

رفتار کاوشگری کفشدوزک شکارگر *Hippodamia variegata*
***Lysiphlebus fabarum* (Coleoptera: Coccinellidae) و زنبور پارازیتوئید**
(Hymenoptera: Braconidae)، دشمنان طبیعی شته جالیز، در شرایط تاریکی و روشنایی

زهرا محمدی^۱، آرش راسخ^{۱*}، مهدی اسفندیاری^۱، جان پاول میکائود^۲ و فرحان کچیلی^۱

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران ۲- مرکز تحقیقات کشاورزی هاین، دانشگاه ایالتی کانزاس، ایالات متحده آمریکا.

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.rasekh@scu.ac.ir

چکیده

نور به عنوان یک عامل محیطی، ویژگی‌های زیستی، فیزیولوژیکی و رفتاری حشرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مطالعه حاضر میزان شکارگری کفشدوزک *Hippodamia variegata* و همچنین میزان پارازیتسم زنبور *Lysiphlebus fabarum* روی شته جالیز *Aphis gossypii* در شرایط تاریکی و روشنایی ارزیابی شد. بدین منظور جمعیت هم‌سن از مراحل مختلف رشدی کفشدوزک و زنبورهای ماده تهیه و به‌طور جداگانه به پوره‌های سن سوم میزبان (۲۰ پوره برای لارو سن دوم کفشدوزک و زنبور ماده؛ ۳۰ پوره برای سایر مراحل رشدی کفشدوزک) مستقر روی یک برگ خیار، معرفی شدند. نتایج نشان داد که فعالیت شکارگری لاروهای سن دوم متأثر از شرایط روشنایی و تاریکی نبود، در حالی که تعداد شته‌های کشته شده (مجموع شته‌های نیمه و کامل خورده شده) توسط لاروهای سن چهارم، افراد بالغ نر و ماده کفشدوزک در شرایط روشنایی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تاریکی بود. در شرایط تاریکی، نرخ مصرف ناتمام طعمه (نسبت شته‌های نیمه خورده شده به شته‌های کشته شده) در لاروهای سن چهارم به‌طور معنی‌داری بیشتر از لاروهای سن دوم بود. افراد بالغ ماده در شرایط تاریکی در مقایسه با روشنایی به‌طور معنی‌داری نسبت بیشتری از طعمه‌ها را به صورت ناتمام مصرف نمودند. همچنین در هر دو شرایط نوری، این نرخ در افراد بالغ ماده بیشتر از نر بود. زنبورهای پارازیتوئید در شرایط تاریکی شته‌های کمتری را پارازیته کردند. با توجه به کارایی به نسبت بالای کفشدوزک در شرایط تاریکی، می‌توان گفت که کاربرد همزمان زنبور و کفشدوزک، امکان فعالیت توأم آن‌ها را طی روز فراهم نموده و از سوی دیگر روند کاهش جمعیت آفت با فعالیت شکارگر در طول شب نیز ادامه می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: خیار، کنترل زیستی، نرخ مصرف ناتمام طعمه، *Aphis gossypii*

Foraging behavior of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Braconidae), as the natural enemies of *Aphis gossypii*, under light and dark conditions

Zahra Mohammadi¹, Arash Rasekh^{*1}, Mehdi Esfandiari¹, John P Michaud² & Farhan Kocheili¹

1. Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran 2. Department of Entomology, Kansas State University, Agricultural Research Center – Hays, USA

*Corresponding author, E-mail: a.rasekh@scu.ac.ir

Abstract

Light, as an environmental factor, affects the biology, physiology and behavior of insects. In this study, the feeding behavior of *Hippodamia variegata* and parasitism rate of *Lysiphlebus fabarum* were studied under light and dark conditions. Synchronous cohorts of different growth stages of *H. variegata* and female parasitoid wasps were produced and then they were singly introduced into experimental arena containing third instar nymphs of *Aphis gossypii* (20 nymphs for second instar larvae and female wasp; 30 nymphs for other growth stages of ladybird beetle) on a cucumber leaf. The results revealed that, although light did not influence foraging behavior of second instar larvae of the ladybird beetle, the number of killed aphids was significantly higher for fourth instar larvae by female and male adults of *H. variegata* during foraging in the light condition in comparison with the dark condition. The ratio of partial prey consumption (No. of partially consumed aphids to No. of aphids killed) was significantly greater in fourth instar larvae than in second instar larvae in the dark condition. Female adults displayed significantly more partial consumption of prey in the dark relative to the light condition. Moreover, in both light and dark phases, this ratio was higher in female adults than in males. The results revealed that female wasps parasitized fewer *A. gossypii* nymphs in the dark than in the light. Based on the acceptable performance of *H. variegata* in the dark condition, it can be said that in addition to the benefits of simultaneous application of the parasitoid wasp and the ladybird beetle during the day, aphid population decline continues at night.

Key words: *Aphis gossypii*, biological control, cucumber, ratio of partial prey consumption

Received: 6 December 2018, Accepted: 22 May 2019.

مقدمه

در اجرای موفقیت آمیز برنامه‌های کنترل زیستی، آگاهی از چگونگی تأثیر عوامل محیطی بر ویژگی‌های زیستی و رفتاری دشمنان طبیعی، اهمیت زیادی دارد (Antignus, 2000). از دما و رطوبت به عنوان مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر روی دشمنان طبیعی نام برده شده است (Kajita, 1983; Nihoul, 1993; Shipp *et al.*, 2003; Shipp & van Houten, 1997). با وجود این، برخی تحقیقات انجام شده در محیط‌های گلخانه‌ای و آزمایشگاهی، به اثرات نور (دوره‌ی نوری، شدت نور و طول موج) روی دشمنان طبیعی پرداخته‌اند (Smith & Rutz, 1991; Gu & Dorn, 2001; van Laerhoven *et al.*, 2003; Peridikis *et al.*, 2004). طول دوره رشد، میزان جستجوگری، تولیدمثل، نرخ شکارگری و پارازیتسم (Zaslavski, 1988; Prayitno *et al.*, 1997) و نیز رفتار و فیزیولوژی دشمنان طبیعی (Phillips & Lomas, 2001; Miklosi *et al.*, 2002) به اثبات رسیده است. لازم به ذکر است تحقیقات در خصوص تأثیر نور بر عملکرد دشمنان طبیعی حوزه‌ی وسیع تری داشته و نه تنها سازو کارهای سازگاری با شرایط محیطی را در آن‌ها آشکار می‌سازد، بلکه اطلاعات لازم در پرورش انبوه و رهاسازی این حشرات مفید را نیز فراهم می‌کند (Dorais & Gosselin, 2002; Runkle *et al.*, 2002).

امروزه روشنایی محیط گلخانه‌ها از جمله دوره‌ی نوری، محدودی طیفی و شدت نور به منظور افزایش میزان فتوسنتز، تنظیم رشد گیاه، گلدهی و افزایش تولید دستکاری می‌شود. با این حال، به طور معمول تأثیر تغییرات نوری بر عملکرد دشمنان طبیعی در مدیریت گلخانه نادیده گرفته می‌شود، به صورتی که در برخی از گلخانه‌ها فعالیت دشمنان طبیعی طی زمستان در مقایسه با بقیه‌ی فصول سال کاهش محسوسی را نشان می‌دهد (Gerling *et al.*, 2001) و گزارش‌ها حاکی از ارتباط بین این کاهش عملکرد با شرایط نوری نامناسب می‌باشد (Cochard *et al.*, 2017). بنابراین به نظر می‌رسد که بهبود و توسعه‌ی راه‌بردهای مدیریت آفات، نیازمند کشف چگونگی پاسخ دشمنان طبیعی در شرایط مختلف نوری می‌باشد (Chu *et al.*, 1998; Gu & Dorn, 2001).

مطالعات اخیر نشان داده است، کفشدوزک (*Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) و زنبور (*Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) (Toosi *et al.*, 2016) به ترتیب دارای فعالیت شکارگری و پارازیتسمی مناسبی روی شته جالیز می‌باشند و امکان کاربرد هم‌زمان این دو عامل کنترل زیستی روی این آفت وجود دارد (Toosi *et al.*, 2016; 2017). هر گونه

تلاش به منظور کاهش شکارگری درون رسته‌ای (Intraguild predation) بین این عوامل، از جمله بررسی این موضوع که آیا این دو دشمن طبیعی در شرایط تاریکی رفتار کاوشگری متفاوتی از خود نشان می‌دهند یا خیر؛ حائز اهمیت است. اثبات این فرضیه نشان دهنده‌ی فعالیت بدون مزاحمت این عوامل در شرایط تاریکی بوده که خود می‌تواند در مدیریت کاربرد هم‌زمان این دو دشمن طبیعی روی شته جالیز بکار گرفته شود.

شته‌ی جالیز (*Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) یکی از مهم‌ترین آفات خیار بوده که به دلیل پراکنش وسیع و دامنه‌ی میزبانی گسترده دارای اهمیت زیادی می‌باشد (Blackman & Eastop, 1984). این آفت علاوه بر تغذیه مستقیم که منجر به پژمردگی، کوتولگی و ریزش برگ‌ها می‌شود (Attia & El-Hamaky, 1987)، به صورت غیرمستقیم نیز از طریق ترشح عسلک و انتقال ویروس‌های گیاهی (Kresting *et al.*, 1999) خسارت قابل ملاحظه‌ای به گیاه میزبان وارد می‌کند. خوشبختانه شته جالیز دارای دشمنان طبیعی متعددی می‌باشد که در صورت حمایت، می‌توانند در کاهش جمعیت میزبان خود تأثیر به‌سزایی داشته باشند. در این میان، کفشدوزک‌ها به عنوان مؤثرترین عوامل زیستی در کنترل شته‌ها مورد استفاده بوده‌اند. اهمیت کفشدوزک‌ها در کنترل زیستی بیشتر به این دلیل است که هم حشرات بالغ و هم لاروها دارای فعالیت شکارگری هستند (Obrycki, 1993). کفشدوزک *H. variegata* گونه‌ای با پراکنش وسیع در منطقه‌ی پالنارکنیک است. فعالیت این گونه در اکثر استان‌های ایران گزارش شده است (Vojdani, 1964). این گونه بر خلاف بسیاری از کفشدوزک‌ها، تمایل کمی به هم‌نوع‌خواری (Cannibalism) داشته و از این رو برای پرورش انبوه بسیار مناسب می‌باشد. همچنین با داشتن جنه‌ی کوچک، قدرت جستجوگری زیاد و توانایی تولیدمثل بالا از مؤثرترین گونه‌های شکارگر در شرایط گلخانه می‌باشد (Obrycki & Orr, 1990). در میان سایر عوامل کنترل زیستی، زنبور *L. fabarum* یکی از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای شته‌های جنس *Aphis* می‌باشد (Nuessly *et al.*, 2004). این زنبور پارازیتوئید انفرادی و کویونوبیونت (Koinobiont)، در کنترل بیش از ۴۴ گونه شته خسارت‌زا روی محصولات کشاورزی و باغی مؤثر بوده است (Kavallieratos *et al.*, 2004). بررسی‌ها حاکی از آن است که این زنبور، بهترین پارازیتوئید شته‌ها در شمال ایران و مرکز اروپا بوده (Stary, 1983) و دارای قدرت پارازیتسمی بالایی روی شته جالیز می‌باشد (Almasi *et al.*, 2017). این زنبور پارازیتوئید دارای دو نژاد نرزا (Arrhenotokous) و ماده‌زا (Thelytokous) بوده و نژاد نرزی آن از مناطق شمالی و جنوبی کشور (Bagheri-Matin *et al.*, 2005; Mossadegh *et al.*, 2011) و نژاد ماده‌زی آن تاکنون فقط از منطقه چورزق زنجان (Rasekh *et al.*, 2011) گزارش شده است.

مواد و روش‌ها

با توجه به این که شته سیاه باقلا (*Aphis fabae* (Scopoli) به عنوان میزبان مناسب زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* (Rasekh *et al.*, 2010) و کفشدوزک *H. variegata* (Farhadi *et al.*, 2012) محسوب شده و امکان پرورش انبوه، آسان و مقرون به صرفه‌ی آن‌ها روی این گونه شته وجود دارد، از شته سیاه باقلا برای پرورش این دشمنان طبیعی و از گیاهان باقلا (*Vicia faba* L. (Fabaceae) برای پرورش کلنی شته سیاه باقلا استفاده شد.

کشت گیاهان

گیاه باقلا

از گیاه باقلا رقم شاخ بزی در این مطالعه استفاده شد. برای تسریع در جوانه‌زنی، بذرها ۴۸ ساعت قبل از کشت، در آب خیسانده و سپس در گلدان‌های چهار لیتری حاوی خاک اره کشت شدند. گلدان‌ها در شرایط دمایی ۲۲±۳

درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 45 ± 10 درصد و دوره نوری $16:8$ ساعت (تاریکی : روشنایی) در گلخانه نگهداری شدند. برای تغذیه گیاهان از محلول کود کامل با نام تجاری هورتی گرو ($Hortigrow^{\circledR}$) به نسبت ۳ در هزار استفاده شد. ۱۲ روز بعد از کاشت، این گیاهان برای پرورش شته سیاه باقلا استفاده شد.

گیاه خیار

از گیاه خیار (*Cucumis sativus* L. (Cucurbitaceae)، رقم امپایر (Empire)، برای پرورش شته جالیز در گلخانه استفاده شد. برای تسریع در جوانه زنی، بذرها را خیار ۷۲ ساعت قبل از کشت در آب خیسانده شدند. بذرها در بستری از مخلوط کود حیوانی و خاک (به نسبت ۲:۱) در گلدان‌های دو لیتری کشت و در گلخانه با شرایط ذکر شده در بالا پرورش یافتند. برای تغذیه گیاهان از محلول کود کامل هورتی گرو استفاده شد. ۲۵ روز پس از کاشت، گیاهان به اندازه کافی رشد کرده و آماده‌ی آلوده سازی به شته جالیز بودند.

پرورش حشرات

شته سیاه باقلا

شته سیاه باقلا، در اسفند ۱۳۹۶ طی نمونه برداری از مزارع باقلای دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز جمع‌آوری شد و روی گیاهان باقلا درون قفس توری به ابعاد $120 \times 60 \times 60$ سانتی‌متر) در اتاقک رشد با شرایط دمایی 22 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری $16:8$ ساعت (تاریکی : روشنایی) پرورش یافتند.

شته جالیز

برای تشکیل جمعیت اولیه شته جالیز، تعدادی برگ خیار آلوده به این شته از گلخانه خیار حاشیه شهر اهواز جمع‌آوری و روی گیاهان خیار در درون قفس توری در اتاقک رشد با شرایط ذکر شده در بالا پرورش داده شدند.

کفشدوزک *H. variegata*

حشرات کامل کفشدوزک با تور زدن از مزرعه یونجه دانشکده کشاورزی جمع‌آوری شد. این حشرات در ظروف پلاستیکی مکعبی به ابعاد ۱۵ در ۲۰ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر به آزمایشگاه منتقل و در اتاقک رشد در شرایط ذکر شده در بالا نگهداری شدند. برای تامین بستر مناسب تخم‌ریزی، کاغذ چین‌دار در اختیار کفشدوزک‌ها قرار داده شد. بعد از تخم‌گذاری، کاغذهای حاوی تخم‌ها از ظروف خارج شده و به درون ظروف پتری تهویه‌دار (به قطر ۶ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر) انتقال یافتند. این تخم‌ها در شرایط فوق تا زمان تفریح نگهداری شدند. از برگ‌های باقلای حاوی شته سیاه باقلا برای تغذیه لاروها استفاده شد.

زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*

هم‌زمان با جمع‌آوری شته‌ها در مزارع، تعدادی شته‌سیاه باقلا مومیایی شده به‌دست آمد. پس از ظهور و شناسایی گونه زنبور، به منظور تشکیل کلنی زنبور، تعدادی از زنبرهای نر و ماده به کمک اسپیراتور روی گیاهان باقلای آلوده به شته سیاه باقلا، در قفسی در شرایط محیطی ذکر شده رهاسازی شدند.

تشکیل جمعیت هم‌سن حشرات (Synchronous cohorts)

از آنجایی که برای انجام آزمایش‌ها به جمعیت هم‌سن شته جالیز نیاز بود، ۲۰ عدد شته بالغ روی هر دیسک برگی خیار در ظروف پتری (به قطر ۹ و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر) حاوی ژل آگار (۱/۵ درصد) قرار داده شد. شته‌های بالغ پس از ۱۲ ساعت حذف و پوره‌های سن اول گذاشته شده تا سن سوم در همان شرایط پرورش داده شدند.

برای تغذیه کفشدوزک‌های هم‌سن، از پوره سن دوم شته سیاه باقلا استفاده شد، به این منظور ۳۰ شته بالغ روی یک ساقه باقلا درون یک ظرف پلاستیکی استوانه‌ای (به قطر ۹ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) قرار گرفتند. انتهای این ساقه‌ها در یک لوله کوچک محتوی کود کامل (۳ در هزار) قرار داشتند و در صورت کاهش کیفیت با یک ساقه جدید باقلا تعویض می‌شدند. بعد از ۱۲ ساعت شته‌های بالغ حذف و پوره‌های گذاشته شده در همان شرایط تا سن دوم رشد نگهداری شدند.

به منظور تشکیل جمعیت هم‌سن کفشدوزک، ابتدا یک دسته تخم (با حداقل ۱۰ تخم) از یک کفشدوزک ماده ۷-۵ روزه، که در تمام مراحل رشدی خود با شته سیاه باقلا تغذیه شده بود، گرفته شد. پس از تفریح تخم‌ها، لاروهای ظاهر شده به ظروف پلاستیکی مکعبی (به ابعاد ۱۵ در ۲۰ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) منتقل و تا ظهور کفشدوزک‌های بالغ و تخم‌گذاری با پوره‌های سن دوم شته سیاه باقلا تغذیه شدند. از نتایج این کفشدوزک‌ها به عنوان جمعیت هم‌سن در دوره رشدی مورد نظر در آزمایش‌ها استفاده شد.

برای هم‌سن‌سازی حشرات کامل زنبورهای *L. fabarum* ابتدا دو گلدان حاوی گیاه باقلا آلوده به شته‌ی سیاه باقلا در یک قفس (با ابعاد ۳۰×۳۰×۶۰ سانتی‌متر) قرار داده شد. سپس با توجه به تعداد شته‌های سیاه روی این گیاهان، زنبورهای ماده جفتگیری کرده به نسبت ۱ به ۵ (زنبور به شته) به این گیاهان معرفی شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از مطالعات قبلی، این نسبت زنبور به شته منجر به پارازیت شدن اکثر شته‌ها با حداقل وقوع سوپرپارازیتسیم می‌شود (Mohseni et al., 2016). زنبورهای ماده بعد از ۱۲ ساعت حذف شدند. پس از چند روز، شته‌های پارازیت شده به آرامی توسط قلم‌موی ظریف از گیاه جدا و به داخل ظروف پتری (به قطر ۶ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر) انتقال یافتند. زنبورهای ظاهر شده با پاشش آب و محلول آب عسل (۳۰ درصد) تغذیه شدند و پس از گذشت یک روز (۶± ساعت)، در آزمایش‌ها به کار گرفته شدند.

واحد آزمایش

واحد آزمایش، شامل ظروف پتری پلاستیکی (به قطر ۹ و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر) بود که به منظور تهیه، سوراخی به قطر ۳ سانتی‌متر روی سرپوش آن ایجاد و توسط توری حریر پوشانده شده بود. قطعه‌ای از برگ خیار (رقم امپایر) به اندازه کف پتری توسط ژل آگار (۱/۵ درصد) در کف ظروف به صورتی ثابت شد که سطح زیرین برگ رو به بالا قرار گرفته و در اختیار شته‌ها و دشمن طبیعی باشد. به منظور جلوگیری از فرار حشرات، دیواره‌ی بیرونی ظروف پتری توسط پارافیلیم پوشانده شد.

طراحی و انجام آزمایش‌ها

تأثیر شرایط نوری بر میزان شکارگری سنین مختلف رشدی کفشدوزک *H. variegata*

در ابتدا جمعیت هم‌سنی از لاروهای سن دوم کفشدوزک تهیه و سپس یک لارو به صورت جداگانه به هر واحد آزمایشی (n=۲۴) معرفی شد. هر واحد آزمایشی مشتمل بر ۲۰ عدد پوره‌ی سن سوم شته‌ی جالیز بود، که به منظور اطمینان از استقرار آن‌ها، یک ساعت قبل از شروع آزمایش این زنبورها روی برگ خیار رهاسازی شدند. واحدهای آزمایشی به صورت جداگانه در شرایط نوری روشنایی کامل یا تاریکی کامل در انکوباتورهایی با شرایط محیطی مشابه (دمای ۲۲±۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد) قرار گرفتند. پس از ۶ ساعت لاروها از ظروف پتری حذف و تعداد شته‌های کاملاً خورده شده و نیمه خورده شده به‌طور دقیق ثبت شد. آزمایش بالا به صورت جداگانه برای لاروهای سن چهارم، افراد بالغ نر و ماده کفشدوزک با شرایط فوق‌الذکر انجام شد. نظر به تغذیه بیشتر کفشدوزک در این مراحل رشدی، ۳۰ عدد پوره‌ی سن سوم در هر واحد آزمایشی مستقر و میزان فعالیت

شکارگری، چهار ساعت پس از رهاسازی تعیین شد. به منظور اطمینان از شکارگری مناسب کفشدوزک‌ها طی مدت زمان آزمایش، لاروهای سن دوم و چهارم به مدت ۸ ساعت و افراد بالغ نر و ماده به مدت ۲۴ ساعت قبل از شروع هر آزمایش، گرسنه نگهداشته شدند.

از آنجایی که تغذیه ناتمام شکارگر از طعمه می‌تواند یک ویژگی مثبت برای آن شکارگر در کنترل زیستی قلمداد شود، نرخ مصرف ناتمام طعمه (Ratio of partial prey consumption) (نسبت تعداد شته‌های نیمه خورده شده به شته‌های گشته شده اعم از نیمه و کامل خورده شده) در هر یک از مراحل مختلف رشدی کفشدوزک تعیین و مقایسه شد.

تأثیر شرایط نوری بر فعالیت پارازیتسم زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*

به منظور مقایسه فعالیت پارازیتسمی زنبور در شرایط تاریکی و روشنایی، جمعیت هم‌سنی از زنبورهای ماده جفتگیری کرده (یک روزه) تشکیل (بدون تجربه قبلی مواجهه با میزبان)، و هر کدام جداگانه به یک واحد آزمایشی ($n=24$) مشتمل بر ۲۰ عدد پورهی سن سوم شته‌ی جالیز معرفی شدند. نیمی از واحدهای آزمایشی در انکوباتور در دمای 22 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد، با شرایط روشنایی کامل و بقیه ظروف پتری با شرایط محیطی یکسان در انکوباتوری با شرایط تاریکی کامل قرار گرفتند. زنبورها به مدت ۸ ساعت اجازه پارازیته کردن میزبان‌ها را داشتند. پس از این زمان، زنبورها حذف و شته‌ها تا ظهور مومیایی‌ها نگهداری شدند. تمام شته‌های مومیایی شده در هر تکرار به آرامی توسط قلم‌موی ظریف از برگ خیار جدا و به داخل ظروف پتری (به قطر ۵ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر) انتقال یافتند. با ظهور حشرات کامل، نرخ ظهور (تعداد حشرات ظاهر شده به تعداد کل مومیایی‌ها) و همچنین نسبت جنسی (تعداد ماده به کل حشرات) تعیین شد.

تجزیه‌های آماری

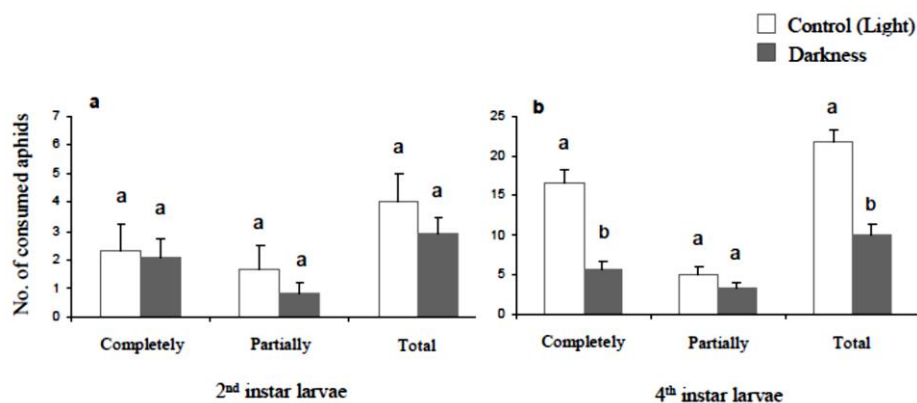
نظر به وجود دو متغیر مستقل؛ یعنی جنسیت کفشدوزک (نر و ماده) و شرایط نوری (روشنایی و تاریکی) و تأثیر آن‌ها بر تعداد شته‌های خورده شده، از آزمون آماری تجزیه واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA) (در سطح احتمال ۵ درصد) و برای مقایسه تیمارها از آزمون آماری استودنت تی تست (Student's t test) استفاده شد. برای بررسی دو متغیر مستقل جنسیت کفشدوزک و شرایط نوری روی نرخ مصرف ناتمام طعمه از آزمون آماری مدل‌های خطی تعمیم یافته دو طرفه (Two-way Generalized Linear Models) و توزیع پواسون (Poisson) با تابع لوگ (Log link function) استفاده شد. برای مقایسه درصد پارازیتسم، درصد ظهور و نسبت جنسی زنبورهای پارازیتوئید از مدل خطی تعمیم، با تابع لوگ برای درصد پارازیتسم و تابع لوژیست (Logit link function) برای نرخ ظهور و نسبت جنسی استفاده شد (Crawley, 1993). محاسبات آماری در نرم افزار SPSS (نسخه‌ی ۲۲) انجام شد (SPSS, 1998).

نتایج

تأثیر شرایط نوری بر میزان شکارگری لاروی سنین دوم و چهارم کفشدوزک *H. variegata*

بر اساس نتایج به‌دست آمده، فعالیت شکارگری لاروهای سن دوم کفشدوزک تحت تأثیر تاریکی قرار نگرفت، به طوری که اختلاف معنی‌داری در تعداد شته‌های کامل خورده شده ($2/33 \pm 0/94$ و $2/08 \pm 0/65$) به ترتیب در شرایط روشنایی و تاریکی ($t_{22} = 0/048, P = 0/828$)، تعداد شته‌های نیمه خورده شده ($1/67 \pm 0/81$ و $0/41 \pm 0/83$) ($t_{22} = 0/846, P = 0/368$) و همچنین تعداد شته‌های گشته شده (مجموع کامل و نیمه خورده شده) ($1/02 \pm 4/0$ و $2/92 \pm 0/58$) ($t_{22} = 0/847, P = 0/367$) توسط لارو در دو تیمار مشاهده نشد (شکل ۱-a).

در لارو سن چهارم، تعداد شته‌های به‌طور کامل تغذیه شده ($16/58 \pm 1/55$ و $6/58 \pm 1/1$) به ترتیب در شرایط روشنایی و تاریکی ($t_{23} = 27/63, P < 0/001$) و نیز تعداد شته‌های کشته شده ($21/67 \pm 1/56$ و $10/0 \pm 1/38$) (شکل ۱-ب). در شرایط روشنایی به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط تاریکی بود، اما شرایط روشنایی تأثیری روی تعداد شته‌های نیمه خورده شده نداشت ($3/42 \pm 0/58$ و $5/08 \pm 0/96$) ($t_{23} = 2/21, P = 0/151$) (شکل ۱-ا).



شکل ۱- میانگین (\pm معیاری) تعداد پوره‌های سن سوم شته جالیز *Aphis gossypii* خورده شده توسط لاروهای سن دوم و چهارم کفشدوزک *Hippodamia variegata* در شرایط نوری متفاوت (روشنایی و تاریکی). مقادیر با حروف یکسان نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است ($\alpha = 0/05$).

Fig 1. Mean (\pm SE) number of aphids consumed by second and fourth instar larvae of *Hippodamia variegata* which were individually provided with 20 third instar nymphs of *Aphis gossypii* under light or dark conditions. Values bearing the same letter were not significantly different between treatments ($\alpha = 0.05$).

تأثیر شرایط نوری بر میزان تغذیه حشرات بالغ کفشدوزک *H. variegata*

اثرات اصلی دو متغیر مستقل (جنسیت کفشدوزک و شرایط نوری) و نیز اثرات متقابل آن‌ها، روی تعداد شته‌های مورد تغذیه قرار گرفته در جدول ۱ آورده شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که اثر متغیر مستقل شرایط نوری روی تعداد شته‌های کاملاً خورده شده و تعداد شته‌های کشته شده معنی‌دار بود، در مقابل تعداد شته‌های نیمه خورده شده تحت تأثیر جنسیت کفشدوزک قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس دوطرفه اثرات جنسیت (نر/ ماده) و شرایط نوری (روشنایی و تاریکی) روی تعداد

پوره‌های سن سوم شته جالیز *Aphis gossypii* خورده شده توسط افراد بالغ نر و ماده *Hippodamia variegata*

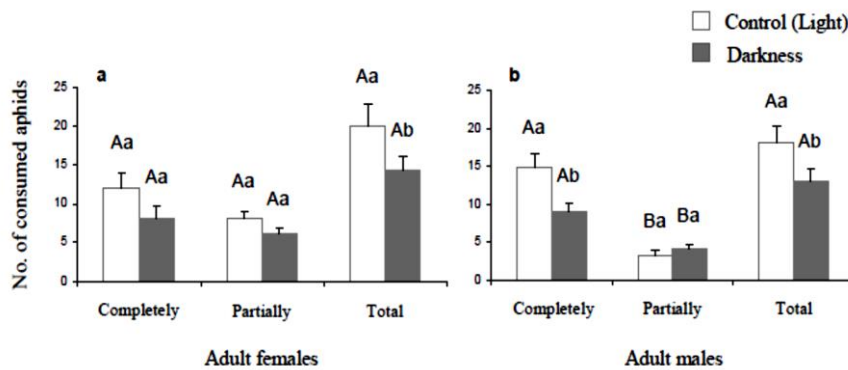
Table 1. Two-way ANOVA of effects of gender and light conditions (light or dark) on number of aphids consumed (third instar nymphs of *Aphis gossypii*) by female and male adult *Hippodamia variegata*.

Source of variation	d.f	No. of completely consumed aphids		No. of partially consumed aphids		Total number of aphids killed	
		t	P	t	P	t	P
Gender	1	1.31	0.258	20.79	<0.001	0.716	0.402
Light conditions	1	9.71	0.003	0.61	0.44	8.07	0.007
Gender * Light conditions	1	0.44	0.509	4.01	0.052	0.057	0.813
D.f. (Residual)		48		48		48	

بر اساس نتایج به دست آمده از فعالیت شکارگری کفشدوزک‌های ماده، شرایط نوری تأثیر معنی داری روی تعداد شته‌های به طور کامل خورده شده ($12/08 \pm 1/92$ و $8/25 \pm 1/41$ به ترتیب در شرایط روشنایی و تاریکی) ($t_{22} = 2/59, P = 0/122$) و نیمه خورده شده ($6/08 \pm 0/79$ و $8/17 \pm 0/79$) ($t_{22} = 3/48, P = 0/075$) نداشت، اما تعداد کل شته‌های خورده شده در شرایط روشنایی بیشتر از شرایط تاریکی بود ($20/25 \pm 2/36$ و $5/99 \pm 14/33$) ($t_{22} = 4/09, P = 0/036$) (شکل ۲-a).

در کفشدوزک‌های نر، تعداد شته‌های کاملاً خورده شده ($14/92 \pm 1/73$ و $9/0 \pm 1/05$ به ترتیب در شرایط روشنایی و تاریکی) ($t_{22} = 8/51, P = 0/008$) و نیز تعداد شته‌های گشته شده ($18/17 \pm 2/0$ و $13/17 \pm 1/47$) ($t_{22} = 4/04, P = 0/047$) در شرایط روشنایی نسبت به تاریکی به طور معنی داری بیشتر بود، اما تعداد شته‌هایی که به صورت ناتمام خورده شده بودند تحت تأثیر شرایط نوری قرار نگرفت ($3/25 \pm 0/79$ و $8/25 \pm 1/41$) ($t_{22} = 2/59, P = 0/122$) (شکل ۲-b).

مقایسه رفتار شکارگری کفشدوزک‌های نر و ماده بالغ، اختلاف معنی داری را در تعداد شته‌های کاملاً تغذیه شده در شرایط روشنایی ($1/2, P = 0/285$) و تاریکی ($0/181, P = 0/675$) نشان نداد. به طور مشابه جنسیت تأثیری روی تعداد شته‌های گشته شده ($0/452, P = 0/51$ و $0/264, P = 0/612$) به ترتیب در شرایط روشنایی و تاریکی) نداشت، اما تعداد شته‌های نیمه خورده شده توسط کفشدوزک‌های ماده در مقایسه با افراد نر در هر دو شرایط روشنایی ($19/47, P < 0/001$) و تاریکی ($4/66, P = 0/049$) به طور معنی داری بیشتر بود (شکل ۲-a و ۲-b).



شکل ۲- میانگین (\pm خطای معیار) تعداد شته خورده شده توسط حشرات کامل نر و ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata*، هنگامی که در شرایط روشنایی یا تاریکی، به مدت ۶ ساعت به ۳۰ پوره شته جالیز *Aphis gossypii* دسترسی داشتند، میانگین تغذیه در شرایط نوری یکسان، بین بالغین با جنسیت متفاوت، دارای حروف بزرگ یکسان، و میانگین تغذیه در جنسیت یکسان کفشدوزک، بین تیمارهای با شرایط نوری مختلف، دارای حروف کوچک یکسان، تفاوت معنی داری (هر دو مورد t -test، $P > 0/05$) با یکدیگر نداشتند.

Fig 2. Mean (\pm SE) number of aphids consumed by male and female adults of *Hippodamia variegata* which were individually allowed access to 30 *Aphis gossypii* nymphs for 6 hours of light or dark. The feeding data (mean) for identical light conditions between treatments with different adult genders bear the same upper case letter and for the same adult gender in different light conditions bearing the same lower case letter were not significantly different (both t -test, $P > 0.05$).

تأثیر شرایط نوری بر نرخ مصرف ناتمام طعمه در کفشدوزک *H. variegata*

اثرات اصلی جنسیت/ سن لاروی و شرایط نوری به عنوان دو متغیر مستقل و همچنین اثرات متقابل آن‌ها روی نرخ مصرف ناتمام طعمه در جدول ۲ آورده شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که این نرخ در مرحله لاروی تحت تأثیر سن و در حشرات کامل تحت تأثیر جنسیت کفشدوزک قرار گرفت. همچنین اثرات متقابل جنسیت و شرایط نوری در حشرات کامل معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- مدل خطی تعمیم دوطرفه‌ی اثرات جنسیت (نر/ ماده) و شرایط نوری (روشنایی و تاریکی) بر نرخ مصرف ناتمام طعمه (تعداد شته‌های نیمه خورده شده به کل شته‌های کشته شده) توسط کفشدوزک *Hippodamia variegata* روی شته جالیز *Aphis gossypii*

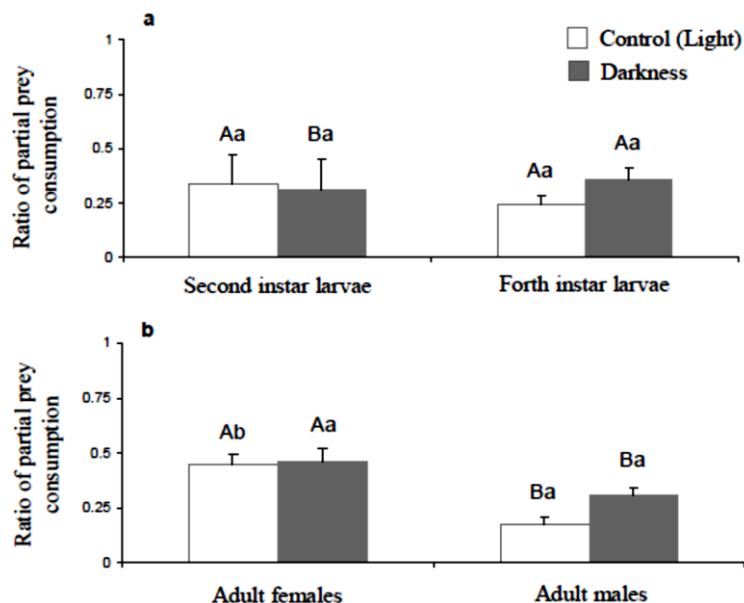
Table 2. Two-way GLM of effects of gender and light condition (light or dark) on ratio of partial prey consumption (No. of partially consumed aphids / No. of aphids killed) by *Hippodamia variegata* upon *Aphis gossypii*.

Source of variation	d.f	Ratio of partial prey consumption in larvae		Source of variation	d.f	Ratio of partial prey consumption in adults	
		G	P			G	P
Larval stage	1	6.07	0.014	Gender	1	15.94	< 0.001
Light conditions	1	2.09	0.149	Light conditions	1	0.025	0.44
Larval stage * light conditions	1	0.79	0.374	Gender * light conditions	1	3.57	0.052
D.f. (Residual)		38		D.f. (Residual)		38	

طبق نتایج به دست آمده، شرایط نوری تأثیر معنی‌داری روی نرخ مصرف ناتمام طعمه در لاروهای سن دوم (روشنایی: 0.13 ± 0.34 ؛ تاریکی: 0.14 ± 0.31) ($G_{1,91} = 2.35$, $P = 0.121$) و لاروهای سن چهارم کفشدوزک (0.04 ± 0.24 و 0.05 ± 0.36) ($G_{1,1} = 1.09$, $P = 0.309$) نداشت (شکل ۳-a).

با مقایسه نرخ مصرف ناتمام طعمه بین لاروهای سن دوم و چهارم مشخص شد که لاروهای بزرگ‌تر در شرایط تاریکی تعداد بیشتری از طعمه را به صورت نیمه تمام رها کردند ($G_{1,91} = 8.72$, $P = 0.008$)، در صورتی که در شرایط روشنایی تفاوت معنی‌داری بین دو سن رشدی کفشدوزک دیده نشد ($G_{1,1} = 0.808$, $P = 0.379$) (شکل ۳-a).

طبق نتایج به دست آمده، افراد ماده بالغ در شرایط تاریکی در مقایسه با شرایط روشنایی به طور معنی‌داری نسبت بیشتری از میزبان‌ها را به صورت ناتمام مصرف کردند ($G_{2,1} = 5.24$, $P = 0.032$)، اما بین نرهای بالغ تفاوتی دیده نشد ($G_{2,1} = 0.959$, $P = 0.339$) (شکل ۳-b). با مقایسه رفتار شکارگری کفشدوزک‌های بالغ نر و ماده مشخص شد که در شرایط روشنایی ($G_{2,1} = 20.75$, $P < 0.001$) و تاریکی ($G_{2,1} = 5.0$, $P = 0.037$) نرخ مصرف ناتمام طعمه در ماده‌ها بیشتر از افراد نر بود (شکل ۳-b).



شکل ۳- میانگین (± خطای معیار) نرخ مصرف ناتمام طعمه (تعداد پوره‌های نیمه خورده شده به پوره‌های گشته شده) در پوره سن سوم شته جالیز *Aphis gossypii*، توسط سنین مختلف رشدی کفشدوزک *Hippodamia variegata*، در شرایط روشنایی و تاریکی. میانگین‌ها در شرایط نوری یکسان، بین دوره‌های مختلف رشدی، با حروف بزرگ یکسان، و میانگین‌ها در یک دوره رشدی، بین تیمارهای با شرایط نوری مختلف، با حروف کوچک یکسان، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (هر دو مورد، GLM؛ $P > 0.05$).

Fig 3. Mean (± SE) ratio of partial prey consumption (No. of partially consumed aphids / No. of aphids killed) of *Hippodamia variegata*. Different growth stages of ladybirds were individually allowed access the third instar of *Aphis gossypii* under light or dark conditions. The feeding data (mean) for identical light conditions between treatments with different adult genders bear the same upper case letter and for the same adult gender in different light conditions bearing the same lower case letter were not significantly different (both GLM, $P > 0.05$).

تأثیر شرایط نوری بر فعالیت پارازیتسم زنبور پارازیتوئید *L. fabarum*

نتایج نشان داد که زنبور ماده در شرایط روشنایی تعداد بیشتری از شته‌ها را نسبت به شرایط تاریکی پارازیت نمود، اما شرایط نوری تأثیری روی درصد ظهور و نسبت جنسی زنبورها نداشت (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین (± خطای معیار) درصد شته‌های مومیایی شده، درصد ظهور از مومیایی و نسبت جنسی هنگام دسترسی زنبور ماده جفتگیری کرده *Lysiphlebus fabarum* در شرایط روشنایی یا تاریکی به ۲۰ پوره شته جالیز *Aphis gossypii*

Table 3. Mean (± SE) percentage of aphids mummified, percentage of mummies emergence, and sex ratio when mated *Lysiphlebus fabarum* females were individually provided with 20 *Aphis gossypii* nymphs under light or dark conditions.

	Dark	Light	G	d.f.	P
Percent mummified	10.0 ± 5.0 a	40.0 ± 9.4 a	13.29	1,22	0.001
Percent emergence	0 a.100.0 ± 0	88.3 ± 6.8 a	0.198	1,22	0.668
Sex ratio (% female)	75.0 ± 2.5 a	74.4 ± 6.8 a	3.85	1,22	0.085

Values bearing the same letter were not significantly different between treatments ($\alpha = 0.05$).

گونه‌های مختلف کفشدوزک‌ها (Wheater, 1989)، سن‌های شکارگر (Awan et al., 1989) و شیخک‌ها (Bowdish & Bultman, 1993)، به طور معمول از نشانه‌های دیداری برای پیدا کردن طعمه استفاده می‌کنند، بنابراین نیاز به نور هنگام فعالیت این گروه از حشرات شکارگر، ضروری به نظر می‌رسد. در این ارتباط، کفشدوزک‌های شته‌خوار به عنوان گونه‌های روزفعال (Diurnal)، از نشانه‌های دیداری در استراتژی‌های جستجوگری و تولیدمثلی بهره برده و به شیوه‌های خاص به شرایط نوری پاسخ می‌دهند. البته تشخیص بصری طعمه در کفشدوزک‌ها معمولاً از فواصل خیلی کوتاه اتفاق می‌افتد، چنان‌چه کفشدوزک *Coccinella septempunctata* L. تنها از فاصله ۷ میلی‌متری به حضور میزبان پاسخ می‌دهد و مطالعات نشان داده است که این مسافت با فاصله‌ی کانونی چشم‌های مرکب این گونه شکارگر مطابقت دارد (Nakamuta, 1984). مطابق با نتایج برخی از مطالعات، پاسخ به نور بر حسب گونه و سن رشدی حشره شکارگر متفاوت است، چنان‌چه در مطالعه‌ی حاضر، روشنایی و بالطبع امکان مشاهده‌ی طعمه، تأثیری روی نرخ مصرف طعمه در لاروهای سن دوم کفشدوزک *H. variegata* نداشت. در این ارتباط، برخی مطالعات نشان داده که بینایی در شکارگری لاروهای کفشدوزک‌ها نقشی ندارد (Stubbs, 1980, Hattingh & Samways, 1995) و تا زمانی که لاروها با طعمه خود تماس پیدا نکنند، نمی‌توانند آن‌ها را کشف نمایند (Dixon, 1959; Storch, 1976). با این حال، در مطالعه حاضر روشنایی به‌طور معنی‌داری بر میزان شکارگری لاروهای سن چهارم کفشدوزک *H. variegata* تأثیر داشت و تعداد شته‌های گشته شده توسط این سن رشدی لاروی به‌طور چشمگیری نسبت به شرایط تاریکی بیشتر بود.

در پژوهش حاضر، کفشدوزک‌های بالغ در هر دو جنس، به‌طور معنی‌داری شته‌های بیشتری را در شرایط روشنایی نسبت به تاریکی مورد تغذیه قرار دادند. یافته‌ی حاضر با نتایج مطالعه انجام شده در خصوص ارزیابی تأثیر نور و نشانه‌های رنگی روی نرخ مصرف طعمه شته *Acyrtosiphon pisum* در سه گونه کفشدوزک *C. septempunctata*، *H. convergens* و *Harmonia axyridis* مطابقت دارد (Harmon et al., 1998). بر اساس نتایج این محققین، کفشدوزک‌ها به‌طور معنی‌داری شته‌های بیشتری را در شرایط روشنایی نسبت به تاریکی مصرف نمودند. در تحقیق دیگری ناکاموتا نشان داد که کفشدوزک *C. septempunctata* در شرایط تاریکی تا زمانی که تماس مستقیم با طعمه برقرار نکند، تلاشی جهت گرفتن آن نمی‌کند، در حالی که در شرایط روشنایی، کفشدوزک از فاصله‌ی ۷ میلی‌متری به سمت شکار جهت‌گیری می‌کند. به عبارتی بیشترین فعالیت حرکتی *C. septempunctata* در طی فاز روشنایی اتفاق افتاد و به‌طور معنی‌داری شته‌های بیشتری را در شرایط روشنایی نسبت به تاریکی مصرف نمود که با نتایج مطالعه حاضر همسو می‌باشد (Nakamuta, 1984). تان و همکاران نیز گزارش کردند که کفشدوزک *H. variegata* زمانی که در معرض یک دوره‌ی نوری طولانی با شدت نور بالا قرار گرفت، فعالیت بیشتری از خود نشان داده و با افزایش سرعت حرکت و جابجایی خود، در شکار طعمه موفق‌تر عمل می‌کند (Tan et al., 2015).

از دیدگاه کنترل زیستی، مصرف ناتمام طعمه توسط دشمنان طبیعی یک عامل مهم و مثبت تلقی می‌شود، چرا که به‌طور مستقیم روی تعداد طعمه‌های گشته شده تأثیر دارد (Cohen, 1995). البته این رفتار معمولاً با اندازه طعمه ارتباط داشته و بیشتر در هنگام مواجهه با طعمه‌های بزرگتر بروز پیدا می‌کند. نظر به صرف زمان بیشتر برای گشتن و مصرف کامل طعمه بزرگ (Flinn et al., 1985, Milonas et al., 2011) تغذیه کامل از آن‌ها می‌تواند سبب کاهش زمان در دسترس شکارگر برای سایر فعالیت‌های مهم مانند تخم‌گذاری شود (Abrams, 1982)، از این رو در چنین مواردی مصرف ناتمام طعمه نوعی سازگاری برای کسب شایستگی در نظر گرفته می‌شود. در مطالعه‌ی حاضر لاروهای سن چهارم کفشدوزک *H. variegata* در مقایسه با لاروهای سن دوم و همچنین بالغین

ماده در مقایسه با افراد نر، به‌طور معنی‌داری نسبت بیشتری از طعمه‌ها را نیمه خورده رها کردند. بروز بیشتر این رفتار در لاروهای سن چهارم و بالغین ماده ممکن است به دلیل نیاز بیشتر آن‌ها به مصرف گزینشی اندام‌های خاصی از طعمه باشد، چرا که ارزش غذایی و قابلیت هضم قسمت‌های مختلف شته متفاوت می‌باشد (Sih, 1980). همچنین با توجه به تأثیر کیفیت غذا روی نرخ بقا و قدرت تولیدمثلی کفشدوزک‌های ماده (Gillespie *et al.*, 2014)، مشاهده بیشتر این رفتار در بالغین ماده در مقایسه با افراد نر، منطقی به نظر می‌آید. همچنین مطابق با نتایج برخی مطالعات نرخ مصرف ناتمام طعمه متأثر از تراکم طعمه و وجود رقبای شکارگر می‌باشد و حتی کفشدوزک‌های نر و ماده، استراتژی‌های متفاوتی در پاسخ به حضور رقبا بکار می‌گیرند، چنانچه با حضور رقیب در لکه (Patch)، ماده‌ها اکثر شته‌های میزبان را به صورت کامل مصرف می‌نمایند در حالی که نرها تغذیه از نوع ناتمام را شدت می‌بخشند. به نظر می‌رسد پاسخ ماده‌ها برای به حداکثر رساندن بهره‌کشی از طعمه در محدودیت منابع و در مقابل رفتار نرها به منظور افزایش فشار روی سایر نرهای رقیب می‌باشد (Duran Prieto *et al.*, 2016). در بعضی مطالعات روی کفشدوزک‌ها به تغذیه کمتر بالغین نر نسبت به ماده‌ها اشاره شده است (Zera & Harshman, 2001, Harshman & Zera, 2007) و این موضوع را مرتبط با تأمین نیاز تولیدمثلی ماده‌ها دانسته‌اند (Gillespie *et al.*, 2014)، با این حال، در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری در میزان تغذیه کفشدوزک‌ها بین دو جنس مشاهده نشد، اگرچه شاید به دلیل کوتاه بودن زمان تغذیه، نتوان مقایسه دقیقی را بر اساس نتایج مطالعه حاضر انجام داد.

بر اساس مطالعات انجام شده، ارزیابی میزبان (Host evaluation) در زنبورهای پارازیتوئید زیرخانواده Aphidiinae در فاصله یک سانتی‌متری از میزبان شروع می‌شود و این رفتار می‌تواند متأثر از راهنماهای شیمیایی مرتبط با میزبان (Hardie *et al.*, 1991)، گیاه میزبان (Bouchard & Cloutier, 1985) و راهنماهای بینایی (Goff & Nault, 1984; Michaud & Mackauer, 1994) باشد. ارزیابی اولیه میزبان از طریق بینایی می‌تواند تحت تأثیر شکل، اندازه، رنگ و حرکت میزبان صورت پذیرد (Gerling *et al.*, 1990). بر اساس نتایج پژوهش حاضر، هنگامی که زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* به واسطه تاریکی از تمام راهنماهای بینایی محروم شد، به‌طور معنی‌داری تعداد شته‌های کمتری را نسبت به شرایط روشنایی پارازیته نمود. در این ارتباط، حرکت میزبان به عنوان محرک حمله در بعضی از گونه‌های پارازیتوئید شناخته شده است (Michaud & Mackauer, 1994)، بنابراین زنبور کاوشگر در شرایط روشنایی علاوه بر دریافت راهنماهای بینایی که به شناخت میزبان کمک شایانی می‌کند، می‌تواند میزان حمله خود را در نتیجه‌ی مشاهده حرکت میزبان در شرایط روشنایی افزایش دهد (Volkl, 1991). در مطالعات مشابهی روی اثر روشنایی، آغاز پرواز در زنبور *Eretmocerus eremicus* فقط در اتاق‌های روشن حادث شد (Blackmer & Cross, 2001)، همچنین زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* در شرایط تاریکی به سختی حرکت کرده و نرخ پارازیتسم در آن‌ها کاهش یافت (van Lenteren *et al.*, 1992). در تحقیق مشابهی گزارش شد که دو گونه زنبور *E. formosa* و *E. eremicus* به عنوان پارازیتوئید سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* به‌طور مثبت و مؤثری در شرایط روز بلند و شدت‌های به نسبت بالای نور به کاوشگری پرداختند و تعداد میزبان بیشتری را پارازیته نمودند (Zilahi-Balogh *et al.*, 2006).

اگرچه بکارگیری همزمان این دو عامل کنترل زیستی نیازمند مطالعات بیشتری است، اما با توجه به کارایی به نسبت بالای کفشدوزک در شرایط تاریکی، در یک جمع بندی می‌توان گفت که کاربرد همزمان زنبور و کفشدوزک، امکان فعالیت توأم آن‌ها را طی روز فراهم نموده و از سویی دیگر روند کاهش جمعیت آفت با فعالیت شکارگر طی شب نیز، ادامه می‌یابد.

سیاسگزاری

بدینوسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره گرنت ۹۷/۳/۰۲/۲۶۲۴۷) قدردانی می‌شود.

References

- Abrams, P. A.** (1982) Functional response of optimal foragers. *The American Naturalist* 120, 382–390.
- Almasi, A., Rasekh, A., Esfandiari, M., Askari-Seyahooei, M. & Ziaee, M.** (2017) Evaluation of efficiency the parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Braconidae), reared on *Aphis fabae*, against the melon aphid, *Aphis gossypii*. *Journal of Applied Researches in Plant Protection* 6, 83–95.
- Antignus, Y.** (2000) Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Research* 71, 213–220.
- Attia, A. A. & El-Hamaky, M. A.** (1987) The biology of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover in Egypt (Hom: aphididae). *Bulletin Societe Entomologique Egypte* 85, 35–371.
- Awan, M. S., Wilson, L. T. & Hoffmann, M. P.** (1989) Prey location by *Oechalia schelbergii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 51, 225–231.
- Baghery-Matin, Sh., Sahragard, A. & Rasoolian, G.** (2005) Some behavioural characteristics of *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Aphidiidae) parasiting *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Journal of Entomology* 20, 64–68.
- Blackmer, J. L. & Cross, D.** (2001) Response of *Eretmocerus eremicus* to skylight and plant cues in a vertical flight chamber. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 100, 295–300.
- Blackman, R.L. & Eastop, V. F.** (1984) *Aphids on the World's Crops. An identification and information guide*. John Wileyand, Chichester, UK.
- Bouchard, Y. & Cloutier, C.** (1985) Role of olfaction in host finding by aphid parasitoid *Aphidius nigripes* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Journal of Chemical Ecology* 11, 801–808.
- Bowdish, T. I. & Bultman, T. L.** (1993) Visual cues used by mantids in learning aversion to aposematically colored prey. *The American Midland Naturalist* 129, 215–222.
- Chu, C. C., Henneberry, T. J. & Boykin, M. A.** (1998) Response of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) adults to white fluorescent and incandescent light in laboratory studies. *Southwestern Entomology* 32, 169–181.
- Cochard, P., Galstian, T. & Cloutier, C.** (2017) Light environments differently affect parasitoid wasps and their hosts' locomotor activity. *Journal of Insect Behavior* 30, 595–611.

- Cohen, A. C.** (1995) Extra-oral digestion in predaceous terrestrial arthropoda. *Annual Review of Entomology* 40, 85–103.
- Crawley, M. J.** (1993) *GLIM for Ecologists*. Blackwell Scientific Publishing, Oxford, U.K.
- Dixon, A. F. G.** (1959) An experimental study of the searching behaviour of the predatory coccinellid beetle, *Adalia dec-empunctata* (L.). *Journal of Animal Ecology* 28, 259–281.
- Dorais, M. & Gosselin, A.** (2002) Physiological response of greenhouse vegetable crops to supplemental lighting. *Acta horticulturae* 580, 59–67.
- Duran Prieto, J., Trotta, V., Fanti, P., Castane, C. & Battaglia, D.** (2016) Predation by *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) on *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae): Influence of prey age/size and predator's intraspecific interactions. *European Journal of Entomology* 113, 37–43.
- Farhadi, R., Allahyari, H., Rasekh, A., Aldaghi, M. & Farhoodi, F.** (2012) Comparative study of life table parameters of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) and *Aphis fabae* (Hem.: Aphididae). *Iranian Journal of Plant Protection Science* 42, 209–215. [In Persian with English abstract].
- Flinn, P. W., Hower, A. A. & Taylor, R. A. J.** (1985) Preference of *Reduviolus americanoferus* (Hemiptera: Nabidae) for potato leafhopper nymphs and pea aphid. *The Canadian Entomologist* 117, 1503–1508.
- Gerling, D., Alomar, O. & Arno, J.** (2001) Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Protection* 20, 779–799.
- Gerling, D., Roitberg, B.D. & Mackauer, M.** (1990) Instar-specific defense of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*: influence on oviposition success of the parasite *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Insect Behavior* 3, 501–514.
- Gillespie, S. R., Scarlett Tudor, M., Moore, A. J. & Miller, C. W.** (2014) Sexual selection is influenced by both developmental and adult environments. *Evolution* 64, 3421–3432.
- Goff, A. M. & Nault, L. R.** (1984) Response of the pea aphid parasite *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphidiidae) to transmitted light. *Environmental Entomology* 13, 595–598.
- Gu, H. & Dorn, S.** (2001) How do wind velocity and light intensity influence host-location success (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Applied Entomology* 125, 115–120.
- Hardie, J., Nottingham, S. F., Powell, W. & Wadhams, L. J.** 1991. Synthetic aphid sex pheromone lures female parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 61, 97–99.
- Harmon, J., Losey, J. E. & Ives, A. R.** (1998) The role of vision and colour in the close proximity foraging behaviour of four coccinellid species. *Oecologia* 115, 287–292.
- Harshman, L. G. & Zera, A. J.** (2007) The cost of reproduction: the devil in the details. *Trends Ecology Evolution* 22, 80–86.

- Hattingh, V. & Samways, M. J.** (1995) Visual and olfactory location of biotypes, prey patches, and individual prey by the ladybeetle *Chilocorus nigritus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75, 87–98.
- Kajita, H.** (1983) Effect of low temperatures on egg maturation and oviposition of *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae) introduced from England into Japan. *Journal of Applied Entomology* 95, 361–368.
- Kavallieratos, N. G., Tomanovic, Z., Stary, P., Athanassiou, C. G., Sarlis, G. P., Petrovic, O., Niketic, M. & Veroniki, M. A.** (2004) A survey of aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Southeastern Europe and their aphid-plant associations. *Applied Entomology and Zoology* 39, 227–263.
- Kresting, U., Satar, S. & Uygun, N.** (1999) Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Hom: Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. *Journal of Applied Entomology* 123, 23–27.
- Michaud, J. P. & Mackauer, M.** (1994) The use of visual cues in host evaluation by aphidiid wasps. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 70, 273–283.
- Miklosi, A., Gonda, Z., Osorio, D. & Farzin, A.** (2002) The effects of the visual environment on responses to colour by domestic chicks. *Journal of Comparative Physiology (A)* 188, 135–140.
- Milonas, P. G., Kontodimas, D. C. & Martinou, A. F.** (2011) A predators functional response: Influence of prey species and size. *Biological Control* 59, 141–146.
- Mohseni, L., Rasekh, A., & Kocheili, F.** (2016). Comparative effect of wasp density in unisexual and bisexual strains of *Lysiphlebus fabarum*, on superparasitism in the black bean aphid, *Aphis fabae*. *Journal of Plant Protection* 30, 251–260. [In Persian with English abstract].
- Mossadegh, M. S., Stary, P. & Salehipour, H.** (2011). Aphid parasitoids in a dry lowland area of Khuzestan, Iran (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae). *Asian Journal of Biological Sciences* 4, 175–181.
- Nakamuta, K.** (1984) Visual orientation of a ladybeetle, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) towards its prey. *Applied Entomology and Zoology* 19, 82–86
- Nihoul, P.** (1993) Controlling glasshouse climate influences the interaction between tomato glandular trichome, spider mite and predatory mite. *Crop Protection* 12, 443–447.
- Nuessly, G. S., Hentz, M. G., Beiriger, R. & Scully, B. T.** (2004). Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. *Florida Entomologist* 87(2), 204–211.
- Obrycki, J. J.** (1993) Larval and pupal parasitism of the strawberry leafroller (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology* 22, 679–683.

- Obrycki, J. J. & Orr, C. J.** (1990) Suitability of three prey species for nearctic populations of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata*, and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology* 83, 1292–1297.
- Peridikis, D. C. H., Lykouressis, D. P. & Economou, L. P.** (2004) Influence of light-dark phase, host plant, temperature and their interactions on the predation rate in an insect predator. *Environmental Entomology* 33, 1137–1144.
- Phillips, C. J. C. & Lomas, C. A.** (2001) The perception of color by cattle and its influence on behavior. *Journal of Dairy Science* 84, 807–813.
- Prayitno, D. S., Phillips, C. J. C. & Stokes, D. K.** (1997) The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens. *Poultry Science* 76, 1674–1681.
- Runkle, E. S. R., Heins, D., Jaster, P. & Thill, C.** (2002) Plant responses under an experimental near infra-red reflecting greenhouse film. *Acta Horticulturae* 580, 137–143.
- Rasekh, A., Kharazi-Pakdel, A., Michaud, J. P., Allahyari, H. & Rakhshani, E.** (2011) Report of a thelytokous population of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hymenoptera: Aphidiidae) from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran* 30, 83–84.
- Rasekh, A., Michaud, J. P., Allahyari, H. & Sabahi, Q.** (2010) The foraging behavior of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall), a thelytokous parasitoid of the black bean aphid in Iran. *Journal of Insect Behavior* 23, 165–179.
- Shipp, J. L. & van Houten, Y. M.** (1997) Effects of temperature and vapor pressure deficit on the survival of the predatory mite *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *Environmental Entomology* 26, 106–113.
- Shipp, J. L., Zhang, Y., Hunt, D. W. A. & Ferguson, G.** (2003) Influence of humidity and greenhouse microclimate on the efficacy of *Beauveria bassiana* (Balsamo) for control of greenhouse arthropod pests. *Environmental Entomology* 32, 1154–1163.
- Sih, A.** (1980) Optimal foraging: Partial consumption of prey. *The American Naturalist* 116, 281–290.
- Smith, L. & Rutz, D. A.** (1991) The influence of light and moisture gradients on the attack rate of parasitoids foraging for hosts in a laboratory arena (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Insect Behavior* 4, 195–208.
- SPSS** (1998) SPSS 8.0 for Windows. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Stary, P.** (1983) The perennial stinging nettle (*Urtica* nettle) as a reservoir of aphid parasitoid (Aphidiidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca* 80, 81–86.
- Storch, R. H.** (1976) Prey detection by fourth stage *Coccinella transversoguttata* larvae (Coleoptera: Coccinellidae). *Animal Behavior* 24, 690–693.
- Stubbs, M.** (1980) Another look at prey detection by coccinellids. *Ecological Entomology* 5, 179–182.

- Tan, X., Zhao, J., Wang, S. & Zhang, F.** (2015) Optimization and evaluation of microencapsulated artificial diet for mass rearing the predatory ladybird *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *Insect Science* 22, 111–120.
- Toosi, M., Rasekh, A. & Osawa, N.** (2016) Intraguild predation by *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) on the parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Hym.: Braconidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 36, 205–216. [In Persian with English abstract].
- Toosi, M., Rasekh, A. & Osawa, N.** (2017) Reproductive activity and olfactory response of *Lysiphlebus fabarum* to the presence of an intraguild predator, *Hippodamia variegata*, in the host patches. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 48, 1–11. [In Persian with English abstract].
- van Laerhoven, S. L., Gillespie, D. R. & Roitberg, B. D.** (2003) Diel activity pattern and predation rate of the generalist predator *Dicyphus hesperus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 107, 149–154.
- van Lenteren, J. C., Szabo, P. & Huisman, P. W. T.** (1992) The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). XXXVII. Adult emergence and initial dispersal pattern of *E. formosa*. *Journal of Applied Entomology* 114, 392–399.
- Vojdani, S.** (1964) *The useful and harmful ladybirds of Iran*. Plant Protection Publication of University of Tehran. [In Persian with English abstract].
- Volkl, W.** (1991) *Species-specific larval instar preferences and aphid defense behaviour in three parasitoids of Aphis fabae*. pp. 73-78. In: Polgar, I., Chambers, R. J., Dixon, A. F. G., and Hodek I. (eds), *Behaviour and impact of Aphidophaga*. SPB Academic, The Hague.
- Wheater, C. P.** (1989) Prey detection by some predatory Coleoptera (Carabidae and Staphylinidae). *Journal of Zoology (London)* 218, 171–185.
- Zaslavski, V. A.** (1988) Insect Development, photoperiodic and temperature control. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 52, 91–92.
- Zera, A. J. & Harshman, L. G.** (2001) The physiology of life history trade-offs in animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32, 95–126.
- Zilahi-Balogh, G., Shipp, J., Cloutier, C. & Brodeur, J.** 2006. Influence of light intensity, photoperiod, and temperature on the efficacy of two aphelinid parasitoids of the greenhouse whitefly. *Environmental Entomology* 35, 581–589.