

اثرات سطوح غذایی بر رفتار میزبان یابی مگس *Pales murina* Mes. پارازیتوئید شب پره برگ خوار *Streblote siva* (Lefebvre) دو نواری

ناصر فرّار^۱، عباسعلی زمانی^۲، ناصر معینی نغده^۳، مصطفی حقانی^{۴*} و ابراهیم عزیزخانی^۵
۱. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر - دانشجوی سابق گروه گیاه پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه
۲. دانشیار گروه گیاه پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۳. استادیار گروه گیاه پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۴. دانشیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۵. استادیار گروه حفاظت و حمایت، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، تهران
(تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۲)

چکیده

مگس پارازیتوئید *Pales murina* Mes. (Dip., Tachinidae) جهت پارازیتسم شب پره برگ خوار دو نواری، *Streblote siva* (Lefebvre) (Lep., Lasiocampidae)، تخم های کوچک خود را روی برگ درختان میزبان حشره آفت قرار می دهد. موفقیت پارازیتسم بستگی به انتخاب گیاه میزبان مناسب جهت تخم ریزی پارازیتوئید، قرار دادن تخم نزدیک میزبان و بلعیده شدن تخم توسط لارو میزبان دارد. هدف از این مطالعه، بررسی اثرات سطوح غذایی گیاه- گیاه خوار بر رفتار میزبان یابی مگس پارازیتوئید و میزان موفقیت آن، است. برای این منظور پاسخ های رفتاری مگس *P. murina* از نظر حس بویایی و بینایی نسبت به لارو، گیاه، مدفوع و بوهای مواد ثانویه متابولیکی متصاعد شده از گیاهان مختلف میزبان حشره آفت با استفاده از دستگاه های بویایی سنج و تونل هوا سنجیده شد. نتایج آزمایش های بویایی سنج نشان داد که تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بین حرکت مگس های پارازیتوئید به سمت تیمار کُنوکارپوس با صدمه زیستی با سایر تیمارها مشاهده شد ($\chi^2=12.019$, $P=0.007$, $df=3$). مگس پارازیتوئید با اختلاف معنی داری به تیمار مدفوع لاروهای شب پره برگ خوار دو نواری نسبت به بقیه تیمارها جلب شد ($\chi^2=9.940$, $P=0.019$, $df=3$). نتایج زیست سنجی تونل هوا اختلاف معنی داری بین کُنوکارپوس با خسارت زیستی نسبت به خسارت مکانیکی ($\chi^2=14.40$, $df=1$, $P=0.000$), کُنوکارپوس با خسارت زیستی در مقابل استبرق با خسارت زیستی ($\chi^2=18.667$, $df=1$, $P=0.000$) و مدفوع در مقابل ماسه مرطوب ($\chi^2=4.90$, $df=1$, $P=0.027$) نشان داد. راهبرد مگس پارازیتوئید *P. murina* برای موفقیت میزبان پارازیتسم و بقا شامل شناسایی محل خسارت توسط لارو میزبان، تشخیص گیاه مناسب، شناسایی مواد ثانویه متابولیکی حاصل از هم کنش گیاه- میزبان و مدفوع لارو میزبان می باشد.

واژه های کلیدی: مگس پارازیتوئید *Pales murina* شب پره برگ خوار دو نواری، سطوح غذایی، میزبان یابی.

Effects of trophic levels on host-finding behavior of *Pales murina* a tachinid parasitoid of *Streblote siva*

Nasser Farrar¹, Abbas Ali Zamani², Nasser Moeeny Naghadeh³, Mostafa Haghani^{4*} and Ebrahim Azizkhani⁵

1. Scientific Board Member of Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center - Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resource, Razi University, Kermanshah, Iran,
2. Associate Professor of Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resource, Razi University, Kermanshah, Iran
3. Assistant Professor of Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resource, Razi University, Kermanshah, Iran.
4. Associate Professor of Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Iran.
5. Assistant Professor of Institute of Forests and Rangelands of Iran.

(Received: January 13, 2016- Accepted: May 2, 2017)

ABSTRACT

Pales murina Mes. (Tachinidae) which is parasitoid of Jujube Lappet moth, *Streblote siva* (Lefebvre) (Lasiocampidae) in south of Iran, deposits numerous small eggs (microtype) on the foliages of their caterpillar hosts. Parasitization is successful when the *S. siva* larva swallow the eggs. To increase parasitization some factors are involved: choosing suitable plants, laying their eggs near the hosts, ingesting eggs by caterpillar host. The behavioral responses of *P. murina* were investigated to odors from its host and hosts plants infested with the fly's host, *S. siva*, in an olfactometer and wind tunnel. It was studied to determine the factors which effect on orientation, searching and host-finding. In this way, they can be detected more readily than volatile cues emitted from herbivores, Semiochemicals infested plants (*Conocarpus erectus* and *Calotropis procera*) and frass. Results of olfactometer showed a significantly higher rate of landing of *P. murina* on caterpillar infested *Conocarpus erectus* than on rest ($\chi^2=12.019$, $P=0.007$, $df=3$). Also differences were detected between treatments fresh frass with the rests ($\chi^2=9.940$, $P=0.019$, $df=3$). Results of bioassay of wind tunnel showed that there was significant difference between caterpillar infested and mechanically wounded *C. erectus* ($\chi^2=14.40$, $df=1$, $P=0.000$), caterpillar infested *C. erectus* vs. *C. procera* ($\chi^2=18.667$, $df=1$, $P=0.000$) and fresh frass vs. sand ($\chi^2=4.90$, $df=1$, $P=0.027$). The results show that *P. murina* exploits a different host-finding strategy to make use of specific semiochemicals coming from suitable plant-herbivore interaction as odors and fresh frass of host in order to increase their parasitization.

Keywords: *Pales murina*, *Streblote siva*, Trophic levels, Host- Finding.

* Corresponding author E-mail: Haghanima@yahoo.com

تازه های تحقیق

برخی از تازه‌های این تحقیق عبارت از "چگونگی افزایش کارایی برخی از پارازیتوییدهای خاص با توجه به شناخت تاثیر سطوح غذایی بر رفتار آنها، چگونگی تشخیص گیاه مناسب از غیر مناسب توسط پارازیتویید، نقش مدفوع تازه در جلب پارازیتویید، اثرات متقابل سیستم گیاه - میزبان - دشمن طبیعی و اثرات متقابل اجزا زنجیره غذایی برای تعیین فراوانی، پراکنش و دینامیسم جمعیت پارازیتویید و دارا بودن راهبرد پیچیده و منطقی پارازیتویید در رابطه با میزبان‌یابی و افزایش بقا" می‌باشد.

مقدمه

مگس *Pales murina* Mes. (Dip., Tachinidae) به‌عنوان یک پارازیتویید در منطقه بوشهر روی تعدادی از گونه‌های بال‌پولکداران از جمله شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*Streblote siva* (Lefebvre) (Lep., Lasiocampidae)) فعالیت دارد. تخم‌های مگس *P. murina* پس از بلعیده شدن در بدن لارو میزبان تفریح می‌شود و لارو مگس پارازیتویید پس از ورود، از بافت‌های چربی تغذیه می‌نماید. لارو پارازیتویید شده میزبان به رشد خود تا تشکیل پیلله ابریشمی ادامه می‌دهد و در این زمان، لارو مگس پارازیتویید به سرعت رشد و نمو نموده و ضمن تغذیه از بدن لارو شب‌پره برگ‌خوار دو نواری داخل پیلله، از آن خارج و تشکیل پوپاریوم می‌دهد (Farrar et al. 2007). فعالیت انگلی این پارازیتویید معمولاً روی لاروهای سن چهارم به بعد شب‌پره برگ‌خوار دو نواری است. لارو مگس *P. murina* در خارج از پیلله میزبان، در نزدیکی آن و در مواردی هم داخل بدن پیش‌شفیره تلف شده میزبان، تبدیل به پوپاریوم می‌شود. از داخل بدن هر میزبان یک تا هفت عدد لارو مگس پارازیتویید خارج می‌شود (Farrar et al. 2007).

شب‌پره برگ‌خوار دو نواری، *S. siva*، در حال حاضر یکی از آفات مهم درختان گنوکارپوس، *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) درختان کُنار، *Ziziphus* spp. (Rhamnaceae) و آکاسیا، *Acacia ampliceps* (Fabaceae) در استان‌های بوشهر، خوزستان (Maslin (Esfandiari et al. 2013)) و هرمزگان است. لارو این

حشره از برگ‌های این درختان تغذیه کرده و ضمن ایجاد خسارت شدید به برگ‌ها، موجب ضعف عمومی درخت و کاهش شدید تولید میوه در درختان کُنار می‌شود (Farrar et al. 2008). این حشره در گذشته خسارت اقتصادی قابل‌توجهی نداشته است، اما پس از کشت گسترده درخت وارداتی گنوکارپوس در اماکن شهری و صنعتی استان‌های بوشهر، خوزستان و هرمزگان، به شدت طغیان نموده و به‌عنوان تهدیدی جدی برای فضای سبز این استان‌ها، به‌ویژه استان بوشهر مطرح شده است (Farrar and Golestaneh 2011).

گیاهان در پاسخ به حشرات گیاه‌خوار، متابولیک‌های ثانویه خاص به‌عنوان سینومون تولید می‌کنند که نشانه حضور میزبان برای پارازیتویید است و این مواد روی رفتار پارازیتوییدها تأثیرگذار است (Turling and Wackers 2004, Dicke and Baldwin 2010). اغلب زنبورهای پارازیتویید (Fukushima et al. 2002) و تعدادی از مگس‌های خانواده Tachinidae که پارازیتویید به‌صورت مستقیم دارند (Ichiki et al. 2008, Hanyu et al. 2011) از این مواد جهت میزبان‌یابی بهره می‌برند. با این حال، هنوز نقش این متابولیک‌ها روی رفتار برخی از مگس‌های خانواده Tachinidae که پارازیتویید غیرمستقیم با تخم کوچک (Microtype) دارند، ناشناخته مانده است (Ichiki et al. 2012).

پارازیتوییدها برای میزبان‌یابی از ترکیبات مختلف شیمیایی، حرکات مستقیم و تصادفی استفاده می‌کنند. افزایش کایرومون‌ها در یک محیط و زیستگاه در برخی موارد کارایی پارازیتویید را برای میزبان‌یابی بیشتر می‌کند. برای مثال زنبورهای تریکوگراما به عصاره شیمیایی بدن شب‌پره میزبان و زنبورهای پارازیتویید متعلق به خانواده Braconidae به عصاره بدن لارو میزبان واکنش نشان می‌دهند (Altieri 1982, Gardner and van Lenteren 1986). پارازیتوییدها قادر به شناسایی ترکیب‌های فرآر متصاعد شده از گیاهان خسارت دیده هستند و تخم‌های خود را در مجاورت لارو میزبان قرار می‌دهند (Pichersky 2004). جلب یک گونه مگس تاکینید پارازیتویید لارو *Diprion hercyniae* (Htg.) به بوی گیاهان مسن، نشان داد که حشره میزبان و پارازیتویید آن، گیاهان مسن‌تر را ترجیح می‌دهند

murina پس از خروج از بدن میزبان، در ظروف پرورش استوانه‌ای پلاستیکی شفاف به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری پرورش داده شد. جهت تأمین تهویه، دو سوراخ به قطر سه سانتی‌متر در دو طرف بدنه ظروف تعبیه و به وسیله پارچه توری ۱۲۰ مش پوشانده شد. به منظور گذران دوره قبل از تخم‌ریزی که حدود ۱۵ تا ۳۰ روز می‌باشد (Farrar et al. 2010)، تعداد ۹۰ جفت مگس نر و ماده انتخاب و هر جفت در قفس‌های پرورش ذکر شده به‌طور جداگانه قرار داده شد. برای تغذیه حشرات نر و ماده مگس پارازیتوئید، نوارهای کاغذی آغشته به عسل رقیق شده (ده درصد) در داخل قفس‌های پرورش گذاشته شد.

آماده‌سازی مواد آزمایشی (تیمارها)

به‌منظور تهیه برگ با خسارت توسط لاروها (خسارت زیستی)، یک شاخه ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متری با برگ از درختان گنوکارپوس و درختچه استبرق، *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Asclepiadaceae) در یک ارلن مایر ۱۵۰ میلی‌لیتری که حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب بود، قرار داده شد. سپس برای ایجاد خسارت، تعداد ده عدد لارو سن آخر شب‌پره برگ‌خوار دو نواری روی برگ‌ها گذاشته شد و پس از ۵ ساعت، لاروها و مدفوع آن‌ها با برس ظریف از ظرف خارج کرده و تنها شاخه با برگ‌های خسارت دیده برای آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه برگ با خسارت مکانیکی، ۳۰ دقیقه قبل از انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی، روی هر برگ از شاخه با استفاده از دستگاه پانچ سوراخ‌هایی به قطر ۵ میلی‌متر ایجاد کرده به‌طوری که فقط به ۲۰ درصد از کل سطح برگ خسارت مکانیکی وارد شود و آن را برای آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. شاخه‌های ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متری همراه با برگ بدون لارو میزبان از درختان مورد مطالعه به‌عنوان نمونه‌های گیاهان سالم چیده شد و انتهای بریده شده شاخه در ارلن مایر ۱۵۰ میلی‌متری که حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب بود، قرار داده شد و مورد آزمایش قرار گرفت. برای جمع‌آوری مدفوع لارو شب‌پره برگ‌خوار دو نواری، تعداد ۳۰ عدد لارو گرسنه روی ۴ شاخه ۳۰ سانتی‌متری در ظرف پرورش استوانه‌ای به قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری قرار داده شد و پس از گذشت ۲ تا ۳ ساعت مدفوع حشرات با کاغذ ته ظرف

(Pichersky 2004). موفقیت پارازیتیسیم بستگی به انتخاب گیاه میزبان مناسب (مراحل زیستی لاروهای میزبان روی آن گیاه کامل شود) جهت تخم‌ریزی پارازیتوئید، دوری جستن از تخم‌ریزی روی گیاه نامناسب (مراحل زیستی لاروهای میزبان روی آن گیاه کامل نشود)، قرار دادن تخم نزدیک میزبان و بلعیده شدن تخم توسط لارو میزبان دارد. هدف از این مطالعه، بررسی اثرات سطوح غذایی گیاه (تأثیر ترکیبات ثانویه متابولیکی گیاه مناسب و نامناسب)، گیاه‌خوار (از نظر دیداری، بوی بدن، مدفوع و تغذیه) بر رفتار میزبان‌یابی مگس پارازیتوئید و میزان موفقیت آن، است.

مواد و روش‌ها

پرورش شب‌پره برگ‌خوار دو نواری

در اوایل پاییز ۱۳۹۳ دسته‌های تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*S. siva*) روی درختان گنوکارپوس و آکاسیا در شهر بوشهر در بین مختصات جغرافیایی $45^{\circ} N$ و $28^{\circ} 55' E$ تا $28^{\circ} 58' 37'' N$ و $28^{\circ} 58' 37'' E$ و $28^{\circ} 58' 37'' N$ جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. هر تخم با استفاده از یک قلم‌موی ظریف روی برگ‌های درخت آکاسیا درون ظروف پتری با قطر هشت سانتی‌متر که در کف آن‌ها کاغذ صافی مرطوب قرار داشت، منتقل و در داخل اتاقک رشد با شرایط کنترل شده (دمای 27 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) نگهداری شد. ظروف پرورش به‌طور روزانه بررسی و در صورت نیاز، برگ‌های تازه در اختیار لاروها قرار گرفت و گروه هم سن تشکیل شد. لاروهای گروه هم سن از سن سوم به بعد درون ظروف پرورش استوانه‌ای شکل پلاستیکی شفاف به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، جهت انجام آزمایش‌ها قرار داده شد و روی آن با استفاده از توری پارچه‌ای ۱۲۰ مش پوشانده شد.

پرورش حشرات پارازیتوئید

حشرات نر و ماده *P. murina* از سفیره‌های پارازیته شده شب‌پره برگ‌خوار دو نواری از مهرماه تا آذرماه ۱۳۹۳ در شهر بوشهر جمع‌آوری شد. مگس‌های پارازیتوئید *P.*

آزمایش جداگانه با ده تکرار انجام شد و در هر تکرار تعداد ده مگس ماده به صورت تصادفی مورد استفاده قرار گرفت.

پس از رهاسازی مگس‌ها در داخل ظرف مرکزی دستگاه بویایی‌سنج، جریان هوا به مدت ۲۵ دقیقه برقرار شد و پس از ۴۵ دقیقه از آن، تعداد مگس‌های وارد شده در هر ظرف محیطی (تیمارها) شمارش و ثبت شد. سپس تیمارها از دستگاه بویایی‌سنج خارج نموده و ظروف دستگاه را با آب ژاول ده درصد تمیز کرده و تمام مواد اضافی شامل فضولات و اثر بوهای حشرات و غیره از بین برده شد و پس از چهار ساعت، با چرخاندن و جابه‌جا کردن ظروف محیطی به منظور جلوگیری از خطای سوگیری، آزمایش تکرار شد. آزمایش اول با سه تیمار برگ سالم گنوکارپوس (*C. erectus*)، برگ گنوکارپوس با خسارت زیستی، برگ استبرق (*C. procera*) با خسارت زیستی و شاهد شامل ظرف خالی انجام شد. آزمایش دوم شامل تیمار برگ گنوکارپوس با صدمه مکانیکی، برگ سالم استبرق، مدفوع تازه لارو شب‌پره برگ‌خوار دو نوری و شاهد انجام گردید.

تجزیه و تحلیل آماری بویایی‌سنج: ابتدا برای درک درست از توزیع نرمال داده‌ها، از آزمون نیکویی برازش بر اساس آزمون غیر پارامتری کولموگوروف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov Z) استفاده شد. داده‌های حاصل، با استفاده از آزمون غیر پارامتری مربع کای (*Chi-Square*) انجام شد. مقایسه زوجی آزمون *U* من - ویتنی (*Mann-Whitney U-test*) به منظور تعیین تفاوت در میزان جلب میزبان‌های مختلف انجام شد. سطح معنی‌داری برای هر دو آزمون غیر پارامتری ۰/۰۵ انتخاب شد. تمام داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS v.16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

بررسی رفتار میزبان‌یابی مگس پارازیتوئید با استفاده از دستگاه تونل هوا

واکنش مگس‌های ماده در حال پرواز به تیمارهای مختلف به صورت زوجی با استفاده از دستگاه تونل هوا ارزیابی شد. دستگاه تونل هوای مورد استفاده در این تحقیق بر اساس دستگاه طراحی شده توسط ایچیکو و همکاری و کابینو با اندکی تغییرات (شکل ۱، ب) به

جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفت. همچنین ماسه‌های تیره‌رنگ مرطوب به اندازه مدفوع از سواحل خلیج فارس جمع‌آوری و درون ظرف پتری با قطر ۱۵ سانتی‌متری قرار داده شد و مورد آزمایش قرار گرفت. تعداد ۱۰ عدد لارو گرسنه سن آخر شب‌پره برگ‌خوار دو نوری درون ظرف پتری دیش ۱۵ سانتی‌متر قرار داده شد و به عنوان لارو آشکار مورد استفاده قرار گرفت. همچنین تعداد ۱۰ عدد لارو سن آخر داخل کاغذهای لوله شده به طول هشت و عرض سه سانتی‌متر قرار داده شد و به عنوان لارو مخفی در نظر گرفته شد. تمام ظروف ارلن و پرورش مورد آزمایش با کاغذ قهوه‌ای پوشانیده شد تا آب داخل آن‌ها باعث جلب پارازیتوئید نشود.

برای بررسی پاسخ رفتاری به زیستگاه میزبان و میزبان‌یابی مگس *P. murina*، پارازیتوئید شب‌پره برگ‌خوار دو نوری، از آزمایش‌های زیست‌سنجی با استفاده از دستگاه بویایی‌سنج (شکل ۱، الف) و دستگاه تونل هوا (شکل ۱، ب) استفاده شد.

بررسی رفتار میزبان‌یابی *P. murina* با استفاده از دستگاه بویایی‌سنج

در این آزمایش پاسخ مگس‌های پارازیتوئید نسبت به تیمارهای مختلف با استفاده از دستگاه بویایی‌سنج (Olfactometer) با چهار بازو بررسی شد. جریان هوا از منبع تولید جریان هوای قابل تنظیم، با سرعت حدود ۰/۳ تا ۰/۵ متر بر ثانیه پس از عبور از روی کیسه پارچه‌ای حاوی پودر زغال از طریق تعداد چهار لوله پلاستیکی و شفاف هم‌اندازه به قطر ۱/۵ و طول ۱۰۰ سانتی‌متر (شکل ۱ الف، D) به ظروف پیرامونی حاوی تیمارها منتقل می‌شود. جریان هوا پس از عبور از روی تیمارها از طریق لوله‌های رابط (شکل ۱ الف، C) وارد ظرف مرکزی حاوی مگس‌های پارازیتوئید شده و از آنجا این جریان هوا توسط لوله پلاستیکی به قطر ۱/۵ سانتی‌متری (شکل ۱ الف، E) خارج می‌گردد.

در هر آزمایش سه تیمار و یک ظرف پیرامونی (محیطی) خالی به عنوان شاهد انتخاب شد و در دستگاه بویایی‌سنج طوری قرار داده شد که حرکت باد از روی ظروف محیطی یا پیرامونی حاوی تیمارها به سمت ظرف مرکزی حاوی مگس‌ها در جریان باشد. در مجموع دو

کارایی پارازیتیسیم می‌شود.

آزمایش ۴: برگ‌های گنوکارپوس با خسارت زیستی در مقابل برگ‌های استبرق با خسارت زیستی. با توجه به اینکه دوره رشد و نمو مراحل زیستی شب‌پره برگ‌خوار دو نواری روی گنوکارپوس کامل می‌شود اما روی استبرق ناتمام می‌ماند؛ لذا راهبرد مناسب برای بقای پارازیتوئید، تخم‌ریزی روی برگ گنوکارپوس به‌عنوان گیاه میزبان مناسب نسبت به استبرق می‌باشد.

آزمایش ۵: لارو شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*S. siva*) به‌صورت آشکار در مقابل لاروهای مخفی: این آزمایش قدرت شناسایی و میزبان‌یابی پارازیتوئید از طریق حس بینایی و بوایی بدن لارو سنجیده خواهد شد.

آزمایش ۶: مدفوع تازه لارو سن آخر شب‌پره برگ‌خوار دو نواری در مقابل ماسه‌های مرطوب و تمیز مشابه مدفوع لارو: مدفوع لارو به دلیل داشتن برخی ترکیبات شیمیایی گیاه میزبان، ممکن است باعث جلب پارازیتوئید *P. murina* شود. ماسه‌های مرطوب با ظاهری شبیه مدفوع از نظر دیداری ممکن است باعث جلب آن‌ها شود.

برای هر آزمایش، یک مگس ماده آماده تخم‌ریزی از طریق اتاقک شیشه‌ای وارد دستگاه تونل هوا گردید. به هر مگس در داخل تونل هوا، ۲۵ دقیقه زمان برای جستجو داده شد. عکس‌العمل هر مگس پس از ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دقیقه پس از ورود به دستگاه بررسی و ثبت شد. پس از گذشت ۲۵ دقیقه، مگس از تونل خارج شد و پس از تهویه تونل به مدت یک ساعت، آزمایش بعدی در تونل هوا انجام شد. آزمایش‌ها در طی پنج روز متوالی انجام و داده‌ها ثبت شد. در این آزمایش، برای هر آزمایش جفتی ۱۵ تکرار در نظر گرفته شد و در مجموع رفتار ۹۰ مگس ماده در داخل دستگاه تونل هوا ارزیابی گردید.

تجزیه و تحلیل آماری تونل هوا

مناسب بودن تیمارها برای جلب مگس پارازیتوئید با آزمون No-Choice مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه آماری داده‌های حاصل، با استفاده از آزمون غیر پارامتری مربع کای (Chi-square) انجام شد.

شکل نیم استوانه‌ای به شعاع ۶۷ و طول ۱۲۵ سانتی‌متر و ضخامت دو میلی‌متر ساخته شد (Ichiki et al. 2008, Ichiki et al. 2011, Kainoh 2011).

در سطح کف دستگاه تونل هوا در مسیر پرواز، قبل از چیدمان تیمارها موانعی از قبیل سنگ و چوب برای طبیعی بودن مسیر پرواز قرار داده شد. جریان هوا از طریق یک پمپ از دو سوراخ به قطر سه سانتی‌متر و از ضلعی که تیمارها در آن قرار داشت، با سرعت ۰/۳ متر بر ثانیه (Ichiki et al. 2008, Ichiki et al. 2011, Kainoh 2011) در داخل تونل برقرار شد و هوای ورودی از سمت دیگر توسط یک دستگاه تهویه واقع در یک اتاقک شیشه‌ای به خارج از محیط هدایت شد. برای وارد کردن هر مگس پارازیتوئید ماده به دستگاه تونل از طریق یک اتاقک شیشه‌ای مکعبی با ابعاد ۳۵×۲۰×۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. این اتاقک با یک لوله شفاف پلاستیکی به قطر ۳ سانتی‌متر به انتهای دستگاه وصل شد. در صورتی که هر حشره ماده پس از گذشت ده دقیقه از طریق این اتاقک به تونل هوا وارد نشد و یا اینکه وارد تونل هوا شد اما به سمت تیمار مورد نظر حرکت نکرد، آن مگس را با یک مگس جدید جایگزین شد. هر تیمار نیز پس از یک‌بار استفاده با نمونه‌های تازه جایگزین شد.

آزمایش‌های طراحی شده در دستگاه تونل هوا

آزمایش ۱: برگ سالم گنوکارپوس در مقابل برگ سالم استبرق: اگر مگس‌های *P. murina* به برگ‌های سالم و صدمه ندیده جلب شوند، یک راهبرد ضعیف میزبان‌یابی محسوب خواهد شد.

آزمایش ۲: برگ‌های گنوکارپوس با خسارت زیستی در مقابل خسارت مکانیکی

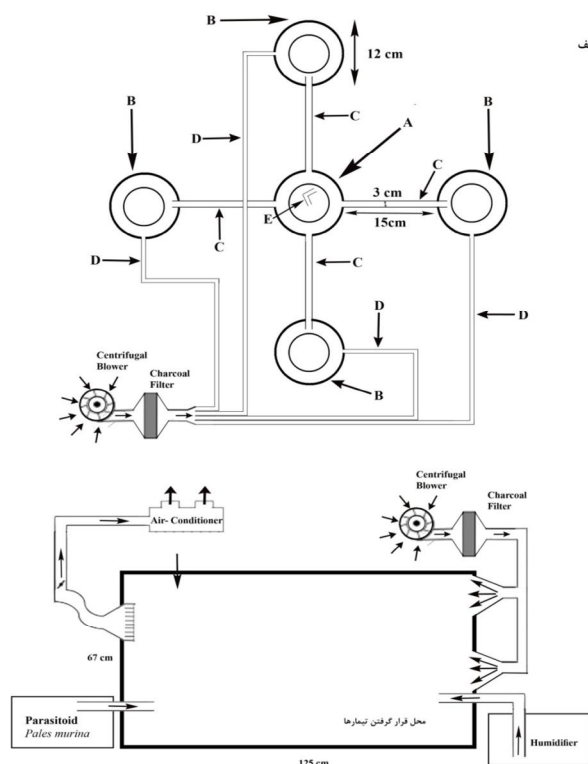
آزمایش ۳: برگ‌های استبرق با خسارت زیستی در مقابل خسارت مکانیکی: برگ‌های آلوده به لارو شب‌پره برگ‌خوار دو نواری باعث آزاد شدن مواد متابولیک ثانویه گیاه شده که در حقیقت یک نوع صدمه زیستی محسوب می‌شود. دیگری برگ بدون حضور لارو می‌باشد که به‌وسیله مکانیکی برش داده شد و در حقیقت یک نوع صدمه مکانیکی محسوب می‌گردد. جلب شدن پارازیتوئید به سمت برگ با صدمه مکانیکی باعث کاهش

و سایر تیمارها مشاهده شد ($\chi^2=12.019$, $P= 0.007$,) در حالی که بین تیمار استبرق با خسارت زیستی، برگ سالم گنوکارپوس و شاهد اختلاف معنی داری دیده نشد ($Mann-Whitney U=47.000$, $P= 0.796$) (جدول ۱).

نتایج

نتایج آزمایش‌های میزبان‌یابی با استفاده از دستگاه بویایی سنج

بر اساس نتایج آزمایش اول بویایی سنج، تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بین حرکت مگس‌های پارازیتوئید به سمت تیمار گنوکارپوس با خسارت زیستی



شکل ۱. الف: دستگاه بویایی سنج (A: ظرف مرکزی، B: ظروف پیرامونی، C: لوله‌های رابط بین ظروف پیرامونی و ظرف مرکزی، D: لوله‌های انتقال جریان هوا از منبع تولید هوا به ظروف پیرامونی که همگی به یک اندازه به طول ۱۰۰ و قطر ۱/۵ سانتی‌متر است، E: محل خروج هوا از ظرف مرکزی)، ب: دستگاه تونل هوا (ساخته شده توسط نگارندگان)؛ جهت آزمایش‌های زیست‌سنجی پارازیتوئیدها
Figure 1. I: The olfactometer (A: Central container, B: Surrounded containers, C: Connecting pipes between central container and surround containers, D: Steady air flow pipes of centrifugal blower into the surround containers which are all the same length 100cm and diameter 1.5 cm, E: The air outlet valve), II: Wind tunnel (made by the authors); to bioassay testing of parasitoids

جدول ۱. مقایسه رتبه‌ای آزمون U من - ویتنی برای جلب مگس‌های ماده *Pales murina* به تیمارهای مختلف در دستگاه بویایی سنج (آزمایش اول)

Table 1. Mann-Whitney U signed rank test for female *Pales murina* attraction in a four-arm olfactometer (In the first test)

| Treatments | N | $P>0.05^*$ | Mean Rank |
|---|----|------------|-----------|
| Intact leaf of <i>C. erectus</i> | 10 | 0.273 | 7.05 |
| Infested leaf of <i>C. erectus</i> | 10 | 0.718 | 13.95 |
| ($Mann-Whitney U= 15.500$, $P= 0.007$) | | | |
| Infested leaf of <i>C. procera</i> | 10 | 0.308 | 10.8 |
| Control | 10 | 0.110 | 10.2 |
| ($Mann-Whitney U= 47.000$, $P= 0.796$) | | | |

نتایج آزمایش دوم بویایی سنج نشان داد که مگس پارازیتوئید دو نواری نسبت به بقیه تیمارها جلب شد ($\chi^2=9.940$, $P= 0.019$,) با اختلاف معنی داری به تیمار مدفوع لاروهای شب‌پره برگ‌خوار (df= 3) هرچند که بین بقیه تیمارها شامل برگ سالم استبرق،

برگ با خسارت مکانیکی گنوکارپوس و شاهد اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه رتبه‌ای آزمون U من-ویتنی برای جلب مگس‌های ماده *Pales murina* به تیمارهای مختلف در دستگاه بویایی سنج (آزمایش دوم)

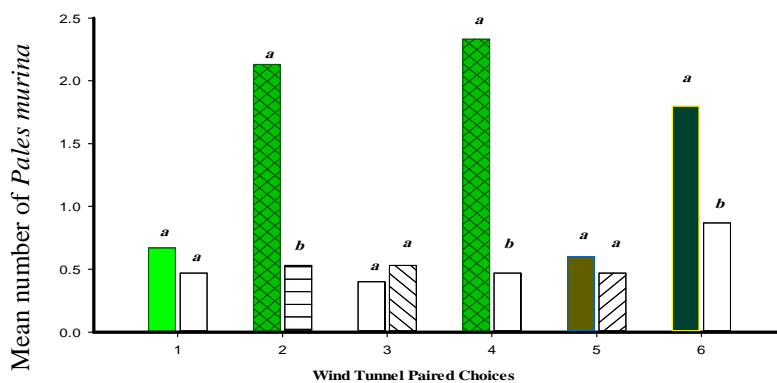
Table 2. Mann-Whitney U signed rank test for female adult *Pales murina* attraction in a four-arm olfactometer (In the second test)

| Treatments | N | P>0.05* | Mean Rank |
|------------------------------------|----|---------|-----------|
| Fresh Frass | 10 | 0.162 | 13.90 |
| Control | 10 | 0.131 | 7.10 |
| (Mann-Whitney U= 16.000, P= 0.006) | | | |
| Intact leaf of <i>C. procera</i> | 10 | 0.308 | 11.40 |
| Control | 10 | 0.131 | 9.60 |
| (Mann-Whitney U= 41.000, P= 0.450) | | | |

مکانیکی دیده نشد ($\chi^2=0.286$, $df=1$, $P=0.593$). مگس‌های پارازیتوئید همچنین برگ گنوکارپوس با خسارت زیستی را به برگ استبرق با خسارت زیستی ترجیح داد ($\chi^2=18.667$, $df=1$, $P=0.000$). بین لارو آشکار و لارو پنهان اختلاف معنی داری وجود نداشت ($\chi^2=0.250$, $df=1$, $P=0.617$) در صورتی که واکنش مگس پارازیتوئید به مدفوع در مقابل ماسه مرطوب اختلاف معنی داری داشت ($\chi^2=4.90$, $df=1$, $P=0.027$) (شکل ۲).

نتایج آزمایش‌های میزبان‌یابی با استفاده از دستگاه تونل هوا

اختلاف معنی داری در تعداد واکنش مگس *P. murina* در تونل هوا محتوی برگ سالم گنوکارپوس در مقابل برگ سالم استبرق وجود نداشت ($\chi^2=0.529$, $df=1$, $P=0.467$). اختلاف معنی داری بین برگ گنوکارپوس با خسارت زیستی و برگ گنوکارپوس با خسارت مکانیکی وجود داشت ($\chi^2=14.40$, $df=1$, $P=0.000$). این در حالی است که اختلاف معنی داری روی برگ استبرق با خسارت زیستی در مقابل برگ استبرق با خسارت



شکل ۲. واکنش مگس پارازیتوئید *Pales murina* نسبت به آزمایش‌های انتخاب جفتی تیمارها در تونل هوا، ۱: برگ سالم گنوکارپوس (تیره) در برابر برگ سالم استبرق (روشن)، ۲: برگ گنوکارپوس با خسارت زیستی (تیره) در برابر خسارت مکانیکی (روشن)، ۳: برگ استبرق با خسارت زیستی (تیره) در مقابل خسارت مکانیکی (روشن)، ۴: برگ گنوکارپوس با خسارت زیستی (تیره) در برابر برگ استبرق با خسارت زیستی (روشن)، ۵: لارو آشکار (تیره) در برابر لارو مخفی (روشن) شب‌پره برگ‌خوار دو نواری، ۶: مدفوع لارو شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (تیره) در برابر ماسه شبیه مدفوع (روشن) (a و b برای مقایسه آماری، $p < 0.05$).

Figure 2. Flight response of *Pales murina* to Pair Tests in the wind tunnel, 1: Intact Leaf *C. erectus* (dark) vs. Intact Leaf *C. procera* (light), 2: Caterpillar Infested *C. erectus* (dark) vs. Mechanical Wound *C. erectus* (light), 3: Caterpillar Infested *C. procera* (dark) vs. Mechanical Wound *C. procera* (light), 4: Caterpillar Infested *C. erectus* (dark) vs. Caterpillar Infested *C. procera* (light), 5: Reveal Larvae *S. siva* (dark) vs. Hidden Larvae *S. siva* (light), 6: Fresh Frass of *S. siva* (dark) vs. Sand (light). (a and b for χ^2 , $P < 0.05$)

مورد علاقه میزبان‌شان و برخی به بوی بدن میزبان‌شان جلب می‌شوند (Dicke and Sabelis 1988). بر پایه آزمایش‌های انجام شده، حشرات بالغ مگس پارازیتوئید

بحث

میزبان‌یابی پارازیتوئیدها متفاوت و با سازوکارهای ویژه‌ای صورت می‌گیرد. برخی پارازیتوئیدها به گیاهان

ترکیبات فرار برگ، کاربوفیلین بتا و جرماکریلین دی را آزاد کردند (Turlings and Tumlinson 1992).

مگس *P. murina* به مدفوع تازه حشره نیز واکنش مثبت نشان داد و به سمت رایحه‌های متصاعد شده، جلب شد. مگس‌های پارازیتویید *Leschenaultia exul* (Townsend) و *Patelloa pachypyga* (Aldrich and Webber) از خانواده تاکینیده به فضولات حشره میزبان نسبت به میزبان‌های حشره و گیاه میزبان واکنش نشان داد (Mondor and Roland 1997). در صورتی که در برخی گونه‌های پارازیتویید مواد خاصی با مقدار اندک از لارو میزبان و مدفوع آن برای جذب و میزبان‌یابی کفایت می‌کند (Gossner et al. 2014).

بر اساس نتایج به‌دست آمده این پارازیتویید از طریق حس بینایی و جذابیت بوی لارو به‌تنهایی به میزبان جلب نشد؛ بنابراین رایحه‌های برخاسته از گیاهان می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در جلب پارازیتوییدها باشد. در برخی از تحقیقات نیز آمده است که برخی پارازیتوییدها که به چندین خانواده از حشرات حمله می‌کنند، همه میزبان‌های آن‌ها از یک گونه گیاهی تغذیه می‌کند (Pichersky 2004) که این یافته با نتایج این تحقیق متفاوت می‌باشد. گونه *P. murina* به‌طور عمده به دو گونه از دو خانواده مختلف Noctuidae (Farrar et al. 2007) و Lasiocampidae با میزبان‌های متفاوت گیاهی حمله می‌کند. بر این اساس گونه گیاهی میزبان، دشمنان طبیعی آفت را فرا می‌خواند. با این حال در برخی از مطالعات ثابت شده که علاوه بر مواد متصاعد شده از گیاه، عصاره بدن مراحل مختلف رشدی حشره میزبان نیز در جلب پارازیتویید مؤثر می‌باشند (Gross 1975, Altieri 1982, Godfrag 1994).

این پژوهش نشان داد که برگ‌های خسارت دیده‌ای که به‌طور مستقیم با بزاق و آرواره لاروها در تماس بود، پارازیتویید را بیشتر به خود جلب کرد. این یافته‌ها با تحقیقات فرار و همکاری روی میزبان‌یابی مگس *P. murina* پارازیتویید برگ‌خوار کُنار *Thiacidas postica* Walker نیز مطابقت دارد (Farrar et al. 2010). استفاده از لارو میزبان به‌صورت آشکار و لارو در داخل محفظه کاغذی، نشان داد که این پارازیتویید از نظر دیداری، کارایی در پارازیتیسیم ندارد و نه‌تنها لارو را از نظر

P. murina، به سمت بوهای متصاعد شده از لارو شب‌پره برگ‌خوار دو نواری به‌عنوان میزبان خود جذب نشد. نتایج دیگر محققین نشان داده که برخلاف این گونه، تنها مقدار بسیار کم مواد و ترکیبات فرار روی سر لارو *Lymantria dispar* (L.) لازم است که توسط دشمنان طبیعی آن شناسایی شود (McCormick et al. 2014)؛ اما *P. murina* واکنش خاصی نسبت به بوی بدن لارو میزبان نشان نداد. از طرفی ممکن است زیستگاه جوامع جنگلی به‌طور کلی باعث حضور پارازیتوییدها در آنجا باشد که در این تحقیق برگ سالم درختان هر دو گیاه مورد مطالعه یعنی استبرق و گنوکارپوس در جذب و تخم‌ریزی پارازیتویید مؤثر نبود. اثرات گیاه‌خواران روی درختان راش باعث تولید و آزاد شدن ترکیبات فرار شده و این ترکیبات باعث فراخوانی حشرات شکارگر می‌شود (Gossner et al. 2014).

دو گونه مگس تاکینیده *Pales pavida* (Meigen) و *Zenillia dolosa* (Meigen) گیاهان آلوده به میزبان خود را بهتر از گیاهان با خسارت مکانیکی تشخیص می‌دهند (Ichiki et al. 2012). مگس *Cyzenis albicans* (Fallen) که رفتار تخم‌ریزی آن شبیه *P. murina* است، به درختان بلوط با خسارت زیستی توسط شب‌پره زمستانه، *Operophtera brumata* (L.)، جلب می‌شوند (Roland et al. 1995).

نتایج این تحقیق نشان داد که مگس *P. murina* گیاه مناسب گنوکارپوس (مراحل زیستی حشره میزبان روی این گیاه کامل می‌شود) با خسارت زیستی را نسبت به گیاه نامناسب استبرق (مراحل زیستی حشره میزبان روی این گیاه کامل نشده و تلف می‌شوند) با خسارت زیستی ترجیح داد. گونه‌های مگس پارازیتویید *Drino bohémica* Mesn. و *Bessa harveyi* (Tns.) از خانواده تاکینیده به حشره میزبان، جذب می‌شوند (Martin et al. 1990).

ممکن است ترکیبات گیاهی متصاعد شده باعث دوری پارازیتویید گردد (نقش آنتیمون) که ترکیبات برگ درختچه استبرق چنین ویژگی داشت. درختان راش خسارت دیده توسط آفت منجر به رهاسازی حدود ۲۱ ترکیب شامل مونوترپن‌ها، ترپن‌ها، ترکیبات فرار برگ سبز و ترکیبات معطر شد در حالی که راش اروپایی

متقابل سیستم گیاه - میزبان - دشمن طبیعی برای تعیین فراوانی، پراکنش و دینامیسم جمعیت آنها کاربرد دارد. دانستن اثرات متقابل اجزای زنجیره غذایی برای فرآیندهای اکوسیستم مهم هستند (Gladbach et al. 2011).

تنوع گیاهی در شبکه غذایی باعث افزایش حضور دشمن طبیعی و در نتیجه تعادل اکولوژیکی می‌گردد (Tylianakis and Romo 2010). میزبان‌یابی در مگس‌های تاکینیده شبیه *P. murina* می‌تواند از طریق مواد متابولیک ثانویه گیاهان در اثر تغذیه توسط حشرات میزبان، حاصل شود. با توجه به اینکه گونه *P. pavidata* از ترکیبات فرآر القایی (Herbivore-Induced Plant Volatiles) به عنوان یک راهنما و فراخوان استفاده می‌کند (Ichiki, et al. 2012) ممکن است گونه *P. murina* نیز با توجه به ترکیب HIPVs گیاه به میزبان واکنش نشان دهد. در مقابله با گیاه‌خواری، گیاهان ترکیبات فرآر ویژه شناخته شده به نام ترکیبات فرآر القایی رهاسازی می‌کنند که این ترکیبات باعث فراخوانی پارازیتوئید به سمت گیاه‌خوار می‌شود. برخی گونه‌های پارازیتوئید مانند *Z. Dolosa* با استفاده از ترکیبات فرآر برگ سبز (Green Leaf Volatiles) (GLVs) محل تخم‌ریزی خود را تعیین می‌کند (Chamberlain et al. 2006). ترکیبات فرآر برگ سبز، ترکیبات عمومی هستند که گیاه پس از صدمه مکانیکی رهاسازی می‌کند و باعث فراخوانی دشمنان طبیعی می‌گردد. ترکیبات فرآر برگ سبز (GLVs) روی مگس *P. murina* با توجه به عدم واکنش به گیاهان با صدمه مکانیکی، بی‌تأثیر است.

آزمایش‌های انجام گرفته به‌طور کلی نشان داد که مگس پارازیتوئید *P. murina* راهبرد پیچیده و منطقی در رابطه با میزبان‌یابی و افزایش بقا دارد. این پارازیتوئید با استفاده از بوی مدفوع تازه میزبان و رایحه‌های حاصل از ترکیبات ثانویه متابولیکی گیاه مناسب بر اثر تغذیه لارو میزبان، محل تخم‌ریزی در نزدیک لارو میزبان را پیدا می‌کند. این پارازیتوئید به بوی بدن لارو میزبان، مشاهده لارو میزبان از طریق بینایی، ترکیبات ثانویه متابولیکی روی گیاهان نامناسب برای میزبان و ترکیبات GLVs جلب نمی‌شود.

دیداری تشخیص نداد بلکه از نظر بویابی نیز میزبان خود را درک و شناسایی نکرد. تحقیقات دیگری نیز بیانگر همین نتیجه است که بسیاری از لاروها در سایه تنه درختان جمع می‌شوند و توسط پارازیتوئید شناسایی و ردیابی نمی‌شوند (Mondor and Roland 1997)؛ بنابراین حس دیداری در این تحقیق عامل مهمی در تشخیص میزبان نمی‌تواند باشد.

یک الگوی عمومی و کلی میزبان‌یابی شبیه آنچه در مگس *P. murina* می‌باشد در خیلی از گونه‌های راسته بال‌غشائیان (Hymenoptera) دیده می‌شود. زنبورها به‌طور غالب و عمده به میزبان و گیاه توأم جلب می‌شود و همچنین به مدفوع حشره آفت و بوهای بدن میزبان نیز واکنش نشان می‌دهند. برای مثال *Aphidius ervi* و Haliday به شته خود (*Acyrtosiphon pisum* (L.)) و گیاه میزبان شته جلب می‌شود و به دنبال آن به بو و رایحه گیاهانی که از قبل خسارت دیده نیز واکنش نشان می‌دهد (Du et al. 1996).

زنبور پارازیتوئید *Mesopolobus incultus* (Walker) (Hym., Pteromalidae) راهبردی پیچیده و متنوع در رابطه با میزبان‌یابی سرخرطومی *Mecinus pascuorum* (Gyllenhal) نشان می‌دهد. ابتدا سرخرطومی ماده توسط بوی گل گیاه میزبان *Plantago lanceolata* L. جلب می‌شود و به‌طور مشابه، زنبور پارازیتوئید توسط بوی بدن میزبان خود و گیاه میزبان توأم واکنش نشان می‌دهد حتی در زمانی که این سرخرطومی با بوی غیر میزبان در یک وضعیت بدون انتخاب ترکیب شود نیز برای پارازیتوئید خاصیت جلب‌کنندگی دارد (Schke et al. 2014).

پارازیتوئید با شناسایی و دوری جستن از گیاهان نامناسب، بقای خود را بیشتر می‌کند. برخی از زنبورهای پارازیتوئید بوی میزبان به‌صورت خالص را نسبت به ترکیبی از بوی میزبان و گیاه غیر میزبان ترجیح می‌دهند (Zhang and Schlyter 2004). البته اینکه مگس *P. murina* ترکیب رایحه‌های لارو شب‌پره برگ‌خوار دو نواری و میزبان نامناسب آن یعنی استبرق را ترجیح نداد به دلیل ترکیبات سمی این میزبان بود که مانع از تکمیل دوره رشد و نمو لاروها شد. درک رفتارهای میزبان‌یابی پارازیتوئیدها و اثرات

REFERENCES

- Altieri MA** (1982) Effects of plant extracts on the rates of parasitization of *Anagasta kuehniella* (Lep., Pyralidae) eggs by *Trichogramma pretiosum* (Hym., Trichogrammatidae) under greenhouse conditions. *Entomophaga* 27: 431-38.
- Chamberlain K, Khan ZR, Pickett JA, Toshova T, Wadhams LJ** (2006) Diel periodicity in the production of green leaf volatiles by wild and cultivated host plants of stemborer moths, *Chilo partellus* and *Busseola fusca*. *Journal of Chemical Ecology* 32:565-577
- Dicke M, Baldwin IT** (2010) The evolutionary context for herbivore induced plant volatiles: beyond the 'cry for help'. *Trends Plant Science* 15:167-175.
- Dicke M, Sabelis MW** (1988) How plants obtain predatory mites as bodyguards. *Netherlands Journal of Zoology* 38: 148-165.
- Du YJ, Poppy GM, Powell W** (1996) Relative importance of semiochemicals from first and second trophic levels in host foraging behavior of *Aphidius ervi*. *Journal of Chemical Ecology* 22(9):1591-605.
- Esfandiari M, Mossadegh MS, Farrar N, Fazelinejad A** (2013) Report of *Streblote siva* (Lepidoptera: Lasiocampidae) damage on *Conocarpus* trees in south and southwestern provinces of Iran. *Plant Pest Research* 2(2):75-80. (In Persian)
- Farrar N, Askary H, Golestaneh SR, Alich M, Sadeghi SM** (2010) Factors affecting host finding ability of *Pales murina* (Diptera: Tachinidae), a Parasitoid of *Thiacidas postica* on Jujube trees. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research* 13: 1-8. (In Persian)
- Farrar N, Assareh MH, Sadeghi SM, Sadeghi SE** (2008) Present status of arthropoda pests on *Ziziphus* spp. in south of Iran. *In: Proceeding of First International Jujube Symposium, Baoding, China, September 21-25, 63-64.*
- Farrar N, Golestaneh SR** (2011) *Streblote siva* a potential defoliator of Konar (*Ziziphus* spp.) in Bushehr, Iran. *In: 2nd International Jujube Symposium Xinzheng, China, September 3-7, 28-29.*
- Farrar N, Sadeghi E, Askary H, Golestaneh SR** (2007) The Bionomic of *Pales murina* (Diptera: Tachinidae), as a parasitoid of Ber Moth *Thiacidas postica* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) in Bushehr province. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research* 5(1): 39-54. (In Persian)
- Fukushima J, Kainoh Y, Honda H, Takabayashi J** (2002) Learning of herbivore-induced and nonspecific plant volatiles by a parasitoid, *Cotesia kariyai*. *Journal of Chemical Ecology* 28:579-586.
- Gardner SM, van Lenteren JC** (1986) Characterization of the arrestment responses of *Trichogramma evanescens*. *Oecologia* 68: 265-70.
- Gladbach DJ, Holzschuh A, Scherber C, Thies C, Dormann CF, Tscharntke T** (2011) Crop-noncrop spillover: arable fields affect trophic interactions on wild plants in surrounding habitats. *Oecologia* 166:433-441.
- Godfrag HCJ** (1994) Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press, New Jersey, 477pp.
- Gossner MM, Weisser WW, Gershenson J, Unsicker SB** (2014) Insect attraction to herbivore-induced beech volatiles under different forest management regimes. *Oecologia* 176: 569.
- Gross HR** (1975) Kairomones and their use for management of entomophagous insects: III. Stimulation of *Trichogramma achaeae*, *T. pretiosum*, and *Microplitis croceipes* with host-seeking stimuli at time of release to improve their efficiency. *Journal of Chemical Ecology* 1: 431-38.
- Hanyu K, Ichiki RT, Nakamura S, Kainoh Y** (2011) Behavior of the tachinid parasitoid *Exorista japonica* (Diptera: Tachinidae) on herbivore-infested plants. *Applied Entomology and Zoology* 46:565-571.
- Ichiki RT, Ho GTT, Wajnberg E, Tabata J, Nakamura S** (2012) Different uses of plant semiochemicals in host location strategies of the two tachinid parasitoids. *Naturwissenschaften* 99: 687-694.
- Ichiki RT, Kainoh Y, Kugimiya S, Takabayashi J, Nakamura S** (2008) Attraction to herbivore-induced plant volatiles by the host-foraging parasitoid fly *Exorista japonica*. *Journal of Chemical Ecology* 34: 614-621.
- Ichiki RT, Kainoh Y, Yamawaki Y, Nakamura S** (2011) The parasitoid fly *Exorista japonica* uses visual and olfactory cues to locate herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 138:175-183.
- Kainoh Y** (2011). Wind tunnel: A tool to test the flight response of insects to Semiochemicals, *In: Lerner JC* (ed.), wind tunnels and experimental fluid dynamics research. Hard cover. pp. 709.
- Martin WR, Nordlund DA, Nettles WC** (1990) Response of parasitoid *Eucelatoria bryani* to selected plant material in an olfactometer. *Journal of Chemical Ecology* 16: 499-508.
- McCormick CAL, Irmisch S, Reinecke A, Boeckler A, Veit D, Reichelt M, Hansson BS, Gershenson J, Köllner T, Unsicker S** (2014) Herbivore-induced volatile emission in black poplar: regulation and role in attracting herbivore enemies. *Plant, Cell and Environment* 37(8): 1909-1923.

- Mondor EB, Roland J** (1997) Host locating behaviour of *Leschenaultia exul* and *Patelloa pachypyga*: two tachinid parasitoids of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85:161–168.
- Pichersky E** (2004) Plant Scents. *American Scientist* 92: 514-521.
- Roland J, Denford KE, Jimenez L** (1995) Borneol as an attractant for *Cyzenis albicans*, a tachinid parasitoid of the winter moth, *Operophtera brumata* L. (Lepidoptera: Geometridae). *The Canadian Entomologist* 127: 413-421.
- Schke NW, Hardge K, Hancock C, Hilker M, Obermaier E, Meiners T** (2014) Habitats as complex odour environments: how does plant diversity affect herbivore and parasitoid orientation?. *Annual Review of Entomology* 59: 263-278.
- Turlings TCJ, Tumlinson JH** (1992) Systemic release of chemical signals by herbivore-injured corn. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 89:8399–8402.
- Tylianakis JM, Romo CM** (2010) Natural enemy diversity and biological control: making sense of the context-dependency. *Basic and Applied Ecology* 11:657–668.
- Zhang QH, Schlyter F** (2004) Olfactory recognition and behavioural avoidance of angiosperm non host volatiles by conifer-inhabiting bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology* 6: 1–19.