

بررسی رفتار کاوشگری زنبور *Fopius carpomyiae* (Hymenoptera: Braconidae) پارازیتوئید مگس میوه کُناَر *Carpomyia vesuviana* (Diptera: Tephritidae)

سید رضا گلستانه^۱، فرحان کچیلی^{۲*}، آرش راسخ^۳، مهدی اسفندیاری^۱ و محمد ابراهیم فرآشینی^۳

- ۱ - دانشجوی دکترای تخصصی حشره شناسی کشاورزی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
 ۲ - نویسنده مسوول: دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (kocheilif@yahoo.com)
 ۳ - استادیار، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۲۸

چکیده

زنبور *Fopius carpomyiae* Silvestri (Braconidae) پارازیتوئید تخم و بندرت مرحله لاروی مگس میوه کُناَر *Carpomyia vesuviana* Costa (Tephritidae) در جنوب کشور بخصوص استانهای بوشهر و خوزستان می باشد. در این مطالعه جمعیت همسنی از زنبورهای ۷-۸ روزه تشکیل و زنبورهای ماده پس از جفت گیری، بطور انفرادی روی یک میوه کُناَر آلوده به دسته تخم مگس میوه رهاسازی شدند و رفتار و مدت زمان تخم گذاری در زیر بینوکولار بررسی شد، همچنین رفتارهای مختلف کاوشگری این زنبورها با استفاده از دستگاه ضبط صدا ثبت شد. میانگین مدت زمان حضور در لکه زنبور $9/75 \pm 313/2$ ثانیه طول کشید و از میان رفتارهای مختلف کاوشگری، زنبور بیشترین زمان را به رفتارهای تخم گذاری $8/88 \pm 146/40$ ثانیه (۴۷٪) و بیشتر زدن $2/27 \pm 98/75$ ثانیه (۳۱٪) اختصاص داد. کمترین زمانهای ثبت شده مربوط به رفتارهای استراحت کردن، راه رفتن و پرواز کردن بود. نتایج نشان داد که میانگین دفعات تخم گذاری زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae* ۱/۸۵ بار بوده و کمترین و بیشترین زمان صرف شده طی تخم گذاری به ترتیب ۴۴ و ۲۱۷ ثانیه ثبت گردید. همچنین میانگین بار تخم و درصد پارازیتیسیم زنبورهای ماده هنگام فعالیت روی مگس میوه کُناَر به ترتیب ۲۹/۴ تخم و ۳۹/۲ درصد بدست آمد. در یک جمع بندی زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae* با رفتار جستجوگری مؤثر و درصد پارازیتیسیم بالا، توانایی مناسبی در کنترل *C. vesuviana* نشان داد.

کلید واژه‌ها: *Fopius carpomyiae*، *Carpomyia vesuviana* رفتار کاوشگری، حضور در لکه

مقدمه

کاوشگری^۱ به معنی جستجوی منابع غذایی طبیعی می باشد. به دلیل نقش مهم کاوشگری در بقا و تولیدمثل، این رفتار نقش مهمی در کسب شایستگی موجودات زنده دارد. رفتار کاوشگری یک پارازیتوئید بطور مستقیم در شرایط مختلف با قابلیت آن برای مکان یابی و پارازیت

کردن میزبان ارتباط دارد و بنابراین در کارایی پارازیتوئید برای کنترل بیولوژیکی آفات بند پا نقش کلیدی بازی می کند (Luck, 1990; Wang and Keller, 2002).
 تئوری کاوشگری^۲ یک شاخه از اکولوژی رفتاری است که به مطالعه رفتار کاوشگری جانوران در پاسخ به محیط زندگی آنها می پردازد (Danchin et al., 2008).

سفر بین دو لکه و میزان انرژی که کاوشگر در این جابجایی بدست می‌آورد، می‌باشد (Stephens et al., 2007). طبق مدل ارائه شده توسط (Waage 1979)، پارامترهای ماده وارد شده به لکه میزبان، کشش اولیه ای در باقی ماندن در لکه دارند (پاسخ‌گویی)، اما این میل و کشش اولیه همراه با افزایش زمان بهره برداری از لکه کاهش می‌یابد. مطابق با تئوری ارزش حاشیه‌ای^۳ همراه با هر حمله موفقیت آمیز پارازیتوئید، زمان باقی ماندن در لکه نیز افزایش می‌یابد (Iwasa et al., 1981). این قبیل مکانیسم‌هایی که باعث افزایش در زمان باقی ماندن در لکه می‌شوند، در چندین گونه از پارازیتوئیدها مشاهده و گزارش شده است (Van Alphen and Galis, 1983; Cloutier and Bauduin, 1990; Nelson and Roitberg, 1995; Van Alphen et al., 2003).

مگس میوه گنار *Carpomya vesuviana* Costa (Tephritidae) یکی از مهم‌ترین آفات درختان گنار (*Ziziphus spinachristi*) در استان بوشهر است. این حشره در مناطق مختلف این استان تقریباً در تمام مدت سال فعال بوده و دارای ۸ نسل در سال می‌باشد. از این مگس به عنوان یکی از آفات مهم و اقتصادی درختان گنار در خوزستان نیز نام برده شده، که بشدت از عملکرد میوه می‌کاهد (Latifian and Ahmadi, 2005). لاروهای جوان مگس *C. vesuviana* از گوشت میوه تغذیه کرده و تا نزدیک هسته پیش می‌روند (Farrar et al., 2009; Abaei, 2003). آلودگی به این آفت در همه ارقام وحشی و اهلی گونه‌های *Ziziphus* شامل *Z. rotundifolia*, *Z. Z.sativa*, *Z. jujube*, *Z. lotus*, *Z. numularia*, *Z. spinachristi*, *Z. mauritiana*, *Z. ziziphus* دیده شده است. وجود این آفت از کشورهای دیگری از جمله هندوستان، پاکستان، گرجستان، بنگلادش، ترکیه، ترکمنستان، ماداگاسکار، اقیانوس هند، ازبکستان، آسیای میانه، چین، عمان و جنوب اروپا نیز گزارش شده است (Vadivelu, 2014).

این تئوری اولین بار در بین دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ توسط اکولوژیست‌های رفتاری ارائه شد و هدف از این تئوری کمی کردن و فرموله کردن مدل‌هایی بود که به منظور تست فرضیه‌ی کاوش تصادفی جانوران بیان شده بودند (Hughes and Roger, 1989; Danchin et al., 2008). این تئوری به اهمیت کلیدی کاوشگری موفق در زنده‌مانی افراد پرداخته و رفتار یک کاوشگر بهینه را قابل پیشگویی می‌کند. همچنین این تئوری رفتارهای کاوشگران را به منظور بهره برداری هرچه بیشتر از غذای مورد حمله به نمایش می‌گذارد. یک نکته تأمل برانگیز در تئوری کاوشگری پارازیتوئیدها این است که برای به حداکثر رساندن دوره زندگی تولیدمثلی، چگونه افراد پارازیتوئید بطور بهینه زمان کاوشگری‌شان را بین لکه‌های با سودمندی متفاوت تقسیم کنند (Godfray, 1994). در واقع تئوری کاوشگری بهینه ثابت نمود که جانوران بصورت انتخابی و غیرتصادفی کاوشگری می‌نمایند، حتی اگر رفتارهای آنها بطور کامل مطابق با کاوشگری بهینه نباشد (MacArthur and Pianka, 1966; Emlen, 1966)، بر همین اساس یک پارازیتوئید، برای به حداکثر رساندن نرخ حمله، بر کاوش در لکه‌های با کیفیت بالای میزبان تمرکز می‌کند (Wang and Keller, 2002). به دلیل ارتباط مستقیم میان جستجوگری موفق و تولید نسل بعدی پارازیتوئید، رفتار کاوشگری پارازیتوئید بطور مؤثری تحت تأثیر انتخاب طبیعی قرار داشته و بنابراین می‌تواند یک موضوع ایده‌آل برای تست فرضیه‌های بهینه سازی در زمینه اکولوژی رفتاری پارازیتوئیدها باشد (Van Alphen and Vet, 1986; Godfray, 1994). در این ارتباط تئوری دیگری با نام تئوری لکه^۱ وجود دارد که به رفتار یک کاوشگر طی حضور در یک لکه حاوی شکار می‌پردازد. مطابق با این تئوری، مدت زمان حضور در لکه^۲ بستگی به عوامل متعددی از جمله میزان در دسترس بودن شکار و منابع غذایی دارد که این عامل خود تابع زمان

1- Patch theory

2- Patch residence time

3 - Marginal value theorem

میزبان خارج می گردند (Farrar et al., 2011). با این حال از این زنبور همانند تعدادی از گونه‌های دیگر این جنس و نیز تعدادی از جنس‌های دیگر افراد زیر خانواده Opiinae به عنوان پارازیتوئید تخم - شفیره^۲ نام برده شده است (Lopez et al., 1998).

میزان پارازیتسم این گونه زنبور روی مگس میوه کُنار *C. vesuviana* در طبیعت ۲۰ تا ۲۶ درصد گزارش شده است (Farrar et al., 2011). همچنین پارازیتوئیدهای دیگری مانند *Bracon fletcheri* و *Opius carpomyia* با عملکرد پائین تر در کاهش جمعیت *C. vesuviana* گزارش شده است (Vadivelu, 2014).

در این مطالعه رفتارهای مختلف کاوشگری، مدت زمان حضور در لکه و همچنین دفعات و الگوی زمانی رفتارها در زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae* بررسی شد. در ادامه همچنین نحوه و آستانه زمانی تخم گذاری، و میزان فعالیت پارازیتسمی این گونه زنبور روی مگس میزبان، *C. vesuviana* مطالعه شد، که این موارد پیش نیازهای مهم و اساسی در پرورش انبوه و معرفی یک عامل کنترل زیستی می‌باشند.

مواد و روش ها

پرورش مگس میوه کُنار *C. vesuviana* و زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae*

طی نمونه برداری‌های صحرایی هفتگی که از دی‌ماه سال ۱۳۹۵ (زمان رسیدن میوه های کُنار) از روی کُنار بومی گونه *Ziziphus- spina christi* و کُنار پیوندی گونه *Ziziphus mauritiana* در مناطق مختلف استان بوشهر (برازجان، دشتی، سمل و عیسوند) و استان خوزستان (بهبهان، امیدیه، اهواز، شوشتر و دزفول) بعمل آمد، میوه‌های روی درختان و همچنین میوه‌های ریخته شده پای درختان جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. میوه‌ها در آزمایشگاه درون ظروف شفاف

مگس‌های خانواده تفریتیده^۱ توسط رسته‌های متنوعی از پارازیتوئیدهای شفیره (شامل خانواده‌های *Pteromalidae*، *Eupelmidae*، *Chalcididae* و *Diapriidae*) و پارازیتوئیدهای مراحل لاروی (شامل خانواده‌های *Eulophidae*، *Figitidae*) مورد حمله قرار می‌گیرند، با این حال گونه‌هایی از خانواده *Braconidae* و زیرخانواده *Opiinae* با پراکنش وسیع و فراوان بخصوص با توجه به استفاده از آنها در کنترل به روش اشباعی از اهمیت زیادی در کشاورزی برخوردارند (Sivinski and Aluja, 2012). گونه‌های متعلق به زیر خانواده های *Opiinae* و *Alysiinae* دارای ۲۳۰۰ گونه شناسایی شده می‌باشند که همگی پارازیتوئیدهای داخلی مگس‌های گروه سیکلورافا می‌باشند (Wharton, 1997).

بکارگیری موفقیت‌آمیز پارازیتوئیدهای *Opiines* و سایر پارازیتوئیدها در مزارع، بستگی به نرخ زنده‌مانی، پراکنش، نرخ حمله و تعداد نسل آنها دارد، با این حال در کاربرد عملی برای کنترل یک گونه خاص مگس میوه در یک منطقه ویژه، مواردی چون انتخاب پارازیتوئید مناسب، کیفیت پرورش، تخمین مناسب از نرخ رهاسازی و اجرای پایش‌های متوالی جهت تعیین میزان تأثیر، حائز اهمیت می‌باشد.

Farrar and Chou (2000) برای اولین بار گزارش کردند که مرحله تخم و بندرت لاروی آفت مگس میوه کُنار *C. vesuviana* توسط گونه‌ای زنبور از خانواده براکنیده بنام *Fopius carpomyiae* Silvestri متعلق به زیر خانواده *Opiinae* پارازیته می‌شود. جنس "*Fopius*" در حقیقت همان جنس "*Biosteres*" می‌باشد که توسط وارتون در سال ۱۹۹۷ به "*Fopius*" تغییر نام یافت. این گونه زنبور، یک پارازیتوئید داخلی بوده و دارای تخم ریز بلند می‌باشد. این زنبور مرحله تخم و بندرت لاروی مگس میوه کُنار را در میوه پارازیته می‌کند و زنبور کامل از شفیره مگس

کمکی در کلنی مورد استفاده قرار گرفت. این ظروف کوچک پلاستیکی درون ظروف شفاف پلاستیکی ۴ لیتری (به قطر ۱۳ سانتی متر و ارتفاع ۲۲ سانتی متر) که درب آن با توری نازک پوشیده شده و کف آن به ارتفاع ۲ سانتی متر با ورمی کولیت پوشانده شده بود، قرار گرفتند. پس از دو هفته میوه‌ها از ظروف خارج شده و شفیره‌های مگس به روش اشاره شده به کمک الک جداسازی شدند. سپس شفیره‌های مگس در ظرف پلاستیکی قرار گرفتند تا حشرات کامل مگس خارج شوند.

برای تولید جمعیت همسن زنبور پارازیتوئید، میوه‌های گنار گونه *Z. mauritiana* آلوده شده به تخم‌های یک روزهی مگس *C. vesuviana*، به مدت ۲۴ ساعت در معرض زنبورهای ماده جفتگیری کرده (۷-۸ روزه) قرار گرفتند (به نسبت ۱ به ۳: زنبور ماده به میوه گنار آلوده به تخم مگس). سپس میوه‌های آلوده به ظروف پلاستیکی کوچک، حاوی رژیم غذایی لاروی، منتقل شدند. به روش شرح داده شده در بالا بعد از دو هفته شفیره‌های مگس غربال و جداسازی شدند. سپس شفیره‌ها به ظروف پلاستیکی منتقل شدند. با توجه به این که این زنبور پارازیتوئید egg-pupal بوده و از شفیره مگس خارج می‌گردد، شفیره‌ها تا ظهور حشرات کامل زنبور نگهداری شدند. این عمل پرورش مگس‌های میوه و زنبورهای پارازیتوئید تا سه نسل ادامه یافت. پرورش حشرات و تشکیل جمعیت‌های همسن مگس و زنبور در اتاقک رشد در شرایط دمایی 26 ± 1 درجه سلسیوس، 5 ± 65 درصد رطوبت نسبی و دوره نوری ۱۲:۱۲ صورت پذیرفت.

تعیین نحوه و زمان آستانه زمانی تخم‌گذاری

در زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae*

جهت بررسی رفتاری و نحوه تخم‌گذاری زنبور، یک عدد میوه گنار گونه *Z. mauritiana* در یک ظرف شفاف استوانه‌ای پلاستیکی (قطر ۱۷ سانتی متر و ارتفاع ۱۳ سانتی متر)، در معرض ده مگس ماده جفت‌گیری

پلاستیکی (میوه‌های گنار بومی در ظروف به قطر ۱۷ سانتی متر و ارتفاع ۱۳ سانتی متر و میوه‌های گنار پیوندی در تشتک‌های پلاستیکی به قطر ۲۸ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ سانتی متر) قرار گرفتند. میوه‌های گنار بومی دارای اندازه ریز و رطوبت کم و میوه‌های گنار پیوندی درشت و دارای رطوبت بالا بودند، به همین دلیل به منظور تهویه بهتر و جلوگیری از کپک زدگی، گنارهای پیوندی در ظروف با عرض زیادتر (تشتک‌های پلاستیکی) نگهداری شدند. کف این ظروف به عمق ۳ سانتی متر با خاک نرم و ماسه بادی پوشانده شده و روی ظروف نیز با پارچه توری جهت تهویه پوشیده شده بودند. حدود ۱۵ روز بعد میوه‌ها از ظروف خارج شده و با الک کردن خاک (الک یک میلی‌متری)، شفیره‌ها جداسازی و در ظروف شفاف پلاستیکی به ابعاد ذکر شده در بالا قرار گرفتند. با ظهور حشرات کامل مگس‌ها و زنبورهای پارازیتوئید، توسط اسپراتور جدا شده و جداگانه در قفس‌های پرورش پلاستیکی (بطول ۳۴ سانتی متر، عرض ۲۷ سانتی متر و ارتفاع ۲۰ سانتی متر) به همراه پنبه مرطوب و کاغذهای مومی حاوی قطرات کوچک محلول عسل و شکر (۱۰٪) پرورش داده شدند.

تهیه جمعیت همسن^۱ مگس میوه گنار و زنبور پارازیتوئید

برای تشکیل جمعیت همسن، مگس‌های ماده جفتگیری کرده با سن دو هفته (به نسبت ۱ به ۵: مگس ماده به میوه گنار) به مدت ۲۴ ساعت در معرض میوه‌های گنار گونه *Z. mauritiana* قرار گرفتند. سپس میوه‌های آلوده به تخم‌های مگس میوه، به ظروف پلاستیکی کوچک (به قطر ۹ سانتی متر و ارتفاع ۴ سانتی متر)، حاوی ۱۵۰ گرم رژیم غذایی لاروی (Tanaka et al., 1969) منتقل شدند. این رژیم غذایی شامل ترکیبات سبوس گندم، شکر، مخمر قارچی، سدیم بنزوآت، کلرید هیدروژن و آب مقطر بوده و برای تأمین نیاز غذایی تعداد زیاد لاروهای مگس میوه گنار و به عنوان غذای

تخم درون ظرف شفاف پلاستیکی (به طول ۱۱ سانتی متر، عرض ۷ سانتی متر و ارتفاع ۴/۵ سانتی متر) که کف آن به ارتفاع ۲ سانتی متر چوب پنبه قرار داشت و جای این میوه روی آن درآمده بود (جهت ثابت ماندن میوه در ظرف) قرار گرفت. در فاصله ۵ سانتی متری میوه حاوی دسته تخم، یک عدد میوه سالم به منظور ایجاد میزبان واسط قرار داده شد. در این ظرف سوراخی پوشیده از توری جهت ایجاد تهویه تعبیه شد. در ادامه یک عدد زنبور ماده جفت گیری کرده (۷-۸ روزه) به آرامی به ظرف وارد شد و با طلق شفاف پلاستیکی به آرامی درب آن بسته شد. با مشاهده مداوم هر زنبور در لکه‌های آزمایشی توسط دستگاه بینوکولار، دفعات و مدت زمان هر یک از رفتارهای طی کاوشگری با استفاده از دستگاه ضبط صدا به روش (Rasekh et al. (2010) مشخص شد. بدین صورت که هر یک از رفتارهای کاوشگری شماره گذاری شد و با شروع آزمایش به محض مشاهده هر یک از رفتارها، شماره آن رفتار ذکر شد. بدین ترتیب تعداد دفعات هر رفتار مشخص شد. همچنین فاصله زمانی بین ذکر دو شماره متوالی مربوط به رفتارهای مختلف، به عنوان مدت زمان صرف شده به رفتار اول در نظر گرفته شد. با پیاده نمودن صداها، ضبط شده، دفعات و مدت زمان اختصاص یافته به هر یک از رفتارها به دست آمد. این آزمایش با ۲۰ تکرار انجام گرفت.

قبل از انجام آزمایش، زنبورهای ماده مورد آزمایش از قفس پرورش خارج و به مدت ۲۴ ساعت بطور جداگانه در ظروف پلاستیکی کوچک (به ابعاد قطر ۴ سانتی متر و ارتفاع ۷ سانتی متر) حاوی پنبه مرطوب و محلول عسل (۱۰٪) نگهداری شدند. همچنین ۵ دقیقه قبل از انجام آزمایش جهت تحریک رفتار کاوشگری این زنبورهای ماده بی تجربه، یک عدد میوه گُئار دارای یک سوراخ (ایجاد شده بصورت مصنوعی توسط سوزن) در اختیار آنها قرار گرفت.

کرده با عمر دو هفته قرار گرفت. دلیل استفاده از مگس‌های با عمر دو هفته این بود که اوج تخم‌ریزی مگس‌های ماده میوه گُئار در این سن می باشد. پس از مشاهده تخم‌ریزی اولین مگس و بدست آمدن یک دسته^۱ تخم، میوه خارج شد و در ظرف پلاستیکی شفاف دیگری به قطر ۴ سانتی متر و ارتفاع ۷ سانتی متر قرار گرفت. سپس یک زنبور پارازیتوئید ماده جفت-گیری کرده با عمر ۷-۸ روزه روی این میوه حاوی تخم مگس رهاسازی گردید و نحوه و رفتار تخم‌گذاری زنبور زیر بینوکولار بدقت بررسی شد. با توجه تکامل تدریجی تخم‌ها در تخمدان‌های این گونه زنبور پارازیتوئید^۲، از زنبورهای ۷-۸ در آزمایش‌ها استفاده شد تا زنبورهای مورد استفاده تعداد مناسب تخم‌های بالغ را دارا باشند. همچنین مدت زمان بی‌حرکت بودن زنبور ماده در حالت فرو بردن تخم‌ریز طی هر تخم‌گذاری ثبت شد. این مدت به عنوان آستانه تخم‌گذاری نامیده شد. یعنی مدت زمانی که تخم‌ریز جهت تخم‌گذاری داخل بدن میزبان نگهداشته می‌شود. در ادامه با پرورش تخم‌های مورد حمله قرار گرفته و تعیین پارازیته شدن یا نشدن آنها، آستانه تخم‌گذاری بدست آمد. این آزمایش با ۲۰ زنبور ماده و در ۲۰ تکرار انجام شد. برای اطمینان از تخم‌گذاری زنبور، هر میوه بطور جداگانه روی رژیم غذایی لاروی تا خروج زنبور پارازیتوئید نگهداری و پرورش داده شد تا وقوع تخم‌گذاری به اثبات برسد.

بررسی رفتار کاوشگری زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae*

جهت بررسی رفتار کاوشگری زنبور پارازیتوئید، ابتدا هر عدد میوه گُئار گونه *Z. mauritiana* درون ظرف پلاستیکی شفاف حاوی ۱۰ جفت مگس میوه گُئار (با عمر دو هفته) قرار داده شد و به محض مشاهده رفتار تخم‌ریزی یکی از مگس‌های ماده، سایر مگس‌ها با برس از روی میوه دور شدند. سپس میوه حاوی یک دسته

1- Clutch

2- Synovigenic

مطابق با نتایج، کمترین آستانه تخم‌گذاری، که منجر به خروج زنبور پس از پرورش میوه گردید ۴۴ ثانیه و بیشترین مدت زمان ۲۱۷ ثانیه ثبت گردید و میانگین زمان تخم‌گذاری $11/13 \pm 126/25$ ثانیه بود.

F. رفتار کاوشگری زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae*

با مشاهده پیوسته زنبور پارازیتوئید حین کاوشگری روی میوه‌های گُئار حاوی دسته تخم مگس میوه، انواع رفتارها شامل استراحت کردن^۳، قدم زدن^۴، شاخک زدن^۵، آماده شدن برای حمله (شناسایی)^۶، نیش زدن^۷، تخم‌گذاری^۸، تمیز کردن^۹ و پرواز کردن^{۱۰} ثبت شد. نحوه رفتار کاوشگری زنبور پارازیتوئید به این صورت بود که پس از فرود روی میوه ابتدا با نوک شاخک هایش سطح میوه را لمس می‌نمود و به آهستگی قدم برمی‌داشت، در حالی که عمل شاخک زدن را انجام می‌داد. هنگامی که زنبور به محل سوراخ یا شیار تخم‌گذاری مگس میوه رسید، رفتار شناسایی و آماده شدن برای حمله را نشان داد. در این رفتار فرکانس (تعداد شاخک زدن در ثانیه) زنبور ماده به نحو محسوسی افزایش یافته و تخم‌ریز حدود دو الی سه بار داخل سوراخ یا محل تخم‌ریزی مگس فرو برده و بیرون آورده شد، در حالی که شاخک در امتداد بدن قرار داشت و بالای سر نمی‌رفت. در صورت اطمینان از حضور تخم مناسب میزبان در سوراخ، زنبور رفتار نیش زدن را نشان داد. در این رفتار زنبور ماده شکم را خم کرده و تخم‌ریز را داخل سوراخ فرو برده و بی حرکت باقی می‌ماند، در حالی که شاخک‌ها در بالای سر قرار داشت. البته رفتار تخم‌گذاری با نیش زدن بسیار شبیه به هم بود و در هر دو رفتار در حالت ثابت شدن و بی حرکتی زنبور اتفاق افتاد.

- 3- resting
- 4- walking
- 5- antennation
- 6- attack preparation (detecting)
- 7- probing
- 8- oviposition
- 9- grooming
- 10- flying

چون معمولاً داده‌های آزمایش‌های رفتاری پراکنش نرمال ندارند، برای مقایسه داده‌ها از آزمون آماری ناپارامتری من ویتنی یو-تست^۱ در برنامه نرم افزار SPSS ورژن ۱۷ استفاده گردید.

تعیین بارتخم و فعالیت پارازیتسمی زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae*

جهت تعیین بار تخم، ۲۰ عدد زنبور ماده ۷-۸ روزه بطور تصادفی از قفس‌های پرورش جداسازی شده و در معرض بخار الکل کشته شدند. قسمت شکم زنبور بوسیله تیغ جراحی جدا گردید. سپس شکم زنبور به پتری دیش محتوی محلول سدیم کلراید ۰/۷ منتقل شده و شکم با تیغ جراحی شکافته شده و تخمدان‌ها خارج گردید. تعداد تخم بوسیله دستگاه بینوکولار شمارش گردید. میانگین داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۱۷ محاسبه گردید. درصد پارازیتسم با استفاده از نسبت تعداد زنبور پارازیتوئید ظاهر شده به تعداد کل تخم‌های مگس میوه گذاشته شده در هر لکه آزمایشی در ۲۰ تکرار محاسبه و تعیین شد.

نتایج

تعیین نحوه و زمان آستانه زمانی تخم‌گذاری در زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae*

مشاهدات نشان داد وقتی زنبور ماده پارازیتوئید به میوه گُئار آلوده به میزبان رسید، فوراً سطح میوه را با نوک شاخک لمس کرد. در همان زمان، زنبور در حالی که عمل تست با شاخک را انجام می‌داد، با تخم‌ریزش نیش‌هایی^۲ در سطح میوه زد. در زمانی که شاخک زنبور با یک سوراخ تخم‌گذاری مگس میوه گُئار مواجه شد، زنبور از عمل شاخک زدن دست برداشته، مستقیماً روی محل تخم‌گذاری مگس میوه قرار گرفته، شکم را بالا برده و تخم‌ریز خود را درون سوراخ تخم‌ریزی مگس میوه قرار داد.

- 1- Mann Whitney U- test
- 2- probing with the ovipositor (attack)

نتایج رفتار کاوشگری زنبور پارازیتوئید نشان داد که میانگین زمان تخم‌ریزی $8/88 \pm 146/40$ ثانیه بود و زنبور بطور میانگین $2/27 \pm 98/75$ ثانیه را صرف رفتار بیشتر زدن کرد. کمترین زمان‌های ثبت شده صرف رفتارهای استراحت کردن، راه رفتن و پرواز کردن شدند و این رفتارها بطور میانگین به ترتیب $0/52 \pm 8/75$ و $7/90 \pm 0/45$ و $0/14 \pm 1/90$ ثانیه طول کشیدند. میانگین کل زمان حضور در لکه و بروز رفتارهای کاوشگری زنبور پارازیتوئید، $313/20$ ثانیه (۵ دقیقه و ۱۳ ثانیه) بود (جدول ۱).

به دلیل شباهت‌های رفتاری زنبور بین آماده شدن برای حمله و رفتار بیشتر زدن، در هر تخم‌گذاری در حالت فرو بردن تخم‌ریز به داخل سوراخ محل تخم‌گذاری مگس میوه، مدت زمان بی حرکت بودن زنبور ثبت شد. مشاهدات ما نشان داد که چنانچه عمل بی‌حرکت بودن زنبور و فرو بردن تخم‌ریز بیش از ۴۴ ثانیه طول بکشد، می‌تواند بعنوان رفتار تخم‌گذاری محسوب شود، و در غیر این صورت باید بعنوان رفتار بیشتر زدن در نظر گرفته شود.

جدول ۱- دوره‌های زمانی رفتارهای مختلف کاوشگری (میانگین \pm خطای معیار) زنبور ماده ۷-۸ روزه *Fopius carpomyiae* که به یک دسته تخم مگس *Carpomyia vesuviana* روی میوه کنار *Ziziphus mauritiana* دسترسی داشتند.

Table 1. The duration of various foraging behaviors (mean \pm SE) of 7-8 day-old *Fopius carpomyiae* female while had access to a clutch egg of *Carpomyia vesuviana* on a fruit of *Ziziphus mauritiana*.

Variable	Average time (sec.)*	Average Total time (sec.)**
Walking time	3.45 \pm 0.26	7.9 \pm 0.45
Antennation time	0.65 \pm 0.02	14.65 \pm 0.97
Abdominal bending time	8.35 \pm 0.34	21.45 \pm 1.15
Probing time	22.15 \pm 1.19	98.75 \pm 2.27
Oviposition time	78.15 \pm 6.62	146.4 \pm 8.88
Grooming time	7.55 \pm 0.38	13.4 \pm 0.54
Resting time	1.90 \pm 0.16	8.75 \pm 0.52
Flying time	1.65 \pm 0.10	1.9 \pm 0.14
Patch residence time	***	313.2 \pm 9.75

* میانگین زمان اختصاص یافته هنگام بروز آن رفتار

** میانگین کل زمانی که زنبور طی حضور در لکه به آن رفتار اختصاص می‌دهد

*** زمان باقی ماندن در لکه فاقد واحد بوده و از مجموع میانگین زمانی رفتارهای مختلف کاوشگری بدست می‌آید.

پارازیتوئید طی حضور در لکه را به خود اختصاص دادند و کمترین زمان‌های اختصاص یافته با ۱ و ۲ درصد به ترتیب به رفتارهای پرواز کردن و راه رفتن تعلق داشتند (شکل ۱).

بارتخم و فعالیت پارازیتسمی زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae*

بار تخم زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae* در سن ۷-۸ روزگی بطور میانگین $1/88 \pm 29/4$ عدد تعیین شد. همچنین میانگین درصد پارازیتسمی این زنبور پارازیتوئید $3/20 \pm 39/20$ درصد بدست آمد.

بررسی فراوانی رفتارهای مختلف کاوشگری نشان داد که زنبور در لکه حاوی میزبان، بیشترین تعداد رفتار را به شاخک زدن ($1/4 \pm 21/3$) اختصاص داد و پس از آن رفتار بیشتر زدن ($0/15 \pm 4/45$) قرار داشت، رفتارهایی که مرتبط با پدیده پارازیتسم می‌باشند (جدول ۲).

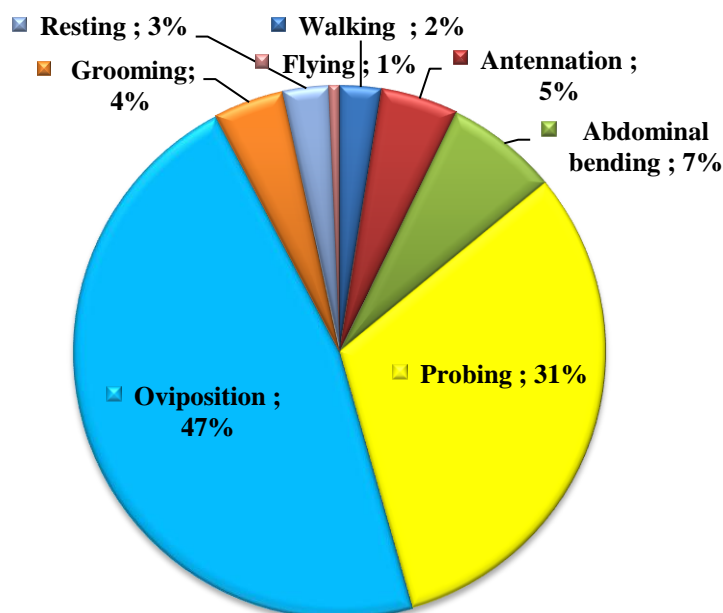
بررسی زمان اختصاص یافته به هر رفتار و ترسیم الگوی زمانی رفتار کاوشگری *F. carpomyiae* نشان داد که رفتارهای تخم‌گذاری و بیشتر زدن به ترتیب با ۴۷ و ۳۱ درصد، بیشترین زمان رفتار کاوشگری این

جدول ۲- تعداد دفعات رفتارهای مختلف کاوشگری (میانگین \pm خطای معیار) زنبور ماده ۷-۸ روزه *Fopius carpomyiae* که به یک دسته تخم مگس *Carpomyia vesuviana* روی میوه کُنار *Ziziphus mauritiana* دسترسی داشتند.

Table 2. Frequency of various foraging behaviors (mean \pm SE) of 7-8 day-old *Fopius carpomyiae* female while had access to a clutch egg of *Carpomyia vesuviana* on a fruit of *Ziziphus mauritiana*.

Variable	Frequency of each behavior*
Walking	2.4 \pm 0.11
Antennation	21.3 \pm 1.4
Detecting	2.6 \pm 0.11
Probing	4.45 \pm 0.15
Oviposition	1.85 \pm 0.15
Grooming	1.8 \pm 0.09
Resting	4.7 \pm 0.16
Flying	1.15 \pm 0.08

* میانگین دفعات بروز هر رفتار کاوشگری زنبور



شکل ۱- سهم زمانی اختصاص یافته به هر رفتار، طی کاوشگری زنبور ماده *Fopius carpomyiae* (۷-۸ روزه)، هنگامی که به یک دسته تخم مگس *Carpomyia vesuviana* روی میوه کُنار *Ziziphus mauritiana* دسترسی داشتند.

Figure 1. Proportional time allocation of 7-8 day-old *Fopius carpomyiae* female to various behaviors while had access to a clutch egg of *Carpomyia vesuviana* on a fruit of *Ziziphus mauritiana*.

با تخصص میزبانی می باشد (Van Alphen and Vet, 1986; Godfray, 1994; Wang and Keller, 2002; Wang and Messing, 2003). این زنبور محل تخم گذاری مگس میوه کُنار را با جستجوی شاخکی

بحث

مطالعات نشان داد که زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae* از یک الگوی رفتاری بر پایه مکان یابی میزبان پیروی می کند (جدول ۱)، که مشابه رفتار تعداد زیادی از پارازیتوئیدهای

زنبور، بطور معنی‌داری زمان باقی‌ماندن پارازیتوئیدها روی لکه‌ها را افزایش داد، در حالی که پارازیتوئید وقتی که روی یک لکه میزبان غیرآلوده فرود آمد، خیلی سریع آنرا ترک کرد. مطابق با مطالعات انجام شده روی زیرخانواده *Opiinae* وجود رایحه‌های همراه با میزبان، بوهای متصاعد شده از حفره محل تخم‌گذاری مگس میوه گنار و کایرومون‌های باقی‌مانده از مگس‌های بالغ در سطح میوه، زمان حضور در لکه پارازیتوئید را افزایش می‌دهند (Van Alphen and Galis, 1983; Nelson and Roitberg, 1995; Wang and Keller, 2002). در حالی که حضور کایرومون‌های میزبان می‌تواند به عنوان یک نشانه توسط پارازیتوئید برای ارزیابی اولیه و تعیین کیفیت منابع بالقوه لکه در شروع کاوشگری بکار گرفته شود (Waage, 1979). زنبور همچنین از تجربه بدست آمده طی کاوشگری جهت ارزیابی کیفیت واقعی لکه و تعیین مدت زمان باقی‌ماندن در آن استفاده می‌نماید (Vos et al., 1998; Wang and Keller, 2002). در این ارتباط بر اساس مدل مکانیسم رفتاری (Waage, 1979)، یک پارازیتوئید بایستی لکه را پس از زمان معینی ترک نماید و این زمان تابعی از فاصله زمانی تا وقوع آخرین تخم‌گذاری می‌باشد (Driessen et al., 1995).

لاروهای مگس میوه گنار که درون عمق پالپ میوه پنهان می‌شوند، چالشی را برای زنبور پارازیتوئید *F. Carpomyiae* بوجود می‌آورند. تحقیقات نشان داده که در پارازیتوئیدهای زیرخانواده *Opiinae* تخم‌ریز ابزاری برای حل این مشکل است (Aluja et al., 2009)، با این وجود با توجه به تخم‌گذاری از سطح پوست در زنبورهای این زیرخانواده، عمق نفوذ به درون میوه، محدود به طول تخم‌ریز می‌شود (Sivinki et al., 2001; Sivinki, 1991). اما این محدودیت در زنبورهای خانواده‌های *Figitidae* و *Chalcidoidae*، پارازیتوئید لاروهای تفریته وجود ندارد، چرا که پارازیتوئیدهای لارو از میان پارگی‌های موجود یا ایجاد شده بوسیله مگس میوه،

مکان‌یابی نمود و سپس تخم‌های میزبان را بوسیله تخم ریز خود شناسایی کرد. کارکردهای این رفتارهای کاوشگری که در سایر پارازیتوئیدهای مگس میوه این زیرخانواده نیز گزارش شده (Messing and Jang, 1992; Wang and Messing, 2003)، بیشتر از این جهت حائز اهمیت است که تخم‌های مگس میوه گنار بطور کامل از نظر ظاهری از دسترسی پارازیتوئید پنهان هستند. در این ارتباط گزارش شده که زنبور پارازیتوئید *F. arisanus* به بوی بدن مگس‌های میوه جلب شده و رایحه‌های همراه با تخم‌های تفریته را تعیین و شناسایی می‌نماید (Rousse et al., 2007). البته بنظر میرسد که رایحه‌های دیگری از جمله فرمون بازدارنده تخم‌ریزی، باقی‌مانده از مگس ماده تخم‌ریزی کرده در این ارتباط نقش داشته باشد. این رایحه‌ها همچنین در زنبور پارازیتوئید *F. ceratitivorus* منجر به توانایی تفکیک بین تخم‌های گذاشته شده توسط مگس میوه ماده و تخم‌های که بطور مصنوعی در میوه قرار داده شدند، گردید (Bokonon-Ganta et al., 2007).

در مواردی که میزبان‌ها پراکنش لکه ای دارند افراد کاوشگر باید در ارتباط با ماندن یا ترک لکه تصمیم‌گیری نمایند. اگر لکه را خیلی زود ترک نمایند ضمن پذیرش خطرات ترک لکه، زمان سفر بین لکه‌ها را از دست می‌دهند، و اگر بیش از حد در لکه بمانند به تدریج از ارزش و کیفیت لکه کاسته شده و شانس جاهای بهتر را در رقابت با سایر کاوشگران از دست می‌دهند. تئوری ارزش حاشیه‌ای^۱ (Charnov, 1976) نشان می‌دهد که حداقل دو شاخصه فاصله بین لکه‌ها و میانگین کیفیت لکه‌ها بر تصمیمات ترک لکه تأثیرگذارند. بطور مشابه با نتایج بدست آمده در این مطالعه، نتایج تحقیقات Wang and Messing (2003) روی رفتار کاوشگری پارازیتوئید *F. arisanus* نشان داد که حضور رایحه‌های همراه با میزبان، سوراخ‌های تخم‌گذاری میزبان و تخم‌گذاری‌های موفق

Farrar et al. ۳۹/۲٪ بدست آمد که با نتایج مطالعات (2009) که درصد پارازیتسم همین گونه زنبور را در طبیعت ۲۴٪ گزارش نمود تفاوت دارد، که می‌تواند به دلایل دسترسی کمتر پارازیتوئید به میزبان، عوامل محدودکننده رقابت، اثرات سایر شکارگران و یا عوامل محدودکننده اقلیمی در طبیعت باشد.

در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که با توجه به تخصیص زمانی قابل توجه زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae* به رفتارهای بیشتر زدن و تخم‌گذاری (در مجموع ۷۸٪) و همچنین درصد بالای پارازیتسم تخم‌های مگس میوه *C. vesuviana* (۳۹/۲ درصد)، می‌توان انتظار داشت که بتوان از این پارازیتوئید بعنوان گونه‌ای با کارایی بالا در کنترل زیستی این میزبان تخصصی استفاده نمود. بهمین منظور پیشنهاد می‌شود که تحقیقات گسترده‌ای در جهت عملیاتی کردن و تسهیل پرورش انبوه زنبور *F. carpomyiae* صورت پذیرد.

سپاس‌گزاری

به این وسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز و همچنین مسئولین و کارشناسان محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر بخصوص بخش تحقیقات منابع طبیعی و آزمایشگاه تشکر می‌شود.

وارد میوه شده و از میان پالپ‌های میوه حرکت می‌کنند و خود را به میزبان می‌رسانند (Aluja et al., 2009).

نتایج ما نشان داد که زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae* در صورت عدم دسترسی به محلول غذایی عسل (۱۰٪) بدون حضور میزبان، حداکثر ۴۸ تا ۷۲ ساعت زنده ماندند که با نتایج مطالعات انجام گرفته توسط Sivinski et al. (2006) در مورد پارازیتوئیدهای Opiinae مشابه می‌باشد. پارازیتوئیدها بطور معمول متحمل هزینه‌های اضافی و خطرات کاوشگری جداگانه هم برای یافتن غذا و هم برای میزبان‌یابی می‌شوند، اما در زنبورهای زیرخانواده Opiinae با توجه به دسترسی به هر دو نیاز در همان ریز محیط میوه، سودمندی قابل توجهی را هم در کسب انرژی و هم در عدم جابجایی بدست می‌آورند (Sivinski et al., 2006).

زنبور پارازیتوئید *F. carpomyiae* بیشترین زمان کاوشگری خود را صرف پیدا کردن و پارازیته کردن میزبان نمود (نیشتر زدن ۳۱٪ و تخم‌گذاری کردن ۴۷٪) که مشابه با رفتار کاوشگری گونه پارازیتوئید *F. arisanus* می‌باشد (Wang and Messing, 2003). این نتایج بیانگر این موضوع است که پارازیتوئید بیشترین وقت و انرژی خود را در جهت بقای نسل و تولید نتاج سرمایه گذاری می‌نماید. همچنین درصد پارازیتسم زنبور *F. carpomyiae* روی میزبان مگس میوه گُنا

REFERENCES

- Abaei, M. 2009. List of pests of forest trees and shrubs of Iran. Plant pests and diseases research institute, Tehran. (in Farsi).
- Aluja, M., Ovruski, S., Guillén, L., Oroño, L., and Sivinski, J. 2009. Comparison of the host searching and oviposition behaviors of the tephritid (Diptera) parasitoids *Aganaspis pelleranoi* and *Odontosema anastrephae* [Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae]. Journal of Insect Behaviour, 22: 423–451.
- Bokonon-Ganta, A., Ramadan, M., and Messing, R. 2007. Reproductive biology of *Fopius ceratitivorius* (Hymenoptera: Braconidae), an egg-larval parasitoid of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Biological Control, 41: 361–367.

Charnov, E.L. 1976. Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9: 129–136.

Cloutier, C., and Bauduin, F. 1990. Searching behavior of the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* (Hymenoptera: Aphidiidae) foraging on potato plants. *Environmental Entomology*, 19: 222–228.

Danchin, E., Giraldeau, L., and Cezilly, F. 2008. *Behavioural Ecology*. Oxford University Press. New York.

Driessen, G., Bernstein, C., van Alphen, J.J.M., and Kacelnik, A. 1995. A count-down mechanism for host search in the parasitoid *Venturia canescens*. *Journal of Animal Ecology*, 64: 117–125.

Emlen, J.M. 1966. The role of time and energy in food preference. *The American Naturalist*, 100: 611–617.

Farrar, N., Askary, H., Golestaneh, S.R., Karampour, F., and Haghani, M. 2011. Study on parasitism of *Carpomya vesuviana* Costa (Diptera: Tephritidae) by *Fopius carpomyiae* (Silvestri) (Hymenoptera: Braconidae) in Bushehr province. *Journal of Plant Pests Research*, 1(1): 1–9. (in Farsi with English abstract).

Farrar, N., Chou, L.Y. 2000. Introduction of *Fopius carpomyiae* Silvestri (Braconidae: Opiinae), as a parasitoid of ber fruitfly larvae *Carpomya vesuviana* Costa (Tephritidae), in Iran. *Applied Entomology and Phytopathology*, 67(1-2): 27–28.

Farrar, N., Golestaneh, S.R., Askari, H., and Asareh, M.H. 2009. Studies on Parasitism of *Fopius carpomyie* (Silvestri) (Hymenoptera: Braconidae), an Egg-Pupal Parasitoid of Ber (Konar) Fruit Fly, *Carpomyia vesuviana* Costa (Diptera: Tephritidae), in Bushehr – Iran. *Acta Horticulture*, 840: 430–438.

Farrar, N., Mohammadi, M., and Golestaneh, S.R. 2003. Biology of the ber fruitfly, *Carpomya vesuviana* (Dip.: Tephritidae) and identification of natural enemies in Bushehr province. *Iranian Journal of forest and range protection*, 1: 1–25. (in Farsi with English abstract).

Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoids: behavioural and evolutionary ecology*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Hughes, R.N., and Roger, N. 1989. *Behavioural mechanisms of food selection*. London & New York: Springer-Verlag.

Iwasa, Y., Higashi, M., and Yamamura, N. 1981. Prey distribution as a factor determining the choice of optimal foraging strategy. *The American Naturalist*, 117: 710–723.

Latifian, M., and Ahmadi, A.R. 2005. Final report of research project: the identification of pests and diseases of Konar in Khuzestan province. (in Farsi).

- Lopez, M., Aluja, M., and Sivinski, J. 1999. Hymenopterous larval-pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha* flies (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Biological Control*, 15: 119–129.
- Luck, R.F. 1990. Evaluation of natural enemies for biological control: a behavioral approach. *Trends in Ecology and Evolution*, 5: 196–199.
- MacArthur, R.H., and Pianka, E.R. 1966. On the optimal use of a patchy environment. *American Naturalist*, 100: 603–9.
- Messing, R.H., and Jang, E.B. 1992. Response of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) to host fruit stimuli. *Environment Entomology*, 21: 1189–1195.
- Nelson, J. M., and Roitberg, B.D. 1995. Flexible patch time allocation by the leafminer parasitoid, *Opius dimidiatus*. *Ecological Entomology*, 20: 245–252.
- Rasekh, A., Kharazi Pakdel, A., Allahyari, H., and Michaud, J.P. 2010. The effect of experience and age on foraging behavior of a thelytokous parasitoid, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) on *Aphis fabae* Scopoli. *Journal of plant protection (Agricultural Science and Technology)*, 24(2): 187–195. (in Farsi with English abstract).
- Rousse, P., Ciroleu, F., Veslot, J., and Quilici, S. 2007. The host and microhabitat olfactory location by *Fopius arisanus* suggests a broad potential host range. *Physiological Entomology*, 32: 313–321.
- Sivinski, J. 1991. The influence of host fruit morphology on parasitization rates in the Caribbean fruitfly *Anastrepha suspensa*. *Entomophaga*, 36: 447–454.
- Sivinski, J., and Aluja, M. 2012. The roles of parasitoid foraging for hosts, food and mates in the augmentative control of tephritidae. *Insects*, 3: 668–691.
- Sivinski, J., Aluja, M., and Holler, T. 2006. Food sources for adult *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies: effects on longevity and fecundity. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 118: 193–202.
- Sivinski, J., Vulinec, K., and Aluja, M. 2001. Ovipositor length in a guild of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) attacking *Anastrepha* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae) in southern Mexico. *Annals of the Entomology Society America*, 94: 886–895.
- Stephens, D.W., Brown, J.S., and Ydenberg, R.C. 2007. *Foraging: behavior and ecology*. University of Chicago Press. Chicago.
- Tanaka, N., Steiner, L.F., Ohinata, K., and Okamoto, R., 1969. Low-cost larval rearing medium for mass production of Oriental and Mediterranean fruit fly. *Journal Economic Entomology*, 62: 967–968.

- Vadivelu, K. 2014. Biology and management of ber fruit fly, *Carpomyia vesuviana* Costa (Diptera: Tephritidae): A review. African Journal of Agricultural Research, 9(16): 1310–1317.
- Van Alphen, J.J.M., and Galis, F. 1983. Patch time allocation and parasitization efficiency of *Asobora tabida* Nees, a larval parasitoid of *Drosophila*. Journal of Animal Ecology, 52: 937–952.
- Van Alphen, J.J.M., and Vet, L.E.M. 1986. An evolutionary approach to host finding and selection. In Waage, J. K., and Greathead, D. (eds.), Insect Parasitoids, Academic Press, London. pp: 23-61.
- Van Alphen, J.J.M., Bernstein, C., and Driessen, G. 2003. Information acquisition and time allocation in insect parasitoids. Trends in Ecology, 18: 81–87.
- Vos, M., Hemerik, L., and Vet, L.E.M. 1998. Patch exploitation by the parasitoids *Cotesia rubecula* and *Cotesia glomerata* in multi-patch environments with different host distributions. Journal of Animal Ecology, 67: 774–783.
- Waage, J.K. 1979. Foraging for patchily distributed hosts by the parasitoid, *Nemeritis canescens*. Journal of Animal Ecology, 48: 353–371.
- Wang, X.G., and Keller, M.A. 2002. A comparison of the host-searching efficiency of two larval parasitoids of *Plutella xylostella*. Ecological Entomology, 27: 105–114.
- Wang, X. G., and Messing, R. H. 2003. Foraging behavior and patch time allocation by *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg-larval parasitoid of tephritid fruit flies. Journal of Insect Behavior, 16(5): 593–612.
- Wharton, R.A. 1997. Generic relationships of opiinae Braconidae (Hymenoptera) parasitic on fruit infesting Tephritidae (Diptera). Contributions of the American Entomological Institute, 30: 1–53.

A survey on foraging behavior of *Fopius carpomyiae* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of ber fruit fly *Carpomyia vesuviana* (Diptera: Tephritidae)

S. R. Golestaneh¹, F. Kocheili*², A. Rasekh², M. Esfandiari² and M. E. Farashiani³

1. Ph.D. student of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. *Corresponding Author: Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (kocheilif@yahoo.com)
3. Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

Received: 26 May 2018

Accepted: 19 September 2018

Abstract

Background and objectives

Fopius carpomyiae Silvestri (Hymenoptera: Braconidae) is an egg and rare larval parasitoid of ber fruit fly, *Carpomyia vesuviana* Costa (Diptera: Tephritidae) in Bushehr and Khuzestan provinces.

Materials and Methods

In this research, firstly the synchronous cohorts of *F. carpomyiae* females were produced. Then the mated females (7-8 days old) were released singly into petri dish containing a ber fruit infested by a clutch of ber fruit fly eggs. Each female ($n = 20$) was observed continuously under a stereomicroscope while she remained in the patch and the time of onset and duration of all distinguishable behavioral events were recorded using an MP3 voice recorder.

Results

The wasp females devoted a lot of time to oviposition (146.40 ± 8.80 sec; 47%), and probing behaviors (98.75 ± 2.27 sec; 31%), during patch residence time (313.2 sec). The foragers allocated the least times to the resting, walking and flying behaviors. The average number of oviposition on each fruit was 1.85 ± 0.15 , the maximum and minimum durations of ovipositor insertions resulting in parasitism were 44, and 217 sec, respectively. Moreover, on average, the egg load of *F. carpomyiae* females was 29.4, and the percentage of parasitism was 39.20.

Discussion

According to the results, *F. carpomyiae* females showed the proper exploitation of host because of its effective foraging behaviors and high percentage of parasitism.

Keywords: *Fopius carpomyiae*, *Carpomyia vesuviana*, patch residence time, foraging behavior