Archive of SID

JESI

DOI: 10.22117/JESI.2020.128590.1361

نامه انجمن حشره‌شناسی ایران ۸۲-۶۵ ,(۱)۴۰ ,۱۳۹۹

JOURNAL OF ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF IRAN
2020, 40 (1), 65-82

تأثیر دما بر پراسنجه‌های جدول زندگی دو جنسی کفشدوزک شکارگر *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) با تغذیه از کنه تارتن دولکه‌ای *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)

مریم جعفری[۱]، شیلا گلدسته[۱]، حسین رنجبر اقدم[۲]*، عباسعلی زمانی[۳] و ابراهیم سلیمان نژادیان[۱]

۱- گروه حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران، ۲- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران و ۳- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hrap1388@gmail.com

چکیده

کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* به عنوان یکی از مهمترین شکارگرهای کنه‌های تارتن به شمار می‌رود. پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر دماهای مختلف روی پراسنجه‌های جدول زندگی کفشدوزک *S. gilvifrons* انجام شد. جمعیت اولیه کفشدوزک از مزارع نیشکر استان خوزستان جمع‌آوری شد و در آزمایشگاه روی بوته‌های ذرت آلوده به کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* (Koch) در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۴ و ۳۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دورهٔ نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) داخل اتاقک رشد پرورش داده شد. همه افراد گروه هم‌زاد در دمای ۳۸ درجه سلسیوس از بین رفتند. بر اساس نتایج بدست آمده، طول دوره رشدونمو کفشدوزک در دماهای یاد شده تفاوت معنی‌دار داشتند و با افزایش دما از ۱۵ تا ۳۴ درجه سلسیوس کاهش یافت. پراسنجه‌های رشد جمعیت شکارگر نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر دماهای مختلف قرار گرفت. کمترین و بیشترین مقدار نرخ سرشتی افزایش جمعیت (r) به ترتیب ۰/۰۰۰۳ (بر روز) در دمای ۱۵ درجه سلسیوس و ۰/۲۰۵۲ (بر روز) در دمای ۳۴ درجه سلسیوس برآورد شد. نرخ خالص زادآوری (R_0) در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۴ درجه سلسیوس به ترتیب ۱/۰۲۵، ۱۹/۰۲۱، ۳۸/۵۸، ۴۳/۶۱، ۶۸/۶۱ و ۷۰/۰۵ (نتاج) بود. بیشترین میزان زادآوری کل شکارگر در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس و به میزان ۲۴۹/۵۲ عدد تخم برآورد شد. کمترین و بیشترین میانگین طول عمر ماده‌ها در دماهای ۳۴ و ۱۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۲ و ۸۷/۱۰ روز محاسبه شد. بالاترین نرخ ناخالص زادآوری (*GRR*) ۲۸۳/۴۳ (نتاج) در دمای ۲۷ درجه سلسیوس، همچنین مقادیر نرخ کرانمند افزایش جمعیت (λ) در دماهای ذکر شده به ترتیب ۱، ۱/۰۵۰، ۱/۱۱۷، ۱/۱۵۵، ۱/۱۸۲، ۱/۲۲۷ (بر روز) برآورد شد. نتایج به دست آمده در این پژوهش، در برنامه‌های مهار زیستی کنه‌های تارتن و توسعهٔ سامانه‌ای برای پرورش انبوه این کفشدوزک شکارگر قابل استفاده خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: دما، پراسنجه‌های جمعیت‌نگاری، مهار زیستی، *Stethorus gilvifrons*، کنه تارتن دو لکه‌ای

Effect of temperature on two-sex life table parameters of *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)

Maryam Jafari[1], Shila Goldasteh[1], Hossein Ranjbar Aghdam[2&*], AbbasAli Zamani[3]& Ebrahim Soleyman Nejadian[1]

1. Department of Entomology, College of Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, 2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension

دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷

دبیر تخصصی : یعقوب فتحی‌پور

www.SID.ir

Archive of SID

Organization (AREEO), Tehran, Iran & 3. Department of Plant Protection, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran
* Corresponding author, E-mail: hrap1388@gmail.com

Abstract
Stethorus gilvifrons is considered as one of the most important predators of the spider mites. Current study was conducted to examine the effect of temperature on life table parameters of the predatory coccinellid, *S. gilvifrons* Mulstant. The predatory coccinellids were originally collected from sugarcane fields of Khuzestan province and were reared on infected maize plants by *Tetranychus urticae* Koch at 15, 20, 25, 27, 30 and 34 ± 0.5˚C, %60±5 RH and a photoperiod of 16:8(L:D) h. in growth chamber. All of the cohort individuals were died at 38˚C. The obtained results showed that temperature significantly affected all developmental time and population growth parameters of the predator. Developmental time of *S. gilvifrons* decreased with increasing temperatures from 15˚C to 34˚C. The lowest and highest values of intrinsic rate of increase (r) were 0.0003 (day^{-1}) at 15˚C and 0.2052 (day^{-1}) at 34˚C, respectively. The values of net reproductive rate (R_0) were 1.025, 19.021, 38.58, 43.61, 68.61 and 70.05 (offspring) at 15, 20, 25, 27, 30 and 34˚C, respectively. The highest value for total fecundity was 249.52 (offspring) at 30˚C. The shortest and longest female longevity were 18.13 and 30.68 (days) at 34 and 25˚C, respectively. Mean generation time decreased with increasing temperatures, and the least value was estimated at 34˚C. The highest values of gross reproductive rate (*GRR*) were 283.43 (offspring) at 27˚C. Also, the values of finite rate of increase (λ) were 1.0003, 1.050, 1.117, 1.155, 1.182 and 1.227 (day^{-1}) respectively at above mentioned temperatures. The results can be used for biological control of the spider mites and developing a mass rearing system for *S. gilvifrons*.
Key words: temperature, demographic parameters, biological control, *Stethorus gilvifrons*, spider mite
Received: 25 January 2020, *Accepted:* 16 May 2020

مقدمه

کنه تارتن دولکه‌ای *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae)، یکی از آفات مهم تعداد زیادی از گیاهان در سراسر دنیا است. این گونه چند خوارترین گونه در میان کنه‌های تارتن بوده و از روی بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی، از جمله گیاهان زراعی و باغی جمع آوری شده است (Helle & Sabelis, 1985). امروزه برای مهار جمعیت این کنه از انواع کنه‌کش‌ها در سطوح گسترده استفاده می‌شود، اما سرعت رشدونمو و زادآوری بالای این آفت منجر به بازگشت دوباره جمعیت کنه و نیاز به سمپاشی مجدد می‌شود. علاوه بر هزینه‌های بالای کنترل شیمیایی، این روش مشکلاتی چون بروز مقاومت آفات، از بین رفتن دشمنان طبیعی، ایجاد گیاه‌سوزی، طغیان آفات ثانویه و آلودگی محیط زیست را نیز به دنبال دارد (Van Leeuwen *et al*., 2009). امروزه کنترل کنه تارتن فقط از طریق مدیریت تلفیقی و با تکیه بر استفاده هرچه بیشتر از عوامل مهار زیستی و کاهش مصرف سموم امکان‌پذیر است (Takafuji *et al*., 2000; Rahmani *et al*., 2009).

در بین دشمنان طبیعی کنه‌های تارتن، کفشدوزک‌های شکارگر جنس *Stethorus* spp. از اهمیت زیادی برخوردار هستند (Chazeau, 1974; Tanigoshi & McMurtry 1977). توانایی بالای شکارگری آن‌ها از مراحل مختلف رشدی طعمه، نرخ زادآوری بالا، قدرت جستجوگری زیاد روی محصولات مختلف، زندگی طولانی و قدرت پراکنش بالای حشرات کامل و همچنین مقاومت نسبی به آفت کش‌ها باعث معرفی آن‌ها به عنوان یکی از کارآمدترین دشمنان طبیعی کنه تارتن دولکه‌ای شده است (Putman, 1955; Tanigoshi & McMurtry, 1977; Roy *et al*., 2002; Perumalsamy *et al*., 2010). این شکارگران، قادر به تحمل شرایط دمایی متغیر نیز بوده و رطوبت تأثیر زیادی در عملکرد آن‌ها ندارد (Rott & Ponsonby, 2000).

طی پژوهش‌های انجام شده، گونه‌هایی از جنس *Stethorus* شامل *S. loxtoni* (Britton & Lee) (Richardson, 1977)، *S .madecassus* (Chazeau) (Chazeau, 1974)، *S. picipes* (Casey) (Tanigushi & McMurtry, 1977)، *S. punctillum* (Weise) (Putman, 1955; Roy *et al*., 2003)، *S. vagans* (Blackburn) (Ullah, 2000)، *S. japonicus* (Kamiya) (Mori *et al*., 2005)، *S. tridents* (Gordon) (Fiaboe *et al*., 2007)، *S. gilvifrons*

www.SID.ir

Archive of SID

Pollock & Michels,) *S. Nigripes* (Kapur) و (Aksit *et al*., 2007; Taghizadeh *et al*., 2008a,b) (Mulsant) 2007) به عنوان شکارگرهای کنه تارتن معرفی شده‌اند و تا به امروز پژوهش‌های متعددی نیز برای کاربرد آن‌ها از طریق حمایت از جمعیت‌های بومی، واردسازی، پرورش و رهاسازی آن‌ها در قالب برنامه‌های کنترل تلفیقی در نقاط مختلف دنیا انجام شده است (McMurtry *et al*., 1969; Charles *et al*., 1985; Raworth, 2001).

از ایران تاکنون سه گونه از جنس *Stethorus* شامل *S. punctillum* (Fatemi, 1983)، *S. siphonulus* Kapour (Hajizadeh, 1995) و *S. gilvifrons* (Farahbakhsh, 1961) گزارش شده است. کفشدوزک *S. gilvifrons* یکی از گونه‌های بومی ایران (Mosadegh & Kocheili, 2003) و سایر کشورهای جهان است (McMurtry *et al*., 1970; Chazeau, 1985; Aksit *et al*., 2007).

برای بیشتر گونه‌های *Stethorus* spp.، دوره رشدونمو (تخم – خروج حشره کامل) در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس حدود ۱۷ روز گزارش شده است (Putman, 1955; Tanigoshi & McMurtry, 1977; Roy *et al*., 2002; Mori *et al*., 2005; Fiaboe *et al*., 2007). از سوی دیگر هر کفشدوزک ماده بالغ می‌تواند ۳۰–۶۰ کنه در روز مصرف کند (Chazeau, 1974; Tanigoshi & McMurtry, 1977; Shih *et al*., 1991; Roy *et al*., 2003). کفشدوزک‌های این جنس در بیشتر شرایط اقلیمی ۲–۳ نسل در سال فعالیت می‌کنند (Putman, 1955; Colburn & Asquith, 1971) هرچند که در مناطق استوایی تا ۱۵ نسل در سال نیز گزارش شده است (Rangaswamy, 1976; Puttaswamy & Channabasavanna, 1977). طبق گزارش Putman (1955)، کفشدوزک‌های ماده *S. punctillum* در شرایط اقلیمی کشور کانادا قادر به زنده‌مانی و تخم‌ریزی بوده و طول عمرشان بالاتر از نرها می‌باشد، به طوری‌که در شرایط مزرعه بیش از ۴۰۰ روز تخمین زده شده است.

یکی از مسائل مهم در تئوری‌های بوم‌شناسی، درک این مطلب است که چگونه افزایش یا کاهش دمای محیط با تغییرات آب و هوایی می‌تواند بر بوم‌سامانه‌ها تأثیرگذار باشد (Logan *et al*. 2006). گزارش‌های زیادی در مورد اثر دما روی رشدونمو حشرات مختلف (Davidson, 1944; Howe, 1967; Wyatt & Brown, 1977) از جمله کفشدوزک‌های *Stethorus* spp. منتشر شده است (Tanigoshi & McMurtry, 1977; Shih *et al*., 1991;Afshari *et al*., 2001; Roy *et al*., 2002 & 2003; Mori *et al*., 2005; Rattanatip *et al*., 2008;Taghizadeh *et al*., 2008a,b; Khan *et al*., 2017). در این گزارش‌ها بیان شده است که دما به عنوان یک عامل غیرزنده مهم، فرایندهای زیستی بندپایان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به افزایش یا کاهش معنی‌دار پراسنجه‌های فیزیولوژیک، رشدونمو و یا زادآوری حشرات می‌شود (Cossins & Bowler, 1987; Huffaker *et al*., 1999). در واقع، آگاهی از سازگاری حشرات و کنه‌ها با شرایط آب و هوایی مختلف نقش مهمی در مدیریت آفات به ویژه پیش‌بینی روند رشدونمو، زادآوری، دیاپوز و مهاجرت آن‌ها دارد (Ranjbar Aghdam *et al*., 2009). در این پژوهش تلاش شده است، تاثیر تغییرات دما روی پراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیت یکی از جمعیت‌های مهم کفشدوزک *S. gilvifrons* که در مزارع نیشکر استان خوزستان در کنترل کنه زرد نیشکر نقش اساسی دارد، با به کارگیری روش جدول زندگی دو جنسی مورد بررسی قرار گیرد. اطلاعات بدست آمده از این پژوهش قادر خواهد بود، از یک طرف در پیشبرد برنامهٔ مدیریت تلفیقی کنه‌های تارتن در بوم سامانه‌های کشاورزی مستقر در مناطق گرمسیر کشور مفید واقع شود و از سوی دیگر اطلاعاتی به منظور ایجاد یک سامانه با هدف پرورش و تولید انبوه این شکارگر ارزشمند ارائه نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و شناسایی کفشدوزک شکارگر *Stethorus gilvifrons*

کلنی اولیه کفشدوزک در ماه‌های خرداد تا آبان سال ١٣٩٤، از مزارع ذرت و نیشکر واقع در کشت و صنعت امیرکبیر (31° 15′ N, 48° 26′ E) و کشت و صنعت امام خمینی (31° 37′ N, 48° 50′ E) جمع‌آوری شدند. به منظور تشخیص گونه، تعدادی از کفشدوزک‌های (نر و ماده) جمع‌آوری شده به بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات مؤسسه گیاه‌پزشکی کشور ارسال شد.

پرورش گیاه میزبان

به منظور پرورش کنه دولکه‌ای، گیاه ذرت *Zea mays* L. رقم سینگل کراس ٧٠٤ در شرایط گلخانه (با دمای ٢٧±٥ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ٦٠±١٠ درصد و دورهٔ نوری طبیعی در فصل بهار و تابستان) و بدون کاربرد هیچ گونه آفت‌کش کشت شد. در صورت آلودگی گیاهان به سفید بالک از تله‌های زرد چسبنده در اطراف آن‌ها استفاده شد. زمانی‌که طول بوته‌ها به حد مطلوب (حداقل به مرحلهٔ ٤–٥ برگی) رسید، آلوده‌سازی آنها با کنه تارتن دو لکه‌ای *T. urticae* انجام شد.

پرورش کنه تارتن دو لکه‌ای

برگ‌های ذرت آلوده به کنه تارتن دو لکه‌ای که از گلخانه‌های تحقیقاتی موسسهٔ تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور جمع‌آوری شده بودند، پس از تأیید گونه توسط بخش جانورشناسی موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، روی بوته‌های ذرت قرار داده شدند. پس از دو الی سه نسل پرورش کنه تارتن دولکه‌ای، در طول آزمایش‌ها برگ‌های کاملاً آلودهٔ بوته‌های ذرت به عنوان منبع شکار (غذا) برای کفشدوزک مورد استفاده قرار گرفتند. در صورت نیاز، کلنی‌های کمکی کنه در آزمایشگاه در دمای٢٧±١ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی٦٠±١٠ درصد و دوره نوری ١٦:٨ ساعت تاریکی به روشنایی نگهداری شدند.

پرورش کفشدوزک *Stethorus gilvifrons*

به منظور پرورش نسل‌های متوالی کفشدوزک *S. gilvifrons* و تامین شرایط مطلوب برای تخم‌ریزی آن، حشرات کامل این شکارگر در داخل قفس‌های آلومینیومی به ابعاد ١٢٠×٧٠×٧٠ سانتیمتر روی بوته‌های ذرت آلوده به کنه تارتن دو لکه‌ای منتقل شدند. داخل قفس‌های پرورش، تکه پنبه‌های مرطوبی به منظور تامین منابع آب مورد نیاز حشرات بالغ قرار گرفت. پس از دو نسل پرورش کفشدوزک، حشرات کامل نوظهور برای تخم‌ریزی و انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. کلنی‌های کفشدوزک در اتاق پرورش حشرات در دمای ٢٧±١ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی٦٠±١٠ درصد و دوره نوری ١٦:٨ ساعت تاریکی به روشنایی نگهداری شدند.

رشد و نمو کفشدوزک *S. gilvifrons* روی کنه تارتن دولکه‌ای در دماهای مختلف

آزمایش‌ها با کفشدوزک‌های شکارگر *S. gilvifrons*، که حداقل دو نسل ابتدایی خود را روی بوته‌های ذرت آلوده به کنه تارتن دو لکه‌ای گذرانده بودند، در هفت دما شامل ١٥، ٢٠، ٢٥، ٢٧، ٣٠، ٣٤ و ٣٨ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ٦٠±٥ درصد و طول دوره روشنایی ١٦ و تاریکی ٨ ساعت داخل اتاقک رشد، انجام شد. بر این اساس، در هر یک از دماهای مورد بررسی، تعداد ١٢٠–٢٠٠ عدد تخم (با طول عمر حداکثر ٢٤ ساعت) به عنوان گروه هم‌سن به صورت انفرادی به ظروف پتری به قطر ٨ سانتی‌متر و ارتفاع ٣ سانتی‌متر و حاوی یک قطعه برگ ذرت آلوده به کنه تارتن دولکه ای منتقل شدند، هر ظرف حاوی دیسک برگی مربعی شکل به قطر تقریبی ٦ سانتی‌متر آلوده به کنه دولکه‌ای بود. دهانهٔ ظرف‌ها بسته و با پارافیلم به طور کامل مسدود شد. در هر یک از

www.SID.ir

Archive of SID

دماهای مورد بررسی میزان مرگ ومیر و روند رشدونمو هر فرد به صورت روزانه تا زمان ظهور حشرات کامل کفشدورک ثبت شد. پس از خروج حشرات کامل کفشدوزک و تعیین جنسیت آن‌ها که ضمن بررسی تفاوت‌های شکلی و مشاهده شکاف U شکل در بند ششم شکم نرها (Kapur, 1948) انجام شد، حشرات نر و ماده به‌صورت جفتی به داخل ظروف مستطیلی پلاستیکی (۱۹×۱۴×۴ سانتی‌متر) به منظور تخم‌ریزی رها شدند. در ادامه تا زمان مرگ هر روز برگ‌های تازه آلوده به کنه در اختیار کفشدورک‌های درون ظروف قرار گرفت و تخم‌های گذاشته شده توسط هر جفت شمارش و به دنبال آن درصد تفریخ تخم‌ها ثبت می‌شد.

تجزیه تحلیل داده‌ها

داده‌های مربوط به رخدادهای حیاتی همه افراد (نرها، ماده‌ها و آنهایی که قبل ازرسیدن به بلوغ مردند) در دماهای مختلف بر اساس نظریه جدول زندگی دو جنسی ویژه سن- مرحله زیستی (Chi & Liu, 1985) و روش توصیف شده توسط Chi (1988) با استفاده از نرم افزار TWOSEX-MSChart (2017) تجزیه و تحلیل شد (Chi & Liu, 1985).

طول مراحل مختلف رشدی، طول عمر حشرات کامل به تفکیک جنسیت، کل دوره زندگی و باروری کفشدوزک *S. gilvifrons* در دماهای مورد نظر با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت شده (PBT) و به کمک نرم افزار TWOSEX - MSChart (2017) مقایسه شدند (Efron & Tibshirani, 1993; Yu *et al*., 2013). واریانس و انحراف معیار پراسنجه‌های رشد جمعیت کفشدوزک *S. gilvifrons* نیز با استفاده از روش بوت استرپ با ۱۰۰ هزار تکرار برآورد شد. نمودارهای مورد نیاز با استفاده از نرم افزار Excel (2011) رسم شدند.

نتایج

طول دوره‌های رشدونمو مراحل نابالغ

رشدونمو مراحل تخم، لارو، شفیره و کل دوره پیش از بلوغ کفشدوزک *S. gilvifrons* در شش دمای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۴ درجه سلسیوس به طور موفقیت‌آمیزی طی شد و به حشره کامل تبدیل شدند، اما در دمای ۳۸ درجه سلسیوس هیچ‌یک از تخم‌ها تفریخ نشد (جدول ۱). با افزایش دما، طول دوره رشدونمو مراحل نابالغ کفشدوزک *S. gilvifrons* (تخم تا ظهور حشرات کامل) کاهش یافت. بیشینه طول دوره رشدونمو کفشدوزک‌های ماده ۱/۱۶±۶۱/۴۰ روز در دمای ۱۵ درجه سلسیوس و کمینه آن ۰/۱۴±۱۱/۷۴ روز در دمای ۳۴ درجه سلسیوس ثبت شد. همینطور بیشینه و کمینه طول دوره رشدونمو کفشدوزک‌های نر به ترتیب ۱/۵۷±۶۳/۲۹ و ۰/۱۸±۱۲/۳۰ روز بود (جدول ۱).

طول عمر و زادآوری کفشدوزک‌های بالغ

طول عمر کفشدوزک‌های ماده در شش دمایی که رشدونمو آنها کامل شد از کفشدوزک‌های نر بیشتر بود. بیشترین طول عمر کفشدوزک‌های ماده در دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس (۳/۴۳±۸۷/۱۰ روز) و کوتاه‌ترین آن مربوط به دمای ۳۴ درجهٔ سلسیوس (۳۲ روز) بود (جدول ۲).

در حشرات ماده، طول دورهٔ پیش از تخم‌ریزی (APOP) و کل زمان پیش از تخم‌ریزی (TPOP)، با افزایش دما کاهش یافت (جدول ۲). دما همچنین بر طول دوره تخم‌ریزی و میانگین تخم‌ریزی کفشدوزک موثر بود، به طوری که بالاترین میانگین زادآوری (۲۴۹/۵۲ عدد تخم به ازای هر کفشدوزک ماده) در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس ثبت شد که با میانگین زادآوری در دمای ۳۴ درجه سلسیوس (۲۲۱/۲۱ عدد تخم به ازای هر کفشدوزک ماده) از

www.SID.ir

Archive of SID

نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نداشتند. در مقابل، کمترین مقدار زادآوری (۲۰/۵۰ عدد تخم به ازای یک کفشدوزک ماده) در دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۱- میانگین طول دوره رشدونمو (± خطای استاندارد) افراد نر و مادهٔ کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* (روز) در شش دمای ثابت

Table 1. Female and male developmental time (Mean ±SE) of *Stethorus gilvifrons* (day) at six constant temperatures

Gender	Temperatures (°C)					
	15	20	25	27	30	34
Female	61.40 ± 1.16 Aa (n=10)	31.60 ± 0.93 Ab (n=20)	14.48 ± 0.38 Ac (n=29)	13.30 ± 0.2 Ad (n=33)	12.52 ± 0.19 Ae (n=33)	11.74 ± 0.14 Af (n=38)
Male	63.29 ± 1.57 Aa (n=7)	28.58 ± 0.46 Bb (n=19)	13.29 ± 0.43 Bc (n=35)	13.48 ± 0.24 Ac (n=29)	12.28 ± 0.16 Ad (n=29)	12.30 ± 0.18 Bd (n=20)

SEs were estimated by using 100,000 bootstraps.
Means within each column (comparison between male and female at each temperature) followed by different uppercase letters are significantly different by using paired bootstrap test (P<0.05).
Means within each row (comparison among temperatures) followed by different lowercase letters are significantly different by using paired bootstrap test (P<0.05).

جدول ۲- طول عمر حشرات کامل، APOP، TPOP و زادآوری (میانگین ±خطای استاندارد) کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* در شش دمای ثابت

Table 2. Parameters (Mean±SE) of male and female longevity, adult preoviposition period (APOP), total prepviposition period (TPOP), oviposition period and fecundity of *Stethorus gilvifrons* at six constant temperatures

Biological parameters	Mean ± SE											
	n	15 C	n	20 C	n	25 C	n	27 C	n	30 C	n	34 C
Male longevity (day)	7	79.43 ±2.15 a	19	47.32 ± 1.97 b	35	47.51 ± 3.69 b	29	22.14 ± 1.48 c	29	37.62 ± 2.49 d	20	28.00± 2.37 e
Female Longevity (day)	10	87.10 ± 3.43 a	20	74.60 ± 2.83 b	29	48.21± 3.92 c	33	37.06 ± 1.81 d	33	40.48 ± 1.74 cd	38	32.00 ± 0.7 e
APOP (day)	9	10.66 ± 4.34 a	20	12.55 ± 0.18 b	27	2.81± 0.23 c	33	2.54 ± 0.12 cd	33	2.27±0.13 d	38	1.55± 0.12 e
TPOP (day)	9	72 ± 1.52 a	20	44.15 ±1.01 b	27	17.33± 0.46 c	33	15.84 ± 0.23 d	33	14.78± 0.22 e	38	13.28 ±0.19 f
Oviposition period (day)	9	14.33 ± 2.04 a	20	27.05 ± 2.44 b	27	29.40 ± 3.53 b	33	18.15 ± 1.70 acd	33	22.72± 1.68 bc	38	15.84 ± 0.60 ad
Fecundity (eggs/female)	10	20.50 ± 3.99 c	20	133.15±18.9 b	29	159.66±26.6 b	33	158.67± 20.06 b	33	249.52±24.92 a	38	221.21 ± 15.65 a

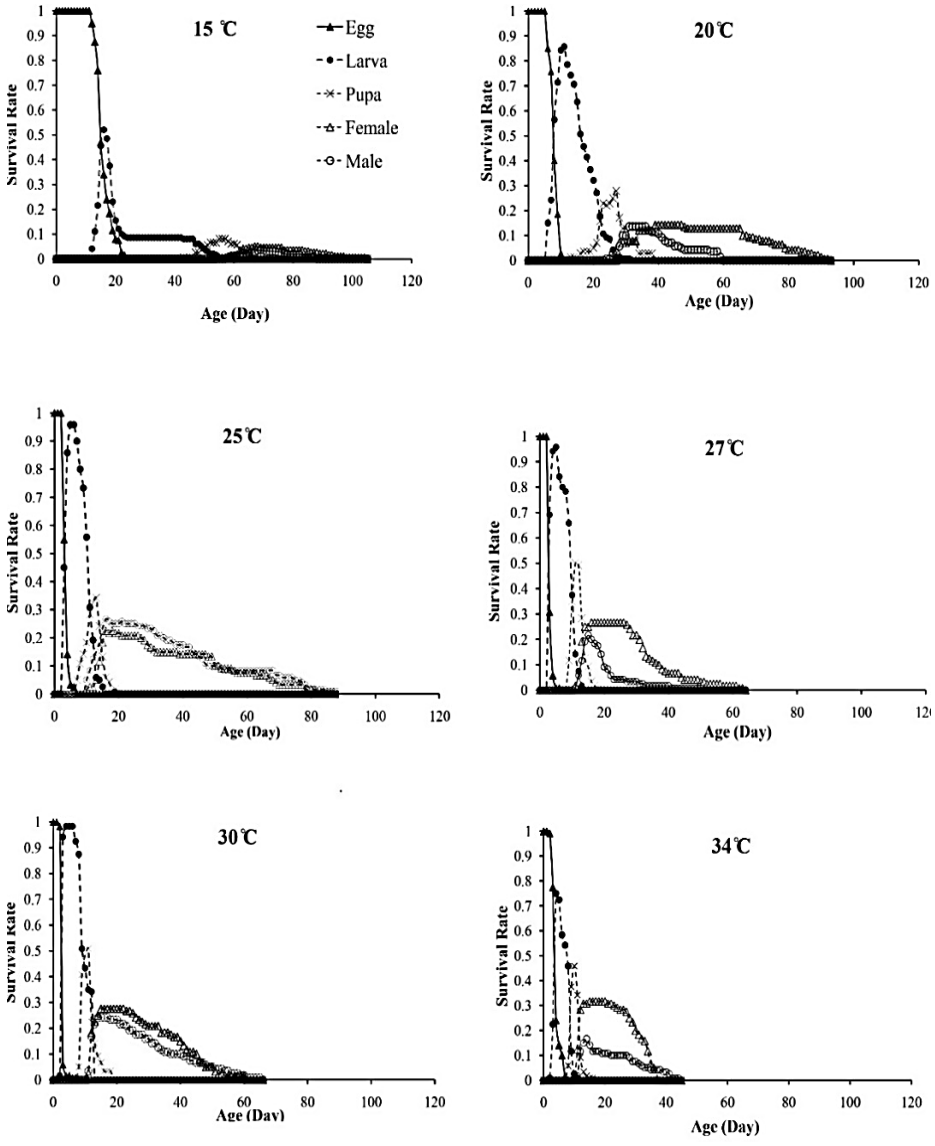
Means within each row followed by different letters are significantly different by using paired bootstrap test (P<0.05).
SEs were estimated by using 100,000 bootstraps.

www.SID.ir

Archive of SID

نرخ بقا، امید به زندگی و سایر پراسنجه‌های جمعیت‌نگاری کفشدوزک *S. gilvifrons*

نرخ بقای ویژه سن–مرحله (S_{xj}) کفشدوزک *S. gilvifrons* در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل احتمال زنده ماندن هر تخم بارور کفشدوزک تا سن x و مرحله رشدی j نشان داده شده است. بر همین اساس مشخص شد، با افزایش سن شکارگر در هر دما میزان نرخ بقای ویژه سن– مرحله کاهش یافته است. بیشینه نرخ بقا در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳٤ درجهٔ سلسیوس برای نرها به ترتیب ۰/۰۳۵، ۰/۱۳۷۵، ۰/۲٦٦٦، ۰/۲۱٦٦، ۰/۲٤۱٦، ۰/۱٦٦٦ درصد و برای ماده‌ها به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۱٤۲۸، ۰/۲۲۵، ۰/۲٦٦٦، ۰/۲۷۵، ۰/۳۱٦٦ درصد بود.



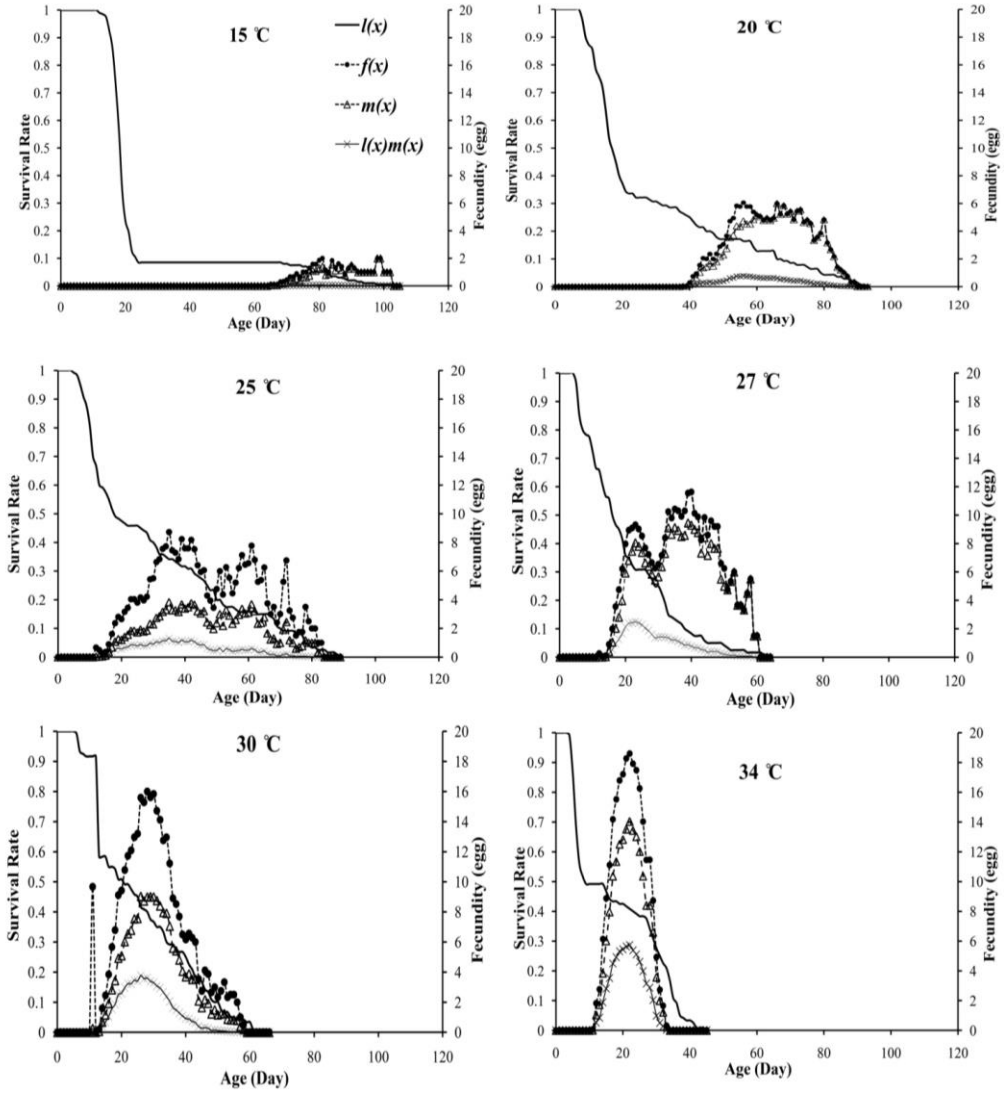
شکل ۱– نرخ زنده‌مانی ویژه سنی– مرحله زیستی (S_{xj}) کفشدوزک*Stethorus gilvifrons*، پرورش یافته در شش دمای ثابت.

Fig. 1. Age-stage specific survival rate (S_{xj}) of *Stethorus gilvifrons* at six constant temperatures.

www.SID.ir

Archive of SID

تغییرات نرخ بقای ویژه سنی (l_x) برای همه افراد و باروری ویژه سنی (m_x) در سنین مختلف کفشدوزک در شکل ۲ ارایه شده است.



شکل ۲- زنده مانی ویژه سنی(l_x)، باروری ویژه سنی(m_x)، باروری ویژه سنی– مرحله زیستی (f_{xj}) و زادآوری ویژه سنی (l_xm_x) کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* پرورش یافته در شش دمای ثابت

Fig. 2. Age-specific survivorship (l_x), age-specific fecundity (m_x), female age-stage fecundity (f_x), and age-specific maternity (l_xm_x) of *Stethorus gilvifrons* at six constant temperatures

براساس این شکل، جمعیت کفشدوزک قادر به زنده‌مانی و تولیدمثل در هر شش دمای مورد بررسی در شرایط آزمایشگاهی بود. نرخ بقای ویژه سنی به جز دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس که تا سن ۱۱ روزگی (روز) در تمام ماده‌ها برابر یک بود، در دماهای ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳٤ درجهٔ سلسیوس به ترتیب تا سنین ۷، ٤، ٤، ۵ و۳ روز ادامه داشت. از سوی دیگر بیشینه باروری ویژه سنی این کفشدوزک در سنین ۸٤، ٦۸، ۳۵، ۳۹، ۲۹ و ۲۲ روز با ۱/۵۷، ۵/۸٤، ۳/۸۲، ۹/٤۵، ۹/۰۲ و ۱٤/۰٤ تخم به ترتیب در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳٤ درجهٔ سلسیوس رخ داد. نمودارهای حاصل به جز در دو دمای ۳۰ و ۳٤ درجهٔ سلسیوس دارای یک نقطه اوج مشخص نبودند و

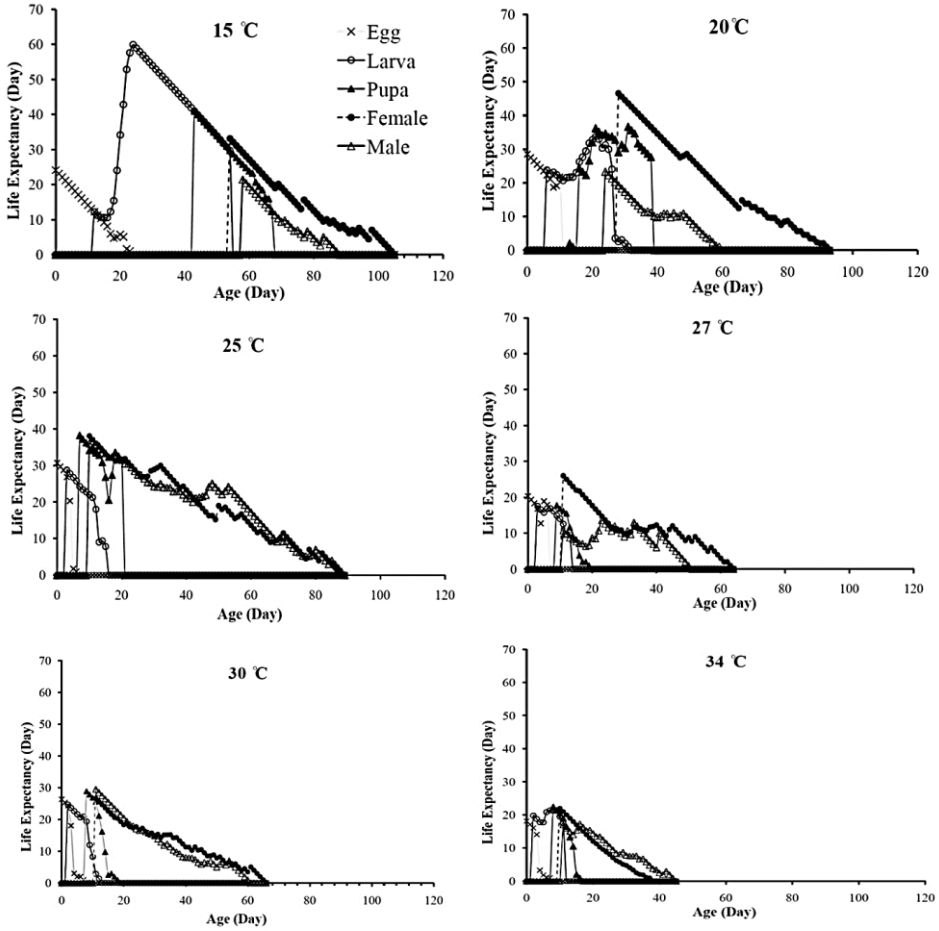
www.SID.ir

Archive of SID

نوسانات اندکی در دوره تخم‌ریزی مشاهده شد. این گستره که نمایانگر طول دوره تخم‌ریزی کفشدوزک است، با افزایش دما کوتاه‌تر شد (شکل ۲).

تخم‌ریزی اولین ماده در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳٤ درجهٔ سلسیوس به ترتیب در روزهای ٦٥، ۳۸، ۱۲، ۱۲، ۱۱ و ۱۱ آغاز شد. علاوه بر این، بیشترین زادآوری روزانه کفشدوزک نیز در دماهای یاد شده به ترتیب معادل ۱/۸۵، ٦/۰٥، ۸/۷۳، ۱۱/٦۲، ۱٦ و ۱۸/٥۹ عدد تخم بود که به ترتیب در روزهای ۸٥، ٥٦، ۳٥، ٤۰، ۲۸ و ۲۲ اتفاق افتاد (شکل۲).

امید به زندگی سن- مرحله سنی (e_{xj}) کفشدوزک در بیشتر گروه‌های سنی و مراحل رشدی، در دمای ۲٥ درجهٔ سلسیوس طولانی‌تر از سایر دماها بود. امید به زندگی در هنگام تولد (تخم یک روزه) در دماهای ۱٥، ۲۰، ۲٥، ۲۷، ۳۰ و ۳٤ درجهٔ سلسیوس به ترتیب معادل ۲٤/۱۲، ۲۸/٥، ۳۰/٦۸، ۲۰/۳۱، ۲٦/۳۲ و ۱۸/۱۳ روز به‌دست آمد (شکل ۳). در همه دماها امید به زندگی کفشدوزک‌های نر کوتاه‌تر از ماده‌ها بود.



شکل ۳- امید به زندگی ویژه سنی – مرحله زیستی (e_{xj}) کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* پرورش یافته در شش دمای ثابت.

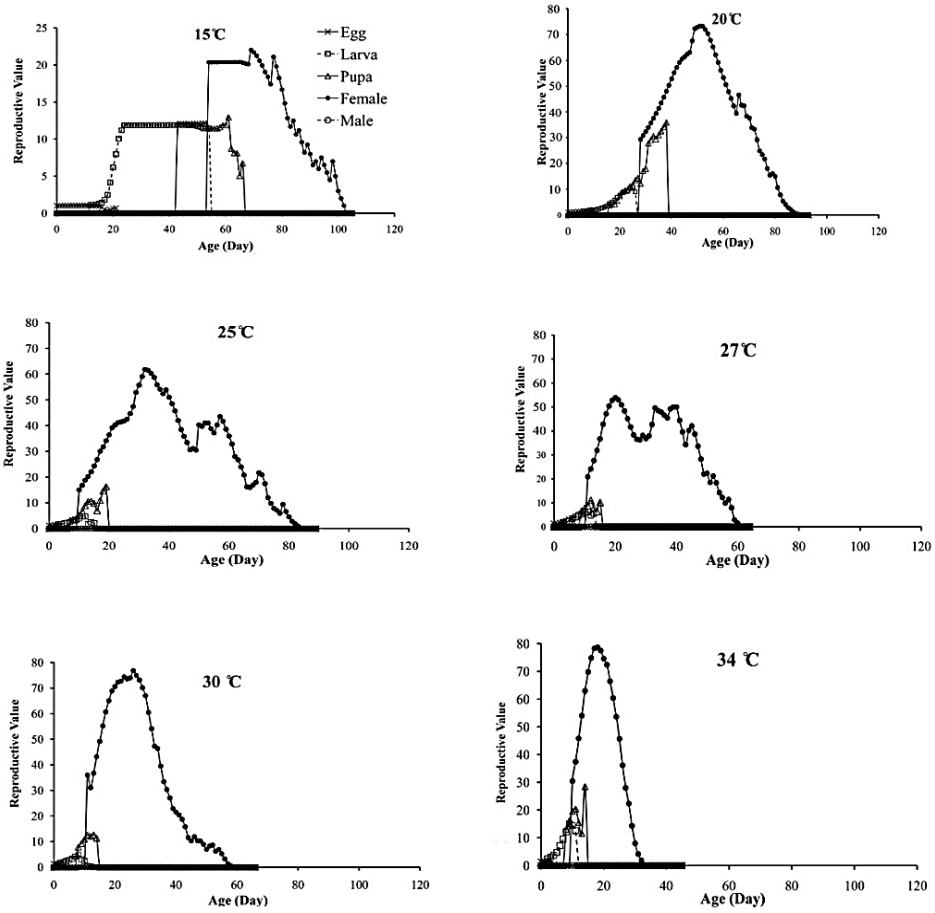
Fig. 3. Age-stage specific life expectancy (e_{xj}) of *Stethorus gilvifrons* at six constant temperatures.

بیشترین مقدار ارزش زادآوری ویژه سن- مرحله سنی (v_{xj}) که نشان دهنده سهم هر یک از افراد در سن x و مرحله رشدی j در تشکیل جمعیت آینده می‌باشد، در ٦ دمای ۱٥، ۲۰، ۲٥، ۲۷، ۳۰ و ۳٤ درجهٔ سلسیوس به

www.SID.ir

Archive of SID

ترتیب برابر با ٢١/٦٩، ٧٣/٣٤، ٦١/٨٦، ٥٣/٨٠، ٧٦/٥٨١ و ٧٨/٦٩ عدد تخم به ازای هر فرد ماده بود که به ترتیب در روزهای ٧٠، ٥١، ٣٢، ٢٠، ٢٦ و ١٨ اتفاق افتاد. به بیان دیگر، افراد ماده در روزهای یاد شده بیشترین سهم را در زادآوری و تشکیل جمعیت آینده داشتند (شکل ٤).



شکل ٤- ارزش زادآوری ویژه سنی– مرحله زیستی (v_{xj}) کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* پرورش یافته در شش دمای ثابت.

Fig. 4. Age-stage specific reproductive value (v_{xj}) of *Stethorus gilvifrons* at six constant temperatures.

پراسنجه‌های رشد جمعیت کفشدوزک *S. gilvifrons*

نتایج به دست آمده از جدول زندگی دو جنسی نشان داد؛ مقدار نرخ ناخالص زادآوری (*GRR*) کفشدوزک در دمای ٢٧ درجهٔ سلسیوس (٢٨٣/٤٣±٤٣/٩٧ تخم) بیشتر از سایر دماها بود، با این حال مقدار این پراسنجه در دمای یاد شده از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با دمای ٣٠ درجهٔ سلسیوس نداشت (جدول ٣). از سوی دیگر بیشینه (٧٠/٠٥±١٠/٥٧ نتاج ماده) و کمینه (١/٠٢٥±٠/٣٦ نتاج ماده) نرخ خالص زادآوری (R_0) نیز به ترتیب در دماهای ٣٤ و ١٥ درجهٔ سلسیوس بدست آمده بود (جدول ٣). همینطور نرخ سرشتی افزایش جمعیت (r) و نرخ کرانمند افزایش جمعیت (λ) نیز در دماهای مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌دار بودند به طوری که کمترین مقدار این دو پراسنجه در دمای ١٥ درجهٔ سلسیوس (به ترتیب،٠/٠٠٠٣ و ١/٠٠٠٣ بر روز) و بیشترین مقدار آن‌ها در دمای ٣٤ درجهٔ سلسیوس (به ترتیب، ٠/٢٠٥٢ و ١/٢٢٧ بر روز) برآورد شد (جدول ٣). میانگین طول مدت

www.SID.ir

Archive of SID

یک نسل (T) نیز در دماهای بررسی شده اختلاف معنی‌داری داشتند. بر همین اساس، طولانی‌ترین زمان تکمیل یک نسل در دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس (۸۲/۳۳±٦/۳۹ روز) و کوتاه‌ترین آن در دمای ۳٤ درجهٔ سلسیوس (۲۰/۷۰±۰/۲٦ روز) به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسهٔ پراسنجه‌های (میانگین±خطای استاندارد) رشد جمعیت کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* در شش دمای ثابت.

Table 3. Comparison of estimated life table parameters (Mean± SE) of *Stethorus gilvifrons* at six constant temperatures.

Temperature	Life table parameters (Mean ± SE)				
°C	r (day^{-1})	λ (day^{-1})	*GRR* (offspring)	R_0 (offspring)	T (day)
15	0.0003 ± 0.004 f	1.0003 ± 0.004 f	34.15 ± 8.81 c	1.025 ± 0.36 d	82.33 ± 6.39 a
20	0.0490 ± 0.004 e	1.050 ± 0.004 e	167.68 ± 18.83 b	19.02 ± 4.74 c	59.68 ± 1.30 b
25	0.1110 ± 0.007d	1.117 ± 0.008 d	148.26 ± 31.13 b	38.58 ± 8.85 abc	32.88 ± 1.16 c
27	0.1448 ± 0.006 c	1.155 ± 0.008 c	283.43 ± 43.97a	43.61 ± 8.47 a	26.06 ± 0.95 d
30	0.1672 ± 0.007b	1.182 ± 0.008 b	192.55 ± 30.17 ab	68.61 ± 12.17 a	25.28 ± 0.55 d
34	0.2052 ± 0.008a	1.227 ± 0.010 a	174.5 ± 18.32 b	70.05 ± 10.57 a	20.70 ± 0.26 e

SEs were estimated by using 100,000 bootstraps.
Means within each column followed by different letters are significantly different by using paired bootstrap test (P<0.05).
r: Intrinsic rate of increase, λ: Finite rate of increase, R_0: Net reproductive rate, T: Mean Generation time.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد کفشدوزک *S. gilvifrons* قادر است، رشدونمو خود را در گسترهٔ دمایی ۱۵ تا ۳٤ درجه سلسیوس تکمیل نماید، ولی در دمای ۳۸ درجه سلسیوس هیچ یک از تخم‌ها تفریخ نشدند. بر این اساس، در دمای یاد شده امکان پرورش کفشدوزک میسر نشد. طولانی‌ترین دوره رشدونمو (مراحل نابالغ) کفشدوزک‌های نر و ماده به ترتیب ٦۳/۲۹ و ٦۱/٤۰ روز در دمای ۱۵ درجه سلسیوس و کوتاه‌ترین دوره رشدونمو کفشدوزک‌های نر و ماده به ترتیب ۱۲/۳۰ و ۱۱/۷٤ روز در دمای ۳٤ درجه سلسیوس ثبت شد (جدول ۱). طول کل دوره رشدونمو مراحل نابالغ کفشدوزک در پژوهش حاضر از نتایج Taghizadeh *et al*. (2008b) (٥٦/٤۷ و ۹/۳۷ روز به ترتیب برای دماهای ۱۵ و ۳۵ درجه سلسیوس) بیشتر بود. نتایج پژوهش Roy *et al*. (2002) نزدیک به یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد. در این پژوهش، طول دوره مراحل نابالغ کفشدوزک *S. punctillum* در دو دمای ۱٤ و ۳٤ درجه سلسیوس، به ترتیب ٦۸/۵ و ۱۲/۱ روز تخمین زده شده بود. همینطور در تحقیق یاد شده، تخم‌های کفشدوزک مورد مطالعه در دماهای ۱۲ و ۳٦ درجه سلسیوس تفریخ نشده بودند، که نزدیک به یافته‌های پژوهش حاضر است. طول دوره رشدونمو مراحل نابالغ کفشدوزک *S. gilvifrons* به عنوان یک گونه گرمسیری در گسترهٔ دمایی ۲۵ تا ۲۷ درجه سلسیوس، به مقادیر گزارش شده برای این گونه در پژوهش‌های (Aksit *et al*. 2007) و Imani *et al*. (2009) و همچنین گونه‌های *S. japonicus*، *S. punctum* (LeConte)، *S. punctillum* و *S. vagans* (Putman, 1955; Ullah, 2000; Roy *et al*., 2002; Mori *et al*., 2005; Ali *et al*., 2014) بسیار نزدیک بود. طبق گزارش Putman (1955)، رشدونمو کفشدوزک *S. punctillum* در دماهای پایین تر از ۱٤ و بالاتر از ۳٦ درجهٔ سلسیوس دیده نشده است. با توجه به اینکه در بیشتر حشرات با افزایش یا کاهش دما در نزدیکی آستانه‌های دمای بالا و پایین، فعالیت آنزیم‌های موثر در سوخت‌وساز به تدریج کاهش می‌یابد و در نهایت در دماهای بحرانی به طور کامل ساختار پروتئینی آنزیم‌ها از بین می‌روند (Chapman *et al*. 2013)، بنابراین می‌توان گفت احتمالاً تغییرات فیزیولوژیکی یاد شده منجر به بروز این نتایج شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

طبق نتایج بدست آمده در این پژوهش (جدول ۲) با افزایش دما طول دوره‌های پیش از تخم‌ریزی، کل زمان پیش از تخم‌ریزی، طول دوره تخم‌ریزی و طول عمر حشرات نر و ماده *S. gilvifrons* مانند سایر گونه‌های جنس *Stethorus* (Ullah, 2000; Roy *et al*., 2003; Mori *et al*., 2005; Aksit *et al*., 2007; Taghizadeh *et al*., 2008b; Bakr *et al*., 2009) کاهش یافت. یافته‌های حاضر نشان داد، طولانی‌ترین دوره قبل از تخم‌ریزی در دمای ۱۵ درجه سلسیوس، برابر با ۱۰/٦٦ روز بود (جدول ۲)، که به مقدار گزارش شده توسط Bakr *et al*., (2009) (۹/۲۲ روز) در همین دما بسیار نزدیک بود. کوتاه‌ترین دوره قبل از تخم‌ریزی ماده‌های بالغ در دمای ۳٤ درجه سلسیوس و برابر با ۱/۵۵ روز ثبت شد (جدول ۲) که با مشاهدات دو پژوهشگر دیگر در دماهای نزدیک به این پژوهش، یعنی دمای ۳۲ درجه سلسیوس برابر با ٤/٤ روز (Roy *et al*., 2003) و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس برابر با ۳/۲۵ روز (Bakr *et al*., 2009) دارای تفاوت چشم‌گیر می‌باشد. شایان ذکر است کوتاه بودن طول دوره پیش از تخم‌ریزی در دماهای بهینه، یکی از مزیت‌های زادآوری این شکارگر به شمار می‌رود به‌طوری‌که کفشدوزک‌های ماده به فاصله کوتاهی پس از ظهور، تخم‌ریزی و ازدیاد نسل خود را آغاز می‌نمایند. طول دوره تخم‌ریزی کفشدوزک *S. gilvifrons* در دمای ۳۰ درجه سلسیوس حدود سه هفته (۲۱ روز) به طول انجامید (شکل ٤) که با مقادیر گزارش شده برای کفشدوزک‌های *S. siphonulus* (Rattanatip *et al*., 2008; Raros & Haramoto, 1974) و *S. punctillum* (Roy *et al*., 2003) در گسترهٔ دمایی ۲۷–۳۲ درجه سلسیوس بسیار نزدیک بود.

زادآوری حشرات شکارگر تحت تأثیر مستقیم دما تغییر می‌کند (Roy *et al*., 2003). طبق نتایج این بررسی، کمترین و بیشترین میزان زادآوری به ترتیب در دماهای ۱۵ و ۳٤ درجه سلسیوس برابر با ۲۰/۵۰ و ۲۲۱/۲۱ تخم/ ماده بدست آمد (جدول ۲). این میزان زادآوری از مقادیر گزارش شده توسط Taghizadeh *et al*. (2008b) و Roy *et al*. (2003) در دماهای مشابه بالاتر بود، درحالی‌که دردامنه دمایی۲۰–۳۰ درجه سلسیوس کفشدوزک *S. japonicus* با میانگین تخم‌ریزی ٦۲۰–۷۳٦ تخم/ ماده بالاترین میزان تخم‌ریزی را نسبت به سایر گونه‌های *Stethorus* spp. ثبت کرده است (Mori *et al*., 2005). تفاوت‌ها در میزان زادآوری در دماهای مشابه ممکن است علاوه بر گونه کفشدوزک، ناشی از اختلاف در سازگاری‌های بوم شناختی جمعیت‌های مختلف شکارگر، گونهٔ گیاه میزبان، روش پرورش و شکار مورد تغذیه نیز باشد.

بیشترین و کمترین طول عمر ماده‌های بالغ به ترتیب در دماهای ۱۵ درجه سلسیوس (۷۸/۱۰ روز) و ۳٤ درجه سلسیوس (۳۲ روز) به دست آمد (جدول ۲) که به مقادیر گزارش شده توسط Roy *et al*. (2003) در دامنهٔ دمایی ۲۰–۳۰ درجه سلسیوس (٤۰/۷–۷۷/۵ روز) و Raros & Haramoto, (1974) در دامنهٔ دمایی ۲۷–۳۲ درجه سلسیوس (۳۲/٤ روز) نزدیک بود. افزایش طول عمر ماده‌ها نسبت به نرها در برخی دماهای بحرانی ممکن است یک مکانیزم سازگاری باشد، به این طریق هنگامی که دما خارج از دامنه تحمل و سازگاری‌های بوم شناختی کفشدوزک باشد، تعداد بیشتری از ماده‌ها زنده مانده و قادر خواهند بود نسل خود را از خطر انقراض نجات دهند (Uçkan& Ergin, 2002; Hegazi *et al*., 2019).

بیشترین میزان مرگ‌ومیر کفشدوزک *S. gilvifrons* در دماهای مورد مطالعه، در سنین اولیهٔ لاروی اتفاق افتاد (شکل ۲) که با گزارش‌های Rattanatip *et al*. (2008) و Mori *et al*. (2005) مطابقت داشت. بالاترین نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) در زمان ظهور افراد ماده بالغ برابر با ۰/۹۱ در دمای ۳۰ درجه سلسیوس ثبت شد که نسبت به سایر دماهای مورد بررسی، بیشتر بود. هر چند دامنهٔ تغییرات این پراسنجه در فاصله دمایی ۱۵ تا ۳٤ درجه سلسیوس از ۰/۰۸ تا ۰/٤۹ متغیر بود (شکل ۲). این نتایج با یافته‌های Roy *et al* (2003) برای کفشدوزک *S. punctillum*

www.SID.ir

Archive of SID

نزدیک بود که در فاصله دمایی ١٦–٣٢ درجه سلسیوس، مقدار l_x را ۰/۰۷–۰/۳۲ گزارش کرده است. در پژوهش-های جمعیت‌نگاری، نرخ بقا و زادآوری می‌توانند در پیش‌بینی روند رشد و همچنین ساختار رشد و نمو جمعیت در کوتاه مدت و دراز مدت استفاده شود (Huang & Chi, 2012).

اوج تخم‌ریزی *S. gilvifrons* در مطالعه حاضر، در دماهای ۱۵ و ٣٤ درجهٔ سلسیوس به ترتیب در (روز هفتادم) و (روز هجدهم) ثبت شد (شکل ٤). این یافته‌ها نزدیک به مقادیر گزارش شده توسط Taghizadeh *et al*. (2008b) بود که در دماهای ۱۵ و ٣٤ درجه سلسیوس اوج تخم‌ریزی برای این کفشدوزک را به ترتیب در روزهای (شصت و دوم) و (نوزدهم) تعیین کرده بودند. همچنین زمان اوج تخم‌ریزی در نتایج این پژوهش در دمای ۲۷ درجهٔ سلسیوس در روز بیستم به‌دست آمد (شکل ٤). در گذشته Fiaboe *et al*. (2007) نیز اوج تخم‌ریزی *S. tridens* در همین دما را در روز هفدهم پس از خروج ماده‌های بالغ از شفیره گزارش کرده بودند. همینطور در پژوهش Rattanatip *et al*. (2008) در دمای ۲۸ درجهٔ سلسیوس، بیشترین مقدار تخمریزی کفشدوزک‌های *S. siphonulus* و *S. pauperculus* به ترتیب در روزهای نوزدهم و شانزدهم ثبت شده بود.

عوامل زیادی از قبیل باروری، بقا و طول نسل روی نرخ سرشتی افزایش جمعیت (r) تاثیر دارند. بر این اساس نرخ سرشتی افزایش جمعیت، پراسنجه بسیار مناسبی برای ارزیابی عملکرد یک حشره در دماهای مختلف است (Southwood & Handerson, 2000). بالاترین مقدار زادآوری و کوتاه‌ترین طول دوره رشدونمو در دماهای ۳۰ و ٣٤ درجه سلسیوس بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ثبت شد (جداول ۲و۳). کمترین و بیشترین مقدار نرخ سرشتی افزایش جمعیت برای کفشدوزک *S. gilvifrons* به ترتیب در دماهای ۱۵ درجه سلسیوس (۰/۰۰۰۳ بر روز) و ٣٤ درجه سلسیوس (۰/۲۰۵۲ بر روز) محاسبه شد (جدول ۳). در فاصله دمایی ٢٤–٢٥ درجه سلسیوس، مقدار نرخ سرشتی افزایش جمعیت (r) برای گونه‌های مختلف *Stethorus* متفاوت و از ۰/۰٦٦ تا ۰/۱٦۰ بر روز گزارش شده است (Chazeau, 1974; Richardson, 1977; Tanigoshi & McMurtry, 1977; Shih *et al*., 1991; Roy *et al*., 2003; Mori *et al*. 2005; Aksit *et al*., 2007; Taghizadeh *et al*., 2008b; Perumalsamy *et al*., 2010).

اطلاعات به دست آمده از پژوهش حاضر می‌تواند به منظور ایجاد شرایط محیطی بهینه برای پرورش انبوه کفشدوزک مورد مطالعه، مطالعات شکارگری، تعیین سازگاری‌های دمایی و بهینه کردن سازگاری شکارگر و میزبان و همچنین پیش بینی روند تغییرات جمعیت این کفشدوزک در مزرعه مورد استفاده قرار گیرد. به علاوه، یافته‌های به دست آمده از این پژوهش، در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات با هدف کنترل کنه‌های تارتن در بوم سامانه‌های مختلف کشاورزی قابل استفاده خواهد بود.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از تجهیزات، امکانات آزمایشگاهی و تخصصی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و حمایت مالی موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان انجام شده است. بدین وسیله نویسندگان لازم می‌دانند، مراتب قدردانی و سپاس خود را از حمایت‌ها و همکاری‌های بی دریغ مدیران، مسئولین و کارکنان محترم موسسات یاد شده، در این مورد اعلام نمایند.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Afshari, M., Mossadegh, S., Kamali, K. (2001) Feeding behaviors of the ladybird beetle, *Stethorus gilvifrons* (Mulsant), and effect of different factors on its feeding rate in laboratory condition. *The Scientific Journal of Agriculture* 23, 70–90

Aksit, T., Cakmak, I. & Ozer, G. (2007) Effect of temperature and photoperiod on development and fecundity of an acarophagous ladybird beetle, *Stethorus gilvifrons*. *Phytoparasitica* 35(4), 357-366.

Ali, A., Ahmad, S. & Ali, H. (2014) Effect of temperature on immature stages of small black ladybird beetle *Stethorus punctum*, Leconte (Coleoptera: Coccinillidae) and percent mortality. *Entomologia Generalis* 1, 129-136.

Bakr, R. F. A., GenidyNoha, A. M., Gesraha, M. A., Farag, N. A. & Elbehery Hoda, H. A. (2009) Biological study of the coccinellid predator, *Stethorus punctillum* under different constant temperatures. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences* 2(1), 1-7.

Chapman, R. F., Simpson, S. J. & Douglas A. E. (2013) *The insects: structure and function*. 929 pp. Cambridge University Press, United Kingdom.

Charles, J. G., Collyer, E. & White, V. (1985) Integrated control of *Tetranychus urticae* with *Phytoseiulus persimilis* and *Stethorus bifidus* in commercial raspberry gardens. *New Zealand journal of experimental agriculture* 13(4), 385-393.

Chazeau, J. (1974) Developpement et fecondite de *Stethorus madecassus* Chazeau (Coleopteres, Coccinellidae) eleve en conditions exterieures dans le sud-ouest de Madagascar. Cahiers ORSTOM, *Serie Biologie* 25, 27-33.

Chazeau, J. (1985) Predaceous insects, pp. 211-246. in Helle W. & Sabelis, M. W. (Eds) *Spider mites: their biology, natural enemies, and control*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Chi, H. (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17(1), 26-34.

Chi, H. (2017) TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis (http://140.120.197.173/ Ecology/) (Version: 2017.09.16).

Chi, H. S. I. N. & Liu, H. (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica* 24, 225–240.

Colburn, R. & Asquith, D. (1971) Observations on the morphology and biology of the ladybird beetle *Stethorus punctum*. *Annals of the Entomological Society of America* 64(6), 1217-1221.

Cossins, A. R. & Bowler, K. (1987) Rate compensations and capacity adaptations. pp 155-203 in Cossins, A. R. (Ed) *Temperature Biology of Animals*. Chapman and Hall Press, New York.

www.SID.ir

Archive of SID

Davidson, J. (1944) On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperatures. *Journal of Animal Ecology* 13, 26-38.

Efron, B. & Tibshirani, R. J. (1993) *An Introduction to the Bootstrap*. 320 pp. Chapman and Hall, New York.

Farahbakhsh G. (1961) Checklist of important insects and other enemies of plants and agricultural products in Iran. *Agriculture Plant Protection Organization* 1-153.

Fatemi H. (1983) Population fluctuation of *Tetranychus turkestani* in Isfahan. *Entomologie et Phytopathologie Appliquees* 50(1-2), 27-53.

Fiaboe, K. K. M., Gondim, M. G.C., de Moraes, G. J., Ogol, C. K. P. O. & Knapp, M. (2007) Bionomics of the acarophagous ladybird beetle *Stethorus tridens* fed *Tetranychus evansi*. *Journal of Applied Entomology* 131, 355-361.

Hajizadeh, J. (1995) Identification of *Stethorus coccinellid* beetles in Tehran province and study on biology, and possibility of production of *Stethorus gilvifrons* Mulsant. PhD Dissertation, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Helle, W. & Sabelis, M.W. (1985) *Spider Mites; Their Biology, Natural Enemies, and Control*, Vols. A & B. 405 pp. Elsevier, Amsterdam.

Hegazi, E. M. H., Khafagi, W. E., Agamy, E. & Hamad, M. H. A. (2019**)** Effect of temperature on the immature developmental time and adult longevity of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hym. Braconidae). *The International Journal of Science & Technoledge* 35(7), 35-40

Howe, R. W. (1967) Temperature effects on embryonic development in insects. *Annual Review of Entomology* 10, 15-42.

Huang, Y. B. & Chi, H. (2012) 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(2), 263-273.

Huffaker, C. B., Berryman, A. & Turchin, P. (1999) Dynamics and regulation of insect populations. pp. 269-305 in Huffaker, C. B. & Gutierrez, A. P. (Eds) *Ecological entomology*. 2nd ed., 755 pp. John Wiley & Sons, Inc. USA.

Imani, Z., Shishehbor, P. & Sohrabi, F. (2009) The effect of *Tetranychus turkestani* and *Eutetranychus orientalis* (Acari: Tetranychidae) on the development and reproduction of *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 12(4), 213-216.

Kapur, A. P. (1948) On the Old World species of the genus *Stethorus* Weise (Coleoptera, Coccinellidae). *Bulletin of Entomological Research* 39, 297–320.

Khan, I. & Spooner-Hart, R. (2017) Temperature-dependent development of immature stages of predatory ladybird beetle *Stethorus vagans* (Coleoptera: Coccinellidae) at constant and fluctuating temperatures. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 63(1), 83-96.

www.SID.ir

Archive of SID

Logan, J. D., Wolesensky, W. & Joern, A. (2006) Temperature-dependent phenology and predation in arthropod systems. *Ecological modelling* 196 (3-4), 471-482.

McMurtry, J. A., Johnson, H. G. & Scriven, G. T. (1969) Experiments to determine effects of mass releases of *Stethorus picipes* on the level of infestation of the avocado brown mite. *Journal of Economic Entomology* 62(5), 1216-1221.

McMurtry, J. A. Huffaker, C. B. & Van de Vrie, M. (1970) Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia* 40(11), 331-390.

Mori, K., Nozawa, M., Arai, K. & Gotoh, T. (2005) Life-history traits of the acarophagous lady beetle, *Stethorus japonicus* at three constant temperatures. *Biocontrol* 50(1), 35-51.

Mossadegh, M. S. & Kocheili, F. (2003) *A Semi Descriptive Checklist of Identified Species of Arthropods* (*Agricultural, Medical, …*) *and Other Pests from Khuzestan, Iran*. 475 pp. Shahid Chamran University Press, Ahvaz.

Perumalsamy, K., Selvasundaram, R., Roobakkumar, A., Rahman, V. J. & Muraleedharan, N. (2010) Life table and predatory efficiency of *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae), an important predator of the red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae), infesting tea. *Experimental and Applied Acarology* 50(2), 141.

Pollock, D. A. & Michels Jr, G. J. (2007) Bionomics and distribution of *Stethorus caseyi* Gordon & Chapin (Coleoptera: Coccinellidae), with description of the mature larva. *Southwestern Entomologist* 32(3), 143-147.

Putman, W. L. (1955) The bionomics of *Stethorus punctillum* Wiese (Coleoptera: Coccinellidae) in Ontario. *The Canadian Entomologist* 87, 9-33.

Puttaswamy & Channabasavanna, G. P. (1977) Biology of *Stethorus pauperculus* Weise (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of mites. *Mysore Journal of Agricultural Sciences* 11(1), 81-89.

Rahmani, A., Ji, M., Mesbahi, M. & Egerstedt, M. (2009) Controllability of multi-agent systems from a graph-theoretic perspective. *SIAM Journal on Control and Optimization* 48(1), 162-186.

Rangaswamy, H. R. (1976) *Stethorus keralicus* Kapur (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of the areca palm mite. *Current Research* 5, 27– 28.

Ranjbar Aghdam, H., Fathipour, Y., Kontodimas, D. C., Radjabi, G. & Rezapanah, M. (2009) Age-specific life table parameters and survivorship of an Iranian population of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) at different constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* 102(2), 233-240.

Raros, E. S. & Haramoto, F. H. (1974) Biology of *Stethorus siphonulus* Kapur (Coccinellidae: Coleoptera), a predator of spider mites, pp. 457-465 in *Proceedings, Hawaiian Entomological Society,* September, Honolulu. Hawaii.

www.SID.ir

Archive of SID

Rattanatip, J., Siri, N. & Chandrapatya, A. (2008) Comparitive biology and lifetable of *Stethorus pauperculus* (weise) and *S. siphonulus* (Kapur)(Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in Thailand. *Thailand Agricultural Journal* 41,117-126.

Raworth, D. A. (2001) Development, larval voracity, and greenhouse releases of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae). *The Canadian Entomologist* 133(5), 721-724.

Richardson, N. L. (1977) The biology of *Stethorus loxtoni* Britton and Lee (Coleoptera: Coccinellidae) and its potential as a predator of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in California. PhD Dissertation, University of California, Berkeley.

Rott, A. S. & Ponsonby, D. J. (2000) The effects of temperature, relative humidity and host plant on the behavior of *Stethorus punctillum* as a predator of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *BioControl* 45(2), 55-164.

Roy, M., Brodeur, J. & Cloutier, C. (2002) Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). *Environmental Entomology* 31(1), 177-187.

Roy, M., Brodeur, J. Cloutier, C. (2003) Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (r_m) of a coccinellid and its spider mite prey. *BioControl* 48, 57- 72.

Shih, C. I. T., Lin, P. J. & Chang, T. W. (1991) Biology, predation, life table and intrinsic rate of increase of *Stethorus loi* Sasaji. *Plant Protection Bulletin* (Taipei) 33, 290–300 [In Chinese with English Summary].

Southwood, T. R. E. & Henderson, P. A. (2000) *Ecological Methods* 575 pp. Blackwell Science, Oxford.

Taghizadeh, R., Fathipour, Y. & Kamali, K. (2008a) Influence of temperature on life-table parameters of *Stethorus gilvifrons* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology* 132(8), 638-645.

Taghizadeh, R., Fathipour, Y. & Kamali, K. (2008b) Temperature-dependent development of acarophagous ladybird, *Stethorus gilvifrons* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 11(3), 145-148.

Takafuji, A., Ozawa, A., Nemoto, H. & Gotoh, T. (2000) Spider mites of Japan: their biology and control. *Experimental & applied acarology* 24(5-6), 319-335.

Tanigoshi, L. & McMurtry, J. (1977) The dynamics of predation of *Stethorus picipes* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Typhlodromus floridanus* on the prey *Oligonychus punicae* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae): Part I. Comparative life history and life table studies. *Hilgardia* 45(8), 237-261.

Uçkan, F. & Ergin, E. (2002) Effect of host diet on the immature developmental time, fecundity, sex ratio, adult longevity, and size of *Apanteles galleriae* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology* 31(1), 168-171.

www.SID.ir

Archive of SID

Ullah, I. (2000) *Aspects of the biology of the ladybird beetle Stethorus vagans (Blackburn) (Coleoptera: Coccinellidae).* PhD Dissertation, 183 pp. Centre for Horticulture and Plant Sciences, University of Western Sydney, Hawkesbury, Richmond, NSW Australia.

Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A. & Tirry, L. (2009) Mechanisms of acaricide resistance in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. pp. 347-393 in Ishaaya I, Horowitz AR (Eds) *Biorational control of arthropod pests*. Springer, Dordrecht.

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.

Yu, J. Z., Chi, H. & Chen, B. H. (2013) Comparison of the life tables and predation rates of *Harmonia dimidiata* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) at different temperatures. *Biological Control* 64(1), 1-9.

www.SID.ir