاوت درصد تلفات ناشی از چهار غلظت مورد مطالعه از یکدیگر معنی‌دار بود. ماترین ۲ در هزار با ایجاد تلفات بیش از ۸۱ درصدی در گروه نسبتاً زیان‌آور قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری با فنیتروتیون ۱ در هزار نداشت. با کاهش غلظت، میزان تلفات نیز کاهش یافت تا جایی که ماترین ۷۵/۰ در هزار برای شفیره کفشدوزک بی‌خطر بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین درصد مرگ و میر شفیره‌های کفشدوزک هفت نقطه‌ای در اثر تیمارهای مورد مطالعه

Table 2. Variance analysis of mean percentage of Ladybird pupa mortality due to the studied treatments

Source of variation	Sum of squares	df	Mean square	F-value	p-value
Between groups	47720.006	10	4772.001	275.222	≤ 0.0001
Within groups	381.452	22	17.339		
Total	48101.458	32			

جدول ۳- میانگین ($\pm$ SE) درصد مرگ و میر شفیره‌های کفشدوزک هفت نقطه‌ای در اثر تیمارهای مختلف و گروه‌بندی حشره‌کش‌ها بر مبنای روش IOBCTable 3. Mean ($\pm$ SE) percentage of the Ladybird pupal mortality after exposure to different treatments and grouping of the insecticides based on IOBC method

Treatments (concentration ml/L)	Mean $\pm$ SE [†]	IOBC classifications
Deltamethrin (0.75)*	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Deltamethrin (0.3)	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Deltamethrin (0.15)	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Fenitrothion (2)*	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Fenitrothion (1)	82.22 $\pm$ 1.11 b	Group 3- moderately harmful
Fenitrothion (0.5)	50.0 $\pm$ 2.88 c	Group 2- slightly harmful
Matrine (2)	81.11 $\pm$ 1.11 b	Group 3- moderately harmful
Matrine (1.5)*	44.66 $\pm$ 5.7 c	Group 2- slightly harmful
Matrine (1)	27.0 $\pm$ 4.50 d	Group 1- harmless
Matrine (0.75)	0 e	Group 1- harmless
Control	0 e	-

* Recommended field rate for wheat pests

[†] Different lowercase letters indicate statistically significant differences (Tukey-HSD; $P \leq 0.05$).

اثر حشره‌کش‌های مورد مطالعه بر حشره کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای

میانگین درصد مرگ و میر حشرات کامل کفشدوزک تحت تأثیر تیمارهای مختلف در (جدول ۴) ارائه شده است. این بررسی نشان داد که حشره‌کش‌های دلتامترین و فنیتروتیون به‌شدت برای حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای کشنده

هستند. دلتامترین و فنیتروتیون در هر سه غلظت مورد مطالعه سبب مرگ و میر ۱۰۰ درصدی حشرات کامل شدند و در گروه حشره‌کش‌های مضر قرار گرفتند. این در حالی است که حشره‌کش ماترین در هیچ یک از غلظت‌های بررسی شده، سبب مرگ و میر حشرات کامل نشد و بنابراین، در گروه حشره‌کش‌های بی‌خطر دسته‌بندی شد.

جدول ۴- میانگین ($\pm$ SE) درصد مرگ و میر حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای در اثر تیمارهای مختلف و گروه‌بندی حشره‌کش‌ها بر مبنای روش IOBC
Table 4. Mean ($\pm$ SE) percentage of the Ladybird adult mortality after exposure to different treatments and grouping of the insecticides based on IOBC method

Treatments (concentration ml/L)	Mean $\pm$ SE [†]	IOBC classifications
Deltamethrin (0.75)*	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Deltamethrin (0.3)	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Deltamethrin (0.15)	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Fenitrothion (2)*	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Fenitrothion (1)	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Fenitrothion (0.5)	100 $\pm$ 0 a	Group 4- harmful
Matrine (2)	0 b	Group 1- harmless
Matrine (1.5)*	0 b	Group 1- harmless
Matrine (1)	0 b	Group 1- harmless
Matrine (0.75)	0 b	Group 1- harmless
Control	0 b	-

* Recommended field rate for wheat pests

[†] Different lowercase letters indicate statistically significant differences (Tukey-HSD; $P \leq 0.05$).

بحث

آفت‌کش‌ها می‌توانند اثرات ناخواسته بر موجودات غیرهدف داشته باشند. بنابراین، قبل از کاربرد روش‌های مدیریت شیمیایی در کنترل تلفیقی آفات باید از ایمن بودن آفت‌کش‌ها برای دشمنان طبیعی مطمئن شد (Kanzaki & Tanaka, 2010). در مطالعه حاضر برای ارزیابی اثرات جانبی حشره‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم، اثر سه حشره‌کش توصیه شده علیه آفات گندم بر کفشدوزک هفت نقطه‌ای ارزیابی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که حشره‌کش‌های دلتامترین و فنیتروتیون اثرات مخربی بر کفشدوزک هفت نقطه‌ای دارند. این دو حشره‌کش در غلظت توصیه شده مزرعه و حتی در غلظت‌های

کمتر از آن باعث مرگ و میر ۱۰۰ درصدی حشرات کامل شدند و دلتامترین روی سفیره‌ها نیز تلفات ۱۰۰ درصدی ایجاد کرد. بنابراین، دلتامترین برای حشرات کامل و سفیره‌های کفشدوزک زیان‌آور بود. فنیتروتیون هم در تمام غلظت‌ها برای حشرات کامل زیان‌آور بوده و با افزایش غلظت، اثرات آن بر سفیره‌ها تشدید شد. این یافته‌ها تأیید می‌کنند که استفاده بی‌رویه از این حشره‌کش‌ها می‌تواند به‌طور جدی جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای را کاهش داده و تعادل زیستی را در مزارع گندم برهم زند. سمیت دلتامترین برای حشرات کامل و سفیره‌ها مشابه بود. دلتامترین یک حشره‌کش تماسی و گوارشی و یکی از پرمصرف‌ترین ترکیبات پایریتروئیدی در جهان است. محل

هدف اصلی پاپیروئیدها کانال‌های سدیمی پارا در غشای عصبی می‌باشد. پاپیروئیدها با اثر بر این کانال‌ها سبب اختلال در باز و بسته شدن دریچه‌ها می‌شوند. تحریک‌های عصبی مداوم در نهایت منجر به فلج شدن و مرگ حشره می‌شوند (Soderlund, 2010). حساسیت بالای کفشدوزک هفت نقطه‌ای در برابر دلتامترین نشان می‌دهد این ترکیب با سرعت مناسب و به مقدار کافی در کوتیکول حشره نفوذ کرده و به محل اثر حشره‌کش در غشای عصبی رسیده است (Balabanidou et al., 2018). اثرات دلتامترین در کاهش جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. در بررسی انجام شده توسط (Bozsik, 2006)، دلتامترین + هپتینفوس و لامبدا سای هالوترین در شرایط آزمایشگاهی سبب تلفات حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای شده و در گروه نسبتاً زیان‌آور قرار گرفتند. همچنین (Wiles & Jepson, 1995) گزارش کردند کاربرد دلتامترین در غلظت توصیه شده، نصف و یک چهارم این غلظت، به ترتیب سبب تلفات ۱۰۰، ۹۴ و ۳۹ درصدی حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای در مزرعه گندم شده است. در مطالعات انجام شده توسط (Skouras et al., 2023)، بقایای دلتامترین حتی ۲۱ روز پس از تیمار نیز برای لاروهای کفشدوزک هفت نقطه‌ای سمی بود که نشان‌دهنده خطرات بالقوه این ترکیب پاپیروئیدی می‌باشد. مطالعات دیگری نیز کاهش فراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی کفشدوزک هفت نقطه‌ای را در معرض دلتامترین نشان داده‌اند (Tahir et al., 2014). سایر ترکیبات پاپیروئیدی نیز اثرات زیان‌آوری برای کفشدوزک هفت نقطه‌ای داشته‌اند به طوری که سایپرترین و لامبدا- سای هالوترین پس از ۷۲ ساعت به ترتیب سبب تلفات ۹۰ و ۸۲ درصدی حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای شده‌اند (Farhan, 2024). همچنین، گزارش شده است که سمیت حشره‌کش‌های پاپیروئیدی برای کفشدوزک هفت نقطه‌ای بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد بوده است و این ترکیبات در گروه‌های زیان‌آور و نسبتاً زیان‌آور برای کفشدوزک هفت نقطه‌ای قرار گرفته‌اند (McDougall et al., 2022). این مطالعات به طور همسو

با مطالعه حاضر که تلفات ۱۰۰ درصدی شفیره‌ها و حشرات کامل کفشدوزک را در غلظت توصیه شده این ترکیب و نیز غلظت‌های کمتر گزارش می‌کند، بیانگر لزوم توجه به اثرات سوء دلتامترین بر جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای می‌باشد. در بین حشره‌کش‌های مورد آزمایش، دلتامترین بیشترین اثر سوء را داشت. توجه به این نکته ضروری است که دلتامترین حتی در غلظت ۰/۱۵ در هزار که حدود یک پنجم غلظت توصیه شده این ترکیب است، سبب تلفات ۱۰۰ درصدی در حشرات کامل و شفیره کفشدوزک شد که نشان دهنده شدت زیان‌آور بودن این ترکیب برای کفشدوزک هفت نقطه‌ای می‌باشد. بنابراین، لازم است در رابطه با مصرف این حشره‌کش پاپیروئیدی که از ترکیبات پرمصرف در مزارع گندم برای کنترل سن گندم در کشور است، احتیاط‌های جدی در نظر گرفته شوند. کاربرد حشره‌کش‌های پاپیروئیدی دلتامترین، سایپرترین و لامبدا سای هالوترین با فرمولاسیون نانو، در مقایسه با فرمولاسیون‌های سنتی این ترکیبات سبب کاهش معنی‌دار مرگ و میر حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای گزارش شده است (Farhan, 2024). با توجه به دامنه مصرف دلتامترین در کشور، توسعه ترکیبات نانو و ارزیابی اثرات آن بر دشمنان طبیعی می‌تواند به عنوان راهکاری برای کاهش مخاطرات این ترکیب مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

حساسیت شفیره کفشدوزک در برابر فنیتروئید کمتر از حشرات کامل بود. این ترکیب فسفره که در تمام غلظت‌های مورد مطالعه سبب تلفات ۱۰۰ درصدی حشرات کامل و در غلظت توصیه شده سبب تلفات ۱۰۰ درصدی شفیره شد، در غلظت‌های پایین‌تر کشندگی کمتری برای شفیره‌ها داشت. فنیتروئید یک حشره‌کش تماسی و گوارشی است از گروه حشره‌کش‌های فسفره آلی است که سبب مهار آنزیم استیل‌کولین استراز در سیستم عصبی حشرات می‌شود (Van Asperen, 1958). با توجه به تکامل بیشتر سیستم عصبی در حشرات کامل، می‌توان حساسیت بیشتر این مرحله زیستی نسبت به فنیتروئید را در مقایسه با شفیره توجیه نمود. در سایر

فعالیت کربوکسیل استراز (CarE) و GSTs در سفیدبالک پنبه نقطه‌ای گزارش شده است. کاربرد فنیتروتیون در مزرعه لوبیا سبب کاهش بیش از ۴۶ درصدی جمعیت حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای شده است (Mollah et al., 2013). همچنین، اثر سایر ترکیبات فسفره بر فراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی کفشدوزک هفت نقطه‌ای گزارش شده است. حشره‌کش کلرپایرفوس پس از ۴۸ ساعت سبب تلفات ۸۹ درصدی حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای شده است (Mughal et al., 2017). حشره‌کش‌های کلرپایرفوس و پروفنوفوس سبب کاهش ظهور و نیز کاهش وزن حشرات کامل شده‌اند. این ترکیبات همچنین سبب کاهش باروری و طول عمر حشرات و در نتیجه کاهش معنی‌دار نرخ رشد جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای شده‌اند (Afza et al., 2023). این مطالعات و مطالعه حاضر بر اثرات سوء حشره‌کش‌های فسفره روی جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای تاکید می‌نماید. گزارش تلفات ۱۰۰ درصدی حشرات کامل و شفیره‌های کفشدوزک هفت نقطه‌ای ناشی از کاربرد غلظت توصیه شده فنیتروتیون، بیانگر لزوم توجه جدی به اثرات ناخواسته این ترکیب است. ترکیبات گیاهی لزوماً برای بندپایان غیرهدف ایمن نیستند. در مطالعه حاضر، ترکیب گیاهی ماترین برای حشرات کامل بی‌خطر اما دارای اثرات سوء روی شفیره‌ها بود. نحوه اثر ماترین به صورت تماسی، گوارشی و عصبی است و می‌تواند بر سیستم عصبی مرکزی و محیطی تأثیرگذار باشد (Liu et al., 2008). ماترین، یک آلکالوئید گیاهی است که می‌تواند تحت تأثیر فعالیت آنزیم‌های غیرسمی کننده حشرات قرار بگیرد (Ali et al., 2017). سامانه‌های آنزیمی مختلف از جمله اکسیدازها (MFO)، گلوکاتیون S- ترنسفرازها (GSTs)، استرازها (EST) و استیل‌کولین استراز (AChE) در دفاع حشرات در برابر ترکیبات شیمیایی دخیل هستند (Li et al., 2007). عدم حساسیت حشرات کامل کفشدوزک در برابر ماترین می‌تواند ناشی از فعالیت سامانه‌های غیرسمی کننده در بدن حشرات کامل باشد. سایر مطالعات نیز نشان داده‌اند تیمار ماترین سبب افزایش

فعالیت کربوکسیل استراز (CarE) و GSTs در سفیدبالک پنبه نقطه‌ای گزارش شده است. کاربرد فنیتروتیون در مزرعه لوبیا سبب کاهش بیش از ۴۶ درصدی جمعیت حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای شده است (Mollah et al., 2013). همچنین، اثر سایر ترکیبات فسفره بر فراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی کفشدوزک هفت نقطه‌ای گزارش شده است. حشره‌کش کلرپایرفوس پس از ۴۸ ساعت سبب تلفات ۸۹ درصدی حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای شده است (Mughal et al., 2017). حشره‌کش‌های کلرپایرفوس و پروفنوفوس سبب کاهش ظهور و نیز کاهش وزن حشرات کامل شده‌اند. این ترکیبات همچنین سبب کاهش باروری و طول عمر حشرات و در نتیجه کاهش معنی‌دار نرخ رشد جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای شده‌اند (Afza et al., 2023). این مطالعات و مطالعه حاضر بر اثرات سوء حشره‌کش‌های فسفره روی جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای تاکید می‌نماید. گزارش تلفات ۱۰۰ درصدی حشرات کامل و شفیره‌های کفشدوزک هفت نقطه‌ای ناشی از کاربرد غلظت توصیه شده فنیتروتیون، بیانگر لزوم توجه جدی به اثرات ناخواسته این ترکیب است. ترکیبات گیاهی لزوماً برای بندپایان غیرهدف ایمن نیستند. در مطالعه حاضر، ترکیب گیاهی ماترین برای حشرات کامل بی‌خطر اما دارای اثرات سوء روی شفیره‌ها بود. نحوه اثر ماترین به صورت تماسی، گوارشی و عصبی است و می‌تواند بر سیستم عصبی مرکزی و محیطی تأثیرگذار باشد (Liu et al., 2008). ماترین، یک آلکالوئید گیاهی است که می‌تواند تحت تأثیر فعالیت آنزیم‌های غیرسمی کننده حشرات قرار بگیرد (Ali et al., 2017). سامانه‌های آنزیمی مختلف از جمله اکسیدازها (MFO)، گلوکاتیون S- ترنسفرازها (GSTs)، استرازها (EST) و استیل‌کولین استراز (AChE) در دفاع حشرات در برابر ترکیبات شیمیایی دخیل هستند (Li et al., 2007). عدم حساسیت حشرات کامل کفشدوزک در برابر ماترین می‌تواند ناشی از فعالیت سامانه‌های غیرسمی کننده در بدن حشرات کامل باشد. سایر مطالعات نیز نشان داده‌اند تیمار ماترین سبب افزایش

اثرات کشندگی آزادیراکتین روی حشرات کامل و لاروهای کفشدوزک هفت نقطه‌ای (El-Wakeil et al., 2014)، حشرات کامل سن‌های شکارگر *Orius laevigatus* Fieber و *Nesidiocoris tenuis* Reuter و شفیره زنبور انگل‌واره *Encarsia formosa* Gahan (Cura & Gençer, 2019) و همچنین اثرات زیان‌بار ترکیب پیرتروم بر مرحله لاروی زنبور انگل‌واره *Venturia canescens* Grav. (Tunca et al., 2012) گزارش شده است. در مطالعه انجام شده توسط Mollah et al. (2013) روغن چریش سبب کاهش

حساسیت شفیره کفشدوزک در برابر فنیتروتیون کمتر از حشرات کامل بود، اما افزایش غلظت مصرفی این حشره‌کش سبب افزایش معنی‌دار تلفات در شفیره‌ها شد به‌طوری که کاربرد این ترکیب در غلظت توصیه شده، تلفات ۱۰۰ درصدی شفیره‌ها را در پی داشت. تماس با ماترین برای حشرات کامل بی‌خطر بود، اما این ترکیب در غلظت‌های بالاتر اثرات زیان‌آوری بر شفیره‌ها داشت و در گروه نسبتاً زیان‌آور قرار گرفت. با توجه به اینکه اثرات سوء فنیتروتیون و ماترین در غلظت‌های بالاتر بیشتر بود، باید از افزایش غلظت مصرفی این ترکیبات اجتناب شود. بر مبنای یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود از کاربرد دلتامترین و فنیتروتیون در زمان اوج جمعیت کفشدوزک هفت نقطه‌ای اجتناب شود. همچنین، استفاده از ماترین باید با احتیاط صورت گیرد. این نتایج بر لزوم ارزیابی دقیق تأثیرات حشره‌کش‌ها بر موجودات غیرهدف، تأکید می‌کند. انجام بررسی‌های تکمیلی در شرایط مزرعه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور برای تأمین مالی این پژوهش سپاس‌گزاری می‌شود.

۵۱/۰۱ درصدی جمعیت حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای شد که تفاوت معنی‌داری با ترکیبات دلتامترین و فنیتروتیون که به‌ترتیب سبب کاهش ۵۱/۶۰ و ۶۶/۳۹ درصدی جمعیت شدند، نداشت. نتایج حاضر نشان داد که با افزایش غلظت مورد استفاده ماترین، اثرات کشندگی برای شفیره‌ها افزایش یافت که با نتایج سایر پژوهشگران در مورد افزایش اثرات سوء آزادیراکتین برای شفیره بالتوری در غلظت‌های بالاتر، همسو می‌باشد (Gastelbondo-Pastrana *et al.*, 2025). همچنین در بررسی اثر ماترین بر سایر دشمنان طبیعی گزارش شده است اگرچه ماترین در کنترل کرم ساقه‌خوار برنج *Chilo suppressalis* Walker اثرات قابل قبولی داشت، اما برای سن شکارگر *Andrallus Fabricius* *spiniden* بسیار خطرناک بود (Mohaghegh Neishabouri *et al.*, 2019). بنابراین، لازم است نسبت به اثرات جانبی این حشره‌کش گیاهی بر دشمنان طبیعی توجه شود.

نتیجه‌گیری

دلتامترین و فنیتروتیون در غلظت توصیه شده مزرعه و غلظت‌های کمتر، سبب تلفات ۱۰۰ درصدی حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای *C. septempunctata* شدند. سمیت دلتامترین برای شفیره‌ها مشابه حشرات کامل بود. اگرچه

References

- AFZA, R., A. AFZAL, M.A. RIAZ, M.Z. MAJEED, A. IDREES, Z.A. QADIR, M. AFZAL, B. HASSAN, and J. LI, 2023. Sublethal and transgenerational effects of synthetic insecticides on the biological parameters and functional response of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions. *Frontiers in Physiology*, 14: 1088712. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1088712>
- ALI, S., C. ZHANG, Z. WANG, X.M. WANG, J.H. WU, A.G. CUTHBERTSON, Z. SHAO, and B.L. QIU, 2017. Toxicological and biochemical basis of synergism between the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and the insecticide matrine against *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Scientific Reports*, 7: 46558. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep46558>
- ANG, S., J. LIANG, W. ZHENG, Z. ZHANG, J. LI, Z. YAN, W.L. WONG, K. ZHANG, M. CHEN, and P. WU,

2023. Novel matrine derivatives as potential larvicidal agents against *Aedes albopictus*: synthesis, biological evaluation, and mechanistic analysis. *Molecules*, 28: 3035. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28073035>
- ATTA, B., M. RIZWAN, A.M. SABIR, M.D. GOGI, M.A. FAROOQ, and A. JAMAL, 2021. Lethal and sublethal effects of clothianidin, imidacloprid and sulfoxaflor on the wheat aphid, *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae) and its coccinellid predator, *Coccinella septempunctata*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41: 345-358.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00212-w>
- BALABANIDOU, V., L. GRIGORAKI, and J. VONTAS, 2018. Insect cuticle: a critical determinant of insecticide resistance. *Current Opinion in Insect Science*, 27: 68-74.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.03.001>
- BARATI, R., GH. GOLMOHAMMADI, and R. MANSOURI, 2016. Side effects of some herbal insecticides on *Bemisia tabaci* and *Encarsia formosa*. *Biocontrol in Plant Protection*, 3: 35-45 (in Persian with English summary).
DOI: <https://dx.doi.org/10.22092/BCPP.2016.103347>
- BARATI, R., H. BARARI, M. SHARIFI, and V. MAHDAVI, 2023. Evaluating the efficacy of the botanical insecticide, matrine (Rui Agro SL 0.6%) in control of cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (Col: Chrysomelidae) and assessing the potential side effects on some natural enemies. Final Report. Iranian Research Institute of Plant Protection. 30 pp. (in Persian with English summary). 64891
- BEZZAR-BENDJAZIA, R., S. KILANI-MORAKCHI, and N. ARIBI, 2016. Larval exposure to azadirachtin affects fitness and oviposition site preference of *Drosophila melanogaster*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 133: 85-90.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.02.009>
- BOZSIK, A. 2006. Susceptibility of adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to insecticides with different modes of action. *Pest Management Science*, 62: 651-654. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1221>
- CURA, M.S. and N.S. GENÇER, 2019. Side effects of azadirachtin on some important beneficial insects in laboratory. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 13: 39-47.
- EL-WAKEIL, N.E., N. GAAFAR, and C. VOLKMAR, 2014. Effects of some botanical insecticides on wheat insects and their natural enemies in winter and spring wheat. *Acta Advances in Agricultural Sciences*, 2: 19-36.
- Farhan, M., C. Zhao, S. Akhtar, I. Ahmad, P. Jilong, and S. Zhang, 2024. Assessment of nano-formulated conventional insecticide-treated sugar baits on mosquito control and the effect on non-target aphidophagous *Coccinella septempunctata*. *Insects*, 15: 70. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15010070>
- FRITZ, L.L., E.A. HEINRICHS, V. MACHADO, T.F. ANDREIS, M. PANDOLFO, S.M. DE SALLES, J.V. DE OLIVEIRA, and L.M. FIUZA, 2013. Impact of lambda-cyhalothrin on arthropod natural enemy populations in irrigated rice fields in southern Brazil. *International Journal of Tropical Insect Science*, 33: 178-187. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758413000192>
- GASTELBONDO-PASTRANA, B., M. SANTORUM, E.L. SCUDELER, F.H. FERNANDES, E.M. ALVIS, L. CHAMS-CHAMS, and D.C. DOS SANTOS, 2025. Azadirachtin-based biopesticide affects fitness and ovarian development of the natural enemy *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae). *Plants*, 14: 416.
DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14030416>
- HASSAN, S.A., F. BIGLER, P. BLAISINGER, H. BOGENSCHÜTZ, J. BRUN, P. CHIVERTON, ... and A.Q. VAN ZON, 1985. Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group Pesticides and Beneficial Organisms. *Eppo Bulletin*, 15: 214-255. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1985.tb00224.x>

- HODEK, I. 1996. Food relationships, in Ecology of Coccinellidae, ed. by I Hodek and A Honěk. Kluwer, Dordrecht, pp. 143–238.
- HODEK, I. and J.P. MICHAUD, 2008. Why is *Coccinella septempunctata* so successful? European Journal of Entomology, 105: 1-12.
DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2008.001>
- HODEK, I., H.F. VAN EMDEN, and A. HONĚK, 2012. Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae). Wiley-Blackwell.
- IBM Corp (2020). IBM SPSS Statistics for Windows. Ver. 27.0 Armonk, NY.
- KANZAKI, SH. and T. TANAKA, 2010. Different responses of a solitary (*Meteorus pulchricornis*: Braconidae) and a gregarious (*Cotesia kariyai*: Braconidae) endoparasitoid to four insecticides in the host *Pseudaletia separata* (Noctuidae: Lepidoptera). Journal of Pesticide Science, 35: 1-9.
DOI: <https://doi.org/10.1584/JPESTICS.G09-34>
- KIM, H.G., J.H. JEON, M.K. KIM, and H.S. LEE, 2005. Pharmacological effects of asaronaldehyde isolated from *Acorus gramineus* rhizome. Food Science and Biotechnology, 14: 685-688.
- LI, X., M.A. SCHULER, and M.R. BERENBAUM, 2007. Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. Annual Review of Entomology, 52: 231-253. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151104>
- LIU, L., ALAM, M.S., K. HIRATA, K. MATSUDA, and Y. OZOE, 2008. Actions of quinolizidine alkaloids on *Periplaneta americana* nicotinic acetylcholine receptors. Pest Management Science, 64: 1222-1228.
DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1622>
- LUO, W.C. and Q. ZHANG, 2003. The effects of *Sophora alopecuroids* alkaloids on metabolic esterases of the diamondback moth. Acta Entomologica Sinica, 46:122–125
- McDOUGALL, R., K. OVERTON, A. HOFFMAN, S. WARD, and P. UMINA, 2022. The impact of insecticides and miticides on beneficial arthropods in Australian grains. MH, 9: 5.
- MISHRA, A. and N. PAUL, 2024. Biological control of aphid by using beetle (*Coccinella septempunctata*). World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences, 18: 168-172.
DOI: <https://doi.org/0.30574/wjbphs.2024.18.2.0251>
- MOHAGHEGH NEISHABOURI, J., H. DAD POUR, Z. MOJIB HAGH GHADAM, M. AMOU OGHLI TABARI, and M. HASANZADEH, 2019. Investigating the effect of tebufenozide (Mimic SC 20%), matrine (SL 0.6%), diazinon G10% and fipronil G0.2% in controlling striped rice stemborer in the field. Final Report. Iranian Research Institute of Plant Protection. 26 pp. (in Persian with English summary). 56233.
- MOLLAH, M.I., M. RAHMAN, and Z. ALAM, 2013. Effect of insecticides on lady bird beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in country bean field. Middle-East Journal of Scientific Research, 17:1607-1610. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.17.11.11212>
- MORDUE, A.J., E.D. MORGAN, and A.J. NISBET, 2010. Azadirachtin, a natural product in insect control. In: Insect Control (Biological and Synthetic Agents): Gilbert, L.I., Gill, S.S., Eds., Academic Press: San Diego, CA, USA, pp. 118–135.
- MUGHAL, T.K., Z. ULLAH, M.A. SABRI, S. AHMAD, and D. HUSSAIN, 2017. In vitro comparative toxicity of different insecticides against adults of seven spotted beetle, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). Journal of Entomology and Zoology Studies, 5: 498-502.
- NOURBAKHS S. 2022. List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, chemicals and recommended ways for their control. Plant Protection Organization, Ministry of Agriculture Jihad. Tehran, Iran, 221 pp. (in Persian).
- PARSAEYAN, E., M. SABER, S.A. SAFAVI, N. POORJAVAD, and A. BIONDI, 2020. Side effects of chlorantraniliprole, phosalone and spinosad on the egg parasitoid, *Trichogramma brassicae*. Ecotoxicology, 29: 1052-1061.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02235-y>

- RASHEED, M.A., M.M. KHAN, M. HAFEEZ, J. ZHAO, Y. ISLAM, S. ALI, S. UR-REHMAN, U. E-HANI, and X. ZHOU, 2020. Lethal and sublethal effects of chlorpyrifos on biological traits and feeding of the aphidophagous predator *Harmonia axyridis*. *Insects*, 11: 491. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11080491>
- SALEEM, M., M. SALEEM, D. HUSSAIN, G. GHOUSE, and M. ABBAS, 2019. Predation efficacy of ladybird beetle (Coleoptera: Coccinellidae) against wheat aphid under laboratory conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7: 709-712.
- SANTOS, K.F.A., O.Z., ZANARDI, M.R. DE MORAIS, C.R.O. JACOB, M.B. DE OLIVEIRA, and P.T. YAMAMOTO, 2017. The impact of six insecticides commonly used in control of agricultural pests on the generalist predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere*: 186: 218-226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.165>
- SCHMIDT-JEFFRIS, R.A. 2023. Nontarget pesticide impacts on pest natural enemies: Progress and gaps in current knowledge. *Current Opinion in Insect Science*, 58: 101056. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101056>
- SCHMIDT-JEFFRIS, R.A. and M.A. CUTULLE, 2019. Non-target effects of herbicides on *Tetranychus urticae* and its predator, *Phytoseiulus persimilis*: Implications for biological control. *Pest Management Science*, 75: 3226-3234. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5443>
- SCUDELER, E.L., A.S.G. GARCIA, C. PADOVANI, P.F.F. PINHEIRO, and D.C. SANTOS, 2016. Are the biopesticide neem oil and the predator *Ceraeochrysa claveri* (Navás, 1911) compatible? *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4: 340-346.
- SERRÃO, J.E., A. PLATA-RUEDA, L.C. MARTÍNEZ, and J.C. ZANUNCIO, 2022. Side-effects of pesticides on non-target insects in agriculture: a mini-review. *The Science of Nature*, 109: 17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-022-01788-8>
- SKOURAS, P.J., E. KARANASTASI, I. LYCOSKOUFIS, V. DEMOPOULOS, and A.I. DARRAS, 2023. Toxicity and Lethal Effect of greenhouse insecticides on *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) as biological control agent of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Toxics*, 11: 584. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics11070584>
- SODERLUND, D.M. 2010. Toxicology and mode of action of pyrethroid insecticides. In: R. KRIEGER (ed) *Hayes' handbook of pesticide toxicology*. Academic Press. pp. 1665-1686.
- STANLEY, J., G. PREETHA, J. STANLEY, and G. PREETHA, 2016. Pesticide toxicity to arthropod predators: Exposure, toxicity and risk assessment methodologies. In: J. Stanley & G. Preetha (Eds.), *Pesticide Toxicity to Non-Target Organisms: Exposure, Toxicity and Risk Assessment Methodologies*, pp.1-98. Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7752-0>
- TABEBORDBAR, F., P. SHISHEHBOR, M. ZIAEE, and F. SOHRABI, 2020. Effects of field recommended concentrations of three different insecticides on life table parameters of the parasitoid *Trichogramma evanescens* (Hym: Trichogrammatidae) under laboratory conditions. *Plant Pest Research*, 9: 11-23 (in Persian with English summary).
- TAHIR, H. M., R.A.B.I.A. YAQOOB, U. AKHTAR, AND K. AHMED, 2014. Toxicity and avoidance behaviour of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) against deltamethrin. *Biologia (pakistan)*, 60: 305-307.
- THOMSON, L.J., D.C. GLENN, and A.A. HOFFMANN, 2000. Effects of sulfur on *Trichogramma* egg parasitoids in vineyards: Measuring toxic effects and establishing release windows. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 40: 1165-1171. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA00074>
- TILLMAN, P.G. and J.E. MULROONEY, 2000. Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 93: 1638-1643. DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.6.1638>

- TUNCA, H., N. KILINÇER, and C. ÖZKAN, 2012. Side-effects of some botanical insecticides and extracts on the parasitoid, *Venturia canescens* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36: 205-214.
- VAN ASPEREN, K., 1958. Mode of action of organophosphorus insecticides. *Nature*, 181: 355-356.
- WANG, H., Y. LU, J. CHEN, J. LI, and S. LIU, 2012. Subcritical water extraction of alkaloids in *Sophora flavescens* Ait. and determination by capillary electrophoresis with field-amplified sample stacking. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 58: 146-151.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.09.014>
- WILES, J.A. and P.C. JEPSON, 1995. Dosage reduction to improve the selectivity of deltamethrin between aphids and coccinellids in cereals. *Entomologia experimentalis et applicata*, 76: 83-96. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1995.tb01948.x>
- YOU, Y., Z. ZENG, J. ZHENG, J. ZHAO, F. LUO, Y. CHEN, M. XIE, X. LIU, and H. WEI, 2022. The toxicity response of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) after exposure to sublethal concentrations of acetamiprid. *Agriculture*, 12: 1642.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12101642>