بررسی زیست‌شناسی وکارایی دو گونه زنبور پارازیتوئید *Trichogramma* spp. روی تخم پروانه‌ی سفیده‌ی کوچک کلم *Pieris rapae* در شرایط آزمایشگاهی

صالح پورآرین[۱]، جلال شیرازی[۲]، احمد رائی‌پور[۳]

۱- گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم وتحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مسئول مکاتبات: جلال شیرازی، پست الکترونیک:jalal.shirazi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۲۵ ۴ (۲) ۳۹-۵۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۲۸

چکیده

مهمترین آفت کلم بعد از بید کلم، سفیده‌ی کوچک کلم، *Pieris rapae* با خسارتی در حدود ۴۰٪ می‌باشد. لذا مطالعه‌ای به‌منظور بررسی کارایی دو گونه زنبور به‌نام‌های *Trichogramma brassicae* و *T. evanescens* برای معرفی اولیه به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک سفیده‌ی کوچک کلم *P. rapae* صورت گرفت. کلیه آزمایش‌ها در شرایط اتاق رشد با دمای ۰/۵±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. براساس مشاهدات مزرعه‌ای و داده‌های پرورش آفت در شرایط گلخانه، مشخص شد که دوران انکوباسیون تخم سفیده‌ی کوچک کلم حدود ۵ تا ۷ روز بود. این حشره در شرایط مزرعه دارای پنج سن لاروی مجموعا به‌طول ۲۰ تا ۳۰ روز و دوره‌ی شفیرگی بین ۶ تا ۹ روز بود. به‌طور معمول، طول عمر حشرات نر حدود ۷ و ماده حدود ۱۰ روز ثبت شد. بررسی‌های اولیه نشان داد که طول دوره‌ی رشدی مراحل نابالغ زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* به‌ترتیب ۰/۱۵±۱۰/۴۳ و ۰/۱۱±۱۰/۰۷ روز و ۰/۰۹۹±۱۰/۴۸ و ۰/۰۹۳±۱۷ /۱۰روز برای افراد ماده و نر بود. به‌علاوه طول عمر زنبورهای ماده و نر در این دو گونه به‌همان ترتیب ۰/۲۰±۲/۰۳ و ۰/۲۴±۱/۴۰ روز و ۰/۱۶±۱/۶۸ و ۰/۴۰±۱/۸۵ روز به‌دست آمد و در ادامه نرخ ناخالص و خالص باروری و بارآوری برای زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* به‌ترتیب ۵۱/۹۲ و ۳۹/۴۶ تخم و ۸۳/۰۴ و ۷۷/۱۹ تخم برآورد شد. همچنین میانگین سن باروری و بارآوری خالص در زنبور *T. brassicae* به‌ترتیب ۰/۳۶ و ۰/۳۹ روز و برای زنبور *T. evanescens* ۰/۱۶۲ و ۰/۱۶۲ روز به‌دست آمد. به‌همین صورت، نتایج نشان داد نرخ‌های ناخالص و خالص تولید مثل زنبور *T. brassice* و *T. evanescens* روی تخم سفیده‌ی کوچک کلم به‌ترتیب ۲۲/۷۷ تخم ماده / ماده و ۱۲/۹۵ نتاج ماده / ماده و ۶۶/۱۴ تخم ماده / ماده و ۲۹/۳۲ نتاج ماده/ ماده محاسبه شد. نرخ‌های ذاتی و متناهی افزایش جمعیت به‌ترتیب ۰/۲۳۸ (روز$^{-1}$) و ۱/۲۶۹ نتاج ماده / روز و ۰/۳۰۵ (روز$^{-1}$) و ۱/۳۵۷ نتاج ماده بر روز برای زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* بود. مدت زمان دو برابر شدن جمعیت در همین دوگونه به‌همان ترتیب ۲/۹۰ و ۲/۲۶۵ روز و طول مدت یک نسل نیز ۱۰/۷۴ و ۱۱/۰۴ روز بود. نتایج حاصل از توزیع سنی پایدار جمعیت برای هر دو گونه مشخص کرد که جمعیت پایدار از حدود ۹۸٪ جمعیت از مرحله ی نابالغ و ۲٪ افراد بالغ تشکیل شده‌اند. مقایسه‌ی تمامی نتایج حاکی از برتری زنبور *T. evanescens* نسبت به زنبور *T. brassicae* روی تخم سفیده‌ی کوچک کلم *P. rapae* بود. بنابراین می‌توان گفت تا این مرحله زنبور *T. evanescens* می‌تواند انتخاب بالقوه‌ای برای کنترل بیولوژیک کاربردی علیه سفیده‌ی کوچک کلم باشد.

واژه‌های کلیدی: سفیده‌ی کوچک کلم، *Pieris rapae*، *Trichogramma brassicae*، *T.evanescens*، کلم ،کنترل بیولوژیک

مقدمه

گیاهان تیره‌ی کروسیفر یا چلیپائیان (Brassicaceae)، با حدود ۳۵۰ جنس و بیش از ۳۵۰۰ گونه ارزش اقتصادی بالایی چه به‌صورت تازه یا فرآورده، منبع ادویه، منبع روغن‌های خوراکی و صنعتی، غذای دام، کود سبز و گیاهان زینتی دارند (Talker & Shelton, 1993). سفیده‌ی

Archive of SID

www.SID.ir

کوچک کلم *Pieris rapae* منشاء پالئارکتیک دارد و از بریتانیا در اروپا تا چین و ژاپن در آسیا گسترش دارد و گستره‌ی جنوبی آن، کشورهای حوزه مدیترانه می‌باشد که شامل اسپانیا، ،آفریقای شمالی، مصر، قبرس و فلسطین اشغالی می‌شود. این گونه در سال ۱۸۶۰ برای اولین‌بار به‌کانادا وارد شد و ازآن‌جا به‌ایالات متحده آمریکا نیز گسترش یافت و بعداً به‌استرالیا نیز سرایت نمود (Richards, 1940). سفیده‌ی کوچک کلم در ایران برای اولین‌بار تحت نام علمی *Mancipium rapae* (L.) گزارش شده است (Afshar, 1938). این پروانه در اطراف تهران، اراک، قزوین، خراسان، مازندران و گیلان انتشار دارد (Hafezkhiabani, 1965; Davatchi, 1949). دوره‌ی جنینی تخم ۴-۸ روز و از تخم تا حشره‌ی کامل ۲۲-۴۲ روز است (Chittenden, 1962). تخم پروانه به‌طور عمودی روی برگ قرار داده می‌شود که مقطع طولی آن بیضوی گنبدی شکل است (Balachowsky & Mesnil,1936 به‌نقل از: Davatchi, 1949). با مطالعه‌ی زیست شناسی این آفت، Rivnay (1962) بیان کرده است که لاروها معمولاً پنج مرتبه جلد عوض می‌کنند و طول دوره‌ی لاروی در تابستان ۲ هفته و در بهار ۳ هفته و در زمستان بیش از ۴ هفته است. در ادامه، Jones (1987) درآزمایشگاه مشاهده کرد که لاروها در دمای ۱۵- ۳۰ درجه‌ی سلسیوس فعال هستند و بالاتر از ۳۰ و کمتر از ۱۰ درجه‌ی سلسیوس نیز هیچ‌گونه فعالیتی ندارند. در تابستان طول دوران شفیرگی بین ۷-۱۲ روز می‌باشد (Chittenden, 1962; Metcalf & Flint, 1962). در دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس، مدت زمان تبدیل شفیره به‌حشره‌ی کامل ۸ روز است امّا در ۱۵ درجه، ۲۰ روز و در ۱۲ درجه، این مدت زمان به‌۳۹ روز می‌رسد (Gardiner, 1974).

Muggeridge (1942) میزبان‌های اصلی *P. rapae* را انواع کلم، شامل گل کلم، کلم پیچ، کلم بروکلی، کلم قمری، کلم برگی، شلغم، تربچه، ترب وحشی، خردل، فلفل وحشی، سنبل شیرین، انواع گیاهان خانواده‌ی کاهو، گل لادن، گل میخک و سایر گیاهان پهن برگ خانواده‌ی چلیپائیان ذکر کرده است. اعتقاد بر این است که سینیگرین (Sinigrin) که نوعی گلیکوزید است در اکثر گیاهان خانواده‌ی چلیپائیان وجود دارد و احتمال دارد به‌عنوان ماده‌ی جلب کننده *P. rapae* در انتخاب گیاه میزبانش عمل کند (Traynier, 1984; 1986). بررسی‌های زیادی روی نحوه‌ی تغذیه‌ی آفت، رفتار تغذیه‌ای لاروها، نحوه‌ی خسارت روی کلم و میزان آن،تعداد نسل آفت، شرایط محیطی موثر روی دیاپوز، سرعت پرواز پروانه‌ها، شرایط دمایی و نحوه‌ی جفت‌یابی و جفت‌گیری و زیست‌شناسی آفت انجام شده است (Metcalf & Flint, 1962; Anonymous, 1972; Theunissen, 1985; Forster & Balachowsky Hommes, 1991; Metcalf & Flint, 1962; Feltwell, 1982; & Mesnil,1936; Rivnay, 1962; Ferguson, 1989; Balachowsky & Mesnil, 1936; Gardiner, 1974; David & Gardiner, 1961). به‌منظور پرورش آزمایشگاهی *P. rapae*، مطالعاتی روی جیره‌های غذای مصنوعی نیز صورت گرفته است (Kono, 1968; Sato, 1974). مبارزه شیمیایی با این آفت به‌دلیل مقاومت آن به‌گروه‌های مختلف آفت‌کش کم اثر گزارش شده است. بنابراین کاربرد سموم شیمیایی علیه آن تقریباً بی‌فایده بوده و جز ایجاد باقی‌مانده و مسمومیت کشاورزان و مصرف کنندگان اثر دیگری نداشته است (Talker & Shelton, 1993; Shelton *et al*., 1993; Sun *et al*., 1986).

در موردکنترل بیولوژیک آفات سبزی از جمله برگ‌خواران کلم با استفاده از زنبورهای پارازیتوئید گزارش‌های متعددی در اختیار است. برای مثال در کشورهای مختلفی نظیر روسیه، چین، بلغارستان، هند و جمهوری چک، گونه‌های مختلف زنبور تریکوگراما در مزارع کلم برای کنترل آفات برگ‌خوار استفاده شده است. گونه‌های مختلف جنس *Pieris* در نقاط مختلف مانند برخی از استان‌های منطقه خودمختار مغولستان به‌وسیله‌ی *T. evanescens* به‌خوبی کنترل شده‌اند. به‌علاوه در شالیزارهای چین، گونه‌ی *T. japonicum* برای کنترل این آفت نسبت به *T. confusum*، *T. chilonis* و *T. dendrolimi* از قدرت رقابت بیشتری برخوردار بوده است. همچنین در روسیه، آفت در حد قابل قبولی با رهاسازی *T. evanescens*

Archive of SID

www.SID.ir

کنترل شده است. در عین حال، گونه‌ی *T. brassicae* درکشورهای اروپایی از جمله فرانسه، ایتالیا، سویس و چند کشور دیگر علیه *P. rapae* به‌طور مطلوبی به‌خدمت گرفته شده است (Li, 1994). ایده‌ی استفاده از زنبورهای جنس تریکوگراما برای کنترل آفات (پروانه‌ها) برای اولین‌بار در یکی از جلسات حشره‌شناسی، انجمن تاریخ طبیعی لندن در سال ۱۸۹۵ مطرح شده است (Knutson, 1998). در بین زنبورهای جنس تریکوگراما، گونه‌های *T. japonicum*، *T. chilonis*، *T. ostriniae*، *T. dendrolimi*، *T. brassicae* و *T. evanescens* در اکوسیستم‌های بزرگ کشاورزی باغی و جنگل‌ها در سطح جهان استفاده تجاری شده‌اند (Li, 1994).

گونه‌های مختلف زنبورهای جنس *Trichogramma* در ارتباط با صفت ترجیح میزبانی گونه‌های راسته‌ی بال‌پولک‌داران متفاوت هستند. به‌همین دلیل کارایی آن‌ها برای کنترل بیولوژیک یک آفت خاص نیز متفاوت می‌باشند. بنابراین درصورت عدم انتخاب نژاد مناسب زنبور برای آفت هدف، تضمینی برای موفقیت برنامه‌ی کنترل بیولوژیک وجود نخواهد داشت (Chassain *et al.*, 1988; Hassan, 1989). باتوجه به‌توسعه‌ی پرورش زنبورهای تریکوگراما روی میزبان‌های واسطه از گروه شب‌پره‌های انباری مانند بید آرد، *Ephestia kuehniella* Zell.، و بید غلات، *Sitotroga cerealella* Oliv. (Smith, 1996) و یا روش‌های جدید پرورش انبوه زنبورهای تریکوگراما با استفاده از جیره‌ی غذایی مصنوعی روی محیط حاوی همولنف حشره، زرده تخم مرغ، نمک‌های معدنی به‌همراه بعضی از مواد شیمیایی و محرک (Consoli *et al.*, 1996 & Parra, 1997; Greenberg) امید به‌کنترل بیولوژیک برخی آفات بسیار پر رنگ شده است. به‌هر حال باید توجه داشت که همیشه پرورش یک پارازیتوئید روی میزبان اصلی باعث حفظ کیفیت دشمن طبیعی در شرایط آزمایشگاهی می‌گردد (Hoffmann *et al.*, 2001). از این نظر مطالعات متعددی روی زنبور تریکوگراما با استفاده از میزبان‌های مختلف صورت‌گرفته است. عطاران (۱۳۸۱) نشان داد که تفاوت‌های بارزی از نظر خصوصیات جمعیتی بین استرین‌های *T. brassicae* وجود دارد. شیرازی و همکاران (۱۳۸۵) پارامترهای جدول زندگی ۱۷ جمعیت همین گونه را بررسی کردند و تفاوت‌هایی را مشاهده کردند. این موضوع با توجه به‌تفاوت در نوع میزبان توجه محققین را به‌خود جلب کرده است. باروری زنبور *T. brassicae* روی مرحله‌ی تخم *S. cerealella* از حدود ۱۲/۰ تا ۷۶/۰ تخم به‌ازای هر ماده تعیین شده است (Stiedle *et al.*, 2001). در آزمایش دیگر Uzun (1994) در دماهای مختلف باروری زنبور *T. brassicae* روی *E. kuehniella* را در دماهای مختلف محاسبه‌کرد که بیشترین تخم به‌ازای هر ماده در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس، ۷۲/۱ عدد بود. در آزمایش‌های مختلف مشاهده شد که باروری زنبور ماده در گونه‌های مختلف جنس *Trichogramma* به‌طور معنی‌داری متفاوت است (Hoffmann *et al.*, 2001; Maisonhaute *et al.*, 1999). گزارش‌های داخلی و خارجی زیادی دیگری در مورد تأثیر متقابل گونه‌های زنبور تریکوگراما و میزبان‌های آن بر اساس بررسی صفات زیستی و جداول زندگی وجود دارد (Shirazi, 2004; Haile & Hassan, 1999; Schöller & Hassan, 2001; Irananipour *et al.*, 2009; 2010; Lashgari *et al.*, 2010; Karimian & Sahragard, 2000) اما در کشور توجه زیادی به‌کنترل بیولوژیک سفیده‌ی کوچک کلم نشده است. بنابراین، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی خصوصیات زیستی دو گونه زنبور *T. evanescens* و *T. brassicae* روی تخم سفیده‌ی کوچک کلم *P. rapae* در شرایط آزمایشگاهی انتخاب شد تا در تحقیقات بعدی برای تولید انبوه و رهاسازی گونه‌ی مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

در این آزمایش از گیاه گل کلم *Brassica oleraceae* L. var. *botrytis* به‌عنوان گیاه حساس به‌سفیده‌ی کوچک کلم با بیشترین سطح کشت استفاده شد. ابتدا با تهیه وکاشت بذر گل کلم، گیاهان مورد نیاز در گلدان‌های دو لیتری در شرایط گلخانه پرورش داده شدند. همچنین نشاهای گل کلم

Archive of SID

www.SID.ir

آماده از سطح مزارع مختلف تهیه و درون گلدان در دو پایلوت جداگانه نگهداری شدند. گلدان‌ها روزانه آبیاری شده و مراقبت‌های زراعی لازم در حین کار به‌عمل آمد.

پرورش سفیده‌ی کوچک کلم

جمع‌آوری، شناسایی و پرورش آفت سفیده‌ی کوچک کلم، *Pieris rapae*، از طریق بازدیدهای صحرایی و به‌شرح زیر انجام شد:

۱- ابتدا چندین نمونه جهت شناسایی آفت از مزارع کلم در جنوب تهران و اطراف کرج جمع‌آوری و به‌بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور ارسال و گونه‌ی *Pieris rapae* تأیید شد. خصوصیات شکل‌شناسی مراحل زیستی مختلف و تفکیک جنس نر و ماده در تفکیک نمونه‌ها بعدی استفاده شد.

۲- با بازدیدهای مکرر هفتگی مزارع کلم جنوب تهران و استان البرز، پروانه‌های سفیده‌ی کوچک با تور حشره‌گیری شکار شده و درون ظرف دارای تهویه به‌سرعت به‌گلخانه منتقل می‌شدند. به‌علاوه، سایر مراحل زیستی (تخم، لارو و شفیره) با توجه به‌یادگیری شناسایی آن‌ها از سطح مزرعه جمع‌آوری، و به‌قفس‌های پرورش انتقال یافت.

۳- پروانه‌های جمع‌آوری شده بلافاصله به‌یک قفس پرورش به‌ابعاد ۶۰×۶۰×۱۲۰ سانتی‌متری از جنس آلومینیوم، با دیواره‌های شیشه‌ای و سقف توری بسیار شفاف و کاملاً قابل نفوذ به‌هوا و نور آفتاب (برای تخم‌ریزی) و دو قفس چوبی به‌ابعاد ۵۰×۵۰×۵۰ با دیواره های تمام توری (برای پرورش وایجاد کلنی) انتقال داده شدند. درون هر قفس چوبی تعداد ۵ گلدان گیاه کلم ۴۰ تا ۵۰ روزه و درون تمامی قفس‌ها یک پنبه‌اشباع از آب عسل ۱۰٪ درون یک پتری دیش قرار داده شد. به‌این ترتیب ضمن مشاهده‌ی رفتارهای جفت‌گیری و تخم‌ریزی پروانه‌ها، طول عمر و باروری آن‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت.

روش تخم‌گیری از آفت

به‌منظور تهیه‌ی مرحله‌ی تخم آفت برای پرورش زنبورها، در هر مرحله تعداد ۵۰ تا ۱۰۰ جفت پروانه‌ی تازه ظاهر شده از قفس‌های پرورش اصلی جمع‌آوری و به‌درون قفس آلومینیومی دیگری با ابعاد ذکر شده در بالا منتقل شدند. سپس حدود ۱۰ بشر یا لیوان شفاف ۱۰۰ میلی‌لیتری، محتوی ۳۰ میلی لیتر آب معمولی تهیه و یک برگ تازه‌ی کلم روی دهانه‌ی هر یک از آن‌ها قرار داده و با یک کش محکم شد. سپس تمام دیواره بیرونی بشرهای با پارافیلم پوشانده شد به‌نحوی که پارافیلم کاملاً صاف و شفاف بشر را در بر گیرد. آب داخل ظروف باعث تشدید ترشح اسانس برگ گل کلم و تحریک پروانه به‌تخم‌ریزی و همچنین از خشکیدگی برگ کلم جلوگیری می‌کرد. بدین‌ترتیب پروانه‌های ماده روی پارافیلم و به‌ندرت روی برگ گل کلم تخم‌ریزی می‌کردند. به‌منظور جمع آوری تخم‌های آفت، هر روز پارافیلم ها به‌دقت تعویض شده و تخم‌ها به‌همان صورت بر روی پارافیلم مستقیماً برای پرورش زنبور استفاده می‌شد و یا درون یخچال در دمای ۵ تا ۸ درجه‌ی سلسیوس نگهداری می‌شد (Webb & Shelton, 1988).

تهیه و شناسایی دقیق زنبور و اطمینان از خلوص جمعیت

جمعیت دو گونه زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* با شناسنامه‌ی مشخص به‌صورت مجزا درون ظروف استوانه‌ای شفاف به‌قطر ۲۰ و طول ۳۰ سانتی‌متر از بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور اخذ و در شرایط ۰/۵±۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره‌ی روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت روی تخم بید غلات (*S. cerealella*) پرورش داده شدند. برای شناسایی دقیق گونه‌ها، به‌روش معمول از ۱۰ فرد زنبور نر هر گونه، لام میکروسکپی تهیه شد و توسط بخش رده بندی حشرات، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور شناسایی و مورد تأیید قرار گرفتند.

ایجاد نمونه آزمایش هم سن (Cohort)

برای هر گونه زنبور تعداد حدود ۵۰ عدد تخم تازه آفت انتخاب و روی نوار مقوایی باریک داخل یک لوله آزمایش به‌قطر ۵×۲۰ سانتی‌متر منتقل شدند. سپس تعداد ۱۰ عدد زنبور ماده‌ی جفت‌گیری کرده به‌وسیله‌ی روش تک

Archive of SID

www.SID.ir

ماده کردن داخل این لوله قرارگرفت. این تعداد تخم به‌مدت ۴ ساعت در اختیار زنبورها قرار گرفت و پس از آن زنبورها حذف شدند و لوله‌ها تا ظهور زنبورهای جدید در شرایط اتاق پرورش قرار گرفتند. هر روز در دو نوبت (صبح و عصر)، لوله‌ها تا سیاه شدن تخم‌ها وخروج زنبورها از آن، بازدید و مشاهدات به‌دقت ثبت می‌شدند.

بررسی خصوصیات زیستی زنبور

بلافاصله پس از ظهور نتاج حاصل از هر کوهرت، زنبورها به‌صورت جفتی درون لوله‌هایی به‌قطر ۱×۱۰ سانتی‌متر قرار گرفتند و تعداد ۲۵ عدد تخم میزبان، درون لوله‌ها در اختیار آن‌ها قرار گرفت. این کار هر روز تا زمان مرگ ماده‌ها ادامه یافت. اگر در میان جمعیت خروجی، تعداد نر کمتر از ماده‌ها بود، ا زجمعیت اصلی همان گونه، یک عدد نر جدا شده و داخل لوله آزمایش قرار می‌گرفت. درصورت وجود افراد نر اضافی به‌صورت انفرادی داخل لوله آزمایش قرار می‌گرفت و تا زمان مرگ جهت ثبت طول عمر نگهداری می‌شد. تخم‌های پارازیت شده تا ظهور نتایج جدید و به‌تفکیک ماده و روز حفظ شدند. بدین‌طریق باروری روزانه، نسبت جنسی، طول عمر ماده ها و نرها و میزان افراد ناهنجار یادداشت شد. در طول آزمایش‌ها، هیچ‌گونه تغذیه‌ی تکمیلی برای زنبورها انجام نشد.

روش آماری

داده‌های مربوط به‌خصوصیات زیستی جنس نر و ماده دو گونه زنبور روی تخم سفیده کوچک کلم در نرم افزار اکسل تنظیم و آماره‌های لازم با استفاده از رویه Descriptive analysis در نرم افزار Excel تجزیه و تحلیل شده و نمودارها و جداول لازم تنها با ذکر میانگین‌ها و مقادیر خطای استاندارد مربوط تنظیم شدند. در واقع، مقایسه‌ی میانگین‌ها در مطالعات زیست‌شناسی و جداول زندگی حشرات بدون ایجاد تکرارهای لازم در داده‌ها از طریق نرم افزارهای مناسب و مجهز به‌عملیات Bootstrapping، دارای برآورد اریب و خطا خواهد بود لذا از مقایسه‌های آماری خودداری شد. برای تحلیل تأثیر میزبان بر پارامترهای تولید مثل و رشد گونه‌های زنبور، از روش Carey (1993) و جداول زندگی استفاده شد.

نتایج

مشاهدات زیست‌شناسی *P. rapae*

براساس مشاهدات مزرعه ای و داده‌های پرورش آفت در شرایط گلخانه، مشخص شد که دوران انکوباسیون تخم سفیده‌ی کوچک کلم حدود ۵ تا ۷ روز بود. به‌علاوه این حشره در شرایط مزرعه دارای پنج سن لاروی مجموعاً به‌طول ۲۰ تا ۳۰ روز و دوره‌ی شفیرگی بین ۶ تا ۹ روز بود. به‌طور معمول، طول عمر حشرات نر حدود ۷ و ماده حدود ۱۰ روز بود.

زیست شناسی پارازیتوئید

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به‌پرورش زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* روی مرحله‌ی تخم پروانه سفیده‌ی کوچک کلم نشان داد که طول دوران نابالغ زنبور *T. brassicae* به‌ترتیب ۰/۱۱ ± ۱۰/۰۷ و ۰/۱۵± ۱۰/۴۳ روز و برای گونه‌ی *T. evanescens* به‌ترتیب ۰/۰۹۳ ± ۱۰/۱۷ و ۰/۰۹۹ ± ۱۰/۴۸ روز برای جنس نر و ماده بود. همچنین طول عمر زنبورهای نر و ماده به‌طور میانگین برای گونه‌ی *T. brassicae* به‌ترتیب ۰/۲۴ ± ۱/۴۰ و ۰/۲۰ ± ۲/۰۳ روز و برای زنبور *T. evanescens* به‌ترتیب ۰/۴۰± ۱/۸۵ و ۰/۱۶ ± ۱/۶ بود (جدول ۱).

جدول ۱- طول دوره‌ی رشدی و طول عمر زنبور *Trichogramma brassicae* و *T. evanescence* با پرورش روی مرحله‌ی تخم پروانه‌ی سفیده‌ی کلم *Pieris rapae* در شرایط آزمایشگاهی.

Table 1. Developmental period and longevity (mean±SE) of *Trichogramma brassicae* and *T. evenescens* reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.

Wasp	Sex	N	Mean±SE (day)	
			Egg to Adult	Longevity
Trichogramma	Male	20	10.07±0.11	1.40±0.24
brassicae	Female	21	10.43±0.15	2.03±0.20
Trichogramma	Male	10	10.17±0.093	1.85±0.40
evanescens	Female	40	10.48±0.099	1.68±0.16

Archive of SID

www.SID.ir

آماره‌های دموگرافی زنبورهای پارازیتوئید

تولید مثل

باتوجه به‌نتایج، نرخ ناخالص باروری و بارآوری زنبور *T. brassicae* به‌ترتیب ۵۱/۹۲ و ۳۹/۴۶ و برای گونه‌ی *T. evanescens* به‌ترتیب ۸۳/۰۴ و ۷۷/۱۹ تخم با پرورش روی مرحله‌ی تخم *P. rapae* بوده است. همچنین میانگین سن باروری و بارآوری خالص *T. brassicae* روی این میزبان به‌ترتیب ۰/۳۶ و ۰/۳۹ روز به‌دست آمد و برای گونه‌ی *T. evanescens* روی همین میزبان به‌ترتیب ۰/۱۶۲ و ۰/۱۶۲ روز به‌دست آمده است. به‌علاوه میانگین تولید تخم بارآور در روز برای زنبور *T. brassicae* با پارازیته کردن تخم‌های سفیده‌ی کلم به‌عنوان میزبان به‌ترتیب ۱۲/۹۸ و ۹/۸۶ عدد و برای گونه‌ی *T. evanescens* به‌ترتیب۱۳/۸۳ و ۱۲/۸۶ عدد تخم بر ماده بود. در عین حال، نرخ ناخالص تفریخ گونه‌ی *T. brassicae*، ۰/۷۶ و برای *T. evanescens*، ۰/۹۳ محاسبه شد. در این بین، میانگین سن تفریخ برای زنبور *T. brassicae*، ۱/۵ روز و همین صفت برای گونه‌ی *T. evanescens*، ۲/۵ روز ثبت شد (جدول ۲).

جدول ۲- فراسنجه‌های تولید مثلی زنبور *Trichogramma brassicae* (Tb) و *T. evanescens* (Te) با پرورش روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کوچک کلم *Pieris rapae* در شرایط آزمایشگاهی.

Table 2. Reproductive parameters of *Trichogramma brassicae* (Tb) and *T. evanescens* (Te) reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.

Parameters	Formula	Value		Unit
		Tb	Te	
Lifetime reproductive rate				
Gross fecundity rate	$\sum_{x=\sim} M_x$	51.92	83.04	Egg
Gross fertility rate	$\sum_{x=\sim} h_x M_x$	39.46	77.19	Egg
Gross hatch rate	$\sum_{x=\sim} h_x M_x \Big/ \sum_{x=\sim} M_x$	0.76	0.93	–
Net fecundity rate	$\sum_{x=\sim} L_x M_x$	29.30	50.77	Egg
Net fertility rate	$\sum_{x=\sim} L_x h_x M_x$	22.26	47.22	Egg
Mean age reproductive rate				
Mean age gross fecundity	$\sum_{x=\sim} xM_x \Big/ \sum_{x=\sim} M_x$	0.91	0.77	Day
Mean age gross fertility	$\sum_{x=\sim} xh_x M_x \Big/ \sum_{x=\sim} h_x M_x$	1.09	1.29	Day
Mean age net fecundity	$\sum_{x=\sim} xL_x M_x \Big/ \sum_{x=\sim} L_x M_x$	0.36	0.162	Day
Mean age net fertility	$\sum_{x=\sim} xh_x L_x M_x \Big/ \sum_{x=\sim} h_x L_x M_x$	0.39	0.162	Day
Mean age gross hatch rate	$\sum_{x=\sim} xh_x \Big/ \sum_{x=\sim} h_x$	1.50	2.50	Day
Daily reproductive rate				
Mean egg / day	$\sum_{x=\sim} M_x \Big/ (\mu - \text{£})$	12.98	13.83	Egg / day
Mean egg per female / day	$\sum_{x=\sim} L_x M_x \Big/ \sum_{x=\text{£}}^{\mu} L_x$	17.33	30.54	Egg / female / day
Mean fertile egg / day	$\sum_{x=\sim} h_x M_x \Big/ (\mu - \text{£})$	9.86	12.86	Egg / day
Mean fertile egg per female / day	$\sum_{x=\sim} L_x h_x M_x \Big/ \sum_{x=\text{£}}^{\mu} L_x$	13.17	28.40	Egg / female / day

Archive of SID

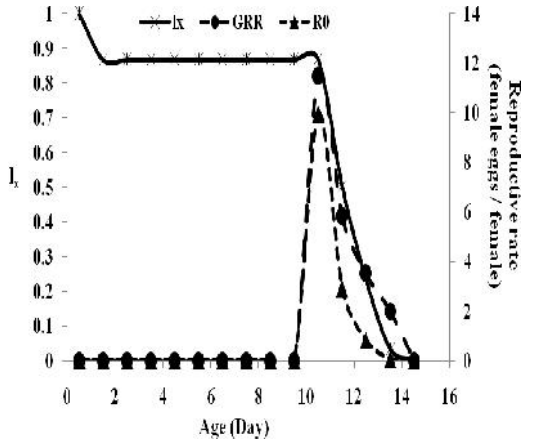
www.SID.ir

پارامترهای رشد جمعیت پارازیتوئید:

نتایج آماره‌های اصلی دموگرافی جمعیت زنبور *T. brassicae*، با پرورش روی مرحله‌ی تخم *P. rapae* نشان داد که نرخ ناخالص و خالص تولید مثل به‌ترتیب ۲۲/۷۷ و ۱۲/۹۵ تخم ماده و نتاج ماده به‌ازای هر زنبور ماده محاسبه‌شد. همین صفات برای زنبور *T. evanescens* به‌ترتیب ۶۶/۱۴ و ۲۹/۳۲ تخم ماده و نتاج ماده به‌ازای هر زنبور ماده بود. نرخ ذاتی و متناهی افزایش جمعیت *T. brassicae* روی تخم این میزبان به‌ترتیب ۰/۲۳۸ و ۱/۲۶۹ نتایج ماده بر روز بود. و برای زنبور *T. evanescens* این مقدار به‌ترتیب ۰/۳۰۵ و ۱/۳۵۷ نتاج ماده بر روز به‌دست آمد. جمعیت زنبور *T. brassicae* برای دو برابر شدن به ۲/۹۰ روز نیاز داشت و طول مدت یک نسل ۱۰/۷۴ روز محاسبه‌شد. بر اساس داده‌ها، جمعیت زنبور *T. evanescens* طی ۲/۲۶۵ روز دو برابر شده و یک نسل به‌طور متوسط ۱۱/۰۴ روز کامل شد. به‌علاوه، ساختار توزیع سنی پایدار جمعیت *T. brassicae* نشان‌داد که ترکیب جمعیت پارازیتوئید روی تخم سفیده‌ی کوچک به‌ترتیب ۹۷/۴۲ درصد مراحل نابالغ و ۲/۵۸ درصد حشرات کامل بود. و این نتایج برای گونه‌ی *T. evanescens* به‌ترتیب ۹۷/۹۷ درصد مراحل نابالغ و ۲/۰۳ درصد حشرات کامل ثبت شد (جدول ۳).

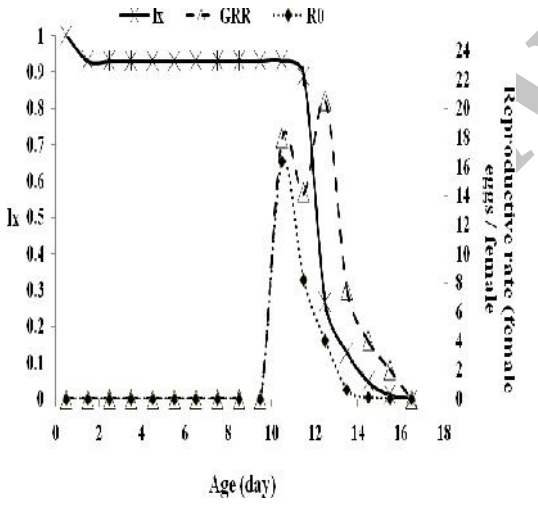
نرخ بقاء و تولید مثل

نتاج مشخص می‌کند که برای زنبور *T. brassicae* به‌جز در روز اول در بقیه‌ی سنین مرحله‌ی نابالغ نرخ مرگ و میر ثابت بوده و بلافاصله پس از ظهور حشرات کامل (روز دهم) نرخ بقاء با شیب تندی کاهش می‌یابد. تا در روز چهاردهم به‌صفر می‌رسد (شکل ۱). براساس نتایج در مورد *T. evanescens* به‌جز در روز اول در بقیه‌ی سنین مرحله‌ی نابالغ نرخ مرگ ومیر ثابت بوده و اما در اوایل ظهور حشرات کامل (روز دهم) نرخ بقاء با شیب تند و در اواخر عمر (روز سیزدهم به‌بعد) با شیب ملایمی کاهش می‌یابد تا در روز شانزدهم به‌صفر می‌رسد (شکل ۲).



شکل ۱- نرخ‌های بقاء، تولید مثل ناخالص و خالص ویژه‌ی سنی زنبور *Trichogramma brassicae* با پرورش روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کوچک کلم *Pieris rapae* در شرایط آزمایشگاهی.

Fig. 1. Age specific survival (l_x) and gross and net reproductive rates (*GRR*, R_0) of *Trichogramma brassicae* reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.



شکل ۲- نرخ‌های بقاء، تولید مثل ناخالص و خالص ویژه‌ی سنی زنبور *Trichogramma evanescens* با پرورش روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کوچک کلم *Pieris rapae* در شرایط آزمایشگاهی.

Fig. 2. Age specific survival (l_x) and gross and net reproductive rates (*GRR*, R_0) of *Trichogramma evanescens* reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.

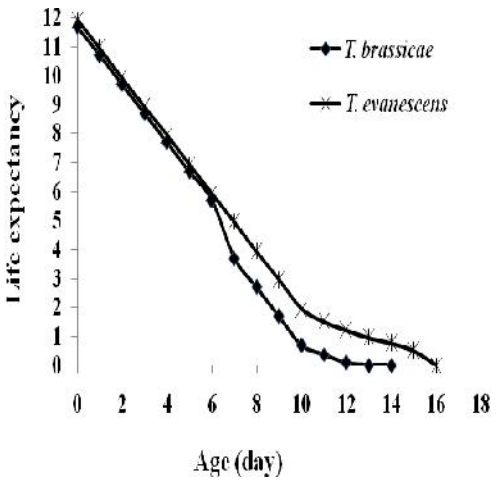
Archive of SID

www.SID.ir

حداکثر تولید مثل (ناخالص و خالص) در روز اول ظهور زنبورهای ماده *T. brassicae* رخ داده و در روزهای بعد به‌شدت کاهش می‌یابد (شکل ۱). براساس نتایج بیش از ۵۰ درصد تولید مثل در روز اول صورت گرفته‌است. و برای گونه‌ی *T. evanescens* حداکثر تولید مثل ناخالص در روز سوم پس ازظهور ماده‌ها ملاحظه می‌شود. و با در نظرگرفتن نرخ بقاء، اوج تولید مثل خالص در روز اول ظهور زنبورهای ماده رخ داده و در روزهای بعد کاهش می‌یابد (شکل ۲). می‌توان گفت بیش از ۷۰ درصد تولید مثل در هر دو گونه طی سه روز اول بعد از ظهور صورت گرفته‌است.

امید به زندگی

امید به‌زندگی برای زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* با پرورش روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کلم در مرحله‌ی نابالغ و حشرات کامل ماده‌ی این دو گونه به‌ترتیب ۱۱/۶۹ و ۱۱/۹۳ روز و ۰/۶۹ و ۱/۹۴ روز بود (شکل ۳).



شکل ۳- امید به‌زندگی برای مراحل سنی زنبورهای *Trichogramma brassicae* و *T. evanescens* با پرورش روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کوچک کلم *Pieris rapae* در شرایط آزمایشگاهی.

Fig. 3. Life expectancy of *Trichogramma brassicae* and *T. evanescens* age stages reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.

جدول ۳- فراسنجه‌های دموگرافیک زنبور *Trichogramma brassicae* (Tb) و *T. evanescens* (Te) با پرورش روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کوچک کلم *Pieris rapae* در شرایط آزمایشگاهی.

Table 3. Demographic parameters of *Trichogramma brassicae* (Tb) and *T. evanescens* (Te) reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.

Population Parameter	Symbol	Formula	Value		Unit
			Tb	Te	
Gross reproductive rate	*GRR*	$\sum_{x=-} m_x$	22.77	66.14	Female egg / female
Net reproductive rate	R_0	$\sum_{x=-} L_x m_x$	12.95	29.32	Female progeny / female
Growth rate					
Intrinsic rate of increase	r_m	$1 = \sum_{x=-} e^{-rx} L_x m_x$	0.238	0.305	Day^{-1}
Finite rate of increase	a	e^r	1.269	1.357	Day^{-1}
Birth rate	b	$1 \Big/ \sum_{x=0}^{\mu} e^{-rx} L_x$	0.295	0.339	Day^{-1}
Death rate	d	$b - r$	0.057	0.033	Day^{-1}
Developmental time					
Doubling time	*DT*	$\ln 2 / r_m$	2.90	2.265	Day
Generation time	*T*	$\ln R_0 / r_m$	10.74	11.04	Day
Stable age distribution					
Immature	C_x	$e^{-r_m x} L_x \Big/ \sum_{x=0}^{\mu} e^{-rx} L_x$	97.42	97.97	Percent
Adult			2.58	2.03	

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

بررسی‌های این تحقیق مشخص کرد که در حال حاضر در مزارع کلم کاری مناطق جنوبی تهران و در البرز (جنوب کرج)، جمعیت سفیده‌ی کوچک (*P. rapae*) نسبت‌به سفیده‌ی بزرگ کلم (*P. brassicae*) غالب بوده و درفضای سبز شهری نیز گسترش دارد. این نتایج با یافته‌های Hasanshahi *et al.* (2014) تطابق دارد.

زیست شناسی زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کوچک متفاوت بود. دوران نشو و نمای مراحل نابالغ زنبور در *T. brassicae* کوتاه‌تر از همان در زنبور *T. evanescens* بود. همچنین، طول عمر زنبورهای ماده در *T. brassicae* طولانی‌تر از همان در زنبور *T. evanescens* بود. اما طول عمر زنبورهای نر در *T. evanescens* بیشتر بود. گزارش‌های Yazdani Khorasgani *et al.* (2006) در شرایط مشابه، دوره‌ی رشدی زنبور *T. brassicae* روی تخم بید غلات را در ۵ نسل حدود ۱۱/۵۰ روز با طول عمر ۳/۰۴ روز و Özder & Kara (2010) برای *T. brassicae* روی تخم بیدآرد با طول عمر بالغ بر ۱۴/۵۰ روز با یافته‌های این تحقیق مغایر، اما با یافته‌های Uzun, (1994) که متوسط دوره‌ی رشد زنبور *T. brassicae* روز تخم بید آرد را ۱۰/۵ روز گزارش نموده است، تا حدی هم‌خوانی دارد. نتایج مطالعات Attaran *et al.*, (2000) نشان داد که تغذیه تأثیر زیادی در افزایش طول عمر زنبور *T. brassicae* دارد. براساس همین تحقیق، طول عمر زنبورهای ماده بدون تغذیه از عسل و دسترسی به تخم میزبان، ۲/۰۴ روز و با تغذیه از عسل و در حضور میزبان، ۸/۰۶ روز تعیین شد. همچنین Shirazi (2004) طول عمر حشره‌ی کامل زنبور *T. chilonis* را روی تخم میزبان آزمایشگاهی (*Corcyra cephlonica* (St.)) و تخم میزبان اصلی (*Helicoverpa armigera* Hüb.) به‌ترتیب ۹/۱۹ و ۷/۲۷ روز تعیین نمود. در گزارش دیگری، طول عمر گونه‌ی *T. brassicae* با تغذیه از عسل حداقل ۲ و حداکثر ۸ روز بوده است (Karimian & Sahragard, 2000). برهمین اساس، Seraj (2001) طول عمر زنبور *T. brassicae* را به‌ترتیب ۲/۰ و ۲/۳ روز روی تخم‌های *H. zea* و *Sesamia cretica* تعیین نمود. این تفاوت‌ها علاوه بر تأثیر میزبان می‌تواند ناشی ازتفاوت در خصوصیات جمعیتی باشد (Aswan, 1989; Amir Maafi & Chi, 2006).

در ادامه دیده شد که تقریباً تمامی فراسنجه‌های تولید مثلی زنبور *T. brassicae* با پرورش روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کلم کمتر از صفات مشابه‌برای *T. evanescens* روی همان میزبان بود. نرخ‌های خالص باروری و بارآوری زنبور *T. evanescens* تقریباً دو برابر همان مقادیر برای *T. Brassicae* محاسبه‌شد. نتایج مشابهی از مقایسه‌ی مقادیر نرخ تولید مثل روزانه‌ی این زنبورها روی تخم بید غلات و بید آرد گزارش شده است با این تفاوت که نتایج مربوط به‌میانگین سنی تولید مثل زنبور روی هر دو میزبان نسبتاً مشابه بوده است. برای مثال Uzun (1994) باروری زنبور *T. brassicae* را روی بید آرد در دمای ۲۲ و ۲۷ درجه به‌ترتیب ۴۲/۶۸ و ۷۲/۱۰ تخم بر ماده تعیین کرده است. که با یافته‌های این تحقیق برای همین گونه (۲۹/۳۰ عدد تخم/ماده) متفاوت اما با مقدار این صفت برای زنبور *T. evanescens* (۴۷/۴۰ عدد تخم بر ماده) مشابهت دارد. به‌همین صورت یافته‌های حاضر در مورد نرخ‌های خالص باروری و بارآوری با نتایج Lashgari *et al.* (2010) برای زنبور *T. brassicae* روی تخم بید آرد (به‌ترتیب ۸۹/۲۵ و ۷۹/۶۱ تخم بر ماده) به‌مراتب بیشتر از مقادیر مشابه‌این تحقیق است. همین محققین به‌ترتیب ۶۴/۳۶ و ۵۴/۷۰ تخم بر ماده را برای *T.brassicae* روی بید غلات ذکر کرده‌اند که تا حدودی مشابه‌با نتایج حاضر برای *T. evanescens* روی تخم سفیده‌ی کلم است. یکی از دلایل برتری آماره‌های مهم تولید مثلی زنبور *T. evanescens* روی تخم سفیده‌ی کلم در پژوهش حاضر ممکن است نرخ بالاتر ناخالص تفریخ آن (۰/۹۳) نسبت به‌مقدار این صفت برای *T. brassicae* (۰/۷۶) باشد.

نتایج دموگرافی زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* روی تخم سفیده‌ی کلم میزبان حکایت از برتری گونه‌ی دوم به‌صورت بارز دارد. مقادیر صفات زیستی گونه دوم تقریباً سه برابر همان مقادیر برای گونه‌ی

Archive of SID

www.SID.ir

اول بودند. به‌عنوان مثال، نرخ خالص تولید مثل زنبور *T. brassicae* برابر ۱۲/۹۵ اما برای *T. evanescens* برابر ۲۹/۳۲ فرد ماده/ماده بود. به‌همین صورت نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) به‌عنوان کامل‌ترین فراسنجه برای مقایسه‌ی سرعت رشد دو گونه زنبور به‌همان ترتیب معادل ۰/۲۳۸ (روز$^{-1}$) و ۰/۳۰۵ (روز$^{-1}$) بود. Lashgari *et al.* (2010) در آزمایش مشابهی نرخ ناخالص تولید مثل این زنبور *T. brassicae* را روی بید آرد و غلات به‌ترتیب ۵۵/۶۵ و ۴۲/۱۷ نتاج ماده/ماده ذکر کرده که کاملاً مغایر با نتایج این تحقیق است. وی نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور *T. brassicae* را د رشرایط کاملاً مشابه‌برای هر دو میزبان ذکر شده تقریباً مساوی و برابر ۰/۳۰ (روز$^{-1}$) به‌دست آورده‌است که بسیار نزدیک به‌مقدار این صفت برای *T. evanescens* روی تخم سفیده‌ی کوچک کلم است. Iranipour *et al.*, (2009) این آماره را برای زنبور *T. brassicae* روی میزبان بید آرد ۰/۲۹ (روز$^{-1}$) گزارش کردند. در یک تحقیق وسیع، Shirazi *et al.* (2006) با مطالعه‌ی ۱۷ جمعیت زنبور *T. brassicae* مقدار r_m را بین ۰/۱۰ و ۰/۳۲ (روز$^{-1}$) در ۲۷ درجه‌ی سلسیوس روی بید غلات برآورد نمودند که به‌نتایج این تحقیق نزدیک‌تر است. همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت برای زنبور *T. brassicae* را روی تخم *S. cerealella* ۰/۳۰۹ محاسبه شده که با مقدار همین صفت برای *T. evanescens* برابر است (Haile & Hassan, 1999).

در مطالعات دیگری، مقدار باروری ناخالص و خالص و نرخ ذاتی افزایش جمعیت برای زنبور *T. evanescens* با پرورش روی تخم *E. elutella* به‌ترتیب ۳۵/۲۰ و ۳۱/۸۶ تخم ماده/ ماده و ۰/۳۶۶ (روز$^{-1}$) ذکر شده که با نتایج این پژوهش مغایر است (Schöller & Hassan, 2001). باتوجه به‌چنین تفاوت‌هایی، Iranipour *et al.* (2010) اعتقاد دارند که جمعیت‌های متنوع، مواد آزمایشی و روش‌های محاسباتی باعث اختلاف در مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت گونه‌های مشابه می‌شود. براساس نتایج این تحقیق درصد افراد نابالغ و بالغ هر دو گونه زنبور روی تخم سفیده‌ی کلم به‌هم نزدیک است. از آن‌جایی که نرخ بقاء در افراد نابالغ بیشتر است، توزیع سنی پایدار برای افراد نابالغ بسیار بیشتر از افراد بالغ است. به‌عبارت دیگر، میزان مشارکت افرادنابالغ در پایداری جمعیت به‌مراتب بیشتر از افراد بالغ می‌باشد. سایر محققین نیز نتایج کم و بیش مشابهی در این زمینه به‌دست آورده اند. برای مثال، Haghani & Fathipours (2003) و Fathipour & Dadpour (2003) توزیع سنی پایدار را برای افراد نابالغ زنبورهای *T. embryophagum* و *T. pintoi* روی تخم‌های بید آرد به‌طور مشابه۹۶ و روی بید غلات به‌ترتیب ۹۵ و ۹۶ درصد و توزیع سنی پایدار برای افراد بالغ زنبورهای *T. embryophagum* و *T. pintoi* روی تخم‌های بید آرد مساوی و برابر ۴ و روی بید غلات ۵ و ۴ درصد محاسبه نمودند. یافته‌های Esmaeilimoghadam, (Unpublished data) نیز حاکی از ترکیب جمعیتی معادل ۹۶٪ مرحله‌ی نابالغ و ۴ درصد حشرات بالغ در توزیع سنی پایدار *T. brassicae* روی تخم دو میزبان آزمایشگاهی (بید آرد و بید غلات) به‌صورت برابر در یک سیستم تولید انبوه بوده است.

به‌طور کلی براساس روند منحنی امید به‌زندگی، این ویژگی در زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* ضمن کاهش آن با افزایش سن، درمجموع امید به‌زندگی برای زنبورهای ماده *T. brassicae* نسبت به‌همان برای *T. brassicae* دردوران نابالغ بیشتر و در دوران بلوغ کمتر بود. به‌همین صورت، Iranipour *et al.* (2010) امید به‌زندگی را از مرحله‌ی تخم تا مرگ برای *T. brassicae* روی تخم میزبان آزمایشگاهی آن ۱۴/۳۷ روز ذکر کرده است که تا حدی نزدیک به‌یافته‌ی اخیر است. به‌هر حال در این تحقیق امید به‌زندگی در شروع مرحله‌ی تخم به‌ترتیب برای حشرات کامل *T. brassicae* و *T. evanescens* روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کلم به‌ترتیب ۱۱/۶۹ و ۱۱/۹۳ روز و در آغاز زندگی حشرات بالغ به‌ترتیب ۰/۶۹ و ۱/۹۴ روز بود. این در حالی است که این صفت برای مرحله‌ی تخم این گونه‌ها تا ۲۵ روز و برای مراحل بالغ تا حدود ۱۰ روز نیز ذکر شده‌است (Fathipour & Dadpour,2003;

Archive of SID

www.SID.ir

(Haghani & Fathipour, 2003) که اساساً با نتایج حاضر هم‌خوانی ندارد.

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن صفات زیستی و فراسنجه‌های تولید مثلی و جمعیتی زنبورهای مورد آزمایش روی مرحله تخم سفیده کلم، می‌توان گفت زنبور *T. evanescens* دارای برتری‌های غیرقابل انکاری نسبت به *T. brassicae* می‌باشد. در کشورهای مختلفی نظیر روسیه، چین، بلغارستان، هند و جمهوری چک، گونه‌های مختلف زنبور تریکوگراما در مزارع کلم برای کنترل آفات برگ‌خوار استفاده شده است. در مغولستان گونه‌های مختلف جنس *Pieris* spp. با رهاسازی زنبور *T. evanescens* به‌خوبی کنترل شده‌اند. گونه‌ی *T. japonicum* نیز برای کنترل این آفات نسبت‌به *T. confusum*، *T. chilonis* و *T. dendrolimi* از قدرت رقابت بیشتری در مزارع برنج در چین برخوردار بوده است. همچنین در روسیه جمعیت *P. rapae* در حد قابل قبولی با رها سازی *T. evanescens* کاهش یافته است. در حالی‌که در کشورهای اروپایی از جمله فرانسه، ایتالیا، سویس و چند کشور دیگر گونه‌ی *T. brassicae* علیه *P. rapae*، پارازیتوئیدی مؤثر گزارش شده است. آزمون‌های بیشتری درسطح تولید انبوه و مقایسه این پارامترهای روی میزبان‌های آزمایشگاهی مشخص می‌کند که گزینه‌ی مناسب کاربردی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک *P. rapae*، کدام گونه خواهد بود. به‌هرحال با توجه به‌اهمیت این آفت و این‌که شیوه‌ی غالب در کنترل آن کاربرد مداوم سموم است، استفاده از این عوامل راه‌کاری اجتناب ناپذیر است به‌ویژه که کشاورزان اعتقاد دارند کمترین خسارت آفت و یا فضولات آن در کلم باعث عدم بازارپسندی آن خواهد بود و لزوم کنترل آفت وجود دارد.

سپاس‌گزاری

پژوهش حاضر بخشی از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد نگارنده‌ی اول می‌باشد. نویسندگان لازم می‌دانند بدین‌وسیله از زحمات و همکاری مسئولین و کارکنان محترم موسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور به‌ویژه در بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک برای تأمین جمعیت‌های زنبور و در بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات (جناب آقای دکتر ابراهیمی و سرکار خانم دکتر عالی پناه) برای شناسایی و تأیید گونه‌های حشرات، قدردانی نمایند.

References

Afshar, J., 1938. Pests of summer crops, vegetables, industrial plants, and pastures in Iran and their control. General Office of Agriculture, Tehran. 124 pp.

Amir Maafi., M. & chi, H. 2006. Demography of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) on two pyralid hosts (Lipidoptera: pyralidae). Annals of the Entomological Society of America, 99: 84-90.

Anonymous, 1972. Compendium colour plate and biological data of plant pest. Bayer chemical Company. 236 pp.

Aswan, M.S., Wilson, L.T. & Hoffmann, M.P. 1989. Comparative biology of three geographic populations of *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). Environmental Entomology, 19: 387-392.

Attaran, M.R., Shojaie, M. & Ebrahimi, E. 2000. Effects of host and feeding on the longevity and the number of egg laid by *Trichogramma brassicae* Bezd. (Hym., Trichogrammatidae). Proceeding of the 14th Iranian Plant Protection congress, Ist Vol., p 203.

Balachowsky, A. & Mesnil, L. 1936. Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, leur destruction. T. II, vol. III, Etablissement Busson, Paris, pp. 1141-1921.

Carey, J.R. 1993. Applied Demography for Biologists, with Special Emphasis on Insects. Oxford University press, U.K.211 p.

Archive of SID

www.SID.ir

Chassain, C., Fouillet, P. & Boulterau, M. 1988. Variability in foraging behavior in *Trichogramma* females: genetic bases and comparison of local population. Collogues de l'INRA, 48: 51-53.

Chittenden, J.A. 1962. Morphology and biology of the white Butterfly *Pireis rapae* (Lep.: pieridae) USDA/ARS. 45: 511-516.

Consoli, F.I. & Parra, R.P. 1997. Development of an oligidic diet for in vitro rearing of *Trichogramma galloizucchi* and *Trichogramma pretiosum* Riley. Biocontrol, 8: 172-176.

Davatchi, A. 1949. Important pests of agricultural crops and their control methods. Bureau of Agricultural Chemistry, Ministry of Agriculture, 20 pp (In Farsi).

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

Feltwell, J. 1982. Large white butterfly: The biology biochemistry and physiology of *Pieris brassicae* (L.). Dr. W. Jank, The Hague, the Netherlands. Dr. W. Junk Publishers, 535 pp.

Ferguson, A.M. 1989. *Pieris rapae* (L.), small white butterfly (Lepidoptera: Pieridae). In: Cameron P.J., Hill R.L., Bain, J. & Thomas, W.P. (eds.) A review of biological control of invertebrate pests and weeds in New Zealand, 1874 to 1987. Oxon, UK, CAB International. pp. 129–134.

Forster, R. & Hommes, M. 1991. Supervised Control of Lepidopterous pest in white cabbage. Messewey 11/12 3300, Braunschewig, Germany, pp 126-129.

Gardiner, B.O.C. 1974. *Pieris brassicae* (L.). established in Chile, another palearctic pest crosses the Atlantic. Journal of The Lepidopterists' Society, 28: 269-277.

Greenberg, S.M., Nordlund, D.A. & King, E.G. 1996. Mass production of *Trichogramma* spp.: Experiences in the former Soviet Union, China, The United States and Western Europe. Biocontrol News Information, 17: 51 N-60N.

Hafezkhiabani, H. 1965. Identification and control of *Pieris rapae.* M.Sc. Thesis, Tehran University, 49 pp.

Haile, A.T. & Hassan, S. A. 1999. Life table parameters of two Kenyan locally occurring *Trichogramma* species. Institute for biological control, BBA. Available online at: http://WWW.bba.de/abstracts.html.

Haghani, H. & Fathipour, Y. 2003.The effect of the type of laboratory host on the population growth parameters of *Trichogramma embryophagum* Hartig. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 10: 117-124.

Hasanshahi, Gh., Abbasipour, H., Askarianzadeh, A., Karimi, J., Dusti, Z., Jahan, F. & Esmaeili Vardajani, M. 2014. Seasonal population fluctuations of the cabbage white butterfly, *Pieris rapae* and diamond back Moth, *Pluttella xylostella* on different cauliflower varieties. Journal of Plant Protection, 28: 87-96.

Hassan, S.A.1989. Selection of suitable *Trichogramma* strains to control the codling moth *Cydia pomonella* and the summer fruit *Tortrix adoxophyes* Oran. and *Pandemis heparana* (Lep.: Tortricidae). Entomophaga, 34: 19-27.

Hoffmann, M.P., Ode, P.R., Walker, D.L., Gardiner, J., Van, Nouhuys, S. & Shelton, A.M. 2001. Performance of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on factitious host, including the target host *Ostrinia nubilalis.* Biological Control, 21: 1-10.

Iranipour, S., Farazmand, A., Saber, M. & Mashhdi Jafarloo, M. 2009. Demography and life history of the egg parasitoid *Trichogramma brassicae,* on two moths *Anagasta Kuehniella* and *Plodia interpunctella* in the laboratory. Journal of Insect Science, 9: 1-8.

Archive of SID

www.SID.ir

Iranipour, S., Vaez, N., Ghanbalani, G.N., Zakaria, R.A. & Jafarloo, M.M. 2010. Effect of host change on demographic fitness of the parasitoid. *Trichogramma brassicae*. Journal of Insect Science, 10: 1-12.

Jones, R.E., 1987. Reproductive strategies for the seasonal tropics. Insect Science and its Application, 8: 515–521.

Karimian, Z. & Sahragard, A. 2000. Investigation on biology of *Trichogramma brassicae*, the egg parasitoid of major insect pest of rice in Guilan province. Proceeding of the 14th Iranian Plant Protection Congress. Ist Vol. p 22.

Knutson, A. 1998. *Trichogramma* Manual. Texas Agricultural Extension Service: Produced by Agricultural Communications, The Texas A&M University System College Station (TX): Texas Agriculture Extension Service.

Kono, Y. 1968. Rearing *Pieris rapae* crucivora Boisduval (Lepidoptera: Pieridae) on artificial diets. Journal of Applied Entomology, 3: 66-68.

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 the Entomological Research Society, 2: 46-60.

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, C.A.B. International. pp: 370-530.

Metcalf, C.L. & Flint, W. P.1962. Destructive and Useful Insects. 3rd. Ed. pp 662-664.

Muggeridge, M.D. 1942. Biology and behavioural evaluation in the Cabbage butterfly (*Pieris rapae*). Appl. Entomol. Zool., 23: 248-251.

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

Richards, O.W. 1940. The biology of the small white butterfly (*Pieris rapae*), with special reference to the factors controlling its abundance. J. Anim. Ecol., 9: 243-288.

Rivnay, E. 1962. Field crop pest in the Near East. Den Heag, 450 pp.

Sata, Y. 1974. Rearing *pieris rapae* crucivora on artificial diets. Kontyo, 42: 467-472.

Schöller, 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. Entomol. Exp. et Appl. 98: 35-40.

Seraj, A.A. 2001. Biological studies and efficiency evaluation of *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against corn stem borers, *Sesamia* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). J. Agril. Sci. Tech., 15: 97-103.

Shelton, A.M., Robertson, L., Tank, D., Perez, C., Eigenbrode, S.D. Preisler, H.K, Wilsey, V.T. & Cooley. R.J. 1993. Resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to *Bacillls thuringiensis* subspecies in the field. J. Econ. Entomol. 86: 697-705.

Archive of SID

www.SID.ir

Shirazi, J. 2004. Effects of factitious host *Corcyra cephalonica* (St.) and natural host *Helicoverpa armigera* (Hub.) eggs on some important biological characters of *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Proceeding of the 16th Iranian Plant Protection Congress. p.14.

Shirazi, J., Attaran, M.R., Rezapanah, M. & Farrokhi, Sh. 2006. Quality control evaluation of mass reared *Trichogramma* wasps in private insectaria of Guilan and Mazandaran provinces, Iran. Proceeding of the 17th Iranian Plant Protection Congress, p.18.

Smith, S.M., 1996. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. Ann. Rev. Entomol., 41: 375-406

Sun, C.N., Wu, T.K., Chen, J.S. & Lee, W.T. 1986. Insecticide resistance in diamondback moth, In: Talekar, N.S., & Griggs, T.D. (eds.) Diamondback Moth Management: Proc. 1st Intern. Workshop, Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, pp. 359-371.

Talker, N.S. & Shelton, M. 1993. Biology, ecology and management of diamond back mouth. Ann. Rev. Entomol., 38: 275-301.

Theunissen, J. & Den Ouden, H. 1985. Tolerance Levels for supervised control of insect pests in Brussels sportus cabbage. Zangew. 100: 84-87.

Traynier, R.M.M. 1984. Associative learning in the ovipositional behavior of the cabbage butterfly *Pieris rapae*. Physiol. Entomol., 9:465-72.

Traynier, R.M.M. 1986. Visual learning in assays of sinigrin solution as an oviposition releaser for the cabbage butterfly, *Pieris rapae*. Entomol. Exp. Appl, 40:25-33

Uzun, S. 1994. Investigations on the relationships of parasite – host between *Trichogramma brassicae* Bezd. (Hymenoptera : Trichogrammatidae) and the eggs of the Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zell. under different temperatures and storing periods. Biyologiik Mucadele kongresi, 3: 25-28.

Webb, S.E. & Shelton, A.M. 1988. Laboratory rearing of the imported cabbage worm. NY Food life Sci. Bul., 122: 1-6.

Yazdani Khorasgani, A., Hosseini Bai, Sh., Hadad Irani Nezhad, K. & Mashhadi Jafarloo, M. 2006. An investigation on some biological traits of *Trichogramma brassicae* Bezd. on the eggs of Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* Oliv. J. Agril. Sci., 12: 271-283.

Archive of SID

www.SID.ir

An investigation on the biology and efficiency of *Trichogramma* spp. on the egg of *Pieris rapae* under laboratory conditions

Saleh Pourarian[1], Jalal Shirazi[2], Ahmad Rasipour[3]

1. Department of Agricultural Entomology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University,Tehran, Iran
2. Biological Control Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran, Iran
3. Department of Agriculture, Faculty of Food Biosciences and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Corresponding author: Jalal Shirazi, email: jalal.shirazi@gmail.com

Received: July, 15, 2016 4 (2) 39-53 Accepted: Nov., 18, 2016

Abstract

Reports have proved that *Pieris rapae* with 40% annual damage is the second destructive pest of cabbage after *Plutella xylostella*. As there are frequent chemical spray operations against the pest and due to environmental and public health hazards, an investigation was carried out to introduce a species of *Trichogramma* for future bio-control programs in cabbage. All experiments were carried out at 25± 0.5°C, 60± 10% RH and 16:8 L:D. Based on field observations and greenhouse rearing of *P. rapae*, it was revealed that egg incubation took 5-7 days. Five larval instars development enlonged 20-30 days and pupal stage period was about 6-9 days. Longevity of male and female butterflies was 7 and 10 days, respectively. Preliminary results demonstrated that immature stage development took 10.43±0.15 and 10.07±0.11 days and 10.48±0.099 and 10.17±0.093 days for female and male individuals of *T. brassicae* and *T. evanescens*, respectively. Moreover, female and male longevity was 2.03±0.20 and 1.40±0.24 days and 1.68±0.16 and 1.85±0.40 days for both species, respectively. Further analysis showed that gross and net fecundity and fertility for *T. brassicae* and *T. evanescens* were 51.92 and 39.46 eggs/ female and 83.04 and 77.19 eggs/female, respectively. Similarly, mean age net fecundity and fertility in the same order species were 0.36 and 0.39 days and 0.162 and 0.162 days, respectively. Data analysis on reproductive attributes revealed the gross and net reproductive rates for *T. brassicae* and *T. evanescens* on eggs of *P. rapae* obtained as 22.77 female egg/female and 12.95 female progeny/female and 66.14 female egg/female and 29.32 female progeny/female, respectively. Similarly, intrinsic (r_m) and finite (^{a}) rates of increase were calculated as 0.238 (day^{-1}) and 1.269 female progeny/day and 0.305 (day^{-1}) and 1.357 female progeny/day for *T. brassicae* and *T. evanescens*, respectively. Doubling times were 2.90 and 2.265 days and generation times were calculated as 10.74 and 11.04 days for the same species, respectively. Also results proved that in both parasitoids immature stages accounted for about 98% and adults for 2% of the population in the age distribution of the stable population. For final conclusion, it could be said that almost all *T. evanescens* life history parameters on eggs of *P. rapae* were superior compared to those of *T. brassicae*. Therefore, it would be a potential candidate for future bio-control programs for small cabbage butterfly.

Keywords: small cabbage butterfly, *Pieris rapae*, *Trichogramma brassicae*, *T. evanescens*, cabbage, biological control

Archive of SID

www.SID.ir