



مسائیت سن گندم در مراحل بالغ زمستان‌گذران و بالدار نسل جدید به هشت گروه مشرکشی

ایراک IRAC

حسن جوادی پویا^۱، اروج ولیزادگان^۱ و عزیز شیخی گرجان^۲

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

✉ hassanjavadipouya@yahoo.com <https://orcid.org/0009-0001-4527-9522>

✉ o.valizadegan@urmia.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-7336-4126>

۲- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

✉ asheikhi48@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-2462-3512>

چکیده: گندم مهمترین محصول راهبردی در ایران و دنیا است. سن گندم (*Eurygaster* (Hemiptera: Scutelleridae) *integriceps* Puton سالانه خسارت فراوانی به آن وارد می‌نماید، در حال حاضر در ایران و سایر کشورهای آلوده به این آفت دو گروه از حشره‌کش‌های ایراک (IRAC: Insecticide Resistance Action Committee) شامل پیرتروئیدها و ترکیبات فسفره آلی علیه سن گندم استفاده می‌شود. در این تحقیق، حشره‌کش‌های مختلف از هشت گروه حشره‌کش‌های ایراک، انتخاب و علیه سن بالغ زمستان‌گذران و سن بالدار نسل جدید، در زیست‌سنجی تماسی بکار رفتند. نتایج حاصل نشان داد که در میان حشره‌کش‌های مورد آزمایش، دلتامترین (۲/۹۳ میلی‌گرم ماده‌ی موثره بر لیتر (LC₅₀) از گروه پیرتروئیدها، سمی‌ترین ترکیب شیمیایی علیه سن بالغ زمستان‌گذران بصورت تماسی است و فنیتروتیون (۱۹/۴ میلی‌گرم ماده‌ی موثره بر لیتر (LC₅₀) در رتبه دوم قرار داشت. اما در مرحله سن بالدار نسل جدید، هر دو حشره‌کش در ۷۲ ساعت بعد از تماس در یک گروه جای گرفتند (۴/۶ - ۴ میلی‌گرم ماده‌ی موثره بر لیتر (LC₅₀). ادامه‌ی بررسی‌ها مشخص کرد که در میان حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی، تیمتوکسام می‌تواند از لحاظ سمیت تماسی در رتبه‌ی بعدی قرار گیرد. مقایسه‌ی تلفات حشره‌کش‌های مختلف در غلظت‌های بالا (۲۰۰۰۰ - ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) از فرمولاسیون‌های تجاری نشان داد که حشره‌کش‌های دلتامترین و فنیتروتیون روی هر دو فرم سن گندم، تلفات ۹۰ تا ۱۰۰ درصدی را داشتند. حشره‌کش‌های جدید اسپروتترامات، فلونیکامید و کلرانترانلیلی پرول، تلفات قابل قبولی در ۷۲ ساعت تماس روی سن بالغ زمستان‌گذران و سن بالدار نسل جدید نداشتند (۳۳ - ۳/۳ درصد). بنابراین اغلب حشره‌کش‌های جدید مورد آزمایش برای کنترل شیمیایی سن گندم اثربخشی قابل قبولی نداشته و تنها تیمتوکسام می‌تواند در سطح مزرعه روی سن گندم مطالعه شود.

واژه‌های کلیدی: کنترل شیمیایی، اثربخشی، دیامید، پیرتروئید، ارگانو فسفات، نئونیکوتینوئید

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۰

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶

دبیر تخصصی: معصومه ضیایی

Citation: Javadipouya, H., Valizadegan, O. & Sheikhiharjan, A. (2023). Susceptibility of Sunn pest in overwintered adults and new generation to eight insecticide groups of IRAC. J. Entomol. Soc. Iran, 43 (3), 247-257.

مقدمه

گندم به عنوان ضروری ترین و مهم‌ترین محصول کشاورزی در جهان، ارزش راهبردی ویژه‌ای دارد و به عنوان ابزاری سیاسی در روابط بین‌المللی به کار می‌رود. کشت گندم که در حدود ۱۶ درصد از زمین‌های زراعی دنیا را به خود اختصاص داده، سومین رتبه را در حجم مبادلات جهانی نیز داراست. گندم در ایران به عنوان یک کالای اساسی مطرح بوده و یکی از اجزاء مهم در جیره غذایی روزانه ایرانی‌ها است. کشور ایران با داشتن یک درصد از جمعیت جهان، حدود ۲/۵ درصد از گندم جهان را مصرف می‌کند از این رو یکی از اهداف مهم کشور تولید و تأمین پایدار گندم مورد نیاز با بهره‌گیری از فن‌آوری نوین از کاشت تا برداشت است. سطح زیر کشت گندم در کشور در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲، شش میلیون هکتار است که دو میلیون هکتار سطح زیر کشت گندم آبی و چهار میلیون هکتار گندم دیم است (Ahmadi et al., 2018).

سن گندم (*Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) از دیرباز یکی از آفات مهم غلات به ویژه گندم در کشور ایران و منطقه خاورمیانه محسوب می‌شود که در سال‌های گذشته موجب خسارت‌های سنگین به مزارع گندم شده‌است. سن گندم آفتی است یک نسلی و حدود نه ماه در اماکن زمستان‌گذران

Corresponding author: Orouj Valizadegan (E-mail: o.valizadegan@urmia.ac.ir)



© 2023 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran

This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

و سه ماه در مزارع گندم و جو بسر می‌برد. بعد از ریزش به مزارع گندم و جو، تغذیه، جفت‌گیری و تخم‌ریزی می‌نماید. تخم‌ها را در دستجات ۱۴ تایی (۲ ردیف ۷ تایی) در پشت برگ‌های پایینی بوته قرار می‌دهد. حشره با فرو کردن استایلت در بافت گیاهی و تزریق توکسین بزاق خود مواد غذایی موجود در آن را مورد تغذیه قرار می‌دهد. این حشره به تمامی اندام‌های هوایی گیاه شامل برگ، جوانه مرکزی، ساقه، خوشه و دانه حمله می‌نماید (Popov, 1980; Rajabi, 2007). بیشتر سن‌های بالغ زمستان‌گذران با سفید کردن و خشک کردن سنبله‌ها و یا قسمتی از آنها سبب کاهش کمی محصول می‌شوند و پوره‌ها و سن‌های نسل جدید با تغذیه از دانه گندم باعث کاهش کیفی گندم شده و در شرایط طغیانی سبب کاهش عملکرد گندم در هکتار می‌شوند (Bahrami, 1998). نخستین مبارزه شیمیایی علیه سن گندم در مزارع گندم و جو، در سال ۱۳۲۶ با استفاده از محلول ۱ درصد ارسنیت سدیم توسط الکساندروف در ورامین و اصفهان انجام شد. در سال ۱۳۲۹ ترکیبات جدید فسفره‌ای مثل پاراتیون و در دهه ۱۳۳۰، آلدین و د.د.ت مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه محققین دیگر اثر ۲۰ نوع حشره‌کش آلی را بر روی سن گندم مطالعه کردند، آنها نشان دادند که در مبارزه شیمیایی با سن مادر و پوره‌ها دو حشره‌کش د.د.ت و تری‌کلرفن بر سایر حشره‌کش‌ها ارجحیت داشت. حشره‌کش فنتیون از سال ۱۳۴۴ به عنوان یکی از آفت‌کش‌های رایج در کنترل سن گندم مورد استفاده قرار گرفت. از سال ۱۳۵۳ استفاده از حشره‌کش فیتروتیون به عنوان عمده‌ترین حشره‌کش در کنترل سن گندم آغاز و تا توصیه حشره‌کش دلتامترین علیه سن گندم ادامه یافت (SheykhiGarjan *et al.*, 2002). کنترل شیمیایی یکی از ابزار اصلی مدیریت سن گندم در ایران است که بصورت گسترده از سال ۱۳۴۶ در کشور آغاز شده و تاکنون ادامه دارد و سطح مبارزه شیمیایی سالانه با سن گندم در کشور در ده سال اخیر بین ۲/۷ - ۱/۳ میلیون هکتار متغییر بوده است (Javadipouya, 2022).

در حال حاضر دو گروه از حشره‌کش‌های ایراک به صورت وسیع علیه سن گندم استفاده می‌شوند که شامل پایرتروئیدها (دلتامترین، لامبدا‌سای هالوتترین از گروه 3A) و فسفره‌ای آلی (مانند فیتروتیون، فنتیون، تری‌کلرفن از گروه 1B) هستند که در سنوات مختلف از طرف سازمان حفظ نباتات کشور توصیه شده‌اند. همه حشره‌کش‌های مذکور روی سیستم عصبی حشره اثر می‌کنند. حشره‌کش‌های فسفره‌ای مانند فیتروتیون با اثر تماسی - نفوذی خود به عنوان مهارکننده‌ی آنزیم استیل کولین استراز عمل کرده و سبب مرگ حشره می‌گردند. این گروه از حشره‌کش‌ها در مقایسه با سموم پایروتروئیدی دوام کمتری در محیط دارند. در حالی که حشره‌کش‌های پایروتروئیدی تنها بصورت تماسی عمل کرده و در کانال‌های سدیمی غشای آکسونی سلول‌های عصبی سن گندم، اختلال ایجاد می‌کنند و سبب ایجاد اثر ضربه‌ای روی آفت هدف می‌شوند (Sparks & Nauen, 2015; ShekhiGarjan *et al.*, 2021). با وجود اینکه تنوع نام تجاری حشره‌کش‌های توصیه شده روی سن گندم افزایش یافته، اما تنوع فرمولاسیونی و ماده موثره‌ی آن خیلی محدود است، به طوری که در حال حاضر دو گروه حشره‌کش پایروتروئیدی و فسفره‌ای آلی در قالب سه نوع فرمولاسیون (EC، SC، CS) در ایران مصرف می‌شوند که غالبیت مصرف آن با گروه حشره‌کش‌های پایروتروئیدی به ویژه دلتامترین است. حشره‌کش‌های اسپیروترامات، تیمتوکسام و استامی پراید روی پسپل پسته در ایران ثبت شده‌اند. همچنین حشره‌کش‌های فلونیکامید و پی‌متروزین روی شته سبزی و صیفی و حشره‌کش فیبرونیل علیه زنجره‌ی مو در ایران ثبت و استفاده می‌شوند (ShekhiGarjan *et al.*, 2021). ساخت و تجارت جهانی حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی از اواخر قرن ۱۹ میلادی شروع شد که می‌توان به نیتس پیرام (۱۹۹۵)، استامی پراید (۱۹۹۶)، تیمتوکسام (۱۹۹۸)، تیاکلوپراید (۲۰۰۰)، کلوتیانیدین (۲۰۰۲) و دینوتفوران (۲۰۰۲) گردید (Maienfisch, 2006) که دارای اثر حشره‌کشی طیف وسیع، جذب و انتقال سریع در گیاهان و مقدار مصرف کم در واحد سطح هستند. بعضی از این ترکیبات در کشور ما تاکنون به طور رسمی روی سن گندم آزمایش نشده‌اند. در بررسی منابع خارجی، کشور ترکیه از دو حشره‌کش استامی پراید و تیاکلوپراید روی سن‌های بالغ زمستان‌گذران استفاده نموده و کارایی آنها را در مدت یک ماه بررسی کرده است (Kocak & Babaroglu, 2006).

کشت گسترده گندم آبی و دیم در شرایط جغرافیایی مختلف کشور و وجود پدیده مقاومت سن گندم به حشره‌کش‌های توصیه شده (Golmohammadi & Dastranj, 2020)، ایجاب می‌کند که تنوع ماده‌ی موثره حشره‌کش‌ها علیه سن گندم افزایش یابد تا مدیریت سن گندم با خسارت کمتر به محیط زیست و تولید محصول سالم گندم امکان پذیر باشد. بنابراین بررسی گروه‌های جدید حشره‌کش‌های موثر روی آفات زنده-مکنده در جهان علیه سن گندم امری ضروری است تا کنترل شیمیایی سن گندم نیز از نظر نوع حشره‌کش‌های مصرفی به روزرسانی شود.

هدف از این تحقیق، افزایش تنوع ماده‌ی موثره حشره‌کش‌ها روی سن گندم و بررسی سمیت تماسی گروه‌های جدید حشره‌کش‌ها روی سن بالغ زمستان‌گذران و سن بالدار نسل جدید است. در این تحقیق اثر تماسی حشره‌کش‌های جدید از هشت گروه مختلف ایراک روی سن بالغ زمستان‌گذران و سن بالدار نسل جدید ارزیابی شد و پتانسیل سمیت تماسی آنها با حشره‌کش‌های شاخص مانند فیتروتیون و دلتامترین مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

حشره‌کش‌های مورد آزمایش. در این پژوهش از فرمولاسیون تجاری حشره‌کش‌های استامی پراید، تیمتوکسام، پی‌متروزین، فلونیکامید، اسپیروترامات، کلرانترانیلی پرول، فیبرونیل، دلتامترین، فیتروتیون و شاهد (آب) برای زیست‌سنجی تماسی استفاده شدند. مشخصات همه حشره‌کش‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جمع آوری سن بالغ زمستان‌گذران. سن‌های زمستان‌گذران، سن‌هایی هستند که دیابوزشان شکسته شده و قادر به جفت‌گیری و تخم‌ریزی در شرایط آزمایشگاه هستند. سن‌های زمستان‌گذران در تاریخ دهم آذر ماه سال ۱۳۹۹ از کوه‌های قره آغاج ورامین از ارتفاع ۲۳۰۰ - ۲۲۰۰ متری از سطح دریا از زیر بوته‌های گون و درمنه جمع‌آوری گردید. این مکان یکی از اماکن مهم زمستان‌گذران سن گندم در استان تهران است.

جدول ۱ - مشخصات حشره‌کش‌های مورد آزمایش زیست‌سنجی تماسی روی حشرات بالغ زمستان‌گذران و بالدار نسل جدید سن گندم

Table 1. Characteristics of insecticides tested by contact bioassay on overwintered and new generation adults of Sunn pest, *Eurygaster integriceps*

Active ingredient	Trade name	Formulation used	Percent of active ingredien	Company name	IRAC
Spirotetramat	Movento [®]	SC	10	Bayer crop Science Germany	7
Thiamethoxam	Actara [®]	WG	25	Syngenta	4A
Acetamiprid	Acetamiprid [®]	SP	20	Crystal india	4A
Pymetrozine	Chess [®]	WG	50	Syngenta	9B
Flonicamid	Teppeki [®]	WG	50	ISK Japan	29
Fipronil	Fipronil [®]	EC	2.5	Moshkfam Iran	2B
Deltamethrin	Deltamethrin [®]	EC	2.5	Mahan Iran	3A
Chlorantraniliprole	Cleverol extra [®]	WG	35	Rainbow China	28
Fenitrothion	Fenitrothion [®]	EC	50	Hylier China	1B

برای زیست‌سنجی، جمع‌آوری سن‌های زمستان‌گذران بعد از شکستن دیپوز اجباری، از اواسط آذر ماه شروع و تا اوایل اسفند ماه ادامه داشت. سن‌های جمع‌آوری شده، در ظروف مخصوص ریخته و سپس به آزمایشگاه منتقل و در داخل یخچال معمولی در دمای 1 ± 3 درجه سلسیوس نگهداری شدند و بلافاصله در همان روز و یا در مدت کمتر از ۲۴ ساعت جهت انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی مورد استفاده قرار گرفتند.

جمع‌آوری سن بالدار نسل جدید. سن بالدار نسل جدید، سنی است که در مزرعه، ۵ سن پورگی را گذرانده و به حشره کامل تبدیل شده و قادر به جفت‌گیری و تخم‌ریزی نیست. قبل از مهاجرت به کوه، سن‌های بالدار نسل جدید در خرداد ماه سال ۱۴۰۰ از منطقه بیجار استان کردستان از مزارع گندم جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند و برای آزمایش‌های زیست‌سنجی در همان روز و یا کمتر از ۲۴ ساعت مورد استفاده قرار گرفتند.

روش زیست‌سنجی تماسی (سن بالغ زمستان‌گذران و سن بالدار نسل جدید). برای انجام آزمایش زیست‌سنجی از ظروف پتری پلاستیکی به قطر ۹ و به ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر به همراه کاغذ صافی در کف پتری‌ها استفاده شد. برای تهویه، درب بالایی هر پتری به قطر ۳ سانتی‌متر سوراخ و توری نصب گردید. برای هر یک از حشره‌کش‌ها حداقل ۵ غلظت استفاده شد. مقدار یک میلی‌لیتر از غلظت‌های تهیه شده روی کاغذ صافی کف پتری به صورت یکنواخت پخش گردید پس از خشک شدن کاغذ صافی (۳ ساعت)، سن‌ها به داخل پتری منتقل شدند، برای هر غلظت ۳ تکرار در نظر گرفته شد. در داخل هر پتری ۱۰ عدد سن رهاسازی گردید. ارزیابی‌ها در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از تیمار ثبت شدند. سن‌هایی که با تحریک قلم مو حرکت نمی‌کردند یا به سختی یک پای خود را حرکت می‌دادند، مرده در نظر گرفته شدند. برای روزهای بعدی نیز همین منوال در نظر گرفته شد. برای شاهد نیز از آب مقطر در کاغذ صافی استفاده شد. در همه آزمایش‌ها برای تغذیه سن گندم، دانه گندم خیس شده با آب مقطر در داخل ظروف پتری قرار داده شد. در شرایط دمای 2 ± 20 درجه سلسیوس و با روش‌نایی-تاریکی، ۱۲:۱۲ ساعت و ۶۰ درصد رطوبت نسبی نگهداری و ارزیابی شدند. این آزمایش سه بار در طول زمان تکرار گردید، به عبارت دیگر سه بار غلظت‌های متوالی از هر حشره‌کش تهیه و برای زیست‌سنجی استفاده شدند.

روش آماری اجرای تحقیق (تجزیه‌های آماری). جهت تخمین غلظت کشنده ۵۰ درصد تلفات حشره‌کش‌ها با حدود اطمینان ۹۵ درصد و شیب خط غلظت-تلفات، از روش پروبیت و نرم افزار SAS و برای مقایسه خطوط زیست‌سنجی از نرم افزار Polo Plus و روش Lethal Dose Ratio (LDR) استفاده شد (Russell et al., 2007). در مورد حشره‌کش‌هایی که سن گندم حساسیت کمتری نسبت به آنها داشت، بالاترین غلظت هر یک از حشره‌کش‌ها از نظر درصد تلفات روی سن بالغ زمستان‌گذران و سن بالدار نسل جدید انتخاب و آنالیز واریانس شدند. برای آنالیز واریانس‌ها از روش GLM و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح ۱ درصد استفاده شد. نرم افزار SAS برای انجام محاسبات عددی و نرم افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۳) جهت ترسیم نمودارها مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج

سن زمستان‌گذران. در میان ۹ حشره‌کش مورد آزمایش از ۸ گروه حشره‌کش ایراک، تنها ۴ مورد از آنها از جمله حشره‌کش‌های مؤثر روی سن گندم بودند که امکان زیست‌سنجی و تخمین LC_{50} در آنها امکان پذیر بود. در بقیه موارد، محاسبه مقادیر LC_{50} امکان پذیر نبود چون غلظت ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر از فرمولاسیون تجاری آنها، تلفات بالای ۵۰ درصد ایجاد نمی‌کردند.

جدول ۲- مقادیر LC_{50} محاسبه شده اثر سمیت تماسی حشره کش‌های شیمیایی و آماره‌های آن روی حشرات بالغ زمستان‌گذران سن گندم *Eurygaster integriceps*

Table 2. Calculated values of LC_{50} , the contact toxicity of the insecticides and their parameters on overwintered adults of Sunn pest, *Eurygaster integriceps*

Insecticides	LC_{50} mg a.i./L (CL95%)	LC_{90} mg a.i./L(CL95%)	Slope \pm SE	df	Chi-Square value	Bioassay time (hour)
Acetamiprid	952.42 (670-1520)	5603.7 (2935-20080)	1.66 \pm 0.3	10	4.56	72
Deltamethrin	2.93 (2.4-3.51)	7.33 (5.5-13.65)	3.22 \pm 0.66	10	3.51	72
Fenitrothion	52.08 (47.51-57.12)	78.43 (69.46-95.33)	7.2 \pm 1	10	6.6	24
Fenitrothion	19.4 (14.65-29)	56.36 (35.13-193.87)	2.76 \pm 0.68	5	3.8	48
Thiamethoxam	545.35 (333.7-981.54)	4540 (2079.3-21744)	1.39 \pm 0.26	7	1.65	72

بررسی خطوط زیست‌سنجی چهار حشره کش از سه گروه مختلف نشان داد که حشره کش دلتامترین از گروه پایروتریئیدها، سمی‌ترین ترکیب شیمیایی تماسی علیه سن گندم است. حشره کش فنیتروتیون در رتبه دوم قرار گرفت. بطوریکه مقایسه مقادیر LC_{50} ها نشان می‌دهد که فنیتروتیون ۶ برابر کمتر از دلتامترین سمیت تماسی دارد. ادامه بررسی‌ها مشخص کرد که حشره کش‌های نئونیکوتینوئیدی مانند تیمتوکسام و استامی‌پراید می‌توانند از لحاظ سمیت در دسته‌های بعدی قرار گیرند (جدول ۲ و ۳).

مقایسه اثر تماسی حشره کش‌های مختلف در غلظت‌های ثابت نشان داد که حشره کش‌های تیمتوکسام، استامی‌پراید، دلتامترین و فنیتروتیون روی حشرات بالغ زمستان‌گذران سن گندم، تلفات ۹۰-۱۰۰ درصدی را دارند. همچنین حشره کش‌های اسپیروتترامات، پی‌متروزین، فلونیکامید، فیپرونیل و کلرانترانیلی پرول، تلفات قابل قبولی نداشتند. به طور کلی در بین تیمارهای مورد آزمایش دلتامترین، فنیتروتیون و تیمتوکسام تنها حشره کش‌هایی بودند که توانستند ۱۰۰ درصد تلفات روی حشرات بالغ زمستان‌گذران سن گندم ایجاد کنند (جدول ۳).

بررسی سرعت تاثیر حشره کش‌ها نشان داد که تیمتوکسام (۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) روی حشرات بالغ زمستان‌گذران سن گندم بعد از ۴۸ و ۷۲ ساعت بترتیب ۹۰ و ۱۰۰ درصد تلفات ایجاد کرد، در حالی که در حشره کش استامی‌پراید بعد از ۴۸ ساعت تماس، ۳۳ درصد تلفات داشت و در ۷۲ ساعت به ۱۰۰ درصد تلفات رسید. درصد تاثیر هر دو حشره کش رایج دلتامترین و فنیتروتیون بعد از ۲۴ ساعت، ۱۰۰ درصد بود و هر دو حشره کش در ۲۴ ساعت بعد از تماس در گروه اول قرار گرفتند. سرعت تاثیر حشره کش‌های پایروتریئیدی و فسفره آلی مانند دلتامترین و فنیتروتیون بیشتر از حشره کش‌های نئونیکوتینوئیدی مانند تیمتوکسام و استامی‌پراید بود (جدول ۴).

گروه‌های جدید حشره کش‌ها مانند دی‌آمیدها (کلرانترانیلی پرول)، گروه مشتقات تترامایک ا سید (اسپیروترامات)، گروه نیکامید (فلونیکامید) و گروه فنیل پیرازول (فیپرونیل)، همگی در غلظت بالای ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر براساس فرمولاسیون تجارتهای روی سن بالغ زمستان‌گذران مؤثر نبودند به طوری که درصد مرگ و میر در ۷۲ ساعت بعد از تماس، کمتر از ۲۰ درصد بود. حشره کش پی‌متروزین که در گروه 9B ایراک (IRAC) قرار دارد، با غلظت ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر براساس ماده‌ی فرموله شده، تنها حشره کشی بود که توانست ۵۰ درصد تلفات ایجاد کند (جدول ۴).

سن بالدار نسل جدید. در زیست‌سنجی سن بالدار نسل جدید، در میان ۹ حشره کش مورد آزمایش، تنها حشره کش‌های دلتامترین، تیمتوکسام، فنیتروتیون و فیپرونیل امکان زیست‌سنجی و تخمین LC_{50} در آنها وجود داشت.

جدول ۳- مقایسه خطوط زیست‌سنجی تماسی چهار حشره کش مختلف روی حشرات بالغ زمستان‌گذران سن گندم به روش Lethal Dose Ratio (LDR)

Table 3. Comparison of contact bioassay lines of the different insecticides on overwintered adults of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* by Lethal Dose Ratio (LDR)

Insecticides	Acetamiprid	Deltamethrin	Fenitrothion 24h	Fenitrothion 48h	Thiamethoxam
Acetamiprid	E ⁺	0.002-0.0005	12.29-27.2	30.6-80.1	0.92-3.3E
Deltamethrin		E	0.046-0.069	0.107-0.215	0.003-0.009
Fenitrothion 24h			E	1.96-3.67	6.24-17.55
Fenitrothion 48h				E	15.5-50.73
Thiamethoxam					E

*If the 95% confidence interval of Lethal Dose Ratios includes 1, then the LDRs are not significantly different, E=Equal.

جدول ۴- میانگین درصد تلفات حشره کش ها روی حشرات بالغ زمستان گذران سن گندم به روش زیست سنجی تماسی در غلظت های ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر

Table 4. The mean mortality comparison of the insecticides on overwintering adult of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* based on Tukey's HSD by contact bioassay method at the concentrations of 10000 & 20000 mg/L

insecticides		Concentration mg/L		Mortality% (hours after treatments)		
Active ingredient	Trade name	formulated	a.i.	24	48	72
Chlorantraniliprole	Cleverol extra*	20,000	7000	2.22±0.2 b*	6.66±0.38 b	11.1±0.8 c
Fonicamid	Teppeki*	10,000	5000	0 b	0 b	13.33±6.6 c
Pymetrozine	Chess*	10,000	5000	0 b	0 b	53.3±3.3 b
Thiamethoxam	Actara*	10,000	2500	10±5.1 b	90±1 a	100 a
Acetamiprid	Acetamiprid*	10,000	2000	0 b	33.3±17 b	100 a
Spirotetramat	Movento*	20,000	2000	0 b	6.6±0.6 b	16.6±8.16 c
Fipronil	Fipronil*	10,000	250	2.22±0.02 b	4.44±0.2 b	4.44±0.2 c
Fenitrothion	Fenitrothion*	300	150	100 a	100 a	100 a
Deltamethrin	Deltamethrin*	1000	25	100 a	100 a	93.33±1.2 a
df				8,18	8,18	8,18
F				153.61	25.17	107
P				0.001	0.001	0.001

*The same letters in the last three columns are not significant by Tukey's HSD at 1 % level.

در بقیه حشره کش ها محاسبه مقادیر LC₅₀ امکان پذیر نبود چون غلظت های بالا از فرمولاسیون تجارتنی آنها، تلفات بالای ۵۰ درصد ایجاد نمی کردند. برای مقایسه حساسیت سن بالدار نسل جدید به حشره کش های مذکور، از غلظت های مختلف ۶۰، ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر استفاده شد.

بررسی خطوط زیست سنجی چهار حشره کش نشان داد که حشره کش فنیتروتیون و دلتامترین، سمی ترین حشره کش های شیمیایی تماسی علیه سن بالدار نسل جدید هستند و به دلیل داشتن هم پوشانی بالای ۵۰ درصد، اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند ادامه بررسی ها مشخص کرد که حشره کش نئونیکوتینوئیدی مانند تیمتوکسام می تواند از لحاظ سمیت در رتبه بعدی قرار گیرد (جدول ۵، ۶ و ۷).

جدول ۵- مقادیر LC₅₀ محاسبه شده اثر سمیت تماسی حشره کش های شیمیایی و آماره های آن روی سن بالدار نسل جدید *Eurygaster integriceps*

Table 5. Calculated values of LC₅₀, the contact toxicity of the insecticides and their parameters on new generation adults of Sunn pest, *Eurygaster integriceps*

insecticides	LC ₅₀ mg a.i./L (CL95%)	LC90 mg a.i./L (CL95%)	Slope ± SE	df	Chi-Square value	Bioassay time (hours)
Deltamethrin	26.04 (11.48-907.5)	211.85 (37.48-3061)	1.4±0.6	10	6.21	24
Deltamethrin	23.15 (7.2-960)	1957 (101.1-2458)	0.66±0.27	10	2.24	48
Deltamethrin	4.07 (2.4-8.2)	53.58 (19.53-639.9)	1.14±0.26	10	2.46	72
Fenitrothion	7.76 (5.28-11.69)	36.27 (19.45-279.54)	1.91±0.54	10	7.1	48
Fenitrothion	4.61 (2.93-6.63)	26.9 (15.41-93.6)	1.67±0.3	10	6.51	72
Fipronil	2.16.74 (104.1-4959)	4775 (750.1-148000)	0.9±0.34	10	2.32	48
Fipronil	166.61 (82.42-2092)	4544 (722.8-60000)	0.89±0.34	10	0.9	72
Thiamethoxam	253.45 (127.97-1081)	4100 (995.69-184280)	1.06±0.2	13	6.9	24
Thiamethoxam	105.82 (58.9-263.3)	2094 (624.2-3383)	0.98±0.2	13	8.7	48
Thiamethoxam	66.58 (35.36-159.1)	2083 (567.7-42000)	0.8±0.18	13	4.12	72

جدول ۶- مقایسه خطوط زیست‌سنجی تماسی چهار حشره‌کش مختلف روی حشرات بالدار نسل جدید سن گندم به روش Lethal Dose Ratio (LDR) ۷۲ ساعت بعد از تیمار

Table 6. Comparison of contact bioassay lines of different insecticides on new generation adults of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* by Lethal Dose Ratio (LDR), 72 hours after treatment

Insecticides	Fipronil	Deltamethrin	Fenitrothion	Thiamethoxam
Fipronil	E*	0.004-0.065	0.006-0.087	0.69-14.08 E
Deltamethrin		E	0.82-2.26 E	0.023-0.11
Fenitrothion			E	0.032-0.147
Thiamethoxam				E

*If the 95% confidence interval of Lethal Dose Ratios includes 1, then the LDRs are not significantly different, E=Equal.

مقایسه تلفات حشره‌کش‌های کلرانترانیلی پرول، فلونیکامید، پی متروزین و اسپیروتترامات در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از فرمولاسیون تجارتي نشان داد که تاثیر این حشره‌کش‌ها روی حشرات بالدار نسل جدید سن گندم، ضعیف بوده و تلفات ۴۳-۲۳ درصدی داشتند. همچنین حشره‌کش‌های تیامتوکسام و فپرونیل به ترتیب با غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۶۶ و ۵۳ درصد کارایی داشتند. به طور کلی در بین تیمارهای مورد آزمایش، حشره‌کش‌های فنیتروتیون و دلتامترین، تنها حشره‌کش‌هایی بودند که توانستند تلفات بالای ۹۰ درصد روی حشرات بالدار نسل جدید سن گندم ایجاد کنند (جدول ۷). حشره‌کش استامی‌پراید در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از فرمولاسیون تجارتي، تلفات بسیار ضعیف (۳ درصد) و در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تلفات نزدیک به ۳۰ درصد را نشان می‌داد که نشان از تناقض با اصل رابطه زیست‌سنجی غلظت - تلفات داشت. بررسی سرعت تاثیر نشان داد تاثیر حشره‌کش‌های رایج فنیتروتیون و دلتامترین در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از تماس بیشتر از سایر حشره‌کش‌ها بود و در گروه اول (a) قرار گرفتند. سرعت تاثیر حشره‌کش‌های پایروتروئیدی و فسفره آلی، دلتامترین و فنیتروتیون شبیه سن بالغ زمستان‌گذران بود در حالی که تیامتوکسام با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر روی حشرات بالدار نسل جدید سن گندم بعد از ۴۸ و ۷۲ ساعت بترتیب ۶۰ و ۶۶/۶۶ درصد تلفات ایجاد کرد و در گروه b قرار گرفت. همچنین حشره‌کش فپرونیل با غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر روی سن بالدار نسل جدید بعد از ۴۸ و ۷۲ ساعت بترتیب ۵۰ و ۵۳/۳۳ درصد تلفات داشت و در گروه bc جای گرفت (جدول ۷).

بمٹ و نتیجه گیری

بر اساس تحقیق انجام یافته، حشره‌کش دلتامترین روی هر دو فرم سن گندم، سمیت یکسانی داشت در صورتی که سن نسل جدید به فنیتروتیون، حساس‌تر از سن بالغ زمستان‌گذران بود و حشره‌کش تیامتوکسام، سمیت قابل قبولی را در کنترل سن گندم داشت. حشره‌کش‌های فنیتروتیون و دلتامترین به ترتیب با سابقه مصرف ۵۰ و ۲۵ ساله در ایران علیه سن گندم، همچنان از حشره‌کش‌های مؤثر و کارآمد هستند و می‌توان آنها را در غلظت‌های پایین‌تر از غلظت توصیه شده استفاده کرد (Javadipouya, 2022; Sheykhi Garjan et al., 2002).

در میان هشت گروه حشره‌کش، گروه‌های پایروتروئیدی، فسفره آلی و نئونیکوتینوئیدها، تلفات قابل قبولی روی هر دو مرحله سن گندم داشتند و بقیه گروه‌های مختلف حشره‌کش‌ها با غلظت‌های بالای ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، مرگ و میر کمتر از ۵۰ درصد داشتند.

جدول ۷- میانگین درصد تلفات حشره‌کش‌ها روی حشرات بالدار نسل جدید سن گندم به روش زیست‌سنجی تماسی در غلظت‌های مورد آزمایش

Table 7. The mean mortality comparison of the insecticides on new generation adult of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* based on Tukey's HSD by contact bioassay method at the tested concentrations

insecticides		Concentration mg/L		Mortality% (hours after treatments)		
Active ingredient	Trade name	formulated	a.i.	24	48	72
Chlorantraniliprole	Cleverol extra*	20,000	7000	0c*	16.66±6.66d	23.33±3.33d
Fonicamid	Teppeki*	20,000	10000	6.66±3.33bc	26.66±3.33cd	33.33±3.33cd
Pymetrozine	Chess*	20,000	10000	13.33±8.81bc	23.33±3.33d	33.33±6.66cd
Thiamethoxam	Actara*	1,000	250	53.33±3.33a	60±5.77b	66.66±3.33b
Acetamiprid	Acetamiprid*	1000	200	0c	0c	3.3±3.33c
Spirotetramat	Movento*	20,000	2000	6.66±3.33bc	20±5.77d	43.33±3.33cd
Fipronil	Fipronil*	800	160	36.66±3.33ab	50±5.77bc	53.33±3.33bc
Fenitrothion	Fenitrothion*	60	30	53.33±12.01 a	96.66±3.33a	100a
Deltamethrin	Deltamethrin*	500	12.5	66.66±6.66a	90±5.77a	93.33±6.66a
df				8,18	8,18	8,18
F				19.96	48.7	58.9
p				0.001	0.001	0.001

*The same letters in the last three columns are not significant by Tukey's HSD at 1 % level.

در میان مقادیر LC_{50} حشره‌کش‌های مورد آزمایش، دلتامترین با $LC_{50} = ۲/۹۳$ میلی گرم ماده موثره بر لیتر در رتبه اول و فنیترونیون با $LC_{50} = ۱۹/۴$ میلی گرم ماده موثره بر لیتر بیشترین سمیت تماسی را روی سن بالغ زمستان‌گذران داشتند و حشره‌کش تیمتوکسام با $LC_{50} = ۵۴۵/۳۵$ میلی گرم ماده موثره بر لیتر در رتبه بعدی قرار گرفت. تحقیقات اخیر نیز نشان داده است که حشره‌کش‌های گروه فسفره آلی، پاپروتروئیدها و نئونیکوتینوئیدها روی سن میوه *Lycorma delicatula* White از خانواده (Hemiptera: Fulgoridae) اثر ضربه‌ای داشته و تلفات بالایی ایجاد می‌کنند که می‌توانند در مدیریت این آفت استفاده شوند (Leach et al., 2019). نتایج تحقیق حاضر نیز کارایی بالای سه گروه حشره‌کش فوق را روی سن گندم تایید می‌کند.

در دنیا از حشره‌کش‌های نسل جدید که در ۲۰ سال اخیر برای کنترل آفات زنده-مکنده توصیه شده است می‌توان به کلرانترانیلی پرول، فلونیکامید، اسپیروتترامات و پی متروزین اشاره کرد. حشره‌کش اسپیروتترامات از گروه حشره‌کش ۲۳ ایراک برای کنترل شپشک‌های آردآلود روی درختان میوه (Mani, 2018)، سن مزارع سویا (Dangi & Lim, 2017) و شته سبز هلو (Wang et al., 2016) توصیه شده است و تاکنون گزارشی از سمیت تماسی آن روی سن گندم وجود ندارد. نتایج آزمایش‌های زیست‌سنجی تماسی روی سن بالغ زمستان‌گذران نشان داد که اسپیروتترامات روی سن گندم سمیت تماسی ضعیفی دارد، به طوری که در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر تلفات آن بعد از ۷۲ ساعت به ۱۶/۶ درصد رسید. در سن‌های نسل جدید، حشره‌کش‌های کلرانترانیلی پرول، فلونیکامید، پی متروزین و اسپیروتترامات در غلظت‌های بالای ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، درصد تلفات کمتر از ۵۰ درصد داشتند و اثرشان تدریجی بود به طوری که درصد تلفات در ۲۴ ساعت بعد از تماس ۱۳-۰ درصد و بعد از ۴۸ ساعت تماس به ۲۶-۰ درصد رسید. به طور کلی نتایج حاصل نشان می‌دهد که سن گندم نسبت به حشره‌کش‌های جدید در هر دو فرم، حساس نیست. در بررسی حشره‌کش‌های مختلف روی سنک گلابی *Stephanitis pyrioides* Scott از خانواده (Hemiptera: Tingidae) به روش زیست‌سنجی، مشخص شد که حشره‌کش کلرانترانیلی پرول در مقایسه با پاپروتروئیدها و نئونیکوتینوئیدها اثر تماسی ضعیفی دارد. در حالی که حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی مانند تیمتوکسام و استامی‌پراید اثر تماسی خوبی روی سنک گلابی داشتند (Joseph, 2020). همچنین کنترل شیمیایی سن کلم بروکلی *Bagrada hilaris* Burmeister از خانواده (Hemiptera: Pentatomidae) مشخص کرد که کلرانترانیلی پرول از گروه دی آمید با وجود سیستمیک بودن، کارایی قابل قبولی روی سن کلم بروکلی ندارد (Joseph et al., 2016). در این تحقیق نیز، حشره‌کش کلرانترانیلی پرول روی سن بالغ زمستان‌گذران با غلظت ۲۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر از ماده فرموله شده ۱۱/۱ درصد تلفات ایجاد کرد (جدول ۴) که با نتایج سایر محققان همسو است. بنابراین سن گندم به حشره‌کش کلرانترانیلی پرول حساس نیست. در عین حال در مطالعه دموگرافیک حشره‌کش کلرانترانیلی پرول روی باروری زنجبرک قهوه‌ای برنج *Nilaparvata lugens* Stål از خانواده (Hemiptera: Delphacidae) مشخص گردید که این حشره‌کش میزان باروری را در آفت کاهش می‌دهد (Liu et al., 2012). برای ارزیابی اثر گوارشی حشره‌کش‌های کلرانترانیلی پرول، استامی‌پراید، تیمتوکسام، فلونیکامید، پی متروزین و اسپیروتترامات، زیست‌سنجی گوارشی در قالب دو روش (دانه‌های گندم خیس شده با غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌ها و بوته‌های گندم سمپاشی شده با حشره‌کش‌های مختلف) توسط نگارندگان مقاله انجام شد که نتایج حاصل از سمیت گوارشی آنها در مقایسه با اثر تماسی جالب توجه نبود به همین دلیل نتایج گوارشی در مقالات بعدی ارائه خواهد شد.

حشره‌کش فیپرونیل اگر چه به تنهایی سمیت قابل قبولی برای سن گندم ندارد، اما می‌تواند به همراه حشره‌کش‌های پاپروتروئیدی، نئونیکوتینوئیدی سمیت سینرژیستی ایجاد کرده و تلفات قابل قبولی ایجاد کند به طوری که کاربرد حشره‌کش استامی‌پراید با فیپرونیل روی شته نخود *Acyrtosiphon pisum* Harris از خانواده (Hemiptera: Aphididae) مؤثر بود (Taillebois & Thany, 2016). بررسی مقاومت ساس به فیپرونیل، نشان از کاربرد این حشره‌کش روی ساس دارد (Gonzalez-Morales et al., 2021). همچنین گزارش‌هایی از کاربرد فیپرونیل در بستر کشت، در کنترل تریپس گلخانه و سایر آفات زنده-مکنده و موریانه (Rashid et al., 2012) و ملخ (Soliman et al., 2019) وجود دارد. در آزمایشی که با فرمولاسیون گرانول فیپرونیل انجام شد، نشان داده شده است که فیپرونیل قادر به کاهش جمعیت سن مادر زمستان‌گذران نیست (Noori & Garjan, 2016)، با توجه به تلفات تماسی ضعیف فیپرونیل روی سن گندم در هر دو فرم و سمیت بالای آن روی زنبور عسل، کاربرد این حشره‌کش به روش محلول پاشی روی سن گندم به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود.

حشره‌کش‌های فلونیکامید (۲۹ ایراک) و پی متروزین (۹ ایراک) به عنوان یک شته‌کش انتخابی در مدیریت شته‌ها در کشورهای مختلف توصیه می‌شوند. در عین حال گزارش‌های تحقیقاتی اندکی از این حشره‌کش‌ها روی سن‌ها وجود دارد و عدم تاثیر آنها را روی یک نوع سن از خانواده Pentatomidae مانند سن *Halyomorpha halys* Stal اعلام شده است (Leskey et al., 2012; Kuhar et al., 2014). تحقیق حاضر نیز نشان داد که حشره‌کش‌های پی متروزین و فلونیکامید در غلظت ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر از ماده فرموله شده (به ترتیب ۵۳/۳ و ۱۳/۳ درصد تلفات) اثر تماسی ضعیفی روی سن گندم دارند (جدول ۴).

تیمتوکسام شبیه بقیه حشره‌کش‌ها روی حشرات بالدار نسل جدید سمی‌تر از سن زمستان‌گذران است. در سن‌های بالدار نسل جدید سرعت تأثیر تیمتوکسام بیشتر از استامی‌پراید بود (جدول ۴ و ۷). پائین بودن درصد کارایی استامی‌پراید در طول ۷۲ ساعت تماس، ثابت می‌کند که حشره‌کش استامی‌پراید اثر تأخیری دارد. همچنین پائین بودن درصد تلفات در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر روی سن بالدار نسل جدید نیز می‌تواند به دلیل خاصیت دورکنندگی استامی‌پراید در غلظت بالا باشد (Joseph, 2020). سن‌های بالدار نسل جدید در غلظت‌های بالای این حشره‌کش به توری پتری چسبیده و از تماس با سطح تیمار شده دوری می‌کردند. در غلظت‌های پائین استامی‌پراید، اثر دورکنندگی کاهش یافته و سن‌ها با سطوح آلوده به حشره‌کش بیشتر تماس داشته و با گذشت زمان تلفات افزایش پیدا می‌کرد. وجود تناقض در غلظت - تلفات استامی‌پراید روی سن بالدار نسل جدید می‌تواند یک نوع مقاومت رفتاری سن گندم به حشره‌کش را بیان کند. مطالعه

تأثیر چند حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی روی شته پنبه و زنبور پارازیتوئید نیز نشان داد که تیمتوکسام نسبت به سایر حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی، برای شته و دشمنان طبیعی آن سمی‌تر است (Ricupero *et al.*, 2020). همچنین نتایج تحقیقات دیگر نشان داد که تلفات استامی پراید روی سن بالغ زمستان‌گذران کمتر از ۵۰ درصد است (Kocak & Babaroglu, 2006). در بررسی گلخانه‌ای کنترل شیمیایی به روش آب آبیاری در میان حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی، تیمتوکسام، سمی‌ترین و استامی پراید، ضعیف‌ترین حشره‌کش علیه سن بالغ زمستان‌گذران تعیین گردید و در زیست‌سنجی تماسی حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی روی سن گندم، اثر سمی آنها ضعیف گزارش گردید (Jafarpour *et al.*, 2011). در نتایج حاضر نیز تیمتوکسام در مقایسه با استامی پراید روی هر دو فرم سن گندم سمی‌تر است.

نتایج حاصل از زیست‌سنجی حشره‌کش‌های جدید روی سن بالغ زمستان‌گذران و سن بالدار نسل جدید نشان داد که سن‌های نسل جدید بسیار حساس‌تر از سن‌های بالغ زمستان‌گذران هستند به طوری که در حشره‌کش‌های تیمتوکسام و فنیتروتیون، میزان سمیت در سن بالدار نسل جدید ۴ و ۵ برابر بیشتر از سن بالغ زمستان‌گذران بود. دیاپوز یک عامل توقف متابولیسمی در حشرات است که می‌تواند در کاهش کمی و کیفی آنزیم‌های متابولیسمی موثر باشد (Denlinger, 2022) و همین عامل می‌تواند مقاومت سن زمستان‌گذران به حشره‌کش‌های شیمیایی در مقایسه با سن بالدار نسل جدید را توجیه کند. در سن‌های نسل جدید که دیاپوز را سپری نکرده‌اند، آنزیم‌های متابولیسمی سرکوب می‌شود و همین عامل، پایین بودن فعالیت آنزیم‌های متابولیسمی از جمله آنزیم‌های سم زدا را توجیه کرده و سبب افزایش حساسیت آنها به حشره‌کش‌ها می‌شود. در سن‌های بالغ زمستان‌گذران آنزیم‌های متابولیسمی از لحاظ کمی و کیفی می‌تواند بیشتر از سن نسل جدید (قبل از دیاپوز) باشد به طوری که فعالیت آنزیم‌های سن گندم در سن تابستان‌گذران (جمع‌آوری شده در ماه سپتامبر) بیشتر از سن‌های جمع‌آوری شده از سطح مزرعه در زمان برداشت محصول بود (Hasanvand *et al.*, 2020).

به طور کلی نتایج حاصل از زیست‌سنجی حشره‌کش‌های جدید روی سن بالدار نسل جدید و سن بالغ زمستان‌گذران نشان داد که حشره‌کش‌های اسپیروتترامات، پی متروزین، فلونیکامید، فیپرونیل و کلراترانلی پرول اثر تماسی قابل قبولی ندارند و این حشره‌کش‌ها با وجود ویژگی‌های خاص، سمیت تماسی آنها قابل قبول نبوده و برای کنترل شیمیایی سن گندم توصیه نمی‌شوند و این اولین گزارش در خصوص اثر تماسی آنها روی سن گندم است، اما از میان نئونیکوتینوئیدها، حشره‌کش تیمتوکسام می‌تواند در آزمایش‌های صحرائی روی سن گندم استفاده شود و ضروری است اثر دورکنندگی و گوارشی حشره‌کش‌ها با دقت بیشتر بررسی شوند، همچنین در حال حاضر، فنیتروتیون و دلنامترین، مؤثرترین حشره‌کش‌ها علیه سن گندم در ایران هستند (Javadipouya, 2022).

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله، از تمامی همکاران محترم آزمایشگاه تحقیقات گیاه پزشکی کرج و بخش آفات عمومی و همگانی سازمان حفظ نباتات کشور به خاطر همکاری و کمک در به نتیجه رسیدن این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

حمایت مادی و معنوی

این پژوهش در قالب پایان‌نامه دکترای حشره‌شناسی کشاورزی با حمایت مادی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور و سازمان حفظ نباتات کشور انجام شده است.



REFERENCES

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Abdshah, H., Kazemian, A. & Rafie, M. (2018) Agricultural Census of 2017–2018. Tehran, Iran: Ministry of Agriculture Jihad, Deputy of Planning and Economics, Information and Communication Technology Center. <https://www.jkgc.ir/fa/Page-346>
- Bahrami, N. (1998) Investigating the economic loss level of Sunn pest in dry wheat fields of Kermanshah province. Master's thesis in Agricultural Entomology, Islamic Azad University, Tehran. 88 pages.
- Dangi, N. & Lim, U. T. (2017) Relative toxicity of Spirotetramat to *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) and its egg parasitoids. *Journal of Economic Entomology* 110(5), 2016–2021. doi.org/10.1093/jee/tox212.
- Denlinger, D. L. (2022) *Insect diapause*. Cambridge University Press.
- Golmohammadi, G. & Dastranj, M. (2020) Comparison of the susceptibility of two populations of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* to Deltamethrin and fenitrothion. *Applied Entomology and Phytopathology* 88(1), 53–59. doi.org/10.22092/jaep.2020.128278.1310.

- González-Morales, M. A., DeVries, Z., Sierras, A., Santangelo, R. G., Kakumanu, M. L. & Schal, C. (2021) Resistance to fipronil in the common bed bug (Hemiptera: Cimicidae). *Journal of medical entomology* 58(4):1798-807. doi.org/10.1093/jme/tjab040.
- Hasanvand, H., Izadi, H. & Mohammadzadeh, M. (2020) Overwintering physiology and cold tolerance of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps*, an emphasis on the role of cryoprotectants. *Frontiers in Physiology* 11, p.321. doi.org/10.3389/fphys.2020.00321.
- Jafarpour, A.A., Garjan, A.S., Imani, S., Mahjoub, S.M. & Mahmoudvand, M. (2011) Toxic effects of neonicotinoid insecticides on nymphs and adults of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae). *Acta Entomologica Sinica* 54(8), 938-942. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113327770>.
- Javadipouya, H., (2022) *Annual Report of Sunn pest 2022*. Plant Protection Organization (PPO), Ministry of Jihad Agriculture, Tehran, Iran.
- Joseph, S. V. (2020). Repellent effects of insecticides on *Stephanitis pyrioides* Scott (Hemiptera: Tingidae) under laboratory conditions. *Crop Protection* 127: 104985. doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104985.
- Joseph, S. V., Grettenberger, I. & Godfrey, L. (2016) Insecticides applied to soil of transplant plugs for *Bagrada hilaris* (Burmeister) (Hemiptera: Pentatomidae) management in broccoli. *Crop Protection* 87: 68–77. doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.023.
- Kocak, E. & Babaroglu, N. (2006) Evaluating insecticides for the control of Overwintered adults of *Eurygaster integriceps* under field conditions in Turkey. *Phytoparasitica* 34(5):510-515. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02981207>.
- Kuhar, T. P., Doughty, H., Philips, C., Aigner, J., Nottingham, L. & Wilson, J. (2014) Evaluation of foliar insecticides for the control of foliar insects in bell peppers in Virginia, 2013. *Arthropod Management Tests* 9: E19. [doi:10.4182/amt.2014.E19](https://doi.org/10.4182/amt.2014.E19).
- Leach, H., Biddinger, D. J., Krawczyk, G., Smyers, E. & Urban, J. M. (2019) Evaluation of insecticides for control of the spotted lanternfly, *Lycorma delicatula*, (Hemiptera: Fulgoridae), a new pest of fruit in the Northeastern U.S. *Crop Protection*, 124: 104833. doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.027.
- Leskey, T. C., Hamilton, G. C., Nielsen, A. L., Polk, D. Rodriguez-Saona, C., Bergh, J. C., Herbert, D. A., Kuhar, T., Pfeiffer, D., Dively, G., Hooks, C., Raupp, M., Shrewsbury, P., Krawczyk, G., Shearer, P. W., Whalen, J., Koplinka-Loehr, C., Myers, E., Inkley, D., Hoelmer, K., Lee, D-H. & Wright, S. E. (2012) Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stal) in the USA. *Outlooks on Pest Management* 23:218–226. doi.org/10.1564/23oct07.
- Liu, J. L., Yang, X., Chen, X. & Wu, J. C. (2012) Suppression of fecundity, Nlvg gene expression and vitellin content in *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) adult females exposed to indoxacarb and *chlorantraniliprole*. *Pesticide biochemistry and physiology* 104, 206–211. doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.08.003.
- Maienfisch, P. (2006) *Synthesis and Properties of Thiamethoxam and Related Compounds*. Syngenta Crop Protection AG, Research & Technology, Switzerland. doi.org/10.1515/znb-2006-0401.
- Mani, M. (2018) Hundred and sixty years of Australian lady bird beetle *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant—a global view. *Biocontrol Science and Technology* 28(10), pp.938-952. doi.org/10.1080/09583157.2018.1487029.
- Noori, H. & Garjan, A. S. (2016) Investigation on efficacy of different formulations and insecticides on overwintered adult Sunn pest *Eurygaster integriceps* (Hem: Scutelleridae) in Qazvin region. Iran. *Plant Protection Science* 47: 107–114. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173042154>.
- Popov, C., Fabritius, K., Enica, D., Banita, E., Rosca, I., Sandru, I. & Sapunaru, T. (1980) Preliminary data on composition and Proportion of egg-parasite species on cereal bugs in Romania. *Probleme de Protectia Plantelor* Problem deprotectia Plantelor 8(30), 159-165. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19830505251>.
- Rajabi, Gh. (2007) *Sunn Pest Management Based on its Outbreaks' Key Factor Analysis in Iran*. Agricultural Education Publications, Tehran, Iran. 163pp.

- Rashid, M., Garjan, A. S., Naseri, B., Ghazavi, M. & Barari, H. (2012) Compatibility of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* with the insecticides fipronil, pyriproxyfen and hexaflumuron. *Journal of Entomological Society of Iran*, 31: 29–37. https://jesi.areeo.ac.ir/article_105469_a20cdafe0cb75324d9879d022a944e68.pdf.
- Ricupero, M., Desneux, N., Zappalà, L. & Biondi, A. (2020) Target and non-target impact of systemic insecticides on a polyphagous aphid pest and its parasitoid. *Chemosphere*. 247, 125728. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125728.
- Russell, R. M., Preisler, H. K., Savin, N. E. & Robertson, J. L. (2007) *Bioassays with arthropods*. CRC Press.
- Sheikhigarjan, A., Najafi, H., Abbasi, S., Azimi, H. & Moradi, M. (2021) *The chemical and organic pesticide guide of Iran 2021*. Rah Dan Press, Tehran, Iran, p.525.
- SheykhiGarjan, A., Talebi Jahromi, Kh., Pourmirza, A. A., Khalghani, J., & Rajabi, Gh. (2002) Bioassay of Different Life Stages of Sunn Pest to Six Insecticides and Analysis of Data by Three Methods. *Journal of Agricultural Sciences* 8(2), 17-32. <https://sid.ir/paper/7535/en>.
- Soliman, M. M. M., Mohanna, K. M., Abdel-Fattah, T. A. & Moustafa, O. R. M. (2019) Efficacy of Some Pesticide Alternatives on the Desert Locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) Under Laboratory and Field Conditions. *SVU-International SVU-International Journal of Agricultural Sciences* 1: 46–55. [doi.10.21608/SVUIJAS.2019.67085](https://doi.org/10.21608/SVUIJAS.2019.67085).
- Sparks, T. C. & Nauen, R. (2015) IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide biochemistry and physiology* 121, 122-128. doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014.
- Taillebois, E. & Thany, S. H. (2016) The differential effect of low-dose mixtures of four pesticides on the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Insects*. 7: 1–7. doi.org/10.3390/insects7040053.
- Wang, Z. H., Gong, Y. J., Jin, G. H., Zhu, L. & Wei, S. J. (2016) Effects of Spirotetramat on development and reproduction of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Austral Entomology* 55(3), 235-241. doi.org/10.1111/aen.12174.

Susceptibility of Sunn pest in overwintered adults and new generation to eight insecticide groups of IRAC

Hassan Javadipouya¹ , Orouj Valizadegan¹  & Aziz Sheikhiharjan² 

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

✉ hassanjavadipouya@yahoo.com

 <https://orcid.org/0009-0001-4527-9522>

✉ o.valizadegan@urmia.ac.ir

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

2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

✉ asheikhi48@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2462-3512>

Article History

Received: 1 December 2022 | Accepted: 28 July 2023 | Subject Editor: Masoumeh Ziaee

Abstract

Wheat is the most important strategic crop in Iran and the world. Sunn pest *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) causes a lot of damage annually. Currently, two groups of IRAC insecticides including pyrethroids and organic phosphorus compounds are recommended against this pest in Iran and other countries infested with the Sunn pest. In this research, different insecticides were selected from the eight insecticide groups of IRAC and applied in a contact bioassay two life stages of the Sunn pest. The results showed that among the tested insecticides, Deltamethrin (LC₅₀=2.93 mg a.i./L) as a pyrethroid group, had the most contact toxicity among chemical compounds against overwintered adults of the Sunn pest, and Fenitrothion as an organic phosphorus compound (LC₅₀=19.4 mg a.i./L) was ranked in the second group. But on the new generation of the Sunn pest, both insecticides were ranked in the same group at 72 hours after exposure (LC₅₀=4-4.6 mg a.i./L). Further investigations revealed that among neonicotinoid insecticides, Thiamethoxam had more contact toxicity and ranked in the next group. Mortality comparison of different insecticides in high concentration (60-20000mg/L) based on commercial formulations showed that Deltamethrin and Fenitrothion insecticides caused 90-100% mortality on both life stages of the Sunn pest. The new insecticides, Spirotetramat, Flonicamid and Chlorantraniliprole did not show acceptable effectiveness 72 hours after exposure on overwintered and new-generation adults (3.3-43%). Therefore, most of the new insecticides tested for the chemical control of the overwintered and the new generation adults did not have acceptable mortality, and only thiamethoxam insecticide can be studied on Sunn pests in field conditions.

Keywords: Chemical control, effectiveness, Diamide, Pyrethroids, Organophosphate, Neonicotinoide

Corresponding Author: Orouj Valizadegan (Email: o.valizadegan@urmia.ac.ir)

Citation: Javadipouya, H., Valizadegan, O. & Sheikhiharjan, A. (2023). Susceptibility of Sunn pest in overwintered adults and new generation to eight insecticide groups of IRAC. *J. Entomol. Soc. Iran*, 43 (3), 247-257. <https://doi.org/10.52547/jesi.43.3.5>