تحقیقات آفات گیاهی
۵۲- ۳۹ :(۲) ۶-۱۳۹۵

اثر قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales) بر رفتار کاوشگری زنبور پارازیتویید *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae) در شرایط نیمه طبیعی

مریم راشکی*[۱]، عزیز خرازی پاکدل[۱]، حسین اللهیاری[۱] و ژاک فن آلفن[۲]

۱–دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران، ۲- پژوهشگاه تنوع زیستی و دینامیک اکوسیستم، دانشگاه آمستردام، هلند

(تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۵)

چکیده

در این تحقیق، اثر قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales) بر رفتار کاوشگری زنبور پارازیتویید *Aphidius matricariae* Haliday (Hym.: Braconidae) روی گیاه بادمجان کامل در شرایط نیمه طبیعی ارزیابی شد. آزمایش بویایی‌سنج Y- شکل نشان داد حضور قارچ باعث دور شدن افراد پارازیتویید و بالعکس باعث جلب آن‌ها به بازوی فاقد قارچ شد. افراد پارازیتویید به طور معنی‌دار به سمت هوای پاک (شاهد) حرکت کردند. در حالی‌که عده کمی به سمت گیاه بادمجان خسارت دیده آلوده با اجساد شته حاوی قارچ جلب شدند. همچنین، آزمون غیر انتخابی اثر اجساد شته حاوی اسپور قارچ بر رفتار کاوشگری پارازیتویید ثابت کرد وجود قارچ به طور معنی‌داری باعث کاهش تعداد تلاش‌های تخم‌ریزی افراد ماده شد. در آزمون انتخابی، پارازیتویید مدت زمان بیشتری روی گیاه خسارت دیده سپری کرد و گیاه سالم را در مدت زمان کمتری ترک نمود. حضور یا عدم حضور قارچ بر زمان ترک کلونی شته توسط زنبور پارازیتویید اثر معنی‌دار نداشت. نتایج نشان داد زنبور پارازیتویید *A. matricariae* قادر به تشخیص قارچ بیمارگر بود و از ورود به کلنی شته های آلوده اجتناب کرد. با این حال، زمانی که پارازیتویید به یک کلنی آلوده وارد شد از تخمریزی و تماس با قارچ خودداری کرد. نتایج نشان داد که علایم شیمیایی ارسال شده از گیاه بادمجان و قارچ بیمارگر *B. bassiana* جدایهٔ EUT116 نقش مهمی را در اتخاذ تصمیم‌های بهینه برای کاوشگری و افزایش شایستگی زنبور پارازیتویید *A. matricariae* در جهت کنترل شته سبز هلو بازی می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: جستجوگری، شایستگی، لکه، وضعیت گیاه

*نویسنده مسئول: ma_rashkigh@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

زنبور *Aphidius matricariae* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) پارازیتویید انفرادی و داخلی شته سبز هلو، *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) می‌باشد که ۴۰ گونه شته میزبان متعلق به ۲۰ جنس را پارازیته می‌کند (Giri *et al*., 1982; De Farias and Hopper, 1999). قارچ بیمارگر حشرات، *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuilemin نیز دامنه وسیعی از حشرات میزبان را در مناطق معتدل و گرمسیر آلوده می‌کند (Zimmermann, 2007) و در کنترل بیولوژیک شته‌ها مؤثر می‌باشد (Milner, 1997; Todorova *et al*., 2000; Yeo *et al*., 2003).

پارازیتوییدهای ماده از رایحه‌های رهاسازی شده از گیاهان یا حشرات برای انتخاب میزبان مناسب بهره می‌گیرند و قادرند رایحه‌های مربوطه را در محیط تشخیص دهند (Hilker and McNeil, 2008; Storeck *et al*., 2000). به‌طور مثال، سینومون‌های[1] تولید شده توسط گیاهان، تعیین‌کننده ترجیح پارازیتوییدهای عمومی طی فرایند انتخاب میزبان بودند (Storeck *et al*., 2000). گزارش شده است که زنبورهای پارازیتویید جوان *A. matricariae* به ترکیبی از رایحه‌های آزاد شده از شته روسی گندم (Kurdjumov) *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae) و میزبان گیاهی شته در مقابل رایحه‌های شته به تنهایی پاسخ دادند (De Farias and Hopper, 1999). گونه‌های دیگر از این جنس مانند *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) که به‌تازگی از شته‌های سبز هلوی پرورش یافته روی رژیم غذایی مصنوعی خارج شدند قادر به تشخیص شته میزبان خود نبودند که نشان داد شرطی شدن پارازیتویید نسبت به رایحه‌های گیاهی، باعث افزایش کارایی آن شده است (Grasswitz, 1998).

برهمکنش درون رسته‌ای[2] (برهمکنشی که میان افراد تغذیه کننده از یک منبع غذایی رخ می‌دهد) ممکن است باعث ایجاد تغییر در رفتار عوامل کنترل بیولوژیک در جهت افزایش شایستگی[3] آن‌ها شود. بروبین و همکاران (Brobyn *et al*., 1988) دریافتند که تعداد حملات پارازیتویید *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani-Perez (Hym.: Braconidae) سه روز بعد از آلودگی قارچی شته‌های میزبان کاهش یافت. رفتار کاوشگری[4] زنبورهای پارازیتویید ماده می‌تواند آلودگی قارچی میزبانش را با افزایش تحرک آن‌ها بالا ببرد (Furlong and Pell, 1996). همچنین، رودررویی با میزبان برای پارازیتویید کافیست تا تصمیم خود را برای ترک یا عدم ترک لکه[5] اتخاذ نماید (Burger *et al*., 2006). به عبارت دیگر، برای ارزیابی کارایی یک پارازیتویید، بررسی زمان اختصاص داده شده به لکه توسط پارازیتویید ارزشمند است (Wajnberg, 2006).

کیفیت لکه و رقابت با سایر گونه ها بر تصمیم پارازیتویید برای ماندن یا حرکت و تفحص سایر لکه‌ها مؤثر است و اثر این عوامل بر پیچیدگی راهبردهای بهینهٔ کاوشگری می‌افزاید (Muratori *et al*., 2008; Couchoux and van Nouhuys, 2014). بطور مثال، بررسی‌ها نشان داد کفشدوزک *Coccinella septempunctata* L. (Col.: Coccinellidae) از شته‌های میزبان آلوده به قارچ بیمارگر کمتر از شته های سالم تغذیه کرد و کمتر با آن‌ها روبرو شد (Pell *et al*., 1997). این مسأله نشان می‌دهد که دشمن طبیعی در حضور رقبا رفتار خود را تغییر می‌دهد (Hardy *et al*., 2013).

هدف از این تحقیق، تعیین تأثیر قارچ بیمارگر حشرات، *B. bassiana* بر توانایی زنبور پارازیتویید *A. matricariae*

[1]. Synomones

[2]. Intraguild interaction
[3]. Fitness
[4]. Foraging behavior
[5]. Patch

Archive of SID

www.SID.ir

در یافتن میزبان مناسب در شرایط نیمه طبیعی[1] روی گیاه بادمجان کامل بود. سایر رفتارهای زنبور پارازیتویید مانند زمان اختصاص یافته به لکه و تلاش برای تخم‌ریزی در حضور اجساد شته سبز هلوی حاوی اسپور قارچ بیمارگر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، بطور هم‌زمان اثر شرایط گیاه بادمجان (خسارت دیده یا خسارت ندیده) نیز بر رفتار کاوشگری زنبور پارازیتویید آزمایش شد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی گیاه میزبان

گیاه بادمجان با نام علمی *Solanum melongena* L. واریته Black beauty در تمامی آزمایش‌ها استفاده شد. گیاهان به طور جداگانه در گلدان‌های پلاستیکی (۱۵ سانتی-متر قطر، ۱۲ سانتی‌متر ارتفاع) کاشته و گیاهان ۶۰ روزه (پنج برگی) مورد استفاده قرار گرفتند.

پرورش حشرات

شته سبز هلو، *M. persicae*، و مومیایی‌های حاوی زنبور پارازیتویید *A. matricariae* از مزرعه بادمجان در منطقهٔ کرج، استان البرز جمع‌آوری و برای تهیهٔ کلونی استفاده شدند. شته‌ها روی گیاه بادمجان در اتاقک رشد پرورش یافتند (دمای ۱ ± ۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و دوره نوری ۸ : ۱۶ ساعت (روشنایی:تاریکی)) و سپس در معرض افراد ماده جفتگیری کرده پارازیتویید قرار گرفتند. زنبورهای پارازیتویید روی شته های سبز هلو داخل قفسی از جنس پلکسی گلاس[2] (۶۰ ×۵۰ × ۵۰ سانتی متر) در اتاقک رشد جداگانه پرورش داده شدند (دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۷۰ درصد و دوره نوری ۸ : ۱۶ ساعت (روشنایی:تاریکی). شته‌های سن سوم و پارازیتویید‌های مادهٔ جوان یک روزه برای تمام آزمایش‌ها به کار رفتند. برای تهیه گیاهان خسارت دیده، ۴۰ شته روی هر گیاه بادمجان تا سه روز قبل از شروع آزمایش قرار داده شد (Blande *et al.* 2007; Girling *et al.*, 2006).

تهیه قارچ و اجساد شته حاوی قارچ بیمارگر *B. bassiana*

قارچ بیمارگر *B. bassiana* جدایهٔ EUT116 موجود در آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تهران مورد استفاده قرار گرفت. پس از احیاء قدرت بیمارگری قارچ با عبور از شته سبز هلو، روی محیط کشت Sabouraud Dextrose Agar همراه با آگار (SDAY) در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس کشت شد. سپس، کنیدی‌های خشک و برداشت شده در لوله‌های شیشه‌ای، مطابق روش هنسن و استینبرگ (Hansen and Steenberg, 2007) در دمای ۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. میزان جوانه‌زنی قارچ در ۱۰۰ کنیدی در چهار ناحیه از ظرف پتری برابر با ۱۰۰ درصد بود. برای تهیه اجساد شته حاوی اسپور قارچ، ابتدا تعدادی شته برای شش ثانیه در سوسپانسیون قارچی (حاوی قارچ در محلول ۰/۰۲ توین ۸۰) غوطه‌ور و سپس روی برگ-های بادمجان داخل ظروف پتری حاوی آب-آگار دو درصد در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۷۰ درصد و دوره نوری ۸ : ۱۶ (روشنایی:تاریکی) تا زمان مرگ گذاشته شدند. اجساد شته روی کاغذ صافی استریل مرطوب در ظروف پتری (۵۸ میلی متر قطر) تا اسپورزایی قارچ قرار گرفتند.

زیست‌سنجی توسط بویایی سنج Y- شکل[3]

در این آزمایش از یک لوله بویایی سنج Y- شکل (Baverstock *et al.*, 2005) (به قطر ۲/۵ سانتی‌متر) از جنس شیشهٔ پیرکس دارای بازوی ورودی اصلی به طول ۲۰ سانتی‌متر و دو بازوی دیگر به طول ۱۸ سانتی‌متر (با زاویهٔ ۷۵ درجه) به‌طور افقی در اتاقک رشد با دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۷۰ درصد و دوره نوری ۸ : ۱۶ ساعت (روشنایی:تاریکی) برای تعیین واکنش پارازیتویید *A.*

[1]. Microcosm
[2]. Plexiglas
[3]. Y-tube bioassay

Archive of SID

www.SID.ir

matricariae در رودررویی با رایحه‌های مختلف استفاده شد. هر یک از دو بازوی فرعی که با زاویه ۷۵ درجه نسبت به‌هم قرار داشتند توسط شیلنگ پلاستیکی به یک جعبه استوانه‌ای طلقی (۲۷ سانتی‌متر قطر و ۴۰ سانتی‌متر ارتفاع) متصل شدند. یک پمپ هوا، جریان هوایی معادل ۴۰۰ سانتی‌متر مکعب در هر بازو ایجاد می‌کرد.

ده پارازیتویید مادهٔ جوان یک روزه از طریق ورودی بازوی اصلی داخل شدند. پس از ۳۰ دقیقه تعداد ماده‌های به تله افتاده در انتهای هر بازودر قیف‌های پلاستیکی شمارش و تعداد افراد بی پاسخ[1] نیز ثبت شدند. بویایی سنج بطور مرتب با شوینده، استون، آب مقطر و الکل پس از هر آزمایش تمیز شد. وضعیت جریان رایحه‌ها بین طرف راست و چپ پس از هر آزمایش برای اجتناب از تأثیرات فضایی تغییر داده شد. شش تیمار هر کدام با شش تکرار به این شرح انجام شد: (۱) گیاهان سالم در مقابل هوای پاک (شاهد)، (۲) گیاهان سالم به علاوه اجساد شته حاوی اسپور در مقابل هوای پاک (شاهد)، (۳) گیاهان خسارت دیده در مقابل هوای پاک (شاهد)، (۴) گیاهان خسارت دیده به علاوه اجساد شته حاوی اسپور درمقابل هوای پاک (شاهد)، (۵) گیاهان سالم در مقابل گیاهان سالم به علاوه اجساد شته حاوی قارچ و (۶) گیاهان خسارت دیده در مقابل گیاهان خسارت دیده به علاوه اجساد شته حاوی اسپور.

برای ایجاد حالت خسارت دیده در گیاهان بادمجان تعداد ۴۰ شته از سنین مختلف روی گیاه قرار داده شد. پس از ۷۲ ساعت و قبل از شروع آزمایش شته‌ها حذف شدند. در تیمارهای حاوی قارچ از یک پتری دیش به قطر ۹۰ میلی‌متر حاوی اجساد شته اسپورزایی شده روی کاغذ صافی مرطوب استفاده شد و در مقابل، همین تعداد جسد غیر آلوده شته قرار گرفت.

[1]. Non-responded

اثر اجساد شته حاوی اسپور قارچ *B. bassiana* بر رفتار کاوشگری زنبور پارازیتویید *A. matricariae* (آزمون غیر انتخابی)

در این آزمایش، از گیاهان ۶۰ روزه بادمجان استفاده شد. اجساد شته حاوی اسپور روی دیسک‌های آب–آگار ۲ درصد به قطر یک سانتی‌متر قرار گرفتند. روی هر برگ بادمجان یک دیسک حاوی دو عدد جسد شته حاوی اسپور قارچ قرار گرفت. حالت خسارت دیده در گیاه بادمجان همانند آزمایش قبل ایجاد شد. رفتار کاوشگری زنبورهای پارازیتویید ماده جوان یک روزه شامل رفتار جستجوگری[2] (راه رفتن روی سطح گیاه)، یا انجام سایر رفتارها مانند تمیز کردن[3]، استراحت[4] و تعداد تلاش‌های تخمریزی[5] در شش تکرار از هر تیمار ذیل به مدت ۳۰ دقیقه بررسی و زمان هر کدام از رفتارها ثبت شد: ۱) گیاه سالم با ۱۵ پوره سن سوم شته سبز هلو، ۲) گیاه سالم با اجساد شته اسپورزایی شده، (۳) گیاه خسارت دیده همراه با ۱۵ پوره سن سوم شته سبز هلو ، (۴) گیاه خسارت دیده همراه با اجساد شته اسپورزایی شده. گیاه بادمجان درداخل طلق استوانه‌ای به قطر ۲۷ و ارتفاع ۴۰ سانتی-متر قرار داده شد. این آزمایش در دمای ۱± ۲۵ درجه سلسیوس ، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۷۰ درصد و دوره نوری ۸: ۱۶ (روشنایی:تاریکی) انجام شد.

اثر اجساد شته حاوی اسپور قارچ *B. bassiana* بر زمان ترک کلنی شته سبز هلو توسط زنبور پارازیتویید *A. matricariae* (آزمون انتخابی)

هفتاد و دو ساعت قبل از شروع آزمایش، دو گیاه ۶۰ روزه بادمجان داخل یک طلق مکعب مستطیل به ابعاد ۵۰ ×۴۰×۴۰ سانتی‌متر به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داده شد. حالت خسارت دیده در گیاه بادمجان همانند آزمایش‌های قبل ایجاد شد. سی دقیقه قبل از شروع آزمایش، ۱۵ پوره سن

[2]. Searching behaviour
[3]. Grooming behaviour
[4]. Resting behaviour
[5]. Ovipositional attempts

Archive of SID

www.SID.ir

سوم شته به گیاه سمت راست و ۱۵ جسد پوره شته حاوی اسپور قارچ نیز به طور تصادفی روی گیاه سمت چپ منتقل شد. سپس یک زنبور پارازیتویید ماده یک روزه در بالای گیاه حاوی قارچ رهاسازی و به مدت ۳۰ دقیقه زمان صرف شده روی هر گیاه توسط پارازیتویید با مشاهده مستقیم ثبت شد. این آزمایش با جعبه‌های حاوی گیاهان سالم نیز تکرار شد. هر تیمار شامل شش تکرار بود. آزمایش در اتاقک رشد با دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۷۰ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (روشنایی:تاریکی) انجام شد.

تجزیه آماری داده‌ها

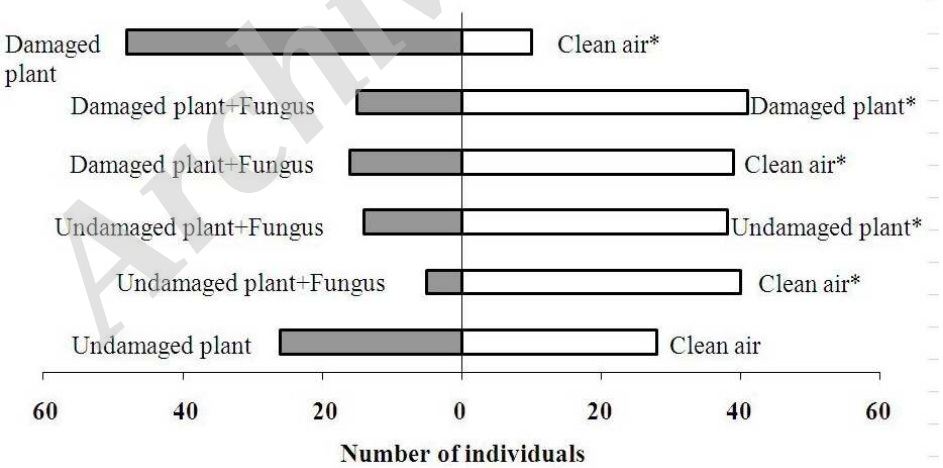
برای مقایسه میزان تاثیر اجساد شته حاوی اسپور قارچ روی نرخ ورود زنبور پارازیتویید به داخل کلنی شته با استفاده از دستگاه بویایی‌سنج در حالات مختلف، از آزمون Chi-Square و نرم‌افزار Excel 2003 استفاده شد.

مقایسه ارتوگونال طرح کاملاً تصادفی (برنامه GLM در نرم افزار SAS (SAS, 1989)) برای ارزیابی اثر اجساد شته حاوی اسپور قارچ بر رفتار غذا کاوی زنبور پارازیتویید (آزمون غیر انتخابی) و اثر این اجساد بر زمان ترک کلونی توسط زنبور پارازیتویید (آزمون انتخابی) مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

زیست‌سنجی توسط بویایی‌سنج Y- شکل

بر اساس نتایج به‌دست آمده، اختلاف معنی‌داری در تعداد زنبورهای پارازیتویید *A. matricariae* وارد شده به تله در پاسخ به گیاهان سالم در مقابل هوای پاک (شاهد) مشاهده نشد ($P> ۰/۰۵$ و $\chi^2= ۰/۰۵$) (شکل ۱). در حالی که ۸۰ درصد زنبورهای پارازیتویید جوان به رایحه‌های گیاهان خسارت دیده در مقابل هوای پاک (شاهد) از خود عکس-العمل نشان داده و به آن جلب شدند ($P< ۰/۰۱$ و $\chi^2= ۲۶/۶$). در حالتی که گیاه خسارت دیده با قارچ همراه بود، زنبورهای پارازیتویید بیشتر به سمت گیاه خسارت دیده بدون قارچ حرکت کردند ($P< ۰/۰۱$ و $\chi^2= ۱۳/۸$).



شکل ۱- تعداد پارازیتویید‌های *Aphidius matricariae* وارد شده به داخل تله‌های دستگاه بویایی سنج Y-شکل در حضور یا عدم حضور قارچ *Beauveria bassiana* و رایحه‌های گیاهی القا شده توسط شته در گیاه بادمجان (*P<۰/۰۵)

Figure 1. Number of introduced parasitoids, *Aphidius matricariae*, into Y-tube olfactometer in the presence or absence of *Beauveria bassiana* and aphid induced eggplant volatiles (*P< 0.05)

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج آزمایش نشان داد حضور قارچ باعث دور شدن افراد پارازیتویید و بالعکس باعث جلب آن‌ها به بازوی فاقد قارچ در بویایی‌سنج شد. افراد پارازیتویید به طور معنی‌دار به سمت هوای پاک (شاهد) حرکت کردند در حالی که عده کمی به سمت گیاه خسارت دیده همراه با قارچ جلب شدند ($P< ۰/۰۱$ و $\chi^2= ۱۱/۸$). این مساله درمورد حرکت زنبورهای پارازیتویید به طرف گیاه سالم در مقابل گیاه سالم همراه با قارچ نیز صادق بود ($P< ۰/۰۱$ و $\chi^2= ۱۴/۲$). از آنجا که افراد کامل پارازیتویید قسمت مهمی از زندگی خود را صرف جستجوی مکان‌هایی می‌کنند که میزبانشان به طور بالقوه در آنجا یافت می‌شوند، علایم بویایی جهت یافتن لکهٔ[1] میزبان بسیار مهم‌تر از سایر علایم است که می‌تواند در فواصل بسیار طولانی عمل کند (Fellowes *et al.*, 2005). نتایج فوق نیز نشان داد زنبور پارازیتویید *A. matricariae* از علایم بویایی به‌خوبی در رفتار کاوشگری خود بهره برده است.

تحقیقی دیگر اثبات کرد زنبور پارازیتویید *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) از هر دو علایم اطلاع‌رسان شیمیایی[2] و فیزیکی برای مکان‌یابی و تشخیص میزبان اصلی‌اش، شته *Acyrthosiphon pisum* (Harris) (Hem.: Aphididae) استفاده کرده است. به‌طوری‌که در مراحل اولیه مکان‌یابی میزبان توسط زنبور پارازیتویید، رایحه‌های گیاهی به‌ویژه آن‌هایی که توسط شته‌های در حال تغذیه از گیاه القاء می‌شوند، علایم مهم و با دامنه وسیع تلقی شدند (Powell *et al.*, 1998). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که زنبور *A. matricariae* قادر به تشخیص رایحه‌های القاء شده توسط شته سبز هلو در گیاه بادمجان و رایحه‌های آزاد شده از قارچ بیمارگر بوده و از قارچ اجتناب کرده است. البته جلب‌کننده‌های[3] تماسی موجود در کوتیکول میزبان، ترشحات کورنیکول و علایم بینایی نیز در مکان‌یابی، تشخیص و پذیرش میزبان دخیل هستند (Powell *et al.*, 1998).

مشابه نتایج به‌دست آمده در مورد زنبور پارازیتویید *A. matricariae*، افراد نر و ماده سن شکارگر *Anthocoris nemorum* L. (Hemiptera: Anthocoridae) نیزسطوح برگ آلوده به قارچ بیمارگر *B. bassiana* را شناسایی و از آن‌ها اجتناب کردند. به این صورت که افراد ماده با اجساد حاوی اسپور قارچ مواجه شدند ولی به سرعت عقب‌نشینی کردند. افراد ماده نیز به طور معنی‌دار تخم‌های بیشتری در برگ غیر آلوده در مقایسه با برگ تیمار شده با کنیدی‌های قارچ قرار دادند. در حالی‌که، خاک آلوده به قارچ بیمارگر *B. bassiana* اثری روی رفتار یا زمان استقرار سن شکارگر در لکه نداشته است (Meyling and Pell, 2006).

بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، بررسی رفتار غذا کاوی زنبور پارازیتویید *A. ervi* تحت تاثیر قارچ *Pandora neoaphidis* (Remaudiere & Hennebert) با استفاده از بویایی سنج Y–شکل نشان داد زنبور پارازیتویید بدون توجه به حضور قارچ، به کلنی‌های شته حاوی اجساد حاوی قارچ وارد شد و وضعیت گیاه، تأثیری بر جلب زنبور به طرف کلنی آلوده و سالم شته نداشت. همچنین آزمایش‌های مشاهده‌ای در مورد رفتار این زنبور پارازیتویید، اختلاف معنی‌داری در زمان جستجو یا زمان کل کاوشگری پارازیتویید روی گیاهان حاوی شته سالم و اجساد شته حاوی قارچ نشان نداد. این امر ممکن است شایستگی پارازیتویید را با جستجو درکلنی شته‌های آلوده به قارچ به شدت کاهش دهد (Baverstock *et al.*, 2005) چرا که زنبور پارازیتویید *A. ervi* بر خلاف زنبور *A. matricariae* نمی‌تواند وجود قارچ بیمارگر را قبل از ورود به داخل کلنی شته‌های آلوده تشخیص دهد.

در بررسی‌های انجام شده توسط فاضلی دینان و همکاران (Fazeli-Dinan *et al.*, 2015) با استفاده از بویایی سنج، نشان داده شد که زنبور *Encarsia formosa* Gahan (Hym.: Aphelinidae) پارازیتویید سفیدبالک گلخانه ای،

[1]. Patch
[2]. Semiochemical
[3]. Kairomones

Archive of SID

www.SID.ir

قادر به تشخیص قارچ بیمارگر *Lecanicillium longisporum* Zare & Gams نیست.

زنبور *Cephalonomia tarsalis* (Ashmead) (Hym.: Bethylidae)، پارازیتویید شپشه دندانه‌دار *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Col.: Silvanidae) نیز قادر به شناسایی و اجتناب از کنیدی‌های قارچ *B. bassiana* یا سوسک‌های آلوده به قارچ نبود (Lord, 2001). در این مورد نیز برخلاف نتایج مربوط به زنبور *A. matricariae*، قارچ بیمارگر نه تنها بر سر منابع میزبان با پارازیتویید رقابت می‌کند بلکه به طور مستقیم می‌تواند آن را آلوده سازد.

کرسپو و همکاران (Crespo *et al.*, 2008) ترکیبات آلی فرار رها شده توسط قارچ *B. bassiana* رشد یافته روی دو منبع کربن مختلف را بررسی کردند و نشان دادند ترکیبات فرار اصلی در کشت‌های رشد یافته روی گلوکز شامل دی ایزوپروپیل، نفتالن‌ها[1]، اتانول[2] و سسکویی‌ترپن‌ها[3] بودند و در مورد قارچ‌هایی که روی آلکان رشد یافتند، ان-دکان[4] بیشترین میزان را در ترکیبات آلی رایحه به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد زنبور پارازیتویید *A. matricariae* قادر به تفکیک این ترکیبات از رایحه‌های گیاه بادمجان است یا وجود این ترکیبات باعث مخفی ماندن رایحه‌های گیاه بادمجان برای پارازیتویید می‌شود.

اثر اجساد شته حاوی اسپور قارچ *B. bassiana* بر رفتار کاوشگری زنبور پارازیتویید *A. matricariae* (آزمون غیر انتخابی)

وجود یا عدم وجود رایحه‌های گیاه بادمجان تاثیری بر تعداد تلاش‌های تخمریزی افراد ماده زنبور پارازیتویید نداشت ($P> ۰/۰۵$ و $F_{۱و۲۳}= ۰/۰۹$) (شکل ۲). در حالی که وجود قارچ به طور معنی‌دار بر تعداد تلاش‌های تخمریزی آن‌ها موثر بود ($P< ۰/۰۰۱$ و $F_{۱و۲۳}= ۲۶۱۲/۲۳$). میانگین تعداد تلاش‌های تخمریزی در گیاه سالم به علاوه شته، گیاه خسارت دیده به علاوه شته، گیاه سالم به علاوه اجساد شته حاوی قارچ و گیاه خسارت دیده همراه اجساد شته حاوی قارچ به‌ترتیب برابر با ۰/۶۰± ۱۱/۱۷ و ۰/۷۶± ۱۱/۵، صفر و صفر بود.

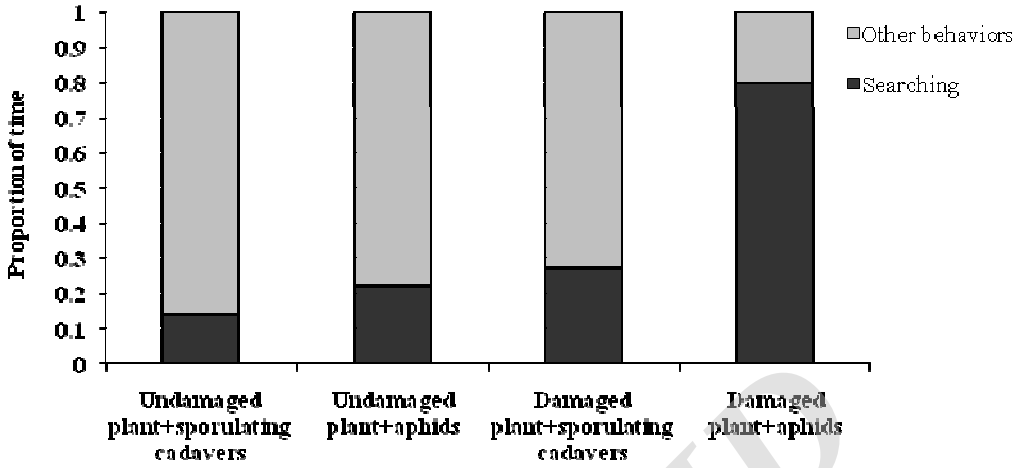
نتایج نشان داد شرایط گیاه بر زمان صرف شده برای جستجوگری زنبور پارازیتویید (راه رفتن روی سطح گیاه) اثر معنی‌دار داشت ($P< ۰/۰۰۱$ و $F_{۱و۲۳}= ۱۶۲/۰۲$) که این مورد به همراه پژوهش‌های دیگر، حاکی از نقش رایحه‌های گیاهی به عنوان علایم مشخص و قابل اعتماد برای یافتن میزبان توسط دشمن طبیعی می‌باشد (Dicke and Baldwin,2010; Kessler and Heil,2011; Meiners and Peri, 2013). میانگین زمان صرف شده برای جستجوگری روی گیاهان سالم و خسارت دیده به‌ترتیب ۵۱/۲۶±۳۲۲/۸۵ و ۱۴۳/۳۵± ۹۶۳/۳۳ ثانیه بود.

وجود قارچ نیز بر جستجوگری زنبورهای پارازیتویید اثر معنی‌دار داشت ($P< ۰/۰۰۱$ و $F_{۱و۲۳}= ۱۱۸/۲۱$). میانگین زمان صرف شده برای جستجوگری روی گیاهان حاوی قارچ و حاوی شته سالم به‌ترتیب ۵۳/۰۰ ± ۳۶۹/۵۵ و۱۵۹/۳ ± ۹۱۶/۶۳ ثانیه ثبت شد. بر همکنش میان وجود رایحه گیاه بادمجان و حضور قارچ نیز بر زمان جستجوگری زنبورهای پارازیتویید ماده اثر معنی‌دار داشت ($P< ۰/۰۰۱$ و $F_{۱و۲۳}= ۶۳/۲۱$). همچنین، وجود رایحه‌های گیاه بادمجان القاء شده توسط شته سبز هلو بر زمان صرف شده برای استراحت ($P< ۰/۰۱$ و $F_{۱و۲۳}= ۹/۶۹$) و نظافت ($P< ۰/۰۰۱$ و $F_{۱و۲۳}= ۹۱/۷۸$) زنبور پارازیتویید اثر معنی‌دار داشت. بر این اساس، افراد ماده مدت زمان بیشتری را به استراحت و نظافت روی گیاه سالم گذراندند. بالعکس، وجود قارچ اثر معنی‌دار بر زمان استراحت ($P> ۰/۰۵$ و $F_{۱و۲۳}= ۰/۶$) و نظافت ($P> ۰/۰۵$ و $F_{۱و۲۳}= ۰/۵$) زنبور پارازیتویید نداشت.

[1]. Diisopropyl naphthalenes
[2] Ethanol
[3]. Sesquiterpenes
[4]. N- decane

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- میانگین زمان نسبی صرف شده توسط زنبور پارازیتویید جوان *Aphidius matricariae* برای جستجوگری (راه رفتن روی سطح گیاه) و سایر رفتارها (استراحت و نظافت) روی گیاهان خسارت دیده و یا سالم در حضور و یا عدم حضور قارچ *Beauveria bassiana*

Figure 2. Mean proportion of time spent by naive wasp parasitoid, *Aphidius matricariae*, for searching (walking on plant surface) and other behaviors (resting and grooming) on damaged and/or undamaged plants and in the presence or absence of *Beauveria bassiana*

مدل‌های کاوشگری بهینه پیش‌بینی می‌کنند که پارازیتویید‌های ماده باید از لکه‌های غنی از میزبان نسبت به لکه‌های فقیر به مدت طولانی‌تری بهره ببرند. بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داد که پارازیتویید‌ها از ترکیبات شیمیایی تولید شده توسط میزبان و برخوردهای مستقیم با آن‌ها جهت برآورد کیفیت لکه استفاده کردند. به طور مثال، همانند زنبور *A. matricariae* در این تحقیق، افراد مادهٔ زنبور پارازیتویید *Lysiphlebus testaceipes* Cresson (Hym.: Braconidae) نیز برای ارزیابی کیفیت لکه و تنظیم رفتار شان در استفاده از آن، ترکیبی از پاسخ گیاهان خسارت دیده توسط میزبان و برخوردهای مستقیم با میزبان را مورد استفاده قرار دادند (Tentelier *et al.*, 2005). افراد مادهٔ آلوده به قارچ *P. fumosoroseus* از زنبورهای *A. asychis* نیز فعالیت کاوشگری کمتری نسبت به ماده‌های سالم داشتند اما دارای باروری برابر با افراد سالم بودند و تنها مرگ زودرس زنبور پارازیتویید منجر به کاهش تعداد شته‌های مورد حمله به ازاء هر فرد ماده شد (Lacey *et al.*, 1997).

مشابه تحقیق حاضر، افراد مادهٔ زنبور *Trybliographa rapae* Westwood (Hym.: Figitidae)، پارازیتویید لارو مگس ریشه کلم *Delia radicum* (L.) (Dip.: Anthomyiidae)، تخم های خود را بیشتر در لاروهای سالم قرار دادند و کمتر در لاروهای آلوده به قارچ بیمارگر حشرات، *Metarhizium brunneum* Petch تخمریزی کردند (Rännbäck *et al.*, 2015).

بر خلاف نتایج به‌دست آمده در مورد رفتار جستجوگری زنبور *A. matricariae*، آزمایش‌های گیاه کامل برای بررسی اثر اجساد شته حاوی اسپور قارچ *P. neoaphidis* بر رفتار کاوشگری کفشدوزک هفت نقطه‌ای *C. septempunctata* L. (Col.: Coccinellidae) روی گیاهان خسارت دیده و سالم نشان داد شرایط گیاه یا وجود اجساد حاوی اسپور قارچ، بر میانگین تعداد شته‌های خورده

Archive of SID

www.SID.ir

شده تاثیر معنی‌دار نداشت. همچنین برهمکنشی میان گیاهان خسارت دیده و اجساد حاوی اسپورقارچ مشاهده نشد. اما وجود اجساد حاوی اسپور قارچ باعث شد کفشدوزک زمان بیشتری را صرف جستجوی شکار خود کند (Baverstock, 2004). در حالی‌که سن شکارگر *A. nemorum* وقتی به اجبار وارد محیط آلوده به قارچ *B. bassiana* شود با بی‌میلی روی سطح برگ‌ها راه می‌رود و برای ارزیابی حضور قارچ باید به طور فیزیکی با لکه حاوی کنیدی قارچ *B. bassiana* تماس پیدا کند. سن شکارگر به علایم مربوط به زیستگاهی که در آن تغذیه می‌کند سازگار می‌شود و در حالی‌که به جستجوی طعمه می‌پردازد، به علایم خطر پاسخ می‌دهد (Meyling and Pell, 2006).

مشخص است اجتناب از سطح برگ‌های آلوده خطر آلودگی به قارچ بیمارگر را کاهش می‌دهد. اجتناب از علایم مختص به قارچ، تفسیر احتمالی رفتار اجتنابی مشاهده شده است و این علایم به ظاهر در ارتباط با ترکیبات روی سطح کنیدی یا حل شده در توین ۸۰ است. پارازیتویید‌های شته همانند *A. matricariae* نیز با اجتناب از میزبان‌های آلوده به بیمارگرهای قارچی و با کاهش مرگ نوزادان، شایستگی خود را افزایش می‌دهند.

اثر اجساد شته حاوی اسپور قارچ *B. bassiana* بر زمان ترک کلنی شته سبز هلو توسط زنبور پارازیتویید *A. matricariae* (آزمون انتخابی)

وجود رایحه‌های گیاه بادمجان القاء شده توسط شته سبز هلو بر زمان ترک کلنی توسط زنبور پارازیتویید اثر معنی‌دار داشت ($P< ۰/۰۵$ و $F_{۱و۱۱}= ۹/۴۱$) به طوری‌که مدت زمان بیشتری روی گیاه خسارت دیده سپری کرد و گیاه سالم را زودتر ترک نمود (شکل ۳). حضور یا عدم حضور قارچ بر زمان ترک کلنی شته توسط زنبور پارازیتویید اثر معنی‌دار نداشت ($P> ۰/۰۵$ و $F_{۱و۱۱}= ۳/۸۳$). برهمکنش میان وجود رایحه گیاه بادمجان و حضور قارچ نیز بر زمان ترک کلنی توسط زنبور پارازیتویید ماده اثر معنی‌دار نداشت ($P> ۰/۰۵$ و $F_{۱و۱۱}= ۰/۰۴$).

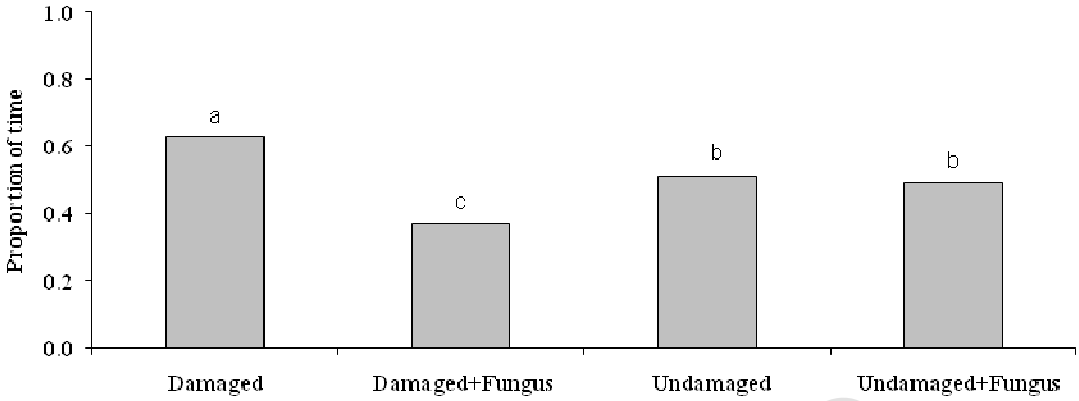
درون یک لکه، رفتار کاوشگری پارازیتویید تحت تاثیر تراکم میزبان، کیفیت میزبان و رفتار دفاعی آن قرار می‌گیرد. علاوه بر آن، موفقیت تولید مثلی پارازیتویید به ویژگی‌های گیاه نیز بستگی دارد (Weisser, 1995). کاوشگر باید تغییرات لکه و کیفیت زیستگاه را بررسی کند تا بدون اتلاف وقت و به طور موثر در سایر لکه‌ها نیز سرمایه‌گذاری کند. بنابر این، سازوکار تصمیم‌گیری که عزیمت کاوشگر (پارازیتویید یا شکارگر) را از لکه تنظیم می‌کند یکی از مراحل کلیدی تعیین‌کننده در موفقیت کاوشگری آن است. کاهش غلظت کایرومون می‌تواند محرک تمایل به ترک لکه توسط زنبور پارازیتویید باشد. تخم‌ریزی‌های انجام شده نیز باعث افزایش ناگهانی تمایل به ترک می‌شود (Driessen and Bernstein, 1999). بر این اساس نتایج نشان داد رایحه‌های گیاهی که با خسارت شته سبز هلو در گیاه القاء شد عامل اصلی ماندگاری زنبور پارازیتویید *A. matricariae* در لکه می باشد. چراکه برخی رایحه‌ها، ترکیبات شیمیایی هستند که در پاسخ به ایجاد زخم در گیاهان تولید می‌شوند. سینومون‌ها[1] ممکن است به طور سیستمیک از تمام گیاه و نه فقط از ساختارهای آسیب دیده ناشی شوند. آزاد سازی سینومون‌ها از کل گیاه واندازه تودهٔ بو، می‌تواند فرصتی را که یک دشمن طبیعی برای پیدا کردن یک گیاه لازم دارد، افزایش دهد (Bottrell and Barbosa, 1998).

برهمکنش درون رسته میان حشره و عوامل بیمارگر بسیار پیچیده است. هنگامی که دشمن طبیعی حشره به بیمارگر میزبانش حساسیت داشته باشد، خطر آلودگی مستقیم همانند رقابت برای یک منبع، خطرناک است و ممکن است رفتارش را در پاسخ به آن تغییر دهد (Roy *et al.*, 2006).

[1]. Synomones

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- میانگین زمان نسبی صرف شده توسط زنبور پارازیتویید جوان *Aphidius matricariae* روی گیاهان خسارت دیده و یا سالم در حضور و یا عدم حضور قارچ *Beauveria bassiana*

Figure 3. Mean proportion of time spent by naive parasitic wasp, *Aphidius matricariae* on damaged and/or undamaged plants and in the presence or absence of *Beauveria bassiana*

اما آزمون انتخابی در مورد زنبور پارازیتویید *A. matricariae* این تغییر رفتار را در رودررویی اجباری با قارچ نشان نداد. در برخی موارد نیز مشاهده شده است که زمان ماندن زنبور پارازیتویید در لکه با حضور رقیب، افزایش می‌یابد (Stockermans and Hardy, 2013).

بررسی دیگر در مورد آلودگی دو جدایه قارچ (Zimm.) *L. lecanii* Zare & Gams روی لاروهای بالتوری سبز نشان داد یک جدایه نسبت به لاروهای سن سوم بسیار بیمارگر بود و بر تغذیه و ظرفیت جستجوگری آن‌ها اثر مخرب داشت و باعث کاهش ظهور افراد کامل شد. تغذیه لاروها با شته‌های آلوده نیز نتایج مشابه داشت (Sewify and Arnouty, 1998). این نتایج بر لزوم تعیین زمان رهاسازی هر دو عامل کنترل بیولوژیک یعنی قارچ بیمارگر *B. bassiana* جدایهٔ EUT116 و زنبور پارازیتویید *A. matricariae* در مزرعه و انتخاب جدایه‌های دارای قدرت انتخاب میزبان تاکید می‌نماید. کارایی در تشخیص دشمنان و پاسخ دفاعی به موقع مانند اجتناب از آن‌ها دارای منافع بدیهی برای بندپایان است. آزمایش‌ها نشان دادند زنبور پارازیتویید *A. matricariae* قادر به تشخیص قارچ بیمارگر و اجتناب از ورود به کلنی شته های آلوده می‌باشد و در صورت ورود از تخمریزی و تماس با قارچ خودداری می‌کند. نتایج نشان داد اطلاعات شیمیایی ارسال شده از گیاه بادمجان و قارچ بیمارگر *B. bassiana* جدایه EUT116 دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای در اتخاذ تصمیم‌های بهینه برای کاوشگری و افزایش شایستگی زنبور پارازیتویید *A. matricariae* جهت کنترل شته سبز هلو می‌باشد. کاربرد دشمنان طبیعی مانند پارازیتوییدها و عوامل بیمارگر مانند قارچ‌های بیمارگر حشرات، به‌عنوان محور اصلی مدیریت حشرات آفت به‌خوبی شناخته شده است اما پژوهش-ها در مورد برهمکنش و کاربرد دو عامل کنترل بیولوژیک کافی نیست. استفاده از دو عامل کنترل بیولوژیک مهم یعنی زنبور پارازیتویید *A. matricariae* و قارچ بیمارگر *B. bassiana* جدایه EUT116، بدون داشتن هیچ‌گونه برهمکنش تضعیف‌کننده بر یکدیگر، با تولید انبوه و رهاسازی علیه شته‌ها می‌تواند کارایی کنترل این آفات را در برنامه‌های مدیریتی افزایش دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

References

Baverstock, J. 2004. Interactions between aphids, their insect and fungal natural enemies and the host plant. Ph.D. thesis. The University of Nottingham.

Baverstock, J., Alderson, P. G. and Pell, J. K. 2005. Influence of the aphid pathogen *Pandora neoaphidis* on the foraging behaviour of the aphid parasitoid *Aphidius ervi*. **Ecological Entomology** 30: 665-672.

Blande, J. D., Pickett, J. A. and Poppy, G. M. 2007. A comparison of semiochemically mediated interactions involving specialist and generalist brassica-feeding aphids and the braconid parasitoid *Diaeretiella rapae*. **Journal of Chemical Ecology** 33:767-779.

Bottrell, D. G. and Barbosa, P. 1998. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: A realistic strategy? **Annual Review of Entomology** 43: 347-67.

Brobyn, P. J., Clark, S. J. and Wilding, N. 1988. The effect of fungus infection of *Metopolophium dirhodum* (Hom.: Aphididae) on the oviposition behaviour on the aphid parasitoid *Aphidius rhopalosiphi* (Hym.: Aphidiidae). **Entomophaga** 33: 333-338.

Burger, J. M. S., Huang, Y., Hemerik, L., van Lenteren, J. C. and Vet, L. E. M. 2006. Flexible use of patch-leaving mechanisms in a parasitoid wasp. **Journal of Insect Behavior** 19(2): 155-170.

Couchoux, C. and van Nouhuys, S. 2014 Effects of Intraspecific competition and host-parasitoid developmental timing on foraging behavior of a parasitoid wasp. **Journal of Insect Behavior** 27: 283-301.

Crespo, R., Pedrinia, N., Juareza, M. P. and Dal Bellob, G. M. 2008. Volatile organic compounds released by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. **Microbiological Research** 163: 148-151.

De Farias, A. M. I. and Hopper, K. R. 1999. Oviposition behavior of *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae) and defense behavior of their host *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology** 28: 858-862.

Dicke, M. and Baldwin, I. T. 2010. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the cry for help'. **Trends in Plant Science**15: 167-175.

Driessen, G. and Bernstein, C. 1999. Patch departure mechanisms and optimal host exploitation in an insect parasitoid. **Journal of Animal Ecology** 68: 445-459.

Fazeli-Dinan, M., Talaei-Hassanloui, R., Allahyari, H., Kharazi-Pakdel, A. and Mohammadi, H. 2015. Olfactometric responses of *Encarsia formosa* (Hym.:Aphelinidae) to odors of infested greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae), by *Lecanicillium longisporum* treated on cucumber leaves. **Plant Pests Research** 5(1): 1-12.

Fellowes, M. D. E., van Alphen, J. J. M. and Jervis, M. A. 2005. Foraging behaviour. In Jervis, M. A. (Ed.). Foraging behaviour. Insects as natural enemies: A practical perspective. Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp. 1-71.

Hardy, I. C. W., Goubault, M. and Batchelor, T. P. 2013. Hymenopteran contests and agonistic behaviour. In: Hardy, I. C. W. and Briffa, M. (Ed.). Animal contests. Cambridge University Press, UK, pp. 5-32.

Furlong, M. J. and Pell, J. K. 1996. Interactions between the fungal entomopathogen *Zoophthora radicans* Brefeld (Entomophthorales) and two hymenopteran parasitoids attacking the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. **Journal of Invertebrate Pathology** 68: 15-21.

Giri, M. K., Pass, B. C., Yeargan, K. V. and Parr, J. C. 1982. Behavior, net reproduction, longevity, and mummy-stage survival of *Aphidius matricariae* (Hym. Aphididae). **Entomophaga** 27: 147-153.

Girling, R. D., Hassall, M., Turner, J. G. and Poppy, G. M. 2006. Behavioural responses of the aphid parasitoid *Diaeretiella rapae* to volatiles from *Arabidopsis thaliana* induced by *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 120: 1-9.

Grasswitz, T. R. 1998. Effect of adult experience on the host-location behavior of the aphid parasitoid *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). **Biological Control** 12: 177-181.

Archive of SID

www.SID.ir

Hansen, L. S. and Steenberg, T. 2007. Combining larval parasitoids and an entomopathogenic fungus for biological control of *Sitophilus granaries* (Coleoptera: Curculionidae) in stored grain. **Biological Control** 40: 237–242.

Hochberg, M. E. and Lawton, J. H. 1990. Competition between kingdoms. **Trends in Ecology and Evolution** 5: 367-371.

Hilker, M. and McNeil, J. 2008. Chemical and behavioral ecology in insect parasitoids: how to behave optimally in a complex odorous environment. In: Wajnberg E., Bernstein C., van Alphen J., (Eds.) Behavioral Ecology of Insect Parasitoids. Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp. 92-112.

Kessler, A. and Heil, M. 2011. Evolutionary ecology of plant defenses. The multiple faces of indirect defenses and their agents of natural selection. **Functional Ecology** 25: 348-357.

Lacey, L. A., Mesquita, A. L. M., Mercadier, G., Debire, R., Kazmer, D. J. and Leclant, F. 1997. Acute and sublethal activity of the entomopathogenic fungus *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on adult *Aphelinus asychis* (Hymenoptera : Aphelinidae). **Environmental Entomology** 26 (6): 1452-1460.

Lord, J. C. 2001. Response of the wasp *Cephalonomia tarsalis* (Hymenoptera: Bethylidae) to *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) as free conidia or infection in its host, the sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae). **Biological Control** 21: 300-304.

Meiners, T. and Peri, E. 2013. Chemical ecology of insect parasitoids: essential elements for developing effective biological control programmes. In: Wajnberg, E. and Colazza, S. (Eds.). Chemical ecology of insect parasitoids. Wiley- Blackwell, Oxford, UK, pp.193-224.

Meyling, N. V. and Pell, J. K. 2006. Detection and avoidance of an entomopathogenic fungus by a generalist insect predator. **Ecological Entomology** 31: 162–171.

Milner, R. J. 1997. Prospects for biopesticides for aphid control. **Entomophaga** 42: 227-239.

Muratori, F., Boivin, G. and Hance, T. 2008. The impact of patch encounter rate on patch residence time of female parasitoids increases with patch quality. **Ecological Entomology** 33: 422-427.

Pell, J. K., Pluke, R., Clark, S. J., Kenward, M. G. and Alderson, P. G. 1997. Interactions between two aphid natural enemies, the entomopathogenic fungus *Erynia neoaphidis* Remaudie` re & Hennebert (Zygomycetes: Entomophthorales) and the predatory beetle *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Invertebrate Pathology** 69: 261-268.

Powell, W., Pennacchio, F., Poppy, G. M. and Tremblay, E. 1998. Strategies involved in the location of hosts by the parasitoid *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). **Biological Control** 11: 104-112.

Rännbäcka, L. M., Cotesa, B., Andersonb, P., Rämerta, B. and Meyling, N. V. 2015. Mortality risk from entomopathogenic fungi affects oviposition behavior in the parasitoid wasp *Trybliographa rapae*. **Journal of Invertebrate Pathology** 124: 78-86.

Roy, H. E., Steinkraus, D. C., Eilenberg, J., Hajek, A. E. and Pell, J. K. 2006. Bizarre interactions and endgames: entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. **Annual Review of Entomology** 51: 331-357.

SAS 1989. SAS/STAT Users Guide, version 6, Vols. 1 and 2. SAS Institute Inc. Cary, NC.

Sewify, G. H. and El Arnaouty, S. A. 1998. The effect of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas on mature larvae of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera, Chrysopidae) in the laboratory. **Acta Zoologica Fennica** 209: 233-237.

Stockermans, B. C. and Hardy, I. C. W. 2013. Subjective and objective components of resource value additively increase aggression in parasitoid contests. **Biology Letters** 9: 4.

Storeck, A., Powell, W., Rehman, A., Poppy, G. M. and van Emden H. F. 2000. The role of plant chemical cues in determining host preference in the aphid parasitoids *Praon myzophagum* and *Aphidius colemani*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 97: 41-46.

Tentelier, C., Wajnberg, E. and Fauvergue, X. 2005. Parasitoids use herbivore-induced information to adapt patch exploitation behaviour. **Ecological Entomology** 30: 739–744.

Todorova, S. I., Coderre, D. and Cote, J. C. 2000. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* isolates toward *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae)

Archive of SID

www.SID.ir

and their predator *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera: Coccinellidae). **Phytoprotection** 81: 15–22.

Wajnberg, E. 2006. Time allocation strategies in insect parasitoids: from ultimate predictions to proximate behavioral machanisms. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 60: 589-611.

Weisser, W. W. 1995. Within-patch foraging behaviour of the aphid parasitoid *Aphidius funebris*: plant architecture, host behaviour, and individual variation. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 76: 133-141.

Yeo, H., Pell, J. K., Alderson, P. G., Clark, S. J. and Pye, B. J. 2003. Laboratory evaluation of temperature effects on the germination and growth of entomopathogenic fungi and on their pathogenicity to two aphid species. **Pest Management Science** 59:156-165.

Zimmermann, G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. **Biocontrol Science and Technology** 17: 553-596.

Archive of SID

www.SID.ir

Plant Pest Research
2016- 6(2): 39-52

Effect of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales) on foraging behaviour of parasitoid wasp, *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae)

M. Rashki[1*], A. Kharazi-pakdel[1], H. Allahyari[1] and J. van Alphen[2]
1. Department of Plant Protection, College of Science and Agricultural Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, 2. Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, Amsterdam University, The Netherlands.

(Received: September 23, 2015- Accepted: April 24, 2016)

Abstract

The objective of the current research was to evaluate the effect of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales), on foraging behaviour of the parasitoid wasp, *Aphidius matricariae* Haliday (Hym.: Braconidae), on whole eggplant under microcosm conditions. A Y-tube olfactometer experiment showed the presence of the fungus caused avoidance of the parasitoid and conversely, its attraction towards the empty arm. Although most of *A. matricariae* significantly moved towards clean air (control), but a few were attracted to damaged eggplants infested with the sporulating aphid cadavers. Moreover, no-choice test for the effect of sporulating aphid cadaver on foraging behaviour of the *A. matricariae* revealed that the presence of the fungus significantly reduced the number of ovipositional attempts. In choice test, the parasitoid spent more time on damaged plants than on intact ones. The presence or absence of the fungus had no impact on allocation time of the parasitoid in an aphid colony. The results indicated that the parasitoid wasp, *A. matricariae*, was able to distinguish the entomopathogenic fungus and avoided entering the infected aphid colony. Nevertheless, when the parasitoid entered to an infected colony, it avoided contacting with the fungus or ovipositing. The results indicated that the released chemical cues of eggplant and also those of the entomopathogenic fungus, *B. bassiana* isolate EUT116, play an important role in the foraging decision making and also for increasing its fitness to control the green peach aphid.

Key words: Searching, fitness, patch, plant condition

***Corresponding author: ma_rashkigh@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir