

تأثیر گیاه میزبان بر کارایی زیستی کفشدوزک شکارگر *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae)

علی گلی زاده^{۱*}، سعید نیکان جابلو^۲، مهدی حسن پور^۳، قدیر نوری قنبلانی^۴، بهرام ناصری^۳ و زهرا عابدی^۵

- ۱- نویسنده مسوول: دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (golizadeh@uma.ac.ir)
- ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۳- دانشیاران گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۴- استاد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۵- دانشجوی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۱۹

چکیده

کفشدوزک شته‌خوار *Hippodamia variegata* (Goeze) یک شکارگر مؤثر در بیشتر اکوسیستم‌های کشاورزی می‌باشد. گیاهان میزبان شته‌ها می‌توانند یک عامل مؤثر بر خصوصیات زیستی و کارایی شکارگرهای آن‌ها باشند. لذا در این تحقیق اثر شش گیاه میزبان شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) شامل کلم‌زینتی، کلم‌گل، تربچه، سلنم، کلزا و کلم‌برگ روی نشوونما، تولیدمثل و جدول زندگی کفشدوزک *H. variegata* مورد مطالعه قرار گرفت. داده‌های حاصل با استفاده از جدول زندگی دوجنسی تجزیه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد که مطلوبیت شته مومی کلم پرورش یافته روی شش گونه گیاه میزبان برای شکارگر متفاوت بود. کوتاه‌ترین دوره نشوونمای مراحل نارس شکارگر در تغذیه از شته‌های پرورش یافته روی کلزا به دست آمد. میزان زادآوری کفشدوزک روی گیاهان میزبان مورد بررسی به طور معنی‌دار متفاوت بود و بیشترین زادآوری (۶۴۶/۴۴ تخم) روی گیاه کلزا مشاهده شد. نرخ خالص تولیدمثل (R_0) کفشدوزک از ۱۱۶/۷۴ نتاج ماده به ازای هر فرد ماده در هر نسل روی کلم‌برگ تا ۲۵۲/۷۸ روی کلم‌زینتی متغیر بود. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) به عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی مطلوبیت گونه‌های گیاه میزبان، از ۰/۱۱۵ ± ۰/۰۱۱ بر روز روی کلم‌برگ تا ۰/۱۸۸ ± ۰/۰۱۰ بر روز روی کلزا متغیر بود. بر اساس مقادیر پارامترهای محاسبه شده، مطلوب‌ترین گیاهان میزبان در برهمکنش گیاه-شته -کفشدوزک به ترتیب عبارت بودند از کلزا، کلم‌گل، کلم‌زینتی، تربچه، سلنم و کلم‌برگ. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به عنوان اطلاعات پایه جهت درک بهتر برخی تعاملات سه‌گانه غذایی در ارتباط گیاه-شته-شکارگر و پرورش کارآمدتر این کفشدوزک مفید باشد.

کلید واژه‌ها: تیره *Hippodamia variegata* *Brevicoryne brassicae* Brassicaceae. جدول زندگی دو جنسی، تعاملات سه‌گانه غذایی

مقدمه

این شته قادر است به برگ، ساقه و گل‌های گیاه میزبان خود حمله کرده و باعث کاهش محصول و یا انهدام کامل بوته گردد. این شته ناقل ۲۳ بیماری ویروسی در گیاهان تیره چلیپائیان است. شدت حمله و خسارت شته مومی کلم در ایران معمولاً به قدری است که سمپاشی علیه آن ضرورت پیدا کرده و در صورت عدم مبارزه،

شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) آفت اختصاصی گیاهان تیره چلیپائیان می‌باشد (Ballanger, 1999) که طی ۷۰ سال اخیر، اثرات مخربی روی این گیاهان داشته و به عنوان یک آفت کلیدی برای آن‌ها مطرح شده است (Aslam et al., 2005).

است ارزش غذایی حشرات گیاهخوار (آفت) را تحت تأثیر قرار دهد و این موضوع به نوبه خود ویژگی‌های مختلف زیستی دشمنان طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Wu et al., 2010؛ Giles et al., 2002). تعدادی از تحقیقات نشان داده است که مناسب بودن گونه شکار برای شکارگر تحت تأثیر گونه گیاه میزبان و حتی ارقام مختلف یک گیاه میزبان قرار می‌گیرد (Al-Zyoud et al., 2005؛ Francis et al. 2001؛ Du et al. 2004؛ Wu et al., 2010). برای مثال Francis et al. (2001) نشان دادند که اگر شته (*Myzus persicae* (Sulzer) به‌عنوان شکارگر برای کفشدوزک (*Adalia bipunctata* (L.)) مورد استفاده قرار بگیرد پرورش آن روی دو گیاه میزبان کلزا و باقلا موجب تسریع در دوره نشوونمای کفشدوزک می‌شود و تغذیه از شته‌های پرورش یافته روی خردل سفید موجب باروری پایین شکارگر می‌شود. در پژوهشی دیگر، Ghafouri Moghaddam et al. (2016) دموگرافی کفشدوزک *H. variegata* را در تغذیه از شته *Sitobion avenae* Fabricius روی چهار گیاه میزبان مختلف شامل گندم، جو، ذرت و سورگوم مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند با توجه به مقدار بالای پارامتر نرخ ذاتی افزایش جمعیت کفشدوزک روی گیاه گندم، این شکارگر کارایی زیستی مناسبی در کنترل شته سبز روی گیاه گندم دارد. همچنین در یک تحقیق انجام شده توسط Wu et al. (2010)، تأثیر پنج گیاه میزبان شته *Aphis gossypii* Glover روی ویژگی‌های زیستی کفشدوزک *H. variegata* مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد طول دوره نشوونما، بقا و طول دوره‌های تولیدمثلی کفشدوزک تحت تأثیر گیاهان میزبان شته قرار می‌گیرد.

اطلاعات در مورد اثرات گونه‌ها و ارقام گیاه میزبان گونه شکار روی مناسب بودن شکارگر برای *H. variegata* در منابع بسیار محدود می‌باشد. بنابراین هدف این تحقیق، بررسی اثر شش گونه گیاه میزبان شته مومی کلم *B. brassicae* روی نشوونما، باروری، طول عمر و

خسارت جبران‌ناپذیری به گیاهان میزبان وارد خواهد شد (Behdad, 1992). به علت اثرات سوء مصرف آفتکش‌ها، استفاده از روش‌های سازگار با اکوسیستم در کنترل آفات الزامی است که یکی از این روش‌ها استفاده از عوامل بیولوژیک در مدیریت جمعیت آفات می‌باشد (Hajek, 2004). معیارهای مختلفی برای ارزیابی و انتخاب عوامل کنترل بیولوژیک وجود دارند. یکی از این معیارها، ارزیابی مقادیر پارامترهای زیستی و دموگرافیک جمعیت شکارگر با استفاده از مدل‌های مربوط به سیستم گیاه-شکار-شکارگر می‌باشد.

شته مومی کلم دشمنان طبیعی فراوانی دارد که در این بین نقش کفشدوزک‌ها به‌ویژه *Hippodamia variegata* همواره مورد توجه متخصصان کنترل بیولوژیک بوده است و امروزه در اکثر نقاط دنیا موارد موفق از این نوع کنترل مشاهده و گزارش می‌شود (Waage, 1990؛ Gurney and Hussey, 1970). این کفشدوزک، در مناطق پالتارکتیک و نارتکتیک گسترش یافته است (Gordon, 1985؛ Franzman, 2002؛ Kalushkov et al., 1990؛ Ives et al., 1993). دامنه میزبانی آن وسیع بوده و به انواع شته‌ها و شپشک‌های در درختان میوه و سایر میزبان‌ها حمله می‌کند (Radjab, 1989؛ Moreton, 1969).

کیفیت شکار اثر مستقیم روی نشوونما و تولیدمثل حشرات شکارگر داشته (Thompson, 1999) و این اثر در کارایی متفاوت آن‌ها تظاهر پیدا می‌کند (Babu, 1999). شایستگی نسبی یک گونه شکارگر برای یک شکارگر می‌تواند از طریق اندازه‌گیری اثرات آن روی خصوصیات زیستی شکارگر مورد ارزیابی قرار بگیرد (Kalushkov and Hodek, 2001).

گونه‌های گیاهی نه تنها فعالیت‌های تغذیه‌ای حشرات گیاهخوار روی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند بلکه همچنین به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم فعالیت پارازیتوئیدها و نیز شکارگرها را از طریق تعاملات غذایی تحت تأثیر قرار می‌دهند (Price et al., 1980). بیوشیمی گیاه ممکن

۱×۱×۲ متر)، محصور شدند.

جمع آوری و پرورش کفشدوزک *H. variegata*

حشرات کامل کفشدوزک در خرداد سال ۱۳۹۱ از مزارع کلم و کلزای اطراف شهرستان اردبیل و نیز محوطه دانشگاه محقق اردبیلی جمع آوری و برای شناسایی به آزمایشگاه منتقل و پس از شناسایی و تعیین گونه (Randall et al., 1992)، برای تهیه کلنی استفاده شدند. کفشدوزک‌ها درون ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۲×۲۰×۱۵ و در اتاقک رشد با دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. برای ایجاد تهویه و جلوگیری از افزایش رطوبت روی درب ظروف سوراخ‌هایی ایجاد و با توری ریز پوشانده شد. حشرات کامل کفشدوزک به صورت روزانه جابه‌جا شده و با استفاده از قلم‌موی ظریف به داخل ظروف جدید که حاوی شته‌ی مومی کلم پرورش یافته روی یک گیاه میزبان خاص بودند، منتقل می‌شدند. تخم‌های گذاشته شده در داخل ظروف و روی برگ‌های گیاهان میزبان جمع آوری شده و به داخل ظروف پتری جدید منتقل می‌شدند و تا زمان تفریح درون اتاقک رشد نگهداری می‌گردیدند. پس از تفریح تخم‌ها، هر کدام از لاروها به‌طور جداگانه به داخل ظروف پتری به قطر ۸ سانتی‌متر منتقل شده و برای تغذیه لاروها، طعمه (شته مومی کلم پرورش داده شده روی میزبان‌های مختلف گیاهی) به تعداد کافی در اختیارشان قرار داده شد. با افزایش سن لاروی میزبان شته‌ای که در اختیار لاروها قرار می‌گرفت، افزایش یافت. برای ایجاد تهویه، سوراخی به قطر ۳ سانتی‌متر روی سرپوش پتری ایجاد و با توری ریز پوشانده شد. جهت تغذیه حشرات کامل و لاروهای آن‌ها روزانه تعداد کافی از شته‌های مورد نظر در اختیارشان قرار داده شد و برای تأمین رطوبت نیز یک گلوله پنبه مرطوب، داخل ظروف قرار داده شد. بعد از دو نسل پرورش کفشدوزک روی هر یک از گیاهان آزمایشات جدول زندگی انجام گرفت.

پارامترهای جمعیت پایدار کفشدوزک *H. variegata* تحت شرایط آزمایشگاهی بود. این مطالعه می‌تواند فرصتی مناسب برای درک بهتر تعاملات غذایی سه سطحی گیاه- شته- شکارگر را فراهم نماید.

مواد و روش‌ها

کشت گیاهان میزبان

این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. بدین منظور گیاهان میزبان شته مومی کلم شامل کلزا (رقم 308 Hyolla)، گل کلم (رقم Super snowball)، کلم‌زیتنی (رقم Round leaves)، شلغم (رقم White globe 2010)، تربچه (رقم Cherry belle) و کلم‌برگ (رقم Red drum head) از موسسه رویش بذر اصفهان و تبریز تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی ۲۵×۲۵ سانتی‌متر که حاوی خاک زراعی مناسب، ماسه و کود دامی به نسبت ۲:۱:۱ بود در شرایط دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در گلخانه کشت شدند. با توجه به نیاز آبی متوسط چلیپانیان، آبیاری گیاهان هر ۲-۳ روز یکبار صورت گرفت. گیاهان مورد استفاده برای پرورش شته هر دو هفته یکبار کشت شدند تا همیشه جمعیت مناسبی از شته در دسترس باشد.

تهیه کلنی شته *B. brassicae* و پرورش انبوه آن

برای تهیه جمعیت اولیه شته مومی کلم، برگ‌های آلوده به شته از مزارع کلم اطراف شهرستان اردبیل و پارس‌آباد جمع آوری و پس از اطمینان از شناسایی آن‌ها (Rezvani, 2002; Costello and Altieri, 1995) به روی بوته‌های گیاهان میزبان شامل کلزا، گل کلم، کلم‌زیتنی، شلغم و کلم‌برگ منتقل شدند. به‌منظور جلوگیری از انتشار شته‌ها به‌ویژه افراد بالدار و نیز جلوگیری از پارازیت شدن آن‌ها توسط پارازیتوئیدها، بوته‌های مورد استفاده برای تشکیل کلنی به‌وسیله قفس‌های ساخته شده از چوب و توری پارچه‌ای (به ابعاد

زیستی با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در نرم افزار SPSS بررسی شد. سپس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS تجزیه‌ی واریانس یک طرفه^۲ شدند و در صورت معنی دار شدن تجزیه‌ی واریانس، میانگین‌های به دست آمده با استفاده از آزمون استیودنت-نیومن-کولز^۳ مقایسه گردید (SPSS, 2007).

نتایج

زیست‌شناسی کفشدوزک *H. variegata* روی گیاهان مختلف میزبان شته مومی کلم

با توجه به نتایج به دست آمده، طول دوره جنینی کفشدوزک تحت تأثیر گیاهان میزبان مختلف شته مومی کلم قرار گرفت ($F=3.29$; $df=5, 106$; $P<0.05$) برای جنس ماده و ($F=7.34$; $df=5, 160$; $P<0.05$) برای جنس نر (جدول‌های ۱ و ۲). در حشرات ماده طول دوره نشوونمای لارو سن اول تفاوت معنی‌داری بین گیاهان میزبان نشان داد ($F=3.52$; $df=5, 106$; $P<0.05$) ولی این دوره نشوونمای بین گیاهان میزبان مورد مطالعه برای افراد نر معنی‌دار نشد ($F=2.61$; $df=5, 160$; $P>0.05$). طول دوره‌های لاروی سن دوم در هر دو جنس نر و ماده کفشدوزک در تغذیه از شته مومی کلم روی گیاهان مختلف تفاوت معنی‌داری نشان داد ($F=5.70$; $df=5, 106$; $P<0.05$) برای افراد ماده و ($F=5.77$; $df=5, 160$; $P<0.05$) برای افراد نر. طول دوره نشوونمای لاروهای سن سوم در کفشدوزک‌های جنس ماده ($F=2.80$; $df=5, 106$; $P<0.05$) بر خلاف افراد جنس نر ($F=3.01$; $df=5, 160$; $P>0.05$) تحت تأثیر گیاهان میزبان شته قرار گرفت. همچنین بین طول دوره نشوونمای لارو سن چهارم کفشدوزک‌های ماده ($F=7.50$; $df=5, 106$; $P<0.05$) و نر ($F=6.31$; $df=5, 160$; $P<0.05$) تغذیه کرده از شته مومی کلم روی گیاهان میزبان مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. طول دوره شفیرگی کفشدوزک در هر

اندازه‌گیری پارامترهای زیستی و دموگرافیک جمعیت کفشدوزک

جهت برآورد پارامترهای زیستی و دموگرافیک کفشدوزک از جدول زندگی سن-ویژه دو جنسی (Chi and Liu, 1985) استفاده شد. بدین منظور، پس از پرورش کفشدوزک روی هر کدام از گیاهان میزبان آلوده به شته مومی کلم، تعدادی از کفشدوزک‌های نر و ماده به صورت جفت، داخل ظروف پرورش پلاستیکی قرار داده شده و پس از تخم‌ریزی آن‌ها، تعداد ۵۰ عدد تخم همسن که کمتر از ۲۴ ساعت از عمرشان گذشته بود انتخاب شده و به صورت انفرادی و درون اتاقک رشد و در شرایط ذکر شده در بالا نگهداری شدند. پس از ظهور لاروهای سن اول، ظروف پتری به صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفتند و پارامترهای زیستی مراحل نارس مانند زمان پوست‌اندازی و طول مدت نشوونمای مراحل لاروی و شفیرگی و نیز درصد بقای آن‌ها ثبت شد. طی دوره لاروی روزانه مقدار کافی از شته‌های میزبان در اختیار آن‌ها قرار گرفت و این بررسی تا زمان ظهور حشرات کامل ادامه یافت. پس از ظهور حشرات کامل، کفشدوزک‌ها تعیین جنسیت شدند و هر جفت نر و ماده به صورت جداگانه در داخل ظروف پرورش محتوی برگ گیاه میزبان و شته قرار داده شد و تعداد تخم‌های گذاشته شده و نیز طول عمر آن‌ها به صورت روزانه بررسی و ثبت گردید. این بررسی‌ها تا زمان مرگ حشرات کامل ادامه یافت و از داده‌های ثبت شده برای تشکیل جدول زندگی کفشدوزک استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های خام حاصل از دموگرافی کفشدوزک روی گیاهان مختلف با استفاده از جدول زندگی سن-ویژه دو جنسی (Chi and Liu, 1985) و مانند روش Chi (1988) تجزیه شد. برای تجزیه داده‌ها از برنامه‌ی کامپیوتری دو جنسی^۱ (Chi, 2013) که در ویژوال بیسیک طراحی شده است، استفاده شد. نرمال بودن مقادیر کاذب جک‌نایف و داده‌های مربوط به پارامترهای

2- One way ANOVA

3- SNK

1- TWSEX

دو جنس ماده ($F=1.18$; $df=5, 106$; $P>0.05$) و نر ($F=4.93$; $df=5, 160$; $P<0.05$) با تغذیه از شته مومی پرورش یافته روی گیاهان مختلف میزان تفاوت معنی داری وجود داشت. کوتاه ترین و طولانی ترین طول دوره نابالغی کفشدوزک *H. variegata* در هر دو جنس نر و ماده به ترتیب روی گیاه کلزا و تربچه مشاهده شد.

میزبان شته مومی کلم قرار نگرفت. بین طول دوره‌ی نشوونمای مراحل نارس کفشدوزک‌های ماده ($F=8.73$; $df=5, 106$; $P<0.05$) و نر ($F=1.87$; $df=5, 160$; $P>0.05$) تحت تأثیر گیاهان

جدول ۱- طول مراحل مختلف رشدی جنس ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* (\pm میانگین) با تغذیه از شته مومی کلم روی گیاهان مختلف میزبان

Table 1. Mean (\pm SE) duration (days) of immature stages and adult longevity of *Hippodamia variegata* female fed of cabbage aphid on different host plants

Stage	Ornamental kale	Cauliflower	Radish	Turnip	Canola	Cabbage
Egg	2.25 \pm 0.08 ^{ab}	2.10 \pm 0.07 ^b	2.32 \pm 0.10 ^{ab}	2.60 \pm 0.08 ^a	2.12 \pm 0.07 ^b	2.25 \pm 0.10 ^{ab}
First instar larva	2.20 \pm 0.11 ^c	2.63 \pm 0.05 ^{abc}	2.64 \pm 0.13 ^{abc}	2.80 \pm 0.11 ^a	2.25 \pm 0.05 ^{bc}	2.75 \pm 0.13 ^a
Second instar larva	2.45 \pm 0.09 ^a	1.95 \pm 0.10 ^b	2.08 \pm 0.11 ^{ab}	1.65 \pm 0.09 ^b	1.62 \pm 0.10 ^b	1.85 \pm 0.11 ^b
Third instar larva	1.60 \pm 0.12 ^{ab}	1.68 \pm 0.15 ^a	1.76 \pm 0.11 ^a	1.75 \pm 0.12 ^a	1.19 \pm 0.15 ^b	1.50 \pm 0.11 ^{ab}
Forth instar larva	3.00 \pm 0.16 ^b	2.79 \pm 0.10 ^b	3.84 \pm 0.12 ^a	3.55 \pm 0.16 ^{ab}	3.12 \pm 0.10 ^{ab}	3.83 \pm 0.12 ^a
Pre-pupa	0.85 \pm 0.10 ^a	0.95 \pm 0.06 ^a	0.72 \pm 0.07 ^a	0.80 \pm 0.10 ^a	0.75 \pm 0.06 ^a	0.92 \pm 0.07 ^a
Pupa	2.90 \pm 0.05 ^a	3.16 \pm 0.08 ^a	3.08 \pm 0.10 ^a	2.90 \pm 0.05 ^a	3.06 \pm 0.08 ^a	3.08 \pm 0.10 ^a
Immature development	15.25 \pm 0.79 ^a	15.26 \pm 0.69 ^a	16.08 \pm 0.27 ^a	16.05 \pm 0.30 ^a	14.06 \pm 0.23 ^b	15.92 \pm 0.29 ^a
Adult longevity	51.55 \pm 2.44 ^{ab}	49.63 \pm 1.88 ^{ab}	45.47 \pm 1.91 ^b	49.55 \pm 1.81 ^{ab}	56.06 \pm 2.10 ^a	52.33 \pm 2.90 ^{ab}

The means followed by different letters in the same row are significantly different (SNK, $P<0.05$).

جدول ۲- طول مراحل مختلف رشدی جنس نر کفشدوزک *Hippodamia variegata* (\pm میانگین) با تغذیه از شته مومی کلم روی گیاهان مختلف میزبان

Table 2. Mean (\pm SE) duration (days) of immature stages and adult longevity of *Hippodamia variegata* male fed of cabbage aphid on different host plants

Stage	Ornamental kale	Cauliflower	Radish	Turnip	Canola	Cabbage
Egg	2.29 \pm 0.09 ^b	2.21 \pm 0.08 ^b	2.29 \pm 0.11 ^b	2.76 \pm 0.09 ^a	2.15 \pm 0.08 ^b	2.21 \pm 0.11 ^b
First instar larva	2.37 \pm 0.12 ^a	2.75 \pm 0.12 ^a	2.65 \pm 0.12 ^a	2.52 \pm 0.12 ^a	2.36 \pm 0.12 ^a	2.73 \pm 0.12 ^a
Second instar larva	2.42 \pm 0.11 ^a	1.89 \pm 0.11 ^b	1.94 \pm 0.14 ^b	1.08 \pm 0.11 ^b	1.76 \pm 0.11 ^b	1.68 \pm 0.14 ^b
Third instar larva	1.79 \pm 0.16 ^a	1.82 \pm 0.15 ^a	1.94 \pm 0.10 ^a	1.88 \pm 0.16 ^a	1.51 \pm 0.15 ^a	1.50 \pm 0.10 ^a
Forth instar larva	3.12 \pm 0.16 ^{ab}	2.86 \pm 0.09 ^c	3.71 \pm 0.15 ^a	3.20 \pm 0.16 ^{ab}	3.15 \pm 0.19 ^{ab}	3.56 \pm 0.15 ^{ab}
Pre-pupa	2.87 \pm 0.09 ^a	2.82 \pm 0.08 ^a	2.94 \pm 0.13 ^a	2.92 \pm 0.09 ^a	3.09 \pm 0.08 ^a	3.09 \pm 0.13 ^a
Pupa	0.67 \pm 0.08 ^a	0.75 \pm 0.07 ^a	0.82 \pm 0.07 ^a	0.84 \pm 0.08 ^a	0.94 \pm 0.07 ^a	0.79 \pm 0.07 ^a
Immature development	15.54 \pm 0.88 ^{ab}	15.11 \pm 0.56 ^b	16.23 \pm 0.33 ^a	16.20 \pm 0.25 ^a	14.97 \pm 0.32 ^b	15.56 \pm 0.30 ^{ab}
Adult longevity	46.55 \pm 2.25 ^{ab}	45.63 \pm 1.74 ^{ab}	40.53 \pm 1.81 ^b	43.80 \pm 1.75 ^{ab}	51.81 \pm 2.02 ^a	47.92 \pm 3.13 ^{ab}

The means followed by different letters in the same row are significantly different (SNK, $P<0.05$).

این دوره (۴۵/۱۲۵±۰/۲۸ روز) در کفشدوزک‌هایی مشاهده شد که از شته مومی کلم روی کلزا تغذیه کرده بودند.

H. variegata پارامترهای دموگرافیک کفشدوزک روی گیاهان مختلف میزبان شته مومی کلم

پارامترهای دموگرافیک کفشدوزک در جدول ۴ نشان داده شده است. بین مقادیر نرخ ناخالص تولید مثل کفشدوزک روی گیاهان مختلف میزبان تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($F=1.29$; $df=5$, 294; $P<0.05$). با توجه به اطلاعات جدول ۴، نرخ ناخالص تولید مثل کفشدوزک از ۳۱۳/۰۸ تخم ماده/ماده/نسل روی کلم‌زینتی تا ۱۵۵/۱۳ تخم ماده/ماده/نسل روی کلم برگ متغیر بود. نرخ خالص تولید مثل کفشدوزک نیز روی گیاهان مختلف تفاوت معنی‌داری نشان داد ($F=1.41$; $df=5$, 294; $P<0.05$). بیشترین مقدار نرخ خالص تولید مثل کفشدوزک روی کلم‌زینتی (۲۵۲/۷۸۰ ماده/ماده/نسل) مشاهده شد که این مقدار ۲/۱۶۵ برابر کلم برگ، ۱/۲۹۲ برابر شلغم، ۱/۲۴۱ برابر تربچه، ۱/۲۲۲ برابر کلزا و ۱/۰۵۵ برابر کلم گل بود. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) کفشدوزک، که نرخ رشد سرانه جمعیت به حساب می‌آید، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر گیاهان میزبان شته مومی کلم قرار گرفت ($F=1.98$; $df=5$, 294; $P<0.05$). نتایج نشان داد که کفشدوزک‌های تغذیه شده با شته‌های پرورش یافته روی کلزا و کلم برگ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت بودند (جدول ۴). بین مقادیر نرخ متناهی افزایش جمعیت کفشدوزک روی گیاهان مختلف نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($F=1.41$; $df=5$, 294; $P<0.05$). بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر به ترتیب روی گیاهان کلزا و کلم برگ به دست آمد اما میانگین مدت زمان یک نسل (T) روی گیاهان مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری نداشت ($F=1.98$; $df=5$, 294; $P>0.05$).

بین طول عمر حشرات کامل کفشدوزک جنس ماده ($F=3.52$; $df=5$, 106; $P<0.05$) و جنس نر ($F=2.74$; $df=5$, 160; $P<0.05$) روی گیاهان مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول عمر حشرات کامل کفشدوزک‌های نر به ترتیب روی کلزا ۵۱/۸۱±۲/۰۲ روز و تربچه ۴۰/۵۳±۱/۸۱ روز و در افراد ماده نیز طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول عمر برابر ۵۶/۰۶±۲/۱۰ روز و ۴۵/۴۷±۱/۹۱ روز و به ترتیب روی کلزا و تربچه به دست آمد (جدول‌های ۱ و ۲).

H. variegata ویژگی‌های تولیدمثلی کفشدوزک روی گیاهان مختلف میزبان شته مومی کلم

بین گیاهان مختلف میزبان، از نظر تعداد تخم گذاشته شده به ازای هر فرد ماده کفشدوزک در هر روز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($F=7.23$; $df=5$, 111; $P<0.05$) (جدول ۳). بیشترین میانگین تخم‌ریزی روزانه روی کلم گل (۱۲/۷۲±۰/۵۹) مشاهده شد که به ترتیب ۱/۰۴، ۱/۱۲، ۱/۲۷، ۱/۳۷، ۱/۳۹ برابر بیشتر از تخم‌ریزی روزانه روی کلم‌زینتی، کلزا، شلغم، تربچه و کلم برگ بود. همچنین بین مقادیر میانگین تخم‌ریزی کل کفشدوزک در طول عمر روی گیاهان مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($F=8.71$; $df=5$, 106; $P<0.05$). بیشترین مقدار تخم‌ریزی کل روی کلزا (۶۴۶/۴۳۷±۵۲/۸۸) به دست آمد که به ترتیب ۱/۵۹، ۱/۳۲، ۱/۳۲، ۱/۰۲۵ و ۱/۰۲ برابر بیشتر از مقادیر آن روی تربچه، کلم برگ، شلغم، کلم گل و کلم‌زینتی بود. زادآوری ویژه سنی (m_x) و نیز نرخ بقای ویژه سنی (l_x) کفشدوزک در شکل ۱ ارائه شده است.

بین طول دوره قبل از تخم‌ریزی ($F=1.99$; $df=5$, 106; $P>0.05$) و پس از تخم‌ریزی ($F=1.31$; $df=5$, 106; $P>0.05$) کفشدوزک روی گیاهان مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما طول دوره تخم‌ریزی کفشدوزک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر گیاهان میزبان شته مومی کلم قرار گرفت ($F=4.00$; $df=5$, 106; $P<0.05$). بیشترین طول

جدول ۳- زادآوری و طول دوره‌های مختلف در حشرات ماده کفشدوزک *Hippodamia variegata* (±SE میانگین) با تغذیه از شته مومی کلم روی گیاهان مختلف میزبانTable 3. Fertility and reproduction period of *Hippodamia variegata* females (mean ± SE) fed of cabbage aphid on different host plants

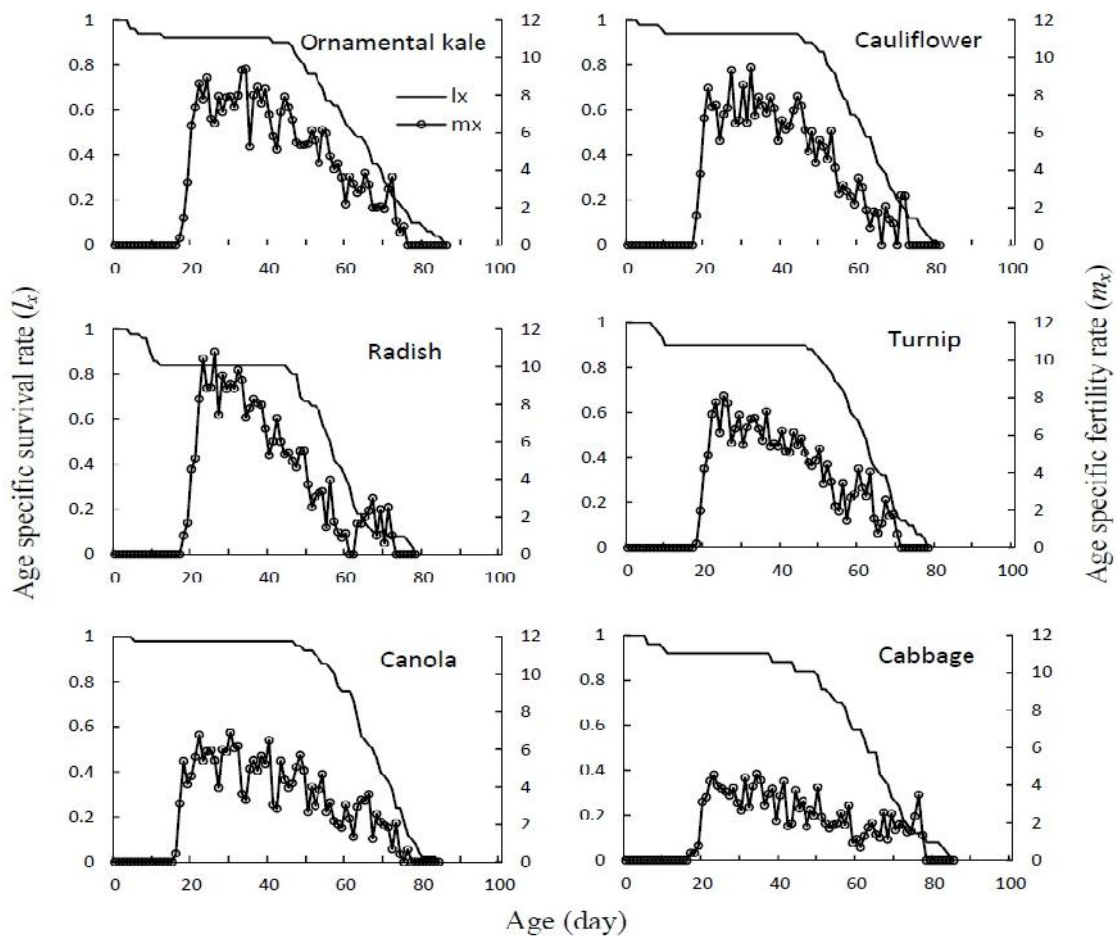
Parameter	Ornamental kale	Cauliflower	Radish	Turnip	Canola	Cabbage
Dail mean number of egg	12.24±0.55 ^a	12.72±0.59 ^a	9.28±0.51 ^c	9.98±0.50 ^{bc}	11.36±0.73 ^{ab}	9.14±0.49 ^c
Mean number of eggs/female	631.95±40.02 ^a	630.47±35.78 ^a	407.24±23.99 ^b	489.25±25.38 ^b	646.44±52.88 ^a	486.42±39.17 ^b
Pre-oviposition period (day)	4.65±0.31 ^a	4.37±0.23 ^a	5.08±0.23 ^a	4.85±0.81 ^a	4.06±0.29 ^a	4.58±0.31 ^a
Oviposition period (day)	39.70±2.20 ^{ab}	38.63±1.63 ^{ab}	33.16±1.66 ^b	37.55±1.82 ^{ab}	45.12±2.38 ^a	40.25±2.66 ^{ab}
Post-oviposition period (day)	7.20±0.55 ^a	6.63±0.57 ^a	5.92±0.42 ^a	7.15±0.42 ^a	6.62±0.45 ^a	7.50±0.71 ^a

The means followed by different letters in the same row are significantly different (SNK, P<0.05).

جدول ۴- پارامترهای رشد جمعیت کفشدوزک *Hippodamia variegata* (±SE میانگین) با تغذیه از شته مومی کلم روی گیاهان مختلف میزبانTable 4. The mean (±SE) life table parameters of *Hippodamia variegata* (mean ± SE) fed of cabbage aphid on different host plants

Parameter	Ornamental kale	Cauliflower	Radish	Turnip	Canola	Cabbage
Gross reproductive Rate (GRR)	313.08±56.24 ^a	277.69±53.36 ^a	269.11±38.01 ^a	236.92±61.65 ^a	230.24±50.31 ^a	155.13±42.88 ^b
Net reproductive Rate (R ₀)	252.78±46.95 ^a	239.58±45.72 ^a	203.62±31.42 ^{ab}	195.70±35.67 ^{ab}	206.86±46.15 ^{ab}	116.74±31.04 ^b
Intrinsic rate of increase (r _m)	0.184±0.004 ^a	0.186±0.007 ^a	0.179±0.006 ^a	0.173±0.008 ^a	0.188±0.010 ^a	0.155±0.011 ^b
Finite rate of increase (λ)	1.202±0.009 ^a	1.204±0.006 ^a	1.196±0.007 ^a	1.189±0.009 ^a	1.206±0.012 ^a	1.168±0.012 ^b
Generation time (T)	30.40±0.09 ^a	29.81±0.42 ^a	29.80±0.42 ^a	30.58±0.55 ^a	28.52±0.51 ^a	30.87±0.90 ^a

The means followed by different letters in the same row are significantly different (SNK, P<0.05).



شکل ۱- بقای ویژه سنی (l_x) و زادآوری ویژه سنی (m_x) کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تغذیه از شته مومی کلم روی گیاهان مختلف میزبان

Figure 1. Age-specific survival rate (l_x) and age-specific fertility rate (m_x) of *Hippodamia variegata* fed of cabbage aphid on six host plants

نشان دادند. Francis et al. (2001) اثرات شته میزبان *M. persicae* (Sulzer) پرورش یافته روی سه گیاه میزبان (باقلا، کلزا و خردل سفید) روی کارایی کفشدوزک *A. bipunctata* را مورد مطالعه قرار دادند. در مقایسه با باقلا، هر دو گیاه کلزا و خردل سفید به عنوان میزبان شته باعث کوتاهی دوره نشو و نما و کفشدوزک شده اما روی مرگ و میر آن تفاوت معنی داری نشان ندادند. همچنین بر اساس اظهارات Ru and Mitsipa (2000)، گونه گیاه میزبان شپشک *Phenacoccus manihoti* Mat. Ferr. آردآلود به طور معنی داری نشو و نما و بقای شکارگر *Exochomus flaviventris* Mader. را تحت تأثیر

بحث

روابط گیاه- گیاهخوار- دشمن طبیعی دارای پیچیدگی های بسیاری است. گیاه میزبان از یک طرف بر پارامترهای زیستی و فیزیولوژیک گیاهخوار تأثیر می گذارد و از سوی دیگر، از طریق گیاهخوار، ویژگی های زیستی یا تولیدمثلی دشمن طبیعی گیاهخوار را تحت تأثیر قرار می دهد. به عبارت دیگر، گیاهان میزبان به عنوان سطح اول تغذیه، روی زیست شناسی شکارگر به عنوان سطح سوم تغذیه اثرات مهمی برجای می گزارند (Kalushkov and Hodek, 2004).

در پژوهش حاضر گونه های گیاه میزبان شته مومی کلم اثر معنی داری روی نشو و نما کفشدوزک *H. variegata*

معنی داری روی ذخیره چربی‌ها در شته‌ها داشته باشند (Febvay et al., 1992; Dillwith et al., 1993). برای مثال در یک تحقیق انجام شده معلوم شده که شته نخود *Acyrtosiphon pisum* Harris در صورت پرورش روی گیاه یونجه، اسیدهای چرب زیادی در مقایسه با شته‌های پرورش یافته روی باقلا ذخیره می‌کند این به نوبه خود موجب افزایش بقا و اندازه حشرات کامل در کفشدوزک *Coccinella septempunctata* L. (Giles et al., 2002) و همچنین در بالتوری *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (Giles et al., 2000) گردید.

نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که با گذشت زمان و افزایش سن کفشدوزک، میزان تلفات با آهنگ ملایم افزایش یافت و در اواخر عمر حشرات کامل، مرگ‌ومیر به سرعت بیشتر اتفاق افتاد. در این پژوهش، بالاترین نرخ بقای کفشدوزک روی کلزا ثبت شد. این امر می‌تواند نشان‌دهنده پایین بودن درصد ترکیبات ثانویه و یا سایر متابولیت‌های دفاعی این گیاه در برابر شته و در نهایت کفشدوزک باشد. همچنین تفاوت در میزان بقا ممکن است به واسطه وجود مقادیر متفاوت عناصر غذایی مانند کربن، فسفر و نیتروژن باشد که به صورت مستقیم می‌توانند روی پتانسیل نشوونما و باروری یک گیاهخوار و شکارگرهای آن تأثیر بگذارند. بر اساس نتایج تحقیق حاضر گونه‌های گیاه میزبان شته به‌طور معنی‌داری میزان زادآوری و طول دوره تخم‌ریزی کفشدوزک *H. variegata* را تحت تأثیر قرار دادند. نتایج مشابهی توسط Francis et al. (2001) گزارش شده است. تعداد تخم گذاشته شده به ازای هر فرد ماده کفشدوزک *A. bipunctata* در هر روز در تغذیه از شته *M. persicae* روی خردل سفید در مقایسه با کلزا و باقلا به مراتب کمتر بود. افراد پرورش یافته شته *M. persicae* روی خردل سفید در مقایسه با افراد پرورش یافته روی دو میزبان دیگر، باعث نرخ پایین تفریح تخم در کفشدوزک در صورت تغذیه از آن‌ها شدند. در تحقیق حاضر دوره تخم‌ریزی و نیز

قرار داد. Al-Zyoud et al. (2005) اثرات گونه‌های گیاهان میزبان سفیدبالک *Bemisia tabaci* (Genn.) را روی خصوصیات زیستی کفشدوزک *Serangium parcesetosum* Sicard. بررسی کردند و مشاهده کردند که دوره نشوونمای لاروی شکارگر در تغذیه از سفیدبالک به‌طور معنی‌داری روی خیار کوتاه‌تر از پنبه بود اما کل دوره نشوونمای شکارگر از تخم تا ظهور حشرات کامل بین گیاهان میزبان تفاوتی نشان نداد. در پژوهش انجام شده توسط Wu et al. (2010) طول مراحل مختلف پیش از بلوغ کفشدوزک *H. variegata* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با تغذیه از شته جالیز، *A. gossypii* Glover پرورش یافته روی پنج میزبان گیاهی مختلف تعیین شد. براساس نتایج به دست آمده توسط ایشان، گونه گیاه میزبان شته به‌عنوان یک عامل مؤثر بر پارامترهای دموگرافی کفشدوزک بیان شده است.

در تحقیق حاضر کفشدوزک ماده *H. variegata* کل دوره نشوونمای خود را بسته به گیاه میزبان در طی دوره زمانی ۱۴/۶ الی ۱۶/۰۸ روز کامل نمود که این دوره زمانی مشابه دوره زمانی گزارش شده روی *A. gossypii* (۱۲/۶ الی ۱۴/۵ روز) (Wu et al., 2010) و ۱۴/۸۹ الی ۱۶/۳۱ روز روی *S. avenae* (2010) و اما کوتاه‌تر از دوره زمانی گزارش شده روی *M. persicae* (۱۸/۱ روز) (Lanzoni et al., 2004) یا ۲۰/۱ روز روی *Rhopalosiphum padi* (L.) (Elhag and Zaitoon, 1996) بود. دوره نشوونمایی متفاوت بین تحقیقات مختلف می‌تواند به شرایط آزمایش و گونه شته و نیز گیاه میزبان مورد بررسی نسبت داده شود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گونه‌های گیاه میزبان گونه شکار دارای نقش بسیار مهمی در نشوونما و بقای شکارگر بود. این امر می‌تواند به واسطه تفاوت در ارزش غذایی شته‌ها روی گیاهان مختلف میزبان باشد. گونه‌ها و یا ارقام مختلف گیاهان میزبان می‌تواند تأثیر

نرخ متناهی افزایش جمعیت و میانگین طول یک نسل روی شش گیاه میزبان مورد بررسی به ترتیب در دامنه ۱۱۶/۷۴۰ - ۲۵۲/۷۸۰، ۰/۱۵۸ - ۰/۱۹۰، ۱/۰۴۱ - ۱/۲۰۹ و ۲۶/۴۰ - ۵۱/۱۴ قرار گرفتند.

نتیجه گیری

گیاه میزبان به عنوان سطح اول تغذیه روی ویژگی های بیولوژیکی شکارگر به عنوان سطح سوم تغذیه به طور قابل توجهی تأثیر می گذارد. این مطالعه نشان داد که گیاه کلزا نسبت به پنج گیاه دیگر برای نشو و نما و تولید مثل کفشدوزک *H. variegata* مناسب تر می باشد. این مطالعه فرصتی برای درک بهتر برهمکنش های سطوح سه گانه تغذیه ای (گیاه میزبان - شته ی مومی کلم - کفشدوزک) فراهم می کند و نشان می دهد که در کنترل بیولوژیک یک آفت نه تنها خود حشره آفت بلکه گیاهان میزبان آن نیز باید به دقت مورد توجه قرار گیرد و مکانیسم های تأثیرات احتمالی گیاهان میزبان بر شکارگر نیز مورد بررسی قرار گیرند.

سپاس گزاری

این تحقیق در گروه گیاه پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی به انجام رسیده که بدینوسیله قدردانی می شود.

زادآوری کفشدوزک به طور معنی داری میان گیاهان میزبان مورد بررسی متفاوت بود. نتایج مشابهی توسط Ru and Mitsipa (2000) و Al-Zyoud et al. (2005) گزارش شده است. تفاوت های محتمل در میزان نشو و نما، تولیدمثل، طول عمر و مقادیر پارامترهای دموگرافیک کفشدوزک *H. variegata* روی میزبان های مختلف گیاهی ممکن است مربوط به تفاوت های غذایی گیاهان میزبان به عنوان سطح اول تغذیه باشد. همچنین وجود ترکیبات متابولیکی ثانویه متنوع در گیاهان میزبان، میزان مطلوبیت غذایی آن ها را برای شته و در نهایت کفشدوزک تحت تأثیر قرار می دهد (Tingey, 1986).

اطلاعات مربوط به این که چگونه کیفیت گیاه میزبان می تواند پارامترهای جدول زندگی کفشدوزک را تحت تأثیر قرار دهد کمک شایانی به درک مناسب دینامیسم جمعیت و ارتباط شکار - شکارگر می کند (Giles et al., 2002). نرخ ذاتی افزایش جمعیت تابع میزان باروری، طول دوره نشو و نما و بقا می باشد. در پژوهش حاضر، بالاترین مقدار باروری و کمترین مدت زمان طول دوره مراحل نارس روی کلزا ثبت گردید و این امر سبب شد تا بیشترین مقدار r_m کفشدوزک نیز روی همین میزبان مشاهده گردد. نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر نشان می دهد که مقادیر پارامترهای نرخ خالص تولیدمثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت،

REFERENCES

- Al-Zyoud, F., Tort, N., and Sengonca, C. 2005. Influence of host plant species of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom., Aleyrodidae) on some of the biological and ecological characteristics of the entomophagous *Serangium parcesetosum* Sicard (Col, Coccinellidae). Journal of Pest Science, 78: 25-30.
- Aslam, M., Razaq, M., and Shahzad, A. 2005. Comparison of different canola (*Brassica napus* L.) varieties for resistance against cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). International Journal of Agriculture and Biology, 7: 781-782.
- Babu, A. 1999. Influence of prey species on feeding preference, postembryonic development and reproduction of *Coccinella transversalis* F. (Coccinellidae: Coleoptera). Entomon, 24: 221-228.
- Ballanger, Y. 1999. Evolution in the difficulties related to aphids in winter oilseed rape. Proceedings of the Fifth International Conference on Pests in Agriculture, 2: 427-432.

- Behdad, E. 1992. Pests of field crops in Iran. Markaz-e Nashr-e Yadboud, Iran. P. 618. (In Farsi).
- Chi, H. 1988. Life table analysis incorporating both sexes and variable development rate among individuals. *Environmental Entomology*, 17: 26-34.
- Chi, H. 2013. TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. (<http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart.zip>).
- Chi, H., and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin de l'Institut of Zoology, Academia Sinica*, 24: 225-240.
- Costello, M.J., and Altieri, M.A. 1995. Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* on broccoli grown in living mulches. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 52: 187-196.
- Dillwith, J.W., Neese, P.A., and Brigham, D.L. 1993. Lipid biochemistry in aphids. In: Stanley-Samuelson, D.W. and Nelson, D.R. (eds). *Insect lipids: chemistry, biochemistry, and biology*. University of Nebraska Press, Lincoln, pp: 389-434.
- Du, L., Ge, F., Zhu, S., and Parajulee, M.N. 2004. Effect of cotton cultivar on development and reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and its predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology*, 97: 1278-1283.
- Elhag, E.T.A., and Zaitoon, A.A. 1996. Biological parameters for four Coccinellid species in central Saudi Arabia. *Biological Control*, 7: 316-319.
- Febvay, G., Pageaux, J.F., and Bonnot, G. 1992. Lipid composition of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae), reared on host plant and on artificial media. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 21: 103-118.
- Francis, F., Haubruge, E., Hastir, P., and Gaspar, C. 2001. Effect of aphid host plant on development and reproduction of the third trophic level, the predator *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 30: 947-952.
- Franzmann, A.B. 2002. *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), a predacious ladybird new in Australia. *Australian Journal of Entomology*, 41: 375-377.
- Ghafouri Moghaddam, M., Golizadeh, A., Hassanpour, M., Rafiee-Dastjerdi, H., and Razmjou, J. 2016. Demographic traits of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Sitobion avenae* Fabricius (Homoptera: Aphididae). *Journal of Crop Protection*, 5(3): 431-445.
- Giles, K.L., Madden, R.D., Payton, M.E., and Dillwith, J.W. 2000. Survival and development of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) supplied with pea aphids (Homoptera: Aphididae) reared on alfalfa and faba bean. *Environmental Entomology*, 29: 304-311.
- Giles, K.L., Madden, R.D., Stockland, R., Payton, M.E., and Dillwith, J.W. 2002. Host plants affect predator fitness via the nutritional value of herbivore prey: investigation of a plant-aphid-ladybeetle system. *Biocontrol*, 47: 1-21.
- Gordon, R.D. 1985. The coccinellidae of America north. *Journal of New York Entomology Society*, 93: 1-912.
- Gurney, B., and Hussey, N.W. 1970. Evaluation of some coccinellid species for the biological control of aphids in protected cropping. *Annals of Applied Biology*, 65: 451-458.

- Hajek, A.E. 2004. Natural Enemies: An introduction to biological control. Cambridge University Press. P. 378.
- Ives, A., Koreiva, R., and Perry, R. 1993. Response of a predator to lady beetle variation in prey density at three hierarchical scales beetles feeding on aphid. *Ecology*, 7: 1929-1939.
- Kalushkov, P., and Hodek, I. 2001. New essential aphid prey for *Anatis ocellata* and *Calvia quatuordecimguttata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biocontrol Science and Technology*, 11: 35-39.
- Kalushkov, P., and Hodek, I. 2004. The effects of thirteen species of aphids on some life history parameters of the ladybird *Coccinella septempunctata*. *Biocontrol*, 50: 223-233.
- Kalushkov, P., Donchev, K.D., and Dimova, V.I. 1990. Eco-faunistic studies on the coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in lucerne plots near Pleven. *Ekologiya, Bulgaria*, 23: 57-66.
- Lanzoni, A., Accinelli, G., and Burgio, G. 2004. Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hippodamia variegata* and *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*, 128: 298-306.
- Moreton, B.D. 1969. Ladybirds and spider mites. In: Beneficial insects and mites. Her Majesty, Stationary Office London. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Price, P.W., Bouton, C.E., Gross, P., McPherson, B.A., Thompson, J.N., and Weis, A.E. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plant on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 41-65.
- Radjaby, G.R. 1989. Insects attacking rosaceous fruit trees in Iran (Third volume Homoptera). Pest and Diseases Research Inc, Ministry of Agriculture. (In Farsi).
- Randall, K., Majerus, M., and Forge, H. 1992. Characteristics for sex determination adults (Col.: Coccinellidae). *Canadian Entomologist*, 98: 639-644.
- Rezvani, A. 2002. Identification Key of Iran aphids. Agricultural Research and Education Organization, Tehran. (In Farsi).
- Ru, B.L., and Mitsipa, A. 2000. Influence of the host plant of the cassava mealy bug *Phenacoccus manihoti* on life-history parameters of the predator *Exochomus flaviventris*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95: 209-212.
- SPSS [computer software]. 2007. SPSS base 16.0 user's guide. SPSS Incorporation, Chicago.
- Thompson, S.N. 1999. Nutrition and culture of entomophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 44: 561-592.
- Tingey, W.M. 1986. Techniques for evaluating plant resistance to insect. In: Miller, I.R. and Miller, T.A. (eds). *Insect-Plant Interactions*. Springer-verlag, pp: 251-284.
- Waage, J. 1990. Ecological theory and the selection of biological control agents. In: M. Maackauer, L.E. Ehler and J. Roland (eds). *Issues in Biological Control*. Intercept Press, Andover, U.K, pp: 135-154
- Wu, X., Zhou, X., and Pang, B. 2010. Influence of five host plants of *Aphis gossypii* Glover on some population parameters of *Hippodamia variegata* (Goeze). *Journal of Pest Science*, 83: 77-83.

Effects of prey's host plant species on biological efficiency of predator ladybird, *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae)

A. Golizadeh^{1*}, S. Nikan-Jablou², M. Hassanpour³, G. Nouri-Ganbalani⁴,
B. Naseri³ and Z. Abedi⁵

- 1- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (golizadeh@uma.ac.ir)
- 2- Former M.Sc. student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 3- Associate Professors, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 4- Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 5- Ph.D. student in Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 9 July 2016

Accepted: 1 January 2017

Abstract

The aphidophagous ladybird, *Hippodamia variegata* (Goeze), is an effective predator in most agricultural ecosystems. The host plant species of aphids could be an effective factor on life history characteristics and efficiency of their predators. Therefore, the effect of six host plant species of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) including cabbage, cauliflower, radish, turnip, canola and ornamental kale on development, reproduction and life table parameters of *H. variegata* was studied in this research. Demographic data were analyzed using the age-stage, a two-sex life table method. The results showed that the suitability of aphids from various six host plants species differed for the development and reproduction of *H. variegata*. The total developmental time (from egg to adult emergence) was the shortest (14.69 days) when reared on aphids on canola. Total fecundity rates significantly differed among tested host plants and the highest rate was observed on canola (646.44 eggs). The net reproductive rates (R_0) of ladybird varied from 252.78 female offspring / female / generation on ornamental kale to 116.74 female offspring / female / generation on cabbage. The intrinsic rate of increase (r_m) as an important index of suitability of prey host plant species on the population increase of ladybird beetle varied from 0.155 day⁻¹ on cabbage to 0.188 day⁻¹ on canola. Based on the intrinsic rate of increase, the suitability of tested host plants in decreasing order was: canola, cauliflower, ornamental kale, radish, turnip and cabbage. Our findings may provide basic information for better understanding of the tritrophic interactions of the plant-aphid-predator relationships and also mass production of *H. variegata*.

Keywords: *Brassicaceae*, *Brevicoryne brassicae*, *Hippodamia variegata*, *Two-sex life table*, *Tritrophic interactions*