

تأثیر ورمی کمپوست بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Aphidius colemani*

(Hym., Braconidae) نسبت به شته جالیز، *Aphis gossypii* (Hem., Aphididae)

لیلا متقی‌نیا^۱، مهدی حسن‌پور^{۱*}، جبرائیل رزمجو^۱، اسماعیل چمنی^۲ و مجتبی حسینی^۳

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۲- گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران و ۳- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hassanpour@uma.ac.ir

چکیده

تغییر کیفیت گیاه میزبان از طریق انجام عملیات کشاورزی مانند استفاده از کود ممکن است ویژگی‌های رفتاری دشمنان طبیعی را تحت تأثیر قرار دهد. در این تحقیق، تأثیر کوددهی گیاه خیار با نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست: خاک (۱۰۰:۰) (شاهد)، ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰ و ۷۰:۳۰ درصد حجمی) روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Aphidius colemani* Viereck نسبت به شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک نشان داد که واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید نسبت به شته جالیز در همه تیمارهای مورد بررسی از نوع دوم بود. نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست: خاک تأثیر متفاوتی روی پارامترهای واکنش تابعی زنبور ایجاد کرد. نتایج نشان داد که زنبور *A. colemani* می‌تواند در مدیریت تلفیقی شته جالیز با استفاده از ورمی کمپوست مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پارازیتوئید، کود آلی، خیار، قدرت جستجو، زمان دست‌یابی

Effect of vermicompost on functional response of the parasitoid wasp *Aphidius colemani* (Hym., Braconidae) to the melon aphid, *Aphis gossypii* (Hem., Aphididae)

Leila Mottaghinia¹, Mahdi Hassanpour^{1&*}, Jabraeil Razmjou¹, Esmaeil Chamani²
& Mojtaba Hosseini³

1-Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, 2- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran & 3-Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*Corresponding author, E-mail: hassanpour@uma.ac.ir

Abstract

Changing of host plant quality via agricultural practices such as application of fertilizer may influence the behavioral traits of natural enemies. In this study, the effect of improving cucumber plants with different vermicompost: soil ratios (0:100 (control), 10:90, 20:80 and 30:70 % by volume) were studied on the functional response of the parasitoid wasp *Aphidius colemani* Viereck to the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. The logistic regression analyses revealed that the functional response of the parasitoid wasp to the melon aphid was type II in all treatments. The different vermicompost: soil ratios were differently affected the parameters of the functional response of the wasp. The results suggest that *A. colemani* can be efficiently used in integrated management programs against the melon aphid using vermicompost.

Keywords: Parasitoid, organic fertilizer, cucumber, searching efficiency, handling time

Received: 21 February 2017, Accepted: 18 March 2017

مقدمه

شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) یکی از حشرات همه‌جازی، چندین‌خوار و با دامنه میزبانی وسیع می‌باشد. این شته به گیاهانی مانند پنبه، بادمجان، سیب‌زمینی، توت‌فرنگی، هندوانه و خربزه حمله کرده و نیز امروزه به عنوان یک آفت مهم در گلخانه‌های پرورش خیار مطرح می‌باشد (Hodjat, 1993; Guncan et al., 2006). آفت پس از استقرار روی گیاه میزبان، پشت برگ‌های آن متمرکز شده و می‌تواند به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم خسارت بزند. خسارت مستقیم آن از طریق تغذیه از شیره گیاهی و ایجاد حالت بد شکلی در بافت‌های گیاه به صورت پیچیدگی برگ و زردشدن گیاه می‌باشد که در تراکم زیاد جمعیت آن روی گیاه، کاهش کمیت و کیفیت محصول، خشک شدن و از بین رفتن کامل بوته‌ها اتفاق می‌افتد. خسارت غیرمستقیم این آفت از طریق ترشح عسلک و نیز انتقال ویروس‌های مختلف به گیاه میزبان صورت می‌گیرد (Chan et al., 1991; Blackman & Eastop, 2000).

زنبور *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) یکی از دشمنان طبیعی مهم با پراکنش وسیع جهانی می‌باشد. این زنبور، پارازیتوئید داخلی و انفرادی شته‌ها می‌باشد که پس از حمله و تخم‌گذاری در میزبان‌ها اجازه رشد به آن‌ها را می‌دهد (van Steenis, 1993; Lykouressis et al., 2009). زنبور *A. colemani* در مزارع و گلخانه‌ها نقش مهمی در کنترل جمعیت شته‌ها روی اغلب گیاهان زراعی دارد. از مهم‌ترین شته‌هایی که مورد حمله این پارازیتوئید قرار می‌گیرد می‌توان به شته جالیز، شته سبز هلو، شته توتون و شته سبز گندم اشاره کرد (van Steenis, 1995; Helyer et al., 2003; Wu, 2010).

واکنش تابعی یکی از معیارهای رایج برای ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی می‌باشد. این واکنش به صورت مطالعه ارتباط بین تراکم طعمه یا میزبان و تعداد طعمه یا میزبان مورد حمله قرار گرفته توسط شکارگر یا پارازیتوئید تعریف می‌شود (Solomon, 1949); بدین ترتیب که شکارگر یا پارازیتوئید در مواجهه با افزایش تراکم طعمه یا میزبان، اغلب با تغییر میزان تغذیه یا تخم‌گذاری توانایی خود را در شکارگری یا پارازیتیسیم نشان می‌دهد (Holling, 1961). در این ارزیابی، نوع واکنش تابعی و مقدار پارامترهای آن یعنی قدرت جستجو (a) و زمان دست‌یابی (Th) برآورد می‌شود. دشمنان طبیعی در شرایط مختلف ممکن است نوع واکنش تابعی متفاوتی نشان دهند؛ چنان که طبق بررسی برخی محققین (Fathipour et al., 2006; Tahriri et al., 2007; Tazerouni et al., 2012; Pasandided et al., 2015) واکنش تابعی گونه‌های مختلف زنبورهای پارازیتوئید از خانواده Braconidae از جمله *Aphidius Haliday*, *A. colemani* و *matricariae* و *Diaeretiella rapae* M'Intosh از نوع دوم و *Praon volucre* Haliday از نوع سوم گزارش شده است. از بین عوامل موثر روی واکنش تابعی دشمنان طبیعی می‌توان به کوددهی گیاه میزبان اشاره کرد. چنان که گزارش شده است که استفاده از کود نیتروژن در گیاه برنج واکنش تابعی سن شکارگر *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter را نسبت به زنجبرک *Nilaparvata lugens* Stål تحت تاثیر قرار داد (Lu et al., 2005). هم‌چنین، کاربرد کود مذکور در گیاه گندم واکنش تابعی کفشدوزک شکارگر *Harmonia axyridis* Pallas را نسبت به شته‌های *Rhopalosiphum padi* L. و *Sitobion avenae* Fabricius متأثر کرد (Aqueel & Leather, 2012). ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که حاصل فعالیت بیولوژیک کرم خاکی، *Eisenia foetida* Savigny می‌باشد. این کرم با تغذیه از مواد آلی موجود در طبیعت آن را به کود آلی مغذی تبدیل می‌کند؛ به طوری که در حال حاضر این کود یکی از غنی‌ترین کودهای آلی بیولوژیک شناخته شده در دنیا می‌باشد (Edwards & Fletcher, 1988; Edwards, 1994; Atiyeh et al., 2000). کاربرد ورمی‌کمپوست به دلیل افزایش رشد گیاه و کاهش جمعیت آفات می‌تواند ضمن کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، استفاده از آفت‌کش‌ها را

نیز به حداقل رسانده و در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرد (Arancon *et al.*, 2005, 2007; Razmjou *et al.*, 2011, 2012)

بررسی اثر کود ورمی کمپوست روی واکنش تابعی دشمنان طبیعی از زمینه‌های جدید تحقیق در سال‌های اخیر بوده است. در بررسی‌های (Omrani Dizaji (2011)، Kasaei Faradonbeh (2014) و Mottaghinia *et al.* (2015) به تاثیر استفاده از ورمی کمپوست روی واکنش تابعی حشرات شکارگر پرداخته شده است. با این وجود، طبق بررسی منابع صورت گرفته تاکنون اثر کاربرد این کود روی ویژگی‌های رفتاری حشرات پارازیتوئید مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر استفاده از ورمی کمپوست در گیاه خیار روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *A. colemani* نسبت به تراکم‌های مختلف شته جالیز بود. این نتایج می‌تواند در ارزیابی کارایی این زنبور روی گیاهان کوددهی شده با ورمی کمپوست به ویژه در برنامه‌های مدیریت تلفیقی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان و حشرات

در این بررسی از گیاه خیار (رقم کریم) برای پرورش حشرات و نیز به عنوان بستر برگی برای انجام آزمایش‌های اصلی استفاده گردید. برای این منظور بذور خیار در داخل گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر که با نسبت‌های مختلف از مخلوط ورمی کمپوست و خاک پر شده بودند، کاشته شد. ورمی کمپوست مورد استفاده در این تحقیق از شرکت انوشه آراب تهیه گردید. نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست: خاک مورد استفاده در این بررسی شامل ۱۰۰:۰ (شاهد)، ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰ و ۷۰:۳۰ درصد حجمی بود که برای هر تیمار ۱۵ گلدان مجزا در نظر گرفته شد. همه گیاهان تیمار شده در گلخانه در دمای ۲۵±۳ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰±۱۰ درصد و دوره نوری طبیعی نگهداری شدند. گیاهان در مرحله چهار تا شش برگی به اتافک رشد منتقل و برای پرورش حشرات و انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

برای ایجاد کلنی شته جالیز، ابتدا شته‌های بالغ بی‌بال از گیاهان خیار آلوده به این آفت جمع‌آوری گردید. سپس، شته‌های جمع‌آوری شده روی بوته‌های خیار تیمار شده با نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست منتقل و روی هر تیمار به مدت حداقل سه نسل پرورش داده شد.

زنبور *A. colemani* از نمایندگی شرکت کوپرت (Koppert) در ایران (شرکت گیاه بذر الوند) به صورت شته‌های مومیایی تهیه گردید. زنبورها پس از ظهور روی تیمارهای آزمایشی آلوده به شته جالیز رهاسازی شدند. جهت حفظ کلنی زنبور و جلوگیری از پخش شدن آن‌ها در اتافک رشد، روی گلدان‌ها با پارچه توری ظریف پوشانده شد. زنبورهای پارازیتوئید به مدت سه نسل روی تیمارهای مختلف آزمایشی پرورش یافتند. پرورش حشرات مورد استفاده در این تحقیق در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در اتافک رشد صورت گرفت.

روش انجام آزمایش‌ها

برای بررسی واکنش تابعی زنبور *A. colemani* از ظروف پتری پلاستیکی به قطر هشت سانتی‌متر که برای تامین تهویه سوراخی به قطر دو سانتی‌متر روی سرپوش آن‌ها ایجاد و با توری ظریف پوشانده شده بود، استفاده شد. داخل هر

ظرف پتری یک دیسک برگگی از تیمارهای مورد بررسی به همان قطر ظرف روی کاغذ صافی مرطوب قرار داده شد، به طوری که سطح زیرین برگ رو به بالا بود. پوره‌های سن دوم شته جالیز در شش تراکم مختلف (۲، ۴، ۸، ۱۰، ۱۶ و ۳۲) با استفاده از قلم مو روی دیسک‌های برگگی منتقل شدند. هر تراکم شته برای هر سطح ورمی کمپوست دارای ۱۰ تکرار بود. برای تغذیه زنبورها از عسل استفاده شد، بدین صورت که یک لایه بسیار نازک از عسل با استفاده از کاردک روی یک تکه کاغذ کشیده و سپس روی برگ قرار داده می‌شد. دو ساعت پس از استقرار شته‌ها روی برگ، یک حشره ماده جفت‌گیری کرده با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت که بدون تجربه قبلی تخم‌گذاری بود به داخل هر ظرف پتری رهاسازی گردید. برای جلوگیری از خروج حشرات، محیط بیرونی ظروف پتری با نوار چسب مسدود شد. سپس ظروف مورد نظر به داخل اتاقک رشد بادمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. زنبورها پس از ۲۴ ساعت از داخل ظروف حذف و پوره‌های شته تا زمان تشکیل شته‌های مومیایی در اتاقک رشد نگهداری شدند. تعداد میزبان‌های پارازیت شده توسط هر زنبور در تیمارهای مختلف با شمارش تعداد شته‌های مومیایی ثبت گردید.

تجزیه داده‌ها

تجزیه داده‌های واکنش تابعی در دو مرحله و با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2002) انجام گرفت (Juliano, 2001). در مرحله اول برای تعیین نوع واکنش تابعی، مطابق معادله (۱) ابتدا رگرسیون لجستیک نسبت میزبان‌های پارازیت شده (Na) به تراکم اولیه میزبان (N₀) برآورد شد (Trexler & Travis, 1993). این رگرسیون، داده‌ها را با یک مدل لجستیکی چند جمله‌ای برازش می‌کند و در نتیجه یک منحنی چند درجه‌ای به دست می‌آید.

$$\frac{N_a}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)} \quad \text{معادله (۱)}$$

در این رابطه، P₀ (عرض از مبدا)، P₁ (خطی)، P₂ (درجه دو) و P₃ (درجه سه) پارامترهایی هستند که توسط مدل تخمین زده می‌شوند. جدول تجزیه رگرسیونی میزان شیب و منفی یا مثبت بودن سه قسمت مذکور را نشان می‌دهد. با توجه به این که در واکنش تابعی نوع دوم با افزایش تراکم میزبان از نسبت میزبان‌های پارازیت شده کاسته می‌شود (وابسته به تراکم معکوس میزبان)، لذا قسمت ابتدای این منحنی یعنی بخش خطی دارای شیب منفی بوده و عدد برآورد شده برای آن نیز منفی خواهد بود. در واکنش تابعی نوع سوم، با افزایش تراکم طعمه، ابتدا نسبت میزبان‌های پارازیت شده افزایش یافته (وابسته به تراکم میزبان) و سپس از میزان آن کاسته می‌شود و به همین دلیل عدد برآورد شده برای قسمت خطی مثبت می‌باشد که نشانگر شیب مثبت منحنی است. لذا علامت منفی و مثبت قسمت خطی به ترتیب نشانگر واکنش تابعی نوع دوم و سوم می‌باشد (Trexler *et al.*, 1988; Juliano, 2001).

در مرحله دوم پس از تعیین نوع واکنش تابعی، پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (Th) با استفاده از رگرسیون غیرخطی در نرم افزار SAS محاسبه شد (Juliano, 2001). از مدل راجرز (معادله ۲) برای تخمین پارامترها استفاده شد (Rogers, 1972).

$$N_a = N_0 \left[1 + \exp\left(-\frac{a T P_t}{1 + a T_h N_0}\right) \right] \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله، Na تعداد میزبان‌های پارازیته شده، NO تعداد اولیه میزبان، T کل زمان آزمایش، a قدرت جستجو، Pt تعداد پارازیتوئیدها و Th زمان دست‌یابی است.

نتایج

مطابق نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک، علامت بخش خطی رگرسیون در همه تیمارهای مورد بررسی منفی بود (جدول ۱). علامت منفی بخش خطی نشان می‌دهد که زنبور *A. colemani* در تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست: خاک واکنش تابعی نوع دوم را داشت. بر این اساس با افزایش تراکم شته جالیز، تعداد شته‌های پارازیته شده توسط زنبور به صورت غیر خطی افزایش پیدا کرد (شکل ۱). هم‌چنین، با افزایش تراکم شته درصد میزبان‌های پارازیته به تدریج کاهش یافت (شکل ۲) که حاکی از آن است زنبور پارازیتوئید روی تیمارهای آزمایشی به صورت وابسته به تراکم معکوس عمل کرد.

جدول ۱- تجزیه رگرسیون لجستیک نسبت شته جالیز پارازیته شده توسط زنبور *A. colemani* در تیمارهای مختلف.

Table 1. Logistic regression analyses of the proportion of the melon aphid parasitized by *A. colemani* on different treatments.

Vermicompost: Soil ratios	Parameters	Estimate	SE	²	P-value
0:100	Constant (P_0)	1.3434	0.6276	4.58	0.0323
	Linear (P_1)	-0.3236	0.1629	3.95	0.0469
	Quadratic (P_2)	0.0199	0.0118	2.86	0.0905
10:90	Constant (P_0)	0.7909	0.3430	5.32	0.0211
	Linear (P_1)	-0.1096	0.0443	6.11	0.0134
	Quadratic (P_2)	0.00155	0.00110	1.97	0.1603
20:80	Constant (P_0)	1.0255	0.3396	8.61	0.0034
	Linear (P_1)	-0.1101	0.0447	6.05	0.0139
	Quadratic (P_2)	0.00128	0.00111	1.33	0.2491
30:70	Constant (P_0)	1.1238	0.3546	10.04	0.0015
	Linear (P_1)	-0.0986	0.0450	4.79	0.0286
	Quadratic (P_2)	0.000772	0.00111	0.48	0.4883

در این بررسی، مقایسه پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دست‌یابی (Th) زنبور *A. colemani* بر اساس حدود اطمینان ۹۵ درصد پارامترها بیانگر عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی بود. با این وجود، مقدار عددی قدرت جستجوی زنبور در نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست: خاک بین ۰/۰۷۳ تا ۰/۰۹۸ بر ساعت محاسبه شد (جدول ۲)؛ به طوری که مقدار عددی آن در بالاترین نسبت ورمی‌کمپوست: خاک (تیمار ۷۰:۳۰) بیش‌تر از سایر تیمارها بود. هم‌چنین بر اساس نتایج به دست آمده، زمان دست‌یابی (Th) زنبور *A. colemani* روی تیمارهای مختلف مورد بررسی بین ۲/۳۴۷ تا ۲/۸۵۴ ساعت تخمین زده شد (جدول ۲). مقدار عددی این پارامتر برای پارازیته کردن شته‌هایی که روی گیاه فاقد ورمی‌کمپوست (شاهد) بودند کم‌تر از شته‌هایی بود که روی تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست پرورش

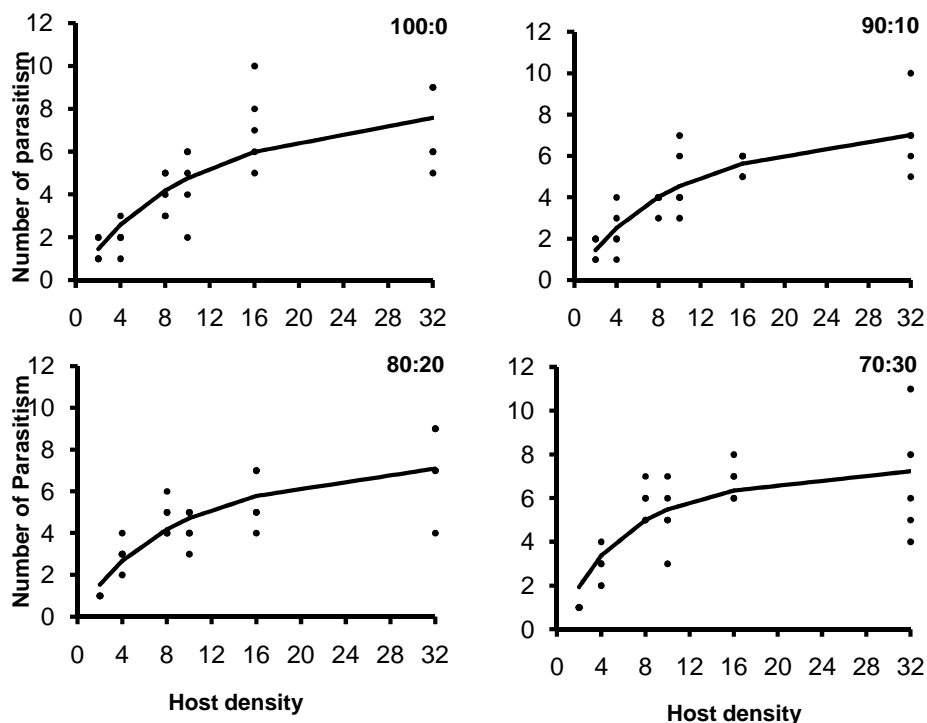
یافته بودند. بر اساس نتایج به دست آمده، حداکثر نرخ تئوریک پارازیتسم (T/Th) زنبور *A. colemani* در تیمار شاهد ۱۰/۲۳ شته بود که این تعداد با افزایش نسبت ورمی‌کمپوست در خاک با اندکی کاهش همراه بود (جدول ۲).

بحث

در بررسی حاضر، واکنش تابعی زنبور *A. colemani* در چهار تیمار مختلف ورمی‌کمپوست: خاک از نوع دوم بود که نشان می‌دهد که تفاوت نسبت اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک بر نوع واکنش تابعی این زنبور تاثیر نداشت. این نتیجه هم‌سو با یافته‌های (Kasaei Faradonbeh, 2014) است که نشان داد در خیار کوددهی شده با نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست، واکنش تابعی بالتوری *Chrysoperla carnea* Stephens نسبت به شته جالیز از نوع دوم بود. (Mottaghinia et al., 2015) نیز تاثیر ورمی‌کمپوست را روی واکنش تابعی پشه شکارگر *Aphidoletes aphidimyza* Rondani نسبت به شته جالیز مطالعه و گزارش کردند که تاثیر پرورش خیار در نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست بر نوع واکنش تابعی این شکارگر مشابه بود (نوع دوم). در مقابل، (Omrani Dizaji, 2011) با افزودن ورمی‌کمپوست به خاک گیاه باقلا نشان داد که تفاوت نسبت‌های ورمی‌کمپوست باعث تغییر نوع واکنش تابعی سنین مختلف لاروی بالتوری *C. carnea* نسبت به شته سیاه باقلا شد. محققین دیگری با بررسی واکنش تابعی زنبور *A. colemani* بدون استفاده از کود نتایج مختلفی گزارش کرده‌اند. به عنوان مثال، در بررسی‌های (Zamani et al. و Sampaio et al., 2001) و (2006) واکنش تابعی زنبور *A. colemani* از نوع دوم و در مطالعه انجام شده توسط (Byeon et al., 2011) از نوع سوم بود. تفاوت نوع واکنش تابعی زنبور *A. colemani* در این بررسی‌ها ممکن است به دلیل تفاوت نوع و تراکم میزبان، گیاهان میزبان، شرایط آزمایش، منشاء کود و نوع تیمارهای مورد استفاده باشد (Sarmiento et al., 2007; De Clercq et al., 2000). این نکته نیز باید در نظر گرفته شود که در شرایط آزمایشگاهی اغلب دشمنان طبیعی به دلیل محدود شدن در یک محیط کوچک برای مدت زمان مشخص اغلب واکنش تابعی نوع دوم نشان می‌دهند (قابل مقایسه با نتایج بررسی حاضر)، اما در شرایط طبیعی به دلیل امکان حرکت آزادانه بین پیچ‌های مختلف ممکن است واکنش تابعی از نوع سوم را نشان دهند (Montoya et al., 2000). همچنین، در پارازیتوئیدها و شکارگرها علت بروز کم‌تر واکنش تابعی نوع سوم در شرایط آزمایشگاهی ممکن است مربوط به در دسترس بودن بیش‌تر میزبان یا طعمه در تراکم‌های پایین نسبت به شرایط طبیعی باشد (van Lenteren & Bakker, 1976).

مطابق نتایج به دست آمده، مقدار عددی زمان دست‌یابی زنبور *A. colemani* با افزایش درصد ورمی‌کمپوست در خاک روند افزایشی داشت. زمان دست‌یابی زنبور *A. colemani* روی شته جالیز طبق بررسی‌های (Zamani et al., 2006) در تیمارهای مختلف دمایی بین ۰/۰۳۲ تا ۰/۰۹۴ ساعت و در بررسی‌های (Byeon et al., 2011) روی شته سبز هلو ۰/۰۱۷ ساعت محاسبه شده است که بسیار کم‌تر از مقدار محاسبه شده در تحقیق حاضر به ویژه در تیمار شاهد (۲/۳۴۷ ساعت) می‌باشد. زمان دست‌یابی شامل زمان لازم برای پروب کردن میزبان، پارازیته کردن آن، استراحت و تمیز کردن خود و خوردن آب یا نوشیدن شیره گیاهی در پارازیتوئیدها می‌باشد (Allahyari et al., 2004). امکان حدس زدن این نکته که زنبور *A. colemani* به کدام یک از این فعالیت‌ها روی هر یک از تیمارهای آزمایشی وقت بیش‌تری اختصاص داده مشکل می‌باشد؛ اما این احتمال وجود دارد که صرف زمان بیش‌تر توسط زنبور روی گیاهان دریافت‌کننده نسبت‌های بالاتر ورمی‌کمپوست در ارتباط با ساختار سطح برگ باشد؛ زیرا نتایج بررسی‌های قبلی نشان داد که با افزایش میزان ورمی‌کمپوست در خاک، تراکم تریکوم‌های روی برگ خیار افزایش معنی‌داری داشت (Mottaghinia et al.,).

2015). Mahdian *et al.* (2007) زمان دست‌یابی سن شکارگر *Picromerus bidens* L. را روی فلفل شیرین، بادمجان و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۲/۱۵۲، ۳/۲۳۰ و ۴/۴۱۷ ساعت محاسبه و گزارش کردند که ساختار ریخت‌شناختی متفاوت گیاهان میزبان دلیل طولانی شدن زمان دست‌یابی این شکارگر است. در بررسی‌های Guang-hui *et al.* (2007) نیز ثابت شده است که استفاده از کودهای آلی در خاک موجب افزایش تعداد تریکوم‌ها در سطح برگ‌های توتون می‌شود. انبوهی بالای تریکوم‌ها در سطح برگ ممکن است حرکت حشرات به ویژه زنبورهای پارازیتوئید را مختل کند (Southwood, 1986). گزارش شده‌است که کم‌تر بودن سرعت حرکت زنبورهای *Trichogramma sibiricum* Sorkina و *Trichogramma brassicae* Bezdenko روی برگ گوجه‌فرنگی نسبت به برگ فلفل به دلیل تراکم بیش‌تر تریکوم‌ها بود (McGregor *et al.*, 2002).



شکل ۱- منحنی‌های تعداد پارازیتسم زنبور *A. colemani* در تراکم‌های مختلف شته جالیز پرورش یافته روی خیار کوددهی شده با نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست: خاک. نقاط و خطوط به ترتیب بیانگر تعداد میزبان پارازیت شده و تخمین زده شده با مدل راجرز می‌باشند.

Fig. 1. Number of parasitism of *A. colemani* to different densities of the melon aphid reared on cucumber amended with different vermicompost: soil ratios. The data points and solid lines represent the number of the host parasitized and predicted by the Rogers model, respectively.

جدول ۲- قدرت جستجو (a)، زمان دست‌یابی (T_h) و حداکثر نرخ پارازیتسیم (T/T_h) زنبور *A. colemani* نسبت به شته جالیز در تیمارهای مختلف.

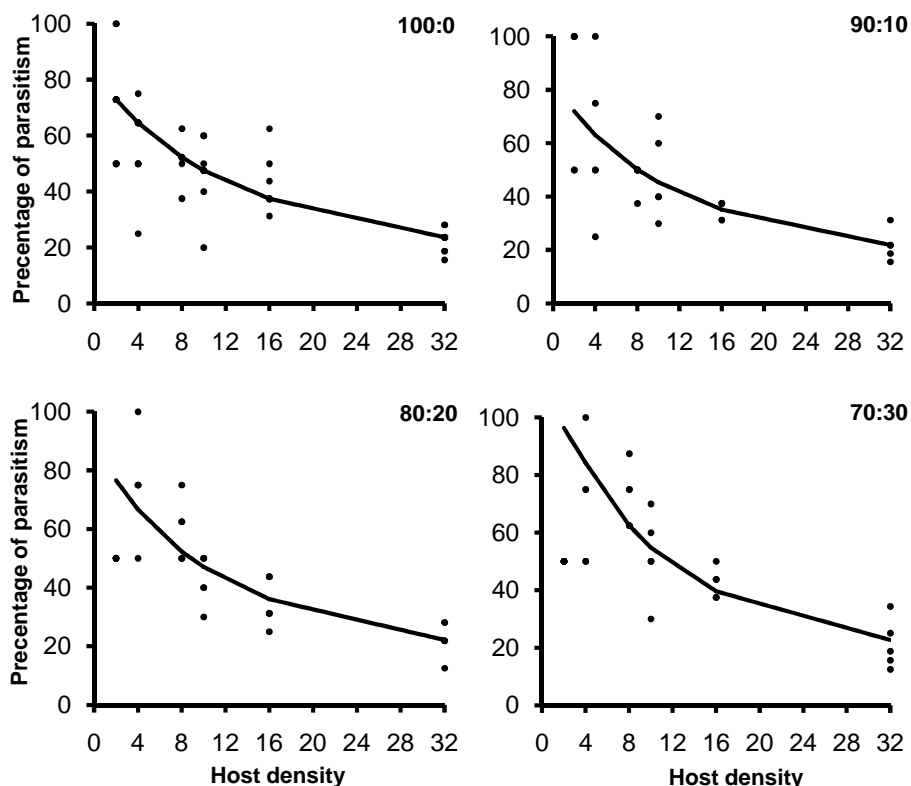
Table 2. Search rate (a), handling time (T_h), and maximum rate of parasitism (T/T_h) of *A. colemani* to the melon aphid on different treatments.

Vermicompost: Soil ratios	a		T_h		T/T_h
	Mean \pm SE	95% CI*	Mean \pm SE	95% CI	
0:100	0.073 \pm 0.033	0.005 - 0.140	2.347 \pm 0.383	1.562 - 3.133	10.23
10:90	0.073 \pm 0.027	0.017 - 0.130	2.606 \pm 0.330	1.929 - 3.283	9.21
20:80	0.089 \pm 0.039	0.008 - 0.170	2.643 \pm 0.330	1.966 - 3.320	9.08
30:70	0.098 \pm 0.021	0.057 - 0.139	2.854 \pm 0.201	2.452 - 3.256	8.41

*Confidence Interval

بر اساس نتایج به دست آمده هر چند قدرت جستجوی زنبور بین تیمارهای آزمایشی معنی‌دار نبود، اما با افزایش درصد ورمی‌کمپوست در خاک مقدار عددی قدرت جستجوی زنبور *A. colemani* روند افزایشی داشت. (Zamani et al. (2006) قدرت جستجوی زنبور *A. colemani* را روی شته جالیز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۰/۸۶۹ بر ساعت گزارش کردند که بیش‌تر از محدوده مقادیر به دست آمده در بررسی حاضر می‌باشد (بین ۰/۰۷۳ تا ۰/۰۹۸ بر ساعت). دلیل این اختلاف ممکن است به تفاوت احتمالی ژنتیکی جمعیت زنبور در این دو بررسی مربوط باشد. با وجود مقدار عددی بیش‌تر قدرت جستجوی زنبور در بالاترین نسبت ورمی‌کمپوست (تیمار ۷۰:۳۰)، حداکثر نرخ پارازیتسیم زنبور در این تیمار در حداقل بود که علت آن را می‌توان به بیشتر بودن زمان دست‌یابی زنبور در این تیمار نسبت داد. به طور مشابه، در بررسی واکنش تابعی کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze روی شته سیاه باقلا توسط Farhadi et al. (2010) حشرات نر این کفشدوزک علیرغم نرخ حمله بیش‌تر، به دلیل طولانی‌تر بودن زمان دست‌یابی حداکثر نرخ شکارگری کم‌تری روی شته‌ها داشتند.

بر اساس نتایج به دست آمده، ساختار سطح برگ در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست اگر چه ممکن است باعث اختلال در حرکت زنبور و افزایش زمان دست‌یابی آن شود، اما همان‌طور که مشاهده شد قدرت جستجوی بالاتر زنبور در این تیمارها ممکن است پارازیتسیم بیش‌تر شته‌ها را محتمل سازد؛ ضمن این که احتمال آن نیز وجود دارد که در شرایط طبیعی تراکم تریکوم‌های برگ با افزایش سطح برگ در طی دوره رشدی کاهش پیدا کند (Roy et al., 1999) که در نهایت ممکن است کاهش زمان دست‌یابی زنبور را به دنبال داشته باشد. رفتار جستجوگری پارازیتوئیدها شامل یافتن زیستگاه، پیدا کردن میزبان، ارزیابی کیفی میزبان و تخم‌گذاری است (Godfray, 1994). در بررسی حاضر و در واحدهای آزمایشی مربوطه (ظرف پتری) به دلیل این که پارازیتوئید نیازی به یافتن زیستگاه ندارد بنابراین، عوامل دیگر به ویژه کیفیت میزبان در رفتار جستجوی آن موثر است. کود ورمی‌کمپوست حاوی عناصر غذایی مختلف مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، فسفر و منیزیم است که جذب تدریجی ولی کامل این عناصر توسط گیاه (Edwards & Fletcher, 1988; Edwards, 1998) ممکن است ضمن تاثیر بر کیفیت غذایی شته، موجب افزایش مطلوبیت آن برای پارازیتوئید شود. با این حال، اثبات این موضوع روی رفتار جستجوی زنبور *A. colemani* نیازمند بررسی‌های بیوشیمیایی می‌باشد.



شکل ۲- منحنی‌های درصد پارازیتسم زنبور *A. colemani* در تراکم‌های مختلف شته جالیز پرورش یافته روی خیار کوددهی شده با نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست: خاک. نقاط و خطوط به ترتیب بیانگر درصد میزبان پارازیت شده و تخمین زده شده با مدل راجرز می‌باشند.

Fig. 2 . Percentage of parasitism of *A. colemani* to different densities of the melon aphid reared on cucumber amended with different vermicompost: soil ratios. The data points and solid lines represent the percentage of the host parasitized and predicted by the Rogers model, respectively.

نتایج به دست آمده از بررسی واکنش تابعی دشمنان طبیعی در شرایط آزمایشگاهی به ویژه به دلیل فضای محدود جستجو قابل تعمیم به شرایط مزرعه‌ای نیست بلکه تنها برای مقایسه کارایی دشمنان طبیعی به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک کاربرد دارد. در آزمایشگاه به طور معمول قدرت جستجوی دشمن طبیعی بوسیله زمان دست‌یابی محدود می‌شود، در حالی که در مزرعه با رفتار جستجویی آن محدود می‌گردد (Gitonga *et al.*, 2002; Lee & Kang, 2004; Abd El-Gawad *et al.*, 2010). بنابراین، در شرایط طبیعی واکنش زنبور *A. colemani* نسبت به شته جالیز در گیاهان کوددهی شده با ورمی‌کمپوست ممکن است متفاوت از نتایج به دست آمده از تحقیقات آزمایشگاهی حاضر باشد. هم‌چنین، در این پژوهش اگر چه زنبور *A. colemani* واکنش وابسته به تراکم معکوس میزبان را نشان داد و بدین ترتیب به نظر می‌رسد به تنهایی قادر به تنظیم جمعیت شته جالیز نباشد، اما واکنش عددی آن از طریق تولیدمثل، تحرک و یا مداخله‌های انسانی (مانند تکثیر و رهاسازی آن) ممکن است موجب واکنش وابسته به تراکم مثبت آن شده و تنظیم

جمعیت شته را ممکن سازد (Parajulee et al., 1994). بنابراین، با توجه به پتانسیل زنبور *A. colemani* در کنترل شته جالیز در گیاهان کوددهی شده با ورمی‌کمپوست امکان تلفیق این عامل بیوکنترل با روش زراعی (با استفاده از ورمی‌کمپوست) وجود داشته و می‌تواند در مدیریت تلفیقی این آفت مهم به ویژه در گلخانه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

سیاسگزاری

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

References

- Abd El-Gawad, H. A. S., Sayed, A. M. M. & Ahmed, S. A.** (2010) Functional response of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) larvae to *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 4, 2182-2187.
- 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.
- Aqueel, M. A. & Leather, S. R.** (2012) Nitrogen fertiliser affects the functional response and prey consumption of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on cereal aphids. *Annals of Applied Biology* 160, 6-15.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D. & Lucht, C.** (2005) Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49, 297-306.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Yardim, E. N., Oliver, T. J., Byrne, R. J. & Keeney, G.** (2007) Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus* sp.) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts. *Crop Protection* 26, 29-39.
- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G. J., Metzger, D. & Shuster, W.** (2000) Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44, 579-590.
- Blackman, R. L. & Eastop, V. F.** (2000) *Aphids on the world's crops: an identification and information guide*. 414 pp. Wiley, London, United Kingdom.
- Byeon, Y. W., Tuda, M., Kim, J. H. & Choi, M. Y.** (2011) Functional responses of aphid parasitoids, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) and *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biocontrol Science and Technology* 21, 57-70.
- Chan, C. K., Forbes, A. R. & Raworth, D. A.** (1991) Aphid-transmitted viruses and their vectors of the world. *Technical Bulletin* 1991-3E.
- De Clercq, P., Mohaghegh, J. & Tirry, L.** (2000) Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control* 18, 65-70.
- Edwards, C. A.** (1994) *Earthworm ecology*. 456 pp. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Edwards, C. A.** (1998) The use of earthworms in processing organic waste into plan growth media and animal feed protein. pp. 327-354 in Edwards, C. A. (Ed.) *Earthworm ecology*.

- Publications of the American Soil and Water Conservation Association, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Edwards, C. A. & Fletcher, K. E.** (1988) Interaction between earthworms and microorganisms in organic matter breakdown. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 24, 235-247.
- Farhadi, R., Alahyari, H., Azmayesh Fard, P., Fatah Hoseini, S. & Heydari, S.** (2010) Functional response of adult male and female *Hippodamia variegata* Goeza (Col., Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* Scopoli. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 41, 143-150.
- Fathipour, Y., Hosseini, A., Talebi, A. A. & Moharramipour, S.** (2006) Functional response and mutual interference of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) on *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). *Entomologica Fennica* 17, 90-97.
- Gitonga, L. M., Overholt, W. A., Löhr, B., Magambo, J. K. & Mueke, J. M.** (2002) Functional response of *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae). *Biological Control* 24, 1-6.
- Godfray, H. C. J.** (1994) Parasitoids: behavioural and evolutionary ecology. 473 pp. Princeton: Princeton University Press.
- Guang-hui, K., Zhao-li, X., Wei, W. & Tian-fu, L.** (2007) Effect of fertilizer on glandular trichome density and exudates accumulation in middle leaf of "Honhuadajinyuan". *Acta Tabacaria Sinica* 4, 41-44.
- Guncan, A., Madanlar, N., Yoldas, Z., Ersin, F. & Tuzel, Y.** (2006) Pest status of organic cucumber production under greenhouse conditions in zmir (Turkey). *Türkiye Entomoloji Dergisi* 30, 183-193.
- Helyer N., Cattlin, N. D. & Brown, K. C.** (2003) *Biological control in plant protection: a color handbook*. 126 pp. Timber Press.
- Hodjat, S. H.** (1993) *A list of aphids and their host plants in Iran*. 148pp. Shahid Chamran Ahvaz, University Press.
- Holling, C. S.** (1961) Principles of insect predation. *Annual Review of Entomology* 6, 163-182.
- Juliano, S. A.** (2001) Non-linear curve fitting: predation and functional response curves. pp. 178-196 in Scheiner, S. M. & Gurevitch, J. (Eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. Chapman and Hall, New York.
- Kasaei Faradonbeh, S.** (2014) Effect of vermicompost on some biological parameters and life table of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover, and functional response of the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* Stephens. *M.Sc. Thesis*, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
- Lee, J. & Kang, T.** (2004) Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in the laboratory. *Biological Control* 31, 306-310.
- Lu, Z. X., Yu, X. P., Heong, K. L. & Hu, C.** (2005) Effects of nitrogenous fertilization in rice fields on the predatory function of *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter to *Nilaparvata lugens* Stål. *Acta Entomologica Sinica* 48, 48-56.
- Lykouressis, D., Garantonakis, N., Perdikis, D., Fantinou, A. & Mauromoustakos, A.** (2009) Effect of female size on host selection by a koinobiont insect parasitoid (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *European Journal of Entomology* 106, 363-367.
- Mahdian, K., Tirry, L. & De Clercq, P.** (2007) Functional response of *Picromerus bidens*: effects of host plant. *Journal of Applied Entomology* 131, 160-164.
- McGregor, R. R., Prasad, R. P. & Henderson, D. E.** (2002) Searching behavior of *Trichogramma* wasps (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on tomato and pepper leaves. *Journal of Entomological Society of British Columbia* 99, 93-98.

- Montoya, P., Liedo, P., Benery, B., Barrere, J. F., Cancino, J. & Aluja, M.** (2000) Functional response and superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America* 93, 47-54.
- Mottaghinia, L., Hassanpour, M., Razmjou, J., Hosseini, M. & Chamani, E.** (2015) Functional response of *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) to *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae): Effects of vermicompost and host plant cultivar. *Neotropical Entomology* doi: 10.1007/s13744-015-0343-0.
- Omrani Dizaji, A.** (2011) Effect of vermicompost on tritrophic interactions among broad bean, the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli, and the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* Stephens. *M.Sc. Thesis*, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
- 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.
- Pasandideh, A. Talebi, A. A., Hajiqanbar, H. & Tazerouni, Z.** (2015) Host stage preference and age-specific functional response of *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) a parasitoid of *Acyrtosiphon pisum*. *Journal of Crop Protection* 4: 563-575.
- Razmjou, J., Mohammadi, M. & Hassanpour, M.** (2011) Effect of vermicompost and cucumber cultivar on population growth attributes of the melon aphid (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 104: 1379-1383.
- Razmjou, J., Vorburger, C., Mohammadi, M. & Hassanpour, M.** (2012) Influence of vermicompost and cucumber cultivar on population growth of *Aphis gossypii* Glover. *Journal of Applied Entomology* 136, 568-575.
- Rogers, D. J.** (1972) Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology* 41, 369-383.
- Roy, B. A. Stanton, M. L. & Eppley, S. M.** (1999) Effects of environmental stress on leaf hair density and consequences for selection. *Journal of Evolutionary Biology* 12, 1089-1103.
- Sampaio, M. V., Bueno, V. H. P. & Perez-Maluf, R.** (2001) Parasitism of *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) in different densities of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology* 30, 81-87. (Abstract in English)
- Sarmiento, R. A., Pallini, A., Venzon, M., DeSouza, O., Molina-Rugama, A. J. & Oliveira, C. L.** (2007) Functional response of the predator *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50, 121-126.
- SAS Institute** (2002) SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC. Inc.
- Solomon, M. E.** (1949) The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18, 1-35.
- Southwood, S. R.** (1986) Plant surfaces and insects – an overview. pp. 1-22 in Juniper, B. & Southwood, S. R. (Eds.) *Insects and the plant surface*. Arnold, London.
- Tahriri, S., Talebi, A. A., Fathipour, Y. & Zamani, A. A.** (2007) Host stage preference, functional response and mutual interference of *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae: Aphidiinae) on *Aphis fabae* (Hom.: Aphididae). *Entomological Science* 10, 323-331.
- Tazerouni, Z., Talebi, A. A. & Rakhshani, E.** (2012) Temperature-dependent functional response of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of the Entomological Research Society* 14, 31-40.
- Trexler, J. C., McCulloch, C. E. & Travis, J.** (1988) How can the functional response best be determined?. *Oecology* 76, 206-214.
- Trexler, J. C. & Travis, J.** (1993) Nontraditional regression analysis. *Ecology* 74, 1629-1637.

- van Lenteren, J. C. & Bakker, K.** (1976) Functional responses in invertebrates. *Netherlands Journal of Zoology* 26, 567-572.
- van Steenis, M. J.** (1993) Intrinsic rate of increase of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), at different temperatures. *Journal of Applied Entomology* 116, 192-198.
- van Steenis, M. J.** (1995) Evaluation of four aphidiine parasitoids for biological control of *Aphis gossypii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75, 151-157.
- Wu, G. M.** (2010) On handling costs and host choice in aphid-parasitoids: from individual behaviour to evolutionary patterns. *Ph. D. Dissertation*, Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Montréal, Canada.
- Zamani, A. A., Talebi, A. A., Fathipour, Y. & Baniameri, V.** (2006) Temperature-dependent functional response of two aphid parasitoids, *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae), on the cotton aphid. *Journal of Pest Science* 79, 183-188.
-