

## اثر ژنوتیپ‌های مختلف گیاه کلزا بر برخی پارامترهای زیستی زنبور پارازیتوید *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae)

۱. آرزو الهی؛ ۲. اصغر شیروانی؛ ۳. مریم راشکی\*

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان  
۳. استادیار، گروه تنوع زیستی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه  
تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۱)

### چکیده

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* از آفات مهم کلزا در جهان است و پارازیتوید *Diaeretiella rapae* از مهم‌ترین دشمنان طبیعی آن می‌باشد. در این پژوهش، طول دوره‌های مختلف رشدی، درصد مومیایی‌های تولیدشده، درصد افراد کامل و نسبت جنسی پارازیتوید روی سه ژنوتیپ مختلف کلزا شامل Okapi، Licord و Hyola401 بررسی شد (دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 5$  درصد و دوره نوری  $16:8$  ساعت (روشنایی: تاریکی)). نتایج نشان داد که طول دوره تخم‌ریزی تا تشکیل مومیایی زنبور در Okapi ( $3.96 \pm 0.05$ ) با ژنوتیپ‌های Licord ( $4.57 \pm 0.01$ ) و Hyola401 ( $4.72 \pm 0.04$ ) تفاوت معنی‌دار داشت. Okapi باعث کاهش طول دوره تخم‌ریزی تا ظهور حشره کامل در هر دو جنس نر ( $7.91 \pm 0.11$ ) و ماده ( $8.02 \pm 0.10$ ) شد. به‌طور معنی‌دار، بیشترین درصد مومیایی تولیدشده روی Okapi ( $89.60 \pm 6.81$ ) نسبت به Licord ( $66.20 \pm 5.21$ ) و Hyola401 ( $59.10 \pm 3.64$ ) مشاهده شد. نسبت جنسی روی ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌دار نشان نداد. کوتاه‌ترین طول دوره نابالغ نیز روی ژنوتیپ Okapi اتفاق افتاد. ژنوتیپ Okapi می‌تواند کارایی زنبور را در کنترل شته نسبت به دو ژنوتیپ دیگر افزایش دهد. کاربرد روش کنترل بیولوژیک ازدیادی با استفاده از پارازیتوید *D. rapae* در مزارع زیر کشت Okapi و همچنین تولید انبوه پارازیتوید مذکور با استفاده از این ژنوتیپ در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دوره رشدونمو، ماده‌های ظاهرشده، مومیایی‌های تولیدشده، میزبان گیاهی.

## Effect of different canola genotypes on some biological parameters of the parasitoid wasp *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae)

Arezu Elahii<sup>1</sup>, Asghar Shirvani<sup>2</sup> and Maryam Rashki<sup>3\*</sup>

1, 2. Former M. Sc. Student and Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

3. Assistant Professor, Department of Biodiversity, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

(Received: Oct. 11, 2016 - Accepted: Mar. 11, 2017)

### ABSTRACT

The cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, is one of the major worldwide pests of canola and the parasitoid, *Diaeretiella rapae*, is the most important natural enemy of the aphid. In this research, duration of different life stages, percentage of adult emergence and sex ratio of the parasitoid wasp were investigated on three canola genotypes including the Okapi, Licord and Hyola401 ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 5\%$  RH and a photoperiod of 16L:8D). The experiment was conducted by using petri dishes with leaf discs on 7% water-agar. The results showed that the duration from oviposition until mummification on the Okapi ( $3.96 \pm 0.05$ ) significantly differed from the Licord ( $4.57 \pm 0.01$ ) and Hyola401 ( $4.72 \pm 0.04$ ). The duration from oviposition up to emergence of the adult decreased on the Okapi in both male ( $7.91 \pm 0.11$ ) and female ( $8.02 \pm 0.10$ ). Also, the highest percentage of mummies was significantly observed on the Okapi ( $89.60 \pm 6.81$ ) rather than the Licord ( $66.20 \pm 5.21$ ) and Hyola401 ( $59.10 \pm 3.64$ ). However, there was no significant difference in the percentage of emerged female among the genotypes. The shortest development time of the parasitoid were also occurred on the Okapi. The Okapi could increase the efficiency of the wasp for controlling the aphid rather than the two other genotypes. It is suggested to apply the augmentation biological control method by using the parasitoid wasp, *D. rapae* for the fields under the Okapi cultivation and also for the mass production of the parasitoid by using this genotype in integrated pest management programs.

**Keywords:** Development time, emerged females, host plant, produced mummies.

\* Corresponding author E-mail: ma\_rashkigh@yahoo.com

### تازه‌های تحقیق

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بیشترین میزان تولید مومیایی و کمترین طول دوره نابالغ زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در بین سه ژنوتیپ Okapi, Licord و Hyola 401 روی ژنوتیپ Okapi اتفاق افتاد. از آنجا که ژنوتیپ Okapi می‌تواند کارایی زنبور *D. rapae* را در کنترل شته مومی کلم نسبت به دو ژنوتیپ دیگر افزایش دهد، کاربرد روش کنترل بیولوژیک ازدیادی با استفاده از زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در مزارع زیر کشت ژنوتیپ Okapi و همچنین تولید انبوه زنبور پارازیتوئید مذکور با استفاده از این ژنوتیپ در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات پیشنهاد می‌شود.

### مقدمه

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae) به‌عنوان آفت محدودکننده زراعت کلزا در اکثر نقاط کشور مطرح شده و قادر است جمعیت خود را به سرعت روی گیاهان خانواده کلمیان افزایش دهد (Ellis et al. 2000). در سال‌های اخیر سطح زیر کشت کلزا در کشور رشد چشمگیری داشته است که این افزایش در اکوسیستم‌های زراعی باعث ایجاد شرایط مساعد برای فعالیت آفات این گیاه شده است. این آفت روی کلزا به شدت خسارت‌زا است؛ با این‌حال، کلم معمولی، گل کلم و کلم بروکلی را نیز ترجیح می‌دهد (Ellis et al. 2000).

شته مومی کلم دارای قدرت تکثیر بالایی است و جمعیت خود را به‌سرعت افزایش می‌دهد و ضمن تشکیل کلنی‌های پر جمعیت، منجر به خسارت مستقیم از طریق تغذیه از شیره گیاهی و از سوی دیگر با انتقال ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی مانند موزائیک گل کلم و موزائیک شلغم منجر به خسارت غیر مستقیم می‌شود (Costello and Altieri 1995, Chivasa et al. 2002).

زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Aphidiidae) در کاهش خسارت شته‌ها روی محصولات خانواده کلمیان (Brassicaceae) نقش مهمی دارد (Dhiman 2007) چرا که گیاهان این خانواده بیشتر از سایر گیاهان اثر جلب‌کنندگی روی *D. rapae* دارند (Vaughn et al. 1996). این زنبور

پلی‌فاژ روی ۹۸ گونه شته فعالیت دارد و به‌طور انحصاری پارازیت داخلی شته‌ها است (Singh and Singh 2015) و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای شته مومی کلم نام برده شده است (Fathipour et al. 2006).

گیاهان میزبان طی فرایندهای اکولوژیکی از پایین به بالا (bottom-up) در برهم‌کنش‌های چند سطح غذایی بسیار مؤثر هستند (Stiling and Rossi 1997, Ostfeld and Keesing 2000). به‌طوری‌که، اثرات زنجیروار آن به‌عنوان اثرات غیرمستقیم تفاوت در گیاه میزبان روی سطوح سوم غذایی قابل شناسایی است (Kagata and Ohgushi 2006). خصوصیات متفاوت گیاهان میزبان، اثرات مختلفی روی یک گیاهخوار و دشمنان طبیعی مرتبط با آن دارد (Teder and Tammaru 2002). در واقع روابط میان حشرات گیاهخوار و دشمنان طبیعی متأثر از میزبان‌های گیاهی می‌باشد (Price et al. 1980). به‌دلیل وجود رابطه نزدیک میان گونه‌های شته و میزبان‌های گیاهی آن‌ها، کوچک‌ترین تغییرات در ساختار و فیزیولوژی گیاه روی رشد شته‌ها اثرات مهمی خواهد داشت (Gorur 2006) و به‌دنبال آن کیفیت حشرات میزبان نیز بر تصمیم‌های تخم‌ریزی پارازیتوئیدها مانند تعداد تخم‌های گذاشته شده و نسبت جنسی اثر می‌گذارد (Kant et al. 2012). به‌عبارت‌دیگر، کیفیت گیاه میزبان بر سطوح بالاتر غذایی مؤثر است (Zvereva and Rank 2003, Kagata et al. 2005). براین اساس، میزان نیتروژن موجود در گیاهان میزبان و تجمع آن در حشرات گیاهخوار روی عملکرد دشمنان طبیعی مؤثر است (Kagata and Ohgushi 2006).

مطالعات نشان دادند زمانی‌که کفشدوزک *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) شته‌های موجود روی گونه‌های گیاهی حاوی غلظت بالایی از گلوکوزینولات تغذیه کرد، تولید تخم کفشدوزک کمتر بود و مرگ‌ومیر بیشتری در لاروهای سن اول اتفاق افتاد (Francis et al. 2001a, Francis et al. 2001b). پارازیتوئیدهای حشرات گیاهخوار که روی گیاهان حاوی گلوکوزینولات تغذیه کردند نیز ممکن است تحت تأثیر اثرات منفی این ترکیب‌های ذخیره‌شده

و با استفاده از کلید شناسایی شته‌ها (Blackman and Eastop 2000) شناسایی شد. شته‌هایی که از مزرعه به داخل آزمایشگاه منتقل شدند ممکن بود حاوی پارازیتوئید داخلی باشند و در این صورت در پرورش شته مومی اختلال ایجاد می‌شد. به این دلیل، جهت حذف پارازیتوئیدها، شته‌های مومی کلم برای یک هفته درون ظروف پتری تهویه‌دار (به قطر ۵/۸ سانتی‌متر)، حاوی دیسک‌های برگ‌گی کلزا روی آب-آگار هفت درصد نگهداری شدند. ظروف پتری در ژرمناتور با دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 5$  درصد، دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی) قرار گرفتند. شته‌ها هر ۲۴ ساعت یک‌بار به دقت بررسی و در صورت مومیایی شدن حذف شدند. برای تشکیل کلنی، شته‌های سالم و پارازیت نه شده روی برگ‌های سه ژنوتیپ کلزا شامل Okapi، Licord و Hyola401 قرار گرفتند. گیاهان کلزا به داخل فیتوترون با شرایط فوق منتقل شدند. برای انجام هم‌سن‌سازی، به شته‌ها اجازه داده شد تا برای ۱۲ ساعت پوره‌زایی کنند. سپس، افراد کامل حذف و از شته‌های مومی هم‌سن در آزمایش‌ها استفاده شد.

#### پرورش زنبور پارازیتوئید *D. rapae*

افراد مومیایی شده شته‌های مومی کلم از مزارع کلزای اطراف کرمان جمع‌آوری و زنبورهای خارج‌شده از آن‌ها توسط آقای دکتر ابراهیمی از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور شناسایی شدند. زنبورهای پارازیتوئید *D. rapae* پس از شناسایی روی شته‌های مومی کلم داخل قفس‌های توری به ابعاد  $50 \times 50 \times 40$  سانتی‌متر روی هر ژنوتیپ پرورش یافتند (دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 5$  درصد، دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی)). برای تغذیه زنبورها از عسل رقیق‌شده (۱۵ درصد) استفاده شد. به‌منظور هم‌سن‌سازی زنبورها روی هر ژنوتیپ کلزا، به پارازیتوئیدهای ماده جفتگیری کرده یک روزه اجازه داده شد تا به مدت هشت ساعت شته‌ها را پارازیت نه کنند و سپس حذف شدند. لازم به ذکر است که این پارازیتوئید پرواویژنیک (pro-ovigenic) است و ماده به محض خروج از مومیایی، قادر به جفت‌گیری و تخم‌ریزی می‌باشد (Kant et al. 2012). در تمام آزمایش‌ها، از زنبورهای ماده یک

در همولنف و یا سایر بافت‌های بدن حشره گیاهخوار قرار گیرند (Gols and Harvey 2009). به طوری که، نرخ خروج افراد ماده پارازیتوئید *D. rapae* با میزان گلوکوزینولات در گیاهان کلمیان نسبت عکس داشت و با کاهش سطح این ترکیب، عملکرد پارازیتوئید بهبود یافت (Chesnaï et al. 2016).

افراد ماده سن *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) با تخم‌ریزی روی گیاهان غیرمیزبان، جلب پارازیتوئید *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae) را کاهش دادند و پارازیت نه شدن تخم‌ها توسط این پارازیتوئید را محدود کردند (Leal et al. 1995).

فرضیه "برهم‌کنش‌های چند سطح غذایی" پیش‌بینی می‌کند که علاوه بر حساسیت گیاهخوار به گیاهان میزبان با ویژگی‌های مختلف کیفی، دشمنان طبیعی آن نیز به‌طور متعاقب تحت تأثیر آن قرار خواهند گرفت (Mooney et al., 2012). بنابراین، هدف از این تحقیق، بررسی اثر ژنوتیپ‌های مختلف گیاه کلزا بر برخی پارامترهای زیستی زنبور پارازیتوئید شته مومی کلم، *D. rapae* مانند طول دوره نابالغ، تعداد مومیایی‌های تولیدشده توسط پارازیتوئید، تعداد ماده‌های ظاهرشده، درصد ظهور و طول عمر حشره کامل به‌عنوان پارازیتوئید داخلی شته مومی کلم بود. نتایج مشخص می‌سازد که کدام ژنوتیپ اثرات مطلوب روی عملکرد پارازیتوئید دارد که این مسأله می‌تواند در پرورش انبوه و افزایش کارایی پارازیتوئید *D. rapae* در کنترل شته مومی کلم *B. brassicae* نقش مهمی ایفا نماید.

## مواد و روش‌ها

### کاشت گیاه

بذر سه ژنوتیپ کلزا شامل Okapi، Licord و Hyola401 از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه و داخل گلدان‌های پلاستیکی (قطر ۱۵ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) در شرایط گلخانه پرورش داده شدند. برای افزایش دقت کار، از گیاهان ۴۵ روزه کلزا در تمامی آزمایش‌ها استفاده شد.

### پرورش شته مومی کلم *B. brassicae*

شته مومی کلم از مزارع کلزای اطراف کرمان جمع‌آوری

با استفاده از ANOVA (SAS, Intitute, 2002) تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند. همچنین، داده‌های درصدی با استفاده از arcsine square-root تبدیل شدند.

### نتایج و بحث

**بررسی برخی پارامترهای زیستی زنبور *D. rapae***  
 پارازیتوئید شته مومی کلم روی ژنوتیپ‌های مختلف کلزا مقایسه میانگین طول دوره تخم‌ریزی تا تشکیل مومیایی زنبور *D. rapae*، پارازیتوئید شته مومی کلم، روی ژنوتیپ‌های Okapi، Licord و Hyola401 نشان داد که بین ژنوتیپ Okapi با ژنوتیپ‌های Licord و Hyola401 تفاوت معنی‌دار وجود دارد ( $P < 0.001$ ،  $df=2$  و  $42$ )، بیشترین مقدار روی ژنوتیپ Licord و Hyola401 و کمترین مقدار روی ژنوتیپ Okapi اتفاق افتاد. میانگین طول دوره تخم‌ریزی تا تشکیل مومیایی زنبور *D. rapae* روی ژنوتیپ Licord با Hyola401 اختلاف معنی‌دار نداشت. ژنوتیپ Okapi به‌طور معنی‌دار باعث کاهش طول دوره تشکیل مومیایی تا ظهور حشره کامل به‌طور جداگانه در دو جنس نر ( $P < 0.001$ ،  $F=27/34$ ،  $df=2$  و  $42$ ) و ماده ( $P < 0.001$ ،  $F=31/52$ ،  $df=2$  و  $42$ ) شد (جدول ۱) و اختلاف مدت زمان از تشکیل مومیایی تا ظهور افراد کامل در جنس نر زنبور پارازیتوئید، روی دو ژنوتیپ Licord و Hyola401 معنی‌دار نبود. در جنس ماده کمترین مقدار مربوط به ژنوتیپ Okapi بود که با دو ژنوتیپ دیگر تفاوت معنی‌دار داشت. با مقایسه میانگین کل دوره نابالغ زنبورهای ماده ظاهر شده روی ارقام Okapi، Licord و Hyola401 مشخص شد که کوتاه‌ترین دوره روی ژنوتیپ Okapi اتفاق افتاد و با دو ژنوتیپ دیگر تفاوت معنی‌دار نشان داد ( $P < 0.001$ ،  $df=2$  و  $42$ ،  $F=23/41$ ) (جدول ۱). بر خلاف افراد نر پارازیتوئید، کل دوره نابالغ افراد ماده روی دو ژنوتیپ Licord و Hyola401 به‌طور معنی‌دار با یکدیگر متفاوت نبود. بیشترین و کمترین مقدار کل دوره نابالغ افراد در جنس نر به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های Hyola401 و Okapi بود که میان هر سه ژنوتیپ از این لحاظ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ( $P < 0.001$ ،  $df=2$  و  $42$ ،  $F=27/34$ ) (جدول ۱).

روزه و جفتگیری کرده استفاده شد. از لحاظ مرفولوژیکی، انتهای شکم افراد ماده کشیده و باریک است که به‌این وسیله با مشاهده در زیر استریومیکروسکوپ از افراد نر تفکیک شدند.

**بررسی برخی پارامترهای زیستی زنبور *D. rapae***  
 پارازیتوئید شته مومی کلم روی ارقام مختلف کلزا به‌این‌منظور، ۱۵ زنبور پارازیتوئید ماده یک روزه و جفتگیری کرده برای هر تیمار (ژنوتیپ کلزا) انتخاب شدند. به‌عبارت دیگر ۴۵ زنبور پارازیتوئید ماده یک روزه و جفتگیری کرده در کل آزمایش استفاده شد. به‌دلیل این‌که افراد نر و ماده به محض خروج از مومیایی قادر به جفتگیری هستند، بلافاصله پس از خروج، یک فرد نر و ماده شناسایی و برای ۲۴ ساعت در یک میکروویال قرار گرفتند تا جفتگیری مشاهده شود. در صورت مشاهده جفتگیری، از این افراد ماده جفتگیری کرده برای آزمایش استفاده شد. هر زنبور ماده یک روزه و جفتگیری کرده به همراه ۳۰ عدد پوره سن دو در هر واحد آزمایشگاهی، شرح داده شده در موارد قبل، قرار گرفتند (دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 5$  درصد، دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی)). سپس، زنبورها به‌طور روزانه به داخل ظروف پتری جدید حاوی ۳۰ عدد پوره سن دو منتقل شدند. آزمایش تا مرگ آخرین زنبور ماده ادامه یافت. در ادامه آزمایش، شته‌های مومیایی شده به‌طور جداگانه داخل میکروویال منتقل شدند تا زمانی‌که افراد کامل زنبور اعم از نر و ماده از مومیایی‌ها خارج شدند. سپس با مشاهده پارازیتوئیدها در زیر استریومیکروسکوپ جنسیت آن‌ها مشخص شد. مدت زمان از تخم‌ریزی زنبور ماده تا تشکیل مومیایی و از زمان تشکیل مومیایی تا زمان ظهور زنبورها ثبت و درصد تولید مومیایی، درصد ظهور افراد کامل، و درصد ماده‌های ظاهر شده (نسبت جنسی) زنبور پارازیتوئید تعیین شد. همچنین، طول عمر افراد کامل نر و ماده به‌دست آمد. آزمایش روی سه ژنوتیپ Okapi، Licord و Hyola 401 انجام شد.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها

جدول ۱. میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) طول دوره نابالغ زنبور *Diaeretiella rapae* پارازیتویید شته مومی کلم *Brevycorine brassicae* روی سه ژنوتیپ کلزا

Table 1. Mean ( $\pm$ SE) development time of *Diaeretiella rapae*, the parasitoid of cabbage aphid, *Brevycorine brassicae* on three canola genotypes

Genotype	Oviposition - mummification	Mummification-emergence		Oviposition- emergence	
		♂	♀	♂	♀
Okapi	3.96 $\pm$ 0.05b	4.01 $\pm$ 0.07b	3.93 $\pm$ 0.07c	7.91 $\pm$ 0.11c	8.02 $\pm$ 0.10b
Licord	4.57 $\pm$ 0.01a	4.52 $\pm$ 0.11a	4.46 $\pm$ 0.09b	8.89 $\pm$ 0.19b	8.96 $\pm$ 0.18a
Hyola401	4.72 $\pm$ 0.04a	4.73 $\pm$ 0.08a	4.80 $\pm$ 0.06a	9.38 $\pm$ 0.09a	9.33 $\pm$ 0.11a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌دار ندارند (آزمون توکی  $P < 0.05$ ).

Means followed by the same letter in the same column are not significantly different (Tukey's test,  $P < 0.05$ ).

پارازیتوییدهای آن‌ها شود (Couty *et al.* 2001). مقایسه درصد مومیایی‌های تولید شده توسط زنبور پارازیتویید *D. rapae* روی سه ژنوتیپ Okapi، Licord و Hyola401 نشان داد که از این لحاظ روی ژنوتیپ‌های مختلف کلزا تفاوت معنی‌دار وجود دارد ( $P < 0.0001$ )، بیشترین درصد مومیایی‌های تولید شده مربوط به ژنوتیپ Okapi و کمترین درصد مومیایی‌های تولید شده روی ژنوتیپ Licord و Hyola401 مشاهده شد. با بررسی نرخ پارازیتیسیم شته مومی کلم توسط این پارازیتویید روی محصولات مختلف متعلق به کلمیان، گزارش شد که بیشترین آن روی کلم و گل کلم و کمترین آن روی تربچه بود (Bayhan *et al.* 2007) که نشان‌دهنده اثر نوع گیاه میزبان بر یکی‌دیگر از پارامترهای زیستی پارازیتویید مذکور در رابطه با میزان عملکرد و کیفیت باروری آن می‌باشد.

در سطح مزرعه نیز به‌طور جداگانه میزان پارازیتیسیم شته مومی کلم توسط زنبور پارازیتویید *D. rapae* روی گیاه کلم (Gabrys *et al.* 1998, Zaki *et al.* 1999) و کلزا (Ray and Sharma 1993, Desneux *et al.* 2006) بررسی شد و شاید یکی از علل تفاوت در نتایج این تحقیقات، نوع گیاه میزبان باشد. در تحقیقی دیگر مشخص شد که زنبور پارازیتویید *Lysiphlebus cardui* (Hymenoptera: Braconidae) (Marshall) درصد بیشتری از شته سیاه باقلا (*Aphis fabae* Hemiptera) و کلم (*Cirsium arvense* Scopoli) را روی گیاه (Asteraceae) پارازیت می‌کند؛ درحالی‌که درصد پارازیتیسیم روی گونه دیگر با نام *C. palustre* Scopoli (Asteraceae) کاهش چشمگیری داشته است (Mackauer *et al.* 1996). در این موارد، به‌نظر می‌رسد

در مقایسه با تحقیق حاضر، هنگامی که شته مومی کلم روی گیاه کلم وحشی (*Brassica oleracea* L. Brassicaceae) پرورش یافت، مدت زمان بیشتری طول کشید تا دوره نابالغ در هر دو جنس نر و ماده زنبور پارازیتویید *D. rapae* داخل شته مذکور سپری شود (Silva *et al.* 2011) و به‌نظر می‌رسد نوع میزبان گیاهی باعث این تفاوت باشد. از آنجا که طول دوره نابالغ نشانه‌ای از کیفیت میزبان است، به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ Okapi باعث افزایش کیفیت شته مومی کلم و در نتیجه کوتاه‌تر شدن دوره نابالغ زنبور پارازیتویید آن، *D. rapae* شده باشد. سطوح بالای مواد غذایی (یا پایین بودن سطح مواد دفاعی) در گیاه میزبان می‌تواند باعث افزایش عملکرد حشرات گیاهخوار و دشمنان طبیعی آن‌ها شود (Kagata and Ohgushi 2006). از آنجا که بیشترین بقا و تعداد نتاج تولید شده به ازای هر ماده در مورد شته مومی کلم *B. brassicae*، روی ژنوتیپ Okapi به‌دست آمد (داده‌های منتشر نشده توسط نگارنده)، نشان‌دهنده حساسیت این ژنوتیپ به شته مومی کلم است و علاوه بر این می‌تواند نشانه کیفیت مطلوب آن از نظر بالا بودن سطح بالای مواد غذایی و پایین بودن متابولیت‌های ثانویه مضر برای هر دو سطح غذایی دوم و سوم یعنی شته و زنبور پارازیتویید *D. rapae* باشد که باید بررسی شود. پژوهشی دیگر نیز تأثیر میزبان گیاهی بر دوره نابالغ زنبور پارازیتویید مذکور را اثبات کرد و به‌این ترتیب کوتاه‌ترین زمان از تخم تا ظهور حشرات کامل پارازیتویید در شرایط آزمایشگاهی به‌ترتیب روی کلزا و طولانی‌ترین زمان روی کلم و گل کلم تعیین شد (Bayhan *et al.* 2007). به‌نظر می‌رسد تولید متابولیت‌های ثانویه در برخی گیاهان می‌تواند باعث بروز تغییرات منفی در رشد و نمو حشرات گیاهخوار و

مومیای‌های تولید شده توسط این پارازیتوئید باشد. از آنجا که پارازیتوئیدها بر خلاف شکارگرها برای تکمیل دوره رشدی خود وابسته به مواد غذایی موجود در میزبان هستند، انتخاب میزبان با کیفیت بالا بسیار با اهمیت است و بنابراین زنبور پارازیتوئید *D. rapae* شته‌های مومی کوچک‌تر را کمتر پارازیت کرده و دوره رشدونمو زنبور در این شته‌ها کندتر سپری شد (Kant et al. 2012). در تحقیق حاضر، ممکن است اندازه شته‌های مومی کلم، رشد یافته روی ژنوتیپ Okapi، بزرگ‌تر از دو ژنوتیپ دیگر شده و این امر باعث افزایش درصد تولید مومیایی و تسریع در دوره رشدونمو نابالغ زنبور شده باشد که البته باید بررسی شود.

تولید و رهاسازی برخی ترکیب‌های فرار خاص توسط گیاه میزبان (حتی ژنوتیپ‌های مختلف) در پاسخ به تغذیه گیاهخوار، علایم قابل اعتمادی برای یافتن میزبان توسط دشمنان طبیعی فراهم می‌آورد (Turlings et al. 1993, De Moraes et al. 1998).

حتی گیاهان ذرت تراریخته، تعداد مومیایی‌های تولید شده توسط زنبور پارازیتوئید *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) روی شته *Rhopalosiphum padi* L. (Hemiptera: Aphididae) در مقایسه با ذرت معمولی کاهش دادند (Górecka et al. 2008). تفاوت این دو لاین ذرت در ترکیب‌های شیمیایی آن‌ها (مقدار لیگنین) است (Saxena and Stotzky 2001) که می‌تواند علت تفاوت در تولید تعداد

جدول ۲. میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) درصد مومیایی‌های تولید شده، افراد کامل و ماده‌های ظاهر شده، طول عمر افراد کامل و کل دوره زندگی زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* بر روی سه ژنوتیپ کلزا

Table 2. Mean ( $\pm$ SE) percent of produced mummies, emerged adults and females, longevity and life span of the parasitoid, *Diaeretiella rapae* on three canola genotypes

Genotype	Produced mummies (%)	Emerged adults (%)	Emerged females (%)	Longevity (day)		Life span (day)	
				♂	♀	♂	♀
Okapi	89.60±6.81a	95.70±2.8a	55.4±2.2a	2.10±0.03a	7.89±0.16a	10.03±0.10b	15.88±0.19a
Licord	66.20±5.21b	96.10±1.2ab	56.6±1.9a	2.14±0.08a	7.51±0.18a	10.82±0.29a	16.45±0.35a
Hyola401	59.10±3.64b	90.60±1.9b	58.43±2.40a	1.75±0.04b	7.43±0.12a	11.01±0.20a	16.62±0.19a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌دار ندارند (آزمون توکی  $P < 0.05$ ).

Means followed by the same letter in the same column are not significantly different (Tukey's test,  $P < 0.05$ ).

اثرات مختلف گیاهان کلیمیان روی شایستگی (fitness) پارازیتوئید ممکن است به ترکیب‌های گلوکوزینولات تولید شده توسط آن‌ها مربوط باشد؛ به طوری که توسط گیاهخوار تجزیه و به عنوان ترکیب دفاعی در مقابل پارازیتوئید استفاده می‌شود (Rask et al. 2000, Halkier and Gershenson 2006).

رشدونمو و ترجیح دو پارازیتوئید داخلی، *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) و *Cotesia glomerata* L. (Hymenoptera: Braconidae) روی جمعیت‌های مختلف وحشی خردل سیاه *Brassica nigra* L. (Brassicaceae) و خردل قهوه‌ای *B. juncea* بررسی شد و محققان دریافتند که میزان گلوکوزینولات و مواد فرار موجود در شاخ و برگ آن‌ها با هم متفاوت است (Gols et al. 2009). چهار جمعیت خردل سیاه بر طول دوره رشدونمو و توده بدن پارازیتوئیدها اثر داشتند؛

وجود ترکیب‌های شیمیایی از دسته فورانوکومارین (Furanocoumarin) در سه گونه از گیاهان خانواده چتریان (Apiaceae) به طور غیرمستقیم روی شایستگی زنبور پارازیتوئید *Copidosoma sosares* (Walker) (Hymenoptera: Encyrtidae) اثر منفی داشت و میزان پارازیتیسیم لارو *Depressaria pastinacella* (Duponchel) (Lepidoptera: Elachistidae)، اندازه دسته تخم (Clutch size) و بقای زنبور پارازیتوئید را کاهش داد؛ ولی اثری روی نسبت جنسی پارازیتوئید نداشت (Ode et al. 2004) که نتایج مشابهی نیز در تحقیق حاضر در مورد درصد میایی‌های تولید شده، درصد خروج افراد ماده (نسبت جنسی) و به طور کل عملکرد زنبور پارازیتوئید *D. rapae* تحت تأثیر نوع ژنوتیپ گیاه کلزا به دست آمد که نشان‌دهنده وجود اثرات غیر مستقیم گیاهان میزبان روی سطح سوم غذایی (پارازیتوئیدها) می‌باشد.

زنبورهای پارازیتوئید ماده اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲). طول عمر افراد کامل نر و ماده زنبور *D. rapae* در تحقیق حاضر به ترتیب کمتر و مشابه تحقیق سیلوا و همکاران می‌باشد (Silva et al. 2011). در کل، طول دوره زندگی نتاج نر زنبور پارازیتوئید روی ژنوتیپ‌های Okapi، Licord و Hyola 401 به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر نوع میزبان قرار گرفت (جدول ۲). به‌طوری‌که، طول دوره زندگی افراد نر روی ژنوتیپ Okapi کاهش یافت ( $F=5/74$ ,  $df=2$  و  $42$ ,  $P<0/05$ ) (جدول ۲) و بین دو ژنوتیپ دیگر تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. طول دوره زندگی نتاج ماده زنبور، بر خلاف افراد نر، روی ژنوتیپ‌های Okapi با Licord و Hyola 401 تفاوت معنی‌دار نداشت.

نتایج محققان دیگر نشان داد که رشدونمو و مرگومیر پارازیتوئیدهای *Diadegma fenestrata* و *D. semiclausum* تحت تاثیر کلم *Brassica oleracea* و جمعیت کلم وحشی *Brassica sp.* متفاوت بود (Gol et al. 2008). به‌طوری‌که، کوتاه‌ترین طول دوره رشدی پارازیتوئید *D. semiclausum* روی جمعیت فرال (feral) و طولانی‌ترین آن روی کلم زراعی و سایر جمعیت‌های وحشی اتفاق افتاد.

گزارشی دیگر در خصوص اثر وارپته‌های مختلف گیاهی روی سطح سوم غذایی، حاکی از عدم تاثیر دو وارپته مختلف گوجه‌فرنگی روی شایستگی دو گونه زنبور پارازیتوئید سفیدبالک‌ها شامل *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich (Hymenoptera: Aphelinidae) و *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) می‌باشد (Greenberg et al. 2002). درحالی‌که، طول عمر افراد کامل زنبور پارازیتوئید *E. mundus* ظاهرشده روی گوجه‌فرنگی کوتاه‌تر و باروری آن کم‌تر از فلفل دلمه‌ای به‌دست آمد (Urbaneja et al. 2007). پژوهش حاضر نیز نشان داد که طول عمر افراد نر روی ژنوتیپ Hyola401 کوتاه‌تر از دو ژنوتیپ دیگر مورد آزمایش بوده ولی بر طول عمر زنبورهای پارازیتوئید ماده اثر نداشته است.

همچنین، نوع گیاه میزبان (گونه‌های مختلف از خانواده کلمیان) روی فراوانی زنبور پارازیتوئید *Cotesia vestalis* (Haliday) (Hymenoptera, Braconidae)

به‌طوری‌که، افراد ماده *C. glomerata* جمعیت‌های ایتالیایی خردل سیاه را کمتر ترجیح داد و درکل نیز بین دو گونه خردل فوق از این نظر اختلاف معنی‌دار وجود داشت. (Gols et al. 2009). این یافته‌ها، مشابه نتایج حاضر، نشان می‌دهد که پارازیتوئیدها قادر به تشخیص تفاوت‌های کوچک در کیفیت گیاهان خانواده کلمیان هستند.

درصد زنبورهای ظاهر شده از شته‌های مومیایی روی ژنوتیپ Okapi به‌طور معنی‌دار بیشتر از Hyola401 بود ( $F=4/10$ ,  $df=2$  و  $42$ ,  $P<0/0001$ ) (جدول ۲)؛ با این وجود ژنوتیپ Licord با دو ژنوتیپ دیگر در این مورد اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۲). اما درکل، درصد زنبورهای ظاهر شده از شته‌های مومیایی در این تحقیق بسیار بیشتر از تحقیق سیلوا و همکاران بود (Silva et al. 2011) که ممکن است تغییرات ژنتیکی در جمعیت‌های زنبور پارازیتوئید *D. rapae* و میزبان‌های آن در مناطق مختلف جغرافیایی این تفاوت‌ها را ایجاد کرده باشد (Baer et al. 2004, Antolin et al. 2006). درصد زنبورهای *D. rapae* خارج شده از شته‌های پارازیته شده در شرایط محیطی بیش از ۹۰ درصد گزارش شد و همچنین درصد نتاج ماده به‌دست آمده بیشتر از نتاج نر بود (Kant et al. 2010) که مشابه نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

در میانگین زنبورهای ماده ظاهر شده روی ژنوتیپ‌های Okapi، Licord و Hyola401 تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ( $P>0/05$ ) (جدول ۲) و نشان داد ژنوتیپ گیاه میزبان تاثیری بر درصد خروج افراد ماده (نسبت جنسی) زنبور نداشت است. گرایش نسبت جنسی نیز به سمت تولید افراد ماده به‌دست آمد که مشابه یافته‌های سایر محققین بود (Silva et al. 2011, Kant et al. 2012).

بررسی طول عمر افراد کامل نر زنبور *D. rapae* روی ارقام Okapi، Licord و Hyola401 نشان داد که ژنوتیپ Hyola401 باعث کاهش معنی‌دار عمر افراد نر شده است ( $F=13/62$ ,  $df=2$  و  $42$ ,  $P<0/0001$ ) (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول عمر افراد نر روی دو ژنوتیپ Okapi و Licord تفاوت معنی‌دار ندارند. نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های مختلف بر طول عمر

افزایش دهد، کاربرد روش کنترل بیولوژیک ازدیادی با استفاده از زنبور پارازیتوید *D. rapae* در مزارع زیر کشت ژنوتیپ Okapi و همچنین تولید انبوه زنبور پارازیتوید مذکور با استفاده از این ژنوتیپ در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات پیشنهاد می‌شود.

### سپاسگزاری

از موسسه اصلاح نهال و بذر کرج به‌خاطر در اختیار گذاشتن ژنوتیپ‌های مختلف کلزا، تشکر و قدردانی می‌گردد. این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته و به شماره طرح ۷/۲۸۵۸ انجام شد.

رفتار جستجوگری و درصد پارازیتیسم *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) توسط آن اثر داشته است و نتایج آن نشان داد که مواد فرآر گیاهی نقش مهمی در موفقیت جستجوگری و غذاکاوای زنبور روی گونه‌های مختلف گیاهی از خانواده کلمیان بازی می‌کند (Heidary and Karimzadeh 2014).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بیشترین میزان تولید مومیایی و کمترین طول دوره نابالغ زنبور پارازیتوید *D. rapae* در بین سه ژنوتیپ Okapi، Licord و Hyola401 روی ژنوتیپ Okapi اتفاق افتاد. از آنجا که ژنوتیپ Okapi می‌تواند کارایی زنبور *D. rapae* را در کنترل شته مومی کلم نسبت به دو ژنوتیپ دیگر

### REFERENCES

- Antolin MF, Bjorksten TA, Vaughn TT** (2006) Host-related fitness trade-offs in a presumed generalist parasitoid, *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Ecological Entomology* 31: 242-254.
- Baer CF, Tripp DW, Bjorksten TA, Antolin MF** (2004) Phylogeography of a parasitoid wasp (*Diaeretiella rapae*): no evidence of host-associated lineages. *Molecular Ecology* 13: 1859-1869.
- Bayhan SO, Ulusoy MR, Bayhan E** (2007) Is the parasitization rate of *Diaeretiella rapae* influenced when *Brevicoryne brassicae* feeds on brassica plants? *Phytoparasitica* 35(2): 146-149.
- Blackman RL, Eastop VF** (2000) Aphids on the World's Crops. 2<sup>nd</sup> Edition. Wiley, Chichester, UK.
- Bonnemaison L** (1965) Insect pests of crucifers and their control. *Annual Review of Entomology* 10(1): 233-256.
- Chesnais Q, Couty A, Catterou M, Ameline A** (2016) Cascading effects of N input on tritrophic (plant-aphid-parasitoid) interactions. *Ecology and Evolution* 6: 7882-7891.
- Chivasa S, Ekpo E, Hicks R** (2002) New hosts of turnip mosaic virus in Zimbabwe. *Plant pathology* 51(3): 386.
- Costello MJ, Altieri MA** (1995) Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on broccoli grown in living mulches. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 52(2): 187-196.
- Couty A, De La Vina G, Clark SJ, Kaiser L, Pham-Delegue MH, Poppy GM** (2001) Direct and indirect sublethal effects of *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA) on the development of a potato-aphid parasitoid *Aphelinus abdominalis*. *Journal of Insect Physiology* 47: 553-561.
- De Moraes CM, Lewis WJ, Paré PW, Alborn HT, Tumlinson JH** (1998) Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature* 393: 570-573.
- Desneux N, Rabasse JM, Ballanger Y, Kaiser L** (2006) Parasitism of canola aphids in France in autumn. *Journal of Pest Science* 79(2): 95-102.
- Dhiman SC** (2007) Population dynamics of *Diaeretiella rapae* (McIntosh): a parasitoid of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt). *Journal of Aphidology* 15: 181-183.
- Ellis PR, Kift NB, Pink DAC, Jukes PL, Lynn J, Tatchell GM** (2000) Variation in resistance to the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) between and within wild and cultivated brassica species. *Genetic Resources and Crop Evaluation* 47: 395-401.
- Fathipour Y, Hosseini A, Talebi AA, Moharramipour S** (2006) Functional response and mutual interference of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) on *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). *Entomologica Fennica* 17: 90-97.
- Francis F, Haubruge E, Hastir P, Gaspar C** (2001a) Effect of aphid host plant on development and reproduction of the third trophic level, the predator *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology* 30(5): 947-952.
- Francis F, Lognay G, Wathelet, J P, Haubruge E** (2001b) Effects of allelochemicals from first (Brassicaceae) and second (*Myzus persicae* and *Brevicoryne brassicae*) trophic levels on *Adalia bipunctata*. *Journal of Chemical Ecology* 27(2): 243-256.
- Gabrys B, Hofsvang H, Sobota G, Halarewicz-Pacan A** (1998) Reduction of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.), population by *Diaeretiella rapae* (McIntosh) on oilseed rape, white mustard, and Brassica vegetables. *IOBC/WPRS Bulletin* 21: 197-203.



- Gafar MS, Eslam MH** (2007) The effect of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus*). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Society 2(4): 417-422.
- Gols R, Bukovinsky T, van Dam NM** (2008) Performance of generalist and specialist herbivores and their endoparasitoids differs on cultivated and wild *Brassica* populations. Journal of Chemical Ecology 34: 132-143.
- Gols R, Harvey JA** (2009) Plant-mediated effects in the Brassicaceae on the performance and behaviour of parasitoids. Phytochemistry Reviews 8: 187-206.
- Górecka J, Godzina M, Dąbrowski ZT** (2008) Effect of *Bt* maize Mon 810 expressing Cry 1 Ab toxin on *Aphidius colemani* in tritrophic plant – herbivore – parasitoid system. Journal of Plant Protection Research 48: 130-136.
- Gorur G** (2006) Developmental instability in cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) populations exposed to heavy metal accumulated host plants. Ecological Indicators 6(4): 743-748.
- Greenberg SM, Jones WA, Liu TX** (2002) Interactions among two species of Eretmocerus (Hymenoptera: Aphelinidae), two species of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), and tomato. Environmental Entomology 31(2): 397-402.
- Halkier B, Gershenzon J** (2006) Biology and biochemistry of glucosinolates. Annual Review of Plant Biology 57: 303-333.
- Heidary M, Karimzadeh J** (2014) Relative influences of plant type and parasitoid initial density on host-parasitoid relationships in a tritrophic system. Archives of Phytopathology and Plant Protection 47: 2392-2399.
- Kagata H, Nakamura M, Ohgushi T** (2005) Bottom-up cascade in a tritrophic system: different impacts of host-plant regeneration on performance of a willow leaf beetle and its natural enemy. Ecological Entomology 30: 58-62.
- Kagata H, Ohgushi T** (2006) Bottom-up trophic cascades and material transfer in terrestrial food webs. Ecological Research 21: 26-34.
- Kant R, Minor MA, Trewick SA, Sandanayaka WRM** (2010) Parasitism and mating of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) in an uncontrolled environment. New Zealand Plant Protection 63: 283-293.
- Kant R, Minor MA, Trewick SA** (2012) Fitness gain in a koinobiont parasitoid *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) by parasitising hosts of different ages. Journal of Asia-Pacific Entomology 15: 83-87.
- Leal WS, Higushi H, Mizutani N, Nakamori H, Kadosawa T, Ono M** (1995) Multifunctional communication in *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae): conspecific nymphs and egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* use the same adult attractant pheromone as chemical cue. Journal of Chemical Ecology 21: 973-985.
- Mackauer M, Chow FJ** (1986) Parasites and parasite impact on aphid populations, *In*: McLean GD, Garret RG, Ruesink WG (eds.), Plant virus epidemics. Monitoring, modelling and predicting outbreaks. Academic Press, Sydney. pp. 95-118.
- Mackauer M, Michaud JP, Völkl W** (1996) Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality and host value. Canadian Entomology 128: 959-980.
- Mooney, KA, Pratt, RT, Singer, MS** (2012). The tritrophic interactions hypothesis: Interactive effects of host plant quality, diet breadth and natural enemies on herbivores. PLoS One 7: e34403.
- Ode PJ, Berenbaum MR, Zangerl A R, Hardy ICW** (2004) Host plant, host plant chemistry and the polyembryonic parasitoid *Copidosoma sosares*: indirect effects in a tritrophic interaction. Oikos 104(2): 388-400.
- Ostfeld RS, Keesing F** (2000) Pulsed resources and community dynamics of consumers in terrestrial ecosystems. Trends in Ecology and Evolution 15: 232-237.
- Price PW, Bouton CE, Gross P, McPherson BA, Thompson JN, Weis AE** (1980) Interactions among three trophic levels: Influence of Plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology and Systematics 11(1): 41-65.
- Rask L, Andreasson E, Ekblom B, Eriksson S, Pontoppidan B, Meijer J** (2000) Myrosinase: gene family evolution and herbivore defense in Brassicaceae. Plant Molecular Biology 42: 93-113.
- Ray D, Sharma, GD** (1993) Prevalence of *Diaeretiella rapae* McIntosh on aphid complex infesting rapeseed. Journal of Insect Science 2(6): 285-286.
- Saxena D, Stotzky G** (2001) *Bt* corn has a higher lignin content than non-*Bt* corn. American Journal of Botany 88: 1704-1706.
- Silva RJ, Cividanes FJ, Pedrosa E C, Sala SRD** (2011) Host Quality of Different Aphid Species for Rearing *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae). Neotropical Entomology 40(4): 477-482.
- Singh R, Singh G** (2015) Systematics, Distribution and host range of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). International Journal of Research Studies in Biosciences 3(1): 1-36.

- Stiling P, Rossi AM** (1997) Experimental manipulations of top-down and bottom-up factors in a tritrophic system. *Ecology* 78: 1602-1606.
- Teder T, Tammaru T** (2002) Cascading effects of variation in plant vigour on the relative performance of insect herbivores and their parasitoids. *Ecological Entomology* 27: 94-104.
- Turlings TCJ, Wackers FI, Vet LEM, Lewis WJ, Tumlinson JH** (1993) Learning of host-finding cues by hymenopterous parasitoids, *In*: Papaj DR, Lewis WJ (eds.), *Insect learning*. Chapman and Hall, New York. pp. 51-78.
- Urbaneja A, Sanchez E, Stansly PA** (2007) Life history of *Eretmocerus mundus*, a parasitoid of *Bemisia tabaci*, on tomato and sweet pepper. *BioControl* 52(1): 25-39.
- Vaughn TT, Antolin MF, Bjostad LB** (1996) Behavioural and physiological responses of *Diaeretiella rapae* to semiochemicals. *Entomologia experimentalis et Applicata* 78:187-196.
- Zaki FN, El-Shaarawy, MF, Farag NA** (1999) Release of two predators and two parasitoids to control aphids and whiteflies. *Journal of Pest Science* 72(1): 19-20.
- Zvereva EL, Rank NE** (2003) Host plant effects on parasitoid attack on the leaf beetle *Chrysomela lapponica*. *Oecologia* 135: 258-267.