بررسی امکان استفاده از گیاه حامل به منظور افزایش پارازیتیسم شته جالیز، توسط زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum*

مرضیه آسترکی، آرش راسخ، پرویز شیشه بر، حسین ماهی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

مسئول مکاتبات: آرش راسخ، پست الکترونیک: a.rasekh@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۱۴ ۶(۱)۸۹-۹۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۶

چکیده

شناخت و ترجیح میزبان در پارازیتوئیدها به‌طور عمده تحت تأثیر شایستگی کسب شده توسط نتاج قرار می‌گیرد. این ویژگی‌های رفتاری از این منظر در مهار زیستی مهم هستند که میزبان‌های مستقر روی علف‌های هرز مجاور محصول به‌عنوان یک منبع ذخیره برای پارازیتوئیدها، می‌توانند در سیستم گیاهان حامل بکار گرفته شوند. در این مطالعه در شرایط آزمایشگاهی امکان استفاده از سیستم گیاهان حامل؛ گیاهان باقلای آلوده به شته سیاه باقلا (*Aphis fabae* Scopoli)، به‌منظور کنترل شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover توسط زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Braconidae: Aphidiinae) روی گیاهان خیار مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا جمعیت همسن از زنبور روی این دو گونه شته تشکیل شد و با معرفی جداگانه هر زنبور به ظروف پتری تهویه‌دار محتوی ۱۵ پوره سن دوم شته سیاه باقلا و ۱۵ پوره سن دوم شته جالیز، تأثیر گونه‌ی شته میزبانی که والدین و نتاج در آنها پرورش یافتند، روی شایستگی زنبورهای ظاهر شده بررسی شد. مطابق نتایج، درصد پارازیتیسم زنبور روی شته جالیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از شته سیاه باقلا بود، همچنین زنبورهای ماده پرورش یافته روی شته جالیز به‌صورت معنی‌داری بزرگ‌تر از ماده‌های پرورش یافته روی شته سیاه باقلا بودند. نتایج نشان می‌دهد کاهش ترجیح شته سیاه باقلا (میزبان جایگزین) توسط زنبور *L. fabarum*، می‌تواند منجر به افزایش پارازیتیسم شته جالیز (شته آفت) شود.

واژه‌های کلیدی: براکونیده، ترجیح میزبان، درصد پارازیتیسم، گیاه خیار

مقدمه

تشخیص میزبان (host recognition) نقش حیاتی در اطمینان از تولید مناسب نتاج دارد (Godfray, 1994). بررسی‌ها نشان می‌دهد که پارازیتوئیدها از انواع راهنماهای فیزیکی و شیمیایی در تشخیص میزبان بهره برده (Vinson, 1984; Rehman, 1999) و پاسخ رفتاری آنها متأثر از ژنتیک، وضعیت فیزیولوژیکی و نوع سازگاری با محیط قبلی (Vet *et al*., 1990) به‌صورت پیچیده‌ای عمل می‌کند (Mackauer *et al*., 1996). در صورت حضور چند گونه میزبان، ترجیح نیز همانند تشخیص میزبان، به‌طور عمده تحت تأثیر شایستگی کسب شده توسط نتاج قرار می‌گیرد و عواملی چون کیفیت، فراوانی و چگونگی پراکنش میزبان در این انتخاب نقش دارد (Rehman & Powell, 2010). علاوه بر موارد ذکر شده، شرطی شدن زنبورهای ماده به گیاه میزبان نیز نقش عمده‌ای در ترجیح میزبان دارد (Rehman, 1999). برای مثال دو گونه زنبور پارازیتوئید *Praon myzophagum* Mackaue (Braconidae) و *P. volucre* (Haliday)، نرخ بالاتری از حمله و تخم‌گذاری را در گونه‌ی شته‌ای که در آن پرورش یافته‌اند، از خود نشان دادند (Powell & Wright, 1988). در ارتباط با نقش ژنتیک روی پذیرش میزبان، برخی مطالعات نشان داده که گونه میزبانی که والد نر در آن پرورش یافته در تغییر ترجیح نتاج ماده نقش دارد (Powell & Wright, 1988). به‌نظر می‌رسد که تغذیه زنبورهای نر و ماده روی گونه معین میزبان، به واسطه تولید ترکیبات فرمونی خاص، می‌تواند روی ترجیح و شایستگی نتاج تاثیر بگذارد (Bonduriansky, 2001).

اهمیت انتخاب و ترجیح گونه میزبان در مهار زیستی از این منظر مهم است که شته‌های مستقر روی گیاهان هرز مجاور محصول می‌تواند به‌صورت یک منبع ذخیره برای پارازیتوئیدهای حمله کننده به شته‌های آفت عمل نمایند (Powell *et al*., 1986). همچنین این میزبان‌های جانشین ممکن است در پرورش انبوه پارازیتوئیدها (Mackauer & Kambhampati, 1988) و یا به‌عنوان میزبان در سیستم گیاهان حامل (Banker Plants) بکار گرفته شوند (Jandricic *et al*., 2014). گیاهان حامل از یک گیاه غیرمحصول که به یک گیاه‌خوار غیرآفت آلوده شده، تشکیل می‌شوند. هدف سیستم گیاهان حامل حمایت از تولیدمثل جمعیت دشمنان طبیعی برای کنترل آفات در طولانی مدت بوده و برای آنها منابعی از جمله غذا، شکار و یا میزبان را فراهم می‌آورد (Jandricic *et al*., 2014). سیستم گیاهان حامل به‌عنوان یک ابزار پیشگیرانه در مدیریت تلفیقی آفات مطرح بوده و باید چند هفته قبل از ظهور آفت در محصول، نسبت به تولید گیاهان حامل اقدام کرد (Skinner *et al*., 2011)، چراکه حداقل ۳-۴ هفته زمان می‌برد تا پارازیتوئیدها روی گیاهان حامل به مرحله‌ی بالغ برسند. اولین توصیف سیستم گیاه حامل توسط استیسی (۱۹۷۷) ارائه شد و از آن زمان تاکنون این سیستم روی آفات گیاهی متعددی از جمله تریپس‌ها، سفیدبالک‌ها، شته‌ها، کنه‌های عنکبوتی و مینوزها به‌کار گرفته شده است (McClure & Frank, 2015; Miller & Rebek, 2018).

در این پژوهش زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Braconidae: Aphidiinae) به‌طور جداگانه روی دو گونه شته (شته سیاه باقلا و شته جالیز) پرورش یافت تا این فرضیه‌ها مورد بررسی قرار گیرد که آیا ویژگی‌های زیستی زنبورها (درصد پارازیتیسم، درصد ظهور و نسبت جنسی) و نتاج آن (طول بدن و طول دوره رشدی) تحت تأثیر گونه‌ی شته میزبان قرار می‌گیرد؟ و آیا فرایند ترجیح گونه میزبان متأثر از کسب شایستگی نتاج و همچنین شته میزبانی که زنبورهای والد در آن پرورش یافته‌اند، می‌باشد؟ هدف کاربردی این مطالعه بررسی امکان استفاده از سیستم گیاه حامل (گیاهان باقلای آلوده به شته سیاه باقلا) به‌منظور کنترل شته جالیز روی گیاهان خیار می‌باشد. در این سیستم از شته جالیز و شته سیاه باقلا به‌ترتیب به‌عنوان گونه آفت و غیرآفت استفاده شد.

زنبور *L. fabarum* به‌عنوان مهم‌ترین پارازیتوئید شته‌های جنس *Aphis* در شمال ایران و مرکز اروپا بوده و بیشتر از ۷۰ گونه شته را مورد حمله قرار می‌دهد (Stary, 1986; Rakhshani *et al*., 2006). اگرچه هر دو نژاد جنسی (Sexual (arrhenotokous، (Mahmoudi *et al*., 2010; Mossadegh *et al*., 2011) و غیرجنسی (Asexual (thelytokous، (Rasekh *et al*., 2011) این زنبور از ایران گزارش شده است، اما نژاد جنسی این زنبور از پراکنش وسیع‌تری برخوردار است.

شته جالیز *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) آفتی به‌شدت چندین‌خوار بوده و روی بیش از ۳۲۰ گونه گیاهی متعلق به ۴۶ خانواده مختلف مانند Malvaceae, Solanaceae, Rutaceae و Cucurbitaceae فعالیت دارد (Blackman & Eastop, 2000). شته سیاه باقلا، *Aphis fabae* Scopoli، نیز به‌عنوان شته‌ای به شدت چندین‌خوار، به گستره وسیعی از گیاهان، شامل بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی، از جمله چغندرقند، باقلا، لوبیا، سیب‌زمینی، بادمجان، اسفناج، ترشک، کدو (به‌ویژه اعضای تیره اسفناج، Chenopodiaceae) حمله می‌کند (Hodjat, 1998).

امید می‌رود نتایج مطالعه حاضر بتواند در کاهش مصرف آفت‌کش‌ها کمک رسان باشد، چرا که در سیستم گیاهان حامل، در صورت استفاده از آفت‌کش می‌توان گیاهان حامل را از گلخانه خارج نمود و پس از سم‌پاشی مجدداً به محیط بازگرداند، در صورتی که در روش رهاسازی اشباعی این امکان وجود ندارد و چنانچه پس از رهاسازی دشمنان طبیعی نیاز به کاربرد آفت‌کش باشد، دشمنان طبیعی از بین خواهند رفت (Frank, 2010).

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری شته و زنبور پارازیتوئید

در بهار ۱۳۹۵، شته سیاه باقلا، *A. fabae* از مزارع باقلای دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز جمع آوری شد. کلنی این شته‌ها روی گیاه باقلا *Vicia faba* L. (Fabaceae) (رقم شوشتری) کشت شده در گلدان تشکیل شد. طی نمونه‌برداری از این مزارع، همچنین شته‌های مومیایی شده جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. حشرات ظاهر شده زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* تشخیص داده شد و با انجام آزمایش تکمیلی (تمامی نتاج حاصل از ماده‌های باکره، نر بودند) نژاد جنسی زنبور تشخیص داده شد. جمعیت اولیه شته جالیز *A. gossypii*، از مزارع خیار حاشیه شهر اهواز به‌دست آمد. یک کلنی از این شته نیز روی گیاهان خیار *Cucumis sativus* (رقم Super N3 F1) کشت شده در گلدان تشکیل شد. در ادامه دو کلنی جداگانه از زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* روی گیاهان باقلا و خیار آلوده به شته‌های میزبان (به‌ترتیب شته سیاه باقلا و شته جالیز) تشکیل شد. پرورش حشرات (شته و زنبور پارازیتوئید) در اتاقک‌های پرورش (شرایط دمایی ۱±۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت ۵±۵۵٪ و دوره نوری، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) صورت پذیرفت. زنبور *L. fabarum* قبل از به‌کارگیری در آزمایش‌ها، حداقل ۵ نسل روی گونه شته مربوطه پرورش داده شد. تمام آزمایش‌ها در شرایط محیطی ذکر شده، انجام پذیرفت.

تشکیل جمعیت هم‌سن (synchronous cohort) از شته و زنبور پارازیتوئید

در ابتدا به‌منظور تشکیل جمعیت همسن از شته سیاه باقلا، شاخه‌های بریده شده باقلا هرکدام جداگانه در ظروف استوانه‌ای پلاستیکی تهویه‌دار (۸ × ۱۵ سانتی‌متر) در محلول کود کامل شیمیایی (Hortigrow) (دو در هزار) قرار گرفتند و به هر شاخه ۱۰۰ شته بالغ معرفی شد. به‌منظور تولید جمعیت همسن شته جالیز، ۱۰۰ شته بالغ به هر برگ خیار نگهداری شده به روش مشابه در بالا، قرار داده شد. در هر دو گونه شته، بالغین پس از ۱۲ ساعت حذف شدند و پوره‌ها پس از ۶±۵۴ ساعت، به پوره سن دوم رسیدند. بر اساس مطالعه‌های قبلی، سنین دوم پورگی شته سیاه باقلا (Mohammadi *et al*., 2016) و شته جالیز (Almasi *et al*., 2017) مناسب‌ترین مرحله رشدی برای پذیرش و رشدونمو زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* بودند.

جمعیت همسن زنبور نیز روی هر دو گونه شته تشکیل شد. به این منظور ۳۰ زنبور ماده دو روزه (جفت‌گیری کرده)، به ۲۰۰ پوره سن دوم شته سیاه باقلا (روی شاخه میزبان)، و یا شته جالیز (روی یک برگ خیار)، به روش شرح داده شده، معرفی شدند. پس از ۱۲ ساعت تمامی زنبورها حذف شدند و شته‌ها تا ظهور مومیایی نگهداری شدند. مومیایی‌ها به ظروف استوانه‌ای پلاستیکی تهویه‌دار (۷ × ۴ سانتی‌متر) منتقل و زنبورهای ظاهر شده تا قبل از به‌کارگیری در آزمایش‌ها با قطرات عسل (محلول ۳۰٪) و آب (پنبه مرطوب) تغذیه شدند.

تأثیر گونه میزبان والدین و نتاج روی شایستگی زنبورهای ظاهر شده

نخست جمعیت همسن از زنبورها، در دو گروه جداگانه از کلنی زنبورهای پرورش یافته روی شته سیاه باقلا و شته جالیز تشکیل شد. از هر جمعیت همسن، ۳۰ زنبور ماده جفتگیری کرده (دو روزه) به‌صورت جداگانه به یک ظرف پتری تهویه‌دار (به‌قطر ۶ سانتی‌متر) محتوی یک برگ باقلای محتوی ۱۵ پوره سن دوم شته سیاه باقلا و یک برگ خیار محتوی ۱۵ پوره سن دوم شته جالیز معرفی شدند. پس از ۲۴ ساعت تمامی زنبورها حذف و در هر تکرار (n= ۱۵) شته‌های هر گونه جداگانه تا ظهور مومیایی‌ها روی گیاهان مربوطه نگهداری شدند. با ظهور حشرات کامل زنبور، طول دوره رشدی آنها به‌دست آمد. همچنین درصد پارازیتیسم (تعداد مومیایی)، درصد ظهور و نسبت جنسی (درصد ماده ها) تعیین شد. در ادامه زنبورهای ماده‌ی ظاهر شده به‌داخل الکل منتقل و طول ساق پای عقب آنها به‌عنوان شاخصی از طول بدن اندازه گیری شد. مطالعات قبلی نشان داد که طول ساق پای عقب شاخص مناسبی برای تعیین طول بدن زنبور *L. fabarum* می‌باشد (Ameri *et al*., 2013). به این منظور از پای عقب با استفاده از استریومیکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال (Nikon Coolpix S10; Nikon

Corporation, Tokyo, Japan) (با بزرگ‌نمایی ۱۰۰ برابر) عکس‌برداری شد و با استفاده از نرم افزار (Image software) طول ساق پا با دقت ۰/۰۰۳ میلی‌متر تعیین شد.

محاسبه‌های آماری

نظر به وجود دو متغیر مستقل، یعنی گونه شته میزبان (شته سیاه باقلا و شته جالیز) زنبورهای والد و گونه شته میزبان زنبورهای نتاج، برای تعیین اختلاف آماری بین تیمارها از آزمون آماری تجزیه واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA)(در سطح ۰/۰۵) استفاده شد. چنان‌چه برهم‌کنش بین این دو عامل معنی‌دار نبود، تجزیه واریانس یک طرفه انجام شد، یعنی برای همه زنبورهای پرورش یافته روی شته *A. fabae* در مقابل همه زنبورهای پرورش یافته روی شته *A. gossypii* و همچنین همه نتاجی که والدین آن‌ها روی *A. fabae* پرورش یافتند در مقابل همه نتاجی که والدین آنها روی *A. gossypii* پرورش یافتند، مقایسه به‌عمل آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های نسبتی از مدل‌های خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Models (GLM)) استفاده شد. در این مدل از توزیع دو جمله‌ای خطا (Binomial error distribution) با تابع لوگ (Log link function) برای درصد پارازیتیسم و تابع لوژیت (Logit link function) برای نرخ ظهور و نسبت جنسی استفاده شد (Crawley, 1993). محاسبات آماری توسط نرم‌افزار SPSS صورت گرفت (SPSS, 1998).

نتایج

درصد پارازیتیسم

مقایسه بین تیمارها در بررسی اثر گونه شته میزبان در زنبورهای والد و زنبورهای نتاج در جدول (۱) ارائه شده است. اثرات اصلی گونه شته میزبانی که نتاج در آن پرورش یافتند (P= ۰/۰۳۸ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۴/۴۹) و گونه شته میزبان والدین روی درصد پارازیتیسم معنی‌دار بودند (P < ۰/۰۰۱ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۱۵/۴۱)، اما اثرات متقابل این دو عامل معنی‌دار نبود (P = ۰/۵۷۷ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۰/۳۱). نظر به عدم معنی‌داری اثرات متقابل، تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که درصد پارازیتیسم شته جالیز (۳/۱ ± ۳۱/۶٪) در مقایسه با شته سیاه باقلا (۲/۱± ۲۳/۲٪) به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (P < ۰/۰۰۱ ؛ $G_{۱,۷۱}$= ۱۳/۴۵)، همچنین زنبورهای پرورش یافته روی شته سیاه باقلا (۲/۲ ± ۳۲/۳٪) به‌طور معنی‌داری بیشتر از زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز (۲/۶ ± ۱۸/۴٪) شته‌های میزبان را پارازیته کردند (P < ۰/۰۰۱ ؛ $G_{۱,۷۱}$= ۱۵/۸۶).

درصد ظهور حشرات کامل

مطابق با نتایج به‌دست آمده، اثرات اصلی گونه شته میزبانی که نتاج در آن پرورش یافتند (P= ۰/۰۰۵ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۸/۳۴) و گونه شته میزبان والدین روی درصد ظهور معنی‌دار بود (P< ۰/۰۱۸ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۵/۸۸). نظر به عدم معنی‌داری اثرات متقابل (P= ۰/۹۲۷ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۰/۰۰۸)، تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که درصد ظهور حشرات کامل زنبور روی شته‌های سیاه باقلا (۲/۷ ± ۸۹/۴٪) در مقایسه با شته جالیز (۴/۰ ± ۷۱/۹٪) به‌نحو معنی‌داری بیشتر بود (P< ۰/۰۰۱ ؛ $G_{۱,۷۱}$= ۱۳/۴۵)، همچنین درصد ظهور نتاج زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز (۲/۶ ± ۹۱/۲٪) به‌طور معنی‌داری بیشتر از نتاج زنبورهای پرورش یافته روی شته سیاه باقلا (۳/۵ ± ۷۵/۸٪) بود (P< ۰/۰۱۴ ؛ $G_{۱,۷۱}$= ۶/۴۱). مقایسه بین تیمارها در بررسی اثرات دو متغیر در جدول (۲) ارائه شده است.

نسبت جنسی

مطابق نتایج به‌دست آمده، اثرات اصلی گونه شته میزبانی که نتاج در آن پرورش یافتند (P= ۰/۰۷ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۳/۴) و گونه شته میزبان والدین روی نسبت جنسی معنی دار نبود (P< ۰/۷۸۸ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۰/۰۷۳)، اما اثرات متقابل این دو عامل معنی‌دار بود (P= ۰/۰۰۶ ؛ $G_{۱,۶۹}$= ۸/۰۸). زنبورهای پرورش یافته روی شته سیاه باقلا روی شته میزبان مشابه به‌طور معنی‌داری نتاج ماده بیشتری تولید کردند (جدول ۳). همچنین نسبت جنسی نتاج زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز، روی این گونه شته در مقایسه با شته سیاه باقلا به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۳).

جدول ۱- میانگین درصد شته‌های پارازیته شده، هنگامی که ۱۵ پوره سن دوم شته سیاه باقلا یا شته جالیز، به‌مدت ۲۴ ساعت با یک زنبور ماده جفت‌گیری کرده *Lysiphlebus fabarum*، پرورش یافته روی *A. fabae* یا *A. gossypii* مواجه شدند.

Table 1. Mean percentage of aphids parasitized when 15 second instars of *Aphis fabae* or *A. gossypii* were exposed to a mated female of *Lysiphlebus fabarum* reared on *A. fabae* or *A. gossypii* for 24 hours.

		Host aphid of parents		*G*	df	*P*
		A. fabae	*A. gossypii*			
Host aphid of progenies	*A. fabae*	28.9 ± 2.6 Aa	15.6 ± 2.7 Ba	11.99	1, 40	0.001
	A. gossypii	36.3 ± 3.5 Aa	23.0 ± 5.3 Ba	4.59	1, 29	0.041
G		2.97	1.97			
df		1, 42	1, 27			
P		0.092	0.172			

در هر ردیف میانگین‌های با حروف بزرگ مشابه و در هرستون میانگین‌های با حروف کوچک مشابه، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (*G*-test، *P*>۰/۰۵).

Means within each row bearing the same upper case letter, and means within each column bearing the same lower case letter, are not significantly different (*G*-test, $P > 0.05$).

جدول ۲- میانگین درصد مومیایی‌های ظاهر شده، هنگامی که ۱۵ پوره سن دوم شته سیاه باقلا یا شته جالیز، به‌مدت ۲۴ ساعت با یک زنبور ماده جفتگیری کرده *Lysiphlebus fabarum*، پرورش یافته روی *A. fabae* یا *A. gossypii* مواجه شدند.

Table 2. Mean percentage of mummies emerging when 15 second instars of *Aphis fabae* or *A. gossypii* were exposed to a mated female of *Lysiphlebus fabarum* reared on *A. fabae* or *A. gossypii* for 24 hours.

		Host aphid of parents		*G*	df	*P*
		A. fabae	*A. gossypii*			
Host aphid of progenies	*A. fabae*	85.2 ± 4.1 Aa	94.9 ± 2.8 Aa	1.69	1, 39	0.201
	A. gossypii	64.6 ± 5.0 Bb	85.2 ± 4.6 Aa	5.31	1, 29	0.029
G		9.078	4.099			
df		1, 42	1, 27			
P		0.004	0.053			

در هر ردیف میانگین‌های با حروف بزرگ مشابه و در هرستون میانگین‌های با حروف کوچک مشابه، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (*G*-test، *P*>۰/۰۵).

Means within each row bearing the same upper case letter, and means within each column bearing the same lower case letter, are not significantly different (*G*-test, $P > 0.05$).

جدول ۳- میانگین نسبت جنسی، هنگامی که ۱۵ پوره سن دوم شته سیاه باقلا یا شته جالیز، به مدت ۲۴ ساعت با یک زنبور ماده جفتگیری کرده *Lysiphlebus fabarum*، پرورش یافته روی *A. fabae* یا *A. gossypii* مواجه شدند.

Table 3. Mean sex ratio when 15 second instars of *Aphis fabae* or *A. gossypii* were exposed to a mated female of *Lysiphlebus fabarum* reared on *A. fabae* or *A. gossypii* for 24 hours.

		Host aphid of parents		*G*	df	*P*
		A. fabae	*A. gossypii*			
Host aphid of progenies	*A. fabae*	71.8 ± 4.7 Aa	61.8 ± 9.2 Bb	5.045	1, 40	0.03
	A. gossypii	66.5 ± 7.7 Aa	85.6 ± 5.5 Aa	3.244	1, 29	0.082
G		0.768	9.265			
df		1, 42	1, 27			
P		0.386	0.005			

در هر ردیف میانگین‌های با حروف بزرگ مشابه و در هرستون میانگین‌های با حروف کوچک مشابه، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (*G*-test، *P*>۰/۰۵).

Means within each row bearing the same upper case letter, and means within each column bearing the same lower case letter, are not significantly different (*G*-test, $P > 0.05$).

طول دوره رشدی

مقایسه بین تیمارها در بررسی اثر گونه شته میزبان در زنبورهای والد و زنبورهای نتاج در جدول (۴)ارائه شده است. مطابق با نتایج به‌دست آمده، اثرات اصلی گونه شته میزبان والدین روی طول دوره رشدی معنی‌دار بود ($F_{۱,۱۴۲}$= ۱۳/۳۵ ؛ P< ۰/۰۰۱)، در حالی که اثرات اصلی گونه شته میزبانی که نتاج در آن پرورش یافتند ($F_{۱,۱۴۲}$= ۰/۸۰ ؛ P= ۰/۳۷۲) و اثرات متقابل این دو عامل معنی‌دار نبود ($F_{۱,۱۴۲}$= ۰/۰۰۱ ؛ P= ۰/۹۸). نظر به عدم معنی‌داری اثرات متقابل، تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که طول دوره رشدی زنبورهای ماده پرورش یافته روی شته سیاه باقلا (۰/۰۸ ± ۱۱/۳۹ روز) تفاوت معنی‌داری با زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز (۰/۱۱ ± ۱۱/۳۴ روز) نداشت ($F_{۱,۱۴۴}$= ۰/۱۷ ؛ P= ۰/۶۸)، در حالی که نتاج والدین پرورش یافته روی شته باقلا (۰/۰۸ ± ۱۱/۲۲ روز) زودتر از نتاج والدین پرورش یافته روی شته جالیز (۰/۱۱ ± ۱۱/۷۲ روز) ظاهر شدند ($F_{۱,۱۴۴}$= ۱۲/۷۳ ؛ P< ۰/۰۰۱).

جدول ۴- میانگین طول دوره رشدی (روز)، نتاج ماده زنبور *Lysiphlebus fabarum*، پرورش یافته روی پوره سن دوم شته سیاه باقلا یا شته جالیز، که والدین آنها روی *A. fabae* یا *A. gossypii* پرورش یافته بودند.

Table 4. Mean developmental times, in days, of female progeny of *Lysiphlebus fabarum* reared on *Aphis fabae* or *A. gossypii* after their parents had been reared on these aphids.

		Host aphid of parents		*F*	df	*P*
		A. fabae	*A. gossypii*			
Host aphid of progenies	*A. fabae*	11.27 ± 0.09 Ba	11.79 ± 0.16 Aa	7.413	1, 76	0.008
	A. gossypii	Ba 11.15 ± 0.11	11.66 ± 0.15 Aa	6.565	1, 70	0.013
F		0.633	0.317			
df		1, 101	1, 41			
P		0.428	0.577			

در هر ردیف میانگین‌های با حروف بزرگ مشابه و در هرستون میانگین‌های با حروف کوچک مشابه، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (ANOVA، P>۰/۰۵).

Means within each row bearing the same upper case letter, and means within each column bearing the same lower case letter, are not significantly different (ANOVA, P > 0.05).

جدول ۵- میانگین طول ساق پای عقب (میلی‌متر) نتاج ماده زنبور *Lysiphlebus fabarum*، پرورش یافته روی پوره سن دوم شته سیاه باقلا یا شته جالیز، که والدین آنها روی *A. fabae* یا *A. gossypii* پرورش یافته بودند.

Table 5- Mean hind tibia lengths (HTL, in mm) of female progeny of *Lysiphlebus fabarum* reared on *Aphis fabae* or *A. gossypii* after their parents had been reared on these aphids.

		Host aphid of parents		*F*	df	*P*
		A. fabae	*A. gossypii*			
Host aphid of progenies	*A. fabae*	0.484 ± 0.006 Ab	0.488 ± 0.011 Ab	0.118	1, 76	0.733
	A. gossypii	0.503 ± 0.007 Ba	0.521 ± 0.009 Aa	6.438	1, 66	0.014
F		7.227	5.35			
df		1, 101	1, 41			
P		0.008	0.026			

در هر ردیف میانگین‌های با حروف بزرگ مشابه و در هرستون میانگین‌های با حروف کوچک مشابه، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (ANOVA، P>۰/۰۵).

Means within each row bearing the same upper case letter, and means within each column bearing the same lower case letter, are not significantly different (ANOVA, P > 0.05).

اندازه بدن زنبورهای ماده

مطابق با نتایج به‌دست آمده، اثرات اصلی گونه شته میزبانی که نتاج در آن پرورش یافتند روی اندازه بدن معنی‌دار بود ($F_{1,142}$= ۱۳/۲ ؛ P< ۰/۰۰۱)، در حالی‌که اثرات اصلی گونه شته میزبان والدین و اثرات متقابل این دو عامل معنی‌دار نبود ($F_{1,142}$= ۰/۹۲۴ ؛ P= ۰/۳۴). نظر به عدم معنی‌داری اثرات متقابل ($F_{1,142}$= ۲/۴۲ ؛ P= ۰/۱۲۲)، تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که طول ساق پای عقب در زنبورهای ماده پرورش یافته روی شته سیاه باقلا (۰/۰۰۵ ± ۰/۴۸۵ میلی‌متر) به‌طور معنی‌داری کوچک‌تر از زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز (۰/۰۰۴ ± ۰/۵۱ میلی‌متر) بود ($F_{1,144}$= ۱۴/۵۸ ؛ P< ۰/۰۰۱)، همچنین نتاج والدین پرورش یافته روی شته باقلا (۰/۰۰۴ ± ۰/۴۹۲ میلی‌متر) کوچک‌تر از نتاج والدین پرورش یافته روی شته جالیز (۰/۰۰۷ ± ۰/۵۰۷ میلی‌متر) بودند ($F_{1,144}$= ۴/۴ ؛ P= ۰/۰۳۸). مقایسه بین تیمارها در بررسی اثرات دو متغیر در جدول (۵) ارائه شده است

بحث

براساس نتایج؛ درصد پارازیتیسم زنبور *L. fabarum* روی شته جالیز معنی‌داری بیشتر از شته سیاه باقلا بود که نشانگر ترجیح زنبور در انتخاب شته آفت (شته جالیز روی گیاه خیار) در مقایسه با شته غیرآفت (شته سیاه باقلای مستقر روی گیاه باقلا) می‌باشد. بنابراین زنبورهای ظاهر شده از روی گیاه حامل در انتخاب و پارازیتیسم شته آفت تمایل بیشتری از خود نشان دادند، که این می‌تواند نتایج قابل قبول و مناسبی باشد. همچنین زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز بطور معنی داری بزرگ‌تر از زنبورهای پرورش یافته روی شته سیاه باقلا بودند، که این نتیجه نیز نشانگر ادامه فرآیند پارازیتیسمی زنبورهای ظاهر شده از شته آفت، حتی با کیفیت بالاتری می‌باشد. مطالعات سایر محققین نشان داده است که میزبان جایگزین می‌تواند تغذیه و تخم‌ریزی پارازیتوئید را تحت تأثیر قرار دهد و در صورت کاهش کارایی زنبور روی میزبان جایگزین در گیاهان حامل، تاثیر پارازیتوئید روی محصول افزایش خواهد یافت (Frank, 2010). بنابراین مطابق با نتایج به‌دست آمده، کاهش کارایی زنبور (کاهش درصد پارازیتیسم و اندازه کوچک‌تر) روی شته سیاه باقلا به‌عنوان میزبان جایگزین، منجر به افزایش کارایی آن روی شته آفت (شته جالیز) می شود. به‌طور مشابهی در مطالعه انجام شده روی زنبور *A. colemani*، کاهش کارایی این پارازیتوئید (کاهش بقا و نسبت جنسی) روی شته یولاف *Sitobion avenae* Ferocius (میزبان جایگزین) نسبت به دیگر شته‌های موجود در گلخانه مانند شته جالیز، شته سبز هلو (*Myzus persicae* Sulzer) و شته سبز گندم (*Schizaphis graminum* Wiki)، به‌عنوان یک نکته مثبت گزارش شده است (Haung *et al.*, 2011)، زیرا زنبور *A. colemani* می‌تواند میزبان جایگزین را در صورت عدم وجود آفت پارازیته کند و در زمان حضور آفت به پارازیته کردن آفت تمایل بیشتری نشان دهد (Frank, 2010).

نتایج به‌دست آمده در ارتباط با تأثیر گونه شته میزبان والدین روی شایستگی نتاج، نشان می‌دهد که زنبورهای پرورش یافته روی شته سیاه باقلا به‌طور معنی‌داری بیشتر از زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز شته‌های میزبان را پارازیته کردند و همچنین درصد ظهور نتاج زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از نتاج زنبورهای پرورش یافته روی شته سیاه باقلا بود. بنابراین قابل انتظار است که زنبورهای ظاهر شده از گیاهان حامل قدرت پارازیتیسمی بالایی از خود نشان داده و این زنبورها در نسل بعدی وقتی که روی شته جالیز پرورش یابند، درصد ظهور مناسب و قابل قبولی از خود نشان دهند. این زنبورهای پرورشی روی شته جالیز همچنین اندازه بدن و نسبت جنسی بالایی داشتند. تمامی این نتایج نشانگر موفقیت استفاده از سیستم گیاه حامل، حداقل در سطح آزمایشگاه، برای استفاده از زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* در کنترل شته جالیز روی گیاه خیار می‌باشد.

مطابق با نتایج سایر پژوهش‌های انجام‌شده، یادگیری و شرطی شدن هردو نقش مهمی در انتخاب میزبان دارند (Vinson, 1976) و زنبورهای پارازیتوئید با دامنه وسیعی از میزبان، اغلب گونه‌هایی از میزبان را ترجیح می‌دهند که در

آنها پرورش یافته‌اند (Eijsackers & van Lenteren, 1970). برای مثال در مطالعه انجام شده روی زنبور پارازیتوئید *P. volucre* مشخص شد که ماده‌های پرورش یافته روی شته میزبان *Sitobion avenae* Fabricius، در هنگام خروج از پوسته مومیایی به میزبان شرطی شده و این زنبورها تمایل بیشتری به پارازیته کردن شته‌های این گونه نسبت به شته‌های گونه‌های دیگر از خود نشان دادند (Rehman, 1999). همچنین زنبور پارازیتویید *Aphidius ervi* (Haliday)، جمع‌آوری شده از شته نخود (*Acyrthosiphon pisum* Harris) شته‌های دیگر گونه‌ها از جمله شته یولاف و شته سبز هلو را پارازیته کردند، در حالی‌که همین گونه زنبور جمع‌آوری شده از شته یولاف سایر گونه‌های مورد اشاره را پارازیته نکرد (Pungerl, 1984). در این ارتباط به‌نظر می‌رسد که انتخاب ژنتیکی در طی پرورش به‌وقوع پیوسته و در پاسخ زنبورها به نشانه‌های صادر شده از میزبان طی تشخیص گونه میزبان تأثیر می گذارد (Powell & Wright, 1988). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که زنبورهای پرورش یافته روی شته سیاه باقلا، به‌طور معنی‌داری نتاج ماده بیشتری روی شته میزبان مشابه (شته سیاه باقلا) تولید کردند. همچنین نسبت جنسی نتاج زنبورهای پرورش یافته روی شته جالیز، روی این گونه شته در مقایسه با شته سیاه باقلا به‌شکل معنی‌داری بیشتر بود.

بنابراین به‌نظر می‌رسد که اثرات این شرطی شدن به‌صورت اختصاص دادن میزبان مرجح به نتاج ماده، نمود پیدا کرده است.

در ارتباط با شناخت میزبان و رفتار پذیرش پارازیتوئیدها به‌نظر می‌رسد که گیاه میزبان نیز نقش مهمی داشته باشد. برای مثال زنبور پارازیتوئید *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani شته *S. avenae* آفت گیاهان گندم را به‌طور معنی‌داری بیشتر پارازیته کرد، حتی این زنبور به شته غیرمیزبان (*M. persicae*) وقتی که این شته روی گیاهان گندم مستقر بودند، پاسخ داد (Braimah & van Emden, 1994)، موضوعی که نشان‌دهنده نقش سینومون‌های مشتق شده از گیاه میزبان در برهم‌کنش پارازیتوئید-شته می‌باشد (Rehman, 1999). بنابراین دو گیاه بکار رفته در این مطالعه یعنی باقلا و خیار، می‌توانند در شناخت و رفتار پذیرش میزبان توسط پارازیتوئیدها نقش داشته باشد، نکاتی که با جزییات بیشتر در مطالعات تکمیلی جای بررسی دارد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (گرنت شماره ۹۶/۳/۰۲/۱۶۶۷۰) قدردانی می‌شود.

References

Almasi, A., Rasekh, A., Esfandiari, M., Askari-Seyahooei, M. & Ziaee, M. 2017. Evaluation of efficiency the parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Braconidae), reared on *Aphis fabae*, against the melon aphid, *Aphis gossypii*. Journal of Applied Researches in Plant Protection, 6: 83–95.

Ameri, M., Rasekh, A., Michaud, J.P. & Allahyari, H. 2013. Morphometric indicators for quality assessment in the aphid parasitoid, *Lysiphlebus fabarum* (Braconidae: Aphidiinae). European Journal of Entomology, 110(3): 519–525.

Blackman, R.L. & Eastop, V.F. 2000. Aphids on the World's crops: An Identification and Information Guide. Second ed. John Wileyand Sons, London, UK.

Bonduriansky, R. 2001. The evolution of male mate choice in insects: a synthesis of ideas and evidence. Biology reviews, 76: 305–339.

Braimah, H. & Van Emden, H.F. 1994. The role of the plant in host acceptance by the parasitoid *Aphidius rhopalosiphi* (Hymenoptera: Braconidae). Bulletin of Entomological Research, 84: 303–306.

Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids: Behavioural and Evolutionary Ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Crawley, M.J. 1993. GLIM for Ecologists. Blackwell Scientific Publishing, Oxford, UK.

Eijsackers, H.J.P. & Van Lenteren, J.C. 1970. Host choice and host discrimination in *Pseudeucoila bochei*. Netherland Journal of Zoology, 20: 414.

Frank, S.D. 2010. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. Biological Control, 52(1): 8–16.

Hodjat, S. 1998. A List of Aphids and their Host Plants in Iran, Shahid Chamran University Printing and publication center, Ahvaz, Iran.

Huang, N., Enkegaard, A., Osborne, L.S., Ramakers, P.M., Messelink, G.J., Pijnakker, J. & Murphy, G. 2011. The banker plant method in biological control. Critical Reviews in Plant Sciences, 30(3): 259–278.

Jandricic, S.E., Dale, A.G., Bader, A. & Frank, S.D. 2014. The effect of banker plant species on the fitness of *Aphidius colemani* Viereck and its aphid host (*Rhopalosiphum padi* L.). Biological Control, 76: 28–35.

Mackauer, M. & Kambhampati, S. 1988. Parasitism of aphid embryos by *Aphidius smithi*: Some effects of extremely small host size. Entomologia Expermentalis et Applicata, 49: 167–173.

Mackauer, M., Michaud, J.P. & Völkl, W. 1996. Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): Host recognition, host quality and host value. Canadian Entomologist, 128(6): 959-980.

Mohammadi, Z., Rasekh, A., Kocheli, F. & Habibpour, B. 2016. The effect of different instars of black bean aphid, *Aphis fabae* (Hem., Aphididae) on fitness of sexual population of *Lysiphlebus fabarum* (Hym., Braconidae). Plant Protection, 38, 89–102.

Mahmoudi, M., Sahragard, A. & Jalali Sendi, J. 2010. Foraging efficiency of *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitizing the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae), under laboratory conditions. Journal of Asia-pacific Entomology, 3(2): 111–116.

McClure, T. & Frank, S.D. 2015. Grain diversity effects on banker plant growth and parasitism by *Aphidius colemani*. Insects, 6(3): 772–791.

Miller, T.L.P. & Rebek, E.J. 2018. Banker plants for aphid biological control in greenhouses. Journal of Integrated Pest Management, 9(1): 1–8.

Mossadegh, M. S., Stary, P. & Salehipour, H. 2011. Aphid Parasitoids in a Dry Lowland Area of Khuzestan, Iran (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae). Asian Journal of Biological Sciences, 4: 175–181.

Powell, W., Dean, G.J. & Wilding, N. 1986. The influence of weeds on aphid specific natural enemies in winter wheat. Crop Protection, 5: 182–189.

Powell, W. & Wright, A.F. 1988. The abilities of the aphid parasitoids *Aphidius ervi* Haliday and *A. rhopalosiphi* 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.

Pungerl, N.B. 1984. Host preferences of *Aphidius* (Hymenoptera: Aphidiidae) populations parasitising pea and cereal aphids (Hemiptera: Aphididae). Bulletin of Entomological Research, 74: 153–161.

Rakhshani, E., Talebi, A.A., Manzari, S., Rezwani, A. & Rakhshani, H. 2006. An investigation on alfalfa aphids and their parasitoids in different parts of Iran, with a key to the parasitoids (Hemiptera: Aphididae; Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). Journal of Entomological Society of Iran, 25: 1–14.

Rasekh, A., Kharazi-Pakdel, A., Michaud, J.P., Allahyari, H. & Rakhshani, E. 2011. Report of a thelytokous population of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hymenoptera: Aphidiidae) from Iran. Journal of Entomological Society of Iran, 30: 83–84.

Rehman, A. 1999. The host relationships of aphid parasitoids of the genus *Praon* (Hymenoptera: Aphidiidae) in agro-ecosystems. PhD Thesis, University of Reading, Reading UK.

Rehman, A. & Powell, W. 2010. Host selection behaviour of aphid parasitoids (Aphidiidae: Hymenoptera). Journal of Plant Breeding and Crop Science, 2(10): 299–311.

Skinner, M., Franks, C. & Valentit, R. 2011. Aphid Banker Plant System for Greenhouse IPM, Step by Step. University of Vermont and Biobest USA, Inc.

SPSS. 1998. SPSS 8.0 for Windows. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

Stary, P. 1986. Specificity of parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae) to the black bean aphid *Aphis fabae* complex in agroecosystems. Acta Entomologica Bohemoslov, 83: 24–29.

Stacey, D.L. 1977. Banker plant production of *Encarsia formosa* Gahan and its use in control of glasshouse whitefly on tomatoes. Plant Pathology, 26: 63–66.

Vet, L.E.M., Lewis, W.J., Papaj, D. R. & van Lenteren, J. C. 1990. A variable-response model for parasitoid foraging behaviour. Journal of Insect Behaviour, 3: 471–489.

Vinson, S.B. 1976. Host selection by insect parasitoids. Annual Review of Entomology, 21: 109–133.

Vinson, S.B. 1984. Parasitoid-Host Relationship. pp. 205-233 In: Bell, W.J. & Cardé R.T. (eds.), Chemical Ecology. Chapman and Hall, London.

Evaluation of the possibility of using banker plant to increase parasitism of *Aphis gossypii* by a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*

Marzieh Astaraki, Arash Rasekh, Parviz Shishehbor, Hossein Mahi

Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Corresponding author: Arash Rasekh, a.rasekh@scu.ac.ir

Received: May, 04, 2018 6(1) 89-99 Accepted: Mar., 17, 2019

Abstract

In parasitoids, host recognition and host preference strongly affect offspring fitness. These behavioral features are important in biological control when using the banker plant method. The use of banker plants (*Vicia faba* infected by *Aphis fabae*) in the presence of *Lysiphlebus fabarum* (Braconidae: Aphidiinae) was investigated as a way to control *Aphis gossypii* on cucumber plants. Synchronous wasp cohorts were produced on *A. fabae* or *A. gossypii*, then the mated females emerging from each aphid species were individually released into a petri dish containing 15 *A. fabae* and 15 *A. gossypii* (second-instar), to determine the impact of the host species of the parents on the fitness of the emerging adult parasitoids. The female wasps parasitized a larger percentage of available *A. gossypii* than *A. fabae*, and in addition, the females reared on *A. gossypii* were significantly larger than females reared on *A. fabae*. The results revealed that reducing the preference of *A. fabae* as an alternative host by *L. fabarum* led to an increase in parasitism of the pest aphid *A. gossypii*.

Keywords: Braconidae, host preference, percent parasitism, cucumber plant