Journal of Entomological Society of Iran
https://jesi.areeo.ac.ir
Entomological Society of Iran
2024, 44 (3), 55–73
Research Article
https://doi.org.10.61186/jesi.44.1.5
pISSN: 0259-9996
eISSN: 2783-3968
OPEN ACCESS

تأثیر سه رقم گندم بر واکنش تابعی کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) روی شته معمولی گندم *Schizaphis graminum* (Hem.: Aphididae)

مینا اسماعیلی [۱]، مهدی حسن‌پور [۱]، هوشنگ رفیعی‌دستجردی [۱]، سید علی‌اصغر فتحی [۱] و مصطفی خوشحال‌سرمست [۲]

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

mina.esmaeily@uma.ac.ir https://orcid.org/0009-0001-1566-4905
hassanpour@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0002-5409-428X
rafiee@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-1278-2858
fathi@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-2169-3574

۲- گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

mkhsarmast@gau.ac.ir https://orcid.org/0000-0002-1020-1856

چکیده: ارقام مختلف یک میزبان گیاهی می‌توانند تأثیر مهمی بر ویژگی‌های رفتاری دشمنان طبیعی داشته باشند. در تحقیق حاضر، تأثیر سه رقم گندم (احسان، مروارید و تیرگان) بر واکنش تابعی لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های چهار روزه شته معمولی گندم، *Schizaphis graminum* Rondani (شامل ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۹۶، ۱۲۸و ۱۶۰) مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش در دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک نشان داد که واکنش تابعی مراحل رشدی مورد مطالعه کفشدوزک شکارگر نسبت به شته گندم روی هر سه رقم از نوع دوم بود. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین مقدار عددی نرخ حمله (به ترتیب ۰/۱۵۲ و ۰/۱۵۴ بر ساعت) برای لاروهای سن چهارم کفشدوزک *H. variegata* در ارقام احسان و تیرگان و کمترین مقدار عددی زمان دستیابی (۰/۱۲۷ ساعت) نیز برای همین مرحله زیستی شکارگر در رقم احسان تخمین زده شد. نتایج این مطالعه حاکی از کارآیی بالای لاروهای سن چهارم کفشدوزک *H. variegata* در تغذیه از شته *S. graminum* روی رقم احسان بود و ارقام تیرگان و مروارید در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. نتیجه مشابهی نیز برای حشرات کامل ماده و نر شکارگر به دست آمد. با این حال، انجام مطالعات تکمیلی در مورد ارزیابی اثر این ارقام بر رفتار جستجوگری و نرخ تغذیه مراحل مختلف رشدی این شکارگر روی شته گندم در شرایط طبیعی ضروری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کفشدوزک شکارگر، شته معمولی گندم، ارقام گندم، نرخ حمله، زمان دستیابی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱
پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹
دبیر تخصصی: یعقوب فتحی پور

Citation: Esmaeili, M., Hassanpour, M., Rafiee Dastjerdi, H., Fathi, A. A. & Khoshhal Sarmast, M. (2024) Effect of three wheat cultivars on functional response of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) to the greenbug, *Schizaphis graminum* (Hem.: Aphididae). *J. Entomol. Soc. Iran*, 44 (3), x

مقدمه

شته معمولی گندم، *Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae)، یکی از آفات مهم با دامنه میزبانی وسیع است که حداقل به ۶۰ گونه گیاهی شامل گندم، جو، ارزن، یولاف، سورگوم، برنج و ذرت حمله می‌کند. فعالیت این شته اغلب در منطقه پالئارکتیک بوده ولی امروزه به سایر نواحی نیز گسترش پیدا کرده است (Blackman & Eastop, 2000). این شته اغلب از طریق مکیدن شیره گیاهان میزبان باعث ایجاد خسارت می‌شود. ورود بزاق سمی این شته به گیاه میزبان باعث اختلال در فیزیولوژی گیاه و کاهش عملکرد میزبان از طریق تأثیر بر فتوسنتز، زیست‌توده گیاه، تشکیل دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه و نیز محتوی نیتروژن و پروتئین دانه می‌شود (Ciepiela, 1993). همچنین، انتقال ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی به ویژه ویروس کوتولگی زرد جو، ویروس موزاییک نیشکر و ویروس موزاییک کوتولگی ذرت از طریق بزاق این شته موجب خسارت بیشتر در گیاهان میزبان می‌شود (Chen *et al*., 1990؛ Mirshekar *et al*., 2013).

در سال‌های اخیر، به دلیل استفاده بی‌رویه از سموم مختلف (مانند فنیتروتیون، دلتامترین و لامبدا سی‌هالوترین) علیه سن گندم و به دنبال آن کاهش جمعیت و یا از بین رفتن دشمنان طبیعی مؤثر در مزارع گندم، انتشار و خسارت شته *S. graminum* در مزارع زیاد شده است و بنابراین کنترل جمعیت این آفت بسیار مهم است (Ahmadi *et al*., 2013). از راهکارهای مؤثر در مدیریت تلفیقی آفات و کاهش تأثیر سوء سموم شیمیایی بر زیست‌بوم‌های کشاورزی می‌توان به استفاده

Corresponding author: Mahdi Hassanpour (Email: hassanpour@uma.ac.ir)
© 2024 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.

تلفیقی از روش‌های کنترل بیولوژیک و زراعی (استفاده از ارقام مقاوم) اشاره کرد (Emami *et al*., 2014؛ Jafarian *et al*., 2022). کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) یکی از دشمنان طبیعی مهم با پراکنش گسترده در منطقه پالئارکتیک می‌باشد (Obrycki & Orr, 1990). در ایران نیز وجود این گونه از اغلب مناطق مانند اصفهان، فارس، یاسوج، شهرکرد، اردبیل و غیره گزارش شده است (Abdolahi ؛ Alizamani *et al*., 2017 Mesbah *et al*., 2015). این شکارگر در مراحل لاروی و حشره کامل در درجه اول از شته‌ها و در صورت نیاز از سایر طعمه‌ها مانند تریپس‌ها، سفیدبالک‌ها، کنه‌ها و غیره تغذیه می‌کند (Obrycki & Orr, 1990). از بین گونه‌های مختلف شته که مورد حمله این کفشدوزک قرار می‌گیرند می‌توان به شته جالیز، شته سبز هلو، شته سیاه باقلا، شته برگ ذرت (Aslan & Uygun, 2005) و شته معمولی گندم (Roshanianfard, 2017) اشاره کرد.

کارآیی یک دشمن طبیعی تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد که از جمله آن‌ها می‌توان به واکنش تابعی آن اشاره کرد. واکنش تابعی یکی از اجزای مهم در مطالعه روابط بین دشمنان طبیعی و طعمه‌های آن‌ها می‌باشد (Enkegaard, 1994). این واکنش در حشرات شکارگر به صورت رابطه بین تعداد طعمه مورد حمله قرار گرفته توسط شکارگر و تراکم طعمه تعریف می‌شود (Solomon, 1949). هولینگ (Holling, 1961) سه نوع واکنش تابعی مختلف را برای دشمنان طبیعی معرفی کرد. در واکنش تابعی نوع اول، با افزایش تراکم طعمه، تعداد طعمه‌های مورد حمله قرار گرفته تا رسیدن به یک حداکثر به صورت خطی افزایش یافته و سپس ثابت می‌ماند. در این حالت، نسبت طعمه‌های مورد حمله قرار گرفته تا یک مرحله ثابت بوده (مستقل از تراکم) و سپس کاهش می‌یابد. در واکنش تابعی نوع دوم، با افزایش تراکم طعمه، تعداد طعمه‌های مورد حمله قرار گرفته افزایش یافته ولی این افزایش به صورت خطی نبوده و به تدریج از شیب منحنی کاسته شده و به یک مقدار ثابت می‌رسد. در این حالت، نسبت طعمه‌های مورد حمله قرار گرفته به تدریج کاهش می‌یابد (وابسته به تراکم معکوس). در واکنش تابعی نوع سوم، تعداد طعمه‌های مورد حمله قرار گرفته به صورت منحنی سیگموئیدی (S شکل) است که ابتدا شیب آن کند بوده و سپس به شیب آن افزوده شده و سپس کاهش می‌یابد. در این وضعیت، نسبت طعمه‌های مورد حمله قرار گرفته ابتدا افزایش (وابسته به تراکم) و بعد کاهش می‌یابد. با بررسی واکنش تابعی مراحل رشدی مختلف یک دشمن طبیعی همچنین می‌توان مرحله رشدی مناسب برای رهاسازی آن را تعیین نمود، زیرا مراحل رشدی مختلف از نظر نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) متفاوت می‌باشند (Seko & Miura, 2008). نرخ حمله و زمان دستیابی دو پارامتر مهم واکنش تابعی هستند که برآورد آن‌ها برای تعیین کارآیی و توانایی دشمن طبیعی در تنظیم جمعیت آفت مورد استفاده قرار می‌گیرند (Fantinou *et al*., 2012).

در دهه‌های اخیر، روند برنامه‌های اصلاح نباتات بیشتر در جهت معرفی و تولید ارقام گندم با عملکرد بالا برای تأمین نیازهای تغذیه‌ای جمعیت رو به رشد انسان بوده است (Khodarahmi & Vazan, 2010). ارقام توصیه شده برای کشت ممکن است میزان مقاومت یا حساسیت متفاوتی به آفات داشته باشند و به صورت مستقیم (از طریق خصوصیات ریخت‌شناختی) و یا غیرمستقیم (از طریق تولید ترکیبات شیمیایی) جمعیت آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Price *et al*., 1980). بر اساس نتایج پژوهش‌های مختلف، واکنش تابعی دشمنان طبیعی می‌تواند تحت تأثیر ارقام مختلف گیاهی قرار گیرد (Jafarian *et al*., 2022؛ Rezaie *et al*., 2017؛ Emami *et al*., 2014). در ارتباط با گیاه گندم نیز، محققین مختلف تأثیر ارقام مختلف آن را بر واکنش تابعی کفشدوزک‌ها بررسی کرده‌اند (Behnazar & Madadi, 2015؛ Roshanianfard, 2017؛ Hu *et al*., 2022). در این تحقیقات به ترتیب تأثیر ارقام Sardari و Back cross روی واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته *Diuraphis noxia* Mordvilko، ارقام کاسکوژن، اروم و هما روی واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته *S. graminum* و چهار لاین مختلف گندم روی واکنش تابعی کفشدوزک *Propylaea japonica* (Thunberg) با تغذیه از *S. graminum* مورد بررسی قرار گرفته است.

هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر سه رقم متداول ارقام گندم شامل احسان، مروارید و تیرگان بر واکنش تابعی لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* نسبت به تراکم‌های مختلف شته *S. graminum* بود. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات ما را در مورد کارآیی کفشدوزک *H. variegata* روی این ارقام گندم به منظور استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت افزایش دهد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان و حشرات. بذور سه رقم متداول گندم در ایران شامل احسان، مروارید و تیرگان از واحد تحقیقاتی ثبت و گواهی بذر و نهال، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد. بذور گندم به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شد و سپس در گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر که با مخلوطی از خاک، ماسه و کود حیوانی (به ترتیب حجمی به نسبت ۲: ۱: ۱) پر شده بود، کاشته شد. گیاهان در گلخانه در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری طبیعی نگهداری شدند. از این گیاهان برای پرورش کلنی حشرات استفاده شد.

برای ایجاد کلنی شته *S. graminum*، ابتدا شته‌های بالغ بی‌بال از مزارع گندم آلوده به این آفت در اطراف اردبیل جمع‌آوری شد. پس از اطمینان از صحت گونه، شته‌های جمع‌آوری شده به صورت جداگانه روی بوته‌های ارقام گندم منتقل و به مدت حداقل سه نسل پرورش داده شدند. در طی پرورش، هر هفته گیاهان به شدت آلوده با گیاهان سالم جایگزین می‌شدند.

حشرات کامل کفشدوزک *H. variegata* از مزارع گندم آلوده به شته در اطراف اردبیل جمع‌آوری و برای تغذیه و تخم‌گذاری روی گیاهان گندم آلوده به شته*S. graminum* منتقل شدند. این کفشدوزک روی هر رقم به مدت سه نسل پرورش داده شد. طی پرورش، گیاهان آلوده به شته در اختیار کفشدوزک قرار می‌گرفت. پرورش حشرات در اتاقک رشد در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت. برای جلوگیری از پراکنده شدن حشرات مورد مطالعه در اتاقک رشد، اطراف گلدان‌ها با پارچه توری ظریف پوشانده شد.

JESI Accepted MS

روش انجام آزمایش. برای آماده‌سازی واحدهای آزمایشی مورد استفاده برای بررسی واکنش تابعی کفشدوزک *H. variegata*، تعدادی بذر گندم خیسانده شده متعلق به هر رقم مورد بررسی به صورت جداگانه در لیوان‌های پلاستیکی شفاف به قطر دهانه ۹ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر که با مخلوطی از خاک، ماسه و کود حیوانی به نسبت حجمی (۲: ۱: ۱) پر شده بودند کاشته شدند. زمانی که ارتفاع گیاهچه به حدود ۱۲ سانتی متر رسید برای آزمایش مورد ستفاده قرار گرفتند.

برای هم‌سن‌سازی شته‌ها، حشرات کامل ماده شته از کلنی پرورش به صورت تصادفی انتخاب و با قلم‌موی ظریف به روی گیاهان سالم هر رقم گندم منتقل شدند. پس از ۲۴ ساعت، حشرات کامل از روی گیاهان حذف و پوره‌های تولید شده تا رسیدن به مرحله رشدی مورد نظر (پوره چهار روزه) روی گیاهان پرورش داده شدند. برای هم‌سن‌سازی افراد شکارگر، حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک به صورت جفت روی بوته‌های هر یک از ارقام گندم آلوده به شته رهاسازی شدند. سپس، تخم‌های گذاشته شده با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت با استفاده از قلم‌مو از روی گیاهان برداشته شده و به داخل ظروف پتری پلاستیکی (۹ سانتی‌متر) منتقل شدند. پس از تفریخ تخم‌ها، لاروهای کفشدوزک تا رسیدن به مرحله رشدی مورد نظر (لاروهای سن چهارم یا حشرات کامل نر و ماده) روزانه با تعداد کافی از شته‌های *S. graminum* مستقر روی برگ‌های هر رقم گندم تغذیه شدند.

برای انجام آزمایش، پوره‌های چهار روزه شته *S. graminum* در ۹ تراکم مختلف (۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۹۶، ۱۲۸و ۱۶۰ عدد) با استفاده از قلم‌مو روی گیاهچه‌های هر رقم گندم در هر واحد آزمایشی منتقل شدند. حدود دو ساعت پس از استقرار شته‌ها روی گیاهان، لاروهای سن چهارم (با طول عمر حداکثر ۱۲ ساعت) و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* (۵ روزه که به مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگه داشته شده بودند) به صورت جداگانه به داخل هر واحد آزمایشی رهاسازی شدند. برای جلوگیری از خروج حشرات از واحدهای آزمایشی، لیوان پلاستیکی شفاف دیگری با همان مشخصات ذکر شده در بالا روی لیوان‌های پلاستیکی اولیه به صورت معکوس قرار داده شده و محل تلاقی لبه‌های دو لیوان با نوار چسب مسدود شد. برای تأمین تهویه، سوراخی به قطر ۲ سانتی‌متر در کف لیوان بالایی ایجاد و با توری ظریف پوشانده شد. آزمایش برای هر تراکم شته و هر مرحله رشدی کفشدوزک و هر رقم گندم در ۱۰ تکرار انجام شد. واحدهای آزمایشی مورد نظر به داخل اتاقک رشد با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، شکارگرها از داخل واحدهای آزمایشی حذف و سپس تعداد شته‌های زنده مانده روی هر رقم شمارش و تعداد شته‌های خورده شده محاسبه و ثبت شد.

تجزیه داده‌ها. تجزیه داده‌های واکنش تابعی در دو مرحله و با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2002) انجام شد (Juliano, 2001). در مرحله اول برای تعیین نوع واکنش تابعی شکارگر، رگرسیون لجستیک نسبت شته‌های خورده شده (N_e) به تراکم اولیه شته (N_0) با استفاده از تابع چند جمله‌ای زیر برآورد شد (Trexler & Travis, 1993):

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)}{1+\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)} \qquad (۱)$$

در این رابطه، P_0 (عرض از مبدا)، P_1 (خطی)، P_2 (درجه ۲) و P_3 (درجه ۳) پارامترهایی هستند که توسط مدل تخمین زده می‌شوند. منفی یا مثبت بودن قسمت خطی در این تابع، به ترتیب نشانگر واکنش تابعی نوع دوم و سوم می‌باشد (Juliano, 2001).

در مرحله دوم، پارامترهای نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) کفشدوزک با استفاده از رگرسیون غیرخطی در نرم افزار SAS محاسبه شدند. با توجه به این که در طی آزمایش، تراکم شته ثابت بود و شته‌های خورده شده توسط کفشدوزک *H. variegata* جایگزین نشدند، از مدل راجرز (Rogers, 1972) برای تخمین پارامترها استفاده شد:

$$N_e = N_0\{1-\exp[a(T_hN_e - T)]\} \qquad (۲)$$

در این معادله، N_e تعداد شته خورده شده، N_0 تعداد اولیه شته، a نرخ حمله، T_h زمان دستیابی و T کل مدت زمان آزمایش (۲۴ ساعت در بررسی حاضر) می‌باشد. برای بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین پارامترها در تیمارهای مختلف از معادله زیر استفاده شد (Juliano, 2001):

$$N_e=N_0\{1-\exp[-(a+D_a(j))(T-(T_h+D_{Th}(j))N_e]\} \qquad (۳)$$

در این معادله، j متغیری است که عدد صفر یا یک به آن تعلق می‌گیرد. با تخمین پارامترهای D_a و D_{Th} می‌توان تفاوت معنی‌دار در مقدار a و T_h را مشخص نمود. به عبارت دیگر، برای مقایسه T_h دو تیمار، زمان دستیابی تیمار اول T_h و زمان دستیابی تیمار دوم $T_h + D_{Th}$ در نظر گرفته می‌شود. برای تشخیص وجود تفاوت معنی‌دار بین زمان‌های دستیابی دو تیمار باید ثابت شود که تفاوت D_{Th} با صفر معنی‌دار است. اگر D_{Th} تفاوت معنی‌داری با صفر داشته باشد (یعنی محدوده اطمینان ۹۵ درصد داده‌ها شامل صفر نباشد) در این صورت اختلاف بین T_h و $T_h + D_{Th}$ (زمان دستیابی بین دو تیمار) معنی‌دار خواهد بود. مقادیر نرخ حمله بین دو تیمار نیز با روش مشابه مقایسه شدند.

تجزیه داده‌های نرخ شکارگری مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *H. variegata* نسبت به تراکم‌های متفاوت شته در ارقام مورد بررسی با استفاده از رویه GLM (General Linear Model-Univariate) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد در نرم‌افزار SPSS انجام شد (SPSS, 2007). رسم منحنی‌ها در نرم‌افزار Excel انجام شد.

JESI Accepted MS

نتایج

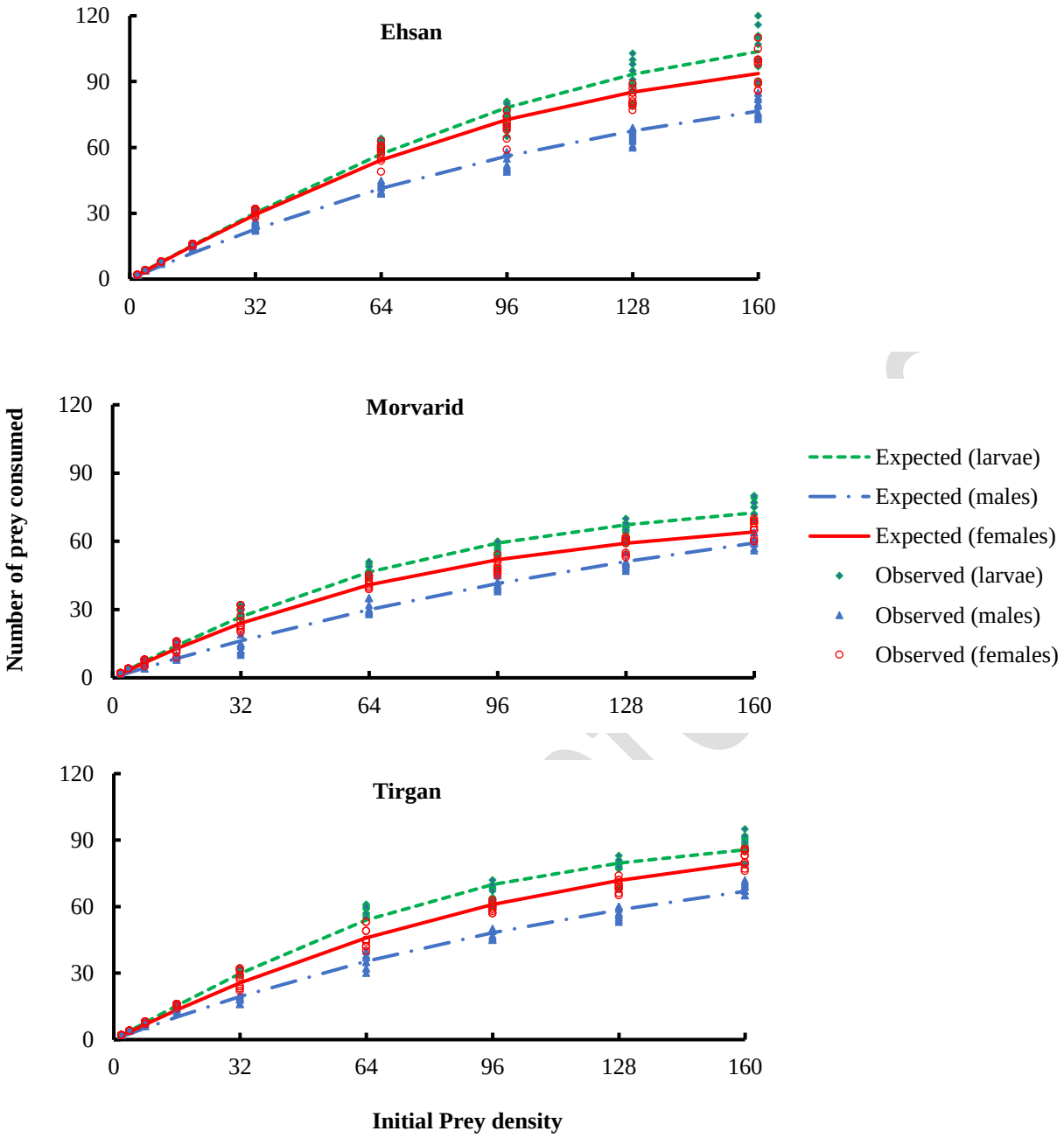
بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک، علامت بخش خطی رگرسیون برای مراحل رشدی لارو سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* در تغذیه از شته *S. graminum* روی هر سه رقم مورد بررسی منفی بود (جدول ۱) که نشانگر واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد. بر این اساس، با افزایش تراکم شته *S. graminum* در هر سه رقم گندم، تعداد شته‌های خورده شده توسط مراحل رشدی مختلف کفشدوزک *H. variegata* به صورت کاهنده‌ای افزایش می‌یابد (شکل ۱).

مقادیر پارامترهای نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) لارو سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک نسبت به شته معمولی گندم روی ارقام مختلف گندم در جدول ۲ نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود نرخ حمله (a) شکارگر در رقم احسان بین ۰/۰۶۲ تا ۰/۱۵۲ بر ساعت، در رقم مروارید بین ۰/۰۳۳ تا ۰/۱۰۶ بر ساعت و در رقم تیرگان بین ۰/۰۴۶ تا ۰/۱۵۴ بر ساعت محاسبه شد (جدول ۲). هم‌چنین، زمان دستیابی (T_h) مراحل رشدی مختلف شکارگر در ارقام فوق به ترتیب بین ۰/۱۶۵ تا ۰/۱۸۷ ، ۰/۱۷۲ تا ۰/۲۷۴ و ۰/۱۸۲ تا ۰/۲۲۲ ساعت تخمین زده شد. مقایسه پارامترهای واکنش تابعی در ارقام مختلف و برای مراحل رشدی مختلف کفشدوزک شکارگر نشان داد که در رقم احسان تفاوت معنی‌داری بین نرخ حمله لارو سن چهارم کفشدوزک با حشرات کامل نر و نرخ حمله حشرات کامل نر با حشرات کامل ماده وجود داشت (جدول ۳). به طوری که، نرخ حمله لارو سن چهارم و حشرات کامل ماده به صورت معنی‌داری بیشتر از مقدار متناظر در حشرات کامل نر بود.

جدول ۱– تجزیه رگرسیون لجستیک نسبت شته *Schizaphis graminum* خورده شده توسط لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* روی سه رقم گندم.

Table 1. Logistic regression analyses of the proportion of *Schizaphis graminum* eaten by 4th instar larvae and adult males and females of *Hippodamia variegata* on three wheat cultivars.

Wheat cultivar	Predator stage	Parameters	Estimate	SE	χ^2	*P*-value
Ehsan	4th instar	Constant (P_0)	20.4199	2.8640	50.83	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.4507	0.0772	34.05	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.00346	0.000673	26.49	<0.0001
		Cubic (P_3)	-8.87E-6	1.894E-6	21.92	<0.0001
	Male	Constant (P_0)	3.7071	0.3134	139.94	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.0853	0.0117	52.74	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.000682	0.000133	26.44	<0.0001
		Cubic (P_3)	-1.84E-6	4.51E-7	16.68	<0.0001
	Female	Constant (P_0)	6.6115	0.8249	64.24	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.1059	0.0256	17.08	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.000618	0.000252	6.02	0.0142
		Cubic (P_3)	-1.24E-6	7.806E-7	2.53	0.1120
Morvarid	4th instar	Constant (P_0)	5.3812	0.5055	113.34	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.1087	0.0169	41.27	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.000760	0.000176	18.53	<0.0001
		Cubic (P_3)	-1.84E-6	5.708E-7	10.44	0.0012
	Male	Constant (P_0)	1.5322	0.1855	68.24	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.0552	0.00825	44.71	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.000528	0.000102	26.57	<0.0001
		Cubic (P_3)	-1.65E-6	3.679E-7	20.12	<0.0001
	Female	Constant (P_0)	3.0431	0.2757	121.81	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.0587	0.0107	30.05	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.000369	0.000124	8.90	0.0029
		Cubic (P_3)	-8.43E-7	4.271E-7	3.89	0.0485
Tirgan	4th instar	Constant (P_0)	7.9978	1.0451	58.57	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.1447	0.0313	21.32	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.000934	0.000299	9.78	0.0018
		Cubic (P_3)	-2.08E-6	9.026E-7	5.33	0.0210
	Male	Constant (P_0)	2.4284	0.2240	117.49	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.0665	0.00931	50.94	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.000583	0.000112	27.32	<0.0001
		Cubic (P_3)	-1.72E-6	3.93E-7	19.14	<0.0001
	Female	Constant (P_0)	4.0075	0.3603	123.74	<0.0001
		Linear (P_1)	-0.0774	0.0130	35.18	<0.0001
		Quadratic (P_2)	0.000551	0.000144	14.62	0.0001
		Cubic (P_3)	-1.39E-6	4.84E-7	8.27	0.0040



شکل ۱– منحنی‌های واکنش تابعی لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تغذیه از تراکم‌های مختلف شته *Schizaphis graminum* روی سه رقم گندم.

Fig. 1. Functional response curves of 4th instar larvae and adult males and females of *Hippodamia variegata* feeding on different densities of *Schizaphis graminum* on three wheat cultivars.

اختلاف در این پارامتر بین لارو سن چهارم و افراد ماده معنی‌دار نبود. در رقم مروارید، اختلاف در مقادیر نرخ حمله و زمان دستیابی بین مراحل مورد بررسی شکارگر معنی‌دار بود. در این رقم، نرخ حمله لارو سن چهارم بیشترین (۰/۱۰۶ بر ساعت) و حشرات کامل نر کمترین مقدار (۰/۰۳۳ بر ساعت) را داشت. زمان دستیابی حشرات کامل نر نیز در این رقم کمترین مقدار (۰/۱۷۲ ساعت) را داشت. در رقم تیرگان، غیر از زمان دستیابی بین افراد نر و ماده، اختلاف بین سایر پارامترها معنی‌دار بود.

مقایسه پارامترهای واکنش تابعی هر مرحله رشدی کفشدوزک *H. variegata* روی ارقام مورد بررسی (جدول ۳) نشان داد که در لارو سن چهارم، غیر از پارامتر نرخ حمله در ارقام احسان و تیرگان، اختلاف در سایر پارامترها بین ارقام معنی‌دار بود. زمان دستیابی لارو سن چهارم در رقم احسان کمترین مقدار (۰/۱۶۵ ساعت) را داشت. اختلاف در پارامتر نرخ حمله حشرات کامل نر بین ارقام مختلف معنی‌دار بود و بیشترین مقدار روی رقم احسان به دست آمد.

جدول ۲– نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تغذیه از شته *Schizaphis graminum* روی سه رقم گندم.

Table 2. Attack rate (a) and handling time (T_h) of 4th instar larvae and adult males and females of *Hippodamia variegata* on three wheat cultivars. feeding on *Schizaphis graminum*

Wheat cultivar	predator stage	a (h^{-1})		T_h (h)		R^2
		estimate ± SE	95% CI*	estimate ± SE	95% CI	
Ehsan	4th instar	0.152 ± 0.018	0.116 - 0.187	0.165 ± 0.010	0.144 - 0.186	0.98
	Male	0.062 ± 0.003	0.055 - 0.069	0.177 ± 0.010	0.157 - 0.196	0.99
	Female	0.136 ± 0.012	0.113 - 0.160	0.187 ± 0.008	0.170 - 0.204	0.99
Morvarid	4th instar	0.106 ± 0.007	0.092 - 0.120	0.252 ± 0.008	0.237 - 0.268	0.99
	Male	0.033 ± 0.002	0.030 - 0.037	0.172 ± 0.015	0.142 - 0.203	0.98
	Female	0.080 ± 0.005	0.070 - 0.090	0.274 ± 0.009	0.255 - 0.293	0.98
Tirgan	4th instar	0.154 ± 0.012	0.130 - 0.179	0.222 ± 0.007	0.209 - 0.236	0.99
	Male	0.046 ± 0.002	0.042 - 0.050	0.182 ± 0.011	0.160 - 0.203	0.99
	Female	0.085 ± 0.005	0.076 - 0.095	0.200 ± 0.008	0.184 - 0.215	0.99

*Confidence Interval

اختلاف در پارامترهای نرخ حمله و زمان دستیابی حشرات کامل ماده کفشدوزک بین ارقام احسان و مروارید معنی‌دار بود. بیشترین مقدار نرخ حمله و کمترین مقدار زمان دستیابی حشرات ماده در رقم احسان به دست آمد. همچنین اختلاف در نرخ حمله بین ارقام احسان و تیرگان و زمان دستیابی بین ارقام مروارید و تیرگان معنی‌دار بود، به طوری که بیشترین مقدار نرخ حمله روی رقم احسان (در مقایسه بین احسان و تیرگان) و کمترین مقدار زمان دستیابی روی رقم تیرگان (در مقایسه بین مروارید و تیرگان) به دست آمد.

مقادیر a/T_h نشانگر کارآیی (Ziaei Madbouni *et al.*, 2017) و T/T_h بیانگر حداکثر نرخ شکارگری (Hassell, 1982) می‌باشد. بر اساس نتایج بررسی حاضر، مقدار a/T_h برای لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* در رقم احسان به ترتیب ۰/۹۲۱، ۰/۳۵۰ و ۰/۷۲۷، در رقم مروارید به ترتیب ۰/۴۲۰، ۰/۱۹۱ و ۰/۲۹۲ و در رقم تیرگان به ترتیب ۰/۶۹۴، ۰/۲۵۳ و ۰/۴۲۵ محاسبه شد. مقدار T/T_h برای لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده این کفشدوزک در رقم احسان به ترتیب ۱۴۵/۴۵، ۱۳۵/۵۹ و ۱۲۸/۳۴، در رقم مروارید به ترتیب ۹۵/۲۴، ۱۳۹/۵۳ و ۸۷/۵۹ و در رقم تیرگان به ترتیب ۱۰۸/۱۱، ۱۳۱/۸۷ و ۱۲۰/۰۰ به دست آمد.

نرخ شکارگری در تراکم ۸ شته به طور معنی‌داری تحت تاثیر هر دو فاکتور رقم ($F_{۲و۸۱} = ۵/۹۹۳$; $P = ۰/۰۰۴$) و مراحل مختلف رشدی ($P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۸/۶۶۱$) قرار گرفت، ولی اثر متقابل این دو فاکتور ($F_{۴و۸۱} = ۲/۱۱۸$; $P < ۰/۰۸۶$) معنی‌دار نبود. هم‌چنین طبق نتایج به دست آمده، تاثیر رقم و مراحل مختلف رشدی شکارگر و اثر متقابل آن‌ها بر نرخ شکارگری در تراکم‌های ۱۶ (به ترتیب $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۱۹/۹۹۵$ و $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۲۰/۵۶۵$ و $P < ۰/۰۰۲$; $F_{۴و۸۱} = ۴/۷۴۰$)، ۳۲ (به ترتیب $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۴۸/۳۹۹$ و $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۱۹۴/۲۴۲$ و $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۴و۸۱} = ۸/۹۴۰$)، ۶۴ (به ترتیب $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۱۴۸/۰۶۰$ و $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۳۱۷/۰۸۰$ و $P < ۰۰۰۱$; $F_{۴و۸۱} = ۶/۵۰۹$)، ۹۶ (به ترتیب $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۱۶۸/۶۴۶$ و $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۱۸۹/۳۳۰$ و $P < ۰/۰۱۰$; $F_{۴و۸۱} = ۳/۵۳۵$)، ۱۲۸ (به ترتیب $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۲۱۷/۰۱۵$ و $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۲۰۰/۲۴۷$ و $P < ۰/۰۰۱$; $F_{۴و۸۱} = ۵/۰۰۲$) و ۱۶۰ شته (به ترتیب $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۱۶۰/۹۸۴$ و $P < ۰/۰۰۰۱$; $F_{۲و۸۱} = ۹۹/۰۱۲$ و $P < ۰/۰۱۱$; $F_{۴و۸۱} = ۳/۵۱۲$) معنی‌دار بود (جدول ۴).

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده، واکنش تابعی لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* نسبت به تراکم‌های مختلف شته *S. graminum* روی هر سه رقم مورد بررسی گندم از نوع دوم بود. این یافته نشان می‌دهد که تفاوت در ارقام گندم تأثیری بر نوع واکنش تابعی مراحل رشدی مورد مطالعه کفشدوزک *H. variegata* نداشت. این نتیجه هم‌سو با یافته‌های Roshanianfard (2017) است که نشان داد واکنش تابعی لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* نسبت به شته *S. graminum* روی سه رقم گندم کاسکوژن، اروم و هما از نوع دوم بود. هم‌چنین، Behnazar & Madadi (2015) واکنش تابعی لاروهای سن سوم و چهارم و نیز حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* را در تغذیه از شته *Diuraphis noxia* روی ارقام Sardari و Back cross از نوع دوم گزارش کردند. در پژوهش‌های دیگر نیز واکنش تابعی مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *H. variegata* روی طعمه‌های مختلف مانند شته‌های *Myzus persicae* (Sulzer) (Hassankhani & Allahyari, 2013)، *Aphis punicae* Pass. (Ramezani & Samih, 2016)، *Aphis fabae* (Scolpoli) (Farhadi *et al.*, 2010)، *Aphis gossypii* Glover (Dehkordi *et al.*, 2012) و پسیل *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer (Asghari *et al.*, 2012)) از نوع دوم گزارش شده است. عدم امکان ترک محل تجمع طعمه و افزایش نرخ برخورد شکارگر با طعمه در واحدهای کوچک آزمایشگاهی در مقایسه با شرایط طبیعی اغلب باعث بروز واکنش تابعی نوع دوم در دشمنان طبیعی می‌شود (قابل مقایسه با نتایج بررسی حاضر). البته در شرایط مزرعه‌ای محدوده جستجوی وسیع و امکان حرکت آزادانه بین محل‌های تجمع مختلف طعمه ممکن است باعث بروز واکنش تابعی نوع سوم در آن‌ها گردد (Montoya *et al.*, 2000).

جدول ۳– مقادیر برآورد شده توسط مدل ترکیبی برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تغذیه از شته *Schizaphis graminum* روی سه رقم گندم.

Table 3. Parameters estimated using combined equation for comparison of functional response parameters of 4th instar larvae and adult males and females of *Hippodamia variegata* feeding on *Schizaphis graminum* on three wheat cultivars.

Parameter	Estimate	SE	Approximate 95% CI*

IESI Accepted MS

Cultivar (Predator stage) or Predator stage (Cultivar)				Lower	Upper
Ehsan (4th instar – Male)	D_a	-0.0895	0.0153	-0.1197	-0.0593
	D_{Th}	0.0117	0.0167	-0.0212	0.0446
Ehsan (4th instar – Female)	D_a	-0.0156	0.0211	-0.0572	0.0261
	D_{Th}	0.0222	0.0136	-0.00455	0.0490
Ehsan (Male – Female)	D_a	0.0740	0.0112	0.0519	0.0961
	D_{Th}	0.0105	0.0139	-0.0169	0.0378
Morvarid (4th instar – Male)	D_a	-0.0724	0.00687	-0.0860	-0.0589
	D_{Th}	-0.0801	0.0178	-0.1152	-0.0450
Morvarid (4th instar – Female)	D_a	-0.0242	0.00871	-0.0414	-0.00702
	D_{Th}	0.0252	0.0123	0.000932	0.0494
Morvarid (Male – Female)	D_a	0.0482	0.00536	0.0377	0.0588
	D_{Th}	0.1053	0.0185	0.0687	0.1419
Tirgan (4th instar – Male)	D_a	-0.1087	0.0113	-0.1310	-0.0865
	D_{Th}	-0.0406	0.0140	-0.0683	-0.0130
Tirgan (4th instar – Female)	D_a	-0.0693	0.0126	-0.0942	-0.0443
	D_{Th}	-0.0226	0.0106	-0.0434	-0.00173
Tirgan (Male – Female)	D_a	0.0395	0.00499	0.0296	0.0493
	D_{Th}	0.0181	0.0139	-0.00930	0.0454
4th instar (Ehsan-Morvarid)	D_a	-0.0457	0.0177	-0.0806	-0.0108
	D_{Th}	0.0874	0.0143	0.0592	0.1156
4th instar (Ehsan-Tirgan)	D_a	0.00281	0.0223	-0.0412	0.0469
	D_{Th}	0.0573	0.0127	0.0322	0.0824
4th instar (Morvarid-Tirgan)	D_a	0.0485	0.0138	0.0214	0.0757
	D_{Th}	-0.0301	0.0104	-0.0507	-0.00944
Male (Ehsan-Morvarid)	D_a	-0.0286	0.00365	-0.0358	-0.0214
	D_{Th}	-0.00445	0.0190	-0.0419	0.0330
Male (Ehsan-Tirgan)	D_a	-0.0164	0.00388	-0.0241	-0.00876
	D_{Th}	0.00494	0.0151	-0.0250	0.0348
Male (Morvarid-Tirgan)	D_a	0.0122	0.00274	0.00679	0.0176
	D_{Th}	0.00939	0.0188	-0.0277	0.0465
Female (Ehsan-Morvarid)	D_a	-0.0544	0.0121	-0.0783	-0.0304
	D_{Th}	0.0904	0.0137	0.0634	0.1173
Female (Ehsan-Tirgan)	D_a	-0.0509	0.0118	-0.0742	-0.0276
	D_{Th}	0.0125	0.0120	-0.0112	0.0362
Female (Morvarid-Tirgan)	D_a	0.00345	0.00707	-0.0105	0.0174
	D_{Th}	-0.0778	0.0123	-0.1022	-0.0534

*Confidence Interval

لازم به ذکر است که عوامل مختلفی بر نوع واکنش تابعی دشمنان طبیعی تاثیر می‌گذارند که از جمله آن‌ها می‌توان به سن و جنسیت دشمن طبیعی و میزان گرسنگی آن، جثه بدن و مرحله رشدی طعمه، وجود میزبان‌های جایگزین و شرایط آزمایش مثل دما اشاره کرد (Hassanpour & Moradi, 2019؛ Dami *et al*., 2023). شکارگرهای دارای واکنش تابعی نوع دوم، در تراکم‌های پایین آفت (مثلا در اوایل فصل که هنوز تراکم جمعیت آن پائین است) می‌توانند از افزایش جمعیت آن جلوگیری کنند. با این حال، افزایش جمعیت طعمه در طول فصل ممکن است باعث کاهش کارآیی این شکارگرها شود. در چنین مواقعی، مداخله‌های مدیریتی از طریق تکثیر و رهاسازی دشمنان طبیعی می‌تواند در جلوگیری از کاهش کارایی آن‌ها در کنترل جمعیت طعمه مؤثر باشد (Parajulee *et al*., 1994).

بر اساس نتایج به دست آمده، لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر در ارقام مورد بررسی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار نرخ حمله را داشتند. کمترین زمان دستیابی این کفشدوزک نیز برای لاروهای سن چهارم در رقم احسان به دست آمد. پارامتر نرخ حمله سرعت رسیدن منحنی واکنش به خط مجانب را نشان می‌دهد (Pervez & Omkar, 2005). پارامتر زمان دستیابی نیز در شکارگرها شامل مدت زمان لازم برای یافتن، کشتن، خوردن و هضم طعمه، استراحت و خوردن آب یا فعالیت‌های دیگر می‌باشد (Allahyari *et al*., 2004). نرخ حمله بالا و زمان دستیابی کوتاه روی یک واحد طعمه باعث افزایش اثرات جمعیتی دشمن طبیعی می‌شود (Hassanpour & Moradi, 2019؛ Liu *et al*., 2022). نرخ حمله بالا باعث می‌شود که دشمن طبیعی، جمعیت طعمه خود را در سطح پایین‌تر از سطح زیان اقتصادی کنترل کند (Jafari *et al*., 2014). کوتاه بودن زمان دستیابی شکارگر نیز سبب می‌شود که شکارگر تعداد طعمه بیشتری را در یک دوره زمانی مشخص مصرف کند. بر عکس، اگر زمان دستیابی شکارگر روی یک واحد طعمه طولانی‌تر باشد تعداد کمتری از آن طعمه مورد تغذیه قرار می‌گیرد (Heidarian Dehkordi *et al*., 2017). لذا می‌توان بیان نمود که نرخ حمله بالاتر و زمان دستیابی کوتاه‌تر لارو سن چهارم کفشدوزک نسبت به سایر مراحل رشدی شکارگر در رقم احسان می‌تواند عامل مهمی برای بیشتر بودن توان شکارگری آن در کاهش تراکم طعمه باشد.

جدول ٤- میانگین نرخ شکارگری (±SE) لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تغذیه از تراکم‌های مختلف شته *Schizaphis graminum* روی سه رقم گندم.

Table 4. Mean prey consumption (± SE) of 4th instar larvae and adult males and females of *Hippodamia variegata* feeding on different densities of *Schizaphis graminum* on three wheat cultivars.

Cultivar	Predator stage	Prey density								
		2*	**4***	**8****	**16**	**32**	**64**	**96**	**128**	**160**
Ehsan	4th instar	2.00 ± 0.00^{g}	4.00 ± 0.00^{g}	8.00 ± 0.00^{g}	16.00 ± 0.00^{Af}	32.00 ± 0.00^{Ae}	62.00 ± 0.70^{Ad}	74.40 ± 1.65^{Ac}	90.90 ± 2.66^{Ab}	106.20 ± 3.73^{Aa}

	Male	2.00 ± 0.00^{h}	4.00 ± 0.00^{h}	7.80 ± 0.13^{g}	15.40 ± 0.27^{Af}	24.80 ± 0.49^{Ce}	41.30 ± 0.70^{Dd}	53.70 ± 1.15^{DEc}	65.20 ± 1.01^{Cb}	79.20 ± 1.43^{Da}
	Female	2.00 ± 0.00^{h}	4.00 ± 0.00^{gh}	8.00 ± 0.00^{g}	15.90 ± 0.10^{Af}	31.00 ± 0.47^{Ae}	57.60 ± 1.28^{Bd}	69.80 ± 1.66^{ABc}	82.60 ± 1.21^{Bb}	96.30 ± 2.59^{Ba}
Morvarid	4th instar	2.00 ± 0.00^{h}	4.00 ± 0.00^{h}	8.00 ± 0.00^{g}	15.50 ± 0.27^{Af}	29.90 ± 0.77^{ABe}	47.20 ± 0.77^{Cd}	56.10 ± 1.10^{CDc}	65.20 ± 0.97^{Cb}	75.60 ± 1.17^{DEa}
	Male	2.00 ± 0.00^{h}	4.00 ± 0.00^{gh}	6.50 ± 0.50^{g}	10.90 ± 0.94^{Bf}	13.50 ± 0.83^{Ee}	31.10 ± 0.92^{Fd}	41.10 ± 0.77^{Gc}	50.00 ± 0.68^{Eb}	60.10 ± 0.82^{Ga}
	Female	2.00 ± 0.00^{h}	4.00 ± 0.00^{gh}	7.40 ± 0.34^{g}	13.90 ± 0.84^{Af}	25.50 ± 1.42^{Ce}	41.80 ± 0.74^{Dd}	48.70 ± 0.89^{EFc}	58.50 ± 1.02^{Db}	66.10 ± 1.08^{FGa}
Tirgan	4th instar	2.00 ± 0.00^{h}	4.00 ± 0.00^{h}	8.00 ± 0.00^{g}	16.00 ± 0.00^{Af}	31.10 ± 0.41^{Ae}	57.90 ± 0.69^{ABd}	65.60 ± 1.33^{Bc}	78.10 ± 1.27^{Bb}	88.30 ± 1.37^{BCa}
	Male	2.00 ± 0.00^{h}	4.00 ± 0.00^{h}	7.40 ± 0.27^{g}	14.00 ± 0.47^{Af}	18.00 ± 0.50^{De}	35.70 ± 1.11^{Ed}	47.20 ± 0.66^{Fc}	57.10 ± 0.82^{Db}	68.40 ± 0.75^{EFa}
	Female	2.00 ± 0.00^{h}	4.00 ± 0.00^{h}	7.80 ± 0.13^{g}	15.60 ± 0.22^{Af}	27.20 ± 1.20^{BCe}	46.20 ± 1.45^{Cd}	59.60 ± 0.63^{Cc}	69.40 ± 0.88^{Cb}	82.00 ± 1.18^{CDa}

Means in the same row followed by different lowercase letters are significantly different ($p<0.05$, Tukey's test).
Means in the same column followed by different uppercase letters are significantly different ($p<0.05$, Tukey's test).
* In the column, data were not compared because all the given preys were eaten.
** Interaction between plant cultivar and predator stage was not significant.

مشابه با تحقیق حاضر، Roshanianfard (2017) در بررسی واکنش تابعی مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *H. variegata* در تغذیه از شته *S. graminum* روی سه رقم گندم گزارش کرد که بیشترین نرخ حمله و کمترین زمان دستیابی مربوط به لاروهای سن چهارم این کفشدوزک روی رقم کاسکوژن بود. در مطالعه انجام شده توسط Behnazar & Madadi (2015)، نرخ حمله لاروهای سن چهارم این کفشدوزک در تغذیه از شته *D. noxia* روی ارقام Sardari و Back cross بیشتر از سایر مراحل رشدی این کفشدوزک بود. با توجه به این‌که وجود ترکیبات شیمیایی ثانویه در گیاهان میزبان ممکن است دینامیسم جمعیت آفات و دشمنان طبیعی را تحت تأثیر قرار دهد (War *et al*., 2020)، به نظر می‌رسد وجود مقدار کمتر ترکیبات شیمیایی ثانویه مانند محتوی فنل و فلاوونوئید کل در رقم احسان (داده‌های منتشر نشده) با تأثیر مثبت بر جمعیت شته *S. graminum* و احیاناً خوشمزگی آن موجب افزایش تغذیه لاروهای سن چهارم کفشدوزک *H. variegata* روی این رقم شده است. این احتمال نیز وجود دارد که افزایش کارایی این لاروها با وجود موانع ریخت‌شناختی کمتر در سطح برگ‌های این رقم مرتبط باشد. گزارش شده است که ساختار ریخت‌شناختی متفاوت گیاهان میزبان می‌تواند نقش مؤثری بر مدت زمان دستیابی، میزان جستجوگری و حرکت دشمنان طبیعی داشته باشد (Madadi *et al*., 2007؛ Mahdian *et al*., 2007).

در بررسی حاضر، بالا بودن زمان دستیابی لاروهای سن چهارم روی سطح برگ ارقام تیرگان و مروارید نیز ممکن است متأثر از وجود موانع فیزیکی بیشتر در سطح برگ‌های این ارقام باشد که نیازمند انجام بررسی‌های بیشتر در این زمینه است. با این وجود، زمان دستیابی کوتاه‌تر حشرات کامل نر در ارقام مروارید و تیرگان نشان می‌دهد که این حشرات به دلیل داشتن بدن سخت و پاهای بلندتر، کمتر تحت تأثیر ساختار ریخت‌شناختی برگ ارقام مذکور قرار گرفتند و با وجود داشتن نرخ حمله کمتر، به دلیل دارا بودن زمان دستیابی کوتاه‌تر به تعداد بیشتری شته حمله نمودند. در یک مطالعه، Gholami Moghaddam *et al*. (2015) نشان دادند که وجود کرک‌های بلند و متراکم روی برگ ارقام گندم قدس و پیشتاز، با کاهش میزان جابه‌جایی سن شکارگر *Orius albidipennis* Reuter موجب کاهش کارآیی آن شدند. در مقابل، کوتاهی و انبوهی کمتر کرک‌های برگ گندم در رقم فلات تأثیر مثبت بر فعالیت‌های شکارگری این سن شکارگر داشت.

در ارقام احسان، مروارید و تیرگان مقدار بالای a/T_h برای لاروهای سن چهارم و حشرات کامل ماده کفشدوزک *H. variegata* نسبت به حشرات کامل نر حاکی از کارآیی بالای این مراحل رشدی بود. بیشترین مقدار T/T_h برای لاروهای سن چهارم روی رقم احسان به دست آمد. لاروهای سن چهارم کفشدوزک‌ها پرخورتر از سایر مراحل رشدی هستند، زیرا نیاز به کسب انرژی بیشتر برای رشد و رسیدن به وزن مناسب برای ورود به مرحله شفیرگی دارند (Wu *et al*., 2018). بنابراین، بروز رفتارهایی مانند نرخ حمله بیشتر و کارایی بالاتر در لاروهای سن چهارم در پژوهش حاضر ناشی از تلاش آن‌ها برای تأمین نیازهای فیزیولوژیک بدن بوده است. نرخ حمله بیشتر و مقدار بالای a/T_h در حشرات کامل ماده، در مقایسه با نرها، احتمالا به دلیل نیاز این حشرات برای کسب منابع انرژی بیشتر برای تولیدمثل رخ داده باشد. در بررسی حاضر، نرخ شکارگری لاروهای سن چهارم به ویژه در تراکم‌های بالای طعمه، در رقم احسان بیشترین مقدار را داشت. هم‌چنین، نرخ شکارگری مراحل رشدی مختلف کفشدوزک *H. variegata* روی ارقام مورد بررسی با افزایش تراکم شته به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. در تراکم‌های بالای طعمه، شکارگرها زمان کمتری را صرف پیدا کردن هر واحد طعمه می‌کنند، زیرا برخورد تصادفی یک طعمه به شکارگری که در حال تغذیه است می‌تواند موجب ترک طعمه مورد تغذیه و حمله به طعمه جدید شده و بدین ترتیب، احتمال تغذیه جزئی از طعمه‌های متعدد افزایش پیدا می‌کند (Rahman *et al*., 2012). هم‌چنین، حرکت ناشی از برخورد طعمه‌ها به یکدیگر (به دلیل بالا بودن تراکم آن‌ها) احتمال برخورد آن‌ها با شکارگر را افزایش می‌دهد. مشاهدات عینی حین انجام آزمایش نیز تأیید کننده برخی از این احتمالات بود. افزایش نرخ شکارگری با افزایش تراکم طعمه در پژوهش‌های سایر محققین نیز گزارش شده است (Rounagh-Fantinou *et al*., 2012؛ Mottaghinia *et al*., 2016؛ Fathipour *et al*., 2018؛Ardakani *et al*., 2022).

نتایج این تحقیق بیانگر اهمیت تأثیر ارقام مختلف گندم و نیز مراحل رشدی مختلف کفشدوزک *H. variegata* بر واکنش رفتاری این دشمن طبیعی بود، به ویژه آن‌که اثرات متقابل رقم گیاه و مرحله زیستی شکارگر نیز از تراکم ۱۶ شته به بالا معنی‌دار بود. بروز واکنش تابعی نوع دوم در لاروهای سن چهارم و حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *H. variegata* نشان‌دهنده تأثیر وابسته به تراکم معکوس این کفشدوزک روی جمعیت شته *S. graminum* در سه رقم گندم مورد بررسی است. شکارگرهایی که واکنش تابعی نوع سوم را نشان می‌دهند در مدیریت جمعیت طعمه‌های خود موفق‌تر عمل می‌کنند. با این‌حال، گزارش شده است که برخی از دشمنان طبیعی با واکنش تابعی نوع دوم، به صورت موفقیت‌آمیزی در محیط مستقر شده و جمعیت آفت را کنترل نموده‌اند (Fernandez-arhez & Corley, 2003). با این حال، باید توجه داشت که واکنش تابعی تنها عامل تعیین کننده میزان کارآیی یک دشمن طبیعی نیست و عوامل متعدد دیگری وجود دارند که موفقیت یا شکست یک عامل کنترل بیولوژیک را در کنترل جمعیت آفت تحت تأثیر قرار می‌دهند. از سوی دیگر، شکارگرها و پارازیتوئیدها در شرایط طبیعی با عوامل پیچیده و متعددی مواجه هستند، در حالی که مطالعات آزمایشگاهی در شرایط بسیار ساده‌ای انجام می‌شوند و با وجود ارائه اطلاعاتی در مورد کارآیی یک دشمن طبیعی، نتایج به دست آمده در این شرایط قابل تعمیم به شرایط مزرعه‌ای نبوده و باید مورد اعتبارسنجی قرار گیرند (Kareiva, 1990).

JESI Accepted MS

نتایج به دست آمده نشان داد که لاروهای سن چهارم این کفشدوزک، در مقایسه با سایر مراحل مورد مطالعه، به ویژه روی رقم احسان، از توانایی بیشتری برای کنترل جمعیت شته *S. graminum* برخوردار بودند. با این حال، نیاز است تحقیقات بیشتری به ویژه در شرایط مزرعه‌ای در ارتباط با برهم‌کنش‌های ارقام مختلف گندم، شته *S. graminum* و کفشدوزک *H. variegata* صورت گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

REFERENCES

Abdolahi Mesbah, R., Nozari, J. & Shahram Dadgostar, S. (2015) A geometric morphometric study on geographical populations of *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777) (Coleoptera: Coccinellidae) in some parts of Iran. *Journal of Crop Protection*, 4, 207-215.

Ahmadi, R., Safavi, S. A. & Eievazi, A. (2013) Evaluation of mechanisms of barley genotypes tolerance and antixenosis to *Schizaphis graminum* (Rondani). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 44, 319-327. https://doi.org/10.22059/ijpps.2014.36682

Alizamani, T., Razmjou, J., Naseri, B., Hassanpour, M., Asadi, A. & Kerr, C. (2017) Effect of vermicompost on life history of *Hippodamia variegata* preying on *Aphis gossypii* Glover. *Journal of the Entomological Research Society*, 19, 51-60.

Allahyari, H., Fard, P. A. & Nozari, J. (2004) Effect of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the sunn pest. *Journal of Applied Entomology*, 128, 39-43. https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00804.x

Asghari, F., Samih, M. A. Mahdian, K., Basirat, M. & Izadi, H. (2012) Predatory efficiency of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) on common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* (Hem.: Aphalaridae), under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran*, 32, 37-58.

Aslan, M. M. & Uygun, N. (2005) The aphidophagus Coccinellid (Coleoptera: Coccinellidae) species in Kahramanmaras, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 29, 1-8. https://journals.tubitak.gov.tr/zoology/vol29/iss1/1

Behnazar, T. & Madadi, H. (2015) Functional response of different stages of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) to *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae) on two wheat cultivars. *Biocontrol Science and Technology*, 25, 1180-1191. https://doi.org/10.1080/09583157.2015.1040374

Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2000) *Aphids on the world's crops: an identification and information guide*. 2nd ed. Wiley, London, United Kingdom. 414 pp.

Chen, C. T., Yang, S. L. & Deng, T. C. (1990) Studies on sugarcane mosaic and maize dwarf mosaic viruses in Taiwan. *Taiwan Sugar*, 37, 9-15.

Ciepiela, A. P. (1993) The harmful effect of cereal aphid on winter wheat crop. *Ochrona–Roslin*, 37, 9-10.

Dami, B. G., Dos Santos, J. A., Barbosa, E. P., Rodriguez-Saona, C. & Vacari, A. M. (2023) Functional response of 3 green lacewing species (Neuroptera: Chrysopidae) to *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Journal of Insect Science*, 23, 15. https://doi.org/10.1093/jisesa/iead038

Dehkordi, S. D., Sahragard, A. & Hajizadeh, J. (2012) Comparison of functional response of two and one individual female predator, *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Munis Entomology & Zoology*, 7, 998-1005.

Emami, M. S., Shishehbor, P. & Karimzadeh Esfahani, J. (2014) Functional response of *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae) to the pear psylla, *Cacopsylla pyricola* (Hemiptera: Psyllidae): effect of pear varieties. *Journal of Crop Protection*, 3, 597-609. http://jcp.modares.ac.ir/article-3-5397-en.html

Enkegaard, A. (1994) Temperature dependent functional response of *Encarsia formosa* parasiting the poinsettia strain of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*, on poinsettia. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 37(1), 19-29.

Fantinou, A., Baxevani, A., Drizou, F., Labropoulos, P., Perdikis, D. & Papadoulis, G. (2012) Consumption rate, functional response and preference of the predaceous mite *Iphiseius degenerans* to *Tetranychus urticae* and *Eutetranychus orientalis*. *Experimental and Applied Acarology*, 58, 133-144. https://doi.org/10.1007/s10493-012-9557-6

Farhadi, R., Allahyari, H. & Juliano, S. A. (2010) Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 39, 1586-1592. https://doi.org/10.1603/EN09285

Fathipour, Y. Karimi, M., Farazmand, A. & Talebi, A. A. (2018) Age-specific functional response and predation capacity of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae) on the two-spotted spider mite. *Acarologia*, 58, 31-40. https://doi.org/10.24349/acarologia/20184225

Fernández-arhex, V. & Corley, J. C. 2003. The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology*, 13, 403-413. https://doi.org/10.1080/0958315031000104523

Gholami Moghaddam, S., Hosseini, M., Modarres Awal, M. & Allahyar, H. (2015) Effect of leaf surface characteristics of wheat cultivars on functional response of *Orius albidipennis* (Reuter) to barely aphid *Sipha maydis* (Passerini). *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 1, 73-85.

Hassankhani , Kh. & Allahyari, H. (2013) Functional response of adult male and female of *Hippodamia variegata* Goeze (Col.: Coccinellidae) on peach aphid. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 2, 65-70. https://doi.org/10.22059/jbioc.2013.50116

Hassanpour, M. & Moradi, M. (2019) Temperature-dependent functional response of *Cryptolaemus montrouzieri* (Col.: Coccinellidae) to the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Hem.: Pseudococcidae). *Journal of Plant Protection*, 33, 267-280. https://doi.org/10.22067/jpp.v33i3.79292

Hassell M. (1982) Patterns of parasitism by insect parasitoids in patchy environments. *Ecological Entomology*, 7, 365-377. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1982.tb00678.x

Heidarian Dehkordi, M., Allahyari, H., Talaei-Hasanlouie, R. & Parker, B. (2017) Functional response of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on untreated and *Beauveria bassian*a-treated *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 2, 245-255. https://doi.org/10.22059/jbioc.2017.233824.198

Holling, C. S. (1961) Principles of insect predation. *Annual Review of Entomology*, 6, 163-182. https://doi.org/10.1146/ANNUREV.EN.06.010161.001115

Hu, X.-S., Li, J.-W., Peng, J.-F., Wang, H., Yan, F.-Y., Zhou, Z.-F., Zhang, Z.-F., Zhao, H.-Y., Feng, Y. & Liu, T.-X. (2022) Effects of crop resistance on the tritrophic interactions between wheat lines, *Schizaphis graminum* (Hemitera: Aphididae), and *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *Plants*, 11, 2754. https://doi.org/10.3390/plants11202754

Jafari, M., Saber, M., Bagheri, M. & Gharekhani, Gh. (2014) Effects of emamectin benzoate and methoxyfenozide on functional response of *Trichogramma brassicae* (Hym: Trichogrammatidae). *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 2, 60-70.

Jafarian, F., Jafari, Sh. & Fathipour, Y. (2022) Functional response of the predatory mite, *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) to protonymphs of *Eotetranychus frosti* (Acari: Tetranychidae) on four apple cultivars. *Acarologia*, 62, 454-464. https://doi.org/10.24349/7ejy-uk7s

Juliano, S. A. (2001) Non-linear curve fitting: predation and functional response curves. pp 178-216. *in* Scheiner, S. M. & Gurevitch, J. (eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. Chapman and Hall, New York.

Kareiva, P. (1990) The spatial dimension in pest-enemy interaction. pp 231-227. *in* Mackauer, M. Ehler, L. E. & Roland, J. (eds.) *Critical Issues in Biological Control*. Intercept, Andover.

Khodarahmi, M. & Vazan, S. (2010). Trends in morphological and quantitative traits in bread wheat using introduced varieties during the last six decades in Iran. *Agriculture and Plant Breeding*, 6, 29-42.

Liu, Y., Li, R. & Li, Sh. (2022) Consumption patterns of the multicolored Asian ladybird *Harmonia axyridis* on the broad bean aphid *Aphis craccivora*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25, https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.101852

Madadi, H., Enkegaard, A., Brodsgaard, H. F. & Kharrazi-Pakdel, A. (2007) Host plant effects on the functional response of *Neoseiulus cucumeris* to onion thrips larvae. *Journal of Applied Entomology*, 131, 728-733. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01206.x

Mahdian, K., Tirry, L. & De Clercq, P. (2007) Functional response of *Picromerus bidens*: effects of host plant. *Journal of Applied Entomology*, 131, 160-164. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01124.x

Mirshekar, A., Rasoulian, G. R. & and Mosahebi, G. H. (2013) Efficiency of ten populations of *Schizaphis graminum* (Rondani) in the transmission of barley yellow dwarf virus-PAV (BYDV-PAV) in Iran. *African Journal of Plant Science*, 7, 118-123. https://doi.org/10.5897/AJPS12.145

Montoya, P., Liedo, P., Benery, B., Barrere, J. F., Cancino, J. & Aluja, M. (2000) Functional response and superparasitism by *Diachasmimoopha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93, 47-54. https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0047:FRASBD]2.0.CO;2

Mottaghinia, L., Hassanpour, M., Razmjou, J., Hosseini, M. & Chamani, E. (2016) Functional response of *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) to *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae): effects of vermicompost and host plant cultivar. *Neotropical Entomology*, 45(1), 88-95. https://doi.org/10.1007/s13744-015-0343-0

Obrycki, J. J. & Orr, C. J. (1990) Suitability of three prey species for Nearctic populations of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata*, and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology*, 83, 1292-1297. https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1292

Parajulee, M. N., Phillips, T. W. & Hogg, D. B. (1994) Functional response of *Lyctocoris campestris* (F.) adults: effects of predator sex, prey species, and experimental habitat. *Biological Control*, 4, 80-86. https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.3.617

Pervez, A., Omkar (2005) Functional response of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. Journal *of Insect Science*, 5, 1-6.

Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N. & Weis, A. E. (1980) Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 11, 41-65. https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000353

Rahman, V. J., Babu, A., Roobakkumar, A. & Perumalsamy, K. (2012) Functional and numerical responses of the predatory mite, *Neoseiulus longispinosus*, to the red spider mite, *Oligonychus coffeae*, infesting tea. *Journal of Insect Science*, 12, 125. https://doi.org/10.1673/031.012.12501

Ramezani, I. & Samih, M. A. (2016) Efficiency and pradatory of *Hippodamia variegata* (Goez) feeding on pomegranate green aphid, *Aphis punicae* Pass. under laboratory conditions. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 5, 177-191. https://doi.org/10.22059/jbioc.2017.233824.198

Rezaie, M., Baniamerie, V. & Saboori, A. (2017) Functional response and predation interference of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) feeding on the western flower thrips larvae on several commercial strawberry cultivars. *Plant Pest Research*, 6, 1-15.

Rogers, D. J. (1972) Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology*, 41, 369-383. https://doi.org/10.2307/3474

Rounagh-Ardakani, H., Dehghan Soltan Ravan, A. & Amin Samih, M. A. (2022) The age-stage specific functional response of a predator ladybird, *Exochomus nigripennis* (Erichson), to *Gossyparia spuria* Modeer at different temperatures. *International Journal of Pest Management*, 1-9. https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2099594

Roshanianfard, Z. (2017) Functional response of *Hippodamia variegata* (Goeze) to *Schizaphis graminum* (Rondani) on some wheat cultivars under laboratory conditions. M.Sc. Thesis in Agricultural Entomology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

SAS Institute (2002) The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.

Seko, T. & Miura, K. (2008) Functional response of the lady beetle *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) on the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Applied Entomology & Zoology*, 43, 341-345. https://doi.org/10.1303/aez.2008.341

Solomon, M. E. (1949) The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology*, 18, 1-35. https://doi.org/10.2307/1578

SPSS Inc. (2007) SPSS Base 16.0 User's Guide. SPSS Incorporation, Chicago.

Trexler, J. C. & Travis, J. (1993) Nontraditional regression analysis. *Ecology*, 74, 1629-1637. https://doi.org/10.2307/1939921

War, A. R., Buhroo, A. A., Hussain, B., Ahmad, T., Nair, R. M. & Sharma, H. C. (2020) Plant defense and insect adaptation with reference to secondary metabolites. pp 1-28. *in*: Merillon, J.M. & Ramawat, K. (eds.) *Co-evolution of secondary metabolites*. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. https:// doi.org/10.1007/978-3-319-96397-6_60

Wu, P., Zhang, J., Haseeb, M., Yan, S., Kanga, L. & Zhang, R. (2018) Functional responses and intraspecific competition in the ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) provided with *Melanaphis sacchari*

(Homoptera: Aphididae) as prey. *European Journal of Entomology*, 115, 232-241. https:// doi.org/10.14411/EJE.2018.022

Ziaei Madbouni, M. A., Samih, M. A., Namvar, P. & Biondi, A. (2017) Temperature-dependent functional response of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) to different densities of pupae of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *European Journal of Entomology*, 114, 325-331. https:// doi.org/10.14411/eje.2017.040

UESI Accepted MS

Effect of three wheat cultivars on functional response of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) to the greenbug, *Schizaphis graminum* (Hem.: Aphididae)

Mina Esmaeili[1], Mahdi Hassanpour[1], Hooshang Rafiee Dastjerdi[1], Seyed Ali Asghar Fathi[1] & Mostafa Khoshhal Sarmast[2]

1. *Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.*

✉ mina.esmaeily@uma.ac.ir *https://orcid.org/0009-0001-1566-4905*
✉ hassanpour@uma.ac.ir *https://orcid.org/0000-0002-5409-428X*
✉ rafiee@uma.ac.ir *https://orcid.org/0000-0003-1278-2858*
✉ fathi@uma.ac.ir *https://orcid.org/0000-0003-2169-3574*

2. *Department of Horticultural Sciences and Landscape Engineering, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.*

✉ mkhsarmast@gau.ac.ir *https://orcid.org/0000-0002-1020-1856*

Article History
*Received:*31 December 2023 | *Accepted:* 08 May 2024 | Subject Editor: Yaghub Fathipour

Abstract
Different cultivars of a host plant can have an important effect on the behavioral charectristics of natural enemies. In this study, the effect of three wheat cultivars (Ehsan, Morvarid, and Tirgan) on functional responses of 4th instar larvae and adult males and females of *Hippodamia variegata* Goeze on different densities (2, 4, 8, 16, 24, 32, 64, 96, 128, and 160) of 4-d-old nymphs of *Schizaphis graminum* Rondani was studied. The experiments were conducted at 25±2 ˚C, 65±5% RH and 16L:8D h photoperiod. The logistic regression analyses revealed that the functional responses of different growth stages of *H. variegata* to *S. graminum* on differen wheat cultivars were type II. According to the results, the highest attack rate was estimated for 4th instar larvae of *H. variegata* on Ehsan and

Tirgan cultivars (0.152 and 0.154 h^{-1}, respectively). Also, the lowest handling time (0.127 h) was valued for 4th instar larvae on Ehsan cultivar. The predation rate of 4th instar larvae of *H. variegata* was also highest on Ehsan cultivar. The results of this study revealed the high efficiency of 4th instar larvae of *H. variegata* in feeding on *S. graminum* on Ehsan cultivar followed by Tigasn and Morvarid cultivars. Similar results were obtained for adult femles and males of the predator. However, further studies are necessary to evaluate the effect of these cultivars on searching bahavior and consumption rate of different stages of *H. variegata* on *S. graminum* under natural conditions.

Key words: Predatory ladybird, greenbug, wheat cultivars, attack rate, handling time

Corresponding Author: Mahdi Hassanpour (Email: hassanpour@uma.ac.ir)

***Citation*:** Esmaeili, M., Hassanpour, M., Rafiee Dastjerdi, H., Fathi, A. A. & Khoshhal Sarmast, M. (2024) Effect of three wheat cultivars on functional response of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) to the greenbug, *Schizaphis graminum* (Hem.: Aphididae). *J. Entomol. Soc. Iran*, 44 (3), x–x. https://doi.org.10.61186/jesi.44.1.5

JESI Accepted MS