

**ارزیابی سازگاری زنبور پارازیتوئید (*Trichogramma brassicae* Hym.:
Trichogrammatidae) با ارقام انتخابی گوجه‌فرنگی در مدیریت تلفیقی شب‌پره‌ی
Tuta absoluta (Lep.: Gelechiidae)**

منور صفائی نیا^۱، امین صدارتیان جهرمی^{۱*}، مجتبی قانع جهرمی^۱ و مصطفی حقانی^۱

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۲۲)

چکیده

در پژوهش حاضر، با توجه به تأثیر کیفیت گیاه میزبان بر ویژگی‌های زیستی دشمنان طبیعی (تأثیر رو به بالا)، میزان سازگاری زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* Bezdenko با ارقام حساس ("*Infinity*") و مقاوم ("*Goldy*") گوجه‌فرنگی نسبت به شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Meyrick)، در شرایط آزمایشگاهی با دمای 1 ± 25 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی مورد مطالعه قرار گرفت. در تجزیه‌ی داده‌ها، از نظریه‌ی جدول زندگی دو جنسی ویژه‌ی سن - مرحله‌ی زیستی استفاده شد. طول مراحل رشد و نمو نابالغ زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی رقم "*Infinity*" $0.06 \pm 12/80$ (روز) بود که تفاوت معنی‌داری با مقدار محاسبه شده‌ی این دوره‌ی زیستی روی رقم "*Goldy*" داشت ($0.07 \pm 12/31$ روز). میانگین تعداد تخم‌های پارازیت شده‌ی شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی توسط این زنبور پارازیتوئید روی ارقام "*Infinity*" و "*Goldy*" به ترتیب برابر با $2/67 \pm 36/28$ و $2/65 \pm 39/30$ (تخم/ماده) بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. مرگ و میر مراحل نابالغ این پارازیتوئید روی ارقام "*Infinity*" و "*Goldy*" نیز به ترتیب برابر با $3/95 \pm 65/97$ و $4/05 \pm 64$ (درصد) بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. مقادیر محاسبه شده‌ی نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متاهی افزایش جمعیت (λ) زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی رقم "*Infinity*" به ترتیب برابر با $1/33 \pm 7/31$ (نتاج/فرد)، 0.13 ± 0.139 (بر روز) و $0.15 \pm 1/150$ (بر روز) بود که اختلاف معنی‌داری با مقادیر محاسبه شده‌ی این پارامترها روی رقم "*Goldy*" نداشت (به ترتیب $1/47 \pm 8/36$ [نتاج/فرد]، 0.13 ± 0.154 [بر روز] و $0.15 \pm 1/167$ [بر روز]). متوسط مدت زمان یک نسل (T) زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی ارقام "*Infinity*" و "*Goldy*" نیز به ترتیب برابر با $0.08 \pm 14/26$ و $0.09 \pm 13/76$ روز بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. از نتایج پژوهش حاضر می‌توان این‌گونه استنباط نمود که وجود عامل مقاومت احتمالی در رقم گوجه‌فرنگی "*Goldy*" با عامل کنترل بیولوژیک *T. brassicae* سازگار بوده و احتمالاً می‌توان این دو عامل را هم‌زمان علیه شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی به کار برد.

واژه‌های کلیدی: اثرات رو به بالا، پارازیتوئید تخم، مدیریت تلفیقی، مهار زیستی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت

مقدمه

توانمند، باعث وارد آمدن خسارت‌های قابل توجهی به تولیدکنندگان این محصول شد.

در حال حاضر، کنترل شیمیایی به عنوان مهم‌ترین ابزار در برنامه‌های مدیریتی آفات مختلف زیست‌بوم‌های کشاورزی^۲ کشور ما مورد استفاده قرار می‌گیرد. متأسفانه، تکیه‌ی بیش از حد به آفت‌کش‌های شیمیایی به منظور کاهش خسارت آفات گیاه‌خوار اثرات جبران‌ناپذیر متعددی نظیر آلودگی‌های زیست‌محیطی، باقیمانده‌ی سموم در فرآورده‌های کشاورزی، بروز پدیده‌ی مقاومت، پیدایش آفات ثانویه، طغیان مجدد آفات، اثرات نامطلوب بر موجودات غیر هدف، تهدید سلامتی انسان و ... را به دنبال خواهد داشت (Siqueira *et al.*, 2005; Lietti *et al.*, 2001). بر همین اساس، به نظر می‌رسد جستجو به منظور یافتن راهکارهای جایگزین در برنامه‌های مدیریتی آفات باید با جدیت بیش‌تر ادامه یابد. مدیریت تلفیقی آفات^۳ دیدگاهی است که با استفاده از روش‌های مختلف کنترل آفات در کنار یکدیگر سعی در کاهش جمعیت آن‌ها به تراکمی پایین‌تر از آستانه‌ی زیان اقتصادی^۴ دارد. در این میان، استفاده از ارقام مقاوم گیاهی و دشمنان طبیعی از جمله ارکان اساسی برنامه‌های مدیریت تلفیقی می‌باشند. نکته‌ی قابل توجه در اجرای موفقیت‌آمیز چنین برنامه‌هایی در نظر گرفتن میزان سازگاری روش‌های مختلفی است که در کنار یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Fathipour and Sedaratian, 2013).

ساز و کار مقاومتی آنتی‌بیوز که طی آن گیاه میزبان به صورت مستقیم اثرات نامطلوبی بر پارامترهای زیستی حشرات گیاه‌خوار می‌گذارد، از جایگاه ویژه‌ای در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات برخوردار است (Sedaratian *et al.*, 2009). تغذیه‌ی آفات گیاه‌خوار از چنین ارقامی کاهش نرخ بقا، وزن بدن، طول عمر و توان تولیدمثلی را به دنبال خواهد داشت (La Rossa *et al.*, 2013). کاهش هزینه‌های تولید

گوجه‌فرنگی، *Lycopersicon esculentum* Miller یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در ایران می‌باشد که کشت آن در فضاهای گلخانه‌ای و مزارع رواج دارد. تولید سالانه حدود ۵ میلیون تن گوجه‌فرنگی، کشور ما را در جایگاه هفتم تولیدکنندگان این محصول مهم و استراتژیک در دنیا قرار داده است (Anonymous, 2015). متأسفانه در سال‌های اخیر به دلیل عدم رعایت صحیح اصول قرنطینه‌ی گیاهی، آفت نوظهور شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Myrick)، وارد کشور شده و مشکلات عدیده‌ی کشاورزان در مدیریت آفات این محصول مهم را چندین برابر نموده است (Baniameri and Cheraghian, 2011). شب‌پره‌ی *T. absoluta*، آفتی چند نسلی با توان تولیدمثلی بالا و دوره‌ی زندگی کوتاه می‌باشد (Desneux *et al.*, 2010) که از نظر دامنه‌ی میزبانی در گروه آفات با دامنه‌ی میزبانی محدود^۱ قرار می‌گیرد (Siqueira *et al.*, 2000; Pereyra and Sanchez, 2006). شب‌پره‌های ماده پس از خروج از پوسته‌ی شفیرگی در تمامی مراحل رشدی گیاه، آن‌را مورد هجوم قرار داده و روی اندام‌های هوایی تخم‌ریزی می‌نمایند. لاروهای نئونات این آفت نیز پس از تفریح تخم به درون بافت‌های گیاه میزبان نفوذ نموده و از آن‌ها تغذیه می‌نمایند (Khanjani, 2013) که همین مسأله مشکلات کنترل این آفت را چندین برابر نموده است. در صورت وجود شرایط مساعد محیطی و عدم اجرای برنامه‌های مدیریتی مناسب، خسارت این آفت می‌تواند منجر به نابودی ۸۰-۱۰۰ درصد محصول در شرایط مزرعه و گلخانه شود (Apablaza, 1992). البته لازم به ذکر است که پس از ورود این آفت به کشور (به‌ویژه در سال‌های نخست) عوامل متعددی نظیر نبود اطلاعات کافی در زمینه‌ی زیست‌شناسی آن، عدم وجود دشمنان طبیعی کارآمد و در اختیار نداشتن ابزارهای مدیریتی

². Agroecosystems

³. Integrated Pest Management (IPM)

⁴. Economic Threshold (ET)

¹. Oligophagous

است، اغلب مطالعات صورت گرفته در زمینه بررسی راهکارهای مدیریتی آن به ارزیابی میزان مقاومت ارقام مختلف گیاهی نسبت به این آفت اختصاص یافته (Gharekhani and Salek-Ebrahimi, 2014; Fathi et al., 2015; Irannejad-Parizi et al., 2015; Rostami et al., 2016) و پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص ارزیابی میزان کارایی سایر روش‌های کنترلی این آفت بسیار محدود می‌باشند. در پژوهش‌های پیشین، میزان مقاومت آنتی‌بیوزی ۵ رقم گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی که از بیش‌ترین سطح زیرکشت در گلخانه‌های کشور برخوردار می‌باشند ("Cindel"، "Santella"، "Infinity"، "Dafnis" و "Goldy") نسبت به شب‌پره‌ی *T. absoluta* مورد مطالعه قرار گرفت (Safaeniya et al., 2017). نتایج به دست آمده نشان داد که از میان ارقام مختلف مورد مطالعه، ارقام "Goldy" و "Infinity" به‌ترتیب از بیش‌ترین و کم‌ترین میزان مقاومت آنتی‌بیوزی نسبت به خسارت این آفت برخوردار می‌باشند. علاوه بر این، مشخص شد که بخش قابل توجهی از جمعیت پایدار این آفت روی ارقام مختلف از دو مرحله‌ی تخم (۴۲-۴۷ درصد) و لارو (۴۳-۴۸ درصد) تشکیل شده است. این مسأله لزوم توجه ویژه به تمرکز روش‌های مدیریتی به‌منظور کاهش جمعیت تخم و لاروهای این آفت را آشکار می‌نماید. بر همین اساس، در پژوهش حاضر برای اولین بار میزان سازگاری زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* با ارقام مختلف گوجه‌فرنگی به‌منظور استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌تواند در اجرای موفقیت‌آمیز برنامه‌های مدیریتی شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی در گلخانه‌های کشور مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

شرایط انجام آزمایش

پرورش گیاهان میزبان و تشکیل کلنی شب‌پره‌ی *T. absoluta* در گلخانه‌ی تحقیقاتی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه

نیز از دیگر مزایای استفاده از چنین ارقامی می‌باشد. علاوه بر موارد ذکر شده، یکی از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از ارقام مقاوم، قابلیت سازگاری آن‌ها با سایر راهبردهای مورد استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی به‌ویژه دشمنان طبیعی مورد استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک می‌باشد که همین مسأله تأثیر به‌سزایی در اجرای موفقیت‌آمیز برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات خواهد داشت (Fathipour and Sedaratian, 2013).

کنترل بیولوژیک از جمله راهکارهایی است که با اتکاء به دشمنان طبیعی (پارازیتوئیدها، شکارگرها و عوامل بیماری‌زا) جمعیت آفات هدف را به کم‌تر از آنچه در غیاب این عوامل وجود داشته است، کاهش می‌دهد. البته همانند سایر روش‌های مختلف مورد استفاده در مبارزه با آفات گیاهی، کارایی این روش نیز توسط عوامل مختلفی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به خصوصیات گیاه میزبان اشاره نمود. زنبورهای پارازیتوئید خانواده‌ی Trichogrammatidae از جمله‌ی مهم‌ترین دشمنان طبیعی مورد استفاده در برنامه‌های مهار زیستی آفات گیاهی در نقاط مختلف دنیا می‌باشند (Li, 1994). کارایی بیولوژیک مناسب و دامنه‌ی وسیع میزبانی به‌همراه سهولت نسبی پرورش آزمایشگاهی، گونه‌های مختلف این خانواده را به‌عنوان یکی از پرکاربردترین دشمنان طبیعی مورد استفاده در کشور ما طی سالیان اخیر تبدیل کرده است (Lashgari et al., 2010). در حال حاضر، گونه‌ی *Trichogramma brassicae* Bezdenko بیش‌ترین گسترش را در نقاط مختلف کشور ما دارا بوده و به‌عنوان گونه‌ی غالب کشور شناخته می‌شود (Arbab Tafti et al., 2004). این گونه هر ساله در اینسکتاریوم‌های نقاط مختلف کشور به‌صورت انبوه پرورش داده شده و در زیست‌بوم‌های مختلف کشاورزی رهاسازی می‌شود.

علی‌رغم این‌که شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی در سال‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین آفات گوجه‌فرنگی کشور تبدیل شده

بوته‌های گوجه‌فرنگی در مرحله‌ی ۶-۸ برگی (ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر) قرار داشتند. بوته‌های مذکور به‌صورت روزانه بازدید شده و در صورت لزوم با بوته‌های سالم جایگزین شدند. به‌منظور حفظ کلنی شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی، به‌صورت ماهیانه نمونه‌برداری‌هایی از گلخانه‌های آلوده در سطح استان صورت گرفته و نمونه‌های جمع‌آوری شده به کلنی‌های موجود در شرایط گلخانه اضافه شد. قبل از شروع آزمایش، شب‌پره‌ی *T. absoluta* روی هر رقم سه نسل پرورش داده شد.

استقرار زنبور پارازیتوئید

زنبورهای پارازیتوئید مورد استفاده در پژوهش حاضر با استفاده از تله‌های تخم شب‌پره‌ی بیدغلات، *Sitotroga cerealella* (Olivier) از باغ‌های سمپاشی نشده‌ی سبب منطقه‌ی کاکان در شهرستان بویراحمد جمع‌آوری شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از انتقال به آزمایشگاه، درون ظرف‌های پلاستیکی استوانه‌ای شکل با ارتفاع ۲۵ و قطر دهانه‌ی ۱۰ سانتی‌متر قرار گرفتند. در این بررسی، کلنی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* با استفاده از تخم‌های شب‌پره‌ی بیدغلات (تهیه شده از اینسکتاریوم مزرعه‌ی سبز شهرستان بویراحمد) در شرایط آزمایشگاهی مستقر شد. زنبورهای پارازیتوئید پس از خروج از تخم میزبان به ظروف ویژه‌ی پرورش (ارتفاع ۳۵ و قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر) منتقل شدند. در هر ظرف کلنی حدود ۱۵۰ جفت زنبور تریکوگراما وجود داشت که روزانه تخم‌های شب‌پره‌ی بیدغلات که روی قطعات کاغذ چسبانده شده بودند، در اختیار آن‌ها قرار داده می‌شد. تخم‌های جمع‌آوری شده از ظروف ویژه‌ی تخم‌ریزی به‌منظور تشکیل کلنی آزمایشگاهی و انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

انجام آزمایش‌ها

سازگاری زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* با ارقام مختلف گوجه‌فرنگی با مطالعه‌ی پارامترهای زیستی آن روی تخم‌های شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی پرورش یافته روی ارقام حساس

یاسوج با شرایط دمایی 27 ± 5 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 20 درصد و دوره‌ی روشنایی طبیعی صورت پذیرفت. زنبورهای پارازیتوئید *T. brassicae* مورد استفاده در پژوهش حاضر نیز در اتاقک رشد با دمای 25 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

پرورش گیاه میزبان

بذور ارقام مقاوم ("Goldy") و حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای نسبت به خسارت شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی از شرکت تعاونی تهیه و توزیع محصولات زراعی و نهالستان قائم استان اصفهان تهیه شد. بذره‌ای تهیه شده ابتدا جوانه‌دار شده و سپس درون سینی‌های نشاء استاندارد که با کوکوپیت پر شده بودند، نشاء شدند. پس از این که نشاها به مرحله‌ی ۴-۶ برگی رسیدند، به گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۶ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر انتقال یافتند که با نسبت مساوی از خاک حاصلخیز مزرعه، ماسه و کود دامی پر شده بودند. عملیات کوددهی و آبیاری گیاهان براساس توصیه‌های ارائه شده توسط کارشناسان سازمان حفظ نباتات و با شرایط یکسان برای هر دو رقم مورد مطالعه انجام پذیرفت. نشاکاری در فواصل زمانی ۱۰ روزه و تا پایان بررسی‌ها ادامه یافت.

کلنی شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی

در این بررسی دو کلنی از شب‌پره‌ی *T. absoluta* به‌صورت جداگانه روی ارقام "Goldy" و "Infinity" مستقر شد. بدین‌منظور، تعداد ۶-۸ گلدان مربوط به هر رقم، درون یک قفس توری (توری ارگانزا) با ابعاد $100 \times 90 \times 90$ سانتی‌متر قرار داده شد. نمونه‌های برگ آلوده به لاروهای شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی، از گلخانه‌های گوجه‌فرنگی استان کهگیلویه و بویراحمد جمع‌آوری شده و به گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج منتقل شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده به نسبت مساوی درون قفس‌ها توزیع شدند. لازم به ذکر است که در هنگام آلوده‌سازی،

لوله‌ی آزمایش قرار داده شد (طول ۱۰ و قطر ۱/۶ سانتی‌متر). دهانه‌ی لوله‌های آزمایش با یک تکه پنبه و توری ارگانزا پوشیده شد. تخم‌های مذکور به صورت روزانه بازدید و تغییرات صورت گرفته ثبت شد. با خروج پارازیتوئیدهای بالغ، افراد نر و ماده با یکدیگر جفت شده و هر جفت به یک لوله‌ی آزمایش جدید منتقل شد. به منظور تغذیه‌ی حشرات بالغ، از نوارهای کاغذی آغشته به محلول آب عسل ۲۰٪ که درون لوله‌های آزمایش قرار می‌گرفتند، استفاده شد. روزانه یک دسته تخم (تقریباً ۱۵۰ عددی) از تخم‌های شب‌پره‌ی بیدغلات که روی نوارهای کاغذی چسبیده شده بود درون هر لوله‌ی آزمایش قرار گرفت و تخم‌های روز قبل خارج شدند. تخم‌های جمع‌آوری شده‌ی مربوط به هر جفت پس از ثبت مشخصات به صورت جداگانه در لوله‌های آزمایش قرار داده شدند تا این‌که تغییر رنگ تخم‌های پارازیت شده مشاهده شود. بر همین اساس، تعداد میزبان پارازیت شده توسط هر زنبور ماده در هر روز ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نظریه‌ی جدول زندگی دو جنسی ویژه‌ی سن-مرحله‌ی رشدی مورد تجزیه قرار گرفتند (Chi and Liu, 1985; Chi, 1988). پارامترهای محاسبه شده عبارتند از: نرخ بقای ویژه‌ی سن-مرحله‌ی رشدی (s_{xj})، نرخ بقای ویژه‌ی سنی (l_x)، باروری ویژه‌ی سن - مرحله‌ی رشدی (f_{xj})، باروری ویژه‌ی سنی (m_x)، امید به زندگی ویژه‌ی سن-مرحله‌ی رشدی (e_{xj})، ارزش تولیدمثلی ویژه‌ی سن-مرحله‌ی رشدی (V_{xj})، نرخ‌های ناخالص (GRR) و خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ‌های ذاتی (r) و متناهی افزایش جمعیت (λ) و متوسط مدت زمان طول یک نسل (T). به منظور محاسبه‌ی خطای استاندارد طول مراحل مختلف رشدی و مرگ و میر آن‌ها و پارامترهای رشد جمعیت زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی ارقام حساس و مقاوم گوجه فرنگی از تکنیک بوت‌استرپ^۶ و با در نظر گرفتن

"Infinity" و مقاوم "Goldy" مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی‌ها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و با استفاده از ۱۰۰ تخم هم‌سن (طول عمر کم‌تر از ۲۴ ساعت) صورت گرفت. بدین منظور، ابتدا بوته‌های گوجه‌فرنگی از هر رقم به صورت جداگانه درون قفس‌های توری حریر با ابعاد ۱۰۰×۹۰×۹۰ سانتی‌متر قرار گرفتند. سپس حشرات بالغ شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی از کلنی‌های مربوط به هر رقم جمع‌آوری شده و درون قفس‌های مذکور رهاسازی شدند. با شروع تخم‌ریزی شب‌پره‌های رهاسازی شده روی برگ‌های گوجه‌فرنگی، زنبورهای پارازیتوئید بالغ از کلنی آزمایشگاهی موجود انتخاب شده و درون قفس‌های مربوط به هر رقم رهاسازی شدند. زنبورهای رهاسازی شده به مدت سه نسل درون قفس‌های مربوط به هر رقم روی تخم‌های شب‌پره‌ی *T. absoluta* پرورش یافتند. طی این مدت، به منظور تأمین تخم‌های کافی برای زنبورهای پارازیتوئید، روزانه شب‌پره‌های بالغ تازه ظاهر شده از کلنی شب‌پره‌ی *T. absoluta* جمع‌آوری شده و درون قفس‌های پرورش زنبورهای پارازیتوئید رهاسازی شدند. پس از آن‌که زنبورهای پارازیتوئید به مدت سه نسل روی تخم‌های شب‌پره‌ی *T. absoluta* پرورش داده شدند و اطمینان کافی از این‌که جمعیت‌های استقرار یافته‌ی زنبور پارازیتوئید روی دو رقم حساس و مقاوم تحت تأثیر میزبان‌های مورد مطالعه قرار گرفته‌اند حاصل شد، افراد مستقر شده در شرایط یکسان و روی تخم‌های شب‌پره‌ی بیدغلات مورد مطالعه قرار گرفتند. بدین منظور، تله‌های تخم حاوی تخم‌های شب‌پره‌ی بیدغلات درون هر قفس قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت از قفس‌ها خارج شدند. بدین ترتیب زنبورهای پارازیتوئیدی که به مدت سه نسل اثرات رو به بالای^۵ دو میزبان گیاهی مختلف رو متحمل شده بودند، به صورت تصادفی جهت انجام بررسی‌ها انتخاب شدند. از تله‌های تخم موجود در هر قفس ۱۰۰ عدد تخم به صورت تصادفی انتخاب شده و هر تخم درون یک

6. Bootstrap

5. Bottom-up effects

زیستی روی رقم مقاوم حاکی از آن است که جمعیت این پارازیتوئید در زمان کوتاه‌تری به مرحله‌ی تخم‌ریزی خواهد رسید. این مورد را می‌توان به‌عنوان نکته‌ای مثبت در کاربرد تلفیقی رقم مقاوم "Goldy" و زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* در برنامه‌های مدیریتی شب‌پره‌ی *T. absoluta* مدنظر قرار داد. در مطالعه‌ی صورت گرفته توسط یزدانی خوراسگانی و همکاران (Yazdani Khorasgani et al., 2006) طول دوره‌ی رشد و نمو مراحل نابالغ این پارازیتوئید روی تخم‌های شب‌پره‌ی بید غلات به‌طور متوسط ۱۱/۶۶ روز به‌دست آمد که بسیار نزدیک به یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد. ازون (Uzun, 1994) در بررسی‌های خود طول دوره‌ی رشد و نمو این پارازیتوئید را روی شب‌پره‌ی *Anagasta kuehniella* Zeller ۱۰/۱۰ روز گزارش نمود. کم‌تر بودن این مقدار نسبت به مقادیر به‌دست آمده در پژوهش حاضر را می‌توان به تفاوت در میزان آزمایشگاهی مورد استفاده مرتبط دانست. لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر طول عمر حشرات بالغ پارازیتوئید تحت تأثیر ارقام مختلف مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول ۱).

مرگ و میر و توزیع پایدار مراحل مختلف رشدی

جدول ۲ درصد مرگ و میر مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* را روی رقم حساس و مقاوم گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد. نتایج ارائه شده در این جدول نشان می‌دهد که بیش‌ترین درصد مرگ و میر این پارازیتوئید به ترتیب مربوط به مراحل نابالغ، ماده و نر می‌باشد. بالا بودن میزان مرگ و میر مراحل نابالغ این پارازیتوئید روی هر دو رقم حساس و مقاوم گوجه‌فرنگی می‌تواند حاکی از شرایط نامطلوب ایجاد شده برای این پارازیتوئید درون تخم میزبان باشد. محققین مختلف بیان کرده‌اند که کیفیت تغذیه‌ای گیاه میزبان می‌تواند اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو حشرات گیاه‌خوار و دشمنان طبیعی آن‌ها داشته باشد (Holton et al., 2003). توماس و واگی (Thomas and Waage, 1996) بیان کردند که کیفیت تغذیه‌ای گیاه میزبان با تحت تأثیر قرار

۱۰۰,۰۰۰ نمونه استفاده شد. مقایسه‌ی میانگین پارامترهای محاسبه شده نیز با استفاده از آزمون بوت‌استرپ جفت شده^۷ و در سطح احتمال $P < 0.05$ صورت پذیرفت. در انجام تجزیه‌ها از برنامه‌ی کامپیوتری TWOSEX-MSChart استفاده شد (Chi, 2016). ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel (2007) صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

طول مراحل مختلف رشدی

طول مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* که ابتدا به مدت سه نسل روی تخم‌های شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی که از ارقام حساس و مقاوم گوجه‌فرنگی تغذیه نموده بودند پرورش یافته و سپس پارامترهای زیستی آن‌ها روی تخم‌های شب‌پره‌ی بید غلات مورد مطالعه قرار گرفته بود، در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به این که مراحل نابالغ این پارازیتوئید درون تخم‌های میزبان سپری می‌شود، ثبت طول دوره‌های جنینی، لاروی و شفیرگی آن امکان‌پذیر نبوده و بر همین اساس در این جدول مجموع دوره‌ی نابالغ این پارازیتوئید ذکر شده است.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، طول دوره‌ی رشد و نمو مراحل نابالغ زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزبان‌های گیاهی مورد مطالعه قرار گرفت و مقادیر محاسبه شده‌ی طول این دوره‌ی زیستی در زنبورهای پارازیتوئید پرورش یافته روی رقم حساس "Infinity" بیش‌تر از رقم مقاوم "Goldy" بود. این مسأله نشان می‌دهد که روی رقم مقاوم "Goldy" شرایط مناسب‌تری به‌منظور سپری شدن مراحل نابالغ این پارازیتوئید وجود دارد و زنبورهای پارازیتوئید سریع‌تر به مرحله‌ی بالغ می‌رسند. این تفاوت در دوره‌ی پیش از تخم‌ریزی کل نیز مشاهده شد و مقدار ثبت شده‌ی این پارامتر روی رقم حساس "Infinity" بیش‌تر از رقم مقاوم "Goldy" بود. کوتاه بودن طول این دوره‌ی

⁷ Paired bootstrap

زنبورهای پارازیتوئید رهاسازی شده درون هر قفس، احتمال پارازیت شدن تخم‌های میزبان تا بیش‌ترین حد ممکن افزایش یابد. البته با توجه به پژوهش‌های پیشین (Negahban, 2016)، تعداد زنبورهای بالغ پارازیتوئید رهاسازی شده در هر قفس به گونه‌ای در نظر گرفته شدند که احتمال وقوع پدیده‌ی سوپرپارازیتسم در کم‌ترین میزان ممکن باشد (این پدیده در هیچ کدام از تکرارهای مورد مطالعه مشاهده نشد). در بررسی‌های صورت گرفته توسط رنجبر اقدم و محمودیان (Ranjbar Aghdam and Mahmoudian, 2014) درصد مرگ و میر مراحل نابالغ این پارازیتوئید روی تخم‌های پروانه‌ی ساقه‌خوار برنج *Chilo suppressalis* Walker پرورش یافته روی ارقام مختلف برنج بین ۳۰/۳ تا ۴۷/۶ درصد گزارش شد که بسیار پایین‌تر از مقادیر گزارش شده در پژوهش حاضر می‌باشد. این امر دلیلی بر مطلوبیت بیش‌تر تخم‌های پروانه‌ی ساقه‌خوار برنج برای رشد و نمو مراحل نابالغ زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* در مقایسه با تخم‌های شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی می‌باشد.

دادن سیستم ایمنی حشرات گیاه‌خوار می‌تواند رشد و نمو پارازیتوئیدهای داخلی را به‌صورت نامطلوبی تحت تأثیر قرار دهد. البته با توجه به این که ارقام مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری روی مرگ و میر مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* نداشتند، می‌توان عنوان نمود که تلفات ایجاد شده مستقل از اثر مقاومت گیاه میزبان نسبت به شب‌پره‌ی *T. absoluta* می‌باشد. نکته‌ی مهم دیگر آن است که به‌طور معمول در چنین بررسی‌هایی پس از آن که تخم‌های میزبان به‌منظور پارازیت شدن در مدت زمانی معین در اختیار زنبورهای پارازیتوئید قرار می‌گیرد، تخم‌ها از دسترس زنبورها خارج شده و فرض می‌شود که تمامی تخم‌های انتخاب شده برای انجام آزمایش پارازیت شده می‌باشند. در صورتی که این احتمال وجود دارد که برخی از تخم‌های انتخاب شده در اصل پارازیت نشده باشند. این مسأله کاهش درصد ظهور حشرات بالغ را به‌دنبال داشته و سبب افزایش کاذب میزان مرگ و میر ثبت شده خواهد شد. در این پژوهش، جهت جلوگیری از بروز این خطا، تا حد امکان سعی شد تا با افزایش تعداد

جدول ۱- طول مراحل مختلف رشدی (میانگین \pm خطای استاندارد) زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* روی ارقام مقاوم

("Goldy") و حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی نسبت به شب‌پره‌ی *Tuta absoluta*

Table 1. Duration of different life stages (Mean \pm SE) of *Trichogramma brassicae* on resistant ("Goldy") and susceptible ("Infinity") tomato cultivars to *Tuta absoluta*

Cultivars	Different life stages				
	Total immature (days)	TPOP* (days)	Male longevity (days)	Female longevity (days)	Adult longevity (days)
"Goldy"	12.31 \pm 0.07 ^b	12.33 \pm 0.09 ^b	4.67 \pm 0.19 ^a	4.13 \pm 0.13 ^a	4.35 \pm 0.11 ^a
"Infinity"	12.80 \pm 0.06 ^a	12.83 \pm 0.07 ^a	4.70 \pm 0.18 ^a	4.10 \pm 0.13 ^a	4.35 \pm 0.11 ^a
<i>P</i> _{val}	0.000	0.00011	0.90238	0.87694	0.87694

*TPOP: دوره‌ی پیش از تخم‌ریزی کل (از تخم تا اولین تخم‌ریزی)

*TPOP: Total pre-ovipositional period (from egg to first oviposition)

^a میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (آزمون بوت استرپ جفت شده، $P < 0.05$).

^a The means within the same column followed by the same letters are not significantly different (Paired Bootstrap Test, $P < 0.05$).

جدول ۲- درصد مرگ و میر مراحل مختلف رشدی (میانگین \pm خطای استاندارد) زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae*

روی ارقام مقاوم ("Goldy") و حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی نسبت به شب‌پره‌ی *Tuta absoluta*

Table 2. Percentage of mortality of different life stages (Mean \pm SE) of *Trichogramma brassicae* on resistant ("Goldy") and susceptible ("Infinity") tomato cultivars to *Tuta absoluta*

Cultivars	Different life stages		
	Total immature (%)	Male (%)	Female (%)
"Goldy"	64.00 \pm 4.05 ^a	14.89 \pm 3.00 ^a	21.28 \pm 3.46 ^a
"Infinity"	65.97 \pm 3.95 ^a	13.89 \pm 2.87 ^a	20.14 \pm 3.35 ^a
<i>P_{val}</i>	0.69746	0.79925	0.82714

^a میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (آزمون بوت استرپ جفت شده، $P < 0.05$).

^a The means within the same column followed by the same letters are not significantly different (Paired Bootstrap Test, $P < 0.05$).

زیستی این پارازیتوئید عنوان نمود که بیش‌ترین درصد جمعیت پایدار زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* به مرحله‌ی تخم اختصاص دارد. لشگری و همکاران (Lashgari et al., 2010) عنوان نمودند که ۹۷/۳، ۹۷/۲ و ۹۷/۵ درصد جمعیت پایدار این پارازیتوئید به ترتیب روی تخم‌های کرم غوزه‌ی پنبه، شب‌پره‌ی آرد و شب‌پره‌ی بید غلات را مراحل نابالغ تشکیل می‌دهند.

جدول ۳ توزیع پایدار مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* را روی ارقام مختلف مورد مطالعه نمایش می‌دهد. با توجه به اطلاعات ارائه شده در این جدول، بیش‌ترین درصد جمعیت پایدار این پارازیتوئید روی میزبان‌های مختلف مورد مطالعه به مرحله‌ی تخم اختصاص دارد. نگهبان (Negahban, 2016) نیز در بررسی خود در ارتباط با ارزیابی اثرات دماهای مختلف روی پارامترهای

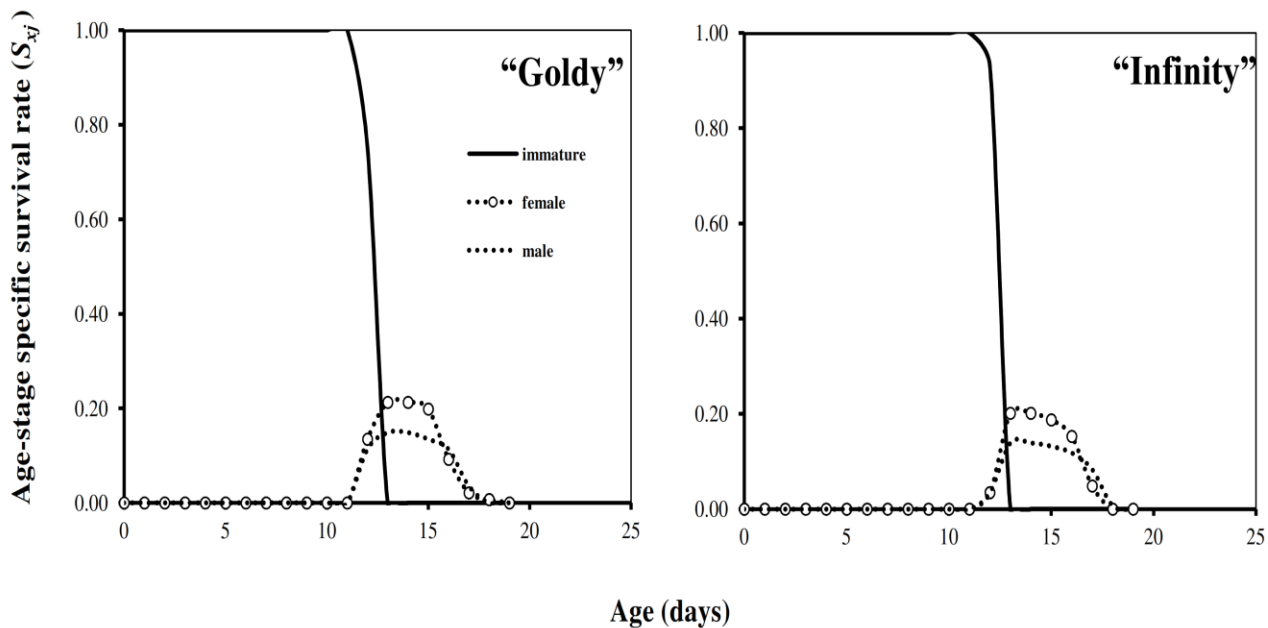
جدول ۳- درصد توزیع پایدار مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* روی ارقام مقاوم ("Goldy") و

حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی نسبت به شب‌پره‌ی *Tuta absoluta*

Table 3. Percentage of stable stage distribution of *Trichogramma brassicae* on resistant ("Goldy") and susceptible ("Infinity") tomato cultivars to *Tuta absoluta*

Cultivars	Different life stages		
	Total immature (%)	Male (%)	Female (%)
"Goldy"	97.03	1.30	1.67
"Infinity"	97.00	1.30	1.69

مشاهده شده میان مراحل مختلف رشدی در این نمودار ناشی از تفاوت در نرخ رشد افراد مختلف می‌باشد. با توجه به منحنی‌های مذکور، احتمال زنده ماندن فرد تازه متولد شده روی ارقام "Goldy" و "Infinity" تا مرحله بلوغ برای افراد ماده به ترتیب ۲۱ و ۲۰ درصد و برای افراد نر نیز به ترتیب برابر با ۱۵ و ۱۴ درصد می‌باشد.



شکل ۱- نرخ بقای ویژهی سن - مرحله‌ی رشدی (S_{xj}) زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* روی ارقام مقاوم

"Goldy" و حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی نسبت به شب پرهی *Tuta absoluta*

Figure 1. Age-stage specific survival rate (S_{xj}) of *Trichogramma brassicae* on resistant ("Goldy") and susceptible ("Infinity") tomato cultivars to *Tuta absoluta*

بلوغ برسند به ترتیب برابر با ۳۶ و ۳۴ درصد می‌باشد که مؤید اطلاعات ارائه شده در جدول ۲ می‌باشد.

علاوه بر نرخ بقای ویژهی سنی، شکل ۲ روند تغییرات باروری ویژهی سنی (m_x) و باروری ویژهی سن مرحله‌ی - رشدی (f_{xj}) زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی دو رقم "Goldy" و "Infinity" را نیز نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این نمودار مشخص است، هر دو منحنی با روند تقریباً یکسانی در طول عمر نوسان دارند. بر همین اساس، بیش‌ترین مقدار ثبت شده‌ی باروری ویژهی سن - مرحله‌ی رشدی روی

نرخ بقای ویژهی سن-مرحله‌ی رشدی

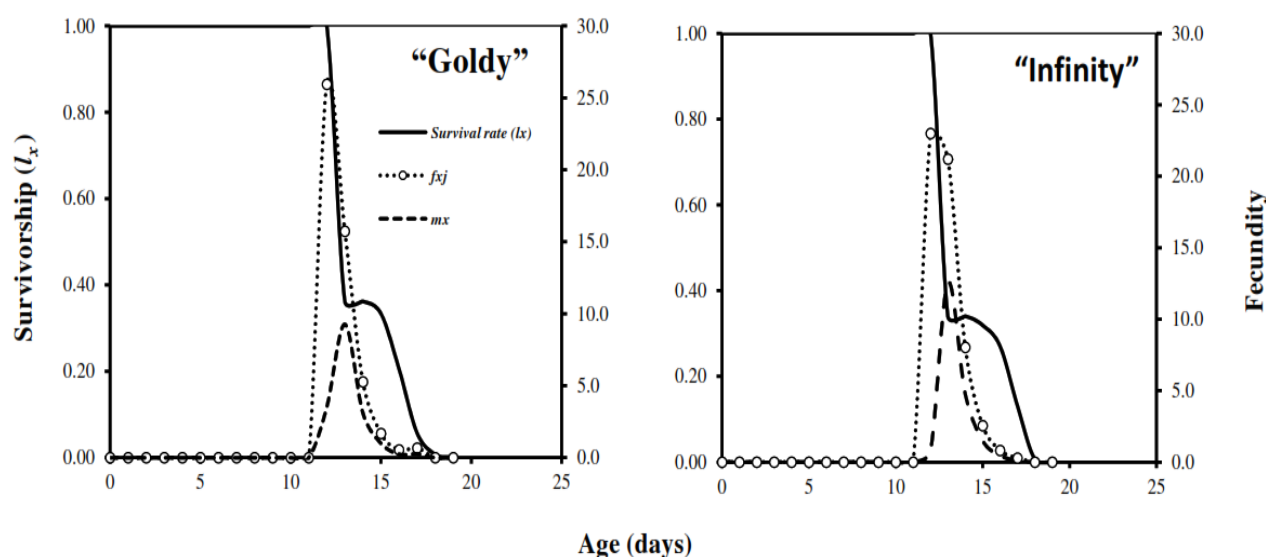
منحنی‌های مربوط به نرخ بقای ویژهی سن-مرحله‌ی رشدی (S_{xj}) زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* در شکل ۱ نمایش داده شده است. این نمودارها روند تغییرات نرخ بقاء را در مراحل مختلف رشدی نمایش می‌دهند که این مورد از ویژگی‌های جداول زندگی دوجنسی می‌باشد. هم‌پوشانی‌های

نرخ بقاء ویژهی سنی، باروری ویژهی سنی و باروری ویژهی سن-مرحله‌ی رشدی

شکل ۲ نشان‌دهنده‌ی نرخ بقای ویژهی سنی (l_x) زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی ارقام "Goldy" و "Infinity" می‌باشد. این نمودار در حقیقت فرم ساده شده‌ی اطلاعات ارائه شده در شکل ۱ می‌باشد که در آن تفکیک مراحل مختلف رشدی لحاظ نشده است. با توجه به اطلاعات ارائه شده در این نمودارها، احتمال این‌که زنبورهای پارازیتوئید روی ارقام "Goldy" و "Infinity" به مرحله‌ی

پارازیتوئید *T. brassicae* روی رقم مقاوم "Goldy" تعداد تخم‌های بیش‌تری را پارازیته می‌نماید.

ارقام "Goldy" و "Infinity" به‌ترتیب در روزهای ۱۲ و ۱۳ (تخم ۲۵/۹۵) ثبت شد که نشان می‌دهد زنبور



شکل ۲- نرخ بقاء (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سن- مرحله‌ی رشدی (f_{xj}) زنبور پارازیتوئید *Trichogramma*

brassicae روی ارقام مقاوم ("Goldy") و حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی نسبت به شب پره‌ی *Tuta absoluta*

Figure 2. Age-specific survivorship (l_x) and fecundity (m_x) and age-stage specific fecundity (f_{xj}) of *Trichogramma brassicae* on resistant ("Goldy") and susceptible ("Infinity") tomato cultivars to *Tuta absoluta*

پارازیتوئید مورد مطالعه و هم‌چنین روش آنالیز داده‌ها مرتبط دانست. لازم به ذکر است که محققین فوق به‌منظور آنالیز داده‌ها از روش جدول زندگی سنتی^۸ که تنها افراد ماده را در نظر می‌گیرد، استفاده نموده‌اند. البته مشابه با یافته‌های این محققین، در پژوهش حاضر نیز زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* پس از رسیدن به مرحله‌ی بلوغ بیش‌ترین میزان تخم‌ریزی را در روزهای اول دوره‌ی رشدی بالغ خود داشت. در پژوهش‌های صورت گرفته توسط استیدل و همکاران (Steidle et al., 2001) نیز عنوان شده است که زنبورهای پارازیتوئید *T. brassicae* و *Trichogramma pretiosum* و *Trichogramma caverae* Oatman and Riley پس از رسیدن به بلوغ بیش‌ترین میزان تخم‌ریزی خود را در روز اول دارند. این مورد در پژوهش صورت گرفته

ذکر این نکته نیز ضروری است که به‌دلیل آن که تنها افراد ماده قادر به تخم‌ریزی می‌باشند، تنها یک منحنی f_x در این شکل مشاهده می‌شود. در نمودار باروری ویژه سنی نیز بیش‌ترین مقدار ثبت شده روی ارقام "Goldy" و "Infinity" به‌ترتیب در روزهای ۱۳ (تخم ۹/۲۵) و ۱۳ (تخم ۱۲/۵۵) ثبت شد. رنجبر اقدم و محمودیان (Ranjbar Aghdam and Mahmoudian, 2014) بیش‌ترین میزان باروری ویژه سنی این پارازیتوئید روی تخم‌های پروانه‌ی ساقه‌خوار برنج پرورش یافته روی ارقام مختلف را بین ۱۶/۷۰-۱۷/۲۴ تخم برآورد نمودند که در روز اول تخم‌ریزی زنبورهای پارازیتوئید ثبت شده است. تفاوت‌های مشاهده شده میان نتایج حاصل از پژوهش حاضر با یافته‌های رنجبر اقدم و محمودیان (Ranjbar Aghdam and Mahmoudian, 2014) را می‌توان به تفاوت در گیاهان میزبان و جمعیت

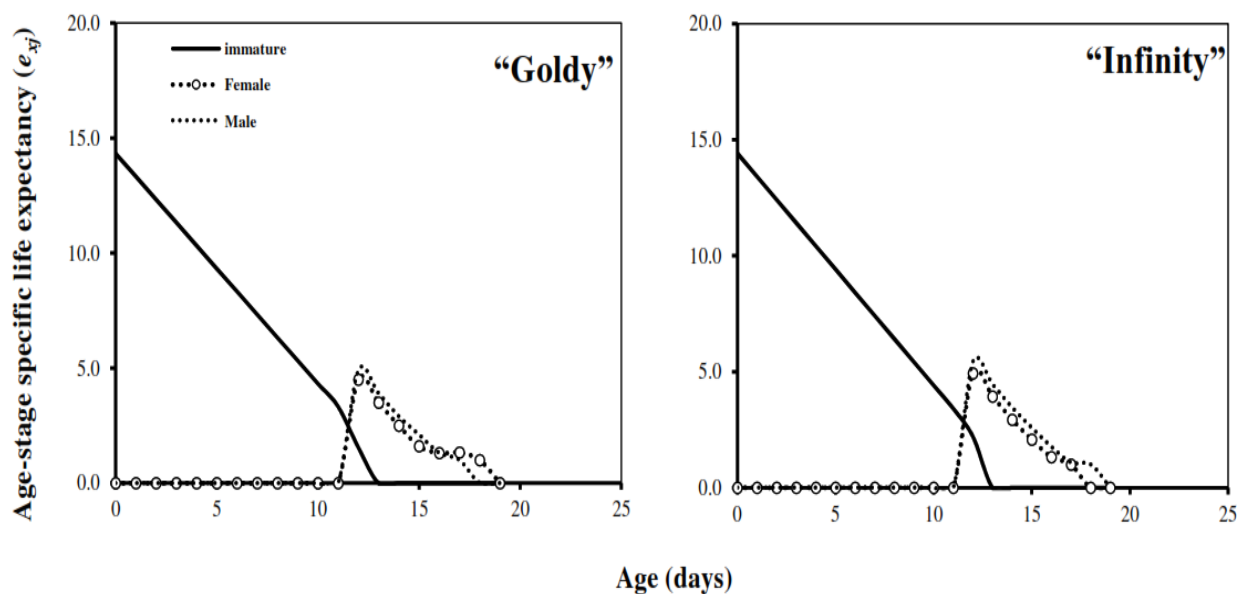
8. Traditional life table

نمودارها به تصویر در آمده است. امید به زندگی افراد تازه متولد شده روی ارقام "Goldy" و "Infinity" به ترتیب برابر با ۱۴/۳۳ و ۱۴/۴۱ روز بود. در افراد ماده نیز بیشترین مقدار امید به زندگی ثبت شده روی ارقام فوق به ترتیب در روزهای ۱۲ (۴/۵۰ روز) و ۱۲ (۴/۹۳ روز) برآورد شد. مقادیر امید به زندگی در زمان ظهور حشرات بالغ در پژوهش حاضر همسو با یافته‌های لشگری و همکاران (Lashgari et al., 2010) روی کرم غوزه‌ی پنبه (۵/۶۵ روز) و شب‌پره‌ی بید غلات (۴/۹۵ روز) می‌باشد.

توسط لشگری و همکاران (Lashgari et al., 2010) نیز مورد اشاره قرار گرفته است.

امید به زندگی ویژه‌ی سن-مرحله‌ی رشدی

تغییرات امید به زندگی ویژه‌ی سن-مرحله‌ی رشدی (e_{xj}) زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی دو رقم "Goldy" و "Infinity" در شکل ۳ نمایش داده شده است. این نمودارها نشان‌دهنده‌ی مدت زمانی است که افراد در سن x و مرحله‌ی رشدی j روی ارقام مورد مطالعه امید به زنده ماندن دارند. همان‌طور که در این نمودار نیز مشاهده می‌شود، امید به زندگی هر مرحله‌ی رشدی به صورت جداگانه در این



شکل ۳- امید به زندگی ویژه‌ی سن - مرحله‌ی رشدی (e_{xj}) زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* روی ارقام مقاوم

("Goldy") و حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی نسبت به شب‌پره‌ی *Tuta absoluta*

Figure 3. Age-stage specific life expectancy (e_{xj}) of *Trichogramma brassicae* on resistant ("Goldy") and susceptible ("Infinity") tomato cultivars to *Tuta absoluta*

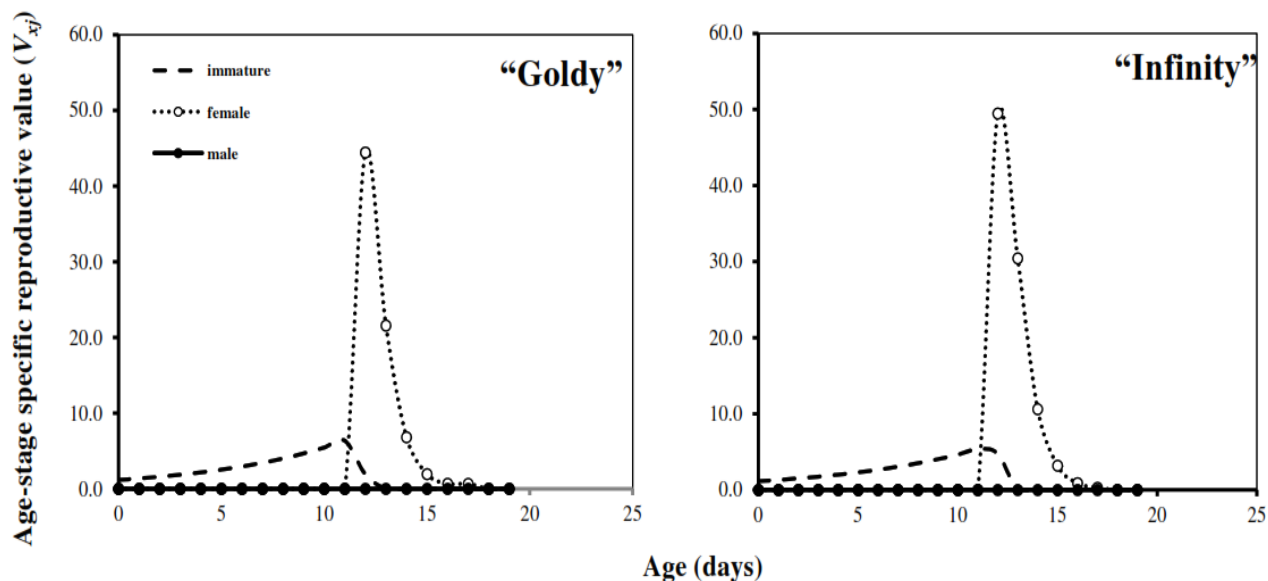
مشخص است، افراد ماده در زمان رسیدن به اوج تخم‌ریزی (روز ۱۲ام روی هر دو رقم "Goldy" و "Infinity") بیشترین مشارکت را در تولید نسل بعد دارند. در این نمودارها نقش افراد نر در مرحله‌ی نابالغ توسط زنده مانده‌ی آنها و در نتیجه افزایش نرخ بقاء اعمال می‌گردد، اما این افراد به دلیل عدم تخم‌ریزی مشارکتی در تولید نسل بعد ندارند.

ارزش تولید مثلی

نمودارهای ارزش تولید مثلی ویژه‌ی سن - مرحله‌ی رشدی (v_{xj}) زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* که بیانگر مشارکت افراد در سن x و مرحله‌ی رشدی j در تشکیل نسل بعد روی دو رقم "Goldy" و "Infinity" می‌باشند، در شکل ۴ نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این نمودارها نیز

به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و بیش‌ترین ارزش تولید مثلی پارازیتوئیدهای بالغ روی ارقام "Goldy" و "Infinity" در روز ۱۲ ثبت شد که بیانگر نقش بیش‌تر ماده‌های سنین مذکور در پایه‌گذاری نسل آینده می‌باشد.

توجه به این نمودارها این نکته را آشکار می‌سازد که ارزش تولید مثلی تخم‌های تازه متولد شده (V_{01}) زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* برابر با نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) می‌باشد (شکل ۴ و جدول ۴). علاوه بر این، مقادیر محاسبه شده‌ی این پارامتر در زمان ظهور زنبورهای پارازیتوئید بالغ



شکل ۴- ارزش تولید مثلی ویژه‌ی سن - مرحله‌ی رشدی (v_{xj}) زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* روی ارقام مقاوم ("Goldy") و حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی نسبت به شب‌پره‌ی *Tuta absoluta*

Figure 4. Age-stage specific reproductive value (v_{xj}) of *Trichogramma brassicae* on resistant ("Goldy") and susceptible ("Infinity") tomato cultivars to *Tuta absoluta*

(2014) مقادیر نرخ خالص تولید مثل این پارازیتوئید روی ۴ رقم مختلف برنج را بین ۳۷/۶۴ تا ۴۳/۳۴ (نتاج/فرد) گزارش نمودند که از مقادیر گزارش شده در پژوهش حاضر بیش‌تر می‌باشد. در پژوهشی دیگر، ایرانی‌پور و همکاران (Iranipour et al., 2009) نیز نرخ خالص تولید مثل این پارازیتوئید روی شب‌پره‌ی آرد را ۴۰/۰۷ (نتاج/فرد) گزارش نمودند. پایین‌تر بودن مقادیر این پارامتر در جمعیت‌هایی که به مدت سه نسل روی تخم‌های شب‌پره‌ی *T. absoluta* پرورش یافته بودند حاکی از اثرات نامطلوب ایجاد شده برای این پارازیتوئید در شرایط مورد مطالعه می‌باشد. بدون تردید نرخ ذاتی افزایش جمعیت به‌دلیل لحاظ کردن عوامل مختلفی نظیر

پارامترهای رشد جمعیت

پارامترهای رشد جمعیت زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی دو رقم "Goldy" و "Infinity" در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که اطلاعات این جدول نشان می‌دهد، ارقام مختلف مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای رشد جمعیت این پارازیتوئید نداشتند. تفاوت‌های مشاهده شده میان نرخ‌های ناخالص و خالص تولید مثل این پارازیتوئید روی ارقام مورد مطالعه ناشی از تأثیر احتمال زنده‌مانی افراد می‌باشد که همین مسأله کاهش نرخ خالص تولید مثل نسبت به نرخ ناخالص این پارامتر را به دنبال داشته است. رنجبر اقدم و محمودیان (Ranjbar Aghdam and Mahmoudian,

Sedaratian *et al.*, 2011; Safuraei-Parizi *et al.*,
(2014; Maleknia *et al.*, 2015

طول مراحل رشدی قبل از بلوغ، نرخ بقاء، باروری و غیره
مهم‌ترین پارامتر رشد جمعیت مورد مطالعه در جمعیت آفات
و دشمنان طبیعی آنها می‌باشد (Razdoburdin, 2006;

جدول ۴- پارامترهای رشد جمعیت (میانگین \pm خطای استاندارد) زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* روی ارقام مقاوم
"Goldy" و حساس ("Infinity") گوجه‌فرنگی نسبت به شب‌پره *Tuta absoluta*

Table 4. Population growth parameters (Mean \pm SE) of *Trichogramma brassicae* on resistant ("Goldy") and susceptible ("Infinity") tomato cultivars to *Tuta absoluta*

Cultivars	Gross Reproductive Rate (offspring/individual)	Net Reproductive Rate (offspring/individua)	Intrinsic Rate of Increase (day ⁻¹)	Finite Rate of Increase (day ⁻¹)	Mean Generation Time (days)
"Goldy"	17.34 \pm 2.59 ^a	8.36 \pm 1.47 ^a	0.154 \pm 0.013 ^a	1.167 \pm 0.015 ^a	13.76 \pm 0.09 ^b
"Infinity"	20.17 \pm 2.88 ^a	7.31 \pm 1.33 ^a	0.139 \pm 0.013 ^a	1.150 \pm 0.015 ^a	14.26 \pm 0.08 ^a
<i>P_{val}</i>	0.46118	0.59497	0.42071	0.42089	0.00007

^a میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (آزمون بوت استرپ جفت شده، $P < 0.05$).

^a The means within the same column followed by the same letters are not significantly different (Paired Bootstrap Test, $P < 0.05$).

صفتی‌نیا و همکاران (Safaeniya *et al.*, 2017) گزارش شده است (به ترتیب ۳۲/۸۲ و ۲۹/۲۶ روز)، نشان می‌دهد که در صورت مساعد بودن شرایط محیطی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* می‌تواند تعداد نسل‌های بیشتری را در سال نسبت به شب‌پره *T. absoluta* ایجاد نماید.

در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی میزان سازگاری زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* با ارقام مقاوم گوجه‌فرنگی در جهت اجرای موفقیت‌آمیز برنامه‌های مدیریت تلفیقی شب‌پره *T. absoluta*، اثرات کیفیت گیاه میزبان روی پارامترهای زیستی این پارازیتوئید مورد مطالعه قرار گرفت. بر همین اساس، ابتدا زنبورهای پارازیتوئید به مدت سه نسل روی ارقام حساس و مقاوم گوجه‌فرنگی پرورش داده شدند تا اطمینان کافی از اینکه کیفیت گیاه میزبان تأثیر خود را بر ویژگی‌های بیولوژیک این دشمن طبیعی ایجاد نموده است، حاصل شود. سپس تصمیم گرفته شد که دو جمعیت آزمایشگاهی فوق (زنبورهای پرورش یافته روی ارقام حساس و مقاوم) در شرایط یکسان و روی تخم‌های شب‌پره‌ی بید

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که اگرچه مقادیر محاسبه شده‌ی این پارامتر روی رقم مقاوم "Goldy" بیش‌تر از مقدار محاسبه شده روی رقم حساس "Infinity" بود (به ترتیب ۰/۱۵۴ و ۰/۱۳۹ بر روز)، اما اختلافات مشاهده شده از نظر آماری معنی‌داری نبودند. ایرانی‌پور و همکاران (Iranipour *et al.*, 2009) مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت این پارازیتوئید را روی تخم‌های شب‌پره *A. kuehniella* ۰/۲۸۷ بر روز گزارش نمودند که از مقادیر گزارش شده در پژوهش حاضر بیش‌تر می‌باشد. رنجبر اقدم و محمودیان (Ranjbar Aghdam and Mahmoudian, 2014) مطالعه‌ی پارامترهای رشد جمعیت زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* روی تخم‌های کرم ساقه خوار برنج، مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت را بین ۰/۴۴۲ تا ۰/۴۵۲ بر روز گزارش نمودند. متوسط مدت زمان یک نسل این پارازیتوئید روی ارقام "Goldy" و "Infinity" به ترتیب برابر با ۱۳/۷۶ و ۱۴/۲۶ روز بود. مقایسه‌ی این پارامتر با مقادیر محاسبه شده برای شب‌پره *T. absoluta* روی این دو رقم که توسط

ضروری می‌باشد. البته بررسی کارایی سایر گونه‌های پارازیتوئید این خانواده و هم‌چنین سایر دشمنان طبیعی بالقوه این آفت به‌منظور استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی شب‌پره‌ی *T. absoluta* نیز موضوع مهمی است که باید به‌صورت دقیق مورد بررسی قرار گیرد. در پایان لازم به ذکر است که جهت استفاده از این پارازیتوئید در تلفیق با ارقام مختلف گوجه‌فرنگی در قالب برنامه‌های مدیریتی شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی، انجام بررسی‌های بیش‌تر در شرایط گلخانه و مزرعه کاملاً ضروری می‌باشد.

سپاسگزاری

از گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه یاسوج به دلیل در اختیار گذاشتن امکانات آزمایشگاهی لازم برای انجام پژوهش حاضر صمیمانه قدردانی می‌شود.

غلات مورد مطالعه قرار گیرند. بر اساس نتایج به دست آمده، به دلیل اثرات رو به بالای ارقام مورد مطالعه گوجه‌فرنگی روی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae*، درصد قابل توجهی از جمعیت این پارازیتوئید روی هر دو رقم حساس و مقاوم در مرحله‌ی نابالغ از بین رفته و قادر به رسیدن به مرحله‌ی بالغ و انجام تخم‌ریزی نمی‌باشند. با وجود این، افرادی که به مرحله‌ی بالغ می‌رسند قادر به انجام جفت‌گیری و پارازیت‌نمودن تخم‌های میزبان می‌باشند. باتوجه به درصد بالای تلفات ایجاد شده در مراحل نابالغ این پارازیتوئید، به‌نظر می‌رسد در برنامه‌های مدیریتی شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی باید استفاده از این پارازیتوئید را در قالب برنامه‌های رهاسازی اشباعی (Inundative release) و در نسل‌های مختلف آفت مدنظر قرار داد. علاوه بر این، جهت حصول نتیجه‌ی بهتر، لزوم پایش جمعیت آفت (Monitoring) میزبان با استفاده از تله‌های فرمونی به‌منظور تعیین تاریخ دقیق رهاسازی بسیار

References

- Anonymous**, 2015. Agricultural statistics (vol. 1), crop production during 2012-2013 in Iran. Ministry of Agriculture Jihad, Department of Planning and Economy, Center for Information and Communication Technology. (In Farsi)
- Apablaza, J.** 1992. Tomato moth, *Tuta absoluta* the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. **Pesqui Agropecu Bras** 79: 12-13. (In Spanish).
- Baniameri, V. and Cheraghian, A.** 2011. The current status of *Tuta absoluta* in Iran and initial control strategies. EPP/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA. 16-18 November, Agadir, Morocco. pp. 20-23.
- Chi, H.** 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology** 17: 26-34.
- Chi, H.** 2016. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. Retrieved April 25, 2016. from <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwosexMSChart.zip>.
- Chi, H. and Liu, H.** 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica (Taipei)** 24: 225-240.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A. G., Burgio, G., Arpaia, S., Naraez-Vasquez, C. A., Gonzalez-Cabrera, J., Ruescas, D. A., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. and Urbaneja, A.** 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. **Journal of Pest Science** 83: 197-215.
- Fathi, S. A. A., Solhi, N., Golizadeh, A. and Hassanpour, M.** 2015. Comparison of life history parameters of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) on five cultivars of tomato. **Iranian Journal of Plant Protection Science** 46: 141-149. (In Farsi)
- Fathipour, Y. and Sedaratian, A.** 2013. Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems. In: ElShemy, H. (Ed.) Soybean-Pest Resistance. InTech, Rijeka (Croatia). pp. 231-280.

- Gharekhani, G. H. and Salek-Ebrahimi, H.** 2014. Life table parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different varieties of tomato. **Journal of Economic Entomology** 107: 1765-1770.
- Holton, M. K., Lindroth, R. L. and Nordheim, E. V.** 2003. Foliar quality influences tree-herbivore-parasitoid interactions: effects of elevated CO₂, O₃, and plant genotype. **Oecologia** 137: 233-244.
- Iranipour, S., Farazmand, A., Saber, M. and Mashhadi 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 (51): 1-8.
- Irannejad-Parizi, L., Zahiri, B., Babolhavaeji, H., Khanjani, M. and Shararbar, H.** 2015. Evaluation of twelve tomato cultivars for resistance to tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae). **Plant Pests Research** 5 (1): 49-60. (In Farsi)
- Khanjani, M.** 2013. Vegetable pest in Iran (5th ed.). Bu-Ali Sina University Press Center, Iran. (In Farsi)
- La Rossa, F. R., Vasicek, A. and Lopez, M. C.** 2013. Effects of pepper (*Capsicum annuum*) cultivars on the biology and life table parameters of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology** 42: 634-641.
- Lashgari, A. A., Talebi, A. A., Fathipour, Y. and Farahani, S.** 2010. Study on demographic parameters of *Trichogramma brassicae* (Bezdenko) (Hym.: Trichogrammatidae) on three host species in laboratory conditions. **Journal of Entomological Research** 2 (1): 49-60. (In Farsi)
- Li, Y. L.** 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: A survey. In: Wajenberg, E. and Hassan, S. A. (Eds.) Biological Control with Egg Parasitoid. CAB International. pp. 37-51.
- Lietti, M. M. M., Botto, E. and Alzogaray, R. A.** 2005. Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology** 34: 113-119.
- Maleknia, B., Fathipour, Y. and Soufbaf, M.** 2015. How greenhouse cucumber cultivars affect population growth and two-sex life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **International Journal of Acarology** 42 (2): 70-78.
- Negahban, M.** 2016. Thermal requirements and temperature-dependent demography of *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae). M.Sc. Thesis in Agricultural Entomology. Yasouj University.
- Pereyra, P. C. and Sanchez, N. E.** 2006. Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology** 35: 671-676.
- Ranjbar Aghdam, H. and Mahmoudian, R.** 2014. Effect of different rice varieties on age specific life table and population growth parameters of *Trichogramma brassicae*, the egg parasitoid of the Striped Stem Borer, *Chilo suppressalis*. **Iranian Journal of Plant Protection Science** 45 (1): 1-11. (In Farsi)
- Razdoburdin, V. A.** 2006. Influence of the spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae) population density on its dynamics on different cucumber cultivars. **Entomological Review** 86: 398-408.
- Rostami, E., Madadi, H., Abbasipour, H., Allahyari, H. and Cuthbertson, A. G. S.** 2016. Life table parameters of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different tomato cultivars. **Journal of Applied Entomology**. doi: 10.1111/jen.12319
- Safaeniya, M., Sedaratian-Jahromi, A., Ghane-Jahromi, M. and Haghani, M.** 2017. Evaluation of antibiosis resistance of several tomato cultivars to tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) in laboratory conditions. **Applied Entomology and Phytopathology** 84: 327-344.
- Safuraie-Parizi, S., Fathipour, Y. and Talebi, A. A.** 2014. Evaluation of tomato cultivars to *Helicoverpa armigera* using two-sex life table parameters in laboratory. **Journal of Asia-Pacific Entomology** 17: 837-844.
- Sedaratian, A., Fathipour, Y. and Moharramipour, S.** 2009. Evaluation of resistance in 14 soybean genotypes to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Pest Science** 82: 163-170.
- Sedaratian, A., Fathipour, Y. and Moharramipour, S.** 2011. Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on 14 soybean genotypes. **Insect Science** 18: 541-553.

- Siqueira, H. A. A., Guedes, R. N. C. and Picanco, M. C.** 2000. Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Agricultural and Forest Entomology** 2: 147-153.
- Siqueira, H. A. A., Guedes, R. N. C., Fragoso, D. B. and Magalhaes, L. C.** 2001. Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **International Journal of Pest Management** 47: 247-251.
- Steidle, J. L. M., Rees, D. and Wright, E. J.** 2001. Assessment of Australian *Trichogramma* species (Hym.: Trichogrammatidae) as control agents of stored product moths. **Journal of Stored Products Research** 37: 263-275.
- Thomas, M.B. and Waage, J.K.** 1996. Integration of biological control and host plant resistance breeding: A scientific and literature review. TCARCEU, Wageningen, the Netherlands.
- Uzun, S.** 1994. Studies on parasitoid-host relationship of *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) and eggs of mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zell. under different temperatures and storage periods. Turkiye III Biyolojik Mucadele Kongresi. 25-28 January, Izmir. pp 431-440. (In Turkish).
- Yazdani Khorasani, A., Hosseini Bai, Sh., Hadad Irani Nezhad, K. and Mashhadi Jafarloo, M.** 2006. An investigation on some biological traits of *Trichogramma brassicae* Bezd. on the eggs of angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* Oliv. **Journal of Agricultural Science** 12 (2): 271-283. (In Farsi)

Evaluating the compatibility of parasitoid wasp, *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) with selected cultivars of tomato in integrated management of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae)

M. Safaeniya¹, A. Sedaratian-Jahromi^{1*}, M. Ghane-Jahromi¹ and M. Haghani¹

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

(Received: December 5, 2016- Accepted: May 12, 2017)

Abstract

Since plant quality could affect biological performance of natural enemies (bottom-up effects), compatibility of parasitoid wasp, *Trichogramma brassicae* Bezdenko with susceptible ("Infinity") and resistant ("Goldy") tomato cultivars to *Tuta absoluta* (Meyrick) was evaluated in laboratory conditions with $25 \pm 1^\circ\text{C}$, relative humidity of $65 \pm 5\%$ and a light period of 16 h. Data analysis was performed using Age-Stage Two Sex Life Table theory. The value for total immature stages of *T. brassicae* on the cultivar "Infinity" was 12.80 ± 0.06 (days), which was significantly different from the recorded value of this parameter on "Goldy" (12.31 ± 0.07 days). The mean number of parasitized eggs of *T. absoluta* by this parasitoid wasp on the cultivars "Infinity" and "Goldy" was not significantly different and the obtained values for this parameter on the above-mentioned cultivars were 36.28 ± 2.67 and 39.30 ± 2.65 (eggs/female), respectively. Immature mortality of this parasitoid wasp was not significantly different on the cultivars "Infinity" and "Goldy" (65.97 ± 3.95 and 64.00 ± 4.05 (%), respectively). Furthermore, the values for net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (r) and finite rate of increase (λ) of parasitoid wasp *T. brassicae* on the cultivar "Infinity" was 7.31 ± 1.33 (offspring/individual), 0.139 ± 0.013 (day^{-1}) and 1.150 ± 0.015 (day^{-1}), which was not significantly different from those obtained on the cultivar "Goldy" (8.36 ± 1.47 [offspring/individual], 0.154 ± 0.013 [day^{-1}] and 1.167 ± 0.015 [day^{-1}], respectively). Furthermore, the cultivars "Infinity" and "Goldy" had significant effects on the mean generation time (T) of *T. brassicae* and the recorded value for this parameter on the above-mentioned cultivars was 14.26 ± 0.08 and 13.76 ± 0.09 (days), respectively. Regarding the results obtained in the present study, partially resistance of cultivar "Goldy" had a relative compatibility with parasitoid wasp *T. brassicae* and therefore, these two control procedures could be combined together for integrated management of *T. absoluta*.

Key words: Bottom-up effects, Egg parasitoid, Integrated management, Biological control, Intrinsic rate of increase

*Corresponding author: Sedaratian@yu.ac.ir