Archive of SID.ir

مقالهٔ تحقیقی

کاربرد واکنش بویایی دشمنان طبیعی در انتخاب گونه مناسب برای کنترل بیولوژیک: بررسی مقایسه‌ای زنبورهای *T. brassicae* Bezd. و *Trichogramma evanescens* West.

صالح پورآرین[۱]، سیاوش تیرگری[۲]، جلال شیرازی[۳]، علی احدیت[۴] و شهرام شاهرخی خانقاه[۵]

۱، ۲ و ۴- دانش‌آموخته، استاد، استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳ و ۵- به ترتیب دانشیار، استادیار، موسسهٔ تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مسئول مکاتبات: جلال شیرازی، ایمیل: Jalal.Shirazi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸ ۹(۱) ۹۹–۱۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۴

چکیده

واکنش بویایی و ویژگی‌های زیستی دو گونه زنبور *Trichogramma evanescens* (*Te*) و *T. brassicae* (*Tb*) در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. تیمارها شامل تخم کرم گلوگاه انار و قطعات سالم و آلوده تاج، دانه و پوست میوه انار و برگ سالم و له شده درخت انار بود. دستگاه بویایی سنجی شامل یک لولهٔ شیشه‌ای دو شاخه (Y شکل) با زاویهٔ ۳۰ درجه بود. برای هر تیمار ۹۰ عدد زنبور ماده جفتگیری کرده با طول عمر ۲۴–۰ ساعت در سه تکرار (۳۰ زنبور) در نظر گرفته شد. به منظور بررسی ارتباط احتمالی بین قدرت بویایی زنبورها و کارایی آن‌ها، ویژگی‌های زیستی هر یک از این دو گونه روی تخم کرم گلوگاه با استفاده از رویکرد جدول زندگی دوجنسی بررسی شد. نتایج بویایی‌سنجی نشان داد حشرات کامل زنبور ماده و جفتگیری کرده *Te* به طور معنی‌داری به بوهای تخم کرم گلوگاه، تاج و دانهٔ انار سالم و آلوده جلب می‌شوند. در حالی‌که، زنبور *Tb* به هیچ‌کدام از تیمارها در مقایسه با هوای تمیز به‌طور معنی‌دار پاسخ نداد. نتایج بررسی ویژگی‌های زیستی مشخص کرد افراد نر (۱۰/۷۰ روز) و ماده (۱۰/۵۲ روز) زنبور *Te* به‌طور معنی‌داری نسبت به افراد نر (۱۱/۲۰ روز) و ماده (۱۰/۹۵ روز) زنبور *Tb* دوره رشدی نابالغ کوتاه‌تری داشتند. طول عمر زنبورهای ماده *Te* و *Tb* به ترتیب ۳ و ۲ روز به‌دست آمد. نرخ خالص تولید مثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت در زنبورهای *Te* و *Tb* به ترتیب ۱۶/۵۶ فرد نتاج و ۰/۲۳۳۷ روز$^{-1}$ و ۱۵/۲۰ فرد نتاج و ۰/۲۲۲۰ روز$^{-1}$ برآورد شد. نرخ تبدیل میزبان به تخم پارازیتویید (Q_p) در هر دو گونه زنبور معادل یک بدست آمد. در سایر پراسنجه‌ها نیز گونه *T. evanescens* نسبت به *T. brassicae* برتری نسبی داشت. در این مقاله، امکان کاربرد روش بویایی‌سنجی به‌جای بررسی‌های زمان‌بر تعیین ویژگی‌های غالبا متغیر زیستی برای انتخاب دشمن طبیعی مناسب، مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: بویایی‌سنجی، ویژگی‌های زیستی، *Trichogramma*، کرم گلوگاه انار، کنترل بیولوژیک

مقدمه

اعتقاد بر این است که ساختار دریافت و تشخیص بوهای شیمیایی مختلف در تمامی موجودات زنده اعم از تک سلولی‌ها، کپک‌ها و جانداران پرسلولی (گیاهان و جانوران) وجود دارد (Simon *et al.*, 1985; Bonner & Savage, 1947; Zipfel, 2014; Willows, 1978; Kaissling, 1971). سایر علایم یا محرک‌های حسی مثل نور، دما و رطوبت در موجودات زنده به‌صورت فیزیکی دریافت و تشخیص داده می‌شوند (Chartier, 2017). وجود ده‌ها هزار سلول حسگر دارای تخصص مشابه به صورت گروهی در حشرات و از طرف دیگر تعیین پاسخ بویایی آن‌ها به‌راحتی به‌وسیله روش‌های الکتروفیزیولوژیک، حشرات را بهترین گزینه برای مطالعات بویایی‌سنجی قرار

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

داده است (Kaissling, 1974). گرچه سال‌ها فرایند تشخیص بو در حشرات و پستانداران به نوعی مشابه تصور شده بود، اما پژوهش‌های سیلبرینگ و بنتون نشان داد که در پستانداران این فرایند به گیرنده‌های متابوتروپیک (Metabotropic) متصل شونده به لیگاندها (ligand) متکی است و پس از تحریک، با استفاده از جی–پروتئین‌ها (G–protein) پیام بویایی منتقل می‌شود، اما در حشرات فرایند تشخیص بو، آیونتروپیک (Ionotropic) است که طی آن مولکول‌های یونی مواد شیمیایی، به‌طور مستقیم از فضای برون یاخته‌ای وارد سلول‌های حسگر بوهای شیمیایی (Chemoreceptors) می‌شوند و تحریک صورت می‌گیرد. طبق همین پژوهش، حسگرهای موجود در شاخک حشرات برای تشخیص بوی غذا، فرمون‌ها و سایر بوهای محیطی اختصاص دارند و حسگرهای روی قطعات دهانی و پاها نیز نقش تشخیص بو و طعم مواد غذایی را بر عهده دارند (Silbering & Benton, 2010).

در آغاز پژوهش‌های بویایی‌سنجی حشرات، تمرکز یک تیم پژوهشی به رهبری دانشمند آلمانی به نام بوتنانت (Butenandt) روی فرومون جنسی پروانه کرم ابریشم قرار داشت. برای به‌دست آوردن مقداری از این فرومون و تشخیص ساختمان شیمیایی آن، حدود ۵۰۰ هزار غده تولید کننده فرومون جمع‌آوری شد (Akhtar & Akhtar, 1998). پس از کشف فرومون جنسی در پروانه کرم ابریشم توسط بوتنانت در دهه ۱۹۵۰، تحقیقات وسیعی برای درک فرآیند تشخیص بو در حشرات شروع شد (Schneider, 1957). در سال ۱۹۷۴ ساختار سلول‌های بویایی روی شاخک پروانه نر کرم ابریشم و تعداد آن‌ها به‌خوبی مشخص شد (Kaissling, 1974). در حال حاضر، اعتقاد بر این است که در طی فرایند تکامل، حشرات پارازیتویید به راهبردهای مختلفی در استفاده از ترکیبات شیمیایی برای برقراری ارتباط با موجودات زنده زیستگاه خود (افراد هم گونه، میزبان‌ها و گیاهان) مجهز شده‌اند (Colazza & Wajnberg, 2013). طی این راهبردها، پارازیتویید‌ها به‌صورت فعال به علائم زنده و غیرزنده زیستگاه خود پاسخ می‌دهند. این علائم در واقع مواد شیمیایی دارای بو هستند که کیمیاپیام (Semiochemical) نامیده شده‌اند و نقش اصلی را در برقراری ارتباط حشرات پارازیتویید با زیستگاه خود بازی می‌کنند (Nordlund, 1981; Vet & Dicke, 1992). در چند دهه گذشته، عمده پژوهش‌های صورت گرفته در زمینهٔ تاثیر کیمیاپیام‌ها روی رفتارهای جستجوگری پارازیتوئیدها به جنبه‌های شیمیایی، شناسایی ترکیبات موثر و فرآیند تولید و ساخت مصنوعی آن‌ها برای کاربرد در مدیریت آفات توجه داشته و کمتر به درک فرایند تصمیم‌گیری بهینهٔ پارازیتوئیدها در مقابل کیمیاپیام‌ها و عوامل موثر بر آن پرداخته شده است (Colazza & Wajnberg, 2013). با وجود تکامل حشرات آفت برای شکستن لایه‌های دفاعی گیاهان میزبان، گیاهان نیز برای دفاع از خود و در تقابل با آفات مجهز به سامانه‌هایی برای انتشار مواد پیام‌رسان و جلب دشمنان طبیعی شده‌اند. برخی آفات در مرحله لاروی با توسعه آنزیمی، قادر به تبدیل فرآورده‌های ثانویه گیاهی مثل ترکیبات اسید چرب–آمینواسیدی (Fatty acid–amino acid conjugates) به مواد غذایی مورد نیاز برای رشد و نمو خود شده‌اند اما گیاهان نیز از همین مواد برای اعلام حضور آفات به دشمنان طبیعی سود می‌برند (Yoshinaga & Mori, 2018). برای مثال، فعالیت گیاه‌خواری لارو آفات روی ذرت باعث آزاد شدن (*E*)–β–farnesene و (*E*)–α–bergamotene می‌شود که جلب‌کنندهٔ بسیار قوی زنبورهای پارازیتویید هستند (Schnee *et al.*, 2006). حتی تخمریزی آفات (*Pieris brassicae* و *P. rapae*) روی گیاه میزبان (*Brassica oleracea*، کلم) باعث تغییراتی در مواد شیمیایی درون برگ می‌شود که باعث توقف (Arrestment) و جستجوی طولانی‌تر پارازیتویید‌های طبیعی (*T. brassicae* و *T. evanescens*) می‌شود (Fatouros *et al.*, 2009; Pashalidou *et al.*, 2010). بر عکس، در زمانی که حشره‌ای غیرمیزبان (*Sitona lineatus*) روی گیاه میزبان (*Vicia fabae*) یک آفت (*Nezara viridula*) تخمریزی کند نه تنها زنبورهای پارازیتویید (*Trissolcus basalis*) را جلب نمی‌کند بلکه اثر دورکنندگی نیز دارد (Moujahed *et al.*, 2014). به‌علاوه، پارازیتویید‌ها قادر به بهره‌برداری از بوی مواد شیمیایی باقیمانده از آفات برای میزبان‌یابی خود

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در محیط هستند. برای مثال زنبور *Psyllaephagus pistaciae*، به بوی عسلک میزبان خود (پسیل پسته) پاسخ مثبت می‌دهد (Mehrnejad & Copland, 2006).

یکی از پارازیتوئیدهایی که به طور گسترده در کنترل بیولوژیک آفات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است، زنبور پارازیتوئید *Trichogramma* spp. است. مجموع کاربرد این پارازیتوییید برای کنترل آفات مختلف باغی، زراعی و عرصه‌های طبیعی به بیش از ۳۰ میلیون هکتار در دهه ۱۹۹۰ رسید (Li, 1994). در ایران، ابتدا دو گونه از این زنبور در اوایل دهه ۱۳۵۰ از آلمان به کشور واردسازی شد (Shirazi *et al.*, 2021) اما در سال ۱۳۵۵ رضوانی و شاه‌حسینی اولین دستجات انگلی شده تخم کرم ساقه‌خوار برنج توسط زنبور تریکوگراما را جمع‌آوری کردند (Rezvani & Shahhosseini, 1976). در حال حاضر این زنبور تولید انبوه شده و سالانه در حدود ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی باغی و زارعی برای کنترل بیولوژیک آفات مختلف رهاسازی می‌شود. یکی از اولین آفات هدف در برنامه‌های کنترل بیولوژیک با استفاده از زنبور تریکوگراما، کرم گلوگاه انار، *Ectomyelois ceratoniae*، بوده است (Shirazi *et al.*, 2021). در دهه‌های گذشته این شب‌پره در تمام مناطق انارکاری ایران به‌صورت خسارت‌زا وجود داشته است. به‌نظر می‌رسد منشا این شب‌پره از منطقه مدیترانه باشد، اما به تدریج در بسیاری از کشورها پراکنده شده است. کرم گلوگاه انار یک حشره بسیار پلی‌فاژ است که خسارت آن از باغ شروع شده و سپس در انبار به‌صورت آفت انباری در محصول باقی می‌ماند. از آنجایی که این آفت دامنه وسیعی از تغییرات حرارتی را تحمل می‌کند، لذا پراکنش جغرافیایی گسترده‌ای دارد (Shakeri, 2004).

پژوهش‌های اولیه نشان داده است که زنبور *Trichogramma pretiosum* با استفاده از بوی فرومون میزبان‌هایش، به جستجوی مرحلهٔ تخم آن‌ها می‌پردازد (Lewis *et al.*, 1982). در پژوهش دیگری مشخص شد که زنبور *Trichogramma chilonis* در بین میزبان‌های گیاهی، به بوی فلفل (*Capsicun annum*) به طور معنی‌داری بیشتر جلب می‌شود (Boo & Yang, 1998). آزمایش‌های پال و همکاران ثابت کرد بوی ناشی از هیدروکربورهای سیر شده شامل پنتاکوزان و هگزاکوزان باعث برانگیختگی و افزایش فعالیت و پارازیتیسم در دو گونه زنبور *Trichogramma brilisiensis* و *Trichogramma exiguum* شد (Paul *et al.*, 2002). نتایج بررسی‌های دیگری نشان داد که آلودگی به باکتری *Wolbachia* با وجود تاثیر روی تولید مثل زنبورهای *Trichogramma brassicae*، هیچگونه اختلالی در قدرت تشخیص بو ایجاد نمی‌کند (Farrokhi *et al.*, 2013). به‌تازگی مکانیسم دریافت بو در این پارازیتوییید و ژن‌های مربوط در مطالعات گسترده‌ای گزارش شدند (Al–Jalely & Xu, 2021).

حال پرسش اساسی این است که آیا می‌توان ارتباطی بین قدرت بویایی یک زنبور پارازیتوییید نسبت به میزبان خود و گیاه میزبان با ویژگی‌های زیستی آن پیدا کرد؟ در یکی از پژوهش‌های اخیر مشخص شد که زنبور *Trissolcus mitsukurii* تکامل متقابلی با بوهای ناشی از گیاهان میزبان مورد حمله یا تخمریزی شده توسط *Halyomorpha halys* (سن مهاجم) یا آفت بومی دیگری به‌نام سن سبز، *Nezara viridula*، پیدا کرده‌اند و هیچ تمایلی به پارازیته کردن تخم سایر سن‌ها از جمله سن مفید *Aroma custos* ندارند (Rondoni *et al.*, 2022). بررسی‌های دیگری نیز بر تکامل متقابل گیاهان–گیاهان انگل تاکید داشته‌اند. برای مثال حتی ارتباط مثبتی بین طول خار یک گونه کاکتوس و گیاه انگل آن در شیلی بر اساس تکامل متقابل به اثبات رسیده است (Medel *et al.*, 2010). در مطالعه حاضر ضمن بررسی جلب دوگونه زنبور تریکوگراما (*T. brassicae* و *T. evanescens*) به بوی تیمارهای مختلف از کرم گلوگاه به عنوان میزبان آن‌ها و انار به عنوان میزبان آفت یا زیستگاه پارازیتوییید، ویژگی‌های زیستی آن‌ها نیز با یکدیگر مقایسه شده است. علاوه بر اهمیت نتایج از نظر تکاملی، می‌تواند در فرایند انتخاب و معرفی دشمن طبیعی موثر برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار راهگشا باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش کرم گلوگاه انار

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جمعیت اولیهٔ کرم گلوگاه انار از میوه‌های صدمه دیده باغات انار ورامین و پیشوا جمع‌آوری شد. ابتدا انارهای آلوده باقیمانده روی درخت و کف باغ در زمستان (۱۳۹۸) و سپس انارهای آلوده در فصل رویش (بهار و تابستان ۱۳۹۹) جمع‌آوری و به آزمایشگاه حمل شد و درون جعبه‌های ۰/۳تا ۰/۵۰ مترمکعبی در اتاق پرورش (دمای ۱±۲۶ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره روشنایی ۱۶ به ۸ ساعت تاریکی) نگهداری شدند. شب‌پره‌های ظاهر شده (نر و ماده) به تدریج جمع‌آوری و درون یک قفس تخمریزی به ابعاد ۱×۱×۱/۵ متر رهاسازی شدند. کف این قفس و سه دیواره جانبی با دستمال کاغذی سه و چهار لایه دارای طرح مارپیچ برجسته (پاپیا، شرکت پارس حیات ساغلیک اورونلری) به‌عنوان بستر تخمریزی پوشیده شد. برای تغذیه شب‌پره‌ها، پنبه آغشته به شربت قند ۱۰٪ درون یک پتری دیش باز در قفس قرار داده شد. به‌علاوه، برای تحریک آفت به تخمریزی، شربت قند روی بستر تخمریزی افشانده شد. روزانه بستر تخمریزی تعویض شد و تخم‌های جمع‌آوری شده برای استقرار کلنی آفت روی پسته استفاده شد. برای این منظور پسته رقم کله قوچی تهیه و درون جعبه‌های پلکسی‌گلاس ۱۰×۲۰×۲۰ سانتی‌متری به صورت یک لایه ریخته شد. به ازای هر عدد پسته یک تخم تازه آفت به ظروف اضافه شد. به‌منظور تسهیل تهویه روی در ظروف دو روزنه به قطر ۲ سانتیمتر ایجاد و با توری سیمی پوشانده شد و ظروف در شرایط ذکر شده نگهداری شدند. پس از استقرار کلنی کرم گلوگاه انار روی پسته، از مرحله تخم آفت برای انجام آزمایش‌ها، پرورش زنبور و تداوم کلنی استفاده شد.

پرورش زنبور پارازیتوئید

زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* به ترتیب از باغ‌های سیب کرج (نظرآباد، ۱۳۹۶) و باغات انار استان خراسان رضوی (فردوس، ۱۳۹۸) جمع‌آوری و در بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسهٔ تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور روی تخم بید غلات (*Sitotroga cerealella*) در دمای ۱ ± ۱۸ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ و دورهٔ روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش و نگهداری شدند. در چنین شرایطی هر نسل زنبور ۲۰ تا ۲۲ روز به‌طول انجامید. تایید گونه توسط آقای دکتر ابراهیمی، در بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات، موسسهٔ تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور انجام شد. در زمان انجام آزمایش‌ها، یک جمعیت (حدود ۲۰۰۰ عد تخم پارازیته) از هر گونه به شرایط معمول (دمای ۱ ± ۲۶ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ و دوره روشنایی ۱۶ به ۸ ساعت تاریکی) منتقل و پس از چند نسل پرورش روی تخم بید غلات در آزمایش استفاده شد.

دستگاه بویایی‌سنجی

وسیلهٔ بویایی‌سنجی شامل یک پمپ آکواریوم با قدرت تولید ۰/۵ تا ۲ لیتر جریان هوا در دقیقه (Hailea ACO–5501)، یک لوله شیشه‌ای Y شکل به‌طول بازوی اصلی ۱۶ سانتی‌متر و بازوهای فرعی به‌طول ۲۱ سانتی‌متر و با قطر داخلی ۲ سانتی‌متر بود. جریان هوا پس از تولید توسط پمپ از طریق یک سه‌راهی متصل به دو شیلنگ سیلیکونی شفاف هر یک به‌طول ۵۰ سانتی‌متر به دو استوانه شیشه‌ای به حجم ۵۰۰ سی‌سی و محتوی ذغال فعال منتقل شد. پس از گردش هوا در ذغال فعال و تمیز شدن آن، به‌وسیله دو شیلنگ مشابه دیگر، به دو استوانه شیشه‌ای مشابهی منتقل شد. در یکی از این دو استوانه تیمار مورد نظر قرار داده شد و دیگری خالی (هوای تمیز) بود. به‌طور مجدد، هوا پس از عبور از این دو استوانه به‌طور مجزا وارد دو بازوی لوله بویایی‌سنج شد. پمپ هوا طوری تنظیم شد که سرعت هوای خروجی از انتهای بازوی اصلی توسط جریان سنج هوا (LTZ M–6 Instrument Company) روی ۸۰۰ سی‌سی بر دقیقه باشد. بر اساس پیش آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های به عمل آمده، به این معنی بود که در هر بازوی فرعی لوله بویایی سنج، میزان سرعت جریان هوا حدود ۴۰۰ سی‌سی در دقیقه بود. تمام این وسایل روی یک میز فلزی در یک اتاق حرارت ثابت در شرایط دمایی ۱ ± ۲۶ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و تحت میزان نور ۴۰۰۰

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

لوکس نصب شدند. برای ممانعت از لرزش مکانیکی میز، در هنگام آزمایش پمپ هوا روی یک میز مجزا قرار داده شد.

آزمایش بویایی‌سنجی

ابتدا یک جمعیت از هر یک از دو گونه مورد نظر (*T. brassicae* و *T. evanescens*) در شرایط معمول (دمای ۱ ± ۲۶ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره روشنایی ۱۶ به ۸ ساعت تاریکی) به مدت ۴ نسل روی تخم بید غلات پرورش داده شد. با توجه به اینکه در شرایط ذکر شده طول دوره یک نسل این دو گونه تقریبا ۱۰ روز بود، برای دسترسی به زنبور تازه در هر روز تعداد ۱۰ کلنی و با اختلاف خروج یک تا ۱۰ روز برای هر گونه در شرایط معمول ایجاد شد. بنابراین هر روز جمعیت تازه تفریخ شده و جفتگیری کرده زنبور برای آزمایش‌بویایی سنجی در اختیار بود. تیمارهای آزمایش بویایی سنجی شامل ۱۵ عدد تخم تازه (۲۴< ساعت طول عمر) کرم گلوگاه انار، ۱۵ عدد تخم کرم گلوگاه با طول عمر ۲۴–۴۸ ساعت، یک عدد تاج سالم میوه تازه انار با اندازه متوسط، یک عدد تاج میوه انار با اندازه متوسط و آلوده به کرم گلوگاه، تعداد ۱۰ عدد دانه انار سالم، تعداد ۱۰ عدد دانه انار آلوده به کرم گلوگاه، یک‌چهارم پوست یک میوه سالم انار، یک‌چهارم پوست میوه انار آلوده به کرم گلوگاه، ۳ عدد برگ سالم درخت انار و ۳ عدد برگ درخت انار پس از ایجاد خسارت مکانیکی (بلافاصله قبل از آزمایش) بودند. برای هر تیمار بیش از ۹۰ زنبور ماده و جفتگیری کرده با طول عمر ۲۴–۰ ساعت از هر گونه در سه تکرار ۳۰ عددی به صورت انفرادی درون لوله آزمایش کاملا تمیز و با اندازه ۱ × ۱۰ سانتی‌متری آماده شد. پس از آماده شدن تیمار، یک زنبور در فاصله حدود ۵ سانتی‌متری بازوی اصلی با بازوهای فرعی رهاسازی و حداکثر برای ۵ دقیقه مشاهدات به سه حالت یادداشت شد. زنبور پس از طی مسافت ۵ سانتی‌متری: ۱) وارد بازوی دارای جریان هوای تیمار شد و تا وسط لوله حرکت کرد؛ ۲) زنبور وارد بازوی دارای هوای تمیز شد و تا وسط لوله حرکت کرد و ۳) زنبور درون بازوی اصلی باقی ماند. پس از انجام هر تکرار، لوله بویایی‌سنج ۹۰ درجهٔ ساعتگرد تغییر داده شد تا از تاثیر اریب تابش نور روی نتایج جلوگیری شود.

بررسی ویژگی‌های زیستی زنبورها

قبل از انجام آزمایش‌های جداول زیستی، کلنی هر یک از دو گونه زنبور (*T. evanescens* و *T. brassicae*) به مدت دو نسل روی تخم کرم گلوگاه در شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ و دوره روشنایی ۱۶ ساعت و تاریکی ۸ ساعت پرورش داده شد. برای انتخاب جمعیت همزاد هر گونه، تعداد ۱۰ جفت زنبور تازه با طول عمر ۲۴–۰ ساعت از کلنی انتخاب و درون یک لوله آزمایش ۱ × ۱۰ سانتی‌متری در معرض حدود ۱۰۰ عدد تخم تازه کرم گلوگاه انار (۲۴–۰ ساعت طول عمر) قرار گرفتند. پس از ۴ ساعت، زنبورها حذف شدند و بین ۳۰ تا ۵۰ عدد از تخم‌ها به‌طور تصادفی انتخاب و به‌عنوان گروه همزاد به‌صورت انفرادی در لوله آزمایش ۱ × ۱۰ سانتی‌متری با اختصاص شماره زنبور، در اتاقک رشد (اتاقک رشد ۴۰۰ لیتری، نور صنعت فردوس) در شرایط ذکر شده نگهداری شدند. روزانه لوله‌ها بازدید و شرایط رشدی ثبت شد. پس از خروج حشرات کامل، هر جفت درون یک لوله آزمایش محبوس و تا زمان مرگ زنبورهای ماده، روزانه حدود ۵۰ عدد تخم تازه کرم گلوگاه در اختیار آنها قرار داده شد. طول دوره رشدی، طول عمر و باروری روزانه زنبورهای ماده یادداشت شد.

روش آماری

داده‌های بویایی‌سنجی با روش آزمون فراوانی و آزمون کای با فرض برابری نسبت واکنش بویایی زنبورها به تیمارها و شاهد (هوای تمیز) تجزیه و تحلیل شدند (SAS Software, Ver. 9.4). آزمایش‌هایی که طی آن‌ها بیش از ۱۰ درصد زنبورها نه به هوای تمیز و نه به سمت تیمار حرکت نکردند مجددا تکرار شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های زیستی از نرم‌افزار دو جنسی سن–مرحله استفاده شد (Chi & Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2022). واریانس و خطای استاندارد پراسنجه‌ها با ۱۰۰۰ بار تکرار

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بوت‌استرپ داده‌های اصلی محاسبه شد. مقایسه پراسنجه‌ها با استفاده از روش مقایسه جفتی و روش جدید دکارتی با استفاده از نرم افزار دو جنسی سن– مرحله انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل تهیه شدند.

نتایج

نتایج بویایی‌سنجی نشان داد که زنبور ماده و جفتگیری کرده *T. evanescens* به بوی مرحله تخم کرم گلوگاه انار با طول عمر ۲۴–۰ ساعت (χ^2=5.88, P=0.02) و ۴۸–۲۴ ساعت (χ^2=9.22, P=0.003)، تاج سالم (χ^2=7.38, P=0.008) و تاج آلوده (χ^2=5.13, P=0.009)، دانه سالم انار (χ^2=5.72, P=0.02) و دانه آلوده به کرم گلوگاه (χ^2=8.66, P=0.004) به طور معنی‌داری جلب شده است. تفاوت معنی‌داری بین واکنش زنبور به بوی پوست سالم (χ^2=3.75, P=0.06) و آلوده میوه انار (χ^2=3.36, P=0.08) و برگ سالم (χ^2=1.52, P=0.25) و خسارت دیده انار (χ^2=0.052, P=0.91) با تیمار هوای تمیز دیده نشد. برعکس، زنبور *T. brassicae* بوی هیچ‌یک از تیمارهای آزمایشی را در مقایسه با هوای تمیز به‌صورت معنی‌دار ترجیح نداد. تجزیه تحلیل داده‌ها نشان داد این زنبور در برابر جریان هوای تمیز و تیمارهای مرحله تخم کرم گلوگاه انار با طول عمر ۲۴–۰ ساعت (χ^2=0.012, P=0.99) و ۴۸–۲۴ ساعت (χ^2=3, P=0.11)، تاج سالم (χ^2=0.013, P=0.98) و تاج آلوده (χ^2=1.08, P=0.35)، دانه سالم انار (χ^2=0.12, P=0.81) و دانه آلوده به کرم گلوگاه (χ^2=0.052, P=0.90)، بوی پوست سالم (χ^2=0.050, P=0.91) و آلوده میوه انار (χ^2=0.013, P=0.99) و برگ سالم (χ^2=0.013, P=0.99) و خسارت دیده انار (χ^2=0.205, P=0.73) به‌طور یکسان پاسخ داده است.

ویژگی‌های زیستی زنبورها

بر اساس نتایج به‌دست آمده طول دوره رشدی مراحل نابالغ زنبورهای نر (۱۰/۷۰ روز) و ماده (۱۰/۵۲ روز) *T. evanescens* در مقایسه با افراد نر (۱۱/۲۰ روز) و ماده (۱۰/۹۵ روز) زنبور *T. brassicae* به طور معنی‌داری کوتاه‌تر بود (جدول ۱). طولانی‌ترین طول عمر افراد بالغ مربوط به زنبور ماده *T. evanescens* با ۳ روز و کوتاه‌ترین آن در زنبور نر همین گونه با ۱/۱۷ روز ثبت شد. دوره پیش از تخمریزی افراد بالغ در هر دو زنبور صفر روز محاسبه شد اما کل دورهٔ پیش از تخمریزی در زنبورهای *T. evanescens* و *T. brassicae* به‌ترتیب ۱۰/۵۰ و ۱۰/۸۸ روز بود (جدول ۱).

زنبور *T. evanescens* با میانگین ۳۹/۴۲ عدد تخم/ ماده به‌طور معنی‌داری باروری بیشتری از زنبور *T. brassicae* با باروری ۲۵/۳۳ عدد تخم/ ماده داشت. نرخ خالص تولید مثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت به عنوان دو پراسنجه مهم در زنبور *T. evanescens* به‌ترتیب ۱۶/۵۶ فرد نتاج و ۰/۲۳۳۷ روز$^{-1}$ بود که بیشتر از همان مقادیر (به‌ترتیب ۱۵/۲۰ فرد نتاج و ۰/۲۲۲۰ روز$^{-1}$) در زنبور *T. brassicae* بود اما اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲).

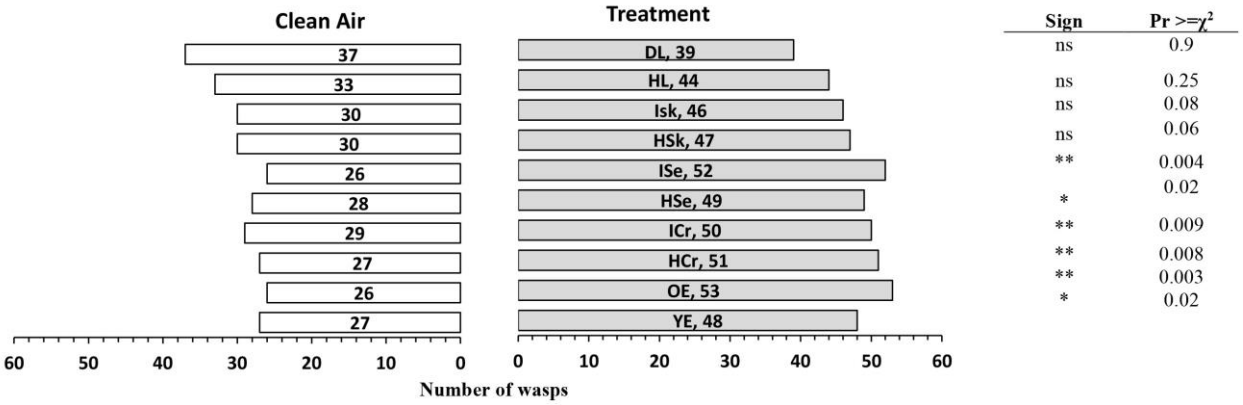
پراسنجه‌های پارازیتیسم هر دو گونه زنبور در جدول ۳ نشان داده شده است. به‌جز پراسنجه نرخ تبدیل میزبان به تخم بارور پارازیتویید که در هر دوگونه برابر یک به‌دست آمد، در سایر پراسنجه‌های پارازیتیسم، زنبور *T. evanescens* برتری داشت. به‌همین صورت نرخ پایدار پارازیتیسم زنبورهای *T. evanescens* و *T. brassicae* به ترتیب ۰/۲۸۱۲ و ۰/۲۷۶۰ تخم کرم گلوگاه ثبت شد. در نهایت، نرخ متناهی پارازیتیسم دراین دو زنبور به ترتیب ۰/۳۵۳۲ و ۰/۳۴۷۰ بر روز به‌دست آمد.

نرخ انگلی ویژه سن (k_x)، نرخ خالص انگلی ویژه سن (q_x) و نرخ خالص انگلی تجمعی زنبورهای *T. evanescens* و *T. brassicae* با پرورش روی تخم کرم گلوگاه، در شکل ۳ نشان داده شده است. نرخ انگلی ویژه سن در واقع تعداد میزبان پارازیت شده توسط زنبور در سن معینی است. گرچه مقدار نرخ انگلی ویژه سن در زنبور *T. brassicae* در سنین مشابه بالاتر از همان در زنبور *T. evanescens* است اما با در نظر گرفتن نرخ بقا، نرخ خالص انگلی در زنبور *T. evanescens* بالاتر از همان در زنبور *T. brassicae* است و به همان نسبت حداکثر نرخ خالص انگلی ویژه سن در زنبور *T. evanescens* در روز ۱۵ عمر به ۱۶/۵۶ عدد تخم میزبان

Archive of SID.ir

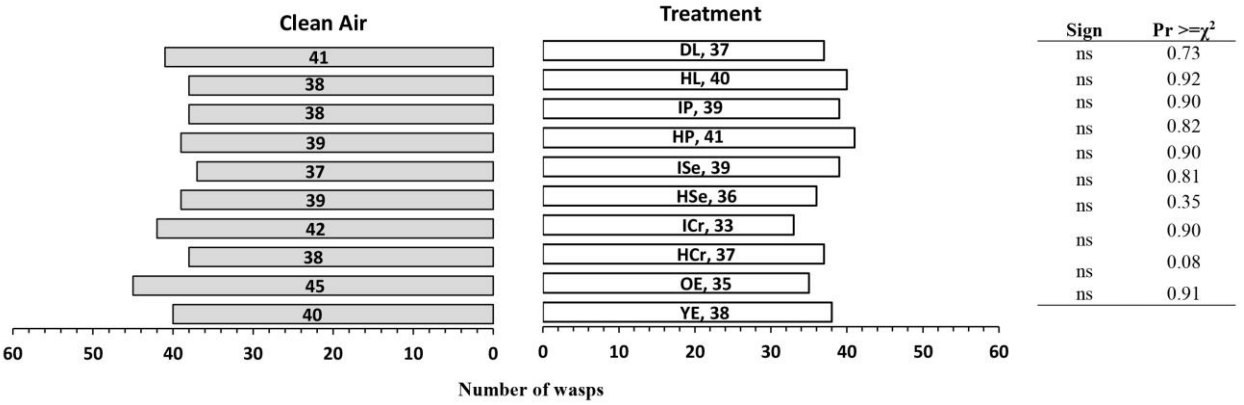
Archive of SID.ir

می‌رسد اما در زنبور *T. brassicae* در همان سن برابر ۱۵/۲۰ عدد تخم میزبان بود.



شکل ۱– پاسخ زنبور مادهٔ جفتگیری کرده (۲۴–۰ ساعت طول عمر) *Trichogramma evanescens* طی حداکثر ۵ دقیقه یا کمتر به هوای تمیز یا تیمارهای بوی تخم کرم گلوگاه انار با طول عمر ۲۴–۰ ساعت (YE) و ۴۸–۲۴ ساعت (OE)، تاج سالم میوه (HCr) و تاج آلوده به کرم گلوگاه (ICr)، دانهٔ سالم میوه (HSe) و دانهٔ آلوده به کرم گلوگاه انار (ISe)، پوست سالم میوه (HP) و پوست آلودهٔ میوه انار به کرم گلوگاه (IP) و برگ سالم (HL) و برگ خسارت دیده به طور مکانیکی (DL).

Fig. 1. Response of mated female *Trichogramma evanescens* (0–24 h old) within <=5 min exposure to clean air or treatments of 0–24 hrs. old (Yellow Egg, YE) and 24–48 hrs. old (Orange Egg, OE) carob moth eggs, pomegranate healthy crown (HCr) and infested crown (ICr), pomegranate healthy seeds (HSe) and infested seeds (ISe), pomegranate healthy peel (HP) and infested peel (IP), and healthy leaf (HL) and mechanical damaged leaf (DL) of pomegranate tree.



شکل ۲– پاسخ زنبور مادهٔ جفتگیری کرده (۲۴–۰ ساعت طول عمر) *Trichogramma brassicae* طی حداکثر ۵ دقیقه یا کمتر به هوای تمیز یا تیمارهای بوی تخم کرم گلوگاه انار با طول عمر ۲۴–۰ ساعت (YE) و ۴۸–۲۴ ساعت (OE)، تاج سالم میوه (HCr) و تاج آلوده به کرم گلوگاه انار (ICr)، دانهٔ سالم میوه (HSe) و دانهٔ آلوده به کرم گلوگاه انار (ISe)، پوست سالم میوه (HP) و پوست آلودهٔ میوه انار به کرم گلوگاه (IP) و برگ سالم (HL) و برگ خسارت دیده به طور مکانیکی (DL).

Fig. 2. Response of mated female *Trichogramma brassicae* (0–24 hrs. old) within <=5 min exposure to clean air or treatments of 0–24 hrs old (Yellow Egg, YE) and 24–48 hrs. old (Orange Egg, OE) carob moth eggs, pomegranate healthy crown (HCr) and infested crown (ICr), pomegranate healthy seeds (HSe) and infested seeds (ISe), pomegranate healthy peel (HP) and infested peel (IP), and healthy leaf (HL) and mechanical damaged leaf (DL) of pomegranate tree.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱– پراسنجه‌های رشدی (مقادیر اصلی±خطای استاندارد) زنبورهای *Trichogramma evanescens* (*Te*) و *T. brassicae* (*Tb*) با پرورش روی تخم کرم گلوگاه انار در شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و دورهٔ روشنایی ۱۶ ساعت به ۸ ساعت تاریکی.

Table 1. Growth and development parameters (original parameter ±SE) of *Trichogramma evanescens* (*Te*) and *T. brassicae* (*Tb*) reared on carob moth egg at 25±1 ℃, 60±10% RH and 16:8 hrs. L:D.

	Te		*Tb*	
Parameter (day)	F	M	F	M
Immature development	10.52±0.15b	10.70±0.17b	10.95±0.13a	11.20±0.18a
Total longevity	13.52±0.30a	11.88±0.17a	12.95±0.26a	12.60±0.38a
Adult longevity	3.00± 0.24a	1.17±0.09a	2.00± 0.21a	1.40±0.24a
Adult pre–oviposition period	0	–	0	–
Total pre–oviposition period	10.50±0.15a	–	10.88±0.14a	–

پراسنجه‌های یک ردیف برای جنس مشابه و داری حروف یکسان در سطح ۵ ٪ معنی‌دار نیستند. مقادیر خطای استاندارد با استفاده از ۱۰۰۰ بار بوت‌استرپ مقادیر اصلی محاسبه شدند.

Parameters in the same row under similar sex category attributed the same letter are not significantly different at α=5%. Standard errors were calculated based on 1000 times bootstraps.

جدول ۲– پراسنجه‌های جمعیت پایدار (مقادیر اصلی±خطای استاندارد) زنبورهای *Trichogramma evanescens* (*Te*) و *T. brassicae* (*Tb*) با پرورش روی تخم کرم گلوگاه انار در شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و دوره روشنایی ۱۶ ساعت به ۸ ساعت تاریکی.

Table 2. Population parameters (original parameter ±SE) of *Trichogramma evanescens* (*Te*) and *T. brassicae* (*Tb*) reared on carob moth egg at 25±1 ℃, 60±10% RH and 16:8 hrs. L:D.

Treatment	N (#)	N_f (#)	NF_r (#)	F (egg/female)	GRR (Progeny)	R_0 (Progeny)	r (day^{-1})	λ (day^{-1})	T (day)
Te	50	21	20	39.42±2.66a	38.22±3.73a	16.56±2.96a	0.2337±0.0160a	1.2633±0.0201a	12.00±0.18a
Tb	35	21	17	25.33±4.08b	32.98±4.99a	15.20±3.31a	0.2220±0.0180a	1.2486±0.0223a	12.25±0.16a

پراسنجه‌های یک ستون برای جنس مشابه و دارای حروف یکسان در سطح ۵٪ معنی‌دار نیستند. مقادیر خطای استاندارد با استفاده از ۱۰۰۰ بار بوت‌استرپ مقادیر اصلی محاسبه شدند.

Parameters in the same column with similar letter are not significantly different at α=5%. Standard errors were calculated based on 1000 times bootstraps.

جدول ۳– پراسنجه‌های پارازیتیسم (مقادیر اصلی±خطای استاندارد) زنبورهای *Trichogramma evanescens* (*Te*) و *T. brassicae* (*Tb*) با پرورش روی تخم کرم گلوگاه انار در شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و دورهٔ روشنایی ۱۶ ساعت به ۸ ساعت تاریکی.

Table 3. Parasitism parameters (original parameter ±SE) of *Trichogramma evanescens* (*Te*) and *T. brassicae* (*Tb*) reared on carob moth egg at 25±1 ℃, 60±10% RH and 16:8 hrs. L:D.

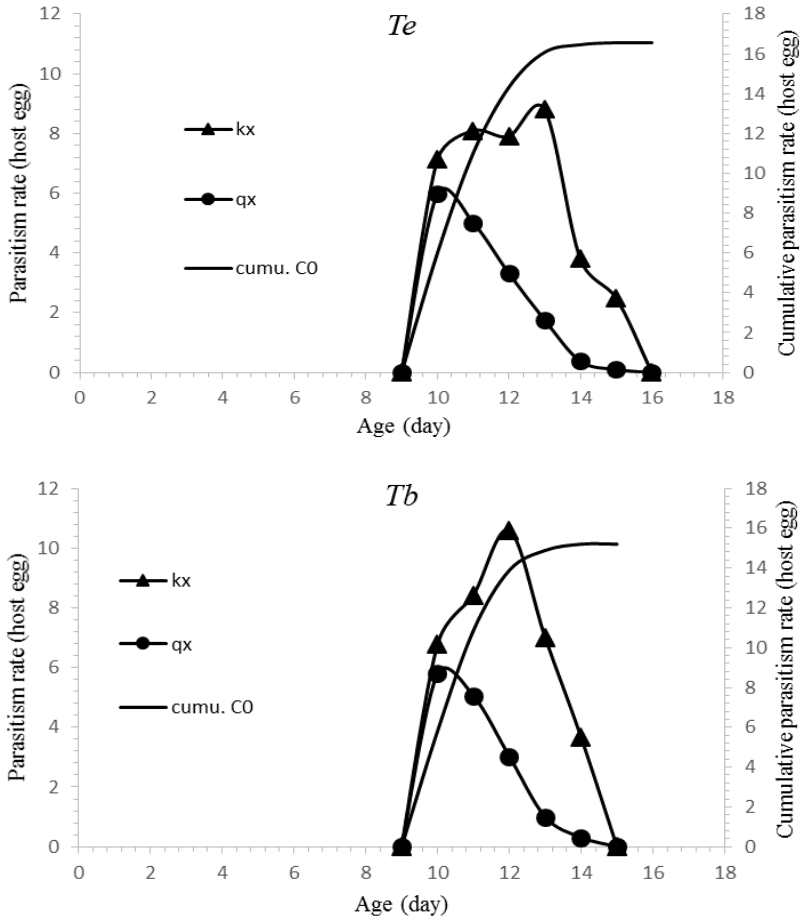
Parameter	Sign	*Te*	*Tb*
Net parasitism rate (hosts)	C_0	16.56±2.96a	15.20±3.31a
Stable parasitism rate (hosts)	ψ	0.2812±0.0239a	0.2760±0.0239a
Finite parasitism rate (day^{-1})	ω	0.3532±0.0356a	0.3470±0.0375a
Transformation rate (host per viable parasitoid egg)	Q_p	1.00±0.00a	1.00±0.00a

پراسنجه‌های یک ردیف برای جنس مشابه و دارای حروف یکسان در سطح ۵٪ معنی‌دار نیستند. مقادیر خطای استاندارد با استفاده از ۱۰۰۰ بار بوت‌استرپ مقادیر اصلی محاسبه شدند.

Parameters in the same row with similar letter are not significantly different at α=5%. Standard errors were calculated based on 1000 times bootstraps.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۳– نرخ انگلی ویژهٔ سن (k_x)، نرخ خالص انگلی ویژه سن (q_x) و نرخ خالص انگلی تجمعی (Cumulative C_0) زنبورهای *Trichogramma evanescens* (*Te*) و *T. brassicae* (*Tb*) با پرورش روی تخم کرم گلوگاه انار در شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و دوره روشنایی ۱۶ ساعت به ۸ ساعت تاریکی.

Fig. 3. Age–specific parasitism rates (*kx*), age–specific net parasitism rates (*qx*) and cumulative net parasitism rates of *Trichogramma evanescens* (*Te*) and *T. brassicae* (*Tb*) reared on carob moth egg at 25±1 ℃, 60±10% RH and 16:8 hrs. L:D.

بحث

باوجود نتیجه‌گیری تامپسون و پارکر در سال ۱۹۲۷ مبنی بر عدم توانایی در تبیین علمی رابطه میزبان–پارازیتویید، سالت با بررسی رفتار میزبان یابی زنبور *T. evanescens*، به‌خوبی به بررسی عوامل دخیل در انتخاب میزبان پرداخته است. نتایج مطالعات سالت اثبات کرد بر خلاف پرورش طولانی مدت روی یک میزبان برای چندین نسل، زنبور تریکوگراما در بین میزبان‌های خود، به برخی از آن‌ها گرایش بیشتری دارد (Salt, 1935; Thaompson & Parker, 1927). مطالعه حاضر نشان داد که زنبور *T. evanescens* در برابر بوی تخم کرم گلوگاه انار واکنش نشان می‌دهد اما گونه *T. brassicae* ترجیحی به آن نداشت. طی پژوهش فرخی و همکاران مشخص شد زنبور *T. brassicae* سالم و آلوده به باکتری *Wolbachia* به طور معنی‌داری به بوی تخم میزبان آزمایشگاهی خود (بید غلات) جلب شدند که نتایج ما را در مورد *T. evanescens* تایید می‌کند (Farrokhi *et al.*, 2013). همچنین نتایج نولدس و ون لنترن در پاسخ معنی‌دار زنبور *T. evanescens*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به بوی تخم سفیده‌های کوچک و بزرگ کلم با نتایج ما یکسان است (Noldus & van Lenteren, 1985). در پژوهش‌های دیگری واکنش مثبت زنبور *T. pretiosum* به بوی شب‌پره‌های ماده میزبان خود (*Tuta absoluta* و *Heliothis zea*) در حالت فراخوانی جفت اثبات شده است (Noldus, 1988; Ahmadi & Poorjavad, 2018). این مواد شیمیایی که توسط وینسون Kairomone نام‌گذاری شدند، مواد بودار میزبان (حشره آفت) هستند که دشمنان طبیعی به آن‌ها جلب می‌شوند (Vinson, 1988). به هر حال، گزارش ویلسون و وودز از عدم واکنش زنبورهای *T. deion* و *T. sathon* به بوی تخم‌های میزبان خود، *Manduca sexta* و *M. quinquamaculata*، با نتایج ما در بی‌تفاوتی زنبور *T. brassicae* به بوی تخم کرم گلوگاه انار هم‌خوانی دارد (Wilson & Woods, 2016).

علاوه بر واکنش به بوی تخم کرم گلوگاه، جلب شدن زنبور *T. evanescens* به طور معنی‌دار به بوی تاج و دانه سالم و آلوده میوه انار تفاوت بارز آن را با *T. brassicae* در مواجهه با بوهای میزبان گیاهی (انار) نشان داد. رومایس و همکاران معتقدند آگاهی از عوامل گیاهی و زیستگاهی موثر بر کارایی زنبورهای تریکوگراما، کاربرد بسیار زیادی در کنترل بیولوژیک دارد (Romeis *et al.*, 2005). ناسیمنتو و همکاران اثبات کردند زنبور *T. pretiosum* به بوی گیاه ذرت پس از حمله *Spodoptera frugiperda* و تخمریزی آفت به شدت واکنش نشان داد که با نتایج ما در مورد جلب شدن معنی‌دار زنبور *T. evanescens* به بوی تاج و دانه آلوده انار مطابقت دارد (Nascimento *et al.*, 2021). در پژوهش مشابه دیگری واکنش ذاتی و آموخته شده زنبورهای *T. deion* و *T. sathon* به بوی گیاه *Datura wrightii*، میزبان دو گونه آفت به‌نام‌های *Manduca sexta* و *M. quinquamaculata* بررسی شد و مشخص شد این دو گونه زنبور به‌طور ذاتی به بوی گیاه میزبان خسارت دیده، به‌صورت معنی‌داری جلب شدند و بخوبی بوی گیاه آلوده از گیاه سالم را تشخیص دادند (Wilson & Woods, 2016). این نتایج به مقدار زیادی با نتایج ما در مورد زنبور *T. evanescens* و انار همخوانی دارد. زنبور گونه *T. evanescens* از انارستان‌های شرق کشور جمع شده است و قبل از آزمایش‌های این پژوهش، به‌مدت یکسال در آزمایشگاه پارازیتوییدهای بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک به مدت حدود ۲۰ نسل روی میزبان آزمایشگاهی بید غلات پرورش داده شده بود، اما تمایل ذاتی خود به بوی تاج و دانه انار را نشان داد. به‌علاوه، در یک پژوهش افراد ماده زنبور *T. maidis* پس از تجربه جستجو روی گیاه ذرت در مقایسه با افراد فاقد تجربه، بخوبی به بوی گیاه ذرت در آزمایشگاه جلب شدند (Kaiser *et al.*, 1989). چنین یافته‌هایی نشان دهنده طیفی از ویژگی‌های رفتاری گونه‌های مختلف زنبور تریکوگراما در مواجهه با مواد شیمیایی پیام رسان میزبان و گیاه است.

برای اطمینان از میزان تطابق زیستی *T. evanescens* با میزبان خود در مقایسه با *T. brassicae*، ویژگی‌های زیستی هر دو گونه روی تخم کرم گلوگاه انار ارزیابی شد. گرچه طول دوره رشدی مراحل نابالغ نر وماده در گونه اول کوتاهتر بود اما سایر نتایج در مورد طول عمر کل و افراد بالغ در بین دو گونه مشابه بود. نتایج ما در مورد تشابه طول عمر این دو گونه با پرورش روی یک میزبان با نتایج اوزدار و کارا در مورد همین دو گونه با پرورش روی تخم *Ephestia kuehniella* و *Cadra cautella* در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس یکسان است، اما میانگین طول عمر گزارش شده توسط آن‌ها (حدود ۱۵ روز) با نتایج ما مغایر است (Ozder & Kara, 2010). در پژوهش هایلی و همکاران افراد بالغ دو گونه *T. bournieri* و *T.* sp. nr. *mwanzai* با پرورش روی تخم بید غلات در دمای ۲۶ درجهٔ سلسیوس طول عمری مشابه و برابر ۷ روز داشتند که نتایج بررسی حاضر را تایید می‌کند (Haile *et al.*, 2002). در بین پراسنجه‌های رشد جمعیت، باروری زنبور *T. evanescens* روی تخم کرم گلوگاه به مراتب بیشتر از همان در زنبور *T. brassicae* بود (۳۹/۴۲ در برابر ۲۵/۳۳ عدد تخم / ماده). در مطالعات اوزدار و کارا نیز باروری *T. evanescens* با باروری *T. brassicae* روی تخم *E. kuehniella* و *C. cautella* تفاوت داشت به‌نحوی که گونه *T. evanescens* روی میزبان اول و زنبور *T. brassicae* روی میزبان دوم

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

باروری بیشتری داشتند (Ozder & Kara, 2010). چنین تفاوتی در بین سایر گونه‌های زنبور تریکوگراما نیز گزارش شده است. برای مثال، فتحی‌پور و دادپور مغانلو میزان باروری زنبور *T. pintoi* را روی بید آرد ۹۷/۳ و روی بید غلات ۷۱/۶ عدد تخم / ماده گزارش کردند (Fathipour & Dadpour Moghanloo, 2003). پورآرین و همکاران مقدار باروری زنبورهای *T. evanescens* و *T. brassicae* را روی تخم سفیده کوچک کلم به ترتیب ۵۲/۹۲ و ۸۳/۰۴ عدد تخم / ماده بیان کردند (Pourarian *et al.*, 2017). تفاوت در کیفیت میزبان، اندازه میزبان، ترجیح زنبور و برخی موارد دیگر از عوامل اصلی این تفاوت‌ها است (Schmidt, 1994). به طور کلی، نرخ‌های ناخالص و خالص تولید مثل و نرخ‌های ذاتی و متناهی افزایش جمعیت زنبور *T. evanescens* از همان‌ها در زنبور *T. brassicae* بالاتر بودند. در مطالعه‌ای شولر و حسن نشان دادند که نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در زنبور *T. brassicae* روی تخم *E. kuehniella* حدود ۱/۳ برابر همان برای زنبور *T. cacoeciae* بود که با نتایج ما مطابقت دارد (Scholler & Hassan, 2001). به همین صورت، فتحی‌پور و دادپور مغانلو نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور *T. pintoi* را روی تخم بید غلات (۰/۲۸۱۰ بر روز) بیشتر از همان روی تخم بید آرد (۰/۲۵۷۰ بر روز) به‌دست آوردند و نتیجه گرفتند که بید غلات میزبان مناسبتری برای این زنبور است (Fathipour & Dadpour Moghanloo, 2003). بر عکس لشگری و همکاران مقدار r در زنبور *T. brassicae* را روی همین دو میزبان حدود ۰/۳۰ بر روز و مقداری مشابه گزارش کردند (Lashgari *et al.*, 2010). پورآرین و همکاران نیز مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبورهای *T. evanescens* و *T. brassicae* را به ترتیب ۰/۳۰۵ و ۰/۲۳۸ بر روز گزارش کردند که با نتایج ما متفاوت است (Pourarian *et al.*, 2017). اعتقاد بر این است که نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، یک پراسنجه بسیار مهم برای تعیین شرایط مطلوب (غذا، دما، نور، رطوبت، فضا و غیره) رشد پایدار جمعیت یک گونه است (Birch, 1948)، بنابراین می‌توان گفت در پژوهش ما با توجه به ثابت بودن سایر شرایط برای هر دو گونه زنبور، تنها متغیر تاثیرگذار میزبان بوده است و بزرگتر بودن مقدار پراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار در زنبور *T. evanescens* در مقایسه با همان‌ها در زنبور *T. brassicae* نشان از مطلوب بودن بیشتر تخم کرم گلوگاه برای گونه اول دارد.

برای تکمیل اطلاعات زیستی این دو گونه زنبور روی تخم کرم گلوگاه انار، پراسنجه‌های مربوط به پارازیتیسم آن‌ها محاسبه شدند. به عنوان یک پراسنجه مهم، نرخ پارازیتیسم سن–مرحله (C_{xj})، تعداد افراد یک میزبان است که توسط یک پارازیتوئید در سن معینی پارازیته می‌شوند. در برخی از دشمنان طبیعی مقدار این پراسنجه با مقدار نرخ باروری ویژه سن (f_{xj}) کاملا تفاوت دارد (Chi & Su, 2006). به عبارت دیگر، در اینگونه از دشمنان طبیعی مقدار نرخ خالص تولید مثل (R_0) در بیشتر موارد از نرخ خالص پارازیتیسم/شکارگری (C_0) کوچکتر است، به همین دلیل برای نشان دادن این دو پراسنجه به‌صورت یک ویژگی، چی و یانگ پراسنجه دیگری به نام نرخ تبدیل میزبان به نتاج دشمن طبیعی (Q_p) معرفی کردند که حاصل نسبت نرخ خالص شکارگری / پارازیتیسم به نرخ خالص تولید مثل است (Chi & Yang, 2003). در مطالعه حاضر مقدار نرخ تبدیل در هر دو گونه زنبور، معادل یک بود که به معنی تبدیل یک فرد میزبان به یک فرد از پارازیتوئید است. به عبارت دیگر مقدار نرخ خالص پارازیتیسم و نرخ خالص تولید مثل در هر یک از این دو گونه روی تخم کرم گلوگاه برابر بوده است ($R_0 = C_0$) که با نتایج صالحی و همکاران و تابع‌بردار و همکاران به ترتیب در مورد *T. pricipium* روی *Helicoverpa armygera* و *T. evanescens* روی *E. kuehniella* هم‌خوانی دارد (Salehi *et al.*, 2019; Tabebordbar *et al.*, 2020). در مجموع از نظر نرخ خالص پارازیتیسم (C_0)، نرخ پایدار پارازیتیسم (ψ) و نرخ متناهی پارازیتیسم (ω) زنبور *T. evanescens* برتر از زنبور *T. brassicae* بود. مانوهر و همکاران با بررسی ویژگی‌های زیستی چهار گونه زنبور تریکوگراما، گونه *T. pretiosum* را گونه برتر برای کنترل *Tuta absoluta* معرفی کردند (Manohar *et al.*,

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

(2019) که با نتایج پژوهش ما در مورد برتری *T. evanescens* برای کنترل کرم گلوگاه انار هم‌خوانی دارد.

تاکنون به رفتار بویایی دشمنان طبیعی به عنوان یک شاخص کیفیت توجه نشده است و به‌طور معمول تعدادی از ویژگی‌های زیستی مثل باروری، طول عمر و قدرت پارازیتیسم برای ارزیابی کیفیت آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. پژوهش ما و سایر پژوهش‌های مرتبط نشان می‌دهند که سطح ارتباط بویایی گونه‌های مختلف زنبور تریکوگراما با میزبان‌های خود و با گیاهان زیستگاه به‌عنوان یک رفتار متفاوت است. با چنین آگاهی، اگر بتوانیم بین رفتار بویایی و ویژگی‌های زیستی یک دشمن طبیعی در مواجهه با یک آفت رابطه پایدار و ثابتی برقرار کنیم، می‌توان با سرعت بسیار بیشتری در آزمایشگاه گونه‌ها یا جمعیت‌هایی از یک دشمن طبیعی را برای کاربرد در مزرعه انتخاب کرد تا موفقیت برنامه کنترل بیولوژیک را به‌دنبال داشته باشد. برخی مطالعات پایه با دیدگاه تکاملی نشان از امیدواری در این زمینه دارند. برای مثال، هالیس و گیلت با بررسی یادگیری تداعی (Associative learning) در حشرات و نقش آن در تکامل رفتارهای آموخته شده (Learned behavior) و تثبیت شده (Fixed behavior)، اعتقاد دارند بر اساس مدل‌های امروزی مطالعه رفتار حشرات، قابل پیش‌بینی بودن شرایط محیطی (Environmental predictability) نقش بسیار مهمی در میزان احتمال تکامل یادگیری در یک گونه خاص حشره دارد. برای اطلاع، یکی از این رفتارهای آموخته شده، توانایی موجودات زنده در استفاده از علایم فیزیکی و شیمیایی محیط هنگام جستجوی زیستگاه برای غذا، میزبان، جفت و غیره است (Hollis & Guillette, 2015). مری و کاوچی با پرورش جمعیت‌های مگس سرکه روی محیط‌های مختلف به عنوان بستر تخمریزی اثبات کردند که تشخیص و انتخاب بستر تخمریزی مناسب، به دلیل تکامل در افزایش نرخ یادگیری و حافظه بهتر حشره اتفاق می‌افتد (Mery & Kawechi, 2002). این پژوهشگران با طرح این موضوع که یادگیری در حشرات، سازگاری با محیط زیست متغیر است، در پژوهش‌های بعدی تاکید می‌کنند محیط زیست ثابت و قابل پیش بینی باعث ایجاد رفتارهای غیرشرطی با ماهیت ژنتیکی در حشرات می‌شود. آن‌ها با استفاده از مگس سرکه نشان دادند فرصت یادگیری در حشرات باعث تثبیت و تبدیل آن به یک رفتار تکاملی می‌شود (Mery & Kawechi, 2004). در یک مطالعه مقدماتی، کیشانی فراهانی و همکاران با بررسی رفتار بویایی *T. brassicae*، نشان دادند که شرطی شدن زنبور نسبت به یک بو با مدت زمان تجربه آن رابطه مستقیم دارد و پس از ۱۵ دقیقه در معرض بودن، زنبور تا ۲۰ ساعت بعد به آن بو واکنش نشان می‌دهد (Kishani Farahani *et al.*, 2014). چنین یافته‌هایی از طریق پژوهش‌های آتی با استفاده از پارازیتوییدها، مانند آنچه در مورد زنبور *T. mitsukurii* توسط روندانی و همکاران صورت گرفته است (Rondoni *et al.*, 2022)، فرضیه‌های پژوهش ما را تایید خواهند کرد. به‌هر حال، مطالعات بسیار بیشتری برای تبیین ارتباط ویژگی‌های زیستی با رفتار بویایی دشمنان طبیعی ضرورت دارد.

References

Ahmadi, S. & Poorjavad, N. 2018. Behavioral and biological effects of exposure to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) sex pheromone on several *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) populations. Journal of Economic Entomology, 111: 2667–2675.

Akhtar, M. & Akhtar, M.E. 1998. Adolf Friedrich Johann Butenandt. 24 March 1903–18 January 1995. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, 44: 79–92.

Al–Jalely, B.H. & Xu, W. 2021. Olfactory sensilla and olfactory genes in the parasitoid wasp *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Insects, 12: 1–15.

Birch, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. Journal of Animal Ecology, 17: 15–26.

Bonner, J.T. &. Savage, L.J. 1947. Evidence for the formation of cell aggregates by chemotaxis in the development of the slime mold *Dictyostelium discoideum*. Journal of Experimental Zoology. Part A: Ecological Genetics and Physiology, 106(1): 1–26.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Boo, K.S. & Yang, J.P. 1998. Olfactory Response of *Trichogramma chilonis* to *Capsicum annuum*. Journal of Asia–Pacefic Entomology, 1: 123–129.

Chartier, T. 2017. Chemosensation in the marine annelid *Platynereis dumerilii*: anatomy, physiology, behavior. Ph.D. Dissertation, Combined Faculties for the Natural Sciences and for Mathematics of the Ruperto–Carola, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany. pp 238.

Chi, H. 1988. Life–table analysis incorporating both sexes and variable development rate among individuals. Environmental Entomology, 17: 26–34.

Chi, H. 2022. TWOSEX–MSChart: a computer program for the age–stage, two–sex life–table analysis. National Chung Hsing University, Taichung. Available online at: http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm. (Accessed Feb, 2022).

Chi, H. & Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, 24: 225–240.

Chi, H. & Su, H.Y. 2006. Age–stage, two–sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. Environmental Entomology, 35: 10–21.

Chi, H. & Yang, T.C. 2003. Two–sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology, 32: 327–333.

Colazza, S. & Wajnberg, E. 2013. Chemical ecology of insect parasitoids: towards a new era. In: Wajnberg, E. & Colazza, S. (eds), Chemical Ecology of Insect Parasitoids. John Wiley & Sons, Ltd Publishing, UK. pp 1–8.

Farrokhi, S., Shirazi, J. & Attaran, M. R. 2013. *Wolbachia* effect on olfactory responses and parasitism rate of *Trichogramma brassicae* in laboratory conditions. Biocontrol in Plant Protection. 1: 65–79.

Fathipour, Y. & Dadpour Moghanloo, H. 2003. Comparative biology of *Trichogramma pintoi* Voegele wasps Reared on two laboratory hosts. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 34: 881–888.

Fatouros, N.E., Pashalidou, F. G., Cordero, W.V.A., van Loon, J.J. A., Mumm, R., Dicke, M., Hilker, M. & Huigens, M.E. 2009. Anti–aphrodisiac compounds of male butterflies increase the risk of egg parasitoid attack by inducing plant synomone production. Journal of Chemical Ecology, 35: 1373–1381.

Haile, A.T., Hassan, S.A., Ogol, C.K.P.O., Baumgartner, J., Sithanatham, S., Monje, J.C. & Zebitz, C.P.W. 2002. Temperature–dependent development of four egg parasitoid *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Biocontrol Science and Technology, 12: 555–567.

Hollis, K.L. & Guillette, L.M. 2015. What Associative Learning in Insects Tells Us about the Evolution of Learned and Fixed Behavior? International Journal of Comparative Psychology, 28: https://doi.org/10.46867/ijcp.2015.28.01.07

Kaiser L, Pham–Delegue, M.H. & Masson, C. 1989. Behavioural study of plasticity in host preferences of *Trichogramma maidis* (Hym.: Trichogrammatidae). Physiological Entomology, 14: 53–60.

Kaissling, K.E., 1971. Insect Olfaction. In: Beidler, L.M. (ed.): Handbook of Sensory physiology IV/1. Springer, Berlin Heidelberg, 351–431.

Kaissling, K.E., 1974. Sensory Transduction in Insect Olfactory Receptors. In: Jaenicke L. (ed): Biochemistry of Sensory Functions (Colloquium der Gesellschaft für Biologische Chemie in Mosbach / Baden, 25–27, April, 1974), Springer, Berlin, Heidelberg. vol 25. https://doi.org/10.1007/978–3–642–66012–2_15.

Kishani Farahani, H., Ashouri, A., Goldansaz, S.H., Shapiro, M.S., Golshani, A. & Abrun, P. 2014. Associative learning and memory duration of *Trichogramma brassicae*. Progress in Biological Sciences, 4: 87–96.

Lashgari, A.A., Talebi, A.A., Fathipour, Y. & Farahani, S. 2010. Study on demographic parameters of *Trichogramma brassicae* (Bezdenko) (Hym., Trichogrammatidae) on three host species in laboratory conditions. Journal of Entomological Research, 2: 49–60.

Lewis, W.J., Nordlund, D.A., Gueldner, R.C., Teal, P.E.A. & Tumlinson, J.H. 1982. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. 13. Kairomonal activity for *Trichogramma* spp. (Hymenoptera, Trichogrammatidae) of abdominal tips, excretion, and a synthetic sex–pheromone blend of *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera, Noctuidae) moths. Journal of Chemical Ecology, 8: 1323–1331.

Li, L.Y. 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. In: Wajnberg, E. & Hassan, S. A. (eds), Biological control with egg parasitoids, CAB International Publication, 37–53.

Manohar, T.N., Sharma, P.L., Verma, S.C. & Chandel, R.S. 2019. Demographic parameters of the indigenous egg parasitoids, *Trichogramma* spp., parasitizing the invasive tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 29: 9.

Medel, R., Mendez, M.A., Ossa, C.G. & Botto–Mahan, C. 2010. Arms Race Coevolution: The Local and Geographical Structure of a Host–Parasite Interaction. Evolution: Education and Outreach, 3: 26–31. DOI 10.1007/s12052–009–0191–7

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Mehrnejad, M.R. & Copland, M.J.W. 2006. Behavioural responses of the parasitoid *Psyllaephagus pistaciae* (Hymenoptera: Encyrtidae) to host plant volatiles and honeydew. Journal of Entomological Sciences, 9: 31–37.

Mery, F. & Kawecki, T.J. 2002. Experimental evolution of learning ability in fruit flies. Proceedings of the National Academy of Science, *USA*. 99: 14274–14279. doi:10.1073/pnas.222371199

Mery, F. & Kawecki, T.J. 2004. The effect of learning in experimental evolution of resource preference in *Drosophila melanogaster*. Evolution, 58: 757–767. doi:10.1111/j.0014–3820.2004.tb00409.x

Moujahed, R., Frati, F., Cusumano, A., Salerno, G., Conti, E., Peri, E. & Colazza, S. 2014. Egg parasitoid attraction toward induced plant volatiles is disrupted by a nonhost herbivore attacking above or below ground plant organs. Frontiers in Plant Science, 5: 601.

Nascimento, P.T., Fadini, M.M., Rocha, M.S., Souza, C.S.F., Barros, B.A., Melo, J.O.F., Von Pinho, R.G. & Valicente, F.H. 2021. Olfactory response of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to volatiles induced by transgenic maize. Bulletin of Entomological Research, 111: 674–687.

Noldus, L.P.J.J. 1988. Response of the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* to the sex pheromone of its host *Heliothis zea*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 48: 293–300.

Noldus, L.P.J.J. & van Lenteren, J.C. 1985. Kairomones for the egg parasite *Trichogramma evanescens* Westwood. II. Effect of contact chemicals produced by two of its hosts, *Pieris brassicae* L. and *Pieris rapae* L. Journal of Chemical Ecology, 11: 793–800.

Nordlund, D.A. 1981. Semiochemicals: a review of the terminology. In: Nordlund, D.A., Jones, R.J. & Lewis, W.J. (eds), Semiochemicals: Their Role in Pest Control. John Wiley & Sons, New York, 13–28.

Ozder, N. & Kara, G. 2010. Comparative biology and life tables of *Trichogramma cacoeciae, T. brassicae* and *T. evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) with *Ephestia kuehniella* and *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) as hosts at three constant temperatures. Biocontrol Science and Technology, 20: 245–255.

Pashalidou, F.G., Huigens, M.E., Dicke, M. & Fatouros, N.E. 2010. The use of oviposition–induced plant cues by *Trichogramma* egg parasitoids. Journal of Ecological Entomology, 35: 748–753.

Paul, A.V.N., Singh, S. & Singh, A.K. 2002. Kairomonal effect of some saturated hydrocarbons on the egg parasitoids, *Trichogramma brasiliensis* (Ashmead) and *Trichogramma exiguum*, Pinto, Platner and Oatman (Hym., Trichogrammatidae). Journal of Applied Entomology, 126: 409–416.

Pourarian, S., Shirazi, J. & Rasipour, A. 2017. An investigation on the biology and efficiency of *Trichogramma* spp. on the egg of *Pieris rapae* under laboratory conditions. Biocontrol in Plant Protection, 4: 39–53.

Rezvani, N. & Shahhosseini, J. 1976. Study on Ecology of *Chilo suppressalis* W. in East Mazandaran Province. Applied Entomology and Phytopathology, 43: 1–38.

Romeis, J., Babendreir, D., Wackers, F.L. & Shanower, G. 2005. Habitat and plant specificity of *Trichogramma* egg parasitoids: underlying mechanisms and implications. Basic and Applied Ecology, 6: 215–236.

Rondoni, G., Chierici, E., Giovannini, L., Sabbatini–Peverieri, G., Roversi, P.F. & Conti, E. 2022. Olfactory responses of *Trissolcus mitsukurii* to plants attacked by target and non–target stink bugs suggest low risk for biological control. Scientific Reports, 12: 1880.

Salehi, F., Shirazi, J., Gharekhani, Gh. & Vaez, N. 2019. Influence of nitrogen level and tomato cultivars on the efficiency of *Trichogramma principium* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on the eggs of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Entomological Society of Iran, 39: 156–184.

Salt, G. 1935. Experimental studies in insect parasitism. III. Host selection. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 117: 413–435.

Schmidt, J.M. 1994. Host recognition and acceptance by *Trichogramma*. In Wagnberg, E. & Hassan, S.A. (eds.), Biological Control with Egg Parasitoids. Guild Ford, UK, 166–200.

Schnee, C., Kollner, T.G., Held, M., Turlings, T.C.J, Gershenzon, J. & Degenhardt, J. 2006. The products of a single maize sesquiterpene synthase form a volatile defense signal that attracts natural enemies of maize herbivores. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 103: 1129–1134.

Schneider, D. 1957. Electrophysiological investigation on the antennal receptors of the silk moth during chemical and mechanical stimulation. *Experientia* 13: 89–91. https://doi.org/10.1007/BF02160110.

Scholler, M. & Hassan, S.A., 2001. Comparative biology and life tables of *Trichogramma evanescens* and *T. cacoeciae* with *Ephestia elutella* as host at four constant temperatures. Entomologia Experimentalis et Applicata, 98: 35–40.

Shakeri, M. 2003. Pomegranate Pests and Diseases. Tasbih publication. Yazd. 126 pp.

Shirazi, J., Farrokhi, S., Attaran, M.R., Naeimi, S. & Dadpour, H. 2021. Biological Pest Control in Iran: Past, Present and Future. Outlooks on Pest Management, 32: 233–239.

Silbering, A.F. & Benton, R. 2010. Ionotropic and metabotropic mechanisms in chemoreception: 'chance or design'? EMBO reports, 11: 173–179.

Simon, M.I., Krikos, A., Mutoh, N. & Boyd, A. 1985. Sensory Transduction in Bacteria. Current Topics in Membranes and Transport, 23: 3–16.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Tabebordbar, F., Shishehbor, P. & Ebrahimi, E. 2020. Parasitism of *Trichogramma evanescens* (Hym.: Trichogrammatidae) reared on different egg ages of *Anagasta kuehniella* (Lep.: Pyralidae). Plant Pest Research, 10: 27–40.

Thompson, W.R. & Parker, H.L. 1927. The problem of host relations with special reference to entomophagous parasites. Parasitology, 19: 1–34.

Vet, L.E.M. & Dicke, M. 1992. Ecology of info–chemical use by natural enemies in a tritrophic context. Annual Review of Entomology, 37: 141–72.

Vinson, S.B. 1988. Comparison of host characteristics that elicit host recognition behavior of parasitoid hymenoptera. In: Gupta, V. K. (ed.), Advances in parasitic hymenoptera research. E.J. Brill Publishers, London, 285–291.

Wilson, J.K. & Woods, H.A. 2016. Innate and learned olfactory responses in a wild population of the egg parasitoid *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Journal of Insect Science, 16: 1–8.

Willows, A.O.D., 1978. Physiology of feeding in Tritonia. I. behavior and mechanics. Marine Behaviour and Physiology, 5: 115–135.

Yoshinaga, N. & Mori, N. 2018. Function of the Lepidopteran larval midgut in plant defense mechanisms. In: Tabata, J. (ed.), Chemical Ecology of Insects: Applications and Associations with Plants and Microbes, 28–54.

Zipfel, C. 2014. Plant pattern–recognition receptors. Trends in Immunology, 35: 345–351.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Application of olfactory response of natural enemies for species selection in biological control: a comparative study on *Trichogramma evanescens* West. and *T. brassicae* Bezd.

Saleh Pourarian[1], Siavosh Tirgari[2], Jalal Shirazi[3], Ali Ahadiyat[4], Shahram Shahrokhi Khaneghah[5]

1, 2, 4. Graduate student, Professor, Assistant Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3, 5. Associate Professor, Assistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
Corresponding author: Jalal Shirazi, Jalal.Shirazi@gmail.com

Received: May, 29, 2022 9(1) 99–114 Accepted: Jun., 14, 2022

Abstract

The olfactory responses and biological attributes of *Trichogramma evanescens* (*Te*) and *T. brassicae* (*Tb*) were studied at laboratory conditions. Odor treatments included Carob moth eggs and healthy and infested pomegranate crown and seed and healthy and artificially damaged leaves. The olfactory apparatus consisted of a Y shape glass tube with 30° angle. Ninety mated females (0–24 hrs. old) of each species were exposed to the selected odor and clean air in 3 replications (each 30 wasps as one replication). In addition, biological characteristics of wasps were determined on Carob moth eggs using two sex age–staged life table approach. Olfactory results revealed that *Te* wasps significantly responded to the odors of Carob moth eggs and healthy and infested pomegranate crown and seed over clean air. In contrary, *Tb* wasps did not respond positively toward any tested odor. Considering biological trait investigations, *Te* male and female immature stage took 10.70 and 10.52 days being significantly shorter compared with that of *Tb* male (11.20 days) and female (10.95 days), respectively. Adult female *Te* had 3 days longevity which was one day longer than that of *Tb* wasps (2 days). The net reproductive rate and intrinsic rate of population increase of *Te* and *Tb* wasps were 16.56 offspring and 0.2337 day^{-1} and 15.20 offspring and 0.2220 day^{-1}, respectively. Eventually, the transformation rate of host to parasitoid egg (Q_p) was equal to 1 for both species. In order to select superior natural enemy candidates for biological control programs, the possibility of using fast olfactory tests instead of time consuming biological studies is discussed.

Keywords: olfactory, biological parameters, *Trichogramma*, Carob moth, biocontrol

Archive of SID.ir