Archive of SID

پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۹ (۳): ۴۵- ۲۹ (۱۳۹۹)

# تاثیر باکتری *Bacillus thuringiensis* بر فراسنجه‌های زیستی زنبور *Trichogramma brassicae*

دریافت: ۹۸ /۱۱/۲۷ بازنگری: ۹۹/۵/۲۵ پذیرش: ۹۹/۶/۱۰

ناهید واعظ[۱]✉، شهزاد ایرانی پور[۲]، میرجلیل حجازی[۲]

[۱] استادیار، گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (✉naheedvaez@gmail.com)، [۲] استاد گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

## چکیده

امروزه تلفیق شیوه‌های مختلف کنترل آفت یکی از اصول مدیریت آفت می‌باشد. آنچه در این تلفیق‌ها اهمیت می‌یابد، اثرات متقابل این اقدامات و احتمال ناسازگاری بین آنها است. یکی از تلفیق‌هایی که امروزه مورد توجه است، کنترل تلفیقی کرم قوزه پنبه و انواع دیگری از بال‌پولکداران آفت زراعی با استفاده متوالی از زنبورهای پارازیتویید تخم *Trichogramma* spp. با باکتری *Bacillus thuringiensis* (*B. t.*) علیه لاروهای همان آفت است. اگرچه این دو در توالی قرار می‌گیرند و می‌توان با زمان‌بندی مناسب اثرات سوء را به حداقل رساند، اما به‌دلیل چند نسلی بودن اغلب آفات هدف از جمله کرم قوزه، احتمال تداخل نسل‌ها و هم‌زمانی مراحل لارو و تخم منتفی نیست. مضافاً حشرات کامل زنده مانده از تیمار لاروهای آفت می‌توانند توان زیستی پارازیتویید نسل بعد را تحت تاثیر قرار دهند. لذا اثرات احتمالی تیمار لارو آفت با *B. t.* روی پارازیتویید‌های نسل بعد نیاز به بررسی دارد. در این بررسی، فراسنجه‌های زیستی زنبورهای *T. brassicae* حاصل از تخم‌های کرم قوزه پنبه که در نسل قبل در سن سوم با غلظت $LC_{20}$ باکتری *B. t.* تیمار شده بودند در قالب جدول زندگی– زادآوری در کنار شاهد تیمار نشده ارزیابی شد. بررسی فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار *T. brassicae* نشان داد که هیچ‌کدام از فراسنجه‌های زیستی زنبور مذکور تحت تاثیر تیمار باکتری واقع نشد و اختلاف معنی‌داری بین شاهد و تیمار باکتری مشاهده نگردید. میانگین نرخ تولیدمثل خالص ($R_0$) برای دو تیمار، ۳/۸۵ ± ۴۱/۲۲، ماده/ ماده/ نسل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r_m$)، ۰/۰۰۹ ± ۰/۳۵۴۵ بر روز و متوسط زمان یک نسل (T)، ۰/۱۹ ± ۱۰/۴۹ روز به‌دست آمد. بدین ترتیب تیمار باکتری ظرفیت تولیدمثل، نشوونما و زنده‌مانی این پارازیتویید را تغییر نداده است.

**کلمات کلیدی:** کنترل تلفیقی، بیمارگر حشرات، پارازیتویید تخم، جدول زندگی- زادآوری

# Effect of *Bacillus thuringiensis* on *Trichogramma brassicae* life history parameters

Received: 16 Feb 2020 Revised: 15 Aug 2020 Accepted: 31 Aug 2020

Vaez Naheed[1] ID✉, Iranipour Shahzad[2], Hejazi Mir Jalil[2]

[1]*Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University* (✉naheedvaez@gmail.com).[2]*Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.*

## Abstract

Integration of different pest control tactics is a principle in modern pest management. Interaction between different tactics and possible antagonism between them then will become important. A common integration is integration of egg parasitoid, *Trichogramma* spp. and larvicidal microbial agent, *Bacillus thuringiensis* against some field crop moth-pests, particularly in bollworm-cotton system. Although sequence of application allows avoiding direct antagonism, but indirect effects on the next generation of the parasitoid via treating the target pest's larvae is not impossible. Some direct effect via overlapping of different stages of the pest is also possible. Therefore, studying possible maternal effects on parasitoids of the next generation that are developing on *B. t*.-treated host larvae is required. In this study, response of *T. brassicae*, was studied on two kinds of hosts; first bollworm, *Helicoverpa armigera* eggs laid by those females that treated by $LC_{20}$ of *B. thuringiensis* in third instar. The second one control (untreated) individuals. Life history parameters were compared between the two groups by two-sided t-test. No significant difference was observed between the two groups. It means that *B. t.* had no undesirable effect on *T. brassicae*. The mean value of $R_0$, $r_m$ and T were 41.22 ± 3.85 female/female/generation, 0.3545 ± 0.009 /d and 10.49 ± 0.19 d as average of the two treatments. Thus, *B. t.* is safe for integration with *Trichogramma* application programs.

**Keywords:** Integrated pest management, Entomopathogen, egg parasitoid, fecundity-life table.

**How to cite:**
Vaez N, Iranipour Sh, Hejazi MJ, 2020. Effect of *Bacillus thuringiensis* on *Trichogramma brassicae* life history parameters on cotton bollworm eggs. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 9(3): 27–45.

www.SID.ir

Archive of SID



**مقدمه**

کرم قوزه پنبه، *Helicoverpa armigera* Hubner آفتی همه-جازی و چندخوار است که به ۱۸۱ گونه مختلف از ۴۵ تیره گیاهی خسارت می‌زند و در پنج قاره انتشار دارد (Ali *et al.* 2009). از محصولات زراعی پنبه، سورگوم، آفتابگردان، سویا، نخود، یونجه، تنباکو، ذرت، از محصولات صیفی گوجه‌فرنگی، کاهو، فلفل و از گیاهان زینتی داودی، گلایول، رز و شمعدانی را می‌توان به‌عنوان میزبان‌های این آفت ذکر کرد (Lammers & Macleod 2007). کرم قوزه پنبه از برگ‌ها، غنچه، گل و قوزه‌های پنبه تغذیه کرده، باعث کوتاهی، کثیفی و کاهش ارزش اقتصادی الیاف می‌گردد و هم‌چنین نیام بقولاتی مانند نخود، لوبیا و سویا را مورد حمله قرار می‌دهد. به‌علاوه این آفت به میوه‌های نارس گوجه‌فرنگی، ساقه و خوشه ذرت هم خسارت می‌زند (Behdad 2002). میزان خسارت این آفت در مزارع پنبه شمال ایران در سال‌های عادی ۱۰ تا ۲۵ درصد برآورد شده است، ضمن این که در سال‌های طغیانی ممکن است به ۵۰ تا ۷۵ درصد نیز برسد (Heravi 2015).

مقاومت این آفت به گروه‌های مختلف حشره‌کش‌های مورد استفاده در نقاط مختلف دنیا و خطرات آن برای انسان و محیط-زیست، موجب شده سایر روش‌های کنترل بیشتر مورد توجه قرار گیرند که می‌توان به استفاده از پارازیتویید‌ها، شکارگرها و میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها) اشاره نمود (Jadhav *et al.* 2010; Revathi *et al.* 2011). آنچه که امروزه مورد توجه محققین می‌باشد، تلفیق روش‌های مختلف کنترل است به-طوری که جمعیت آفت را زیر آستانه‌ی اقتصادی نگاه دارند که در این راستا تلفیق آفت‌کش‌ها با عوامل کنترل بیولژیکی از کارآمدترین روش‌های کنترل این آفت به حساب می‌آید (Raymond *et al.* 2013; Nascimento *et al.* 2018). با توجه به این که کرم قوزه پنبه جزء آفات کلیدی پنبه در بعضی مناطق ایران مانند گرگان می‌باشد، آفت‌کش‌ها در حجم وسیعی جهت کنترل آن به‌کار می‌روند. با این حال در سال‌های اخیر سیاست دولت مبنی بر توسعه روش‌های کنترل بیولژیک و کاهش مصرف ترکیبات شیمیایی، اجازه به‌کارگیری زنبوران پارازیتویید را در سطح وسیعی از مزارع، به‌عنوان یکی از راهبردهای مفید و مؤثر کنترل کرم قوزه پنبه داده است (Attaran & Dadpour Moghanlou 2011). از گونه‌های مهم پارازیتویید می‌توان زنبوران پارازیتویید تخم، *Trichogramma* spp. را نام برد که از نظر قدرت کنترل آفت، بین دشمنان طبیعی این آفت مقام اول را دارا هستند، زیرا میزبان را در مرحله تخم و قبل از تغذیه از بین می‌برند (Azema & Mirabzadeh 2004). یکی از دلایل برتری زنبورهای مذکور در کنترل بیولژیک آفات، طیف وسیع میزبانی و پرورش آسان آنها روی تعدادی از آفات انباری است که خود این آفات نیز روی مواد ارزان قیمت قابل پرورش می‌باشند (Goncalves *et al.* 2005). در بین گونه‌های مختلف تریکوگراما، *T. brassicae* Bezdenko بیش از همه گونه‌ها قابل دستیابی بوده و در فلات ایران تقریباً گسترده است. سهولت دسترسی به این گونه سبب شده است تا این گونه در اغلب سامانه‌های پرورش مورد استفاده قرار گیرد و طبیعتاً در اغلب زیست‌بوم‌ها رهاسازی گردد (Ebrahimi *et al.* 1998). از طرف دیگر، در ده سال گذشته، عملیات کنترل تلفیقی با استفاده از ماده بیولژیک *Bacillus thuringiensis* Berliner (*B. t.*) همراه با تریکوگراما علیه کرم قوزه پنبه در ایران اجرا می‌شود (Heravi 2015). باکتری *B. t.* به‌عنوان پرمصرف‌ترین عامل کنترل میکروبی آفات گیاهی به‌شمار آمده و به‌صورت گسترده در کشورهای مختلف تولید می‌شود (Xu *et al.* 2014). این باکتری متعلق به سلسله Eubacteria، شاخه Firmicutes، رده Bacilli، راسته Bacillales و خانواده Bacillaceae می‌باشد (Sansinenea *et al.* 2012). بیش از یک هزار جدایه از باکتری فوق جداسازی شده که نزدیک به ۶۰٪ آن‌ها روی راسته‌های دوبالان، بال‌پولکداران و سخت‌بال‌پوشان مؤثرند و می‌توان گفت باکتری *B. t.* به‌خاطر مزیت‌های فراوان جایگاه ویژه‌ای در مدیریت آفات دارد (Tabashnik *et al.* 2015). بر اساس منابع موجود، فرآورده‌های *B. t.* سالیانه در چندین میلیون هکتار علیه بال‌پولکداران آفت محصولات کشاورزی، جنگلی و محصولات انباری مورد استفاده قرار می‌گیرند و اکنون صدها جدایه *B. t.* در دنیا وجود دارند که با استفاده از روش‌های مختلفی از قبیل روش‌های بیوشیمیایی، پادزن تاژک‌ها، پادزن کریستال، تولید استراز، تولید آنتی‌بیوتیک، آنزیم‌ها و فاژها قابل تشخیص هستند (Jijkli 2010). متداول‌ترین زیرگونه‌های این باکتری عبارتند از *B. t.* subsp. *kurstaki* و *B. t.* var. *thuringiensis* که عمدتاً علیه لاروهای بال‌پولکداران مؤثر هستند. زیرگونه *B. t.* subsp. *israelensis* علیه لاروهای دوبالان مورد استفاده قرار می‌گیرد و

www.SID.ir

Archive of SID



زیرگونه *B. t.* subsp. *tenebrionis* اکثراً علیه لاروهای سخت‌بال-پوشان به‌کار برده می‌شود (Vega & Kaya 2012). این باکتری، در مرحله اسپورزایی، یک یا چند کریستال پروتئینی درون سلولی به نام‌های Cry و Cyt تولید می‌کند که خاصیت حشره‌کشی داشته و برای طیف گسترده‌ای از حشرات و دیگر بی‌مهرگان از قبیل نماتدها، کنه‌ها و جانوران تک‌سلولی سمی است ولی برای انسان، مهره‌داران و گیاهان، غیر سمی است و به‌راحتی تجزیه می‌شود (Soundararajan 2012; Palma *et al.* 2014; Xu *et al.* 2014; Sayed *et al.* 2015). امروزه ماده بیولژیک *B. t.* و زنبوران پارازیتویید از جمله زنبوران تریکوگراما به صورت تلفیق با هم برای کنترل آفات متعدد محصولات کشاورزی در سراسر جهان به کار می‌روند (Vaez *et al.* 2013; Alsaedi *et al.* 2017; De Bortoli *et al.* 2017; Fontes *et al.* 2018). با این حال، به اثرات آنتاگونیستی این دو عامل کنترل بیولژیک، توجه کمی شده است (Singh & Mathew 2015; Azizoglu *et al.* 2015). اگرچه گزارشی از اثرات سمی مستقیم *B. t.* روی زنبوران تریکوگراما در دست نیست، اما هنوز هم این احتمال وجود دارد که این ماده بیولژیک علاوه بر داشتن اثرات منفی در پذیرش میزبان‌های آلوده به *B. t.* توسط پارازیتویید‌ها، بر روی نسل‌های بعدی آنها نیز تأثیر منفی داشته باشد (Sedaratian *et al.* 2013; Amichot *et al.* 2016; Nascimento *et al.* 2018). علاوه بر سمیت مستقیم، حشره‌کش‌ها می‌توانند به عنوان دفع‌کننده‌ها، مهارکننده‌ها و یا مختل‌کننده‌های بویایی عمل کنند که ممکن است در جستجو و رفتار تولیدمثلی افراد بالغ پارازیتویید‌ها تأثیر بگذارد (Amaro *et al.* 2015; Goulart *et al.* 2015). Movahedi *et al.* (2014) کارایی زنبور پارازیتویید *Trichogramma* sp. و باکتری *B. t.* var. *kurstaki* را در کنترل کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت *Ostrinia nubilalis* در مزارع ذرت دشت مغان بررسی و اعلام نمودند که میزان تأثیر رهاسازی زنبور تریکوگراما در کاهش خسارت آفت کمتر از تأثیر محلول پاشی با باکتری است.

برای بهبود استفاده از این دو روش در کشاورزی، ضروری است که اثر محصولات بیولژیکی در ویژگی‌های زیستی و رفتار جستجوگری گونه‌های مختلف *Trichogramma* مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین در این بررسی، اثرات احتمالی غیرمستقیم باکتری *B. t.* var. *kurstaki* روی زنبور *T. brassicae* به‌عنوان گونه غالب تریکوگراما در ایران، از طریق اثرات مادری حشره هدف و انتقال آن به نسل بعدی کرم قوزه پنبه با تیمار لاروهای نسل قبل آفت و سپس پارازیتیسم تخم‌های نسل بعد مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش ها

*پرورش و خالص‌سازی بید غلات*

برای پرورش زنبور *T. brassicae* از بید غلات *Sitotroga cerealella* استفاده شد که تخم آن از انسکتاریوم تولید زنبور تریکوگراما وابسته به جهاد کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی واقع در شهرستان کلیبر تهیه شد. به‌منظور پرورش بید غلات از جو رقم ماکویی استفاده شد. تخم‌های بید غلات، در مجاورت جوهای آماده شده برای آلوده‌سازی قرار گرفت (Jimenez & Murgueitio 1991). پس از سپری شدن مراحل نشو و نما و هم‌زمان با ظاهر شدن اولین حشرات کامل، دانه‌های جو داخل سبدهای کوچک آب‌کش با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر ریخته شدند. حشرات کامل جمع‌آوری شده، به‌منظور تخم‌گیری، به‌داخل قیف‌هایی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر منتقل شده، هر دو دهانه قیف با یک توری ۴۰ مش پوشانیده شد و سپس قیف‌ها به‌طور وارونه روی یک ورق کاغذ $A_4$ قرار داده شدند. کاغذ حاوی تخم بید در زیر قیف‌ها برای سه روز متوالی تعویض و در نهایت پروانه‌ها حذف شدند. به این ترتیب تخم‌های یک روزه میزبان جهت پرورش زنبور تریکوگراما تأمین می‌شد.

*پرورش کرم قوزه پنبه*

کرم قوزه *H. armigera* مورد استفاده در این بررسی به‌صورت لاروهای سنین مختلف از پرورش‌های موجود در گلخانه گروه گیاه-پزشکی دانشگاه تبریز تهیه گردید. جهت پرورش لاروها از غذای مصنوعی استفاده شد (Singh 1982). لاروهای سنین یک تا چهار داخل ظروف استوانه‌ای پلاستیکی به‌قطر ۲۰ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر که حاوی مقدار کافی غذای مصنوعی بودند نگهداری شدند. روی درب ظروف مزبور دو سوراخ به‌قطر ۲/۵ و فاصله ۵/۵ سانتی‌متر از یکدیگر، برای تهویه ایجاد و با پارچه توری ۷۰ مش پوشانده شدند. تراکم مناسب برای لاروها در این ظروف حدود ۱۲۰- ۱۰۰ لارو به‌ازای هر ظرف بود (Mohammadi 2005). پس از این‌که لاروها به سن چهارم رسیدند، به‌منظور جلوگیری از هم‌نوع‌خواری، هر لارو به‌صورت انفرادی به‌داخل قوطی‌های فیلم معمولی به‌قطر دهانه سه

www.SID.ir

Archive of SID



و ارتفاع پنج سانتی‌متر منتقل شدند که روی درب آنها سوراخی به‌قطر ۷/۵ میلی‌متر ایجاد و با توری سیمی ۱۶ مش پوشانده شده بود. بازدیدهای روزانه به‌منظور تمیز کردن ظروف و اضافه کردن غذا، صورت گرفت. پس از ظهور حشرات کامل، تعداد ۱۰ جفت حشره نر و ماده (به نسبت ۱ : ۱) داخل ظروف تخم‌گیری که عبارت بودند از استوانه‌های پلاستیکی شفاف به‌ارتفاع ۱۸ و قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر منتقل شدند. دهانه ظروف با توری پارچه‌ای پوشانده شد و به‌منظور تغذیه حشرات کامل، از آب‌عسل ٪۲۰ استفاده شد.

*پرورش زنبور* *Trichogramma brassicae* Bezdenko

زنبور مورد استفاده در این تحقیق به‌صورت شفیره داخل تخم-های پارازیته بید غلات از انسکتاریوم تولید زنبور تریکوگراما وابسته به جهاد کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی واقع در شهرستان کلیبر تهیه شد. تخم‌های مذکور داخل لوله‌های آزمایش به‌طول ۱۰ و قطر یک سانتی‌متر قرار داده شده و سپس به اطاقک رشد منتقل گردیدند. جهت یکسان کردن شرایط پرورش، به‌مدت پنج نسل درون اطاقک رشد در همان شرایط نگهداری میزبان قرار داده شدند. کاغذهای حاوی تخم میزبان‌ها به‌منظور پرورش زنبور در اختیار شان قرار داده شدند. بعد از سه الی چهار روز که تخم‌ها سیاه شدند، تعدادی برای ادامه کلنی درون اطاقک رشد نگهداری شدند و تعدادی دیگر به یخچال ۴ °C منتقل گردیدند تا در هنگام نیاز مورد استفاده قرار گیرند.

*باکتری* *Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki PB 54 Strain*

باکتری *B. t.* مورد استفاده در این آزمایش، به صورت بسته‌ی یک کیلوگرمی پودر قابل تعلیق در آب (Wettable powder) با نام تجارتی بلتی‌رول (Belthirul) خریداری شده از شرکت Probelte (http://www.probelte.es/es/index.jsp) کشور اسپانیا بود که از بخش تحقیقات آفات و بیماری های گیاهی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی تهیه شد. پودر مذکور حاوی ۳۲۰۰۰ I.U./ mg اسپور و کریستال باکتری بود که به‌محض تماس با آب فعال شده، موجب ایجاد مسمومیت در حشره میزبان می‌شد.

*شرایط پرورش میزبان‌ها و پارازیتویید*

محل پرورش میزبان‌ها، یکی از واحدهای گلخانه گروه گیاه-پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز بود. سکوهای مورد استفاده به‌ابعاد ۸۹ × ۹۲ × ۲۱۵ سانتی‌متر بودند که روی هر سکو چهار عدد لامپ فلورسنت ۳۶ وات و یک عدد لامپ جیوه‌ای ۲۵۰ وات قرار داشت. دما و رطوبت به‌طور خودکار تنظیم می‌شدند. دما ۱°C ± ۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۸ : ۱۶ ساعت (تاریکی : روشنایی) بود.

*جدول زندگی- زادآوری زنبور* *T. brassicae*

جهت بررسی اثرات غیرکشنده باکتری *B. t.* روی زنبور تریکوگراما، از تخم‌های کرم قوزه پنبه‌ای که در نسل قبلی، در سن سوم لاروی با غذای حاوی غلظت $LC_{20}$ باکتری *B. t* (Vaez *et al.* 2018) تیمار شده بودند در کنار یک شاهد استفاده شد. بدین ترتیب که پس از ظهور حشرات کامل کرم قوزه پنبه، ۱۰ جفت نر و ماده از هر گروه (تیمار شده با *B. t.* در سن سوم و شاهد) داخل ظروف تخم‌گیری مذکور در بالا منتقل شدند و تخم‌های گذاشته شده پس از ۲۴ ساعت جمع‌آوری و در اختیار زنبورها گذاشته شدند. صد عدد تخم از هر گروه درون دو ظرف پتری جداگانه به‌قطر دهانه ۹ سانتی‌متر داخل دو ظرف مکعب مستطیلی شکل شفاف (۶ × ۱۴ ×۲۰ سانتی‌متر) در اختیار ۵۰ زنبور ماده ۲۴ ساعته جفت‌گیری کرده تریکوگراما قرار داده شدند. پس از ۲۴ ساعت زنبورها از روی تخم‌ها حذف و تخم‌های هر گروه درون یک لوله‌ی آزمایشی به‌صورت مجزا نگهداری شدند. چهار روز بعد این تخم‌ها بازرسی و تخم‌های پارازیته شده جدا شدند. از میان تخم‌های پارازیته شده از هر تیمار ۶۰ عدد به‌طور تصادفی انتخاب و هر تخم به‌صورت تکی درون یک لوله‌ی آزمایش به‌طول ۱۰ و قطر یک سانتی‌متر گذاشته و دهانه آن با پنبه و توری ارگانزا مسدود شد. پس از ظهور حشرات کامل، زنبورهای نر و ماده براساس شکل شاخک (افراد نر دارای شاخکی با موهای بلند هستند در حالیکه افراد ماده شاخک نخی دارند) از هم تفکیک و یک جفت زنبور نر و ماده به یک لوله آزمایش منتقل شدند. روزانه ۵۰ عدد تخم کرم قوزه پنبه روی کاغذهایی به‌ابعاد ۵ ×۱ سانتی‌متر با محلول آب‌قند چسبانده شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در اختیار هر دو گروه از زنبورهای ماده قرار داده می‌شد. تخم‌ها تا زمانی که علایم پارازیتیسم مشاهده گردد درون اطاقک رشد نگهداری شدند. برای

www.SID.ir

Archive of SID



تغذیه زنبورها از محلول آب‌عسل ۲۰٪ استفاده شد. تمامی موارد ذکر شده تا مرگ آخرین ماده برای هر گروه انجام گرفت و طول دوره نابالغی، درصد خروج حشرات کامل، نسبت جنسی حشرات کامل ظاهر شده، دوره تخم‌ریزی، طول عمر و تعداد تخم گذاشته شده یادداشت گردید.

*جدول‌های زندگی و منحنی‌های بقا*

برای تشکیل جدول زندگی و محاسبه فراسنجه‌های مربوط به آن، از روش Carey (1993) استفاده شد. فراسنجه‌های نرخ بقا ($l_x$)، باروری ویژه سنی ($m_x$)، تلفات مطلق سنی ($d_x$)، تلفات نسبی ویژه سنی ($q_x$) و امید به زندگی ($e_x$) با استفاده از فرمول‌های مربوطه برآورد شدند. نوع منحنی بقا از کمیتی موسوم به انتروپی و با استفاده از معادله زیر تعیین شد.

$$H = \frac{\sum_{x=0}^{\omega} e_x d_x}{e_o}$$

معادله [ ۱ ]

که در این معادله $e_x$ امید به زندگی، $d_x$ مرگ و میر ویژه ســـنی و $e_0$ امید به زندگی در آغاز آزمایش می‌باشد.

*فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار و محاسبه آنها*

برای محاسبه فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار، داده‌های حاصل از انجام آزمایش شامل سن (x)، نسبت بقای حشرات ماده در سن x ($l_x$) و میانگین تعداد تخم ماده حاصل در سن x ($m_x$) در یک جدول وارد و سایر فراسنجه‌ها با استفاده از روش Carey (1993) در نرم‌افزار Excel محاسبه شدند. مقدار دقیق نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r_m$) با حل معادله اویلر- لاتکا (Carey 1993) محاسبه شد:

$$\sum_{x=0}^{\omega} l_x m_x e^{-r_m x} = 1$$

معادله [۲]

در معادله فوق، x سن، $l_x$ نرخ بقا، $m_x$ میانگین تعداد تخم ماده حاصل در سن x و $r_m$ نرخ رشد جمعیت می‌باشد.

نسبت تولیدمثل ناخالص (GRR) و خالص ($R_0$)، نرخ متناهی رشد جمعیت ($\lambda$)، میانگین طول مدت یک نسل (T)، زمان دو برابر شدن جمعیت (DT)، نرخ ذاتی تولد (b ) و نرخ ذاتی مرگ (d) نیز با استفاده از روابط مربوطه محاسبه شدند (جدول ۱). جهت تعیین خطای استاندارد فراسنجه‌های $r_m$، $R_0$، GRR،T، DT، $\lambda$، b و d از روش جک‌نایف استفاده گردید (Maia *et al.* 2000). برای محاسبه مقادیر جک‌نایف ابتدا مقدار دقیق هر فراسنجه از مجموعه‌ی کل داده‌ها (n) با روش‌های معمول محاسبه گردید. سپس یکی از n تکرار از مجموعه‌ی داده‌های اصلی حذف شد و با استفاده از n-1 داده باقی‌مانده، مقدار آن مجدداً محاسبه شد. آنگاه مقادیر کاذب جک‌نایف برای این زیر مجموعه از داده‌های اصلی محاسبه گردید.

*طرح آزمایشی و نحوه تجزیه داده‌ها*

آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی پیاده شد. برای مقایسه‌ی دو تیمار آزمایش (شاهد و آلوده به باکتری) از آزمون t در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید. پیش از آزمون t، آزمون F مبنی بر تجانس واریانس دو تیمار انجام شد و در مواردی که آزمون F معنی‌دار بود، از آزمون t نامتعادل (با واریانس‌های نامساوی) استفاده شد. نمودارها در محیط Excel رسم شدند.

## نتایج

*ویژگی‌های زیستی زنبور T. brassicae در شاهد و تیمار باکتری*

نتایج آزمون F و t مبنی بر برابری واریانس‌ها و میانگین‌های دوره نشوونمای مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره)، طول عمر حشرات کامل، دوره تخم‌گذاری و زادآوری زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های ۲۴ ساعته *H. armigera* در شاهد و تیمار باکتری *B. t.* تحت شرایط آزمایشگاهی در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، تفاوتی از نظر آماری بین دو تیمار در هیچکدام از پارامترهای مذکور ملاحظه نمی‌شود.

دوره پیش از تخم‌ریزی در زنبور ماده *T. brassicae* در هیچ یک از دو تیمار مشاهده نشد و حشرات ماده بلافاصله پس از خروج از تخم میزبان با حشرات نر جفت‌گیری و تخم‌ریزی کردند. طول دوره تخم‌گذاری زنبور ماده روی تخم‌های ۲۴ ساعته *H. armigera* میانگین دو تیمار ۷/۵۶ و طول عمر ۹/۳۰ روز به‌دست آمد که نشان می‌دهد حشره بیش از ۸۰٪ عمر خود را در دوره تولیدمثلی سپری کرده است (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۱.** فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار و نحوه محاسبه آنها.

**Table 1.** Formulas of population parameters.

| Formula | Parameter |
|---|---|
| $GRR = \sum m_x$ | Gross reproductive rate |
| $R_0 = \sum L_x m_x$ | Net reproductive rate |
| $\sum_{x=0}^{\omega} l_x m_x e^{-r_m .x} = 1$ | Intrinsic rate of increase |
| $\lambda = e^{r_m}$ | Finite rate of increase |
| $b = \frac{1}{\sum_{\alpha}^{\beta} e^{-r_m x} lx}$ | Birth rate |
| d = b- $r_m$ | Death rate |
| $T = \frac{\ln R_0}{r_m}$ | Generation time |
| $DT = \frac{\ln 2}{r_m}$ | Doubling time |

**جدول ۲.** آماره‌های آزمون F و t و میانگین فراسنجه‌های زیستی زنبور *Trichogramma brassicae* روی تخم‌های *Helicoverpa armigera* در شاهد و تیمار باکتری *Bacillus thuringiensis*.

**Table 2.** Mean (±SE) of life history parameters of *Trichogramma. brassicae* reared on *Helicoverpa armigera* eggs in control and treated by *Bacillus thuringiensis* and results of F- and t-tests.

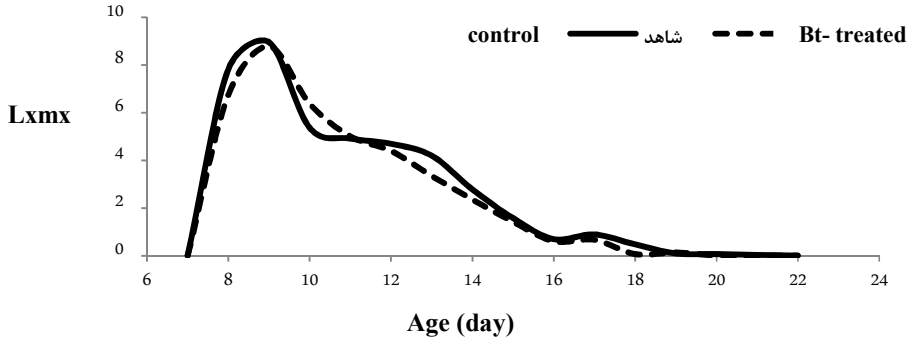
| Parameter | * F-stat | ** t-stat | mean ± SE | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Control | *B. t.* –treated |
| Development time | $1.03^{ns}$ | $0.26^{ns}$ | 8.36 ± 0.13 | 8.40 ± 0.13 |
| Female longevity | $1.29^{ns}$ | $0.089^{ns}$ | 9.33 ± 0.74 | 9.26 ± 0.74 |
| Oviposition period | $1.01^{ns}$ | $0.29^{ns}$ | 7.66 ± 0.69 | 7.46 ± 0.69 |
| Fecundity | $1.28^{ns}$ | $0.51^{ns}$ | 89.37 ± 8.25 | 85.17 ± 8.25 |

ns: non-significant, *Critical value F = 1.86, df = 29, 29 in all pairwise tests, ** Critical value (two sided t-test), t = 2.00, df = 58.

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۱.** روند تخم‌گذاری روزانه *Trichogramma brassicae* روی تخم‌های *Helicoverpa armigera* در شرایط آزمایشگاهی.

**Figure 1.** Oviposition trend in *Trichogramma. brassicae* on *Helicoverpa armigera* eggs under laboratory condition.

*زادآوری*

روند تخم‌گذاری روزانه‌ی زنبور *T. brassicae* در شاهد و تیمار باکتری در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، تخم‌گذاری این زنبور در روزهای آغازین پس از ظهور حشرات کامل بیشینه بود و در روزهای بعد روند نزولی پیدا کرد.

*درصد ظهور و نسبت جنسی حشرات کامل*

درصد خروج حشرات کامل در شاهد و تیمار باکتری به‌ترتیب ۹۶/۶۶ و ۹۵/۰ درصد بود. نسبت جنسی در شاهد و تیمار آغشته به غلظت $LC_{20}$ باکتری *B. t.*، از نسبت ۱:۱ انحرافی نشان نداد (شاهد: P =۰/۸۷، df =۱ و $\chi^2_c$ = ۰/۰۸۶ و باکتری: P =۰/۸۴، df=۱ و $\chi^2_c$ = ۰/۰۳۵). نسبت جنسی زنبور *T. brassicae* در شاهد و تیمار باکتری به‌ترتیب، ۵۱/۷۲ و ۵۰/۸۸ بود.

*جدول‌های زندگی و منحنی‌های بقا*

منحنی بقا و روند تغییرات سنی سایر فراسنجه‌های جدول زندگی ($e_x$ و $q_x$، $d_x$) زنبور *T. brassicae* روی لاروهای سن سوم کرم قوزه پنبه، برای شاهد و تیمار باکتری تعیین شد. نرخ مرگ‌ومیر ویژه سنی ($q_x$) زنبور *T. brassicae* بین شاهد و تیمار باکتری اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P = ۰/۸۶، t =۰/۱۸ و df =۴۵). میانگین $q_x$ زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های *H. armigera* در شاهد و تیمار باکتری به‌ترتیب، ۰/۰۸ ± ۰/۱۴۵۳ و ۰/۰۸ ± ۰/۱۵۹۵ به‌دست آمد. مرگ‌ومیر ویژه سنی زنبور با افزایش سن پارازیتوییید افزایش یافت و حداکثر مقدار آن روی تخم‌های کرم قوزه پنبه در شاهد و تیمار باکتری به‌ترتیب در روزهای ۲۵ و ۲۲ به‌دست آمد. میانگین نسبت مرگ‌ومیر در فاصله سنی x تا x+۱ ($d_x$) برای شاهد ۰/۰۲ ± ۰/۰۳۸۵ و تیمار باکتری ۰/۰۲ ± ۰/۰۴۳۵ تعیین شد که بر اساس آزمون t اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار مشاهده نشد (P =۰/۷۸، t =۰/۲۹ و df =۴۷). بیشترین تلفات در شاهد در روزهای ۱۹- ۱۶ و در تیمار باکتری در روزهای ۲۰ -۱۶ بود. روند تغییرات مرگ‌ومیر در فاصله سنی x تا x +۱ ($d_x$) در شکل ۲ نشان داده شده است.

منحنی بقای زنبور *T. brassicae* پرورش یافته روی تخم‌های *H. armigera* در شاهد و تیمار باکتری از نوع یک به‌دست آمد که در شکل ۳ نشان داده شده است. در این نوع منحنی، مرگ‌ومیر عمدتاً در افراد مسن اتفاق می‌افتد، یعنی با افزایش سن پارازیتوییید، نرخ بقا کاهش می‌یابد و به همین دلیل منحنی عمدتاً افقی و با شیبی ملایم پیش رفته، در آخر ناگهان نزول می‌کند. بنابراین روند کاهش نرخ بقا در حشرات کامل سریع‌تر از مراحل نابالغ بود. مقدار انتروپی منحنی بقای *T. brassicae* در شاهد و تیمار باکتری به‌ترتیب، ۰/۱۹ و ۰/۱۷ به‌دست آمد که مؤید نوع اول بودن منحنی بقا است. نتایج نشان دادند که باکتری *B. t.* تأثیری روی منحنی بقای *T. brassicae* نداشت.

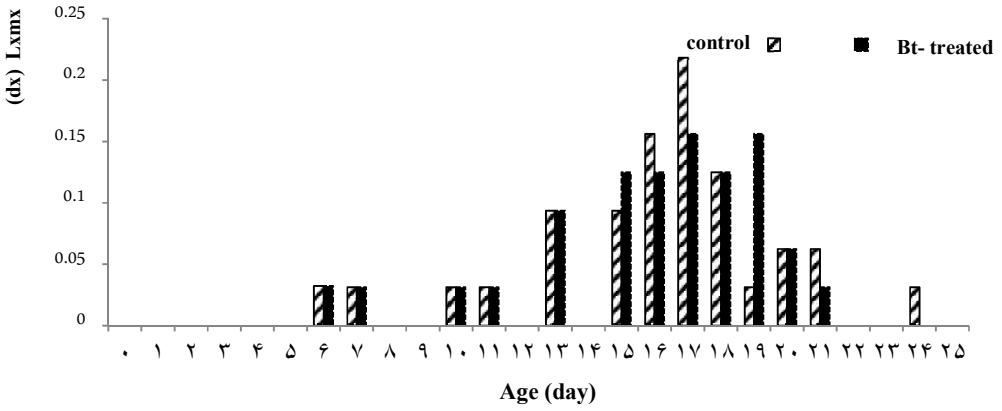
امید زندگی ($e_x$) زنبور *T. brassicae* در شاهد، ۱۶/۵۵ و در تیمار باکتری، ۱۶/۴۳ روز در آغاز آزمایش تعیین شد. روند تغییرات

www.SID.ir

Archive of SID

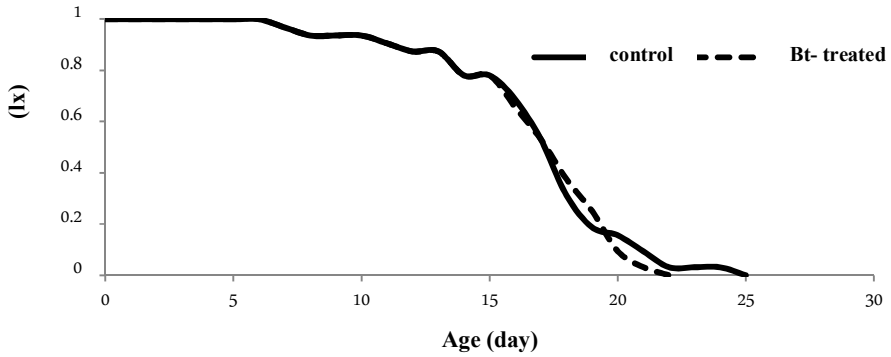


امید زندگی زنبور *T. brassicae* در در دو تیمار شاهد و باکتری در شکل ۴ نشان داده شده است.




**شکل ۲.** مرگ‌ومیر در فاصله سنی x تا x+۱ ($d_x$) زنبور *Trichogramma brassicae* روی تخم‌های *Helicoverpa armigera*

**Figure 2.** Cohort mortality distribution in *Helicoverpa armigera* on *Trichogramma brassicae.*




**شکل ۳.** منحنی بقای *Trichogramma. brassicae* روی تخم‌های *Helicoverpa armigera* در شرایط آزمایشگاهی.

**Figure 3.** Survivorship curve of *Trichogramma. brassicae* on *Helicoverpa armigera* eggs in laboratory conditions.

*فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار*

هشت فراسنجه رشد جمعیت پایدار زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های *H. armigera* شامل نرخ تولید مثل ناخالص (GRR)، نرخ تولید مثل خالص ($R_0$)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r_m$)، نرخ متناهی رشد ($\lambda$)، میانگین طول مدت یک نسل (T)، زمان دوبرابر شدن جمعیت (DT)، نرخ ذاتی تولد (b) و نرخ ذاتی مرگ (d) در شاهد و تیمار باکتری *B. t.* برآورد و مقایسه گردید. نتایج آزمون‌های F و t مبنی بر برابری واریانس‌ها و میانگین فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های *H. armigera* در شاهد و تیمار باکتری *B. t.* در شرایط آزمایشگاهی در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. به‌طوری که ملاحظه می‌شود، تفاوت بین دو تیمار شاهد و باکتری در مورد هیچ‌یک از فراسنجه‌ها معنی‌دار نیست. به‌عبارتی، زنبور *T. brassicae* تحت تاثیر تیمار باکتری قرار نگرفته است. کشت تخم‌های حاصل از شب پره کرم قوزه پنبه‌ای که در سن سوم لاروی از غذای آغشته به غلظت $LC_{20}$ باکتری *B. t.* تغذیه کرده بودند، روی محیط کشت باکتری نشان داد که این تخم‌ها فاقد باکتری بودند و لذا تأثیر سویی روی فراسنجه رشد جمعیت پایدار *T. brassicae* نداشته است.

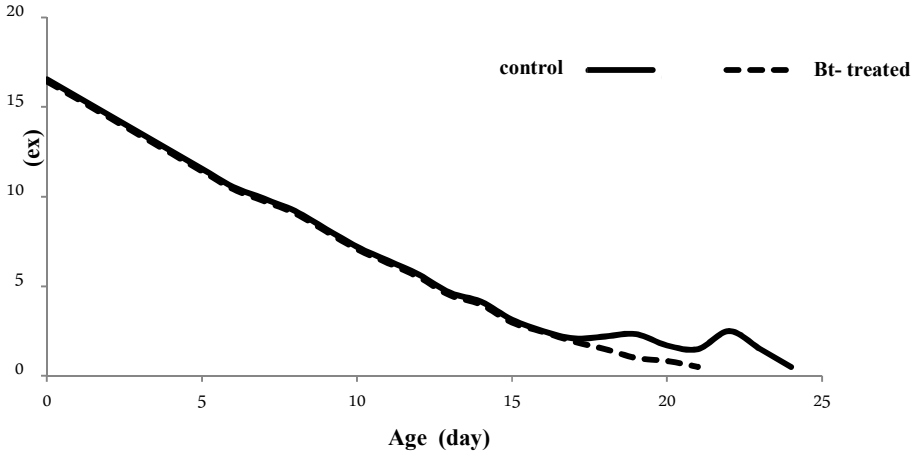
www.SID.ir

Archive of SID



**بحث**

آزمایش‌های انجام شده توسط محققین مختلف در مورد تأثیر *B. t.* روی دشمنان طبیعی حشرات آفت، طیف وسیعی از اثرات هم‌افزایی، دورکنندگی، سمیت و بی‌اثر را نشان داده است؛ به‌طوری‌که Singh & Mathew (2015) عنوان نمودند که اثرات منفی باکتری *B. t.* روی افراد بالاتر سطوح غذایی از جمله پارازیتوئیدها به خوبی شناخته نشده است، اما بر اساس یافته‌های این تحقیق و پژوهش‌های مشابه، ماده فرموله شده *B. t.* یک آفتکش زیستی مناسب برای تلفیق در سیستم‌های مدیریت آفات زراعی و کشاورزی می‌باشد که فاقد اثرات سوء قابل اندازه‌گیری روی دشمنان طبیعی کلیدی و مهم مانند انواع زنبوران پارازیتویید تخم *Trichogramma* spp. می‌باشد (Öztemiz *et al*. 2017).




**شکل ۴.** تغییرات سنی امید به‌زندگی زنبور *Trichogramma brassicae* روی تخم‌های *Helicoverpa armigera*.

**Figure 4.** Life expectancy at different ages of *Trichogramma brassicae* on *Helicoverpa armigera*.

نتایج امیدوارکننده‌ای در کنترل بیولوژیکی کرم سیب، *Cydia pomonella* (L.) هنگامی که *T. evenescense* Westwood با باکتری *B. thuringiensis* ترکیب شد به‌دست آورده و عنوان نمودند که تیمار ترکیبی هر دو عامل کنترل بیولوژیکی باعث کاهش چشمگیر جمعیت آفت و خسارت آن شد. Alsaedi *et al.* (2017) عنوان نمودند که جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* Meyrick در گلخانه در صورت کاربرد باکتری *B. t.* و زنبور *T. brassicae* پایین‌تر از کاربرد هر یک از این ترکیبات به‌تنهایی می‌باشد. Vianna *et al.* (2009) گزارش کردند که درصد پارازیتیسم دو جمعیت مختلف زنبور پارازیتویید *T. pretiosum* (Ruberson and Tillman) روی تخم‌های بید آرد در شاهد ۷۰ و ۶۲/۴۸ درصد و در تیمار آغشته به ماده فرموله شده زیرگونه *B. t.* subsp. *kurstaki* با ۲۵۰۰۰ واحد موثر در میلی‌گرم، ۶۵/۵۴ و ۷۹ درصد بود که در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت.

آنها هم‌چنین درصد ظهور حشرات کامل پارازیتویید مذکور از تخم‌های بید آرد را برای دو جمعیت مورد مطالعه در شاهد، ۹۰/۴۶ و ۹۰/۸۳ درصد و در تیمار باکتری، ۹۴/۲۵ و ۹۶/۸۸ درصد گزارش نمودند که بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. این محققین ذکر کردند که باکتری *B. t.* می‌تواند در برنامه‌های مدیریت آفات مزارع گوجه فرنگی برزیل مفید واقع شود زیرا کم‌ترین اثر سوء را روی زنبور*T. pretiosum* در مقایسه با سایر آفت‌کش‌های مورد مطالعه نشان داد. نتایج ایشان در تایید کامل نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. همچنین Santos *et al.* (2011) اثر *B. t.* subsp. *kurstaki* و چند جدایه از *B. t.* subsp. *thuringiensis* *T. aizawai* را روی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتویید *T. pretiosum* روی تخم‌های *H. zea* در دمای ۲۵ °C مورد بررسی قرار داده، گزارش نمودند که $LC_{50}$ جدایه‌های مورد بررسی هیچ تأثیر سویی روی ویژگی‌های زیستی زنبور مذکور نداشته و میزان پارازیتیسم در همه موارد بالای ۵۰٪ بوده است. در تیمار $LC_{50}$ ماده

www.SID.ir

Archive of SID



فرموله شده *B. t.* subsp. *kurstaki* میزان پارازیتیسم، درصدظهور حشرات کامل و نسبت جنسی به‌ترتیب،

**جدول ۳.** نتایج آزمون‌های F و t فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور *Trichogramma brassicae* روی تخم‌های *Helicoverpa armigera* در شاهد و تیمار باکتری *Bacillus thuringiensis* در شرایط آزمایشگاهی.

**Table 3.** Mean (±SE) of of stable population growth parameters of *Trichogramma. brassicae* reared on *Helicoverpa armigera* eggs in control and treated by *Bacillus thuringiensis* and results of F- and t-tests.

| Parameter | symbol | F-stat* | t-stat** | SE ± mean | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Control | *B. t.* –treated |
| Gross reproductive rate | GRR | $1.97^{*}$ | $1.09^{ns}$ | 52.08 ± 3.93 | 46.74 ± 2.79 |
| Net reproductive rate | $R_0$ | $1.29^{ns}$ | $1.35^{ns}$ | 42.53 ± 3.85 | 39.91 ± 3.85 |
| Intrinsic rate of increase | $r_m$ | $1.21^{ns}$ | $0.60^{ns}$ | 0.3569 ± 0.009 | 0.3521 ± 0.009 |
| Finite rate of increase | λ | $1.22^{ns}$ | $0.66^{ns}$ | 1.430 ± 0.010 | 1.422 ± 0.010 |
| Generation time | T | $1.02^{ns}$ | $0.07^{ns}$ | 10.51 ± 0.19 | 10.47 ± 0.19 |
| Doubling time | DT | $1.15^{ns}$ | $0.28^{ns}$ | 1.94 ± 0.05 | 1.97 ± 0.05 |
| Birth rate | b | $1.19^{ns}$ | $0.69^{ns}$ | 0.3621 ± 0.008 | 0.3573 ± 0.008 |
| Death rate | d | $1.02^{ns}$ | $0.07^{ns}$ | 0.0051 ± 0.0005 | 0.0052 ± 0.0005 |

$^{ns}$: non-significant $^{*}$significant (α = 0.05), *Critical value F = 1.86, df = 29, 29 in all pairwise tests, ** Critical value (two sided t-test), t = 2.00, df = 58 except for GRR that df = 52.

٪۵۱، ٪۹۹/۳۰ و ۰/۷۰ بود که در تایید کامل یافته های این تحقیق می‌باشد. Nascimento *et al.* (2018) عنوان نمودند که آغشته کردن تخم‌های *H. zea* با سویه‌های مختلف باکتری *B. t.* تاثیری روی پارازیتیسم، درصد خروج و رفتار جستجوگری زنبور *T. pretiosum* ندارد. این نتایج پیش‌تر نیز توسط Amaro *et al.* (2015) برای تلفیق *B. t.* و زنبور *T. pretiosum* و Azizoglu *et al.* (2015) در مورد ترکیب باکتری *B. t.* و *T. evanescens* به دست آمده بود. Gallego *et al.* (2019) با وجود عدم مشاهده تاثیر سو در کاربرد باکتری *B. t.* روی زنبور *T. achaeae* بر این باورند که حشره‌کش‌های بیولژیک می‌توانند موجب ایجاد آسیب‌های ناخواسته در فرآیندهای فیزیولوژیکی، رفتاری، طول عمر، باروری و نسبت جنسی نتاج پارازیتوئیدها شوند (Singh & Mathew 2015; Khan *et al.* 2015; Delpuech *et al.* 2015).

پارازیته کردن میزبان‌هایی که از گیاهان یا مواد غذایی حاوی این باکتری تغذیه کرده‌اند ممکن است موجب آلودگی زنبوران پارازیتوئید به ماده سمی *B. t.* و کاهش کارایی و میزان تاثیر آن‌ها با تغییر رفتار، تغذیه، تحرک و سرعت نسبی رشد جمعیت دشمنان طبیعی نسبت به میزبان شود (Soundararajan 2012). اثرات زیرکشنده‌ی فرمولاسیون‌های مختلف *B. t.* می‌تواند منجر به کاهش اندازه‌ی میزبان، یا کیفیت آن شود (Singh & Mathew 2015). مواردی از تاثیر سوء باکتری *B. t.* روی پارازیتوییدهای تخم *Trichogramma* spp. گزارش شده است. به‌عنوان مثال، هر چند اثرات این تیمار روی پارامترهای جدول زندگی-زادآوری غیر معنی‌دار است، ولی اثرات معنی‌داری روی پارامترهای کاوشگری زنبور که از مادران تیمار شده به تخم میزبان منتقل شده و رفتار پارازیتویید (واکنش تابعی) را تحت تاثیر قرار داده است وجود دارد (Vaez *et al.* 2013). Famil *et al.* (2018) نیز عنوان نمودند که تیمار لاروهای بید آرد با باکتری *B. t.* تاثیر منفی روی کارایی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* (Say) دارد. بنابراین لازم است اثرات این عامل روی سایر اجزای زیستگاه نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. علی‌رغم وجود چنین مشاهداتی، هنوز این ترکیب برای استفاده در کنترل تلفیقی مناسب و اثرات سوء آن در مقایسه با آفتکش‌ها بسیار ناچیز و قابل چشم‌پوشی است.

www.SID.ir

Archive of SID



کوتاه بودن دوره نشو و نمای یک دشمن طبیعی مزیتی است که موجب افزایش سرعت رشد جمعیت و تعداد نسل از یک سو، و کاهش تلفات دوران نابالغی از سوی دیگر می‌شود. چنان‌که ملاحظه شد، این فراسنجه تحت تاثیر تیمار باکتری قرار نگرفت و در هر دو تیمار باکتری و شاهد ۸/۴ روز به دست آمد. Fontes *et al.* (2018) طول نشو و نمای نابالغ زنبورهای *T. achaeae* را در حضور باکتری *B. t.*، ۹/۵ روز به دست آوردند که قدری از میانگین به دست آمده در پژوهش حاضر بیشتر است. اختلاف‌های موجود ممکن است به‌دلیل تفاوت گونه‌ها، شرایط آزمایشی متفاوت و میزبان‌های مورد بررسی باشند.

طول عمر حشره ماده یکی از شاخص‌های مهم کیفی زنبورهای جنس *Trichogramma* در مزرعه می‌باشد (Bigler 1994). هر چه طول عمر یک پارازیتویید بیشتر باشد به‌همان نسبت با میزبان‌های بیشتری مواجه می‌شود و زنبور فرصت بیشتری برای پیدا کردن تخم‌های میزبان و تخلیه تخم‌های رسیده داخل تخمدان خود در اختیار دارد (Suh *et al.* 2000). محققین مختلف برای زنبور *T. brassicae* طول عمرهای متفاوتی گزارش کرده‌اند که اکثرا تفاوت زیادی با ۹/۳ روز به دست آمده برای هر دو تیمار این بررسی ندارد و تفاوت‌ها به جز چند بررسی در حد دو روز یا کمتر است. Cerutti & Bigler (1995) در بررسی‌های خود طول عمر زنبورهای *T. brassicae* را ۵/۲ تا ۲۱/۳ با میانگین ۱۱/۸ روز ذکر نموده‌اند که میانگین به دست آمده در بررسی حاضر در دامنه تغییرات ذکر شده قرار می‌گیرد. Hegazi & Khafagi (1998) میانگین طول عمر زنبورهای *T. brassicae* را در صورت تغذیه ۹/۲ روز گزارش کردند که موافق بررسی حاضر است. Uzun (1994) طول عمر ماده‌های *T. brassicae* را در صورت تغذیه از عسل و در حضور تخم‌های جوان میزبان ۱۱ روز و برای ماده‌هایی که هیچ تغذیه‌ای نداشتند، سه روز ذکر کرد. به‌طوری که ملاحظه می شود، تفاوت عمده در تیمار بدون تغذیه است و این نشان دهنده نقش تغذیه در طول عمر زنبورهای بالغ *Trichogramma* می‌باشد (Shojai *et al.* 1998; Alizadeh & Ebrahimi 2004). تفاوت‌ها ممکن است مربوط به شرایط پرورش مخصوصاً تغذیه، متفاوت بودن جمعیت‌ها و تغییرپذیری خود صفت باشد. در تحقیق حاضر زنبورها با آب‌عسل ۲۰ درصد تغذیه شده بودند و نسبت به زنبورهایی که با عسل خالص تغذیه شده بودند دو روز طول عمر کمتری داشتند. Hohmann *et al.* (2001) طول عمر زنبور *T. kaykai* را روی تخم‌های *T. ni*، به‌ترتیب در افراد نرماده‌زا (Aarrhenotokous)، ۱۶/۱ روز و در افراد ماده‌زا (Thelytokous)، ۹ روز گزارش نمودند که نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین افراد عادی و افراد آلوده شده با باکتری *Wolbachia* می‌باشد و معلوم می‌شود که باکتری توانسته طول عمر زنبور را تحت تأثیر قرار دهد. اما در مطالعه حاضر غلظت $LC_{20}$ باکتری *B. t.* طول عمر زنبور *T. brassicae* را تحت تأثیر قرار نداد، ضمناً به‌نظر می‌رسد طول عمر جمعیت نرماده‌زای *T. kaykai* از *T. brassicae* بیشتر است. طول عمر زنبور *T. achaeae* نیز تحت تاثیر کاربرد باکتری *B. t.* قرار نگرفت و در بررسی Fontes *et al.* (2018)، به‌ترتیب ۷/۶ و ۷/۲ روز و در بررسی Gallego *et al.* (2019)، به‌ترتیب، ۱۱/۹۲ و ۱۱ روز در شاهد و تیمار باکتری به دست آمد. بررسی‌های مختلف نشان داده که عوامل متعددی نظیر دما، تغذیه (Prased *et al.* 2002)، رطوبت نسبی (Haile *et al.* 2002)، کیفیت تخم میزبان (Yu *et al.* 1984) و جثه پارازیتویید (Kazmer and Luck 1991) روی طول عمر زنبور *T. brassicae* اثر می‌گذارند. Lundgren and Heimpel (2002) طول عمر از تولد تا مرگ*T. brassicae* را روی تخم‌های بید آرد ۱۸ روز تعیین نمودند که مشابه با یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد، در حالی‌که Chirane & Lauge (1996) میانگین این فراسنجه را برای همین زنبور روی همان میزبان در شرایط دمایی ۲۷°C، ۲۵/۲ روز محاسبه کردند. زنبوران تریکوگراما اکثر تخم‌های خود را ظرف ۲۴ تا ۴۸ ساعت اول پس از ظهور می‌گذارند (Leatmia *et al.* 1995 a,b). نتایج Bai *et al.* (1995) در مورد زنبور Riley *T. minutum*، Manicka and Frooqi (1994) روی *T. chilonis* و Steidle *et al.* (2001) در مورد *T. brassicae*، *T. pretiosum* و *T. caverae* Oatman & Pinto موید نظرات ایشان و همسو با یافته‌های ماست.

زادآوری زنبور *T. brassicae* در بررسی حاضر در دو تیمار با تفاوتی جزئی در شاهد ۸۹/۴ و در تیمار باکتری ۸۵/۲ عدد بود. این تفاوت غیرمعنی‌دار بود و لذا نمی‌توان آن را به تأثیر باکتری نسبت داد و عوامل تصادفی می‌تواند موجب بروز آن شده باشد (Gallego *et al.* 2019). زادآوری گزارش شده برای این زنبور و دیگر گونه های جنس *Trichogramma* در سایر بررسی‌ها، اغلب کمتر از تحقیق حاضر بوده است که بر کیفیت بهتر زنبورها و شرایط فیزیکی بهتر پرورش آن‌ها در بررسی حاضر دلالت دارد. Hohmann *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID



(2001) تعداد کل تخم گذاشته شده زنبور *T. kaykai* را روی تخم‌های *T. ni* به‌ترتیب در افراد نر ماده‌زا، ۷۶/۹ تخم و در افراد ماده‌زا، ۲۶/۸ تخم گزارش نمودند. مطالعات Attaran *et al.* (2000) نشان داد که تغذیه نقش به‌سزایی در افزایش تخم‌ریزی زنبور *T. brassicae* دارد. بر اساس نتایج این محققین میزان تخم‌ریزی زنبور ماده روی تخم‌های بید آرد و بید غلات در تیمار بدون تغذیه ۲۰/۵۷ و ۱۹/۶ عدد و در تیمار تغذیه با عسل ۷۱/۳۵ و ۵۶/۷ تخم به‌ازای هر ماده به‌دست آمد. احتمال می‌رود زادآوری کمتر زنبورها در بررسی آنها در مقایسه با بررسی حاضر، به‌دلیل متفاوت بودن میزبان باشد چرا که تخم‌های کرم قوزه پنبه درشت‌تر (۰/۵ تا ۰/۶ میلی‌متر) از تخم‌های بید آرد و بید غلات (کمتر از ۰/۵ میلی‌متر) می‌باشد (Behdad 2002).

درصد خروج زنبورها از تخم‌های پارازیته هر چه بیشتر باشد، حکایت از کیفیت بهتر زنبوران پرورشی دارد. در این بررسی بالای ٪۹۵ تخم‌های پارازیته تفریخ شدند و زنبوران بالغ از آن‌ها بیرون آمدند که از اغلب بررسی‌های انجام یافته و نیز از استاندارد ارایه شده توسط IOBC که حداقل آن را ۸۰ درصد ذکر کرده است به‌مقدار قابل توجهی بالاتر است و این نشان دهنده مناسب بودن این گونه و هم‌چنین *B. t.* در برنامه‌های مدیریت آفات است (Vaez 2007). نتایج Fontes *et al.* (2018) از نظر درصد خروج زنبورهای *T. achaeae* مشابه بررسی حاضر و در دو تیمار باکتری *B.t.*، و شاهد به‌ترتیب ۹۴ و ۹۳/۲ درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار بود. هم‌چنین Thubru *et al.* (2018) نیز تفاوت معنی‌داری در درصد خروج زنبورهای *T. barssicae* بین تخم‌های بید برنج تیمار شده با باکتری *B. t.* و شاهد مشاهده نکردند. Parra and Sales (1994) درصد ظهور بالای ۷۰ درصد را برای یک زنبور، درصد خروج خوب و قابل قبولی می‌داند. Moezipour and Shojaei (2008) درصد خروج زنبور *T. brassicae* را در دماهایی ۲۰، ۲۵ و ۳۰ °C به‌ترتیب، ۵۷، ۷۸ و ٪۵۳ گزارش نمودند. آنها هم‌چنین عنوان نمودند که بیشترین میزان پارازیتیسم در دمای ۲۵ °C (۵۰/۸۰ درصد) صورت گرفت که تفاوت معنی‌داری با دو دمای دیگر مورد بررسی داشت.

نسبت جنسی یکی دیگر از شاخص‌هایی است که هر چه بالاتر باشد، از دیدگاه کنترل بیولژیک مطلوب‌تر است. در بررسی حاضر در هر دو تیمار نسبت نر و ماده برابر بود. در بعضی بررسی‌ها نسبت‌های مایل به جنس ماده مشاهده می‌شود. Hassan &Zhang (2001) درصد افراد ماده را برای گونه *T. brassicae* پرورش یافته روی بید غلات و کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، *O. nubilalis* به‌ترتیب، ۶۸/۳ و ۵۰ درصد گزارش کردند که در مورد میزبان دوم با نتایج بررسی حاضر هم‌خوانی نشان می‌دهد. غالبا کیفیت میزبان و شرایط پرورش هر چه از بهینه دورتر باشد، نرزایی افزایش می‌یابد (Vaez *et al.* 2014). در بررسی ژانگ به‌نظر می‌رسد بید غلات میزبانی بهتر از کرم ساقه خوار اروپایی ذرت بوده است، اما نسبت جنسی پایین را در این بررسی نمی‌توان به کیفیت زنبورها یا پرورش نسبت داد، زیرا با توجه به سایر شاخص‌ها از جمله زادآوری، میزان خروج، زمان نشو و نما معلوم می‌شود که جمعیت مورد بررسی نسبت به اکثر بررسی‌ها برتری نشان داده است. احتمالاً نسبت جنسی مساوی خصوصیت ذاتی جمعیت انتخاب شده برای پرورش می‌باشد. برتری قابل ملاحظه زنبور *T. kaykai* در کارهای Hohmann & Luck (2000) و Hohmann *et al.* (2001) با حضور باکتری *Wolbachia* مرتبط دانسته شده است، به‌طوری که در بررسی اول به‌ترتیب ۸۳ و ۱۰۰٪ نتاج در سویه‌ی غیرآلوده و آلوده به باکتری و در بررسی دوم ۶۴ و ۹۴ درصد افراد نرماده‌زا، و ماده‌زای آلوده به باکتری، ازجنس ماده بودند. باکتری *Wolbachia* در اندام‌های تولیدمثلی (تخمدان‌ها و بیضه‌ها) تعدادی از بندپایان تکثیر می‌شود و انتقال آن از حشره مادر به‌نتاج از طریق سیتوپلاسم تخم صورت می‌گیرد. به‌دلیل آن‌که اسپرم تقریباً فاقد سیتوپلاسم می‌باشد حشرات نر به‌ویژه در مورد زنبور تریکوگراما نقش مؤثری در انتقال این میکروارگانیسم ایفا نمی‌کنند، هرچند نرها نیز می‌توانند با این باکتری آلوده شوند. لذا این باکتری جنس ماده را به‌عنوان میزبان ترجیح داده، با سازوکارهای مختلف جهت تغییر نسبت جنسی حشرات تأثیر می‌گذارد (Farokhi *et al.* 2011).

Lundgren and Heimpel (2002) نسبت جنسی افراد ماده را برای سه گونه *T. brassicae*، *T. minutum* و*T. pretiosum* به‌ترتیب، ۵۶، ۵۷ و ۷۱ درصد به‌دست آوردند که در مورد دو گونه اول نزدیک به بررسی حاضر است. Moezipour and Shojaei (2008) نسبت جنسی زنبور *T. brassicae* را در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰°C به‌ترتیب، ۲۷، ۵۱ و ۳۲٪ گزارش نمودند که در دمای ۲۵ °C که نزدیک بهینه است با بررسی حاضر هم‌خوانی دارد و در دماهای دور از بهینه به سمت نر انحراف یافته است که نقش شرایط فیزیکی را در نرزایی نشان می‌دهد. مطالعات مختلف نشان می‌دهد

www.SID.ir

Archive of SID



که نسبت جنسی می‌تواند با طول عمر ارتباط داشته باشد (Leatmia *et al.* 1995b) به‌این ترتیب که با افزایش طول عمر، از تولید افراد ماده کاسته شده و این حاکی از یک روند نرزایی با افزایش سن ماده‌ها می‌باشد، زیرا در اواخر دوره زندگی ماده‌ها، ذخیره اسپرم آن‌ها تمام شده و تخمک‌های موجود در اواریول افراد ماده همگی هاپلوییید مانده و تبدیل به افراد نر می‌شوند ( Vaez 2007). بدین ترتیب، بخشی از این اختلاف ها با طول عمر ماده‌ها در بررسی‌های مختلف قابل توضیح خواهد بود. عواملی که می‌تواند موجب اختلاف در نسبت جنسی زنبورهای *Trichogramma* spp. شود در مجموع شامل خصوصیات ذاتی جمعیت یا گونه، نوع میزبان، اندازه میزبان، سن میزبان، مدت محرومیت از تخم میزبان، کیفیت تخم میزبان، عوامل محیطی، وجود غذا و کیفیت آن می‌باشد ( Cerutti & Bigler 1995; Leatmia *et al.* 1995a; Chirane &Lauge 1996).

مقادیر نرخ ناخالص و خالص تولیدمثل زنبور نزدیک به هم و کمتر از ۲۰٪ با هم اختلاف نشان دادند. مقدار آن برای GRR، ۵۲/۱ و ۴۶/۷ برای شاهد و تیمار باکتری و ۴۲/۵ و ۳۹/۹ برای $R_0$، برای تیمارهای مذکور بود. مقادیر گزارش شده در پژوهش‌های دیگر هم روی‌هم رفته نزدیک به بررسی حاضر بود. با توجه به اهمیت بیشتر نرخ خالص تولیدمثل به مقایسه‌ی مقادیر مذکور پرداخته می‌شود. Lashgari *et al.* (2010) میانگین نرخ تولیدمثل خالص زنبور *T. brassicae* را روی بید آرد، بید غلات و کرم قوزه پنبه به‌ترتیب، ۵۵/۶۵، ۴۲/۱۷ و ۴۱/۹۸ ذکر کردند که میانگین این فراسنجه روی تخم‌های کرم قوزه پنبه با نتایج بررسی حاضر مشابهت نشان می‌دهد. Iranipour *et al.* (2010) در آزمایشی فراسنجه نرخ تولیدمثل خالص زنبور *T. brassicae* را روی بید آرد، بید غلات، کرم قوزه پنبه با پیشینه پرورشی روی هر یک از دو میزبان بید آرد و بید غلات به‌ترتیب،۴۲/۴۷، ۶۲/۳۱، ۳۷/۵۷ و ۴۴/۶۸ ماده/ ماده/ نسل گزارش کردند که نتایج بررسی حاضر در مورد کرم قوزه پنبه تقریباً مشابه با یافته‌های این محققین است.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت مهم‌ترین شاخص زیستی بررسی‌های جدول زندگی-زادآوری می‌باشد و مقدار آن توسط اکولژیست‌ها اغلب به‌عنوان یک فراسنجه مقایسه‌ای برای مشخص کردن اثر تیمارهای مختلف (دما ، کیفیت گیاه میزبان و غیره) روی ظرفیت تولید مثلی حشره استفاده می‌شود. علاوه بر این، از این فراسنجه می‌توان به‌عنوان یک از معیارهای انتخاب دشمنان طبیعی و پیشگویی میزان موفقیت عوامل کنترل بیولژیک روی میزبان‌های مختلف استفاده کرد (van Lenteren 2003). Moezipour and Shojaei (2008) میانگین نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور *T. brassicae* را در دمای ۲۵ ℃ روی بید غلات، ۰/۲۷ بر روز ذکر نمودند که کمتر از میانگین به‌دست آمده در آزمایش حاضر می‌باشد که علت را می‌توان در متفاوت بودن شرایط آزمایش و جمعیت زنبور مورد بررسی جستجو کرد. Iranipour *et al.* (2010) میانگین نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور *T. brassicae* روی بید آرد، بید غلات، کرم قوزه پنبه با پیشینه پرورشی روی هر یک از دو میزبان بید آرد و بید غلات به‌ترتیب، ۰/۳۵۴۹، ۰/۳۸۹۵، ۰/۳۴۱۷ و ۰/۳۴۷۶ بر روز گزارش کردند که نتایج مطالعه حاضر تقریباً در دامنه داده‌های محققین مذکور می‌باشد. زمان یک نسل نیز از شاخص‌های مهمی است که اطلاعات همزمان زمان نشو و نما و دوره تولیدمثلی را با هم در بر دارد و می‌تواند به جای آن‌ها به کار رود و اطلاعات دقیق‌تری از سرعت رسیدن افراد به میانگین نسلی تولیدمثل خالص را نشان دهد و لذا کوتاه‌تر بودن آن نشان دهنده برتری یک عامل می‌باشد و از طرفی نیز ارتباط معکوس با نرخ ذاتی رشد جمعیت دارد، به‌طوری که هر چه این دوره کوتاه‌تر باشد، نرخ رشد جمعیت سریع تر است و مزیت یک گونه یا شرایطی را که گونه در آن پرورش می‌یابد را نشان می‌دهد. Vaez (2007) متوسط زمان یک نسل زنبور *T. brassicae* را روی تخم‌های بید آرد، بید غلات و کرم قوزه پنبه به‌ترتیب، ۱۰/۵۴، ۱۰/۶۱ و ۱۰/۶۲ روز ذکر کرد که با نتایج به‌دست آمده در بررسی حاضر مشابهت زیادی نشان می‌دهد.

از داده‌های به دست آمده در این تحقیق نتیجه می‌شود که استفاده از حشره‌کش‌های بر پایه باکتری *B. t.* همراه با زنبور *T. brassicae* کاهش معنی‌داری در کارایی این زنبور نداشته و به عنوان روشی سازگار در مدیریت تلفیقی آفات می‌توان این دو را کنار هم به کار برد. جایگزینی این قبیل آفت‌کش‌ها با آفت‌کش‌های طیف وسیع، علاوه بر این که موجب حفاظت پارازیتوئیدها و شکارگرها می‌شود، هزینه‌های تولید را نیز کاهش می‌دهد و امنیت غذایی محصول تولید شده را نیز ارتقا می‌بخشد. با این حال، مطالعه روی سایر اجزای آگرواکوسیستم‌ها و سایر سیستم‌های آفت-دشمن طبیعی ضروری است.

www.SID.ir

Archive of SID



**References**


Ali A, Choudhury RA, Ahmad Z, Rahman F, Khan FR, *et al.,* 2009. Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. *Tunisian Journal of Plant Protection* 4: 99–106.

Alizadeh SH, Ebrahimi A, 2004. Preliminary study of the biology of *Trichogramma pintoi* on *Sitotroga cerealella*. *16th Plant Protection Congress*, 28-30 August, University of Tabriz, Tabriz. P. 79 (in Persian).

Alsaedi G, Ashouri A, Talaei-Hassanloui R, 2017. Assessment of two *Trichogramma* species with *Bacillus thuringiensis* var. *krustaki* for the control of the tomato leafminer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in Iran. *Open Journal of Ecology* 7: 112–124.

Amaro JT, Bueno AF, Poari-Fernandes AF, Neves PMOJ, 2015. Selectivity of organic products to *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomology* 44: 489–497.

Amichot M, Curty C, Benguettat-Magliano OB, Gallet A, Wajnberg E, 2016. Side effects of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* on the hymenopterous parasitic wasp *Trichogramma chilonis*. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 3097–3103.

Attaran MR, Shojaie M, Ebrahimi A, 2000. Effects of host and feeding on the longevity and the number of egg laid by *Trichogramma brassicae* Bezd. (Hym., Trichogrammatidae). *14th Iranian Plant Protection Congress*, 4- 7 September, University of Isfahan, Isfahan. P. 173 (in Persian).

Attaran MR, Dadpour Moghanlou H, 2011. An analytical review of present status and future prospective in utilization of *Trichogramma* wasps for biological control of agricultural pests in Iran. *National Congress on Biological Control*, July 27-28, Tehran, Iran. Pp. 94–112 (in Persian).

Azema M, Mirabzadeh A, 2004. Issues on Different Aspects of Applying Natural Enemies for Biological Control of Insect Pests. Markaze Nashre Sepehr Publication, 213 pp. (in Persian).

Azizoglu U, Yılmaz S, Ayvaz A, Karabörklü S, 2015. Effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* HD1 spore–crystal mixture on the adults of egg parasitoid *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 29: 653–658.

Bai B, Çobanoğlu S, Smith SM, 1995. Assessment of *Trichogramma* species for biological control of forest lepidopteran defoliators. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75: 135–145.

Behdad E, 2002. Introductory Entomology and Important Plant Pests in Iran. Yadbood. 618 pp. (in Persian).

Bigler F, 1994. Quality control in *Trichogramma* production. Pp. 1-36. In Wajnberg E. and Hassan SA (eds.). Biological Control with Egg Parastitoids. Wallingford, CAB International, UK.

Carey JR, 1993. Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects. Oxford University Press, UK.

Cerutti F, Bigler F, 1995. Quality assessment of *Trichogramma brassicae* in the laboratory. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75: 19–26.

Chirane J, Lauge G, 1996. Loss of parasitization efficiency of *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) under high temperature conditions. *Biological Control* 7: 95–99.

De Bortoli SA, Vacari AM, Polanczyk RA, Veiga ACP, Goulart RM, 2017. Effect of Bacillus thuringiensis on parasitoids and predators. In: Lacey LA (ed) Microbial control of insect and mite pests – from theory to practice. Academic, London, Pp. 67–77.

Delpuech JM, Bussod S, Amar A, 2015. The sublethal effects of endosulfan on the circadian rhythms and locomotor activity of two sympatric parasitoid species. *Chemosphere* 132: 200–205.

Ebrahimi E, Pintureau B, Shojai M, 1998. Morpholiogical and enzymatic study of the *genusTrichogramma* in Iran (Hym. Trichogrammatidae). *Applied Entomology and Phytopathology* 66: 122–141 (in Persian).

Famil M, Hesami SH, Askari M, 2018. Effect of *Bacillus thuringiensis* Berliner on some biological characteristics of parasitoid *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconiadae). *Journal of Applied Research in Plant Protection* 7(3): 67–75 (in Persian).


www.SID.ir

Archive of SID



Farokhi SH, Ashouri A, Huigens M, Verbaarschot P, 2011. Horizontal transmission of *Wolbachia* in *Trichogramma* Wasps (Hym., Trichogrammatidae). *Iranian Journal of Plant Protection Science* 41(2): 315–325 (in Persian).

Fontes J, Roja IS, Tavares J, Oliveira L, 2018. Lethal and sublethal effects of various pesticides on *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ecotoxicology* 20(2): 1–8.

Gallego JR, Guerrero-Manzano J, Fernandez-Maldonado FJ, Cabello T, 2019. Susceptibility of the egg parasitoid *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to selected insecticides used in tomato greenhouse. *Spanish Journal of Agricultural Research* 17(2): 1–15.

Goncalves CI, Amaro F, Figueiredo E, Godinho MC, Mexia A, 2005. Productivity and quality aspects concerning the laboratory rearing of *Trichogramma* spp. (Hym.: Trichogrammatidae) and its factitious host, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae). *Boletin de Sanidad Vegatal Plagas* 31: 19–23.

Goulart RM, De Bortoli SA, Vacari AM, Laurentis VL, Veiga ACP, *et al.,* 2015. Effect of *Bacillus thuringiensis* on the biological characteristics of the predator *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Anthocoridae) feeding on eggs of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). *Biological Control* 10 (2): 1–7.

Haile AT, Hassan SA, Sithanantham S, Ogol C, 2002. Comparative life table analysis of *Trichogramma bournieri* Pintureau and Babault and *Trichogramma* sp. nr. *mwanzai* Schulten and Feijen (Hym.: Trichogrammatidae) from Kenya. *Journal of Applied Entomology* 126: 287–292.

Hassan SA, Zhang WQ, 2001. Variability in quality of *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) from commercial suppliers in Germany. *Biological Control* 22: 115–121.

Hegazi EM, Khafagi WE, 1998. Studies on three species of *Trichogramma*. III. Comparision of longevity and fecundity of adult wasps fed and on selected foods. *Alexandria Journal of Agricultural Research* 43: 79–88.

Heravi P, 2015. Advances in Integrated Pest Management of Cotton. Ministry of Agriculture Jihad, Agricultural Research Education and Extension Organization, Cotton Research Institute Publication (in Persian). 60 pp.

Hohmann CL, Luck RF, 2000. Effect of temperature on the development and thermal requirements of *Wolbachia*-infected and antibiotically cured *Trichogramma kaykai* Pinto and Stouthamer. *Annals Society of Entomological Brazil* 29(3): 497–505.

Hohmann CL, Luck RF, Stouthhamer R, 2001. Host deprivation effect on reproduction and survival of *Wolbachia*-infected and uninfected *Trichogramma kaykai* Pinto & Stouthamer (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomology* 30(4): 601–605.

Iranipour S, Vaez N, Ghanbalani GN, Askari Zakaria R, Mashhadi Jafarloo M, 2010. Effect of host change on demographic fitness of the parasitoid, *Trichogramma brassicae*. *Journal of Insect Science* 10: 88

Jadhav SN, Konda CR, Hanumanaikar RH, 2010. Eco-friendly integrated pest management strategies against *Helicoverpa armigera* (Hubner) on chickpea. *Karnataka Journal of Agricultural Science* 23(1): 103–105.

Jijkli MH, 2010. European market of biological control agents: actual situation and perspectives. *Final Report of an EU Project* 416. P. 6.

Jimenez V, Murgueitio C, 1991. Egg production characterization of *Sitotroga cerealella* (Lep.: Gelechiidae) under laboratory condition in Palmira, Colombia. *Colleqeus de L, INRA* 56: 145–146.

Kazmer DJ, Luck RF, 1991. Female body size, fitness and biological control quality: field experiments with *Trichogramma pretiosum*. *Colloques de L, INRA* 56: 37–40.

Khan MA, Khan H, Robertson JR, 2015. Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae). *Pest Management Science* 71: 1640–1648.

Lammers JW, Macleod A, 2007. Report of a Pest Risk Analysis, *Helicoverpa armigera* (Hubner). Plant Protection Service (NL) and Central Science Laboratory (UK) Joint Pest Risk Analysis for *Helicoverpa armigera*. http://www.fera.defra.gov.uk/plants/plantHealth/pestsDiseases/documents/helicoverpa.pd. [Accessed on 17 March 2019].

www.SID.ir

Archive of SID



Lashgari AA, Talebi AA, Fathipour Y, Farahani S, Study on demographic parameters of *Trichogramma brassicae* (Bezdenko) (Hym., Trichogrammatidae) on three host species in laboratory conditions. *Journal of Entomological Research* 2(1): 49 – 60 (in Persian).

Leatmia JA, Laing JE, Corrigan JE, 1995a. Effects of adult nutrition on longevity, fecundity, and offspring sex ratio of *Trichogramma minutum* Riley. *The Canadian Entomologist* 121: 245–254.

Leatmia JA, Laing ME, Corrigan JE, 1995b. Production of exclusively male progeny by mated honey-fed *Trichogramma minutum* (Hym.: Trichogrammatidae). *Journal of Applied Entomology* 119: 561–566.

Lundgren JG, Heimpel GE, 2002. Quality assessment of three species of commercially produced *Trichogramma* and the first report of thelytoky in commercially produced *Trichogramma*. *Biological Control* 26: 68–73.

Maia AHN, Luiz AJB, Campanhola C, 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93: 511–518.

Manicka VS, Frooqi S, 1994. Biological attribute of four species of *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae) a comparative study. *Biological Control* 25: 225–237.

Moezipour M, Shojaei SH, 2008. Developmental biology and fertility life table parameters of *Trichogramma brassicae* (Bezdenko), on eggs of *Sitotroga cerealella* at different temperatures, in laboratory condition. *Pakistan Journal of Entomology* 30 (1): 5–10.

Mohammadi D, 2005. Investigation of the effect of some toxins on *Helicoverpa armigera* Hub. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz (in Persian).

Movahedi M, Nouri Ghanbalani G, Ranjbar Aghdam H, Imani S, 2014. Evaluating the efficiency of *Trichogramma pintoii* and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* on corn stem borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in corn fields of Moghan plain. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2 (11): 2825–2829.

Nascimento PT, Fadini MAM, Valicente FH, Ribeiro PEA, 2018. Does *Bacillus thuringiensis* have adverse effects on the host egg location by parasitoid wasps? *Biological Control and Crop Protection* 62: 260–266.

Öztemiz S, Kuden A, Nas S, Lavkor I, 2017. Efficacy of *Trichogramma evanescens* and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* in control of *Cydia pomonella* (L.) in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 41: 201–207.

Palma L, Delia Muñoz D, Berry C, Murillo J, Caballero P, 2014. *Bacillus thuringiensis* toxins: an overview of their biocidal activity. *Toxins* 6(12): 3296–3325.

Parra JRP, Sales OJR, 1994. Biology of *Trichogramma galloi* reared on natural and factitious hosts under different temperatures and relative humidities. *Trichogramma and Other Egg Parasitoids* 4: 95–99.

Prased RP, Roitberg B, Henderson E, 2002. The effect of rearing temperature on parasitism by *Trichogramma sibericum* Sorokina at ambient temperatures. *Biological Control* 25: 110–115.

Raymond B, Wright DJ, Crickmore N, Bonsall MB, 2013. The impact of straindiversity and mixed infections on the evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*280: 2013–1497.

Revathi N, Ravikumar G, Kalaiselvi M, Gomathi D, Uma C, 2011. Pathogenicity of three entomopathogenic fungi against *Helicoverpa armigera*. *Journal of Plant Pathology and Microbiology* 2(4): 1–4.

Sansinenea E, 2012. *Bacillus thuringiensis* Biotechnology. Springer, Netherlands.

Santos Jr HJG, Marques EJ, Pratissoli D, Kloss TG, Machado LC, *et al.,* 2011. Efeito de *Bacillus thuringiensis* (Bacillaceae) sobre parâmetros biológicos do parasitoide *Trichogramma pretiosum* (Trichogrammatidae). *Natureza* 9(1): 1–6.

Sayed SM, Elsayed G, Mahmoud SF, Elzahrany OM, 2015. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* and indigenous *Trichogramma turkistanica* for controlling lepi-dopterous pests on Taify Pomegranate Fruits. *African Entomology* 23: 443–450.

Sedaratian A, Fathipour Y, Talaei-Hassanloui R, 2013. Deleterious effects of *Bacillus thuringiensis* on biological parameters of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera*. *BioControl* 59(1):89–98.

www.SID.ir

Archive of SID



Shojai M, Ostovan H, Khodaman AR, Hosseini M, Daniali M, *et al.,* 1998. An investigation on beneficial species of *Trichogramma* spp. (Hym., Trichogrammatidae), active in apple orchards, and providing optimum conditions for mass production in laboratory cultures. *Journal of Agricultural Sciences*16: 5–39.

Singh P, 1982. Artificial Diets for Insects, Mites and Spiders. (2nd printing) IFI/ Plenum Data Company.

Singh D, Mathew IL, 2015. The effect of *Bacillus thuringiensis* and *Bt* transgenics on parasitoids during biological control. *International Journal of Pure & Applied Bioscience* 3(4): 123–131.

Soundararajan RP, 2012. Pesticides- Advances in Chemical and Botanical Pesticides. InTech, Rijeka, Croatia.

Steidle JLM, Rees D, Wright EJ, 2001. Assessment of Australian *Trichogramma* species as control agents of stored product moths. *Journal of Stored Production Research* 37: 263–275.

Suh CPC, Orr DB, Van Duyn JW, 2000. *Trichogramma* releases in North Carolina cotton: why releases fail to suppress heliothine pests. *Journal of Economic Entomology* 93: 1137–1145.

Tabashnik BE, Zhang M, Fabrick JA, Wu Y, Gao M, *et al.,* 2015. Dualmode of action of *Bt* proteins: protoxin efficacy against resistant insects. *Nature* 5: 15107.

Thubru DP, Firake DM, Behere GT, 2018. Assessing risks of pesticides targeting lepidopteran pests in cruciferous ecosystems to eggs parasitoid, *Trichogramma brassicae* (Bezdenko). *Saudi Journal of Biological Sciences* 25: 680–688.

Uzun S, 1994. Studies on the parasitoid host relationship of *Trichogramma brassicae* Bez. (Hym.: Trichogrammatidae) and eggs of the Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zell. Under different temperatures and storage periods. *Journal of Applied Entomology* 119: 431–440.

Vaez N, 2007. The effect of adaptation in *Trichogramma brassicae* Bez. reared on factitious hosts, to *Helicoverpa armigera* Hub. before release. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil (in Persian).

Vaez N, Iranipour S, Hejazi MJ, 2013. Effect of treating eggs of cotton bollworm with *Bacillus thuringiensis* Berliner on functional response of *Trichogramma brassicae* Bezdenko. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46(20): 2501–2511.

Vaez N, Iranipour S, Hejazi MJ, 2014. Life table parameters of *Habrobracon hebetor* (Say) on *Helicoverpa armigera* (Hübner), infected with *Bacillus thuringiensis* Berliner. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 2(2): 17–28 (in Persian).

Vaez N, Iranipour S, Hejazi MJ, 2018. Sublethal Effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* Berliner on Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 6(4): 147–163 (in Persian).

van Lenteren JC, 2003. Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures. CABI Publication. Wageningen, Netherlands. 327 pp.

Vega FE, Kaya HK, 2012. Insect Pathology. Academic Press, San Diego, CA. 508 pp.

Vianna UR, Pratissoli D, Jose´ C, Zanuncio JC, Eraldo R, Lima ER*, et al.,* 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. *Ecotoxicology* 18:180–186.

Xu J, Huigens ME, Orr D, Groot AT, 2014. Differential response of *Trichogramma* wasps to extreme sex pheromone types of the noctuid moth *Heliothis virescens*. *Ecological Entomology* 39: 627–636.

Yu DSK, Hagley EA, Laing JE, 1984. Biology of *Trichogramma minutum* Riley collected from apples in Southern Ontoria. *Environmental Entomology* 13: 1324–1329.

www.SID.ir