تحقیقات آفات گیاهی

علمی پژوهشی ۱۴۰۳ -۱۴(۳): ۱۵-۲۸	https://doi.org/10.22124/iprj.2024.28481.1596	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

تأثیر سه رقم گیاه خیار و دو نوع بستر کشت خاکی و هیدروپونیک روی واکنش تابعی بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* نسبت به شته جالیز *Aphis gossypii*

مریم الهی[۱]
https://orcid.org/0009-0000-7480-0906

مهدی حسن‌پور[*۲]
https://orcid.org/0000-0002-5409-428X

هوشنگ رفیعی دستجردی[۳]
https://orcid.org/0000-0003-1278-2858

سید علی اصغر فتحی[۴]
۱، ۲، ۳ و ۴- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
https://orcid.org/0000-0003-2169-3574

بهروز اسماعیل‌پور[۵]
۵- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
https://orcid.org/0000-0002-7080-0236

چکیده: در این پژوهش، تأثیر سه رقم گیاه خیار (ویهان، شهاب و سبا) در دو نوع بستر کشت (خاک و هیدروپونیک) به صورت مجزا بر واکنش تابعی لاروهای سن سوم بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* (Stephens) نسبت به تراکم‌های مختلف (۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸) پوره‌های چهار روزه شته جالیز *Aphis gossypii* Glover بررسی شد. لاروهای شکارگر قبل از آزمایش به مدت ۱۶ ساعت گرسنه نگه داشته شدند. آزمایش به مدت ۲۴ ساعت داخل قفس‌های برگی در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. تجزیه رگرسیون لجستیک نشان داد که واکنش تابعی شکارگر نسبت به آفت در تمام تیمارها از نوع دوم بود. نرخ حمله (a) برای لارو سن سوم شکارگر در تیمارهای کشت هیدروپونیک به طور معنی‌داری بیشتر از کشت خاکی بود. زمان دستیابی شکارگر (T_h) در تیمارهای مختلف مورد بررسی بین ۰/۱۳۱۰ تا ۰/۱۶۶۵ ساعت متغیر بود. بیشترین نرخ حمله لاروهای شکارگر در تغذیه از شته *A. gossypii*، در هر دو نوع بستر کشت روی رقم ویهان بود و ارقام شهاب و سبا در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که نوع بستر کشت و رقم گیاه می‌تواند پارامترهای واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز را تحت تاثیر قرار دهد. با این حال، درک جزئیات بیشتر از اثرات نوع بستر کشت و رقم گیاه میزبان در برهم‌کنش‌های گیاه خیار، شته جالیز و بالتوری سبز نیازمند انجام بررسی‌های بیشتری است.

واژه‌های کلیدی: ارقام خیار، بالتوری سبز، برهمکنش شکار- شکارگر، بستر کشت، شته جالیز

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۶/۲۷
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۸/۲۷

Citation: Elahi, M., Hassanpour, M., Rafiee Dastjerdi H., Fathi S.A.A. & Esmaielpour, B. (2024). Effect of three cucumber cultivars and two types of soil and hydroponic culture substrates on functional response of *Chrysoperla carnea* to *Aphis gossypii*. *Plant Pest Research*, *14*(3), 15-28. **Doi: https://doi.org/ 10.22124/iprj.2024.28481.1596**

*Corresponding author: hassanpour@uma.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

توسعه کشت‌های گلخانه‌ای به کشاورزان این امکان را می‌دهد تا ضمن افزایش کیفیت محصولات، بازدهی آن‌ها را افزایش دهند. یکی از مسائل بسیار مهم در تولید محصولات گلخانه‌ای، تامین مواد غذایی مورد نیاز مراحل مختلف رشدی گیاه است (Ponce *et al*., 2014). اگرچه روش‌های سنتی کشت گیاهان می‌تواند برای برخی کشاورزان آسان‌تر و ارزان‌تر از سایر روش‌های کشت باشد، اما در مناطقی که خاک از نظر منابع غذایی ضعیف است، استفاده از روش کشت خاکی، مشکل و گاهی غیرممکن است (Dalvand *et al*., 2017). کشت هیدروپونیک، کشت محصول بدون خاک و با استفاده از آب و مواد مغذی است. در این نوع کشت، به‌جای خاک از مواد دیگری مانند کوکوپیت، پیت‌ماس، پرلیت و انواع پوکه معدنی و پشم سنگ استفاده می‌شود (Grawel *et al*., 2011). در کشت هیدروپونیک، مصرف آب به‌صورت چشمگیری کاهش یافته و ضدعفونی کردن محیط رشد نیز بسیار ساده و کم هزینه است (van Delden *et al*., 2020). کشت هیدروپونیک در کشورهای متعدد از جمله ایران بسیار مورد توجه است. با توجه به این که در کشت هیدروپونیک، دو عامل خاک و اقلیم تأثیرگذار نیستند، در نتیجه امکان کاشت گیاهان با این شیوه در تمام نقاط کشور وجود دارد. امروزه در ایران ده‌ها گلخانه کشت هیدروپونیک در استان‌های مختلف برای تولید محصولات کشاورزی ایجاد شده است که از آن جمله می‌توان به استان‌های مرکزی، یزد، لرستان، همدان، البرز و اصفهان اشاره نمود (Mashayekhi & Tatari, 2017). گیاهان مختلف را می‌توان با روش هیدروپونیک پرورش داد، ولی بعضی گیاهان بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. به‌طورکلی، کشت هیدروپونیک برای گیاهان و محصولات مقاوم مثل خیار، گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی، انواع فلفل، هندوانه، طالبی، گیاهان برگی مثل کاهو، اسفناج، کرفس و انواع سبزیجات و گیاهان با خواص دارویی و گیاهانی که رشد سریعی دارند، مناسب است (Roosta, 2016).

خیار با نام علمی *Cucumis sativus* L. یکی از مهم‌ترین محصولات گلخانه‌ای است. پس از چین و ترکیه، ایران با تولید بیش از دو میلیون تن خیار در سال در رتبه سوم قرار دارد (FAO, 2022). خیار به دلیل وجود ویتامین‌ها و املاح کافی، میزان کالری کم و لذیذ بودن، در رژیم‌های غذایی مختلف در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد (Taha *et al*., 2020). سالانه خسارت فراوانی بر اثر حمله آفات و بیماری‌های مختلف گیاهی به کشت‌های خیار وارد شده و باعث کاهش کیفیت و کمیت محصول می‌شود. شته جالیز *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) یکی از مهمترین آفات این گیاه می‌باشد (Homayoonzadeh *et al*., 2020). فعالیت این آفت با پیدایش برگ‌های اصلی گیاه خیار آغاز می‌شود و در اثر تغذیه پوره‌ها و حشرات کامل، برگ‌ها زرد و پیچیده شده و سطح فتوسنتز و میزان عملکرد محصول کاهش می‌یابد (Homayoonzadeh *et al*., 2022). از جمله روش‌های رایج برای کنترل این آفت کنترل شیمیایی است که علاوه بر آلودگی‌های زیست‌محیطی، باعث بروز مقاومت در شته نسبت به آفت‌کش‌ها می‌شود، بنابراین جایگزین کردن روش‌های دیگر مانند استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک با هدف کاهش میزان خسارت شته‌ها بسیار ضروری است (Kayahan, 2021).

بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neu. Chrysopidae) یکی از شکارگرهای مؤثر در کاهش جمعیت آفات در گلخانه‌ها بوده و به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند قدرت جستجوگری بالا و امکان تولید انبوه، به عنوان یک عامل کنترل بیولوژیک مؤثر توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Moreno-Delafuente *et al*., 2020). با مطالعه ویژگی‌های رفتاری دشمنان طبیعی می‌توان کارایی آن‌ها را ارزیابی کرد. واکنش تابعی از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های رفتاری قابل بررسی است که بیان‌کننده تاثیر تغییرات تراکم طعمه بر میزان شکارگری دشمنان طبیعی می‌باشد و می‌تواند در ارزیابی توانایی شکارگرها در تنظیم جمعیت آفات مورد استناد قرار گیرد (Holling, 1966). هولینگ (Holling, 1959) سه نوع واکنش تابعی را توصیف کرد. در واکنش تابعی نوع دوم که در حشرات رایج‌تر است، با افزایش تراکم طعمه تعداد طعمه‌های مورد حمله افزایش می‌یابد، ولی این افزایش به‌صورت خطی نبوده و شیب منحنی به‌تدریج کاهش می‌یابد تا به یک مقدار ثابت برسد. نوع دیگری از واکنش تابعی که

در قسمتی از منحنی خود وابسته به تراکم میزبان است، واکنش تابعی نوع سوم می‌باشد. در این نوع واکنش تابعی، درصد تلفات طعمه با افزایش تراکم آن تا حدی افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. شکل منحنی تعداد طعمه‌های مورد حمله در این نوع واکنش به صورت سیگموئیدی (S شکل) است. حمید و همکاران (Hameed *et al.*, 2022) در مطالعه واکنش تابعی لاروهای سنین اول، دوم و سوم بالتوری سبز نسبت به شته خردل *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) (Hem.: Aphididae) و شته روسی گندم *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) (Hem.: Aphididae) واکنش تابعی هر سه سن لاروی شکارگر را از نوع دوم گزارش کردند. کایاهان (Kayahan, 2021) نیز واکنش تابعی هر سه سن لاروی بالتوری سبز را نسبت به پوره‌های شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli (Hem.: Aphididae) و شته نخودفرنگی *Acyrthosiphon pisum* (Harris) (Hem.: Aphididae) از نوع دوم گزارش کرده و بیان نمود که لارو سن سوم بالتوری سبز با توجه به نرخ حمله بیشتر و زمان دستیابی کمتر روی شته نخودفرنگی توانایی بیشتری در کنترل این شته در مقایسه با شته سیاه باقلا دارد.

عوامل متعددی بر رشد، دفاع و زنده‌مانی گیاهان تأثیر می‌گذارند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها ویژگی‌های سطوح تغذیه‌ای است. (Santosh & Gaikwad, 2023)، بستر کشت گیاه تاثیر مهمی بر جذب مواد غذایی مورد نیاز و افزایش مقاومت و عملکرد گیاه و در نتیجه کاهش میزان خسارت گیاه‌خوار دارد (Han, 2014). چن و همکاران (Chen *et al*., 2010) در مطالعه برهمکنش سه سطحی (گیاه، گیاهخوار دشمن طبیعی) بیان کردند که استفاده از کودهای شیمیایی با اصلاح ساختار و افزایش کیفیت گیاهان میزبان می‌تواند باعث افزایش مقاومت گیاهان به آفات شده و با تغییر در کیفیت غذایی طعمه به صورت غیرمستقیم بر میزان کارآیی دشمنان طبیعی تاثیر می‌گذارد.

هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر سه رقم گیاه خیار (ویهان، شهاب و سبا) و دو نوع بستر کشت (خاکی و هیدروپونیک) بر واکنش تابعی لاروهای سن سوم بالتوری سبز نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های شته جالیز بود. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات ما را در مورد کارایی بالتوری سبز روی این ارقام در این دو نوع بستر کشت خیار به منظور استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک شته جالیز افزایش دهد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

کاشت بذور خیار در خاک

بذرهای سه رقم خیار (ویهان، شهاب و سبا) در مخلوطی از خاک، ماسه و کود حیوانی به نسبت ۱:۱:۲ در گلدان‌های پلاستیکی (به قطر دهانه ۱۵ و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر) در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی کاشته شد. برای جلوگیری از آلودگی گیاهان به آفات، سکوهای کشت با پارچه توری ظریف محصور شدند. آبیاری گیاهان در مواقع لازم انجام شد.

آماده‌سازی بستر کشت هیدروپونیک خیار

کاشت بذرهای سه رقم خیار مورد آزمایش در سینی کشت انجام شد. نشاء رقم‌های خیار پس از سه برگی شدن، در گلدان‌های پلاستیکی (به قطر دهانه ۱۵ و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر) در مخلوطی از کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱:۱ کاشته شدند. برای تغذیه گیاهان از روش کود آبیاری استفاده شد. هر هفته محلول غذایی با ترکیب نهایی عناصر درشت مغذی (شامل گوگرد ۵۰، کلسیم ۱۵۰، منیزیم ۴۰، فسفر ۵۰، پتاسیم ۱۲۰و نیتروژن ۸۰ میلی‌گرم در لیتر محلول) و ریز مغذی (شامل بور ۰/۳، آهن ۱/۵۰، منگنز ۱/۴۰ روی ۰/۲۲، مس ۰/۰۱ و مولیبدن ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر محلول) در ۱۰۰۰ لیتر آب تهیه می‌شد (Ghehsareh *et al*., 2011).

پرورش گیاهان در هر دو نوع بستر کشت در دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

تهیه و پرورش کلنی شته جالیز

کلنی اولیه شته جالیز در تابستان سال ۱۴۰۰ از مزارع صیفی‌جات در شهرستان اردبیل جمع‌آوری شده و پس از اطمینان از صحت گونه، به صورت جداگانه روی بوته‌های ارقام مختلف گیاه خیار در دو نوع بستر کشت پرورش داده شدند. طی پرورش، هر هفته گیاهان به شدت آلوده با گیاهان سالم جایگزین می‌شدند.

تهیه و پرورش کلنی بالتوری سبز

حشرات کامل از کلنی بالتوری سبز موجود در آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه و در ظروف استوانه‌ای (با قطر دهانه ۱۴ سانتی‌متر پوشیده شده با توری ۷۵ مش و ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر) پرورش داده شدند. تغذیه لاروها با تخم منجمد بید آرد انجام می‌شد. برای تغذیه حشرات کامل، غذای مصنوعی تهیه شده از مخمر، آب و عسل (به نسبت ۷:۴:۴) روی یک نوار پلاستیکی مالیده شده و از لبه داخلی ظروف پرورش آویزان می‌شد (Vogt *et al*., 2000). ظروف پرورش حشرات کامل به صورت روزانه بررسی و تخم‌های گذاشته شده جمع‌آوری شده و به تعداد کم در ظروف پتری ۹ سانتی‌متری حاوی چند لایه حوله کاغذی نگه‌داری می‌شدند. لاروهای خارج شده از این تخم‌ها به ظروف بزرگتر منتقل و به صورت روزانه با تخم منجمد بید آرد تغذیه می‌شدند. پرورش حشرات در اتاقک رشد در دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

نحوه انجام آزمایش

در این آزمایش، پوره‌های چهار روزه شته جالیز در تراکم‌های مختلف (۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ عدد) در داخل قفس‌های برگی (به ارتفاع ۱ و قطر ۳ سانتی‌متر) روی هر یک از ارقام خیار (در مرحله رشدی چهار برگی) پرورش یافته در هر یک از بسترهای کشت به صورت مجزا در اختیار لاروهای سن سوم بالتوری سبز که به مدت ۱۶ ساعت قبل از شروع آزمایش گرسنه نگه داشته شده بودند، قرار داده شدند. آزمایش در دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. بعد از ۲۴ ساعت، لاروهای شکارگر از واحدهای آزمایشی حذف و تعداد طعمه‌های زنده مانده در هر تیمار شمارش و تعداد طعمه‌های خورده شده محاسبه و ثبت شدند. آزمایش برای هر تراکم شته و هر رقم خیار در هر بستر کشت در ۱۰ تکرار انجام شد.

تجزیه‌های آماری

تجزیه داده‌های واکنش تابعی در دو مرحله با استفاده از نرم‌افزار SAS (ورژن 9.1) انجام شد (SAS, 2002). در مرحله اول، با استفاده از رگرسیون لجستیک نوع واکنش تابعی شکارگر تعیین شد. از تابع چند جمله‌ای زیر برای برآورد نسبت طعمه‌های خورده شده (N_e) به تراکم اولیه طعمه (N_0) استفاده شد:

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

ضرایب P_0 ، P_1 ، P_2 و P_3 پارامترهایی هستند که توسط مدل تخمین زده می‌شوند. برای تعیین نوع واکنش تابعی از علامت ضریب بخش خطی منحنی (P_1) استفاده شد. منفی بودن این علامت نشانگر واکنش تابعی نوع دوم و مثبت بودن آن بیانگر واکنش تابعی نوع سوم می‌باشد (Juliano, 2001). در مرحله بعد، با استفاده از رگرسیون غیر خطی پارامترهای نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) در نرم‌افزار SAS محاسبه شدند. با توجه به این‌که طعمه‌های خورده‌شده طی مدت زمان آزمایش جایگزین نشدند، از مدل راجرز (Rogers, 1972) برای تخمین این پارامترها استفاده شد:

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

در این رابطه، a نرخ حمله، T_h زمان دستیابی و T کل مدت زمان آزمایش (در این مطالعه ۲۴ ساعت) است.

از معادله ترکیبی زیر برای بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین پارامترهای واکنش تابعی استفاده شد:

$$N_e=N_0\ \{1\text{-}\exp\ [\text{-}(a+\ Da(J))(T\text{-}(\ T_{h+}\ D_{Th}\ (J))N_e)]\}$$

J یک شاخص متغیر بین صفر و یک است. برای بررسی وجود تفاوت معنی‌دار در مقادیر a و T_h بین دو تیمار از پارامترهای D_a و D_{Th} استفاده شد. به بیان دیگر، برای مقایسه زمان دستیابی بین دو تیمار، یک تیمار با T_h و تیمار دیگر $D_{Th}+T_h$ نشان داده می‌شود. در این حالت، اگر تفاوت D_{Th} با صفر معنی‌دار شد یعنی تفاوت بین زمان‌های دستیابی دو تیمار معنی‌دار است. مقایسه بین نرخ حمله تیمارها نیز به صورت مشابه انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون لجستیک نشان داد که علامت ضریب بخش خطی منحنی برای لارو سن سوم بالتوری سبز در تغذیه از شته جالیز روی هر سه رقم خیار در هر دو نوع بستر کشت منفی بود که بیانگر واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد (جدول ۱). در این حالت، با افزایش تراکم شته جالیز در تیمارهای مختلف تعداد طعمه‌های خورده‌شده توسط لارو سن سوم شکارگر با روند کاهنده‌ای افزایش می‌یابد (شکل ۱). در واکنش تابعی نوع دوم بیشترین درصد شکارگری در تراکم‌های پایین طعمه اتفاق می‌افتد که می‌تواند در کنترل آفت در اوایل فصل موثر باشد (Liu *et al*., 2022).

در بررسی‌های مختلف واکنش تابعی سنین مختلف لاروی بالتوری سبز نسبت به طعمه‌های مختلف مانند تخم سفیدبالک *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hem.: Aleyrodidae) (Flores *et al*., 2013)، کرم غوزه پنبه *Helicoverpa armigera* Hubner (Lep.: Noctuidae) (Hassanpour *et al*., 2016)، شته سبز هلو *Myzus persicae* Sulzer (Hem.: Aphididae) (Ail-Catzim *et al*., 2019)، شپشک سیاه زیتون *Saissetia oleae* Olivier (Hem.: Coccidae) (Mahzoum *et al*., 2020)، شته سبز هلو *M. Persicae* (Saljoqi *et al*., 2023)، شته جالیز و شته سبز مرکبات *Aphis spiraecola* Patch (Hem.: Aphididae) (Moradi *et al*., 2023)، شته سیاه یونجه *Aphis craccivora* Koch (Hem.: Aphididae) و *Gynaikothrips ficorum* Marshal (Thy.: Phlaeothripidae) (Abdel-Hameid, 2022) از نوع دوم گزارش شده است که مشابه نتایج پژوهش حاضر است.به دست آمدن واکنش تابعی نوع دوم در بررسی‌های مختلف می‌تواند دلایل متفاوتی داشته باشد. در مطالعه حاضر ممکن است به دلیل افزایش میزان برخورد شکارگر با طعمه در فضای محدود واحدهای آزمایشی باشد. در واحدهای آزمایشی کوچک، تراکم طعمه به طور مصنوعی بالا است و شکارگر با صرف زمان کمتر به‌راحتی می‌تواند به تعداد طعمه بیشتری دسترسی داشته باشد و اگر طعمه غذای مطلوبی برای شکارگر باشد، شکارگر ممکن است واکنش تابعی نوع دوم را نشان دهد (O'Neil, 1997; Montoya-Alvarez *et al*., 2010). به طور مشابه، در برخی پژوهش‌های دیگر نیز نشان داده شده است که در دسترس بودن طعمه میزان مصرف شکارگر را افزایش می‌دهد (Mottaghinia *et al*., 2016; Fathipour *et al*., 2017). با این‌حال، باید به این نکته توجه داشت که توانایی حمله شکارگر در شرایط طبیعی ممکن است به دلیل افزایش زمان صرف شده توسط شکارگر برای یافتن و گرفتن طعمه کاهش یابد (Atlıhan *et al*., 2004) و یا ممکن است کارایی شکارگر روی طعمه هدف در صورت حضور گونه‌های جایگزین تغییر کرده و بر ترجیح و الگوهای مصرف شکارگر تأثیر بگذارد (Benhadi-Marín, 2019).

گیاهانی که در کشت بدون خاک رشد می‌کنند در مقایسه با کشت معمولی، از کیفیت بهتر با عملکرد بالاتر، مواد مغذی بیشتر و برداشت سریع‌تر برخوردار هستند. شرایط رشد به طور کلی در سیستم کشت هیدورپونیک تنظیم شده و در نتیجه یک سیستم تولید قوی برای تامین مداوم سبزیجات، میوه‌ها و گل‌ها ایجاد می‌شود که می‌تواند باعث افزایش تولید مواد غذایی شود. تأثیر تفاوت در کیفیت گیاه میزبان روی خسارت آفات وکارایی دشمنان طبیعی در پژوهش‌های زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. زاهدی و همکاران (Zahedi *et al*., 2019) در بررسی برهمکنش سه سطحی دو رقم گیاه خیار، شته جالیز و کفشدوزک

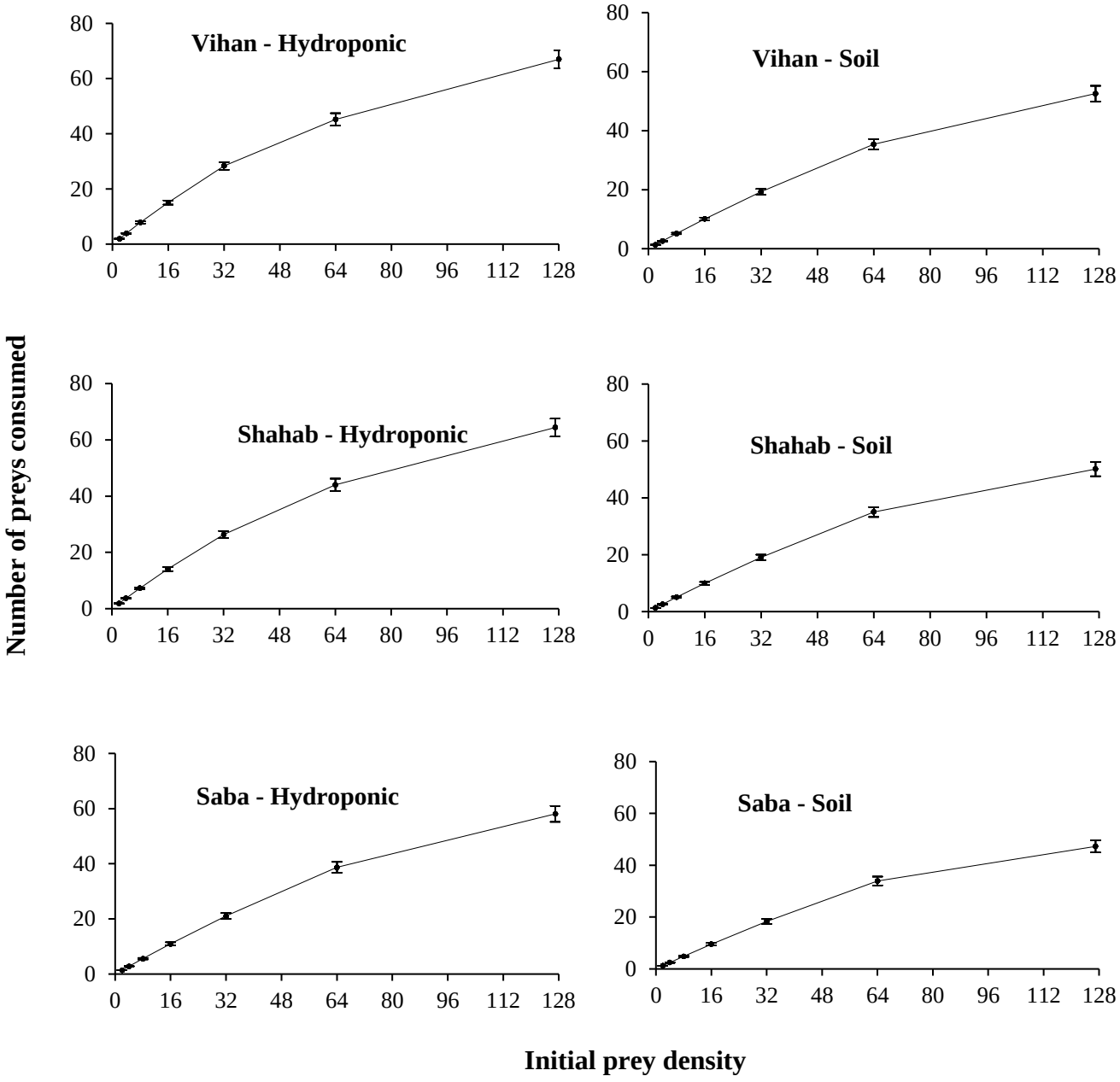
شکارگر *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae) نشان دادند که جمعیت شته‌های پرورش‌یافته روی رقم خسیب سریع‌تر از رقم استورم افزایش یافت. با این حال، نرخ رشد جمعیت شکارگر در تغذیه از شته پرورش یافته روی رقم استورم بیشتر بود و رقم استورم در مقایسه با رقم خسیب حاوی مقادیر بالاتری از متابولیت‌های ثانویه و تراکم بیشتر تریکوم‌ها بود. از دیگر عوامل تاثیرگذار بر واکنش تابعی شکارگر می‌توان به رقم گیاه میزبان (Sobhani *et al*., 2013; Asasi *et al*., 2022)، نوع و اندازه طعمه (Moeezipoor *et al*., 2008; Guzman & Srivastava, 2019)، سن شکارگر و میزان گرسنگی آن (Hassanpour *et al*., 2011, 2015) و دما نیز اشاره کرد (Skirvin & Fenlon, 2003). در مطالعه حاضر، واکنش تابعی نوع دوم بالتوری سبز در همه تیمارها نشان می‌دهد که استفاده از این ارقام در این دو نوع بستر کشت، نوع واکنش تابعی این شکارگر را تحت تأثیر قرار نداده است. با این‌حال، با توجه به افزایش نرخ شکارگری و تعداد طعمه‌های خورده‌شده در بستر کشت هیدروپونیک می‌توان بیان کرد که پارامترهای واکنش تابعی دشمنان طبیعی تحت تأثیر ارقام مختلف و نوع بستر کشت گیاهی قرار می‌گیرند.

مقادیر پارامترهای نرخ حمله و زمان دستیابی لارو سن سوم بالتوری سبز نسبت به شته جالیز روی ارقام مختلف خیار در دو نوع بستر کشت در جدول ۲ نشان داده شده است. رقم‌های ویهان و سبا در هر دو نوع بستر کشت به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عددی نرخ حمله را داشتند. کمترین زمان دستیابی این شکارگر در هر دو نوع بستر کشت روی رقم ویهان به دست آمد. در بررسی اساسی و همکاران (Asasi *et al*., 2022) نوع واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز نسبت به شته جالیز تحت تاثیر چهار رقم مختلف خیار (عرشیا، تاروم، کاسپین و دانیتو) قرار نگرفت، ولی با توجه به پارامترهای واکنش تابعی، ارقام کاسپین و دانیتو نسبت به دو رقم دیگر برای اعمال کنترل بیولوژیک روی شته جالیز مناسب‌تر گزارش شدند.

جدول ۱- تجزیه رگرسیون لجستیک واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* نسبت به شته جالیز، *Aphis gossypii* روی سه رقم خیار در دو نوع بستر کشت

Table 1. Logistic regression analysis of functional response of the 3rd instar larvae of *Chrysoperla carnea* to different densities of *Aphis gossypii* on three cucumber cultivars in two types of culture substrates

Cultivar (culture substrate)	Parameter	Estimate	SE	χ^2	*P* – value
Vihan (hydroponic culture)	P_0	3.8508	0.5307	52.65	<0.0001
	P_1	-0.1212	0.0347	12.21	0.0005
	P_2	0.00160	0.000609	6.91	0.0086
	P_3	-7E-6	2.9E-6	5.83	<0.0001
Shahab (hydroponic culture)	P_0	2.9087	0.4380	44.09	<0.0001
	P_1	-0.0443	0.0299	2.20	<0.0001
	P_2	0.00018	0.000536	0.12	<0.0001
	P_3	-2.78E-6	2.578E-6	1.16	<0.0001
Saba (hydroponic culture)	P_0	1.6222	0.3397	22.80	<0.0001
	P_1	-0.0547	0.0259	4.47	0.0034
	P_2	0.00195	0.000487	15.95	<0.0001
	P_3	-0.000011	2.388E-6	21.18	<0.0001
Vihan (soil culture)	P_0	1.8679	0.3026	38.09	<0.0001
	P_1	-0.0485	0.0220	4.85	<0.0001
	P_2	0.000358	0.000409	0.77	0.0040
	P_3	-7.81E-7	2.003E-6	0.15	<0.0001
Shahab (soil culture)	P_0	1.6863	0.2992	31.76	<0.0001
	P_1	-0.0235	0.0220	1.14	<0.0001
	P_2	0.00018	0.000411	0.20	0.0018
	P_3	-2.015E-6	2.013E-6	1.00	<0.0001
Saba (soil culture)	P_0	1.5229	0.2765	30.61	<0.0001
	P_1	-0.0485	0.0206	5.56	<0.0001
	P_2	0.000486	0.000386	1.59	<0.0001
	P_3	-1.65E-6	1.896E-6	0.75	<0.0001



شکل ۱- منحنی‌های واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* نسبت به تراکم‌های مختلف شته جالیز، *Aphis gossypii* روی سه رقم خیار در دو نوع بستر کشت

Figure 1. Functional response curves of the 3rd instar larvae of *Chrysoperla carnea* to different densities of *Aphis gossypii* on three cucumber cultivars in two types of culture substrates

در بررسی حاضر، نرخ حمله (a) شکارگر در کشت خاکی بین ۰/۰۴۰۱ تا ۰/۰۴۴۵ بر ساعت و در کشت هیدروپونیک بین ۰/۰۷۲۰ تا ۰/۱۰۸۷ بر ساعت محاسبه شد. همچنین، زمان دستیابی (T_h) لارو سن سوم شکارگر در کشت خاکی و هیدروپونیک به‌ترتیب بین ۰/۱۵۱۷ تا ۰/۱۶۶۵ و ۰/۱۳۱۰ تا ۰/۱۴۵۳ ساعت تخمین زده شد. هر چه نرخ حمله بیشتر باشد، منحنی واکنش سریع‌تر به خط مجانب نزدیک می‌شود و هر چه زمان دستیابی کمتر باشد مدت زمان لازم برای گرفتن و خوردن طعمه توسط شکارگر کمتر

شده و آستانه سیری شکارگر پایین‌تر آمده و می‌تواند با کارایی بیشتری جمعیت طعمه‌های خود را کنترل کند (Heidarian Dehkordi *et al*., 2017). مشابه با تحقیق حاضر، حسن‌پور و الهی (Hassanpour & Elahi, 2023) در بررسی تاثیر پرورش دو رقم فلفل (الگانت و جلاپینو) در دو نوع بستر کشت خاکی و هیدروپونیک روی واکنش تابعی بالتوری سبز، *C. carnea* نسبت به شته سبز هلو بیان کردند که با توجه به پارامترهای واکنش تابعی، ارقام الگانت و جلاپینو در کشت هیدروپونیک در مقایسه با کشت خاکی از کیفیت مناسب‌تری برای اعمال کنترل بیولوژیک روی این آفت برخوردار می‌باشند.

جدول ۲- پارامترهای واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* نسبت به تراکم‌های مختلف شته جالیز، *Aphis gossypii* روی سه رقم خیار در دو نوع بستر کشت

Table 2. Functional response parameters of the 3rd instar larvae of *Chrysoperla carnea* to different densities of *Aphis gossypii* on three cucumber cultivars in two types of culture substrates

Cultivar (culture substrate)	***a* (h^{-1})**		***T_h* (h)**		R^2
	Estimate ± SE	**95% CI**	**Estimate ±SE**	**95% CI**	
Vihan (hydroponic culture)	0.1087±0.0086	0.1025-0.1137	0.1310±0.0214	0.0898-0.1722	0.99
Shahab (hydroponic culture)	0.1074±0.0092	0.0890-0.1257	0.1438±0.0174	0.1043-0.1897	0.98
Saba (hydroponic culture)	0.0720±0.0044	0.0433-0.0780	0.1453±0.0104	0.1030-0.1876	0.99
Vihan (soil culture)	0.0445±0.0025	0.0394-0.0495	0.1517±0.021	0.1095-0.1938	0.98
Shahab (soil culture)	0.0434±0.0031	0.0372-0.0497	0.1647±0.0212	0.1223-0.2071	0.98
Saba (soil culture)	0.0401±0.0027	0.0347-0.0455	0.1665±0.0165	0.1335-0.1994	0.97

در بررسی حاضر، مقایسه پارامترهای واکنش تابعی لارو سن سوم شکارگر در دو نوع بستر کشت (جدول ۳) نشان داد که اختلاف در پارامتر نرخ حمله شکارگر بین دو نوع بستر کشت روی هر سه رقم معنی‌دار بود. اختلاف در این پارامتر در کشت خاکی بین دو رقم ویهان و شهاب و در کشت هیدروپونیک بین دو رقم ویهان و سبا معنی‌دار بود. اختلاف در زمان دستیابی بین دو نوع بستر کشت، فقط در رقم سبا معنی‌دار بود. همچنین اختلاف در این پارامتر در هر دو نوع بستر کشت بین دو رقم ویهان و سبا معنی‌دار و بین سایر ارقام غیرمعنی‌دار بود. در مطالعه انجام‌شده توسط عبدالحمید (Abdel-Hameid, 2022) روی واکنش تابعی بالتوری سبز نسبت به شته سیاه یونجه *A. craccivora* و *G. ficorum* نرخ حمله لاروهای سن سوم این شکارگر در تغذیه از شته *A. craccivora* بیشتر و زمان دستیابی آن کمتر از سایر تیمارها بود. زمان دستیابی بنا به تعریف، زمان صرف شده برای تعقیب، در اختیار گرفتن، خوردن طعمه و استراحت کردن شکارگر است (Veeravel & Baskaran, 1997; Atlihan & Guldal, 2009). هر چه زمان دستیابی شکارگر نسبت به طعمه کمتر باشد شکارگر می‌تواند تعداد طعمه‌ی بیشتری را در یک بازه زمانی معین مصرف بکند؛ بنابراین، می‌توان بیان کرد که نرخ حمله بیشتر و زمان دستیابی کوتاه‌تر لارو سن سوم بالتوری سبز نسبت به سایر سنین لاروی این شکارگر که ناشی از جثه بزرگتر آن می‌باشد، عامل مهمی برای بیشتر بودن توان شکارگری این سن لاروی در کاهش تراکم طعمه می‌باشد (Heidarian Dehkordi *et al*., 2017).

جدول ۳- مقادیر برآورد شده توسط مدل ترکیبی برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی لاروهای سن سوم بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* در تغذیه از شته جالیز، *Aphis gossypii* روی سه رقم خیار در دو نوع بستر کشت

Table 3. Parameters estimated using combined equation for comparison of functional response parameters of the 3rd instar larvae of *Chrysoperla carnea* feeding on *Aphis gossypii* on three cucumber cultivars in two types of culture substrates

Cultivar (culture substrate)	Parameter	Estimate	SE	Approximate (95%)	
				Lower	Upper
Vihan (hydroponic-soil)	D_a	-0.0644	0.0140	-0.0754	-0.0612
	D_{Th}	0.0209	0.0398	-0.0190	0.0226
Shahab (hydroponic-soil)	D_a	-0.0623	0.0211	-0.0762	-0.0518
	D_{Th}	0.0211	0.0324	-0.0182	0.0274
Saba (hydroponic-soil)	D_a	-0.0319	0.0101	-0.0425	-0.0106
	D_{Th}	0.0216	0.0269	0.0117	0.0305
Vihan-Shahab (soil)	D_a	0.0011	0.0061	0.0002	0.0022
	D_{Th}	0.0121	0.0323	-0.0133	0.0128
Vihan-Saba (soil)	D_a	-0.0043	0.0070	-0.0062	0.0031
	D_{Th}	0.0150	0.0365	0.0056	0.0245
Shahab-Saba (soil)	D_a	0.0033	0.0070	-0.0044	0.0046
	D_{Th}	0.0018	0.0288	-0.0013	0.0130
Vihan-Shahab (hydroponic)	D_a	0.0015	0.0188	-0.0017	0.0162
	D_{Th}	0.0130	0.0342	-0.0155	0.0145
Vihan-Saba (hydroponic)	D_a	-0.0387	0.0130	-0.0594	-0.0257
	D_{Th}	0.0147	0.0411	0.0132	0.0164
Shahab-Saba (hydroponic)	D_a	-0.0354	0.0141	-0.0452	-0.0288
	D_{Th}	0.0016	0.0230	-0.0019	0.0026

استفاده از محلول کود آبیاری و مواد مغذی، کنترل روشنایی محیط کشت، کنترل آب و هوای گلخانه، کنترل آفات و بیماری‌ها و تهویه مناسب در کشت هیدروپونیک باعث بهبود رشد و تعادل در جذب مواد غذایی مورد نیاز برای رشد گیاه و افزایش ترکیبات دفاعی شیمیایی آن می‌شود و با توجه به این‌که وجود ترکیبات شیمیایی ثانویه مانند فنول، فلاونوئید و آنتوسیانین در گیاهان میزبان می‌تواند روی دینامیسم جمعیت شکار و شکارگر موثر باشد (War *et al*., 2020)، به نظر می‌رسد وجود مقدار بیشتر ترکیبات شیمیایی ثانویه در گیاهان (داده‌های منتشر نشده) باعث کوچکتر شدن جثه شته در کشت هیدروپونیک نسبت به کشت خاکی شده است و شکارگر در این شرایط با تغذیه از تعداد بیشتری از شته به آستانه سیری می‌رسد. مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2023) در بررسی واکنش تابعی بالتوری سبز نسبت به شته جالیز و شته سبز مرکبات بیان کردند که نرخ حمله بیشتر و زمان دستیابی کوتاه‌تر لاروهای سن سوم بالتوری در تغذیه از شته جالیز می‌تواند به دلیل کوچکتر بودن جثه این شته در مقایسه با شته سبز مرکبات باشد. شکارگر در تغذیه از طعمه‌های کوچکتر به دلیل توانایی دفاعی محدود طعمه، انرژی کمتری برای گرفتن و خوردن آن مصرف کرده و در واحد زمان تعداد طعمه‌های بیشتری را شکار می‌کند. لازم به بیان است اندازه طعمه تنها عامل موثر بر انتخاب شکارگرها نیست (Molles & Pietruszka, 1987) و ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک طعمه می‌تواند بر پذیرش آن توسط شکارگرها تأثیر بگذارد (Nedved & Salvucci, 2008). پارامترهای واکنش تابعی ممکن است متاثر از وجود موانع فیزیکی موجود در سطح برگ‌ها باشد. در کشت هیدروپونیک، به دلیل کاربرد کودهای شیمیایی و افزایش کیفیت گیاه احتمالا ضخامت و تراکم تریکوم‌های برگ‌های گیاهان بیشتر از کشت خاکی است که این موضوع نیازمند انجام بررسی‌های بیشتر در این زمینه است (Majid *et al*., 2021). متقی‌نیا و همکاران (Mottaghinia *et al*., 2016) در مطالعه تأثیر کود ورمی‌کمپوست روی واکنش تابعی *Aphidoletes*

aphidimyza Rondani (Dip.: Cecidomyiidae) نسبت به شته جالیز روی دو رقم خیار عنوان کردند تراکم تریکوم‌ها با دریافت غلظت‌های بالاتر ورمی‌کمپوست در گیاهان افزایش یافت. بنابراین، تفاوت در نرخ حمله و زمان دستیابی شکارگر در هر دو رقم گیاه خیار مورد بررسی ممکن است به علت تفاوت در تریکوم‌های سطح برگ در ارقام مختلف باشد. افزایش کیفیت گیاه می‌تواند کیفیت طعمه را تحت تأثیر قرار داده و باعث کوچک‌تر ماندن جثه طعمه و تغییر در تعداد طعمه‌های خورده ده توسط شکارگر و شاید تغییر در نوع واکنش تابعی آن‌ها شود (Li *et al.*, 2017). با وجود این‌که واکنش تابعی نوع سوم نشان‌دهنده موفقیت نسبی شکارگر در مدیریت جمعیت طعمه‌های خود می‌باشد، برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند که بعضی از شکارگرهای دارای واکنش تابعی نوع دوم، جمعیت آفت را به صورت موفقیت‌آمیزتری کنترل می‌کنند (Fernández-arhex & Corley, 2003).

در هر حال، باید به این نکته توجه داشت که واکنش تابعی تنها عامل موثر برای ارزیابی میزان کارایی دشمن طبیعی نیست و عوامل دیگری نیز وجود دارند که در موفقیت یا شکست عوامل کنترل بیولوژیک در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات موثر هستند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اهمیت تأثیر ارقام مختلف خیار و نیز نوع بستر کشت بر واکنش رفتاری بالتوری سبز بود. واکنش تابعی نوع دوم در لاروهای سن سوم بالتوری سبز بیانگر تأثیر وابسته به تراکم معکوس این شکارگر روی جمعیت شته جالیز در سه رقم خیار مورد بررسی در دو نوع بستر کشت است. با توجه به نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد ارقام ویهان و شهاب در کشت هیدروپونیک در مقایسه با کشت در بستر خاک از شرایط مناسب‌تری برای اعمال کنترل بیولوژیک روی شته جالیز برخوردار می‌باشند. با این حال، با توجه به دخیل بودن عوامل متعدد در میزان مقاومت یک گیاه نسبت به یک آفت، درک جزئیات بیشتر از اثرات نوع بستر کشت و رقم گیاه در برهم‌کنش‌های گیاه خیار، شته جالیز و بالتوری سبز نیازمند انجام بررسی‌های بیشتر به‌ویژه در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای است.

سپاسگزاری

نتایج ارائه‌شده در این مقاله بخشی از رساله دکتری نویسنده اول است که در دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. نویسندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از مسئولین محترم این دانشگاه برای حمایت مالی از این تحقیق ابراز می‌دارند. همچنین از داوران محترم که نظرات ارزشمند آنها در افزایش کیفیت مقاله حاضر موثر بود سپاسگزاری می‌شود.

References

Abdel-Hameid, N. F. (2022). Functional response estimations of *Chrysoperla carnea* to different densities of *Aphis craccivora* and *Gynaikothrips ficorum* nymphs. *Brazilian Journal of Biology*, *84*, e268066. **DOI: https://doi.org/10.1590/1519-6984.268066**

Ail-Catzim, C. E., Rodríguez-González, R. E., Hernández-Juárez, A., & Chacón-Hernández, J. C. (2019). Functional Response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Myzus persicae* Nymphs (Hemiptera: Aphididae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, *121*(4), 535-543. **DOI: https://doi.org/10.4289/0013-8797.121.4.535**

Asasi, R., Hassanpour, M., Golizadeh, A., Rafiee Dastjerdi, H., & Ghasemi Kalkhoran, M. (2022). Effect of some cucumber cultivars on biological and population growth parameters of *Aphis gossypii* (Glover) and functional response of *Chrysoperla carnea* (Stephens). *Journal of Vegetables Sciences*, *6*(1), 17-32. **DOI: https://doi.org/10.22034/IUVS.2022.547900.1194**

Atlihan, R., & Guldal, H. (2009). Prey density dependent feeding activity and life history of *Scymnus subvillosus* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae). *Phytoparasitica*, *37*, 35-41. **DOI: https://doi.org/10.1007/s12600-008-0011-6**

Atlıhan, R., Kaydan, B. O. R. A., & Özgökçe, M. S. (2004). Feeding activity and life history characteristics of the generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) at different prey densities. *Journal of Pest Science*, *77*, 17-21. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10340-003-0021-6**

Benhadi-Marín, J., Pereira, J. A., Sousa, J. P., & Santos, S. A. (2019). Functional responses of three guilds of spiders: Comparing single and multiprey approaches. *Annals of Applied Biology*, *175*(2), 202-214. **DOI: https://doi.org/10.1111/aab.12530**

Chen, Y., Olson, D. M., & Ruberson, J. R. (2010). Effects of nitrogen fertilization on tritrophic interactions. *Arthropod-Plant Interactions*, *4*, 81-94. **DOI: https://doi.org/10.1007/s11829-010-9092-5**

Dalvand, S., Ansari, N. A., & Mortazavi, M. (2017). Effect of Soilless Substrates on fruit quality of four greenhouse tomato cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *17*(4), 377-388. (in Farsi).

Fathipour, Y., Karimi, M., Farazmand, A., & Ali, A. T. (2017). Age-specific functional response and predation capacity of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae) on the two-spotted spider mite. *Acarologia*, *58*(1), 31-40. **DOI: https://doi.org/10.24349/acarologia/20184425**

FAO. (2022). World food and agriculture-statistical yearbook 2022. **DOI: https://doi.org/ 10.4060/cc2211en**

Fernández-arhex, V., & Corley, J. C. (2003). The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology*, *13*(4), 403-413. **DOI: https://doi.org/ 10.1080/ 095831 5031000104523**

Flores, J. L., Guevara Acevedo, L. P., Aguirre Uribe, L. A., Chavez, E. C., Babii Zabeh, M. H., & Ochoa Fuentes, Y. M. (2013). Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) eggs. *Southwestern Entomologist*, *38*(2), 345-352. **DOI: https://doi.org/10.3958/059.038.0217**

Ghehsareh, A. M., Khosravan, S., & Shahabi, A. A. (2011). The effect of different nutrient solutions on some growth indices of greenhouse cucumber in soilless culture. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, *3*(12), 321-326. **DOI: https://doi.org/10.5897/JPBCS11.061**

Grewal, H. S., Maheshwari, B., & Parks, S. E. (2011). Water and nutrient use efficiency of a low-cost hydroponic greenhouse for a cucumber crop: An Australian case study. *Agricultural Water Management*, *98*(5), 841-846. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.12.010**

Guzman, L. M., & Srivastava, D. S. (2019). Prey body mass and richness underlie the persistence of a top predator. *Proceedings of the Royal Society B*, *286*(1902), 20190622. **DOI: https://doi.org/ 10.1098/rspb. 2019.0622**

Hameed, Y., Rizwan, M., Shahzaib, M., Sarmad, M., Hamid, M. F., Zaka, S. M., & Zakria, M. (2022). Functional Response of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) to *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) and *Diuraphis noxia* (Kurdjumov). *Pakistan Journal of Zoology*, *55*, 1-5. **DOI: https://doi.org/10.17582/ journal.pjz/20190705190700**

Han, P. (2014). Bottom-up effects of fertilization and irrigation on plant-herbivorous insect-natural enemy tri-trophic interactions in agroecosystems. Ph.D. Thesis. Université Nice Sophia Antipolis.

Hassanpour, M., Mohaghegh, J., Iranipour, S., Nouri-Ganbalani, G., & Enkegaard, A. (2011). Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): effect of prey and predator stages. *Insect Science*, *18*(2), 217-224. **DOI: https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2010.01360.x**

Hassanpour, M., Maghami, R., Rafiee-Dastjerdi, H., Golizadeh, A., Yazdanian, M., & Enkegaard, A. (2015). Predation activity of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) upon *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae): Effect of different hunger levels. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *18*(2), 297-302. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.aspen.2015.03.005**

Hassanpour, M., Bagheri, M. R., Golizadeh, A., & Farrokhi, Sh. (2016). Functional response of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) to *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae): effect of different host plants. *Biocontrol Science and Technology*, *11*, 1489-1503. **DOI: https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1216521**

Hassanpour, M., & Elahi, M. (2023). Effect of two pepper cultivars on biological and population growth parameters of *Myzus persicae* and functional response of *Chrysoperla carnea* in two soil and hydroponic cultivation systems. *Plant Pest Research*, *13*(3), 43-61. **DOI: https://doi.org/ 10.22124/ iprj.2023.25485.1533.** (in Farsi)

Heidarian Dehkordi, M., Allahyari, H., Talaei-Hasanlouie, R. & Parker, B. (2017) Functional response of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on untreated and *Beauveria bassiana*-treated

Frankliniella occidentalis (Thysanoptera: Thripidae). *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, *2*, 245-255. **DOI: https://doi.org/10.22059/jbioc.2017.233824.198**

Holling, C. S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, *91*, 385-398. **DOI: https://doi.org/10.4039/Ent91385-7**

Holling, C. S. (1966). The functional response of invertebrate predators to prey density. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, *98*(S48), 5-86. **DOI: https://doi.org/10.4039/entm9848fv**

Homayoonzadeh, M., Esmaeily, M., Talebi, K., Allahyari, H., Nozari, J., & Michaud, J. P. (2020). Micronutrient fertilization of greenhouse cucumbers mitigates pirimicarb resistance in *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, *113*(6), 2864-2872. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/toaa202**

Homayoonzadeh, M., Esmaeily, M., Talebi, K., Allahyarm, H., Reitz, S., & Michaud, J. P. (2022). Inoculation of cucumber plants with *Beauveria bassiana* enhances resistance to *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) and increases aphid susceptibility to pirimicarb. *European Journal of Entomology*, *119*, 1-11. **DOI: https://doi.org/10.14411/eje.2022.001**

Juliano, S. A. (2001). Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. In: Cheiner, S. M., and Gurven, J., (Eds.). Design and analysis of ecological experiments, (2nd ed.), Chapman and Hall, pp. 178-196. **DOI: https://doi.org/10.1093/oso/9780195131871.003.0010**

Kayahan, A. (2021). Functional response of *Chrysoperla carnea* on two different aphid species (*Aphis fabae* and *Acyrthosiphon pisum*). *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, *5*(4), 561-570. **DOI: https://doi.org/10.31015/jaefs.2021.4.16**

Li, C., Wang, P., Menzies, N. W., Lombi, E., & Kopittke, P. M. (2017). Effects of changes in leaf properties mediated by methyl jasmonate (MeJA) on foliar absorption of Zn, Mn and Fe. *Annals of Botany*, *120*(3), 405-415. **DOI: https://doi.org/10.1093/aob/mcx063**

Liu, Y., Li, R., & Li, S. (2022). Consumption patterns of the multicolored Asian ladybird *Harmonia axyridis* on the broad bean aphid *Aphis craccivora*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *25*(1), 101852. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.101852**

Mahzoum, A. M., Villa, M., Benhadi-Marín, J., & Pereira, J. A. (2020). Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae on *Saissetia oleae* (Olivier) (Hemiptera: Coccidae): Implications for biological control. *Agronomy*, *10*(10), 1511. **DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy10101511**

Majid, M., Khan, J. N., Ahmad Shah, Q. M., Masoodi, K. Z., Afroza, B., & Parvaze, S. (2021). Evaluation of hydroponic systems for the cultivation of Lettuce (Lactuca sativa L., var. Longifolia) and comparison with protected soil-based cultivation. *Agricultural Water Management*, *245*, 106572. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106572**

Mashayekhi, P., & Tatari, M. (2017). Effect of different concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium on some quantitative and qualitative characteristics of strawberry cv. selva in hydroponic culture. *Iranian Journal of Soil Research*, *30*(4), 391-402. **DOI: https://doi.org/10.22092/IJSR.2017.109258**

Moeezipoor, M., Kafil, M., Nooeei, S., & Allahyari, H. (2008). Functional response of predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Canestrini& Fanzago) on different densities of *Amphitetranychus viennensis* (Zacher) and *Tetranychus urticae* (Koch). *Journal of Agricultural Research*, *8*(3), 107-116.

Molles, M. C., & Pietruszka, R. D. (1987). Prey selection by a stonefly: the influence of hunger and prey size. *Oecologia*, *72*, 473-478. **DOI: https://doi.org/10.1007/BF00377582**

Montoya-Alvarez, A. F., Ito, K., Nakahira, K., & Arakawa, R. (2010). Functional response of *Chrysoperla nipponensis* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Applied Entomology and Zoology*, *45*(1), 201-206. **DOI: https://doi.org/10.1303/aez.2010.201**

Moradi, M., Hassanpour, M., Fathi, S. A. A., & Golizadeh, A. (2023). Functional response of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* larvae on two aphid pests of the citrus: *Aphis spiraecola* and *Aphis gossypii*. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, *11*(4), 119-130. **DOI: https://doi.org/10.22034/ARPP.2023.15869**

Moreno-Delafuente, A., Garzo, E., Fereres, A., Viñuela, E., & Medina, P. (2020). Effects of a salicylic acid analog on *Aphis gossypii* and its predator *Chrysoperla carnea* on melon plants. *Agronomy*, *10*(11), 1830. **DOI: 10.3390/agronomy10111830**

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*, 88-95. **DOI: https://doi.org/10.1007/s13744-015-0343-0**

Nedved, O., & Salvucci, S. A. R. A. (2008). Ladybird *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) prefers toxic prey in laboratory choice experiment. *European Journal of Entomology*, *105*(3), 431. **DOI: https://doi.org/10.14411/eje.2008.055**

O'Neil, R. J. (1997). Functional response and search strategy of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) attacking Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, *26*(6), 1183-1190. **DOI: https://doi.org/10.1093/ee/26.6.1183**

Ponce, P., Molina, A., Cepeda, P., Lugo, E., & MacCleery, B. (2014). Greenhouse design and control: CRC Press.

Rogers, D. (1972). Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology*, *41*(*2*), 369-383. **DOI: https://doi.org/10.2307/3474**

Roosta, H. R. (2016). Plant nutrition in hydroponics. Vali-e-Asr University of Rafsanjan Press.

Saljoqi, A. U. R., Khan, I., Ahmad, I., Khan, J., Sattar, S., Khan, B. A., & Salim, M. (2023). Potential of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) fed on aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) under controlled conditions. *Sarhad Journal of Agriculture*, *39*(2), 479-489. **DOI: https://doi.org/10.17582/journal.sja/2023/39.2.479.489**

Santosh, D. T., & Gaikwad, D. J. (2023). Advances in hydroponic systems: types and management. In Maitra S., Gaikwad, D. J., and Santosh D. T. (Eds). Advances in agricultural technology. Griffon, Canada, pp. 16-28.

SAS Institute (2002). The SAS system for Windows, ver. 9.1. SAS Institute, Cary, NC.

Skirvin, D. J. & Fenlon, J. S. (2003). The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acsarology, *31*(1-2), 37-49. **DOI: https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000005107.97373.87**

Sobhani, M., Madadi, H., & Gharali, B. (2013). Host plant effect on functional response and consumption rate of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) feeding on different densities of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Crop Protection*, *2*(3), 375-385. **DOR: 20. 1001.1.22519041.2013.2.3.4.6**

Taha, N., Abdalla, N., Bayoumi, Y., & El-Ramady, H. (2020). Management of greenhouse cucumber production under arid environments: a review. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, *4*, 123-136. **DOI: https://doi.org/10.21608/jenvbs.2020.30729.1097**

van Delden, S. H., Nazarideljou, M. J., & Marcelis, L. F. (2020). Nutrient solutions for *Arabidopsis thaliana*: a study on nutrient solution composition in hydroponics systems. *Plant Methods*, *16*, 1-14. **DOI: https://doi.org/10.1186 /s13007-020-00606-4**

Veeravel, R., & Baskaran, P. (1997). Functional and numerical responses of *Coccinella transversalis* and *Cheilomenes sexmaculata* Fabr. Feeding on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glov. *Insect Science and its Application*, *17*, 335-339. **DOI: https://doi.org/10.1017/S1742758400019196**

Vogt, H., Bigler, F., Brown, K., Condolfi, M. P., Kemmeter, F., Kuhner, C., Moli, M., Travis, A., Ufer, A., Vineula, E., Wiadburger, M. & Waltersdorfer, A. (2000). Laboratory method to test effects of plant protection products on larvae of *Chrysoperla carnea* (Stephen) (Neuroptera: Chrysopidae). In: M. P. Condolfi, S. Blomel. & R. Forster (Eds.), Guidelines to Evaluate Side Effects of Plant Protection Products to Non-Target Arthropods (pp.27-44.). Reinheim, IOBC/WPRS.

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. In Merillon, J. M. and Ramawat, K. G. (Eds.) Co-evolution of secondary metabolites (20th ed.). Springer. pp 1-28. **DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96397-6_60**

Zahedi, A., Razmjou, J., Rafiee-Dastjerdi, H., Leppla, N. C., Golizadeh, A., Hassanpour, M., & Ebadollahi, A. (2019). Tritrophic interactions of cucumber cultivar, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), and its predator *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology*, *112*(4), 1774-1779. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/toz072**

Plant Pest Research

Research paper 2024- 14 (3): 15-28	https://doi.org/10.22124/iprj.2024.28481.1596	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

Effect of three cucumber cultivars and two types of soil and hydroponic culture substrates on functional response of *Chrysoperla carnea* to *Aphis gossypii*

M. Elahi[1], M. Hassanpour[2]*, H. Rafiee Dastjerdi[3], S. A. A. Fathi[4] and B. Esmaielpour[5]

1, 2, 3 & 4. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, 5- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

✉ maryam.elahi@uma.ac.ir https://orcid.org/0009-0000-7480-0906
✉ hassanpour@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0002-5409-428X
✉ hooshangrafiee@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-1278-2858
✉ fathi@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-2169-3574
✉ esmaielpour@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0002-7080-0236

Received: 17 September 2024 | *Accepted:* 17 November 2024 |

Abstract

In this study, the effect of three cucumber cultivars (Vihan, Shahab, and Saba) and two types of culture substrates (soil and hydroponic) was investigated separately on the functional response of 3rd instar larvae of *Chrysoperla carnea* (Stephens) to different densities (2, 4, 8, 16, 32, 64, and 128) of 4-day-old nymphs of *Aphis gossypii* Glover. The 3rd instar larvae of predator were starved for 16 h before the experiment. The experiment was conducted for 24 h in leaf cages at 25±2 ℃, 65±5 % RH, and 16:8 h (L: D). Logistic regression analyses revealed that the functional response of the *C. carnea* to *A. gossypii* in all treatments was type II. The attack rate (*a*) of 3rd instar larvae of the predator in hydroponic culture treatments was significantly higher than the soil culture. The handling times (T_h) of the predator varied from 0.1310 to 0.1665 h on different treatments. The 3rd instar larvae demonstrated the highest feeding attack rate on *A. gossypii* when associated with the Vihan cultivar, followed by the Shahab and Saba cultivars across both culture substrates. The results revealed that the culture substrates and plant cultivars can affect the functional response parameters of 3rd larval instar of *C. carnea*. Further research is necessary to gain a deeper understanding of how plant culture substrates and cultivars influence the interactions among cucumber, *A. gossypii*, and *C. carnea*.

Key words: Common green lacewing, cucumber cultivars, culture substrate, melon aphid, predator-prey interaction

Citation: Elahi, M., Hassanpour, M., Rafiee Dastjerdi H., Fathi S.A.A. & Esmaielpour, B. (2024). Effect of three cucumber cultivars and two types of soil and hydroponic culture substrates on functional response of *Chrysoperla carnea* to *Aphis gossypii*. *Plant Pest Research*, *14*(3), 15-28. **Doi: https://doi.org/10.22124/iprj.2024.28481.1596**

*Corresponding author: hassanpour@uma.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)