

تأثیر گیاه میزبان بر واکنش تابعی کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* Mulsant The effect of host plant on the functional response of *Stethorus gilvifrons* Mulsant

ندا خردپیر^{۱*}، جعفر خلقانی^۲، هادی استوان^۳ و محمدرضا رضایانه^۴

پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۲

دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۳

چکیده

واکنش تابعی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارتباط شکارگر-طعمه است که تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله ویژگی‌های گیاه میزبان قرار می‌گیرد. اثر خصوصیات سطح برگ گیاه میزبان بر واکنش تابعی کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* در مراحل لاروی و بالغ نر و ماده بر روی سه هیبرید خیار گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که خصوصیات گیاه میزبان، تراکم‌های مختلف طعمه و تلفیق این دو عامل با یکدیگر بر تعداد طعمه‌های کشته شده توسط شکارگر تأثیر گذاشتند. رگرسیون لجستیک، واکنش تابعی نوع سوم را برای لاروهای شکارگر بر روی سه میزبان گیاهی و ماده‌های بالغ بر روی دو هیبرید فادیا و سلطان و نرهای بالغ بر روی هیبرید سینا و فادیا نشان داد. نتایج حاصل از برآورد زمان دستیابی و نرخ حمله نیز بر تأثیر ساختار گیاه میزبان بر کارایی و قدرت جستجوگری دشمن طبیعی تأکید داشت که می‌بایست به منظور بهبود کاربرد مبارزه بیولوژیک در نظر گرفته شود.

واژگان کلیدی: واکنش تابعی، خیار، *Tetranychus urticae*، *Stethorus gilvifrons*

۱- استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، ورامین، ایران

۲- مدیر عامل شرکت پژوهش و توسعه کشاورزی، سازمان اقتصادی کوثر

۳- استاد، گروه حشره‌شناسی، دانشکده علوم کشاورزی و فناوری های نوین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران

۴- دانشیار، بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران،

ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: n.kheradpir@gmail.com

مقدمه

کشت خیار گلخانه‌ای در نقاط مختلف جهان ابعاد تازه‌ای یافته است و اینک علاوه بر کشورهای شمال اروپا، منطقه مدیترانه، شمال آفریقا، کانادا و ژاپن (Ramakers and O'Neill, 2000)، در بخش‌های وسیعی از ترکیه، سوریه، عربستان و اردن نیز تحت گلخانه‌های پلاستیکی و شیشه‌ای کشت می‌شود (زرگران ۱۳۷۹؛ Gullino et al., 2000). در ایران نیز از مجموع بیش از ۵۹۰۰ هکتار گلخانه‌های ایران، بیش از ۳۵۰۰ هکتار به کشت محصولات سبزی و صیفی تعلق دارد که از این میان، ۲۹۰۰ هکتار به کشت هیبریدهای مختلف خیار اختصاص یافته است (بنی‌عامری، ۱۳۸۲).

کنه تارتن دولکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch یکی از پرانتشارترین آفات است که در سراسر دنیا بر روی انواع محصولات، تا ۱۲۰۰ گونه در ۷۰ جنس (برادران و همکاران، ۱۳۸۰) فعال بوده و در شرایط زراعی گوناگون مانند گلخانه‌ها بر روی بیش از ۳۰۰ میزبان (Mersino 2002)، نهالستان‌ها، مزارع و باغ‌ها دیده شده است (Yano, 2004; Zhang 2003; van den Boom et al., 2003). از میان هفت گروه آفات خسارت‌زا در گلخانه‌های سبزی‌جات و صیفی‌جات، کنه تارتن دولکه‌ای پس از سفید بالک‌ها مقام دوم را دارد (بنی‌عامری ۱۳۸۲؛ Brodsgaard and Albajes, 2000).

کفشدوزک‌های جنس *Stethorus* تنها شکارگرانی هستند که به طور اختصاصی از کنه‌های گیاهخوار تارتن تغذیه می‌کنند (Roy et al., 2002; Yoder et al., 2003). تاکنون گزارشی از تولید مثل این کفشدوزک‌ها با تغذیه از منابع غذایی دیگری به جز کنه‌ها ارائه نشده است (حاجی‌زاده، ۱۳۷۴، افشاری، ۱۳۷۸). این کفشدوزک‌ها دارای گسترش جهانی بوده و در نقاطی که کنه‌های Tetranychidae یافت می‌شوند، انتشار دارند. کفشدوزک *S. gilvifrons* در سراسر اروپا و آمریکا انتشار داشته و از مهم‌ترین عوامل کنترل کنه *T. urticae* در مزارع توت‌فرنگی و لوبیا در عراق و ترکیه است. این کفشدوزک پرانتشارترین گونه در منطقه ایران و خاورمیانه نیز هست (حاجی‌زاده و کمالی، ۱۳۸۱) و از مناطق و استان‌های مختلف شامل استان تهران شامل مناطق کرج، مهرشهر و شهریار (حاجی‌زاده، ۱۳۷۴)، فارس (یزدانی، ۱۳۶۹)، کرمان (کوهپایه‌زاده و مصدق، ۱۳۷۲)، گلستان (منتظری، ۱۳۷۳)، سمنان (وفائی‌نژاد، ۱۳۷۵)، گیلان (پیروی چشناسر، ۱۳۷۶)، خوزستان (افشاری، ۱۳۷۸) گزارش شده است.

واکنش تابعی شکارگر، فاکتور کلیدی تنظیم‌کننده پویایی جمعیت در سیستم‌های شکار-شکارگر بوده (Pervez and Omkar, 2005) و یکی از عوامل مهم در ارزیابی توان جستجوگری دشمنان طبیعی است. این پارامتر تعیین‌کننده قابلیت شکارگر در یافتن طعمه و تنظیم جمعیت خود به ازاء تراکم‌های مختلف آن است. لذا واکنش تابعی شکارگر در برابر تراکم طعمه نشانگر تلفات افراد طعمه به ازاء هر فرد شکارگر همراه با افزایش تراکم طعمه تعریف می‌شود (Lester and Harmsen, 2002; Nilson and Ruxton, 2004). رفتار تغذیه شکارگران خانواده Coccinellidae به تراکم طعمه وابسته است؛ به طوری که با افزایش تراکم طعمه وقت کم‌تری صرف تغذیه از هر طعمه می‌گردد و لذا زمان دستیابی یا Handling time کاهش می‌یابد. بررسی‌ها در زمینه واکنش تابعی کفشدوزک *S. gilvifrons* در برابر تراکم‌های مختلف کنه قرمز اروپائی نشان داد که واکنش تابعی حشرات کامل و لاروهای سن چهارم به تراکم‌های مختلف کنه قرمز اروپائی و *T. turkestanii* از نوع دوم هولینگ است (حاجی‌زاده، ۱۳۷۴؛ افشاری، ۱۳۷۸). (Hull et al., 1977) طی بررسی‌های خود بر روی کفشدوزک *S. punctum* واکنش تابعی این شکارگر را نسبت به تغییرات جمعیت کنه قرمز اروپائی *P. ulmi* از نوع دوم گزارش نمودند؛ به طوری که یک منحنی با شتاب منفی که به تدریج به حالت مسطح می‌رسد، حاصل خواهد شد. (McGregor and Peterson 2000) نیز طی تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند. (Yoder et al., 2003) در مقالات خود واکنش تابعی و عددی کفشدوزک *S. nigripes* را نسبت به تغییرات جمعیت *Panonychus ulmi* بسیار قوی و قابل توجه گزارش نمودند. نتایج مطالعات آزمایشگاهی بر روی واکنش تابعی *S. gilvifrons* با تغذیه از *Tetranychus turkestanii* نشان دهنده واکنش تابعی از نوع سوم با حداکثر ۶۵/۲ طعمه خورده شده بود (Sohrabi and Shishehbor, 2007). (Osman, 2010) نشان داد که واکنش تابعی کفشدوزک ریز سیاه نسبت به افزایش تراکم کنه تارتن دولکه‌ای از نوع

دوم است. همین محقق مرحله لاروی این شکارگر را در مقایسه با افراد بالغ بسیار مهاجم و پرخور معرفی نمود. در تحقیق دیگری واکنش تابعی سنین مختلف لاروی *S. gilvifrons* به تغییرات تراکم تخم‌های *Eutetranychus orientalis* بر روی برگ‌های لوبیا بررسی شد و واکنش تابعی لاروها از نوع دوم گزارش گردید (Imani and Shishehbor, 2011). (Darabi et al., 2013) واکنش تابعی این شکارگر را با تغذیه از کنه‌های ماده بالغ *Oligonychus sacchari* بر روی سه رقم تجاری نیشکر از نوع سوم گزارش نمودند.

ارتباط میان بندپایان گیاهخوار و دشمنان طبیعی آن‌ها تحت تأثیر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی گیاه میزبان قرار می‌گیرد. مواد فرار گیاه، توکسین‌ها، ساختارهای فیزیکی نظیر دوماتیاها، موهای سطح برگ و خارها بر کارایی دشمنان طبیعی به خصوص راندمان جستجوگری تأثیر می‌گذارند (Cedola et al., 2001). در مطالعات مشابه بر روی روابط متقابل گیاه- گیاهخوار- دشمن طبیعی موارد متعددی از اثرات گیاه میزبان به اثبات رسیده است. Riddick and Wu (2011) نشان دادند که موهای سطح زیرین برگ‌های لوبیا بر نرخ بقا لاروهای *S. punctillum* اثر منفی دارند. واکنش تابعی ماده‌های بالغ *S. gilvifrons* در برابر تغییرات تراکم کنه تارتن توت فرنگی *T. turkestanii* بر روی برگ‌های لوبیا چشم بلبلی، لوبیا چیتی و خیار بررسی گردید و تأثیر گیاه میزبان بر نرخ شکارگری و اجزاء واکنش تابعی این شکارگر نشان داده شد (Karami and Shishehbor, 2012). (Bayoumi et al., 2014) واکنش تابعی کفشدوزک ریز سیاه را با تغذیه از کنه تارتن دولکه‌ای بر روی لوبیا چیتی، لوبیا سبز و برگ‌های خیار بررسی کرده و نشان دادند که لایه‌های مومی برگ‌های لوبیا چیتی و تراکم بالای تریکوم‌ها بر روی برگ‌های خیار باعث کاهش راندمان جستجوگری شکارگر می‌شوند.

در این بررسی نیز واکنش تابعی کفشدوزک ریز سیاه بر روی سه هیبرید خیار گلخانه‌ای (سلطان، سینا و فادیا) که بیش‌ترین سطح زیر کشت گلخانه‌های کشور را پوشش داده‌اند، برای افراد ماده بالغ، نر بالغ و لارو سن چهارم شکارگر بررسی گردید تا اثر متقابل گیاه میزبان و دشمن طبیعی سنجیده شود.

مواد و روش‌ها

کنه تارتن دولکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch از کلنی مستقر بر روی بوته‌های خیار رقم سلطان موجود در گلخانه تحقیقاتی گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی کرج (دانشگاه تهران) تهیه و نمونه‌های کفشدوزک ریز سیاه از باغ سیب مهرشهر کرج با استفاده از آسپیراتور جمع‌آوری شد.

کلیه مراحل آزمایش اعم از پرورش کنه تارتن دولکه‌ای، پرورش کفشدوزک شکارگر، اجرای مراحل مختلف آزمایشات در شرایطی مشابه با گلخانه‌های خیار انجام گرفت. به این منظور از اتاق رشد مستقر در بخش تحقیقات مبارزه بیولوژیک، مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور استفاده شد. دمای اتاق 25 ± 0.5 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد تنظیم و در هر شبانه روز ۱۶ ساعت روشنایی با شدت تابش ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ لوکس در نظر گرفته شد (حاجی‌زاده، ۱۳۷۴؛ Takabayashi et al., 2000؛ Egas et al., 2003؛ Yano, 2004). به منظور پرورش کنه تارتن دولکه‌ای از گیاه لوبیا چیتی رقم کانتاندر استفاده شد (طبق روش حاجی‌زاده، ۱۳۷۴؛ افشاری، ۱۳۷۸). برای پرورش کفشدوزک‌های ریز سیاه از طعمه طبیعی، کنه تارتن دولکه‌ای، استفاده شد (اسلامی‌زاده و پورمیرزا، ۱۳۷۹؛ Chazeau, 1974؛ Roy et al., 2002). کنه‌های تارتن دولکه‌ای مورد استفاده برای تغذیه و پرورش کفشدوزک شکارگر بر روی لوبیا چشم‌بلبلی پرورش داده شدند. به این منظور هر ۲ هفته یک بار ۶ عدد بذر لوبیا چشم بلبلی رقم پرستو در گلدان‌های پلاستیک کشت شدند (افشاری، ۱۳۷۸) و یک روز در میان برگ‌های اشباع از تخم و کنه در اختیار کفشدوزک‌ها قرار داده شد.

برای شناخت رفتار شکارگر به ازاء تغییرات تراکم طعمه، آزمون واکنش تابعی در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد (Solomon, 1949؛ Holling, 1959؛ Koveos and Broufas, 2000). برای اجرای این آزمون از شکارگران بالغ نر و ماده ۸-۷ روزه و لارو سن ۴ یک روزه استفاده (افشاری، ۱۳۷۸) و ۲۴ ساعت قبل از آغاز تست در شرایط گرسنگی قرار داده شدند (Peterson and McGregor, 2000). سپس تراکم‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۳۰ و ۴۸ طعمه به ترتیب

در اختیار آن‌ها قرار داده شد. برای کفشدوزک‌های بالغ، کنه‌های بالغ و برای لارو سن چهار، تخم کنه به عنوان طعمه قرار داده شد (Lester and Harmsen, 2002؛ Lester *et al.*, 2000). محیط اجرای آزمایش، دیسک برگ‌هایی به عرض ۳/۲ سانتی‌متر از سه رقم منتخب بر روی پنبه اشباع از آب بودند. به هر کفشدوزک اجازه داده شد تا یک ساعت تغذیه نماید و پس از آن کنه‌های خورده نشده و پوسته‌ها از محیط خارج شدند تا اثر گرسنگی و یادگیری در نتایج منعکس شود (Cedola *et al.*, 2001). برای هر تراکم طعمه و هر شکارگر ۵ تکرار در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از آزمون تحت نرم‌افزار SAS-6.12 آنالیز گردید. برای تفکیک واکنش تابعی نوع دوم و سوم از یکدیگر از رگرسیون لوجستیک نسبت طعمه خورده شده در مقابل تعداد طعمه عرضه شده با استفاده از مدل پلی‌نومینال ذیل استفاده شد:

$$Ne/N_0 = \exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + \dots) / 1 + \exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + \dots)$$

P پارامتری است که با حداکثر احتمال تخمین زده می‌شود؛ N_e تعداد طعمه خورده یا کشته شده و N_0 تعداد اولیه تراکم طعمه در محیط هستند. اگر پارامتر خطی P_1 منفی باشد، واکنش تابعی از نوع دوم بوده و اگر مثبت باشد، واکنش از نوع سوم است (Sobhani *et al.*, 2013). از ضریب همبستگی NLS (Nonlinear Least Square) برای برآورد پارامترهای واکنش تابعی نظیر نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) بر اساس فرمول هولینگ استفاده شد. از مقدار زمان دستیابی برای محاسبه حداکثر نرخ حمله در زمان T/T_h استفاده شد؛ نسبت T/T_h عبارتست از حداکثر تعداد طعمه‌ای که ممکن است توسط شکارگر طی ۲۴ ساعت خورده شود.

نتایج

کارایی شکارگری کفشدوزک ریز سیاه با رشد حشره از مرحله لاروی به بلوغ افزایش نشان داد. پارامترهای نرخ حمله موفقیت‌آمیز و زمان دستیابی در جدول ۱ چنین رابطه‌ای را نشان می‌دهند. نرخ حمله در افراد بالغ کفشدوزک بالاتر از لاروها محاسبه گردید به طوری که بیش‌ترین نرخ حمله برای نرهای بالغ بر روی هیبرید سلطان برآورد شد ($a = 0.061 \pm 0.004$)؛ از سوی دیگر، کم‌ترین نرخ حمله موفقیت‌آمیز در لاروهای شکارگر بر روی هیبرید سینا مشاهده شد ($a = 0.022 \pm 0.002$). بدون در نظر گرفتن نوع واکنش تابعی، نرخ حمله موفقیت‌آمیز برای حشرات بالغ بر روی تمام هیبریدها مطلوب بود. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱، لاروها بیش‌ترین زمان دستیابی را بر روی تمام هیبریدهای خیار نشان دادند. نرخ T/T_h برای لاروهای شکارگر بسیار کم‌تر از افراد بالغ محاسبه گردید (جدول ۱).

کفشدوزک ریز سیاه در تمام مراحل رشدی از کنه‌های تارتن دولکه‌ای تغذیه می‌کنند و با توجه به تغییرات تراکم طعمه بهترین نوع واکنش تابعی برای آن‌ها نوع سوم بود. همان‌طور که در نتایج مشاهده می‌شود، واکنش تابعی لاروهای کفشدوزک ریز سیاه بر روی تمام هیبریدهای خیار مورد بررسی از نوع سوم مشخص گردید (فادیا: $P1 = 0.1764$, $Sig. = 0.045$ ؛ سلطان: $P1 = 0.128$, $Sig. = 0.16$ ؛ سینا: $P1 = 0.1705$, $Sig. = 0.10$). مقادیر محاسبه شده برای P نشان‌دهنده افزایش شیب منحنی بود که شاخص اصلی واکنش تابعی نوع سوم است (جدول ۲).

شکارگرهای ماده بالغ بر روی هیبریدهای فادیا و سلطان و نرهای بالغ بر روی هیبرید فادیا نیز واکنش تابعی از نوع سوم نشان دادند. ولی با توجه به منفی شدن محاسبات همبستگی برای پارامتر P در مورد ماده‌های بالغ شکارگر بر روی هیبرید سینا و نرهای بالغ بر روی سلطان، واکنش تابع این گروه از شکارگران بر روی هیبریدهای مشخص شده از نوع دوم مشخص گردید (جدول ۳ و ۴). تراکم موها بر روی سطح زیرین برگ‌های خیار شمارش و بطور میانگین به ترتیب با مقادیر $2/4 \pm 15$ تریکوم در سانتی‌متر مربع برای فادیا، $4/1 \pm 28$ تریکوم در سانتی‌متر مربع برای سلطان و $3/3 \pm 13$ تریکوم در سانتی‌متر مربع برای سینا محاسبه شد.

جدول ۱- پارامترهای معادله هولینگ برای لاروها و افراد بالغ *S. gilvifrons* با تغذیه از *T. urticae* بر روی سه هیبرید خیار گلخانه‌ای

Table 1. Parameter estimated by Holling's disk equation, indicating The functional response of female and male adult and last instar larvae of *S. gilvifrons* to densities of *T. urticae* on 3 greenhouse cucumber Hybrids

R ²	T/T _h	برآورد ± میانگین خطای استاندارد X ± SE Mean	پارامتر Parameter	هیبرید گیاه میزبان Plant hybrid	شکارگر Predator
0.834	30.11	0.045 ± 0.004	a	فادیا Fadia	ماده بالغ Adult female
		0.954 ± 0.077	T _h		
0.837	33.56	0.047 ± 0.004	a	سلطان Sultan	ماده بالغ Adult female
		0.871 ± 0.076	T _h		
0.837	32.92	0.043 ± 0.005	a	سینا Sina	نر بالغ Adult male
		0.942 ± 0.104	T _h		
0.832	31.25	0.045 ± 0.005	a	فادیا Fadia	نر بالغ Adult male
		0.971 ± 0.099	T _h		
0.813	26.96	0.061 ± 0.004	a	سلطان Sultan	نر بالغ Adult male
		0.995 ± 0.051	T _h		
0.815	24.84	0.054 ± 0.004	a	سینا Sina	لاروها Larvae
		1.098 ± 0.064	T _h		
0.836	18.32	0.024 ± 0.002	a	فادیا Fadia	لاروها Larvae
		1.689 ± 0.186	T _h		
0.824	17.56	0.030 ± 0.003	a	سلطان Sultan	لاروها Larvae
		1.653 ± 0.140	Th		
0.852	21.71	0.022 ± 0.002	a	سینا Sina	لاروها Larvae
		1.436 ± 0.162	Th		

جدول ۲- آنالیز رگرسیون لجستیک سهم کنه‌های تارتن خورده شده توسط لاروهای سن آخر *S. gilvifrons* بر روی سه هیبرید خیار گلخانه‌ای

Table 2. Logistic regression analyses of the proportion of *T. urticae* fed by last instar larvae of *S. gilvifrons* on 3 greenhouse cucumber hybrids.

P-value	Chi-Square	خطای استاندارد SE	برآورد Estimate	پارامتر Parameter	هیبرید گیاه میزبان plant hybrid
0.022	5.23	0.6528	-1.4933	P ₀	فادیا Fadia
0.045	2.96	0.1025	0.1764	P ₁	
0.069	3.30	0.0044	-0.0080	P ₂	
0.093	2.82	0.0000	0.0000	P ₃	سلطان Sultan
0.018	1.74	0.6118	-0.8060	P ₀	
0.016	1.75	0.0972	0.1285	P ₁	
0.116	2.47	0.0042	-0.0066	P ₂	سینا Sina
0.136	2.22	0.0000	0.0000	P ₃	
0.016	5.75	0.6643	-1.5942	P ₀	
0.010	2.70	0.1037	0.1705	P ₁	سینا Sina
0.105	2.62	0.0044	-0.0071	P ₂	
0.151	2.06	0.0000	0.0000	P ₃	

جدول ۳- آنالیز رگرسیون لجستیک سهم کنه‌های تارتن خورده شده توسط ماده‌های بالغ *S. gilvifrons* بر روی سه هیبرید خیار گلخانه‌ای

Table 3. Logistic regression analyses of the proportion of *T. urticae* fed by females of *S. gilvifrons* on 3 greenhouse cucumber hybrids.

P-value	Chi-Square	خطای استاندارد SE	برآورد Estimate	پارامتر Parameter	هیبرید گیاه میزبان plant hybrid
0.025	1.28	0.6561	0.7415	P ₀	فادیا Fadia
0.052	0.41	0.1028	0.0660	P ₁	
0.263	1.25	0.0043	-0.0048	P ₂	
0.253	1.31	0.0000	0.0000	P ₃	سلطان Sultan
0.545	0.37	0.6369	-0.3853	P ₀	
0.010	6.60	0.1032	0.2650	P ₁	
0.004	8.02	0.0044	-0.0126	P ₂	سینا Sina
0.007	7.52	0.0000	0.0001	P ₃	
0.0030	8.82	0.3439	1.0215	P ₀	
0.5266	0.40	0.0281	-0.0178	P ₁	سینا Sina
0.405	0.69	0.0004	-0.0003	P ₂	
0.176	1.82	0.0000	0.0000	P ₃	

جدول ۴- آنالیز رگرسیون لجستیک سهم کنه‌های تارتن خورده شده توسط نرهای بالغ *S. gilvifrons* بر روی سه هیبرید خیار گلخانه‌ای

Table 4. Logistic regression analyses of the proportion of *T. urticae* fed by males of *S. gilvifrons* on 3 greenhouse cucumber hybrids.

P-value	Chi-Square	خطای استاندارد SE	برآورد Estimate	پارامتر Parameter	هیبرید گیاه میزبان plant hybrid
0.553	0.35	0.6242	-0.3696	P ₀	فادیا <i>Fadia</i>
0.021	5.32	0.1004	0.2314	P ₁	
0.009	6.69	0.0043	-0.0112	P ₂	
0.013	6.06	0.0000	0.0001	P ₃	
0.005	7.64	1.0657	2.9451	P ₀	سلطان <i>Sultan</i>
0.713	0.14	0.1527	-0.0561	P ₁	
0.661	0.19	0.0061	-0.0027	P ₂	
0.499	0.46	0.0000	0.0000	P ₃	
0.046	3.96	0.7499	1.4920	P ₀	سینا <i>Sina</i>
0.798	0.07	0.1144	0.0292	P ₁	
0.328	0.95	0.0048	-0.0046	P ₂	
0.260	1.27	0.0000	0.0000	P ₃	

بحث

واکنش تابعی شکارگر فاکتور کلیدی تنظیم کننده پویایی جمعیت در سیستم‌های شکار- شکارگر است (Solomon, 1949). واکنش تابعی نرخی را که در آن شکارگر می‌تواند طعمه را در تراکم‌های مختلف از بین ببرد، نشان داده و لذا کارآئی شکارگر را در تنظیم جمعیت طعمه مشخص می‌کند (Pervez and Omkar, 2005). واکنش تابعی کفشدوزک‌های جنس *Stethorus* در بسیاری از منابع مورد بررسی قرار گرفته است؛ افشاری (۱۳۷۸) طی بررسی‌های خود بر روی کفشدوزک گونه *S. gilvifrons* با تغذیه از جمعیت *T. urticae* و *T. turkestanii* بر روی برگ‌های ذرت، واکنش تابعی را از نوع دوم هولینگ معرفی و پارامتر a را معادل $2/8$ اعلام نمود. Peterson and McGregor (2000) در بررسی‌های خود بر روی رفتار شکارگری *S. punctum* در جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای دریافتند که با افزایش تراکم طعمه زمان دستیابی *Handling time* در این شکارگر کاهش می‌یابد و در این حالت محتوای کم‌تری از بدن هر طعمه مکیده می‌شود. لذا نتیجه گرفتند که رفتار تغذیه شکارگران خانواده *Coccinellidae* به تراکم میزبان وابسته است. در بخش نتایج این تحقیق دیده شد که واکنش تابعی شکارگر در برخی موارد بخصوص شکارگران ماده بالغ بر روی هیبرید سینا و نرهای بالغ بر روی هیبرید سلطان از نوع دوم هولینگ بوده است؛ که نشان‌دهنده تأثیر جنسیت شکارگر و هیبرید گیاه میزبان بر واکنش تابعی بود. در این نوع واکنش تابعی نسبتی از طعمه که به ازاء هر شکارگر کشته می‌شود، با افزایش تراکم طعمه کاهش می‌یابد. در واقع نرخ حمله با افزایش تراکم کم می‌گردد تا زمانی که تراکم صید در محیط ثابت شود (Juliano, 2001؛ Rogers, 1972؛ Holling, 1959). واکنش تابعی شکارگر به نوع طعمه، گیاه میزبان و دما محیط بستگی دارد؛ در شرایطی که دمای محیط ثابت و تنها یک طعمه در محیط وجود دارد، نوع واکنش تابعی متأثر از گیاه میزبان خواهد بود. گیاهان میزبان می‌توانند با اثر بر کیفیت گیاهخوار، به‌طور غیرمستقیم بر رفتار، فیزیولوژی و یا نرخ رشد دشمن طبیعی تأثیر گذارده و یا مستقیماً بر رفتار شکارگر تأثیر داشته باشند. اثر گیاهان بر فعالیت دشمن طبیعی را در موارد زیر خلاصه نموده‌اند (Cortesero et al. 2000): ۱- گیاهان می‌توانند پناهگاه مناسبی برای دشمنان طبیعی فراهم کنند، ۲- میزان دستیابی شکارگر به طعمه به ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه میزبان وابسته است؛ فاکتورهایی نظیر سطح برگ، تریکوم‌ها، برگ‌های مومی، ضخامت برگ و ساختمان گیاه می‌توانند اثر مثبت یا منفی بر رفتار شکارگر داشته باشند؛ گیاهی مانند خیار اغلب باعث اختلال در رفتار شکارگران می‌شود، ۳- گیاهان علائم لازم را برای یافتن طعمه فراهم می‌کنند و ۴- گیاهان بر میزان تناسب طعمه تأثیر می‌گذارند. واکنش تابعی نوع دوم در شکارگران این گونه کفشدوزک، نماینده کارآئی این شکارگران در کنترل جمعیت طعمه در تراکم‌های نسبتاً بالاست (Juliano, 2001) به‌طوری‌که، از وابستگی منفی شکارگر به تراکم طعمه ناشی می‌شود. در موارد متعددی نیز واکنش

تابعی شکارگر از نوع سوم تشخیص داده شد؛ (Pervez and Omkar, 2005) در بررسی‌های خود بر روی واکنش تابعی گونه‌های مختلف خانواده کفشدوزک‌ها بیان نمودند که در میان این شکارگران تنوع واکنش تابعی حتی در جمعیت‌های مختلف یک گونه عمومیت دارد؛ بر اساس تحقیقات وی، ممکن است هر گونه از کفشدوزک‌ها در مراحل مختلف رشدی و یا بسته به گونه طعمه و گیاه میزبان و تراکم طعمه در واحد سطح واکنش‌های تابعی گوناگونی نیز نشان دهد. از این رو مشاهده دو نوع واکنش تابعی نوع دوم و نوع سوم در *S. gilvifrons* چندان دور از انتظار نیست. در واکنش تابعی نوع سوم، به علت وابستگی مثبت شکارگر به تراکم طعمه نرخ شکارگری با افزایش تراکم طعمه زیاد می‌شود (Holling, 1959)؛ البته گاهی واکنش تابعی نوع سوم در تراکم‌های بسیار پائین به افزایش تراکم وابستگی منفی نشان می‌دهد که از گرسنگی شکارگر ناشی می‌شود (Pervez and Omkar, 2005). (Darabi et al., 2013) با بررسی نرخ تغذیه *S. gilvifrons* بر روی *O. sacchari* بر روی ارقام مختلف نیشکر و (Sohrabi and Shishehbor, 2007) با مطالعه واکنش تابعی همین گونه شکارگر با تغذیه از *T. turkestanii* و همچنین حاجی‌زاده و کمالی (۱۳۸۲) واکنش تابعی این شکارگر را در برابر تغییرات تراکم *P. ulmi* از نوع سوم گزارش نمودند.

در بررسی پارامترهای نرخ حمله a و زمان دستیابی T_h مشاهده گردید که مدت زمان دستیابی در تمام موارد علی‌رغم تفاوت نوع واکنش تابعی مشابه است؛ زمان دستیابی مدت زمان لازم برای تشخیص، حمله، کشتن، بلعیدن و هضم طعمه است و لذا می‌تواند در تراکم‌های بالا در رفتار شکارگر محدودیت ایجاد کند (Nilson and Ruxton, 2004). بر اساس مدل SSS یا Steady State Satiation (Jeschke et al., 2002) که مطابق با مدل هولینگ ارائه شده است، چرخه شکارگری به پنج مرحله تفکیک می‌شود: جستجو، مواجهه، شناسایی، حمله و خوردن. این طور فرض می‌شود که این مراحل از یکدیگر تفکیک شده باشند و در هر مرحله دو فاکتور مورد بررسی قرار می‌گیرد: زمان لازم برای تکمیل هر مرحله و احتمال عبور شکارگر از مرحله قبل برای رسیدن به این مرحله. در این شرایط، هضم پروسه‌ای خواهد بود که ماوراء این مراحل قرار داشته و احتمال جستجوی شکارگر را به دنبال طعمه تعیین می‌کند. از آنجا که مدت زمان لازم برای سپری شدن مرحله هضم در افراد یک گونه یکسان است، لذا می‌توان انتظار داشت که زمان دستیابی در افراد مختلف یک شکارگر حتی در مراحل رشدی گوناگون نیز مقدار نسبتاً مشابهی باشد؛ و عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در مقادیر زمان دستیابی بین ارقام مختلف از این واقعیت تبعیت می‌کند. در این تحقیق نرخ حمله شکارگر در مرحله لاروی بر روی تمام هیبریدهای مورد استفاده خیار بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از نرها و ماده‌های بالغ محاسبه گردید که می‌تواند به دلیل توانایی کمتر لاروها برای حرکت بر روی سطح برگ‌های کرک‌دار خیار باشد. در واقع میزان موفقیت لاروهای *Stethorus* به شدت تحت تأثیر ساختار سطح برگ میزبان قرار دارد. (Imani and Shishehbor, 2011) ضمن مطالعه واکنش تابعی کفشدوزک ریز سیاه با تغذیه از *E. orientalis* بر روی برگ‌های لوبیا چیتی، نرخ حمله لاروهای سن چهارم را برابر با ۰/۱۲۵ و برای افراد ماده بالغ ۰/۰۴۶ نشان دادند که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد. (Darabi et al., 2013) نیز نرخ حمله کفشدوزک ریز سیاه با تغذیه از *O. sacchari* بر روی ارقام مختلف نیشکر ۰/۷-۰/۱۲ محاسبه نمودند که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد. در بین هیبریدهای مورد بررسی در این تحقیق مقدار a یا نرخ حمله برای هیبرید خیار از سایر هیبریدها کمتر مشاهده گردید. در بررسی زمان دستیابی شکارگر، (Darabi et al., 2013) مقدار T_h را برای شکارگر خود بر روی ارقام مختلف نیشکر ۰/۳۰۷-۰/۳۶۶ گزارش نمودند که از مقادیر محاسبه شده در تحقیق حاضر بسیار بیش‌تر بود. (Karami and Shishehbor, 2012) ضمن مطالعات خود اثر گیاه میزبان بر زمان دستیابی کفشدوزک ریز سیاه را تأیید کردند. مقدار T_h محاسبه شده در این تحقیق برای لاروها و افراد بالغ شکارگر بر روی تمام هیبریدهای خیار مورد بررسی بیش‌تر از تحقیقات مشابه پیشین بود، به‌طوری‌که پیش از این مقدار T_h برابر با ۰/۱۳۴ برای لاروها و ۰/۰۸۲ برای بالغین (Imani and Shishehbor, 2011)، ۰/۲۳۳ برای افراد بالغ (Mehrkhoh, 2009) و ۰/۱۳۸ برای افراد بالغ (Matin, 2008) گزارش شده است. در کل سه عامل بر زمان دستیابی دشمنان طبیعی تأثیر می‌گذارند که عبارتند از زمان صرف شده برای تعقیب و شکار طعمه، زمان صرف شده برای

خوردن طعمه و زمان لازم برای هضم طعمه خورده شده (Hassel, 1978). لذا می‌توان به دلیل تراکم بالای کرک بر روی برگ‌های خیار، نرخ حمله کم و زمان دستیابی طولانی تر شکارگر را در مقایسه با سایر تحقیقات توجیه نمود. از سوی دیگر، تریکوم‌های سطح برگ گیاه می‌توانند پناهگاه خوبی برای مصونیت نسبی طعمه‌های کوچک جثه مانند کنه‌های تارتن باشند (Bayoumi et al., 2014)؛ در نتیجه برگ‌های خیار با تراکم بالای کرک‌های سطحی شکارگر را در رسیدن به طعمه دچار مشکل می‌کند.

علیرغم آن که *S. gilvifrons* می‌تواند شکارگر بسیار خوبی برای کنترل کنه‌های تارتن باشد، ولی به دلیل تأثیر مستقیم گیاه میزبان بر کارایی شکارگر همواره می‌بایست اثر گیاه میزبان در کاربرد این شکارگر مد نظر قرار گیرد. واکنش تابعی شاخص بسیار خوبی برای سنجش کیفیت عامل کنترل بیولوژیک محسوب می‌شود؛ در عین حال می‌بایست اجزاء تشکیل دهنده آن نیز مورد بررسی قرار گیرد و همچنان تفسیر نتایج حاصل از آن در شرایط صحرایی چندان ساده نیست.

References

منابع

- اسلامی‌زاده، ر. و پورمیرزا، ع. ا. ۱۳۷۹. زیست‌شناسی و قدرت شکارگری کفشدوزک *S. punctillum* و سن شکارگر *Orius minutus* با تغذیه از کنه قرمز اروپائی *Panonychus ulmi* در شرایط آزمایشگاهی. مجله علمی کشاورزی. ۲۲(۱).
- افشاری، ع. ق. ۱۳۷۸. بررسی کفشدوزک‌های جنس *Stethorus* و مطالعه بیولوژی، رژیم غذایی و تغییرات جمعیت گونه *S. gilvifrons* در مزارع نیشکر استان خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۵۸ صفحه.
- برادران، پ.، اربابی، م.، کمالی، ک. و استوان، ه. ۱۳۸۰. مطالعه آزمایشگاهی بیولوژی کنه تارتن قرمز گلخانه‌ای *Tetranychus cinnabarinus* روی گیاهان زینتی. آفات و بیماری‌های گیاهی ۱۶۹(۱): ۵۰-۳۳.
- بنی‌عامری، و. ۱۳۸۲. راهکارهای مدیریت تلفیقی آفات سبزیجات گلخانه‌ای، سومین همایش ملی توسعه ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی. صفحه ۶۶۲.
- پیروی چشناسر، ح. ۱۳۷۶. بخشی از فون کفشدوزک‌های استان گیلان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان. ۱۰۰ صفحه.
- حاجی‌زاده، ج. ۱۳۷۴. شناسایی کفشدوزک‌های جنس *Stethorus Weise* در استان تهران و مطالعه بیولوژی، کارایی و امکان پرورش انبوه کفشدوزک *S. gilvifrons* (Mulsant). پایان‌نامه دکتری تخصصی حشره‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۹۹ صفحه.
- حاجی‌زاده، ج. و کمالی، ک. ۱۳۸۱. اثر تراکم طعمه بر میزان تغذیه و طول دوران رشد لاروی کفشدوزک کنه‌خوار *Stethorus gilvifrons* پانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. صفحه ۳۳۵.
- زرگران، ع. ۱۳۷۹. خیار گلخانه‌ای و تکنیک کشت آن. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. بخش تحقیقات سبزی و صیفی. ۲۳ صفحه.
- کوهپایه‌زاده اصفهانی، ن. و مصدق، م. س. ۱۳۷۲. بخشی از فون کفشدوزک‌های استان کرمان. مجله علمی کشاورزی ۱۶: ۷۵-۶۴.
- منتظری، م. ۱۳۷۳. فون کفشدوزک‌های دشت گرگان و گنبد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۴۳ صفحه.
- وفائی‌نژاد، ع. ۱۳۷۵. بخشی از فون کفشدوزک‌های استان سمنان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی دانشگاه گیلان. ۸۶ صفحه.

یزدانی، ع. ۱۳۶۹. فون کفشدوزک‌های استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ۱۴۵ صفحه.

- Bayoumi, M. H., Osman, M. A. and Michaud, J. P. 2014.** Host plant mediates foraging behavior and mutual interference among adult *Stethorus gilvifrons* preying on *Tetranychus urticae*. *Environmental Entomology* 43(5): 1309-1318.
- Brodsgaard, H. F. and Albajes, R. 2000.** Insect and mite pests. Pp: 48-60. In: Albajes, R. Integrated pest and disease management in greenhouse crops. Kluwer Academic Publication.
- Cedola, C. V., Sanchez, N. E. and Liljestrom, G. C. 2001.** Effect of tomato leaf hairiness on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus*. *Experimental and Applied Acarology* 25: 819-831
- Chazeau, J. 1974.** Evaluation de l'action predatrice de *Stethorus madecassus* sur *Tetranychus neocaledonicus*. *Entomophaga* 19: 183-193.
- Cortesero, A. M., Stapel, J. O. and Lewis, W. J. 2000.** Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. *Biological Control* 17: 35-49.
- Darabi, A., Haghani, M., Jamshidnia, A., Zamani, A. A. and Farrar, N. 2013.** Functional response of *Stethorus gilvifrons* prey on adult females of the sugar cane mite *Oligonychus sacchari*. *Journal of Entomological Research* 5(4): 341-352.
- Egas, M., Norde, D. J. and Sabelis. 2003.** Adaptive learning in arthropods: spider mites learn to distinguish food quality. *Experimental and Applied Acarology* 30: 233-247.
- Gullino, M. L., Albajes, R. and van Lenteren, J. C. 2000.** Setting the stage: characteristics of protected cultivation and tools for sustainable crop protection. Pp. 1-15. In: Albajes, R. Integrated pest and disease management in green house crops. Kluwer Academic Publication.
- Hassel, M. P. 1978.** The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton University Press.
- Holling, C. S. 1959.** Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologists* 91: 385-398.
- Hull, L. A., Asquith, D. and Mowery, P. D. 1977.** The mite searching ability of *Stethorus punctum* within an apple orchard. *Environmental Entomology* 6: 684-688.
- Imani, Z. and Shishehbor, P. 2011.** Functional response of *Stethorus gilvifrons* to different densities of *Eutetranychus orientalis* in laboratory. *Journal of Entomological Society of Iran* b31(1): 29-40.
- Jeschke, J. M., Kopp, M. and Tollrian, R. 2002.** Predator functional response: discriminating between handling and digesting prey. *Ecological Monographs* 72(1): 95-112.
- Julliano, S. A. 2001.** Non-linear curve fitting: predation and functional response curve. Pp. 178-196. In: Scheiner, S. M. and Gurevitch, J. Design and analysis of ecological experiments. 2nd ed. New York, Chapman and Hall
- Karami Jamour, T. and Shishehbor, P. 2012.** Host plant effects on the functional response of *Stethorus gilvifrons* to strawberry spider mites. *Biocontrol Science and Technology* 22(1): 101-110.
- Koveos, D. S. and Broufas, G. D. 2000.** Functional response of *Euseius finlandicus* and *Amblyseius andersoni* to *Panonychus ulmi* on apple and peach leaves in the laboratory. *Experimental and Applied Acarology* 24: 247-256.
- Lester, P. J. and Harmsen, R. 2002.** Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: an analysis of two predators in a two prey system. *Journal of Applied Ecology* 39: 455-468.
- Lester, P. J., Thistlewood, H. M. A. and Harmsen, R. 2000.** Some effects of pre-release host plant on the biological control of *Panonychus ulmi* by the predatory mite *Amblyseius fallacis*. *Experimental and Applied Acarology* 24: 247-256.
- Matin, M. 2008.** Biology and predation of *Stethorus gilvifrons* Mulsant fed on date dust mite *Oligonychus afrasiaticus* McGregor. M.Sc. Thesis. Mohaghegh Ardebili University, 73 pp.
- Mehrkhoh, F. 2009.** Foraging behaviour of *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). M.Sc. Thesis, Tarbiat Modarres University, 81 pp.
- Mersino, E. 2002.** Mites on ornamentals: Miscellaneous pests. Dec. 2002: MP-2. Hawaii University Cooperative Extension. 3 pp.
- Nilsson, P. A. and Ruxton, G. D. 2004.** Temporally fluctuating prey and interfering predators: A positive feedback. *Animal Behavior* 68: 159-165.
- Osman, M. A. 2010.** Functional response of the coccinellid predator *Stethorus gilvifrons* Mulsant feeding on the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch: the effect of different prey stages. *Journal of Plant Protection and Pathology, Mansoura University* 1(9): 753-765.
- Peterson, P. G. and McGregor, P. G. 2000.** Density dependent prey feeding mite of *Stethorus bifidus* on *Tetranychus linearius*. *New Zealand Journal of Zoology* 27:41-44.

- Pervez, A. and Omkar, B. R. B. 2005.** Functional response of Coccinellid predators: an illustration of a logistic approach. *Journal of Insect Science* 5(5): 1-6.
- Ramaker, P. M. J. and O'Neill, T. M. 2000.** Cucurbits. Pp. 435-352. In: Albajes, R. Integrated pest and disease management in greenhouse crops. Kluwer Academic Publisher.
- Riddick, E. W. and Wu, Z. 2011.** Lime bean-lade beetle interactions: hooked trichomes affect survival of *Stethorus punctillum* larvae. *BioControl* 56(1): 55-63.
- Rogers. 1972.** Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology* 41: 369-383.
- Roy, M., Brodeur, T. and Cloutier, C. 2002.** Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Col.: Coccinellidae) and its Prey *Tetranychus mcdanielli* (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology* 31(1): 177-187.
- Sobhani, M., Madadi, H. and Gharali, B. 2013.** Host plant effect on functional response and consumption rate of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) feeding on different densities of *Sphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Crop Protection* 2(3): 375-385.
- Sohrabi, F. and Shishehbor, P. 2007.** Functional and numerical response of *Stethorus gilvifrons* Mulsant feeding on strawberry spider mite *Tetranychus turkestanii* Ugarov and Nikolski. *Pakistan Journal of Biological Science* 19(24): 4563-4566.
- Solomon, M. E. 1949.** The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18: 1-35.
- Takabayashi, T., Shimoda, T., Dicke, M., Ashihara, W. and Takafuji, A. 2000.** Induced response of tomato plants to injury by green and red strains of *Tetranychus urticae*. *Experimental and Applied Acarology* 24: 377-383.
- van den Boom, C. E. M., van Beek, T. A. and Dicke, M. 2003.** Differences among plant species in acceptance by the spider mite *Tetranychus urticae*. *Journal of Applied Entomology* 127: 177-183.
- Yano, S. 2004.** Does *Tetranychus urticae* use flying insects as vectors for phoretic dispersal? *Experimental and Applied Acarology* 32: 243-248.
- Yoder, J. A., Pollock, D. A. and Benoit, J. B. 2003.** Moisture requirements of the ladybird beetle *Stethorus nigripes* in relation to habitat preference and biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 109: 83-87.
- Zhang, Z. Q. 2003.** Mites of greenhouses: identification, biology and control, CABI Publishing. 244 pp.