تحقیقات آفات گیاهی
۱۴۰۲ -۱۳(۲): ۱ -۱۷
Open access
doi: 10.22124/iprj.2023.24570.1519
pISSN:2322-2409
eISSN: 2538-6123

علمی پژوهشی

حساسیت سوسک گرده‌خوار کلزا (*Brassicogethes aeneus*) به حشره‌کش‌های آزادیراکتین، آلفاسایپرمترین، ایمیداکلوپرید و ماترین در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای

نسترن اکبری نودهی[۱]، محمود محمدی شریف[۲*]، سید یوسف موسوی طغانی[۳] و معصومه شایان‌مهر[۴]

۱ و ۲ و۴ - گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، ۳- گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

شناسه ارکید: ۱- 0009-0005-5132-5918، ۲- 0000-0001-8520-7336، ۳- 0009-0008-9814-9490، ۴- 0000-0002-5024-1182

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۲۸)

چکیده

سوسک گرده‌خوار کلزا *Brassicogethes aeneus*، یکی از آفات کلیدی و مهم گیاه کلزا در استان‌های شمالی کشور است. در این پژوهش کارایی دو حشره‌کش گیاهی ماترین و آزادیراکتین و هم‌چنین، حشره‌کش‌های آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپرید، در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای، روی این آفت مورد بررسی قرار گرفت. زیست‌سنجی آزمایشگاهی از طریق قرار دادن حشرات در معرض غلظت‌های مختلف (پنج غلظت برای هر حشره‌کش) انجام شد. در این آزمایش‌ها، بیشترین حساسیت به حشره‌کش آلفاسایپرمترین ثبت شد (LC_{50}=۰/۱ mg ai/L) و پس از آن، به‌ترتیب حشره‌کش‌های ماترین (۱/۲)، ایمیداکلوپرید (۶۰) و آزادیراکتین (۱۰۰/۷ mg ai/L) قرار گرفتند. آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به سه شیوه مختلف اجرا شد: ایجاد مانع (پارچه توری) پیش از اعمال تیمارها، ایجاد مانع پس از اعمال تیمارها و کرت‌های بدون مانع. در شرایط مزرعه‌ای (تیمار رایج؛ بدون مانع)، حشره‌کش‌های گیاهی کنداثرتر بوده و کارایی مناسب آن‌ها چهار روز بعد از تیمار مشاهده شد. با این حال، پس از یک هفته، کارایی هر چهار تیمار بیش از ۹۰ درصد بود. در نقطه پایانی آزمایش (چهار هفته)، بیشترین کارایی را ایمیداکلوپرید (۷۳/۴ درصد) داشت و پس از آن، تیمارهای آلفاسایپرمترین (۵۹ درصد)، ماترین (۵۱/۴ درصد) و آزادیراکتین (۴۷/۹ درصد) قرار داشتند. نتایج این پژوهش نشان داد که حشره‌کش آلفاسایپرمترین در شرایط انبوهی آفت می‌تواند به عنوان جایگزین تیمار رایج ایمیداکلوپرید استفاده شود. علاوه بر این، داده‌ها نشان‌دهنده کارایی مناسب و قابل رقابت ترکیب گیاهی ماترین برای کنترل این آفت بود.

واژه‌های کلیدی: حشره‌کش گیاهی، زیست‌سنجی آزمایشگاهی، کارایی مزرعه‌ای حشره‌کش‌ها، کلزا

* نویسنده مسئول: msharif1353@yahoo.com

CC BY

مقدمه

یکی از آفات مهم گیاه کلزا به‌ویژه در استان‌های شمالی کشور (مازندران و گلستان) سوسک گرده‌خوار کلزا (*Brassicogethes aeneus* (F.) است. این آفت در تمام مزارع کلزای استان مازندران پراکنده است. حشرات کامل با شروع غنچه‌دهی کلزای منطقه دشت یعنی در اوایل اسفندماه مشاهده شده و جمعیت آن‌ها در اواخر اسفند و اوایل فروردین به اوج خود می‌رسد (Barari, 2014). این حشره اغلب یک نسل در سال دارد (Keyhanian & Barari, 2010). در استان مازندران، این آفت روی کلزایی که دیر کشت شود یا مزارعی که به هر دلیلی فاز گل‌دهی آن‌ها با تاخیر رخ داده و اوج پرواز سوسک‌ها با مرحله غنچه‌دهی کلزا هم‌زمان شود، خسارت ایجاد می‌کند (Keyhanian & Barari, 2010). با توجه به زیست‌شناسی آفت در مناطق شمالی کشور، کنترل باید هنگامی انجام شود که در مزرعه بیشتر از ۵۰ درصد ساقه‌ها در مرحله غنچه‌دهی بوده و کمتر از ۳۰ درصد این غنچه‌ها باز شده باشند و به طور متوسط هفت سوسک روی هر گیاه وجود داشته باشد (Barari, 2014). در گذشته برای کنترل سوسک گرده‌خوار کلزا حشره‌کش‌هایی نظیر اندوسولفان، متوکسی‌کلر و فنیتروتیون کاربرد داشتند (Hansen, 1984).

پایریتروئیدها رایج‌ترین مواد شیمیایی مورد استفاده برای کنترل سوسک گرده‌خوار هستند، اگرچه مقاومت به پایریتروئیدها نیز گزارش شده است (Ekbom & Kuusk, 2001; Slater *et al.*, 2011; Zimmer & Nauen, 2011). در آزمایشی در لهستان، بهترین تیمار برای کنترل و کاهش جمعیت سوسک گرده‌خوار حشره‌کش لامبداسای‌هالوترین بود (Gustaw & Czynski, 2000). کارایی مناسب حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی تیاکلوپرید برای کنترل سوسک گرده‌خوار در مزارع کلزای لیتوانی (Petraitiene *et al.*, 2008) و فنلاند با غلظت ۰/۳ لیتر در هکتار گزارش شده است (Jarmo, 2010). در مزارع کلزای چکسلواکی حشره‌کش‌های پیریمیفوس‌متیل و پرمترین کارایی خوبی علیه سوسک گرده‌خوار داشتند (Laska, 1992). بر اساس بررسی‌های کیهانیان و همکاران (Keyhanian *et al.*, 2013) مبارزه شیمیایی با استفاده از حشره‌کش‌های تیاکلوپرید به مقدار یک در هزار، دیازینون به میزان یک در هزار یا ایمیداکلوپرید به مقدار نیم در هزار توصیه شده است. این پژوهشگران در تحقیقی دیگر (Keyhanian *et al.*, 2016) گزارش کردند که ایمیداکلوپرید با غلظت یک لیتر در هکتار برای کنترل سوسک گرده‌خوار کلزا در مقایسه با حشره‌کش‌های رایج در منطقه شامل تیاکلوپرید، فوزالون و دیازینون بهترین کارایی را داشت.

استفاده از مواد شیمیایی تنها در مواقع ضروری با توجه به آستانه‌ی اقتصادی توصیه شده است (Ekbom, 1995). در حال حاضر مصرف حشره‌کش‌های فوزالون و تیاکلوپرید (به شرطی که مصادف با فعالیت حشرات مفید نباشد) علیه این آفت توسط سازمان حفظ نباتات کشور توصیه می‌شود (Nourbakhsh, 2022). مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌های شیمیایی رایج، علاوه بر ایجاد مشکلات بهداشتی، جسمی و روانی در جامعه، موجب افزایش جمعیت آفات و مقاومت آن‌ها به حشره‌کش‌های موجود شده است. از پیامدهای مهم کاربرد حشره‌کش‌ها، تاثیر سوء این ترکیبات روی جانوران غیر هدف به‌ویژه حشرات مفید است (Casida & Quistad, 1998). با توجه به ناگزیری انسان در استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی و بروز خطرات زیست‌محیطی آن‌ها، کاربرد حشره‌کش‌های کم‌خطر و طبیعی تا حد زیادی می‌توانند جایگزین مناسبی برای حشره‌کش‌های مصنوعی باشند، زیرا این مواد از ویژگی‌هایی مانند عدم ایجاد آلودگی محیط زیست و محصول برخوردارند (Rao *et al.*, 1999) و سمیت کمتری برای انسان و حشرات مفید دارند.

حشره‌کش گیاهی ماترین با اثر بر سیستم عصبی، باعث اختلال در تنفس، تحرک و سوخت و ساز حشرات می‌شود. این ترکیب روی گیاهان سمیت سلولی و اثر نامطلوب ژنتیکی نداشته، بنابراین، می‌توان آن را به عنوان حشره‌کش طبیعی و کم‌خطر توصیه کرد (Akdeniz & Ozmen, 2011). این ماده برای زنبور عسل (*Apis mellifera*) نسبت به اسپینوزاد و کلروفلوازورون سمیت بسیار پایینی داشت (Rabea *et al.*, 2009). طی یک پروژه تحقیقاتی، کریم‌زاده اصفهانی (Karimzadeh Esfahani, 2014) حشره‌کش ماترین را به

میزان ۲ در هزار برای کنترل منفرد و به میزان ۱ تا ۱/۵ در هزار در روش تلفیقی، برای مبارزه با بید کلم در مزارع کلم‌پیچ توصیه کرده است. هم‌چنین بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، مشخص شد که حشره‌کش گیاهی ماترین توانایی برابر با حشره‌کش‌های مورد استفاده مانند هگزافلومورن و مالاتیون علیه سوسک برگ‌خوار غلات (*Lema melanopa*) داشته و اثرات سوء آن نیز به مراتب کمتر از دو سم ذکر شده می‌باشد. بنابراین، به عنوان جایگزینی مناسب برای کنترل سوسک برگ‌خوار غلات پیشنهاد شده است (Sharifi *et al.*, 2020; Bagheri *et al.*, 2021).

بر اساس منابع، فرآورده‌های تجارتی تولید شده بر پایه آزادیراکتین دارای خاصیت ضد تغذیه‌ای، دورکنندگی، تنظیم‌کننده رشد، تاثیر روی باروری و تولید مثل و جلوگیری از تخم‌گذاری می‌باشند. آزادیراکتین از نظر ساختاری تا حدودی مشابه هورمون اکدیزون حشرات بوده و نحوه عمل آن با اختلال در عمل اکدیزون مرتبط است (Cano & Gladston, 1994). در یک بررسی کارایی پودر دانه چریش در کنترل لمبه گندم (*Trogoderma granarium*) نشان داده شد. تحت تاثیر مواد موثر چریش، لاروهای موجود در تیمارهای آزمایشی، عوارضی مانند شکل غیر طبیعی، ناتوانی در تعویض جلد و نرسیدن به مرحله سن بعدی، بی‌تحرکی و توقف رشد را نشان دادند (Oroumchi, 1995).

با توجه به اهمیت کشت‌وکار کلزا در استان مازندران، خسارت‌های ناشی از سوسک گرده‌خوار کلزا و اثرات نامطلوب سم‌پاشی‌های بی‌رویه با حشره‌کش‌های زیان‌آور، در این بررسی اثرات کشندگی دو حشره‌کش گیاهی ماترین و آزادیراکتین و هم‌چنین، حشره‌کش پایریتروئیدی آلفاسایپرمترین با حشره‌کش رایج ایمیداکلوپراید در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

۱- آزمایش مزرعه‌ای

الف- مزرعه آزمایشی و حشره‌کش‌های مورد مطالعه

این پژوهش طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. آزمایش‌های مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل-تصادفی با چهار تیمار حشره‌کش (جدول ۱) و تیمار شاهد در سه تکرار انجام شد. بذر رقم هایولا ۵۰ برای ایجاد مزرعه پژوهشی کلزا استفاده شد. فاصله بین خطوط کاشت در هر کرت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو کرت از چهار طرف، ۵۰ سانتی‌متر بود. هر کرت به مساحت یک متر مربع حاوی ۴۵ بوته کلزا بود. وجین علف‌های هرز و تنک کردن بوته‌های کلزا به صورت دستی و مبارزه با حلزون‌ها و راب‌ها با استفاده از طعمه مسموم آماده انجام شد.

جدول ۱- ویژگی‌های حشره‌کش‌های مورد استفاده در این پژوهش

Table 1. Characteristics of the insecticides used in this research

Common name	Commercial name	Formulation	Chemical group	Manufacturer Company	Recommended Concentration (mg/L)
Matrin	RUI AGRO®	SL 0.6%	Botanical containing *Sophora flavescens* extrac	Hangzhou Ruijiang China Co. under the supervision of Ecocert France	1.5
Azadiractin	Neem Azal®	EC 9%	Botanical containing *Azadirachta indica* extrac	Trifolio Germany Co.	3
Alpha-Cypermethrin	RUBI®	SC 10%	pyrethroid insecticide	Tagros India Co.	1
Imidacloprid	Confidor®	SC 35%	neonicotinoid insecticide	Kavosh Kimia Kerman Co.	0.75

ب - نحوه انجام آزمایش

آزمایش‌ها در مزرعه برای هر کدام از تیمارها به سه شیوه مختلف انجام شد:

۱) کرت‌ها دو هفته قبل از اعمال تیمارها از نظر عدم وجود سوسک‌های گرده‌خوار کلزا بررسی و در صورت وجود حذف شدند. سپس، تمام کرت‌ها با پارچه توری سفید به ابعاد ۱/۵×۴ متر تا زمان اعمال تیمارها پوشانده شدند. درست قبل از سم‌پاشی پارچه‌های توری از روی این کرت‌ها حذف شد.

۲) پیش از اعمال تیمارها هیچ مانعی برای ورود سوسک‌های گرده‌خوار ایجاد نشد. اما بلافاصله پس از اعمال تیمارها، این کرت‌ها با پارچه توری سفید مسدود شد تا از ورود حشرات جدید به کرت‌های آزمایشی و جابه‌جایی حشرات بین کرت‌ها جلوگیری شود.

۳) قبل و بعد از اعمال تیمارها هیچ پوششی روی این کرت‌ها وجود نداشت.

برای هر کدام از تیمارها، کرت شاهد مجزایی ایجاد شد. آزمایش مزرعه‌ای در هر بلوک با ۱۵ کرت و در مجموع، ۴۵ کرت مورد بررسی قرار گرفت. میزان آب مصرفی در هر کرت پس از کالیبره کردن سم‌پاش ۰/۵ لیتر بود که غلظت حشره‌کش‌ها در این حجم آب تهیه شد. محلول سمی مورد استفاده برای هر تکرار به صورت جداگانه تهیه شده و از سم‌پاش دستی دو لیتری (شرکت رونیکس، مدل Rh-6002) استفاده شد. برای هر تیمار حشره‌کش از سم‌پاش مجزا استفاده شد. با توجه به زیست‌شناسی آفت، سم‌پاشی هنگامی انجام شد که میانگین تعداد سوسک‌ها روی هر گیاه حدود هفت عدد بود (Petraitiene *et al.*, 2008). نمونه‌برداری از مزرعه یک روز قبل از سم‌پاشی و ۱، ۲، ۴، ۷، ۱۴ و ۲۸ روز بعد از سم‌پاشی با شمارش سوسک‌ها از طریق جمع‌آوری ۱۵ عدد گل‌آذین به طور تصادفی از هر کرت انجام شد. سپس، گل‌آذین‌های نمونه‌برداری شده برای شمارش حشرات کامل سوسک‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. تعداد حشرات کامل و لاروهای مربوط به هر کرت با استریومیکروسکوپ شمارش و ثبت شد.

۲- زیست‌سنجی آزمایشگاهی

این آزمایش روی حشرات کامل سوسک گرده‌خوار کلزا با متوسط اندازه ۳ میلی‌متر انجام شد. این نمونه‌ها به صورت روزانه از مزرعه کلزایی که بدین منظور ایجاد شده و هیچ‌گونه سم‌پاشی نمی‌شد، جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شده و زیست‌سنجی روی این حشرات انجام شد. در ابتدا آزمایش‌های مقدماتی به‌منظور تعیین محدوده غلظت‌ها صورت گرفت. آزمایش‌های اصلی با غلظت‌های ۱۲، ۷/۵، ۴/۶، ۲/۹ و ۱/۸ mg ai/L برای حشره‌کش ماترین، غلظت‌های ۹۰، ۵۶، ۳۴/۸، ۲۱/۶ و ۱۳/۵ mg ai/L برای حشره‌کش آزادیراکتین، غلظت‌های ۴، ۲/۴، ۱/۴، ۰/۸ و ۰/۵ mg ai/L برای حشره‌کش آلفاسایپرمترین و غلظت‌های ۲۸۰، ۱۶۶/۲، ۹۸/۷، ۵۸/۸ و ۳۵ mg ai/L برای حشره‌کش ایمیداکلوپرید انجام شد. زیست‌سنجی به روش سطح آغشته به حشره‌کش از طریق قرار دادن حشرات در معرض ظروف پتری شیشه‌ای (قطر ۹ سانتی‌متر) آغشته به حشره‌کش انجام شد. برای ایجاد سطوح سمی، درون ظرف پتری و درپوش آن دو میلی‌لیتر از هر غلظت حشره‌کش ریخته شد و پس از آغشته نمودن کامل سطوح، محلول اضافه دور ریخته شد. ظروف پتری حدود یک ساعت در محیط قرار داده شدند تا خشک شوند. برای هر غلظت در هر تکرار ۱۵ عدد حشره کامل رهاسازی شد و به‌منظور تغذیه حشرات کامل در هر ظرف پتری چهار عدد گل کلزای تیمار شده با همان غلظت قرار گرفت. ظروف پتری تا پایان آزمایش در اتاقک رشد با دمای ۱±۲۴ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۴۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی باقی ماندند. میزان تلفات حشرات کامل ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از انجام آزمایش ثبت شد. حشراتی که به پشت افتاده و هیچ‌گونه تحرکی نداشتند، مرده در نظر گرفته شدند. این آزمایش‌ها برای هر کدام از حشره‌کش‌ها چهار بار تکرار شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از اتمام آزمایش مزرعه‌ای با استفاده از فرمول هندرسون – تیلتون (Henderson & Tilton, 1995) درصد کارایی تیمارها با فرمول زیر محاسبه شد:

درصد کارایی حشره‌کش‌ها $= \left(1 - \frac{n\,Cb \times n\,Ta}{n\,Ca \times n\,Tb}\right) \times 100$

که در آن n تعداد حشرات کامل، و Tb و Ta به ترتیب تیمار مورد آزمایش قبل و بعد از سم‌پاشی Cb و Ca به ترتیب تیمار شاهد قبل و بعد از سم‌پاشی می‌باشند. زمانی‌که پیش از اعمال تیمارها در کرت‌های آزمایشی حشره‌ای وجود نداشت؛ با استفاده از فرمول ابوت (Abbott, 1925) درصد کارایی تیمارهای مزرعه‌ای با فرمول زیر محاسبه شد:

درصد کارایی حشره‌کش‌ها $= (1 - \frac{n \times Ta}{n \times Ca}) \times 100$

که در آن n تعداد حشرات کامل، Ta تیمار مورد آزمایش بعد از سم‌پاشی و Ca تیمار شاهد بعد از سم‌پاشی می‌باشد. داده‌های جمع‌آوری شده مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به روش آنالیز واریانس یک‌طرفه با کمک نرم‌افزار آماری SPSS (SPSS, 2019) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد توسط همین نرم‌افزار انجام شد.

پس از انجام زیست‌سنجی آزمایشگاهی در صورت وجود تلفات در شاهد، تلفات در تیمارها بر اساس فرمول ابوت (Abbott, 1925) تصحیح شد. آنالیز پروبیت داده‌های حاصل از زیست‌سنجی‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه آماری LC_{50}ها بر مبنای همپوشانی محدوده اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت (Robertson *et al.*, 2007). مقایسه میانگین داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی و با روش آنالیز واریانس یک‌طرفه و هم‌چنین، آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد توسط همین نرم‌افزار صورت گرفت. نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج

۱- آزمایش مزرعه‌ای

الف- کارایی حشره‌کش‌ها

۱- شیوه بدون پوشش: در این شیوه، که روش رایج کاربرد حشره‌کش‌ها در شرایط مزرعه است، کارایی تیمارها در روزهای اول و دوم پس از کاربرد حشره‌کش‌ها نسبت به یکدیگر معنی‌دار بود. همان‌طور که انتظار می‌رفت، اثر کنترلی حشره‌کش شیمیایی آلفاسایپرمترین سریع بروز یافت (۷۳/۶ درصد)، اما در مورد ایمیداکلوپرید (۲۴ درصد) روند تاثیر طولانی‌تر بود. کارایی دو حشره‌کش گیاهی آزادیراکتین و ماترین پس از ۲۴ ساعت به ترتیب ۳۷ و ۲۱/۹ درصد بود که از نظر آماری با ایمیداکلوپرید در یک گروه قرار داشتند. از روز دوم تا هفتم کارایی همه حشره‌کش‌ها افزایش یافت، به صورتی که پس از یک هفته هر چهار تیمار توانستند بیش از ۹۰ درصد، آفت را کنترل کنند و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. طی دو هفته بعدی کارایی همه تیمارها روند کاهشی داشت، به صورتی که پس از گذشت چهار هفته از سم‌پاشی دو حشره‌کش گیاهی با حدود ۵۰ درصد کنترل و حشره‌کش پایریتروئیدی آلفاسایپرمترین با ۵۹ درصد کنترل، هر سه در یک گروه آماری قرار گرفتند و ایمیداکلوپرید توانست اثر محافظتی خود را به میزان ۷۳/۴ درصد حفظ کند (جدول ۲).

۲- شیوه دارای پوشش پیش از تیمار: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در کرت‌های آزمایشی دارای توری پیش از اعمال تیمار، یک روز بعد از سم‌پاشی کارایی حشره‌کش‌های ماترین، آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپرید در محدوده ۹۲ تا ۱۰۰ درصد بوده و در یک گروه آماری قرار گرفتند. کارایی حشره‌کش آزادیراکتین به طور معنی‌داری کمتر بود (۷۶/۱ درصد). دو روز پس از اعمال تیمارها، کارایی حشره‌کش آزادیراکتین نیز به ۹۵ درصد افزایش پیدا کرد و بین هر چهار تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در روز چهارم و هم‌چنین یک هفته پس از تیمار، نتایج تا حدود زیادی مشابه بود و حدود ۹۰ درصد جمعیت حشرات کامل سوسک گرده‌خوار کلزا کنترل شدند. با گذشت دو هفته از پاشش حشره‌کش‌ها کارایی آن‌ها به تدریج کاهش پیدا کرد؛ در این زمان کارایی حشره‌کش رایج ایمیداکلوپرید با ۹۱/۷ درصد بیش از سه حشره‌کش دیگر بود. چهار هفته پس از اعمال تیمارها از کارایی دو حشره کش گیاهی ماترین

و آزادیراکتین به میزان بیشتری کاسته شد که به ترتیب ۵۴/۱ و ۴۵/۷ درصد کارایی داشتند. دو حشره‌کش آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپرید به ترتیب با ۷۳/۱ و ۷۷/۳ درصد کارایی نسبت به شاهد، کنترل بالاتری ایجاد کردند (جدول ۲).

جدول ۲- کارایی حشره‌کش‌های ماترین، آزادیراکتین، آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپرید در روزهای مختلف بعد از سم‌پاشی با سه شیوه مختلف تیمار برای کنترل سوسک گرده‌خوار کلزا *Brassicogethes aeneus*

Table 2- Effectiveness of the Matrin, Azadiractin, Alpha-Cypermethrin, and Imidacloprid insecticides on different days after spraying with three different treatment methods to control *Brassicogethes aeneus* rapeseed pollinating beetle

Experiment modes	Insecticide	Mean efficacy percentage ± SE					
		Days after treatment					
		1	2	4	7	14	28
Has a mesh before the treatment	Matrin	3.4^{a} * ± 92.5	1.7^{a} ± 97.3	0.8^{ab} ± 95.2	1.7^{a} ± 89.5	1.7^{b} ± 82.1	8.4^{ab} ± 54.1
	Azadiractin	7.1^{b} ± 76.1	0.5^{a} ± 95	1^{a} ± 98.1	0.8^{a} ± 94.9	1.8^{b} ± 80.5	11.6^{b} ± 45.7
	Alpha-Cypermethrin	0^{a} ± 100	0.7^{a} ± 99.3	2.2^{b} ± 93	3.3^{a} ± 88.6	2.5^{b} ± 77.8	3.5^{a} ± 73.1
	Imidacloprid	1^{a} ± 99	1.8^{a} ± 96.4	0.1^{a} ± 97.9	0.8^{a} ± 95	0.8^{a} ± 91.7	3.4^{a} ± 77.3
F3 (F test)		7.62	1.85	3.54	3.12	11.35	4.01
P value		0.01	0.22	0.07	0.09	0.00	0.05
Has a mesh after the treatment	Matrin	6.1^{c} ± 37.3	10.7^{b} ± 65.1	2.1^{ab} ± 93.8	0.9^{a} ± 99.1	0 ± 100	0 ± 100
	Azadiractin	3.1^{d} ± 7.4	7.2^{c} ± 40.5	2.5^{b} ± 88.8	1.6^{a} ± 98.4	0 ± 100	0 ± 100
	Alpha-Cypermethrin	2.3^{a} ± 87.6	1.4^{a} ± 97.4	0.9^{a} ± 98.2	0^{a} ± 100	0 ± 100	0 ± 100
	Imidacloprid	8.9^{b} ± 64.4	1.6^{a} ± 93.2	0.8^{a} ± 99.2	0^{a} ± 100	0 ± 100	0 ± 100
F_3 (F test)		36.47	16.57	7.26	0.71	---	---
P value		0.00	0.00	0.01	0.57	---	---
Without mesh	Matrin	4.8^{b} ± 21.9	2.1^{c} ± 56.5	2.5^{a} ± 88.5	1.7^{a} ± 93.8	6.3^{a} ± 79.5	8.8^{b} ± 51.4
	Azadiractin	2.6^{b} ± 37	0.6^{b} ± 70.8	2.9^{a} ± 88.2	1.1^{a} ± 92.5	3.8^{b} ± 51.3	5.9^{b} ± 47.9
	Alpha-Cypermethrin	4.2^{a} ± 73.6	1^{a} ± 93.7	1.7^{a} ± 95.6	3^{a} ± 92.8	5.8^{a} ± 71.1	5^{ab} ± 59
	Imidacloprid	6^{b} ± 24	3.8^{b} ± 69.3	1^{a} ± 93	0.8^{a} ± 91.7	2.2^{a} ± 75.6	2.7^{a} ± 73.4
F_3 (F test)		27.57	47.04	2.80	0.22	6.73	3.55
P value		0.00	0.00	0.11	0.88	0.01	0.07

* The different letters in each column indicate a statistically significant difference ($p < 0.05$).

۳- شیوه دارای پوشش پس از تیمار: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در این شیوه نشان داد که در روزهای اول، دوم و چهارم پس از کاربرد حشره‌کش‌ها کارایی آن‌ها نسبت به یک‌دیگر معنی‌دار است. این تفاوت معنی‌دار، ناشی از کارایی کمتر دو حشره‌کش گیاهی بود. پس از گذشت ۲۴ ساعت، حشره‌کش آلفاسایپرمترین با ۸۷/۶ درصد به صورت معنی‌داری بیشترین کارایی را داشت و پس از آن، حشره‌کش ایمیداکلوپرید قرار گرفت که ۶۴/۴ درصد حشرات را کنترل کرد. حشره‌کش گیاهی ماترین با ۳۷/۳ درصد در رده بعدی قرار گرفت و فرمولاسیون تجارتی آزادیراکتین فقط ۷/۴ درصد کارایی داشت. نتایج نشان دهنده روند مشابهی در روزهای دوم و چهارم پس از اعمال تیمارها بود، با این تفاوت که حشره‌کش‌های گیاهی نیز توانستند کنترل مناسب‌تری ایجاد کنند. در مورد ماترین که پس از یک روز ۳۷/۳ درصد حشرات را کنترل کرده بود، پس از دو و چهار روز، درصد کارایی به ترتیب به ۶۵/۱ و ۹۳/۸ درصد افزایش یافت. این تغییر برای آزادیراکتین چشم‌گیرتر بود. در مورد این حشره-کش گیاهی، در حالی که پس از ۲۴ ساعت فقط ۷/۴ درصد حشرات را کنترل کرده بود، این میزان پس از دو و چهار روز به ترتیب به ۴۰/۵ و ۸۸/۸ درصد افزایش یافت. در روز چهارم پس از اعمال تیمارها کارایی ماترین به صورت معنی‌داری مشابه دو حشره‌کش شیمیایی بود و در روز هفتم کارایی هر

چهار تیمار در یک گروه آماری قرار گرفت. در دو و چهار هفته پس از اعمال تیمارها، هیچ حشره کامل زنده‌ای در این کرت‌ها دیده نشد و کارایی همه حشره‌کش‌ها ۱۰۰ درصد بود (جدول ۲).

ب- تغییرات جمعیت

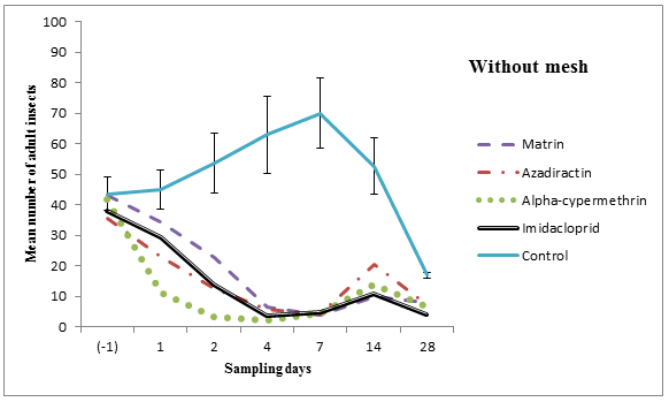
آزمایش‌های مزرعه‌ای به‌طور معمول با یک روش معمول و بدون هرگونه مانع اجرا می‌شوند، اما در پژوهش حاضر این آزمایش‌ها به سه شیوه مختلف انجام شد تا از جابه‌جا شدن حشرات بین کرت‌ها جلوگیری شود و اثر باقی‌مانده حشره‌کش‌های مورد آزمایش در کرت‌های آزمایشی به طور دقیق سنجیده شود.

در روش فاقد توری، در کرت‌های آزمایشی تحت تیمارهای مختلف قبل و بعد اعمال تیمارها هیچ محدودیتی برای ورود و خروج حشرات کامل به این کرت‌ها وجود نداشت. تغییرات جمعیتی مربوط به کرت‌های شاهد نشان‌دهنده شرایط طبیعی از نظر تغییرات در اندازه‌ی جمعیت است (شکل ۱). نتایج نشان داد که تا یک هفته پس از اعمال تیمارها در این شیوه، جمعیت در کرت شاهد به میزان زیادی افزایش یافت و به طور میانگین حدود ۷۰ حشره کامل در ۱۵ گل‌آذین از هر کرت شمارش شد. در ادامه، جمعیت طبیعی حشرات کاهش یافت و به میانگین حدود ۵۲ عدد در دو هفته پس از تیمار رسید. میانگین جمعیت در چهار هفته پس از تیمار نیز به حدود ۱۷ عدد کاهش یافت. تعداد حشرات در ابتدا در همه تیمارها و شاهد نزدیک به هم بود. تیمار گیاهان با هر چهار حشره‌کش باعث از بین رفتن و کاستن از جمعیت تا یک هفته پس از اعمال تیمارها شد. در یک هفته پس از تیمار که میانگین جمعیت در شاهد ۷۰ عدد بود، در چهار تیمار ماترین، آزادیراکتین، آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپرید به ترتیب ۴، ۴، ۴ و ۵ عدد ثبت شد. در دو هفته پس از تیمار، افزایشی در تعداد شمارش شده در تیمارهای ماترین، آزادیراکتین، آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپرید ثبت شد که به ترتیب ۱۰، ۲۰، ۱۴ و ۱۱ عدد بود. اما در تیمار شاهد گرچه این تعداد به ۵۲ عدد کاهش یافت؛ اما هم‌چنان بیشتر از تیمارهای حشره‌کش‌ها بود. در چهار هفته پس از تیمار که میانگین جمعیت در شاهد ۱۷ عدد بود، در چهار تیمار ذکر شده به ترتیب ۸، ۷، ۶ و ۴ عدد ثبت شد.

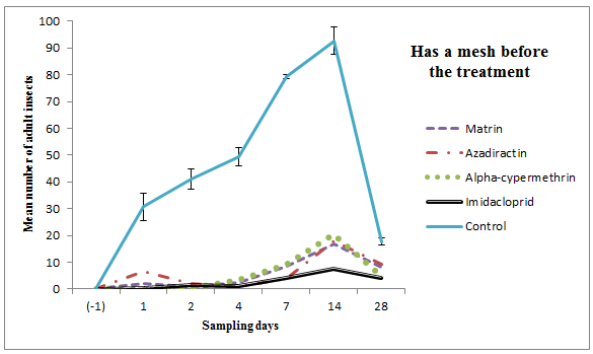
هنگامی که کرت‌های آزمایشی پیش از اعمال تیمارها با پارچه توری پوشانده شدند تا از ورود سوسک‌ها به کرت‌ها جلوگیری شود، تعداد سوسک‌ها در این کرت‌ها در ابتدای آزمایش صفر بود. تغییرات جمعیتی مربوط به کرت‌های شاهد نشان‌دهنده شرایط طبیعی از نظر تغییرات در اندازه جمعیت است (شکل ۱). نتایج نشان داد که تا دو هفته پس از اعمال تیمارها در این شیوه، جمعیت در کرت شاهد به میزان زیادی افزایش یافت و به طور میانگین حدود ۹۲ حشره کامل در ۱۵ گل‌آذین از هر کرت شمارش شد. طی دو هفته بعدی جمعیت طبیعی حشرات کاهش یافت و به میانگین حدود ۱۷ عدد در چهار هفته پس از تیمار رسید. تیمار گیاهان با هر چهار حشره‌کش باعث از بین رفتن و کاستن از جمعیت تا یک هفته پس از اعمال تیمارها شد. در یک هفته پس از تیمار میانگین ۷۹ عدد در شاهد ثبت شد. اما این مقدار برای چهار تیمار ماترین، آزادیراکتین، آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپرید به ترتیب ۸، ۴، ۹ و ۴ عدد بود. در دو هفته پس از تیمار، افزایشی در تعداد شمارش شده در تیمارهای ماترین، آزادیراکتین و آلفاسایپرمترین ثبت شد که به ترتیب ۱۶، ۱۸ و ۲۰ عدد بود. اما در تیمار ایمیداکلوپرید این مقدار (۷ عدد) کمتر بود. در چهار هفته پس از تیمار دوباره جمعیت در تیمارهای حشره‌کش‌ها کاهش یافت، اما از آن‌جا که جمعیت طبیعی در شاهد به شدت کاهش یافته، احتمالا بخشی از این کاهش ناشی از تغییرات طبیعی جمعیت است نه اثر حشره‌کش‌ها.

در شیوه دارای توری پس از تیمار، کرت‌های آزمایشی پیش از اعمال تیمارها فاقد هرگونه مانعی بودند و درست پس از اعمال تیمارها با استفاده از پارچه‌های توری پوشانده شدند. تغییرات جمعیتی مربوط به کرت‌های شاهد نشان‌دهنده شرایط طبیعی از نظر تغییرات در اندازه جمعیت است (شکل ۱). بر این اساس، با ایجاد مانع، از ورود حشرات جدید به کرت آزمایشی جلوگیری شد و اثر مستقیم و باقی‌مانده حشره‌کش‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که تا دو هفته پس از اعمال تیمارها در این شیوه، جمعیت در کرت شاهد ثابت بود

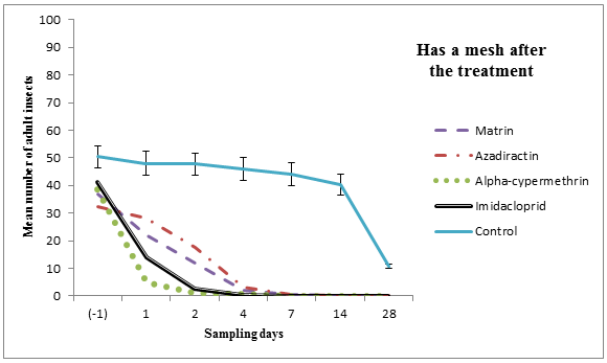
و به طور میانگین حدود ۴۰ حشره کامل در ۱۵ گل‌آذین از هر کرت شمارش شد. طی دو هفته بعدی جمعیت طبیعی حشرات کاهش یافت و به میانگین حدود ۱۰ عدد در چهار هفته پس از تیمار رسید. تعداد حشرات در ابتدا در همه تیمارها و شاهد نزدیک به هم بود، اما تیمار گیاهان با هر چهار حشره‌کش باعث از بین رفتن و کاستن از جمعیت تا پایان آزمایش شد و یک هفته پس از اعمال تیمارها حشره زنده‌ای در این کرت‌ها دیده نشد. یک هفته پس از تیمار میانگین ۴۴ عدد در شاهد ثبت شد، اما این مقدار برای هر چهار تیمار ماترین، آزادیراکتین، آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپرید صفر بود.



(1)



(2)



(3)

شکل ۱- مقایسه‌ی تغییرات جمعیت حشرات کامل سوسک گرده‌خوار کلزا در تیمارها و روزهای مختلف نمونه‌برداری با سه شیوه متفاوت تیمار: ۱- بدون مش، ۲- با مش قبل از تیمار، ۳- با مش بعد از تیمار

Figure 1. Comparison of the changes in the adults' population of rapeseed pollen beetle in different treatments and sampling days with three different treatment methods: 1. Without mesh, 2. With mesh before treatment, 3. With mesh after treatment

۲- زیست‌سنجی آزمایشگاهی

بر اساس نتایج تجزیه پروبیت، بیشترین کشندگی روی سوسک‌های بالغ پس از ۲۴ ساعت مربوط به حشره‌کش پایریتروئیدی آلفاسایپرمترین با LC_{50} معادل ۰/۱ mg ai/L و پس از آن، به ترتیب مربوط به حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید (۶۰ mg ai/L) و ماترین (۱/۲ mg ai/L) بود. کمترین کشندگی پس از ۲۴ ساعت نیز برای حشره‌کش گیاهی آزادیراکتین با LC_{50} معادل ۱۰۰/۷ mg ai/L به دست آمد. هم‌چنین، بیشترین کشندگی پس از ۴۸ ساعت مربوط به حشره‌کش گیاهی ماترین با LC_{50} معادل ۰/۴ mg ai/L و پس از آن، مربوط به حشره‌کش نئونیکوتینوییدی ایمیداکلوپرید (۳۲/۲ mg ai/L) بود. کمترین کشندگی پس از ۴۸ ساعت نیز برای حشره‌کش آزادیراکتین با LC_{50} معادل ۳۲/۳ mg ai/L به دست آمد (جدول ۳). پس از ۴۸ ساعت به دلیل افزایش تلفات در همه غلظت‌های حشره‌کش آلفاسایپرمترین، آنالیز پروبیت برای این حشره‌کش انجام نشد.

با در نظر گرفتن محدوده اطمینان به عنوان شاخص مقایسه آماری، عدد LC_{50} به دست آمده برای آلفاسایپرمترین پس از ۲۴ ساعت به طور معنی‌داری کمتر از ماترین، آزادیراکتین و ایمیداکلوپرید بود که نشان‌دهنده کشندگی بیشتر این حشره‌کش نسبت به سه حشره‌کش دیگر می‌باشد. هم‌چنین، کشندگی دو حشره‌کش ماترین و ایمیداکلوپرید در ۲۴ ساعت پس از تیمار نسبت به یکدیگر معنی‌دار نبود، اما به‌طور معنی‌داری کشندگی بیشتری نسبت به آزادیراکتین داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه پروبیت حشره‌کش‌های مختلف روی حشرات کامل سوسک گرده‌خوار کلزا *Brassicogethes aeneus*

Table 3. Probit analysis of different insecticides on adult insects of rapeseed pollen beetle *Brassicogethes aeneus*

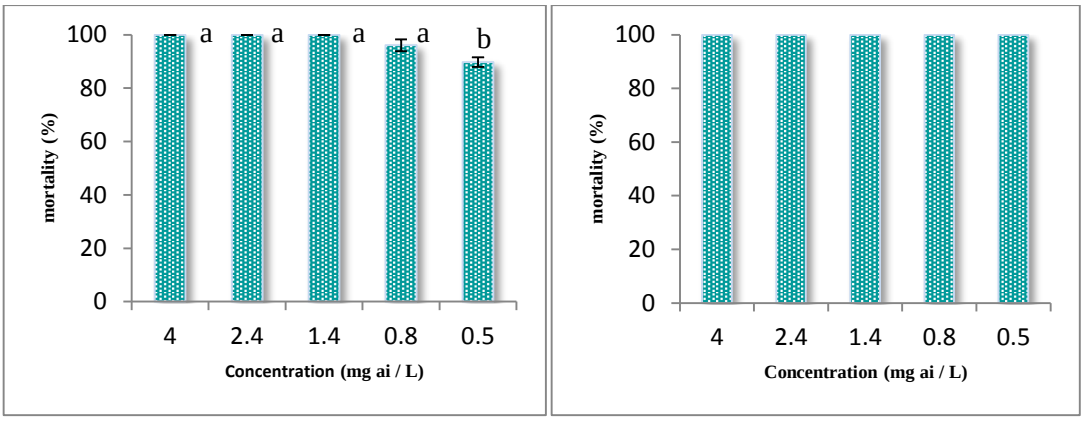
Time (Hours after treatment)	Insecticides	Number of insects	LC_{50} (mg ai / L) (Confidence Limit 95%)	LC_{90} (mg ai / L) (Confidence Limit 95%)	slope (±SE)	X^2 (df)	P- Value	Relative potency*
24	**Alpha-Cypermethrin**	360	0.09 (0.002-0.25)	1.55 (1.02-3.39)	1.05 (0.32)	2.80 (3)	0.42	1118
	Azadiractin	360	100.67 (70.91-203.37)	844.42 (343.44-6540.16)	1.39 (0.28)	3.04 (3)	0.39	-
	Imidacloprid	360	59.99 (47.98-71.52)	238.67 (184.28-355.22)	2.14 (0.27)	0.67 (3)	0.88	1.67
	Matrin	360	1.19 (0.42-1.87)	11.90 (7.86-30.89)	1.28 (0.29)	2.01 (3)	0.57	84.5
48	**Azadiractin**	360	32.32 (2.44-145.88)	416.08 (113.79-0.24)	1.15 (0.26)	5.34 (3)	0.15	-
	Imidacloprid	360	32.20 (0.04-57.42)	128.73 (73.95-27125.34)	2.13 (0.34)	9.42 (3)	0.02	1
	Matrin	360	0.40 (0.01-0.92)	2.30 (1.11-3.24)	1.69 (0.54)	4.22 (3)	0.24	80.8

* Relative potency (RP) = The greatest LC_{50} value / another LC_{50} value

در روز دوم پس از تیمار، LC_{50} به دست آمده برای سه حشره‌کش ماترین، آزادیراکتین و ایمیداکلوپرید با یکدیگر معنی‌دار نبود. نتایج هم‌چنین نشان‌دهنده افزایش کشندگی دو آفت‌کش گیاهی ماترین و آزادیراکتین و حشره‌کش شیمیایی ایمیداکلوپرید پس از ۴۸ ساعت بود (جدول ۳).

در مواردی که به دلیل افزایش تلفات در همه غلظت‌ها، آنالیز پروبیت قابل انجام نبود، آنالیز واریانس انجام شد. مرگ‌ومیر ناشی از غلظت‌های ۴، ۲/۴، ۱/۴، ۰/۸ و mg ai/L ۰/۵ آلفاسایپرمترین در ۴۸ ساعت پس از تیمار به ترتیب ۱۰۰، ۱۰۰، ۱۰۰، ۹۶/۱ و ۸۹/۸ بود. در ۷۲ ساعت پس از تیمار مرگ‌ومیر ناشی از همه غلظت‌ها ۱۰۰ درصد بود (شکل ۲).

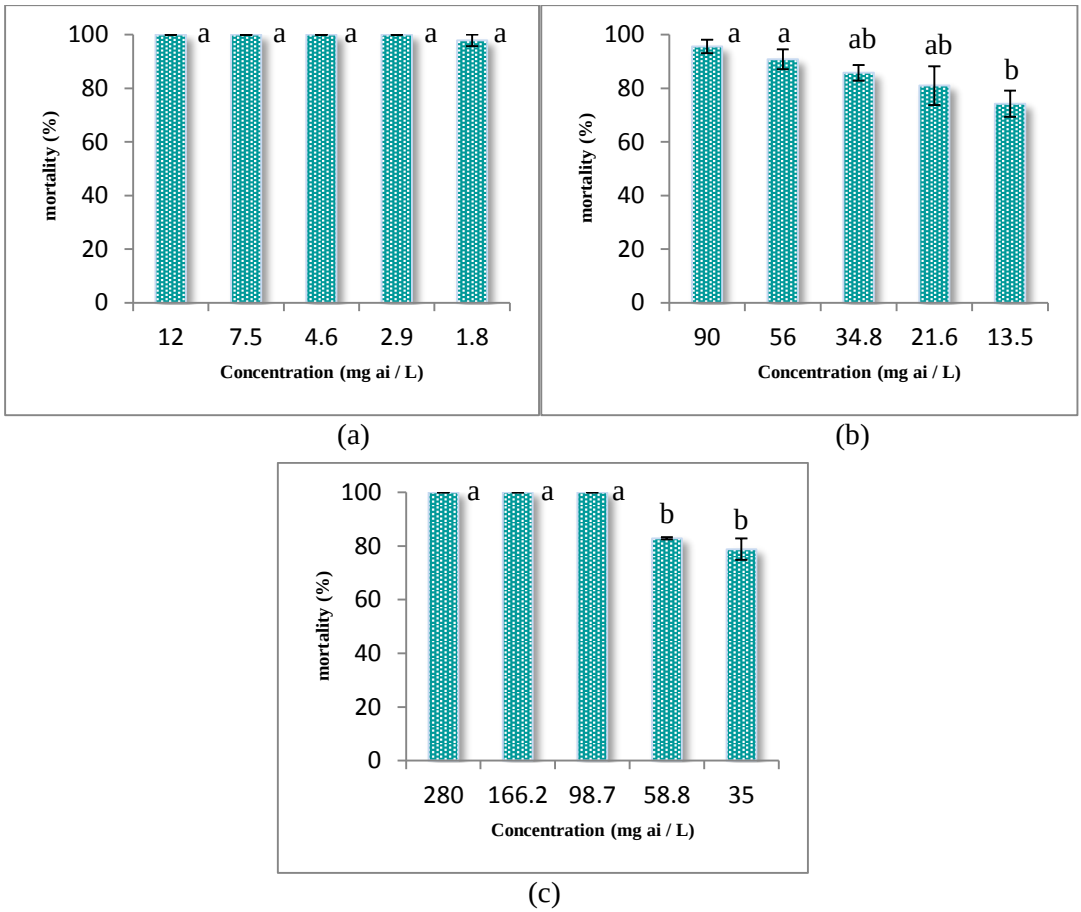
تجزیه آماری کشندگی ناشی از غلظت‌های مختلف سه حشره‌کش ماترین، آزادیراکتین و ایمیداکلوپرید پس از ۷۲ ساعت نشان‌دهنده افزایش تلفات در همه غلظت‌ها بود. کمترین میزان تلفات با ۷۴/۲ درصد مربوط به پایین‌ترین غلظت آزادیراکتین (۱۳/۵mg ai/L) بود (شکل ۳).



(a) (b)

شکل ۲- تلفات ناشی از حشره‌کش آلفاسایپرمترین روی حشرات کامل سوسک گرده‌خوار کلزا *B. aeneus* پس از ۴۸ (a) و ۷۲ ساعت (b) (حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار به لحاظ آماری می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵). پس از ۷۲ ساعت تلفات در همه غلظت‌ها ۱۰۰ درصد بود.)

Figure 2. The mortalities caused by Alpha-Cypermethrin on adults of rapeseed pollen beetle, *Brassicogethes aeneus* after 48 (a) and 72 hours (b) (The different letters in each column indicate a statistically significant difference ($p < 0.05$), The mortalities were 100% on all of the concentrations at 72 hours.)



شکل ۳- تلفات ناشی از سه حشره‌کش ماترین (a)، آزادیراکتین (b) و ایمیداکلوپرید (c) روی حشرات کامل سوسک گرده‌خوار کلزا *B. aeneus* پس از ۷۲ ساعت) (حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد (p <۰/۰۵).

Figure 3. The mortalities caused by Matrin (a), Azadiractin (b) and Imidacloprid (c) against the adults of rapeseed pollinating beetle *B. aeneus* after 72 hours), (The different letters in each column indicate a statistically significant difference (p < 0.05).)

بحث

حشره‌کش‌های گوناگونی برای کنترل سوسک گرده‌خوار کلزا مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Hansen, 2003; Walczak & Mrowczynski, 2006). در ایران حشره‌کش‌هایی مانند تیاکلوپرید، دیازینون، ایمیداکلوپرید و فوزالون علیه این آفت آزمایش شده‌اند. اما برخی از حشره‌کش‌های توصیه شده پیشین نظیر اندوسولفان به دلیل مشکلات زیست‌محیطی قابل توصیه نمی‌باشند (Keyhanian *et al.*, 2016). با توجه به جایگاه کلزا در استان‌های شمالی کشور و تنوع آفات این محصول، تعیین حشره‌کش‌های جدید و موثر برای کنترل آفات کلزا به ویژه سوسک گرده‌خوار دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

پژوهش حاضر نشان داد که حشره‌کش پایریتروئیدی آلفاسایپرمترین در روزهای ابتدایی نمونه‌برداری پس از سم‌پاشی اثر بهتری نسبت به سایر حشره‌کش‌های مورد آزمایش در هر سه روش اجرای تیمارها داشت. کاربرد این حشره‌کش در کنار چند ترکیب پایریتروئیدی دیگر شامل سایپرمترین، دلتامترین، بتاسایفلوترین و لامباداسای‌هالوترین و هم‌چنین، حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی تیاکلوپرید روی سوسک گرده‌خوار کلزا در مزارع کلزای لیتوانی توانست آفت را یک روز پس از سم‌پاشی بین ۸۶ تا ۱۰۰ درصد کنترل کند. با این حال

نمونه‌برداری‌ها نشان داد که پس از چهار و هفت روز، جمعیت سوسک‌ها افزایش یافت. خسارت کلی آفت در پژوهش مذکور بین ۳/۳ تا ۳۰/۱ درصد و میزان کارایی آلفاسایپرمترین در سال‌های مختلف انجام آزمایش بیش از ۸۰ درصد بود (Petraitiene *et al.*, 2008). در پژوهش حاضر کارایی آلفاسایپرمترین در روش معمول (بدون پوشش) پس از یک روز ۷۳/۶ درصد بود که تا روز هفتم (۹۲/۸ درصد) روند صعودی داشت؛ اما پس از آن کاهش یافت و در ۲۸ روز بعد به ۵۹ درصد رسید. در یک بررسی مشخص شد که محلول‌پاشی گیاه کلزا با حشره‌کش آلفاسایپرمترین در مرحله کوتیلدونی تعداد سوسک‌های کک‌مانند *Phyllotreta* spp. را تقریباً به صفر کاهش می‌دهد (Hiiesaar *et al.*, 2003). در مدیریت کنترل شیمیایی کک‌های کلزا، حشره‌کش آلفاسایپرمترین با غلظت ۳۰۰ و ۱۵۰ گرم در هکتار کمترین درصد خسارت (به ترتیب ۲۶/۲۹ و ۲۷/۹۰ درصد) را نسبت به شاهد (۸۳/۷۴ درصد) نشان داد (Keyhanian *et al.*, 2021).

از آن‌جا که در مرحله گل‌دهی کلزا حشرات مفید مختلفی به خصوص زنبور عسل در مزارع کلزا یافت می‌شوند، لازم است برای حفظ فون حشرات مفید، کنترل شیمیایی سوسک گرده‌خوار کلزا محتاطانه انجام شود و از حشره‌کش‌های کم‌خطر در زمان مناسب (وجود ۷ – ۱۰ سوسک به ازای هر گیاه، در مرحله غنچه‌دهی کلزا) استفاده شود (Keyhanian *et al.*, 2016).

حشره‌کش گیاهی ماترین می‌تواند آفاتی مانند کنه دو نقطه‌ای *Tetranuchus urticae*، پروانه برگ‌خوار مصری (کرم برگ‌خوار پنبه) *Spodoptera littoralis*، کرم میوه‌خوار بادمجان *Leucinodes orbonalis* و مگس مینوز *Liriomyza sativae* را کنترل کند (Adiroubane & Raghuraman, 2008; El-mageed & Shalaby, 2011; Medo & Marcic, 2013; Moradi Afrapoli *et al.*, 2022). تاکنون از این ترکیب علیه حشرات کامل آفات راسته سخت‌بالپوشان استفاده نشده است. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، حشره‌کش ماترین به تدریج سبب کاهش جمعیت آفت طی روزهای پس از محلول‌پاشی شد. کارایی این حشره‌کش با غلظت ۱/۵ در هزار در روز اول نمونه‌برداری ۲۱/۹ درصد به‌دست آمد و تا یک هفته پس از محلول‌پاشی کارایی به ۹۳/۸ درصد افزایش یافت، اما در روز ۲۸ نمونه‌برداری کارایی به ۵۱/۴ درصد کاهش پیدا کرد. اثر حشره‌کش گیاهی ماترین روی پسیل پسته (*Agonoscena pistaciae*) با سایر حشره‌کش‌های رایج (اسپیروتترامات و ایمیداکلوپرید) علیه این آفت بررسی شد و نتایج حاکی از آن بود که کاربرد ماترین با غلظت ۱ تا ۱/۵ در هزار توانست جمعیت آفت را همانند آفت‌کش‌های رایج کنترل کند. هم‌چنین، اثر ماترین از روز دوم به خوبی مشاهده شد و تا ۱۴ روز دوام داشت (Emami Shaher Baback *et al.*, 2017).

اثر آفت‌کشی قسمت‌های مختلف و فرآورده‌های گوناگون درخت چریش (*Azadirachta indica*) علیه برخی از آفات به ثبت رسیده است (Jilani & Saxena, 1983; Cano & Gladston, 1994; Sarode *et al.*, 1995; Mokhtari, 1996; Gupta, 1997; Sadeghi *et al.*, 1998; Yazdanbioki *et al.*, 1998). بررسی‌های مختلف نشان داده است که برخی آفاتی که به حشره‌کش‌های شیمیایی مقاوم شده‌اند، با عصاره‌ی چریش قابل کنترل هستند (Menn, 1990; Lindquist & Casey, 2001). خواص مطلوبی نظیر تخم‌کشی، دورکنندگی، ضد تغذیه‌ای و اختلال در تبدیل مراحل نابالغ به حشره کامل از ویژگی‌هایی است که به فرآورده‌های عصاره گیاه چریش (نیم‌آزال®) نسبت داده شده است (Oroumchi & Lorra, 1993; Cano & Gladston, 1994). حشره‌کش تجارتی نیم‌آزال® علیه حشرات مکنده و کنه‌ها و همین‌طور سایر حشرات به طور سیستمیک تاثیر منفی گذاشته و باعث کاهش جمعیت آنها می‌شود (Kleeberg, 2001). هم‌چنین، از فرآورده‌های چریش (Neem) به عنوان حشره‌کش علیه سفیده کوچک کلم *Pieris rapae* و شب‌پره پشت‌الماسی *Plutella xylostella* که حشراتی غیر مکنده می‌باشند، استفاده شده و نتیجه مثبت بوده است (Rice, 1989). کاربرد آزادیراکتین در پژوهش حاضر نشان داد که این حشره‌کش جمعیت آفت را در کرت‌های آزمایشی به خوبی کنترل کرد. کارایی این

ترکیب گیاهی (با غلظت ۳ در هزار) یک روز پس از محلول-پاشی ۳۷ درصد بود و تا روز هفتم نمونه‌برداری تا ۹۲/۵ درصد افزایش پیدا کرد. پس از چهار هفته کارایی به ۴۷/۹ درصد کاهش یافت.

حشره‌کش ایمیداکلوپرید برای کنترل آفاتی از قبیل شته-ها، سفیدبالک‌ها، مینوزها، پسیل‌ها، تریپس‌ها و شپشک‌ها کاربرد دارد (Talebi Jahromi, 2007). ثبت تغییرات جمعیت حشرات کامل سوسک گرده‌خوار کلزا در کرت-های مورد آزمایش نشان داد که حشره‌کش ایمیداکلوپرید (با غلظت ۰/۷۵ در هزار) گرچه در یک روز پس از محلول‌پاشی فقط ۲۴ درصد کارایی داشت، اما در روز چهارم نمونه‌برداری توانست ۹۳ درصد از جمعیت آفت را نسبت به کرت شاهد کاهش دهد. با این حال پس از چهار هفته کارایی آن کمی کاهش یافت (۷۳/۴ درصد). در پژوهشی در استان مازندران از حشره‌کش ایمیداکلوپرید با غلظت یک لیتر در هکتار برای کنترل سوسک گرده‌خوار کلزا در مقایسه با سایر حشره‌کش-های متداول در منطقه (تیاکلوپرید، دیازینون و فوزالون) استفاده شد. نتایج نشان داد که کارایی این حشره‌کش در روز اول نمونه‌برداری ۸۴ درصد و در روزهای سوم و هفتم ۹۱ درصد بود. اما در روز چهاردهم پس از محلول‌پاشی کارایی کاهش یافت و به ۲۲ درصد رسید (Keyhanian *et al.*, 2016). از آنجا که ایمیداکلوپرید حشره‌کش با اثر سریع است، کارایی پایین پس از ۲۴ ساعت ممکن است ناشی از خطای ورود حشرات کامل از کرت‌های مجاور باشد، چرا که این مقدار برای دو روش استفاده از پوشش مجزا کننده پیش از تیمار و استفاده از پوشش پس از تیمار به ترتیب ۹۹ و ۶۴ درصد بود. بر اساس گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده، ایمیداکلوپرید پتانسیل زیادی برای ورود به بدنه آب‌های زیرزمینی دارد (United States Environmental Protection Agency, 2004)، از این رو می‌توان حشره‌کش‌هایی با خطر کمتر و ترکیبات گیاهی را جایگزین مناسبی برای این حشره‌کش دانست.

جلوگیری از ورود حشرات به کرت‌های تیمار شده بلافاصله پس از سم‌پاشی، با هدف برآورد اثر مستقیم حشره-کش‌ها روی سوسک‌های مستقر روی گیاهان انجام شد. نتایج نشان داد که با وجود حضور و فعالیت سوسک‌ها در تیمار شاهد، در دو تیمار آلفاسایپرمترین و ایمیداکلوپراید پس از دو روز و در دو تیمار ماترین و آزادیراکتین پس از چهار روز، تقریباً هیچ حشره زنده‌ای در کرت‌ها مشاهده نشد. ممانعت از ورود حشرات به کرت‌ها تا قبل از سم‌پاشی نیز با هدف برآورد اثر کشندگی باقی‌مانده حشره‌کش‌ها انجام شد. نتایج این آزمایش نشان داد که تیمارها روی حشراتی که تا دو هفته بعد وارد مزرعه می‌شوند، کنترل خوبی ایجاد می‌کنند. بر این اساس، انتظار می‌رود که در صورت سم‌پاشی مزارع کلزا در سطح وسیع، یک بار سم‌پاشی در زمان مناسب، سوسک‌های موجود در مزرعه را تا اتمام مراحل حساس گیاه، به خوبی کنترل نماید. همان‌گونه که بیان شد به کار بردن پوشش روی گیاهان روشی نیست که در شرایط عملی قابل استفاده باشد. طراحی این دو روش متفاوت آزمایش با هدف برآورد دقیق-تر کارایی حشره‌کش‌ها انجام شد.

نتایج این پژوهش نشان داد که حشره‌کش پایریتروئیدی آلفاسایپرمترین می‌تواند در زمان‌های طغیان سوسک گرده-خوار کلزا، به عنوان یک جایگزین برای حشره‌کش ایمیداکلوپرید عمل کند. علاوه بر این، دو حشره‌کش گیاهی تجارتی مورد استفاده در این پژوهش، نتایج امیدوارکننده‌ای ارائه دادند و در این بین ماترین توانست کنترل خوبی ایجاد کند. از این رو، با پایش جمعیت حشره و کاربرد به موقع حشره‌کش گیاهی مزبور، می‌توان استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی برای کنترل این آفت را به حداقل رساند.

References

Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology 8*(1), 265-267.

Adiroubane, D., & Raghuraman, K. (2008). Plant products and microbial formulation in the management of brinjal shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis* (Guenee.). *Journal of Biopesticides 1*, 124–129. **DOI:10.57182/jbiopestic.1.2.124-129**

Akdeniz, D., & Ozmen, A. (2011). Antimitotic effects of the biopesticide oxymatrine. *Caryologia 64*, 117–120. **DOI: https://doi.org/10.1080/00087114.2011.10589771**

Bagheri, N., Mohammadi Sharif, M., & Golmohammadi, Gh. R. (2021). Comparing the efficacy of some chemical and non-chemical insecticides for control of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) under cotton field conditions. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 44*(3), 135-141. (in Farsi). **DOI: 10.22055/ppr.2021.17132**

Barari, H. (2014). Appropriate time for controlling major insect pests of oilseed rape. *Research Achievement for Field and Horticulture Crops 4*(3), 243-254. (in Farsi). **DOI: 10.22092/rafhc.2014.106503**

Cano, V. F., & Gladstone, S. M. (1994). Effect of botanical insecticide (Neem 20) on parasitism by *Trichogramma pretiosum* in eggs of *Helicoverpa zea* in a melon crop. *Manecho Integrado de Plagas 33*, 23-25.

Casida, J. E., & Quistad, G. B. (1998). Golden age of insecticide research: Past, present or future. *Annual Review of Entomology 43*, 1-16.

Petraitiene, E., Brazauskiene, I., Remigijus, S., & Vaclovas, M. (2008). The Spread of pollen beetles (Meligethes *aeneus*) in spring oilseed rape (*Brassica nepus*) and the efficacy of pyrethroids. *Zemdirbyste-Agriculture 95*(3), 344–352.

Ekbom, B., & Kuusk, A. K. (2001). Pollen beetles (*Meligethes aeneus*) and resistance against pyrethroids. *Vaxtskyddsnotiser 65*(3/4), 39-42.

Ekbom, B. (1995). Insect pests. In: Kimber, D.S., et al. (Eds.) Brassica Oilseeds: Production and Utilization. Oxon: CAB International. pp. 141-152.

El-mageed, A. E. M. A., & Shalaby, S. E. M. (2011). Toxicity and biochemical impacts of some new insecticide mixtures on cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Plant Protection Science 47*, 166–175. **DOI: 10.17221/3/2011-PPS**

Emami Shaher Baback, Y., Basirat, M., Rajabi Momenabad, A., Mirzaie Malekabad, R., & Masuomi Riseh, H. (2017). Effect of Agro Zinc Pesticide on Common Pistachio Emission of Agonoscena pistaciae and Its Side Effects on Two Natural Enemies of this Pest. Final report of the research project. Agricultural Research, Education and Extension Organization. pp. 30. (in Farsi)

Gupta, G. T. (1997). Biological effects of Azadirachtin and plumbagin on *Helicoverpa armigera*. *Indian Journal of Entomology 59*(4), 415-422.

Gustaw, S., & Czynski, M. M. (2000). Control of oilseed rape pests with combined application of insecticides and foliar fertilizers ecological and economical aspects. *IOBC/WPRS Bulletin 23*(6), 165-170.

Hansen, K. E. (1984). Trials on the control of blossom beetles (*Meligethes aeneus* Fab.) brassica seed weevils (*Ceuturhynchus assimilis* Payk.) and Brassica pod midges (*Dasineura brassicae* Winn.) in winter and spring rape. *Tidsskrift for Planteavl 88*(1), 91-100.

Hansen, L. M. (2003). Insecticide resistance pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) found in Danish oilseed rape (*Brassica napus* L.) fields. *Pest Management Science 59*, 1057-1059.

Henderson, F., & Tilton, W. (1995). Tests with acaricides against the Brown wheat. *Journal of Economic Entomology 48*, 157-160. **DOI: 10.1002/ps.737**

Hiiesaar, K., Metspalu, L. P., Laaniste, P., & Jõgar, K. K. (2003). Specific composition of flea beetles (*Phyllotreta* spp), the dynamics of their number on the summer rape (*Brassica napus L*. var. *oleifera* subvar. *annua*) Mascot. *Agronomy Research 1*(2), 123–130.

Jarmo, K. (2010). Spring turnip rape/control of pollen beetle (*Meligethes aeneus*). Retrieved September 16, 2021. from http://www.MTT Agrifood Research Finland.

Jilani, G., & Saxena, R. C. (1983). Repllent and feeding effects of turmeric oil on sweet potato whitefly, neem oil and neem-based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Economic Entomology 2*, 629-633.

Karimzadeh Esfahani, J. (2014). Investigating the efficiency of the new insecticide Rui Agro (Matrin) in the control of cabbage moth. Agricultural Research, Education and Extension Organization. pp. 20. (in Farsi)

Keyhanian, A. A., & Barari, H. (2010). Study on the biology of the pollinating beetle *Meligethes aeneus* F. (Col.: Nitidulidae) on rapeseed. The 19th Iranian Plant Protection Congress. 1-4 August, Hamedan. pp. 550. (in Farsi)

Keyhanian, A. A, Barari, H., & Khormali, S. (2013). Evaluating of the Efficacy of Biscaya OD 24% on Canola Pollen Beetle *Meligethes aeneus*. Final report, Number 43859. pp. 24. (in Farsi)

Keyhanian, A. A, Barari, H., & Khormali, S. (2016). Evaluating of the Efficacy of thiacloprid (OD 24%) on Canola Pollen Beetle, *Meligethes aeneus*. *Pesticides in Plant Protection Sciences 3*(2), 129-136. (in Farsi), **DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jppps.2016.109145**

Keyhanian, A. A, Barari, H., & Mobasheri, M. T. (2021). Comparison of the Efficacy of insecticides, Alphacypermethrin and Lambda-cyhalothrin, against Canola Flea Beetles. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 44*(1), 113-124. (in Farsi), **DOI: 10.22055/ppr.2021.16905**

Kleeberg, H. (2001). Neem azal: Propertise of a commercial neem-seed-extract. Practice Oriented Results on Use and Production of Plant Extracts and Phremones in Integrated and Biological Pest Control. Abstracts Workshop Kairo, Egypt, February 10-11.

Laska, P. (1992). Testing of some insecticides against the rape blossom beetle (*Meligethes aeneus*) in seed stands of radishes. *Zahradnictvi 19*(1), 13-18.

Lindquist, R. K., & Casey, M. L. (2001). Evaluation of oil, soap and natural product derivative for leaf miner, Foxglove aphid, Western flower thrips, and greenhouse whitefly control. *Ohio Florists Association Bulletin 727*, 3-5.

Medo, I., & Marcic, D. (2013). The effects of Kingbo biopesticide on Tetranychus urticae Koch female adults. *Pesticides and Phytomedicine (Belgrade) 28*, 195–202. **DOI:10.2298/PIF1303195M**.

Menn, J. J. (1990). USDA interest in neem research. In: Locke, J. C., and Lawson, R. H. (eds.) Proceedings of a workshop on neem's potential in pest management programs. USDA-ARS, Beltsville, MD. ARS-86, pp. 1-3.

Mokhtari, M. (1996). The effect of insecticidal compounds based on the effective substances of neem tree on honeydew cotton in greenhouse conditions. *Olive, The scientific-specialized monthly of the Ministry of Agriculture 128*, 51-52. (in Farsi)

Moradi Afrapoli, F., Mohammadi Sharif, M., Barimani Varandi, H., & Shayanmehr, M. (2022). Susceptibility of *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae to some reduced-risk insecticides in laboratory bioassays. *Journal of Forest Science 68*(7), 253–262. **DOI: 10.17221/67/2022-JFS**

Nourbakhsh, S. (2022). List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, Pesticides and recommended methods to control them. Ministry of Agriculture, Plant Protection Organization, Vice President of Pest Control. pp. 229. (in Farsi)

Oroumchi, S., & Lorra, C. (1993). Investigation on the effect of aqueous extracts of neem and chinaberry on development and mortality of the alfalfa weevil *Hypera postica* Gyllbnh (Col.: Curculionidae). *Journal of Applied Entomology 116*, 345-357.

Oroumchi, S. (1995). To investigate the effects of neem seed powder on controlling of stored products pest, *Trogoderma granarium*. 12th Plant Protection Congress, Karaj. Iran.

Rabea, E. I., Nasr, H. M., & Badawy, M. E. (2009). Toxic effect and biochemical study of chlorfluazuron, oxymatrine, and spinosad on honey bees (*Apis mellifera*). *Environmental Contamination and Toxicology 58*, 722–732. **DOI: 10.1007/s00244-009-9403-y**

Rao, P. J., Kumar, K. M., Sing, S., & Subrahmanam, B. (1999). Effect of *Artemisia annua* oil on development and reproduction of *Dysdercus koenigii* (Hem.: Pyrrhocoridae). *Journal of Applied Entomology 123*, 315- 318. **DOI: https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.1999.00341.x**

Rice, M. (1989). Neem seeds, a source of effective and ecologically sound insecticides. Organic Growing. pp. 21-23.

Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K., & Savin, N. E. (2007). Bioassay with Arthropods. CRC Press, 194 p.

Sadeghi, A., Pourmirza, A.A., Oroumchi, S., & Shayeste, N. (1998). Investigating the sensitivity of different biological stages of cotton whitefly to chemical poisons and Neem. Summary of the articles of the 13th Iranian Plant Protection Congress. 23-27 August, karaj. pp. 222. (in Farsi)

Sarode, S. V., Junde, Y. S., Deotae, R. O., & Thakare, H. S. (1995). Evaluation of neem seed kernel extract at different concentrations for the management of *Helicoverpa armigera* (Hb) on pigeon pea. *Indian Journal of Entomology 57*(4), 385-388.

Sharifi, M., Mobasheri, M. T., Ghaderi, K., & Malek Shahkoei, S. (2020). Comparison of the efficiency of Rui Agro as new insecticides with Malathion and Hexaflumuron for control of Cereal leaf beetle

Lema melanopa (Col.: Chrysomelidae) in field conditions. *Journal of Entomological Research 12*(1), 51-60. (in Farsi)

Slater, R., Ellis, S., Genay, J. P., Heimbach, U., Huart, G., Sarazin, M., Longhurst, C., Meuller, A., Nauen, R., Rison, J. L., & Robin, F. (2011). Pyrethroid resistance monitoring in European populations of pollen beetle (*Meligethes* spp.): A coordinated approach through the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). *Pest Management Science 67*(6), 633-638. **DOI: 10.1002/ps.2101**

SPSS. (2019). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Talebi Jahromi, Kh. (2007). Pesticide toxicology. University of Tehran Press. pp. 492. (in Farsi)

United States Environmental Protection Agency. (2004). Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. EPA 738-R-04-006.

Walczak, F., & Mrowczynski, M. (2006). The endangerment of oilseed rape by pests in Poland. *Integrated Control in Oilseed Crops IOBC/WPRS Bulletin. 29*(7), 97.

Yazdanbioki, M., Shayeste, N., Pourmirza, A. A., & Oroumchi, S. (1998). Investigating the effect of neem seed kernel powder, dill leaves and seeds, mint leaves, eucalyptus and parsley on two important types of storage pests. Summary of the articles of the 13th Iranian Plant Protection Congress. 23-27 August, Karaj. pp. 256. (in Farsi)

Zimmer, C. T., & Nauen, R. (2011). Cytochrome P450 mediated pyrethroid resistance in European populations of *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology 100*(3), 264-272. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.04.011**

Plant Pest Research
2023- 13 (2): 1-17

Open access
doi: 10.22124/iprj.2023.24570.1519
pISSN: 2322-2409
eISSN: 2538-6123

Research paper

The susceptibility of rapeseed pollen beetle (*Brassicogethes aeneus*) to Azadirachtin, Alphacypermetrin, Imidacloprid and Matrin in laboratory and field conditions

N. Akbari Nodehi[1], M. Mohammadi Sharif[1*], S. Y. Mousavi Toghani[2] and M. Shayanmehr[1]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, 2. Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
ORCID iD: 1. 0009-0005-5132-5918, 2. 0000-0001-8520-7336, 3. 0009-0008-9814-9490, 4. 0000-0002-5024-1182

(Received: May 23, 2023- Accepted: July 19, 2023)

Abstract

The rapeseed pollen beetle, *Brassicogethes aeneus* is one of the key and important pests of rapeseed in the northern provinces of Iran. In this research, the effectiveness of two botanical insecticides, Matrin and azadirachtin, as well as chemical insecticides, Alphacypermetrin and Imidacloprid, were investigated against this pest in laboratory and field conditions. Laboratory bioassay was performed by exposing the insects to different concentrations of the insecticides (five concentrations for each insecticide). In these assays, the highest susceptibility was recorded to Alphacypermetrin (LC_{50} = 0.1 mg ai/L) and after that, Matrin (1.2), Imidacloprid (60.0), and Azadirachtin (100.7 mg ai/L), respectively. A field experiment, in the form of a randomized complete block design, was implemented in three different methods: creating a barrier (lace fabric) before or after conducting the treatments and plots without any barriers. In the field conditions (common treatment; no barrier), the efficacy of botanicals was slower but after four days, their appropriate effectiveness was observed. However, after one week, the efficiency of all four treatments was more than 90 percent. At the endpoint of the experiment (four weeks), Imidacloprid was the most effective (73.4 %) and after that, there were Alphacypermetrin (59 %), Matrin (51.4 %), and Azadirachtin (47.9 %) treatments. The results of this research showed that Alphacypermetrin can be used as an alternative to Imidacloprid (the prevalent treatment) in pest outbreak conditions. In addition, the data showed the appropriate and competitive efficiency of Matrin, to control rapeseed pollen beetle.

Key words: Botanical insecticide, Canola, Field efficiency of insecticides, Laboratory bioassay

* Corresponding author: msharif1353@yahoo.com