

تأثیر دما بر پارامترهای جدول زندگی زنبور پارازیتوید تخم
(*Telenomus busseolae* (Hym.: Platygasteridae) روی ساقه‌خوار
نیشکر (*Sesamia cretica* (Lep.: Noctuidae))

امیر چراغی^{۱*}، پرویز شیشه‌بر^۱، فرحان کچیلی^۱، آرش راسخ^۱ و ارسلان جمشیدنیا^۲
۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز و ۲- گروه حشره‌شناسی و
بیماری‌شناسی گیاهی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: amircheraghi2009@gmail.com

چکیده

پس از توسعه کشت نیشکر در خوزستان، آفاتی در مزارع نیشکر بروز یافتند که مهمترین آنها ساقه‌خواران (*Sesamia* spp. (Lep.: Noctuidae)) می‌باشند. در تحقیق حاضر، دوره رشد، تولیدمثل و پارامترهای جدول زندگی زنبور پارازیتوید (*Telenomus busseolae* Gahan (Hym.: Platygasteridae)) به عنوان مهمترین پارازیتوید ساقه‌خوار نیشکر *Sesamia cretica* Lederer در پنج دمای ثابت ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت روشنایی: تاریکی مورد مطالعه قرار گرفت. دوره رشد پیش از بلوغ زنبور با افزایش دما کاهش یافت و از ۲۶/۶۷ روز در ۲۰ درجه سلسیوس به ۱۰/۲۵ روز در ۳۵ درجه سلسیوس رسید. دوره تخم‌گذاری در دماهای مورد نظر به ترتیب ۴/۱۶، ۴/۶، ۴/۹۹، ۴/۰۴ و ۳/۳۱ روز بود و ماده‌ها به طور میانگین در این دوره‌ها ۵۶/۳۷، ۶۵/۴۵، ۹۸/۵۹، ۵۷/۴۴ و ۳۳/۸۶ تخم گذاشتند. داده‌های جدول زندگی با استفاده از روش جدول زندگی دو جنسی تحلیل شدند. بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r_m = 0.262$ بر روز)، نرخ متناهی افزایش جمعیت ($\lambda = 1/3$ بر روز) و نرخ خالص تولیدمثل ($R_0 = 49/28$ نتاج/فرد) در دمای ۲۸ درجه سلسیوس دیده شد. کمترین دوره یک نسل زنبور ($T = 12/17$ روز) در دمای ۳۵ درجه سلسیوس دیده شد. نتایج این تحقیق نشان داد دما یک عامل مهم در پارامترهای رشد جمعیت زنبور *T. busseolae* است و دمای ۲۸ درجه سلسیوس به‌عنوان یک دمای بهینه برای پرورش انبوه این زنبور پارازیتوید می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: *Sesamia cretica*، *Telenomus busseolae*، ویژگی‌های زیستی، رشد جمعیت

Effect of temperature on life table parameters of the egg parasitoid
Telenomus busseolae (Hym.: Platygasteridae) on the sugarcane
stem borer, *Sesamia cretica* (Lep.: Noctuidae)

Amir Cheraghi^{1&*}, Parviz Shishehbor¹, Farhan Kocheili¹,
Arash Rasekh¹ & Arsalan Jamshidnia²

1-Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran & 2- Department of Entomology and Plant Pathology, Aburaihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding author, Email: amircheraghi2009@gmail.com

Abstract

Following sugarcane production in Khuzestan province, some pests appeared which sugarcane stem borers, *Sesamia* spp. (Lep.: Noctuidae) are considered as the most important one among others. In the current research, the development, reproduction and life table parameters of the parasitoid, *Telenomus busseolae* Gahan (Hym.: Platygasteridae) on the sugarcane stem borer *Sesamia cretica* Lederer (Lep.: Noctuidae) were studied at five constant temperatures (20, 25, 28, 30 and $35 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ RH

and a photoperiod of 16L:8D hours). The duration of pre-adult stage decreased with increasing temperature from 26.67 days at 20°C to 10.25 days at 35°C. The oviposition period was 4.16, 4.6, 4.99, 4.04 and 3.31 days at 20, 25, 28, 30 and 35°C, respectively, while females laid an average of 56.37, 65.45, 98.59, 57.44 and 33.86 eggs, respectively, at these five temperatures. Life table data were analyzed using an age-stage, two-sex life table method. The intrinsic rate of increase ($r_m=0.262 \text{ day}^{-1}$), finite rate of increase ($\lambda=1.3 \text{ day}^{-1}$) and net reproductive rate ($R_0=49.28$ offspring/individual) were greatest at 28°C. The shortest mean generation time ($T=12.17$ days) was recorded at 35°C. The results of the current study, indicated that temperature is one of the most important factors on life table parameters of *T. busseolae*. Also the optimum temperature for population growth of this parasitoid was 28°C, therefore this temperature can be considered as optimal degree for mass rearing of *T. busseolae*.

Keywords: *Telenomus busseolae*, *Sesamia cretica*, biological characteristics, population growth

Received: 15 February 2018, Accepted: 15 April 2018

مقدمه

در سال‌های اخیر در خوزستان اراضی شوره‌زار وسیعی پس از زهکشی به زیر کشت نیشکر رفته‌اند و سیاست دولت به منظور افزایش سطح زیر کشت این گیاه در خوزستان بوده است (Soleyman-Nejadiyan, 2003). پس از توسعه کشت نیشکر در خوزستان، آفاتی در مزارع نیشکر بروز یافتند که مهمترین آنها ساقه‌خواران *Sesamia* spp. (Lep.: Noctuidae) می‌باشند. در واقع از عوامل محدود کننده کشت نیشکر در ایران دو گونه ساقه‌خوار به نام‌های *Sesamia cretica* Lederer و *S. nonagrioides* Lefebvre را می‌توان ذکر کرد. هر دو آفت مذکور در منطقه خوزستان دارای ۴ تا ۵ نسل می‌باشند. در نسل اول علائم خسارت بصورت مرگ جوانه مرکزی و در نسل‌های بعدی به صورت آلودگی میانگره‌ها در مزرعه مشاهده می‌شود. همچنین دالان‌های حاصل از تغذیه لاروها محیط مناسبی برای فعالیت قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌های ساپروفیت فراهم کرده که این موضوع خسارت را تشدید می‌نماید (Daniyali, 1985; Askariyanzadeh, 2005). در سال‌های اولیه کشت نیشکر در خوزستان علیه این آفات مبارزه شیمیایی صورت می‌گرفت که با مطالعه Daniyali (1976) مشخص شد که بدلیل مخفی بودن لاروها در داخل ساقه، سمپاشی علیه آنها بی‌تأثیر است. زنبور پارازیتوید *Telenomus busseolae* Gahan (Hym.: Platygastridae) به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل کنترل بیولوژیک این آفت است. با توقف سمپاشی‌ها، جمعیت زنبور نام برده افزایش یافت و جمعیت آفت را کاهش داد؛ اما خسارت آفت، به ویژه در مناطقی که به تازگی زیر کشت نیشکر رفته‌اند، هم‌چنان قابل توجه است (Daniali, 1985).

در ایران پرورش و رهاسازی زنبور پارازیتوید *T. busseolae* مهمترین راهکار مدیریتی در مزارع ذرت و نیشکر محسوب می‌شود (RanjbarAghdam & Kamali, 2005). زنبور یاد شده از مناطق مختلف جهان گزارش شده است. برای مثال Polaszek & Kimani (1990) طی بررسی‌های خود نشان دادند که گونه *Telenomus* spp. در آفریقا، یونان، عراق و ایران گسترش دارد و گونه‌های *Sesamia* spp. در آفریقا، یونان، عراق و ایران گسترش دارد و گونه‌های *Coniesta ignefusalis* Hampson (Lep.: Crambidae) و *Noctuidae* را به عنوان میزبان آنها گزارش نمودند. پارازیتسیم این زنبور روی تخم‌های *S. cretica* در مزارع ذرت و سورگوم در سودان و مزارع نیشکر و ذرت مصر گزارش شده است (Alexandri & Tsitsipis, 1990). در بررسی که Hafez et al. (1977) روی کارایی زنبور تلنوموس در مصر انجام دادند تخم بسیاری از گونه‌های بالپولکداران در معرض حمله این پارازیتوید قرار داده شد؛ اما تنها تخم‌های گونه *S. cretica* پارازیت شدند. بیش از ۱۶ نسل از *Telenomus* sp. در منطقه Giza مصر

فعالیت دارد در صورتی که تنها ۳-۴ نسل از سزامیا در این زمان گزارش شد؛ این موضوع می‌تواند عاملی مهم در مورد کارایی زنبور تلنوموس علیه آفت سزامیا باشد (Hafez et al., 1977).

در ایران زنبور *T. busseolae* علاوه بر استان خوزستان از مزارع ذرت ورامین، اصفهان و استان مازندران نیز گزارش شده است (Abbasipour, 1991). زنبور مذکور برای اولین بار در ایران توسط دانیالی در سال ۱۳۵۲ روی تخم‌های پارازیت شده سزامیا از مزارع نیشکر منطقه هفت‌تپه جمع‌آوری شد. در سال ۱۳۶۵ نیز این زنبور توسط شجاعی با نام *Platytenomus hylas* Nixon (Hym: Scelionidae) شناسایی شد که جنس آن مترادف *Telenomus* است (RanjbarAghdam, 2000). این زنبور در مزارع ذرت خوزستان قادر است تا ۹۰ درصد تخم‌های *S. nonagrioides* را پارازیت نماید (Abbasipour, 2004). در کشت و صنعت کارون شوشتر اوج پارازیت‌یسم این زنبور در مزارع بازرویی ۶۷/۷۹ درصد و در مزارع تازه کشت شده ۷۸/۸۴ درصد و بیشترین کمترین درصد پارازیت‌یسم نسلی به ترتیب در خرداد و شهریور ماه گزارش شده است (Sayadmansour, 2007). مطالعات انجام شده روی زیست‌شناسی زنبور *T. busseolae* نشان می‌دهد که این زنبور پارازیت‌یید انفرادی و Proovigenic است و همچنین دوره قبل از تخم‌ریزی قابل اندازه‌گیری در آن مشاهده نمی‌شود. زنبور نام برده در طول سه روز اول ۷۸ درصد تخم‌ریزی خود را انجام می‌دهد (Chabi-Olaye et al., 1997). هر زنبور ماده قادر است بطور متوسط ۶۹ تخم *S. nonagrioides* را پارازیت نماید. تخم‌های پارازیت‌یته معمولاً ۴ تا ۵ روز پس از پارازیت‌یسم، تغییراتی ظاهری پیدا می‌کنند و به رنگ تیره در می‌آیند که این موضوع تخم‌های پارازیت شده را از تخم‌های سالم متمایز می‌نماید (RanjbarAghdam, 2000; Abbasipour, 2004).

با توجه به اینکه حشرات موجودات خونسردی هستند دما تأثیر بسیار قابل توجهی روی رشد آنها دارد. بنابراین اگر دما (تا محدوده‌ی معینی) افزایش یابد رشد حشرات سریع‌تر خواهد شد (Wagner et al., 1984). در اثر افزایش دما فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بدن حشرات افزایش یافته و در نتیجه رشد و نمو تسریع خواهد شد (Sharpe & DeMichele, 1977; Lamb, 1992; Lewis et al., 2015).

بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه جامعی در مورد بررسی تأثیر دماهای مختلف ثابت بر ویژگی‌های زیستی و پارامترهای جدول زندگی *T. busseolae* روی ساقه‌خوار نیشکر *S. cretica* انجام نشده است. لذا مطالعه جاری طراحی شد تا تأثیر دماهای مختلف بر خصوصیات از قبیل طول دوره رشد پیش از بلوغ، میزان مرگ و میر، طول عمر زنبورهای بالغ نر و ماده، میزان تخم روزانه، میزان تخم کل و همچنین پارامترهای جدول زندگی *T. busseolae* ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

پرورش ساقه‌خوار نیشکر در شرایط آزمایشگاهی

برای تشکیل کلنی آفت، لاروهای *S. cretica* از سطح مزارع نیشکر آلوده به آفت در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر (48° 10' E, 30° 4' N)، جمع‌آوری شدند. لاروها پس از انتقال به آزمایشگاه، با استفاده از رژیم غذایی طبیعی (ساقه نیشکر وارپته CP69-1062) داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای با ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۶ سانتی‌متر تغذیه و نگهداری شدند. پس از طی مرحله لاروی، شفیره‌ها بر مبنای درزهای تناسلی، تفکیک جنسی شده و در ظروف پلاستیکی استوانه‌ای مجزا، با قطر ۱۰ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر نگهداری شدند. پس از خروج شب‌پره‌های

بالغ، آنها را در ظروف پلاستیکی با ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۶ سانتی‌متر قرار داده تا جفت‌گیری و تخم‌ریزی نمایند. روزانه تعدادی سرنی نیشکر (قسمت انتهایی ساقه نیشکر) به منظور تخم‌ریزی در اختیار شب‌پره‌های موجود در ظروف پلاستیکی مذکور قرار می‌گرفت. تخم‌ریزی در زیر غلاف نیشکر صورت می‌گرفت و تخم‌های حاصل به آرامی از غلاف برگ جدا شده و برای آزمایش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. ظروف پلاستیکی حاوی *S. cretica* داخل ژرمیناتور و در دمای 28 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره روشنایی: تاریکی ۱۴:۱۰ ساعت نگهداری شدند.

پرورش زنبور *T. busseolae* و همسان‌سازی جمعیت

برای پرورش زنبور پارازیتوید *T. busseolae*، از میزبان طبیعی آن یعنی تخم‌های *S. cretica* استفاده شد. ابتدا کلنی اولیه زنبور از دسته‌های تخم پارازیت شده *S. cretica* از مزارع کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر جمع‌آوری شد. در آزمایشگاه تخم‌های ساقه‌خوار *S. cretica* با عمر کمتر از ۲۴ ساعت در اختیار زنبورهای تازه خارج شده از تخم‌های پارازیت قرار داده شد. تخم‌های آفت با استفاده از محلول آب عسل ۱۴ درصد روی نوارهایی از فیلم رادیوگرافی (از جنس پلی استر) با ابعاد 15×2 سانتی‌متر چسبانده و در اختیار زنبورها قرار داده شد. نوارهای حامل تخم‌های *S. cretica* همراه با زنبورها در درون لوله‌های شیشه‌ای استوانه‌ای، به طول ۱۷ و قطر ۳ سانتی‌متر، نگهداری شدند. درب لوله‌های استوانه‌ای به وسیله گلوله‌های پنبه‌ای مسدود می‌شد. به منظور تغذیه زنبورهای بالغ از محلول آب عسل ۲۰ درصد، از تکه‌های کاغذ صافی آغشته به آب عسل استفاده شد. کار پرورش زنبور برای همسان‌سازی جمعیت تا ۳ نسل ادامه یافت. لوله‌های شیشه‌ای حاوی زنبور و تخم ساقه‌خوار در دماهای آزمایش (۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس)، رطوبت نسبی 60 ± 5 و دوره روشنایی: تاریکی ۱۶:۸ ساعت در ژرمیناتور نگهداری شدند.

بررسی خصوصیات زیستی زنبور *Telenomus busseolae*

به منظور بررسی تأثیر دما روی ویژگی‌های زیستی زنبورهای *T. busseolae*، ابتدا ۵۰ عدد تخم *S. cretica* در اختیار ۵ عدد زنبور ماده جفت‌گیری کرده با عمر کمتر از ۲۴ ساعت قرار داده شد. برای این کار از لوله‌های شیشه‌ای استوانه‌ای مشابه آنچه که برای پرورش کلنی زنبور ذکر شد، استفاده شد. پس از ۲۴ ساعت زنبورها از لوله‌ی آزمایش خارج شدند و تخم‌های پارازیت شده *S. cretica* داخل ژرمیناتورهایی با دمای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره روشنایی: تاریکی ۱۶:۸ (ساعت) گذاشته شدند. هر ۱۲ ساعت تخم‌ها مورد بازرسی قرار گرفتند و زمان خروج پارازیتویدها ثبت شد. بدین ترتیب طول دوره پیش از بلوغ، میزان مرگ و میر پیش از بلوغ و نسبت جنسی در دماهای مختلف یادداشت شد. پس از خروج بالغین، یک جفت زنبور نر و ماده با عمر کمتر از ۲۴ ساعت همراه با ۱۰۰ عدد تخم یک روزه *S. cretica* درون لوله‌های استوانه‌ای (مشابه آزمایش قبل) گذاشته شد. این لوله‌ها نیز در پنج دمای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره روشنایی: تاریکی ۱۶:۸ (ساعت) نگهداری شدند. روزانه ۱۰۰ عدد تخم جدید در اختیار زنبورها قرار گرفت و هر روز تعداد تخم‌های پارازیت شده شمارش شد. این آزمایش با مرگ آخرین زنبور ماده پایان یافت. بدین ترتیب طول عمر زنبورهای نر و ماده و همچنین میزان تخم‌ریزی روزانه و کل زنبور *T. busseolae* در دماهای مختلف شمارش و ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های جدول زندگی بر اساس تئوری جدول زندگی دوجنسی ویژه سن - مرحله رشدی (TWOSEX-MSChart (Version 2014) انجام شد. برای محاسبه از نرم افزار (Chi & Liu, 1985; Chi, 1988) استفاده شد. میانگین دوره رشد و نمو پیش از بلوغ، طول عمر بالغین، کل دوره پیش از تخم‌ریزی و باروری ماده محاسبه شد. در ادامه نرخ بقای ویژه سنی - مرحله رشدی (lx)، باروری ویژه سنی - مرحله رشدی (fxj)، نرخ بقای ویژه سنی (lx) و باروری ویژه سنی (mx) و همچنین پارامترهای رشد جمعیت مانند نرخ ذاتی افزایش جمعیت (rm)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (r)، نرخ خالص تولیدمثل ($R0$) و میانگین مدت زمان یک نسل (T) محاسبه شد. میانگین و خطای استاندارد پارامترهای جدول زندگی با استفاده از روش بوت استرپ (با ۱۰۰۰۰ تکرار) محاسبه شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش بوت استرپ جفت شده (Paired bootstrap) استفاده شد. نمودارها نیز توسط نرم افزار SigmaPlot 12.0 ترسیم شدند.

نتایج

نتایج مربوط به طول دوره رشد پیش از بلوغ *T. busseolae* در دماهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. دما تأثیر معنی‌داری بر طول دوره رشد پیش از بلوغ این پارازیتوید داشت. با افزایش دما طول دوره رشد پیش از بلوغ *T. busseolae* کاهش یافت. طولانی‌ترین دوره رشد پیش از بلوغ در دمای ۲۰ و کوتاه‌ترین دوره در دمای ۳۵ درجه سلسیوس دیده شد.

نتایج مربوط به میزان مرگ و میر پیش از بلوغ *T. busseolae* در دماهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌داری در میزان مرگ و میر پیش از بلوغ *T. busseolae* در دماهای مختلف دیده نشد. نسبت جنسی (درصد ماده) *T. busseolae* در پنج دمای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۵۳، ۰/۵۹، ۰/۶۳، ۰/۶۰ و ۰/۵۲ درصد بود (جدول ۱). آنالیز واریانس اختلاف معنی‌داری را در نسبت جنسی *T. busseolae* در دماهای مختلف نشان داد. بیشترین نسبت جنسی (درصد ماده) در دمای ۲۸ درجه سلسیوس مشاهده شد.

جدول ۱ - میانگین طول دوره رشد پیش از بلوغ، مرگ و میر پیش از بلوغ و نسبت جنسی (ماده/کل) *Telenomus*

Sesamia cretica روی *busseolae*

Table 1. Mean (\pm SE) pre-adult developmental time, mortality and sex ratio (female/total) of *Telenomus busseolae* parasitizing *Sesamia cretica*.

Parameters	Temperature °C				
	20	25	28	30	35
Pre-adult developmental time (days)	26.67 \pm 0.09 ^a	15.68 \pm 0.08 ^b	13.02 \pm 0.02 ^c	12.32 \pm 0.07 ^d	10.25 \pm 0.07 ^e
Pre-adult mortality%	0.47 \pm 0.003 ^a	0.61 \pm 0.006 ^a	0.52 \pm 0.005 ^a	0.74 \pm 0.006 ^a	0.81 \pm 0.012 ^a
Female sex ratio%	0.53 \pm 0.018 ^b	0.59 \pm 0.013 ^{ab}	0.63 \pm 0.017 ^a	0.60 \pm 0.015 ^{ab}	0.52 \pm 0.015 ^b

The means followed by the same letters in each row are not significantly different (P<0.05)

ماده‌های *T. busseolae* بلافاصله پس از خروج از تخم‌های میزبان، تخم‌گذاری را شروع کردند و لذا دوره قبل از تخم‌گذاری در حشرات بالغ (APOP) وجود نداشت (جدول ۲). اختلاف معنی‌داری بین مجموع طول دوره قبل از تخم‌گذاری (TPOP)، دوره تخم‌گذاری، طول عمر زنبورهای ماده، طول عمر زنبورهای نر، همچنین میزان تخم کل زنبورهای ماده در دماهای مختلف مشاهده شد. در کلیه دماهای مورد آزمایش طول عمر زنبورهای ماده بیشتر از زنبورهای نر بود.

جدول ۲- میانگین (\pm SE) دوره قبل از تخم‌گذاری حشرات کامل، مجموع طول دوره قبل از تخم‌گذاری، طول دوره تخم‌ریزی، طول عمر حشرات ماده و نر و باروری کل زنبور *Telenomus busseolae* روی *Sesamia cretica* در دماهای مختلف.

Table 2- Means (\pm SE) of adult pre-oviposition period (APOP), total pre-oviposition period (TPOP), oviposition period, female and male longevity and fecundity of *Telenomus busseolae* on *Sesamia cretica* at different temperatures.

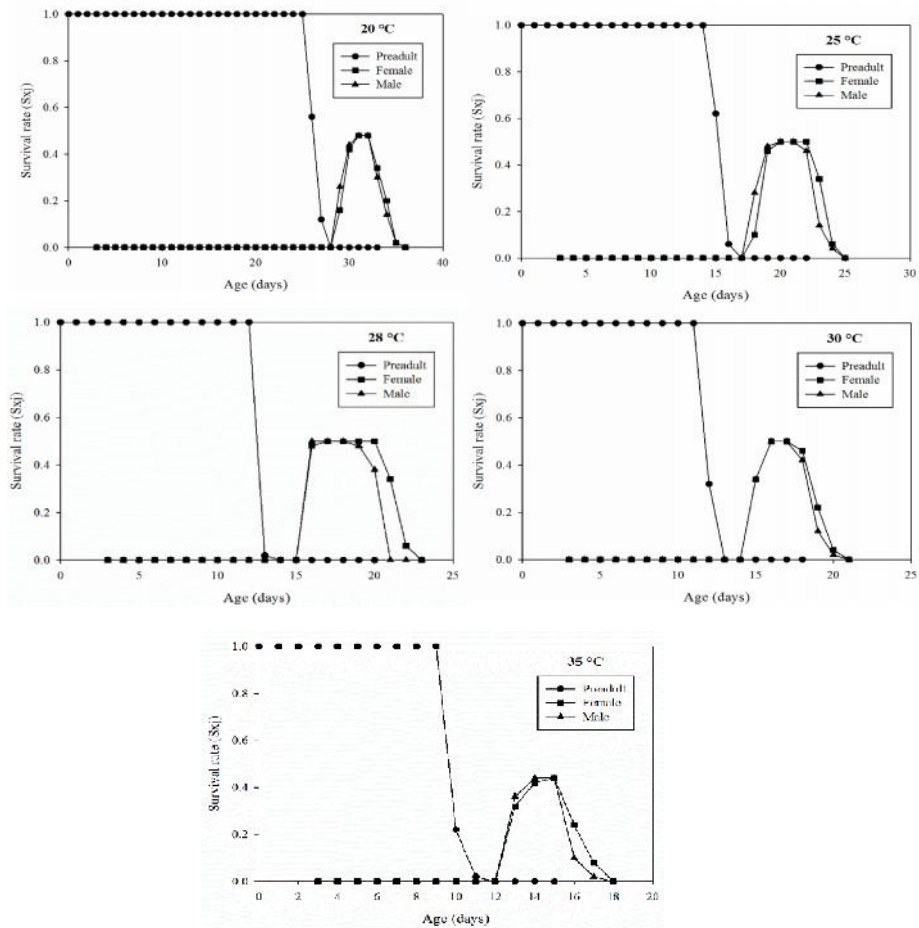
Parameters	Temperature °C				
	20	25	28	30	35
APOP (days)	0 \pm 0.00	0 \pm 0.00	0 \pm 0.00	0 \pm 0.00	0 \pm 0.00
TPOP (days)	26.79 \pm 0.132 ^a	15.87 \pm 0.104 ^b	13.03 \pm 0.039 ^c	12.31 \pm 0.094 ^d	10.31 \pm 0.119 ^e
Oviposition period (days)	4.16 \pm 0.076 ^c	4.60 \pm 0.127 ^b	4.99 \pm 0.099 ^a	4.04 \pm 0.09 ^e	3.31 \pm 0.073 ^d
Female longevity (days)	31.16 \pm 0.184 ^a	20.80 \pm 0.127 ^b	18.79 \pm 0.128 ^c	16.43 \pm 0.151 ^d	13.72 \pm 0.161 ^e
Male longevity (days)	30.95 \pm 0.183 ^a	20.28 \pm 0.145 ^b	17.72 \pm 0.107 ^c	16.11 \pm 0.143 ^d	13.27 \pm 0.116 ^e
Fecundity (egg/female)	56.37 \pm 0.733 ^c	65.45 \pm 0.596 ^b	98.59 \pm 0.813 ^a	57.44 \pm 0.666 ^c	33.86 \pm 0.398 ^d

The means followed by the same letters in each row are not significantly different ($P < 0.05$)

شکل ۱، نرخ بقای ویژه سنی (sx_j) زنبور *T. busseolae* را در دماهای مختلف نشان می‌دهد. این نمودار احتمال زنده ماندن یک تخم بارور تا سن x و مرحله z را بیان می‌نماید. بیشترین میزان نرخ بقا در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و کمترین میزان آن در دمای ۳۵ درجه سلسیوس حاصل شده است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود احتمال رسیدن یک تخم تازه به مرحله ماده بالغ در دماهای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۱، ۰/۴۸، ۰/۳۴ و ۰/۳۲ می‌باشد که به ترتیب در روزهای ۲۶، ۱۵، ۱۳، ۱۲ و ۱۰ می‌باشد (شکل ۱).

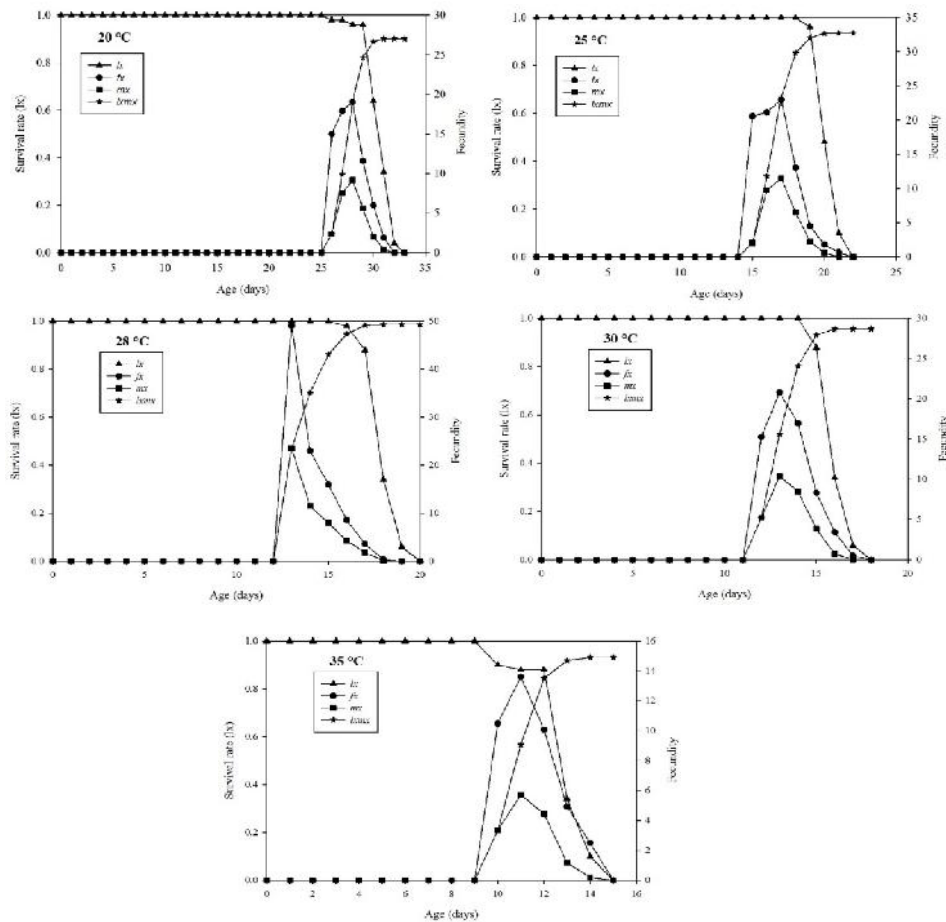
شکل ۲، نرخ بقا (lx) و باروری (fx) ویژه سنی، زادآوری سنی کل جمعیت (mx) و تولیدمثل خالص روزانه ($lxmx$) زنبور *T. busseolae* را در دماهای مختلف نشان می‌دهد. به عنوان مثال باروری ویژه سنی - مرحله رشدی (fx_j)، که میانگین تعداد تخم‌هایی است که توسط هر فرد ماده در هر روز تولید می‌شود در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین مقدار آن در دمای ۲۸ درجه سلسیوس و در روز ۱۳ (با ۴۹/۰۸ تخم بر ماده) حادث شده

است. تخم‌ریزی زنبور مذکور در دماهای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب در روزهای ۲۶، ۱۵، ۱۳، ۱۲ و ۱۰ آغاز شد. حداکثر نرخ باروری در دماهای مذکور به ترتیب در روزهای ۲۸، ۱۷، ۱۳، ۱۳ و ۱۱ رخ داد که در این روزها زنبورهای پارازیتوید *T. busseolae* به طور میانگین و به ترتیب ۲۳، ۴۹/۰۸، ۲۰/۸ و ۱۳/۶۱ عدد تخم‌گذاری کردند. با توجه به شکل ۲ و داده‌های به دست آمده از جدول زندگی، تخم‌ریزی زنبور مذکور در دماهای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب در یک بازه زمانی ۶ روزه (از روز ۲۶ تا روز ۳۱)، ۷ روزه (از روز ۱۵ تا روز ۱۴)، ۶ روزه (از روز ۱۳ تا روز ۱۸)، ۶ روزه (از روز ۱۲ تا روز ۱۷) و ۵ روزه (از روز ۱۰ تا روز ۱۴) اتفاق افتاده است (شکل ۲).



شکل ۱- نرخ بقای ویژه سنی زنبور *Telenomus busseolae* روی *Sesamia cretica* در دماهای مختلف.

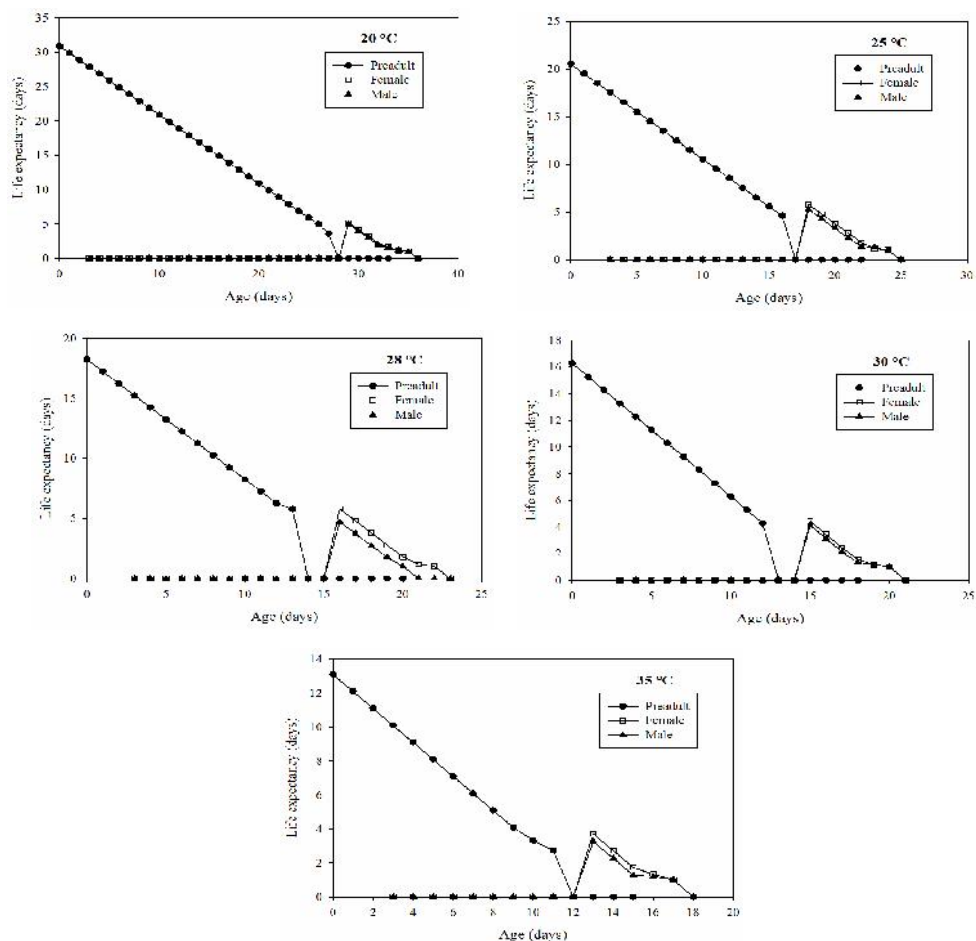
Fig. 1. Age-stage survival rate (S_{xj}) of *T. busseolae* on *S. cretica* at different temperatures.



شکل ۲- نرخ بقا و باروری ویژه سنی، زادآوری سنی کل جمعیت، تولیدمثل خالص و نرخ تولیدمثل تجمعی زنبور *Telenomus busseolae* روی *Sesamia cretica* در دماهای مختلف.

Fig. 2. Age-specific survival rate (l_x), female age-specific fecundity (f_x), age-specific fecundity of the total population (m_x) and age-specific maternity ($l_{m,x}$) of *Telenomus busseolae* on *Sesamia cretica* at different temperatures.

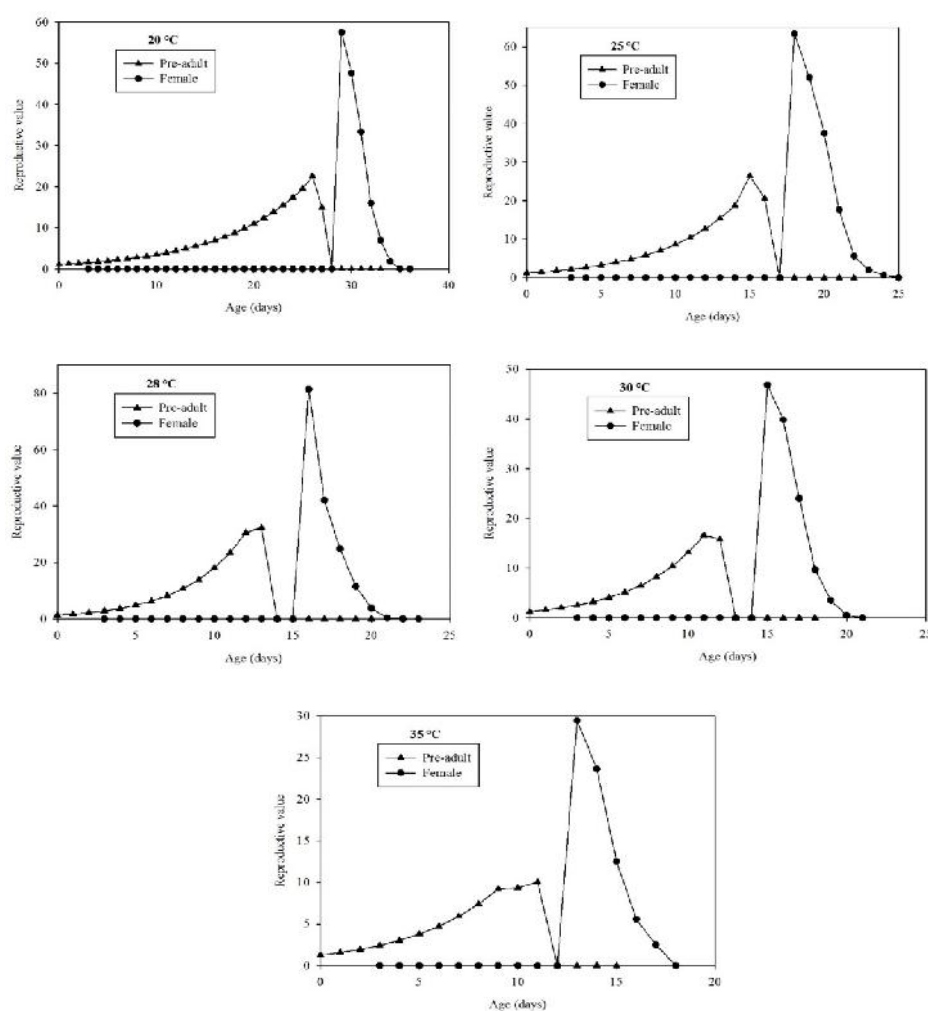
در شکل ۳، نمودار امید به زندگی ویژه سنی (exj) زنبور *T. busseolae* در دماهای مختلف نمایش داده شده است. تعداد روزهایی که فرد در هر سن و مرحله رشدی قادر به زنده ماندن است را با منحنی امید به زندگی ویژه سنی - مرحله رشدی (exj)، نشان می‌دهند. به عبارت دیگر نمودار امید به زندگی مراحل سنی (exj) بیانگر مجموع مدت زمانی است که از یک فرد انتظار می‌رود تا سن x و مرحله زنده بماند و امید زندگی با افزایش سن به آهستگی روند نزولی پیدا می‌کند. تغییرات امید به زندگی و نرخ مرگ و میر رابطه معکوس دارند؛ به طوری که در روزهای اول زندگی نرخ مرگ و میر کمترین مقدار است و امید به زندگی در بالاترین سطح خود قرار دارد. بالاترین و پایین‌ترین امید به زندگی به ترتیب در دمای ۲۰ و ۳۵ درجه سلسیوس حاصل شده‌اند. امید به زندگی یک فرد تازه متولد شده در پنج دمای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۳۰/۹، ۲۰/۵۴، ۱۸/۲۶، ۱۶/۲۸ و ۱۳/۱ روز به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳ - امید به زندگی ویژه سنی زنبور *Telenomus busseolae* روی *Sesamia cretica* در دماهای مختلف.

Fig. 3. Age-stage life expectancy (e_{xj}) of *Telenomus busseolae* on *Sesamia cretica* at different temperatures.

شکل ۴، ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) برای زنبور *T. busseolae* در پنج دمای مختلف را نشان می‌دهد. ارزش تولیدمثلی نخستین بار توسط Fisher (1930) ارائه شد. میزان یا ارزش تولیدمثلی، شمار نتاجی است که انتظار می‌رود توسط هر فرد *T. busseolae* که در سن x و مرحله رشدی j است، تولید شود. منحنی‌های میزان تولیدمثلی ویژه سن - مرحله رشدی در شکل ۴ ترسیم شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که اوج ارزش تولیدمثلی در روز سیزدهم برای دمای ۲۸ درجه سلسیوس اتفاق افتاده است و این میزان نسبت به سایر دماها بیشتر است. به عبارت دیگر، زنبورهای ماده *T. busseolae* در روز سیزدهم و در دمای ۲۸ درجه سلسیوس بیشترین مشارکت را در آینده جمعیت دارند و این میزان به تدریج کاهش می‌یابد.



شکل ۴- ارزش تولیدمثلی ویژه سن- مرحله رشدی (v_{xj}) زنبور *Telenomus busseolae* روی *Sesamia cretica* در دماهای مختلف.

Fig. 4. Age-stage reproductive value (v_{xj}) of *Telenomus busseolae* on *Sesamia cretica* at different temperatures.

پارامترهای جدول زندگی *T. busseolae* در دماهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. دما اثر معنی‌داری بر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (rm) این پارازیتوید داشت. با افزایش دما از ۲۰ تا ۲۸ درجه سلسیوس نرخ ذاتی افزایش جمعیت افزایش یافت اما در دماهای بالاتر یعنی ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس میزان rm کاهش یافت (جدول ۳). حداکثر نرخ خالص تولیدمثل ($RO=49/28$ نتاج/فرد) هم در ۲۸ درجه سلسیوس ثبت شد. طولانی‌ترین دوره یک نسل ($T=28/87$ روز) در ۲۰ درجه سلسیوس و کوتاه‌ترین دوره ($T=12/17$ روز) در ۳۵ درجه سلسیوس اتفاق افتاد (جدول ۳).

جدول ۳- پارامترهای جدول زندگی دو جنسی (\pm SE) زنبور *Telenomus busseolae* روی *Sesamia cretica* در دماهای مختلف.

Table 3- Two-sex life table parameters (\pm SE) of *Telenomus busseolae* on *Sesamia cretica* at different temperatures.

Parameters	Temperature °C				
	20	25	28	30	35
GRR offspring/individual)	29.74 \pm 4.29 ^{bcd}	33.84 \pm 4.73 ^{abc}	49.84 \pm 6.98 ^a	31.00 \pm 4.30 ^{bcd}	20.73 \pm 3.36 ^d
R ₀ (offspring/individual)	27.04 \pm 3.99 ^b	32.71 \pm 4.65 ^b	49.28 \pm 6.99 ^a	28.71 \pm 4.06 ^b	14.89 \pm 2.38 ^e
r _m (days ⁻¹)	0.114 \pm 0.005 ^d	0.194 \pm 0.008 ^e	0.262 \pm 0.009 ^a	0.233 \pm 0.010 ^b	0.220 \pm 0.013 ^{bc}
λ (days ⁻¹)	1.12 \pm 0.005 ^d	1.21 \pm 0.010 ^e	1.30 \pm 0.012 ^a	1.26 \pm 0.013 ^b	1.24 \pm 0.017 ^c
T (days)	28.87 \pm 0.131 ^a	17.86 \pm 0.106 ^b	14.81 \pm 0.039 ^c	14.34 \pm 0.092 ^d	12.17 \pm 0.111 ^e

The means followed by the same letters in each row are not significantly different (P<0.05)

بحث

RanjbarAghdam (2000) طول دوره رشد پیش از بلوغ زنبور *T. busseolae* روی ساقه‌خوار *S. nonagrioides* را در دمای ۲۹ درجه سلسیوس به صورت دامنه‌ای از ۱۳-۹/۵ روز گزارش نمود. همچنین Abbasipour (2004) طول دوره رشد پیش از بلوغ *T. busseolae* را روی ساقه‌خوار *S. nonagrioides* بررسی کرد. طی تحقیق ذکر شده طول دوره رشد پیش از بلوغ این زنبور، در دمای ۲۴ درجه سلسیوس، به صورت دامنه‌ای از ۱۷-۱۲ روز گزارش شد. در تحقیق حاضر، بر خلاف دو تحقیق ذکر شده در بالا، طول دوره پیش از بلوغ برای هر دما به صورت یک عدد میانگین ذکر گردید. (Jamshidnia (2010) نیز طول دوره رشد پیش از بلوغ زنبور *T. busseolae* روی ساقه‌خوار *S. cretica* در دمای ۳۰ درجه سلسیوس را ۱۳ روز گزارش نمود که نتایج ما در دمای مشابه با یافته‌های او بسیار نزدیک است.

نتایج مطالعه ما در مورد اثر دماهای مختلف بر میزان مرگ و میر پیش از بلوغ زنبور *T. busseolae* نشان داد که دما اثر معنی‌داری بر میزان مرگ و میر مراحل نابالغ این زنبور ندارد. (Jamshidnia (2010) نیز اثر دماهای مختلف را بر میزان مرگ و میر پیش از بلوغ زنبور *T. busseolae* روی دو ساقه‌خوار *S. cretica* و *S. nonagrioides* مطالعه نمود. نتایج ایشان هم نشان داد که دما تأثیر معنی‌داری بر میزان مرگ و میر پیش از بلوغ این زنبور نداشته است. در نتیجه می‌توان این گونه بیان نمود که زنبور پارازیتوئید *T. busseolae* به یک دامنه وسیع از دماها انطباق یافته است.

نسبت جنسی متمایل به ماده در کلیه دماهای مورد آزمایش دیده شد. مشابه با نتایج ما، Jamshidnia & Sadeghi (2014) نیز نسبت جنسی متمایل به ماده را برای این زنبور روی ساقه‌خوارهای *S. cretica* و *S. nonagrioides* گزارش نمودند. همچنین Okoth et al. (2006) نسبت جنسی *T. busseolae* روی دو میزبان ساقه‌خوار *S. calamistis* Hampson و *B. fusca* را متمایل به ماده (۷۳٪ درصد ماده) گزارش کردند. Colazza

(Rosi & 2001) نیز نسبت جنسی همین زنبور را روی ساقه‌خوار *S. nonagrioides* متمایل به ماده (۰/۷۱) درصد ماده) گزارش نمودند که نتایج ما با یافته‌های دو پژوهش اخیر نیز مطابقت دارد.

نتایج مطالعه جاری نشان داد که میانگین طول دوره تخم‌ریزی زنبور *T. busseolae* روی تخم‌های *S. cretica* در دمای ۲۸ درجه سلسیوس ۴/۹۹ روز بود. (Jamshidnia & Sadeghi, 2014) طول دوره تخم‌ریزی این زنبور را روی *S. cretica* و *S. nonagrioides* در یک دمای نزدیک (۳۰ درجه سلسیوس) را به ترتیب ۵/۶ و ۵/۵۳ روز گزارش کردند که یافته‌های مطالعه ما با نتایج آنها تقریباً مشابهت دارد.

میانگین زادآوری کل *T. busseolae* روی تخم ساقه‌خوار *S. cretica* در مطالعه جاری و در دمای ۲۸ درجه سلسیوس ۹۸/۵۹ تخم ثبت شد. پژوهشگران مختلف نتایج تقریباً مشابهی برای زادآوری کل این زنبور روی ساقه‌خواران متفاوت گزارش نموده‌اند. برای مثال میزان زادآوری ۱۰۲ تخم روی *S. cretica* در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (Jamshidnia & Sadeghi, 2014)، ۱۲۱/۹ تخم روی *S. calamistis* در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (Chabi-Olaye et al., 1997)، ۱۰۸ و ۱۱۹/۲ تخم به ترتیب روی *S. calamistis* و *B. fusca* در دمای ۲۷ درجه سلسیوس (Okoth et al., 2006) و ۹۱/۳ و ۷۶/۹ تخم به ترتیب برای نژادهای آفریقایی و ترکیه‌ای این زنبور پارازیتوئید روی *S. nonagrioides* در دمای ۲۶ درجه سلسیوس (Colazza & Rosi, 2001) گزارش شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود نتایج مطالعه ما در زمینه زادآوری زنبور *T. busseolae* در دامنه زادآوری گزارش شده برای این زنبور روی میزبان *S. cretica* یا سایر میزبان‌های ساقه‌خوار قرار می‌گیرد.

بر اساس نتایج کسب شده در این مطالعه نرخ ذاتی افزایش جمعیت *T. busseolae* (*rm*) روی تخم‌های *S. cretica* در دمای ۲۸ و ۳۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۲۶۲ و ۰/۲۳۳ بر روز ثبت شد. نتایج تقریباً مشابهی به وسیله سایر محققینی که روی زیست‌شناسی و پارامترهای جدول زندگی این پارازیتوئید کار کرده‌اند، گزارش شده است. برای مثال میزان *rm* برابر با ۰/۲۹۸ برای این زنبور روی ساقه‌خوار *S. cretica* در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (Jamshidnia, 2010)، ۰/۳۰۳ روی تخم‌های *S. calamistis* در دمای ۲۷ درجه سلسیوس (Chabi-Olaye et al., 1997) و ۰/۲۳۹ روی تخم‌های *B. fusca* در ۲۷ درجه سلسیوس (Okoth et al., 2006) گزارش شده است.

نتایج این تحقیق نشان داد دما یک عامل مهم در پارامترهای رشد جمعیت زنبور *T. busseolae* است و دمای ۲۸ درجه سلسیوس به‌عنوان یک دمای بهینه برای پرورش انبوه این زنبور پارازیتوئید می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. البته توصیه می‌شود اثر رطوبت‌های مختلف روی رشد و تولیدمثل *T. busseolae* نیز ارزیابی گردد. نتایج حاصل از مطالعه جاری می‌توانند در پرورش انبوه زنبور *T. busseolae* مورد استفاده قرار گیرند. در پرورش انبوه حشرات مفید دو عامل میزان تولیدمثل و کیفیت افراد بالغ اهمیت زیادی دارند. میزان تولیدمثل حشره مورد نظر باید زیاد و طول دوره نسل آن باید کوتاه باشد. همچنین کیفیت افراد بالغ تولید شده باید مناسب باشد. به طور مثال افراد ماده تولید شده باید توانایی رقابت با ماده‌های وحشی را داشته باشند. هر دو عامل فوق در ارتباط تنگاتنگ با دما می‌باشند. به‌علاوه دمای بهینه پرورش از نظر رشد، بقا و زادآوری را می‌توان از نتایج مطالعه حاضر کسب نمود. جهت طراحی یک برنامه مدیریت آفات، اطلاعات کسب شده در مطالعه جاری می‌توانند برای ساختن مدل‌های شبیه‌سازی کامپیوتری بکار روند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز و همچنین موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان قدردانی می‌شود. همچنین از دو داور گرامی که نظرات‌شان باعث بهبود کیفیت مقاله گردید تشکر می‌شود.

References

- Abbasipour, H.** (1991) Investigating bio-ecological of maize stem borer *Sesamia nonagrioides* and its natural biocontrol agent in field of Khuzestan. MSc Thesis, Tarbiat Modares University, 129 pp. [In Persian with English summary].
- Abbasipour, H.** (2004) Biological characters of egg parasitoid wasp *Platytenomus hylas* (Hym.: Scelionidae) of maize and sugarcane stem borer *Sesamia nonagrioides* (Lep.: Noctuidae) in Khuzestan province. *Journal of Entomological Society of Iran* 23,103-116. [In Persian with English summary].
- Alexandri, M. P. & Tsitsipis, J. A.** (1990) Influence of the egg parasitoid *Platytenomus busseolae* (Hym, Scelionidae) on the population of *Sesamia nonagrioides* (Lep: Noctuidae) in Central Greece. *Entomophaga* 35 (1), 61-70.
- Askariyanzadeh, A.** (2005) Evaluation of resistant mechanism of sugarcane cultivars to stem borers *Sesamia* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). PhD Thesis, Tarbiat Modares University, 130 pp. [In Persian with English summary].
- Chabi-Olaye, A., Schulthess, F., Shanower, T. G. and Bosqueperez, N. A.** (1997) Factors influencing the developmental rates and reproductive potentials of *Telenomus busseolae* (Gahan) (Hym.: Scelionidae), an egg parasitoid of *Sesamia calamistis* Hampson (Lep.: Noctuidae). *Biological Control* 8 (1), 15-21.
- Chi, H.** (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17, 26-34.
- Chi, H. & Liu, H.** (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of Instant Zoology Academia Sinica* 24, 225-240.
- Colazza, S. & Rosi, M. C.** (2001) Differences in the searching behavior of two strains of the egg parasitoid *Telenomus busseolae* (Hymenoptera: Scelionidae). *European Journal of Entomology* 98, 47-52.
- Daniyali, M.** (1976) Biology of sugarcane stem borer in Haft-Tapeh of Khuzestan. *Entomology and Phytopathology*, 44, 1-22. [In Persian with English summary].
- Daniyali, M.** (1985) Effects of biological cultural and chemical control measures against sugarcane stem borers *Sesamia* spp. (Lep.: Noctuidae) in Haft-Tapeh. MSc Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, 114 pp. [In Persian].
- Fisher, R. A.** (1930) *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press. Oxford. 308 pp.
- Hafez, M., El-Kifl, A. H. & Fayad, Y. H.** (1977) On the bionomics of *Platytenomus hylas* Nixon, as egg parasite of *Sesamia cretica* Led., in Egypt. *Bulletin de la Societe Entomologique d'Egypte* 61, 161-178.
-

-
- Jamshidnia, A.** (2010) Efficiency of egg parasitoid *Telenomus busseolae* Gahan (Hym.: Scelionidae) on *Sesamia cretica* Led. and *S. nonagrioides* Lef. (Lep.: Noctuidae) in Khuzestan province. PhD Thesis, University of Tehran, 186 pp.
- Jamshidnia, A., & Sadeghi, A.** (2014) Effect of host species on some biological parameters of the egg parasitoid, *Telenomus busseolae* Gahan (Hym.: Scelionidae). *Plant Pest Research* 4 (2), 1-9. [In Persian with English summary].
- Lamb, R. J.** (1992) Development rate of *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) at low temperatures: Implications for estimating rate parameters for insects. *Environmental Entomology* 21, 10-19.
- Lewis, O. M., Michels, G. J., Pierson, E. A. & Heinz, K. M.** (2015) A predictive degree day model for the development of *Bactericera cockerelli* (Hem.: Triozidae) infesting *Solanum tuberosum*. *Environmental Entomology* 44 (4), 1201-1209.
- Okoth, E., Songa, J., Ngi-Song, A., Omwega, C., Ogol, C. & Schulthess, F.** (2006) The bionomics of the egg parasitoid *Telenomus busseolae* (Gahan) (Hymenoptera: Scelionidae) on *Busseola fusca* Fuller and *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae) in Kenya. *African Entomology* 35, 51-60.
- Polaszek, A. & Kimani, S. W.** (1990) *Telenomus* species (Hym.: Scelionidae) attacking egg of pyralid pests (Lepidoptera) in Africa: a review guide to identification. *Bulletin of Entomological Research* 80, 57-71.
- RanjbarAghdam, H.** (2000) Investigation of rearing parasitoid wasp *Platytenomus hylas* Nixon in laboratory condition to biological control of stem borers. MSc Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, 196 pp. [In Persian with English summary].
- RanjbarAghdam, H. & Kamali, K.** (2005) Investigation on biology and efficiency of *Platytenomus hylas* Nixon (Hym.: Scelionidae), the egg parasitoid of *Sesamia* spp. Under laboratory condition. *The scientific journal of agriculture* 27 (2), 71-81. [In Persian with English summary].
- Sayadmansour, A.** (2007) Investigating population fluctuation of *Platytenomus hylas* Nixon egg parasitoid of stem borer *Sesamia nonagrioides* in north of Khuzestan. MSc Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, 196 pp. [In Persian with English summary].
- Sharpe, J. H. & DeMichele, D. U.** (1977) Reaction kinetics of poikilotherm development. *Journal of Theoretical Biology* 64, 649-660.
- Soleyman-Nejadiyan, A.** (2003) Investigating species diversity and its effect on broad agricultural systems in Khuzestan. Final report No. 1945, Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian].
- Wagner, T. L., Wu, H., Sharpe, P. J. H., Schoolfield, R. M. & Coulson, R. N.** (1984) Modeling insect development rates: A literature review and application of a biophysical model. *Annals of the Entomological Society of America* 77, 208-225.
-