



تحقیقات آفات گیاهی

علمی پژوهشی
۱۴۰۴-۱۵(۳): ۱-۱۵

<https://doi.org/10.22124/ijprj.2025.31415.1658>

pISSN:2322-2409
eISSN: 2538-6123



اثرات زیرکشنده دینوتفوران روی فراسنجه‌های زیستی شته سبز گندم *Schizaphis graminum* و شکارگر آن *Hippodamia variegata*

سجاد فولادی آذر^۱

<https://orcid.org/0009-0000-4433-3630>

مهدی غیبی^{۲*}

<https://orcid.org/0000-0003-1255-9189>

شهرام حسامی^۳

<https://orcid.org/0000-0002-8537-409X>

هادی استوان^۴

<https://orcid.org/0000-0002-5564-8029>

۱، ۲، ۳ و ۴- گروه حشره‌شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

چکیده: اثرات غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش دینوتفوران روی فراسنجه‌های زیستی شته سبز گندم و کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze در شرایط آزمایشگاهی (دمای 26 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 10 درصد، دوره نوری ۸:۱۶ ساعت روشنایی: تاریکی) بررسی شد. مقادیر LC₅₀ نشان داد که سمیت دینوتفوران روی شته (۲۱۹/۷۵) بیش‌تر از کفشدوزک (۷۴۷/۴) است و در مقادیر LC₁₀ و LC₃₀ نیز همین‌طور بود. دوره نشوونمای پوره‌های شته در تیمارهای زیرکشنده افزایش یافت. طول عمر شته بالغ در تیمار LC₃₀ کوتاه‌ترین (۱۱/۳۳ روز) بود و دوره پیش تخم‌ریزی بالغ (APOP) و کل دوره پیش تخم‌ریزی (TPOP) در غلظت LC₃₀ به ترتیب کوتاه‌ترین (۰/۶۶ روز) و طولانی‌ترین (۸/۵۳ روز) بودند. دینوتفوران در LC₁₀ اثر معنی‌داری روی طول عمر حشرات کامل کفشدوزک نداشت. مقادیر APOP در LC₁₀ و LC₃₀ روی کفشدوزک تفاوت معنی‌داری نداشت، اما TPOP در LC₃₀ نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) شته از ۰/۳۷۴ در شاهد به ۰/۲۱۹ در LC₃₀ و R₀ از ۴۷/۳۷ به ۱۳/۳۷ کاهش یافت. با افزایش غلظت، زنده‌مانی ویژه سن - مرحله در شته کاهش یافت و در کفشدوزک، افرادی که با LC₁₀ تیمار شده بودند، زنده‌مانی بیش‌تری نسبت به LC₃₀ داشتند. نرخ زادآوری شته در غلظت‌های زیرکشنده کاهش یافت و بیش‌ترین مقدار نرخ زادآوری شکارگر در شاهد بود. شاخص اثر کل نشان داد که دینوتفوران بر اساس گروه‌بندی IOBC برای هر دو غلظت زیرکشنده جزو ترکیبات بی‌خطر است. با توجه به نتایج، غلظت‌های زیرکشنده دینوتفوران می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی شته به همراه این کفشدوزک کاربرد داشته باشد.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۵/۲۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۷/۹

واژه‌های کلیدی: اثرات زیرکشنده، دینوتفوران، زیست‌سنجی، شته سبز گندم، مهار زیستی

Citation: Fouladi Azar, S., Gheibi M., Hesami, Sh. & Ostovan, H. (2025). Sublethal effects of dinotefuran on the biological parameters of the wheat aphid *Schizaphis graminum* and its predator *Hippodamia variegata*. *Plant Pest Research*, 15(3), 1-15. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/ijprj.2025.31415.1658>



*Corresponding author: mgheibi11014@iau.ac.ir

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan

This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)

مقدمه

شته سبز گندم *Schizaphis graminum* Rondani، آفت مهم غلات به خصوص گندم محسوب می‌شود (Aeinehchi et al., 2019; Blackman & Eastop, 2006). کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze یک گونه چندخوار با پراکنش جهانی (اروپا، شمال آسیا، آفریقا و آمریکای شمالی) است (Jafari, 2011). این کفشدوزک قدرت جستجوگری زیاد و توانایی تولیدمثلی بالا می‌باشد و می‌تواند در مدت زمان کوتاه جمعیت خود را در طبیعت زیاد کند. این شکارگر در شرایط زراعی و آزمایشگاهی، حتی با تغییر تراکم طعمه، کارایی بالای شکار را حفظ می‌کند (Sarkar et al., 2023; Dou et al., 2023). پویایی جمعیت و آماره‌های زیستی *H. variegata* روی گونه‌های مختلف شته، اهمیت این کفشدوزک را در کنترل طبیعی آفات گیاهی تأیید نمود (Pervez et al., 2018).

به دلیل همانندی فیزیولوژی بندپایان آفت و شکارگر، آفت‌کش‌ها اغلب باعث مرگ و میر در هر دو گروه از این موجودات می‌شوند (Croft, 1990). استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌های شیمیایی و افزایش تعداد دفعات سم‌پاشی باعث مقاومت و طغیان آفات و آلودگی محیط‌زیست می‌شود (Mingjing et al., 2003). همچنین، کاربرد روزافزون حشره‌کش‌های شیمیایی توانایی بالقوه دشمنان طبیعی آفات را به شدت کاهش می‌دهد (Schmidt-Jeffris, 2023). علاوه بر اثر مستقیم آفت‌کش‌ها که بر اساس میزان مرگ و میر برآورد می‌شود، غلظت‌های زیرکشنده آفت‌کش‌ها روی فیزیولوژی و رفتار دشمنان طبیعی نیز موثر می‌باشد (Johnson & Tabashnik, 1999). جدول زندگی، تاثیر حشره‌کش بر زنده‌مانی و عوامل محدودکننده نرخ رشد جمعیت آفت را مشخص می‌کند (Chi, 1990). همچنین بررسی‌های دموگرافیک و جدول زندگی برای تعیین پارامترهای رشد جمعیت و کارایی دشمنان طبیعی در مبارزه با آفات جایگاه ویژه دارد (Southwood & Henderson, 2000). نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) یک مبنای آماری مناسب برای شرح نرخ رشد جمعیت است. هر چه مقدار آن بیش‌تر باشد، نرخ افزایش جمعیت سریع‌تر خواهد بود (Medeiros et al., 2000). دسته‌بندی آفت‌کش‌ها بر اساس میزان سمیت ناشی از اثرات زیرکشندگی آن‌ها روی دشمنان طبیعی بر اساس گروه‌بندی سازمان بین‌المللی کنترل بیولوژیک (IOBC)¹ می‌تواند در کاربرد هرچه موثرتر آفت‌کش‌ها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کمک کند (Schmidt-Jeffris et al., 2021).

دینوتفوران، حشره‌کشی سیستمیک از نئونیکوتینوئیدهای جدید است که بر اساس طبقه‌بندی مقاومت حشره‌کش‌های IRAC در گروه 4A – Nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) competitive modulators قرار می‌گیرد. این حشره‌کش با ممانعت از تغذیه حشرات طی چند ساعت بعد از کاربرد سبب مرگ حشره می‌شود (De Bara et al., 2022). این حشره‌کش به‌طور گسترده برای کنترل شته‌ها در محصولات زراعی استفاده می‌شود. تیمار بذر پنبه با نیتن پیرام، دینوتفوران و تیمتوکسام موجب باقی‌ماندن غلظت بالای حشره‌کش‌ها در برگ و کنترل موفق شته پنبه (*Aphis gossypii*) شد (Zhang et al., 2016). پژوهش‌های بسیاری در زمینه اثر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌ها از قبیل دینوتفوران روی گونه‌های مختلف شته انجام شده است (Ayyanath, 2013; Mohamed et al., 2015; Zuo et al., 2016; Sial et al., 2018; Tang et al., 2019; Xin et al., 2019). اثرات نئونیکوتینوئیدها بر *H. variegata* بررسی شده است. بررسی اثرات کشنده و زیرکشنده حشره‌کش تیاکلوپرید روی *S. graminum* و شکارگر آن (*H. variegata*)، نشان داد که مقدار r در تیمار LC₃₀ برای هر دو گونه کم‌ترین بود (Aeinehchi et al., 2019). اثرات جانبی حشره‌کش‌ها روی *H. variegata* نیز بررسی شده است (Alimohammadi et al., 2019; Skouras et al., 2019; Zeinadini Meyand et al., 2019). در این پژوهش اثرات غلظت‌های زیرکشنده دینوتفوران روی فراسنجه‌های زیستی شته سبز گندم و شکارگر آن (*H. variegata*) بررسی شد.

¹. International Organisation for Biological Control

مواد و روش‌ها

شرایط و محل انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌ها در اتاقک رشد و گلخانه تحقیقاتی گروه گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) انجام شد. تمام آزمایش‌های پرورش، زیست‌سنجی و بررسی اثرات جانبی حشره کش در دمای 26 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 10 ± 65 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. کشت گیاه گندم و پرورش شته *S. graminum* در گلخانه تحقیقاتی با شرایط دمایی ۲۲ - ۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 50 ± 10 درصد و دوره نوری طبیعی انجام شد (Bühler & Schweiger, 2024).

کشت گیاه میزبان

در این پژوهش بذور گندم (رقم چمران) که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) تهیه شده بود در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع ۳۰ و قطر ۲۰ سانتی‌متر حاوی خاک زراعی و ماسه به نسبت ۱:۲ کشت شدند. در هر گلدان ۳۰ بذر کاشته و آبیاری یک روز در میان انجام شد. گیاهان تا رسیدن به مرحله رشدی مورد نظر (ارتفاع حدود ۲۰ سانتی‌متر) نگهداری شده و سپس توسط شته *S. graminum* آلوده شدند.

پرورش شته سبز گندم *S. graminum*

کلنی اولیه شته سبز گندم از آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی دانشگاه محقق اردبیلی جمع‌آوری و به گلدان‌های گندم انتقال داده شد. به منظور جلوگیری از حمله پارازیتوئید و شکارگرها، سکوهای مربوط به کاشت گندم در گلخانه توسط توری پارچه‌ای ۵۰ مش محصور شدند. همچنین هر دو روز یک‌بار گیاهان گندم جدید برای حفظ جمعیت کلنی، جایگزین گیاهان آلوده شدند. از برگ‌های آلوده شده به شته سبز گندم برای تغذیه کفشدوزک استفاده شد.

پرورش کفشدوزک *H. variegata*

کفشدوزک *H. variegata* از آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد و به همراه برگ‌های آلوده به شته سبز گندم درون ظروف پلاستیکی به ابعاد $12 \times 20 \times 15$ سانتی‌متر با تهویه مناسب (سوراخی به ابعاد 5×10 سانتی‌متر روی درب و پوشانده شده با پارچه توری) قرار داده شد. به منظور تغذیه حشرات کامل، برگ‌های آلوده به شته سبز گندم روزانه در اختیار حشرات کامل قرار داده شد. با توجه به رفتار همخواری در لاروها، پس از تفریح تخم، لاروهای سن اول (به صورت انفرادی) به ظروف پتری (۹ سانتی‌متری) منتقل شدند. پس از پرورش دو نسل، از تخم‌های گذاشته شده برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

آزمایش‌های زیست‌سنجی

در این تحقیق از حشره کش دینوتفوران با نام تجاری استارکل با فرمولاسیون SG 20% (ساخت شرکت Mitsui Chemical ژاپن) استفاده شد. آزمایش‌های اولیه برای تعیین میزان ۲۰ و ۸۰ درصد کشندگی و سپس آزمایش‌های تکمیلی زیست‌سنجی برای تعیین LC₁₀، LC₃₀ و LC₅₀ انجام شد. به منظور تعیین غلظت‌های اولیه، مقادیر غلظت‌ها طوری انتخاب شد که در هر دز، نسبت به دز قبلی خود فواصل لگاریتمی بین آن‌ها صادق باشد. برای این منظور ابتدا با یک‌سری آزمایش‌های مقدماتی حد بالا و حد پایین غلظت مشخص و سپس غلظت‌های بینابینی به دست آمد. بدین منظور ابتدا برگ‌های گندم در غلظت‌های مشخص و آب مقطر (شاهد) به مدت ۱۰ ثانیه فرو برده و در مجاورت هوا به مدت ۳ ساعت خشک شدند. هر برگ در لوله پلاستیکی به ارتفاع ۱۰ و قطر ۰/۵ سانتی‌متر قرار داده شد و سپس تعداد ۲۰ حشره کامل شته سبز گندم روی هر برگ قرار داده شد. برای هر غلظت سه تکرار و برای شاهد از آب مقطر استفاده شد و میزان مرگ و میر پس از ۲۴ ساعت ثبت شد (Munawar et al., 2023). در نهایت پنج غلظت ۵۰، ۸۷، ۱۴۵، ۲۴۰ و ۴۰۰ میلی‌لیتر بر لیتر به دست آمد.

به منظور انجام آزمایش زیست‌سنجی کفشدوزک *H. variegata* از هر غلظت به دست آمده حشره کش به مقدار یک میکرولیتر توسط میکروپیپت برداشته و بر سطح پشتی شکم لاروهای سن اول به روش موضعی قرار داده شد (Youn et al., 2003). از آب

مقتر برای تیمار حشرات شاهد استفاده شد. در هر تکرار از ۲۰ عدد لارو سن اول استفاده و درصد مرگ و میر بعد از ۲۴ ساعت یادداشت شد. در نهایت، شش غلظت ۱۰۰، ۱۷۰، ۲۷۶، ۴۴۷، ۷۲۵ و ۱۲۰۰ میلی‌لیتر بر لیتر به دست آمد.

جدول زندگی

به منظور بررسی جدول زندگی شته سبز گندم، ابتدا برگ‌های گندم درون غلظت‌های LC₁₀ و LC₃₀ حشره کش فرو برده شدند و پس از خشک شدن در مجاورت هوا (۳ ساعت) سه حشره کامل با استفاده از قلم‌موی ظریف روی هر برگ گندم درون لوله پلاستیکی (ارتفاع ۱۰ و قطر ۰/۵ سانتی‌متر) قرار داده شدند. بعد از ۲۴ ساعت، تمام حشرات کامل و پوره‌ها به جز یک پوره سن اول حذف شدند. میزان نشوونما و مرگ و میر پوره‌ها به صورت روزانه بررسی و ثبت می‌شد و این کار تا ظهور افراد بالغ و زمان مرگ هر یک از شته‌های ماده بالغ ادامه یافت. برای هر تیمار ۵۰ حشره در نظر گرفته شد.

به منظور بررسی آماره‌های زیستی کفشدوزک *H. variegata*، ابتدا جمعیت‌های هم‌سن لاروهای سن اول تهیه شد. بدین منظور، توده‌های تخم هم‌سن با توجه به تخم‌گذاری دسته جمعی این شکارگر در ظروف پتری (۹ سانتی‌متری) جداگانه قرار داده شدند. در تمام تیمارها از لاروهای سن اول *H. variegata* (حداکثر ۲۴ ساعته) استفاده شد. سپس لاروها کفشدوزک‌ها شته‌هایی که توسط غلظت‌های LC₁₀ و LC₃₀ حشره کش مورد مطالعه تیمار شده بودند تغذیه داده شدند و درون ظروف پتری قرار داده شدند. این گروه از لاروها روزانه با شته سبز گندم تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده حشره کش تغذیه و روزانه مورد بازدید قرار گرفتند. پس از ظهور حشرات کامل، یک حشره نر و ماده هم‌سن، برای جفت‌گیری و تخم‌گذاری به ظروف پتری جدید منتقل و روزانه بازدید می‌شدند. تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر فرد ماده روزانه بررسی و شمارش و این روند تا مرگ حشرات ماده ادامه داشت. بدین ترتیب طول مراحل نابالغ، طول عمر حشرات کامل، طول دوره پیش از تخم‌ریزی و میزان تخم‌ریزی ثبت شدند. برای هر تیمار ۵۰ تکرار در نظر گرفته شد.

تقسیم‌بندی آفت‌کش بر اساس گروه‌بندی IOBC

به منظور انجام این تقسیم‌بندی از پارامتر شاخص اثر کل (TEI)^۱ استفاده شد. پرورش و تیمار شته *S. graminum* و کفشدوزک *H. variegata*، شمارش تخم‌ها و ثبت درصد زنده‌مانی بر اساس روش توضیح داده شده در بالا صورت گرفت. به طور روزانه تعداد مرگ و میر لاروهای شکارگر ثبت و میزان مرگ و میر کل (M_c) برآورد شد. در محاسبه مرگ و میر، تعداد شفیره‌هایی که به حشره کامل تبدیل نشدند نیز به عنوان لاروهای مرده تلقی شدند. همچنین تعداد تخم‌های گذاشته شده (E_r) حشرات کامل تیمار شده به عنوان زادآوری یادداشت شدند. سپس با استفاده از فرمول زیر شاخص اثر کل (TEI) آفت‌کش دینوتفوران روی شکارگر *H. variegata* محاسبه شد (Moscardini et al., 2013):

$$TEI = 100 - (100 - M_c) \times E_r$$

E_r = زادآوری تیمار نسبت به شاهد، M_c = میزان مرگ و میر

این تقسیم‌بندی بر اساس استانداردهای IOBC در چهار گروه عبارت است از گروه ۱: TEI < 30% (بی‌زیان)، گروه ۲: < 30% TEI < 30% (کم‌سمی)، گروه ۳: 80% < TEI < 99% (متوسط‌سمی) و گروه ۴: TEI > 99% (زیان‌بار) دسته‌بندی شدند (Sterk et al., 1999).

تجزیه داده‌ها

مرگ و میر افراد بالغ شته *S. graminum* توسط فرمول آبوت اصلاح و مقادیر LC₁₀، LC₃₀ و LC₅₀ حشره کش از روش لگاریتم-پروبیوت در نرم‌افزار SPSS-19 به دست آمد. داده‌ها به روش جدول زندگی دو جنسی (Chi & Liu, 1985) توسط نرم‌افزار TWOSSEX-MSChat طبق روش توضیح داده شده توسط چی (Chi, 1988) تحلیل شدند (Chi, 2015). پارامترهای جدول زندگی با استفاده از روش بوت‌استرپ (۱۰,۰۰۰ بار) تکراردار شدند. بر این اساس پارامترهایی که در جدول زندگی می‌توان

^۱. Total Effect Index

محاسبه نمود، شامل نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ منتهای افزایش جمعیت (λ) و مدت زمان یک نسل (T) می‌باشد. برای مقایسه میانگین و برآورد خطای معیار پارامترهای جدول زندگی از روش آزمون جفت شده بوت استرپ استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار SigmaPlot 12.0 استفاده شد.

نتایج

آزمایش‌های زیست‌سنجی حشره‌کش

طبق نتایج به دست آمده از آزمایش‌های زیست‌سنجی حشره‌کش دینوتفوران در جدول ۱، این حشره‌کش در غلظت‌های زیرکشنده نیز روی شته سبز گندم تاثیر گذاشت. میزان LC_{10} ، LC_{30} و LC_{50} این حشره‌کش در این آزمایش برای شته *S. graminum* به ترتیب ۳۶/۶۵، ۱۰۵/۵۹ و ۲۱۹/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد. همچنین، مقدار LC_{10} ، LC_{30} و LC_{50} دینوتفوران برای کفشدوزک *H. variegata* به ترتیب ۱۳۸/۳، ۳۷۴/۷۴ و ۷۴۷/۴ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. مقادیر LC_{50} بیان‌گر این بود که میزان سمیت حشره‌کش دینوتفوران روی شته سبز گندم بیش‌تر از کفشدوزک *H. variegata* بود.

جدول ۱- مقادیر دوزهای کشنده و زیرکشنده و محدوده اطمینان ۹۵ درصد حشره‌کش دینوتفوران روی شته *Schizaphis*

graminum و شکارگر *Hippodamia variegata* بعد از ۲۴ ساعت

Table 1. Lethal and sublethal effects and confidence range 95% of dinotefuran insecticide on *Schizaphis graminum* and *Hippodamia variegata* after 24 h

Species	N ^a	Concentration mg/l (95% CL)			X ² (df)	Slope ± SE
		LC ₁₀	LC ₃₀	LC ₅₀		
<i>S. graminum</i>	360	36.65 (18-55)	105.59 (76-132.6)	219.75 (177.8-283)	(13)54.34	0.11±1.64
<i>H. variegata</i>	360	138.3 (44.7-228.9)	374.74 (225-511.1)	747.4 (550.7-1115.1)	(16)185.76	0.1±1.74

^a Number of tested insects; X² is significant (p < 0.01).

اثر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش دینوتفوران بر پارامترهای زیستی شته *S. graminum* و کفشدوزک *H. variegata*

برخی از آماره‌های زیستی شته سبز گندم مانند طول عمر حشره کامل، طول دوره پوره‌زایی، طول دوره پیش از تخم‌ریزی و زادآوری در جدول ۲ نشان داده شده است. غلظت‌های زیرکشنده دینوتفوران طول عمر و زادآوری شته *S. graminum* و شکارگر *H. variegata* را کاهش و طول دوره نابالغ را افزایش داد. دوره نشوونمای پوره‌های شته به طور معنی‌داری در تیمارهای زیرکشنده افزایش یافت. به طور مثال، دوره نشوونمای پوره سن سوم در تیمارهای شاهد، LC_{10} و LC_{30} دینوتفوران به ترتیب ۱/۳۱، ۱/۵۳ و ۲/۰۶ روز بود. طول عمر افراد بالغ شته در شاهد طولانی‌ترین (۱۶/۷۷ روز) و در تیمار LC_{30} کوتاه‌ترین (۱۱/۳۳ روز) بود. همچنین تفاوت معنی‌داری در کل دوره پیش از تخم‌ریزی (^۱TPOP)، زادآوری و دوره پوره‌زایی شته *S. graminum* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش مورد مطالعه وجود داشت، در حالی که دوره پیش از تخم‌ریزی حشره بالغ (^۲APOP) در غلظت LC_{10} تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. مقادیر APOP در تیمار شاهد، LC_{10} و LC_{30} به ترتیب ۰/۸۹، ۰/۸ و ۰/۶۶ روز بود. طولانی‌ترین TPOP مربوط به تیمار LC_{30} (۸/۵۳ روز) و کوتاه‌ترین آن در شاهد (۶/۲۶ روز) به دست آمد. بیش‌ترین زادآوری شته

¹. Total pre-oviposition period

². Adult pre-oviposition period

۵۲/۱۳ پوره/شته کامل در شاهد ثبت شد. دوره پوره‌زایی در شاهد با مقدار ۱۱/۲ روز بیش‌ترین و در تیمار LC₃₀ با شش روز کم‌ترین بود.

دوره نشوونمای سنین لاروی، APOP و زادآوری کفشدوزک *H. variegata* به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای زیرکشنده آفت کش مورد مطالعه قرار گرفتند، در حالی که دوره نشوونمای شفیرگی، طول عمر حشره کامل، TPOP و دوره تخم‌ریزی شکارگر فقط در غلظت زیرکشنده LC₃₀ تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت. به عنوان مثال، دوره سن دوم لاروی در شاهد کوتاه‌ترین (۲/۸۵ روز) و در تیمار LC₃₀ ۳/۴۴ روز طولانی‌ترین بود. دوره شفیرگی در تیمار LC₃₀ طولانی‌ترین و در شاهد کوتاه‌ترین بود. آفت کش مورد مطالعه، در تیمار LC₁₀ اثر معنی‌داری روی طول عمر حشرات کامل نداشت. مقادیر APOP در تیمار شاهد، LC₁₀ و LC₃₀ دینوتفوران به ترتیب ۳/۸۳، ۳/۱۳ و ۳/۰۲ روز بود. پارامتر TPOP نیز از ۲۱/۴۷ روز در شاهد تا ۲۲/۸۸ روز در تیمار LC₃₀ متغیر بود. در تیمار LC₃₀ کم‌ترین زادآوری (نتاج/حشره ماده) به دست آمد. دوره تخم‌ریزی شکارگر در تیمار شاهد ۴۰/۷۴ روز و در تیمارهای LC₁₀ و LC₃₀ به ترتیب ۳۹/۴۴ و ۳۳/۹۹ روز بود.

جدول ۲- مقایسه پارامترهای زیستی شته *Schizaphis graminum* و شکارگر *Hippodamia variegata* تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده دینوتفوران (میانگین ± خطای معیار)

Table 2. Comparison of biological parameters of *Schizaphis graminum* and *Hippodamia variegata* under the sublethal effects of dinotefuran (Mean±SE)

Parameters (unit)	<i>H. variegata</i>			<i>S. graminum</i>		
	LC ₃₀	LC ₁₀	Control	LC ₃₀	LC ₁₀	Control
First instar (days)	3.61±0.06a	3.37±0.63b	3.09±0.1c	1.61±0.09a	1.34±0.08b	1.15±0.06c
Second instar (days)	3.44±0.05a	3.15±0.57b	2.85±0.08c	1.92±0.1a	1.41±0.08b	1.24±0.07c
Third instar (days)	3.52±0.05a	3.17±0.62b	2.58±0.09c	2.06±0.09a	1.53±0.1b	1.31±0.08c
Fourth instar (days)	3.76±0.06a	3.55±0.5ab	3.12±0.09c	2.2±0.1a	1.87±0.13b	1.67±0.13c
Pupa (days)	3.3±0.05a	3.0±0.59b	2.9±0.07c	-	-	-
Adult longevity (days)	44.57±2.11b	48.44±2.76a	48.5±3.29a	11.33±0.48c	14.63±0.72b	16.77±0.79a
APOP (days)	3.02±0.07b	3.13±0.08b	3.83±0.13a	0.66±0.1b	0.8±0.1a	0.89±0.14a
TPOP (days)	22.88±0.31a	21.72±0.23b	21.47±0.33b	8.53±0.21a	6.96±0.15b	6.26±0.16c
Fecundity (off./f.)	466.97±3.18c	575.84±4.65b	642.67±6.86a	16.94±1.29c	33.04±3.08b	52.13±4.12a
Oviposition period (day)	33.99±2.6b	39.44±2.88a	40.74±4.3a	6.0±0.37c	9.1±0.5b	11.2±0.53a

Mean followed by a different letter within a row are significantly different (by using paired bootstrap test, p< 0.05).

اثر غلظت‌های زیرکشنده حشره کش دینوتفوران بر پارامترهای جدول زندگی شته *S. graminum* و کفشدوزک *H. variegata*

نتایج بررسی میانگین پارامترهای جدول زندگی شته سبز گندم و شکارگر تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده حشره کش دینوتفوران و شاهد در جدول ۳ آمده است. مقایسه میانگین نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، مدت زمان طول یک نسل (T)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) تیمارها نشان داد که این پارامترها در تیمارهای LC₃₀، LC₁₀ و شاهد اختلاف معنی‌داری با هم داشته و در سه گروه جداگانه قرار گرفتند. مقدار r شته *S. graminum* از ۰/۲۱۹ تا ۰/۳۷۴ بر روز متغیر بود که کم‌ترین مقدار در تیمار LC₃₀ و بیش‌ترین آن در شاهد ثبت شد. بیش‌ترین مقدار R_0 در شاهد (۴۷/۳۷) و کم‌ترین در تیمار LC₃₀ (۱۳/۳۷) نتاج بود. مقادیر GRR نیز بین ۱۷/۸۰ تا ۶۰/۰۲ نتاج به ترتیب در تیمار LC₃₀ دینوتفوران و شاهد متغیر بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار T به ترتیب در تیمار شاهد و غلظت LC₃₀، به میزان ۱۱/۷۹ و ۱۰/۳۰ روز مشاهده شد. در نتیجه، متوسط مدت زمان یک نسل که نشانگر میانگین زمانی است که در طول آن نتاج تولید شده‌اند، تحت تاثیر غلظت‌های

زیرکشنده حشره کش دینوتفوران افزایش یافت. در λ مقایسه میانگین تیمارها حاکی از آن است که تیمار شاهد با مقدار $1/45$ بر روز بیشترین نرخ و تیمار LC_{30} با $1/24$ بر روز کمترین نرخ را دارا هستند.

مقدار r کفشدوزک *H. variegata* برای تیمار شاهد $0/176$ بر روز بود و با افزایش غلظت حشره کش از میزان نرخ ذاتی رشد کاسته شد. علاوه بر این، در پارامتر R_0 تفاوت معنی داری بین تیمارها و شاهد وجود داشت. کمترین مقدار R_0 در افراد تیمار شده با LC_{30} مشاهده شد، در صورتی که بیشترین مقدار این پارامتر مربوط به شاهد بود. مقادیر GRR نیز در جمعیت تیمار شده با LC_{30} در مقایسه با شاهد و تیمار LC_{10} کمترین بود. مقدار پارامتر T شکارگر در تیمارهای حشره کش افزایش یافت، به طوری که کوتاهترین مقدار T برای شاهد و طولانیترین برای تیمار LC_{30} ثبت شد. در میان جمعیت‌های تیمار شده، کمترین مقدار λ برای افراد تیمار شده با LC_{30} دینوتفوران ثبت شد، در حالی که بیشترین مقدار برای شاهد بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین پارامترهای جدول زندگی شته *Schizaphis graminum* و شکارگر *Hippodamia variegata* تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده دینوتفوران (میانگین \pm خطای معیار)

Table 3. Mean comparison of life table parameters of *Schizaphis graminum* and *Hippodamia variegata* under the sublethal effects of dinotefuran (Mean \pm SE)

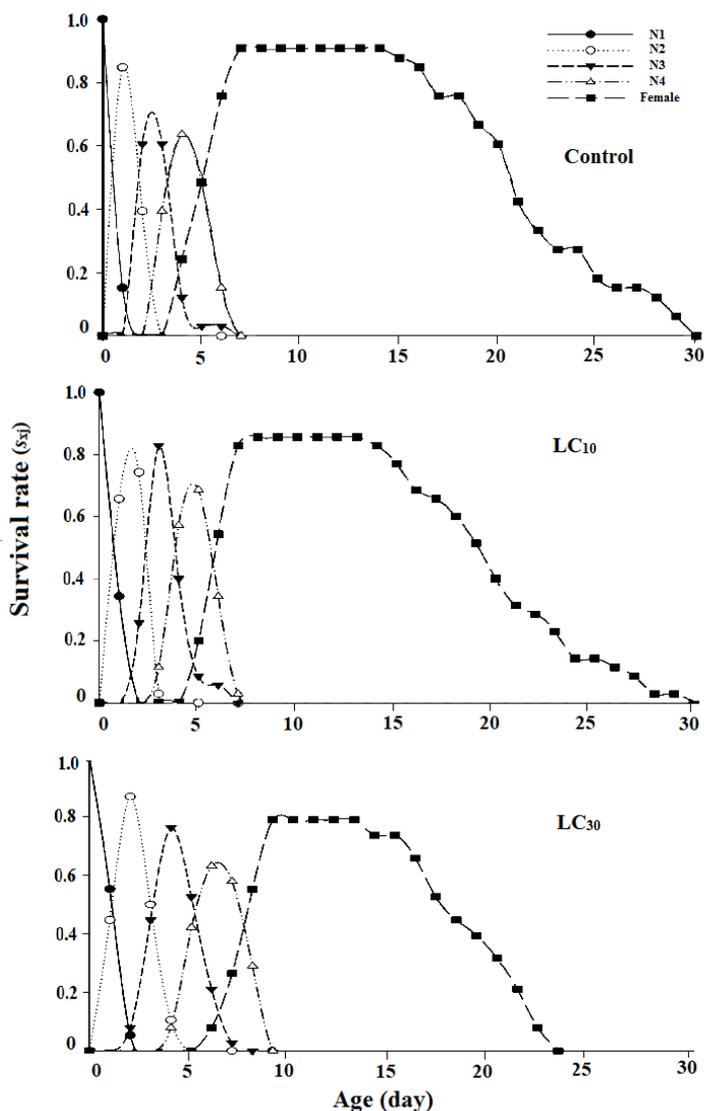
Parameters (unit)	<i>H. variegata</i>			<i>S. graminum</i>		
	LC_{30}	LC_{10}	Control	LC_{30}	LC_{10}	Control
r (day^{-1})	0.155 \pm 0.004c	0.162 \pm 0.004b	0.176 \pm 0.006a	0.219 \pm 0.01c	0.304 \pm 0.01b	0.374 \pm 0.011a
R_0 (offspring)	194.26 \pm 2.31c	248.53 \pm 3.17b	297.44 \pm 5.16a	13.37 \pm 1.51c	28.32 \pm 3.28b	47.37 \pm 4.55a
GRR (offspring)	374.81 \pm 6.45c	445.93 \pm 7.3b	542.03 \pm 0.26a	17.8 \pm 1.25c	38.93 \pm 4.49b	60.02 \pm 5.62a
T (day)	33.84 \pm 0.58a	33.87 \pm 0.57a	32.13 \pm 0.89b	11.79 \pm 0.24a	10.94 \pm 0.25b	10.3 \pm 0.21c
λ (day^{-1})	1.16 \pm 0.005c	1.17 \pm 0.005b	1.19 \pm 0.007a	1.24 \pm 0.012c	1.35 \pm 0.013b	1.45 \pm 0.017a

Mean followed by a different letter within a row are significantly different by using paired bootstrap test ($p < 0.05$).

تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره کش دینوتفوران روی نرخ زنده‌مانی ویژه سن - مرحله شته *S. graminum* و کفشدوزک *H. variegata*

نرخ زنده‌مانی ویژه سن - مرحله (s_{xj}) تعداد افراد زنده مانده در مراحل مختلف سنی را نشان می‌دهد که نرخ زنده‌مانی با افزایش سن در تیمارهای حشره کش در مقایسه با شاهد کاهش یافت (شکل ۱). در تیمار غلظت زیرکشنده LC_{30} این روند نزولی بود و از سن ۱۶ روز به بعد کاهش شدیدی مشاهده شد. در تیمار شاهد نیز بعد از سن ۱۹ روز روند نزولی دیده شد. بنابر شواهد به دست آمده در این تحقیق، با افزایش غلظت حشره کش، زنده‌مانی ویژه سن - مرحله کاهش یافته است.

شکل ۲ تغییرات نرخ زنده‌مانی ویژه سن - مرحله (s_{xj}) کفشدوزک *H. variegata* را در تیمارهای آفت کش نشان می‌دهد همانطور که مشاهده می‌شود در تیمار LC_{10} آخرین مرگ و میر در روز ۱۰۹ و در تیمار LC_{30} در روز ۱۰۳ اتفاق افتاده است. نرخ زنده‌مانی در شاهد پس از ۱۱۶ روز به صفر رسید. بنابراین، برخی از افرادی که با غلظت LC_{10} تیمار شده‌اند، توانایی بیش‌تری در زنده‌مانی نسبت به غلظت LC_{30} نشان داده‌اند. همچنین در تمام تیمارها طول عمر حشرات کامل نر بیش‌تر از طول عمر حشرات کامل ماده بود.



شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه سن- مرحله (s_{xj}) شته سبز گندم *Schizaphis graminum* در تیمار شاهد (بالا) و غلظت‌های زیرکشنده LC_{10} (وسط) و LC_{30} (پایین) دینوتفوران (تعداد= ۵۰)

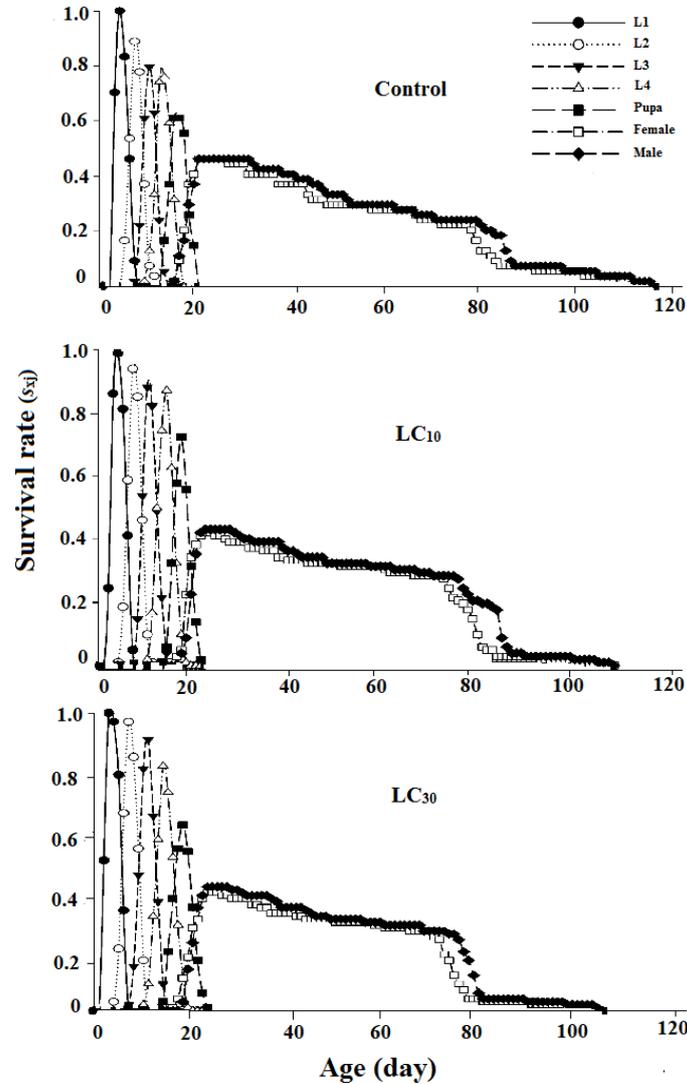
Figure 1. Age-stage survival rate (s_{xj}) of *Schizaphis graminum* in control (upper) and sublethal concentrations LC_{10} (middle) and LC_{30} (lower) of dinotefuran (n= 50)

H. تاثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش دینوتفوران روی زادآوری ویژه سنی شته *S. graminum* و کفشدوزک *variegata*

نرخ زادآوری (m_x) بیانگر تعداد افراد تولید شده به ازای هر فرد زنده در سن X است. بنابر شکل ۳ روند پوره‌زایی در تیمار LC_{10} تا روز ۳۰، در تیمار LC_{30} تا روز ۲۴ و در تیمار شاهد تا روز ۳۰ ادامه داشته است. نتایج نشان داد که حشره‌کش دینوتفوران در غلظت‌های زیرکشنده روی نرخ زادآوری تاثیر داشته و می‌تواند به میزان قابل توجهی آن را کاهش دهد. در شکل ۴ بیش‌ترین مقدار m_x شکارگر در تیمار شاهد، LC_{10} و LC_{30} به ترتیب در روزهای ۴۷، ۴۹ و ۴۱ بود. همچنین زادآوری در شاهد و تیمارهای LC_{10} و LC_{30} به ترتیب بعد از روز ۱۰۳، ۱۰۰ و ۹۸ به پایان رسید.

تقسیم‌بندی آفت‌کش بر اساس گروه‌بندی IOBC

برای کفشدوزک *H. variegata* شاخص اثر کل حشره‌کش دینوتفوران در تیمار LC₃₀ ۲۷/۵۶ محاسبه شد که بر اساس گروه‌بندی IOBC جزء آفت‌کش‌های بی‌زیان و در گروه یک تقسیم‌بندی می‌شود. همچنین، غلظت LC₁₀ با شاخص اثر کل ۱۰/۵۹ نیز جزء آفت‌کش‌های بی‌زیان گروه‌بندی شد.



شکل ۲- نرخ زنده‌مانی ویژه سن- مرحله (s_{xj}) کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تیمار شاهد (بالا) و غلظت‌های زیرکشنده LC₁₀ (وسط) و LC₃₀ (پایین) دینوتفوران (تعداد= ۵۰)

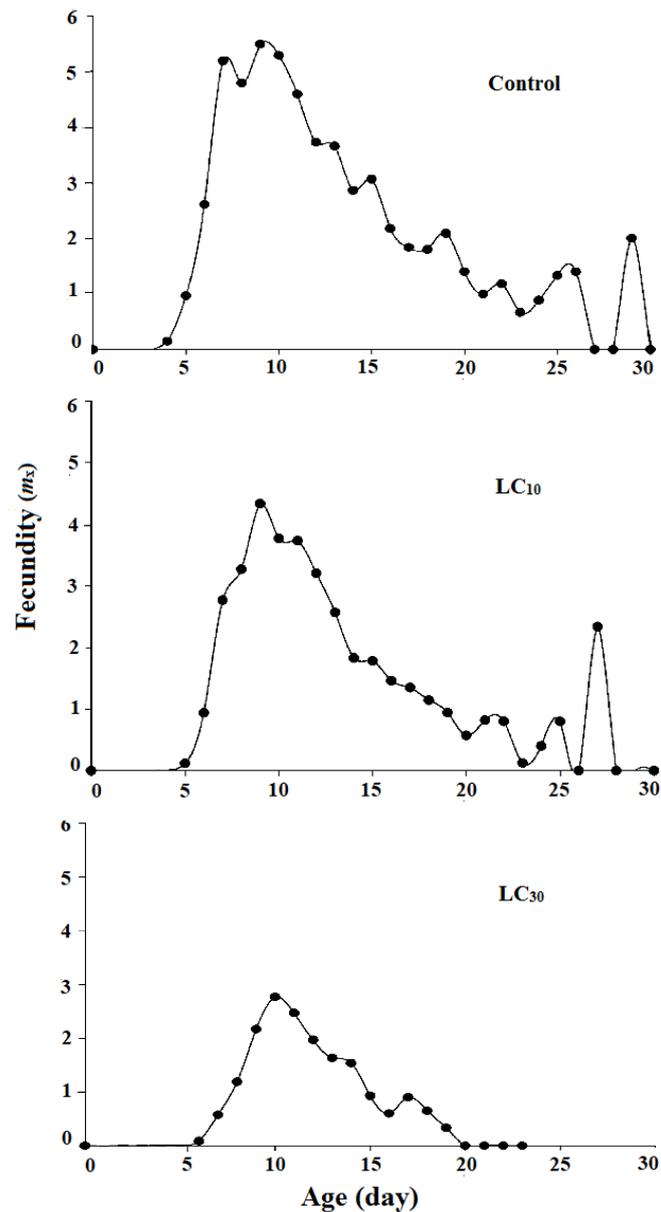
Figure 2. Age-stage survival rate (s_{xj}) of *Hippodamia variegata* in control (upper) and sublethal concentrations LC₁₀ (middle) and LC₃₀ (lower) of dinotefuran (n= 50)

بحث

در این پژوهش، اثرات کشنده و زیرکشنده حشره‌کش دینوتفوران بر شته سبز گندم (*S. graminum*) و شکارگر مهم آن، کفشدوزک *H. variegata*، بررسی شد. بر اساس نتایج، دینوتفوران اثرات سوء قابل توجه‌تری روی شته نسبت به کفشدوزک داشت؛ طول عمر شته گندم تحت تأثیر غلظت LC₃₀ حدود ۳۲ درصد کاهش یافت، در حالی که برای کفشدوزک این کاهش،

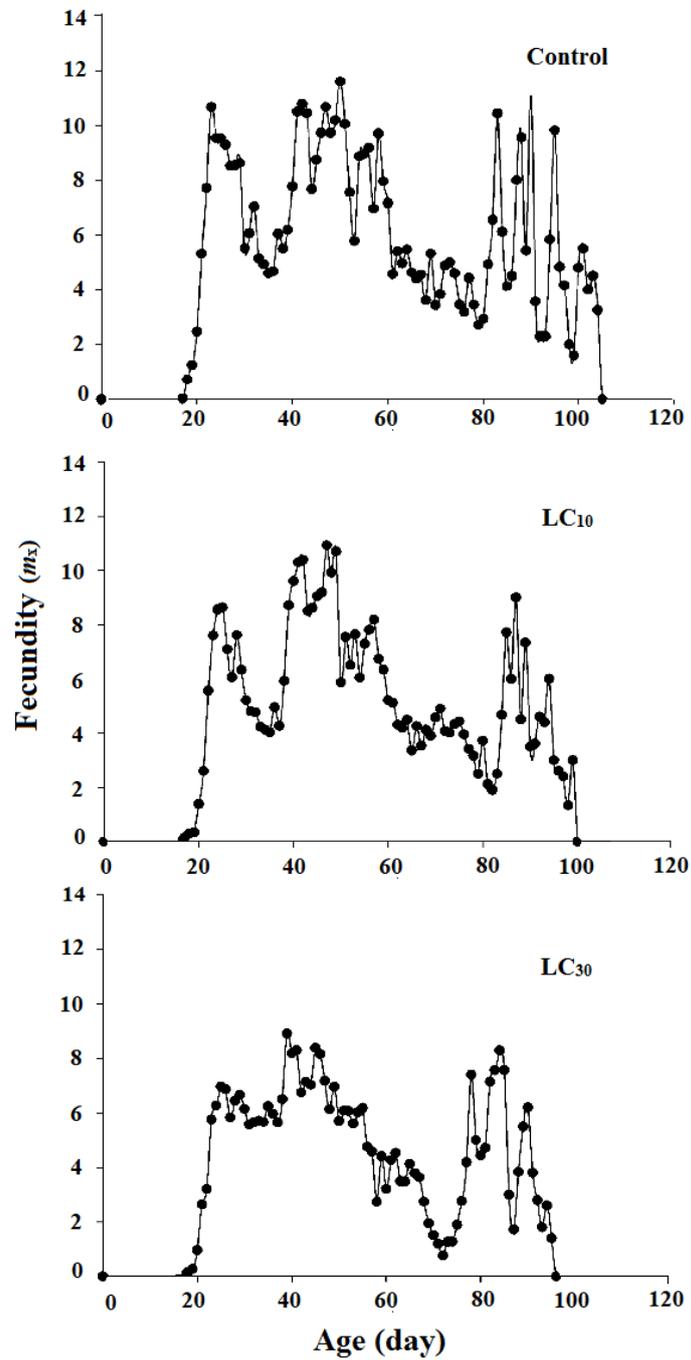
حدود ۸ درصد بود. این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت اندازه، وزن، وضعیت تغذیه‌ای و مراحل رشدی و نیز میزان انرژی صرف شده برای سم‌زدایی باشد (Devorshak & Roe, 1998).

غلظت‌های زیرکشنده نئونیکوتینوئیدها می‌توانند بر طول عمر و زادآوری شته‌ها تأثیر بگذارند. مواجهه با غلظت‌های زیرکشنده نئونیکوتینوئیدها رشد جمعیت و الگوی تغذیه شته *Sitobion avenae* را مختل نمود (Miao *et al.*, 2013). نتایج این بررسی نیز نشان داد که دینوتفوران باعث کاهش نرخ رشد ذاتی جمعیت (r) و نرخ خالص تولیدمثل (R_0) شته شد.



شکل ۳- زادآوری ویژه سنی جمعیت (m_x) شته سبز گندم، *Schizaphis graminum* در تیمار شاهد (بالا) و غلظت‌های زیرکشنده LC_{10} (وسط) و LC_{30} (پایین) دینوتفوران (تعداد = ۵۰)

Figure 3. Age-specific fecundity (m_x) of *Schizaphis graminum* in control (upper) and sublethal concentrations LC_{10} (middle) and LC_{30} (lower) of dinotefuran (n= 50)



شکل ۴- زادآوری ویژه سنی جمعیت (m_x) کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تیمار شاهد (بالا) و غلظت‌های زیرکشنده LC_{10} (وسط) و LC_{30} (پایین) دینوتفوران (تعداد= ۵۰)

Figure 4. Age-specific fecundity (m_x) of *Hippodamia variegata* in control (upper) and sublethal concentrations LC_{10} (middle) and LC_{30} (lower) of dinotefuran (n= 50)

دینوتفوران به طور معنی‌داری نرخ رشد طبیعی جمعیت (r) و نرخ خالص تولیدمثل (R_0) کفشدوزک *H. variegata* را کاهش داد. به طور مشخص، مقدار r کفشدوزک تحت غلظت LC_{30} نسبت به شاهد حدود ۱۲ درصد کاهش یافت. نتایج نشان می‌دهد که حتی در غلظت‌های پایین، دینوتفوران می‌تواند بر کارایی عوامل کنترل بیولوژیک تأثیر بگذارد و بر همزمانی چرخه زندگی شکارگر و شکار اثرگذار باشد (Sabahi et al., 2010).

شاخص اثر کل (TEI) که ترکیبی از زادآوری و مرگ و میر است، بیانگر آن بود که غلظت‌های زیرکشننده LC_{10} و LC_{30} دینوتفوران بر اساس طبقه‌بندی IOBC برای کفشدوزک *H. variegata* به عنوان آفت کش بی‌زیان شناخته شدند. این طبقه‌بندی‌ها در بررسی‌های متعدد برای ارزیابی اثر آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی استفاده شده است (Saber et al., 2005; Rezaei et al., 2006). پژوهش‌های پیشین نیز اثرات مشابهی از دینوتفوران و حشره‌کش‌هایی از گروه‌های نئونیکوتینوئیدها، ارگانوفسفاتها و کاربامات‌ها روی پارامترهای دموگرافیک و روش IOBC روی این کفشدوزک و همینطور گونه *Coccinella undecimpunctata* L. گزارش کرده‌اند (Gaber et al., 2015; Abd-Ella, 2015; Aeinehchi et al., 2019).

با توجه به کاهش به نسبت کمتر پارامترهای زیستی کفشدوزک تحت غلظت‌های زیرکشننده و شاخص اثر کل (TEI) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که غلظت زیرکشننده LC_{10} دینوتفوران می‌تواند در مدیریت شته سبز گندم با حفظ کارایی کفشدوزک مؤثرتر باشد. با این حال، مواجهه مکرر با این آفت‌کش حتی در غلظت‌های زیرکشننده می‌تواند اثرات منفی قابل توجهی بر دشمنان طبیعی داشته باشد؛ بنابراین، توجه به اثرات جانبی آفت‌کش‌ها در برنامه‌های IPM ضروری است.

References

- Abd-Ella, A. A. (2015). Effect of several insecticides on pomegranate aphid, *Aphis punicae* (Passerini) (Homoptera: Aphididae) and its predators under field conditions. *EPPO Bulletin*, 45(1), 90-98. DOI: <https://doi.org/10.1111/epp.12192>
- Aeinehchi, P., Naseri, B., Rafiee Dastjerdi, H., Nouri Ghanbalani, 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*, 40(2), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1677719>
- Alimohammadi, N., Samih, M., Izadi, H., & Shahidi Noghabi, Sh. (2014). Dta (evelopmental and biochemical effects of hexaflumuron and spiroadiclofen on the ladybird beetle, *Hippodamia variega* Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Crop Protection*, 3(3), 335-344. DOI: <https://doi.org/20.1001.1.22519041.2014.3.3.5.4>
- Ayyanath, M. M. (2013). Effect of sublethal concentrations of imidacloprid and precocene on green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae): A study of hormesis at the gene, individual and population level. PhD. thesis, The University of Guelph.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2006). Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. London: John Wiley & Sons publication.
- Bühler, A., & Schweiger, R. (2024). Influence of previous infestation of wheat leaves and ears by *Sitobion avenae* on interaction with *Rhopalosiphum padi*. *Insects*, 15(11), 871. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15110871>
- Chi, H., & Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica*, 24, 225-240.
- Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17, 26-34.
- Chi, H. (1990). Timing of control based on the stage structure of pest populations: a simulation approach. *Journal of Economic Entomology*, 83, 1143-1150.
- Chi, H. (2015). TWOSEX-MSChart: Computer program for age-stage, two-sex life table analysis. Retrieved from DOI: <http://140.120.197.183/Ecology>
- Croft, B. A. (1990). Arthropod biological control agents and pesticides. (1st Edn.). John Wiley and Sons, New York.

- De Bara, M. S., Péliissié, B., Streito, J. C., & Benoit, J. B. (2022). Insecticide resistance and management in the Neonicotinoid era: Insights from recent advances. *Insects*, 13(4), 311. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13040311>
- Devorshak, C., & Roe, R. M. (1998). The role of esterases in insecticide resistance. *Reviews in Toxicology*, 2, 501-537.
- Dou, Sh., Liu, B., Liu, Y., Zhang, J., & Lu, Y. (2023). Intraguild predation of *Hippodamia variegata* on aphid mummies in cotton field. *Insects*, 14(1), 81. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects14010081>
- Gaber, A. S., Abd-Ella, A. A., Abou-Elhangag, G. H., & Abdel-Rahman, Y. A. (2015). Field efficiency and selectivity effects of selected insecticides on cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) and its predators. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 2(1), 2-35.
- Jafari, R. (2011). Biology of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), on *Aphis fabae scopoli* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Plant Protection Research*, 51(2), 190-194. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10045-0011-0033-9>**
- Johnson, M. W., & Tabashnik, B. E. (1999). Enhanced biological control through pesticide selectivity. In Bellows, T. S., & Fisher, T. W. (Eds.). *Handbook of Biological Control: Principles and Applications*. San Diego, CA: Academic Press. pp. 297-317.**
- Medeiros, R. S., Ramalho, F. S., Lemos, W. P., & Zanuncio, J. C. (2000). Age dependent fecundity and life fertility tables for *Podisus nigrispinus* Dallas (Hem.: pentatomidae). *Journal of Applied Entomology*, 124, 319-324.
- Miao, J., Du, W., Z. B., Wu, Y. Q., Gong, Z. J., Jiang, Y. L., Duan, Y., Li, T., & Lei, C. L. (2013). Sublethal effects of four neonicotinoids on population growth and feeding behavior of the wheat aphid *Sitobion avenae*. *Pest Management Science*, 70, 55-59. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3523>
- Mingjing, Q., Zhaojun, H., Xinjun, X., & Lina, Y. (2003). Triazophos resistance mechanisms in the rice stem borer (*Chilo suppressalis* Walker). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 77, 99-105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2003.09.003>
- Mohamed, H. T., Mohamed, I. A., Abou-Elhagag, G. H., & Saba, R. M. (2015). Toxicity and field persistence of thiamethoxam and dinotefuran against cabbage aphid, *Brevicoryne brassica* L. (Homoptera: Aphididae) under laboratory and field conditions. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 2(2), 20-26.
- Munawar, I., Hossain, M. A., & Hussain, S. (2023). Field evaluation of indigenous plant extracts and entomopathogenic fungi against wheat aphids (*Sitobion avenae*). *Trends in Applied Sciences*, 2, 25-32. DOI: <https://doi.org/10.5555/2023.2.0.25-32>
- Moscardini, V. F., Gontijo, P. C., Carvalho, G. A., de Oliveira, R. L., Maia, J. B., & Silva, F. F. (2013). Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hem.: Anthocoridae). *Chemosphere*, 92(5), 490-496. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.111>
- Pervez, A., Awasthi, P., & Bozdoğan, H. (2018). Demographic parameters of the predaceous ladybird, *Hippodamia variegata* (Goeze), on the aphid species, *Aphis craccivora* (Koch), reared on four host plants. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0093-5>
- Rezaei, M., Talebi, K., Hosseinaveh, V., & Kavousi, A. (2006). Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): IOBC and life table assays. *Biocontrol*, 52, 385-398. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-006-9036-2>
- Sabahi, Q., Talebi, K. H., Kavousi, A., & Sheikhi Garjan, A. (2010). Effects of imidacloprid, dichlorvos, pymetrozine and abamectin on life table parameters of the predatory bug, *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 30(1), 1-11.
- Saber, M., Hejazi, M. J., Kamali, K., & Moharrampour, S. (2005). Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Journal of Economic Entomology*, 98, 35-40. DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.1.35>
- Sarkar, S. C., Milroy S. P., & Xu, W. (2023). Potential of variegated lady beetle *Hippodamia variegata* in management of invasive tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli*. *Pest Management Science*, 79(2): 821-832. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.7247>

- Schmidt-Jeffris, R. A. (2023). Non-target pesticide impacts on pest natural enemies: Progress and gaps in current knowledge. *Pest Management Science*, 79(9), 3842–3857. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.7563>.
- Schmidt-Jeffris, R. A., Beers, E. H., & Sater, C. (2021). Meta-analysis and review of pesticide non-target effects on phytoseiids, key biological control agents. *Pest Management Science*, 77(11), 4848–4862. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6531>
- Sial, M. U., Zhao, Z., Zhang, L., Zhang, Y., Mao, L., & Jiang, H. (2018). Evaluation of insecticides induced hormesis on the demographic parameters of *Myzus persicae* and expression changes of metabolic resistance detoxification genes. *Scientific Report*, 8, 16601. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35076-1>
- Skouras, P. J., Brokaki, M., Stathas, G. J., Demopoulos, V., Louloudakis, G., & Margaritopoulos, J. T. (2019). Lethal and sub-lethal effects of imidacloprid on the aphidophagous coccinellid *Hippodamia variegata*. *Chemosphere*, 229: 392-400. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.037>
- Southwood, R., & Henderson, P. A. (2000). *Ecological Methods* (3rd ed). Blackwell Science.
- Sterk, G., Hassan, S. A., Baillod, M., Bakker, F., Bigler, F., Blumel, S., Bogenschutz, H., Boller, E., Bromand, B., Brun, J., Calis, J. N. M., Coremans-Pelseneer, J., Duso, C., Garrido, A., Grove, A., Heimbach, U., Hokkanen, H., Jacas, J., Lewis, G., Moreth, L., Polgar, L., Rovesti, L., Samsøe-Peterson, L., Sauphanor, B., Schaub, L., Stäubli, A., Tuset, J. J., Vainio, A., Van de Veire, M., Viggiani, G., Viñuela, E., & Vogt, H. (1999). Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS working group 'pesticides and beneficial organisms'. *Biocontrol*, 40, 99-117.
- Tang, Q., Ma, K., Chi, H., Hou, Y., & Gao, X. (2019). Transgenerational hormetic effects of sublethal dose of flupyradifurone on the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Plos One*, 14(1), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208058>
- Xin, J. J., Yu, W. X., Yi, X. Q., Gao, J. P., Gao, X. W., & Zheng X. P. (2019). Sublethal effects of sulfoxaflor on the fitness of two species of wheat aphids, *Sitobion avenae* (F.) and *Rhopalosiphum padi* (L.). *Journal of Integrative Agriculture*, 18(7), 1613–1623. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62094-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62094-5)
- Youn, Y. N., Seo, M. J., Shin, J. G., & Jang, C. (2003). Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 28(2), 164–170. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00098-7](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00098-7)
- Zeinadini Meymand, M., Sahebzadeh, N., Ravan, S., & Basirat, M. (2019). Side effects of spirotetramat and imidacloprid on *Hippodamia variegata* Goezee feeding on *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 10(1), 35-45.
- Zhang, Z., Zhang, X., Wang, Y., Zhao, Y., Lin, J., Liu, F., & Mu, W. (2016). Nitenpyram, dinotefuran, and thiamethoxam used as seed treatments act as efficient controls against *Aphis gossypii* via high residues in cotton leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(49), 9276–9285. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03430>
- Zuo, Y., Wang, K., Lin, F., Li, Y., & Peng, X. (2016). Sublethal effects of indoxacarb and beta-cypermethrin on *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Florida Entomologist*, 99(3), 445-450. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.099.0316>

Sublethal effects of dinotefuran on the biological parameters of the wheat aphid *Schizaphis graminum* and its predator *Hippodamia variegata*

S. Fouladi Azar¹, M. Gheibi^{2*}, Sh. Hesami³ and H. Ostovan⁴

1, 2, 3 & 4. Department of Entomology, Shi. C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

✉ sajad.fouladiazar@iau.ac.ir

✉ mgheibi11014@iau.ac.ir

✉ shahram.hesami@iau.ac.ir

✉ hadiostova.@iau.ac.ir

 <https://orcid.org/0009-0000-4433-3630>

 <https://orcid.org/0000-0003-1255-9189>

 <https://orcid.org/0000-0002-8537-409X>

 <https://orcid.org/0000-0002-5564-8029>

Received: 14 August 2025 | Accepted: 30 September 2025 |

Abstract

The effects of sublethal concentrations of the insecticide dinotefuran on the biological parameters of the wheat aphid and the ladybird *Hippodamia variegata* Goeze were investigated under laboratory conditions (temperature 26 ± 2 °C, relative humidity $65\pm 10\%$, photoperiod of 16:8 h L:D). The LC_{50} values indicated that the toxicity of dinotefuran on the aphid (219.75) is greater than on the ladybird (747.4), which also applies to the LC_{10} and LC_{30} values. The development period of aphid nymphs increased in the sublethal treatments. Adult aphid longevity was shortest in the LC_{30} treatment (11.33 days), and the adult pre-oviposition period (APOP) and total pre-oviposition period (TPOP) values at LC_{30} were the shortest (0.66 days) and the longest (8.53 days), respectively. Dinotefuran at LC_{10} had no significant effect on the lifespan of adult ladybird. APOP values at LC_{10} and LC_{30} did not differ significantly on ladybird, but TPOP at LC_{30} was higher than in the other treatments. Aphid's intrinsic rate of increase (r) decreased from 0.374 in the control to 0.219 in LC_{30} and R_0 decreased from 47.37 to 13.37. With increasing concentration, age-stage-specific survival rate of the aphid declined, while in the ladybird, individuals treated with LC_{10} had higher survival than those at LC_{30} . The reproductive rate of aphids decreased at sublethal concentrations, while the highest age-specific fecundity value (m_x) for the predator was observed in the control group. The total effect index indicated that, according to IOBC classification, dinotefuran at both sublethal concentrations is harmless. Based on the findings, sublethal concentrations of dinotefuran can be used in integrated management programs for aphids in conjunction with the ladybird.

Key words: Bioassay, biological control, dinotefuran, sub-lethal effects, wheat aphid

Citation: Fouladi Azar, S., Gheibi M., Hesami, Sh. & Ostovan, H. (2025). Sublethal effects of dinotefuran on the biological parameters of the wheat aphid *Schizaphis graminum* and its predator *Hippodamia variegata*. *Plant Pest Research*, 15(3), 1-15.
Doi: <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31415.1658>



*Corresponding author: mgheibi11014@iau.ac.ir