



تأثیر غلظت زیرکشنده حشره کش پی متروزین بر فراسنجه‌های رشد جمعیت و فعالیت آنزیم‌های استراز در شته سبز گندم (*Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae)

هوشنگ رفیعی دستجردی^{۱*}، زهرا عابدی^۲، علی گلی‌زاده^۳، عزیز حبیبی ینگجه^۴ و سولماز فیض‌پور^۵

۱- * نویسنده مسوول: استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (rafiee@uma.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته دکتری تخصصی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- استاد گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۵- دانشجوی دکتری شیمی فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

چکیده

شته سبز گندم، (*Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae)، یکی از آفات مهم غلات به‌ویژه گندم است که در انتقال برخی از ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی نقش مهمی دارد. هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر زیرکشنده حشره کش پی متروزین ([®]Pymetrozine Aria) بر فراسنجه‌های جدول زندگی و فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا استراز شته سبز گندم با استفاده از دو سوپسترای آلفا-نفتیل استات و بتا-نفتیل استات در اتاقک رشد با شرایط دمایی ۲۵±۲ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۰±۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. مقدار غلظت کشنده ۵۰ (LC₅₀) و ۳۰ (LC₃₀) درصد حشره‌کش مورد مطالعه روی شته‌های ماده بالغ *S. graminum*، به ترتیب ۸۴/۶۸ و ۳۹/۳۶ میلی‌گرم ماده موثره بر لیتر به دست آمد. نتایج آزمایش تأثیر زیرکشنده‌گی (LC₃₀) این حشره‌کش نشان داد که طول دوره نشو و نمای پورگی در تیمار حشره‌کشی (۵/۳۳ روز) طولانی‌تر از شاهد (۶/۳۳ روز) بود، اما میزان پوره‌زایی روی تیمار حشره‌کشی (۱۸/۰۶ پوره/به ازای هر شته کامل) به طور معنی‌داری کمتر از شاهد (۳۸/۱۴ پوره/به ازای هر شته کامل) بود. همچنین، حشره‌کش مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری باعث کاهش ویژگی‌های دموگرافی شته سبز گندم شدند. مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) شته‌ها در شاهد و تیمار حشره‌کشی به ترتیب ۰/۳۹۴ و ۰/۲۸۰ بر روز بود. در این بررسی، میزان فعالیت آنزیم‌های استراز، بر اساس میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین شته‌های تیمار شده تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. نتایج نشان داد که حشره‌کش پی متروزین اثر کشنده‌گی و زیرکشنده‌گی قابل توجهی برای شته سبز گندم دارد و می‌تواند پس از طی مطالعات تکمیلی مزرعه‌ای، در استفاده بهینه از آفت‌کش‌ها و طراحی برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت مذکور مورد توجه واقع گردد.

کلیدواژه‌ها: سمیت، جدول زندگی، خصوصیات بیوشیمیایی، استرازاها

دبیر تخصصی: دکتر معصومه ضیائی

Citation: Rafiee Dastjerdi, H., Abedi, Z., Golizadeh, A., Habibi-Yangjeh, A. & Feizpoor, S. (2022). Toxicity and sublethal effects of Pymetrozine insecticide on population growth parameters and detoxifying enzymes activity of *Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 45(2), 17-32. <https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17408>.

مقدمه

گندم *Triticum aestivum* L. به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین مواد غذایی بشر و مهم‌ترین محصول زراعی در اکثر کشورها، جایگاه ویژه‌ای در تأمین نیاز غذایی مردم دارد (Khodabandeh, 2000). حشرات یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید این محصول می‌باشند. در این میان، شته‌ها از شایع‌ترین آفات غلات هستند که هر ساله با تغذیه مستقیم از شیره گیاهان، تزریق بزاق سمی به درون گیاه و انتقال ویروس‌های گیاهی، پوشاندن سطح گیاه توسط عسلک، کاهش فتوسنتز و تغییر فیزیولوژی گیاه خسارت زیادی وارد می‌کنند (Dixon, 1987).

گندم مورد حمله چندین گونه شته، از جمله شته سبز گندم، *Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae)، قرار می‌گیرد که در نتیجه‌ی تغذیه آن عملکرد محصول به‌طور قابل توجهی کاهش و موجب کاهش وزن هزار دانه و چروکیدگی دانه‌ها می‌شود (Blackman & Eastop, 2006; Vakhide & Safavi, 2014). این شته یکی از مهم‌ترین آفات جهانی گندمیان به‌ویژه غلات دانه‌ریز در آمریکا، اروپا، آفریقا و آسیا می‌باشد. دامنه میزبانی این آفت بسیار گسترده است و از روی بیش از ۷۰ میزبان از خانواده گرامینه شامل گندم، جو، یولاف، برنج، سورگوم، ذرت، چاودار و سایر گندمیان وحشی گزارش شده است (Harvey & Hackerott, 1969; Michels & Behle, 1989; Khanjani, 2005).

برای کنترل شته سبز گندم می‌توان از روش‌های مختلف زراعی، بیولوژیک و شیمیایی استفاده کرد (Papp & Mesterhazy, 1993)، ولی متداول‌ترین روش کنترل شته‌ها، استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی است (Wilde et al., 2001; Aeinehchi et al., 2019). بی‌رویه سموم شیمیایی موجب بروز مقاومت روزافزون حشرات به آفت‌کش‌ها، اثرات ناخوشایند سموم بر محیط

زیست و موجودات مفید غیرهدف، اختلال در زنجیره غذایی و سمیت برای انسان‌ها شده است (Desneux et al., 2006). یکی از راه‌های مهم اجتناب از این مشکلات، استفاده از حشره‌کش‌های انتخابی است که به محیط زیست و دشمنان طبیعی صدمه نمی‌زنند (Saber et al., 2005). در میان آفت‌کش‌های مناسب در کنترل شته‌ها، پی‌متروزین حشره‌کش سیستمیک از گروه تری آزین است که بازدارنده تغذیه بوده و با خاصیت انتخابی برای کنترل شته‌ها توصیه می‌شود. شته‌ها با تغذیه از شیره گیاه به آن آلوده شده و خرطوم آنها فلج می‌شود و طی یک تا چهار روز بعد از سمپاشی به خاطر گرسنگی از بین می‌روند. این حشره‌کش، شته‌های مقاوم به سموم فسفره آلی و کارباماتی را نیز کنترل می‌کند (Banks & Stark, 2004; Talebi Jahromi, 2007; Ohnesorg et al., 2009). پی‌متروزین از نفوذ استایلت حشره به داخل آوند جلوگیری می‌کند. مطالعات نشان می‌دهد که این حشره‌کش به روش تماسی، گوارشی و تزریقی باعث توقف فوری نفوذ استایلت به داخل گیاه می‌شود. در صورتی که شته بتواند استایلت خود را وارد آوند کند، نسبت به حالت طبیعی مدت زمان بیشتری صرف خواهد شد و شته‌ها شیره گیاهی را فقط برای مدت کوتاهی می‌مکند (Talebi Jahromi, 2007).

بررسی اثر حشره‌کش‌ها روی آفات باید همه جانبه بوده و علاوه بر خاصیت حشره‌کشی، تأثیر زیرکشنده‌گی آن‌ها روی ویژگی‌های زیستی و فیزیولوژیک آفات نیز باید در نظر گرفته شود. لذا بررسی تأثیر حشره‌کش‌ها با روش معمول زیست‌سنجی که در آن فقط میزان تلفات آفات بررسی می‌شود، کافی نیست (Galvan et al., 2005). برای بررسی اثرات مختلف سموم روی فراسنجه‌های رشد جمعیت آفات از سم‌شناسی دموگرافیک استفاده می‌شود، در واقع سم‌شناسی دموگرافیک به عنوان یک ابزار مناسب برای ارزیابی اثرات کلی سموم است (Stark & Banks,

پی‌متروزین و تأثیر آن روی ویژگی‌های زیستی، فراسنجه‌های جدول زندگی و فعالیت آنزیم‌های سم‌زدای شته سبز گندم می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه میزبان

ابتدا بذور گندم (رقم معراج) در گلدان‌های پلاستیکی حاوی خاک زراعی مناسب، ماسه و کود دامی به نسبت ۱:۱:۲ و در شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در گلخانه تحقیقاتی واقع در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی کشت شد. آبیاری بوته‌های گندم هفته‌ای دو بار انجام شد.

پرورش جمعیت شته سبز گندم در شرایط آزمایشگاهی

جمعیت اولیه‌ی شته سبز گندم، از مزارع گندم منطقه مغان استان اردبیل ($39.2872^{\circ}N$, $47.6174^{\circ}E$) جمع‌آوری و پس از شناسایی روی بوته‌های گندم واقع در اتاقک رشد با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شد. به منظور جلوگیری از پارازیت شدن شته‌ها توسط پارازیتوئیدها، بوته‌های مورد استفاده برای تشکیل جمعیت شته روی سکوی پرورش به‌وسیله توری ریز ۵۰ مش محصور شد. در اتاقک رشد، زمانی که تراکم شته‌ها به حد کافی رسید، روی گلدان‌ها طلق‌هایی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که برای تهویه روی آن یک دریچه‌ی 18×18 سانتی‌متری از طلق تعبیه و با توری ریز پوشانده شده بود، قرار داده شد و بوته‌ها به شته سبز گندم آلوده شدند. به منظور حفظ جمعیت شته‌ها، گیاهان به شدت آلوده با گیاهان سالم هر هفته یک‌بار جایگزین شدند. بعد از دو نسل پرورش شته روی میزبان گندم،

روش سم‌شناسی دموگرافیک علاوه بر بررسی اثر کشندگی، فراسنجه‌های جدول زندگی مربوط به جمعیت‌هایی که در معرض غلظت‌های مختلف یک حشره‌کش قرار گرفته‌اند را با جمعیت شاهد مقایسه می‌کند و اطلاعات کاملی از بقا و نشو و نماي جمعیت حشره تیمار شده فراهم می‌کند (Alan & Daniel, 1982; Chi & Yang, 2003; Desneux et al., 2006).

برای ردیابی و تأثیر آلاینده‌های کشاورزی بر موجودات زنده از نشانگرها استفاده می‌کنند. از رایج‌ترین نشانگرهای زیستی و آنزیم‌های سم‌زدا در حشرات می‌توان به گلوکاتایون اس-ترانسفرازها، استرازهای عمومی، اکسیدازها و کولین‌استرازها اشاره نمود (Wu et al., 2004). بررسی نشانگرهای بیوشیمیایی روی موجودات زنده در معرض ترکیبات شیمیایی قرار گرفته تحت شرایط آزمایشگاهی می‌تواند در پیش‌بینی اثرات آلودگی جمعیت آفت در مزرعه راه‌گشا باشد (Hayes & Pulford, 1995; Hallaji Sani et al., 2019). بررسی تأثیر آفت‌کش‌ها بدون در نظر گرفتن اثر آن‌ها روی جنبه‌های بیوشیمیایی یک حشره کافی نمی‌باشد، چرا که تغییر ویژگی‌های بیوشیمیایی یک حشره در اثر مواد سمی می‌تواند به تغییرات دموگرافیک جمعیت منجر شود (Kammenga & Laskowski, 2000).

در پژوهش‌های قبلی، سمیت و تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش پی‌متروزین روی برخی شته‌های مهم و سفید بالک‌ها گزارش شده است (Ohnesorg et al., 2009; Fekri et al., 2015; Barati et al., 2016; Olfati Somar et al., 2019; Samara et al., 2021). ولی طبق بررسی منابع صورت گرفته، تاکنون در مورد تأثیر کشندگی و زیرکشندگی این آفت‌کش روی شته سبز گندم (*S. graminum*) مطالعه‌ی جامعی انجام نشده است. بنابراین، اهداف اصلی تحقیق حاضر، بررسی خاصیت حشره‌کشی

شته ماده بالغ هم‌سن روی هر برگ درون لوله پلاستیکی مستقر شدند. پس از ۲۴ ساعت تعداد تلفات با شمارش شته‌هایی که پس از تحریک توسط قلم‌مو هیچ عکس‌عملی از خود نشان ندادند، به دست آمد. آزمایش‌های اصلی در ۶ غلظت و ۴ تکرار انجام شد (Aeinehchi et al., 2019).

بررسی اثر زیرکشندگی حشره کش آزمایشی روی ویژگی‌های زیستی و بیوشیمیایی شته سبز گندم

به منظور تعیین اثر زیرکشندگی حشره کش پی متروزین روی جدول زندگی شته، برگ‌های گندم با غلظت LC₃₀ حشره کش (۳۹/۳۶ mg a.i./L) تیمار و تعداد ۱۰۰ عدد شته ماده بالغ یک روزه در معرض غلظت زیرکشندگی حشره کش قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت، ۵۰ عدد شته زنده مانده به روی گیاه سالم انتقال داده شد و پوره‌زایی روزانه آنها مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی تا زمان مرگ تمامی نتاج حاصل از شته‌های بالغ ادامه یافت و از داده‌های ثبت شده برای تشکیل فراسنجه‌های جمعیتی شته استفاده شد (Aeinehchi et al., 2019).

تهیه عصاره آنزیمی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های سم‌زدای شته

جهت انجام آزمایش‌های بیوشیمیایی از ۵۰ عدد شته بالغ زنده مانده از گیاهان تیمار شده با غلظت زیرکشنده حشره کش (۳۹/۳۶ mg a.i./L) استفاده شد. شته‌ها در ۲۵۰ میکرولیتر بافر فسفات (pH=7) روی یخ هم‌وزن‌نایز شده و با سرعت ۱۲۰۰۰ g× در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند (Sigma 1-14K refrigerated centrifuge, USA). از روش‌نشین به عنوان عصاره آنزیمی استفاده شد (van Asperen, 1962).

سنجش فعالیت آنزیم استرازها

محتوای آنزیم استراز شته‌ها با استفاده از روش van Asperen (1962) تعیین شد. مقدار ۱۲/۵ میکرولیتر نمونه

آزمایش‌های زیست‌سنجی به روش تماسی انجام گرفت. آزمایش‌ها در اتاقک رشدی با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شدند (Aeinehchi et al., 2019).

حشره کش مورد استفاده

در تحقیق حاضر از یک حشره‌کش با نام عمومی پی متروزین با فرمولاسیون تجاری 25% WP Pymetrozine Aria[®] ساخت شرکت آریاشیمی کشور ایران برای زیست‌سنجی‌ها استفاده شد.

بررسی سمیت حشره کش پی متروزین

آزمایش‌های زیست‌سنجی روی شته‌های ماده بالغ یک روزه (۲۴ ساعته) به روش تماسی با باقیمانده حشره کش به صورت پاشش محلول سمی روی برگ گندم انجام گرفت. برای تعیین LC₃₀ و LC₅₀ حشره کش ابتدا آزمایش‌های مقدماتی انجام گرفت و محلول‌های سمی که موجب تلفات حدود ۲۰ و ۸۰ درصد جمعیت مورد آزمایش شدند، انتخاب گردید و در آزمایش‌های اصلی از ۶ غلظت مختلف محلول سمی با فواصل لگاریتمی استفاده شد (Robertson et al., 2007). غلظت‌های نهایی حشره‌کش شامل ۳۰، ۴۵/۵، ۶۹، ۱۰۴/۲۵، ۱۵۷/۷۵ و ۲۳۷/۵ میلی‌گرم ماده موثره بر لیتر در آب مقطر تهیه و مورد آزمایش قرار گرفتند. به هر یک از غلظت‌ها ماده خیس‌کننده توئین ۲۰ به مقدار یک قطره اضافه شد. در تیمار شاهد از آب مقطر به اضافه‌ی توئین ۲۰ استفاده گردید. از سمپاش دستی (یک لیتری به ابعاد ۱۷×۷ سانتی‌متر) جهت پخش محلول سمی روی برگ‌های گندم استفاده گردید. برگ‌های تیمار شده توسط لوله پلاستیکی (ارتفاع ۸ سانتی‌متر و قطر ۱ سانتی‌متر) که دارای سوراخ‌هایی جهت تهویه بود، پوشانده شد. سپس به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق خشک شدند و ۲۰ عدد

نتایج

سمیت حشره کش پی‌متروزین روی شته‌های ماده بالغ *S. graminum*

نتایج حساسیت شته‌های ماده بالغ *S. graminum* به حشره کش پی‌متروزین در جدول ۱ نشان داده شده است. مقدار غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC₅₀) حشره کش پی‌متروزین، ۸۴/۶۸ میلی گرم ماده موثره بر لیتر در زمان ۲۴ ساعت به دست آمد. همچنین، نتایج زیست‌سنجی و شیب خط غلظت-اثر حشره کش نشان می‌دهد که با کوچکترین افزایش غلظت در مقدار این ترکیب تلفات بیشتری در شته حاصل می‌شود (جدول ۱).

اثر زیرکشدگی حشره کش پی‌متروزین روی فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیت شته *S. graminum*

نتایج طول دوره نشو و نمای پورگی، باروری و طول عمر شته *S. graminum* در شاهد و تیمار با غلظت زیرکشنده LC₃₀ حشره کش پی‌متروزین (مقدار ۳۹/۳۶ میلی گرم ماده موثره بر لیتر) در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، طول دوره نشو و نمای شته سبز گندم به صورت معنی‌داری تحت تأثیر حشره کش قرار گرفت. بیشترین میانگین طول دوره نشو و نمای پورگی مربوط به حشره کش مورد مطالعه بود که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان داد. از نظر طول دوره قبل از تخم‌ریزی شته‌های بالغ ماده (APOP¹) بین شاهد و تیمار حشره کشی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت.

حشره کش پی‌متروزین اثر معنی‌داری روی مجموع دوره قبل از تخم‌ریزی شته‌های بالغ ماده (TPOP²) داشت، به طوری که طولانی‌ترین این دوره در تیمار حشره کشی مشاهده شد. همچنین، دوره پوره‌زایی طولانی‌تری برای

آنزیمی به همراه ۱۱۲/۵ میکرولیتر بافر فسفات (pH=7)، ۵۰ میکرولیتر سوبسترا (آلفا نفتیل استات ۰/۵ میلی مولار و بتا نفتیل استات ۱/۸ میلی مولار به طور جداگانه (Sigma-Aldrich, Louis, MI, USA) و ۵۰ میکرولیتر محلول فاست بلو آر آر (Merck KGaA, Germany) (۰/۰۷۵) درصد) مخلوط شدند. پس از ۱۵ دقیقه نگهداری در تاریکی، جذب نمونه‌ها در ۴۵۰ نانومتر برای آلفانفتیل استات و ۵۴۰ نانومتر برای بتا نفتیل استات به مدت ۷ دقیقه هر ۳۰ ثانیه یکبار توسط دستگاه الیزاریدر (ELIZA-Reader, Anthos 2020, England) خوانده شد (van Asperen, 1962).

تجزیه داده‌ها

با استفاده از روش PROC PROBIT نرم‌افزار SAS ver.8، تجزیه داده‌های مربوط به اثر کشدگی حشره کش مورد آزمایش انجام گرفت (SAS Institute, 2002). همچنین، داده‌های خام حاصل از فراسنجه‌های دموگرافی شته سبز گندم با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MS Chart تجزیه شد (Chi, 2020). جهت تکراردار کردن فراسنجه‌های جدول زندگی از روش بوت‌استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار استفاده شد. همچنین، اختلاف آماری بین فراسنجه‌های دموگرافی با استفاده از آزمون دو گانه بوت‌استرپ (paired bootstrap test) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد (Chi, 2020). نرمال بودن داده‌های مربوط به ویژگی‌های بیوشیمیایی شته نیز با آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. تجزیه آماری داده‌های میزان فعالیت آنزیم‌های استراز شته سبز گندم در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه‌ی اختلاف آماری با استفاده از آزمون T-test در سطح احتمال پنج درصد تعیین شد (SAS Institute, 2002). برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel ver.15 استفاده گردید.

1- Adult pre-oviposition period
2- Total pre-oviposition period

سنی و مرحله زیستی (V_{xj})، تعداد نتاجی است که انتظار می‌رود توسط هر فرد ماده در سن x و مرحله رشدی j در باقیمانده عمرش تولید شود. به عبارت دیگر، ارزش تولیدمثلی میزان مشارکت افراد را در نسل آینده نشان می‌دهد که برای فرد تازه متولد شده در مرحله نخست (V_{01}) همان نرخ منتهای افزایش جمعیت است. نقطه اوج در منحنی ارزش تولیدمثلی برای شته‌های بالغ ماده، در شاهد روز هفتم (۱۶/۲۵ نتاج) و در تیمار حشره کش پی متروزین روز ششم (۱۰/۷۰ نتاج) ثبت شد. این نتایج نشان می‌دهد که شته ماده در سنین ذکر شده برای هر تیمار نسبت به سنین دیگر بیشترین سهم را در تشکیل جمعیت نسل آینده دارند (شکل ۳).

منحنی امید به زندگی ویژه سن-مرحله زیستی (e_{xj})، مدت زمانی که هر فرد با سن x و مرحله j زنده می‌ماند را نشان می‌دهد. مقادیر امید به زندگی برای فرد تازه متولد شده در تیمارهای شاهد و حشره کشی به ترتیب ۱۴/۲۴ و ۹/۳۸ روز بود و در زمان ظهور شته‌های بالغ روی تیمارهای به ترتیب ۱۱/۱۲ و ۶/۹۷ روز به دست آمد (شکل ۴).

شته‌های بالغ ماده در تیمار شاهد ثبت گردید. میزان باروری (پوره‌زایی) در تیمار حشره کشی، به طور معنی داری کمتر از تیمار شاهد بود. طول عمر شته‌های بالغ ماده به ترتیب روی تیمار حشره کش پی متروزین به طور معنی داری کمتر از شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

نرخ بقاء ویژه سن-مرحله زیستی (S_{xj}) احتمال رسیدن یک فرد تازه متولد شده به هر سن و مرحله زیستی را نشان می‌دهد. منحنی‌های بقای ویژه سن-مرحله زیستی شته S ، *graminum* در شاهد و تیمار حشره کش در شکل ۱ ارایه شده است. منحنی‌های بقای نشان می‌دهد که میزان بقا با افزایش سن کاهش یافته در نتیجه منحنی بقا به صورت یک منحنی نزولی در آمده است. مرگ آخرین فرد ماده در تیمارهای شاهد و حشره کش به ترتیب در روزهای ۲۴ و ۱۵ رخ داد (شکل ۱).

اوج منحنی‌های باروری ویژه سنی ماده (f_x) و باروری ویژه سنی جمعیت (m_x) شته به ترتیب ۷/۱۶ پوره در روز هفتم در شاهد و ۴/۰۳ پوره در روز هشتم در تیمار حشره کش به دست آمد (شکل ۲). علاوه بر این، ارزش تولیدمثلی ویژه

جدول ۱- سمیت حشره کش مورد آزمایش روی شته سبز گندم

Table 1. Insecticide toxicity (mg a.i./L) of the tested on *Schizaphis graminum*

Insecticide	χ^2	Slope \pm SE	LC ₃₀ (95% CL)	LC ₅₀ (95% CL)	LC ₉₀ (95% CL)
Pymetrozine	54.538	1.58 \pm 0.21	39.36 (27.61-49.76)	84.68 (70.04-101.93)	550.66 (362.18-1107)

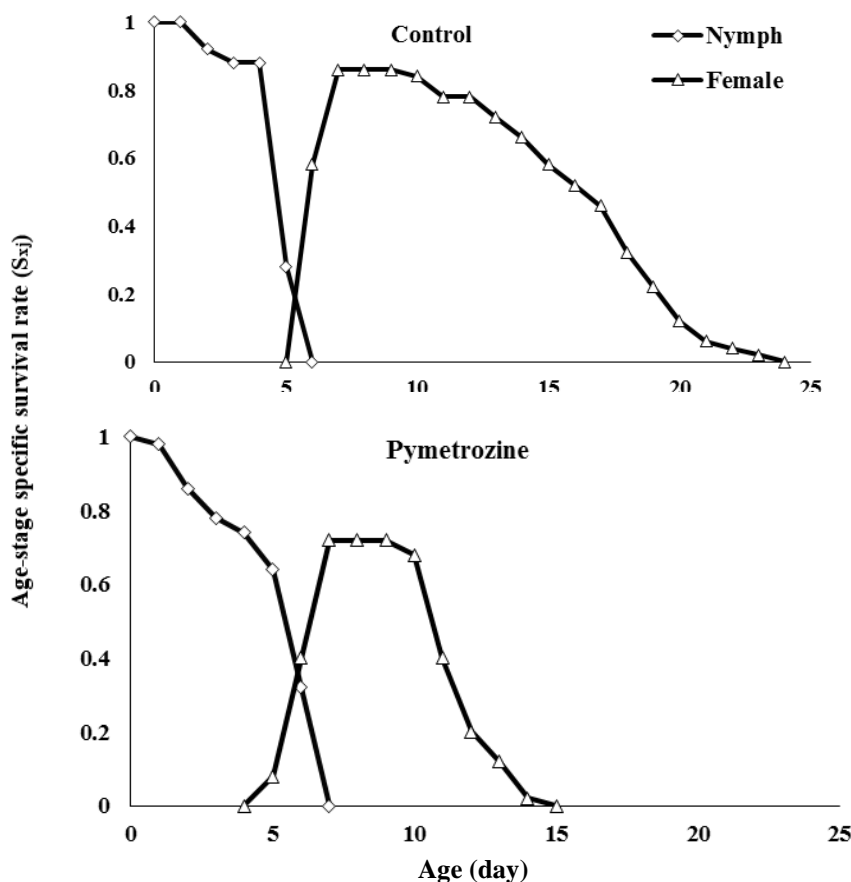
Lethal concentrations and 95% confidence limits (CL) were estimated using logistic regression (SAS Institute, 2002).

جدول ۲- طول دوره نشو و نمای پورگی، باروری و طول عمر (میانگین \pm خطای استاندارد) شته *Schizaphis graminum* در شاهد و تیمار حشره کش

Table 2. Duration of nymphal immature stages, fecundity and adult longevity (mean \pm SE) of *Schizaphis graminum* in control and insecticide treatment

Treatment	Nymphal developmental time (day)	APOP (day)	TPOP (day)	Reproduction period (day)	Fecundity (total number of nymphs)	Adult longevity (day)
Pymetrozine	6.33 \pm 0.11 a	0.31 \pm 0.08 a	6.64 \pm 0.13 a	4.72 \pm 0.13 b	18.06 \pm 0.78 b	5.64 \pm 0.19 b
Control	5.33 \pm 0.07 b	0.30 \pm 0.08 a	5.63 \pm 0.11 b	7.35 \pm 0.34 a	38.14 \pm 1.70 a	10.79 \pm 0.50 a

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).



شکل ۱- نرخ بقای ویژه سن-مرحله زیستی (S_{xj}) شته *Schizaphis graminum* در تیمار حشره‌کش

Figure 1. Age-stage specific survival rate (S_{xj}) of *Schizaphis graminum* in control and insecticide treatment

از نظر متوسط زمان یک نسل (T) شته در بین تیمارهای مختلف شاهد (۸/۸۴۹ روز) و حشره‌کش پی‌متروزین (۹/۱۵۹ روز) مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). هم‌چنین، میزان فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا استراز با استفاده از دو سوبسترای آلفا-نفتیل استات و بتا-نفتیل استات روی شته سبز گندم در شاهد و تیمار با غلظت زیرکشنده حشره‌کش در جدول ۴ آورده شده است. نتایج ارزیابی اثر حشره‌کش مورد مطالعه بر فعالیت ویژه آنزیم آلفا-استراز نشان داد که در میزان فعالیت این آنزیم بین شاهد (۰/۰۸۳ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) و تیمار حشره‌کش (۰/۰۶۰ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. فعالیت آنزیم

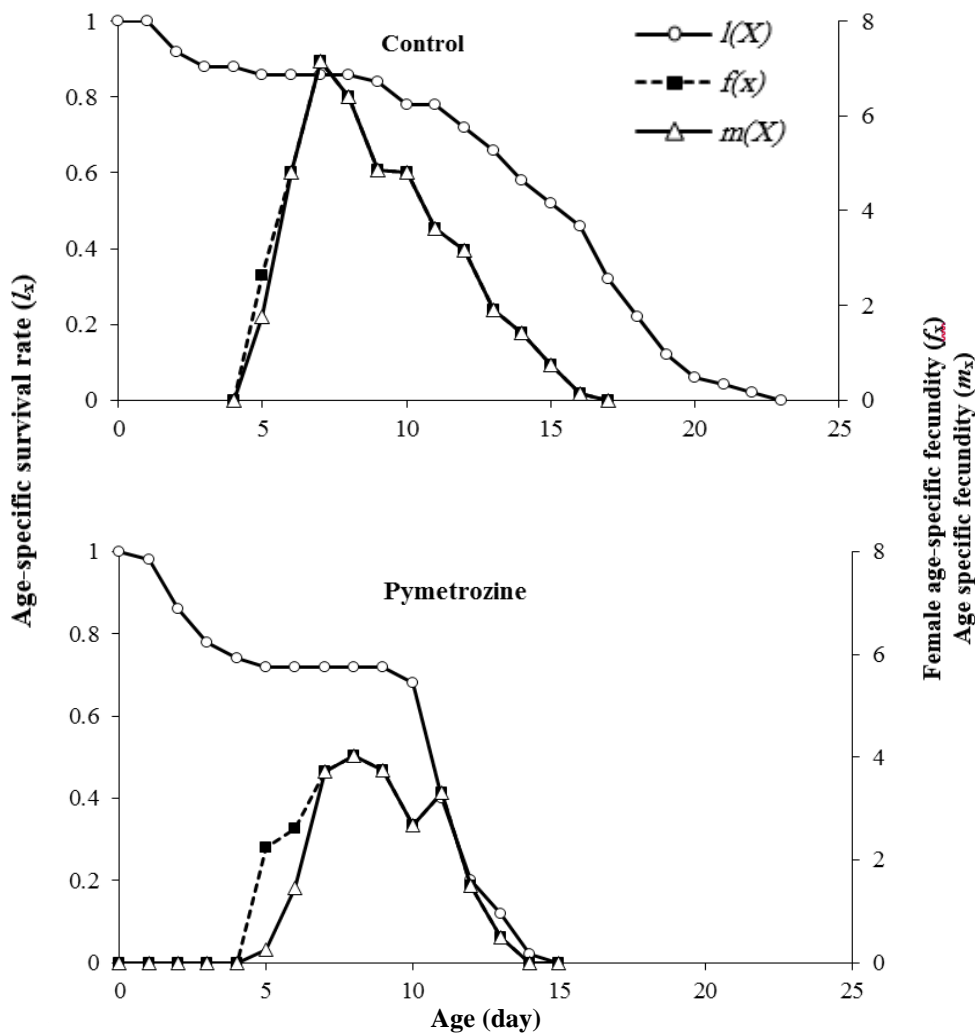
نتایج فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار شته *S. graminum* در شاهد و تیمار حشره‌کش در جدول ۳ ارائه شده است. از نظر فراسنجه‌های جدول زندگی شته، بین تیمار حشره‌کشی مورد آزمایش با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در شاهد با مقدار ۳۲/۷۹ نتاج بیشترین و در تیمار حشره‌کشی پی‌متروزین با مقدار ۱۳/۰۱ نتاج کمترین بود. نتایج نشان داد که مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) از ۰/۲۸۰ تا ۰/۳۹۴ بر روز متغیر بود که کمترین مقدار آن در تیمار حشره‌کشی و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد بود. مقادیر نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نیز در تیمار شاهد و حشره‌کش مورد مطالعه به ترتیب ۱/۴۸۳ و ۱/۳۲۳ بر روز به دست آمد.

محصول را محدود می‌کند. در صورتی که خسارت شته سبز گندم روی بوته‌ها شدید باشد و برنامه کنترل سن گندم نیز در پیش نباشد، لازم است کنترل اختصاصی برای این شته با یکی از سموم شته‌کش اعمال گردد. اما به هر حال، از آنجا که ممکن است مشکل مقاومت به آفت‌کش‌ها پیش بیاید، بهتر است از حشره‌کش انتخابی که ایمنی نسبتاً بالایی برای محیط زیست و دشمنان طبیعی دارند، استفاده نمود (Fattah-Alhoseini et al., 2011).

بتا-استراز در تیمار حشره‌کش پی متروزین (۰/۰۶۵ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) نسبت به شاهد (۰/۰۵۹ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) افزایش یافت، ولی اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳).

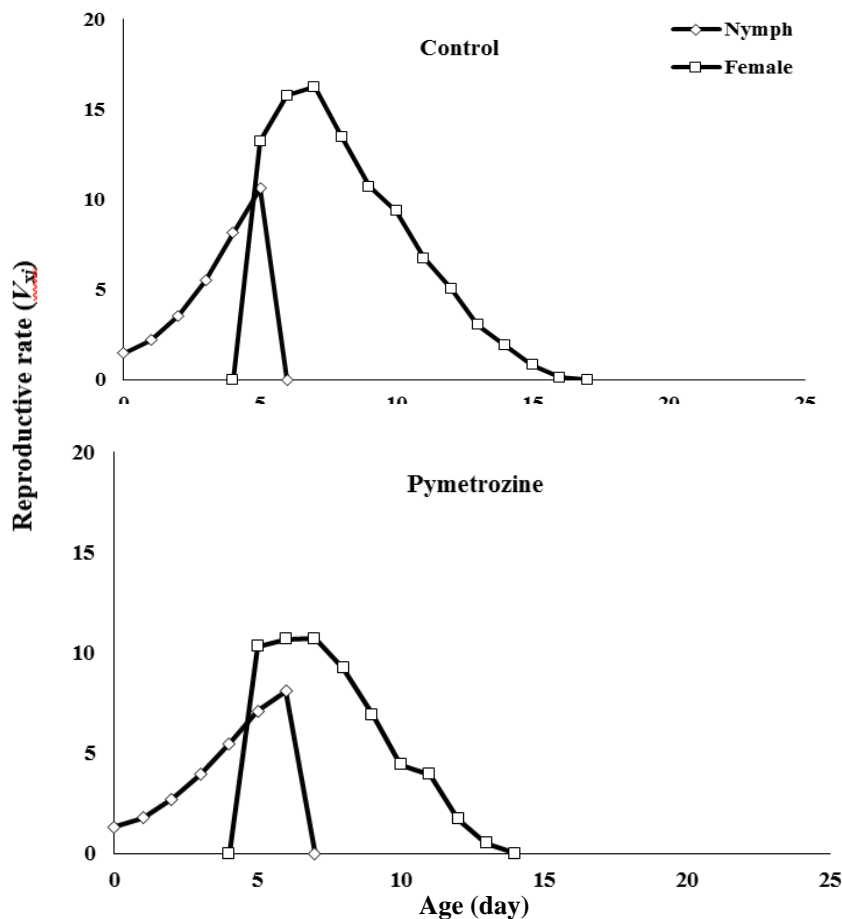
بحث

شته سبز گندم، یکی از آفات مهم گندم است که با تغذیه از گیاه و انتقال ویروس‌های بیماری‌زا، تولید این



شکل ۲- بقای ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سنی ماده (f_x) و باروری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) شته *Schizaphis graminum* در شاهد و تیمار حشره‌کش

Figure 2. Age-specific survival rate (l_x), female age-specific fecundity (f_x) and age specific fecundity (m_x) of *Schizaphis graminum* in control and insecticide treatment



شکل ۳- ارزش تولیدمثل سنی - مرحله زیستی (V_{xj}) شته *Schizaphis graminum* در تیمار حشره‌کش

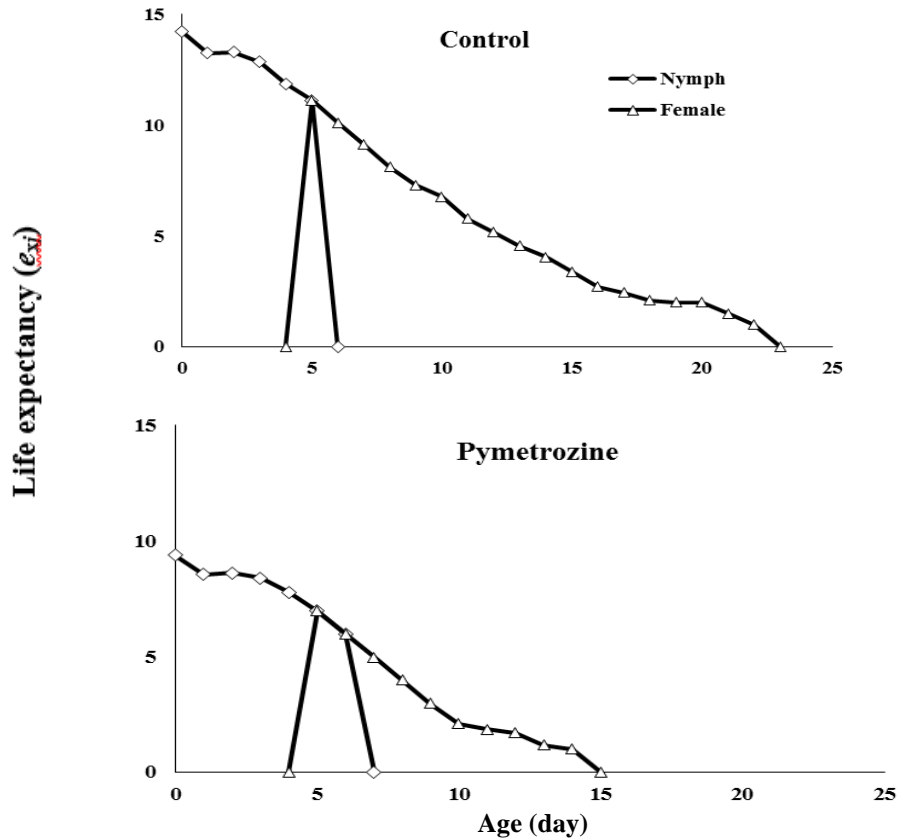
Figure 3. Age-stage reproductive value (V_{xj}) of *Schizaphis graminum* in control and insecticide treatment

Samara et al. (2021). در مطالعه (et al., 2015) نیز، اثر کشندگی و سمیت حشره‌کش مذکور را روی شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer)، ۵/۵۳ میکروگرم ماده موثره بر لیتر گزارش نمود. تفاوت مقدار عددی LC_{50} حشره‌کش مورد مطالعه روی شته سبز گندم در بررسی حاضر با مقادیر عددی LC_{50} در بررسی‌های اخیر به تفاوت گونه حشرات مورد بررسی و شرایط آزمایش مربوط باشد. با این وجود، مقدار عددی بیشتر LC_{50} پی‌متروزین در بررسی حاضر نشان می‌دهد که شته‌های سبز گندم، میزان مقاومت بیشتری به حشره‌کش پی‌متروزین در مقایسه با سایر شته‌ها و سفیدبالک‌ها داشتند. پی‌متروزین اثر

نتایج حاصل از مطالعه غلظت کشنده (LC_{50}) حشره‌کش مورد بررسی نشان داد که پی‌متروزین سمیت مناسبی به شته‌های ماده بالغ *S. graminum* داشت. تاکنون مطالعه‌ای در مورد حساسیت و سمیت حشره‌کش پی‌متروزین روی شته سبز گندم صورت نگرفته است، اما روی گونه‌های مختلف شته‌ها و سفیدبالک‌ها بررسی شده است. در تحقیقی، اثر حشره‌کش پی‌متروزین روی سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci* (Genn.) در دو رقم حساس و مقاوم گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفت. مقدار غلظت کشنده‌ی ۵۰ درصد حشره‌کش مورد مطالعه به ترتیب ۰/۰۲۶ و ۰/۰۱۹ گرم بر لیتر به دست آمد (Fekri

انتخابی بالایی داشته و روی پستانداران، پرندگان، ماهی‌ها و بندپایان تأثیر منفی ندارد. پی متروزین اثر نفوذی و سیستمیک داشته و قابل استفاده در خاک و روی اندام هوایی گیاه می‌باشد و در هر دو آوند چوبی و آبکشی حرکت می‌کند (Talebi Jahromi, 2007).

ضربه‌ای نداشته و به‌طور مستقیم برای حشرات سمیت ندارد، بلکه روی کنترل عصبی پمپ موثر در مکش برخی آفات مکنده تأثیر می‌گذارد و چند ساعت پس از مصرف سبب توقف سریع و برگشت‌ناپذیر تغذیه می‌شود که این گرسنگی و مرگ را به دنبال دارد. این حشره کش خاصیت



شکل ۴- امید به زندگی ویژه سن-مرحله زیستی (e_{xj}) شته *Schizaphis graminum* در شاهد و تیمار حشره کش
 Figure 4. Age-stage specific life expectancy (e_{xj}) of *Schizaphis graminum* in control and insecticide treatment

جدول ۳- فراسنجه‌های جدول زندگی (میانگین \pm خطای معیار) شته *Schizaphis graminum* در شاهد و تیمار حشره کش
 Table 3. Life table parameters (mean \pm SE) of *Schizaphis graminum* in control and insecticide treatment

Treatment	R_0 (offspring/individual)	r (day ⁻¹)	λ (day ⁻¹)	T (day)
Pymetrozine	13.01 \pm 1.28 b	0.280 \pm 0.012 b	1.323 \pm 0.016 b	9.159 \pm 0.153 a
Control	32.79 \pm 2.37 a	0.394 \pm 0.008 a	1.483 \pm 0.013 a	8.849 \pm 0.123 a

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test).

جدول ۴- فعالیت آنزیم‌های استراز (میانگین \pm خطای معیار) شته *Schizaphis graminum* در شاهد و تیمار حشره‌کش
Table 4. Esterase enzymes activity (mean \pm SE) of *Schizaphis graminum* in control and insecticide treatment

Treatment	α -esterase activity ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ protein)	β -esterase activity ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ protein)
Pymetrozine	0.060 \pm 0.006 a	0.065 \pm 0.008 a
Control	0.083 \pm 0.009 a	0.059 \pm 0.006 a

Means followed by different letters in each column are not significantly different (T-test; $P > 0.05$).

نمای شته سبز گندم شد. طول عمر شته‌های بالغ ماده در برابر غلظت زیرکشنده حشره‌کش به طور معنی‌داری کاهش یافت. در تحقیق حاضر نیز میزان باروری و پوره‌زایی شته سبز گندم پس از قرار گرفتن در معرض غلظت LC₃₀ تیمار حشره‌کشی به طور معنی‌داری کاهش یافت. از آنجا که زادآوری در جمعیت نسل بعدی نقش عمده ای دارد، کاهش آن می‌تواند از افزایش جمعیت حشرات جلوگیری کند. این نتایج، مطابق نتایج گزارش شده توسط سایر محققین می‌باشد. در مطالعه مشابهی، Aeinehchi et al. (2019) تأثیر زیرکشندگی حشره‌کش تیاکلوپرید را روی شته سبز گندم بررسی کرده و نشان دادند که تیمار حشره‌کشی، باروری و طول عمر شته‌های بالغ ماده را به طور معنی‌داری کاهش داد. نتایج حاصل از بررسی تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش آزمایشی روی فراسنجه‌های رشد جمعیت شته سبز گندم نشان داد که در حشره‌کش پی‌متروزین، ویژگی‌های جمعیت شته به‌ویژه مقدار فراسنجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت به طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد بود. نتایج مشابهی در تحقیقات انجام شده توسط Olfati Somar et al. (2019) روی شته *Aphis gossypii* Glover در معرض قرار گرفته با حشره‌کش‌های پی‌متروزین (۰/۳۱۷ بر روز) و ایمیداکلوپرید (۰/۲۲۵ بر روز) به دست آمده است. کمتر بودن مقدار عددی نرخ ذاتی افزایش جمعیت در حشرات در معرض قرار گرفته با حشره‌کش آزمایشی مورد مطالعه (۰/۲۸۰ بر روز) در مقایسه با شاهد (۰/۳۹۴ بر روز)

سازگاری آفت‌کش‌ها در کاربرد همزمان با عوامل کنترل زیستی، از جمله نگرانی‌های عمده کاربران مدیریت تلفیقی آفات بوده و بهره‌مندی از دانش کافی در خصوص چگونگی تأثیر حشره‌کش‌ها نسبت به آفات، حشرات غیرهدف و محیط زیست بسیار مهم است (Stark et al., 2007). بهترین روش کنترلی آفات استفاده از حشره‌کش‌های زیست‌سازگار در راستای حفظ دشمنان طبیعی می‌باشد. در پژوهش‌های قبلی، گزارش شده است که حشره‌کش پی‌متروزین روی کارایی دشمنان طبیعی شته‌ها و سفیدبالک‌ها از جمله پارازیتوئیدهای *Encarsia formosa* و *Aphelinus mali* Haldeman Gahan اثر منفی قابل توجهی نداشت (Sadeghi & Pourmirza, 2008; Barati et al., 2016).

از جمله روش‌های مورد استفاده به منظور حفاظت از دشمنان طبیعی و مدیریت مقاومت زودهنگام، کاربرد غلظت‌های زیرکشنده است (Abedi et al., 2014). مطالعه اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌ها به منظور استفاده منطقی از آنها از اهمیت بالایی برخوردار است (Chen et al., 2016) چرا که اغلب حشره‌کش‌ها پس از کاربرد در معرض تجزیه شدن قرار می‌گیرند و آفات هدف و ارگانسیم‌های غیرهدف در معرض غلظت‌های زیرکشنده این ترکیبات قرار می‌گیرند (Guedes et al., 2016). بنابراین در تحقیق حاضر علاوه بر بررسی اثر کشندگی، اثر زیرکشندگی حشره‌کش پی‌متروزین روی شته سبز گندم مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمار حشره‌کشی باعث افزایش معنی‌دار طول دوره نشو و

معنی‌داری وجود نداشت. به نظر می‌رسد که حشره به- منظور مقابله با اثر حشره کش پی متروزین، از آنزیم‌های استراز استفاده نمی‌کند و استرازهای عمومی شته سبز گندم در فرآیند سم‌زدایی حشره کش پی متروزین نقشی ندارد. بنابراین می‌توان اذعان نمود که تیمار با غلظت زیرکشنده حشره کش، احتمال بروز مقاومت شته نسبت به این حشره کش ضعیف می‌باشد و حشره کش آزمایش شده اثر بازدارنده روی فعالیت این آنزیم‌های سم‌زدا نداشت. حشرات می‌توانند با افزایش فعالیت آنزیم‌های متابولیکی، مقاومت خود را در برابر حشره کش‌ها افزایش دهند (Yin et al., 2009; Taleh et al., 2021).

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که حشره کش پی متروزین در برنامه‌های مدیریت تلفیقی شته سبز گندم قابل توصیه است. هم‌چنین توصیه می‌شود، قبل از وارد کردن حشره کش پی متروزین به برنامه مدیریت تلفیقی شته مذکور، آزمایش‌های سازگاری با دشمنان طبیعی این آفت نیز انجام شود. ضرورت چنین آزمایش‌هایی به این دلیل است که بعضی از حشره کش‌ها ممکن است پارازیتوئیدها و شکارگرها را از طریق تغییر رفتاری یا خاصیت کشندگی و زیرکشندگی تحت تأثیر قرار دهند و توانایی آنها برای پارازیت و شکار کردن شته سبز گندم را کاهش دهند.

نتیجه‌گیری نهایی

گندم مهم‌ترین محصول زراعی ایران است و جایگاه ویژه‌ای در تأمین نیاز غذایی مردم دارد. شته سبز گندم مهم‌ترین آفت غلات در سطح جهان است که به گندم خسارت اقتصادی وارد می‌نماید. در مجموع نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که حشره کش مورد بررسی، خاصیت کشندگی و زیرکشندگی بالایی به شته سبز گندم داشت. بنابراین، حشره کش پی متروزین توانایی

می‌تواند مربوط به بقای کمتر شته، طولانی بودن طول دوره نشو و نمایی مراحل نابالغ و پایین بودن زادآوری آن باشد. به طوری که، کاهش این فراسنجه موجب کاهش سرعت رشد جمعیت شته‌ها می‌شود. بررسی این فراسنجه نشان می‌دهد که غلظت‌های زیرکشنده حشره کش مورد مطالعه می‌تواند رشد جمعیتی شته سبز گندم را متوقف یا کندتر کند. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت زیرکشنده‌ی LC₃₀ حشره کش پی متروزین اثر قابل ملاحظه‌ای روی بقاء، باروری، ارزش تولیدمثلی و امید به زندگی شته سبز گندم داشت.

در بین آفات گندم، شته سبز گندم قادر است خسارت جبران‌ناپذیری به گندم وارد کند. از آنجا که حساسیت شته‌ها به حشره کش‌ها متفاوت می‌باشد، در این تحقیق، ضمن بررسی اثر حشره کش پی متروزین روی ویژگی‌های زیستی شته سبز گندم، تأثیر زیرکشندگی آن بر فعالیت آنزیم‌های استراز شته سبز گندم نیز مورد مقایسه قرار گرفت. با توجه به اینکه حشره کش‌ها می‌توانند روی ویژگی‌های بیوشیمیایی یک حشره تغییر ایجاد کنند، در این مطالعه اثر حشره کش پی متروزین روی برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی شته سبز گندم بررسی شد. حشره کش‌ها از عوامل ایجاد کننده تغییرات بیوشیمیایی در حشرات می‌باشند. این ترکیبات با مداخله در فعالیت‌های آنزیمی حشرات تیمار شده، تعادل بیوشیمیایی را به هم می‌زنند (Tiwari et al., 2011). در این راستا برخی از آنزیم‌های سم‌زدا نظیر استرازها اندازه‌گیری و میزان تغییرات به وجود آمده در افراد تیمار شده بررسی شد.

استرازها، به عنوان آنزیم‌های مهم سم‌زدا، پیوند استری مواد شیمیایی سنتزی را هیدرولیز می‌کنند (Hemingway & Karunatne, 1998). نتایج نشان داد که در میزان فعالیت آنزیم‌های آلفا-استراز و بتا-استراز شته سبز گندم بین تیمار حشره‌کشی با شاهد تفاوت

سپاس‌گزاری

این تحقیق در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی به انجام رسیده که بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه قدردانی می‌شود.

زیادی برای کنترل جمعیت شته‌ها دارد و می‌توان از آن در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت مهم استفاده کرد. با این حال، مطالعات تکمیلی در مورد تأثیر این حشره‌کش در شرایط طبیعی، به ویژه در محیط مزرعه باید صورت گیرد.

REFERENCES

- Abedi, Z., Saber, M., Gharekhani, G. H., Mehrvar, A., & Kamita, G. (2014). Lethal and sublethal effects of azadirachtin and cypermethrin on *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology*, 107, 638-645. <https://doi.org/10.1603/EC13227>
- Aeinehchi, P., Naseri, B., Rafiee Dastjerdi, H., Nouri-Ganbalani, G., & Golizadeh, A. (2019). Lethal and sublethal effects of thiacloprid on *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) and its predator *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). *Toxin Reviews*, <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1677719>
- Alan, J. D., & Daniel, R. E. (1982). Life table evaluation of chronic exposure of *Eurytemora affinis* (Copepoda) to kepone. *Marine Biology*, 66, 179-184. <https://doi.org/10.1007/BF00397191>
- Banks, J. E., & Stark, J. D. (2004). Aphid response to vegetation diversity and insecticide applications. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103, 595-599. https://digitalcommons.tacoma.uw.edu/ias_pub/91
- Barati, R., Golmohammadi, Gh., & Mansouri, R. (2016). Side effects of some herbal insecticides on *Bemisia tabaci* and *Encarsia formosa*. *Biocontrol in Plant Protection*, 45, 3.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2006). *Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs*. John Wiley.
- Chen, X., Ma, K., Li, F., Lianq, P., Liu, Y., Guo, T., Song, D., Desneux, N., & Gao, X. (2016). Sublethal and transgenerational effects of sulfoxafor on the biological traits of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Ecotoxicology*, 25, 1841-1848. <https://doi.org/10.1007/s10646-016-1732-9>
- Chi, H. (2020). *TWOSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis*. <https://140.120.197.173/ecology/prod02.htm>
- Chi, H., & Yang, T. (2003). Two-sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 32, 327-333. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-32.2.327>

Desneux, N., Denoyelle, R., & Kaiser, L. (2006). A multi- step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasps, *Aphidius ervi*. *Chemosphere*, 62, 1697-1706. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.04.082>

Dixon, A. F. G. (1987). Cereal aphids as an applied problem. *Agricultural Zoology Reviews*, 2, 1-57.

Fattah-Alhoseini, S., Allahyari, H., Azemayesh-Fard, P., & Heydari, S. (2011). Effects of host plant on development and reproduction of green wheat Aphid *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hem.: Aphididae). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 4(2), 233-242.

Fekri, M. S., Samih, A. M., Shahouzahi, B., Imani, S., & Zarabi, M. (2015). Effect of plant extracts of *Fumaria parviflora*, *Teucrium polium* and insecticide pymetrozine on mortality and activity of esterase enzyme of *Bemisia tabaci* (Genn.) on resistant and susceptible variety. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 45(2), 357-369. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=463283>

Galvan, T. L., Koch, R. L., & Hutchison, W. D. (2005). Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development, and reproduction of the multicolored asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 34, 108-114. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.04.005>

Guedes, R., Smagghe, G., Stark, J., & Desneux, N. (2016). Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annual Review of Entomology*, 61, 43-62. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023646>

Hallaji Sani, M. F., Naseri, B., Rafiee-Dastjerdi, H., Aghajanzadeh, S. & Ghadamyari, M. (2019). Effects of three conventional insecticides on life table parameters and detoxifying enzymes activity of *Pulvinaria aurantii* Cockerell (Homoptera: Coccidae). *Toxin Reviews*, 40(4), 1318-1326. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1693401>

Harvey, T. L. & Hackerott, H. L. (1969). Recognition of the greenbug biotype injurious to sorghum. *Journal of Economic Entomology*, 62, 776-779. <https://doi.org/10.1093/jee/62.4.776>

Hayes, J. D., & Pulford, D. J. (1995). The glutathione S-transferase supergene family: regulation of GST and the contribution of the isoenzymes to cancer chemoprotection and drug resistance. *Biochemistry Molecular Biology*, 30, 445-600. <https://doi.org/10.3109/10409239509083491>.

Hemingway, J., & Karunatne, S. H. P. (1998). Mosquito carboxylesterases: A review of the molecularbiology and biochemistry of a major insecticide resistance mechanism. *Medical and Veterinary Entomology*, 12, 1-12. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.1998.00082.x>

Iran nezhad, H. (2005). *Cereal crops*. Tehran University Press.

Kammenga, J., & Laskowski, R. (2000). *Demography in Ecotoxicology*. John Wiley and Sons.

- Khanjani, M. (2005). *Field crop pests in Iran (Insects and Mites)*. Bu-Ali Sina University.
- Khodabandeh, N. (2000). *The Cultivation of Crops*. Tehran University Press.
- Michels, G. J. & Behle, R. W. (1989). Influence of temperature on reproduction, development and intrinsic rate of increase of Russian wheat aphid, greenbug, and bird cherry-oat aphid (Homoptera:Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 82, 439-444. <https://doi.org/10.1093/jee/82.2.439>
- Ohnesorg, W. J., Johnson, K., & O'NEAL, M. (2009). Impact of reduced-risk insecticides on soybean aphid and associated natural enemies. *Journal of Economic Entomology*, 102(5), 1816-1826. <https://doi.org/10.1603/029.102.0512>
- Olfati Somar, R., Zamani, A. A., & Alizadeh, M., (2019). Joint action toxicity of imidacloprid and pymetrozine on the melon aphid, *Aphis gossypii*. *Crop Protection*, 124, 104850. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104850>
- Papp, M., & Mesterhazy, A. (1993). Resistance to bird cherry oat-aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) in winter wheat varieties. *Euphytica*, 67(1), 49-57. <https://doi.org/10.1007/BF00022724>
- Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K., & Savin, N. E. (2007). Bioassay with arthropods. CRC Press, London, United Kingdom.
- Saber, M., Hejazi, M. J., Kamali, K., & Moharramipour, S. (2005). Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Journal of Economic Entomology*, 98(1), 35-40. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.1.35>
- Sadeghi, G. R., & Pourmirza, A. A. (2008). Study on the mortality and repellency effects of three insecticides on *Aphelinus mali* (Haldeman) (Hym.: Aphelinidae). *Journal of Plant Protection*, 22(2), 27-33. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=141867>
- Samara, R., Lowery, T. D., Stobbs, L. W., Vickers, P. M., & Bittner, L. A. (2021). Assessment of the effects of novel insecticides on green peach aphid (*Myzus persicae*) feeding and transmission of Turnip mosaic virus (TuMV). *Pest Management Science*, 77(3), 1482-1491. <https://doi.org/10.1002/ps.6169>
- SAS Institute. (2002). The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
- Stark, J. D., & Banks, J. E. (2003). Population-level effects of pesticides and other toxicant on arthropods. *Annals of Review Entomology*, 48, 505-519. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112621>
- Stark, J. D., Sugayama, R. I., & Kovaleski, A. (2007). Why demographic and modeling approaches should be adopted for estimating the effects of pesticides on biocontrol agents. *Biocontrol*, 52, 365-374. <https://doi.org/10.1007/s10526-006-9040-6>

Talebi Jahromi, K. (2007). *Pesticides Toxicology*. University of Tehran.

Taleh, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Ebadollahi, A., Sheikhi Garjan, A., & Talebi Jahromi, Kh. (2021). Toxicity and biochemical effects of emamectin benzoate against *Tuta absoluta* (Meyrick) alone and in combination with some conventional insecticides. *Physiological Entomology*, 46, 210-217. <https://doi.org/10.1111/phen.12360>

Tiwari, S., Mann, R. S., Rogers, M. E., & Stelinski, L. L. (2011). Insecticide resistance in field populations of asian citrus psyllid in Florida. *Pest Management Science*, 67, 1258-1268. <https://doi.org/10.1002/ps.2181>

Vakhide, N., & Safavi, S. A. (2014). Lethal and sublethal effects of direct exposure to acetamiprid on reproduction and survival of the greenbug, *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(3), 339-348. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.809898>

van Asperen, K. (1962). A study of housefly esterases by means of a sensitive colorimetric method. *Journal of Insect Physiology*, 8, 401-416. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(62\)90074-4](https://doi.org/10.1016/0022-1910(62)90074-4)

Wilde, G. E., Shufran, R. A., Kindler, S. D., Brooks, H. L., & Sloderbeck, P. E. (2001). Distribution and abundance of insecticide resistant greenbugs (Homoptera: Aphididae) and validation of a bioassay to assess resistance. *Journal of Economic Entomology*, 94(2), 547-551. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.2.547>

Wu, G., Jiang, S., & Miyata, T. (2004). Effects of synergists on toxicity of six insecticides on parasitoid *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Journal of Economic Entomology*, 97, 2057-2066. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.6.2057>

Yin, X. H., Wu, Q. J., Li, X. F., Zhang, Y. J., & Xu, B. Y. (2009). Demographic changes in multigeneration *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) after exposure to sublethal concentrations of spinosad. *Journal of Economic Entomology*, 102(1), 357-365. <https://doi.org/10.1603/029.102.0146>



© 2022 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



Toxicity and sublethal effects of Pymetrozine insecticide on population growth parameters and detoxifying enzymes activity of *Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae)

H. Rafiee Dastjerdi^{1*}, Z. Abedi², A. Golizadeh³, A. Habibi-Yangjeh⁴, S. Feizpoor⁵

1. ***Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (rafiee@uma.ac.ir)
2. Ph.D. Graduate Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
4. Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
5. Ph.D. Student of Physical Chemistry, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 31 January 2022

Accepted: 4 March 2022

Abstract

Background and Objectives

The Greenbug, *Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae), is one of the most important pests in grain, especially wheat, and is an important cause for transferring a number of pathogenic viruses in plants. The purpose of this research was to evaluate the lethal and sublethal effects of Pymetrozine insecticide on life history parameters and α -esterase and β -esterase enzymes activity of *S. graminum*. Detoxifying enzymes play a vital role in the detoxification of chemical compounds in many living organisms. These enzymes increase the resistance of insects to chemical pesticides by the catalysis of these compounds in their body.

Materials and Methods

The *S. graminum* was reared on the wheat host in a growth chamber set at 25 ± 2 °C, 60 ± 5 % RH, plus 16: 8 (L: D) hour photoperiods. Daily observations and records were made for the development period and survival rate. The crude data were analyzed based on age-stage and two-sex life table analysis. TWO SEX-MSChart was used to evaluate the raw data based on the age-stage and two-sex life table. In addition, alpha-naphthyl (α -NA) and beta-naphthyl (β -NA) acetates were employed as substrates for the α -esterase and β -esterase activity, respectively. Esterase enzymes of tested treatments were measured using a microplate reader.

Results

Exposing adults to bioassays indicated that the lethal concentration (LC_{50}) of insecticide treatment in *S. graminum* adults was 84.68 mg a.i./L. The present study demonstrated that Pymetrozine insecticide showed more acute toxicity on adult stages of *S. graminum*.

Moreover, exposure of adults to sublethal concentrations (LC_{30}) negatively affected the development and reproductive characteristics and demographic factors of the Greenbug. In specific, results for sublethal experiments showed a significant increase in the development time of the pest on the insecticide treatment compared with the control. On the contrary, the lowest fecundity in pests was observed on Pymetrozine insecticide. In addition, the tested insecticide significantly reduced the population growth parameters of *S. graminum*, which can be identified using detoxifying enzymes as biochemical markers of the pest. Estimation values for the intrinsic rate of increase (r) in the control and insecticide treatment were 0.394 and 0.280 per day, respectively. Furthermore, the activity of alpha and beta esterase was not significantly different between control and insecticide treatment.

Discussion

The results revealed that Pymetrozine insecticide exerts high lethal and sublethal effects on *S. graminum*, and thus, it is recommended to be applied in an integrated pest management program (IPM). Semifield and field studies are needed to obtain more applicable results using insecticides.

Keywords: *toxicity, life table, biochemical characteristics, esterase*

Associate editor: M. Ziaee (Ph.D.)

Citation: Rafiee Dastjerdi, H., Abedi, Z., Golizadeh, A., Habibi-Yangjeh, A. & Feizpoor, S. (2022). Toxicity and sublethal effects of Pymetrozine insecticide on population growth parameters and detoxifying enzymes activity of *Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 45(2), 17-32. <https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17408>.