

## تأثیر دما بر برخی ویژگی‌های زیستی زنبور انگل‌واره *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)

محمد محسن منتظری<sup>۱</sup>، شایلا گلدسته<sup>۱</sup>، جلال شیرازی<sup>۲\*</sup>، الهام صنعتگر<sup>۱</sup> و رضا وفایی شوشتری<sup>۱</sup>

۱- گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک و ۲- بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Jalal.Shirazi@gmail.com

### چکیده

ویژگی‌های زیستی زنبور *Habrobracon hebetor* Say در دماهای ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، روی لاروهای *Galleria mellonella* L. بررسی شد. برای هر دما تعداد ۸۰ تا ۲۵۰ تخم زنبور به عنوان گروه همزاد پرورش داده شد. دوره جنینی تخم‌های نر و ماده به ترتیب از ۴/۱۲ و ۳/۴۵ روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به ۱/۲۵ و ۱/۰۶ روز در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس به طور معنی‌داری کاهش یافت. طول دوره لاروی در ۲۰ درجه سلسیوس، ۷/۰۰ و ۶/۸۱ روز به ترتیب در لاروهای نر و ماده بود که در ۳۲/۵ درجه سلسیوس به کوتاه‌ترین مقدار و به ترتیب برابر ۲/۴۳ و ۲/۴۷ روز رسید. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین دوره شفیرگی افراد نر و ماده به ترتیب در ۲۰ درجه سلسیوس برابر ۱۶/۱۲ و ۱۸/۲۷ روز و در ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۵/۰۵ و ۵/۰۲ روز ثبت شد. بیشترین طول عمر زنبورهای نر و ماده به ترتیب در ۲۰ درجه سلسیوس ۵۸/۴۴ و ۴۲/۸۳ روز و کمترین آن در ۳۲/۵ درجه سلسیوس ۱۶/۰۵ و ۱۴/۰۲ روز بود. نرخ سره‌زادآوری ( $R_0$ )، نرخ سرشتی افزایش جمعیت ( $r$ ) و نرخ کرانمند افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) به ترتیب بین ۲۹/۸۱-۴/۹۸ فرد نتاج، ۰/۳۷۸-۰/۲۰۱ بر روز و ۱/۰۳۵۱-۱/۲۰۶۵ بر روز در دماهای ۲۰ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب به عنوان کمترین و بیشترین مقادیر به دست آمد. طول دوره یک نسل حداکثر ۴۲/۵۰ روز و حداقل ۱۵/۱۶ روز به ترتیب در دماهای ۲۰ تا ۳۲/۵ محاسبه شد. زنبور ماده حداقل به ۲/۶۲ روز در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس و حداکثر به ۸/۱۸ روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس برای شروع تخم‌گذاری نیاز داشت. با توجه به نتایج و لحاظ اقتصاد تولید انبوه، دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس برای پرورش زنبور *H. hebetor* روی لاروهای *G. mellonella* مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: *Habrobracon hebetor*، پراسنجه‌های جدول زندگی، جمعیت، دما، *Galleria mellonella*

## Impact of temperature on some biological traits of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)

Mohammadmohsen Montazeri<sup>1</sup>, Shila Goldasteh<sup>1</sup>, Jalal Shirazi<sup>2\*</sup>, Elham Sanatgar<sup>1</sup> & Reza Vafaei-Shushtari<sup>1</sup>

1. Department of Agricultural Entomology, Islamic Azad University, Arak Branch & 2. Biological Control Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran

\* Corresponding author, E-mail: Jalal.Shirazi@gmail.com

### Abstract

Life history attributes of *Habrobracon hebetor* Say were investigated at six thermal regimes (20, 22.5, 25, 27.5, 30 and 32.5 °C, 65±5 % RH and a photoperiod of 16:8 h L:D) using *Galleria mellonella* L. larvae as lab host. About 80-250 fresh eggs of the parasitoid (Cohort) were reared under different thermal treatments. Incubation period of male and female eggs reduced significantly from 4.12 and 3.45

دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۱۸، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰

دبیر تخصصی: مسعود امیرمعافی

days at 20 °C to 1.25 and 1.06 days at 27.5 °C, respectively. Larval development was 7.00 and 6.81 days for male and female larvae at 20 °C and decremented to 2.43 and 2.47 days at 32.5 °C, respectively. Similarly, the longest and the shortest male and female pupal duration was observed at 20 °C (16.12 and 18.27 days) and 32.5 °C (5.05 and 5.02 days), respectively. Adult male and female longevity was longest (42.83 and 58.44 days) at 20 °C and shortest (16.05 and 14.02 days) at 32.5 °C, respectively. Population parameters including  $R_0$ ,  $r$ , and  $\lambda$  ranged between 4.98-28.81 offspring, 0.0378-0.2001 d<sup>-1</sup> and 1.0351-1.2065 d<sup>-1</sup>, respectively, when temperature increased from 20 to 27.5 °C, proving about 5 folds enhancement in  $r$ . Generation time was 42.50 days at 20 °C and decreased to 15.16 days at 32.5 °C, respectively. Female wasp required at least 2.62 days at 27.5 °C and maximum 8.18 days at 20 °C to start oviposition. It is concluded that the population characteristics of *H. hebetor* were statistically superior at 27.5 °C compared with those in other treatments and considering economy of rearing, 27.5 °C along with 65±5 and 16:8 L:D h would be the optimum conditions for its propagation on *G. mellonella* larvae.

**Key words:** *Habrobracon hebetor*, Temperature, Life table parameters, *Galleria mellonella*.

Received: 7 April 2019, Accepted: 1 July 2019.

## مقدمه

به اعتقاد Quicke & Achterberg (1990) زنبور انگل‌واره *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae)، حشره‌ای با پراکنش وسیع بوده و از نقاط مختلف دنیا گزارش شده است. Achterberg (1988) معتقد است زنبورهای خانواده Braconidae بسیار متنوع بوده و علیرغم شناسایی بیش از ۱۵۰۰۰ گونه از آنها، هنوز گونه‌های بسیار زیادی ناشناخته باقی مانده‌اند. به علاوه Quicke et al. (1995) با مطالعه ساختمان تخم‌ریز حدود ۷۰ گونه از زنبورهای این خانواده، آنها را مهمترین حشرات راسته بال غشائیان می‌دانند.

یکی از اولین مطالعات در زمینه زیست‌شناسی و بوم‌شناسی زنبور *H. hebetor* توسط Hussain & Jafar (1969) در کشور عراق روی *Ephestia kuehniella* (Zeller) (آفت مهم خرما در منطقه) انجام شده است و طی آن دوره پیش از تخم‌ریزی حشرات ماده ۳ تا ۴ روز، طول عمر حشرات بالغ ۲ تا ۱۶ روز و متوسط تعداد تخم هر حشره ماده ۱۱/۱۴ به دست آمد. به همین صورت، روی هر لارو میزبان بطور متوسط تعداد ۶ عدد تخم گذاشته شد و مرگ و میر دوره لاروی زیاد بود و تعداد کمی تبدیل به شفیره شدند و میزان انگلی نمودن آن حدود ۴۴ درصد ثبت شد. مطالعات دیگری نشان داد که زنبور *H. hebetor* در شرایط آزمایشگاهی و تولید انبوه به خوبی روی دو میزبان *E. kuehniella* و *Galleria mellonella* L. پرورش می‌یابد (Adashkevich & Saidova, 1984). در زمینه پرورش زنبور *H. hebetor* روی غذای مصنوعی، مطالعه Xie et al. (1989) ثابت کرد که پرورش این زنبور روی غذای مصنوعی امکان‌پذیر است و بقاء لارو، شفیره و حشرات کامل در این شرایط به ترتیب ۷۲، ۴۸ و ۲۴ درصد بود. مطالعات متعددی در زمینه استفاده از زنبور انگل‌واره *H. hebetor* به صورت پرورش و رها سازی انبوه آن علیه لارو پسرانهای *Agrotis segetum*، *Helicoverpa armigera* (Hübner)، *Mamestra brassicae*، *Hadena sordida* (BKh)، *Spodoptera exigua* (Hüb.)، (Denis & Schiffermueller) (L.)، *Plodia interpunctella* (Hübner) و *Cadra (Ephestia) cautella* (Walker) انجام شده است و کلیه بررسی‌ها به موفقیت آمیز بودن این روش کنترل اشاره دارند (Balevsky, 1984; Ahmed, 2012). همینطور Heimpe et al. (1997) تاکید کرده است که زنبور *H. hebetor* به آسانی روی میزبان‌های واسط در شرایط متعارف تکثیر شده و علیه آفات مختلفی رهاسازی شده است. در آزمایشی مشخص شد، زنبورهای *H. hebetor* قادرند تا ۷ سالتی متر در دانه‌های انباری نفوذ کنند و میزبان‌های خود را پارازیته نمایند (Adarkwah et al., 2010). روش تولید انبوه *H. hebetor* با تاکید بر حفظ نسبت جنسی به نفع ماده‌ها و ضمن پرهیز از تاثیر تراکم میزبان یا انگل‌واره ارائه شده است (Ghimire & Phillips, 2010).

برای اولین بار از ایران زنبور انگل‌واره *H. hebetor* از منطقه ورامین جمع‌آوری و گزارش شده است (Farahbakhsh, 1961). از سال ۱۳۶۳ تحقیقات روی تولید انبوه و رها سازی این زنبور در کشور شروع شد (Attaran, 1996) و در حال حاضر کاربرد آن در محصولات مختلف به سطحی بالغ بر چند هزار هکتار رسیده است (Anonymous, 2018a). طی همین سال‌ها در زمینه زیست‌شناسی این انگل‌واره مطالعاتی صورت گرفته است. Noori (1993) در بررسی صحرائی خود روی *H. hebetor* نشان داد که فعالیت این انگل‌واره از اواسط خرداد ماه در مزارع نخود شروع می‌شود. این زنبور پس از برداشت نخود به مزارع ذرت و گوجه‌فرنگی مهاجرت می‌کند و تا اوایل پاییز به فعالیت خود ادامه می‌دهد. وی معتقد است، این انگل‌واره قدرت پراکنش زیادی دارد و با افزایش دما میزان پارازیتسم آن نیز افزایش می‌یابد. Attaran (1996) در بررسی زیست‌شناسی *H. hebetor* روی دو میزبان *E. kuehniella* و *G. mellonella*، در شرایط آزمایشگاهی، ویژگی‌هایی مانند طول دوره رشدی، تعداد شفیره، تعداد نتاج، نسبت خروج، میزان تخم‌ریزی، نسبت جنسی و طول عمر حشرات بالغ را مطالعه و مقایسه کرد و نشان داد که لاروهای پروانه موم‌خوار میزبان مناسب‌تری برای این انگل‌واره است. نتایج اولیه نشان داده است که دو نوبت رها سازی زنبور *H. hebetor* باعث ۶۴/۴ درصد انگلی نمودن لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت شد (Najafi Navai et al., 2002). در مطالعه تازه‌ای رها سازی زنبور *H. hebetor* همراه زنبور تریکوگراما در کنترل کرم میوه خوار گوجه‌فرنگی موفقیت آمیز بوده است (Bagheri et al., 2018). طول دوره یک نسل زنبور *H. hebetor* در دمای ۲۸ درجه سلسیوس برابر ۱۲/۰۹ روز و زادآوری آن را ۷۴/۴ تخم/ ماده طی ۱۶/۶۷ روز طول عمر آن، توسط Forouzan et al. (2002) گزارش شده است. مطالعه جمعیت‌نگاری زنبور *H. hebetor* در ۴ دمای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس نشان داد، زیست‌شناسی و رفتار زادآوری این انگل‌واره در دماهای مختلف به طور معنی‌داری تغییر می‌کند (Foroozan et al., 2008). در تحقیق دیگری (Forouzan et al., 2008) با پرورش این زنبور در ۱۰ دمای مختلف نرخ رشد و نمو و پراسنجه‌های جمعیتی آن را مشخص کردند. مقایسه پراسنجه‌های رشد جمعیت زنبور *H. hebetor* روی لاروهای پروانه موم‌خوار و بید آرد در دمای ۲۸ درجه سلسیوس نشان داد لاروهای پروانه موم‌خوار میزبان مناسب‌تری برای زنبور *H. hebetor* هستند (Amir-Maafi & Chi, 2006).

طبق نظر Baker & Fabrick (2000) مهمترین ویژگی زنبور *H. hebetor* به عنوان یک عامل بیولوژیک، رشد سریع و دوره کوتاه رشد و نمو آن است. از طرفی، یکی از عوامل محیطی بسیار موثر بر سرعت رشد نمو حشرات دما است (Davidson, 1944; Howe, 1967; Wyatt & Brown, 1977; Cammell & Way, 1987). اولین مطالعات تاثیر دما روی ویژگی‌های زیستی زنبور *H. hebetor* مربوط به اثر آن روی تولید افراد نر دیپلوئید (Biparental male) توسط Whiting & Anderson (1932) است و Anderson (1936) در تحقیقات بعدی خود آن را تایید کرد. Speicher (1934) با استفاده از یک جمعیت *H. hebetor* دارای یک صفت جهش یافته (eyeless) نشان داد که دمای بالا (۳۰ درجه سلسیوس) در انتهای سن آخر لاروی برای ایجاد افراد جهش یافته بسیار موثر است. بر عکس، Weiser et al. (2004) نتیجه گرفتند در دو دمای ۲۰ و ۲۷ درجه سلسیوس تفاوتی بین میزان تولید تخم، میزان تفریح و نسبت جنسی (عدم تولید نرهای دیپلوئید) زنبور *H. hebetor* وجود ندارد. این محققین یکی از دلایل اختلاف نتایج خود با دیگران را استفاده از جمعیت زنبور عاری از باکتری ولباخیا ذکر کرده‌اند. از طرف دیگر، تغییرات دما باعث تلفات قابل ملاحظه‌ای در زنبورهای انگل‌واره *Habrobracon spp.* و میزبان‌های آن‌ها در فرآیند پرورش و تولید انبوه می‌شود (Robert, 2006). یکی از روش‌های بررسی تاثیر دما روی جنبه‌های مختلف زیستی حشرات، استفاده از روش جدول زندگی می‌باشد (Carey, 1993; Chi, 1981). به

اعتقاد Birch (1948) نرخ سرشتی رشد ( $r$ )، به عنوان مهم‌ترین پراسنجه جدول زندگی در حشرات، به شدت تحت تاثیر دما تغییر می‌کند. چنین مطالعاتی به تعیین دماهای بهینه برای پرورش دشمنان طبیعی و حتی دماهای ذخیره سازی آن‌ها برای مدت طولانی کمک زیادی می‌کنند. برای مثال، Kurbanov & Kuliev (1984) و Astanov (1980) بر این باور بودند که زنبور *H. hebetor* قبل از رها سازی باید مدت کمی در شرایط سرد نگهداری شود. در تحقیق دیگری Adashkevich & Saidova (1985) نشان دادند که ماده‌های جفت‌گیری کرده را می‌توان با قرار دادن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز و ۱۵ درجه سلسیوس در شب و تغذیه آنها با محلول شکر و مخمر به مدت ۷ روز در شرایط ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی وارد مرحله دیاپوز نمود و به مدت ۵ ماه نگهداری کرد. بر اساس نظر Liedo & Carey (1994)، با به کارگیری نتایج مطالعات جمعیت‌نگاری می‌توان سامانه‌های پرورش انبوه حشرات را اصلاح و کارآمد ساخت و نتیجه هر تغییری را روی کمیت و کیفیت حشرات تولید شده پیش‌بینی کرد. Huffaker *et al.* (1999) نیز دما را موثرترین عامل غیر زنده روی صفات زیستی حشرات از قبیل نرخ رشد، طول عمر، بقاء و تولیدمثل می‌دانند و مطالعه آن را نه فقط به منظور جمع‌آوری اطلاعات در مورد پویایی جمعیت آفات و دشمنان طبیعی بلکه برای تبیین مدیریت تلفیقی آفات ضروری دانسته‌اند.

این تحقیق در صدد تولید اطلاعات لازم برای دستیابی به درک درست از تاثیر دما بر برخی ویژگی‌های بیولوژیک زنبور انگل‌واره *H. hebetor* به منظور استفاده در مدیریت پرورش و کاربرد آن است. چنین اطلاعاتی به اصلاح شرایط پرورش زنبور در وهله اول و سپس تعیین الگوی تخم‌ریزی آن کمک خواهد کرد. لذا به منظور مدیریت بهینه تولید انبوه این انگل‌واره لازم است که نیازهای دمایی و نحوه تاثیر آن بر ویژگی‌های زیستی زنبور با استفاده از رویکرد و روش‌های روزآمد مورد مطالعه قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### ایجاد کلنی و پرورش پروانه *Galleria mellonella*

از نسل بیست و دوم *G. mellonella* (F22)، موجود در بخش سن گندم، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تعداد ۵۰۰۰ تخم به صورت تصادفی جمع‌آوری و در گروه‌های ۵۰۰ عددی در ظروف پرورش لارو قرار داده شد. ظروف پرورش لاروی از جنس پلاستیک شفاف به ابعاد ۲۵×۲۰×۷ سانتی‌متر بود که یک درجه بزرگ مسدود شده با تور فلزی روی آن‌ها برای تهویه وجود داشت. لاروها با غذای مصنوعی مرکب از عسل ۶۰۰ گرم، گلیسرین ۴۹۲ گرم، موم ۱۲۰ گرم، آرد سفید معمولی ۱۲۰۰ گرم و مخمر معمولی ۳۰۰ گرم تغذیه شدند (Mohaghegh & Amir-Maafi, 2007; De Clercq & Degheele, 1993).

برای تداوم پرورش کلنی، ظروف پرورش لارو به دو گروه تقسیم شدند. در یک گروه، از لاروهای سن آخر (با وزن تقریبی حدود ۲۰۰ میلی‌گرم) برای پرورش زنبور *H. hebetor* و انجام آزمایش‌ها استفاده شد. در گروه دوم، به لاروها اجازه داده شد که در ظروف پرورش تبدیل به شفیره شوند. سپس، شفیره‌ها درون ظروف تخم‌ریزی (Mohaghegh & Amir-Maafi, 2007) تا ظهور حشرات کامل نگهداری شدند. پروانه‌های ماده پس از جفت‌گیری، با استفاده از منافذ توری تعبیه شده در سقف ظروف، تخم‌های خود را روی کاغذ، در خارج از ظروف قرار می‌دادند. این کاغذها روزانه جمع‌آوری و از تخم‌های گذاشته شده روی آن، برای تداوم کلنی استفاده می‌شد. پرورش لاروها و تخم‌گیری از پروانه‌ها در شرایط دمای ۲۸±۰/۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و طول دوره روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت انجام شد.

### پرورش زنبور انگل‌واره *H. hebetor*

در مرداد ماه ۱۳۹۴، مزارع گوجه فرنگی اطراف شهرستان گرگان بازدید شد و لاروهای پروانه هلیوتیس انگلی شده جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از خروج حشرات کامل، زنبورهای انگل‌واره، به ظروف پرورش استوانه‌ای شکل و از جنس پلاستیک به قطر ۱۷ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر منتقل شدند. برای تهویه مناسب، در سطح جانبی استوانه دو دریچه مدور به قطر ۵ سانتی‌متر ایجاد و با توری ظریف مسدود شدند. در قسمت فوقانی ظرف پرورش دو روزنه به ترتیب یکی به قطر ۲ سانتی‌متر برای ارایه غذا (عسل) و دیگری به قطر ۲/۵ سانتی‌متر برای تامین آب ایجاد شد. روزنه غذا توسط چوب پنبه مسدود می‌شد. قسمت تحتانی ظرف با توری مسدود شده بود. در هر ظرف پرورش، حدود ۵۰ جفت زنبور نر و ماده رها شد و برای آنها غذا و آب قرار داده شد. سپس، تعداد ۵۰ لارو سن آخر *G. mellonella* روی کاغذ همراه پارچه توری روی آن آماده شد و یک ظرف پرورش از قسمت تحتانی روی آن‌ها قرار داده شد. ظروف پرورش زنبور در اتاقک رشد در دمای  $28 \pm 0.5$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و طول دوره روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت قرار داده شدند. زنبورهای ماده به راحتی تخم‌ریز خود را از توری‌ها عبور داده و پس از فلج کردن لاروها روی آن‌ها تخم‌ریزی می‌کردند.

### روش آزمایش جمعیت‌نگاری برای زنبور انگل‌واره *H. hebetor*

پس از ۶ نسل پرورش زنبور انگل‌واره *H. hebetor* روی لاروهای *G. mellonella* و بر اساس در دسترس بودن مقدار تخم همسن (با طول عمر ۰ تا ۲۴ ساعت) در ظروف پرورش، بین ۸۰ تا ۲۵۰ تخم زنبور به عنوان یک گروه همزاد (Cohort) بصورت تصادفی انتخاب و هر گروه نیز به طور تصادفی به یکی از تیمارهای دمایی ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس اختصاص داده شد. تخم‌های زنبور در هر تیمار به صورت انفرادی به همراه یک لارو فلج میزبان داخل یک ظرف پتری به قطر ۵ سانتی‌متر روی یک دستمال کاغذی در کف آن، پرورش داده شدند. برای تمامی تیمارها رطوبت  $65 \pm 5$  درصد و طول دوره روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت، درون یک انکوباتور تامین شد. هر ۲۴ ساعت یکبار پتری‌ها بازدید و مشاهدات روی وضعیت رشد و نمو و مرگ و میر مراحل زیستی زنبور ثبت شد. پس از خروج حشرات کامل، افراد نر و ماده به صورت جفتی به داخل ظروف پرورش مخصوص (ظرف پلاستیکی شفاف به ابعاد  $10 \times 8$  سانتی‌متر با روزنه تهویه توری‌دار و روزنه آب و غذا، (Amir-Maafi & Chi, 2006) منتقل و در همان شرایط نگهداری شدند. باروری زنبورهای ماده مربوط به هر گروه همسن، با ارایه دو لارو سن آخر پروانه موم‌خوار *G. mellonella* به هر جفت زنبور در ظروف پرورش به روش بالا اندازه‌گیری شد. لاروها روزانه تجدید شدند و تعداد تخم‌های زنبور روی لاروهای روز قبل به تفکیک برای هر زنبور شمارش و ثبت شد. متغیرهایی مانند تعداد تخم به ازای هر زنبور ماده و طول عمر زنبورهای نر و ماده به تفکیک برای هر تیمار دمایی یادداشت شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

برآورد پراسنجه‌های رشد و نمو و جدول زندگی شامل طول مراحل رشدی نابالغ، نرخ بقاء مرحله-سن ( $s_{ij}$ )، بقاء ( $l_x$ )، نرخ سرشتی افزایش جمعیت ( $r$ )، نرخ سره‌زادآوری ( $R_0$ )، نرخ ناخالص زادآوری ( $GRR$ )، نرخ کرانمند افزایش جمعیت ( $\lambda$ )، متوسط زمان یک نسل ( $T$ )، کل دوره پیش از تخم‌ریزی (TPOP)، دوره پیش از تخم‌ریزی ماده‌های بالغ (APOP) و باروری، به روش جدول زندگی سن-مرحله دو جنسی محاسبه شدند (Chi & Liu, 1988; Chi, 1985). تمامی تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار مربوط (TOWSEX-MSChart, Ver. 2019.02.1) انجام شد (Chi, 2019). همچنین خطای استاندارد و میانگین پراسنجه‌ها با استفاده از ۱۰۰۰۰ بار

بوت استرپ (Bootstrapping) محاسبه شد. میانگین‌های حاصل از بوت استرپ به روش جفتی (Paired Bootstrap Comparison) توسط نرم افزار، مقایسه و گروه‌بندی شدند ولی در جداول مربوط داده‌های اصلی به همراه خطای استاندارد به دست آمده ذکر شدند. کلیه نمودارها با استفاده از نرم افزار سیگماپلات (Sigma Plot, Ver. 12.0) ترسیم شدند.

## نتایج

### طول دوره‌های رشد و نمو مراحل نابالغ زنبور انگل‌واره *H. hebetor*

میانگین طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ زنبور انگل‌واره *H. hebetor* در محدوده‌ی دمایی ۲۰ تا ۳۲/۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی روی لاروهای *G. mellonella* در جدول ۱ آمده است. به طور کلی، با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۲/۵ درجه سلسیوس، طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ زنبور *H. hebetor* کاهش یافت. دوره جنینی تخم‌های نر و ماده به طور معنی داری به ترتیب از ۴/۱۲ و ۳/۴۵ روز در ۲۰ درجه سلسیوس به ۱/۲۵ و ۱/۰۶ در ۲۷/۵ درجه سلسیوس رسید و از دمای ۳۰ تا ۳۲/۵ به طور مجدد افزایش جزئی داشت. طول دوره لاروی با دما رابطه منظمی داشت و در ۲۰ درجه سلسیوس، ۷/۰۰ و ۶/۸۱ روز به ترتیب در لاروهای نر و ماده بود که در ۳۲/۵ درجه سلسیوس به کوتاه‌ترین مقدار و به ترتیب برابر ۲/۴۳ و ۲/۴۷ روز رسید. در ادامه، طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین دوره شفیرگی افراد نر و ماده به ترتیب در ۲۰ درجه سلسیوس (۱۶/۱۲ و ۱۸/۲۷ روز) و در ۳۲/۵ درجه سلسیوس (۵/۰۲ و ۵/۰۵ روز) ثبت شد. کل دوره نابالغ در ۲۷/۵ درجه سلسیوس برای افراد نر و ماده به ترتیب ۱۰/۳۵ و ۱۰/۹۱ روز بود اما در ۲۰ درجه سلسیوس در هر دو جنس تقریباً ۳ برابر (۲۸/۲۵ و ۲۸/۵۴ روز برای افراد نر و ماده) بیشتر بود. با افزایش دما از ۲۲/۵ تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس، درصد مرگ و میر کل مراحل نابالغ حدود ۵۰ درصد کاهش یافت (۷۷/۹ درصد در ۲۲/۵ درجه سلسیوس و ۴۰/۳ درصد در دمای ۲۷/۵) (جدول ۱).

### پراسنجه‌های طول عمر و زادآوری افراد بالغ

بیشترین طول عمر زنبورهای نر و ماده به ترتیب در ۲۰ درجه سلسیوس (۴۲/۸۳ و ۵۸/۴۴ روز) و کمترین آن در ۳۲/۵ درجه سلسیوس (۱۶/۰۵ و ۱۴/۰۲ روز) بود (جدول ۲). زنبورهای ماده برای شروع تخمگذاری حداقل به ۲/۶۲ روز و حداکثر به ۸/۱۸ روز به ترتیب در دمای ۲۷/۵ و ۲۰ درجه سلسیوس نیاز داشتند. کل دوره پیش از تخم‌ریزی نیز حداکثر ۳۶/۷۲ روز (۲۰ درجه سلسیوس) و حداقل ۱۲/۰۹ روز (۳۲/۵ درجه سلسیوس) بود. باروری زنبور انگل‌واره *H. hebetor* نیز تحت تأثیر دماهای مختلف قرار گرفت و با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس، باروری به ترتیب از ۳۶/۲۷ تخم/ماده به ۹۱/۲۶ تخم بر ماده رسید اما به طور مجدد در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس به حدود نصف (۵۴/۹۵ تخم/ماده) کاهش یافت (جدول ۲). طول دوره تخم‌ریزی به عنوان یکی از صفات مهم زنبورهای انگل‌واره ماده در ۳ دمای ۲۲/۵، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس بدون اختلاف معنی دار بود که حداکثر عددی آن ۹/۷۵ روز در ۲۵ درجه سلسیوس بود.

جدول ۱- پراسنجته‌های (±) خطای استاندارد) رشد مراحل نابالغ زنبور *Habrobracon hebetor* به تفکیک افراد نر و ماده با پرورش روی لارو پروانه موم‌خوار *Galleria mellonella* در ۶ دمای مختلف، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره روشنائی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت.

**Table 1.** Mean development time (±SE) of immature stages of male and female *Habrobracon hebetor* reared on *Galleria mellonella* larvae at six constant temperatures, 65±5 % RH and a photoperiod of 16:8 h L:D.

Stage	Sex	Temperature (°C)					
		20	22.5	25	27.5	30	32.5
Egg (day)	Female	3.45 ± 0.307 a	1.97 ± 0.223 b	1.12 ± 0.124 bcd	1.06 ± 0.041 d	1.69 ± 0.105 bc	1.12 ± 0.049 d
	Male	4.12 ± 0.752 a	3.00 ± 0.235 b	1.55 ± 0.118 bc	1.25 ± 0.127 cde	1.42 ± 0.132 bc	1.22 ± 0.046 de
Larva (day)	Female	6.81 ± 0.157 a	5.53 ± 0.274 b	4.56 ± 0.236 bc	2.96 ± 0.061 c	2.52 ± 0.120 d	2.47 ± 0.087 e
	Male	7.00 ± 0.832 a	5.93 ± 0.201 ab	5.05 ± 0.092 b	2.80 ± 0.140 c	2.78 ± 0.098 c	2.43 ± 0.172 d
Pupa (day)	Female	18.27 ± 0.371 a	11.69 ± 0.885 b	8.75 ± 0.238 b	6.89 ± 0.150 c	6.78 ± 0.185 c	5.02 ± 0.172
	Male	16.12 ± 0.779 a	13.06 ± 0.758 b	8.00 ± 0.167 b	6.30 ± 0.265 c	6.76 ± 0.168 c	5.05 ± 0.201 d
Total Immature Duration (day)	Female	28.54 ± 0.237 a	19.15 ± 1.26 b	14.43 ± 0.130 b	10.93 ± 0.165 c	10.88 ± 0.181 c	8.62 ± 0.214 d
	Male	27.25 ± 0.677 a	17.89 ± 1.10 b	14.74 ± 0.138 b	10.35 ± 0.194 d	10.91 ± 0.142 c	8.70 ± 0.237 e
Total Immature Mortality (%)	-	76.30 ± 0.043 a	77.9 ± 0.32 a	62.30 ± 0.053 b	40.30 ± 0.054 d	42.50 ± 0.045 cd	48.80 ± 0.031 c

Means in the same row followed by the same letter(s) are not significantly different ( $P > 0.05$ ). Standard error values were calculated by 100000 bootstraps.

جدول ۲- پراسنجته‌های (±) خطای استاندارد) طول عمر، دوره پیش از تخم‌ریزی و باروری زنبور *Habrobracon hebetor* به تفکیک افراد نر و ماده با پرورش روی لارو پروانه موم‌خوار *Galleria mellonella* در ۶ دمای مختلف تحت رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره روشنائی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت.

**Table 2.** Parameters (±SE) of male and female longevity, TPOP, APOP and fecundity of *Habrobracon hebetor* reared on *Galleria mellonella* larvae at six constant temperatures, 65±5 % RH and a photoperiod of 16:8 h L:D.

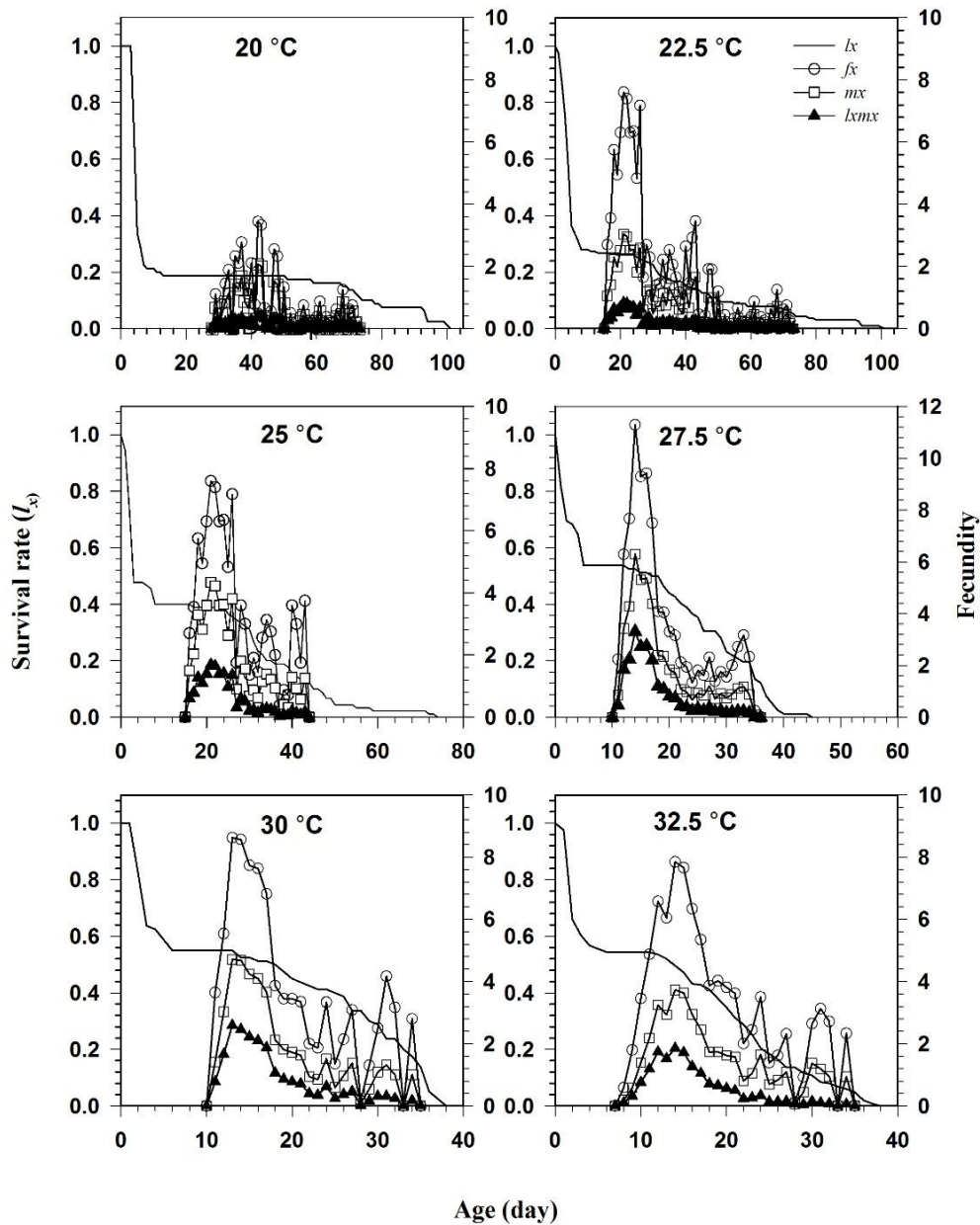
Parameter	Sex	Temperature (°C)					
		20	22.5	25	27.5	30	32.5
Total longevity (day)	Female	97.45 ± 4.41 a	50.49 ± 5.02 b	34.68 ± 1.90 b	27.96 ± 1.50 c	29.65 ± 1.28 c	22.87 ± 0.843 d
	Male	71.00 ± 0.969 a	52.81 ± 3.92 b	39.16 ± 2.37 b	27.95 ± 1.73 c	32.04 ± 1.56 c	25.29 ± 0.862 d
Adult longevity (day)	Female	58.44 ± 5.20 a	32.82 ± 3.87 b	21.30 ± 2.09 c	17.41 ± 1.36 cd	16.25 ± 1.50 de	14.02 ± 0.801 e
	Male	42.83 ± 3.26 a	32.27 ± 3.15 b	28.31 ± 3.79 b	19.40 ± 1.88 cd	20.60 ± 1.44 bc	16.05 ± 0.685 d
APOP (day)	Female	8.18 ± 0.884 a	3.69 ± 0.643 ab	3.06 ± 0.489 b	2.62 ± 0.506 d	2.86 ± 0.571 bcd	3.38 ± 0.266 bc
	Female	36.82 ± 0.974 a	22.84 ± 1.69 b	17.50 ± 0.509 b	13.55 ± 0.563 c	13.85 ± 0.633 c	12.09 ± 0.323 d
Fecundity (egg/female)	Female	36.27 ± 12.54 b	70.88 ± 8.25 a	69.62 ± 10.68 a	84.31 ± 12.25 a	91.26 ± 10.91 a	54.95 ± 5.26 a
	Female	7.45 ± 0.821 ab	8.95 ± 0.960 a	9.75 ± 0.904 a	8.62 ± 0.724 a	7.45 ± 0.821 ab	6.86 ± 0.471 b

Means in the same row followed by the same letter(s) are not significantly different ( $P > 0.05$ ). Standard error values were calculated by 100000 bootstraps.

### نرخ بقاء ویژه سن، بقاء سن-مرحله، باروری ویژه سن و امید به زندگی

روند نرخ بقاء ویژه سنی ( $lx$ ) و زادآوری ویژه سنی ( $m_x$ ) زنبور انگل‌واره، *H. hebetor* در دماهای مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. میزان بقاء با افزایش دما از ۲۰ تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس افزایش یافت و سپس در دماهای ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس کاهش یافت. همانگونه که منحنی‌های بقاء در شکل ۱ نشان می‌دهند میزان مرگ و میر افراد نابالغ در دمای ۲۰ درجه سلسیوس حدود ۸۰ درصد است که تقریباً دو برابر آن در دماهای ۲۷/۵ تا ۳۲/۵ درجه سلسیوس است. اولین زمان تخم‌ریزی در دماهای ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب در روزهای ۲۹، ۱۶، ۱۶، ۱۱، ۱۱ و ۸ بود. اوج تخم‌ریزی در همان دماها به ترتیب برابر ۲/۷، ۷/۶، ۷/۹، ۱۱/۷، ۸/۶ و ۷/۸ تخم در روز بود که روزهای اوج تخم‌ریزی در این دماها به ترتیب در روزهای ۴۲، ۲۱، ۲۱، ۱۴، ۱۳ و ۱۴ مشاهده شد. به این ترتیب بیش‌ترین میزان تخم‌ریزی در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس و کمترین میزان آن در دمای ۲۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به روند منحنی‌های بقای ویژه سنی در شکل ۱، نرخ بقای مراحل زیستی مختلف زنبور *H. hebetor* با افزایش دما تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس بهبود پیدا کرده است. به علاوه، نرخ بقای نرها در دماهای پایین‌تر و در دماهای بالا تقریباً با افراد ماده یکسان است.



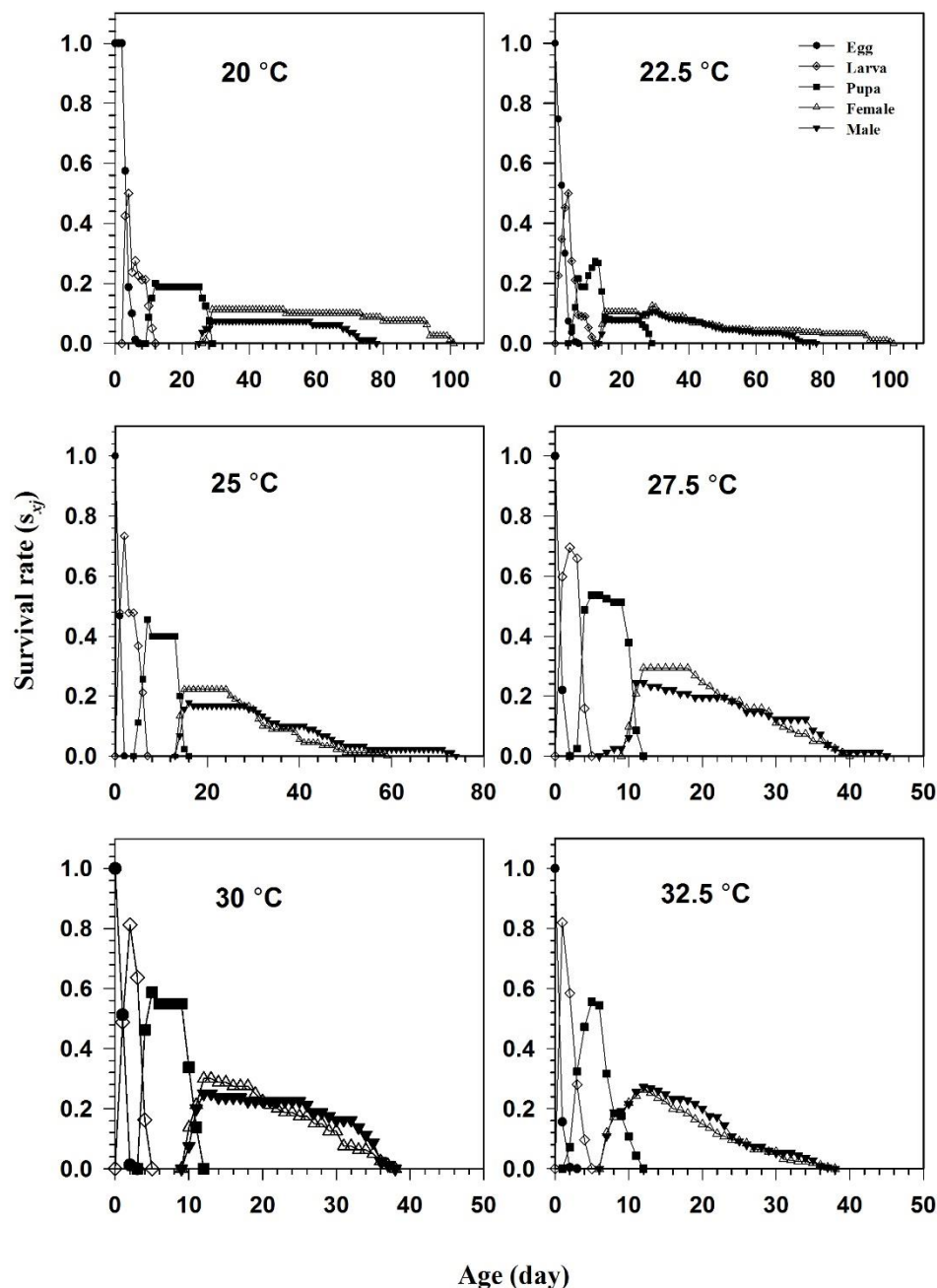


شکل ۱- بقاء، ویژه سن ( $l_x$ )، باروری ( $f_x$ )، باروری ویژه سن ( $m_x$ ) و نرخ سره زادآوری یا زادآوری ویژه سن ( $l_x m_x$ ) زنبور *Habrobracon hebetor* روی لاروهای *Galleria mellonella* در ۶ دمای مختلف تحت رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت.

**Fig. 1.** Age-specific survival rate ( $l_x$ ), female fecundity ( $f_x$ ), age-specific fecundity ( $m_x$ ) and age-specific maternity ( $l_x m_x$ ) of *Habrobracon hebetor* reared on *Galleria mellonella* at six constant temperatures under  $65 \pm 5$  % RH and 16:8 h L:D.

شکل ۲ بقای سن-مرحله برای مراحل زیستی یا همان احتمال بقای فرد تازه متولد شده از مرحله  $z$  تا سن  $x$  را نشان می‌دهد. به دلیل اختلافات فردی رشد و نمو، منحنی‌های مراحل مختلف همپوشانی دارند. بر اساس اطلاعات شکل ۲، بیشترین تلفات مراحل نابالغ در تمامی دماها (به استثنای دمای  $27/5$  درجه سلسیوس) مربوط به دوره

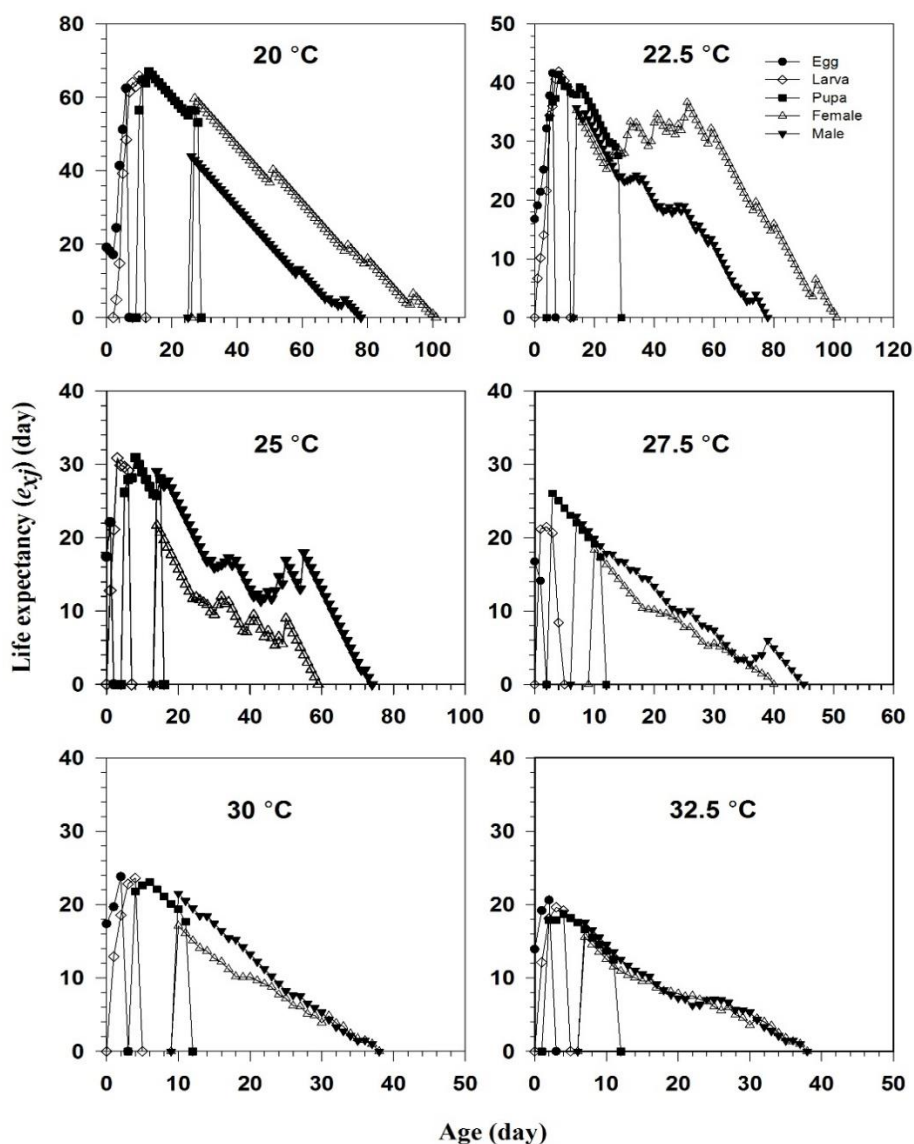
لاروی بوده است. تلفات این مرحله در دماهای ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۰/۷۶/۲، ۶۴/۷، ۴۶/۶، ۳۷/۵ و ۳۷/۳ درصد بود. بر عکس در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس بیشترین تلفات مراحل نابالغ در مرحله تخم (۲۶/۸ درصد) اتفاق افتاد.



شکل ۲- بقاء سن-مرحله ( $s_{xj}$ ) برای مراحل زیستی زنبور *Habrobracon hebetor* روی لاروهای *Galleria mellonella* در ۶ دمای مختلف تحت رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت.

**Fig. 2.** Age-stage survival rate ( $s_{xj}$ ) of *Habrobracon hebetor* reared on *Galleria mellonella* at six constant temperatures under  $65 \pm 5$  % RH and 16:8 h L:D.

افزایش دما از ۲۰ تا ۳۲/۵ درجه سلسیوس باعث کاهش دوره رشدی و بنابراین امید به زندگی در زنبور انگل‌واره *H. hebetor* را کاهش داد (شکل ۳). میزان امید به زندگی در روز اول ظهور افراد بالغ ماده در دماهای ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۵۹/۷۷، ۳۵/۲۵، ۲۱/۷، ۱۸/۳۷، ۱۷/۰۸ و ۱۵/۵۶ روز بود. به طور کلی، در دماهای ۲۲/۵ تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس افراد نر امید به زندگی بالاتری از ماده‌ها داشتند. بیشترین امید به زندگی در دماهای ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۶۷، ۴۱/۴، ۳۰/۹ و ۲۶ روز در مرحله شفیرگی دیده شد اما در دماهای ۳۰ و ۳۲/۲ درجه سلسیوس مرحله تخم به ترتیب با ۲۳/۸ و ۲۰/۶ روز بیشترین امید به زندگی را در مقایسه با سایر مراحل زیستی زنبور *H. hebetor* داشت (شکل ۳).



شکل ۳- امید به زندگی ( $e_{xj}$ ) برای مراحل زیستی زنبور *Habrobracon hebetor* روی لاروهای *Galleria mellonella*

در ۶ دمای مختلف تحت رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت.

**Fig. 3.** Age-stage specific life expectancy ( $e_{xj}$ ) of *Habrobracon hebetor* reared on *Galleria mellonella* at six constant temperatures under  $65 \pm 5$  % RH and 16:8 h L:D.

### پراسنجه‌های رشد جمعیت

جدول ۳ پراسنجه‌های رشد جمعیت زنبور انگل‌واره *H. hebetor* را در دماهای مختلف نشان می‌دهد. نسبت افراد ماده حاصل به تعداد کل در هر گروه همزاد با افزایش دما به طور معنی داری بهبود یافته و از ۱۳/۷ درصد در ۲۰ درجه سلسیوس به ۴۰ درصد در ۳۰ درجه سلسیوس رسید. این صفت در ۳۲/۵ درجه به طور مجدد کاهش یافت (جدول ۳). میزان زنده‌مانی مراحل نابالغ با افزایش دما به طور معنی داری افزایش یافته است و از ۲۳/۷ درصد (۲۰ درجه سلسیوس) به ۴۸/۸ درصد (۲۷/۵ درجه سلسیوس) رسید. به همین صورت، نسبت نرخ ناخالص زادآوری از ۲۱/۰۱ فرد نتاج در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به بالاترین مقدار یعنی ۶۹/۹۰ فرد نتاج در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس افزایش یافت. بالاترین نسبت نرخ سره زادآوری ( $R_0$ ) برابر ۲۹/۸۱ فرد نتاج در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس و کمترین آن برابر ۴/۹۸ فرد نتاج در دمای ۲۰ درجه سلسیوس ثبت شد. بیشترین نرخ سرشتی و کرانمند رشد جمعیت زنبور *H. hebetor* در ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۰/۲۰۰۱ و ۱/۲۰۶۵ بر روز بود که با مقادیر این پراسنجه در دماهای ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس تفاوت معنی داری نداشت اما از همان در دماهای ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس به طور معنی داری بیشتر بود. طول دوره یک نسل نیز با افزایش دما کاهش معنی داری داشت و از ۴۲/۵ روز در ۲۰ درجه سلسیوس به ۱۵/۱ روز در ۳۲/۵ درجه سلسیوس رسید. این پراسنجه در دماهای ۲۷/۵ تا ۳۲/۵ درجه سلسیوس تفاوت معنی داری با هم نداشتند (جدول ۳).

جدول ۳- پراسنجه‌های رشد جمعیت (±خطای استاندارد) زنبور *Habrobracon hebetor* با پرورش روی لاروهای پروانه موم خوار *Galleria mellonella* در شش دمای مختلف، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت.

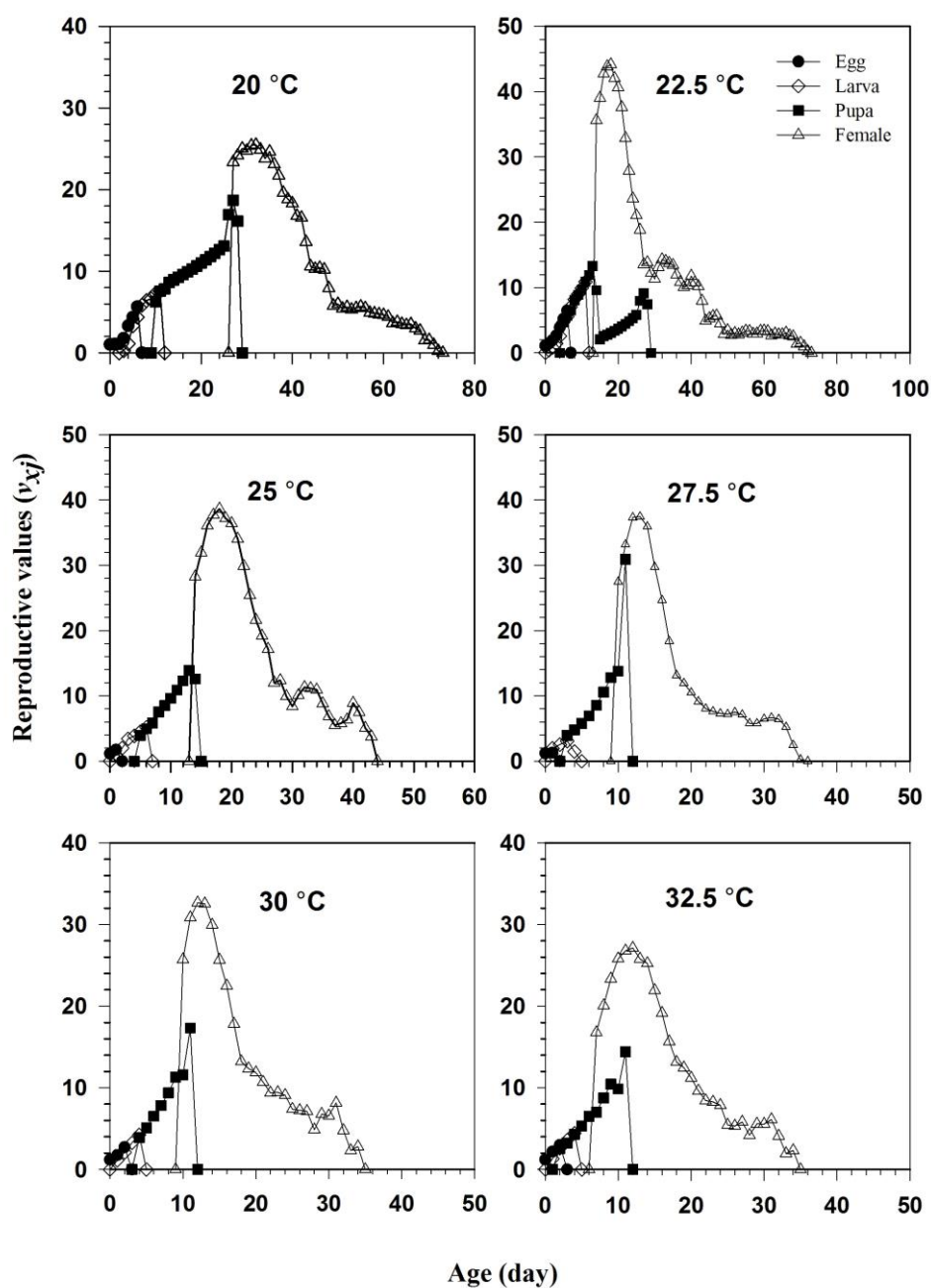
**Table 3.** Population growth parameters (± SE) of *Habrobracon hebetor* reared on *Galleria mellonella* larvae at six constant temperatures, 65±5% RH and a photoperiod of 16:8 h L:D.

Parameter	Sign	Temperature (°C)					
		20	22.5	25	27.5	30	32.5
Cohort size (#)	N	23.70 ± 0.053 c	22.10 ± 0.053 c	37.70 ± 0.053 b	59.70 ± 0.054 ab	57.50 ± 0.045 a	51.20 ± 0.031 a
Immature survival (%)	$I_i$	11.00 ± 2.32 c	26.00 ± 5.03 b	16.00 ± 4.13 b	29.00 ± 4.01 b	32.00 ± 3.18 b	70.00 ± 6.83 a
Female offspring (#)	$N_f$	21.01 ± 8.45 b	55.61 ± 9.18 a	35.67 ± 11.56 ab	69.90 ± 11.20 a	52.69 ± 9.21 a	37.93 ± 8.03 a
Gross reproductive rate (offspring)	GRR	4.98 ± 1.72 c	9.70 ± 2.08 b	17.32 ± 4.06 ab	29.81 ± 4.73 a	26.23 ± 4.28 a	15.73 ± 2.16 ab
Net reproductive rate (offspring)	$R_0$	0.0378 ± 0.009 d	0.0899 ± 0.010 c	0.1120 ± 0.010 b	0.2001 ± 0.013 a	0.1850 ± 0.013 a	0.1802 ± 0.008 a
Intrinsic rate of increase (day <sup>-1</sup> )	r	1.0351 ± 0.011 d	1.953 ± 0.010 c	1.1302 ± 0.012 b	1.2065 ± 0.016 a	1.2002 ± 0.018 a	1.1975 ± 0.010 a
Finite rate of increase (day <sup>-1</sup> )	$\lambda$	45.50 ± 2.83 b	25.26 ± 1.21 a	22.46 ± 0.764 ab	16.96 ± 0.489 a	17.65 ± 0.652 a	15.16 ± 0.386 a
Generation time (day)	T						

Means in the same row followed by the same letter(s) are not significantly different ( $P > 0.05$ ). Standard error values were calculated by 100000 bootstraps.

**ارزش زادآوری (Reproductive value)**

ارزش زادآوری ( $v_{ij}$ ) در واقع انتظار نتاج بعدی از یک فرد در سن  $x$  و مرحله  $j$  است. این مقدار برای زنبور انگل‌واره *H. hebetor* در شش دمای ثابت در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش دما از ۲۰ تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس مقدار ارزش زادآوری افزایش و دوباره در دماهای بالاتر (۳۰ تا ۳۲/۵ درجه سلسیوس) کاهش یافت. اوج میزان زادآوری در دماهای ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب در روزهای ۱۸، ۱۸، ۱۳، ۱۲ و ۱۲ طول عمر زنبور *H. hebetor* برابر ۲۵/۵، ۴۴/۱۴، ۳۸/۶۴، ۳۷/۴۵، ۳۲/۶۵ و ۲۷/۱۲ ثبت شد (شکل ۴). با توجه به محاسبه دوره پیش از تخمگذاری زنبور ماده از بدو تولد تا اولین تخم‌ریزی (TPOP) از دمای ۲۵ درجه سلسیوس به بالا، مقادیر ارزش زادآوری و کل دوره پیش از تخم‌ریزی (جدول ۲) به هم نزدیک هستند. مقادیر TPOP در دماهای ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۶/۷، ۲۲/۸، ۱۷/۵، ۱۳/۵، ۱۳/۸ و ۱۲/۰ روز بود (جدول ۲).



شکل ۴- ارزش زادآوری ویژه سن-مرحله زنبور *Habrobracon hebetor* با پرورش روی لاروهای پروانه موم خوار *Galleria mellonella* در شش دمای مختلف تحت رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت.

**Fig. 4.** Age-stage specific reproductive value ( $v_{xj}$ ) of *Habrobracon hebetor* reared on *Galleria mellonella* larvae at six constant temperatures under  $65 \pm 5\%$  RH and 16:8 h L:D.

## بحث

به اعتقاد Baker & Fabrick (2000) زنبور *H. hebetor* به عنوان یک انگل‌واره گروهی و خارجی یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل بیولوژیک بسیاری از آفات پروانه‌ای است. این انگل‌واره از سال ۱۹۸۰ به صورت تجاری در جهان تولید و عرضه شده است (Lenteren, 2008). در کشور مکزیک بعد از زنبور تریکوگراما و سوسک کریپیت، زنبور *H. hebetor* در رتبه سوم از نظر سطح رهاسازی (۴۵۰۰۰ هکتار) قرار دارد (Lenteren, 2008). در سال ۱۳۹۶ در ایران، این زنبور در ۵۷۰۵۰ هکتار گوجه فرنگی، ۴۸۰۵۰ هکتار ذرت، ۳۸۱۰۰ هکتار نخود، ۱۳۲۰۰ هکتار سویا و ۸۱۰۰ هکتار پنبه برای کنترل آفات میوه‌خوار گوجه فرنگی، ساقه‌خوارهای ذرت، پیله‌خوار نخود، برگ‌خوار و غلاف خوار سویا و کرم غوزه پنبه رهاسازی شده است (Anonymous, 2018b). بنابراین، در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کشور، *H. hebetor* یکی از انگل‌واره‌های مهم است که یافته‌های تحقیقاتی به توسعه آن کمک خواهد کرد.

نتایج بررسی حاضر مشخص کرد که دما روی تمامی ویژگی‌های زیستی و مهم زنبور *H. hebetor* موثر است. Ahmed *et al.* (1985) نشان دادند رنگ زنبورهای *H. hebetor* در دماهای پرورشی مختلف فرق می‌کند و بر این اساس ۳ جمعیت تیره رنگ (۱۸-۱۵ درجه سلسیوس)، با رنگ حد واسط (۲۵ درجه سلسیوس) و جمعیت زرد رنگ (۳۵ درجه سلسیوس) را در آزمایشگاه پرورش دادند. دوره رشد نمو از تخم تا حشره کامل به ترتیب ۴۰/۱، ۱۳/۳ و ۷/۸ روز به ترتیب در دماهای ۱۸-۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه بود که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. Amir-Maafi & Chi (2006) با پرورش زنبور *H. hebetor* در دمای ۲۸ درجه سلسیوس روی لاروهای دو میزبان پروانه موم خوار و بید آرد بدون تفکیک جنسیت نتایج، دوره تخم، لارو و شفیرگی را به ترتیب ۱/۲۵، ۳/۰۴ و ۶/۷۷ گزارش کردند و مجموع دوره نابالغ افراد نر و ماده را به ترتیب برابر ۱۰/۸۰ و ۱۰/۹۶ روز محاسبه کردند که با دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس در این مطالعه همپوشانی دارد. برعکس، این محققین پراسنجه‌های رشد جمعیت زنبور روی لارو پروانه موم‌خوار را کمتر از نتایج ما در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس برآورد کردند. با توجه به مشابهت میزبان، روش و نرم‌افزار مورد استفاده برای برآورد پراسنجه‌ها، تنها علت تفاوت می‌تواند ناشی از ۰/۵ درجه اختلاف دمایی و جمعیت زنبور مورد استفاده باشد. در مطالعه دیگری، Forouzan *et al.* (2002) نیز در ۲۸ درجه سلسیوس دوره رشد و نمو تخم، لارو و شفیره زنبور *H. hebetor* را معادل ۱/۷۷، ۳/۴۳ و ۶/۸۹ روز گزارش کردند که طولانی‌تر از همان در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس تحقیق حاضر است. کل دوره نابالغ زنبورهای نر و ماده در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس در مطالعه ما ۱۰/۳۵ و ۱۰/۹۳ روز بود اما Forouzan *et al.* (2002) به ترتیب همان را ۱۲/۱۲ و ۱۲/۰۸ روز به دست آوردند.

در یکی از مطالعات اخیر (Golizadeh *et al.*, 2017) تاثیر دماهای مختلف روی پراسنجه‌های رشد زنبور *H. hebetor* با استفاده از لاروهای بید آرد، بقای مراحل نابالغ در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۴۴/۹، ۶۴/۱ و ۸۳/۸ درصد گزارش شده است که در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (۶۲/۳ درصد) با نتایج ما همخوانی دارد و در دماهای ۲۰ و ۳۰ درجه کاملاً برعکس است (به ترتیب ۷۶/۳ و ۴۲/۵ درصد). به علاوه، به طور کلی دوره رشدی زنبور از ۱۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس با افزایش دما تقریباً به صورت خطی کاهش یافته است در صورتیکه طبق یافته‌های ما به طور معمول از دمای ۲۰ تا ۲۷/۵ روند کاهش دوره رشد دیده می‌شود ولی در دماهای بالاتر توقف این روند کاهشی یا حتی افزایش دیده می‌شود. به عنوان یک پراسنجه مهم، نرخ سرشتی رشد در تحقیق (Golizadeh *et al.*, 2017) در دمای ۳۰ درجه سلسیوس حداکثر و برابر ۰/۳۱۲ بر روز ثبت شده است. بر عکس در این دما در تحقیق ما مقدار نرخ سرشتی رشد برابر با ۰/۱۸۲۰ بر روز بود. به نظر می‌رسد



اختلاف نتایج ما با تحقیق ذکر شده به دلیل روش آماری مورد استفاده است. (Golizadeh et al. (2017 از روش‌های معمول آماری (تجزیه واریانس، آزمون T و جک نایف) برای تجزیه و تحلیل و مقایسه همه داده‌ها استفاده کرده‌اند که ممکن است باعث بروز چنین اختلافات بارزی شده باشد. در مطالعه (Foroozan et al. (2008، کل دوره رشدی افراد نابالغ نر و ماده در دماهای ۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۳۲ به ترتیب ۲۷/۸ و ۲۶/۶ روز، ۱۶ و ۱۷/۴ روز، ۱۴/۷ و ۱۴/۳ روز، ۱۲/۱ و ۱۲ روز، ۱۱ و ۱۱/۱ روز و ۹/۳ و ۹/۳ روز محاسبه شده است که کمی با اغماض از نظر اختلاف ۰/۵ درجه بعضی دماها، مشابه نتایج این تحقیق در جدول ۱ است.

(Frouzan et al. (2008 در مطالعه دیگری پراسنجه‌های جمعیت نگاری زنبور *H. hebetor* را در دماهای ۲۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس بررسی کردند و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس همپوشانی بسیار نزدیکی بین نتایج آن‌ها و یافته‌های حاضر وجود دارد اما در دماهای بالاتر مقادیر به دست آمده در تحقیق ما بیشتر از همان در بررسی ایشان است. در اینجا نیز روش آماری مورد استفاده می‌تواند منشاء اختلاف باشد چرا که (Frouzan et al. (2008 روش جدول زندگی بر اساس آماره‌های افراد ماده (Carey, 1993) استفاده کرده‌اند. به همین دلیل بیشترین نرخ سرشتی افزایش جمعیت در تحقیق ایشان ۰/۱۷۰۰ بر روز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس ثبت شده است اما طبق نتایج ما، این پراسنجه برابر با ۰/۲۰۰۱ بر روز است و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس به دست آمد.

رشد و نمو لاروی زنبور *H. hebetor* در دماهای ۱۵ و ۱۶ درجه سلسیوس توسط (Golizadeh et al. (2017 و (Forouzan et al. (2008 مشاهده نشد. طی یک پژوهش مشابه، (Chen et al. (2012 نشان دادند پرورش مراحل نابالغ زنبور *H. hebetor* در دماهای ۱۷/۵ تا ۲۰ درجه و دوره روشنایی ۱۰ تا ۱۶ ساعت منجر به ایجاد دیپوز زاده‌آوری در زنبورهای ماده می‌شود. این زنبورها تخمدان‌های تکامل نیافته با تعداد بسیار کمی تخم دارند. چنین ماده‌هایی دوره پیش از تخم‌ریزی و طول عمر بسیار طولانی و تنفس (سوخت و ساز) بسیار کندتری نسبت به ماده‌های عادی دارند. بنابراین مقایسه پراسنجه‌های این زنبورها با زنبورهای فاقد دیپوز باید با توجه به شرایط آن‌ها صورت بگیرد. میزان باروری زنبور *H. hebetor* پرورش یافته در ۲۰ درجه سلسیوس، ۳۶/۲۷ تخم / ماده و بیشترین باروری در ۳۰ درجه سلسیوس ۹۱/۲۶ تخم / ماده (بدون اختلاف معنی دار با ۲۷/۵ درجه سلسیوس) به دست آمد. این پراسنجه در پژوهش (Amir-Maafi & Chi (2006 برابر ۷۸/۳ تخم/ماده در دمای ۲۸ درجه سلسیوس و در تحقیق (Rostami et al. (2018 تعداد ۷۳/۵ تخم / ماده گزارش شده است که با یافته حاضر در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس (۸۴/۳۱ تخم/ماده) همخوانی دارد. برعکس، در برخی مقالات باروری این زنبور تا بیش از ۱۳۰۰ تخم / ماده گزارش شده است (Badran et al., 2016). به نظر می‌رسد تفاوت زیادی بین جمعیت‌های مختلف زنبور *H. hebetor* از نظر صفات زیستی وجود داشته باشد. (Abdi Bastami et al. (2011 سه جمعیت چگنی، گریت و الشتر در استان لرستان را بررسی کردند و مشخص شد جمعیت الشتر با نرخ سره زاده‌آوری ۳۴۲/۲۷ فرد نتاج و نرخ سرشتی رشد ۰/۳۸۰۰ بر روز به طور معنی داری برتر از دو جمعیت دیگر بود. در مجموع تمامی پراسنجه‌های اندازه گیری شده توسط این محققین بیشتر از همان در بررسی حاضر است. به نظر می‌رسد اختلافات روش آماری بین پژوهش ایشان و تحقیق ما بیشتر از اختلاف جمعیت‌ها روی تفاوت بارز نتایج موثر بوده است چرا که استفاده از روش (Carey (1993 به عنوان پایه محاسبات و بعد به کارگیری ناقص روش (Maia et al. (2000 برای تکراردار کردن داده‌ها (به کمک جک‌نایف) باعث اربب نتایج می‌شود. استفاده کامل روش (Maia et al. (2000 نتایج را به دو صورت اصلی (True calculation) و میانگین با استفاده از روش جک‌نایف ارایه می‌کند که نتایج قسمت دوم معمولاً بالاتر از نتایج اصلی هستند. مطالعات اخیر نشان داده است که روش

جک‌نایف برای برآورد میانگین و خطای استاندارد پراسنجه‌های جدول زندگی مناسب نیست (Huanh & Chi, 2012).

از دیگر صفات مهم حشرات ارزش زادآوری است و در واقع نشان دهنده تفاوت بین افراد ماده است که در سن مشابه اما مرحله متفاوتی قرار دارند (Haug & chi, 2011). در تحقیق ما، اوج ارزش زادآوری در دماهای ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۸/۶ و ۳۷/۴ بدون اختلاف معنی دار بود. اوج ارزش زادآوری زنبورهای تحت تیمار دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز ۱۸ طول عمر ثبت شد اما برای زنبورهای پرورش یافته در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس این اوج در روز ۱۳ طول عمر مشاهده شد. این به منزله این است که سرعت رشد زنبور در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس به مراتب بیشتر از همان در دمای ۲۵ درجه سلسیوس است. مقادیر ارزش زادآوری (vxj) زنبور *H. hebetor* در تحقیق (Frouzan et al., 2008) در دماهای ۲۰، ۲۵، ۲۸ و ۳۰ درجه سلسیوس و Amir-Maafi & Chi (2006) در دمای ۲۸ درجه سلسیوس نزدیک به نتایج این تحقیق هستند. Goodman (1982) اعتقاد دارد ارزش زادآوری کمیته اساسی در زندگی یک حشره است که در هر لحظه از شرایط بهینه زندگی آن به حداکثر می‌رسد. شرایط بهینه زندگی شرایطی است که طی آن نرخ افزایش سرشتی جمعیت ( $r$ ) حداکثر خواهد بود.

یکی از قابلیت‌های جدید نسخه ۲۰۱۹ نرم افزار TWOSEX-MSChart محاسبه سنی از افراد است که در آن زنده‌مانی افراد معادل ۵۰ درصد است که در اینجا برای دماهای ۲۰ و ۲۲/۵ درجه سلسیوس در سن ۵ روزگی و در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۳، ۱۷، ۱۸ و ۱۴ روزگی ثبت شد. به علاوه میزان بقاء بعد از گذشت ۵۰٪ یا نصف طول عمر زنبور *H. hebetor* در دماهای ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۱۸/۷ درصد در روز ۵۰، ۱۰ درصد در روز ۵۰، ۱۸/۸ درصد در روز ۲۶، ۴۰/۲ درصد در روز ۲۲، ۵۰ درصد در روز ۱۸ و ۴۱/۲ درصد در روز ۱۸ طول عمر مشاهده شد.

مطالعات متعدد دیگری در مورد تاثیر سموم شیمیایی (Rafiee Dastjerdi et al., 2008; Rafiee Dastjerdi et al., 2011; Mahdavi et al., 2009; al., 2009)، اثرات آنتاگونیستی عوامل میکروبی مهار زیستی (Sedaratian et al., 2012)، تاثیر تغذیه (Jarrahi & Safavi, 2016)، تاثیر طیف نوری (Aleosfoor et al., 2004) و اثر میزبان‌های مختلف (Mostafazadeh & Mehrkho, 2016) بر صفات زیستی زنبور *H. bracon* انجام شده است که به دلیل شرایط متفاوت آزمایش قابل مقایسه با نتایج ما نیستند.

در مجموع با در نظر گرفتن نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی حدود  $5 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی برای پرورش زنبور *H. hebetor* روی لاروهای سن آخر *G. mellonella* مناسب باشد. در چنین شرایطی جمعیت زنبور با نرخ رشد سرشتی  $0.201$  (بر روز) هر روز ۱/۲۰۶۵ برابر خواهد شد و هر فرد ماده در طی یک نسل به طول ۱۷/۶۵ روز، تعداد ۲۶/۲۳ فرد نتاج تولید خواهد کرد. برای مثال اگر یک کلنی با ۱۰۰۰ فرد ماده تاسیس شود طی سه نسل حدود ۵/۵ میلیون فرد ماده تولید خواهد شد. این تعداد برای یکبار رهاسازی در سطحی بالغ بر ۵۵۰۰ هکتار کافی خواهد بود. قیمت هر عدد زنبور *H. hebetor* طبق اعلام سازمان حفظ نباتات در حال حاضر ۳۲۰ ریال به ازای هر زنبور ماده است. بنابراین هزینه زنبور در هر بار رهاسازی مبلغ ۳۲۰۰۰ تومان خواهد بود. از طرفی هزینه یکبار کنترل شیمیایی کرم میوه‌خوار گوجه فرنگی حدود ۱۰۰۰۰۰ تومان است و معمولاً بین ۲ تا ۳ بار در یک فصل کشت انجام می‌شود (Anonymous, 2018b). در این صورت با بکارگیری نتایج می‌توان هزینه‌های کنترل کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی را به یک سوم تقلیل داد و از طرف دیگر هیچ هزینه و خسارت زیست محیطی و آلودگی ایجاد نکرد.

## سپاسگزاری

پژوهش حاضر بخشی از رساله دکتری نگارنده‌ی اول می‌باشد. این پژوهش، با استفاده از امکانات و مساعدت-های بخش گیاه‌پزشکی دانشگاه علوم کشاورزی گرگان انجام شده است. نویسندگان لازم می‌دانند بدین وسیله مراتب سپاس خود را از زحمات و همکاری‌های مسئولین و کارکنان محترم آن بخش اعلام نمایند.

## References

- Abdi Bastami, F., Fathipor, Y. & Talebi, A. A.** (2011) Comparison of life table parameters of three populations of braconid wasp, *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) on *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae) in laboratory conditions. *Applied Entomology & Phytopathology* 78, 153-176.
- Achterberg, C. van.** (1988) Revision of the subfamily *Blacinae* Foerster (Hymenoptera, Braconidae). *Zoologische Verhandlungen* 249, 1-30.
- Adarkwah, C., Büttner, C., Reichmuth, C., Obeng-Ofori, D., Prozell, S. & Schöller, M.** (2010) Ability of the larval ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae) to locate the rice moth *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) in bagged and bulk stored rice. *Journal of Plant Diseases & Protection* 117, 67-70.
- Adashkevich, B. P. & Saidova, Z. Kh.** (1984) Rearing of *Habrobracon*. *Zashchita Rastenii* 5, 20-21. [In Russian with English summary]
- Adashkevich, B. P. & Saidova, Z. Kh.** (1985) Storage of *Habrobracon*. *Zashchita Rastenii* 7, 1-26. [In Russian with English summary].
- Ahmed, K. S.** (2012) Role of the larval parasitoid, *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) in the control of *Cadra (Ephestia) cautella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in Egypt. Proceeding of the 7th International Congress of Biological Sciences (Zoology). Tanta University, Tanta, 109-115 pp.
- Ahmed, M. S. H., Al-Maliky, S. K., Al-Taweel, A. A., Jabo, N. F. & Al-Hakkak, Z. S.** (1985) Effects of three temperature regimes on rearing and biological activities of *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Stored Products Research* 21, 65-68.
- Aleosfoor, M., Soleymannejadian, E., Savary, A. & Moody, S.** (2004) The effect of three different types of light, white, yellow and natural, on some biological factors of *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae). Proceeding of the 16th Iranian Congress of Plant Protection. University of Tabriz, Tabriz, 1 pp.
- Amir-Maafi, M. & Chi, H.** (2006) Demography of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) on two pyralid hosts (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America* 99, 84-90.

- Anderson, R. L.** (1936) Effects of temperature on fertilization in *Habrobracon*. *Genetics* 21, 467-472.
- Anonymous**, (2018a) Approved annual biocontrol program by application of Macro and Micro native agents. Plant Protection Organization. Available from: <http://ppo.ir/LinkClick.aspx?Fileticket=ciwL8DDrOkc%3d&tabid=819>. (accessed 20 December, 2018) [In Persian]
- Anonymous**, (2018b) Biological control of crop pests: the proper practical case of resources consumption. IANA News Agency. Available from: <http://www.iranpistachio.org/fa/news/new/1419-biolozhic>. (accessed 20 December 2018) [In Persian].
- Astanov, T.** (1980) A Kolkhoz laboratory rears insect enemies. *Zashchita Rastenii* 11, 13-17. Available from: <https://www.cabi.org/ISC/abstract/19810581727>. (accessed 20 December 2018) [In Russian with English summary].
- Attaran, M. R.** (1996) Effect of laboratory hosts on biological attributes of parasitoid wasp *Bracon hebetor* Say. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Tarbiat Modarres University, 83 pp. [In Persian with English summary].
- Badran, F., Fathipour, Y. & Attaran, M. R.** (2016) Generation-dependent life table parameters of the parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) in laboratory condition. Proceeding of the 22<sup>nd</sup> Iranian Plant Protection Congress. University of Tehran, Karaj, 611 pp.
- Bagheri, A., Asgari Seyahooei, M. & Zakeri, O.** (2018) Control of *Helicoverpa armigera* by releasing *Trichogramma evanescence* and *Habrobracon hebetor* in an augmentation release program. Proceeding of the 23<sup>rd</sup> Iranian Plant Protection Congress. Gorgan University, Gorgan, 1151 pp.
- Baker, J. E. & Fabrick, J. A.** (2000) Host hemolymph proteins and protein digestion in larval *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Insect Biochemistry & Molecular Biology* 30, 937-946.
- Balevsky, N.** (1984) Use of the parasite *Habrobracon hebetor* Say for biological control. *Rastitelna Zashchita* 32, 28-29.
- Birch L. C.** (1948) The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology* 17, 15-26.
- Cammell, M. E. & Way, M. J.** (1987) Forecasting and monitoring. pp. 1-26 in Burn, A.J., Coaker, T.H. & Jepson, P.C. (Eds.) *Integrated Pest Management*. 474 pp. Academic Press.
- Carey, J. R.** (1993) *Applied demography for biologists*. 206 pp. Oxford University Press.
- Chen, H., Zhang, H., Zhu, K. Y. & Throne, J. E.** (2012) Induction of reproductive diapause in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) when reared at different photoperiods at low temperatures. *Environmental Entomology* 41, 697-705.
-

- 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.
- Chi, H.** (1981) Die Vermehrungsrate von *Hypoaspis aculeifer* Canestrini (Acarina, Laelapidae) bei Ernährung mit *Onychiurus fimatus* Gisin (Collembola, Onychiuridae) unter verschiedenen Temperaturen. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 3, 122-125. [In Germany with English summary].
- Chi, H.** (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17, 26-34.
- Chi, H.** (2019) TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. Available from: <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart-exe-B100000.rar> (accessed Feb, 1, 2019)
- Davidson, J.** (1944) On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperatures. *Journal of Animal Ecology* 13, 26-38.
- De Clercq, P. & Degheele, D.** (1993) Quality of predatory bugs of the genus *Podisus* (Heteroptera: Pentatomidae) reared on natural and artificial diets. pp. 129–142 in Nicoli, G., Benuzzi, M. & Leppla, N.C. (Eds) *Proceedings of the 7th Workshop of the IOBC Global Working Group "Quality Control of Mass Reared Arthropods"*, IOBC.
- Farahbakhsh, Gh.** (1961) A checklist of major crops and agricultural products pests in Iran. 151 pp. Ministry of Agriculture, Tehran.
- Foroozan, M., Sahragard, A. & Amir-Maafi, M.** (2008) Comparison of non-linear Model for predicting developmental rate of different stages of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Applied Entomology & Phytopathology* 76, 15-18.
- Forouzan, M., Amir-Maafi, M. & Sahragard, A.** (2008) Temperature-dependent development of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) reared on larvae of *Galleria mellonella* (Lep.: Pyralidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 28, 67–78.
- Forouzan, M., Sahragard, A. & Amir-maafi, M.** (2002) Biology of *Habrobracon hebetor* Say in Lab condition. *Journal of Entomological Society of Iran* 22, 63-67.
- Frouzan, M., Sahragard, A. & Amir-Maafi, M.** (2008) Demography of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) on *Galleria mellonella* (Lep.: Pyralidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 28, 27-44.
- Gharekhani, G. H., Salehi, F. & Shirazi, J.** (2018) Nutrition interactions on different levels of nitrogen fertilizer, between tomato fruit worm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) in different tomato cultivars. Proceeding of the 23rd Iranian Plant Protection Congress. Gorgan University, Gorgan, 981 pp.
- Ghimire, M. N. & Phillips, T. W.** (2010) Mass rearing of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) on larvae of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*

- (Lepidoptera: Pyralidae): effects of host density, parasitoid density, and rearing containers. *Journal of Stored Product Research* 46, 214-220.
- Golizadeh, A., Alikhani, M., Hassanpour, M., Enkegaard, A., Rafiee-Dastjerdi, H. & Razmjou, J.** (2017) Comparative biology and life table of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) on *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) at five constant temperatures. *International Journal of Pest Management* 63, 364-370.
- Goodman, D.** (1982) Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *American Naturalist* 119, 803-823.
- Haug, Y. B. & Chi, H.** (2011) Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. *Insect Science* 19, 263-273.
- Haug, Y. B. & Chi, H.** (2012) Assessing the application of the Jackknife and Bootstrap techniques to the estimation of the variability of the net reproductive rate and gross reproductive rate: a case study in *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Agriculture & Forestry* 61, 37-45.
- Heimpel, G. E., Antolin, M. F., Franqui, R. A. & Strand, M. R.** (1997) Reproductive isolation and genetic divergence between two strains of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 9, 149-156.
- Howe, R. W.** (1967) Temperature effects on embryonic development in insects. *Annual Review of Entomology* 10, 15-42.
- Huffaker, C., Berryman, A. & Turchin, P.** (1999) Dynamics and regulation of insect populations. pp. 269-305 In: Huffaker, C.B. & Gutierrez, A.P. (Eds) *Ecological Entomology*. 2<sup>nd</sup> ed. 756 pp. Wiley New York.
- Hussain, A. A. & Jafar, K. M.** (1969) Biology of *Habrobracon hebetor* Say, with other mortality factors of its hosts in Iraq. *Bulletin of the Entomological Society of Egypt* 53, 227-233.
- Jarrahi, A. & Safavi, S. A.** (2016) Temperature-dependent functional response and host preference of *Habrobracon hebetor* between fungus-infected and uninfected *Ephesia kuehniella* larvae. *Journal of Stored Product Research* 67, 41-48.
- Kurbanov, G. & Kuliev, G.** (1984) The flour moth (*Ephesia kuehniella* Zell.), the main host for mass rearing of *Habrobracon hebetor* Say. *Izvestia Akademiia Nauk Azerbaidzhanskoi SSR Seriya Biologicheskikh Nauk* 4, 49-53. [In Russian with English summary]
- Lenteren, J. C. van** (2008) *IOBC internet book of Biological Control*. 5th ed. 135 pp. IOBC. Available from: <http://www.unipa.it/iobc/view.php?pg=publications>
- Liedo, P. & Carey, J. R.** (1994) Mass rearing of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) fruit flies: a demographic analysis. *Journal of Economic Entomology* 87, 176-180.

- Mahdavi, V., Saber, M., Rafiee-Dastjerdi, H. & Mehrvar, A.** (2011) Comparative study of the population level effects of carbaryl and abamectin on larval ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *BioControl* 56, 823–830.
- Maia, A. De. H. N., Luiz A. J. B. & Campanhola, C.** (2000) Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique, computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93, 511-518.
- Mohaghegh, J. & Amir-Maafi, M.** (2007) Reproduction of the predatory stinkbug *Andrallus spinidens* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) on live and frozen prey. *Applied Entomology & Zoology* 42, 15–20.
- Mostafazadeh, N. & Mehrkhou, F.** (2016) Effect of different cereal on demographic parameters of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hym.: Braconidae). Proceeding of the 22nd Iranian Plant Protection Congress. University of Tehran, Karaj, 635 pp.
- Najafi Navai, I., Taghizadeh, M., Javanmoghaddam, H., Oskoo, T. & Attaran, M. R.** (2002) Efficiency of parasitoid wasps *Trichogramma pintoii* and *Habrobracon hebetor* against *Ostrinia nubilalis* and *Helicoverpa* sp. on maize in Moghan. Proceeding of the 15th Iranian Plant Protection Congress. Razi University, Kermanshah, 37 pp.
- Noori, P.** (1993) The parasitism trend of the wasp *Habrobracon hebetor* Say on *Chloridea* spp. in chickpea fields of Kermanshah province. *Applied Entomology & Phytopathology* 61, 22–30.
- Quicke, D. L. J. & Achterberg, C. van** (1990) Phylogeny of the subfamilies of the family Braconidae (Hym.: Ichneumonidea). *Zoologische Verhandelingen* 258, 1-95.
- Quicke, D. L. J., Fitton, M. G. & Harris, J.** (1995) Ovipositor steering mechanisms in braconid wasps. *Journal of Hymenoptera Research* 4, 110-120.
- Rafiee Dastjerdi, H., Hejazi, M. J., Nouri Ghanbalani, G. & Saber, M.** (2008) Toxicity of some biorational and conventional insecticides to cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and its ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 28, 27–37.
- Rafiee Dastjerdi, H., Hejazi, M. J., Nouri Ghanbalani, G. & Saber, M.** (2009) Effect of some insecticides on functional response of ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae). *Journal of Entomology* 6, 161–166.
- Robert, G. R. P.** (2006) Mass rearing of *Bracon cephi* (Gahan) and *B. lissogaster* Muesebeck parasitoids of wheat stem sawfly, *Cephus cinctus* Norton, and temperature-induced mortality in host immatures. MSc. thesis, Montana State University, 111 pp.
- Rostami, F., Zandi-Sohani, N., Yarahmadi, F., Ramezani, L. & Avalin Chaharsoghi, K.** (2018) Side-effects of azadirachtin (NeemAzal) and flubendiamide (Takumi) on functional response of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Crop Protection* 7, 283-291.

- Sedaratian, A., Fathipour, Y. & Talaei-Hassanloui, R.** (2012) Antagonism effects of *Bacillus thuringiensis* on life table parameters of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) in integrated management of *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae). Proceeding of the 20<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress. University of Shiraz, Shiraz, 86 pp.
- Shojaei, Sh., Safaralizadeh, M. H., Shayesteh, N. & Nikpey, A.** (2006) Effect of different nutrition diets on longevity and fecundity of *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae). Proceeding of the 17th Iranian Plant Protection Congress. University of Tehran, Karaj, 294 pp.
- Speicher, B. R.** (1934) Temperature effective periods in development of the mutant type eyeless in *Habrobracon*. *Journal of Experimental Zoology* 68, 495-500.
- Weiser, L. A., Antolin, M. F., Wu, Z. & Heimpel, G. E.** (2004) Does temperature affect diploid male production in *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae)? *Journal of Hymenoptera Research* 13, 309-315.
- Whiting, P. W. & Anderson, R. L.** (1932) Temperature and other factors concerned in male biparentalism in *Habrobracon*. *American Naturalist* 66, 420-432.
- Wyatt, I. J. & Brown, S. J.** (1977) The influence of *light intensity*, day length and temperature on increase rates of four glasshouse aphids. *Journal of Applied Ecology* 14, 391-399.
- Xie, Z. N., Li, L., & Xie, Y. Q.** (1989) *In vitro* culture of *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae). *Chinese Journal of Biological Control* 5, 49-51.
-