نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران
۱۳۹۲ – ۳۳(۱): ۶۹–۸۵

زیست‌شناسی و دموگرافی زنبور پارازیتویید *Trissolcus basalis* (Hym.: Scelionidae) روی تخم دو میزبان مختلف

مریم فروزان[۱و*]، محمد حسن صفرعلیزاده[۱]، جلال شیرازی[۲]، سید علی صفوی[۱] و محمد رضایی مراداعلی[۳]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ۲- بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران، ۳- مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی، ارومیه.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: maryam_fourouzan@yahoo.com

Biology and demography of *Trissolcus basalis* (Hym.: Scelionidae) on eggs of two different hosts

M. Forouzan[1&*], M. H. Safaralizadeh[1], J. Shirazi[2], S. A. Safavi[1] and M. Rezaei[3]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, 2. Biological Control Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran, 3. West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Urmia, Iran.

*Corresponding author, E-mail: maryam_fourouzan@yahoo.com

چکیده

ویژگی‌های زیستی و جمعیتی زنبور *Trissolcus basalis* (Wollaston) روی تخم سن گندم، *Eurygaster integriceps* Puton، و تخم سن گرافوزوما، *Graphosoma lineatum* (L.)، بررسی شد. ابتدا، طول دوره‌ی نابالغ، زمان ظهور، نسبت جنسی نتاج و نرخ خروج نسل دوم پارازیتویید با انتخاب ۲۵ دسته تخم پارازیته (۳۵۰ عدد) صفر تا چهار ساعت عمر هر میزبان به‌صورت تصادفی و به‌طور جداگانه در شرایط دمایی ۰/۵ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ٦٥ درصد و طول روز ١٦ ساعت روشنایی و ٨ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد. به‌علاوه، درصد پارازیتیسم، درصد بقای مراحل نابالغ، طول عمر، نسبت جنسی و باروری ۱۰ روز اول زندگی هر زنبور ماده، با بررسی جداگانه‌ی ۲۵ جفت زنبور تازه (صفر تا چهار ساعت طول عمر) از هر میزبان و روی تخم همان میزبان در شرایط ذکرشده محاسبه شد. نتایج نشان داد که به‌طور کلی میانگین طول دوره‌ی رشد زنبورهای نر (۰/۰۵۸ ± ۱۱/۷۵ روز روی سن گندم و ۰/۹٦ ± ۱۲/۵۷ روز روی گرافوزوما) کوتاه‌تر از طول دوره‌ی رشدی زنبورهای ماده (۰/۰٦ ± ۱۲/٦۲ روز روی سن گندم و ۰/٦۹ ± ۱۳/۷۲ روز روی گرافوزوما) بود. به‌علاوه، طول عمر زنبورهای نر حاصل از تخم سن گندم در مقایسه با همان روی تخم سن گرافوزوما (۱/٦۳ ± ٥٤/۷۲ روز) از ماده‌های هم‌نتاج خود (۲/۰٤٥ ± ٤۳/۱٦ روز) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. سایر صفات زیستی مثل طول دوره‌ی تخم‌ریزی بیش‌تر (۱/۷۹ ± ۳۹ روز)، باروری بالاتر (۱۱/۱٤ ± ۲۹۲/٤۰ تخم بر ماده) و درصد پارازیتیسم بالاتر (۱/٥٦ ± ۸٤/۰۹٪)، برتری‌های معنی‌دار زنبور *T. basalis* روی تخم سن گندم نسبت به سن گرافوزوما بود. همچنین، میزان بقای مرحله‌ی نابالغ زنبور روی تخم سن گندم و گرافوزوما به‌ترتیب ۸۲ و ٦٤ درصد بود. نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثل زنبور روی تخم سن گندم و گرافوزوما به‌ترتیب ۰/۳۱٦ و ۰/۲۲٤ بر روز، ۱/۳۷۲ و ۱/۲۵۲ بر روز و ۱۱۸/۵ و ۵۱/۰۸ ماده/ماده/نسل بود. ساختار جمعیت پایدار زنبور روی هر دومیزبان بین ۹۵ تا ۹۸٪ مراحل نابالغ و ۲ تا ۵٪ حشرات کامل بود.

واژگان کلیدی: زنبور پارازیتویید تخم، *Trissolcus basalis*، *Eurygaster integriceps*، *Graphosoma lineatum*، زیست‌شناسی، دموگرافی

Abstract

A study was taken up to investigate the biological and population attributes of *Trissolcus basalis* (Wollaston) on eggs of *Eurygaster integriceps* Puton (EI) and *Graphosuma lineatum* (L.) (GL). First, immature development, time of adult eclosion, offspring sex ratio and rate of emergence were recorded by random selection of 25 parasitized egg masses of each host (350 eggs with 0-4 h old) separately at 25 ± 0.5 °C, 65 ± 5% RH and 16: 8 L: D. In addition, percent parasitism, immature survival rate, adult longevity and first 10 days fecundity of females were calculated using 25 newly emerged pairs (0-4 h) confined in tubes and provided with two masses of respected host eggs daily under the same conditions till they died. Results revealed that *T. basalis* males had significantly shorter development period (11.75 ± 0.058 and 12.57 ± 0.96 d on EI and GL eggs, respectively)

دریافت: ۱۳۹۲/۳/۳۰، پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱.

compared to that of females (12.62 ± 0.06 and 13.72 ± 0.69 d on eggs of EI and GL, respectively). Similarly, it was noticed that males' longevity (54.72 ± 1.63 d) on EI eggs was significantly higher compared to their sibling females (43.16 ± 2.045 d) and male and female wasps on GL eggs which had significantly shorter longevity. In general, *T. basalis* reared on EI eggs had significantly longer oviposition period (39 ± 1.79 d), higher fecundity (292.4 ± 11.14 egg/female) and greater % parasitism (84.09 ± 1.56%) when compared with those on GL eggs. Moreover, immature survival rate was 82 and 64 % for wasp reared on EI and GL eggs, respectively. Finally, r_m, λ and R_0 were 0.316 and 0.224 d^{-1}, 1.372 and 1.252 d^{-1} and 118.5 and 51.08 f/f/gen for wasps on EI and GL eggs, respectively. The population age distribution demonstrated that, totally, 95-98 and 2-5 % of the population were immature and adult stages for both hosts.

Key words: egg parasitoid wasp, *Trissolcus basalis*, *Eurygaster integriceps*, *Graphosoma lineatum*, biology, demography

مقدمه

سن گندم، *Eurygaster integriceps* Puton، مهم‌ترین آفت گندم و جو در ایران است که سالانه حدود ۱/۵ میلیون هکتار علیه آن مبارزه شیمیایی صورت می‌گیرد (Anonymous, 2012). چنین رویکردی باتوجه به وسعت آن و پراکنش مزارع غلات در کشور، به‌ویژه در مناطق دیم‌خیز، سبب به‌هم خوردن تعادل طبیعی، آلودگی محیط زیست و مخاطرات بالفعل و بالقوه روی سلامت کشاورزان و ... شده است. این در حالی است که جمعیت این آفت تحت تأثیر عوامل زنده‌ی متعددی قرار می‌گیرد که در بین آن‌ها زنبورهای پارازیتویید تخم از اهمیت خاصی برخوردارند (Simsek *et al*., 1994; Javahery, 1995; Rosca *et al*., 1996; Amir-Maafi, 2000). این عوامل در سال‌های ۴۰-۱۳۲۸ برای کنترل بیولوژیک با این آفت در اصفهان و ورامین به‌کار برده شدند اما به دلیل کمبود دانش کاربرد این عوامل در آن زمان، مطالعات اساسی در این زمینه متوقف شد (Safavi, 1973).

تاکنون از ایران گونه‌های متعددی از جنس *Trissolcus* Ashmead به‌عنوان پارازیتویید تخم سن گندم معرفی شده است (Afshar, 1933; Alexandrov, 1947; Zomorrodi, 1962; Davatchi & Chojai, 1969; Martin *et al*., 1969; Safavi, 1973; Radjabi & Amir-Nazari, 1989; Taghaddosi, 1991; Asgari, 1995; Iranipour, 1996; Shahrokhi, 1997). چهار گونه از آن‌ها، یعنی گونه‌های *T. semistriatus* Nees، *Trissolcus grandis* Thomson، *T. vassilievi* (Mayr) و *T. basalis* (Wollaston)، مهم‌تر از سایر گونه‌ها در نظر گرفته شده‌اند (Amir-Maafi, 2000). طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸٦، در بخش تحقیقات سن گندم موسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، مطالعات جامعی روی جمعیت‌های مختلف سه گونه‌ی *T. grandis*، *T. semistriatus* و *T. vassilievi* انجام شد (Amir-Maafi, 2010) اما در مورد گونه‌ی *T. basalis*، بااینکه یکی از چهار گونه‌ی مهم پارازیتویید‌های تخم سن گندم می باشد (Radjabi & Amir-Nazari, 1989; Amir-Maafi, 2000)، مطالعه‌ی جامعی تاکنون صورت نگرفته است. این گونه دارای پراکنش وسیع جهانی است (Kozlov & Kononova, 1983). بررسی منابع نشان داد که در مورد *T. basalis*، نه‌تنها در ایران بلکه در کشورهای سن‌خیز منطقه نیز بررسی درخور توجهی صورت نگرفته است و انتشارات محدود موجود، منحصر به دو تحقیق خاص در کشور شوروی سابق می‌باشد. طی یکی از این مطالعات، این پارازیتویید در دهه‌ی هفتاد به‌همراه گونه‌های متعددی از جنس *Trissolcus* به آن کشور واردسازی و با گونه‌های بومی مورد مقایسه قرار گرفتند که نتایج حکایت از اهمیت گونه‌ی *T. basalis* در کنترل بیولوژیک سن گندم داشت (Kartavtsev *et al*., 1974; Shapiro *et al*., 1975). روی

جنبه‌های مختلف اکولوژی و زیست‌شناسی این پارازیتویید و تنها روی سن سبز پنبه، *Nezara viridula* (L.)، مطالعات وسیعی در اروپا، آمریکای شمالی و جنوبی صورت گرفته است. برای مثال، زیست‌شناسی و جدول زندگی *T. basalis* با استفاده از تخم میزبان اصلی آن، سن سبز پنبه (Porta, 1992)؛ مقایسه‌ی سه جمعیت جغرافیایی متفاوت (Awan *et al.*, 1990)؛ وجود جمعیت‌های مرفولوژیک روی میزبان‌های مختلف (Clarke & Walter, 1994; Loch & Walter, 2000) و همچنین ظرفیت تولید مثلی این پارازیتویید با استفاده از تخم سن سبز پنبه، مورد مطالعه‌ی دقیق قرار گرفته است (Correa-Ferreira & Zamataro, 1989). به‌علاوه، در مطالعه‌ی تأثیر دماهای مختلف بر رشد و نمو *T. basalis*، دمای بهینه ۲۵ درجه‌ی سلسیوس تعیین شد (Powell *et al.*, 1981; Correa-Ferreira & Moscardi, 1994; Awadalla, 1996; Jones & Westcot, 2002). علاوه بر دما، سن تخم میزبان نیز روی رشد و نمو این پارازیتویید تأثیر دارد (Awadalla, 1996).

باتوجه به کمبود اطلاعات در زمینه‌ی زیست‌شناسی *T. basalis* روی سن گندم و اهمیت شناخت روابط میزبان- پارازیتویید، این تحقیق با هدف مطالعه‌ی زیست‌شناسی و پارامترهای جدول زندگی این پارازیتویید روی تخم سن گندم در مقایسه با تخم سن گرافوزوما، *Graphosoma lineatum* (L.)، انجام شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و نگه‌داری زنبور پارازیتویید

در بهار ۱۳۹۱، دسته‌های پارازیته‌ی تخم سن گندم از مزارع گندم و جو ورامین جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از خروج زنبورها در آزمایشگاه و شناسایی آن‌ها، فقط زنبور *T. basalis* به جعبه‌های پرورش (۷ × ۱۳ × ۲۰ سانتی‌متر) منتقل و در انکوباتور در دمای ۱ ± ۱۶ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت ۵ ± ۶۰ درصد و طول دوره‌ی روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت به‌مدت هفت ماه نگه‌داری شد. در این مدت، هر ماه یک‌بار به مدت ۲۴ ساعت جعبه‌های پرورش از انکوباتور به محیط اتاق (حدود ۲۵ درجه‌ی سلسیوس) منتقل و پس از تغذیه‌ی زنبورها مجدداً به انکوباتور برگردانده شدند. با چنین روشی بدون ایجاد نسل و تلفات زیاد یا اثرات منفی روی ویژگی‌های زیستی می‌توان زنبورها را برای مدت طولانی نگه‌داری نمود (Shahrokhi, 1997; Amir-Maafi, 2000).

پرورش میزبان‌ها

سن گرافوزوما، *G. lineatum*، با توجه به زمان فعالیت آن، در اوایل تابستان ۱۳۹۱ از منطقه‌ی چالوس جمع‌آوری شد. جمعیت جمع‌آوری‌شده برای تشکیل یک کلنی دایمی به قفس‌های پرورش (به ابعاد ۳۰ × ۳۸ × ۶۰ سانتی‌متر) منتقل و در اتاق پرورش تحت شرایط ۱ ± ۲۸ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت ۵ ± ۶۰ درصد و طول دوره‌ی روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت قرار داده شد. برای تغذیه‌ی سن گرافوزوما از بذر رازیانه استفاده شد. ازآنجایی‌که دیاپوز اجباری سن گندم در طبیعت اواخر آذر تا اوایل ماه دی شکسته می‌شود، جمعیت این میزبان در اوایل دی‌ماه ۱۳۹۱ از مناطق زمستان‌گذران آفت در منطقه‌ی ورامین (قره‌آغاج) جمع‌آوری و درون قفس‌هایی به ابعاد فوق در اتاق پرورش تحت دمای ۱ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت ۵ ± ۶۰ درصد و طول دوره‌ی روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت منتقل و روی گندم پرورش داده شد. به‌این‌ترتیب، در زمان پرورش و آزمایش روی پارازیتویید مورد نظر، همواره دسته‌های تازه‌ی تخم میزبان به‌اندازه‌ی کافی در اختیار بود.

پرورش زنبور پارازیتویید

برای ایجاد کلنی پارازیتویید، از زنبورهای *T. basalis* نگه‌داری‌شده استفاده شد. به‌این منظور، تعداد ۱۰ عدد جعبه‌ی محتوی زنبور از انکوباتور به اتاق پرورش با شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت ۵ ± ٦۰ درصد و طول دوره‌ی روشنایی ١٦ و تاریکی ۸ ساعت منتقل شدند. ابتدا زنبورهای مرده از جعبه‌ها حذف و حدود ۳۰ جفت زنبور زنده‌ی فعال در هر جعبه حفظ شد. سپس برای هر میزبان (سن گندم یا گرافوزوما) پنج جعبه در نظر گرفته شد. روزانه به‌ازای هر زنبور ماده، دو دسته تخم از میزبان مربوطه درون جعبه‌ها قرار داده شد. به‌این‌ترتیب، دو کلنی مجزای زنبور *T. basalis* روی هریک از میزبان‌های پرورشی در شرایط ذکر شده ایجاد شد. پس از تثبیت کلنی زنبورها روی میزبان‌های مورد نظر، مطالعات مقایسه‌ای در زمینه‌ی نقش میزبان بر زیست‌شناسی و دموگرافی زنبور *T. basalis* صورت گرفت. برای یکسان‌سازی و امکان مقایسه، کلیه‌ی آزمایش‌ها روی نسل دوم زنبور *T. basalis* در آزمایشگاه انجام شد.

تأثیر میزبان بر زیست‌شناسی و دموگرافی زنبور *T. basalis*

در این آزمایش، ۲۵ دسته تخم (۳۵۰ عدد) که تازه پارازیته شده بودند (حدود چهار ساعت)، از کلنی هریک از دو گروه مورد مطالعه (زنبور پرورش‌یافته روی تخم سن گندم و سن گرافوزوما)، به‌طور تصادفی جمع‌آوری شد. هر دسته تخم جداگانه در لوله‌ی آزمایش پلاستیکی (۱ × ۵ سانتی‌متر) قرار داده شد و توسط پنبه مسدود گردید. روی هر لوله برچسبی شامل روز شروع آزمایش (زمان پارازیته شدن) و نوع میزبان درج شد. سپس کلیه‌ی لوله‌های حاوی دستجات تخم پارازیته به انکوباتور با شرایط دمای ۰/۵ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت ۵ ± ٦۰ درصد و طول دوره‌ی روشنایی ١٦ و تاریکی ۸ ساعت منتقل شد. دستجات تخم روزانه مورد بازدید می‌گرفتند و با خروج نتاج، زمان ظهور زنبورهای پارازیتویید و جنسیت آن‌ها در هر لوله به تفکیک میزبان پرورشی تعیین و به‌تدریج از لوله‌ها حذف می‌شدند. این بازدید تا تکمیل خروج پارازیتوییدها ادامه داشت. سپس تخم‌های پارازیته‌ای که تفریخ نشده بودند، به‌منظور تعیین علت مرگ، تشریح شدند. روزانه داده‌های مربوط به هر میزبان در جداول مربوطه ثبت و طول دوره‌ی رشدی مرحله‌ی نابالغ زنبورهای ماده و نر به تفکیک میزبان محاسبه شد. در ادامه‌ی آزمایش‌ها، ۲۵ جفت زنبور ماده و نر از هر میزبان مورد مطالعه، به‌صورت جدگانه به داخل ظروف آزمایش (٤/٥ × ۸ × ١٤/٥ سانتی‌متر) منتقل و در همان شرایط قرار داده شدند. روزانه به هر زنبور ماده، دو دسته تخم از میزبانی که روی آن پرورش یافته بود (سن گندم یا سن گرافوزوما)، ارایه شد. دستجات تخم پارازیته‌ی روز قبل، به تفکیک هر زنبور ماده و میزبان، به لوله‌های آزمایش منتقل و تا زمان ظهور حشرات کامل در همان شرایط نگه‌داری شدند. این آزمایش، تا آخر عمر زنبورهای ماده ادامه یافت. درصد پارازیتیسم، درصد بقای مرحله‌ی نابالغ و نسبت جنسی نتاج مربوط به داده‌های ۱۰ روز اول هر زنبور ماده به تفکیک میزبان ثبت و در تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شد. علت انتخاب داده‌های ۱۰ روز اول این بود که زنبورهای *Trissolcus* در ۱۰ روز اول عمر خود قریب به اتفاق تخم‌های خود را می‌گذارند (Amir-Maafi & Parker, 2011).

روش آماری

برای تعیین نقش میزبان و جنسیت بر طول دوره‌ی رشدی مرحله‌ی نابالغ و طول عمر زنبورهای پارازیتویید *T. basalis*، از آزمون فاکتوریل استفاده و گروه‌بندی میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ی دانکن

انجام شد. برای مقایسه‌ی اثر میزبان بر طول دوره‌ی تخم‌ریزی و تعداد تخم گذاشته شده توسط هر ماده، آزمون t-student مورد استفاده قرار گرفت. کلیه‌ی محاسبات آماری با نرم‌افزار SAS, ver. 9.2 انجام شد (SAS Institute, 2008). قبل از انجام تجزیه و تحلیل واریانس، در صورت نیاز، تبدیل داده‌ها صورت گرفت. درنهایت، به‌منظور تجزیه و تحلیل دموگرافی متغیرهای اندازه‌گیری‌شده، داده‌های مربوط به طول دوره‌ی رشدی مراحل نابالغ (ماده و نر)، تعداد تخم پارازیته‌شده و تعداد نتاج نر و ماده‌ی خارج‌شده، به تفکیک میزبان سازماندهی و به روش Carey (1993) محاسبه شدند.

نتایج

تاثیر میزبان بر زیست‌شناسی زنبور *T. basalis*

- طول دوره‌ی رشدی مرحله‌ی نابالغ

نتایج آزمون فاکتوریل نشان داد که اثرات متقابل میزبان × جنس پارازیتویید معنی‌دار نبود (P = ۰/۰۶۰۲) اما اثرات اصلی دو فاکتور روی طول دوره‌ی رشدی نابالغ زنبور معنی‌دار بود (P < ۰/۰۰۰۱ برای هر دو فاکتور) و به‌صورت مستقل قابل اعتماد است. چنان‌که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، طول دوره‌ی رشدی مرحله‌ی نابالغ زنبورهای نر (۰/۰۵۸ ± ۱۱/۷۵ روی سن گندم و ۰/۹۶ ± ۱۲/۵۷ روی گرافوزوما) کوتاه‌تر از همان برای ماده‌ها (۰/۰۶ ± ۱۲/۶۲ روی سن گندم و ۰/۶۹ ± ۱۳/۷۲ روی گرافوزوما) روی هر دو میزبان است؛ یعنی نرها زودتر از ماده‌ها از میزبان خارج می‌شوند. به‌طورکلی طول دوره‌ی رشدی این زنبور روی تخم سن گرافوزوما طولانی‌تر از سن گندم بود.

- طول عمر زنبورهای کامل نر و ماده

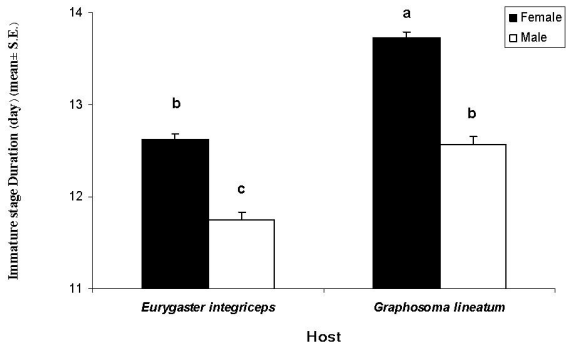
طبق نتایج آزمون فاکتوریل، در اینجا نیز اثرات متقابل میزبان × جنس پارازیتویید معنی‌دار نبود (P = ۰/۰۸۲۳). برعکس، اثرات اصلی دو فاکتور روی طول عمر زنبور معنی‌دار شد (P < ۰/۰۰۰۱ برای هر دو فاکتور) و به‌صورت مستقل قابل اعتماد است. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، طول عمر زنبورهای نر پرورش‌یافته روی تخم سن گندم، به‌طور معنی‌داری طولانی‌تر از زنبورهای ماده‌ی مشابه می‌باشد (به‌ترتیب ۱/۶۳ ± ۵۴/۷۲ روز در نرها و ۲/۰۴۵ ± ۴۳/۱۶ روز در ماده‌ها)، درحالی‌که بین طول عمر نر و ماده‌ی زنبور پارازیتویید *T. basalis* پرورش‌یافته روی تخم گرافوزما اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در اینجا نیز متوسط طول عمر زنبورهای نر (۱/۵۲۳ ± ۲۵/۹۶) از نتاج ماده (۲/۲۹۲ ± ۲۳/۱۲) بیش‌تر، و درمجموع، طول عمر زنبور روی تخم سن گندم تقریباً دوبرابر همان روی تخم گرافوزوما بود (شکل ۲).

- طول دوره‌ی تخم‌ریزی

میزبان تأثیر معنی‌داری روی طول دوره‌ی تخم‌ریزی حشرات کامل ماده‌ی زنبور پارازیتویید *T. basalis* داشت. طبق نتایج، طول دوره‌ی تخم‌ریزی زنبورهای ماده‌ی پرورش‌یافته روی تخم سن گندم با میانگین ۱/۷۹ ± ۳۹/۰۸ روز، تقریباً ۱/۷ برابر طول دوره‌ی تخم‌ریزی زنبورهای ماده‌ی پرورش‌یافته روی تخم سن گرافوزوما با میانگین ۲/۱۲ ± ۲۲/۸۹ روز بود (جدول ۱).

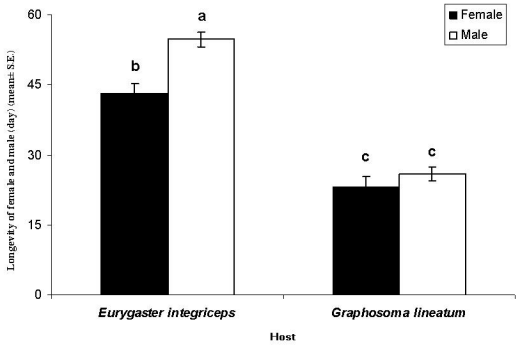
- باروری یا تعداد تخم گذاشته‌شده

زنبور *T. basalis* پرورش‌یافته روی تخم سن گندم، در طول عمر خود، به‌طور متوسط ۱۱/۱۴ ± ۲۹۲/۴ عدد تخم گذاشت، درحالی‌که در همین مدت به‌طور متوسط ۲۵/۹۹ ± ۱۷۷/۴ تخم سن گرافوزوما را پارازیته کرد. بنابراین، از نظر میزان باروری، تفاوت معنی‌داری بین این دو گروه مورد مطالعه وجود داشت (جدول ۱).



شکل ۱- تأثیر تخم میزبان‌های *Eurygaster integriceps* و *Graphosoma lineatum* روی زمان رشد و نمو مرحلـه‌ی نابـالغ زنبور *Trissolcus basalis* در شرایط دمایی ۰/۵ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ٦٥ درصد و دوره‌ی روشنایی ١٦ و تاریکی ٨ ساعت.

Fig. 1. Effect of *Eurygaster integriceps* and *Graphosoma lineatum* eggs on immature stage development time of *Trissolcus basalis* at 25 ± 0.5 °C, 65 ± 5% RH and 16: 8 h L: D.



شکل ۲- تأثیر تخم میزبان‌های *Eurygaster integriceps* و *Graphosoma lineatum* روی طول عمر افراد نر و ماده‌ی زنبـور *Trissolcus basalis* در شرایط دمایی ۰/۵ ± ۲۵ درجـه‌ی سلسـیوس، رطوبـت نسـبی ۵ ± ٦٥ درصـد و دوره‌ی روشنایی ١٦ و تاریکی ٨ ساعت.

Fig. 2. Effect of *Eurygaster integriceps* and *Graphosoma lineatum* eggs on longevity of female and male *Trissolcus basalis* at 25 ± 0.5 °C, 65 ± 5% RH and 16: 8 h L: D.

- درصد پارازیتیسم

با اندازه‌گیری و تحلیل میـزان پارازیتیسـم ۱۰ روز اول زنـدگی (مـدت زمـان مـؤثر تخـم‌گـذاری) زنبـور پارازیتویید *T. basalis* پرورش‌یافته روی تخم سن گندم و سن گرافوزوما، تفاوت معنی‌داری بین دوگـروه مـورد مطالعـه مشـاهده شـد. طـی ایـن مـدت زمـان مشـابه، زنبورهای پرورش‌یافته روی تخـم سـن گنـدم بـه‌طـور معنی‌داری، حدود ۲۸ درصد بیش‌تر (١/٥٦ ± ٨٤/٠٩٪) از زنبورهـــای پـــرورش‌یافتـــه روی ســـن گرافوزومـــا (٤/١٩ ± ٦٥/٨٣٪) تخم میزبان‌های مربـوط را پارازیتـه کردند (جدول ۱).

جدول ۱– طول دوره‌ی تخم‌ریزی، میزان باروری، درصد پارازیتیسم، درصد بقای مرحله‌ی نابالغ و نسبت جنسی زنبور *Trissolcus basalis* پرورش‌یافته روی تخم میزبان‌های *Eurygaster integriceps* و *Graphosoma lineatum* در شرایط دمایی ۰/۵ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ٦٥ درصد و دوره‌ی روشنایی ١٦ و تاریکی ٨ ساعت.

Table 1. Oviposion period, fecundity, percent parasitism, immature survivorship and sex ratio of *Trissolcus basalis* reared on *Eurygaster integriceps* and *Graphosoma lineatum* eggs at 25 ± 0.5 °C, 65 ± 5% RH and 16: 8 h L: D.

Characteristics	Mean ± SE		t-value	df	*P*
	E. intericeps	*G. lineatum*			
Oviposion period (day)	39.08 ± 1.79	22.89 ± 2.12	5.83	2, 42	< 0.0001
Fecundity (eggs)	292.40 ± 11.14	177.40 ± 25.99	4.07	2, 42	= 0.0003
Parasitism (%)	84.09 ± 1.56	65.83 ± 4.19	4.08	34, 2	= 0.0005
Immature survivorship (%)	72.44 ± 1.77	68.09 ± 3.52	1.11	34, 2	= 0.2790
Sex ratio (male proportion)	0.162 ± 0.01	0.291 ± 0.02	6.24	34, 2	< 0.0001

- درصد بقای مرحله‌ی نابالغ

برخلاف تفاوت‌های مشاهده شده در دوره‌ی رشدی، طول عمر، باروری و سایر صفات ذکرشده‌ی زنبور *T. basalis* باتوجه به نوع میزبان، بین درصد بقای مراحل نابالغ زنبورهای پرورش‌یافته روی هر دو میزبان (سن گندم یا سن گرافوزوما) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. میانگین این صفت، برای زنبورهای حاصل از تخم سن گندم ۱/۷۷ ± ۷۲/٤٤ درصد و برای زنبورهای حاصل از تخم گرافوزوما با حدود چهار درصد کم‌تر، ۳/۵۲ ± ٦٨/٠٩ درصد بود (جدول ۱).

- نسبت جنسی:

میانگین نسبت نرها برای زنبورهای *T. basalis* پرورش‌یافته روی تخم سن گندم ۰/۰۱ ± ۰/۱٦۲ فرد نر به یک ماده و همین نسبت برای زنبورهای حاصل از تخم سن گرافوزوما ۰/۰۲ ± ۰/۲۹۱ نر به یک ماده به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از میزبان اول بود (جدول ۱). به عبارت دیگر، نسبت جنسی زنبورهای حاصل از تخم سن گندم در مقایسه با همان روی سن گرافوزما به‌طور معنی‌داری متمایل به نتاج ماده بود.

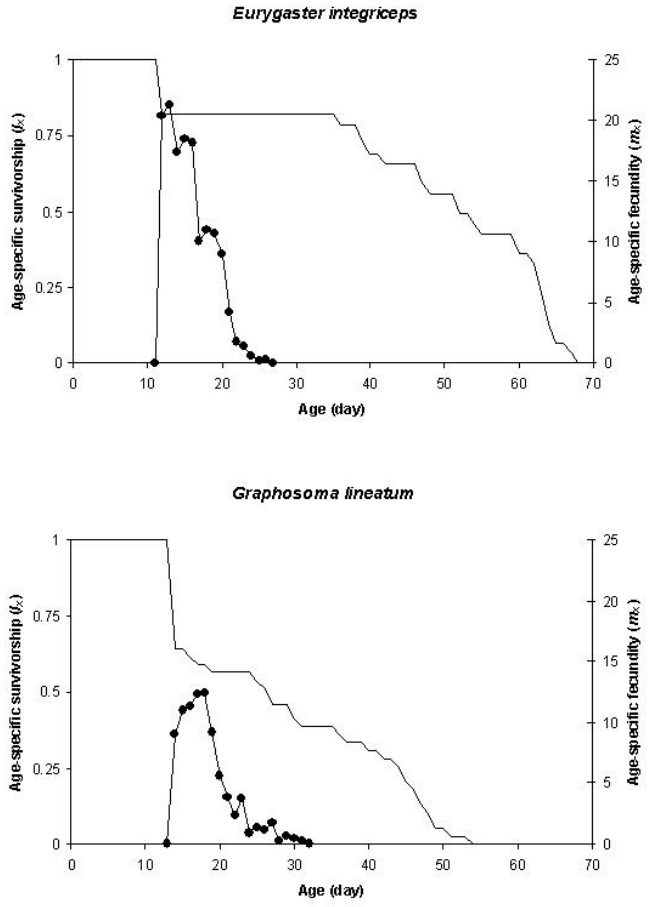
تأثیر میزبان بر دموگرافی زنبور *T. basalis*

- بقا و باروری ویژه–سنی

بررسی الگوی متوسط باروری روزانه (m_x) زنبور پارازیتوید *T. basalis* روی دو میزبان مورد آزمایش در شکل ۳ نشان داده شده است. به‌طورکلی باروری روزانه‌ی این پارازیتویید روی تخم هر دو میزبان، پس از آغاز تولید مثل در مدت کوتاهی به حداکثر مقدار خود رسید و سپس با افزایش سن به‌تدریج نزول کرد. به‌همین صورت، طول دوره‌ی تولید مثل روی سن گندم ۱۵ روز و روی سن گرافوزوما ۱۷ روز بود. همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص است، زنبورهای ماده طی پنج روز اول تولید مثل بیش از ٦٠ درصد از تخم‌ریزی خود را روی هر میزبان انجام دادند و مابقی تخم‌ها طی ۱۰ روز بعدی گذاشته شدند. طول دوره‌ی پس از تخم‌ریزی برای زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم سن گندم ٤٠ روز و برای زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم سن گرافوزوما ۲۲ روز بود. به عبارت دیگر، آخرین ماده‌ها روی تخم سن گندم و سن گرافوزوما به‌ترتیب در سن ٦٨ و ٥٤ روزگی مردند (شکل ۳).

براساس نتایج این پژوهش، بقای مرحله‌ی نابالغ زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم سن گندم ۸۲ درصد

و زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم سن گرافوزوما ٦٤ درصد بود. بررسی منحنی بقاء (l_x) نشان داد که زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم سن گندم در مرحله‌ی نابالغ ۱۸ درصد تلفات داشتند و در مرحله‌ی بالغ تا ۱۷ روز هیچ تلفاتی در جمعیت مشاهده نشد. احتمال بقا تا سن ۳۵ روزگی برای تمام ماده‌ها ۱۰۰٪ به‌دست آمد. مرگ و میر از روز سی و ششم آغاز شد که در این سن ماده‌ها تمام تخم‌ریزی خود را به اتمام رسانده بودند و مرگ و میر پس از آن تا پایان عمر همراه با افزایش سن به‌تدریج افزایش یافت. اما در زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم سن گرافوزوما در مرحله‌ی نابالغ ۳٦ درصد تلفات وجود داشت و در مرحله‌ی بالغ فقط تا دو روز هیچ تلفاتی در جمعیت مشاهده نشد. مرگ و میر از روز شانزدهم آغاز شد که در این سن ماده‌ها حدود یک‌سوم (۳۵٪) از تخم‌های خود را طرد کرده بودند و پس از آن تا پایان تخم‌ریزی (روز سی و دوم) و سپس تا پایان عمر (روز پنجاه و چهارم) همراه با افزایش سن، با شیب به‌نسبت تند افزایش یافت (شکل ۳).



شکل ۳- بقای ویژه‌ی سنی (l_x) و باروری (m_x) زنبور *Trissolcus basalis* روی تخم میزبان‌های *Eurygaster integriceps* و *Graphosoma lineatum* در شرایط دمایی ۰/۵ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ٦۵ درصد و دوره‌ی روشنایی ۱٦ و تاریکی ۸ ساعت.

Fig. 3. Age-specific survivorship (l_x) and fecundity (m_x) of *Trissolcus basalis* on *Eurygaster integriceps* and *Graphosoma lineatum* eggs at 25 ± 0.5 °C, 65 ± 5% RH and 16: 8 h L: D.

- پارامترهای جدول زندگی زنبور *T. basalis*

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) زنبور پارازیتویید *T. basalis* پرورش‌یافته روی تخم سن گندم و سن گرافوزوما به‌ترتیب ۰/۳۱٦ و ۰/۲۲٤ نتاج ماده به ازای هر ماده از جمعیت در روز، و ۱/۳۷۲ و ۱/۲۵۲ در هر روز برآورد شد (جدول ۲). در ادامه، نرخ خالص تولید مثل (R_0) زنبور پارازیتویید *T. basalis* پرورش‌یافته روی تخم سن گندم و سن گرافوزوما به‌ترتیب ۱۱۸/۵۰ و ۵۱/۰۸ ماده به ازای هر ماده در نسل به‌دست آمد. مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت این زنبور (DT) روی تخم سن گندم هر ۲/۱۹۳ روز و روی تخم سن گرافوزوما هر ۳/۰۸۹ روز محاسبه شد. به‌علاوه، متوسط مدت زمان یک نسل برای زنبور پارازیتویید *T. basalis* روی تخم سن گندم و گرافوزوما، به‌ترتیب ۱۵/۱۱ و ۱۷/۵۳ روز به‌دست آمد (جدول ۲).

درنهایت، بررسی توزیع سنی پایدار زنبور پارازیتویید *T. basalis* نشان داد که روی تخم سن گندم ۹۸٪ از جمعیت را مراحل نابالغ و فقط ۲٪ را حشرات بالغ تشکیل می‌دهند، درصورتی‌که همین دو بخش جمعیتی روی تخم سن گرافوزوما به‌ترتیب ۹۵ و ۵٪ از کل جمعیت است (جدول ۲).

بحث

پیشرفت در تحقیقات حشره‌شناسی و موفقیت در برنامه‌های مدیریت آفات وابسته به توانایی ما در پرورش حشرات و تشکیل کلنی‌های پایدار در آزمایشگاه یا مراکز تولید انبوه می‌باشد (Singh & Moore, 1985). اهمیت این موضوع در تولید انبوه دشمنان طبیعی آفات بیش‌تر به چشم می‌خورد چراکه در حال حاضر در بیش‌تر مراکز تولید انبوه تا ۷۰ درصد هزینه‌ها صرف تشکیل، نگه‌داری و تولید میزبان می‌شود (Newton, 1993). شواهد موجود اثبات می‌کند که عدم دسترسی به یک میزبان دائمی در شرایط تولید انبوه زنبورهای پارازیتویید تخم سن گندم، بیش‌ترین سهم را در کندی توسعه‌ی برنامه‌ی کنترل بیولوژیک این آفت در دهه‌های گذشته در کشور داشته است (Safavi, 1973). در ترکیه نیز کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری تولید انبوه زنبورهای پارازیتوییدهای تخم سن گندم منوط به دسترسی به یک میزبان مناسب دانسته شده است (Kivan & Kilic, 2004). به‌هرحال، تأثیر میزبان‌های مختلف یک پارازیتویید روی پارامترهای مهم زیستی و جمعیتی آن، از موضوعات مورد بحث بین متخصصین امر بوده است (Paul *et al.*, 1981; Walter, 1983; Bai & Smith, 1993; Romeis *et al.*, 1997; Colazza & Wajnberg, 1998; Dahlan & Gordh, 1998; Miura & Kobayashi, 1998; Ramesh, 2004; Shirazi, 2007).

نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر دو میزبان مورد آزمایش (تخم سن گندم و تخم گرافوزوما) روی طول مراحل رشدی نابالغ زنبور *T. basalis* در این تحقیق با نتایج Kivan & Kilic (2004) در مورد زنبور *T. semistriatus* روی همین دو میزبان مشابهت دارد. در مطالعه‌ی این محققین نیز دوره‌ی رشدی مراحل نابالغ زنبورهای نر کوتاه‌تر از ماده‌ها بود و به‌علاوه، این دوره روی تخم گرافوزوما، به‌ویژه برای نتاج ماده، به‌طور معنی‌داری طولانی‌تر بود. این تفاوت، در مطالعه‌ی مربوط به زنبور *T. basalis* روی میزبان اصلی آن، *N. viridula*، توسط Correa-Ferreira & Moscardi (1994) نیز مورد اشاره قرار گرفته است که مشابه یافته‌های بررسی حاضر می‌باشد.

برعکس موارد فوق، نتایج مربوط به زمان رشد و نمو مراحل نابالغ زنبور *T. grandis* در این تحقیق با نتایج Amir-Maafi & Parker (2011) در بررسی دوره‌ی رشدی مرحله‌ی نابالغ این زنبور با پرورش روی تخم

جدول ۲- پارامترهای رشد جمعیت زنبور *Trissolcus basalis* روی تخم میزبان‌های *Eurygaster integriceps* و *Graphosoma lineatum* در شرایط دمایی ۰/۵ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ٦٥ درصد و دوره‌ی روشنایی ١٦ و تاریکی ٨ ساعت.

Table 2. Population pararmeters of *Trissolcus basalis* reared on *Eurygaster integriceps* and *Graphosoma lineatum* eggs at 25 ± 0.5 °C, 65 ± 5% RH and 16: 8 h L: D.

Parameter	Value	
	***E. intericeps* eggs**	***G. lineatum* eggs**
Rate		
Net reproductive rate (R_0) (female/generation)	118.5	51.08
Intrinsic rate of increase (r) (1/time)	0.316	0.224
Finite rate of increase (λ) (per day)	1.372	1.252
Intrinsic rate of birth (b) (1/time)	0.319	0.229
Intrinsic rate of death (d) (1/time)	0.003	0.005
Times		
Doubling time (DT) (days)	2.193	3.089
Mean generation time (T) (days)	15.11	17.53
Age distribution (%)		
Immature stage	98	95
Adult	2	5

سن گندم تفاوت دارد. این محققین دوره‌ی از تخم تا حشره‌ی کامل زنبور *T. grandis* را به‌ترتیب حدود ۱۱ و ۹/۵ روز برای نتاج ماده و نر ذکر کرده‌اند که کوتاه‌تر از همان برای *T. basalis* روی میزبان مشابه در تحقیق حاضر می‌باشد. یکی از دلایل اختلافات طول دوره‌ی رشدی یک پارازیتویید روی میزبان‌های متفاوت اندازه‌ی میزبان ذکر شده است. باتوجه به تفاوت در اندازه‌ی تخم سن گندم و سن گرافوزوما، یادآوری می‌شود که Salt (1940) نظریه‌ی اندازه‌ی میزبان و تأثیر آن روی سرعت رشد و نمو مراحل نابالغ زنبور *Trichogramma evanescens* Westwood را بررسی کرد و نتیجه گرفت که این زنبور پارازیتویید در میزبان‌های با اندازه‌ی متوسط نسبت به میزبان‌های بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر سریع‌تر رشد می‌کند. Awan *et al.* (1990) دوره‌ی رشد و نمو از تخم تا حشره‌ی کامل سه جمعیت اروپایی زنبور *T. basalis* را روی میزبان اصلی آن (سن سبز پنبه) بین ۹ تا ۱۲ روز متفاوت اما عمدتاً بدون اختلاف معنی‌دار ذکر کرده‌اند. برخی محققین در این مورد به نقش باروری تخم میزبان در سرعت رشد و نمو پارازیتویید پرداخته‌اند. برای مثال، Makee (2006) نشان داد که طول دوره‌ی رشد و نمو زنبورهای *Trichogramma cacoeciae* Marchal و *T. principium* Sugonjaev & Sorokina روی تخم‌های غیربارور بید سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری نسبت به همان روی تخم‌های بارور بیش‌تر بود. یکی دیگر از موضوعات مهم در اینجا نقش تغذیه‌ی میزبان و تأثیر آن روی کیفیت تخم آن می‌باشد. Moreau *et al.* (2009) با بررسی صفات بیولوژیک *T. evanescens* روی تخم خوشه‌خوار انگور، به تأثیر ارقام مختلف گیاهی بر کیفیت تخم میزبان (خوشه‌خوار انگور) و درنهایت بروز تفاوت در طول دوره‌ی رشدی پارازیتویید اشاره کرده‌اند. در مورد احتمال تأثیر تغذیه‌ی میزبان‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر روی رشد و نمو زنبور *T. basalis* می‌توان از این دیدگاه نیز بحث کرد.

یکی دیگر از یافته‌های این تحقیق تفاوت معنی‌دار طول عمر جنس نر و ماده‌ی زنبور *T. basalis* با پرورش روی تخم سن گندم بود، درحالی‌که این ویژگی برای زنبورهای حاصل از تخم گرافوزوما بین دو جنس از

نظر آماری یکسان بود که با یافته‌های Laumann *et al.* (2008) مطابقت دارد. در بعضی تحقیقات مشابه، بیش‌تر بودن طول عمر زنبورهای نر در مقایسه با ماده‌ها در *T. basalis* توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (Awan *et al.*,1990). طول عمر یک پارازیتویید به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت، به‌ویژه در کنترل بیولوژیک به شیوه‌ی تولید انبوه و رهاسازی اشباعی، ذکر شده است (McDougall & Mills, 1997). از طرف دیگر، در موقعیت‌های کاهش تراکم میزبان در طبیعت، پارازیتویید با طول عمر بیش‌تر قادر به تنظیم تولید مثل خود بوده و توان بالاتری در مقایسه با انواع دارای طول عمر کم‌تر پیدا می‌کند (Canto-Silva *et al.*, 2006). باتوجه به نتایج می‌توان گفت میزبان تأثیر آشکاری روی طول عمر حشرات نر و ماده زنبور *T. basalis* دارد، به‌طوری‌که از نظر آماری در دو گروه مجزا قرار می‌گیرند و در اصل طول عمر در زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم سن گرافوزوما حدود نصف همان روی تخم سن گندم است. به‌هرحال، با توجه به نگرش فعلی کاربرد این پارازیتویید‌ها در جهان (تولید انبوه و رهاسازی) و اینکه درصورت وجود میزبان کافی تقریباً تمام تخم‌ریزی خود را در ۱۰ روز اول عمر انجام می‌دهند (Amir-Maafi & Parker, 2011)، انتخاب میزبان برای پرورش آن‌ها نباید تنها به تأثیر میزبان روی صفت طول عمر پارازیتویید تأکید داشته باشد.

تأثیر معنی‌دار میزبان روی طول دوره‌ی تخم‌ریزی زنبور پارازیتویید *T. basalis* درخور تأمل است. این تفاوت می‌تواند حاکی از برتری کیفیت تخم سن گندم نسبت به تخم سن گرافوزوما برای این زنبور پارازیتویید باشد. Moreau *et al.* (2009) تأثیر کیفیت تغذیه‌ی میزبان بر ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتویید *T. evanescens* را تأیید کرده‌اند. تفاوت در طول دوره‌ی تخم‌ریزی، حتی بین جمعیت گونه‌های مشابه مثل *T. grandis*، توسط محققین دیگر اشاره شده است که به دلیل تفاوت‌های گونه و میزبان با نتایج تحقیق حاضر قابل مقایسه‌ی کامل نمی‌باشد (Tarla & Kornosor, 2009; Iranipour *et al.*, 2010). این صفت در جمعیت‌های این پارازیتویید با پرورش روی سن سبز پنبه تفاوت معنی‌دار نداشته (Awan *et al.*, 1990) اما بسیار کوتاه‌تر از میزان به‌دست آمده در تحقیق حاضر می‌باشد. به‌هرحال، Cantón-Ramos & Callejón-Ferre (2010) یکی از صفات مهم در انتخاب این پارازیتویید را برای کنترل بیولوژیک سن سبز پنبه در گلخانه‌های اسپانیا، طول مناسب دوره‌ی تخم‌ریزی آن نسبت به سایر گونه‌های کاندید ذکر کرده‌اند.

باروری زنبور *T. basalis* روی تخم سن گندم حدود ۱/٦ برابر همان روی تخم گرافوزوما (میانگین حدود ۲۹۲ به ۱۷۷ تخم/ماده) بود که از مهم‌ترین یافته‌های این تحقیق است. میزان باروری گزارش شده توسط Awan *et al.*, (1990) در سه جمعیت اروپایی این پارازیتویید روی تخم سن سبز پنبه در شرایط پرورش تقریباً مشابه ، بین ۲۳۳ تا ۲۹۹ تخم/ماده بوده است. نکته‌ی جالب توجه در مورد این گونه این است که در بیش‌تر مطالعات انجام‌شده بین گونه‌های رایج جنس *Trissolcus*، گونه‌ی *T. basalis* به‌مراتب باروری بالاتری از خود نشان داده است (Kivan & Kilic, 2006). در همین راستا، Amir-Maafi (2010) با مطالعه‌ی ویژگی‌های زیستی سه گونه زنبور *T. grandis*، *T. semistriatus*، *T. vassilievi* روی سن گندم و سن گرافوزوما، میزان باروری در هر سه گونه را روی سن گندم به‌مراتب بالاتر از سن گرافوزوما گزارش کرده است که با یافته‌های تحقیق حاضر مشابه است.

می‌توان گفت که تفاوت مشاهده شده در میزان پارازیتیسم زنبور *T. basalis* روی تخم سن گندم و تخم سن گرافوزوما به‌نوعی انعکاس‌دهنده‌ی تفاوت در

باروری آن روی همین میزبان‌ها است. میزان پارازیتیسم این زنبور روی تخم میزبان اصلی آن، *N. viridula*، توسط Awan *et al.* (1990) بین حدود ٤١ تا ٧٣٪ در جمعیت‌های مختلف ذکر شده است که با برخی از یافته‌های بررسی حاضر تطابق دارد. به‌علاوه، در گزارش دیگری، میزان پارازیتیسم این زنبور روی تخم سن سبز پنبه ۹۱٪ ذکر شده است (Cantón-Ramos & Callejón-Ferre, 2010). نزدیک‌ترین یافته به مطالعه‌ی حاضر از نظر میزان پارازیتیسم زنبور *T. basalis*، در تحقیق Correa-Ferreira & Zamataro (1989) دیده می‌شود که حدود ۸۲٪ روی تخم سن سبز پنبه بوده است. تفاوت‌های بین میزان پارازیتیسم این پارازیتویید روی میزبان‌های مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در میزان ترجیح میزبان‌ها برای این پارازیتویید باشد. اندازه، شکل، بو (Schmidt, 1994) و به‌ویژه کیفیت محتویات تخم میزبان که در این زنبورها با استفاده از گیرنده‌های حسی تخم‌ریز تشخیص داده می‌شود، در میزان پذیرش یک میزبان مؤثر است (Volkoff *et al.*, 1992) و همین نکات ممکن است برخی از علل تفاوت‌های مشاهده شده در میزان پارازیتیسم زنبور *T. basalis* باشد.

یکسان بودن درصد بقای مراحل نابالغ زنبور *T. basalis* روی تخم سن گندم و سن گرافوزوما که به‌طور میانگین حدود ۷۰٪ بود، با یافته‌های Amir-Maafi (2010) برای یک جمعیت از *T. grandis* روی تخم سن گندم تطابق دارد. اما یافته‌های Awan *et al.*, (1990) حاکی از نرخ بالای (بین ۹۰ تا ۹٦ درصد) بقای این زنبور روی تخم سن سبز پنبه می‌باشد که با مقادیر به‌دست آمده در بررسی حاضر متفاوت است. در بیش‌تر مطالعات انجام‌شده، نسبت جنسی این پارازیتویید متمایل به نتاج ماده ذکر شده که با یافته‌های مطالعه‌ی حاضر مطابقت دارد. یکی از نظریات مهم در غالب بودن نسبت جنسی ماده در زنبورهای پارازیتوییدی که تخم‌های گروهی میزبان را پارازیته می‌کنند، نظریه‌ی "رقابت برای لقاح محلی (local mate competition)" است (Somjee *et al.*, 2010). به‌علاوه، Loch & Walter (1999) اعتقاد دارند این گونه زنبور به‌شدت لقاح درون‌گروهی داشته و همچنین نرها قادرند به دفعات (تا ۵۰ بار) جفت‌گیری نمایند. بنابراین، در صوت فراهم بودن میزبان کافی، نسبت جنسی نتاج به سمت ماده‌ها گرایش می‌یابد. درمجموع، سایر بررسی‌های انجام‌شده روی نسبت جنسی این پارازیتویید و گونه‌های مشابه، نسبت جنسی را به‌شدت به سمت ماده‌ها ذکر کرده‌اند (Laumann *et al.*, 2008). به‌هرحال، تولید نرهای بیش‌تر توسط این زنبور روی تخم سن گرافوزوما نسبت به تخم سن گندم، می‌تواند از منظر تأثیر اندازه‌ی تخم توجیه شود، چراکه بیش‌تر پارازیتوییدها در میزبان‌های بزرگ‌تر، معمولاً تخم ماده قرار می‌دهند. تخم سن گندم از تخم گرافوزوما بزرگ‌تر است و می‌تواند میزبان مناسب‌تری برای نتاج ماده نسبت به نتاج نر این زنبور باشد (Amir-Maafi، مکاتبات شخصی).

براساس اطلاعات به‌دست آمده از نتایج دموگرافی زنبور *T. basalis*، تفاوت‌های متعددی بین دو میزبان وجود داشت که حاکی از برتری تخم سن گندم بر تخم سن گرفوزوما برای این زنبور بود. درخصوص این موضوع، اطلاعات زیادی برای مقایسه وجود ندارد. به‌هرحال، میزان بقای مراحل نابالغ زنبور به‌مراتب روی تخم سن گندم نسبت به سن گرافوزوما بیش‌تر بود. به‌علاوه، ثبات بقای حشرات کامل این زنبور در دوره‌ی تخم‌ریزی روی تخم سن گندم و طولانی‌تر بودن دوره‌ی پس از تخم‌ریزی نسبت به سن گرافوزوما بسیار حائز اهمیت است. این یافته‌ها، به‌طورکلی با یافته‌های Asgari (2002) روی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتویید *T. semistriatus* هم‌خوانی دارد.

پارامترهای دموگرافیک زنبور *T. basalis* نیز نشان داد که تخم سن گندم میزبان مرجح‌تری برای آن می‌باشد. هم نرخ ذاتی رشد (که دربرگیرنده‌ی تمامی ویژگی‌های زیستی یک موجود است) و هم نرخ متناهی افزایش جمعیت زنبور به‌مراتب روی سن گندم بیش‌تر از همان روی تخم سن گرافوزوما بود. درواقع، این دو نرخ نشان‌دهنده‌ی افزایش جمعیت با توزیع پایدار سنی می‌باشند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ پیوسته‌ی تغییرات اندازه‌ی جمعیت دارای توزیع سنی پایدار بوده و به‌صورت تعداد نتاج ماده‌ی هر ماده از جمعیت در واحد زمان (روز) بیان می‌شود. این پارامتر نشان‌دهنده‌ی نرخ رشد سرانه‌ی جمعیت است و تفاوت بین نرخ ذاتی تولد و مرگ را در جمعیت پایدار نشان می‌دهد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نشان‌دهنده‌ی افزایش روزانه‌ی ۱۳/۷۲ و ۱۲/۵۲ درصدی جمعیت پایدار زنبور پارازیتویید *T. basalis*، به‌ترتیب روی تخم سن گندم و تخم سن گرافوزوما است؛ درصورتی‌که نرخ متناهی افزایش جمعیت شکل ناپیوسته رشد جمعیت را نشان می‌دهد. به‌علاوه، نرخ خالص تولید مثل نشان‌دهنده‌ی میانگین تعداد کل نتاج ماده به‌ازای هر ماده از جمعیت زنبور پارازیتویید *T. basalis* در طول عمر خود (در طول یک نسل) است. این پارامتر برای زنبور پرورش‌یافته روی تخم سن گندم نسبت به سن گرافوزوما به‌طور چشم‌گیری بالاتر بود. به عبارت دیگر، زنبورهای ماده روی تخم سن گندم حدود ۲/۳ برابر بیش‌تر از افراد مشابه روی تخم سن گرافوزوما تولید نتاج ماده کردند و به زبان ساده، این پارامتر نشان می‌دهد که جمعیت زنبور پارازیتویید *T. basalis* از یک نسل به نسل دیگر، به‌ترتیب حدود ۱۱۸ و ۵۱ برابر روی میزبان‌های مورد بررسی افزایش می‌یابد.

در این بررسی، اندازه‌ی جمعیت زنبور پارازیتویید *T. basalis* روی سن گندم هر ۲/۱۹۳ روز و روی سن گرافوزوما هر ۳/۰۸۹ روز دوبرابر شد. استفاده از مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت (*DT*) روش متفاوتی برای بیان پتانسیل رشد جمعیت حشرات می‌باشد و این امر پتانسیل قابل ملاحظه‌ی رشد جمعیت زنبور پارازیتویید *T. basalis* را روی میزبان‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. تفاوت زیادی در طول مدت یک نسل این زنبور روی دو میزبان به چشم نمی‌خورد و یک دوره‌ی نسلی برای زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم سن گرافوزوما تنها حدود دو روز طولانی‌تر بود. مدت زمان یک نسل (*T*)، مدت زمانی است که جمعیت نیاز دارد تا به اندازه‌ی نرخ خالص تولید مثل افزایش یابد.

شیوه‌ی توزیع ساختار جمعیتی زنبور روی هر دو میزبان تقریباً مشابه بود. بدین‌صورت که در وضعیت پایدار رشدی، بین ۹۵ تا ۹۸٪ از جمعیت زنبور را مراحل نابالغ تشکیل می‌داد. مشارکت حشرات کامل (۲ تا ۵٪) بعد از تخم‌ریزی روی هر دو میزبان به‌تدریج کاهش یافت و مشارکت زنبورهای بالغ پرورش‌یافته روی تخم گرافوزوما در ساختار جمعیت پایدار نیز به‌نسبت بیش‌تر بود. این ویژگی برای زنبور پرورش‌یافته روی تخم سن گندم در این تحقیق با نتایج Amir-Maafi & Parker (2011) در مورد زنبور *T. grandis* روی تخم سن گندم (۹۹٪ نابالغ در برابر ۰/۰۱٪ بالغ) و نیز برای هر دو میزبان با یافته‌های Asgari (2002) در مورد زنبور *T. semistriatus* روی تخم سن گندم و تخم سن گرافوزوما (به‌ترتیب ۹۸ و ۲٪، و ۹۷ و ۳٪ نابالغ و بالغ) تطابق نزدیکی دارد.

درمجموع، براساس یافته‌های این بررسی می‌توان اذعان داشت که تخم سن گندم میزبان مناسب‌تری برای پرورش زنبور *T. basalis* بود. به‌علاوه، چنانچه مقایسه‌ای بین ویژگی‌های زیستی این زنبور با سایر زنبورهای پارازیتویید *Trissolcus*، به‌ویژه گونه‌هایی که از روی تخم سن گندم گزارش شده‌اند (Safavi, 1973;

Awan *et al.*, 1990; Asgari, 2002; Amir-Maafi, 2010; Kivan & Kilic, 2006; Laumann *et al.*, 2008; Iranipour *et al.*, 2010; Amir-Maafi & Parker, 2011) انجام شود، برتری‌های بارزی، ازجمله باروری بالا، طول عمر بیش‌تر و بقای پایدارتر حشرات کامل مشاهده می‌شود که می‌توان جایگاه خاصی برای این زنبور در برنامه‌های آتی کنترل بیولوژیک سن گندم درنظر گرفت.

سپاس‌گذاری

نگارندگان از زحمات، راهنمایی و نظرات ارزشمند آقای دکتر مسعود امیرمعافی، بخش تحقیقات سن گندم، مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، در حین انجام این تحقیق و تدوین مقاله تشکر ویژه دارند.

منابع

Afshar, J. (1933) *Development, lifecycle, and ecology of Sunn pest, Eurygaster integriceps Put., in Iran*. 30 pp. Keyhan Press and Publication Institute. [In Persian].

Alexandrov, N. (1947) *Eurygaster integriceps* Put. à Varamine et ses parasites. *Entomologie et Phytopathologie Appliques* 6, 28-47. [In Persian with French summary].

Amir-Maafi, M. (2000) An investigation on the host-parasitoid system between *Trissolcus grandis* Thomson (Hym: Scelionidae) and Sunn pest eggs. Ph. D. Thesis. 220 pp. University of Tehran, Iran.

Amir-Maafi, M. (2010) The biological control of Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Het.: Scutelleridae) using egg parasitoids. Final Report, No. 1-100-100000-07-8302-0000. 171 pp. Iranian Research Institute of Plant Protection. [In Persian with English summary].

Amir-Maafi, M. & Parker, B. L. (2011) Biological parameters of the egg parasitoid, *Trissolcus grandis* (Hym.: Scelionidae) on *Eurygaster integriceps* (Hem.: Scutelleridae). *Journal of Entomological Society of Iran* 30(2), 67-81.

Anonymous (2012) Report on Sunn pest control program in 2012. 40 pp. Plant Protection Organization, Iran.

Asgari, Sh. (1995) A study on possibility of mass rearing of Sunn bug egg parasitoids on its alternative host, *Graphosoma lineatum* L. (Het., Pentatomidae). M. Sc. Thesis. 220 pp. University of Tehran, Iran.

Asgari, Sh. (2002) Comparative fitness of eggs of *Graphosoma lineatum* (L.) (Pentatomidae) and *Eurygaster integriceps* Put. (Scutelleridae) to the egg parasitoid, *Trissolcus semistriatus* Nees (Scelionidae). Ph. D. Thesis. 142 pp. Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

Awadalla, S. S. (1996) Influence of temperature and age of *Nezara viridula* L. eggs on the scelionid egg parasitoid, *Trissolcus megallocephalus* (Ashm.) (Hym., Scelionidae). *Journal of Applied Entomology* 120, 445-448.

Awan, M. S., Wilson, L. T. & Hoffmann, M. P. (1990) Comparative biology of three geographic populations of *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Environmental Entomology* 19, 387-392.

Bai, B. & Smith, S. M. (1993) Effect of host availability on reproduction and survival of the parsitoids wasp *Trichogramma minutum. Ecological Entomology* 18, 279-283.

Canto-Silva, C. R., Romanowski, H. P. & Redaelli, R. (2006) Laboratory evaluation of *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead) (Hymenoptera, Platygastridae) as a biological control agent of *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera, Coreidae). *Brazilian Journal of Biology* 66, 19-24.

Cantón-Ramos, J. M. & Callejón-Ferre, A. J. (2010) Raising *Trissolcus basalis* for the biological control of *Nezara viridula* in greenhouses of Almería (Spain). *African Journal of Agricultural Research* 5, 3207-3212.

Carey, J. R. (1993) *Applied demography for biologists*. 206 pp. Oxford University Press Inc.

Clarke, A. R. & Walter, G. H. (1994) Biological control and the species status of two host-associated populations of *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae). *Australian Journal of Ecology* 19, 35-39.

Colazza, S. & Wajnberg, E. (1998) Effects of host egg mass size on sex ratio and oviposition sequence of *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Environmental Entomology* 27, 329-336.

Correa-Ferreira, B. S. & Moscardi, F. (1994) Temperature effect on the biology and reproductive performance of the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Woll.). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 23, 399-408.

Correa-Ferreira, B. S. & Zamataro, C. E. O. (1989) Reproductive capacity and longevity of the egg parasitoids *Trissolcus basalis* (Wollaston) and *Trissolcus mitsukurii* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). *Revista Brasileira de Biologia* 49, 621-626.

Dahlan, A. N. & Gordh, G. (1998) Development of *Trichogramma australicum* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in fertile and infertile *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs. *Australian Journal of Entomology* 37, 180-182.

Davatchi, A. & Chojai, M. (1969) *Les Hyménoptères entomophages de l'Iran* (*études faunistiques*). 188 pp. Faculty Agriculture, Tehran University Publishing, 107.

Iranipour, S. (1996) A Study on Population fluctuation of the egg parasitoids of *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) in Karaj, Kamalabad, and Fashand. M. Sc. Thesis. 187 pp. University of Tehran, Karaj, Iran.

Iranipour, S., Nozadbonab, Z. & Michaud, J. P. (2010) Thermal requirements of *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae), an egg parasitoid of Sunn pest. *European Journal of Entomology* 107, 47-53.

Javahery, M. (1995) *A technical review of sunn pests* (*Heteroptera*: *Pentatomoidea*) *with special reference to* Eurygaster integriceps *Puton*. Food and Agriculture Organization, Regional Office for the Near East, Cairo, Egypt.

Jones, V. P. & Westcot, D. (2002) The effect of seasonal changes on *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) and *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae) in Hawaii. *Biological Control* 23, 115-120.

Kartavtsev, N. I., Voronin, K. E., Sumarokov, A. F. & Dzyuba, Z. A. (1974) Release of Telenomines not reducing numbers of *Eurygaster integriceps*. *Zashchita-Rastenii* 6, 29-30.

Kivan, M. & Kilic, N. (2004) Influence of host species and age on host preference of *Trissolcus semistriatus*. *BioControl* 49, 553-562.

Kivan, M. & Kilic, N. (2006) A comparison of the development time of *Trissolcus rufiventris* (Mayr) and *Trissolcus simony* Mayr (Hym.: Scelionidae) at three constant temperatures. *Turkish Journal* of *Agriculture and Forestry* 30, 383-386.

Kozlov, M. A. & Kononova, S. V. (1983) *Telenominae of the funa of the USSR*. Vol. 136, Zoological Institute, Academy of Sciences USSR, 336 pp.

Laumann, R. A., Moraes, M. C. B., Pareja, M., Alarcao, G. C., Botelho, A. C., Maia, A. H. N., Leonardecz, E. & Borges, M. (2008) Comparative biology and functional response of *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) and implications for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) biological control. *Biological Control* 44, 32-41.

Loch, A. D. & Walter, G. H. (1999) Does the mating system of *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae) allow outbreeding? *Journal of Hymenoptera Research* 8, 238-250.

Loch, A. D. & Walter, G. H. (2000) Cross mating tests and the species status of *Trissolcus basalis* reared from the eggs of different heteropteran species. *BioControl* 45, 11-24.

Makee, H. (2006) Effect of host egg viability on reproduction and development of *Trichogramma cacoeciae* and *T. principium* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biocontrol Science and Technology* 16, 195-204.

Martin, H. E., Javahery, M. & Radjabi, G. (1969) Note sur la Punaise des cereals *Eurygaster integriceps* Put. Et de ses parasites du genre *Asolcus* en Iran. *Entomologie et Phytopathologie Appliquees* 28, 56-65.

McDougall, S. J. & Mills N. J. (1997) The influence of hosts, temperature and food sources on the longevity of *Trichogramma platneri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83, 195-203.

Miura, K. & Kobayashi, M. (1998) Effects of host-egg age on the parasitism by *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae), an egg parasitoid of diamondback moth. *Applied Entomology and Zoology* 33, 219-222.

Moreau, J., Richard, A., Benrey, B. & Thiéry, D. (2009) Host plant cultivar of the grapevine moth *Lobesia botrana* affects the life history traits of an egg parasitoid. *Biological Control* 50, 117-122.

Newton, P. J. (1993) Increasing the use of Trichogrammatids in insect pest management: a case study from the forest of Canada. *Pesticide Science* 37, 381-386.

Paul, A. V. N., Dass, R. & Parshad, B. (1981) Influence of difference hosts on parasitism by *Trichogramma chilonis* Ishii and *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Angewandte Entomologie* 92, 160-164.

Porta, N. C. la. (1992) Population dynamics of *Trissolcus basalis* (Wollaston) 1858 (Hymenoptera: Scelionidae). I. Life statistics. *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina* 50, 267-275.

Powell, J. E., Shepard, M. & Sullivan, M. J. (1981) Use of heating degree day and physiological day equations for predicting development of the parasitoid *Trissolcus basalis*. *Environmental Entomology* 10, 1008-1011.

Radjabi, G. H. & Amir-Nazari, M. (1989) Egg parasites of the sunn pest in the central part of the Iranian plateau. *Emomologie et Phytopathologie Appliqués* 56: 1-8.

Ramesh, B. (2004) Response of four species of *Trichogramma* to certain biotic and abiotic stresses. M. Sc. Thesis. 135 pp. Annamalai University, Annamalainagar.

Romeis, J., Shanower, T. G. & Zebits, C. P. W. (1997) Volatile plant info-chemicals mediate plant preference of *Trichogramma chilonis*. *Journal of Chemical Ecology* 23, 2455-2465.

Rosca, C., Popov, C., Barbulescu, A., Vonica, I. & Farbritius, K. (1996) The role of natural parasitoids in liminting the level of sunn pests population. pp. 23-33 in Miller, R. H. & Morse, J. G. (Eds) *Sunn pests and their control in the Near East*. Food and Agriculture Organization Plant Production and Protection, Rome, Paper No. 138.

Safavi, M. (1973) *Etude Bio-ecologique des Hymenopteres parasites des oeufs des punaises des cerealesen Iran*. 159 pp. Institute de Recherches entomologiques et phytopatologiques, Tehran-Evine.

Salt, G. (1940) Experimental studies in insect parasitism. VII. The effects of different hosts on the parasite *Trichogramma evanescens* Westwood. (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Proceeding of Royal Entomological Society of London* 15, 81-124.

SAS Institute (2008) *SAS/STAT 9.2 user's guide*. SAS Institute Inc. Cary, NC.

Schmidt, J. M. (1994), Host recognition and acceptance by *Trichogramma.* pp. 165-200 in Wajnberg, E. & Hassan, S. A. (Eds) *Biological control with egg parasitoids*. 304 pp. Wallingford, CAB International.

Shahrokhi, Sh. (1997) A study on mass rearing of *Trissolcus grandis* on *Graphosoma lineatum* eggs and quality control for biological control of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Hem.: Scutelleridae). M. Sc. Thesis. 110 pp. University of Tehran, Iran.

Shapiro, V. A., Gusev, G. V. & Kapustina, O. V. (1975) Comparative evaluation of the biological properties of egg parasites of the family Scelionidae, both introduced and indigenous species. *Trudy Vsesoyuznogo Nauchno issledovatel'skogo Instituta Zashchity Rastenii* 44, 57-69.

Shirazi, J. (2007) Comparative biology of *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Corcyra cephalonica* (Stainton) and *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Journal of Biological Control* 21, 37-42.

Simsek, N., Gullu, M. & Yasarbas, M. (1994) Studies on the sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) natural enemies and their effectiveness in the Mediterranean Region. *Turkiye III. Biyolojik Mucadele Kongresi Bildirileeri, Ege Universitesi Ziraat Fakultesi, Bitki Korumu, Izmir*, pp. 155-164. [In Russian with Enlish summary].

Singh, P. & Moore, R. F. (1985) *Handbook of insect rearing*. 514 pp. Elsevier Publication, Amsterdam.

Somjee, U., Ablard, K., Crespi, B., Schaefer, P. W. & Gries, G. (2010) Local mate competition in the solitary parasitoid wasp *Ooencyrtus kuvanae. Behavioral Ecology and Sociobiology* 65, 1071-1077.

Taghaddosi, M. (1991) A comparative study on reproductive potentials of Karaj, Ghazvin, Varamin and Shahriar populations of *Trissolcus grandis* Thom. (Hym.: Scelionidae) on eggs of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Hem.: Scutelleridae). M. Sc. Thesis. 138 pp. University of Tehran, Iran.

Tarla, S. & Kornosor, S. (2009) Reproduction and survival of overwintered and F1 generation of two egg parasitoids of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae). *Turkish Journal* of *Agriculture and Forestry* 33, 257-265.

Volkoff, N., Vinson, S. B., Wu, Z. X. & Nettles, W. C. Jr. (1992) In vitro rearing of *Trissolcus basalis* (Hym., Scelionidae) an egg parasitoid of *Nezara viridula* (Hem., Pentatomidae). *Entomophaga* 37, 141-148.

Walter, G. H. (1983) Differences in host relationship between male and female heteronomous hyperparasitoids (Aphelinidae, Chalcidoidea): a review of host location, oviposition, and preimaginal physiology and morphology. *Jourrnal of Entomological Society of South Africa* 46, 261-282.

Zomorrodi, A. (1962) Les experience et observations sur la lutte biologique d' *Eurygaster integriceps* Put. *Entomologie et Phytopathologie Appliquees* 20, 16-23.