

ترجیح میزبانی و سوئیچینگ زنبور *Trissolcus vassilievi* بین دو جمعیت میزبان

پریسا بنامولایی^{۱*}، شهزاد ایرانی‌پور^۲، شهریار عسگری^۳

۱- گروه علوم جانوری، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران

* مسئول مکاتبات: پریسا بنامولایی، پست الکترونیک: P.benamolaei@tabrizu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۹

۴۲-۲۷(۲)

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۲۲

چکیده

انتخاب میزبان به وسیله پارازیتوئیدها اثرات حیاتی روی شایستگی آن‌ها دارد. زنبور پارازیتوئید *Trissolcus vassilievi* (Mayr) (Hym., Platygastridae)، یکی از گونه‌های با پتانسیل زیستی بالا در کنترل سن گندم می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است که تفاوت‌های جزئی بین جمعیت‌های مختلف میزبان می‌تواند موجب برتری نسبی پارازیتوئیدهایی شود که در میزبان‌های بزرگ‌تر نشوونما می‌نمایند. در این تحقیق، ترجیح میزبانی و رفتار سوئیچینگ دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* به دو جمعیت میزبان در نسبت‌های ۵:۱، ۴:۲، ۳:۳، ۲:۴ و ۱:۵ دسته تخم بررسی شد. جمعیت‌های تبریز و ورامین هم برای میزبان و هم برای زنبور به کار رفتند. اندازه‌گیری قطر و وزن تخم سن گندم نشان داد که وزن تخم به‌طور معنی‌داری در جمعیت تبریز کمتر از جمعیت ورامین بود. هم‌چنین زنبورهای ورامین بزرگ‌تر از زنبورهای تبریز و زنبورهای حاصل از تلاقی آن‌ها، نزدیک به جمعیت مادری بودند. تجزیه داده‌های ترجیح میزبانی و بررسی سوئیچینگ نشان داد که با توجه به مقادیر c_1 (شاخص ترجیح سن گندم تبریز) و c_2 (شاخص ترجیح سن گندم ورامین)، جمعیت ورامین زنبور *T. vassilievi* ترجیح منفی به تخم سن تبریز و ترجیح مثبت به تخم سن ورامین دارد، اما آزمون t مشخص کرد که این ترجیح معنی‌دار نیست. تجزیه رگرسیون خطی نیز نشان داد که تغییرات c با نسبت دو میزبان در هر دو مورد معنی‌دار است که مؤید وجود سوئیچینگ می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت که زنبور تفاوتی بین تخم‌های دو جمعیت قائل نشده و تفاوت‌های بین جمعیتی میزبان در حدی نیست که ترجیح میزبانی پارازیتوئید را تحت تأثیر قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: سن گندم، شاخص ترجیح، رفتار سوئیچینگ، اندازه تخم، اندازه زنبور

مقدمه

با کیفیت بالا در دسترس نباشند، پارازیتوئید می‌تواند یا میزبان با کیفیت پایین را انتخاب کند یا جستجو برای پیدا کردن میزبان خوب را ادامه دهد (van Alphen & Vet, 1986). طیف میزبانی زنبورهای خانواده Platygastridae بسیار تخصصی است و گونه‌های مختلف آن میزبان‌های محدود و خاصی را پارازیت می‌کنند (Davachi & Shojaei, 1969). در جنس *Trissolcus* درجات مختلف انگلی از منوفاژی بسیار محدود تا آلیگوفازی بسیار وسیع مشاهده می‌شود که حتی چندین خانواده از Pentatomoidea را در برمی‌گیرد. بعضی گونه‌ها که دامنه میزبان‌گزینی آن‌ها بسیار وسیع است

با توجه به این که مراحل نابالغ زنبورهای پارازیتوئید در بدن میزبان محصور شده‌اند شانس بقا و فعالیت تولیدمثلی ماده‌های آن‌ها به تصمیم والدین آن‌ها برای انتخاب میزبان بستگی دارد (Godfray, van Alphen & Visser, 1990). پارازیتوئیدهایی که در میزبان‌های (Vinson, 1998؛ 1994). پارازیتوئیدهایی که در میزبان‌های با کیفیت بالا رشد می‌کنند، زنده‌مانی و باروری بیشتری در مقایسه با زنبورهایی دارند که در میزبان‌های با کیفیت پایین رشد می‌کنند، زیرا منابع غذایی فراوانی در اختیار دارند (King, 2000؛ Bernal et al., 1999). زمانی که میزبان‌های

تخم‌های سن گندم و سن *G. lineatum* برای تعیین تناسب میزبانی آن‌ها توسط عسگری (Asgari, 2004a) مشخص نمود که جمعیت زنبورهای پرورش یافته روی تخم سن گندم با نرخ‌های رشد و تولیدمثل بیشتر و مدت زمان رشد کوتاه‌تر، بهتر از زنبورهای پرورش یافته روی تخم‌های سن *G. lineatum* بودند و چنین نتیجه‌گیری کردند که سن گندم نسبت به سن *G. lineatum* میزبان کارآمدتری برای پرورش انبوه زنبور می‌باشد.

بررسی ترجیح میزبانی *T. semistriatus* توسط کیوان و کیلیچ (Kivan & Kiliç, 2002) روی تخم میزبان‌های مختلف از ناجوربالان نشان داد زمانی که هر یک از میزبان‌های *Dolycoris baccarum* (L.)، *E. integriceps*، *G. lineatum* و *Carpocoris pudicus* (Poda) *G. lineatum* *Holcostethus vernalis* (Wolff) به‌طور جداگانه در اختیار زنبور قرار گرفتند، میزان پارازیتسم تخم به ترتیب ۸۸/۶، ۸۳/۶، ۹۴/۸، ۸۷/۳ و ۸۰/۸٪ و تنها در مورد سن *Eurydema ornatum* (L.) ۲۴ درصد بود. میزان خروج حشرات کامل نیز به همین ترتیب بود. هیچ تخمی از *N. viridula* توسط این زنبور پارازیت نشد و مشخص شد که *G. lineatum* مناسب‌ترین میزبان برای تولید انبوه این زنبور است. اسلام اوغلو (Islamoglu, 2010) ترجیح میزبانی زنبورهای *T. semistriatus* و *T. festivaе* (Viktorov) را متمایل به سن گندم گزارش کرد و تخم‌های *D. baccarum* (Boh)، *Aelia rostrata* و *E. ornatum* در اولویت‌های بعدی قرار داشتند. گوزوآچیک و ییگیت (Gözüaçık & Yiğit, 2011) ترجیح میزبانی *T. semistriatus* را نسبت به تخم‌های *H. vernalis*، *D. baccarum*، *E. integriceps* و *Piezodorus lituratus* (F.) در شرایط آزمایشگاهی با آزمایش‌های دارای حق انتخاب مورد ارزیابی قرار دادند. به این منظور تخم سن‌های اشاره شده به مدت هشت روز در معرض زنبور قرار گرفتند و میانگین پارازیتسم تخم در این میزبان‌ها به ترتیب $45/1 \pm 7/3$ درصد، $29/4 \pm 2/8$ درصد، $15/6 \pm 2/8$ درصد، $5/7 \pm 6/3$ درصد و $4/6 \pm 1/9$ درصد برآورد شد. نتایج مشخص نمود که سن

گاهی از تخم‌گذاری در تخم سایر سن‌های همان خانواده امتناع می‌کنند. درحالی‌که در تخم سن‌های خانواده‌های دیگر به آسانی تخم‌گذاری می‌کنند. هم‌چنین با توجه به مشخصات مناطق زندگی زنبورهای پارازیتوئید تخم سن، برخی گونه‌ها مانند *Trissolcus grandis* (Thomson)، *T. djadetschko* (Rjachovsky)، *T. semistriatus* (Nees) و *T. vassilievi* (Mayr) به‌طور معمول روی تخم سن‌های *Eurygaster* و *Aelia* زندگی می‌کنند و برخی دیگر مانند *T. basalis* (Wollaston)، *T. rufiventris* (Mayr)، *T. histani* (Voegelé)، *T. ghorfii* (Delucchi & Voegelé) و *Aelia* spp. روی تخم سن‌های فراوان‌تر هستند. درحالی‌که *T. pseudoturesis*، *T. reticulatus* و *T. volgensis* (Viktorov)، Rjachovsky (Delucchi) تخم سن *Eurygaster* را ترجیح می‌دهند. این طبقه‌بندی فقط تمایل برخی از گونه‌های زنبور را در مقابل بعضی از سن‌ها نشان می‌دهد (Safavi, 1973). در آزمایشگاه گونه‌های مختلف *Trissolcus* قادرند در صورت نبودن میزبان مناسب به اجبار تخم سایر گونه‌های مجاور را پارازیته کنند (Radjabi, 1993). عسگری و صحراگرد (Asgari & Sahragard, 2002) بیان کردند که تخم سن گندم نسبت به تخم سن *Graphosoma lineatum* (L.) برای تکثیر زنبور *T. semistriatus* مناسب‌تر است. عسگری (Asgari, 2004b) با بررسی ترجیح نسل سوم زنبور *T. semistriatus* بین دو میزبان *Eurygaster integriceps* و Puton و سن *G. lineatum* در شرایط آزمایشگاه، شاخص ترجیح سن $G. lineatum$ ، c_1 و سن گندم، c_2 را به ترتیب در زنبورهای پرورش یافته روی سن $G. lineatum$ ، $0/86$ و $1/48$ و در زنبورهای حاصل از سن گندم، $0/95$ و $1/25$ بیان کرد که هر دو گروه زنبور ترجیح مثبت به تخم سن گندم ($c_2 > 1$) و ترجیح منفی به تخم سن $G. lineatum$ ($c_1 < 1$) نشان دادند. در هر دو گروه، تغییر مقادیر c_1 و c_2 با تغییر تراکم نسبی میزبان‌ها نشانگر وجود پدیده سوئیچینگ بود. با افزایش نسبی هر یک از میزبان‌ها میزان ترجیح به آن در هر دو گروه زنبور کاهش یافت (سوئیچینگ منفی). هم‌چنین مقایسه فراسنجه‌های جمعیتی این زنبور روی

تخم سن گندم و سن *G. lineatum*، میانگین طول ساق عقبی ماده‌ها و نرهای گروه اول را به ترتیب ۰/۴۲۲ و ۰/۳۸۶ میلی‌متر و گروه دوم را به ترتیب ۰/۴۱۵ و ۰/۳۸۵ میلی‌متر بیان کرد که این مقادیر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. آراکاوا و همکاران (Arakawa et al., 2004) در بررسی اثر اندازه تخم میزبان‌های مختلف روی اندازه بدن، زادآوری و طول عمر زنبور *T. mitsukurii* (Ashmead) نشان دادند که زنبورهای نر و ماده خارج شده از تخم میزبان بزرگ‌تر، اندازه بزرگ‌تری دارند. پارازیتویدهای با جثه بزرگ‌تر، طول عمر بیشتر و ماده‌های بزرگ‌تر زادآوری بیشتری داشتند. مسأله قابل توجه این است که زنبورهای پرورش یافته روی میزبان‌های بزرگ‌تر ممکن است میزبان‌های کوچک را در مزرعه پارازیته نکنند و این موضوع در مه‌ار زیستی باید مد نظر قرار گیرد.

در این پژوهش، تفاوت درون گونه‌ای میزبان (دو جمعیت سن گندم از تبریز و ورامین) روی زنبور *T. vassilievi* مورد بررسی قرار گرفت و از آنجایی که بخشی از تفاوت‌های بین جمعیت‌های پارازیتوید ممکن است مستقل از میزبان و مربوط به خزانه ژنتیکی خود پارازیتوید باشد، دو جمعیت از زنبور نیز از همان مکان‌ها مورد آزمایش قرار گرفتند تا اثر میزبان از تفاوت‌های ذاتی جمعیت‌های خود زنبور تفکیک شوند. به علاوه اندازه‌گیری جثه زنبور در جمعیت‌های حاصل از تلاقی‌های غیرخویشاوندی بین دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* روی یک میزبان واحد نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و تخم‌گیری از سن گندم

Eurygaster integriceps Puton

حشرات کامل سن گندم در پایان زمستان گذرانی و قبل از ریزش به مزارع، از کوه‌های اطراف تبریز و ورامین در چندین نوبت جمع‌آوری شدند. جمع‌آوری حشرات کامل پس از ریزش سن‌ها به مزارع نیز ادامه یافت. برای پرورش و تخم‌گیری از هر دو جمعیت سن گندم از روش زمردی (۱۹۶۱) با شرایط ذکر شده در بنامولایی و همکاران

گندم مناسب‌ترین گونه برای پارازیتوید فوق بوده و گونه *D. baccarum* در مرحله بعدی قرار دارد.

شایستگی پارازیتویدها تحت تأثیر جثه آن‌ها و جثه آن‌ها نیز به نوبه خود تحت تأثیر مطلوبیت میزبان قرار می‌گیرد. درشتی و بیوشیمی میزبان از مواردی هستند که مطلوبیت میزبان را تعیین می‌نمایند. شکل بدن زنبورهای پارازیتوید خانواده *Platygastridae* و شکل و اندازه میزبان‌های آن‌ها تنوع ظاهری زیادی دارند (Charles et al., 2005). وجود همبستگی مثبت بین اندازه میزبان و اندازه پارازیتوید در برخی پارازیتویدها ثابت شده است (King, 1987). اندازه زنبورهای *Trissolcus* مانند بسیاری از زنبورهای پارازیتوید بستگی کاملی به حجم تخم میزبان دارد (Safavi, 1973; Visser, 1994). زنبورهای *Trissolcus grandis* به دست آمده از تخم‌های *Apodiphus amygdali* (Germer) (*Stollia inconspicua* (Herrich & Schsffer) و *Eurygaster integriceps* Puton در آزمایشگاه از نظر اندازه، اختلاف قابل ملاحظه‌ای نشان دادند. به طوری که زنبورهای حاصل از تخم‌های کوچک‌تر جثه کوچک‌تری داشتند. هم‌چنین به گفته فلاندرز (۱۹۳۵) و سالت (۱۹۴۱) (به نقل از: Safavi, 1973) زنبورهای بزرگ‌تر به طور معمول از تخم‌گذاری در تخم میزبان‌هایی که خیلی کوچک‌تر از اندازه آن‌ها باشد خودداری می‌کنند. این قاعده در زنبورهای *Trissolcus* به خوبی صدق می‌کند. زنبور *T. vassilievi* حاصل از تخم سن *A. amygdali* نمی‌تواند در تخم *S. inconspicua* تخم‌گذاری کند. در صورتی که افراد حاصل از تخم سن‌های *Aelia* که حجم آن مابین دو میزبان فوق است، قادر به پارازیته کردن تخم سن *Stollia* می‌باشند (Safavi, 1973). اللهیاری توانست به طور موفق دو گونه از زنبورهای *Trissolcus* را روی تخم‌های سن *Podisus maculiventris* Say پرورش دهد (Allahyari, 1999). نتایج حاصل از این پرورش در مورد زنبورهای *T. grandis* و *T. vassilievi* به ترتیب ۱۱ و هفت درصد کوچک‌تر از نتایج پرورش یافته روی تخم سن گندم بودند که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود. عسگری (2002) در بررسی جثه زنبورهای *T. semistriatus* (Nees) حاصل از

ماده و ۴۰ عدد زنبور نر نسل سوم از هر جمعیت به طور تصادفی انتخاب و طول ساق پای راست عقبی به عنوان بزرگترین قطعه یک تکه بدن که اندازه گیری آن آسان می باشد و همچنین عرض کپسول سر آن ها از دید پشتی به عنوان معیاری از اندازه بدن زنبور در نظر گرفته شد. اندازه گیری جثه زنبورها پس از مرگ آن ها با استفاده از عدسی و لام مدرج با استفاده از میکروسکپ (OLYMPUS CH30) انجام شد. بدین منظور ابتدا میکروسکپ با استفاده از عدسی و لام مدرج (Made by Graticules LTD.) (England, 100×0.01=1 mm) کالیبره و سپس ساق پا و کپسول سر از بدن زنبور جدا شدند. در نهایت، داده ها بر مبنای بزرگنمایی میکروسکپ به میلی متر تبدیل شدند. برای تجزیه های آماری از نرم افزار SPSS استفاده شد. تجزیه واریانس دو عاملی (ANOVA two factor) با دو عامل جنسیت (نر و ماده) و جمعیت (تبریز و ورامین) و مقایسه میانگین ها با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

ترجیح میزبانی و سوئیچینگ دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* بین دو جمعیت میزبان

برای بررسی ترجیح میزبانی دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* بین دو جمعیت تخم سن گندم و ورامین و تبریز، نوارهای کاغذی حاوی تخم میزبان تهیه شد که هر نوار تخم حاوی شش دسته تخم تازه ۲۴ ساعته سن های تبریز و ورامین در نسبت های ۵:۱، ۴:۲، ۳:۳، ۲:۴ و ۱:۵ بود. این دسته تخم ها داخل لوله های آزمایش مجزا (۱۰×۱/۵ سانتی متر) در ۱۰ تکرار در شرایط اتاقک رشد (۱±۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۵ درصد و دوره ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی در شبانه روز) در اختیار زنبورهای ماده بارور تغذیه کرده ۲۴ ساعته نسل سوم از هر جمعیت قرار داده شدند. پس از ۲۴ ساعت زنبورها از لوله های آزمایش حذف و تخم ها تا زمان خروج زنبورها داخل لوله های آزمایش جداگانه در شرایط استاندارد نگهداری شدند. در نهایت، تعداد تخم های پارازیت شده، تعداد نر و ماده خارج شده و تاریخ خروج زنبورها به تفکیک هر جمعیت میزبان ثبت شد.

(Benamolaei *et al.*, 2015b) استفاده شد. این حشرات در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۴۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در یکی از واحدهای گلخانه گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز نگهداری شدند.

جمع آوری، نگهداری و پرورش زنبور پارازیتوید *Trissolcus vassilievi* (Mayr)

زنبورهای *T. vassilievi* دو جمعیت تبریز (m AMSL) و ورامین (۳۸N؛ ۴۶E؛ ۹۱۸ m AMSL؛ ۵۱°E؛ ۳۵°N) از مزارع گندم، با استفاده از تله های تخم میزبان جمع آوری شدند (Safavi, 1973؛ Javahery, 1978). پس از شناسایی و جداسازی گونه مورد نظر با استفاده از کلید شناسایی کوزلوف و کونونوا (Kozlov & Kononova, 1983)، زنبورها در شرایط استاندارد (دمای ۱±۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی در شبانه روز) نگهداری و تکثیر شدند (Benamolaei *et al.*, 2015b). زنبورها پس از خالص سازی روی تخم سن گندم تبریز و ورامین به طور جداگانه مورد اندازه گیری قرار گرفتند. اندازه گیری برای زنبورهای حاصل از تلاقی (ماده تبریز× نر ورامین و ماده ورامین× نر تبریز) نیز تنها برای زنبورهای رشد یافته روی سن های ورامین انجام شد.

اندازه گیری و مقایسه ی قطر و وزن تخم میزبان

به منظور مقایسه قطر تخم دو جمعیت، ۲۰ عدد تخم سن گندم ۲۴ ساعته متعلق به ۲۰ دسته تخم مختلف به طور تصادفی از هر جمعیت انتخاب و قطر آن ها با استفاده از عدسی و لام مدرج در زیر میکروسکوپ اندازه گیری شد. برای محاسبه وزن تخم، ۲۰ دسته تخم چهارده تایی سن گندم ۲۴ ساعته از هر جمعیت انتخاب و وزن هر دسته تخم با استفاده از ترازوی دیجیتالی (AND GF-600؛ e= 0.01g) and d= 0.001g اندازه گیری و سپس میانگین وزن یک عدد تخم محاسبه شد. تفاوت های احتمالی قطر و وزن تخم بین دو جمعیت با استفاده از آزمون t مورد مقایسه قرار گرفت.

اندازه گیری جثه زنبورها

برای اندازه گیری جثه زنبورهای نر و ماده تبریز و ورامین و زنبورهای حاصل از تلاقی بین آن ها ۴۰ عدد زنبور

تجزیه داده‌های ترجیح میزبانی و سوئیچینگ

برای تجزیه داده‌های ترجیح میزبانی و بررسی سوئیچینگ از دو روش مورداک (Murdoch, 1969) و کاک (Cock, 1978) استفاده شد. برای تعیین ترجیح نسبت به یکی از میزبان‌ها از شاخص ترجیح (میانگین نسبت میزبان‌های پارازیت شده) در تراکم‌های مساوی میزبان‌ها طبق رابطه مورداک (Murdoch, 1969) استفاده شد.

معادله ۱: $c_1 = \frac{E_1}{E_2}$ ، برای تعیین معنی‌دار بودن ترجیح، انحراف c_1 و c_2 از عدد یک (عدم ترجیح) با آزمون t انجام شد. مقدار c در تراکم‌های دیگر میزبان با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (van Alphen & Jervis, 1996).

معادله ۲: $c = \frac{N_2 E_1}{N_1 E_2}$ ، که در آن N_1 و N_2 تعداد دو نوع میزبان موجود در محیط، E_1 و E_2 تعداد میزبان پارازیت از هر جمعیت میزبان و c شاخص ترجیح (معیار مرکبی از ترجیح و احتمال رویارویی) می‌باشند. با توجه به مقدار c در تراکم‌های مساوی میزبان، اگر $c > 1$ باشد نشان‌گر ترجیح میزبان نوع دوم و اگر $c < 1$ باشد نشان‌گر ترجیح میزبان نوع اول است. برای رسم خطوط ترجیح سن گندم ورامین و تبریز در تراکم مساوی میزبان‌ها ($\frac{N_1}{N_2} = 1$) به ترتیب نقاط مربوط به نسبت تخم‌های پارازیت شده سن تبریز به سن ورامین ($\frac{E_1}{E_2}$) و نسبت تخم‌های پارازیت شده سن ورامین به سن تبریز ($\frac{E_2}{E_1}$) به مبدا مختصات وصل شد. ضریب زاویه خط اول شاخص ترجیح سن تبریز (c_1) و ضریب زاویه خط دوم شاخص ترجیح سن ورامین (c_2) از سوی زنبورها بود. برای بررسی رفتار سوئیچینگ، داده‌ها با استفاده از مدل no-switch یا صفر (Murdoch, 1969) تجزیه شدند:

$$P_1 = \frac{cF_1}{1 - F_1 + (cF_1)} \quad \text{معادله ۳}$$

P_1 = نسبت میزبان اول در بین تمام میزبان‌های پارازیت شده، F_1 = نسبت میزبان اول در محیط، c = شاخص ترجیح (معیار ترجیح و احتمال رویارویی با میزبان اول). به این ترتیب، پس از محاسبه مقدار c آن را در مدل قرار داده، مقادیر P_1 مورد انتظار حاصل می‌شود. سپس خط no-switch رسم شد.

در صورت قطع نمودن خط no-switch توسط خط میانگین داده‌های مشاهده‌ای، وجود تغییر رفتار (سوئیچینگ) تفسیر شد.

در روش دوم، ابتدا تعداد تخم پارازیت مورد انتظار N_a با توجه به تعداد قابل دسترس از هر میزبان (N_i) در تراکم‌های مختلف، با استفاده از پارامترهای واکنش تابعی (بنامولایی و همکاران، ۲۰۱۸) محاسبه و از روی آن نسبتی از هر میزبان که انتظار می‌رود در ترکیب میزبانی پارازیت شده برآورد و در برابر نسبت واقعی پارازیت شده از هر میزبان ترسیم شد. انحراف مشاهدات از مورد انتظار، مبنای قضاوت در مورد ترجیح قرار گرفت. در صورت عدم ترجیح باید نسبت تخم‌های پارازیت در تراکم مساوی، برابر باشد و در صورت نبود سوئیچینگ باید در تک تک تیمارها نسبت پارازیت‌تیسیم با نسبت میزبان در دسترس مساوی باشد و هرگونه انحراف معنی‌دار در مقایسه با این نسبت‌ها به معنی وجود ترجیح و سوئیچینگ خواهد بود. برای بررسی انحراف داده‌های نسبت پارازیت‌تیسیم دو میزبان از نسبت‌های موجود در آزمایش و نسبت‌های مورد انتظار از واکنش تابعی از آزمون کای اسکوئر پیرسون با $k-1$ درجه آزادی استفاده شد که k تعداد گروه‌های آزمایشی مورد مقایسه می‌باشد.

نتایج

اندازه‌گیری قطر و وزن تخم‌های دو جمعیت سن گندم

اندازه‌گیری تخم سن گندم برای هر دو جمعیت تبریز و ورامین نشان داد که میانگین قطر تخم سن تبریز 1.06 ± 0.06 و قطر تخم سن ورامین 1.07 ± 0.07 میلی‌متر است. آزمون t نشان داد که از این نظر اختلاف معنی‌داری بین دو جمعیت وجود ندارد. اما اندازه‌گیری وزن دسته تخم‌های دو جمعیت سن گندم اختلاف معنی‌داری را بین دو جمعیت زنبور نشان داد. میانگین وزن دسته تخم برای جمعیت تبریز و ورامین به ترتیب 1.05 ± 0.17 و 1.14 ± 0.23 میکروگرم بود. به این ترتیب، میانگین یک عدد تخم 0.75 ± 0.01 و 0.81 ± 0.02 میکروگرم برای سن گندم تبریز و ورامین محاسبه شد (جدول ۱).

زنبورها اثری روی کپسول سر آنها نداشته است. نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که زنبورهای تلاقی یافته هر جمعیت همراه با جمعیت مادری خود در یک گروه قرار می‌گیرند و در هر حالت کپسول سر جمعیت ورامین بزرگ‌تر از جمعیت تبریز است. مشابه همین حالت، ساق پای جمعیت‌های تلاقی یافته مشابه اندازه زنبورهای مادری خود می‌باشد و جمعیت ورامین نسبت به جمعیت تبریز ساق پای بلندتری دارد.

ترجیح میزبانی و سوئیچینگ زنبور *T. vassilievi* بین تخم‌های سن ورامین و تبریز

با ارائه نسبت‌های مختلفی از تخم سن گندم ورامین و تبریز به نسل سوم هر دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* میانگین نسبت تعداد تخم‌های پارازیت شده آنها محاسبه شد. جدول ۳ نسبت تخم‌های پارازیت‌شده دو میزبان را در نسبت‌های مختلف آنها نشان می‌دهد.

برای تجزیه داده‌های ترجیح میزبانی و بررسی سوئیچینگ در ابتدا از روش مورداک (Murdoch, 1969) استفاده شد. به این ترتیب که شاخص ترجیح سن گندم تبریز (c_1) و شاخص ترجیح سن گندم ورامین (c_2) برای هر دو جمعیت زنبور ورامین و تبریز با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد (جدول ۴). شکل ۱ نسبت تخم‌های پارازیت شده میزبان‌ها را در نسبت مساوی میزبان‌ها نشان می‌دهد. در این شکل‌ها خط عدم ترجیح (با ضریب زاویه $\alpha=1$, $c=\text{tg}$) که از مبدا مختصات عبور می‌کند مبنای ارزیابی ترجیح بود. با توجه به مقادیر c_1 و c_2 در جدول ۴ و شکل ۱، جمعیت ورامینی زنبور *T. vassilievi* ترجیح منفی به تخم سن تبریز ($c_1 < 1$) و ترجیح مثبت به تخم سن ورامین ($c_2 > 1$) نشان داد.

جدول ۲- میانگین اندازه ساق پا و عرض کپسول سر زنبورهای نر و ماده *Trissolcus vassilievi* (میلی متر) حاصل از تخم سن گندم.

Table 2. The average body size (mm) of male and female *Trissolcus vassilievi* emerged from sunn pest egg.

Wasp population	Male		Female	
	Tibia±SE	Head capsule±SE	Tibia±SE	Head capsule±SE
Tabriz	0.448±0.001b	0.538±0.003b	0.430±0.002b	0.590±0.005b
Varamin	0.452±0.001a	0.545±0.003a	0.445±0.001a	0.605±0.004a
Tabriz female × Varamin male	0.448±0.001b	0.537±0.002b	0.437±0.001b	0.586±0.004b
Varamin female × Tabriz male	0.452±0.001a	0.543±0.002ab	0.447±0.001a	0.593±0.004ab

* Means bearing the same letter in a column are not significantly different (Tukey's HSD, $\alpha=0.05$).

جدول ۱- نتایج آزمون t برای مقایسه قطر و وزن تخم‌های دو جمعیت سن گندم با منشاء ورامین و تبریز.

Table 1. Results of t-test for comparing egg diameter and weight of two sunn pest populations (Varamin and Tabriz).

Parameter	t-stat	df	P-value
Weight of egg clutch	3.11	38	0.004
Weight of egg	3.11	38	0.004
Egg diameter	1.34	38	0.188

اندازه‌گیری طول ساق پای راست عقبی و عرض کپسول سر زنبورهای نر و ماده *T. vassilievi*

اندازه‌گیری طول ساق پای راست عقبی و عرض کپسول سر زنبورهای نر و ماده *T. vassilievi* به‌عنوان معیاری از جثه زنبورها نشان داد که اندازه زنبورهای ورامین بزرگ‌تر از زنبورهای تبریز است. اندازه‌گیری زنبورهای حاصل از تلاقی زنبورهای ماده تبریز با نر ورامین و تلاقی ماده ورامین با نر تبریز و مقایسه آنها با جمعیت‌های اصلی نشان داد که اندازه بدن دو جنس نر و ماده (ساق پا: $P < 0.001$; $F=109/94$; $df=1,312$; $P < 0.001$; $F=497/29$; $df=1,312$) و جمعیت‌های زنبور (ساق پا: $P < 0.001$; $F=25/77$; $df=3,312$; $P < 0.001$; $F=6/15$; $df=3,312$) به‌طور معنی‌داری متفاوت از هم هستند. هم‌چنین اثر متقابل جمعیت در جنسیت برای ساق پا معنی‌دار بود ($P < 0.001$; $F=9/61$; $df=3,312$). اما اثر متقابل جمعیت در جنسیت برای کپسول سر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($F=0/394$; $df=3,312$; $P=0/998$). جدول ۲ مقادیر مربوط به اندازه زنبورها را نشان می‌دهد. به‌طوری که مشاهده می‌شود کپسول سر زنبورهای حاصل از تلاقی مشابه اندازه زنبورهای مادری خود است و تلاقی بین

جدول ۳- میانگین نسبت تخم‌های پارازیت شده دو جمعیت سن گندم توسط دو جمعیت زنبور *Trissolcus vassilievi* در نسبت‌های متفاوتی از دو میزبان.

Table 3. The average ratio (\pm SE) of parasitized eggs of two sunn pest populations by two *Trissolcus vassilievi* populations (Tabriz and Varamin) at different combinations of the two hosts.

$\frac{N_1}{N_2}$	Tabriz wasp		Varamin wasp	
	$\frac{E_1}{E_2} \pm SE$	$\frac{E_1}{E_2} \pm SE$	$\frac{E_1}{E_2} \pm SE$	$\frac{E_1}{E_2} \pm SE$
5	3.03 \pm 0.19	0.34 \pm 0.02	2.58 \pm 0.21	0.37 \pm 0.03
2	1.38 \pm 0.06	0.73 \pm 0.03	1.34 \pm 0.05	0.75 \pm 0.02
1	1.00 \pm 0.10	1.08 \pm 0.09	0.85 \pm 0.13	1.41 \pm 0.21
0.5	0.66 \pm 0.05	1.62 \pm 0.15	0.66 \pm 0.04	1.58 \pm 0.12
0.2	0.34 \pm 0.02	3.07 \pm 0.22	0.31 \pm 0.04	3.64 \pm 0.47

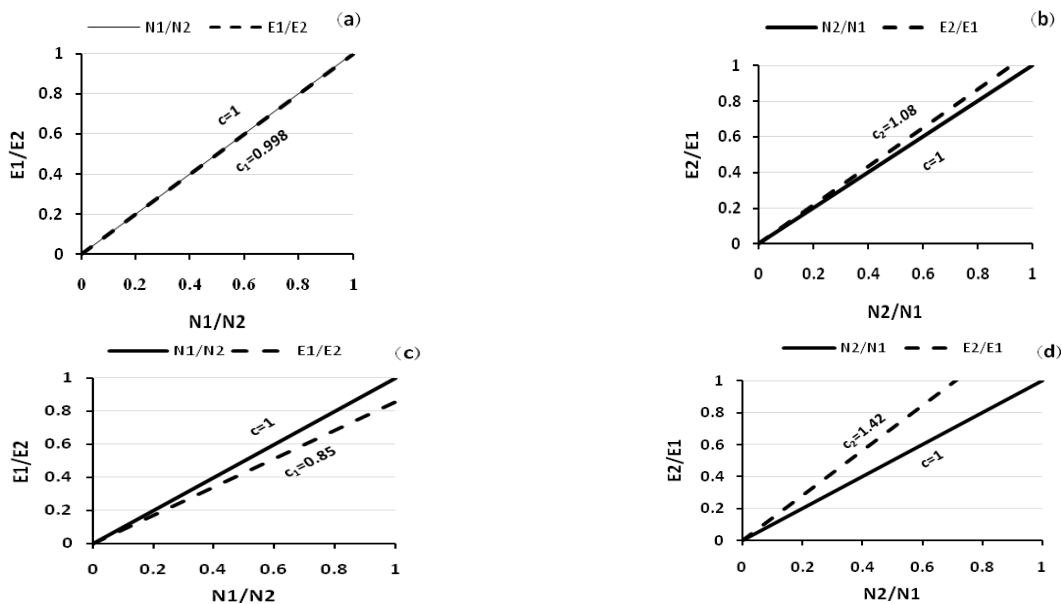
N and E are number of available and parasitized eggs of *E. integriceps*, i=1 or 2 represent Tabriz or Varamin populations respectively

جدول ۴- ترجیح میزبانی (پارامتر C_i) دو جمعیت زنبور *Trissolcus vassilievi* بسته به تراکم نسبی دو جمعیت میزبان.

Table 4. Host preference (C_i Parameter) of two populations of *Trissolcus vassilievi* depending on relative density of the two host populations.

$\frac{N_1}{N_2}$	Tabriz wasp		Varamin wasp	
	$c_1 \pm SE$	$c_2 \pm SE$	$c_1 \pm SE$	$c_2 \pm SE$
5	0.61 \pm 0.04	1.71 \pm 0.11	0.57 \pm 0.04	1.85 \pm 0.16
2	0.69 \pm 0.03	1.47 \pm 0.06	0.67 \pm 0.02	1.50 \pm 0.05
1	1.00 \pm 0.10	1.08 \pm 0.09	0.85 \pm 0.21	1.42 \pm 0.13
0.5	1.32 \pm 0.11	0.81 \pm 0.07	1.33 \pm 0.09	0.79 \pm 0.06
0.2	1.70 \pm 0.12	0.62 \pm 0.04	1.57 \pm 0.18	0.73 \pm 0.09

$\frac{N_1}{N_2}$ is the ratio of the sunn pest eggs (Tabriz/Varamin population), c_1 and c_2 are the preference indices of Tabriz and Varamin sunn pest populations, respectively.



شکل ۱- نسبت تخم‌های پارازیت شده توسط دو جمعیت زنبور *Trissolcus vassilievi* در نسبت‌های مختلفی از دو جمعیت سن گندم، الف و ب) زنبور تبریز، ج و د) زنبور ورامین (N_1 و N_2 به ترتیب تعداد تخم‌های سن تبریز و سن ورامین، E_1 و E_2 به ترتیب تعداد تخم‌های پارازیت شده سن گندم تبریز و ورامین می‌باشند).

Fig. 1. The ratio of parasitized eggs by two populations of *Trissolcus vassilievi* at different ratios of two sunn pest populations, a and b) Tabriz wasps, c and d) Varamin wasps. N_1 and N_2 are the number of host eggs (Tabriz and Varamin populations respectively), E_1 and E_2 are the number of parasitized eggs of the same populations.

باشد. قطع این خط با منحنی پارازیتسم نشانه تغییر ترجیح است که اگر شیب خط پارازیتسم بیش از یک باشد سوئیچ مثبت به سمت میزبان فراوان تر وجود خواهد داشت و چنانچه کمتر از یک باشد به معنی سوئیچ معکوس است. در مورد هر دو جمعیت زنبور، شیب این خط کمتر از یک بود (جمعیت تبریز: $P < 0.001$; $F = 4.8$; $df = 1$; $F = 9.19$ و جمعیت ورامین: $P < 0.001$; $F = 4.8$; $df = 1$) که مؤید سوئیچ منفی است.

تجزیه داده‌های ترجیح میزبانی و بررسی سوئیچینگ با استفاده از دستور کاک (Cock, 1978) نیز نتایج بالا را به‌طور کامل تأیید کرد. در این روش، نسبت‌های مورد انتظار پارازیتسم دو میزبان از پارامترهای مدل واکنش تابعی به‌دست آمد (بنامولایی و همکاران، ۲۰۱۸) و با نسبت‌های مشاهده شده و نسبت میزبان‌های موجود مقایسه شد (شکل ۳). با کمال شگفتی، نسبت‌های پارازیتسم دو میزبان بیش از آن که از نسبت موجود در محیط متأثر شود، از نسبت‌های واکنش تابعی هر میزبان در نبود دیگری (شکل ۳، خط نقطه چین) پیروی کرده است (جمعیت تبریز: $\chi^2 = 0.365$; $df = 9$; $P \approx 1$ و جمعیت ورامین: $\chi^2 = 6.68$; $df = 9$; $P = 0.67$). این می‌تواند بدین معنی باشد که محرک‌های میزبان دیگر در میزان پذیرش میزبان مجاور اثری نداشته و هر یک به‌طور مجزا اثر نموده است. البته باید توجه داشت که تراکم‌های خیلی پایین میزبان (کمتر از ۱۴) که در آزمایش واکنش تابعی وجود داشت (بنامولایی و همکاران، ۲۰۱۸)، در ترجیح میزبانی لحاظ نشد، زیرا آزمایش بر مبنای یک دسته تخم میزبان طراحی شده بود. یک نکته قابل توجه دیگر که از هر دو تجزیه به‌دست می‌آید، این است که خط پارازیتسم خط عدم سوئیچینگ را در زنبور ورامین در نقطه‌ای به دور از نسبت ۰/۵ قطع نموده است (شکل‌های ۲ و ۳) که به دلیل وجود یک ترجیح خفیف غیر معنی‌دار به سمت میزبان هم‌مکان خود می‌باشد. گفتنی است انحراف از نسبت میزبان‌های موجود در آزمایش در هر دو مورد معنی‌دار بود (تبریز: $\chi^2 = 59.42$; $df = 9$; $P < 0.001$ برای جمعیت تبریز و $\chi^2 = 75.25$; $df = 9$; $P < 0.001$ برای جمعیت ورامین) که تأییدی بر وقوع سوئیچینگ می‌باشد.

اما آزمون t مشخص کرد که این ترجیح معنی‌دار نیست (زنبور تبریز: $t = 2.26$; $df = 9$; $P = 0.04$ و $t = 1.88$; $df = 9$; $P = 0.08$). زنبور ورامین: $t = 2.26$; $df = 9$; $P = 0.04$ و $t = 1.98$; $df = 9$; $P = 0.08$). هم‌چنین با توجه به ثابت نبودن تراکم نسبی میزبان‌ها، انتظار می‌رفت سوئیچینگ (تغییر گرایش به یک میزبان) به سمت میزبان فراوان تر وجود داشته باشد. توجه به تغییرات مقدار c_1 (شاخص ترجیح سن تبریز) و c_2 (شاخص ترجیح سن ورامین) در هر دو جمعیت زنبور نشان می‌دهد که با کاهش نسبی تراکم تخم سن تبریز و افزایش تخم سن ورامین مقدار c_1 افزایش و مقدار c_2 کاهش یافته است. این نشان می‌دهد که برخلاف انتظار، سوئیچ منفی زنبور نسبت به هر دو میزبان صورت گرفته است، بدین معنی که زنبور میزبان نادرتر را با نسبتی بیشتر از نسبت موجود در ترکیب پارازیتسم نموده است (شکل ۳). تجزیه رگرسیون خطی نشان داد که تغییرات c با نسبت دو میزبان در هر دو مورد معنی‌دار بود که مؤید وجود سوئیچینگ می‌باشد (c_1 جمعیت تبریز: $P < 0.001$; $F = 4.8$; $df = 1$ و c_2 جمعیت ورامین: $P < 0.001$; $F = 10.3$; $df = 1$). در نبود این پدیده بایستی در تمام نسبت میزبان‌ها، c بدون تغییر بماند که اگر ترجیح هم وجود نداشته باشد، $c = 1$ خواهد بود و چنانچه ترجیحی به سمت یکی از میزبان‌ها به‌طور ثابت وجود داشته باشد که تحت تأثیر نسبت دو میزبان قرار نگیرد، $c \neq 1$ خواهد بود.

برای درک بهتر پدیده سوئیچینگ، نسبت تخم‌های پارازیت شده هر یک از میزبان‌ها به کل تخم‌های پارازیت شده برابر نسبت یک میزبان به مجموع آن‌ها در محیط برای هر دو جمعیت زنبور ورامین و تبریز محاسبه شد (جدول ۵). شکل ۲ نمودارهای این تغییرات را نشان می‌دهد. برای درک بهتر این تغییرات، خط عدم سوئیچینگ یا مدل صفر نیز با استفاده از معادله (۳) ترسیم شد.

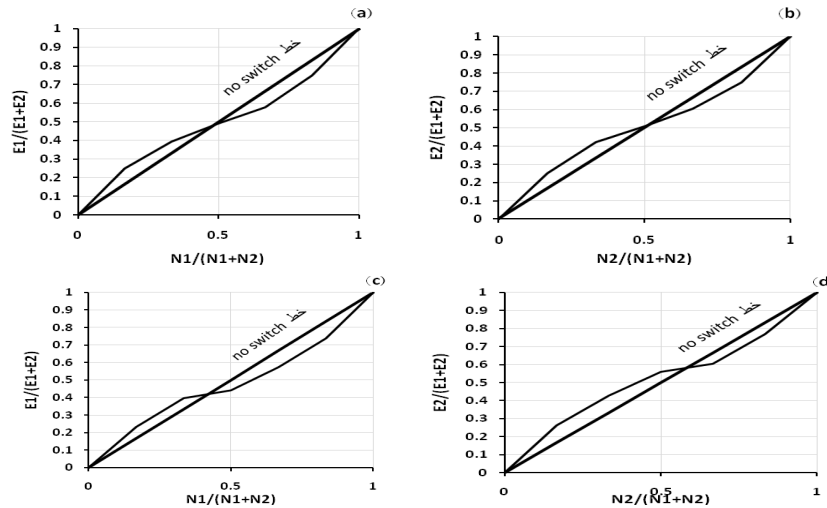
به‌طوری که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، قسمت بالای خط عدم سوئیچینگ، مثبت و پایین آن منفی می‌باشد، این امر مبین انحراف به سمت میزبان نادرتر می‌باشد که ممکن است به دلیل پاسخ نامساوی زنبور به محرک‌های دو میزبان در اثر خوگیری حسی با میزبان فراوان تر و در نتیجه تحریک پذیری بیشتر نسبت به محرک‌های میزبان نادرتر

جدول ۵- میانگین نسبت تخم‌های پارازیت شده هریک از دو جمعیت سن گندم به کل تخم‌های پارازیت‌ته، در مقایسه با نسبت موجود هر میزبان به کل میزبان‌ها در دو جمعیت زنبور *Trissolcus vassilievi*

Table 5. The average fraction (\pm SE) of parasitized eggs of any sunn pest population by two *Trissolcus vassilievi* populations at different host ratios.

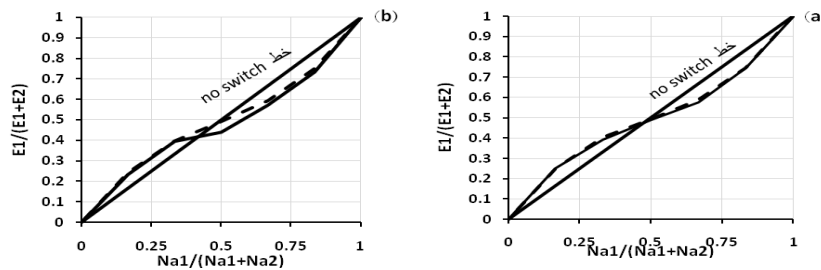
$N_1/(N_1+N_2)$	Tabriz wasp		Varamin wasp	
	$E_1/(E_1+E_2) \pm SE$	$E_2/(E_1+E_2) \pm SE$	$E_1/(E_1+E_2) \pm SE$	$E_2/(E_1+E_2) \pm SE$
0.83	0.747 \pm 0.012	0.253 \pm 0.012	0.733 \pm 0.016	0.267 \pm 0.016
0.67	0.578 \pm 0.010	0.422 \pm 0.010	0.572 \pm 0.008	0.428 \pm 0.008
0.5	0.489 \pm 0.023	0.511 \pm 0.023	0.440 \pm 0.035	0.560 \pm 0.035
0.33	0.391 \pm 0.020	0.609 \pm 0.020	0.395 \pm 0.017	0.605 \pm 0.017
0.17	0.252 \pm 0.013	0.748 \pm 0.013	0.233 \pm 0.021	0.767 \pm 0.021

N_1 and N_2 are the number of Tabriz and Varamin sunn pest eggs, E_1 and E_2 are the number of Tabriz and Varamin sunn pest eggs parasitized by *T. vassilievi*, respectively.



شکل ۲- ترجیح میزبانی دو جمعیت زنبور *Trissolcus vassilievi* با تغییر نسبت تخم در دسترس دو جمعیت سن گندم، الف و ب) زنبور تبریز، ج و د) زنبور ورامین (N_1 و N_2 تعداد تخم‌های سن تبریز و سن ورامین، E_1 و E_2 به ترتیب تعداد تخم‌های پارازیت شده سن گندم تبریز و ورامین می‌باشند).

Fig. 2. Host preference of two populations of *Trissolcus vassilievi* to two populations of sunn pest eggs of the same locality at different host ratios, a and b) Tabriz wasps, c and d) Varamin wasps. N_i , number of sunn pest eggs, E_i , number of parasitized eggs, $i=1$ and 2 for Tabriz and Varamin bugs respectively



شکل ۳- تغییر ترجیح در دو جمعیت زنبور *Trissolcus vassilievi* با تغییر نسبت تخم در دسترس دو جمعیت سن گندم در مقایسه با نتایج مورد انتظار به دست آمده از آزمایش واکنش تابعی، الف) زنبور تبریز، ب) زنبور ورامین (N_1 و N_2 تعداد تخم‌های سن تبریز و سن ورامین، E_1 و E_2 به ترتیب تعداد تخم‌های پارازیت‌ته شده سن گندم تبریز و ورامین می‌باشند. خطوط نقطه‌چین، مقادیر مورد انتظار به دست آمده از واکنش تابعی را نشان می‌دهند).

Fig. 3. Host preference of two populations of *Trissolcus vassilievi* to two populations of sunn pest eggs at different host ratios, a) Tabriz wasps, b) Varamin wasps. N_i , number of sunn pest eggs, E_i , number of parasitized eggs, $i=1$ and 2 for Tabriz and Varamin bugs respectively. Dotted lines are the expected values obtained by functional response.

بحث

G. lineatum تمایل شدیدتری به بازگشت روی میزبان اصلی نشان دادند که این هم شبیه به ترجیح نسبی جمعیت ورامین به میزبان هم مکان خود می باشد که در مقایسه با میزبان جایگزین نشان داده است. ضمناً کاهش گرایش به میزبان فراوان تر هم وجود داشت، اما به دلیل ترجیح معنی دار به سمت سن گندم حتی در نسبت های بالاتر تخم سن گندم، علی رغم کاهش درصد پارازیتسم هنوز نسبت تخم های پارازیت شده این میزبان کمتر از *G. lineatum* نبود. البته پیشینه پرورشی زنبورها هم در این امر مؤثر بود، به طوری که زنبورهای پرورش یافته در سن *G. lineatum* ترجیح شدیدتری حتی در تراکم های بالای تخم سن گندم به این میزبان نشان دادند. نتایج ایشان نشان داد که تخم سن گندم از نظر تأمین سازگاری بیشتر بهتر از تخم سن گرافورزوما بوده و مورد ترجیح هر دو گروه آزمایشی ایشان بود.

به نظر می رسد اندازه تخم میزبان یکی از شاخص هایی است که می تواند ترجیح پارازیتوئید را تغییر دهد. البته نتایج ما نشان داد که قطر تخم شاخص مناسبی برای اندازه آن نیست و بهتر است حجم یا وزن آن در نظر گرفته شود، زیرا مقدار منبع در دسترس پارازیتوئید، مقدار جرم آن می باشد. بنابراین، معنی دار نبودن تفاوت بین قطر تخم ها نشان نمی دهد که اندازه آن ها یکسان بوده است و تفاوت موجود در وزن آن ها به خوبی نشان دهنده تفاوت در دسترسی پارازیتوئیدها به مواد غذایی می باشد. بر این اساس، اندازه تخم سن های ورامین بیش از تبریز است و با توجه به اندازه و وزن بیشتر سن های ورامین چنین نتیجه ای کاملاً مورد انتظار و طبیعی به نظر می رسد. وزن سن گندم ورامین $112/78 \pm 2/56$ میلی گرم (Iranipour, 2008) و وزن سن گندم تبریز $91/5 \pm 2/28$ میلی گرم (مشتاقی ملکسی و ایرانی پور، مطالب منتشر نشده، مذاکره شخصی) گزارش شده است که مبین بیش از ۲۰ میلی گرم تفاوت مطلق آن دو می باشد.

اندازه تخم سن گندم از آن جهت می تواند حائز اهمیت باشد که می تواند اندازه نتاج و تولیدمثل زنبورهای حاصل از آن ها را تحت تأثیر قرار دهد (King, 1987). وجود هم بستگی مثبت بین اندازه میزبان و اندازه زنبورهای

ترجیح به یک میزبان عبارت از بالا بودن درصد مورد حمله از آن میزبان نسبت به درصد موجود در محیط می باشد (Hassell, 1978; van Alphen & Jervis, 1996). در این بررسی جمعیت ورامینی زنبور ترجیح مثبت ضعیفی به تخم سن ورامین و ترجیح منفی به تخم سن تبریز نشان داد که معنی دار نبود. این نشان گر محرک های قوی تر میزبان ورامین برای زنبور می باشد. مدل های انتخاب میزبان مطلوب پیش گویی می کنند که پذیرش گونه های میزبان با مطلوبیت کمتر بستگی به نرخ رویارویی با گونه های میزبان مطلوب تر دارد، یعنی اگر این نرخ رویارویی بالاتر از یک آستانه باشد گونه با مطلوبیت کمتر طرد و اگر پایین تر از آن باشد پذیرفته خواهد شد (Charnov, 1976; Stephens & Krebs, 1986). بنابر پیش گویی این مدل، یک پارازیتوئید در شرایط انتخاب بین دو میزبان، همیشه بایستی میزبانی را انتخاب کند که موجب کسب سازگاری بیشتر گردد و میزبان دیگر فقط وقتی که باعث افزایش تعداد نوزادان در واحد زمان شود پذیرفته می شود (van Alphen & Vet, 1986). با توجه به این گفته ها تخم سن ورامین باید میزبانی مطلوب تر با تأمین سازگاری بیشتر برای این زنبور باشد.

نکته جالب در این تحقیق این است که سوئیچ مثبت در هر دو جمعیت زنبور در تراکم پایین و سوئیچ منفی در تراکم های بالاتر میزبان اتفاق افتاده است. یعنی زنبورها از میزبان با تراکم بالا اجتناب می کنند. تغییر ترجیح مثبت به منفی (سوئیچ منفی) در زنبورهای جمعیت تبریز نسبت به تخم های هر دو میزبان تقریباً در تراکم های مساوی میزبان ها اتفاق افتاد، اما این تغییر ترجیح مثبت به منفی در زنبورهای ورامین نسبت به تخم تبریز در تراکم نسبی پایین تر آن و نسبت به تخم ورامین در تراکم نسبی بالاتر آن واقع شد (شکل ۲). این وضعیت با نتایج عسگری (Asgari, 2002) در مورد زنبور *T. semistriatus* در انتخاب تخم یکی از دو میزبان سن گندم و سن *G. lineatum* هم خوانی دارد. به این صورت که اولاً ترجیحی به سمت میزبان با کیفیت مناسب تر (در این مورد تخم سن گندم) وجود داشت که درشت تر است. ثانیاً زنبورهای پرورش یافته در سن

تأثیر تفاوت میزبانی قرار نگرفت. به نظر می‌رسد هر دو میزبان، با وجود اندازه متفاوت، کیفیت تقریباً یکسانی برای زنبور داشته‌اند. یک میزبان مناسب، نیازهای فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای مراحل نابالغ پارازیتوئید را فراهم می‌کند و به‌طور مستقیم روی رشد و نمو، تلفات، طول عمر و زادآوری پارازیتوئیدها تأثیر می‌گذارد (Mackauer *et al.*, 1996)؛ (Roitberg *et al.*, 2001). پس می‌توان چنین انتظار داشت که علاوه بر اندازه میزبان، کیفیت میزبان نیز عامل تأثیرگذاری روی پارازیتوئیدهای به‌دست آمده از آن‌ها باشد. این نکته از این نیز در بررسی اثر رشد جنین میزبان و طول دوره نگهداری تخم میزبان بر کارایی دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* توسط بنامولایی و همکاران (Benamolaei *et al.*, 2015a; 2015b) مشاهده شده است. به‌طوری که ماده‌های ورامین در هر دو مطالعه به‌طور مشخص بزرگ‌تر از ماده‌های تبریز بودند. با افزایش رشد جنین و افزایش طول دوره نگهداری تخم میزبان، اندازه پارازیتوئید کاهش یافته و به‌علاوه تفاوت‌هایی نیز در ماده‌های دو جمعیت در میزان تخم‌ریزی و شایستگی تولیدمثلی زنبورها مشاهده شد که نشان دهنده رابطه جثه با زادآوری و سایر ویژگی‌های زیستی از جمله باروری و زنده‌مانی می‌باشد. هم‌چنین مشخص شد که پاسخ دو جمعیت به کیفیت میزبان یکسان نیست و زنبورهای ورامین با شایستگی بیشتر، بهتر می‌توانند خود را با تغییرات کیفی میزبان تطبیق دهند. 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 (Vinson & Iwantsch, 1980؛ Vinson, 1998). نتایج حاصل از آزمایش برادفورد (Bradford, 1976) در بررسی‌های نوزاد بناب و ایرانی‌پور (Nozad Bonab & Iranipour, 2012) نشان داد که مقدار پروتئین کل در تخم سن (*Graphosoma lineatum* (L.)) بیش از *G. semipunctatum* (F.) و آن هم بیش از *E. integriceps* می‌باشد. به‌این ترتیب چنین به نظر می‌رسد که تفاوت در پروتئین کل تخم‌های میزبان موجب تسریع در سرعت رشد زنبورهای حاصل از دو میزبان دیگر در مقایسه

پارازیتوئید برای برخی گونه‌های پارازیتوئیدهای انفرادی به‌اثبات رسیده است. ثابت شده است که ماده‌ها وقتی در میزبان با کیفیت بالا پرورش می‌یابند شایستگی بیشتری به‌دست 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 (Godfray, 1994؛ Jervis & Copland, 1996). بزرگ بودن اندازه نرها می‌تواند موجب افزایش اسپرم در نرها باشد (King, 1987). با این حال، معمولاً تعداد اسپرم‌های یک نر بسیار بیشتر از آن است که چنین افزایش‌هایی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر باروری تخمک‌ها بگذارند (Nakatsuru & Kramer, 1982). اندازه میزبان اغلب به‌عنوان عامل کلیدی تأثیرگذار در شایستگی پارازیتوئیدها در نظر گرفته می‌شود (Godfray, 1994). معمولاً میزبان‌های بزرگ‌تر کیفیت بهتری دارند و پارازیتوئیدهای حاصل از آن‌ها علاوه بر اندازه بزرگ‌تر، شایستگی‌های بیشتری را کسب می‌کنند (Sagarra *et al.*, 2001).

سامسون (Samson, 1984) افزایش اندازه زنبورهای ماده *Roptrocercus xylophagorum* (Ratzeburg) را با افزایش اندازه میزبان بیشتر از درصد افزایش اندازه نرها گزارش کرده است. اما در برخی گونه‌ها نیز از جمله *Spalangia cameroni* و *Apanteles rubecula* Marshall Perkins افزایش اندازه زنبورها به جنسیت آن‌ها ارتباطی نداشت (Legner, 1969؛ Nealis *et al.*, 1984؛ Hurlbutt, 1987). هم‌چنین در برخی پارازیتوئیدهای انفرادی دیگر نیز مانند *Spalangia endius* Walker اندازه ماده‌ها یا نرها ارتباطی با اندازه میزبان نداشت (Donaldson & Walter, 1984). از طرفی یافته‌های هاگرمن و همکاران (Häckermann *et al.*, 2007) با پرورش زنبور *Hyssopus pallidus* Askew و بزرگ روی دو میزبان کوچک *Cydia molesta* Busck و بزرگ *C. pomonella* L. حاکی از آن بود که اندازه میزبان بیانگر کیفیت آن نیست. در بررسی این محققان، تعداد نتاج و وزن زنبورهای حاصل به‌ازای واحد وزن میزبان، روی میزبان کوچک‌تر بیشتر بود، اما نسبت جنسی و طول عمر تحت

معیاری از اندازه‌ی کل بدن اظهار کرد که زنبورهای خارج شده از سن *Podisus maculiventris* Say حدود ۱۱ درصد کوچک‌تر از زنبورهای خارج شده از سن گندم هستند.

در تحقیق حاضر با اندازه‌گیری زنبورهای حاصل از میزبان‌هایی با اندازه و جمعیت یکسان مشخص شد که در حالت کلی زنبورهای ورامین نسبت به زنبورهای تبریز جثه درشت‌تری دارند. بنابراین مشخص می‌شود که علاوه بر شرایط میزبان، جمعیت جغرافیایی زنبورها نیز می‌تواند در اندازه آن‌ها مؤثر باشد.

سپاسگزاری

امکانات مورد نیاز و منابع مالی این تحقیق توسط دانشگاه تبریز تأمین شده است. نگارندگان از آقای دکتر جابر پناهنده به خاطر فراهم نمودن امکانات اندازه‌گیری تشکر و قدردانی می‌نمایند.

با سن گندم در بررسی نام‌برندگان شده باشد. این در حالی است که تخم‌های سن گندم از هر دو گونه دیگر درشت‌تر می‌باشد.

بررسی تأثیر گونه میزبان روی اندازه زنبور پارازیتوید *T. mitsukurii* توسط آراکاوا و همکاران (Arakawa et al., 2004) نشان داد که عرض کپسول سر در زنبورهای خارج شده از تخم سن *Plautia crossota* Stali با قطر ۱/۰۲ میلی‌متر، به ترتیب ۰/۵۹۴ و ۰/۶۱۸ میلی‌متر در زنبورهای نر و ماده است. با توجه به نزدیک بودن اندازه‌ی میزبان به اندازه‌ی تخم سن گندم، عرض کپسول سر زنبورهای *T. mitsukurii* نزدیک به اندازه کپسول سر در جمعیت ورامین است که کوچک بودن زنبورهای *T. vassilievi* می‌تواند مربوط به تفاوت‌های مرفومتریکی گونه‌ی زنبورها باشد. اللهیاری (Allahyari, 1999) با اندازه‌گیری عرض قفس سینه ماده‌های *T. grandis* به‌عنوان

References

- Allahyari, H. 1999. Mass production of the spined soldier bug, *Podisus maculiventris* Say and investigating the possibility of using its eggs to produce parasitoid wasps of sunn pest egg. M.Sc. Thesis. Tehran University, Tehran, Iran (In Persian with English summary).
- Arakawa, R., Miura, M. & Fujita, M. 2004. Effects of host species on the body size, fecundity, and longevity of *Trissolcus mitsukurii* (Hymenoptera: Scelionidae), a solitary egg parasitoid of stink bugs. *Applied Entomology and Zoology*, 39: 177–181.
- Asgari, S. 2002. Comparative fitness of the eggs of *Graphosoma lineatum* (L.) (Pentatomidae) and *Eurygaster integriceps* Put. (Scutelleridae) to the egg parasitoid *Trissolcus semistriatus* Nees (Scelionidae). Ph.D. Thesis. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (In Persian with English summary).
- Asgari, S. 2004a. Comparing population parameters of egg parasitoid, *Trissolcus semistriatus* on the host eggs, *Graphosoma lineatum* and *Eurygaster integriceps* for host fitness determination. Proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress, 28 August-1 September, University of Tabriz, Tabriz, Iran, p. 38.
- Asgari, S. 2004b. Host preference and switching in the egg parasitoid *Trissolcus semistriatus* to the eggs of Striped pentatomid and Sunn pest. Proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress, 28 August-1 September, University of Tabriz, Tabriz, Iran, p. 15.
- Asgari, S. & Sahragard, A. 2002. Comparing the biology of egg parasitoid, *Trissolcus semistriatus* reared on egg of sunn pest and stripped pentatomid. Proceedings of 15th Iranian Plant Protection Congress, 24–30 August, University of Kermanshah, p. 7.
- Benamolaei, P., Iranipour, S. & Asgari, S. 2015a. Biostatistics of *Trissolcus vassilievi* (Hym., Scelionidae) developed on sunn pest eggs cold-stored for different durations. *Munis Entomology and Zoology*, 10(1): 259–271.

- Benamolaei, P., Iranipour, S. & Asgari, S. 2015b. Effect of the host embryogenesis on efficiency of *Trissolcus vassilievi*. *Biocontrol in Plant Protection*, 3(1): 83–100.
- Benamolaei, P., Iranipour, S. & Asgari, S. 2018. Functional response of two populations of *Trissolcus vassilievi* on sunn pest eggs. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 6(4): 89–106.
- Bernal, J.S., Luck, R.F. & Morse, J.G. 1999. Host influences on sex ratio, longevity, and egg load of two *Metaphycus* species parasitic on soft scales: implications for insectary rearing. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 92: 191–204.
- Bradford, M.M. 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.
- Charles, A.T., Norman, F.J. & Borror, D.J. 2005. Borror and Delong's introduction to the study of insects. 7th edition, California, Peter Marshall. 864 pp.
- Charnov, E.L. 1976. Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9: 129–136.
- Cock, M.J.W. 1978. The assessment of preference. *Journal of Animal Ecology*, 47: 805–816.
- Davachi, A. & Shojaei, M. 1969. Insectivorous's Bees Iran. Publications of Karaj Agricultural College.
- Donaldson, J.S. & Walter, G.H. 1984. Sex ratios of *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae), in relation to current theory. *Ecological Entomology*, 9: 395–402.
- Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 475 pp.
- Gözüaçık, C. & Yiğit, A. 2011. The host preferences of *Trissolcus semistriatus* Nees, egg parasitoid of sunnpest, *Eurygaster integriceps* Putman. IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 28-30 Haziran, Kahramanmaraş, Türkiye, p.120.
- Häckermann, J., Rott, A.S. & 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.
- Hassell, M.P. 1978. *The Dynamics of Arthropod Predator Prey Systems*. New Jersey: Princeton University Press.
- Hurlbutt, B.L. 1987. Sex ratio in a parasitoid wasp *Spalangia cameroni* (Hymenoptera: Pteromalidae). Ph.D. Thesis, Purdue University, West Lafayette.
- Iranipour, S. 2008. Relationship between fecundity, weight and body dimentions in *Eurygaster integriceps* Puton (Hem., Scutelleridae). 18th Iranian Plant Protection Congress, 24-27 August 2008, Hamadan, Iran. Vol.1-Pests, P: 454.
- Islamoğlu, M. 2010. Sune (*Eurygaster integriceps* Put.) (Heteroptera: Scutelleridae)'nin bazı kislama ozelliklerinin belirlenmesi ve yumurta parazitoitleri *Trissolcus* spp. (Hym.: Scelionidae)'nin kitle uretiminde kislaman ergin sune'nin kullanım olanaklarının araştırılması., Doktora tezi. Cukurova Universitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitki Koruma Anabilim Dalı.
- Javahery, M. 1978. Economical importance of sunn pests (*Eurygaster* and *Aelia* spp.) and their control in Iran. *Journal of Applied Entomology and Phytopathology*, 27: 27–42 (In Persian with English summary).
- Jervis, M.A. & Copland, M.J.W. 1996. The life cycle. pp. 63–161. In: Jervis, M.A. & Kidd, N.A.C. (eds.) *Insect Natural Enemies: Practical Approaches to Their Study and Evaluation*. London, Chapman and Hall.
- King, B.H. 1987. Offspring sex ratios in parasitoid wasps. *The Quarterly Review of Biology*, 62: 367–396.

- King, B.H. 2000. Sex ratio and oviposition responses to host age and the fitness consequences to mother and offspring in the parasitoid wasp *Spalangia endius*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 48: 316–320.
- Kivan, M. & Kiliç, N. 2002. Host preference: parasitism, emergence and development of *Trissolcus semistriatus* (Hym., Scelionidae) in various host eggs. Journal of Applied Entomology, 126: 395–399.
- Kozlov, M.A. & Kononova, S.V. 1983. Telenominae of the fauna of the USSR (Hymenoptera, Scelionidae, Telenominae). Leningrad Nauka Publisher, 136: 336 pp.
- Legner, E.F. 1969. Adult emergence interval and reproduction in parasitic Hymenoptera influenced by host size and density. Annals of the Entomological Society of America, 62: 220–226.
- Mackauer, M., Michaud, J.P. & Völkl, W. 1996. Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera; Aphidiidae): host recognition, host quality, and host value. The Canadian Entomologist, 128: 959–980.
- Murdoch, W.W. 1969. Switching in general predators: experiments on predator specificity and stability of prey populations. Ecological Monographs, 39: 335–354.
- Nakatsuru, K. & Kramer, D.L. 1982. Is sperm cheap? Limited male fertility and female choice in the lemon tetra (Pisces: Characidae). Science, 216: 753–755.
- Nealis, V.G., Jones, R.E. & Wellington, W.G. 1984. Temperature and development in host-parasite relationships. Oecologia, 61: 224–229.
- Nozad Bonab, Z. & Iranipour, S. 2012. Development of *Trissolcus grandis* (Thomson) (Hymenoptera: Scelionidae) on two factitious hosts *Graphosoma lineatum* (L.) and *G. semipunctatum* (F.) (Hemiptera: Scutelleridae) at three constant temperatures. Journal of Applied Research in Plant Protection, 1: 51–67.
- Radjabi, Gh. 1993. Main factors in widespread and outbreak of sunn pest in recent years. Final report Plant Pests and Diseases Research Institute (In Persian with English summary).
- Roitberg, B.D., Boivin, G. & Vet, L. 2001. Fitness, parasitoids, and biological control: an opinion. The Canadian Entomologist, 133: 429–438.
- Safavi, M. 1973. Etude bio-écologique des Hyménoptères parasites des oeufs des punaises des céréales en Iran. Final report Ministry of Agriculture and Natural Resources, Tehran, Iran, (In Persian).
- Sagarra, L.A., Vincent, C. & Stewart, R.K. 2001. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). Bulletin of Entomology Research, 91: 363–367.
- Samson, P.R. 1984. The biology of *Roptrocercus xylophagorum* (Hym.: Torymidae), with a note on its taxonomic status. Entomophaga, 29: 287–298.
- Silva, R.J., Cividanes, F.J., Pedrosa, E.C. & Sala, S.R. 2011. Host quality of different aphid species for rearing *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae). Neotropical Entomology, 40: 477–482.
- Stephens, D.W. & Krebs, J.R. 1986. Foraging Theory. Princeton University Press, Princeton.
- van Alphen, J.J.M. & Jervis, M.A. 1996. Foraging behaviour. pp. 1–62. In: Jervis, M. & Kidd, N. (eds.), Insect Natural Enemies, Practical Approaches to Their Study and Evaluation. Chapman and Hall, London.
- van Alphen, J.J.M. & Vet, L.E.M. 1986. An evolutionary approach to host finding and selection. pp. 23–61. In: Waage, J.K. & Greathead, D.J. (eds.), Insect Parasitoids. Academic Press, London.
- van Alphen, J.J.M. & Visser, M.E. 1990. Superparasitism as an adaptive strategy for insect parasitoids. Annual Review of Entomology, 35: 59–74.

- Vinson, S.B. 1998. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. *Biological Control*, 11: 79–96.
- Vinson, S.B. & Iwantsch, G.F. 1980. Host suitability for insect parasitoids. *Annual Review of Entomology*, 25: 397–419.
- Visser, M.E. 1994. The importance of being large: the relationship between size and fitness in females of the parasitoid *Aphaereta minuta* (Hym., Braconidae). *Journal of Animal Ecology*, 63: 963–978.
- Zomorodi, A. 1961. A progress in biological control of sunnpest. *Journal of Applied Entomology and Phytophathology*, 20: 16–23 (In Persian with English summary).

Host preference and switching of two populations of *Trissolcus vassilievi* between two host populations

Parisa Benamolaei^{*1}, Shahzad Iranipour², Shahryar Asgari³

1. Department of Animal Biology, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3. Plant Protection Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran

*Corresponding author: Parisa Benamolaei, email: P.benamolaei@tabrizu.ac.ir

Received: Sep., 13, 2017

5(2) 27-42

Accepted: Jun., 19, 2018

Abstract

Host selection by parasitoids has vital effects on their fitness. *Trissolcus vassilievi* (Hym., Platygasteridae) is a species with high biological potential in sunn pest control. Those parasitoids that develop in higher quality hosts are more vital and fecund than those develop in lower quality hosts. In this study, host preference and switching behavior of two populations of *T. vassilievi* (Tabriz and Varamin) was investigated on the same populations of the host at ratios of 5:1, 4:2, 3:3, 2:4 and 1:5 clutches. Host measurements revealed that host eggs was significantly heavier in the Varamin bugs than the Tabriz ones. The Varamin wasps were also larger than the Tabriz wasps and the progeny of the crosses was closer to the maternal populations. Data analysis was done by Murdoch (1969) and Cock (1978) methods. Referring to the values of c_1 (preference index for Tabriz sunn pest) and c_2 (preference index for Varamin sunn pest), Varamin population of *T. vassilievi* presented negative tendency to Tabriz host and positive tendency although non-significant to Varamin host. Linear regression analysis also showed significant trend of the parameter "c" over the host ratio in both parasitoids which confirms presence of switching behavior. In general, we can say that difference between host populations is less considerable than what can affect host-preference by the wasp.

Keywords: sunn pest, preference index, switching behavior, egg size, wasp size