

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

صالح پورآرین<sup>۱</sup>، جلال شیرازی<sup>۲</sup>، احمد رائی پور<sup>۳</sup>

۱- گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، 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 پذیرش: ۹۵/۰۸/۲۸

۴ (۲) ۳۹-۵۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۲۵

### چکیده

مهمترین آفت کلم بعد از بید کلم، سفیده‌ی کوچک کلم، *Pieris rapae* با خسارتی در حدود ۴۰٪ می‌باشد. لذا مطالعه‌ی 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  $25 \pm 0.5$  درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 10$  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 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 ثبت شد. بررسی‌های اولیه نشان داد که طول دوره‌ی رشدی مراحل نابالغ زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* به‌ترتیب  $15 \pm 0.43$  و  $11 \pm 0.07$  روز و  $10.99 \pm 0.48$  و  $9.3 \pm 0.17$  روز برای افراد ماده و نر بود. به‌علاوه طول عمر زنبورهای ماده و نر در این دو گونه به‌همان ترتیب  $20 \pm 0.3$  و  $24 \pm 0.4$  روز و  $16 \pm 0.68$  و  $40 \pm 0.85$  روز به‌دست آمد و در ادامه نرخ ناخالص و خالص باروری و بارآوری برای زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* به‌ترتیب  $51/92$  و  $39/46$  تخم و  $83/04$  و  $77/19$  تخم برآورد شد. همچنین میانگین سن باروری و بارآوری خالص در زنبور *T. brassicae* به‌ترتیب  $0.36$  و  $0.39$  روز و برای زنبور *T. evanescens*  $0.162$  و  $0.162$  روز به‌دست آمد. به‌همین صورت، نتایج نشان داد نرخ‌های ناخالص و خالص تولید مثل زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* روی تخم سفیده‌ی کوچک کلم به‌ترتیب  $22/77$  تخم ماده / ماده و  $12/95$  نتاج ماده / ماده و  $66/14$  تخم ماده / ماده و  $29/32$  نتاج ماده / ماده محاسبه شد. نرخ‌های ذاتی و منتهای افزایش جمعیت به‌ترتیب  $0.238$  (روز<sup>-۱</sup>) و  $1/269$  نتاج ماده / روز و  $0.305$  (روز<sup>-۱</sup>) و  $1/357$  نتاج ماده بر روز برای زنبورهای *T. brassicae* و *T. evanescens* بود. مدت زمان دو برابر شدن جمعیت در همین دو گونه به‌همان ترتیب  $2/90$  و  $2/265$  روز و طول مدت یک نسل نیز  $10/74$  و  $11/04$  روز بود. نتایج حاصل از توزیع سنی پایدار جمعیت برای هر دو گونه مشخص کرد که جمعیت پایدار از حدود ۹۸٪ جمعیت از مرحله‌ی 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

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

گیاهان تیره‌ی کروسیفر یا چلیپانیان (Brassicaceae)، با حدود ۳۵۰ جنس و بیش از ۳۵۰۰ گونه ارزش اقتصادی

(Sinigrin) که نوعی گلیکوزید است در اکثر گیاهان خانواده‌ی چلیپائی‌ان وجود دارد و احتمال دارد به‌عنوان ماده‌ی جلب‌کننده *P. rapae* در انتخاب گیاه میزبان 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 دیابوز، 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 کم‌اثر گزارش شده است. بنابراین کاربرد سموم شیمیایی علیه آن تقریباً بی‌فایده بوده و جز ایجاد باقی‌مانده و مسمومیت کشاورزان و مصرف‌کنندگان اثر دیگری نداشته است (Talker & Shelton, 1993; Sun et al., 1986).

در مورد کنترل 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*

کوچک کلم *Pieris rapae* منشاء پالئوکتیک 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 اولین بار به کانادا وارد شد و از آن‌جا به ایالات متحده آمریکا نیز گسترش یافت و بعداً به استرالیا نیز سرایت نمود (Richards, 1940). سفیده‌ی کوچک کلم در ایران برای اولین بار تحت نام علمی (*Mancipium rapae* (L.)) گزارش شده است (Afshar, 1938). این پروانه در اطراف تهران، اراک، قزوین، خراسان، مازندران و گیلان انتشار دارد (Hafezkhiani, 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 زیست‌شناسی 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) در آزمایشگاه 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 به حشره‌ی کامل ۸ روز است اما در ۱۵ درجه، ۲۰ روز و در ۱۲ درجه، این مدت زمان به ۳۹ روز می‌رسد (Gardiner, 1974).

(Muggeridge 1942) میزبان‌های اصلی *P. rapae* را انواع کلم، شامل گل کلم، کلم پیچ، کلم بروکلی، کلم قمری، کلم برگ، شلغم، تربچه، ترب وحشی، خردل، فلفل وحشی، سنبل شیرین، انواع گیاهان خانواده‌ی کاهو، گل‌لادن، گل میخک و سایر گیاهان پهن‌برگ خانواده‌ی چلیپائی‌ان ذکر کرده است. اعتقاد بر این است که سینگرین

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 به تفاوت در نوع میزبان توجه محققین را به خود 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 محاسبه کرد 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; Iranipour et al., 2009; 2010; Lashgari et al., 2010; Karimian & Sahragard, 2000) اما در کشور توجه زیادی به کنترل بیولوژیک سفیده‌ی کوچک کلم نشده است. بنابراین، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی خصوصیات زیستی دو گونه زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* 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 oleracea* L. var. *botrytis* به‌عنوان گیاه حساس به‌سفیده‌ی کوچک کلم با بیشترین سطح کشت استفاده شد. ابتدا با تهیه و کاشت بذر گل کلم، گیاهان مورد نیاز در گلدان‌های دو لیتری در شرایط گلخانه پرورش داده شدند. همچنین نشاهای گل کلم

کنترل شده است. در عین حال، گونه‌ی *T. brassicae* در کشورهای اروپایی از جمله فرانسه، ایتالیا، سوئیس 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 اولین بار 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. brassicae*، *T. dendrolimi*، *T. ostrinia*، *T. chilonis* 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 در صورت عدم انتخاب نژاد مناسب زنبور برای آفت هدف، تضمینی برای موفقیت برنامه‌ی کنترل بیولوژیک وجود نخواهد داشت (Chassain et al., 1988; Hassan, 1989). با توجه به توسعه‌ی پرورش زنبورهای تریکوگراما روی میزبان‌های واسطه از گروه شب‌پره‌های انباری مانند پید آرد، *Ephestia kuehniella* Zell. و پید 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 & Parra, 1997) امید به کنترل بیولوژیک برخی آفات بسیار پررنگ 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 صورت گرفته است. عطاران (۱۳۸۱) نشان داد که تفاوت‌های بارزی از نظر خصوصیات جمعیتی بین

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 میلی‌لیتر آب معمولی تهیه و یک برگ تازه کلم روی دهانه‌ی هر یک از آن‌ها قرار داده و با یک کش محکم شد. سپس تمام دیواره بیرونی بشرهای با پارافیلیم پوشانده شد به‌نحوی که پارافیلیم کاملاً صاف و شفاف بشر را در بر گیرد. آب داخل ظروف باعث تشدید ترشح اسانس برگ گل کلم و تحریک پروانه به تخم‌ریزی و همچنین از خشکیدگی برگ کلم جلوگیری می‌کند. بدین ترتیب پروانه‌های ماده روی پارافیلیم و به‌ندرت روی برگ گل کلم تخم‌ریزی می‌کردند. به‌منظور جمع‌آوری تخم‌های آفت، هر روز پارافیلیم‌ها به‌دقت تعویض شده و تخم‌ها به‌همان صورت بر روی پارافیلیم 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 ۲۵±۰/۵ 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 میکروسکوپی تهیه شد و توسط بخش رده‌بندی 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

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 به یادگیری شناسایی آن‌ها از سطح مزرعه جمع‌آوری، و به‌قفس‌های پرورش انتقال یافت.

۳- پروانه‌های جمع‌آوری شده بلافاصله به یک قفس پرورش به ابعاد 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 به ابعاد ۵۰×۵۰×۵۰ با دیواره‌های تمام توری (برای پرورش و ایجاد 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

### نتایج

#### مشاهدات زیست‌شناسی *P. rapae*

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. 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.

#### زیست‌شناسی پارازیتوئید

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به پرورش زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* روی مرحله‌ی تخم پروانه سفیده‌ی کوچک کلم نشان داد که طول دوران نابالغ زنبور *T. brassicae* به‌ترتیب  $10/11 \pm 0/07$  و  $10/43 \pm 0/15$  روز و برای گونه‌ی *T. evanescens* به‌ترتیب  $10/17 \pm 0/093$  و  $10/48 \pm 0/099$  روز برای جنس نر و ماده بود. همچنین طول عمر زنبورهای نر و ماده به‌طور میانگین برای گونه‌ی *T. brassicae* به‌ترتیب  $1/40 \pm 0/24$  و  $2/03 \pm 0/20$  روز و برای زنبور *T. evanescens* به‌ترتیب  $1/40 \pm 0/24$  و  $2/03 \pm 0/20$  روز بود. (جدول ۱).

جدول ۱- طول دوره‌ی رشدی و طول عمر زنبور *Trichogramma brassicae* و *T. evanescens* 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. evanescens* reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.

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

ماده کردن داخل این لوله قرار گرفت. 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 و خروج 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 ۱×۱ 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، از جمعیت اصلی همان گونه، یک عدد نر جدا شده و داخل لوله آزمایش قرار می‌گرفت. در صورت 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. بدین طریق باروری روزانه، نسبت جنسی، طول عمر ماده‌ها و نرها و میزان افراد ناهنجار یادداشت شد. در طول آزمایش‌ها، هیچ‌گونه تغذیه‌ی تکمیلی برای زنبورها انجام نشد.

#### روش آماری

داده‌های مربوط به خصوصیات 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 به عملیات 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.

## آماره‌های دموگرافی زنبورهای پارازیتوئید

## تولید مثل

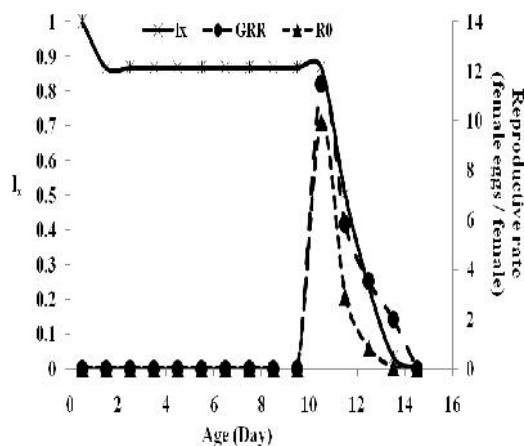
۰/۱۶۲ روز به‌دست آمده است. به‌علاوه میانگین تولید تخم بارآور در روز برای زنبور *T. brassicae* با پارازیته کردن تخم‌های سفیده‌ی کلم به‌عنوان میزبان به‌ترتیب ۱۲/۹۸ و ۹/۸۶ عدد و برای گونه‌ی *T. evanescens* به‌ترتیب ۱۳/۸۳ و ۱۲/۸۶ عدد تخم بر ماده بود. در عین حال، نرخ ناخالص تفریح گونه‌ی *T. brassicae*، ۰/۷۶ و برای *T. evanescens*، ۰/۹۳ محاسبه شد. در این بین، میانگین سن تفریح برای زنبور *T. brassicae*، ۱/۵ روز و همین صفت برای گونه‌ی *T. evanescens*، ۲/۵ روز ثبت شد (جدول ۲).

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

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.

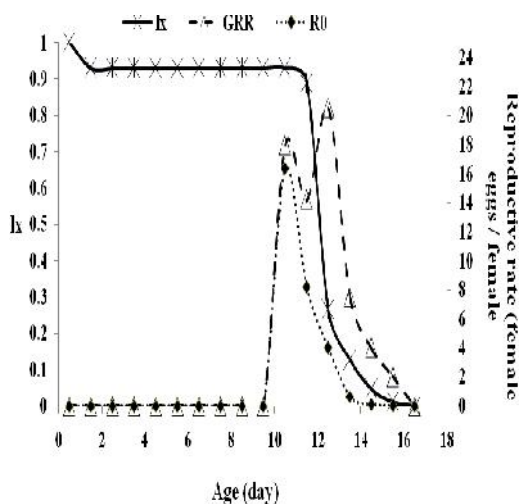
Table 2. Reproductive parameters of *Trichogramma brassicae* (Tb) and *T. evanescens* (Te) reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.

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



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

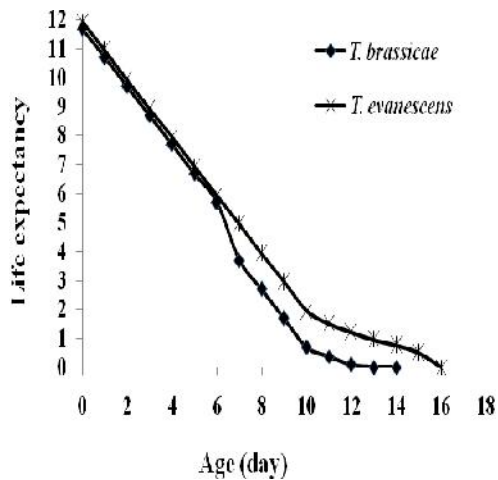
Fig. 2. Age specific survival ( $L_x$ ) and gross and net reproductive rates ( $GRR$ ,  $R_0$ ) of *Trichogramma evanescens* reared on *Pieris rapae* eggs at laboratory conditions.

### 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 به ترتیب ۲۲/۷۷ و ۱۲/۹۵ تخم ماده و نتاج ماده به ازای هر زنبور ماده محاسبه شد. همین صفات برای زنبور *T. evanescens* به ترتیب ۶۶/۱۴ و ۲۹/۳۲ تخم ماده و نتاج ماده به ازای هر زنبور ماده بود. نرخ ذاتی و متناهی افزایش جمعیت *T. brassicae* روی تخم این میزبان به ترتیب ۰/۲۳۸ و ۱/۲۶۹ نتایج ماده بر روز بود. و برای زنبور *T. evanescens* این مقدار به ترتیب ۰/۳۰۵ و ۱/۳۵۷ نتاج ماده بر روز به دست آمد. جمعیت زنبور *T. brassicae* برای دو برابر شدن به ۲/۹۰ روز نیاز داشت و طول مدت یک نسل ۱۰/۷۴ روز محاسبه شد. بر اساس داده‌ها، جمعیت زنبور *T. evanescens* طی ۲/۲۶۵ روز دو برابر شده و یک نسل به طور متوسط ۱۱/۰۴ روز کامل شد. به علاوه، ساختار توزیع سنی پایدار جمعیت *T. brassicae* نشان داد که ترکیب جمعیت پارازیتوئید روی تخم سفیده‌ی کوچک به ترتیب ۹۷/۴۲ درصد مراحل نابالغ و ۲/۵۸ درصد حشرات کامل بود. و این نتایج برای گونه‌ی *T. evanescens* به ترتیب 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* به جز 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 به صفر می‌رسد (شکل ۱). براساس نتایج در مورد *T. evanescens* به جز در روز اول در بقیه‌ی سنین مرحله‌ی نابالغ نرخ مرگ و میر ثابت بوده و اما در اوایل ظهور حشرات کامل (روز دهم) نرخ بقاء با شیب تند و در اواخر عمر (روز سیزدهم به بعد) با شیب ملایمی کاهش می‌یابد تا در روز شانزدهم به صفر می‌رسد (شکل ۲).



شکل ۳- امید به زندگی برای مراحل سنی زنبورهای *Trichogramma brassicae* و *T. evanescens* با پرورش روی مرحله 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.

حداکثر تولید مثل (ناخالص و خالص) در روز اول ظهور زنبورهای ماده *T. brassicae* رخ داده و در روزهای بعد به شدت کاهش می‌یابد (شکل ۱). براساس نتایج بیش از ۵۰ درصد تولید مثل در روز اول صورت گرفته است. و برای گونه‌ی *T. evanescens* حداکثر تولید مثل ناخالص در روز سوم پس از ظهور ماده‌ها ملاحظه می‌شود. و با در نظر گرفتن 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 گرفته است.

### امید به زندگی

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

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	$GRR$	$\sum_{x=r}^s m_x$	22.77	66.14	Female egg / female
Net reproductive rate	$R_0$	$\sum_{x=r}^s L_x m_x$	12.95	29.32	Female progeny / female
Growth rate					
Intrinsic rate of increase	$r_m$	$1 = \sum_{x=r}^s e^{-rx} L_x m_x$	0.238	0.305	Day <sup>-1</sup>
Finite rate of increase	}	$e^r$	1.269	1.357	Day <sup>-1</sup>
Birth rate	$b$	$1 / \sum_{x=0}^s e^{-rx} L_x$	0.295	0.339	Day <sup>-1</sup>
Death rate	$d$	$b - r$	0.057	0.033	Day <sup>-1</sup>
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	$C_x$	$e^{-r_m x} L_x / \sum_{x=0}^s e^{-r_m x} L_x$	97.42	97.97	Percent
Adult			2.58	2.03	



## بحث

به‌ترتیب ۲/۰ و ۲/۳ روز روی تخم‌های *H. zea* و *Sesamia cretica* تعیین نمود. این تفاوت‌ها علاوه بر تأثیر میزبان می‌تواند ناشی از تفاوت در خصوصیات جمعیتی باشد (Aswan, 1989; Amir Maafi & Chi, 2006).

در ادامه دیده شد که تقریباً تمامی فراسنجه‌های تولید مثل زنبور *T. brassicae* با پرورش روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کلم کمتر از صفات مشابه برای *T. evanescens* روی همان میزبان بود. نرخ‌های خالص باروری و بارآوری زنبور *T. evanescens* تقریباً دو برابر همان مقادیر برای *T. brassicae* محاسبه شد. 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 به میانگین 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) به‌مراستب بیشتر از مقادیر مشابه این 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 مشابه با نتایج حاضر برای *T. evanescens* روی تخم سفیده‌ی کلم است. یکی از دلایل برتری آماره‌های مهم تولید مثل زنبور *T. evanescens* روی تخم سفیده‌ی کلم در پژوهش حاضر ممکن است نرخ بالاتر ناخالص تفریح آن (۰/۹۳) نسبت به مقدار 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

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*) نسبت به سفیده‌ی بزرگ کلم (*P. brassicae*) غالب بوده و در فضای سبز شهری نیز گسترش دارد. این نتایج با یافته‌های (Hasanshahi et al., 2014) تطابق دارد.

زیست‌شناسی 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 *T. evanescens* برای Özder & Kara (2010) روی تخم بید آرد 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 cephalonica* (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). بر همین اساس، (Seraj 2001) طول عمر زنبور *T. brassicae* را

افراد نابالغ بیشتر است، توزیع سنی پایدار برای افراد نابالغ بسیار بیشتر از افراد بالغ است. به عبارت دیگر، میزان مشارکت افراد نابالغ در پایداری جمعیت به مراتب بیشتر از افراد بالغ می‌باشد. سایر محققین نیز نتایج کم و بیش مشابهی در این زمینه به دست آورده‌اند. برای مثال، Haghani & Fathipour (2003) و Fathipours (2003) توزیع سنی پایدار را برای افراد نابالغ زنبورهای *T. embryophagum* و *T. pintoii* روی تخم‌های بید آرد به‌طور مشابه ۹۶ و روی بید غلات به ترتیب ۹۵ و ۹۶ درصد و توزیع سنی پایدار برای افراد بالغ زنبورهای *T. embryophagum* و *T. pintoii* روی تخم‌های بید آرد مساوی و برابر ۴ و روی بید غلات ۵ و ۴ درصد محاسبه نمودند. یافته‌های (Unpublished Esmailimoghadam, 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) به صورت 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، در مجموع امید به‌زندگی برای زنبورهای ماده *T. brassicae* نسبت به همان برای *T. brassicae* در دوران نابالغ بیشتر و در دوران بلوغ کمتر بود. به همین 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 به یافته‌ی اخیر است. به هر حال در این تحقیق امید به‌زندگی در شروع مرحله‌ی تخم به ترتیب برای حشرات کامل *T. brassicae* و *T. evanescens* روی مرحله‌ی تخم سفیده‌ی کلم به ترتیب ۱۱/۶۹ و ۱۱/۹۳ روز و در آغاز زندگی حشرات بالغ به ترتیب 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 شده است (Fathipour & Dadpour, 2003).

اول بودند. به عنوان مثال، نرخ خالص تولید مثل زنبور *T. brassicae* برابر ۱۲/۹۵ اما برای *T. evanescens* برابر ۲۹/۳۲ فرد ماده/ماده بود. به همین صورت نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) به عنوان کامل‌ترین فراسنجه برای مقایسه‌ی سرعت رشد دو گونه زنبور به همان ترتیب معادل ۰/۲۳۸ (روز<sup>-۱</sup>) و ۰/۳۰۵ (روز<sup>-۱</sup>) بود. (Lashgari et al. (2010) آزمایش مشابهی نرخ ناخالص تولید مثل این زنبور *T. brassicae* را روی بید آرد و غلات به ترتیب 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 در شرایط کاملاً مشابه برای هر دو میزبان ذکر شده تقریباً مساوی و برابر ۰/۳۰ (روز<sup>-۱</sup>) به دست آورده است که بسیار نزدیک به مقدار 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<sup>-۱</sup>) گزارش کردند. در یک تحقیق وسیع، Shirazi et al. (2006) مطالعه‌ی ۱۷ جمعیت زنبور *T. brassicae* مقدار  $r_m$  را بین ۰/۱۰ و ۰/۳۲ (روز<sup>-۱</sup>) در ۲۷ درجه‌ی سلسیوس روی بید غلات برآورد نمودند که به نتایج این تحقیق نزدیک تر 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* به ترتیب ۳۵/۲۰ و ۳۱/۸۶ تخم ماده/ماده و ۰/۳۶۶ (روز<sup>-۱</sup>) ذکر شده که با نتایج این پژوهش مغایر است (Schöller & Hassan, 2001). با توجه به چنین 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 به هم نزدیک است. از آنجایی که نرخ بقاء در

در سطح 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. به‌رحال با توجه به اهمیت این آفت و این که شیوه‌ی غالب در کنترل آن کاربرد مداوم سموم است، استفاده از این عوامل راه‌کاری اجتناب‌ناپذیر است به‌ویژه که کشاورزان اعتقاد دارند کمترین خسارت آفت و یا فضولات آن در کلم باعث عدم بازاریابی آن خواهد بود و لزوم کنترل آفت وجود دارد.

### سپاس‌گزاری

پژوهش حاضر بخشی از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد نگارنده‌ی اول می‌باشد. نویسندگان لازم می‌دانند بدین وسیله 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.

(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 نسبت به *T. dendrolimi* و *T. chilonis*، *T. confusum* رقابت بیشتری در مزارع برنج در چین برخوردار بوده است. همچنین در روسیه جمعیت *P. rapae* در حد قابل قبولی با رهاسازی *T. evanescens* کاهش یافته است. در حالی که در کشورهای اروپایی از جمله فرانسه، ایتالیا، سوئیس و چند کشور دیگر گونه‌ی *T. brassicae* علیه *P. rapae*، پارازیتوئیدی مؤثر گزارش شده است. آزمون‌های بیشتری

### 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.

- 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 *Pieris 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 pinto* 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. Junk, 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.
- Hafezkhiani, 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, *Plutella 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.

- 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 14<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress. 1st 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. 3<sup>rd</sup>. 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: Trichogrammatidae) 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. cacociae* 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 *Bacilllls thuringiensis* subspecies in the field. J. Econ. Entomol. 86: 697-705.

- 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 16<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress. p.14.
- Shirazi, J., Attaran, M.R., Rezapannah, M. & Farrokhi, Sh. 2006. Quality control evaluation of mass reared *Trichogramma* wasps in private insectaria of Guilan and Mazandaran provinces, Iran. Proceeding of the 17<sup>th</sup> 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. Biyolojiik 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.

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

Saleh Pourarian<sup>1</sup>, Jalal Shirazi<sup>2</sup>, Ahmad Rasipour<sup>3</sup>

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  $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  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 elonged 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  $10.43 \pm 0.15$  and  $10.07 \pm 0.11$  days and  $10.48 \pm 0.099$  and  $10.17 \pm 0.093$  days for female and male individuals of *T. brassicae* and *T. evanescens*, respectively. Moreover, female and male longevity was  $2.03 \pm 0.20$  and  $1.40 \pm 0.24$  days and  $1.68 \pm 0.16$  and  $1.85 \pm 0.40$  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 ( $\lambda$ ) rates of increase were calculated as  $0.238 (\text{day}^{-1})$  and 1.269 female progeny/day and  $0.305 (\text{day}^{-1})$  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