

## مطالعه برخی ویژگی‌های رفتاری پشه شکارگر *Aphidoletes aphidimyza* Rondani روی شته *Aphis gossypii* Glover، جالیز، در شرایط آزمایشگاهی

۱. لیلا متقی‌نیا\*؛ ۲. مهدی حسن‌پور؛ ۳. جبرائیل رزمجو

۱، ۲ و ۳. دانش آموخته دکتری، دانشیار و استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۵)

### چکیده

یکی از معیارهای مهم برای ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی مطالعه ویژگی‌های رفتاری آن‌ها می‌باشد. در این بررسی ترجیح مرحله سنی طعمه، تغییر رفتار و تداخل لاروهای پشه *Aphidoletes aphidimyza* Rondani روی سنین مختلف پورگی شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover بررسی شد. آزمایش‌ها در ظروف پتری پلاستیکی حاوی دیسک برگ‌گی خیار در اتاقک رشد انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده، اختلاف معنی‌داری از نظر ترجیح مراحل مختلف پورگی شته جالیز توسط لاروهای پشه *A. aphidimyza* وجود نداشت، اما بیشترین زیست توده مصرف شده روی پوره‌های سن چهارم محاسبه شد. در آزمایش بررسی تغییر رفتار، در ترکیب‌های ۲۰: ۴۰ و ۳۰: ۳۰ (پوره سن سوم: سن اول)، لارو شکارگر ترجیح بیشتری را به پوره سن سوم شته جالیز نشان داد. در بررسی تداخل لاروهای پشه *A. aphidimyza* قدرت جستجوگری لارو شکارگر بین ۰/۰۶۲۳ تا ۰/۱۸۰۵ بر ساعت محاسبه شد که مقدار منفی شیب خط رگرسیون نشان دهنده بروز تداخل بین لاروهای پشه *A. aphidimyza* بود. نتایج این بررسی نشان داد که ویژگی‌های رفتاری لارو پشه *A. aphidimyza* می‌تواند تحت تاثیر تراکم آفت و نیز خود شکارگر قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** کنترل بیولوژیک، *A. aphidimyza*، ترجیح مرحله سنی، تغییر رفتار، تداخل.

## Study of some behavioral characteristics of the predatory gall midge *Aphidoletes aphidimyza* Rondani on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover in laboratory conditions

Leila Mottaghinia<sup>1\*</sup>, Mahdi Hassanpour<sup>2</sup> and Jabraeil Razmjou<sup>3</sup>

1, 2, 3. Ph. D., Associate Professor and Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(Received: May 2, 2017- Accepted: March 6, 2018)

### ABSTRACT

One important criteria for assessing the efficiency of natural enemies is to study their behavioral characteristics. In the current study, host stage preference, switching, and mutual interference of the predatory gall midge larvae *Aphidoletes aphidimyza* Rondani were studied on different nymphal instars of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. The experiments were carried out in Petri dishes with cucumber leaf discs in a growth chamber. Based on the results, no significant differences were found for the preference of *A. aphidimyza* larvae for each nymphal instars of the melon aphid. But, its highest eaten biomass was recorded on forth instars. In switching trial, at 20: 40 and 30: 30 (third instar: first instar) ratios, the predator had more preference for third instars of the melon aphid. In mutual interference, the per capita searching efficiency of the predator varied from 0.0623 to 0.1805 h<sup>-1</sup>, which the negative value of the regression slope indicated the mutual interference of *A. aphidimyza* larvae. The results showed that the behavioral characteristics of *A. aphidimyza* may be affected by the density of the pest as well as the predator larvae.

**Keywords:** Biocontrol, *A. aphidimyza*, host stage preference, switching, mutual interference.

\* Corresponding author E-mail: mottaghinia.l@uma.ac.ir

## تازه‌های تحقیق

یکی از معیارهای مهم برای ارزیابی دشمنان طبیعی مطالعه ویژگی‌های رفتاری آن‌ها می‌باشد. در بررسی انجام شده روی لاروهای پشه شکارگر *Aphidoletes aphidimyza* Rondani مشخص شد که تراکم لاروهای شکارگر و تغییر تراکم طعمه آن نقش مهمی در ویژگی‌های رفتاری پشه *A. aphidimyza* دارد. لاروهای پشه *A. aphidimyza* ترجیح تقریباً یکسانی نسبت به مراحل مختلف پورگی شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover نشان دادند؛ اما زمانی که تغییری در تراکم پوره‌های شته جالیز در واحد آزمایشی ایجاد شد لارو شکارگر ترجیح بیشتری را به پوره سن سوم نشان داد. افزایش تراکم لاروهای خود شکارگر در محیط آزمایشی نیز سبب شد رقابت درون‌گونه‌ای لاروهای پشه افزایش یافته و موجب شود که قدرت جستجوی انجام شده به ازای هر لارو شکارگر کاهش یابد. بنابراین، ویژگی‌های رفتاری پشه *A. aphidimyza* در شرایط آزمایشگاهی می‌تواند متاثر از تراکم لارو شکارگر و تراکم شته قرار گیرد.

## مقدمه

شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover آفتی چندین خوار و با دامنه میزبانی وسیع می‌باشد که روی اغلب گیاهان جالیزی به ویژه خیار خسارت می‌زند (Gücan et al. 2006). این شته با تغذیه از شیره گیاهی موجب پیچیدگی برگ‌ها، ظهور لکه‌های زرد روی برگ و کاهش رشد گیاه می‌شود. شته جالیز در مناطق گرم و محیط‌های گلخانه‌ای در تمام طول سال به صورت بکرزایی و زنده‌زایی تولیدمثل می‌کند و دارای چهار سن پورگی می‌باشد. طول دوره پورگی آن روی گیاه خیار در دماهای بین ۲۲ تا ۲۷ درجه سلسیوس چهار تا پنج روز گزارش شده است (Satar et al. 2005).

یکی از روش‌های مدیریت حشرات آفت به ویژه در گلخانه‌ها استفاده از روش کنترل بیولوژیک می‌باشد. کنترل شته‌ها اغلب توسط دشمنان طبیعی مختلفی انجام می‌گیرد. زنبورهای پارازیتوئیدی مانند *Aphidius Ephedrus cerasicola* Starý *colemanni* Viereck و (van Steenis 1995, Vásquez et al. 2006) و حشرات شکارگری مانند کفشدوزک‌های *Coccinella*

*Hippodamia variegata* Goeze *septempunctata* L. سن‌های *Orius majusculus* (Reuter)، *Macrolophus caliginosus* Wagner، *Dicyphus tamaninii* Wagner، مگس‌های *Episyrphus balteatus* (De Geer) و پشه *Paragus serratus* (F.) *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Rondoni et al. 2014) Bennison and Corless 1993, Baskaran et al. 2009, (Alvarado et al. 1997) از جمله دشمنان طبیعی گزارش شده برای کنترل شته جالیز می‌باشند.

از بین دشمنان طبیعی ذکر شده، پشه شکارگر *A. aphidimyza* به دلیل تخصص میزبانی بالا روی شته‌ها به طور موفقیت‌آمیزی برای کنترل آن‌ها به ویژه شته جالیز استفاده می‌شود (Bennison and Corless 1993). استفاده از این شکارگر برای کنترل شته‌ها به اوایل سال ۱۹۷۰ میلادی بر می‌گردد (Krivan and Havelka 2000) که از آن زمان تاکنون در کشورهای مختلف برای کنترل ۷۵ گونه مختلف شته مورد استفاده قرار گرفته است (Harris 1973). این حشره تخم‌های خود را در مجاورت جمعیت شته‌ها می‌گذارد. لارو بلافاصله پس از خروج از تخم شروع به تغذیه از شته میزبان می‌کند؛ بدین ترتیب که پیش از تغذیه از طعمه مورد نظر، بزاق سمی خود را در پای آن وارد و سپس شروع به مکیدن محتویات بدنی آن می‌کند. لاروهای این پشه قادر هستند در طول دوران فعالیت خود ۵۰ تا ۶۰ فرد بالغ شته *A. gossypii* یا *Myzus persicae* Sulzer را مورد تغذیه قرار دهند (Ruzicka and Havelka 1998, Perdikis et al. 2008).

برای استفاده از دشمنان طبیعی داشتن اطلاعات کافی از کارایی آن‌ها ضروری است. برای ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی به طور معمول از پارامترهای زیستی و به ویژه خصوصیات رفتاری آن‌ها بهره گرفته می‌شود (Jafari et al. 2006). یکی از خصوصیات رفتاری دشمنان طبیعی ترجیح مرحله سنی طعمه می‌باشد (Fathipour et al. 2004). دشمنان طبیعی وقتی در بین جمعیت شته‌ها قرار می‌گیرند با ترکیبی از سنین مختلف شته مواجه می‌شوند. این شته‌ها از نظر جثه بدنی و حتی کیفیت غذایی تفاوت زیادی دارند. بنابراین، این فرصت برای دشمن طبیعی فراهم می‌شود که مناسب‌ترین طعمه را از نظر مرحله سنی انتخاب کند. این رفتار

پارازیتوئید Cronin and Strong 1993, Umbanhowar et al. 2003, Fathipour et al. 2006, Shuping et al. (2014) بلکه در بین حشرات شکارگر نیز گزارش شده است؛ به عنوان مثال، Jalilian et al. (2001) تداخل لاروهای مگس های سیرفید *E. balteatus* و *Scaeva albomaculata* Maquart را با تغذیه از شته سبز هلو، Omkar and Srivastava (2003) تداخل لاروهای کفشدوزک *C. septempunctata* را با تغذیه از شته خردل و Al-Deghairi et al. (2014) تداخل دو گونه کفشدوزک شکارگر *Coccinella undecimpunctata* L. و *Hippodamia tredecimpunctata* L. را با تغذیه از شته جالیز و شته انار بررسی کردند.

با توجه به این که در بررسی منابع صورت گرفته در مورد نحوه انتخاب طعمه توسط پشه *A. aphidimyza* و نیز قدرت جستجوگری وابسته به تراکم لارو این شکارگر اطلاعات کافی به دست نیامد؛ بدین منظور در مطالعه حاضر ویژگی های رفتاری این شکارگر مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی ترجیح پشه *A. aphidimyza* نسبت به سنین و تراکم های مختلف پوره های شته جالیز و تاثیر افزایش تراکم لاروهای پشه شکارگر روی رفتار جستجوگری آنها (تداخل) بود. آگاهی از این ویژگی های رفتاری می تواند برای ارزیابی کارایی کنترل آفت هدف در برنامه های مدیریت تلفیقی در گلخانه ها مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش ها

### پرورش گیاه میزبان و حشرات

در این بررسی از گیاه خیار (رقم کریم) برای پرورش حشرات و نیز به عنوان بستر برگی برای انجام آزمایش های اصلی استفاده گردید. بدین منظور بذور خیار در گلدان های پلاستیکی به قطر بیست و ارتفاع پانزده سانتی متر حاوی مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه کاشته شد. گیاهان در داخل گلخانه با نوسان دمای روزانه ۲۲ تا ۲۸ درجه سلسیوس و دمای شبانه پانزده تا بیست درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 10$  درصد و دوره نوری چهارده ساعت روشنایی و ده ساعت تاریکی نگهداری شدند. گیاهان در مرحله چهار تا شش برگی به اتافک رشد منتقل و برای پرورش حشرات و انجام

نقش موثری در افزایش شانس و توانایی تولیدمثل دشمن طبیعی دارد و نیز می تواند اندازه، نسبت جنسی، زادآوری و طول عمر نتاج دشمن طبیعی را تحت تاثیر قرار دهد (Sequeira 1991). به همین دلیل است که دشمنان طبیعی به طور معمول در حضور طعمه های با کیفیت غذایی بهتر، ترجیح کمتری برای مصرف طعمه های با کیفیت غذایی پایین تر از خود نشان می دهند (Shrestha and Enkegaard 2013). در بررسی Arabian et al. (2012) لارو مگس سیرفید *Eupeodes corolla* Fabricius ترجیح بیشتری به پوره های سن سوم شته مومی کلم در مقایسه با پوره های سن دوم آن داشت. همچنین، Fathipour et al. (2004) طی تحقیقی نشان دادند که زنبور *Diaeretiella rapae* McIntosh پوره های سن دوم شته مومی کلم را نسبت به سایر مراحل مختلف سنی این شته بیشتر ترجیح داد.

تغییر رفتار<sup>۱</sup> نیز یک نوع واکنش رفتاری در دشمنان طبیعی می باشد و زمانی بروز می کند که فراوانی یک طعمه یا یک مرحله سنی در رژیم غذایی شکارگر تغییر کند. در این صورت، اگر شکارگر از طعمه با فراوانی بیشتر تغذیه کند تغییر رفتار مثبت و زمانی که از طعمه با فراوانی کمتر تغذیه کند تغییر رفتار منفی از خود نشان داده است (Chesson 1984). در مطالعه انجام شده توسط Arabian et al. (2012) ارائه تراکم های مختلف از شته مومی کلم تاثیری در میزان ترجیح لاروهای سن سوم مگس سیرفید *E. corolla* نداشت. با این وجود، در بررسی Jaworski et al. (2013) فراوانی طعمه ها نقش مهمی در میزان تغذیه سن شکارگر *Macrolophus pygmaeus* Rambur داشت.

تاثیر تراکم های مختلف لاروهای شکارگر روی قدرت جستجوگری آنها در پیدا کردن طعمه (تداخل) نیز از دیگر خصوصیات رفتاری دشمنان طبیعی می باشد که می تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی مورد استفاده قرار گیرد. این معیار ضمن آن که در رهاسازی انبوه دشمنان طبیعی می تواند مورد استفاده قرار گیرد در بهبود روش های تولید انبوه دشمن طبیعی در آزمایشگاه نیز می تواند موثر باشد (Fathipour et al. 2006). بروز پدیده تداخل نه تنها در مورد حشرات

با استفاده از قلم موی ظریف روی هر دیسک برگی به صورت جداگانه منتقل شد. به شته‌ها دو ساعت فرصت داده شد تا روی برگ مستقر شوند. سپس یک عدد لارو ۲۴ و یا ۴۸ ساعته شکارگر که به مدت هشت ساعت گرسنه نگه داشته شده بود به طور انفرادی روی هر دیسک برگی رهاسازی شد. آزمایش در ده تکرار برای هر مرحله سنی شته و برای هر دو سن لاروی شکارگر انجام گرفت. پس از گذشت شانزده ساعت، لارو شکارگر از داخل واحدهای آزمایشی حذف و تعداد شته‌های خورده شده شمارش و ثبت شد. برای تعیین زیست‌توده طعمه خورده شده توسط لاروهای شکارگر، تعداد یکصد عدد از هر یک از پوره‌های سن اول تا چهارم شته جالیز وزن شد. سپس، میانگین وزن به دست آمده برای هر سن پورگی در تعداد طعمه مصرف شده توسط لارو شکارگر ضرب گردید.

#### ب- بررسی تغییر رفتار

برای بررسی تغییر رفتار لارو ۲۴ ساعته پشه *A. aphidimyza* تعداد متفاوتی از پوره‌های شته جالیز در ترکیب‌های زیر:

الف- چهل عدد پوره سن اول: بیست عدد پوره سن سوم، ب- سی عدد پوره سن اول: سی عدد پوره سن سوم و ج- بیست عدد پوره سن اول: چهل عدد پوره سن سوم، با استفاده از قلم موی ظریف روی دیسک برگی به صورت تصادفی منتقل شد. سپس، هر یک از این ترکیب‌ها در ده تکرار در اختیار لارو پشه *A. aphidimyza* که به مدت هشت ساعت گرسنه نگه داشته شده بود قرار گرفت. پس از شانزده ساعت، تعداد پوره‌های خورده شده از هر مرحله سنی شمارش و ثبت گردید.

#### ج- بررسی تداخل

برای بررسی تاثیر تراکم‌های مختلف لارو پشه *A. aphidimyza* روی قدرت جستجوی آن‌ها، تعداد یکصد عدد از پوره‌های سن سوم شته به صورت تصادفی انتخاب و توسط قلم موی ظریف روی هر دیسک برگی منتقل شد. سپس تراکم‌های ۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ عددی از لارو ۲۴ ساعته پشه *A. aphidimyza* به داخل هر واحد آزمایشی

آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. برای ایجاد جمعیت اولیه شته جالیز، ابتدا شته‌های بالغ بی‌بال از گیاهان خیار آلوده به این آفت از گلخانه‌های پرورش خیار اطراف اردبیل جمع‌آوری گردید. سپس، شته‌های جمع‌آوری شده روی بوته‌های خیار در اتاقک رشد منتقل و به مدت چندین نسل پرورش داده شد. پرورش شته در دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $5 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام گرفت. جمعیت اولیه پشه *A. aphidimyza* به صورت شفیره از یک کلنی آزمایشگاهی موجود در گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید. جمعیت این شکارگر داخل قفس‌های پلاستیکی شفاف ( $45 \times 30 \times 45$  سانتی‌متر) حاوی گلدان‌های خیار آلوده به شته جالیز پرورش داده شد. برای تهویه بهتر قفس‌های پرورشی، قسمت بالای آن‌ها با توری ظریف پوشانده شد. همچنین، به منظور دسترسی به داخل قفس در قسمت جلوی آن سوراخی به قطر ۱۵ سانتی‌متر ایجاد و توری آستینی شکل در آن قسمت نصب گردید. پرورش پشه *A. aphidimyza* حداقل به مدت سه نسل در اتاقک رشد در شرایط ذکر شده انجام گرفت.

#### روش انجام آزمایش‌ها

هر واحد آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق شامل یک ظرف پتری پلاستیکی به قطر شش سانتی‌متر بود که برای تهویه یک سوراخ دو سانتی‌متری روی سرپوش آن ایجاد و با توری ظریف پوشانده شده بود. داخل هر ظرف پتری یک دیسک برگی به قطر پنج سانتی‌متر از گیاه خیار روی کاغذ صافی مرطوب گذاشته شد، به نحوی که سطح زیری برگ رو به بالا باشد. آزمایش‌ها در اتاقک رشد در دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $5 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام گرفت.

#### الف- بررسی ترجیح مرحله سنی طعمه

برای بررسی ترجیح مرحله سنی شته جالیز توسط پشه *A. aphidimyza*، تعداد سی عدد از پوره‌های سنین مختلف شته جالیز (پوره‌های سن یک، دو، سه و چهار)

خورده شده،  $a$  قدرت جستجو و  $P$  تعداد لارو شکارگر است. پس از محاسبه قدرت جستجو، لگاریتم  $P$  و  $a$  محاسبه شد. سپس بین لگاریتم تعداد لارو شکارگر (متغیر مستقل) و لگاریتم قدرت جستجو (متغیر وابسته) رگرسیون گرفته شد. میزان همبستگی و شیب خط رگرسیون نیز تعیین شد. معادله خط رگرسیون در

$$\log a = \log Q - m \log P \quad (۲)$$

در این معادله،  $m$  شیب خط رگرسیون یا ضریب تداخل و  $Q$  ثابت جستجو که نشان دهنده عرض از مبدا خط رگرسیون می باشد. در صورت معنی دار بودن رابطه بین تراکم شکارگر و قدرت جستجوی آن، علامت منفی شیب خط رگرسیون نشان دهنده کاهش قدرت جستجوی شکارگر با افزایش تراکم آن می باشد. برای تجزیه داده های مربوط به تعداد طعمه مصرف شده و قدرت جستجوی پشه شکارگر از روش تجزیه واریانس یک طرفه در نرم افزار SPSS استفاده شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. رسم نمودار با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

## نتایج

### الف- نتایج حاصل از بررسی ترجیح مرحله سنی طعمه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی داری از نظر ترجیح مراحل مختلف پورگی شته جالیز توسط لاروهای ۲۴ و ۴۸ ساعته پشه *A. aphidimyza* وجود نداشت (به ترتیب  $P = ۰/۲۶۲$  ;  $P = ۰/۷۰۸$  و  $F = ۱/۳۸۸$  ;  $df = ۳$  و  $۳۹$  ;  $F = ۰/۴۶۵$  ; = بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین تعداد خورده شده از پوره های سنین مختلف شته جالیز توسط لارو ۲۴ و ۴۸ ساعته پشه *A. aphidimyza* به ترتیب بین ۹/۳۰ تا ۱۲/۰۰ عدد و ۹/۱۰ تا ۱۰/۵۰ عدد متغیر بود (جدول ۱). همچنین، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی داری بین دو سن لاروی ۲۴ و ۴۸ ساعته پشه *A. aphidimyza* از نظر تعداد خورده شده از سنین مختلف پورگی شته جالیز وجود نداشت

رهاسازی گردید. آزمایش برای هر تراکم لارو شکارگر به طور جداگانه در ده تکرار انجام شد. پس از گذشت شانزده ساعت تعداد شته های خورده شده توسط لاروهای شکارگر شمارش و ثبت گردید.

### تجزیه های آماری

برای تعیین ترجیح مرحله سنی و زیست توده خورده شده از طعمه توسط لارو شکارگر از روش تجزیه واریانس یک طرفه در نرم افزار SPSS استفاده شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. همچنین، برای مقایسه نرخ مصرف لاروهای ۲۴ و ۴۸ ساعته شکارگر از آزمون  $t$  مستقل در نرم افزار SPSS استفاده شد.

برای تعیین تغییر رفتار لارو پشه *A. aphidimyza* با توجه به عدم جایگزینی طعمه های خورده شده در طول آزمایش، از شاخص ترجیح منلی (معادله ۱) استفاده شد (Manly 1974):

$$\beta_1 = \frac{\log \left( \frac{e_1}{A_1} \right)}{\log \left( \frac{e_1}{A_1} \right) + \log \left( \frac{e_2}{A_2} \right)}$$

در این معادله  $\beta_1$  ترجیح لارو شکارگر به پوره سن سوم شته جالیز،  $e_1$  تعداد پوره سن سوم زنده مانده،  $A_1$  تعداد اولیه پوره سن سوم،  $e_2$  تعداد پوره سن اول زنده مانده و  $A_2$  تعداد اولیه پوره سن اول شته می باشد. این شاخص بین صفر تا یک متغیر است. شاخص ترجیح برابر ۰/۵ نشان می دهد که شکارگر، طعمه را به صورت تصادفی انتخاب می کند. شاخص ترجیح بزرگتر از ۰/۵ (در بررسی حاضر) نشانگر ترجیح به پوره سن سوم و شاخص ترجیح کوچکتر از ۰/۵ نشانگر ترجیح به پوره سن اول شته می باشد. تجزیه آماری مقدار شاخص ترجیح به دست آمده با استفاده از روش تجزیه واریانس یک طرفه در نرم افزار SPSS انجام شد.

تعیین تداخل لاروهای پشه *A. aphidimyza* با استفاده از معادله Nicholson (1933) انجام گرفت (معادله ۲):

$$a = \frac{1}{P} \left( \frac{N_t}{N_t - N_a} \right)$$

در این معادله  $N_t$  تراکم اولیه طعمه،  $N_a$  تعداد طعمه

زیست توده مصرف شده توسط لارو ۲۴ ساعته پشه روی پوره‌های سن چهارم بود. همچنین، بیشترین و کمترین زیست توده مصرف شده توسط لارو ۴۸ ساعته پشه به ترتیب روی پوره‌های سن چهارم و اول به دست آمد.

( $P > 0.05$ ). با این وجود اختلاف در زیست توده خورده شده از مراحل مختلف پورگی شته جالیز توسط لارو ۲۴ و ۴۸ ساعته پشه *A. aphidimyza* معنی‌دار بود (به ترتیب  $F = 43/678$ ;  $df = 3$  و  $39$ ;  $P = 0.0001$  و  $F = 49/927$ ;  $df = 3$  و  $39$ ;  $P = 0.0001$ ). بیشترین

جدول ۱- تغذیه ( $\pm$  خطای استاندارد) لاروهای پشه شکارگر *A. aphidimyza* از پوره‌های سنین مختلف *A. gossypii*  
Table 1. Voracity ( $\pm$ SE) of the predatory gall midge *A. aphidimyza* larvae on different nymphal stages of *A. gossypii*.

Nymphal stages of <i>A. gossypii</i>	24 h-old larvae of <i>A. aphidimyza</i>		48 h-old larvae of <i>A. aphidimyza</i>	
	Number (n)	Biomass (mg)	Number (n)	Biomass (mg)
First instar	12.00 $\pm$ 1.46 <sup>a</sup>	0.29 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	9.10 $\pm$ 0.94 <sup>a</sup>	0.22 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>
Second instar	11.50 $\pm$ 1.07 <sup>a</sup>	0.51 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	10.50 $\pm$ 0.88 <sup>a</sup>	0.46 $\pm$ 0.04 <sup>bc</sup>
Third instar	11.90 $\pm$ 0.91 <sup>a</sup>	0.88 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	9.50 $\pm$ 1.19 <sup>a</sup>	0.71 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>
Forth instar	9.30 $\pm$ 0.73 <sup>a</sup>	1.33 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	10.30 $\pm$ 0.82 <sup>a</sup>	1.48 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

Means followed by different letters in each column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

۴۰ و بیشترین تعداد خورده شده از پوره سن سوم شته در ترکیب ۴۰:۲۰ (پوره سن سوم: سن اول) مشاهده شد (جدول ۲). زیست توده خورده شده توسط لارو پشه شکارگر از تراکم‌های متفاوت شته جالیز ( $P = 0.008$ );  $F = 5/847$ ;  $df = 2$  و  $29$ ;  $P = 0.013$  برای پوره سن اول و  $F = 5/165$ ;  $df = 2$  و  $29$   $P = 0.013$  نیز از نظر آماری معنی‌دار بود. بیشترین زیست توده خورده شده از پوره سن اول و سوم شته جالیز به ترتیب در ترکیب‌های ۴۰:۲۰ و ۴۰:۳۰ (پوره سن سوم: سن اول) به دست آمد (جدول ۲).

#### ب- نتایج حاصل از بررسی تغییر رفتار

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، ارائه تراکم‌های متفاوتی از پوره‌های سن اول و سوم شته جالیز تفاوت معنی‌داری در میزان تغذیه پشه *A. aphidimyza* ایجاد کرد (به ترتیب  $F = 5/847$ ;  $df = 2$  و  $29$ ;  $P = 0.008$  و  $F = 5/165$ ;  $df = 2$  و  $29$ ;  $P = 0.013$ ). میانگین تعداد خورده شده از پوره سن اول بین ۵/۰۰ تا ۸/۸۰ و از پوره سن سوم بین ۷/۶۰ تا ۱۰/۷۰ در ترکیب‌های مختلف پوره سن سوم: سن اول شته متغیر بود. بیشترین تعداد خورده شده از پوره سن اول شته در ترکیب ۴۰:۲۰:

جدول ۲- میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) تعداد و زیست توده خورده شده توسط لارو پشه شکارگر *A. aphidimyza* از ترکیب‌های متفاوتی از پوره‌های *Aphis gossypii*

Table 2. Mean ( $\pm$ SE) number and biomass consumed by the predatory gall midge *A. aphidimyza* from different ratios of *Aphis gossypii*.

Aphid ratios (First instars: Third instars)	First instars		Third instar	
	Number (n)	Biomass (mg)	Number (n)	Biomass (mg)
40:20	8.80 $\pm$ 1.19 <sup>a</sup>	0.22 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	7.60 $\pm$ 1.50 <sup>b</sup>	0.57 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>
30:30	5.20 $\pm$ 0.42 <sup>b</sup>	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	7.60 $\pm$ 0.80 <sup>b</sup>	0.57 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>
20:40	5.00 $\pm$ 0.87 <sup>b</sup>	0.12 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	10.70 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	0.87 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

Means followed by different letters in each column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

نتایج تجزیه واریانس شاخص ترجیح نشان داد که در ترکیب‌های ۴۰:۲۰ و ۳۰:۳۰ (پوره سن سوم: سن اول)

*A. aphidimyza* در ترکیب ۴۰:۲۰ (پوره سن سوم: سن اول) نیز به پوره سن سوم بیشتر از مقدار آن برای پوره سن اول بود، اما این اختلاف معنی داری نبود ( $P = 0/141$  ;  $t = 18$  ;  $df = 18$ ) (جدول ۳).

اختلاف معنی داری در ترجیح لارو پشه *A. aphidimyza* وجود داشت (به ترتیب  $P = 0/007$  ;  $t = 3/058$  ;  $df = 18$  و  $P = 0/001$  ;  $t = 3/907$  ;  $df = 18$ )؛ به طوری که لارو شکارگر ترجیح بیشتری را به پوره سن سوم شته جالیز نشان داد (جدول ۳). مقدار شاخص ترجیح لارو پشه *A.*

جدول ۳- شاخص ترجیح ( $\pm$  خطای استاندارد) لارو پشه شکارگر *A. aphidimyza* روی ترکیب های متفاوت از پوره های *A. gossypii*

Table 3. Preference index ( $\pm$ SE) of the predatory gall midge *A. aphidimyza* larvae on different ratios of *A. gossypii* nymphs.

Aphid ratios (First instars: Third instars)	Preference index ( $\beta$ )	
	First instars	Third instars
40:20	0.369 $\pm$ 0.60 <sup>b</sup>	0.631 $\pm$ 0.60 <sup>a</sup>
30:30	0.403 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.597 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
20:40	0.429 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.571 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>

میانگین های با حروف متفاوت در هر ردیف، تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

Means followed by different letters in each row are significantly different ( $P < 0.05$ ).

همچنین، تفاوت معنی داری در قدرت جستجوی هر لارو پشه *A. aphidimyza* با افزایش تراکم آن ها مشاهده شد ( $F = 92/990$  ;  $df = 49$  ;  $P = 0/0001$ ). زمانی که یک عدد لارو در هر پتری رهاسازی شد قدرت جستجوی آن  $0/1805$  بر ساعت محاسبه شد، اما وقتی تراکم لاروها در هر واحد آزمایشی به ۸ عدد رسانده شد قدرت جستجو به ازای هر لارو شکارگر به  $0/0623$  بر ساعت کاهش یافت (جدول ۴).

### ج- نتایج حاصل از بررسی تداخل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، افزایش تراکم لارو شکارگر تفاوت معنی داری در تعداد شته خورده شده ایجاد کرد ( $F = 122/935$  ;  $df = 49$  ;  $P = 0/0001$ ). تعداد سرانه شکار از  $16/50$  تا  $41/20$  عدد شته در نوسان بود که بیشترین تعداد سرانه شکار در تراکم های شش و هشت عدد لارو شکارگر به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴- میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) شمار سرانه شکار توسط لاروهای پشه شکارگر *A. aphidimyza* و قدرت جستجوی آن ها روی پوره های *A. gossypii*

Table 4. Mean ( $\pm$ SE) number of per capita preying of the predatory gall midge *A. aphidimyza* larvae and their per capita searching efficiency on *A. gossypii* nymphs.

<i>P</i> (Predator density)	<i>Na</i> (Per capita preying)	<i>a</i> (Per capita searching efficiency)
1	16.50 $\pm$ 0.58 <sup>d</sup>	0.1805 $\pm$ 0.007 <sup>a</sup>
2	25.10 $\pm$ 0.97 <sup>c</sup>	0.1449 $\pm$ 0.006 <sup>b</sup>
4	32.20 $\pm$ 1.11 <sup>b</sup>	0.0975 $\pm$ 0.004 <sup>c</sup>
6	41.20 $\pm$ 1.08 <sup>a</sup>	0.0888 $\pm$ 0.003 <sup>c</sup>
8	39.20 $\pm$ 0.74 <sup>a</sup>	0.0623 $\pm$ 0.001 <sup>d</sup>

میانگین های با حروف متفاوت در هر ستون، تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

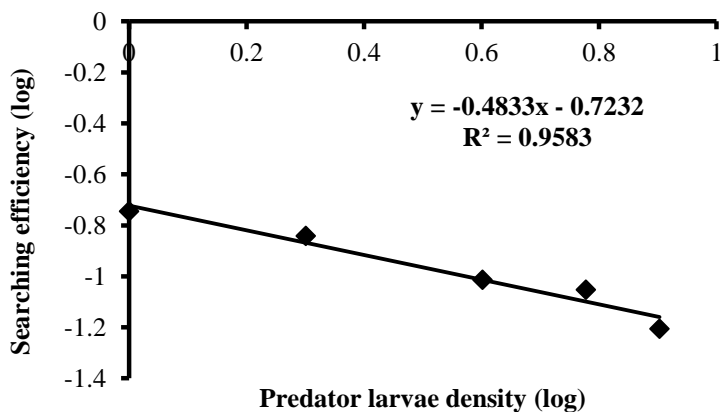
Means followed by different letters in each column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

میزان همبستگی بین این دو متغیر  $R^2 = 0/9583$  تعیین شد. در این معادله، شیب خط رگرسیون که معادل ضریب تداخل (*m*) است  $-0/4833$  تعیین شد.

معادله خط رگرسیون بین لگاریتم جستجو و لگاریتم تراکم لارو شکارگر به صورت زیر به دست آمد:  
 $\log a = -0/7232 - 0/4833 \log P$

بررسی تداخل لارو پشه *A. aphidimyza* روی پوره‌های شته جالیز در شکل ۱ نشان داده شده است.

منفی بودن شیب خط رگرسیون بیانگر وجود تداخل بین لاروهای پشه *A. aphidimyza* بود. خط رگرسیون



شکل ۱- خط رگرسیون در آزمایش تداخل لارو پشه شکارگر *A. aphidimyza* روی *A. gossypii*.  
Figure 1. Regression line in mutual interference of *A. aphidimyza* larvae on *A. gossypii*.

رایج است، به راحتی تغذیه خود را روی سنین مختلف شته‌ها انجام می‌دهند. با این وجود با افزایش سن پورگی شته، زیست توده خورده شده توسط لاروهای شکارگر افزایش معنی‌داری داشت؛ به طوری که بیشترین زیست توده خورده شده توسط لاروهای شکارگر روی پوره‌های سن چهارم شته بود. سنین مختلف پورگی شته به طور طبیعی از نظر اندازه جثه با یکدیگر اختلاف دارند. بنابراین، غیرمعمول نیست که زیست توده مصرف شده روی پوره‌های سنین بالاتر بیشتر باشد. بررسی انجام شده توسط Lucas *et al.* (1997) نشان داد که زیست توده خورده شده توسط دو کفشدوزک *C. septempunctata* و *Harmonia axyridis* Pallas در حالی که شته *Aphis citricola* van der Goot به عنوان طعمه در اختیار آن‌ها قرار داشت، بیشتر از زمانی بود که تنها طعمه آن‌ها کنه دولکه‌ای بود. طبق گزارش این محققین، تفاوت مشاهده شده در زیست توده خورده شده مربوط به اختلاف جثه این دو طعمه بود. بر اساس نتایج به دست آمده از بررسی حاضر، وقتی ترکیبی از تراکم‌های متفاوت پوره‌های شته در اختیار لارو پشه *A. aphidimyza* قرار گرفت، در تراکم یکسان پوره‌های سن اول و سوم شته جالیز، شکارگر ترجیح بیشتری به پوره‌های سن سوم داشت. این ترجیح ضمن آن که با افزایش تعداد پوره‌های سن سوم همچنان برقرار بود بلکه با

## بحث

نتایج به دست آمده از بررسی حاضر نشان داد زمانی که هر یک از سنین پورگی شته جالیز به طور جداگانه در اختیار لاروهای ۲۴ و ۴۸ ساعته پشه *A. aphidimyza* قرار داشتند، لاروهای این شکارگر از همه سنین شته تغذیه کردند و تفاوت معنی‌داری در تعداد طعمه شکار شده وجود نداشت. در بررسی انجام شده توسط Jafari *et al.* (2006) زمانی که پوره‌های سن اول، دوم و سوم سنک غوزه پنبه (*Creontiades pallidus* Rambur) در اختیار لارو سن دوم بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* Stephens و ماده‌های سن *Nabis capsiformis* Germ. قرار داشت، اختلاف در میانگین طعمه مصرف شده از هر مرحله سنی توسط شکارگرهای مذکور از نظر آماری معنی‌دار نبود. در مطالعه دیگری Alaee and Allahyari (2013) نشان دادند زمانی که دو گونه متفاوت طعمه (شته مومی کلم و شته خردل) در اختیار لارو سن چهارم کفشدوزک *H. variegata* قرار گرفت، تعداد غیرمعنی‌داری از هر دو گونه شته توسط لارو کفشدوزک مصرف شد. لاروهای پشه *A. aphidimyza* به دلیل حرکت آرام و غیرتحریک کننده خود به طور معمول باعث ایجاد واکنش رفتاری خاصی در شته‌ها نمی‌شوند (New 1991). به همین دلیل بدون مواجه شدن با دفاع یا فرار شته‌ها که به ویژه در سنین بالاتر



مراحل سنی مختلف یک طعمه را بر اساس سودآوری آن‌ها انتخاب می‌کنند. این سودآوری ممکن است در نتیجه بیشتر بودن کمیت غذایی، عناصر غذایی بهتر یا ترکیبات شیمیایی دیگر و یا وقت و انرژی کم‌تر برای حمله به طعمه، گرفتن طعمه و هضم ترکیبات مغذی باشد. بر اساس گزارش (Shrestha and Enkegaard 2013) زمانی که تراکم متفاوتی از دو گونه طعمه (شته) *Nasonovia ribisnigri* Mosley و *Tripeps Pergande* در اختیار لارو سن سوم *Frankliniella occidentalis* (بالتوری سبز، *C. carnea*) قرار گرفت این شکارگر ترجیح بیشتری به طعمه بزرگتر (شته) داشت. نتایج ارائه شده توسط Folgar et al. (1990) نیز حاکی از ترجیح بیشتر سن *M. caliginosus* به طعمه بزرگتر می‌باشد (شته) سبز هلو در مقابل کنه دولکه‌ای). نتایج بررسی حاضر نشان داد که در تراکم‌های بالای لارو پشه *A. aphidimyza* میزان تغذیه از شته جالیز افزایش پیدا کرد، اما افزایش تراکم لاروها، منجر به کاهش قدرت جستجو به ازای هر لارو شکارگر شد. شیب منفی خط رگرسیون نیز نشان دهنده بروز تداخل بین لاروهای پشه شکارگر بود؛ به عبارت دیگر رقابت درون‌گونه‌ای لاروهای پشه با افزایش تراکم آن‌ها افزایش یافت. بروز پدیده تداخل در لاروهای مگس سیرفید *Scaeva albomaculata* Maquart توسط Jalilian et al. (2001) مطالعه و گزارش شد که قدرت جستجوی لاروهای این مگس با افزایش تراکم آن‌ها کاهش معنی‌داری پیدا کرد. در بررسی Bayoumy and Michaud (2012) با افزایش تراکم لاروهای سن چهارم کفشدوزک *Nephus includes* (Kirsch) میزان تغذیه از طعمه (شته جالیز) بیشتر شد، اما قدرت جستجوی شکارگر کاهش پیدا کرد. با افزایش تراکم لاروهای شکارگر، هر شکارگر زمان کمتری را برای جستجوی هر واحد طعمه صرف می‌کند، زیرا در چنین مواقعی زمان بیشتری را برای برهمکنش با سایر افراد هم‌گونه اختصاص می‌دهد (Hassell 1971). به همین دلیل است که قدرت جستجو با افزایش تراکم شکارگر کاهش می‌یابد. البته در بررسی حاضر هر چند افزایش تراکم لاروهای شکارگر منجر به کاهش قدرت جستجوی آن‌ها شد، اما با افزایش تراکم لاروها از ۱ تا ۶ عدد، تعداد سرانه شکار افزایش معنی‌داری نشان داد، هر

کاهش تراکم پوره‌های سن سوم نیز ادامه پیدا کرد که حاکی از وقوع پدیده تغییر رفتار در لارو پشه می‌باشد. در بررسی Arabian et al. (2012) مشخص شد که لارو سن سوم مگس سیرفید *E. corolla* در تراکم یکسان پوره‌های سن دوم و سوم شته مومی کلم، ترجیح بیشتری به پوره‌های سن سوم داشت که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت دارد. حشرات شکارگر به‌ویژه شکارگرهای شته‌ها در محیط‌های طبیعی با طیف وسیعی از طعمه‌ها مواجه می‌شوند اما به طور معمول به برخی از طعمه‌ها ترجیح بیشتری را نشان می‌دهند (Fantinou et al. 2012). از طرفی زمانی که یک طعمه واحد در دسترس شکارگر قرار می‌گیرد واکنش رفتاری این شکارگر به شدت تحت تاثیر حضور نسبت‌های مختلف از سنین مختلف طعمه قرار می‌گیرد (Tazerouni et al. 2011). چنین موردی در حشرات آفتی مانند شته‌ها که به طور معمول سنین مختلف آن اعم از پوره‌های سنین مختلف و افراد بالغ به تعداد کثیری هم‌زمان روی برگ حضور دارند بیشتر صادق می‌باشد. اندازه طعمه نیز نقش مهمی در انتخاب آن‌ها توسط دشمنان طبیعی دارد (Pastorok 1981, Folgar et al. 1990). به طور معمول ارزش غذایی طعمه و نرخ برخورد شکارگر با طعمه تابعی از اندازه طعمه می‌باشد. شکارگر به طور معمول ترجیح بیشتری به طعمه بزرگتر نشان می‌دهد زیرا نرخ برخورد آن با افزایش اندازه طعمه، بیشتر می‌شود و نیز طعمه‌های بزرگتر ارزش تغذیه‌ای بیشتری را برای شکارگر فراهم می‌سازند (Charnov 1976). با این وجود با افزایش اندازه طعمه ممکن است نرخ شکارگری روی آن کاهش پیدا کند که دلیل این امر می‌تواند مربوط به واکنش دفاعی بهتر طعمه و یا توانایی بهتر آن برای فرار از دست دشمن طبیعی باشد (Pastorok 1981, Sabelis 1992). بنابراین به نظر می‌رسد پوره‌های سن سوم ضمن آن که به دلیل جثه بزرگتر به راحتی توسط لارو پشه قابل شناسایی بودند بلکه با وجود جثه بزرگتر سودآوری بیشتری را برای شکارگر فراهم ساختند. چنان که طبق نتایج به دست آمده مقدار زیست‌توده خورده شده از پوره‌های سن سوم در تراکم‌های مختلف ارائه شده نسبت به پوره‌های سن اول بیشتر بود. در این زمینه (Sabelis 1985) معتقد است که شکارگرها، گونه‌های طعمه یا

دارای توانایی مناسبی برای کنترل جمعیت شته جالیز است. این شکارگر روی همه مراحل پورگی شته جالیز رفتار شکارگری یکسانی داشت، به طوری که تفاوت سنین شته اختلاف معنی‌داری در تغذیه آن ایجاد نکرد، اما وقتی تراکم‌های متفاوتی از طعمه در اختیار آن قرار گرفت ترجیح بیشتری به شته‌های بزرگتر نشان داد. هم‌نین، وقتی تراکم لاروهای خود شکارگر در محیط آزمایشی افزایش یافت این افزایش تا یک حد مشخصی باعث افزایش تغذیه از طعمه گردید. بنابراین، تغییر تراکم شته و لارو شکارگر تاثیر مهمی در تغییر ویژگی‌های رفتاری پشه *A. aphidimyza* ایجاد نمود. نتایج این مطالعه ضمن ارائه درک بهتر از برهمکنش پشه *A. aphidimyza* و شته جالیز می‌تواند برای ارزیابی کارایی این دشمن طبیعی مورد استفاده قرار گیرد. البته برای درک بهتر این برهمکنش‌ها باید مطالعات بیشتری در شرایط طبیعی صورت گیرد.

چند با وجود کاهش تعداد طعمه خورده شده در تراکم ۸ لارو شکارگر، اختلاف آن با تراکم ۶ عدد لارو شکارگر معنی‌دار نبود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که تعداد قابل توجهی از آفت در تراکم‌های بالای لاروهای شکارگر مورد تغذیه قرار گیرد. چنان که به نظر Bayoumy and Michaud (2012) افزایش رهاسازی شکارگرها در اکوسیستم‌های طبیعی ممکن است منجر به افزایش تغذیه از طعمه شود. البته با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد با افزایش تراکم لارو شکارگر از یک حد مشخص، پدیده تداخل سبب کاهش نرخ شکارگری این لاروها روی شته جالیز گردد. Bayoumy and Michaud (2012) معتقد هستند که تراکم بالای طعمه در محیط‌های طبیعی می‌تواند موجب کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین لاروهای شکارگر شود. به نظر می‌رسد که این امر تنها می‌تواند در انبوهی‌های بالای آفت میسر باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که پشه *A. aphidimyza*

## REFERENCES

- Alaee T, Allahyari H (2013) Prey preference of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) on two aphid species: *Lipaphis erysimi* and *Brevicoryne brassicae*. Plant Pests Research 3(3): 11-19 (In Persian).
- Al-Deghairi MA, Abdel-Baky NF, Fouly AH, Ghanim NM (2014) Foraging behavior of two Coccinellid species (Coleoptera: Coccinellidae) fed on aphids. Journal of Agricultural and Urban Entomology 30(1): 12-24.
- Alvarado P, Baltà O, Alomar O (1997) Efficiency of four as predators of *Aphis gossypii* and *Macrosiphum euphorbiae* (Hom.: Aphididae). BioControl 42(1/2): 215-226.
- Arabian M, Moeeny Naghadeh N, Zamani AA, Jalilian F (2012) Prey preference of *Eupeodes corollae* (Dip.: Syrphidae) on different nymphal instars of *Brevicoryne brassicae* (Hem.: Aphididae). Journal of Entomological Society of Iran 32(1): 21-35 (In Persian).
- Baskaran RKM, Sasikumar S, Rajavel DS, Suresh K (2009) Biology and predatory potential of aphidophagous syrphids on guava aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). Journal of Biological Control 23(1): 53-56.
- Bayoumy MH, Michaud JP (2012) Parasitism interacts with mutual interference to limit foraging efficiency in larvae of *Nephus includens* (Coleoptera: Coccinellidae). Biological Control 62(2): 120-126.
- Bennison JA, Corless SP (1993) Biological control of aphids on cucumbers: further development of open rearing units or banker plants to aid establishment of aphid natural enemies. Bull IOBC/WPRS 16(2): 5-8.
- Charnov EL (1976) Optimal foraging, the marginal value theorem. Theoretical Population Biology 9(2): 129-136.
- Chesson PL (1984) Variable predators and switching behavior. Theoretical Population Biology 26: 1-26.
- Cronin JT, Strong DR (1993) Superparasitism and mutual interference in the egg parasitoid *Anagrus delicatus* (Hymenoptera: Mymaridae). Ecological Entomology 18(4): 293-302.
- Fantinou AA, Baxevari A, Drizou F, Labropoulos P, Perdiki D, Papadoulis G (2012) Consumption rate, functional response and preference of the predaceous mite *Iphiseius degenerans* to *Tetranychus urticae* and *Eutetranychus orientalis*. Experimental and Applied Acarology 58(2): 133-144.
- Fathipour Y, Hosseini Gharalari A, Talebi AA (2004) Some behavioral characteristics of *Diaeretiella rapae* (Hym.: Aphidiidae), parasitoid of *Brevicoryne brassicae* (Homoptera.: Aphididae). Iranian Journal of Agricultural Sciences 35(2): 393-401 (In Persian).
- Fathipour Y, Hosseini Gharalari A, Talebi AA, Moharramipour S (2006) Functional response and mutual interference of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) on *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). Entomologica Fennica 17(2): 90-97.
- Folgar H, Malausa CJ, Wajnberg E (1990) The functional response and preference of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) for two of its prey: *Myzus persicae* and *Tetranychus urticae*.

Entomophaga 35(3): 465-474.

**Gücan A, Madanlar N, Yoldaş Z, Ersin F, Tüzel Y** (2006) Pest status of organic cucumber production under greenhouse conditions in İzmir (Turkey). *Turkiye Entomoloji Dergisi* 30(3): 183-193.

**Harris KM** (1973) Aphidophagous *Cecidomyiidae* (Diptera): Taxonomy, biology and assessments of field populations. *Bulletin of Entomological Research* 63(2): 305-325.

**Hassell MP** (1971) Mutual interference between searching insect parasites. *Journal of Animal Ecology* 40(2): 473-486.

**Jafari A, Fathipour Y, Hosseini SM, Talebi AA, Moharramipour S** (2006) Preference of *Nabis capsiformis* and *Chrysoperla carnea* to different nymph instars of *Creontiades pallidus*. *Journal of Agricultural Sciences* 12(1): 57-65 (In Persian).

**Jalilian F, Fathipour Y, Talebi AA, Sedaratian A** (2001) Functional response and mutual interference of *Episyrphus balteatus* and *Scaeva albomaculata* (Dip.: Syrphidae) fed on *Myzus persicae* (Hom.: Aphididae). *Entomology and Phytopathology* 87(2): 257-273 (In Persian).

**Jaworski CC, Bompard A, Genies L, Amiens-Desneux E, Desneux N** (2013) Preference and prey switching in a generalist predator attacking local and invasive alien pests. *PLoS ONE* 8(12): e82231. doi:10.1371/journal.pone.0082231

**Krivan V, Havelka J** (2000) Leslie model for predatory gall-midge population. *Ecological Modelling* 126(1): 73-77.

**Lucas E, Coderre D, Vincent Ch** (1997) Voracity and feeding preferences of two aphidophagous coccinellids on *Aphis citricola* and *Tetranychus urticae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85(2): 151-159.

**Manly BFJ** (1974) A model for certain types of selection experiments. *Biometrics* 30(2): 281-294.

**New TR** (1991) *Insects as predators*. New South Wales University Press, New South Wales, Australia.

**Nicholson AJ** (1933) The balance of animal population. *Journal of Animal Ecology* 2: 131-178.

**Omkar P, Srivastava S** (2003) Predation and searching efficiency of a ladybird beetle, *Coccinella septempunctata* Linnaeus in laboratory environment. *Indian Journal of Experimental Biology* 41(1): 82-84.

**Pastorok RA** (1981) Prey vulnerability and size selection by *Chaoborus* larvae. *Ecology* 62(5): 1311-1324.

**Perdikis D, Kapaxidi E, Papadoulis G** (2008) Biological control of insect and mite pests in greenhouse *solanaceous* crop. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 2(1): 125-144.

**Rondoni G, Ielo F, Ricci C, Conti E** (2014) Intraguild predation responses in two aphidophagous coccinellids identify differences among juvenile stages and aphid densities. *Insects* 5(4): 974-983.

**Ruzicka Z, Havelka J** (1998) Effects of oviposition-deterring pheromone and allomones on *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *European Journal of Entomology* 95(2): 211-216.

**Sabelis MW** (1985) Predation on spider mites. In: Helle W, Sabelis MW (eds.), *Spider mites: their biology, natural enemies and control*. Vol. 1B. Elsevier science publisher, Amsterdam. pp. 103-129.

**Sabelis MW** (1992) Predatory arthropods. In: Crawley MJ (ed.), *Natural enemies*. Blackwell, Oxford. pp. 225-264.

**Satar S, Kersting U, Uygun N** (2005) Effect of temperature on development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber. *Journal of Pest Science* 78(3): 133-137.

**Sequeira RV** (1991) Nutritional and physiological ecology of insect host- parasitoid associations: the pea aphid – *Aphidius ervi* system. Ph.D., Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada.

**Shrestha G, Enkegaard A** (2013) The green lacewing, *Chrysoperla carnea*: preference between lettuce aphids, *Nasonovia ribisnigri*, and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Insect Science* 13(1): 1-10.

**Shuping L, Hongmei L, Yanhui L, Feng Z, Tim H, Ulrich K, Kongming W** (2014) Functional response and mutual interference of *Peristenus spretus* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Apolygus lucorum* (Heteroptera: Miridae). *Biocontrol Science and Technology* 24(3): 247-256

**Tazerouni Z, Talebi AA, Rakhshani E** (2011) The foraging behavior of *Diaretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) on *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae). *Archive of Biological Science Belgrade* 63(1): 225-234.

**Umbanhowar J, Maron J, Harrison S** (2003) Density-dependent foraging behaviors in a parasitoid lead to density-dependent parasitism of its host. *Oecologia* 137(1): 123-130.

**van Steenis MJ** (1995) Evaluation of four *aphidiine* parasitoids for biological control of *Aphis gossypii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75(2): 151-157.

**Vásquez GM, Orr DB, Baker JR** (2006) Efficacy assessment of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) for suppression of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in greenhouse-grown *Chrysanthemum*. *Journal of Economic Entomology* 99(4): 1104-1111.