

نشوونما و تولیدمثل زنبور پارازیتوئید *Trissolcus grandis* (Thomson) روی تخم‌های دو گونه میزبان *G. semipunctatum* (F.) و *Graphosoma lineatum* (L.) در سه دمای ثابت آزمایشگاهی

زهرا نوزاد بناب¹ و شهزاد ایرانی‌پور^{2*}

¹ دانشجوی دوره دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه تبریز

² دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه shiranipour@tabrizu.ac.ir

تاریخ پذیرش: 91/10/2

تاریخ دریافت: 91/5/22

چکیده

زنبور پارازیتوئید *Trissolcus grandis* (Thomson) یکی از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای تخم سن گندم است که به راحتی در آزمایشگاه و در طبیعت روی تخم برخی سن‌های دیگر از جمله گرافوزوما پرورش می‌یابد. در مطالعه حاضر دو میزبان *G. semipunctatum* (F.) و *Graphosoma lineatum* (L.) از نظر تأثیری که در دماهای مختلف بر نشوونما و زادآوری زنبور پارازیتوئید تخم سن گندم *T. grandis* دارند، مقایسه شده‌اند. این تحقیق در شرایط دمایی 23، 26 و 29 ± 1 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 50 ± 10 درصد و دوره نوری 16 ساعت روشنایی در شبانه‌روز انجام شد. آستانه دمایی و ثابت دمایی زنبورها روی تخم‌های *G. semipunctatum* برای افراد نر به ترتیب $17/11^\circ\text{C}$ و 97/09 درجه-روز و برای افراد ماده $16/82^\circ\text{C}$ و 109/89 درجه-روز و برای افراد نر به ترتیب $18/82^\circ\text{C}$ و 76/33 درجه-روز و برای افراد ماده $18/47^\circ\text{C}$ و 91/74 درجه-روز به دست آمد. اندازه‌گیری محتوای پروتئین کل تخم این دو میزبان و سن گندم نشان داد که مقدار پروتئین موجود در تخم‌های *G. lineatum* بیش از تخم-های *G. semipunctatum* و آن هم بیش از سن گندم می‌باشد. همین متغیر به‌تنهایی بیش از 99 درصد تغییرات نشوونمایی این حشره را در بین میزبان‌ها توجیه کرد. خطوط رگرسیون سرعت نشوونمای زنبور در سه میزبان در حدود 26/5 درجه سانتی‌گراد باهم تلاقی نمودند که ممکن است نشان دهنده دمای بهینه نشوونما باشد که در آن اثر میزبان حذف شده و پارازیتوئید در تمام میزبان‌ها سرعت رشد مساوی دارد. بیشترین زادآوری این زنبور روی تخم-های *G. semipunctatum*، $12/65 \pm 109/4$ تخم بود که در 26°C به‌وقوع پیوست. بیشترین زادآوری روی تخم‌های *G. lineatum* نیز $10/36 \pm 91/9$ بود که در 29°C اتفاق افتاد.

واژه‌های کلیدی: اثر میزبان، محتوای پروتئین، نشوونما، نیاز دمایی، *Trissolcus grandis*، *Graphosoma lineatum*، *G. semipunctatum*

مقدمه

زنبور *Trissolcus grandis* از خانواده Scelionidae پارازیتوئید تخم تعدادی از سن‌های خانواده‌های Pentatomidae و Scutelleridae می‌باشد. این زنبور در بین پارازیتوئیدهای تخم سن‌های مذکور، از بیشترین پراکنش و فراوانی در ایران برخوردار است (رجبی و امیرنظری 1367؛ ایرانی‌پور 1375). میزان پارازیتسم تخم‌های سن گندم از کمتر از 10 درصد در مناطق سردسیر (حق شناس 1383؛ نوزاد بناب و ایرانی‌پور 2009) تا 100 درصد در مناطق معتدل‌تر (البوحسینی و همکاران 2004) تغییر می‌کند. بررسی‌های متعددی در داخل کشور (فرحبخش 1340؛ شجاعی 1347 و 1367؛ رجبی و امیرنظری 1367؛ مدرس اول 1373؛ ایرانی‌پور و همکاران 1377) و خارج از کشور (شیمشک و همکاران 1994؛ اونجوئر و کیوان 1995؛ کوچاک و کلینجر 2003؛ البوحسینی و همکاران 2004) روی زنبورهای پارازیتوئید تخم سن گندم انجام گرفته که در بیشتر مناطق *T. grandis* جزء فعال‌ترین و فراوان‌ترین گونه‌ها بوده است.

رشد و تولیدمثل حشرات تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد که دما و غذا مهم‌ترین آن‌ها هستند. کیفیت و کمیت مواد غذایی هر دو حائز اهمیت هستند (اسکرایبر و اسلنسکی 1981). حشرات گیاه‌خواری که از گیاهان با کیفیت بالا تغذیه می‌کنند، باعث به‌وجود آمدن پارازیتوئیدهایی با شایستگی بیشتر (دیویس و همکاران 2004) و شکارگرانی با خصوصیات بهتر (شاه‌ایاراج و ساتیامورتی 2002) می‌شوند. شایستگی یا کیفیت میزبان یک ویژگی وراثت‌پذیر جمعیت میزبان است که روی فراسنجه‌های جدول زندگی پارازیتوئیدها اثر می‌گذارد. یک میزبان مناسب، نیازهای فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای مراحل نابالغ پارازیتوئید را فراهم می‌کند و به‌طور مستقیم روی رشدونمو، تلفات، طول عمر و زادآوری تأثیر می‌گذارد (مکوئر و همکاران 1996، رویت‌برگ و همکاران 2001). کیفیت میزبان پارازیتوئید با چند ویژگی از جمله نوع و مقدار مواد غذایی موجود در بدن، مقدار توکسین‌ها و نوع آن‌ها، سیستم‌های دفاعی بدن و آلوده بودن یا نبودن به پارازیتوئید یا بیماری بیان می‌شود

(وینسون و ایوانچ 1980؛ وینسون 1988). ثابت شده است که ماده‌ها وقتی در میزبان با کیفیت بالا پرورش می‌یابند شایستگی بیشتری به دست می‌آورند، زیرا اندازه پارازیتوئید ماده با تعداد تخم و طول عمر آن رابطه مستقیم دارد. البته نرهای بزرگ‌تر هم نسبت به نرهای کوچک، شایستگی بیشتری دارند اما اندازه کوچک در نرها اثر منفی کمتری نسبت به ماده‌ها دارد (گادفری 1994؛ جرویس و کاپلند 1996). در موجودات هاپلو-دیپلوئید مانند زنبورهای پارازیتوئید، ماده‌ها نسبت جنسی را بر اساس شرایط محیطی و میزبان تنظیم می‌کنند. اندازه میزبان اغلب به‌عنوان عامل کلیدی تأثیرگذار در شایستگی پارازیتوئیدها در نظر گرفته می‌شود (گادفری 1994). معمولاً میزبان‌های بزرگ‌تر کیفیت بهتری دارند و پارازیتوئیدهای حاصل از آن‌ها علاوه بر اندازه بزرگ‌تر، شایستگی‌های بیشتری را کسب می‌کنند (ساگارا و همکاران 2001). با این حال، هاگرم‌ن و همکاران (2007) با انجام آزمایشی ثابت کردند که کیفیت میزبان چیزی فراتر از بزرگی آن است و جثه میزبان تنها فراسنجه برای توضیح کیفیت میزبان و پیش‌بینی شایستگی نسل‌های آینده پارازیتوئید نیست. علاوه بر تفاوت کیفیت میزبان در گونه‌های مختلف، کیفیت میزبانی یک گونه نیز می‌تواند بسته به مرحله رشدی (سنین مختلف لاروی یا شفیرگی) تغییر کند. مشخص شده است که کیفیت و کمیت غذا هر دو باهم روی فراسنجه‌های جدول زندگی پارازیتوئیدها اثر می‌گذارند (سه‌کوئریا و مکوئر 1993؛ هاروی و همکاران 1995؛ جاروسیک و همکاران 2003؛ لیو و همکاران 2011).

دما نیز بر سرعت رشد، نسبت جنسی و سایر فعالیت‌های حشرات اثر غیر قابل انکاری دارد (رادزیویلی 1987). تفاوت‌های موجود در آستانه‌های دمایی و ثابت‌های دمایی در روابط بین میزبان و پارازیتوئید تعیین‌کننده هستند و در پیش‌بینی طغیان‌ها و زمان‌بندی کنترل حشرات به روش‌های مختلف شیمیایی یا بیولوژیکی دانشمندان را یاری می‌نمایند (شجاعی 1367؛ وارلی و همکاران 1973؛ دنت 1997). اثر دما بر سرعت رشد حشرات از مدل سیگموئیدی پیروی می‌کند، به‌طوری‌که در حدود میانی دامنه دمایی فعالیت حشره، تغییرات

سن‌های بالغ *G. semipunctatum* و *G. lineatum* نیز از همان محل از روی چتریان مختلف جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و با روش ذیل پرورش داده شدند. تخم‌های تازه این میزبان‌ها در اختیار زنبورها قرار گرفتند.

پرورش حشرات

حشرات کامل *G. semipunctatum* و *G. lineatum* روی بذور گلپر و شوید در داخل ظروف پلاستیکی مکعب‌مستطیلی شکل (6×14×20 سانتی‌متر) در آزمایشگاه در دمای $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی 40 ± 10 درصد و دوره نوری 16 ساعت روشنایی در شبانه‌روز نگهداری شدند. تخم این سن‌ها به‌طور روزانه جمع‌آوری و تحت شرایط مشابه در اختیار حشرات کامل زنبور *T. grandis* که از تخم‌های پارازیته شده در مزارع گندم به‌دست آمده بودند، قرار داده شدند.

برای پرورش و نگهداری زنبورها از شیشه‌های پنی‌سیلین 10 سانتی‌مترمکعبی و برای تغذیه آن‌ها از قطرات ریز عسل که روی یک نوار کاغذی گذاشته می‌شد، استفاده گردید.

نحوه انجام آزمایش‌ها و تجزیه داده‌ها

حدود 200 تخم تازه از هر میزبان با عمر کمتر از 24 ساعت، به‌مدت یک شبانه‌روز در اختیار زنبورهای 24 ساعته نسل دوم قرار گرفتند. تخم‌های پارازیته هر میزبان به سه گروه مساوی تقسیم شدند که هر گروه در یک اتاقک رشد با دمای 23، 26 یا 29 ± 1 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 50 ± 10 درصد و دوره نوری 16 ساعت روشنایی در شبانه‌روز قرار داده شدند. این دماها بر اساس یک آزمایش اولیه برای تعیین حدود مرجع دمایی *T. grandis* انتخاب شدند. بعد از ظهور زنبورهای نسل جدید، هر زنبور ماده به‌مدت 24 ساعت با یک نر در یک شیشه پنی‌سیلین نگهداری شد که درب آن با یک پوشش پلاستیکی محکم بسته شده بود. این درپوش یک سوراخ 3×3 میلی‌متری داشت که با توری 50 مش پوشانده شده بود. پس از این مدت، نرها از شیشه‌ها بیرون آورده شدند و در شیشه مشابه دیگری تا پایان

سریع و خطی و در دو انتهای آن با کاهش شیب همراه است (اندریوارتا و بیرچ 1954؛ رجبی 1382). اثر دما روی فراسنجه‌های رشد جمعیتی تعدادی از زنبورهای پارازیتوید تخم خانواده Scelionidae (اور و همکاران 1985؛ رابرسون و همکاران 1995؛ کانتو-سیلوا و همکاران 2005؛ سادویاما 2007؛ استین 2008؛ بوئنو و همکاران 2008)، گونه‌هایی از *Trissolcus* (یرگان 1983؛ جیمز و وارن 1991؛ سیویدانس و همکاران 1998؛ تورز و همکاران 2002؛ آراکوا و نامورا 2002؛ کیوان و کیلیچ 2006 الف و ب؛ ایرانی‌پور و همکاران 2010) و گونه‌هایی از میزبان این زنبورها (ایرانی‌پور و همکاران 1381؛ کاراساوران 1999؛ کیوان 2008) بررسی شده است.

در این بررسی سعی شده است سرعت نشوونمای زنبور پارازیتوید *T. grandis* روی دو میزبان آزمایشگاهی متداول *G. lineatum* و *G. semipunctatum* در دماهای مختلف بررسی و با یکدیگر و با زنبورهای پرورش یافته روی میزبان اصلی (سن گندم) (ایرانی‌پور و همکاران 2010) مقایسه و تفاوت‌های موجود تعیین و دلایل آن بیان شوند. با توجه به تأکید این مقاله روی میزبان و نقشی که کیفیت غذایی مراحل نابالغ زنبور بر سرعت نشوونمای آن دارد، رابطه بین تغییرات مشاهده شده با ترکیب داخلی تخم‌های میزبان از نظر محتوای پروتئینی آن‌ها نیز بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

حشرات مورد آزمایش

زنبور *T. grandis* از شهر بناب جدید در 11 کیلومتری شرق مرند (45 درجه و 55 دقیقه طول شرقی و 38 درجه و 26 دقیقه عرض شمالی) با استفاده از تله‌های کاغذی دلتا، حاوی تخم‌های سن گندم جمع‌آوری شد. تله‌ها در طول فصل زراعی 86 در مزارع غلات نصب و یک هفته بعد جمع‌آوری و به آزمایشگاه اکولوژی حشرات، گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تبریز منتقل گردیدند. زنبورهای خارج‌شده از تخم‌های پارازیته با استفاده از کلید شناسایی کوزلوف و کونونوا (1983) شناسایی و روی هر میزبان یک نسل پرورش داده شدند. نسل دوم این زنبورها در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

ابتدا 50 تخم از هر میزبان (دو گونه *Graphosoma* و سن گندم) در یک میلی‌لیتر بافر فسفات (pH=7)، هموژنیزه و به مدت 10 دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. از این محلول برای تعیین پروتئین کل استفاده گردید. به این منظور، با استفاده از غلظت‌های مختلف سرم پروتئین آلبومین گاوی (BSA) منحنی‌های استاندارد رسم و از روی آن‌ها مقدار پروتئین نمونه‌های مجهول تعیین گردید. جذب در دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج 595 نانومتر قرائت گردید.

نتایج و بحث

زادآوری

اثر دما و میزبان بر زادآوری کل تفاوت معنی‌داری نداشت ولی اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 1).

میانگین کل زادآوری پارازیتویید روی *G. semipunctatum* با $6/70 \pm 86/64$ بیش از *G. lineatum* با $6/93 \pm 74/03$ بود. میانگین زادآوری در سه دمای 23، 26 و 29 درجه سانتی‌گراد روی دو میزبان به تفکیک در جدول 2 نمایش داده شده است. از این مشاهدات می‌توان نتیجه گرفت که زنبور *T. grandis* در ماه‌های مختلف روی میزبان‌های متفاوت عملکرد بهتری نشان می‌دهد، به طوری‌که در دو دمای پایینی روی *G. semipunctatum* و در دمای بالایی روی *G. lineatum* زادآوری بیشتری داشت.

اثر دما و میزبان در ماده‌زایی زنبور معنی‌دار نبودند، ولی تفاوت اثر متقابل دما و میزبان معنی‌دار بود. میانگین کل فرزندان ماده روی *G. semipunctatum* برابر $5/48 \pm 47/52$ و روی *G. lineatum* برابر $6/00 \pm 51/94$ ماده/ماده برآورد شد. تعداد نتاج ماده در سه دمای 23، 26 و 29 درجه سانتی‌گراد به ترتیب در دو گونه در جدول 2 نشان داده شده است. با توجه به مشابهت تعداد فرزندان ماده روی هر دو میزبان در مجموع سه دما، معنی‌دار بودن اثرات متقابل ممکن است به دلیل توزیع نامساوی ماده‌های غیربارور و خطای نوع اول حادث شده باشد.

عمر نگهداری گردید. ماده‌ها نیز تا پایان عمر در همان شیشه‌ها نگهداری گردیدند، در حالی که تخم‌های تازه میزبان هر روز در اختیار آن‌ها قرار داده می‌شد (100 تخم در روزهای اول، دوم، سوم و 50 تخم در سایر روزها).

طول مجموع مراحل نابالغ به تفکیک نر و ماده از زمان پارازیتیسیم تخم میزبان توسط افراد ماده تا خروج زنبورهای نسل جدید بر حسب روز، طول عمر نر و ماده از زمان ظهور حشرات کامل تا مرگ آن‌ها بر حسب روز و زادآوری کل هر ماده بر حسب تعداد تخم‌های پارازیتیه شده میزبان در طول عمر هر ماده مورد بررسی قرار گرفت. در ضمن، تخم‌های پارازیتیه تا زمان خروج پارازیتوییدها نگهداری و پس از خروج، جنسیت فرزندان تعیین و میزان دخترزایی مورد بررسی قرار گرفت.

برای بررسی اثر حرارت بر زمان رشد و نمو، طول عمر و زادآوری زنبور *T. grandis* از طرح فاکتوریل با دو عامل دما (در سه سطح) و میزبان (در دو سطح) با طرح پایه کاملاً تصادفی نامتعادل (به دلیل وقوع تلفات)، استفاده گردید. در مورد زمان نشوونما و طول عمر، جنسیت پارازیتویید به عنوان عامل سوم (در دو سطح) افزوده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در هر دو سطح احتمال 1 و 5 درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute 1999) انجام گرفت. سرعت نشوونمای هر فرد با معکوس نمودن زمان نشوونما محاسبه، رابطه آن با حرارت با استفاده از رگرسیون خطی و لجستیک به تفکیک نر و ماده در هر میزبان بررسی و آستانه‌های دمایی و ثابت دمایی با استفاده از مدل خطی تعیین شد. در این مدل عکس شیب خط معرف ثابت دمایی و طول از مبداء بیان‌گر آستانه پایین دمایی رشد است. رابطه میزان پروتئین کل نمونه‌ها با آستانه و ثابت دمایی نشوونما نیز با رگرسیون خطی بررسی شد. برای برآورد فراسنجه‌های مدل و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

تعیین میزان پروتئین کل تخم میزبان

برای انجام این آزمایش از روش برادفورد (1976) استفاده شد. برای سنجش میزان پروتئین کل نمونه‌ها،

دوره نشوونمای نابالغ

اثر دما روی دوره نابالغ در سطح یک درصد معنی-دار، اثر میزبان در سطح پنج درصد معنی-دار و اثر جنس نیز در سطح یک درصد معنی-دار بود. اثر متقابل دما و جنس و نیز اثر متقابل جنس و میزبان غیر معنی-دار، ولی اثر متقابل دما و میزبان معنی-دار برآورد شد. اثر متقابل سه عامل دما، جنس و میزبان معنی-دار نبود (جدول 1). میانگین طول دوره نابالغی بدون در نظر گرفتن جنسیت زنبور و نوع میزبان، به ترتیب افزایش دما $18/48 \pm 0/35$ ، $11/75 \pm 0/34$ و $8/55 \pm 0/23$ روز محاسبه شد. میانگین طول دوره نابالغی نرها (متوسط تمام تیمارها) $1/6$ روز کوتاهتر از ماده‌ها بود. در دو دمای پایینی، نشوونما روی *G. lineatum* طولانی‌تر ولی در دمای بالایی کوتاه‌تر از *G. semipunctatum* بود (جدول 2).

طول عمر حشرات کامل

اثر دما بر طول عمر حشرات کامل در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی اثر میزبان و جنس غیر معنی‌دار بود. اثر متقابل دما و جنس در سطح یک درصد معنی‌دار، اثر متقابل میزبان و جنس غیر معنی-دار و اثر متقابل دما و میزبان در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل دما، گونه و جنس نیز در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول 1).

میانگین کل دوره بالغ روی *G. semipunctatum* در تمام تیمارها بیش از *G. lineatum* بود که با افزایش دما این اختلاف بیشتر شد، به طوری که در 23 درجه $2/6$ روز، در 26 درجه $4/3$ و در 29 درجه $12/3$ روز به دست آمد. معدل آن در سه دما بدون در نظر گرفتن میزبان $16/83 \pm 2/4$ و $21/36 \pm 3/95$ ، $36/79 \pm 5/38$ این کمیت برای نرها بدون تفکیک تیمارها $1/3$ روز بلندتر از ماده‌ها بود. طول عمر حشرات بالغ به تفکیک جنس و میزبان در جدول 2 نشان داده شده است. یک نکته قابل تأمل، طول عمر غیرعادی نرها در 26 درجه بود که به طور متوسط با $33/67$ روز عمر، $15/67$ روز بیشتر از ماده‌ها بود.

اختلاف مشابهی در 23 درجه، تنها روی *G. lineatum* دیده شد. این اختلاف‌ها با تعداد کم تکرار در

نرها مرتبط می‌باشند که به دلیل سازوکار خاص تعیین جنسیت، همواره نسبت کمی از فرزندان، نر می‌باشند (همیلتون 1967) بنابراین، تعداد تکرار کافی برای قضاوت آماری صحیح و دقیق فراهم نمی‌نمایند.

سرعت نشوونما

آستانه پایین دمایی برای رشد زنبور *T. grandis* روی تخم‌های *G. semipunctatum* بر اساس مدل خطی برای نرها و ماده‌ها به ترتیب $17/11$ و $16/82$ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. این آستانه‌ها نسبت به زنبورهایی که روی *G. lineatum* پرورش یافتند پایین‌تر بود (برای نرها و ماده‌ها به ترتیب $18/82$ و $18/47$ درجه سانتی‌گراد). همچنین نیاز دمایی یا ثابت دمایی برای رشد کامل این زنبورها روی تخم‌های *G. semipunctatum* برای نرها و ماده‌ها به ترتیب $97/09$ و $109/89$ درجه-روز و برای زنبورهای پرورش یافته روی تخم‌های *G. lineatum* به ترتیب $76/33$ و $91/74$ درجه-روز محاسبه گردید. آستانه دمایی رشد برای نرها کمی بالاتر از ماده‌ها می‌باشد ولی چون نیاز دمایی آن‌ها کمتر است، چند ساعتی زودتر از ماده‌ها متولد می‌شوند (شکل 1). تفاوت بین ماده‌هایی که از میزبان‌های مختلف به عمل آمده بودند از نظر شیب افزایشی سرعت نشوونما با دما معنی‌دار بود ($t=3/57$ ، $df=33+31-4=60$ ، $P<0/001$). تفاوت‌های مشابهی بین نرها ($t=3/57$ ، $P<0/001$) و بین نر و ماده ($t=2/29$ ، $P=0/002$ ، $df=11+11-4=18$) برای نر و ماده پرورش یافته در *G. lineatum* و ($t=3/66$ ، $df=33+11-4=40$ ، $P<0/001$) برای نر و ماده پرورش یافته در *G. semipunctatum* مشاهده گردید.

جدول 1- تجزیه واریانس زادآوری، ماده‌زایی، دوره نشوونمای مراحل نابالغ و طول عمر حشرات کامل نر و ماده زنبور *T. grandis* در سه دما

روی دو میزبان مختلف

متغیر	منبع تغییر	میانگین مربعات	درجه آزادی صورت	آماره F	سطح احتمال P
زادآوری	دما	878/04	2	0/63	0/54
	میزبان	2130/95	1	1/53	0/22
	دما×میزبان	7548/05	2	5/43	0/007
تعداد فرزندان ماده	دما	45/05	2	0/06	0/94
	میزبان	6/87	1	0/01	0/92
	دما×میزبان	5861/69	2	8/13	0/001
دوره نشوونما	دما	568/46	2	955/09	<0/001
	میزبان	3/76	1	6/32	0/014
	جنس	20/86	1	35/05	<0/001
	دما×میزبان	0/28	2	12/53	<0/001
	دما×جنس	0/066	2	0/46	0/63
	جنس×میزبان	7/46	1	0/11	0/74
	دما×میزبان×جنس	0/33	2	0/56	0/57
	دما	2155/09	2	23/34	<0/001
طول عمر حشرات کامل	میزبان	254/10	1	2/75	0/10
	جنس	219/54	1	2/38	0/13
	دما×میزبان	534/46	2	4/26	0/018
	دما×جنس	362/56	2	5/79	0/005
	جنس×میزبان	393/54	1	3/93	0/051
	دما×میزبان×جنس	432/17	2	4/68	0/012

آستانه دمایی رشد زنبورهای پرورش‌یافته روی سن-های *Graphosoma* در این بررسی بیش از آستانه‌ی دمایی زنبورهای پرورش‌یافته روی تخم‌های سن گندم *Eurygaster integriceps* در بررسی‌های ایرانی پور و همکاران (2010) و نیاز دمایی آن‌ها کمتر است. این آستانه برای جمعیت مشابه در کارهای آن‌ها، 12/46 و 12/08 °C و دمای مؤثر 143/08 و 162/81 درجه- روز به ترتیب برای نر و ماده بود. از طرفی نتایج حاصل از آزمایش برادفورد (1976) نشان داد که مقدار پروتئین کل تخم‌های سن‌های *G. lineatum* بیش از *G. semipunctatum* و آن هم بیش از *E. integriceps* می‌باشد (به ترتیب 2/14، 2/03 و 1/64 میلی‌گرم بر میلی-لیتر). بدین ترتیب به نظر می‌رسد که تفاوت در سرعت

مدل لجستیک نیز به داده‌های نشوونمای وابسته به حرارت برازش داده شد و با مدل خطی اختلاف کمی نشان داد، به طوری که پیش‌بینی‌های دو مدل در اغلب دماها با یکدیگر هم‌خوانی مناسبی داشتند. فراسنجه‌های مدل لجستیک برای زنبور *T. grandis* پرورش‌یافته روی تخم‌های *G. semipunctatum* برای نرها $a=7/4937$ ، $b=0/3077$ و $K=0/1502$ و برای ماده‌ها $a=7/1751$ ، $b=0/2945$ و $K=0/1379$ بود. این فراسنجه‌ها در مورد زنبورهایی که روی تخم‌های *G. lineatum* پرورش یافتند، به ترتیب برای نرها $a=8/1747$ ، $b=0/3196$ و $K=0/1756$ و برای ماده‌ها $a=6/2165$ ، $b=0/2179$ و $K=0/2212$ برآورد گردید.

علاوه بر گونه میزبان، جمعیت خود زنبور نیز حتی روی یک میزبان از نظر خصوصیات نشوونمایی تفاوت نشان می‌دهد.

در این بررسی بیشترین زادآوری و ماده‌زایی زنبور روی *G. lineatum* در 29°C و در میزبان دیگر در 26°C به‌وقوع پیوست. در بررسی‌های نوزاد بناب (1387)، بیشترین مقدار این کمیت‌ها روی سن گندم در دو جمعیت مختلف در دو دمای مختلف (26 و 20°C) درجه به‌ترتیب در جمعیت‌های قراملک و بناب) حادث شد. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود، کمترین ثابت دمایی این زنبور روی *G. lineatum*، بیشترین زادآوری و ماده‌زایی روی *E. integriceps* و بیشترین زادآوری در میزبان‌های مختلف در دماهای متفاوت اتفاق افتاده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد هر یک از این میزبان‌ها مزیت‌هایی نسبت به دیگری داشته باشند، اما با توجه به نداشتن دی‌اپوز، دو گونه‌ی گرافوزوما برای پرورش آزمایشگاهی مناسب‌تر و در بین آن دو نیز گونه *G. lineatum* مناسب‌تر است (عسگری 1383).

طبق یافته‌های سالرنو و همکاران (2006)، *T. basalis* (Wollaston) از میان چند گونه میزبان از خانواده Pentatomidae شامل *Nezara viridula*، *Eurydema ventrale*، *Murgantra histrionica* و *Graphosoma semipunctatum*، تخم‌های *G. semipunctatum* را به بقیه ترجیح می‌دهد. مواد فرار و شکل ظاهری تخم‌ها عامل این ترجیح شناخته شد. در بررسی حاضر نیز هر دو گونه *Graphosoma* با تأمین نشوونمای سریع‌تر زنبور *T. grandis*، نشان دادند که در مقایسه با تخم‌های سن گندم میزبان مناسب‌تری برای این زنبور می‌باشند.

به‌طوری‌که در این مطالعه مشخص گردید، کیفیت میزبان بر خصوصیات نشوونمایی زنبور پارازیتوید تأثیر می‌گذارند. در مورد اثر میزبان و کیفیت آن روی پارازیتویدها در شته‌ها مطالعه‌های بیشتری انجام گرفته است. سیلوا و همکاران (2011) آزمایشی را برای ارزیابی کیفیت چند گونه شته *Myzus persicae* (Sulzer)، *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) و *Brevicoryne brassicae* (L.) به‌عنوان میزبان زنبور

رشد این زنبور در میزبان‌های مختلف به پروتئین کل تخم‌های میزبان مربوط باشد (شکل 2). در واقع، این عامل به‌تنهایی بیش از 99 درصد تغییرات آستانه و دمای مؤثر را توضیح داد ($y=12/64x-8/37$ ، $R^2=0/975$ برای رابطه غلظت پروتئین با آستانه دمایی و $y=-132/39x+362/35$ ، $R^2=0/9916$ برای رابطه آن با دمای مؤثر). سه نمودار در حدود $26/5^{\circ}\text{C}$ درجه (26/3 تا $26/78^{\circ}\text{C}$ برای هر جفت نمودارها) با هم تلاقی می‌نمایند که به‌معنی رشد مساوی روی سه میزبان در این دما است. به‌عبارت دیگر، نشوونمای پارازیتوید در این دما مستقل از کیفیت میزبان عمل می‌کند و می‌توان آن را دمای بهینه برای نشوونمای زنبور در نظر گرفت.

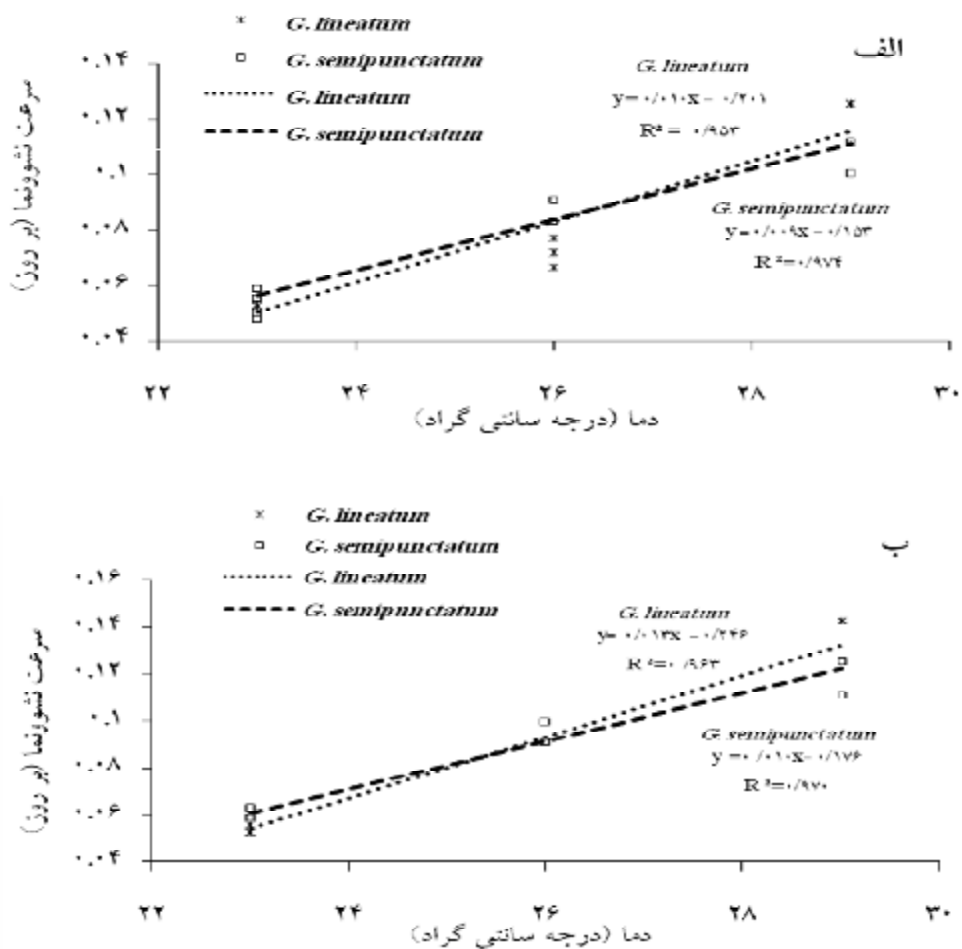
کاراساوران (1999) صفر فیزیولوژیک و ثابت حرارتی *G. semipunctatum* را به‌ترتیب $8/14^{\circ}\text{C}$ و $420/7^{\circ}\text{C}$ درجه - روز به‌دست آورد و ایرانی‌پور و همکاران (1381) نیز صفر فیزیولوژیک و ثابت حرارتی مجموع مراحل نابالغ سن گندم را $18/85^{\circ}\text{C}$ و $275/26^{\circ}\text{C}$ درجه - روز برآورد کردند. بر اساس این بررسی‌ها زنبور *T. grandis* فعالیتش را زودتر از سن گندم و دیرتر از گرافوزوما شروع می‌کند ولی نیاز دمایی آن کمتر از هر دو میزبان و البته پیش‌تر از مرحله تخم میزبان است که مورد حمله پارازیتوید قرار می‌گیرد.

عسگری و خرازی پاکدل (1377) زنبور *T. grandis* را روی تخم‌های سن *G. lineatum* در دمای $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ پرورش دادند. تعداد تخم، بیشترین طول عمر نرها و ماده‌ها به ترتیب 101/75 تخم، 14/75 و 24 روز در نسل سوم برآورد شد. این فراسنجه‌ها در بررسی حاضر در دمای $29 \pm 1^{\circ}\text{C}$ به‌ترتیب 91/9 تخم، 18/6 و 19/5 روز برآورد شد که همخوانی نسبی با یافته‌های آن‌ها دارد.

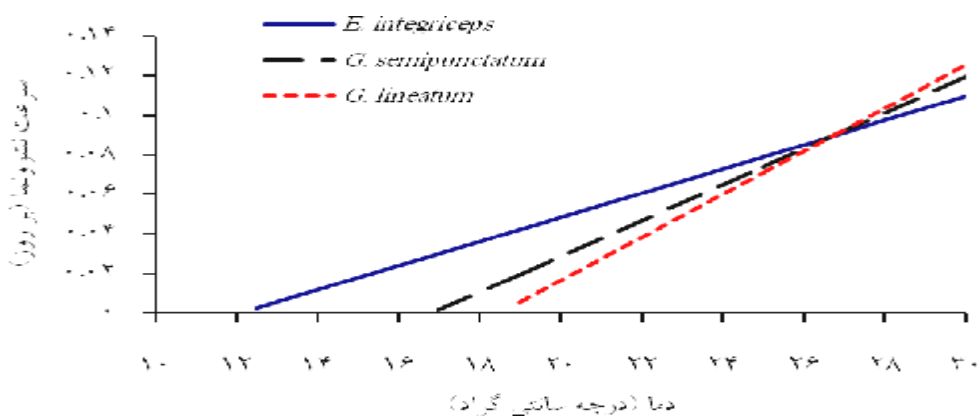
نوزاد بناب (1387) آستانه پایین حرارتی، ثابت دمایی، زادآوری و ماده‌زایی زنبورهای ماده *T. grandis* را روی سن گندم *E. integriceps* در دو جمعیت بررسی کرد که این کمیت‌ها و بیشینه زادآوری و ماده‌زایی در جمعیت بناب به‌ترتیب $12/08^{\circ}\text{C}$ ، 162/81 درجه - روز، 117/71 تخم و 62/42 ماده و برای جمعیت قراملک $14/49^{\circ}\text{C}$ ، 124/58 درجه - روز، 90/33 تخم و 84/26 ماده به‌دست آورد. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود،

جدول 2- میانگین زادآوری، ماده‌زایی، دوره نشوونمای مراحل نابالغ و طول عمر حشرات کامل نر و ماده زنبور *T. grandis* در سه دما روی دو میزبان مختلف

دما (درجه سانتی‌گراد)						میزبان	متغیر
29		26		23			
نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده		
-	59/78 ± 6/86 (n=9)	-	109/4 ± 12/65 (n=10)	-	87/83 ± 13/56 (n=12)	<i>Graphosoma semipunctatum</i>	زادآوری
-	91/9 ± 10/36 (n=10)	-	65/3 ± 13/33 (n=10)	-	63/89 ± 10/15 (n=9)	<i>Graphosoma lineatum</i>	
-	32/08 ± 5/50 (n=9)	-	76/81 ± 19/43 (n=5)	-	58/64 ± 10/46 (n=10)	<i>Graphosoma semipunctatum</i>	
-	75/37 ± 5/09 (n=5)	-	33/88 ± 9/60 (n=10)	-	55/83 ± 7/15 (n=7)	<i>Graphosoma lineatum</i>	تعداد فرزندان ماده
8/25±0/25 (n=4)	9/1±0/10 (n=10)	10/67±0/33 (n=3)	11/73±0/14 (n=11)	16/75±0/25 (n=4)	18/08±0/36 (n=12)	<i>Graphosoma semipunctatum</i>	دوره نشوونما (روز)
7/6±0/24 (n=5)	8/6±0/16 (n=10)	10/67±0/33 (n=3)	12/36±0/37 (n=11)	18/67±0/33 (n=3)	19/6±0/16 (n=10)	<i>Graphosoma lineatum</i>	
20/25 ± 1/49 (n=4)	24/3 ± 0/89 (n=10)	38/00 ± 8/96 (n=3)	19/54 ± 2/3 (n=11)	24/75 ± 5/25 (n=4)	42/33 ± 3/61 (n=12)	<i>Graphosoma semipunctatum</i>	طول عمر حشرات کامل (روز)
11/00 ± 1/3 (n=5)	10/9 ± 0/78 (n=10)	29/33 ± 6/11 (n=3)	16/45 ± 2/6 (n=11)	45/00 ± 4/04 (n=3)	32/5 ± 5/23 (n=10)	<i>Graphosoma lineatum</i>	



شکل 1- رابطه خطی بین سرعت نشوونمای زنبور پارازیتوید *T. grandis* با دما به تفکیک ماده (الف) و نر (ب) روی دو میزبان



شکل 2- تغییرات سرعت نشوونمای *T. grandis* با دما روی سه میزبان مختلف

با این‌که *M. domestica* تخم‌های کوچک‌تری داشت اما سرعت نشوونمای پارازیتوئیدها در این میزبان نسبت به میزبان دیگر بیشتر بود. بنابراین اندازه تخم‌های میزبان و مواد تغذیه‌ای آن‌ها هر دو در شایستگی پارازیتوئیدها و جنسیت آن‌ها مهم است. در بررسی حاضر نیز تفاوت میزبانی تأثیر به‌سزایی در زادآوری ماده‌ها داشت. یکی از دلایل احتمالی این است که تخم‌های *G. semipunctatum* بزرگ‌تر از تخم‌های *G. lineatum* هستند و مواد غذایی بیشتر و با کیفیت‌تری را در دسترس پارازیتوئید قرار می‌دهند. زادآوری و ماده‌زایی در *G. semipunctatum* بیش از *G. lineatum*، و آن هم بیش از سن گندم *E. integriceps* با میانگین 55/80 تخم و 22/52 فرزند ماده در بررسی‌های نوزاد بناب (1387) گزارش گردید.

یافته‌های هاگرم و همکاران (2007) که زنبور *Hyssopus pallidus* Askew را روی دو میزبان کوچک *Cydia pomonella* L. و بزرگ *Cydia molesta* Busck پرورش دادند، حاکی از این بود که اندازه میزبان بیان‌گر کیفیت آن نیست. در این بررسی تعداد نتاج و وزن زنبورها به‌ازای واحد وزن میزبان، روی میزبان کوچک‌تر بیشتر بود، اما نسبت جنسی و طول عمر تحت تأثیر تفاوت میزبانی قرار نگرفت. به‌نظر می‌رسد هر دو میزبان، با وجود اندازه متفاوت، کیفیت تقریباً یکسانی برای زنبور داشته‌اند.

باربوسا و همکاران (1982) زنبور پارازیتوئید *Braconidae* از خانواده *Apanteles congregatus* (Say) را روی کرم شاخدار توتون پرورش دادند و نشان دادند که وقتی این آفت روی توتون پرورش می‌یابد، نیکوتین در بدنش ذخیره شده، باعث کاهش شایستگی پارازیتوئید از طریق کاهش تعداد شفیره، درصد ظهور حشره کامل و سرعت نشوونما می‌گردد. بر همین اساس، گرین بلات و باربوسا (1981) ثابت کردند که کیفیت گیاه میزبان در حشره گیاه‌خوار، روی متابولیسم، اندازه، وزن هنگام ظهور، نسبت جنسی و زمان نشوونمای پارازیتوئیدها تأثیر می‌گذارد. این مطلب را می‌توان به گونه میزبان نیز بسط داد، به طوری که تفاوت در بیوشیمی گونه میزبان (چه در میزبان‌هایی که از

براکنید *Diaeretiella rapae* (McIntosh) انجام دادند و مشاهده کردند که سرعت نشوونما و درصد پارازیتیسیم در میزبان بزرگ‌تر یعنی *M. persicae* بیشترین بود ولی نسبت جنسی، تفریح و طول عمر بین سه گونه تفاوت معنی‌داری نداشت. سیدنی و همکاران (2010) نیز طی یک بررسی چند گونه‌شته *Aulacorthum solani* (Kaltenbach)، *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) و *Acyrtosiphon kondoi* Shinji را در معرض زنبور پارازیتوئید براکنید *Aphidius ervi* Haliday قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که زنبور، شته‌های کوچک *A. kondoi* را به‌عنوان میزبان ترجیح نمی‌دهد و میزان پارازیتیسیم و اندازه نتاج حاصل از این میزبان به‌طور معنی‌داری پایین بود. دو شته دیگر و به‌ویژه *M. euphorbiae* که بزرگ‌ترین شته بود، میزبان مناسبی برای این زنبور بودند. به‌دلیل تفاوتی که در شایستگی نتاج زنبور از اختلاف بین گونه میزبان‌ها پدید می‌آید، زنبور مادر مناسب‌ترین میزبان را برای تخم‌ریزی انتخاب می‌کند. در یک آزمایش مشابه دیگر سامپایو و همکاران (2008) پنج گونه شته را به‌عنوان میزبان در معرض زنبور براکنید *Aphidius colemani* Viereck قرار دادند و شتهی *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) را مناسب‌ترین میزبان و *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) را نامناسب‌ترین آن‌ها یافتند. این دو میزبان به‌ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین گونه بودند. آن‌ها عنوان کردند که کیفیت غذایی گونه‌های مختلف، بیش از اندازه میزبان در موفقیت پارازیتیسیم مهم است، زیرا *M. persicae* با داشتن اندازه مشابه با *R. maidis* درصد پارازیتیسیم پایین‌تری را نشان داد.

هاروی و گولز (1998) نیز با انجام مطالعه‌ای درباره نشوونمای زنبور *Muscidifurax raptorellus* (Hym.: Pteromalidae) روی دو گونه مگس میزبان، *Musca domestica* Linnaeus با تخم‌های کوچک‌تر و *Calliphora vomitoria* Linnaeus با تخم‌های درشت‌تر، به این نتیجه رسیدند که تفاوت میزبانی می‌تواند سرعت نشوونما و نسبت جنسی را تحت تأثیر قرار دهد. آن‌ها مشاهده کردند که زنبور، در تخم‌های کوچک‌تر میزبان تعداد تخم کمتری می‌گذارد و بیشتر نتاج نر تولید می‌کند.

کرج، کمال‌آباد و فشنند. پایان نامه کارشناسی ارشد حشره شناسی کشاورزی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.

ایرانی پور ش، خرازی پاکدل ع، اسماعیلی م و رجبی غ، 1377. معرفی دو گونه از زنبورهای انگل تخم سن‌های پنتاتومید از جنس (*Trissolcus* (Hym., Scelionidae) برای ایران. جلد 1-آفات، صفحه 4 خلاصه مقالات سیزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، آموزشکده کشاورزی کرج.

ایرانی پور ش، خرازی پاکدل ع، رجبی غ، رسولیان غ و کریم مجنی ح، 1381. تلفات ویژه سنی و تغییرات سرعت نشوونمای مراحل نابالغ سن گندم *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) در چهار دمای ثابت آزمایشگاهی. آفات و بیماریهای گیاهی، جلد 70 شماره 2، صفحه‌های 1 تا 17.

حوقشناس ع، 1383. حفظ و حمایت از زنبورهای پارازیتوئید سن گندم (*Eurygaster integriceps* Put.) در استان چهارمحال و بختیاری. جلد 1- آفات، صفحه 5 خلاصه مقالات شانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشگاه تبریز، تبریز.

خانجانی م، 1383. آفات گیاهان زراعی ایران. انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.

رجبی غ، 1382. اکولوژی حشرات با توجه به شرایط ایران و با تأکید بر نکات کاربردی. انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران.

رجبی غ و امیرنظری م، 1367. بررسی زنبورهای پارازیت تخم سن گندم در بخش مرکزی فلات ایران. آفات و بیماریهای گیاهی، جلد 56، صفحه‌های 1 تا 12.

شجاعی م، 1347. نتایج بررسی فون زنبورهای پارازیت شجاعی (Hym., Terebrants) در ایران و اهمیت استفاده از آن-ها در مبارزه بیولوژیک. صفحه‌های 178 تا 184 گزارش اولین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.

شجاعی م، 1367. حشره شناسی (جلد 3- اتولوژی، زندگی اجتماعی، دشمنان طبیعی «مبارزه بیولوژیک»). انتشارات دانشگاه تهران.

غذای مشترکی استفاده می‌کنند مانند دو گونه گرافوزوما در این بررسی و چه آن‌هایی که از غذاهای متفاوت تغذیه می‌نمایند مانند سن گندم در مقایسه با گرافوزوما) سبب تغییر زمان نشوونمای پارازیتوئید می‌شود. آزمایش برادفورد (1976) نیز پایه بیوشیمیایی این تغییر را تأیید می‌نماید. ناتان و همکاران (2006) نیز با پرورش *Corecra cephalonica* (Stainton) (Lep.: Galleridae) روی چهار گونه از غلات (ارزن، گندم، برنج و سورگوم)، نتایج مشابهی را در گونه‌های گیاه‌خوار در ارتباط با محتوای لیپید جیره مشاهده نمودند. آن‌ها هم-چنین نشان دادند که شب‌پره‌های پرورش یافته روی ارزن، میزبان مناسب‌تری برای زنبور *Trichogramma chilonis* Ishii می‌باشند.

به‌عنوان جمع‌بندی باید اظهار داشت که دما و غذا دو عامل اصلی تأثیرگذار بر نشوونمای حشرات هستند که در تمام حشرات اعم از گیاه‌خوار و پارازیتوئید تأثیر می‌گذارند. اثر تغذیه در پارازیتوئید از طریق میزبان اعمال می‌شود که کیفیت بیوشیمیایی آن در سرعت نشو و نما اثر می‌گذارد. این مسأله از طریق گونه‌های مختلف میزبان یا نوع غذایی که یک میزبان از آن تغذیه می‌کند حاصل می‌شود. درضمن، در شرایط دمایی متفاوت، میزبان‌های مختلفی مزیت پیدا می‌کنند که می‌تواند در انتخاب میزبان مناسب برای شرایط متفاوت تعیین‌کننده باشد.

سپاسگزاری

هزینه‌ی این بررسی از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تبریز تأمین گردید. از مرکز تحقیقات پزشکی دارویی پشمینه به‌خاطر یاری در تجزیه محتوای پروتئین تخم‌های میزبان و دکتر داوود محمدی به‌دلیل مساعدت-های ارزنده قدردانی می‌گردد.

منابع

ایرانی پور ش، 1375. بررسی تغییرات فصلی جمعیت زنبورهای پارازیتوئید تخم سن گندم *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) در

- فرحبخش ق، 1340. فهرست آفات مهم و فرآورده‌های کشاورزی ایران. نشریه حفظ نباتات، وزارت کشاورزی، 1: 153.
- مدرس اول م، 1373. فهرست آفات کشاورزی ایران و دشمنان طبیعی آن‌ها. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- نوزاد بناب ز، 1387. اثر دما روی نشوونما، زادآوری و طول عمر پارازیتوئید تخم سن گندم *Trissolcus grandis* Thomson (Hym: Scelionidae). پایان نامه کارشناسی ارشد حشره شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- Ashmead (Hym: Scelionidae) in the field. *Scientia Agricola* 55: 43-47.
- Davies AP, Ceballo FA and Walter GH, 2004. Is the potential of *Coccidoxenoides perminutus*, a mealybug parasitoid, limited by climatic or nutritional factors? *Biological Control* 31: 181-188.
- Dent DR, 1997. Quantifying insect populations: estimate and parameters. Pp. 57-109 In: Dent DR and Walton MP (eds.), *Methods in Ecological and Agricultural Entomology*. CAB International, Wallingford, UK.
- El-Bouhssini M, Abdulhai M and Bobi A, 2004. Sunn pest (Hemiptera: Scutelleridae) oviposition and egg parasitism in Syria. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7: 934-936.
- Godfray HCJ, 1994. *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- Greenblatt JA and Barbosa P, 1981. Effects of hosts diet on two pupal parasitoids of the gypsy moth: *Brachymeria intermedia* (Nees) and *Coccygommimus turionellae* (L.). *Journal of Applied Ecology* 18: 1-10.
- Iranipour S, Nozad BZ and Michaud JP, 2010. Thermal requirements of *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae), egg parasitoid of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae). *European Journal of Entomology* 107: 47-53.
- Häckermann J, Rott AS and Dorn S, 2007. How two different host species influence the performance of a gregarious parasitoid: host size is not equal to host quality. *Journal of Animal Ecology* 76: 376-383.
- Hamilton, WD, 1967. Extraordinary sex ratios. *Science* 156: 477-488.
- Harvey JA and Gols GJZ, 1998. The influence of host quality on progeny and sex allocation in the pupal ectoparasitoid, *Muscidifurax raptorellus* (Hym.:
- Andrewartha HG and Birch LC, 1954. *The Distribution and Abundance of Animals*. University of Chicago Press, Chicago.
- Arakawa R and Namura Y, 2002. Effects of temperature on development of three *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae), egg parasitoids of the brown marmoratid stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Entomological Science* 5: 215-218.
- Austin AD, 2008. The fecundity, development and host relationships of *Ceratobaeus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae), parasites of spider eggs. *Ecological Entomology* 9: 125-138.
- Barbosa P, Saunders JA and Waldvogel M, 1982. Plant-mediated variation in herbivore suitability and parasitoid fitness. Pp. 63-71 *Proceedings of 5th International Symposium of Insect-Plant Relationships*, Wageningen.
- Bradford MM, 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review of Biochemistry* 72: 248-254.
- Bueno RCO, Carneiro TR, Pratisoli D, Bueno ADF and Fernandes A, 2008. Biology and thermal requirements of *Telenomus remus* reared on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* eggs. *Ciência Rural, Santa Maria* 33: 1-6.
- Canto-Silva CR, Romanowski HP and Redaelli LR, 2005. Effect of temperature on the development and viability of *Gryon gallardoi* (Brethes) (Hymenoptera: Scelionidae) parasitizing *Spartocera dentiventris* (Berg) (Hemiptera: Coreidae) eggs. *Brazilian Journal of Biology* 65: 78-83.
- Cividanes FJ, Figueiredo JG and Carvalho DR, 1998. Prediction of the emergence of *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) and *Telenomus podisi*

- Pteromalidae). *Bulletin of Entomological Research* 88: 299-304.
- Harvey JA, Harvey IF and Thompson DJ, 1995. The effect of host nutrition on growth and development of the parasitoid wasp *Venturia canescens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75: 213-220.
- James DG and Warren GN, 1991. Effect of temperature on development, survival, longevity and fecundity of *Trissolcus oenone* Dodd (Hym.; Scelionidae). *Australian Journal of Entomology* 30: 303-306.
- Jaros'ik V, Holy I, Lapchin L and Havelka J, 2003. Sex ratio in the aphid parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) in relation to host size. *Bulletin of Entomology Research* 93: 255-258.
- Jervis MA and Copland MJW, 1996. The life cycle. Pp: 63-161 In: Jervis MA and Kidd NAC (eds) *Insect Natural Enemies: Practical Approaches to Their Study and Evaluation*. London, Chapman and Hall.
- Karasavuran Y, 1999. *Graphosoms semipunctatum* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae) un bazı biyolojik özellikleri üzerine sıcaklığın etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 23: 277-287.
- Kivan M, 2008. Development rate and lower temperature threshold in the eggs of *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutelleridae). *Insect Science* 15: 163-166.
- Kivan M and Kiliç N, 2006a. A comparison of the development time of *Trissolcus rufiventris* (Mayr) and *Trissolcus simoni* Mayr (Hym.: Scelionidae) at three constant temperatures. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30: 383-386.
- Kivan M and Kiliç N, 2006b. Age-specific fecundity and life table of *Trissolcus semistriatus*, an egg parasitoid of the sunn pest *Eurygaster integriceps*. *Entomological Science* 9: 39-46.
- Koçak E and Kiliç N, 2003. Taxonomic studies on *Trissolcus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae), egg parasitoids of the sunn-pest (Hemiptera: Scutelleridae: *Eurygaster* sp.) in Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 27: 301-317.
- Kozlov MA and Kononova SV, 1983. Telenominae of the Fauna of the USSR. Nauka, Leningrad. [in Russian].
- Liu Z, Xu B, Li L and Sun J, 2011. Host-size mediated trade-off in a parasitoid *Sclerodermus harmandi*. *PLoS ONE* 6: 32-40.
- Mackauer M, Michaud JP and Völkl W, 1996. Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera; Aphidiidae): host recognition, host quality, and host value. *The Canadian Entomologist* 128: 959-980.
- Nathan SS, Kalaivavi KK, Mankin RW and Murugan K, 2006. Effects of millet, wheat, rice and sorghum diets on development of *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lep.: Galleridae) and its suitability as a host for *Trichogramma chilonis* Ishii (Hym.: Trichogrammatidae). *Environmental Entomology* 35: 784-788.
- Nozad BZ and Iranipour S, 2009. Seasonal changes in egg parasitoid fauna of sunn-pest *Eurygaster integriceps* Puton in wheat fields of new Bonab county, Iran. Pp.159-160 Proceedings of 6th Asia-Pacific Congress of Entomology, 18-22 October, Beijing, China..
- Oncuer C and Kivan M, 1995. Determination and distribution of *Eurygaster* Lap. species and the biology and natural enemies of *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) in Tekirdağ and surroundings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 19: 223-230.
- Orr DB, Boethel DJ and Jones WA, 1985. Development and emergence of *Telenomus chloropus* and *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae) at various temperatures and relative humidities. *Annals of the Entomological Society of America* 78: 615-619.
- Radziwili A. 1987. *Ecology of Forest Insects*. DRW Junk Publishers, London, UK.
- Roitberg BD, Boivin G and Vet L, 2001. Fitness, parasitoids, and biological control: an opinion. *The Canadian Entomologist* 133: 429-438.
- Ruberson JR, Tauber CA and Tauber MJ, 1995. Developmental effects of host and temperature on *Telenomus* spp. (Hym.; Scelionidae) parasitizing chrysopid eggs. *Biological Control* 5: 245-250.
- Sadoyama Y. 2007. Effects of temperature on the development of *Eumicrosoma blissae* (Hymenoptera: Scelionidae), an egg parasitoid of the oriental chinch bug, *Cavelerius saccharivorus* Okajima (Heteroptera: Lygaeidae). *Japanese Society of Applied Entomology and Zoology* 42: 613-617.
- Sagarra LA, Vincent C and Stewart RK, 2001. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bulletin of Entomology Research* 91: 363-367.
- Salerno G, Conti E, Peri E, Colazza S and Bin F, 2006. Kairomone involvement in the host specificity of the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). *European Journal of Entomology* 103: 311-318.
- Sampaio MV, Bueno VHP and De Conti BF, 2008. The effect of the quality and size of host aphid species on the biological characteristics of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *European Journal of Entomology* 105: 489-494.

- SAS Institute 1999: SAS/STAT User's Guide, Version 9.1.SAS. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Scriber JM and Slansky K, 1981. The nutritional ecology of immature insects. Annual Review of Entomology 26: 183-211.
- Sequeira R and Mackauer M, 1993. Nutritional ecology of an insect host-parasitoid association: The pea aphid-*Aphidius ervi* system. Ecology 73: 183-189.
- Shahayaraj K and Sathiamoorthi P, 2002. Influence of different diets of *Corcyra cephalonica* on life history of a reduviid predator *Rhynocoris morganotus* (Fab.). Center of European Agriculture 3: 53-61.
- Sidney LA, Bueno VHP, Lins Jr, JC, Silva DB and Sampaio MV, 2010. Quality of different aphids species as hosts for the parasitoid *Aphidius ervi* Haliday (Hym.: Braconidae: Aphidiinae). Neotropical Entomology 39: 45-56.
- Silva RJ, Cividanes FJ, Pedroso EC and Sala SR, 2011. Host quality of different aphid species for rearing *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae). Neotropical Entomology 40: 477-482.
- Şimşek N, Güllü M and Yaşarbaş M, 1994. Investigation on the sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) natural enemies and their effectiveness in Mediterranean region, Turkey. Pp 155-164 in 3. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak, İzmir, Türkiye.
- Torres JB, Musolin DL and Zanuncio JC, 2002. Thermal requirements and parasitism capacity of *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) (Hym: Scelionidae) under constant and fluctuating temperatures, and assessment of development in field conditions. Biological Science and Technology 12: 583-593.
- Varley GC, Gradwell GR and Hassell MP, 1973. Insect Population Ecology, an Analytical Approach. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Vinson SB, 1988. Physiological studies of parasitoids reveal new approaches to the biological control of insect pests. ISI Atlas of Science 1: 25-32.
- Vinson SB and Iwantsch GF, 1980. Host suitability for insect parasitoids. Annual Review of Entomology 25: 397-419.
- Yeargan KV, 1983. Effect of temperature on developmental rate of *Trissolcus euschiti* (Hymenoptera: Scelionidae), a parasite of stink bug eggs. Annals of the Entomological Society of America 76: 757-760.

Development of *Trissolcus grandis* (Thomson) (Hymenoptera: Scelionidae) on Two Factitious Hosts *Graphosoma lineatum* (L.) and *G. semipunctatum* (F.) (Hemiptera: Scutelleridae) at Three Constant Temperatures

Z Nozad Bonab¹ and S Iranipour^{2*}

¹PhD Student of Agricultural Entomology, Dept of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²Associate Professor, Dept of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding author: shiranipour@tabrizu.ac.ir

Received: 12 Aug 2012

Accepted: 22 Dec 2012

Abstract

Trissolcus grandis (Thomson) is the most important egg parasitoid of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton in Iran that easily reared on some other pentatomid eggs such as *Graphosoma* spp. both in laboratory and field conditions. In this study, two factitious hosts, *G. lineatum* (L.) and *G. semipunctatum* (F.) were compared in their effect on development and fecundity of *T. grandis* under three constant temperatures 23, 26 and 29 ± 1 °C, 50 ± 10% RH, and 16L: 8D h photoperiod. Thermal threshold of the wasp was estimated 17.11 and 16.82 °C for males and females reared on *G. semipunctatum*, and 18.82 and 18.47 °C for those reared on *G. lineatum*, respectively. Moreover, thermal constant was obtained as 97.09, 109.89, 76.33 and 91.74 day-degrees for the same treatments, respectively. Titration total protein contents of the eggs in these hosts as well as target host, *E. integriceps* revealed that more than 99% of variations in thermal requirements of *T. grandis* among the hosts can be attributed to the protein content of eggs alone. Regression lines of developmental rate of the parasitoid met on temperature around 26.5 °C that may imply this temperature provides the highest fitness for the parasitoid, as the effect of host disappears and no advantage remains among the hosts. In this temperature, the parasitoid develops by the same rate in all three hosts. The highest value of fecundity was revealed 109.4 ± 12.65 on *G. semipunctatum* and 91.9 ± 10.36 on *G. lineatum* that obtained at 26 and 29 °C, respectively.

Keywords: Development, Host effect, Thermal requirements, Total protein, *Graphosoma*, *Trissolcus grandis*