

شاخص‌های جدول زندگی زنبور انگلواره *Eretmocerus delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum*

جعفر ابراهیمی^۱، ارسلان جمشیدنیا^{۲*} و حسین اللهیاری^۳

۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار حشره‌شناسی، گروه حشره‌شناسی و بیماری‌های گیاهی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۳. دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۲۲)

چکیده

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hem.: Aleyrodidae) آفتی چندین‌خوار (پلی‌فاز) و کلیدی است که به دامنه گسترده‌ای از گیاهان آسیب وارد می‌سازد. زنبور انگلواره یا پارازیتوید *Eretmocerus delhiensis* Mani (Hym.: Aphelinidae) یک گونه تخمگذار تناوبی (Synovigenic) و ماده‌زا بوده که پوره‌های سفیدبالک گلخانه را انگلی (پارازیت) می‌کند. در این پژوهش شاخص‌های جمعیت‌شناختی (دموگرافی) این زنبور انگلواره روی سفیدبالک گلخانه در تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری $16:8$ ساعت (روشنایی: تاریکی) بررسی شد. شاخص‌های رشد جمعیت بر پایه جدول زندگی سن-مرحله دوجنسی محاسبه شد. نتایج نشان داد که طول دوره تخم‌ریزی، طول عمر و میزان زادآوری برای این زنبور انگلواره به ترتیب 4.2 ± 0.12 ، 20.74 ± 0.5 و 17.43 ± 0.17 روز و روز $17/43 \pm 0.72$ تخم بود. بر پایه نتایج جدول زندگی شاخص‌های جمعیت‌شناختی شامل: نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) به ترتیب 12.11 ± 0.94 و 31.43 ± 1.85 و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ منتهای افزایش جمعیت (λ)، به ترتیب 0.16 ± 0.0059 ، 1.17 ± 0.007 و میانگین طول عمر یک نسل (T) و زمان دو برابر شدن یک نسل (DT) این زنبور انگلواره به ترتیب 15.66 و 4.354 روز برآورد شد. بر پایه نتایج به‌دست‌آمده، امید فراوانی وجود دارد تا از این انگلواره به‌عنوان یک عامل زیستی (بیولوژیک) در کنترل سفیدبالک گلخانه استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: *Eretmocerus delhiensis*، امید به زندگی، دموگرافی، زادآوری ویژه سنی.

Life table parameters of parasitoid wasp *Eretmocerus delhiensis* Mani on greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood

Jafar Ebrahimifar¹, Arsalan Jamshidnia^{2*} and Hossein Allahyari³

1, 2. M. Sc. Student and Assistant Professor, Department of Entomology and Plant Pathology, College of Aburayhan, University of Tehran, Iran

3. Associate Professor, Department of Plant Protection, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Feb. 21, 2016 - Accepted: Jun. 11, 2016)

ABSTRACT

The greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hem.: Aleyrodidae) is a polyphagous and key pest that causes damaging to wide range of crops. The parasitoid wasp, *Eretmocerus delhiensis* Mani (Hym.: Aphelinidae) is a synovigenic and thelytokous species that parasitizing greenhouse whitefly nymphs. In order to evaluation parasitoid wasp, *Eretmocerus delhiensis* Mani (Hym.: Aphelinidae) in control of greenhouse whitefly demography parameters of *E. delhiensis* on greenhouse whitefly on tomato cultivar Super-Chief at temperature $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 65 ± 5 % RH and a photoperiod 16:8 h (L: D) in growth chamber were studied. For calculation of population growth parameters Age- Stage, Two-Sex Life table was used. The result showed that oviposition period, longevity and fecundity for this parasitoid were 4.2 ± 0.12 d, 20.74 ± 0.5 d and 17.43 ± 0.17 offspring respectively. Based on results of the life table, demography parameters consisting of net reproductive rate (R_0), gross reproductive rate (GRR) were 12.11 ± 0.94 and 31.43 ± 1.85 offspring per female, intrinsic rate of increase (r_m), finite rate of increase (λ), were 0.16 ± 0.0059 d⁻¹, 1.17 ± 0.007 d⁻¹ and mean generation time (T) and doubling time (DT) of *E. delhiensis* were 15.66 d and 4.354/d respectively. Based on our results, this parasitoid is a promising candidate for greenhouse whitefly control.

Keywords: age specific fecundity, demography, *Eretmocerus delhiensis*, life expectancy.

مقدمه

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hem.: Aleyrodidae) چندین خوار (پلی فاژ) و کلیدی است که باعث ایجاد آسیب به طیف گسترده‌ای از گیاهان گرمسیری و نیمه گرمسیری می‌شود. پوره‌ها و حشره‌های کامل سفیدبالک گلخانه افزون بر مکیدن شیره گیاهی، قابلیت تولید عسلک نیز دارند که این عسلک بستر مناسبی برای رشد قارچ‌های پوده‌رست (ساپروفیت) روی سطح گیاه به وجود می‌آورد و منجر به تخریب کل گیاه می‌شود (Van der Linden and Van der Staa, 2001). امروزه مدیریت مبارزه با سفیدبالک‌ها به‌طور عمده وابسته به ترکیب‌های شیمیایی است اما این آفت نسبت به بیشتر ترکیب‌های شیمیایی مقاوم شده و کنترل آنرا دشوار کرده است (Costa et al., 1993).

در دهه اخیر، تحقیقات زیادی روی کارایی دشمنان طبیعی سفیدبالک‌ها به‌ویژه سفیدبالک گلخانه انجام شده است (Shah et al., 2015; Cetintas & Auslane, 2009). دشمنان طبیعی مؤثر سفیدبالک گلخانه شامل؛ شکارگرها (بالتوری سبز و سن‌های *Macrolophous*، قارچ‌های بیماری‌گر و زنبورهای انگلواره (پارازیتوئید) هستند و مهم‌ترین انگلواره‌های این آفت خانواده Aphelinidae هستند (Zolnerowich Ren et al., 2010) and Rose, 2008). زنبورهای جنس *Eretmocerus* اندو-اکتو انگلواره هستند که افراد ماده بین سطح برگ و پوره میزبان تخم‌ریزی کرده پس از آن لارو سن اول وارد بدن میزبان شده و به‌صورت درونی از میزبان تغذیه می‌کند. زنبور انگلواره *Eretmocerus delhiensis* Mani (Hym.: Aphelinidae) یکی از انگلواره‌های این آفت بوده و نخستین بار از ایران از روی سفیدبالک نیشکر *Corbett Neomaskellia andropogonis* گزارش شد (Khadempour et al., 2014). این زنبور انگلواره یک گونه تخمگذار تناوبی (Synovigenic) و بکرزای ماده‌زا است.

تعیین شاخص‌های زیستی یکی از ابزار سودمند در ارزیابی دشمنان طبیعی است و نقش به‌سزایی در میزان موفقیت یک دشمن طبیعی در کنترل آفات ایفا می‌کند

(Fathipour et al., 2004). برای ارزیابی کارایی و پویایی یک دشمن طبیعی، شناخت شاخص‌های جمعیت‌شناختی (دموگرافی) آن بسیار اهمیت دارد و قابلیت رشد جمعیت و شاخص‌های مربوط به دشمن طبیعی از راه جدول زندگی محاسبه می‌شوند (Maia et al., 2000). شاخص‌های جدول زندگی و تولیدمثلی زنبور انگلواره *Eretmocerus Rose & Zolnerowich eremicus* روی سفیدبالک برگ نقره‌ای (Bellows & Headrick et al., 1999) و روی سفیدبالک گلخانه بررسی شده است (Soler & van Lenteren, 2004). همچنین، شاخص‌های جمعیت‌شناختی شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثل برای زنبور انگلواره *E. eremicus* روی سفیدبالک برگ نقره‌ای و سفیدبالک گلخانه (Soler and van Lenteren, 2004)، و همچنین برای زنبور انگلواره *E. sp. nr. Furuhashii* روی *Bemesia tabaci* Gennadius نیز بررسی و گزارش شده است (Qiu et al., 2007). شاخص‌های جمعیت‌شناختی زنبور انگلواره *E. mundus* روی سفیدبالک *B. tabaci* توسط Zandi-Soohani (2008) و زیست‌شناسی زنبور انگلواره *E. sudanensis* روی *B. tabaci* biotype B توسط Castillo & Stansly (2011) بررسی شده است. در مورد جمعیت‌شناختی زنبور انگلواره *E. delhiensis* اطلاعات ناچیزی وجود دارد و تنها ویژگی‌های زیستی این زنبور انگلواره روی سفیدبالک نیشکر *N. andropogonis* بررسی شده است (Khadempour, 2013).

هدف از این تحقیق، بررسی کارایی زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* در تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی بوده لذا در این پژوهش شاخص‌های زیستی از جمله شاخص‌های رشدی، تولیدمثلی و جدول زندگی ارزیابی شده است.

مواد و روش‌ها

تشکیل کلنی سفیدبالک گلخانه

سفیدبالک گلخانه از روی گیاه خیار گردآوری و شناسایی شد و برای تشکیل کلنی، از گیاه گوجه‌فرنگی رقم سوپرچف (Super-Chief) استفاده

انگلواره مورد بررسی تخمگذار تناوبی است و باید برای بلوغ تخم‌های خود از میزبان تغذیه کند بنابراین در زمان کمتر از ۲۴ ساعت میزان تخم‌ریزی آن بسیار ناچیز بود) انتخاب شد و یک برگ گیاه گوجه‌فرنگی حاوی ۳۰-۲۵ پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه در اختیار آن‌ها قرار گرفت و پس از دوازده ساعت زنبورها حذف شد و تا زمان ظهور نشانه انگلی شدن (پارازیتسم) در اتاقک رشد نگهداری شد. پوره‌های انگلی شده به رنگ قهوه‌ای روشن (Beige) و با لکه‌های چشمی مشخص بودند که پس از ده روز نمایان شدند. برای تعیین شاخص‌های زیستی این زنبور انگلواره شمار صد پوره انگلی شده به‌عنوان جمعیت اولیه انتخاب شد. طول دوره رشد پیش از بلوغ (از مرحله تخم تا حشره کامل) هر زنبور کاملی که از پوسته پورگی سفیدبالک گلخانه خارج می‌شد، یادداشت شد همچنین بقاء روزانه هر فرد و زادآوری (شمار نتاج) هر فرد ماده نیز ثبت شد. برای محاسبه شاخص‌های جدول زندگی، داده‌ها بر پایه سن حشره‌های ماده (x) و مرحله (j) تنظیم شد و شاخص‌های نرخ زنده‌مانی ویژه مرحله - سنی (s_{xj})، زادآوری ویژه مرحله - سنی (f_{xj})، نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (m_x)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و میانگین طول یک نسل (T) از راه جدول زندگی دوجنسی Age-Stage, Two-Sex و Sex Life Table و با برنامه رایانه‌ای MSchart برآورد شد (Chi, 2015). افزون بر این، شاخص مدت‌زمان دو برابر شدن جمعیت با فرمول $DT=(\ln 2)/r_m$ محاسبه شد (Liu, 2007). نمودار مربوط به هر شاخص برحسب سن (Age) انگلواره با نرم‌افزار Excel (2010) ترسیم شد.

نتایج و بحث

از شمار صد پوره انگلی شده سن سوم سفیدبالک گلخانه (پوره‌های سن سوم ثابت بوده و بدنی شفاف دارند به‌طوری که اندام‌های درونی آن‌ها از بیرون به‌طور کامل مشخص هستند) توسط زنبور انگلواره *E. delhiensis*، شمار ۷۱ زنبور انگلواره ماده خروج

شد. گلدان‌های سالم و بدون آلودگی به آفت به درون قفس‌هایی با ابعاد $120 \times 50 \times 50$ سانتی‌متر که با پارچه توری ارگانزا پوشیده شده بود، منتقل و در شرایط گلخانه پرورش داده شد.

پرورش زنبور انگلواره *E. delhiensis*

جمعیت اولیه این زنبور انگلواره از روی سفیدبالک نیشکر *N. andropogonis* از کشت و صنعت امام خمینی (ره) از استان خوزستان گردآوری و توسط مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور تأیید شد. برای پرورش انگلواره، شماری بوتۀ آلوده به مراحل نابالغ سفیدبالک گلخانه در یک اتاقک رشد جداگانه (دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) درون قفس توری ارگانزا با ابعاد $120 \times 50 \times 50$ سانتی‌متر قرار داده شد و جمعیتی از زنبور روی آن‌ها ره‌سازی شد. هر سه روز یک‌بار شماری بوتۀ آلوده به سفیدبالک به کلنی زنبور اضافه شد تا جمعیت مناسبی از انگلواره افزایش و پرورش یابد. پوره‌های انگلی (پارازیت‌ه) شده به رنگ قهوه‌ای روشن و با لکه‌های چشمی مشخص بودند اما در مراحل آغازین تشخیص آن‌ها دشوار بود و تنها راه تشخیص انگلی شدن وارونه کردن پوره موردنظر بود که وجود یک نقطه سیاه‌رنگ در سطح شکمی پوره نشان‌دهنده انگلی شدن میزبان است. پس از مشخص شدن پوره‌های انگلی شده، شماری برگ حاوی این پوره‌ها، درون ظرف‌های پتری ۸ سانتی‌متری قرار داده شد و زنبورهایی که از این پوره‌ها خارج می‌شدند در آزمایش‌های اصلی در شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در اتاقک رشد استفاده شد.

جدول زندگی

با انجام آزمایش‌های ترجیح سنین پورگی مشخص شد که زنبور انگلواره *E. delhiensis* سن سوم پورگی را نسبت به دیگر سنین برای انگلی شدن ترجیح می‌دهد (داده‌های چاپ نشده، نگارندگان). در آغاز شمار سی عدد زنبور انگلواره دو روزه (با توجه به اینکه زنبور

روی بیوتیپ B سفیدبالک پنبه *B. tabaci* در شرایط آزمایشگاهی ۹۱/۳ تخم بر فرد ماده (Castillo & Stansly, 2011)، برای زنبور انگلواره *E. mundus* روی *B. tabaci* در تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی و فلفل شیرین به ترتیب $51 \pm 4/4$ و $63/8 \pm 8/2$ تخم بر فرد ماده (Urbaneja et al., 2007)، میزان نرخ خالص تولیدمثل برای زنبور انگلواره *E. eremicus* روی سفیدبالک برگ نقره‌ای *B. argentifolii* در تغذیه از گیاه توتون و فلفل شیرین به ترتیب ۱۳/۱۱ و ۱۱/۶۴ تخم بر فرد ماده (Headrick et al., 1999) و همچنین برای زنبور انگلواره *Eretmocerus melanoscutus* روی سفیدبالک پنبه *B. tabaci* گیاه کلم ۶۱/۴۲ نتاج بر فرد ماده گزارش شده است (Liu, 2007).

افزون بر این، میزان نرخ خالص تولیدمثل برای زنبور انگلواره *E. mundus* روی سفیدبالک توتون *B. tabaci* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس روی گیاه خیار ۳۷/۲۵ تخم بر فرد ماده محاسبه شد (Zandi-Soohani, 2008). نرخ خالص تولیدمثل زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک نیشکر *N. andropogonis* ۶۹/۰۴ ± ۱/۶۱ تخم بر فرد ماده گزارش شده است (Khadempour, 2013). تفاوت در میزان نرخ خالص تولیدمثل در این بررسی با دیگر بررسی‌ها به علت تخمگذار تناوبی بودن زنبور انگلواره *E. delhiensis* و همچنین رفتار تغذیه از میزبان (Host feeding) آن است و تفاوت در گونه میزبان و انگلواره نیز می‌تواند از دلایل این اختلاف باشد.

در این تحقیق نرخ ناخالص تولیدمثل (Gross Reproductive Rate, GRR) برای زنبور انگلواره *E. delhiensis* برابر با $31/43 \pm 1/85$ نتاج بر فرد ماده محاسبه شد (جدول ۲). این شاخص برای زنبور انگلواره *E. melanoscutus* روی سفیدبالک پنبه *Bemesia tabaci* در تغذیه از گیاه کلم ۹۱/۳۶ نتاج بر فرد ماده ثبت شده است (Liu, 2007).

نرخ نهایی شده افزایش جمعیت (λ Finite Rate of Increase) برای زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* $1/17 \pm 0/07$ بر روز محاسبه شده است (جدول ۲). میزان نرخ متناهی افزایش جمعیت برای انگلواره *E. melanoscutus* روی *B. tabaci* در دمای ۲۶ درجه سلسیوس ۱/۲۴ بر روز

موفق داشتند و بنابراین نسبت جنسی این زنبور انگلواره به‌طور کلی ماده بود. میانگین طول دوره‌های رشدی و مراحل مختلف زیستی (شامل مرحله نابالغ و بالغ) در جدول ۱ ارائه شده است. طول دوره پیش از بلوغ $15/5 \pm 0/33$ روز و طول دوره بلوغ $5/7$ روز برای این زنبور انگلواره محاسبه شد. بیشترین میزان زادآوری روزانه ۵/۵ تخم بود و در کل دوره زندگی (Life Span) بیشینه زادآوری برای هر فرد ماده ۳۳ تخم ثبت شد. میانگین کل زادآوری زنبور انگلواره *E. delhiensis* در جدول ۱ ارائه شده است (جدول ۱). در آزمایش‌های همسان میانگین تخم‌ریزی روزانه زنبور انگلواره *E. sudanensis* روی *B. tabaci* Biotype B دمای ۲۶ درجه سلسیوس سیزده تخم و میانگین تخم‌ریزی کل ۱۶۱ تخم بود (Castillo & Stansly, 2011). دیگر بررسی‌ها نشان داد که میانگین تخم‌ریزی روزانه زنبور *E. sp. nr. furuhashii* به ازای هر ماده روی *B. tabaci* در دمای ۲۶ درجه سلسیوس برابر با ۵/۵ تخم و میانگین شمار کل تخم آن ۴۱/۱ تخم محاسبه شد (Qiu et al., 2007). میانگین تخم‌ریزی روزانه و شمار کل تخم زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک نیشکر *N. andropogonis* به ترتیب $4/5 \pm 0/29$ و $82/80 \pm 3/2$ تخم گزارش شده است (Khadempour, 2013). اختلاف در تخم‌ریزی روزانه و کل در بررسی جاری با دیگر بررسی‌های همسان به احتمال به دلیل تفاوت در گونه پارازیتوئید و نوع گونه سفیدبالک است چراکه پوره‌های سفیدبالک گلخانه نسبت به سفیدبالک نیشکر و سفیدبالک توتون اندازه کوچک‌تری دارند و در نتیجه شایستگی انگلواره‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین هر چه میزبان بزرگ‌تر باشد نتاج انگلواره بزرگ‌تر و احتمال زنده‌مانی و طول عمر آن‌ها نیز بیشتر است.

شاخص‌های جدول زندگی زنبور انگلواره *E. delhiensis* در جدول ۲ نشان داده شده است. نرخ خالص تولیدمثل (Net Reproductive Rate, R_0) بیانگر میانگین شمار تخم تولیدشده توسط یک فرد ماده با احتمال بقای آن فرد است و برای زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه $12/11 \pm 0/94$ نتاج بر روز محاسبه شده است (جدول ۲). این شاخص برای زنبور انگلواره *E. sudanensis*

در دمای ۲۶ درجه سلسیوس ۰/۱۴۹ بر روز (Qiu et al., 2007) و برای زنبور انگلواره *E. mundus* روی سفیدبالک *B. tabaci* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۰/۲۳ بر روز محاسبه شده است (Zandi-Soohani, 2008). میزان این شاخص برای زنبور انگلواره *E. mundus* روی سفیدبالک توتون *B. tabaci* در تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی و فلفل شیرین به ترتیب ۰/۲۱۹±۰/۰۰۴ و ۰/۲۱۶±۰/۰۰۵ بر روز ثبت شده است (Urbaneja et al., 2007). همچنین میزان r_m زنبور انگلواره *E. eremicus* روی سفیدبالک برگ نقره‌ای *B. argentifolii* در تغذیه از گیاه توتون و فلفل شیرین به ترتیب ۰/۱۰۶ و ۰/۰۵۶ بر روز گزارش شده است (Headrick et al., 1999). بنابراین با توجه به میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولیدمثل و طول یک نسل زنبور انگلواره *E. delhiensis* در مقایسه با دیگر زنبورهای جنس *Eretmocerus* به نظر می‌رسد این انگلواره می‌تواند در کاهش جمعیت سفیدبالک گلخانه تأثیر خوبی داشته باشد. از نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، برای مقایسه تأثیر عامل‌های مختلف مانند تأثیر عامل‌های فیزیکی نور، دما و رطوبت روی شاخص‌های زیستی یک حشره می‌توان استفاده کرد و همچنین عامل‌های چندی مانند اندازه میزبان، نژاد دشمن طبیعی، گیاه میزبان و رژیم غذایی افراد ماده و حتی ویژگی تغذیه از میزبان می‌تواند نرخ ذاتی افزایش جمعیت را تحت تأثیر قرار دهد بنابراین می‌توان از شاخص r_m برای مقایسه قابلیت جمعیت‌های مختلف استفاده نمود.

بیشتر تحقیقات در مورد تولیدمثل حشره‌ها، به دلیل دشواری‌هایی که در اندازه‌گیری باروری وجود دارد بیشتر به بررسی زادآوری (کل شمار تخم‌های گذاشته‌شده در طول زندگی حشره) پرداخته‌اند. بنابراین دامنه‌ای از عامل‌های زنده درونی مانند اندازه حشره (انگلواره) و عامل‌های زنده بیرونی مانند اثر رقم یا مرحله رشدی گیاه و همچنین عامل‌های غیرزنده مانند شرایط آزمایشی بر نرخ تولد و میزان زادآوری تأثیرگذار هستند.

میانگین طول یک نسل (Mean Generation Time, T)، مدت‌زمانی است که یک جمعیت نیاز دارد

(Liu, 2007)، برای زنبور انگلواره *E. mundus* روی سفیدبالک توتون *B. tabaci* ۱/۲۶ بر روز (Sandi-Soohani, 2008) و برای زنبور انگلواره *Eretmocerus sp. nr. furuhashii* روی سفیدبالک توتون *B. tabaci* در دمای ۲۶ درجه سلسیوس ۱/۱۶ بر روز محاسبه شده است (Qiu et al., 2007). میزان این شاخص برای زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک نیشکر *N. andropogonis* ۱/۱۶±۰/۰۵ گزارش شده است (Khadempour, 2013). نتایج این پژوهش با نتایج محققان یادشده همخوانی دارد.

جدول ۱. شاخص‌های زیستی زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سن سوم پورگی سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum*
Table 1. Biological parameters of parasitoid wasp *E. delhiensis* on 3rd nymphal stage of greenhouse whitefly *T. vaporariorum*

Life parameters	Mean (±SE)
Adult Preoviposition Period	0.46 ±0.06 days
Total Preoviposition Period	15.5 ±0.33 days
Post Oviposition Period	1.04 ±0.08 days
Oviposition Period	4.2 ±0.12 days
Adult Period	5.7 ±0.30 days
Longevity	20.74 ±0.5 days
Fecundity	17.43 ±0.72 days

SE: Standard Error

میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت (Intrinsic Rate of Increase, r_m) برای زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه در تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی ۰/۱۶۵±۰/۰۰۵۹ بر روز محاسبه شده است (جدول ۲) درحالی‌که میزان این شاخص برای همین زنبور روی سفیدبالک نیشکر ۰/۲۴±۰/۰۲ بر روز گزارش شده است (Khadempour, 2013). یکی از دلایل تفاوت بین این دو میزان، نوع گیاه میزبان و نوع گونه سفیدبالک است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور انگلواره *E. sudanensis* روی بیوتیپ *B* سفیدبالک توتون ۰/۲۴ بر روز (Castillo & Stansly, 2011)، برای زنبور انگلواره *E. eremicus* و *E. formosa* روی سفیدبالک گلخانه در تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۲ بر روز و برای زنبور انگلواره *E. eremicus* روی سفیدبالک برگ نقره‌ای در تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی ۰/۰۹۵ بر روز گزارش شده است (Soler & van Lenteren, 2004). با این حال میزان r_m زنبور انگلواره *E. sp. nr. Furuhashii* روی *B. tabaci*

مدت‌زمان دو برابر شدن (Doubling Time, DT) جمعیت روش متفاوتی برای بیان قابلیت رشد حشره است و بیانگر مدت‌زمان لازم برای اینکه جمعیت حشره به میزان دو برابر افزایش یابد. مدت‌زمان دو برابر شدن یک نسل زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum*، $4/35$ روز محاسبه شده است (جدول ۲) درحالی‌که این مدت‌زمان برای همین زنبور انگلواره روی سفیدبالک نیشکر $2/96 \pm 0/06$ روز گزارش شده است (Khadempour, 2013). علت تفاوت در این زمان‌ها شرایط فیزیکی گیاه میزبان، گونه آفت و شرایط آزمایشی است.

زمان دو برابر شدن جمعیت *E. mundus* روی سفیدبالک توتون در تغذیه از گیاه خیار $2/95 \pm 0/21$ روز (Zandi-Soohani, 2008)، برای زنبور انگلواره *E. sp. nr. furuhashii* روی *B. tabaci* در دمای 26 درجه سلسیوس $4/6$ روز (Qiu et al., 2004) و برای سفیدبالک زنبور انگلواره *E. melanoscutus* روی سفیدبالک توتون در تغذیه از گیاه کلم $3/19$ روز گزارش شده است (Liu, 2007). این مدت برای زنبور انگلواره *E. sudanensis* روی بیوتیپ B سفیدبالک توتون $2/8$ روز (Castillo & Stansly, 2011) و برای زنبور انگلواره *E. mundus* روی سفیدبالک توتون در تغذیه از دو گیاه گوجه‌فرنگی و فلفل شیرین $3/2 \pm 0/1$ برآورد شده است (Urbaneja et al., 2007).

تا به اندازه نرخ خالص تولیدمثل افزایش یابد. طول دوره یک نسل زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه در تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی $15/66 \pm 0/35$ روز محاسبه شد (جدول ۲). درحالی‌که میزان این شاخص برای همین زنبور انگلواره روی سفیدبالک نیشکر $18/08 \pm 0/32$ روز گزارش شده است (Khadempour, 2013). این تفاوت می‌تواند به علت ساختار فیزیکی میزبان گیاهی و میزبان آفت (سفیدبالک) باشد. طول یک نسل زنبور انگلواره *E. sudanensis* روی بیوتیپ B سفیدبالک توتون $18/5$ روز (Castillo & Stansly, 2011)، برای زنبور *E. sp. nr. furuhashii* روی سفیدبالک توتون در دماهای 20 ، 23 ، 26 ، 29 و 32 به ترتیب $37/2$ ، $28/6$ ، $19/6$ ، $14/5$ و $11/5$ روز (Qiu et al., 2007) و برای زنبور انگلواره *E. mundus* روی *B. tabaci* در تغذیه از دو گیاه گوجه‌فرنگی و فلفل شیرین به ترتیب $17/9 \pm 0/4$ و $19/3 \pm 0/5$ روز گزارش شده است (Urbaneja et al., 2007). در بررسی‌های Zandi-soohani (2008)، طول یک نسل زنبور انگلواره *E. mundus* روی *B. tabaci* در تغذیه از گیاه خیار در دماهای 20 ، 25 ، 30 و 32 درجه سلسیوس به ترتیب $23/9$ ، $15/44$ ، $11/56$ و $11/56$ روز محاسبه شد. دلایل این تفاوت‌ها به نوع میزبان گیاهی، گونه آفت، گونه انگلواره و شرایط آزمایشی بستگی دارد.

جدول ۲. شاخص‌های جدول زندگی زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سن سوم پورگی سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum*

Table 2. Demography parameters of parasitoids wasp *E. delhiensis* on 3rd nymphal stage of greenhouse whitefly *T. vaporariorum*

Demography parameters	Mean (\pm SE)	Unit
Net reproductive rate (R_0)	12.11 \pm 0.94	Offspring/female
Gross reproductive rate (GRR)	31.43 \pm 1.85	Offspring/female
Intrinsic Rate of Increase (r_m)	0.16 \pm 0.0059	day ⁻¹
Finite Rate of Increase (λ)	1.17 \pm 0.007	day ⁻¹
Mean Generation Time (T)	15.66 \pm 0.35	day
Doubling Time (DT)	4.35 \pm 0.25	day

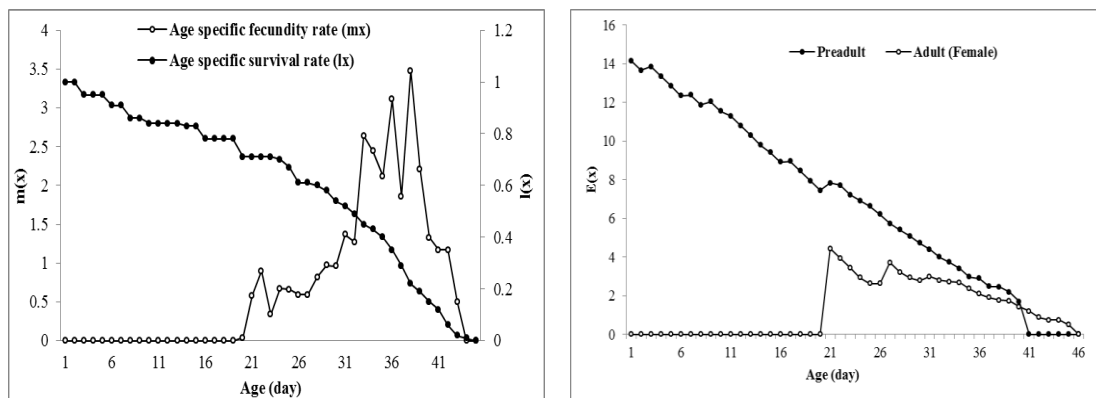
SE: Standard Error

حشره در طول یک نسل آن توصیف کرد و بقاء یا زنده‌مانی زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه باگذشت سن، کاهش تدریجی داشته و درنهایت به صفر می‌رسد این بدان معناست که بیشترین تلفات و مرگومیر این زنبور انگلواره در

نرخ زنده‌مانی (بقاء) و ویژه سنی (l_x)، نرخ زادآوری ویژه سنی (m_x) و امید به زندگی (e_x) زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سن سوم پورگی سفیدبالک گلخانه برحسب سن (Age) در شکل ۱ بیان شده است. بقاء را می‌توان بر پایه میزان زنده‌مانی یا میزان تلفات یک

تولیدمثلی (V_x) زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سن سوم پورگی سفیدبالک گلخانه در شکل ۲ بیان شده است. مرگ‌ومیر در این زنبور انگلواره با افزایش سن زنبور به تدریج کاهش یافت ولی میزان تولیدمثل آن با گذشت سن، در آغاز افزایش و سپس کاهش می‌یابد و میزان زادآوری همزمان با افزایش میزان تولیدمثل افزایش و پس از نوسان‌هایی کاهش یافته است (جدول ۲). میزان تولیدمثل در اوایل دوره تولیدمثل به بیشینه میزان خود رسید و با افزایش سن از میزان آن کاسته شد. میانگین میزان تولیدمثل برای زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه به میزان ۵/۲۵ روز بود. بیشینه میزان تولیدمثل در روز سی و چهارم به میزان ۱۱/۳۱ روز بوده در صورتی که کمترین میزان تولیدمثل آن در دو روز آخر به میزان صفر بوده است (شکل ۲).

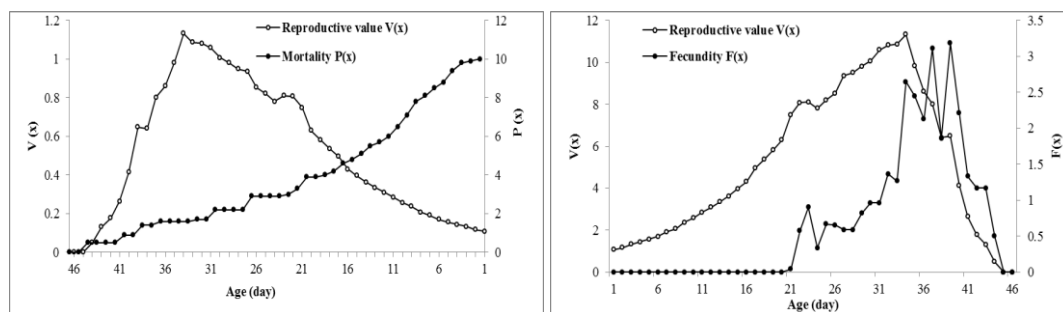
انتهای دوره زندگی آن رخ می‌دهد یعنی منحنی بقای زنبور انگلواره *E. delhiensis* از نوع اول و محدب (Convex curve) است و با گذشت سن میزان مرگ‌ومیر آن‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۱). زادآوری ویژه سنی (m_x)، توسط افراد جدید یک جمعیت و بر پایه میزان تولید تخم توسط افراد ماده تعیین می‌شود و در واقع ارتباط مستقیمی با منابع غذایی دارد. زادآوری ویژه سنی در زنبور انگلواره *E. delhiensis* با افزایش سن به تدریج افزوده می‌شود و در نهایت به علت کاهش زنده‌مانی زنبور، میزان زادآوری آن نیز کاهش یافت. امید به زندگی (e_x) این زنبور انگلواره در مراحل نابالغ با افزایش سن کاهش یافت ولی در مرحله بالغ (ماده) در آغاز صفر پس از آن افزایش چشمگیری پیدا کرد و در ادامه با افزایش سن کاهش یافت (شکل ۱). میزان مرگ‌ومیر (P_x)، زادآوری (F_x) و میزان



شکل ۱. نرخ زادآوری ویژه سنی (m_x)، نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) و امید به زندگی (e_x) زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سن سوم پورگی

T. vaporariorum سفیدبالک گلخانه

Figure 1. Age-specific fecundity rate (m_x), age-specific survival rate (l_x) and expectancy (e_x) of parasitoid wasp *E. delhiensis* on 3rd nymphal stage of greenhouse whitefly *T. vaporariorum*



شکل ۲. میزان مرگ‌ومیر (P_x)، زادآوری (F_x) و میزان تولیدمثل (V_x) زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سن سوم پورگی

سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum*

Figure 2. Mortality (P_x), Fecundity (F_x) and Reproductive value (V_x) of parasitoid wasp *E. delhiensis* on 3rd nymphal stage of greenhouse whitefly *T. vaporariorum*

تغذیه از گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) روی رقم Chocho در دمای ۲۶ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۰۳۵ بر روز، ۲/۴ تخم بر فرد ماده و ۲۴/۷ روز و در دمای ۲۲ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۰۶۱ بر روز، ۸/۳ تخم بر فرد ماده و ۳۶/۱ روز گزارش شده است (Manzano & Van Lenteren, 2009). یک دشمن طبیعی باید دارای نرخ ذاتی افزایش جمعیت بیشتر و یا برابر میزبان و میانگین طول نسل کوتاه‌تری نسبت به میزبان خود داشته باشد تا بتواند انبوهی جمعیت میزبان را کاهش دهد و دشمن طبیعی مؤثری باشد. لذا با توجه به شاخص‌های جمعیت‌شناختی زنبور انگلواره *E. delhiensis* روی سفیدبالک گلخانه ($T=15/66$ d و $r_m=0/16$ d⁻¹) و همچنین با توجه به ماده‌زا بودن این زنبور انگلواره، امید فراوانی وجود دارد تا به‌عنوان یک عامل کنترل زیستی مؤثر در گلخانه علیه آفت یادشده استفاده شود.

سپاسگزاری

از گروه حشره‌شناسی و بیماری‌های گیاهی پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران به‌خاطر فراهم کردن امکانات این تحقیق و همچنین از پروفسور Hsin Chi دانشگاه Chung-Hsing به‌خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌اش در تجزیه داده‌ها، تشکر و قدردانی می‌گردد.

میزان تولیدمثل شمار نتاجی است که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن x در باقی‌مانده عمرش تولید شود و در واقع معیار ویژه سنی است که مشارکت نسبی هر گروه سنی با نسل‌های آینده بیان می‌کند (Edwards, 2000). افزایش میزان تولیدمثل در دوره پیش از تولیدمثل به دلیل کاهش بقا متناسب با افزایش سن است در صورتی که افزایش یا کاهش تولیدمثل، در دوره تولیدمثل بستگی به افزایش یا کاهش خود تولیدمثل دارد (Caswell, 2001). در اصل میزان تولیدمثل به‌عنوان یک راهکار فردی برای پیشینه کردن طول دوره زندگی، به صفر میل می‌کند (Carey, 1982). در رهاسازی انبوه یک عامل کنترل زیستی، میزان تولیدمثل (v_x) و امید به زندگی (e_x) اهمیت ویژه‌ای دارند. به‌احتمال بهترین زمان رهاسازی یک عامل کنترل زیستی هنگامی است که میزان تولیدمثل آن به پیشینه رسیده باشد (Kontodimas et al., 2007).

نرخ ذاتی افزایش جمعیت سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* روی ژنوتیپ‌های Narvik، NS-6، Alliance، Tamaris و Marrko گوجه‌فرنگی به ترتیب ۰/۱۱۹، ۰/۱۱۵، ۰/۱۳۴، ۰/۱۳۰ و ۰/۱۴۴ بر روز محاسبه شده است (Peric et al., 2015). نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و میانگین طول یک نسل (T) سفیدبالک گلخانه در

REFERENCE

- Castillo, J.A. & Stansly, P.A. (2011). Biology of *Eretmocerus sudanensis* n. sp. Zolnerowich and Rose, parasitoid of *Bemisia tabaci* Gennadius. *BioControl*, 56, 843-850.
- Caswell, H. (2001). Matrix population models, *Wiley Online Library*.
- Cetintas, R. & McAuslane, H. (2009). Effectiveness of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on cotton cultivars differing in leaf morphology. *Florida Entomologist*, 92(4), 538-547.
- Chi, H. (2012). Two-Sex MSChart: A computer program for the age stage, two-sex life table analysis, Available from: <http://140.120.197.173/ecology>.
- Costa, H., Brown, J., Sivasupramaniam, S. & Bird, J. (1993). Regional distribution, insecticide resistance, and reciprocal crosses between the A and B biotypes of *Bemisia tabaci*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 14, 255-266.
- Edwards, A. (2000). The genetical theory of natural selection. *Genetics*, 154, 1419-1426.
- Fathipour, Y., Hosseini, A. & Talebi, A. (2004). Some behavioral characteristics of *Diaeretiella rapae* (Hym., Aphididae), parasitoid of *Brevicoryne brassicae* (Hom., Aphididae). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 35, 393-401.
- Headrick, D.H., Bellows, T.S. & Perring, T.M. (1999). Development and reproduction of a population of *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology*, 28, 300-306.
- Khadempour, A. (2013). *Survey of biological characteristics of parasitoid Eretmocerus sp. (Hym: Aphelinidae) parasitizing sugarcane whitefly, Neomaskellia andropogonis Corbett (Hem.: Aleyrodidae)*. M.Sc. Thesis, Shahid Chamran University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, P.130. (in Farsi)

10. Khadempour, A., Shishehbor, P., Rasekh, A. & Evans, G. (2014). Report of the parasitoid wasp *Eretmocerus delhiensis* (Hym.: Aphelinidae) from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 34, 17-18.
11. Kontodimas, D.C., Milonas, P.G., Stathas, G.J., Economou, L.P. & Kavallieratos, N.G. (2007). Life table parameters of the pseudococcid predators *Nephus includens* and *Nephus bisignatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology*, 104:407.
12. Liu, T.X. (2007). Life history of *Eretmocerus melanoscutus* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing nymphs of *Bemisia tabaci* biotype B (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control*, 42, 77-85.
13. Maia, A., Luiz, A.J. & Campanhola, C. (2000). Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology*, 93, 511-518.
14. Manzano, M.R. & van Lenteren, J. C. (2009). Life history parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) at different environmental conditions on two bean cultivars. *Neotropical Entomology*, 38(4), 452-458.
15. Peric, P., Prijovic, M., Medjo, I., Marcic, D. & Drobnjakovic, T. (2015). Life History Traits and Population growth of greenhouse Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) on different Tomato genotypes. *Pesticidi i Fitomedicina*, 28, 239-245.
16. Qiu, B.L. Barro, P.J. Ren, S.X. & Xu, C.X. (2007). Effect of temperature on the life history of *Eretmocerus* sp. nr. *furuhashii*, a parasitoid of *Bemisia tabaci*. *BioControl*, 52, 733-746.
17. Qiu, Y., Van Lenteren, J.C., Drost, Y.C. & Posthuma-Doodeman, C. (2004). Life-history parameters of *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* and *E. mundus*, aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae). *European Journal of Entomology*, 101, 83-94.
18. Ren, S., Ali, S., Huang, Z. & Wu, J. (2010). *Lecanicillium muscarium* as microbial insecticide against whitefly and its interaction with other natural enemies. *Current Research Technology and Education in Tropic in Applied Microbial and Microbial Biotechnology*, 339-348.
19. Shah, M.M.R., Zhang, S.Z. & Liu, T.X. (2015). Whitefly, Host Plant and Parasitoid: A Review on Their Interactions. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, 4(1), 47-60.
20. Soler, R. & van Lenteren, J.C. (2004). Reproduction and development of *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology-Netherlands Entomological Society*. pp. 111-118.
21. Urbaneja, A., Sánchez, E. & Stansly, P.A. (2007). Life history of *Eretmocerus mundus*, a parasitoid of *Bemisia tabaci*, on tomato and sweet pepper. *BioControl*, 52, 25-39.
22. Van der Linden, A. & van der Staaij, M. (2001). Banker plants facilitate biological control of whiteflies in cucumber. *Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology-Netherlands Entomological Society*, pp. 75-80.
23. Zandi Soohani, N. (2008). *Investigation of population dynamism and life parameters of cotton whitefly and its parasitoid wasps, Eretmocerus mundus and Encarsia acaudaleyrodidis on cucumber*. 129. Ph.D. dissertation, Shahid Chamran University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, P.126. (in Farsi)
24. Zolnerowich, G. & Rose, M. (2008). *The genus Eretmocerus*, in: Gould, J., Hoelmer, K., Goolsby, J., (Eds.), *Classical Biological Control of Bemisia tabaci in the United States-A Review of Interagency Research and Implementation*. (pp. 89-109) Springer.