

## جدول زندگی و آماره‌های زیستی زنبور *Anastatus acherontiae* پارازیتوئید تخم شب‌پره برگ‌خوار

### دو نواری (*Streblote siva*) در شرایط آزمایشگاهی

ناصر فرار<sup>۱\*</sup>، مصطفی حقانی<sup>۲</sup> و عباسعلی زمانی<sup>۳</sup>

۱ استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲ دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۳ دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰)

### چکیده

زنبور *Anastatus acherontiae* در استان بوشهر پارازیتوئید تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*Streblote siva*) و تخم پروانه کله مرده (*Acherontia atropos*) است. پارامترهای جدول زندگی سنی-مرحله‌ای دو جنسی این زنبور روی تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری در شرایط آزمایشگاهی (یک دوره نور-دما، در ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۶ درجه سلسیوس و ۸ ساعت تاریکی در دمای ۱۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد) با استفاده از نرم‌افزار **TWOSEX-MSChart (2016)** محاسبه شد. برای تخمین میانگین و خطای استاندارد آماره‌های جدول زندگی، از روش بوت-استرپ جفت شده با تعداد  $2000/000$  استفاده شد. نتایج نشان داد که زنبور *A. acherontiae* روی تخم میزبان مراحل رشد و نمو خود را کامل می‌کند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت، میانگین زمان یک نسل و نرخ خالص تولیدمثل زنبور *A. acherontiae* روی تخم میزبان به ترتیب  $0.059$  بر روز،  $1/06$  بر روز،  $65/48$  روز و  $47/72$  نتاج در نسل به دست آمد.

**واژه های کلیدی:** *Anastatus acherontiae*، باروری، رشد و نمو، مهار زیستی، شب‌پره برگ‌خوار دو نواری.

## Life table and biological characteristics of *Anastatus acherontiae* an egg parasitoid on *Streblote siva* under laboratory conditions

Nasser Farrar<sup>\*1</sup>, Mostafa Haghani<sup>2</sup> and Abbas Ali Zamani<sup>3</sup>

1 Assistant Professor, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran,

2 Associate Professor of Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Iran.

3 Associate Professor of Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran..

(Received: June 9, 2021 - Accepted: September 21, 2021)

### Abstract

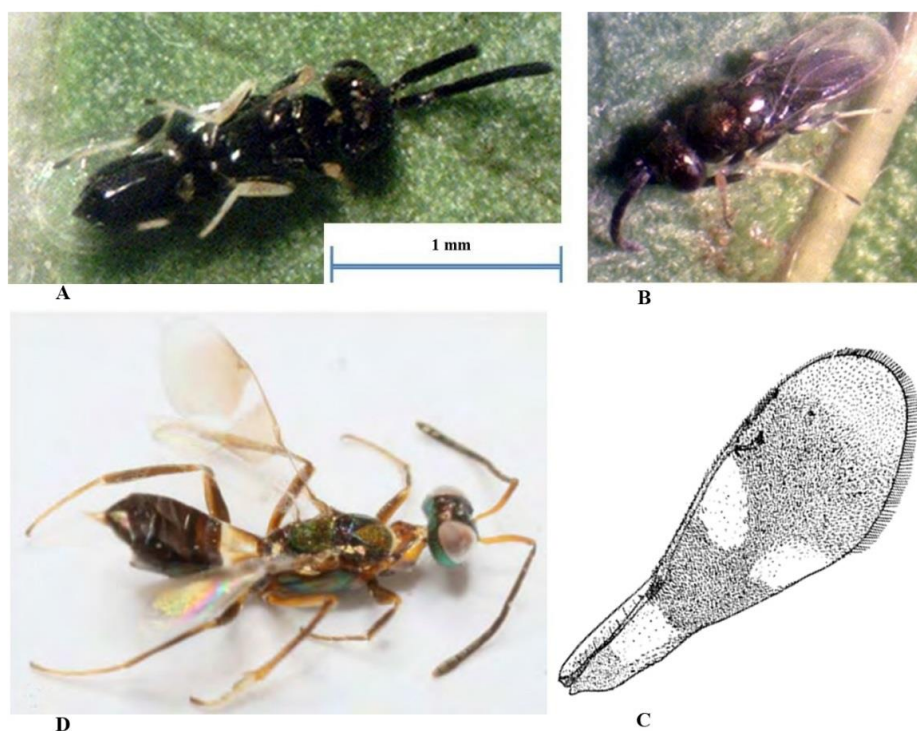
*Anastatus acherontiae* is the native egg parasitoid of *Streblote siva* and *Acherontia atropos* in Bushehr, southern Iran. The life table parameters **and demography** of *A. acherontiae* was studied on *S. siva* based on the age-stage, two-sex life table under laboratory conditions (a light/temperature cycle of L16h/26°C, D8h/18°C and  $65 \pm 5\%$  RH) using TWO SEX-MS Chart program. The mean and standard errors of the life table parameters were estimated using paired bootstrap method with 200,000 iterations. Results showed that *A. acherontiae* was able to complete its development on *S. siva* eggs. The intrinsic rate of increase, the finite rate of increase, the mean generation time and the net reproductive rate of *A. acherontiae* on host eggs were  $0.059 \text{ day}^{-1}$ , 1.06 times per day, 65.48 days and 47.72 offspring per generation, respectively.

**Key words:** *Anastatus acherontiae*, Fecundity, Development, Biological control, *Streblote siva*

Pieltain است (شکل ۱)، اما از ویژگی‌های منحصر به فرد آن رنگ متفاوت ساق و ران پا و وجود دو ناحیه شفاف جدا از هم در میانه بال‌های جلویی است که این دو ناحیه شفاف به محل اتصال MV و STV می‌رسند. در قسمت ابتدا و پایه بال نیز یک قسمت شفاف کاملاً مشخص است (شکل ۱). اندازه ماده‌ها ۲ تا ۳/۱ میلی‌متر است. لبه روزنه‌های تنفسی کاملاً تیره و سیاه رنگ است (Hayat 1975, Narendran 2009).

### مقدمه

در ایران زنبور پارازیتوئید *Anastatus* sp. از خانواده Eupelmidae متعلق به راسته بال‌غشاییان برای اولین بار از روی دسته‌های تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری *Streblote siva* (Lefebvre) (Lep., Lasiocampidae) گزارش شد (Farrar et al. 2016) و در سال ۱۳۹۸ برای اولین بار در ایران گونه *Anastatus acherontiae* Narayanan, Subba Rao and Ramachandra گزارش و میزبان‌های آن معرفی شد (Farrar et al. 2020). این گونه نزدیک به گونه *A. catalonicus* Bolivar y



شکل ۱- A و B: رنگ زرد مایل به قهوه‌ای ران و ساق پا، C: بال جلو (وجود دو ناحیه روشن مجزا و ناحیه روشن در ابتدای بال جلو) در زنبور کامل ماده *Anastatus acherontiae* Narayanan et al. (Hymenoptera: Eupelmidae): گونه A. گونه D: *Anastatus acherontiae* Narayanan et al. (Hymenoptera: Eupelmidae)

(Fusu 2009) *catalonicus* Bolivar y Pieltain

Figur 1- A & B: Pale brownish-yellow in femur and tibia, C: fore wing (with tow hyaline areas in middle bearing transparent setae) (Hayat 1975) of *Anastatus acherontiae* Narayanan et al. (Hymenoptera: Eupelmidae) ♀, D: *A. catalonicus* Bolivar y Pieltain (Fusu 2009)

History Museum دارای ۱۴۷ گونه شناسایی شده است (Noyes 2019). اعضای جنس *Anastatus* پارازیتوئید مراحل مختلف رشدی گونه‌هایی از راسته‌های Blattaria, Hymenoptera, Hemiptera, Diptera, Coleoptera و Lepidoptera هستند و برخلاف اکثر گونه‌های این خانواده که پارازیتوئید مراحل رشدی غیر

خانواده Eupelmidae دارای سه زیرخانواده به نام‌های Calosotinae, Eupelminae و Neanastatinae است که تعداد ۴۸ جنس شناسایی و گزارش شده، در این سه زیر خانواده قرار می‌گیرند. جنس *Anastatus* که از زیرخانواده Eupelminae است بر اساس سایت رسمی Universal Chalcidoidea Database - Natural

ماده‌های جفت‌گیری کرده زنبور پارازیتوئید *A. biproruli* تعداد ۵۴/۶ نتاج در دمای ۳۰ درجه سلسیوس طی مدت طول عمرشان (۳۶/۴ روز) تولید می‌کنند که این تعداد تولید در ۲۱ روز اول اتفاق می‌افتد (James 1993). در اروپا زنبور *A. bifasciatus* (Geoffroy) پارازیتوئید تخم سن *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) است. این سن به محصولات زیادی از قبیل ذرت شیرین، گوجه فرنگی، لوبیا، سبزیجات، انگور و بلوبری خسارت وارد می‌کند اما به‌عنوان آفت کلیدی باغات سیب، هلو و گلابی شناخته می‌شود (Haye et al. 2014, Stahl et al. 2018). از این زنبور پارازیتوئید در سوئیس و ایتالیا به‌صورت رهاسازی تلقیحی (Inoculative Release) و یا رهاسازی اشباعی (Inundative Release) علیه آفات کلیدی باغات استفاده می‌شود (Costi et al. 2017).

شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*S. siva*) در حال حاضر یکی از آفات مهم درختان کُنوکارپوس *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) سه گونه مختلف جنس کُنار *Ziziphus* spp. و آکاسیا *Acacia ampliceps* (Fabaceae) در استان‌های بوشهر، خوزستان و هرمزگان است. این آفت در سال‌های اخیر به‌شدت طغیان کرده به‌طوری که به‌عنوان تهدیدی جدی برای باغ‌های درختان کُنار، درختان جنگلی گرمسیری و نیمه گرمسیری جنوب و فضای سبز شهری است (Farrar et al. 2018).

دموگرافی به معنای تحلیل کمی ویژگی‌های جمعیت‌هاست به‌خصوص ویژگی‌هایی که مرتبط با الگوهای رشد، زنده‌مانی و جابجایی باشند. دموگرافی حشرات، چشم‌اندازهای جدیدی از رشد جمعیت، دوره زندگی، طول عمر، جدول زندگی، مرگ‌ومیر و زنده‌مانی را برای استفاده در مدل‌های جمعیتی حشرات فراهم می‌کند (Carey 2001). اساس آزمایش جدول زندگی سنی-مرحله‌ای زیستی دو جنسی، در نظر گرفتن هر دو جنس (نر و ماده) و نیز رشد و نمو متغیر بین افراد و جنسیت می‌باشد (Chi and Liu 1985, Chi 1988). موفقیت در مدیریت تلفیقی آفات مستلزم درک و آگاهی از ویژگی‌های زیستی و جمعیتی آفات و دشمنان طبیعی آن‌هاست که این ویژگی‌ها در پارامترهای دموگرافی

از تخم حشرات هستند، گونه *A. acherontiae* پارازیتوئید تخم حشرات است (Gibson et al. 2012). تاکنون در ایران چند گونه از جنس *Anastatus* به‌عنوان پارازیتوئید آفات مختلف گزارش شده است. گونه *A. disparis* Rusch به‌عنوان پارازیتوئید تخم پروانه ابریشم‌باف ناجور در ایران گزارش شد (Radjabi 1986). بصیری و احمدی زنبور *Anastatus* sp. را به‌عنوان پارازیتوئید تخم پروانه برگ‌خوار انجیر، *Ocnerogyia amanda* Staudinger در استان فارس گزارش کردند (Bassiri and Ahmadi 1991). بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، بیش از ۱۲ گونه زنبور به‌صورت پارازیتوئید اولیه و یا ثانویه روی پروانه چوب‌خوار پسته *Kermania pistaciella* Amsel (Lep.: Tineidae: Hieroxestinae) در باغ‌های پسته استان کرمان زندگی می‌کنند که زنبور پارازیتوئید *A. dlabolai* Kalina یکی از مهم‌ترین آن‌ها گزارش شده است (Mehrnejad 2008). در مزارع برنج در شهرستان رودسر استان گیلان گونه *A. intrruptus* (Nikolskaya) شناسایی و معرفی شد (Bayegan et al. 2014). یک مطالعه روی زیست‌شناسی *A. umae* Boucek در جنوب هند نشان داد که این گونه پارازیتوئید مؤثر کپسول تخم سوسری *Neostylopyga rhombifolia* (Stoll) است. این زنبور همچنین کپسول تخم سوسری آمریکایی (*Periplaneta americana* L.) در همان زیستگاه مورد حمله قرار می‌دهد و دارای طول دوره رشد و نمو ۳۶ تا ۴۵ روز از تخم‌ریزی تا ظهور حشرات کامل بود (Narasimham 1982). زنبور *A. tenuipes* پارازیتوئید کپسول تخم سوسری *Supella longipalpa* Fabricius است این حشره دارای دو شکل جنسی است (Panicker and Srinivasan 1992). زنبور پارازیتوئید *A. tenuipes* Bolivar y Pieltain از کپسول تخم سوسری آلمانی در ایران جمع‌آوری و شناسایی شد و رابطه پارازیتیسیم آن با میزبان بررسی شد (Fallahzadeh et al. 2008). اثر دما بر میزان رشد و نمو زنبور پارازیتوئید *A. biproruli* (Girault) پرورش‌یافته روی تخم‌های میزبان سن *Biprorulus bibax* Breddin در شرایط دمایی مختلف بررسی و مشخص شد که رشد و نمو این حشره به‌صورت خطی در دامنه دمایی ۱۷/۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد (James 1993).

ترتیب دسته‌های تخم میزبان جهت بهره‌برداری به‌وسیله زنبور پارازیتوئید *A. acherontiae* فراهم شد.

#### پرورش زنبور پارازیتوئید *A. acherontiae*:

ابتدا تخم پارازیته شده شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*S. siva*) را از روی برگ و شاخه‌های درختان گنوکارپوس کاشته شده در شهر بوشهر با مختصات جغرافیایی  $28^{\circ} 56'$  N،  $52^{\circ} 32'$  E و  $50^{\circ}$  جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. سپس کلنی زنبور پارازیتوئید *A. acherontiae* در سال ۱۳۹۷ از توده‌های تخم‌های پارازیته شده شب‌پره برگ‌خوار دو نواری تشکیل گردید.

حشرات کامل زنبور در ظروف پرورش پلاستیکی استوانه‌ای  $120 \times 100$  میلی‌متری که از بالا با پارچه توری ململ پوشیده بود، نگهداری شدند. برای تغذیه حشرات کامل زنبور پارازیتوئید در بالای ظرف، یک تشتک پتری ( $15 \times 60$  میلی‌متر) حاوی محلول آب و عسل ۱۰ درصد قرار گرفت که توسط دو نخ پنبه‌ای از درون آن مستقیم به روی پارچه توری ململ ارتباط داشت. این ظروف پرورش در ژرمیناتور تحت شرایط یک دوره نور-دما، در ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۶ درجه سلسیوس و هشت ساعت تاریکی در دمای ۱۸ درجه سلسیوس، قرار داده شد (Stahl et al. 2018). هر دو روز یک‌بار، محلول آب عسل اضافه شد. علاوه بر این یک قطره عسل خالص به بالای پارچه توری ظرف پرورش نیز اضافه شد. برای نگهداری کلنی پارازیتوئید و عمل تخم‌ریزی، توده‌های تخم سه تا چهار روزه شب‌پره برگ‌خوار دو نواری که روی تکه‌های مقوایی کوچک یا روی برگ مستقر بود را سه بار در هفته به ظروف پرورش اضافه شد. توده‌های تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری پس از پارازیته شدن به لوله‌های آزمایشگاهی که درب آن با پنبه پوشانده شده بود قرار داده شد و در دمای ۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰٪ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگهداری شدند (Stahl et al. 2018) و حشرات کامل تازه در حال ظهور روزانه جمع‌آوری شد.

جمعیت به‌خوبی توصیف و بیان شده‌اند (Carey 2001)؛ بنابراین محاسبه آماره‌های زیستی زنبور *A. acherontiae* در فهم منطقی پویایی جمعیت این پارازیتوئید اهمیت دارد، زیرا که این آماره‌ها بر اساس تغییر و نوسانات جمعیت در برخورد با عوامل محیط زیستی تعیین می‌شوند. این اطلاعات برای بهینه‌سازی راهبردهای مهار زیستی در سطح وسیع ضروری است. موفقیت استفاده از پارازیتوئیدهای بومی برای مهار و کنترل گونه‌های طغیان کرده در مناطق جنگلی و فضای سبز شهری به درک کامل زیست‌شناسی و اکولوژی هر دو عامل مهار زیستی یعنی پارازیتوئید و آفت بستگی دارد. اطلاعات این تحقیق و تحقیقات دیگر اکولوژی، زیست‌شناسی و رفتاری این زنبور یک گام به جلو به‌منظور امکان و سهولت تولید انبوه این زنبور پارازیتوئید برای استفاده در برنامه‌های مهار زیستی شب‌پره برگ‌خوار دو نواری و دیگر میزبان‌ها و آفات مهم است.

#### مواد و روش‌ها

##### پرورش تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (میزبان)

در آبان ۱۳۹۷ شفیره‌ها و لاروهای سن آخر شب‌پره برگ‌خوار دو نواری، *S. siva*، از روی درختان گنار و گنوکارپوس در منطقه بوشهر جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر منتقل شد. حشرات مزبور در شرایط آزمایشگاهی با دمای  $27 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی در قفس پرورش چوبی به ابعاد  $50 \times 50 \times 50$  سانتی‌متری با دیواره‌هایی از جنس پارچه توری ظریف نگهداری شد.

تمام شب‌پره‌های ماده جفت‌گیری کرده انتخاب و به مدت ۲۴ ساعت به‌منظور تخم‌ریزی روی قلمه‌های بریده شده گنوکارپوس و گنار به‌طور جداگانه رهاسازی شدند. پس از گذشت این مدت، حشرات ماده از روی قلمه‌ها جمع‌آوری و تخم‌های گذاشته شده که همگی کمتر از ۲۴ ساعت سن داشت، به‌عنوان گروه هم‌سن (کوهورت) آزمایشی نگهداری شد (Farrar et al. 2018). بدین

برای تخمین میانگین و خطای استاندارد آماره‌های جدول زندگی، با استفاده از آزمون بوت-استرپ جفت شده با ۲۰۰۰۰۰ تکرار استفاده شد (Huang and Chi 2013). مقایسه آماری آن‌ها بر اساس فاصله اطمینان میانگین تفاوت‌ها (CI) (Smucker et al. 2007) با روش Paired bootstrap (PBT pooled) (2016) TWSEX-MSChart در فاصله اطمینان ۹۵٪ (CI=95%) انجام شد. نمودارها با نرم‌افزار SigmaPlot 12.0 ترسیم شد.

### نتایج

نتایج نشان داد که زنبور پارازیتوئید *A. acherontiae* قادر به تکمیل رشد و نمو خود روی تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری در تحت شرایط دمایی ۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰٪ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی بود. میانگین طول دوره جنینی، طول دوره رشدی لاروهای سنین مختلف، شفیره و طول عمر حشره کامل در جدول (۱) ارائه شده است.

زنبور *A. acherontiae* پارازیتوئید مرحله تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*S. siva*) و تخم پروانه کله مرده (*Acherontia atropos*) است که در شرایط آب‌وهوای گرم و نیمه گرم در استان بوشهر (جنوب ایران) فعالیت دارند (Farrar et al. 2020) و می‌توان از آن به‌عنوان یک دشمن طبیعی بالقوه بهره برد همان‌طور که از زنبور *A. bifasciatus* برای مهار آفت مهم *H. halys* در اروپا به‌طور گسترده استفاده شده است. از این زنبور نیز می‌توان برای کنترل تعدادی از آفات مهم از جمله شب‌پره برگ‌خوار دو نواری، پروانه کله مرده (Farrar et al. 2020) و برخی از سن‌های آفت مانند سن *Tessaratoma javanica* (Thunberg) استفاده کرد (Lalitha et al. 2016). طول دوره پیش از تخم‌ریزی حشرات بالغ (*APOP*) و کل دوره پیش از تخم‌ریزی حشرات (*TPOP*) به ترتیب  $9/56 \pm 1/19$  و  $47/33 \pm 1/11$  روز بود. در بررسی زیست‌شناسی زنبور *A. acherontiae* متوسط دوره پیش از تخم‌ریزی  $6/78 \pm 0/13$  روز به‌دست آمد (Farrar et al. 2020). اختلاف این مقادیر ممکن است به تفاوت در انجام آزمایش‌ها (تحلیل و

### طراحی آزمایش جدول زندگی دو جنسی

تعداد ده عدد تخم میزبان را درون لوله‌های آزمایشگاهی قرار داده و یک جفت زنبور بالغ نر و ماده *A. acherontiae* را درون آن رها شد. از بین تخم‌های پارازیته شده گروه هم‌سن (کوهورت) تعداد ۱۸ تخم میزبان (از ۵۰ تخم انتخابی) که هر یک از آن‌ها به‌منزله یک تکرار آزمایشی بود، انتخاب و روند رشد و نمو و تغییرات مراحل مختلف رشدی زنبور پارازیتوئید آن‌ها پایش شد. تعداد ۳۲ تخم (میزبان پارازیته شده) در طی انجام آزمایش‌ها به منظور بررسی وضعیت پارازیتوئید درون تخم، در مراحل مختلف رشدی تشریح شد و پس از ثبت مراحل رشد و نمو زنبور پارازیتوئید درون آن شامل مدت زمان دوره جنینی، طول مدت لاروهای سنین مختلف رشدی و دوره شفیرگی به‌طور جداگانه، از روند ادامه آزمایش خارج شد. پس از ظهور حشرات کامل زنبور، هر جفت حشره نر و ماده داخل یک لوله آزمایشگاهی (۲۰×۱۵۰ میلی‌متر) به همراه تعداد ده عدد تخم میزبان در پنج هفته اول و تعداد پنج عدد تخم در روزهای بعد و یک برگ گنوکارپوس آغشته به محلول آب غسل تحت شرایط یک دوره نور-دما، در ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۶ درجه سلسیوس و هشت ساعت تاریکی در دمای ۱۸ درجه سلسیوس، قرار داده شد. هر روز تخم‌های میزبان خارج شده و ده تخم جدید جایگزین شد. بدین ترتیب تعداد تخم و مدت زمان تخم‌ریزی توسط هر حشره ماده روزانه تعیین شد و این روند تا زمان مرگ آخرین فرد ادامه یافت.

پارامترهای جمعیت شامل نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ )، نرخ ناخالص تولیدمثل ( $GRR$ )، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )، ارزش تولیدمثلی سنی - مرحله‌ای ( $V_{xj}$ )، نرخ بقای ویژه سنی ( $l_x$ )، امید به زندگی ویژه سنی - مرحله‌ای ( $e_{xj}$ )، باروری ویژه سنی ( $m_x$ )، امید به زندگی ( $e_x$ ) و میانگین زمان یک نسل ( $T$ ) با استفاده از نرم‌افزار TWSEX-MSChart (2016) (Chi, 2009) محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر مبنای نظریه جدول زندگی سنی-مرحله‌ای دوجنسی (Chi and Liu 1985, Chi 1988, Chi 2009, Huang and Chi 2013) و با استفاده از نرم‌افزار TWSEX-MSChart (2016) انجام شد.

می‌دهد که حشره ماده برای بلوغ تخم‌ها در تخمدان نیاز به تغذیه کافی و مناسب داشته و می‌توان این احتمال را بیان کرد که این زنبور پارازیتوئید یک گونه Syn-ovigenic است.

تجزیه روش دو جنسی و روش پرورش معمولی در آزمایشگاه در یک دمای ثابت) مربوط باشد، اما در هر دو روش نشان می‌دهد طول دوره پیش از تخم‌ریزی حشرات بالغ (APOP) حدود یک هفته است و این نشان

جدول ۱- دوره رشد و نمو (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) زنبور *Anastatus acherontiae* پارازیتوئید تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نوری (*Streblote siva*) بر اساس جدول زندگی سنی-مرحله‌ای دوجنسی در شرایط آزمایشگاهی

Table 1- Developmental periods (Mean $\pm$ SE) of different stages of *Anastatus acherontiae* an egg parasitoid on *Streblote siva* based on the age-stage, two-sex life table under laboratory conditions

Stage	Developmental periods (Day)
Egg	3.98 $\pm$ 0.137
1 <sup>st</sup> Larvae	4.69 $\pm$ 0.12
2 <sup>nd</sup> Larvae	5.06 $\pm$ 0.143
3 <sup>th</sup> Larvae	5.06 $\pm$ 0.143
4 <sup>th</sup> Larvae	4.88 $\pm$ 0.155
5 <sup>th</sup> Larvae	4.62 $\pm$ 0.18
Pupa	9.7 $\pm$ 0.25
Adult	63.93 $\pm$ 10.163
Pre-adult	37.13 $\pm$ 0.376
Adult longevity	87.50 $\pm$ 11.399
TPOP*	47.33 $\pm$ 1.11
APOP**	9.56 $\pm$ 1.19
Oviposition days	43.11 $\pm$ 4.05

\*TPOP; The time interval from birth to the beginning of oviposition

\*\*APOP; The adult pre-ovipositional period

*acherontiae* به بقای نوع اول نزدیک‌تر بود، به طوری که بیش از ۸۵ درصد افراد به سن بلوغ و تولیدمثل رسیدند و بیشترین مرگ‌ومیر افراد جمعیت در دوره پس از بلوغ رخ داد. مرگ‌ومیر آخرین افراد زنبور پارازیتوئید در روز ۱۵۴ رخ داد. مرگ‌ومیر پنجاه درصد از افراد کوهورت این حشره در روز ۶۵ مشاهده شد (شکل ۲-۲). منحنی باروری ویژه سنی-مرحله‌ای (Age-Specific Fecundity,  $m_x$ ) زنبور *A. acherontiae* پارازیتوئید در شکل (۲-۲) ارائه شده است. نرخ باروری بیانگر میانگین تعداد افراد تولید شده به ازای هر فرد در هر روز است. شروع تخم‌ریزی روی تخم میزبان در روز ۴۴ اتفاق افتاد. روند تخم‌ریزی متفاوت بود و بیشترین میزان تخم‌ریزی حشرات ماده در روز ۶۲ (نقطه اوج) و پس از آن روز ۶۹ به دست آمد. میزان تخم‌ریزی به طور میانگین برابر با ۳ تخم به ازای هر فرد به دست آمد. منحنی تلفیق باروری و بقا ( $l_x m_x$ ) (Age-Specific Maternity) نشان دهنده روند تعداد افراد اضافه شده به جمعیت در هر روز است که با در نظر گرفتن تعداد افراد تولید شده و از میان

رفتار Syn-ovigenic این زنبور را به طور جدی با مشکل کمبود تخم‌ریزی روی میزبان مواجه می‌سازد به طوری که این باروری هفتگی ماده‌ها، بهره‌برداری از تمام دسته‌های تخم میزبان در طبیعت را محدود می‌کند. رفتار تهاجمی ماده‌ها با هم برای بهره‌برداری از تخم، این مشکل را بیشتر آشکار می‌کند. ماده‌ها وقتی که میزبان‌ها در دسترس نیستند قادر به ذخیره تخم‌ها نیستند و تخم‌ها را جذب بدن می‌کنند بنابراین در دسترس بودن میزبان به معنی قرار دادن تخم‌های بیشتر است (Stahl et al. 2018, 2019). پس از دوره پیش از تخم‌ریزی، دوره تخم‌ریزی شروع شد و تا بیش از ۱۱ هفته ادامه یافت و پس از آن حشرات بالغ برای مدت چهار تا ۴۵ روز زنده بودند.

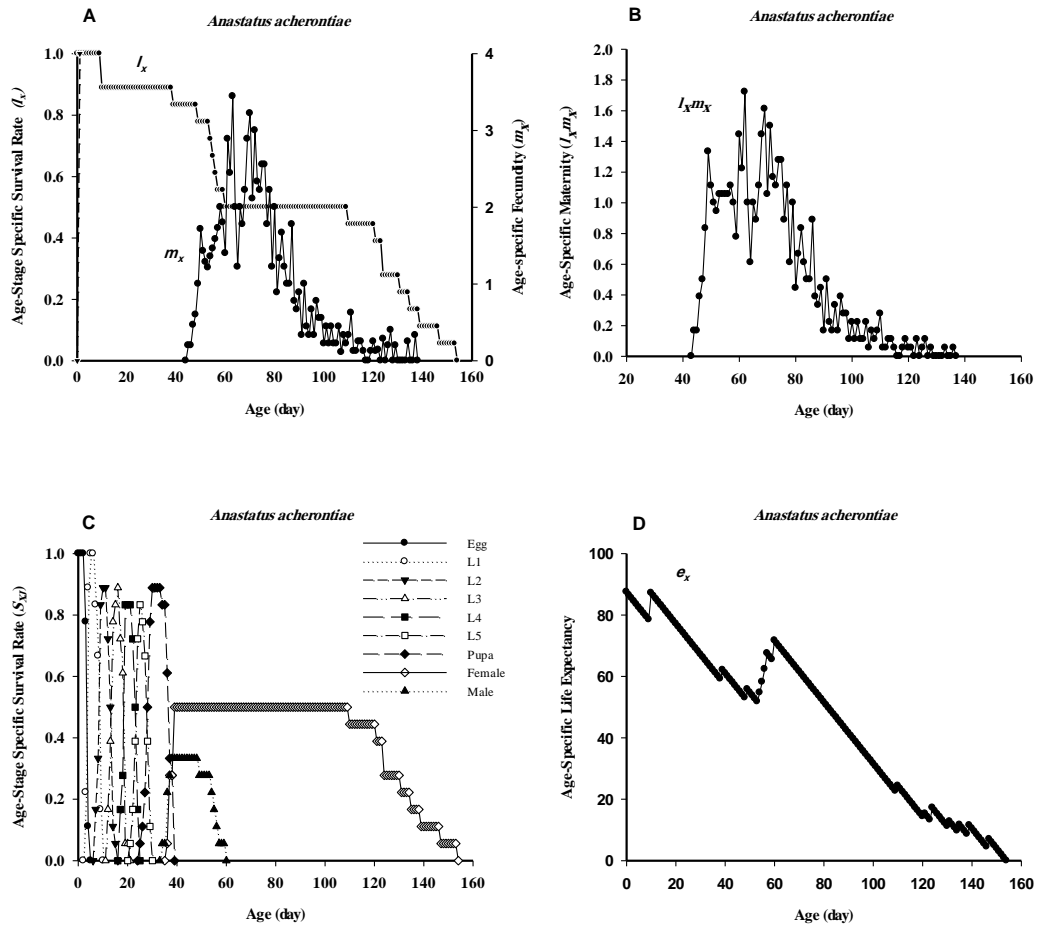
#### شاخص‌های تولیدمثلی و رشد جمعیت

نرخ بقای ویژه سنی (Age-Specific Survival Rate,  $l_x$ ) بیانگر نسبت افرادی است که تا سن  $x$  زنده مانده‌اند. منحنی نرخ بقای ویژه سنی ( $l_x$ ) زنبور پارازیتوئید *A.*

طول عمر ماده با نوع تغذیه ارتباط مستقیم دارد ( Stahl )  
 منحنی  $l_x m_x$  زنبور *A. acherontiae* مطابق با نقطه اوج  
 دوم منحنی  $m_x$  و در روز ۶۹ مشاهده شد؛ بنابراین به  
 نظر می‌رسد بیشینه پتانسیل زنبور پارازیتوئید برای  
 افزایش جمعیت روی میزبان (تخم شب‌پره برگ‌خوار دو  
 نواری) در سن بیشتر به وقوع می‌پیوندد.  
 نرخ بقای سنی-مرحله‌ای ( Age-Stage Survival )  
 ( $S_{xj}$ , Rate)، احتمال رسیدن یک فرد جدید به سن  $x$  و  
 مرحله  $z$  است یا به عبارت دیگر نسبت افراد زنده مانده  
 هر مرحله زندگی در هر گروه سنی را نشان می‌دهد.  
 منحنی بقای سنی-مرحله‌ای زنبور *A. acherontiae* در  
 شکل (C-۲) ارائه شده است. در این منحنی، بین مراحل  
 زیستی مختلف پیش از بلوغ هم‌پوشانی مشاهده شد که  
 نشان دهنده نرخ رشد متفاوت افراد کوهورت است. این  
 منحنی نشان می‌دهد تخم این شب‌پره میزبان مناسبی  
 برای زنده‌مانی لاروها می‌باشد به طوی که اکثر لاروها  
 تبدیل به شفیره شدند. اولین حشرات کامل نر و ماده به  
 ترتیب در روزهای ۳۶ و ۳۸ ظاهر شدند. همچنین نرها  
 چندین روز زودتر از ماده‌ها ظاهر شدند. روند بقای  
 حشرات نر و ماده متفاوت بود. مرگ آخرین افراد بالغ نر  
 و ماده این زنبور به ترتیب در روزهای ۶۱ و ۱۵۳ به  
 وقوع پیوست. حشرات ماده دارای طول عمر زیاد در  
 مقایسه با حشرات نر بودند. بررسی زیست‌شناسی زنبور  
*A. acherontiae* نشان داد که ماده‌ها حداکثر ۱۳۶ روز  
 زنده می‌مانند (Farrar et al. 2020). هر چند این مقدار  
 با نتایج حاصل از این تحقیق با روش جدول زندگی بر  
 مبنای هر دو جنس نر و ماده متفاوت است، اما هر دو  
 مقدار نشان می‌دهد که حشرات ماده دارای طول عمر  
 طولانی حدود ۱۵۰ روز است. همچنین این تحقیق با  
 تحقیقات دیگر گونه‌های جنس *Anastatus* شامل گونه  
*A. japonicus* که در شرایط آزمایشگاهی (۲۶ درجه  
 سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰٪ و شرایط ۱۶ ساعت نور-  
 ۸ ساعت تاریکی) تا ۱۱۹ روز زنده بود (Roversi 1990)  
 و نیز ماده‌های *A. bifasciatus* که توانستند تا حداکثر  
 ۱۴۰ روز زنده بمانند، همخوانی دارد. طول عمر حشرات  
 ماده و نر *A. acherontiae* تغذیه‌شده با محلول آب عسل  
 ۱۰ درصد با آن‌هایی که فقط با آب و میزبان تغذیه  
 شدند، اختلاف معنی‌داری داشت و نشان می‌دهد که

این آماره سهم هر یک از افراد جمعیت را در سن  
 $x$  و مرحله زیستی  $z$  در ایجاد نسل بعد نشان می‌دهد  
 (Atlihan and Chi 2008). نتایج نشان داد که شفیره‌ها  
 و حشرات ماده بالاترین ارزش تولیدمثلی را روی میزبان  
 داشته‌اند. بیشترین مقدار  $V_{xj}$  حشره مورد مطالعه در روز  
 ۴۸ و برای حشرات ماده مشاهده شد. این شاخص، معیار  
 ویژه‌ای است که مشارکت نسبی هر گروه سنی را برای  
 نسل‌های آینده نشان می‌دهد و به عبارتی مقدار ارزش  
 تولیدمثلی برای یک فرد تازه متولدشده بیانگر نرخ  
 متناهی افزایش جمعیت است. بالاترین مقدار ارزش

تولیدمثلی ویژه سنی ( $V_x$ ) (۳۲) روی تخم میزبان متعلق به افرادی از جمعیت بوده که سن آنها شصت روزه بود.



شکل ۲- (A): منحنی بقای ویژه سنی ( $l_x$ ) و باروری ویژه سنی ( $m_x$ ), (B): منحنی تغییرات تلفیق باروری و بقا ( $l_x m_x$ ), (C): نمودار نرخ بقای سنی-مرحله‌ای ( $S_{xj}$ ), (D): نمودار امید به زندگی ( $e_x$ ) زنبور *Anastatus acherontiae* پارازیتوئید تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*Streblote siva*) بر اساس جدول زندگی سنی-مرحله‌ای دوجنسی در شرایط آزمایشگاهی

Figure 2. (A): The Age-Specific Survival Rate ( $l_x$ ) and Age-Specific Fecundity ( $m_x$ ), (B): The Age-Specific Maternity ( $l_x m_x$ ), (C) The Age-Stage Survival Rate ( $S_{xj}$ ), (D): Life Expectancy ( $e_x$ ) of *Anastatus acherontiae* an egg parasitoid on *Streblote siva* based on the age-stage, two-sex life table under laboratory conditions

دیگر ۱۶/۵ درصد از افراد جمعیت قبل از رسیدن به سن بلوغ از بین رفتند. در حالی که میزان تلفات برای حشرات ماده و نر به ترتیب ۵۰ و ۳۳ درصد بود (شکل ۳-۲B).

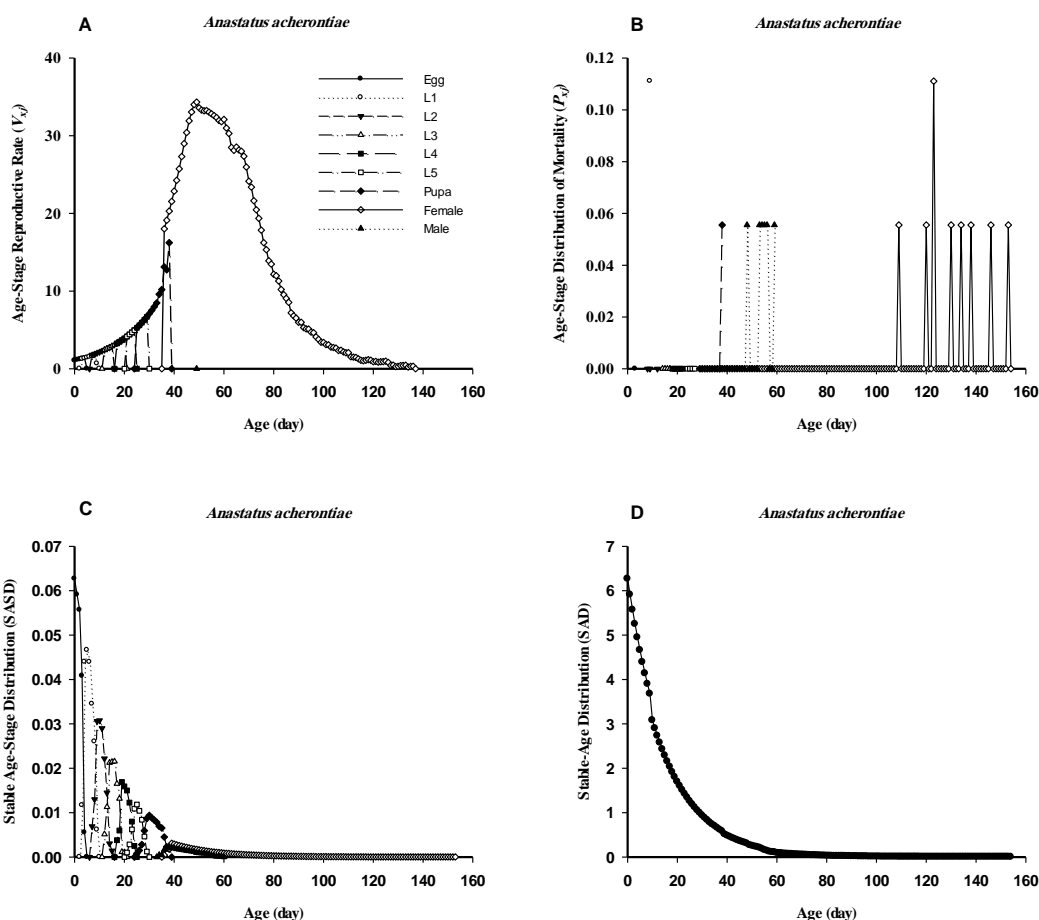
منحنی تغییرات نرخ توزیع سنی پایدار (Stable Age Distribution, SAD) و توزیع سنی مرحله‌ای پایدار (Stable Age-Stage Distribution, SASD) زنبور *Acherontiae* در شکل (۳-۲C و D) ارائه شده است. توزیع سنی پایدار به پراکنش سنی جمعیتی اطلاق می‌شود که طی رشد و نمو در فضای نامحدود، نرخ تولد

منحنی توزیع فراوانی سنی-مرحله‌ای مرگ‌ومیر (*Age-Stage Distribution of Mortality, P<sub>xj</sub>*) بیانگر توزیع فراوانی مرگ‌ومیر در سنین و مراحل مختلف زندگی است و نشان می‌دهد که احتمال مرگ هر فرد در سن  $x$  و مرحله  $j$  چقدر است. از روی مقادیر  $P_{xj}$  می‌توان حساس‌ترین مرحله زندگی آفت را تشخیص داد. جمع مقادیر  $P_{xj}$  برابر یک است. با تجمیع مقادیر  $P_{xj}$  در هر مرحله از زندگی، احتمال تلفات در آن مرحله به دست می‌آید. بر این اساس، میزان تلفات در مراحل پیش از بلوغ این زنبور پارازیتوئید ۱۶/۵ درصد بود. به عبارت



را مشخص کرد و درصد توزیع گروه‌های مختلف سنی را نیز تعیین کرد. برای این منظور نیاز به دانستن میزان مرگ‌ومیر سنین مختلف مراحل نابالغ و کامل حشره مورد نظر است (Huang and Chi 2013). سهم مراحل پیش از بلوغ زنبور *A. acherontiae* در پایداری جمعیت به نسبت بالا بوده است.

و نرخ مرگ ویژه سنی در آن به پایداری رسیده باشد. وقتی که جمعیتی به توزیع سنی پایدار نزدیک می‌شود، نرخ افزایش جمعیت در آن ثابت خواهد بود. چنین جمعیتی می‌تواند مقدار  $r$  خود را در مدت زمان نامحدود و تحت شرایطی مشخص حفظ کند. با شناخت جدول زندگی می‌توان ترکیب یک جمعیت با توزیع سنی پایدار



شکل ۳- (A): ارزش تولیدمثلی ویژه سنی ( $V_{xj}$ ), (B): توزیع فراوانی مرگ‌ومیر سنی مرحله‌ای ( $P_{xj}$ ), (C): توزیع سنی-مرحله‌ای پایدار (SASD), (D): نرخ توزیع سنی پایدار (SAD) زنبور *Anastatus acherontiae* پارازیتوئید تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*Streblote siva*) بر اساس جدول زندگی سنی-مرحله‌ای دو جنسی در شرایط آزمایشگاهی

Figure 3. (A): The Age-Stage Reproductive Value ( $V_{xj}$ ), (B): Age-Stage Distribution of Mortality ( $P_{xj}$ ), (C): Stable Age-Stage Distribution (SASD), (D): Stable Age Distribution (SAD) of *Anastatus acherontiae* an egg parasitoid on *Streblote siva* based on the age-stage, two-sex life table under laboratory conditions

زنبور پارازیتوئید ۴۷/۷۲ به دست آمد. بیشتر گونه‌های جنس *Anastatus* دارای تخم بزرگ با زرده کامل (Anhydropic Eggs) هستند (Stahl et al. 2019) و این نوع تخم بایستی سریع از بدن حشره خارج شود چرا که ممکن است درون تخمدان و لوله تخم باز شده و لارو مادر خود را بکشد. برای تولید این نوع تخم، هزینه و

### آماره‌های جدول زندگی

نتایج حاصل از تخمین آماره‌های مختلف جدول زندگی زنبور *A. acherontiae* در شرایط آزمایشگاهی در جدول (۲) ارائه شده است. نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) عبارت است از میانگین تعداد افراد اضافه شده به جمعیت به ازای هر فرد در طول یک نسل که این مقدار برای این

باروری بالقوه زندگی این زنبور به نسبت کم (حدود ۶۰ تخم) است و میزان تخم‌ریزی هفتگی تا ۱۴ تخم در هر ماده مشاهده شد، با این وجود تخم برای مدت طولانی تا ۱۱ هفته گذاشته شد.

انرژی زیادی صرف می‌شود و به همین دلیل است که منجر به کاهش تولید (زادآوری) می‌شود (Jervis and Kidd 1986). در مقایسه با دیگر پارازیتوئیدهای راسته بال‌غشاییان (Hymenoptera)، متوسط زادآوری و

جدول ۲- آماره‌های جدول زندگی سنی-مرحله‌ای دوجنسی (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) زنبور *Anastatus acherontiae* پارازیتوئید تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری (*Streblote siva*) در شرایط آزمایشگاهی

Table 2- Population parameters (Mean  $\pm$  SE) based on the age-stage, two-sex life table of *Anastatus acherontiae* an egg parasitoid on *Streblote siva* under laboratory conditions

Parameter	value
Net reproductive rate ( $R_0$ )	47.722 (offspring/individual)
Intrinsic rate of increase ( $r$ )	0.0594 ( $\text{day}^{-1}$ )
Finite rate of increase ( $\lambda$ )	1.061 ( $\text{day}^{-1}$ )
Mean generation time ( $T$ )	65.052 (day)
Gross reproductive rate ( $GRR$ )	88.806 (offspring/individual)
Birth rate (at SASD)	0.066
Survival rate (at SASD)	0.994

شده است. میانگین زمان یک نسل ( $T$ ) این پارازیتوئید روی میزبان ۶۵/۰۶ روز به دست آمد. نرخ ناخالص تولیدمثل ( $GRR$ )، عبارت است از میانگین تعداد افراد متولدشده به ازای هر فرد از جمعیت در طول یک نسل و بدون در نظر گرفتن میزان مرگ‌ومیر والدین است. نرخ ناخالص باروری زنبور *A. acherontiae* پارازیتوئید روی تخم شب‌پره برگ‌خوار دو نواری ۸۸/۸۱ نتاج محاسبه شد.

### نتیجه‌گیری کلی

عوامل بسیار زیادی برای انبوه‌سازی یک عامل مهار زیستی تاثیرگذار هستند که نیاز به تحقیقات گسترده است. نتایج این تحقیق مقدمه‌ای برای این منظور می‌تواند باشد. در دسترس بودن زنبور پارازیتوئید *A. acherontiae* توانایی در رشدونمو درون تخم میزبان، طول عمر زیاد حشرات ماده و عدم وجود رفتار سوپرپارازیتیسیم و نداشتن هیپرپارازیتیسیم (Farrar et al. 2021) برخی از ویژگی‌های این زنبور برای پرورش انبوه می‌تواند باشد. علاوه بر این، شب‌پره برگ‌خوار دو نواری به عنوان میزبان این زنبور یک گونه Pro-ovigenic محسوب می‌شود (به این معنی که حشرات بالغ ماده شب‌پره میزبان، برای بلوغ تخم‌ها در تخمدان نیازی به تغذیه نداشته و تمام مواد غذایی مورد نیاز خود جهت تولید تخم در دوران لاروی فراهم می‌کند) (Farrar et al. 2018)، بنابراین می‌توان به راحتی آن را

نرخ ناخالص تولیدمثل ( $GRR$ )، عبارت است از میانگین تعداد افراد متولد شده به ازای هر فرد از جمعیت در طول یک نسل و بدون در نظر گرفتن میزان مرگ‌ومیر والدین می‌باشد. نرخ ناخالص باروری زنبور *A. acherontiae* ۸۸/۸۱ نتاج محاسبه شد. متوسط تولیدمثل این زنبور ۶۰/۵۶ تخم است که در مقایسه با گونه‌های دیگر این جنس از جمله *A. bifasciatus* با میانگین ۴۱/۵ تخم، *A. ramakrishnae* با میانگین ۳۶/۶ تخم (Velayudhan et al. 1988)، گونه *A. semiflavus* Gahan با میانگین ۵۰/۱ تخم (Mendel et al. 1987) و گونه *A. Biproruli* (Girault) با میانگین ۵۴/۶ تخم (James 1993) شبیه است. این نتایج دال بر زادآوری و باروری کم در تعدادی از گونه‌های جنس *Anastatus* است. در مطالعه‌ای روی گونه *A. japonicus* (Ashmead) متوسط تولیدمثل ۲۲۸/۲ تخم گزارش شده است (Huang et al. 1974)، که با نتایج پژوهش حاضر تفاوت دارد. این یافته می‌تواند روش‌هایی جهت بهبود باروری بیشتر را در این گونه زنبور پارازیتوئید برای تحقیق پیشنهاد داد.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ ) نشان‌دهنده سرعت افزایش جمعیت در هر روز است و تفاوت بین نرخ مرگ‌ومیر و نرخ زادوولد را نشان می‌دهد و مقدار آن برای این حشره ۰/۰۵۹ محاسبه شد. نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) نشان می‌دهد که جمعیت زنبور *A. acherontiae* در هر روز نسبت به روز قبل ۱/۰۶ برابر

از تخم‌های مصنوعی استفاده کردند (Li et al. 2014). باروری کم نیز می‌تواند با رهاسازی تعداد بیشتری از افراد ماده جبران کرد (Stahl et al. 2018, 2019) و به این ترتیب احتمال برخورد پارازیتوئید به توده تخم میزبان افزایش می‌یابد.

پرورش داده و تخم‌های رسیده زیادی جهت بهره‌برداری تولید کرد. تحقیق برای استفاده از تخم‌های مصنوعی می‌تواند گامی دیگر جهت برنامه‌ریزی کلان برای تولید انبوه این زنبور باشد همانطور که در چین برای تولید انبوه زنبور *A. japonicus* برای کنترل سن *T. papillosa*

## REFERENCES

- Atlihan R, Chi H** (2008) Temperature-dependent development and demography of *Scymnus subvillosus* (Coleoptera: Coccinellidae) reared on *Hyalopterus pruni* (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 101, 325-333.
- Bassiri GH, Ahmadi AA** (1991) A biological research on *Anastatus* sp. (Hym., Eupelmidae), and egg parasitoid of fig defoliator, *Ocnerogyia amanda* Staud. (Lep., Lymantriidae) in Iran. *Proceedings of 10<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress, 27-30 August 1991*. Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, IRAN, 3140. (In Persian)
- Bayegan ZS, Lotfalizadeh H, Zargaran MR, Pourayobi R** (2014) The first record of *Anastatus interruptus* (Nikol) (Hym., Eupelmidae) from Iran. *Proceedings of 21<sup>st</sup> Iranian Plant Protection Congress, 23-26 August 2014*. Urmia University, Urmia, Iran. 12. (In Persian)
- Carey JR** (2001) Insect biodemography. *Annual Review of Entomology* 46, 79-110.
- Chi H** (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rate among individuals. *Environmental Entomology* 17, 26-34.
- Chi H** (2009) TWSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis, <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart.zip>.
- Chi H, Liu H** (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica* 24, 225-240.
- Costi E, Haye T, Maistrello L** (2017). Biological parameters of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in southern Europe. *Journal of Pest Science* 90 (4), 1059-67.
- Fallahzadeh M, Asadi R, Talebi AA** (2008) The first record of *Anastatus (Anastatus) tenuipes* (Hym.: Eupelmidae), a parasitoid of *Bellatella germanica* (Blattaria: Blattellidae) in Iran. *Journal of Entomological Society of Iran* 28(2), 99-100.
- Farrar N, Farashiani E, Sadeghi SM, Zamani AA, Haghani M, Golestaneh SR** (2020) Morphology, Biology and Population Dynamism of *Anastatus acherontiae*, a parasitoid of *Streblote siva* in Bushehr, Iran. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research* 17 (2), 223-238. (In Persian)
- Farrar N, Farashiani E, Sadeghi SM, Zamani AA, Haghani M, Golestaneh SR** (2021) Bioecology of *Anastatus acherontiae* (Hymenoptera: Eupelmidae) an egg parasitoid of *Streblote siva* (Lepidoptera: Lasiocampidae) in Bushehr Provinc. *Project of Research Institute of Forests and Rangelands of Iran* 117 p. (In Persian)
- Farrar N, Zamani AA, Moeeny Naghadeh E, Haghani M, Azizkhani N** (2018) Dynamism, Biology and Morphology of Jujube lappet moth *Streblote siva* (Lepidoptera: Lasiocampidae) in Bushehr regin. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)* 41 (2), 11-27. (In Persian)
- Farrar N, Zamani AA, Moeeny Naghadeh N, Azizkhani E, Haghani M** (2016) Natural enemies of Jujube lappet moth, *Streblote siva* (Lefebvre), and their parasitism rate in Bushehr. *Proceedings of 22<sup>nd</sup> Iranian Plant Protection Congress, 27-30 August 2016*. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, IRAN. 521. (In Persian)
- Fusu L** (2009) Romanian Eupelmidae (Hymenoptera, Chalcidoidea): new cytogenetic, faunistic and host records. *North-Western Journal of Zoology* 5 (2), 307-320.
- Gibson GAP, Dewhurst C, Makai S** (2012) Nomenclatural changes in *Anastatus* Motschulsky and the description of *Anastatus eurycanthae* Gibson n. sp. (Eupelmidae: Eupelminae), an egg parasitoid of *Eurycantha calcarata* Lucas (Phasmida: Phasmatidae) from Papua New Guinea. *Zootaxa*, 3419, 53-61.
- Hayat M** (1975) Some Indian species of *Anastatus* (Hymenoptera: Chalcidoidea, Eupelmidae). *Journal Oriental Insects* 9(3), 261-71.
- Haye T, Abdallah S, Garipey T, Wyniger D** (2014) Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. *Journal of Pest Science* 87, 407-418.
- Huang M, Mai S, Wu W, Poo C** (1974) The bionomics of *Anastatus* sp. and its utilization for the control of lichee stink bug. *Tessaratomya papillosa* Drury. *Acta Entomologica Sinica* 17(4), 362-75.

- Huang YB, Chi H** (2013) Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): with an invalidation of the jackknife technique. *Journal of Applied Entomology* 137, 327-339.
- James DJE** (1993) Biology of *Anastatus biproruli* (Hym.: Eupelmidae) a parasitoid of *Biprorulus bibax* (Hem.: Pentatomidae). *Entomophaga* 38(2), 155-161.
- Jervis MA, Kidd NAC** (1986) Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biological Reviews* 61, 395-434.
- Lalitha Y, Ballal C, Gupta A** (2016) Interaction between *Anastatus acherontiae* and *Anastatus bangalorensis* (Hymenoptera: Chalcidoidea) two potential parasitoids of Litchi stink bug *Tessaratoma javanica* Thunberg. Conference on National Priorities in Plant Health Management, At S V Agricultural College, Tirupati, Andhra Pradesh Cite this publication. ICAR- National Bureau of Agricultural Insect Resources, Karnataka, India, 560024.
- Li DS, Liao C, Zhang BX, Song ZW** (2014) Biological control of insect pests in litchi orchards in China. *Biological Control* 68, 23-36.
- Mehrnejad MR** (2008) The primary and secondary parasitoids of the pistachio twig borer moth, *Kermania pistaciella* Amsel (I) (Short report). *Journal of Applied Entomology and Phytopathology* 76(2), 29.
- Mendel MJ, Shaw PB, Owens JC** (1987) Life-history characteristics of *Anastatus semiflavus* (Hymenoptera: Eupelmidae), an egg parasitoid of the range caterpillar, *Hemileuca oliviae* (Lepidoptera: Saturniidae) over a range of temperatures. *Environmental Entomology* 5, 1035-1041.
- Narasimham A** (1982) Biology of *Anastatus umae* (Hymenoptera: Eupelmidae), an oothecal parasite of *Neostylopyga rhombifolia* (Blattodea: Blattidae). *Colemania* 1(3), 135-40.
- Narendran TC** (2009) A review of the species of *Anastatus* Motschulsky (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae) of the Indian subcontinent. *Journal of Threatened Taxa* 1(2), 75.
- Noyes JS** (2019) Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>
- Panicker KN, Srinivasan R** (1992) A Note on the Biology of *Anastatus tenuipes* an Oothecal Parasitoid of Brown Banded Cockroach *Supella longipalpa*. *Journal of Biological Control* 6, 11-15.
- Radjabi GH** (1986) Insects attacking rosaceous fruit trees in Iran (Lepidoptera). Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO) publications, Tehran, Iran, 209p. (In Persian)
- Roversi PF** (1990) On the generations of *Anastatus disparis* Ruschka in central Italy (Hymenoptera Eupelmidae). *Redia* 73, 507-516.
- Smucker MD, Allan J, Carterette B** (2007) Comparison of statistical significance tests for information retrieval evaluation. Proceedings of the sixteenth ACM conference on information and knowledge management, Lisbon, 9 November, Portugal. 623-632.
- Stahl JM, Babendreier D, Haye T** (2018) Using the egg parasitoid *Anastatus bifasciatus* against the invasive brown marmorated stink bug in Europe: can non-target effects be ruled out? *Journal Pest Science* 91(3), 1005-17.
- Stahl JM, Babendreier D, Haye T** (2019) Life history of *Anastatus bifasciatus*, a potential biological control agent of the brown marmorated stink bug in Europe. *Biological Control* 129, 178-186.
- Velayudhan R, Senrayan R, Rajadurai S** (1988) Parasitoid, host interactions with reference to *Anastatus ramakrishnae* (Mani) (Hymenoptera: Eupelmidae) in relation to pentatomid and coreid hosts. Proceedings of the Indian National Science Academy. Part B Biological sciences, Indian National Science Academy 54, 145-153.