



علمی پژوهشی

ترجیح میزبان گیاهی، ترجیح مرحله رشدی میزبان و رفتار سوئیچینگ زنبور *Aphidius platensis* (Hym.: Braconidae) نسبت به شته سبز هلو

فاطمه خاکی^۱، علیرضا نظری^۲، حسین مددی^۳ و زهرا رفیعی کرهرودی^۱

۱- گروه حشره شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران، ۲- گروه کشاورزی پایدار، پژوهشکده امنیت

غذایی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران، ۳- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶)

چکیده

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گیاه میزبان به عنوان نخستین سطح غذایی دارای اثرات مشخصی روی موجودات واقع در سطوح بالاتر است. پژوهش حاضر با هدف بررسی ترجیح میزبان گیاهی، ترجیح مرحله رشدی میزبان و رفتار سوئیچینگ زنبور *Aphidius platensis* Brethes, 1913 (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) به عنوان عامل کنترل بیولوژیک شته سبز هلو (*Myzus persicae* (Sulzer) (Hem.: Aphididae)) انجام شد. در آزمایش ترجیح مرحله میزبانی از پوره‌های سنین مختلف شته سبز هلو به عنوان میزبان زنبور پارازیتوئید *A. platensis* استفاده شد. برای تشخیص ترجیح گیاه میزبان شته سبز هلو توسط زنبور پارازیتوئید از شاخص بتای منلی استفاده شد. رفتار سوئیچینگ با استفاده از مدل مورداک، در نسبت‌های مختلف پوره‌های سنین سوم و چهارم شته سبز هلو بررسی شد. تمام آزمایش‌ها در شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی: تاریکی) انجام شد. نتایج نشان داد زنبور *A. platensis* پوره‌های سنین سوم و چهارم شته *M. persicae* را برای پارازیته کردن ترجیح می‌دهد. ترجیح میزبانی زنبور *A. platensis* بین دو گیاه فلفل و بادنجان نشان داد که زنبور *A. platensis* شته‌های پرورش یافته روی گیاه فلفل (۸۵/۵ درصد) را بیشتر از گیاه بادنجان (۲۸/۵ درصد) برای پارازیته کردن ترجیح می‌دهد. ترجیح پارازیتوئید در نسبت‌های مختلف از مراحل مختلف میزبان متغیر بوده و تعداد میزبان‌های پارازیت شده با افزایش نسبت تراکم میزبان افزایش یافت (به عنوان مثال در تراکم نسبی ۴۰:۱۰ (پوره سن چهارم: پوره سن سوم) از شته *M. persicae* پوره‌های سن چهارم با میانگین ۱۶/۵ به طور قابل توجهی در مقایسه با پوره‌های سن سوم با میانگین ۲/۸ ترجیح داده شدند). این مطالعه نشان داد که *A. platensis* می‌تواند به عنوان یک عامل موثر در مدیریت کنترل شته سبز هلو مورد توجه قرار گیرد. نتایج این تحقیق دانش ما را در مورد این زنبور پارازیتوئید شته‌ها گسترش می‌دهد و درک بهتری از فعل و انفعالات میزبان-پارازیتوئید نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: برهمکنش میزبان-پارازیتوئید، ترجیح میزبانی، شاخص منلی، کنترل بیولوژیک

مقدمه

شته‌ها یک گروه مهم اقتصادی از حشرات هستند که متعلق به راسته Heteroptera و از آفات شایع محصولات زراعی، باغی و گلخانه‌ای هستند که خسارت آن‌ها می‌تواند حتی به صورت اقتصادی بروز نماید (van Emden and Harrington, 2007). آن‌ها در سراسر جهان پراکنده هستند و با ایجاد انواع مختلف گال، تغییر شکل برگ، ریزش گل و میوه جوان، شاخه‌های رشد نیافته و کپک دوده به صورت مستقیم به گیاهان آسیب زیادی وارد می‌کنند (Aslan et al., 2004; Kavallieratos et al., 2005). شته سبز هلو، *Myzus persicae* (Sulzer) (Hem.: Aphididae) یک شته چندین‌خوار و همه‌جازی است که به بیش از ۴۰ خانواده از گیاهان مختلف حمله می‌کند (Blackman & Eastop, 2006). این آفت علاوه بر ایجاد آسیب مستقیم با انتقال ویروس‌های مهم گیاهی (مانند ویروس برگ قاشقی سیب زمینی) باعث آسیب‌های غیر مستقیم به گیاهان نیز می‌شود (Blackman & Eastop, 2006). برای کنترل *M. persicae* از حشره کش‌های شیمیایی مختلفی استفاده می‌شود که منجر به ایجاد مقاومت این شته در برابر بسیاری از حشره کش‌های شیمیایی رایج شده است (Field et al., 1994). در غیاب حشره کش‌های مؤثر و با توجه به تأثیر منفی کاربرد مکرر حشره کش‌ها بر موجودات غیر هدف و محیط زیست، حفظ کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی با استفاده از روش‌های جایگزین و یکپارچه به منظور تولید پایدار برای تولیدکنندگان محصولات کشاورزی بسیار مهم است. بدین منظور، کنترل بیولوژیک می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین مؤثر و فاقد اثرات سوء بر موجودات غیرهدف و محیط زیست به‌ویژه در میان تولیدکنندگان محصولات ارگانیک و دوست‌داران محیط زیست مورد توجه قرار گیرد (Fathipour and Maleknia, 2016). زنبورهای پارازیتوئید جنس *Aphidius* بیش از ۳۰ سال است که انبوه‌سازی شده‌اند و در گلخانه‌ها به طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Polgar, 1972). چندین سال است که پرورش انبوه گونه‌های مختلف این جنس به‌عنوان دشمنان طبیعی تجاری، توسط شرکت‌های مختلف در

اروپا و آمریکای شمالی انجام می‌شود (Neuenschwander et al., 1989). زنبور *Aphidius platensis* Brethes, 1913 (Hym.: Braconidae) پارازیتوئید داخلی، انفرادی و با دامنه میزبانی وسیع روی شته‌ها می‌باشد (McClure and Frank, 2015). گونه *Aphidius collemanni* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) که در حال حاضر توسط شرکت‌های تجاری زیادی تولید و در سراسر جهان برای استفاده در برنامه‌های کنترل زیستی شته‌ها استفاده می‌شود، یک گونه نزدیک به *A. platensis* می‌باشد (Rakhshani et al., 2004).

در سامانه‌های پارازیتوئید-میزبان، رفتار سوئیچینگ نقش مهمی در افزایش پایداری سامانه در بلند مدت دارد. رفتار سوئیچینگ را می‌توان با ارائه تراکم‌های مختلفی از پارازیتوئید به همراه گونه‌های مختلف میزبان‌شان، مراحل مختلف رشدی میزبان با تراکم ثابت مراحل رشدی و فراوانی‌های نسبی مختلف بررسی کرد. علاوه بر این، مطالعه رفتار سوئیچینگ برای طراحی راهبردهای مؤثر در برنامه‌های کنترل بیولوژیک، ضروری است. برای دستیابی موفق به برنامه‌های پرورش انبوه و کنترل آفات، درک دقیق ویژگی‌های رفتار تغذیه‌ای برای یک پارازیتوئید مورد نیاز است (Hart et al., 1978; Zamani et al., 2006; Tahriri et al., 2016; Tazerouni et al., 2007). رفتار سوئیچینگ می‌تواند در مدل یک پارازیتوئید-دو میزبان رخ دهد که در آن تراکم میزبان (یا مرحله) مورد علاقه پارازیتوئید شروع به کاهش می‌کند و منجر به تغییر رویکرد پارازیتوئید به صورت پارازیت‌نمودن میزبان با کیفیت پایین‌تر یا منبع غذایی جایگزین می‌شود. هنگامی که تراکم مرحله مرجح پارازیتوئید کم است، چنین رفتاری می‌تواند باعث زنده ماندن پارازیتوئید در شرایط خاص شود (Van Baalen et al., 2001). این پدیده اغلب تحت تأثیر عوامل متعددی مانند گونه‌های میزبان، گیاهان میزبان آفت هدف، مرحله زندگی میزبان، دما و تجربه پارازیتیسیم قرار می‌گیرد (Jervis and

منتقل شدند. هر دو روز یکبار در تابستان و هفته‌ای یک بار در زمستان تمام گلدان‌ها آبیاری شدند، قارچ‌کش مانکوزب با نسبت ۲ در هزار و کود (20-20-20) NPK با نسبت ۲ در هزار هر پانزده روز یک بار به گلدان‌ها اضافه می‌شد. همه سینی‌های نشاء و گیاهان گلدانی در شرایط گلخانه‌ای با دمای 25 ± 5 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی) نگهداری شدند.

آزمون ترجیح میزبانی زنبور *A. platensis* بین دو گیاه فلفل و بادنجان

داخل قفسه‌های طلقی به ابعاد (طول × عرض × ارتفاع) $80 \times 50 \times 50$ سانتی‌متر یک گلدان بادنجان و یک گلدان فلفل قرار داده شد. روی هر یک از گیاهان مذکور، ۵۰ عدد پوره سن سوم و چهارم شته سبز هلو که دست کم به مدت سه نسل روی بادنجان و فلفل پرورش داده شده بود و ۲۰ عدد زنبور ماده تازه تفریخ‌شده که ۲۴ ساعت همراه با زنبورهای نر (برای اطمینان از جفتگیری) نگهداری شده بودند، رهاسازی شد و بعد از گذشت یک روز از رهاسازی، گلدان‌ها از دسترس زنبورها خارج شد. سپس، بعد از گذشت هفت روز تعداد شته‌های مومیایی‌شده روی هر کدام از گلدان‌ها شمارش و ثبت شدند. این آزمایش در چهار تکرار انجام گرفت و در هر تکرار موقعیت گلدان‌های فلفل و بادنجان عوض شد تا اثرات عوامل مکانی و فیزیکی خنثی شود. این آزمایش نیز داخل اتاق رشد در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. برای تغذیه زنبورها از نوارهای آغشته به آب و عسل ۳۰ درصد استفاده شد.

ترجیح مراحل مختلف پورگی شته سبز هلو توسط

زنبور پارازیتوئید *A. platensis*

آزمون ترجیح مرحله میزبانی زنبور پارازیتوئید *A. platensis* به دو شکل انتخابی^۲ و غیر انتخابی^۳ در شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰٪ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در اتاق رشد و با چهار تکرار انجام شد. در آزمون غیرانتخابی ترجیح میزبانی،

(Kidd, 1996). ترجیح مرحله میزبان می‌تواند بر پویایی جمعیت میزبان- پارازیتوئید تأثیرگذار باشد. از آنجا که پارازیتوئیدها اغلب در طبیعت با مراحل مختلف رشدی میزبان مواجه می‌شوند، بنابراین مراحل مختلف رشدی میزبان بر ویژگی‌های زیستی آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Rakhshani *et al.*, 2004; Stacconi *et al.*, 2015). در پارازیتوئیدهای شته یکی از مهم‌ترین عواملی که بر پتانسیل کاهش جمعیت شته تأثیر می‌گذارد، انتخاب سن میزبان توسط پارازیتوئید است؛ زیرا انتخاب سن مناسب میزبان موجب کاهش جمعیت شته و همچنین افزایش جمعیت پارازیتوئید می‌شود (Hågvar and Hofsvang, 1991). به علاوه، از آنجا که شته میزبان تأثیر مهمی بر رفتار تغذیه پارازیتوئید دارد، مطالعه حاضر به منظور بررسی برهم کنش *M. persicae* و زنبور پارازیتوئید آن، *A. platensis* طراحی شده است. هدف از این تحقیق بررسی ترجیح مرحله میزبان، ترجیح میزبانی زنبور و تغییر رفتار *A. platensis* پرورش‌یافته روی شته *M. persicae* و گیاهان میزبان بود.

این مطالعه کمک خواهد نمود تا درک بهتری از ترجیح زنبور پارازیتوئید *A. platensis* در پاسخ به تغییر مرحله زندگی میزبان و گیاه میزبان آفت هدف به دست آید.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاهان و حشرات

گیاهان فلفل (*Capsicum annuum* L.) و بادنجان (*Solanum melongena* c.v. Valentina) به عنوان گیاهان میزبان شته در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک کشت شدند. به منظور تسریع جوانه‌زنی، بذرها ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در یک پارچه مرطوب خیس شده و پس از جوانه‌زنی، بذرها در سینی نشاء حاوی کوکوپیت قالبی از نوع الیاف (محصول شرکت هایپر صنعت فامکو) به عمق حدود یک سانتی‌متر کاشته شدند تا به مرحله چهار تا شش برگی برسند. پس از آن، گیاهچه‌ها به گلدان اصلی حاوی مخلوط خاک، ماسه، پرلیت و کوکوپیت (با نسبت یکسان)

³. Non – choice test

¹. Dynamics

². Choice test

تکرار انجام شد و در هر ظرف برای تغذیه پارازیتوئیدها محلول آب و عسل (۳۵٪) قرار داده شد.

تجزیه آماری

در آزمایش ترجیح گیاه میزبان که تیمارهای آن در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شدند، ابتدا وضعیت نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد و سپس، برای بررسی ترجیح میزبانی روی دو گیاه فلفل و بادنجان از شاخص بتای منلی استفاده شد (Manly, 1974) (معادله ۱):

$$B_i = \frac{\log \frac{e_i}{A_i}}{\sum_{s=1}^k \log \frac{e_s}{A_s}} \quad (1)$$

در این فرمول، B_i ترجیح شکارگر (پارازیتوئید) به طعمه (میزبان) متعلق به دسته i ، e_i تعداد طعمه (میزبان) زنده مانده متعلق به دسته i ، A_i تعداد اولیه طعمه (میزبان) متعلق به دسته i ، e_s ، A_s تعداد کل طعمه (میزبان) زنده مانده متعلق به دسته s ، تعداد کل اولیه طعمه (میزبان) متعلق به دسته s و تعداد دسته‌های متفاوت طعمه (میزبان) است. سپس، میانگین تعداد افراد پارازیته شده توسط آزمون T-test زوجی در سطح اطمینان ۹۵٪ مقایسه شدند (SPSS v. 22). در آزمایش ترجیح مرحله میزبانی انتخابی و غیر انتخابی، ابتدا بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد و سپس، به کمک آزمون Leven، یکنواختی واریانس‌ها کنترل شد. سپس، با استفاده از روش تجزیه واریانس یک طرفه (One-way Anova) تجزیه داده‌ها انجام گرفت. تیمارهای آزمایشگاهی در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شدند. برای تجزیه و تحلیل آزمایش‌های رفتار سوئیچینگ، از مدل صفر یا بدون تغییر به شرح زیر استفاده شد (Murdoch and Marks, 1975):

$$P1 = cF1(1 - F1 + cF1) \quad (2)$$

F1 نسبت پوره‌های سنین حالت اول (پوره‌های سن سوم شته سبز هلو) در ظرف، P1 نسبت پوره‌های سن سوم در بین همه

۵۰ عدد شته از هر یک از مراحل مختلف زندگی (پوره‌های سنین اول، دوم، سوم، چهارم و حشرات کامل تازه ظاهر شده) به طور جداگانه روی برگ‌هایی از گیاه فلفل که دمبرگ آن داخل اسفنج مرطوب قرار داشت و درون ظرف‌های پلاستیکی به ابعاد $17 \times 12 \times 17$ سانتی‌متر (طول \times عرض \times ارتفاع) قرار داده شدند. سپس، یک زنبور ماده *A. platensis* تازه ظاهر شده به مدت ۲۴ ساعت همراه با سه زنبور نر داخل قفس قرار داده شد و پس از اطمینان از جفت‌گیری داخل ظروف مذکور رهاسازی شدند. زنبورهای پارازیتوئید پس از ۲۴ ساعت از واحدهای آزمایشی خارج شدند. سپس، شته‌ها تا زمانی که مومیایی‌ها ظاهر شدند، روی دیسک برگ‌ی پرورش داده شده و هر روز تعداد شته‌های مومیایی شده ثبت شد. پورگی و نیز حشرات کامل تازه ظاهر شده شته سبز هلو (در مجموع، ۵۰ شته) به طور هم‌زمان در معرض یک زنبور ماده *A. platensis* تازه ظاهر شده که به مدت ۲۴ ساعت همراه با سه زنبور نر قرار داده شده بود، قرار گرفتند. پس از گذشت ۲۴ ساعت زنبور پارازیتوئید حذف و تعداد شته‌های مومیایی شده ثبت شد.

آزمون رفتار سوئیچینگ

رفتار سوئیچینگ زنبور پارازیتوئید *A. platensis* بر اساس روش مورداک (Murdoch, 1969) روی تراکم‌های متفاوتی از پوره‌های سنین سوم و چهارم شته *M. persicae* پرورش یافته روی گیاه فلفل در شرایط محیطی ثابت (دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 5 ٪ و دوری نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) مورد بررسی قرار گرفت. نسبت‌های مختلفی از پوره‌های سنین سوم و چهارم شته (۱۰:۱۰ و ۴۰:۱۵، ۳۰:۲۰، ۲۵:۲۵، ۲۰:۳۰، ۱۵:۳۵، ۱۰:۴۰) (پوره سن سوم: پوره سن چهارم) همراه با زنبورهای ماده یک‌روزه جفت‌گیری شده درون ظروف پلاستیکی شفاف ($4 \times 10 \times 11$ سانتی‌متر) قرار داده شدند. پارازیتوئیدها پس از ۱۲ ساعت برداشته شدند و پوره‌های شته سبز هلو تا زمان مومیایی شدن نگاه‌داری و پرورش داده شدند. در نهایت، تعداد شته‌های مومیایی شده ثبت شد. این آزمایش در هشت

هلو توسط زنبور *A. platensis* روی گیاه فلفل (۵/۱۵ ± ۸۵/۵) و بادنجان (۳/۲۵ ± ۲۸/۵) با هم تفاوت معنی داری دارند ($t=13.6, df=7, p < 0.05$). بنابراین، برای ادامه این تحقیق و انجام آزمایش‌های بعدی از گیاه فلفل به عنوان میزبان گیاهی برای پرورش شته سبز هلو استفاده شد.

ترجیح مراحل مختلف میزبانی زنبور پارازیتوئید *A. platensis*

زنبور *A. platensis* مراحل مختلف زندگی شته سبز هلو را پارازیت کرده که میانگین تعداد میزبان‌های پارازیت شده از مراحل مختلف پورگی و شته تازه بالغ شده به وسیله زنبور *A. platensis* در جدول ۱ نشان داده شده است. این زنبور در هر دو آزمون انتخابی و غیرانتخابی ترجیح مرحله میزبانی، سنین سوم و چهارم پورگی را ترجیح داده است (جدول ۱). با توجه به نتیجه به دست آمده از آزمون تجزیه واریانس یک-طرفه، تفاوت معنی داری بین تعداد میزبان‌های پارازیت شده در مراحل مختلف زندگی شته سبز هلو در هر دو آزمون انتخابی ترجیح مرحله میزبانی ($F_{4,33} = 26.68; df = 4.35$) و آزمون غیرانتخابی ترجیح مرحله میزبانی ($p < 0.05$) و آزمون غیرانتخابی ترجیح مرحله میزبانی ($F_{4,33} = 26.68; df = 4.35; p < 0.05$) مشاهده شد. با توجه به میانگین تعداد میزبان‌های پارازیت شده از مراحل مختلف زندگی شته سبز هلو در هر دو آزمون انتخابی و غیرانتخابی ترجیح، میانگین پارازیت‌تیسیم در سنین سوم و چهارم پورگی نسبت به سایر سنین افزایش معنی داری نشان داد و مشخص شد که زنبورهای پارازیتوئید *A. platensis* سنین سوم و چهارم پورگی شته سبز هلو را در مقایسه با سایر سنین بیشتر ترجیح می‌دهند. البته اختلاف مشاهده شده میان درصد پارازیت‌تیسیم پوره‌های سنین سوم و چهارم شته سبز هلو از نظر آماری معنی دار نبود (شکل ۱). بنابراین، پوره‌های سن سوم و سن چهارم شته سبز هلو پرورش یافته روی گیاه فلفل برای آزمایش‌های بعدی انتخاب شدند.

میزبان‌های پارازیت شده و C پراسنجه‌ای است که از معادله ۳ به دست می‌آید.

$$\frac{N1}{N2} = c \left(\frac{E1}{E2} \right) \quad (3)$$

$E1/E2$ نسبت دو سن پورگی شته‌های پارازیت شده- است. $N1/N2$ نسبت کل پوره‌های میزبان موجود در ظرف و C ثابتی است که ترجیح را اندازه گیری می‌کند. در صورتی که $C = 1$ ، هیچ ترجیحی وجود ندارد. $C > 1$ ترجیح میزبان به سمت میزبان نوع اول (در اینجا پوره سن سوم شته سبز هلو) است. در صورتی که $C < 1$ دشمن طبیعی به میزبان نوع دوم (در اینجا پوره سن چهارم شته سبز هلو) ترجیح نشان می‌دهد (Murdoch, 1969).

در نهایت، نسبت مشاهده شده با نسبت مورد انتظار مقایسه می‌شود. در صورت وجود پدیده سوئیچینگ، نسبت مشاهده شده ($E1/E2$) به طور قابل توجهی بالاتر از نسبت قابل پیش-بینی ($N1/N2$) است (Murdoch & Marks, 1975).

نتایج

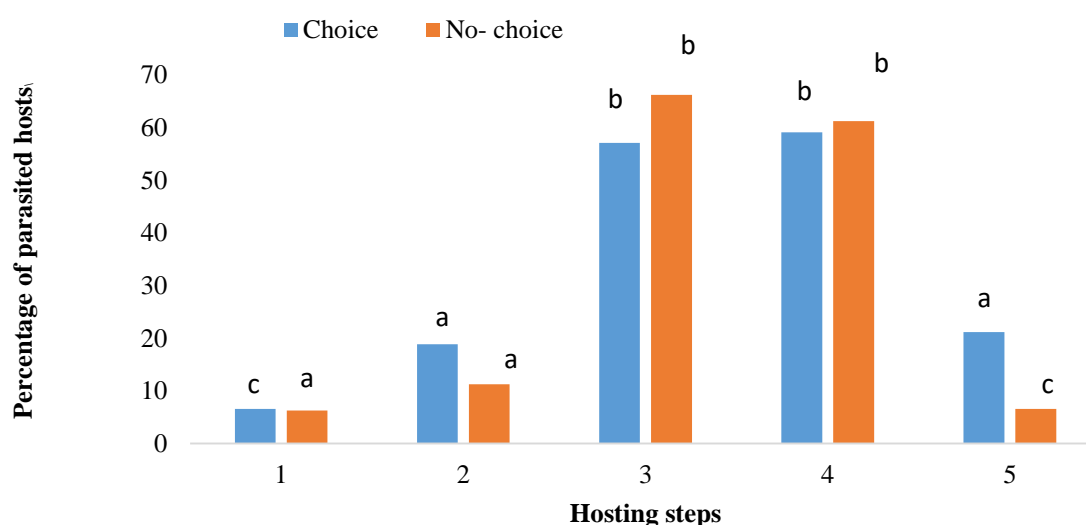
ترجیح میزبانی زنبور *A. platensis* بین دو گیاه فلفل و بادنجان

شاخص β منلی برای ترجیح میزبانی زنبور *A. platensis* نسبت به شته‌هایی که از گیاه فلفل تغذیه نموده بودند، برابر با 0.04 ± 0.86 و برای شته‌های پرورش یافته روی گیاه بادنجان 0.04 ± 0.14 است. با توجه به اینکه این شاخص روی گیاه فلفل بزرگتر از 0.5 بود، پس زنبور مذکور، شته‌های پرورش یافته روی گیاه فلفل را بیشتر از گیاه بادنجان برای فعالیت و پارازیت کردن ترجیح می‌دهد. از لحاظ آماری نیز تفاوت معنی داری بین شاخص بتای منلی به دست آمده وجود داشت ($t=20.87, df=7, p < 0.05$). درصد پارازیت‌تیسیم شته سبز

جدول ۱- میانگین \pm خطای استاندارد میزان پارازیتسم مراحل مختلف رشدی شته سبز هلو پارازیت شده توسط زنبور *Aphidius platensis*

Table 1. Mean \pm SE of the number of parasitism of *Myzus persicae* parasitized by *Aphidius platensis*

Experiment	Different immature stages and adult of <i>M. persicae</i>				
	Nymph 1	Nymph 2	Nymph 3	Nymph 4	Adult
Choice	6.25 \pm 2.63	11.25 \pm 3.50	66.25 \pm 8.44	61.25 \pm 7.18	6.56 \pm 2.96
No- choice	0.58 \pm 6.57	18.86 \pm 2.73	57.14 \pm 4.45	59.14 \pm 2.61	21.14 \pm 2.99



شکل ۱- ترجیح مرحله میزبانی مراحل مختلف زندگی شته سبز هلو توسط زنبور پارازیتوئید *Aphidius platensis* به دو روش انتخابی و غیر انتخابی

Figure 1. Host stage preference of different life stages of *Myzus persicae* parasitized by *Aphidius platensis* in both choice and non-choice experiments. Columns with similar letters are not significantly different from each other

(C) برای پوره‌های سن سوم و چهارم به ترتیب $0.36 \pm 1/27$ و 0.24 ± 0.85 محاسبه شد (شکل ۲). ترجیح ثابت باقی نمی‌ماند و مشخصاً با افزایش تراکم میزبان‌های ارائه شده تغییر می‌کند. به عنوان مثال، در تراکم نسبی ۴۰:۱۰ (پوره سن چهارم: پوره سن سوم) از شته *M. persicae*، پوره‌های سن چهارم به طور قابل توجهی در مقایسه با پوره‌های سن سوم ترجیح داده شدند.

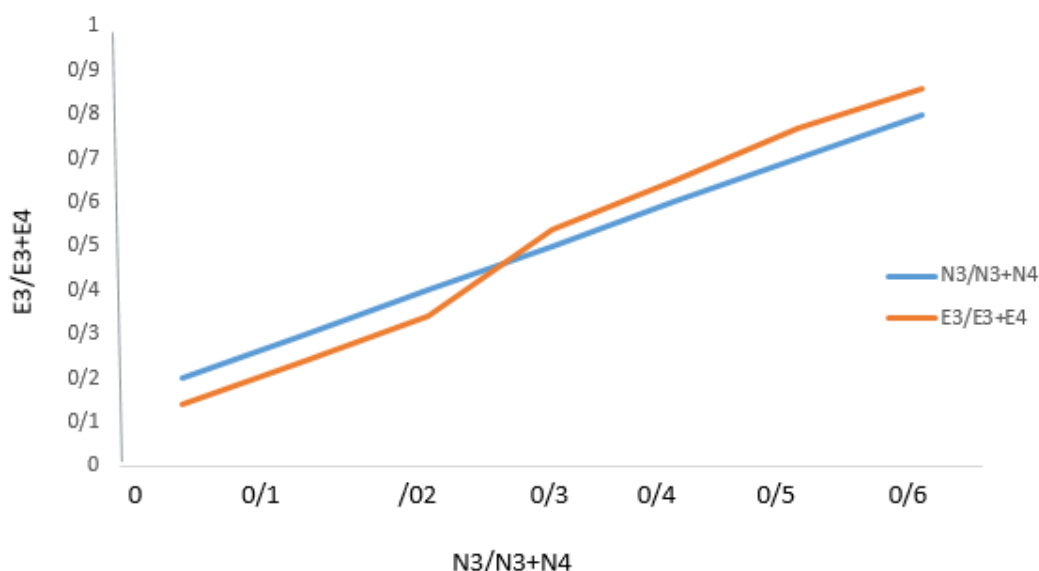
سوئیچینگ زنبور *A. platensis*

در این آزمایش، میانگین تعداد شته *M. persicae* پارازیت شده توسط *A. platensis* در نسبت‌های مختلف پوره‌های سن سوم و چهارم شته پرورش یافته روی گیاه فلفل در جدول ۲ نشان داده شده است. هنگامی که پوره‌های سن سوم و چهارم به تعداد مساوی ارائه شده بودند، میزان پارازیت شدن برای پوره‌های سن سوم بیشتر بود و ضرایب ترجیحی

جدول ۲- میانگین پوره‌های انگلی شده *Myzus persicae* توسط زنبور پارازیتوئید *Aphidius platensis* در نسبت‌های مختلف سن سوم و چهارم

Table 2. The mean of parasitized *Myzus persicae* by *Aphidius platensis* at different ratios of third- and fourth-instar nymphs

Third/ fourth aphid nymph ratios	Number of aphids parasitized	
	Nymph 3	Nymph 4
10:40	4.5 ± 2.66	16.5 ± 2.16
15:35	6.34 ± 3.01	15.5 ± 3.08
20:30	10.5 ± 3.68	15.67 ± 4.27
25:25	13.33 ± 3.44	11 ± 2.82
30:20	15 ± 3.2	7.84 ± 3.55
35:15	16.84 ± 5.57	4.84 ± 2.63
40:10	17.67 ± 4.37	2.83 ± 1.72



شکل ۲- سوئیچینگ زنبور *Aphidius platensis* به نسبت‌های مختلف پوره‌های سن سوم و چهارم شته *Myzus persicae*

Figure 2. Switching of *Aphidius platensis* to different ratios of third- and fourth-instar green peach aphid nymphs

تجربه‌های قبلی (به صورت ذاتی) رخ دهد، اما به نظر می‌رسد که بیشتر آن‌ها در نتیجه تجربه پارازیتوئیدها به دست می‌آیند (Mackauer *et al.*, 1996; Powell *et al.*, 1998;) (Battaglia *et al.*, 2000; Storeck *et al.*, 2000).

تحقیق حاضر در مورد ترجیح میزبانی زنبور *A. platensis* بین دو گیاه فلفل و بادنجان نشان داد که زنبور مذکور، شته‌های پرورش یافته روی گیاه فلفل را بیشتر از گیاه بادنجان برای فعالیت و پارازیته کردن ترجیح می‌دهد و درصد

بحث

در بیست سال گذشته اطلاعات زیادی در مورد اکولوژی شیمیایی پارازیتوئیدها بدست آمده است. برای مثال، وجود منابع شیمیایی می‌تواند رفتار بویایی زنبورهای پارازیتوئید شته‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. برخی از این پاسخ‌های مثبت، به ترکیباتی مانند مواد فرار سطح سبز گیاه و یا ترکیباتی که خاص گونه‌های گیاهی است، رخ می‌دهد. این رفتار بویایی در زنبورهای پارازیتوئید شته‌ها ممکن است بدون توجه به

در انتخاب گیاه توسط زنبورهای پارازیتوئید نقش داشته باشند (Powell and Wright, 1992).

ترجیح مرحله رشدی میزبان نقش مهمی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک ایفا می‌کند. همچنین، در پرورش انبوه پارازیتوئیدها، اطلاع از مرحله زندگی که بیشتر از همه مورد ترجیح پارازیتوئید است، برای دستیابی به تولید بهینه عوامل کنترل بیولوژیک مهم است (Jervis and Kidd, 1996). در این آزمایش، زنبور *A. platensis* تمام مراحل زندگی شته *M. persicae* را پارازیته کرد، اما پوره‌های سنین سوم و چهارم را برای پارازیته کردن بیش از سایر مراحل رشدی ترجیح می‌داد. بررسی‌های زیادی در مورد ترجیح مرحله زندگی میزبان‌های مختلف برای گونه‌های متفاوت پارازیتوئیدهای شته‌ها انجام شده است. یافته‌های به دست آمده در این پژوهش با نتایج رخشانی و همکاران (Rakhshani et al., 2004)، طالبی و همکاران (Talebi et al., 2006) و تازرونی و همکاران (Tazerouni et al., 2011) که گزارش داده‌اند مراحل میزبان ترجیحی برای زنبور پارازیتوئید *A. matricariae*، پوره‌های سنین سوم و چهارم شته *M. persicae* می‌باشند، همخوانی دارد. در مقابل، گزارش شده است که زنبورهای پارازیتوئید *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae) پوره‌های سن دوم شته *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hymenoptera: Braconidae)، پارازیتوئید *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) پوره‌های سن اول شته سبز هلو و پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae) پوره‌های سن دوم شته *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae) را ترجیح می‌دهند (Perdikis et al., 2004; Farhad et al., 2011; Joukar et al., 2012). یک دلیل برای توجیه این تفاوت در یافته‌ها می‌تواند این باشد که گونه‌های مختلف شته‌ها دارای ساز و کارهای مختلف فیزیولوژیکی در پاسخ به پارازیتوئیدها هستند (Field et al., 1994). بررسی‌ها نشان داده‌اند که مرگ و میر سن اول پورگی شته سبز هلو بالا است. در نتیجه، با توجه به جثه کوچک و عدم وجود غذای کافی برای رشد

شته‌های پارازیت شده توسط این زنبور، روی گیاه فلفل به صورت معنی داری بیشتر از گیاه بادنجان است. بنابراین، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تخصص میزبان در *A. platensis* در عملکرد و کیفیت گیاه میزبان نهفته است. تفاوت در پیچیدگی ساختاری گیاهان (برای مثال، برگ‌های کرک‌دار) ممکن است باعث اختلال در جستجوی پارازیتوئید برای شته‌ها شود و این موضوع می‌تواند بر درصد پارازیتسم تأثیر بگذارد (Mackauer et al., 1990; Steinberg et al., 1993; van Emden et al., 1996). نشانه‌هایی از مواد شیمیایی موجود در گیاه، که زنبورهای پارازیتوئید ماده تجربه کرده‌اند، در زمان تخم‌گذاری به فرزندان منتقل می‌شود (Storevk, 2003). مشخص شده است که لارو پارازیتوئید نیز می‌تواند نشانه‌ها را از مواد شیمیایی سطح برگ، در مرحله قبل از خروج حشره کامل از مرحله شفیرگی (در حالی که شته مومیایی شده از طریق وجود شکافی در سطح شکمی و به وسیله یک رشته ابریشمی به سطح گیاه متصل است) و ظاهر شدن مرحله بالغ دریافت کند (Gutiérrez-Ibáñez et al., 2007). این روند انتقال رفتارهای بویایی از طریق تماس با مواد شیمیایی گیاهان در زمان ظهور حشرات کامل پارازیتوئید با توجه به فرضیه میراث شیمیایی توسط کوربت (Corbet, 1985) پیشنهاد شده است. مواد شیمیایی گیاه میزبان که طی مراحل تغذیه لاروها به دست آمده‌اند، در کوتیکول شته میزبان مومیایی شده باقی مانده و سپس، به پارازیتوئیدهای بالغ انتقال داده می‌شوند (Storeck et al., 2000). به نظر می‌رسد که حس بویایی در زمان خروج زنبورهای بالغ پارازیتوئیدها شکل می‌گیرد و هیچ مدرکی مبنی بر شکل گرفتن حس بویایی در مرحله رشد و قبل از بلوغ وجود ندارد (Hérard et al., 1988; Turlings et al., 1993). نشان داده شده است که زنبورهای *Aphidius* شته سبز هلو پرورش یافته روی فلفل را بیشتر از شته‌های پرورش یافته روی خیار ترجیح می‌دهند (van Lenteren and Woets, 1988). بنابراین، به نظر می‌رسد انتخاب زنبور پارازیتوئید به ترکیبات شیمیایی گیاهان میزبان شته وابسته باشد. عوامل دیگری مانند نشانه‌های بصری نیز ممکن است

هنگامی که سوئیچینگ رخ دهد، رابطه بین تعداد طعمه خورده شده در مقابل اعداد داده شده، سیگموئید خواهد بود که شبیه یک پاسخ عملکردی نوع سوم است (Murdoch, 1969). در تحقیق حاضر، ترجیح پارازیتوئید در نسبت‌های مختلف مراحل میزبان مورد نظر متغیر بود و تعداد میزبان‌های پارازیت شده با افزایش نسبت تراکم مرحله میزبان افزایش یافت. به عبارت دیگر، ترجیح زنبور *A. platensis* برای پارازیتسیم به سمت میزبان با فراوانی بیشتر تغییر کرد (شکل ۲). این رفتار در سایر دشمنان طبیعی از جمله *Nasonia vitripennis* (Walker) (Hym.: Pteromalidae) *Scolothrips* (Cornell & Pimentel, 1978) *longicornis* Priesner (Thys.: Thripidae) *Phytoseius plumifer* و (Heidarian et al., 2012) (Canestrini & Fanzago) (Acari: Phytoseiidae) نیز مشاهده شد (Khodayary et al., 2016). در مقابل، تکلوزاده و همکاران (Takalozadeh et al., 2005) پدیده سوئیچینگ را در زنبورهای *Lysiphlebus fabarum* (Hym.: Aphidiidae) (Marshall) در همه نسبت‌های مختلف پوره‌های سن سوم و چهارم شته *Aphis craccivora* Koch (Hem.: Aphididae) مشاهده نکردند. وقتی شکارگر یا پارازیتوئید ترجیح کمتری نسبت به یکی از دو نوع طعمه دارد این شانس پیش می‌آید که به هر طعمه‌ای که تراکمش بیشتر باشد، تمایلش تغییر کند و همچنین، هنگامی که تراکم کل طعمه ثابت است و میزان مرگ و میر در هر طعمه وابسته به تراکم است سوئیچینگ روی می‌دهد (Murdoch, 1969).

نتیجه‌گیری

در مجموع به نظر می‌رسد شته *M. persicae* یک میزبان مناسب برای زنبور پارازیتوئید *A. platensis* است. نتایج این تحقیق دانش ما را در مورد این زنبور پارازیتوئید شته‌ها گسترش می‌دهد و درک بهتری از فعل و انفعالات میزبان-پارازیتوئید را نشان می‌دهد. پارازیتوئید مذکور پتانسیل بالایی برای کنترل جمعیت شته سبز هلو نشان داد؛ بنابراین، می‌توان از این پارازیتوئید در برنامه مدیریت تلفیقی برای مبارزه با شته سبز هلو استفاده کرد.

موفقیت آمیز لاروهای پارازیتوئیدها، پوره سن اول شته سبز هلو مرحله مناسبی برای پارازیتسیم نیست. از طرف دیگر، خطر بالای مرگ و میر برای پارازیتوئیدها در تخمگذاری درون پوره‌های مسن شته سبز هلو به دلیل خطر کپسوله کردن تخم یا لاروهای جوان پارازیتوئیدها وجود دارد (Jervis and Kidd, 1996). علاوه بر این، ترجیح زنبورهای زیر خانواده Aphidiinae برای پارازیته کردن میزبان‌های جوان-تر با واکنش‌های دفاعی شته میزبان در ارتباط است، زیرا شته‌های مسن‌تر از نظر جثه درشت‌تر و قوی‌تر هستند و به نحو مؤثرتری قادر به دفاع از خود در برابر عمل پارازیتسیم هستند. نتایج این بررسی‌های بیان شده را می‌توان در پژوهش حاضر مشاهده کرد (ترجیح مراحل پورگی سنین سوم و چهارم شته میزبان نسبت به سایر مراحل پایین‌تر پورگی و همچنین شته‌های بالغ). این ترجیح مرحله میزبان همواره ثابت نیست و تحت تأثیر عوامل مختلف مانند شرایط آزمایشی (زمان قرار گرفتن در معرض پارازیتوئید، تراکم میزبان و غیره)، رفتار میزبان و در دسترس بودن هر یک از پوره‌های سنین مختلف در شرایط صحرائی است (Farhad et al., 2011; Tazerouni et al., 2016). نشان داده شده است که انتخاب مرحله میزبان می‌تواند به طور قابل توجهی بر پویایی جمعیت میزبان و پارازیتوئید تأثیر بگذارد. در نتیجه، این پدیده می‌تواند تأثیر چشمگیری در موفقیت برنامه‌های کنترل بیولوژیک توسط پارازیتوئیدها داشته باشد (Stary, 1998; Lin and Ives, 2003).

بر اساس نتایج، رفتار سوئیچینگ در زنبور *A. platensis* نسبت به سنین سوم و چهارم پوره‌های شته *M. persicae* مشاهده شد. با افزایش نسبت طعمه مورد نظر، نسبت پارازیتسیم طعمه مورد نظر نیز بیشتر از حد مورد انتظار افزایش می‌یابد (Murdoch, 1969; Hassell, 1978). رفتار سوئیچینگ به‌طور معمول در شرایط زیر رخ می‌دهد:

اولاً، هنگامی که دشمن طبیعی ترجیح کمتری برای یکی از دو طعمه دارد، این شانس را دارد که به هر طعمه‌ای که فراوان است، روی بیاورد. دوم، زمانی که تراکم کل طعمه ثابت است و مرگ و میر در هر طعمه وابسته به تراکم است.

References

- Aslan, M. M., Uygun, N. and Starý, P.** 2004. A Survey of Aphid Parasitoids in Kahramanmaraş, Turkey (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae; and Hymenoptera: Aphelinidae). **Phytoparasitica** 32(3): 255-263.
- Battaglia, D., Pennacchio, F., Poppy, G., Powell, W., Romano, A. and Tranfaglia, A.** 2000. Physical and chemical cues influencing the oviposition behaviour of *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata** 94: 219–227.
- Blackman, R. L. and Eastop, V. F.** 2006, Aphidus on the World's Herbaceous plants and shrubs. Chichester, USA, John Wiley & Sons, pp. 201-225
- Farhad, A., Talebi, A. A. and Fathipour, Y.** 2011, Foraging behavior of *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae) a parasitoid of *Sitobion avenae* (Hemiptera : Aphididae) on wheat. **Psyche: A Journal of Entomology** 2011: 1–7. (in Farsi)
- Fathipour, Y. and Maleknia, B.** 2016, Mite predators. Ecofriendly Pest Management for Food Security San Diego, USA, Elsevier. Management for Food Security San Diego, USA, Elsevier, pp. 329–366.
- Fernandez, C. and Nentwig, W.** 1997. Quality control of the parasitoid *Aphidius colemani* (Hym., Aphidiidae) used for biological control in greenhouses. **Journal of Applied Entomology** 121(1-5): 447-456.
- Field, L. M., Javed, N., Stribley, M. F. and Devonshire, A. L.** 1994, The peach-potato aphid *Myzus persicae* and the tobacco aphid *Myzus nicotianae* have the same esterase-based mechanisms of insecticide resistance. **Insect Molecular Biology** 3: 143–148.
- Gutiérrez-Ibáñez, C., Villagra, C. A. and Niemeyer, H. M.** 2007. Pre-pupation behaviour of the aphid parasitoid *Aphidius ervi* (Haliday) and its consequences for pre-imaginal learning. **Naturwissenschaften** 94(7): 595-600
- Hart, J. T., De Jonge, J., Colle, C., Dicke, M., van Lenteren, J. C. and Ramakers, P.** 1978. Host selection, host discrimination and functional response of *Aphidius matricariae* Haliday (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulz.). **Meded Fac Landbouwwet Univ Gent** 43: 441–453.
- Hagvare, B. and Hofsvang, T.** 1991. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): biology, host selection and use in biological control. **Biocontrol News Inform** 12: 13.
- Hassell, M. P.** 1978. Mutual interference between searching insect parasites. **Journal of Animal Ecology** 40: 473–486.
- Heidarian, M., Fathipour, Y. and Kamali, K.** 2012. Functional response, switching, and prey-stage preference of *Scolothrips longicornis* (Thysanoptera: Thripidae) on *Schizotetranychus smirnovi* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology** 15: 89–93. (in Farsi)
- Hérard, F., Keller, M. A., Lewis, W. J. and Tumlinson, J. H.** 1988. Beneficial arthropod behavior mediated by airborne semiochemicals. IV. Influence of host-diet on host-oriented flight chamber responses of *Microplitis demolitor* Wilkinson. **Journal of Chemical Ecology** 14: 1597–1606.
- Jervis, M. and Kidd, N.** 1996. Insect natural enemies, practical approaches to their study and evaluation. London, UK, Chapman & Hall, 6-14 pp.
- Jokar, M., Zarabi, M., Shahrokhi, S. and Rezapannah, M.** 2012. Host-stage preference and functional response of aphid parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym.: Braconidae) on greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hem: Aphididae). **Archives of Phytopathology and Plant Protection** 45: 2223–2235.
- Kavallieratos, N. G., Tomanović, Ž., Athanassiou, Ch. G., Starý, P., Zikić, V., Sarlis, G. P. and Fasseas, C.** 2005. Aphid parasitoids infesting cotton, citrus, tobacco, and cereal crops in Southeastern Europe: aphid- plant associations and keys. **Canadian Entomologist, ProQuest Agriculture Journals** 137(5): 516-531.
- Kavallieratos, N. G., Tomanović, Ž., Athanassiou, Ch. G., Starý, P. and Bogdanović, M.** 2008. Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) attacking aphids feeding on Prunoideae and Maloideae crops in Southeastern Europe: Aphidiine-aphid-plant associations and key. **Zootaxa** 1793: 47–64.
- Khodayari, S., Fathipour, Y. and Sedaratian, A.** 2016. Prey stage preference, switching and mutual interference of *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology** 21: 347–355. (in Farsi).

- Lin, L. A. and Ives, A. R.** 2003. The effect of parasitoid host-size preference on host population growth rates: an example of *Aphidius colemani* and *Aphis glycines*. **Ecological Entomology** 28: 542–550.
- Mackauer, M., Gerling, D. and Roitberg, B. D.** 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.
- Mackauer, M., Michaud, J. P. and Völkl, W.** 1996. Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality and host value. **Canadian Entomologist** 128: 959–980.
- McClure, T. and Frank, S. D.** 2015. Grain diversity effects on banker plant growth and parasitism by *Aphidius colemani*. **Insects** 6(3): 772-791.
- Murdoch, W. W.** 1969. Switching in general predators: experiments on predator specificity and stability of prey populations. **Ecological Monographs** 39: 335–354.
- Murdoch, W. W. and Marks, J. R.** 1975. Predation by coccinellid beetles: experiments on switching. **Ecology** 54: 160–167.
- Neuenschwander, P., Hammond, W. O., Gutierrez, A., Cudjoe, A., Adjakloe, R., Baumgärtner, J. and Regev, U.** 1989. Impact assessment of the biological control of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae), by the introduced parasitoid *Epidinocarsis lopezi* (De Santis)(Hymenoptera: Encyrtidae). **Bulletin of Entomological Research** 79(4): 579-594.
- Perdikis, D. C., Lykouressis, D. P., Garantonakis, N. G. and Iatrou, S. A.** 2004. Instar preference and parasitization of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) by the parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae). **European Journal of Entomology** 101: 333–336.
- Powell, W. and Wright, A. F.** 1988. The abilities of the aphid parasitoids *Aphidius ervi* Haliday and *A. rhopalosiph* De Stefani Perez (Hymenoptera: Braconidae) to transfer between different known host species and the implications for the use of alternative hosts in pest control strategies. **Bulletin of Entomological Research** 78: 683–693.
- Rakhshani, E., Talebi, A. A., Kavallieratos, N. and Fathipour, Y.** 2004. Host stage preference, juvenile mortality and functional response of *Trioxys pallidus* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). **Biologia** 59: 197–204. (in Farsi).
- Rogers, D. J.** 1972. Random search and insect population models. **Journal of Animal Ecology** 41, 369–383.
- Stacconi, V. R. M., Buffington, M., Daane, K. M., Dalton, D. T., Grassi, A., Kaçar, G., Miller, B., Miller, J. C., Baser, N., Ioriatti, C., Walton, V. M., Wiman, N. G., Wang, X. and Anfora, G.** 2015. Host stage preference, efficacy and fecundity of parasitoids attacking *Drosophila suzukii* in newly invaded areas. **Biological Control** 84: 28–35.
- Stary, P.** 1988. Aphidiidae in Aphids, Their Natural Enemies and Control. Amsterdam, Netherlands, Elsevier, 171-184 pp.
- Steinberg, S., Prag, H. and Rosen, D.** 1993. Host plant fitness and host acceptance in the aphid parasitoid *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson). **Bulletin IOBC WPRAS** 16: 161–164.
- Storeck, A., Poppy, G., Van Emden, H. and Powell, W.** 2000. The role of plant chemical cues in determining host preference in the generalist aphid parasitoid *Aphidius colemani*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 97(1): 41-46.
- Tahriri, S., Talebi, A. A., Fathipour, Y. and Zamani, A. A.** 2007. Host stage preference, functional response and mutual interference of *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae: Aphidiinae) on *Aphis fabae* (Hom.: Aphididae). **Entomological Science** 10: 323–331. (in Farsi)
- Takaloozadeh, H. M., Kamali, K., Talebi, A. A. and Fathipour, Y.** 2005. Alfalfa Black Aphid, *Aphis craccivora* Koch (Hom. Aphididae) stage preference by *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hym. Aphidiidae). **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources** 7: 225–233. (in Farsi).
- Talebi, A. A., Zamani, A. A., Fathipour, Y., Baniameri, V., Kheradmand, K. and Haghani, M.** 2006. Host stage preference by *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae) as parasitoids of *Aphis gosoypii* (Hemiptera: Aphididae) on greenhouse cucumber. **IOBC-WPRS Bulletin** 29: 181. (in Farsi).

- Tazerouni, Z., Talebi, A. A. and Rakhshani, E.** 2011. The foraging behavior of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) on *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae). **Archives of Biological Sciences** 63: 225–234. (In Farsi).
- Tazerouni, Z., Talebi, A. A., Fathipour, Y. and Soufbaf, M.** 2016. Age-specific functional response of *Aphidius matricariae* and *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae) on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology** 45: 642–651. (in Farsi).
- Turlings, T. C. J., Wäckers, F., Vet, L. E.M., Lewis, W. J. and Tumlinson, J. H.** 1993. Learning of host-finding cues by hymenopterous parasitoids. In: Papaj, D. R. and Lewis, A. (eds), *Insect Learning: Ecological and Evolutionary Perspectives*. Chapman and Hall, New York, pp. 51–78.
- Van Emden, H. F., Sponagl, B., Wagner, E., Baker, T., Ganguly, S. and Douloumpaka, S.** 1996. Hopkins' 'host selection principle' another nail in its coffin. **Physiological Entomology** 21: 325–328.
- Van Baalen, M., Krivan, V., Van Rijn, P. C. J. and Sabelis, M. W.** 2001. Alternative food, switching predators, and persistence of predator–prey systems. **The American Naturalist**, 157: 1–13.
- Van Emden, H. F. and Harrington, R.** 2007. *Aphids as Crop Pests*. Wallingford, CABI Publishing.
- Yang, X. B., Campos-Figueroa, M., Silva, A. and Henne, D. C.** 2015. Functional response, prey stage preference, and mutual interference of the *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) on tomato and bell pepper. **Journal of Economic Entomology** 108: 414–424.
- Van Lenteren, J. C. and Woets, J. V.** 1988. Behavioural aspects of the functional responses of a parasite (*Pseudeucoila bochei* Weld) to its host (*Drosophila melanogaster*). **The Netherlands Journal of Zoology** 28: 213–233.
- Zamani, A., Talebi, A., Fathipour, Y. and Baniameri, V.** 2006. Temperature-dependent functional response of two aphid parasitoids, *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae), on the cotton aphid. **Journal of Pest Science** 79: 183–188. (in Farsi).



Research paper

Host plant preference, host stage preference and switching behavior of *Aphidius platensis* (Hym.: Braconidae) to green peach aphid

F. Khaki¹, A. Nazari^{2*}, H. Madadi³ and Z. Rafiee Kerahroodi¹

1. Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran, 2. Department of Sustainable Agriculture, Food Security Research Institute, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran, 3. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received: January 6, 2022- Accepted: March 7, 2022)

Abstract

Green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hem.: Aphididae), is a serious and global pest of vegetable and greenhouse crops. Developing a strategy for the control of this pest and creating a mass-rearing program of its parasitoid *Aphidius platensis* (Hym.: Braconidae) needs to be examined in terms of host plant preference, host stage preference and switching behavior of *A. platensis*. Host stage preference and switching behavior carried on third and fourth instars of green peach aphid and host plant preference was studied by sweet pepper and eggplant. All experiments were conducted at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ RH, and 16:8 h L: D photoperiod. Data analysis showed that *A. platensis* parasitized all nymphal stages of *M. persicae*, however, it preferred third and fourth green peach aphid instars. Furthermore, it has been revealed the parasitism rate of *A. platensis* on pepper-reared aphids (85.5%) was significantly higher than those reared on eggplant (28.5%). It has also been confirmed that the number of parasitized nymphs varied at different ratios of host stages (mixture of third and fourth instars) and the number of host parasitized increased with increasing the contribution of that stage in host stage ratio. These results could be useful to develop a mass-rearing program of *A. platensis*.

Key words: Biocontrol, Manly index, Preference, Switching

* Corresponding author: nazariazad@yahoo.com