

واکنش تابعی دو جمعیت زنبور *Trissolcus vassilievi* (Mayr) به تخم سن گندم (*Eurygaster integriceps* Puton)

پریسا بنامولایی^۱، شهزاد ایرانی‌پور^۲ و شهریار عسگری^۳

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

۲- استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ورامین

* مسئول مکاتبه: P.benamolaei@tabrizu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲

چکیده

در بین دشمنان طبیعی سن گندم، زنبورهای پارازیتوئید تخم نقش فعالی در کاهش جمعیت سن در مزارع دارند. در این میان زنبور *Trissolcus vassilievi* به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌ها در کنترل زیستی سن گندم محسوب می‌شود. در این پژوهش دو جمعیت زنبور و دو جمعیت سن گندم با منشاء تبریز و ورامین مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایش‌های واکنش تابعی در دو زمان ۶ و ۲۴ ساعت با استفاده از زنبورهای ماده ۲۴ ساعته بارور تغذیه کرده نسل سوم از هر جمعیت زنبور و نتاج حاصل از تلاقی معکوس آن‌ها انجام شدند. نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک واکنش تابعی دو جمعیت زنبور به تراکم‌های مختلف تخم دو جمعیت سن گندم نشان داد که در تمام تیمارها واکنش تابعی از نوع سوم بود. مقادیر پارامترهای واکنش تابعی نوع سوم شامل قدرت جستجو (b) و زمان دستیابی ($T_{1/2}$) در تمام تیمارها بسیار نزدیک به هم بود. افزایش زمان آزمایش از ۶ به ۲۴ ساعت تأثیری در میزان پارازیتیسیم نداشت و تنها باعث افزایش کاذب زمان دستیابی و کاهش شیب خط نرخ حمله شد. بیشینه نرخ حمله در جمعیت‌های اصلی بین ۴۲ تا ۴۵ و در تلاقی‌ها حداکثر ۴۷/۵ عدد بر روز متغیر بود. زمان دستیابی زنبورهای تبریز قدری طولانی‌تر و پارامتر b در زنبورهای ورامین بیش‌تر بود که نشان می‌دهد در این زنبورها با افزایش تراکم میزبان، نرخ حمله با شتاب بیش‌تری افزایش می‌یابد، یا واکنش وابسته به تراکم قوی‌تری دارند. اثر میزبان در هیچ‌کدام از تیمارها معنی‌دار نبود. این بررسی نشان داد زنبورهای ورامین برتری جزئی از لحاظ نرخ حمله و سرعت کاوش دارند.

واژه‌های کلیدی: جمعیت میزبان، زمان دستیابی، زنبور پارازیتوئید، قدرت جستجو، کنترل زیستی

مقدمه

می‌شود (هسل ۱۹۷۸ و ناچمن ۲۰۰۶). واکنش تابعی و رفتارهای مشابه در دشمنان طبیعی نه‌تنها تحت تأثیر ویژگی‌های دشمن طبیعی و میزبان قرار دارند، بلکه نوع گیاه موجود در محل فعالیت دشمن طبیعی، میزبان و شرایط فیزیکی آزمایش نیز می‌توانند روی واکنش تابعی مؤثر باشند (کول و همکاران ۱۹۹۷، مسینا و هانکز ۱۹۹۸، فتحی‌پور و همکاران ۲۰۰۱). سه عامل روی واکنش تابعی مؤثر است که عبارتند از: طول مدت ارایه میزبان یا طعمه به پارازیتوئید یا شکارگر، نرخ جستجوگری پارازیتوئید یا شکارگر و زمان دستیابی

حد پارازیتیسیم برای جمعیت میزبان، به تعداد و توانایی پارازیتوئیدها در پیدا کردن میزبان و پارازیته کردن آن‌ها بستگی دارد. بنابراین، در مطالعه‌ی دینامیسم پارازیتیسیم بهتر است تفاوت‌هایی بین عوامل مؤثر بر تراکم پارازیتوئید و کارایی جستجوی آن در نظر گرفته شود. بهترین روش برای درک این منظور تشخیص دو نوع واکنش پارازیتوئید یعنی واکنش تابعی و واکنش عددی است که از مهم‌ترین عوامل مؤثر در انتخاب یک پارازیتوئید در برنامه‌های کنترل زیستی محسوب

توسط اللهیاری و آزمایش فرد (۱۳۸۱) نشان داد که برای هر دو جمعیت، نوع واکنش تابعی از نوع سوم بود. این دو جمعیت از نظر زمان دستیابی با هم تفاوت معنی‌داری داشتند که در زنبورهای خارج شده از تخم سن شکاری کمتر بود. نتایج تحقیق طالبی و همکاران (۱۳۸۵) روی واکنش تابعی زنبور *Telenomus acrobates* Giard پارازیتویید تخم بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (Stephens) در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که واکنش تابعی این زنبور به تراکم‌های مختلف تخم از نوع دوم بوده و قدرت جستجو و زمان دستیابی به ترتیب ۰/۰۵۹ و ۱/۶۷۵ ساعت می‌باشد. مقایسه واکنش تابعی زنبور ماده *T. grandis* توسط اللهیاری و همکاران (۲۰۰۴) روی تخم *E. integriceps* و *P. maculiventris* هم نشان داد که در هر دو جمعیت، واکنش تابعی از نوع سوم با زمان دستیابی ۰/۶۲ و ۰/۷۷ ساعت به ترتیب برای زنبورهای ماده خارج شده از *E. integriceps* و *P. maculiventris* پارامتر b (که تغییر در نرخ حمله را با تغییرات تراکم میزبان در واکنش تابعی نوع سوم توصیف می‌کند)، برابر ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۵ بود. زمان دستیابی بیشتر در زنبورهای خارج شده از *P. maculiventris* نشان می‌دهد که این زنبورها کیفیت یا شایستگی کمتری در مقایسه با زنبورهای خارج شده از میزبان اصلی دارند.

بررسی پارامترهای واکنش تابعی جمعیت‌های *T. brochymenae* (Ashmead) *T. basalis* (Wollaston) *T. urichi* (Crawford) و *T. teretis* Johnson روی تخم‌های *Euschistus heros* (F.) به منظور برآورد توانایی آن‌ها در کنترل زیستی سن مزبور، توسط لومان و همکاران (۲۰۰۸)، مشخص کرد که *T. basalis* نرخ حمله و زمان دستیابی کمتری از سه گونه‌ی دیگر دارد، ولی تفاوت معنی‌دار نبود. در همه گونه‌ها با افزایش تراکم تخم، میزان پارازیتیسیم به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت. نتایج نشان داد که رشد جمعیت زنبورهای پارازیتویید در مقایسه با میزبان، سریع‌تر می‌باشد. طبق یافته‌های ایشان هر چهار گونه زنبور، واکنش تابعی نوع سوم داشته و از این رو می‌توانند کنترل قابل قبولی روی سن داشته باشند.

لازم برای هر میزبان یا طعمه (هولینگ ۱۹۵۹) که این عوامل در معادله دیسک هولینگ منظور شده‌اند (هولینگ ۱۹۵۹، ۱۹۶۶، هسل و همکاران ۱۹۷۶). دو پارامتر مهم واکنش تابعی، نرخ حمله^۱ و زمان دستیابی^۲ می‌باشند. هراندازه نرخ حمله بیش‌تر و زمان لازم برای دستیابی کوتاه‌تر باشد به همان نسبت نیز کارایی پارازیتویید بیش‌تر خواهد بود (هسل و واگی ۱۹۸۴).

امیرمعافی و پارکر (۲۰۰۲) نشان دادند که گونه‌های مختلف *Trissolcus* به صورت وابسته به تراکم میزبان عمل می‌نمایند. فتحی‌پور و همکاران (۱۳۷۹) واکنش تابعی زنبور پارازیتویید *T. grandis* (Thomson) را به تراکم‌های مختلف تخم سن *Eurygaster integriceps* Puton روی دو رقم گندم سرداری (حساس) و فلات (مقاوم) در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده و دریافتند که رقم فلات از این لحاظ که باعث ایجاد واکنش تابعی نوع دوم در زنبور پارازیتویید شده است، دارای اثر متقابل منفی با این زنبور می‌باشد. عسگری و همکاران (۱۳۸۰) زنبورهای *T. semistriatus* (Nees) را که تا نسل دوم آزمایشگاهی روی دو گونه میزبان اصلی *E. integriceps* و *Graphosoma lineatum* (L.) آزمایشگاهی پرورش یافته بودند، از نظر واکنش تابعی با هم مقایسه نمودند. در این تحقیق، واکنش تابعی زنبورهای (Ts-Eu) و (Ts-Gr) به ترتیب از نوع دوم و سوم، قدرت جستجو 0.086 ± 0.020 و 0.063 ± 0.021 بر ساعت و زمان دستیابی 0.126 ± 0.050 و 0.395 ± 0.038 ساعت تعیین شد. حداکثر نرخ حمله (T/T_h) در زنبورهای دو گروه به ترتیب ۶۳/۴۹ و ۲۰/۲۵ برآورد شد که کم بودن این پارامتر در زنبورهای گروه دوم به علت بالا بودن زمان دستیابی بود. زنبورهای پرورش یافته روی تخم سن گندم نسبت به زنبورهای پرورش یافته روی تخم سن گرافوزوما، از قدرت جستجوگری (a) بیش‌تر و زمان دستیابی (T_h) کمتری برخوردار بودند. مقایسه‌ی واکنش تابعی زنبورهای نسل اول *T. grandis* خارج شده از تخم سن گندم و تخم سن شکاری *Podisus maculiventris* Say

¹Attack rate

²Handling time

تهویه، با تراکم ۵۰ حشره‌ی کامل، ۱۰۰ گرم دانه خشک گندم و پنبه خیس در هر ظرف استفاده شد. نوارهای کاغذی به عرض ۱۰-۷ سانتی‌متر و طول‌های مختلف به شکل بادبزی برای تخم‌گذاری سن‌ها داخل ظروف قرار داده شدند. این حشرات در دمای $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی $40 \pm 10\%$ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی به‌تفکیک جمعیت‌ها در یکی از واحدهای گلخانه گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز نگهداری شدند. تخم‌ها به‌طور روزانه برداشت شده و برای مصارف بعدی مورد استفاده قرار گرفتند.

جمع‌آوری، نگهداری و تکثیر زنبور پارازیتوئید

T. vassilievi

در این تحقیق، دو جمعیت تبریز (۱۳۶۰ m AMSL)؛ 38°N ؛ 46°E و ورامین (۹۱۸ m AMSL)؛ 35°N ؛ 51°E از زنبور *T. vassilievi* مورد بررسی قرار گرفتند. برای جمع‌آوری این زنبورها از مزارع گندم، با استفاده از تخم‌های تازه سن گندم تله‌های تخم میزبان تهیه شد (صفوی ۱۳۵۲ و جواهری ۱۳۵۷). شناسایی گونه مورد نظر، پس از خروج زنبورها با استفاده از کلید شناسایی گونه‌های *Trissolcus* (کوزلوف و کونونوا، ۱۹۸۳) صورت گرفت.

زنبورهای *T. vassilievi* درون لوله‌های آزمایش و داخل یک اتاقک رشد (شرکت ایران خودساز، مدل IKH.RH) در شرایط دمای $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی $50 \pm 5\%$ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی در شبانه‌روز نگهداری و تکثیر شدند. برای این کار حشرات کامل نر و ماده به‌طور تصادفی انتخاب و هر جفت همراه با یک دسته تخم میزبان، به لوله آزمایش جدیدی منتقل شدند. زنبورها بعد از یک نسل خالص‌سازی (عسگری ۱۳۸۰) روی تخم سن گندم تبریز و ورامین به‌طور جداگانه در آزمایش‌های اصلی به‌کار گرفته شدند. جهت تغذیه زنبورها از قطرات کوچک عسل روی یک نوار کاغذی به‌عرض یک سانتی‌متر استفاده شد.

واکنش تابعی زنبور *T. vassilievi*

ظرفیت کاوشگری دشمنان طبیعی یکی از معیارهای کارایی آن‌ها می‌باشد. علاوه بر این در تعیین نرخ رهاسازی آن‌ها در مزرعه نیز کاربرد دارد. بر اساس شواهد موجود *T. vassilievi* (Mayr) بعد از *T. grandis* یکی از گونه‌های با پتانسیل زیستی بالا در کنترل سن گندم بوده و کارایی خوبی در رهاسازی اشیاعی روی سن گندم نشان داده است (عسگری ۱۳۹۰). در بین گونه‌های مهم پارازیتوئیدهای تخم سن گندم، واکنش تابعی زنبور *T. vassilievi* تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته و این موضوع مقایسه‌ی کارایی این گونه با سایر پارازیتوئیدهای کلیدی سن گندم را ناممکن می‌نماید. بنابراین، در این تحقیق واکنش تابعی دو جمعیت زنبور و تلاقی بین آن‌ها روی دو جمعیت سن گندم مورد مطالعه قرار گرفت. هدف از انجام تلاقی‌ها امکان به‌دست آوردن پارازیتوئیدهایی با کارایی بالاتر بود. درضمن، احتمال داده می‌شد کیفیت میزبان بتواند کارایی زنبورهای پرورش یافته را تحت تأثیر قرار دهد. تفاوت‌های مشاهده شده در کارایی یک گونه در آزمایش‌های مختلف ممکن است به تفاوت‌هایی مربوط باشد که در جمعیت میزبان آن‌ها وجود دارد. از این رو، دو جمعیت مختلف میزبان نیز در انجام پژوهش لحاظ گردید. این یافته‌ها در مدیریت تلفیقی سن گندم به‌عنوان اطلاعات اکولوژیک پایه قابل استفاده خواهند بود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و تخم‌گیری از سن گندم *E. integriceps*

حشرات کامل سن گندم در پایان زمستان‌گذرانی و قبل از ریزش به مزارع، از کوه‌های اطراف تبریز و ورامین به‌صورت دستی از زیر بوته‌های گون و درمنه در چندین نوبت جمع‌آوری شدند. کار جمع‌آوری حشرات کامل بعد از ریزش سن‌ها به مزارع گندم تبریز و ورامین نیز ادامه یافت. حشرات جمع‌آوری شده به یکی از واحدهای گلخانه گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل شدند.

برای پرورش و تخم‌گیری از هر دو جمعیت سن گندم از ظروف پلاستیکی مکعب مستطیلی شفاف (۲۰×۳۰×۹ سانتی‌متر) مجهز به درپوش توری برای

(a') یک تابع سهمی یا خطی از تراکم میزبان است که از طریق فرمول زیر برآورد می‌شود:

$$\hat{a} = \frac{d + bN_t}{1 + cN_t} \quad [1]$$

در این معادله b ، c و d مقادیر ثابتی هستند که از روی داده‌های آزمایش برآورد می‌شوند. پس از آزمون معنی‌داری این پارامترها، در صورت معنی‌دار نبودن آن‌ها، در دو مرحله ابتدا c و سپس d از معادله حذف و پارامترهای باقیمانده مجدداً برآورد می‌شوند و در نهایت معادله‌ی [۱] به صورت ساده‌تر خطی $a' = bN_t$ یا در صورت معنی‌دار بودن d به صورت $a' = d + bN_t$ در می‌آید. در این بررسی تنها c غیرمعنی‌دار بود، بنابراین معادله‌ی نهایی واکنش تابعی نوع III به صورت زیر درآمد:

معادله‌ی [۲]

$$N_a = N_t \left[1 - \exp \left(- \frac{(d + bN_t)TP_t}{1 + (d + bN_t)T_h N_t} \right) \right]$$

در نهایت جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

طرح آماری آزمایش واکنش تابعی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه عوامل جمعیت زنبور، جمعیت میزبان و تراکم‌های مختلف میزبان انجام شد. فاکتور جمعیت میزبان هر کدام دارای دو سطح جمعیت تبریز و ورامین و عامل تراکم دارای هفت سطح بود. تجزیه‌های آماری داده‌ها پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه هشت انجام شدند. با توجه به غیرمعنی‌دار بودن اثر میزبان در تمام موارد، در تیمار ۲۴ ساعته اثر میزبان حذف و داده‌های مربوط به جمعیت‌های اصلی با جمعیت‌های تلاقی تنها روی میزبان ورامین به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد مقایسه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌های مربوط به درصد پارازیتیسیم، درصد تفریح و نسبت جنسی در تراکم‌های مختلف میزبان با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. مقایسه تیمارهای شش و ۲۴ ساعته با آزمون t انجام شد.

در این آزمایش، تراکم‌های ۱، ۴، ۷، ۱۴، ۲۸، ۵۶ و ۸۴ تخم ۲۴ ساعته سن گندم از هر جمعیت به ترتیب در ۵۰، ۲۰، ۱۰، ۱۰، ۵، ۵ و پنج تکرار از هر تراکم به طور جداگانه در اختیار یک زنبور ماده بارور تغذیه کرده ۲۴ ساعته نسل سوم *T. vassilievi* از هر جمعیت زنبور درون اتاقک رشد در شرایط استاندارد ذکر شده قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت، زنبورها از لوله‌های آزمایشی حذف و تخم‌ها تا زمان خروج زنبورها در شرایط ذکر شده در بالا نگه‌داری شدند. تعداد زنبورهای خارج شده، تاریخ خروج و جنسیت آن‌ها و تعداد تخم‌های پارازیت‌ه ثبت شد. برای بررسی اثر زمان روی واکنش تابعی، آزمایش فوق با همان شرایط به مدت شش ساعت برای هر دو جمعیت زنبور با هر دو میزبان تکرار شد. سایر مراحل شبیه آزمایش قبلی بود. این آزمایش برای زنبورهای حاصل از تلاقی (ماده تبریز × نر ورامین و ماده ورامین × نر تبریز) نیز فقط با تیمار ۲۴ ساعت و تنها با سن‌های ورامین تکرار شد.

تجزیه داده‌های واکنش تابعی

داده‌های واکنش تابعی طبق روش جولیانو (۱۹۹۳) در دو مرحله تعیین نوع واکنش با استفاده از رگرسیون لجستیک و تخمین مقادیر پارامترهای واکنش تابعی با استفاده از مدل غیرخطی نرم‌افزار SAS نسخه ۸ تجزیه شد. تعیین نوع واکنش تابعی یا انتخاب مدل با استفاده از رگرسیون لجستیک نسبت تخم‌های پارازیت‌ه شده (N_e/N_0) به تعداد تخم‌های موجود در تراکم اولیه (N_0) انجام شد (ون‌آلفن و جرویس ۱۹۹۶). نوع واکنش تابعی از روی علامت بخش خطی منحنی مشخص شد (جولیانو ۱۹۹۳)، به طوری که علامت منفی نشانگر واکنش تابعی نوع II و علامت مثبت نشانگر مدل نوع III خواهد بود.

در مرحله‌ی دوم، پس از تعیین نوع واکنش تابعی، جهت برآورد پارامترهای واکنش تابعی یعنی قدرت جستجو یا نرخ حمله (a یا b) به ترتیب در واکنش‌های تابعی نوع دوم و سوم و زمان دستیابی (T_h) و انجام مقایسه‌های آماری، از کمترین مربعات مدل رگرسیون غیرخطی نسبت N_e به N_0 استفاده شد (هسل ۱۹۷۸، جولیانو ۱۹۹۳). در واکنش تابعی نوع III نرخ جستجو

نتایج

واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* با تیمار شش ساعته

نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک واکنش تابعی دو جمعیت زنبور به تراکم‌های مختلف تخم دو جمعیت سن

گندم نشان داد که واکنش تابعی زنبورهای *T. vassilievi* نسبت به تراکم‌های مختلف سن گندم در تمام تیمارها از نوع سوم است (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه رگرسیون لجستیک واکنش تابعی دو جمعیت زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش شش ساعته.

زنبور	میزبان	پارامتر	تخمین	SE	χ^2	P
		عرض از مبدا	۰/۹۹۷۷	۰/۲۶۱۷	۱۴/۵۳	۰/۰۰۰۱
		خطی (No)	۰/۱۴۲۴	۰/۰۳۵۸	۱۵/۷۹	$\leq 0/0001$
تبریز	تبریز	درجه‌ی دو (No ²)	-۰/۰۰۴۱۳	۰/۰۰۰۹۶۱	۱۸/۴۶	$\leq 0/0001$
		درجه‌ی سه (No ³)	۰/۰۰۰۰۲۷	$6/8 \times 10^{-6}$	۱۵/۸۶	$\leq 0/0001$
		عرض از مبدا	۱/۱۷۸۳	۰/۲۸۱۹	۱۷/۴۷	$\leq 0/0001$
		خطی (No)	۰/۱۶۱۸	۰/۰۳۹۵	۱۶/۸	$\leq 0/0001$
تبریز	ورامین	درجه‌ی دو (No ²)	-۰/۰۰۴۸۶	۰/۰۰۱۰۶	۲۱/۱۲	$\leq 0/0001$
		درجه‌ی سه (No ³)	۰/۰۰۰۰۳۳	$7/5 \times 10^{-6}$	۱۹/۳۹	$\leq 0/0001$
		عرض از مبدا	۰/۸۸۴۴	۰/۲۸۶۹	۹/۵۰	۰/۰۰۲۱
		خطی (No)	۰/۲۴۷۷	۰/۰۴۷۱	۲۷/۶۳	$\leq 0/0001$
ورامین	تبریز	درجه‌ی دو (No ²)	-۰/۰۰۶۹۹	۰/۰۰۱۲۸	۲۹/۷۴	$\leq 0/0001$
		درجه‌ی سه (No ³)	۰/۰۰۰۰۴۷	$9/03 \times 10^{-6}$	۲۶/۶۷	$\leq 0/0001$
		عرض از مبدا	۰/۷۴۰۷	۰/۲۸۶۸	۶/۶۷	۰/۰۰۹۸
		خطی (No)	۰/۲۸۰۳	۰/۰۵۰۲	۳۱/۲۱	$\leq 0/0001$
ورامین	ورامین	درجه‌ی دو (No ²)	-۰/۰۰۷۷۷	۰/۰۰۱۳۷	۳۲/۰۸	$\leq 0/0001$
		درجه‌ی سه (No ³)	۰/۰۰۰۰۵۲	$9/7 \times 10^{-6}$	۲۸/۵۳	$\leq 0/0001$

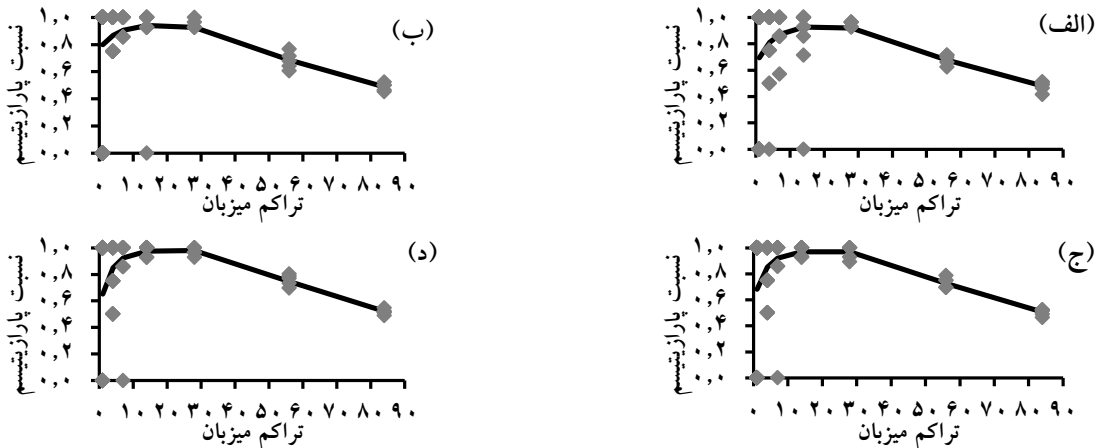
می‌یابد، یا به بیان دیگر، واکنش وابسته به تراکم قوی‌تری دارند.

شکل ۱ منحنی‌های واکنش تابعی را برای تیمارهای مختلف برحسب نسبت مورد حمله در تراکم‌های مختلف در تیمار شش ساعت نشان می‌دهد. به طوری که مشاهده می‌شود، با افزایش تراکم تخم سن گندم تا ۲۸ عدد، نسبت تخم‌های پارازیت‌شده توسط زنبور براساس معدل تمام تیمارها افزایش یافته (وابسته به تراکم) و بعد از آن، این نسبت کاهش می‌یابد (وابسته به تراکم معکوس). در زنبورهای تبریز روی هر دو میزبان در تراکم ۱۴ تخم میزبان، در یکی از تکرارها پارازیت‌سیسم صورت نگرفت که منجر به کاهش درصد پارازیت‌سیسم در این تراکم گردید.

پارامترهای واکنش تابعی نوع سوم شامل قدرت جستجوگری (b) و زمان دستیابی (T_H) در تیمارهای مختلف برای این زنبور در جدول ۲ ارائه شده است. به طوری که ملاحظه می‌شود، مقادیر پارامترها در تمام تیمارها بسیار نزدیک به هم بوده و حداکثر ۱۰٪ اختلاف در میزان پارازیت‌سیسم در تراکم‌های متناظر تیمارهای مختلف براساس مدل پیش‌گویی می‌شود. اختلاف زمان دستیابی و بیشینه‌ی نرخ حمله در تیمارهای مختلف کمتر از ۸٪ و در زنبورهای تبریز زمان دستیابی قدری طولانی‌تر است. برعکس، پارامتر b در زنبورهای ورامین بیش‌تر است که نشان می‌دهد در این زنبورها با افزایش تراکم میزبان، نرخ حمله با شتاب بیش‌تری افزایش

جدول ۲- پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتوید *T. vassilievi* نسبت به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم در آزمایش شش ساعته.

زنبور	میزبان	قدرت جستجو (b)	زمان دستیابی (T_h)	حداکثر نرخ حمله (T/T_h)
تبریز	تبریز	0.331 ± 0.008	0.1434 ± 0.003	۴۱/۸۴
تبریز	ورامین	0.310 ± 0.009	0.1410 ± 0.003	۴۲/۵۵
ورامین	تبریز	0.502 ± 0.009	0.1369 ± 0.002	۴۳/۸۳
ورامین	ورامین	0.544 ± 0.010	0.1331 ± 0.002	۴۵/۰۸



شکل ۱- نسبت پارازیتسم دو جمعیت زنبور پارازیتوید *T. vassilievi* در تراکم‌های مختلف دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش شش ساعته، (الف) زنبور تبریز روی میزبان تبریز، (ب) زنبور تبریز روی میزبان ورامین، (ج) زنبور ورامین روی میزبان تبریز، (د) زنبور ورامین روی میزبان ورامین.

همچنین درصد خروج زنبورها در هیچ‌یک از موارد معنی‌دار نبود. ولی نسبت جنسی بین تراکم‌های مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد. سایر اثرات نیز معنی‌دار نبودند (جدول ۳).

تجزیه واریانس نسبت پارازیتسم دو جمعیت زنبور در تراکم‌های مختلف دو جمعیت تخم سن گندم نشان داد که بین تراکم‌های مختلف تخم میزبان اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ولی اثر جمعیت زنبور و میزبان معنی‌دار نبود. همچنین هیچ یک از اثرات متقابل معنی‌دار نبودند.

جدول ۳- تجزیه واریانس درصد پارازیتسم، درصد خروج و نسبت جنسی دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* روی دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش واکنش تابعی شش ساعته.

متغیر	درصد پارازیتسم			درصد خروج			نسبت جنسی		
	F	P	df	F	P	df	F	P	df
جمعیت زنبور	0.36	0.548	1, 392	0.1	0.911	1, 336	0.1	0.907	1, 330
جمعیت میزبان	0.07	0.793	1, 392	0.12	0.733	1, 336	0.00	0.957	1, 330
تراکم میزبان	6.42	<0.001	6, 392	0.23	0.967	6, 336	17.40	<0.001	6, 330
جمعیت زنبور × جمعیت میزبان	0.03	0.868	1, 392	0.10	0.753	1, 336	0.01	0.918	1, 330
جمعیت زنبور × تراکم میزبان	0.52	0.790	6, 392	0.24	0.963	6, 336	0.00	1.000	6, 330
جمعیت میزبان × تراکم میزبان	0.03	1.000	6, 392	0.12	0.994	6, 336	0.00	1.000	6, 330
زنبور × میزبان × تراکم میزبان	0.05	0.999	6, 392	0.13	0.993	6, 336	0.06	0.999	6, 330

جدول ۴- میانگین نرخ پارازیتسم، نرخ خروج حشرات کامل و نسبت جنسی \pm (SE) دو جمعیت زنبور پارازیتوید *T. vassilievi* در تراکم‌های مختلف دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش شش ساعته.

تراکم میزبان							میانگین \pm (SE)	میزبان	زنبور
۸۴	۵۶	۲۸	۱۴	۷	۴	۱			
۰/۴۷۶±۰/۰۱۷b	۰/۶۸۲±۰/۰۱۷ab	۰/۹۵۰±۰/۰۰۹a	۰/۸۴۳±۰/۰۰۹۸a	۰/۹۰۰±۰/۰۰۴۳a	۰/۹۰۸±۰/۰۰۵۹a	۰/۷۲۰±۰/۰۰۶۴ab	نرخ پارازیتسم		
۰/۹۷۱±۰/۰۰۱۲	۰/۹۴۷±۰/۰۰۱۵	۰/۹۸۵±۰/۰۰۰۹	۰/۹۸۳±۰/۰۰۱۱	۰/۹۵۷±۰/۰۰۳۰	۰/۹۶۱±۰/۰۰۲۸	۰/۹۴۴±۰/۰۰۳۳	نرخ خروج حشرات کامل	تبریز	
۰/۹۲۸±۰/۰۰۰۹a	۰/۹۱۸±۰/۰۰۱۱a	۰/۹۳۹±۰/۰۰۰۹a	۰/۹۰۶±۰/۰۰۰۹a	۰/۶۹۵±۰/۰۰۴۲ab	۰/۶۱۴±۰/۰۰۴۵b	۰/۴۷۱±۰/۰۰۷۲b	نسبت جنسی		
۰/۴۸۸±۰/۰۰۱۳b	۰/۶۸۲±۰/۰۰۲۸ab	۰/۹۵۰±۰/۰۰۱۴a	۰/۸۷۹±۰/۰۰۹۸a	۰/۹۵۷±۰/۰۰۲۲a	۰/۹۲۱±۰/۰۰۲۷a	۰/۷۰۰±۰/۰۰۶۵ab	نرخ پارازیتسم		
۰/۹۶۶±۰/۰۰۰۵	۰/۹۵۸±۰/۰۰۱۰	۰/۹۷۰±۰/۰۰۱۸	۰/۹۶۸±۰/۰۰۲۰	۰/۹۴۳±۰/۰۰۳۲	۰/۹۷۴±۰/۰۰۱۷	۰/۹۷۱±۰/۰۰۲۴	نرخ خروج حشرات کامل	تبریز	
۰/۹۳۹±۰/۰۰۰۸a	۰/۹۲۲±۰/۰۰۱۳a	۰/۹۳۸±۰/۰۰۱۰a	۰/۹۲۵±۰/۰۰۱۷a	۰/۷۳۲±۰/۰۰۴۲ab	۰/۶۲۳±۰/۰۰۵۴ab	۰/۴۴۱±۰/۰۰۷۱b	نسبت جنسی	ورامین	
۰/۵۰۲±۰/۰۰۱۲b	۰/۷۳۶±۰/۰۰۱۷ab	۰/۹۶۴±۰/۰۰۲۳a	۰/۹۷۱±۰/۰۰۱۲a	۰/۸۷۱±۰/۰۰۹۹a	۰/۸۶۸±۰/۰۰۴۶a	۰/۷۸۰±۰/۰۰۵۹ab	نرخ پارازیتسم		
۰/۹۶۸±۰/۰۰۱۴	۰/۹۶۱±۰/۰۰۰۶	۰/۹۷۰±۰/۰۰۱۵	۰/۹۸۵±۰/۰۰۱۰	۰/۹۵۰±۰/۰۰۲۴	۰/۹۶۱±۰/۰۰۵۵	۰/۹۷۴±۰/۰۰۲۳	نرخ خروج حشرات کامل	ورامین	
۰/۹۳۶±۰/۰۰۰۶a	۰/۹۳۴±۰/۰۰۰۶a	۰/۹۴۶±۰/۰۰۱۱a	۰/۹۱۸±۰/۰۰۰۷a	۰/۷۳۰±۰/۰۰۵۴ab	۰/۶۳۲±۰/۰۰۶۵ab	۰/۴۴۷±۰/۰۰۷۱b	نسبت جنسی	تبریز	
۰/۵۱۷±۰/۰۰۱۰b	۰/۷۵۷±۰/۰۰۱۹ab	۰/۹۷۱±۰/۰۰۱۳a	۰/۹۸۶±۰/۰۰۱۰a	۰/۸۵۷±۰/۰۰۹۸a	۰/۸۲۹±۰/۰۰۴۵a	۰/۷۸۰±۰/۰۰۵۹ab	نرخ پارازیتسم		
۰/۹۷۲±۰/۰۰۰۵	۰/۹۷۲±۰/۰۰۰۸	۰/۹۷۸±۰/۰۰۰۹	۰/۹۸۵±۰/۰۰۱۰	۰/۹۶۶±۰/۰۰۲۲	۰/۹۶۱±۰/۰۰۲۷	۰/۹۷۴±۰/۰۰۲۳	نرخ خروج حشرات کامل	ورامین	
۰/۹۳۹±۰/۰۰۰۵a	۰/۹۴۱±۰/۰۰۰۷a	۰/۹۴۸±۰/۰۰۰۸a	۰/۹۱۹±۰/۰۰۰۷a	۰/۷۰۲±۰/۰۰۴۱ab	۰/۵۹۶±۰/۰۰۶۵ab	۰/۴۷۴±۰/۰۰۷۲b	نسبت جنسی	ورامین	

* حروف مشابه در هر ردیف نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون توکی می‌باشد.

با توجه به جدول ۴ ملاحظه می‌گردد که در کمترین تراکم (یک تخم میزبان) نسبت پارازیتیسیم بین ۰/۷۰۰ تا ۰/۷۸۰ در تیمارهای مختلف متغیر بوده و بیشینه مقدار آن ۰/۹۵۰ تا ۰/۹۸۶ است که در تراکم‌های ۷ تا ۲۸ تخم میزبان حادث شده است، درحالی‌که در دو تراکم بالاتر، کاهش قابل ملاحظه‌ای در نسبت پارازیتیسیم رخ داده است و تنها در بالاترین تراکم، نرخ پارازیتیسیم کاهش معنی‌داری یافته است. در تراکم‌های کمتر از ۱۴، نرزیایی بیشتر بوده و با افزایش تراکم میزبان، از میزان نرزیایی کاسته شده است. در تراکم یک تخم میزبان، نسبت جنسی کمتر از ۰/۵ و متمایل به نر بوده، ولی در تراکم‌های بالاتر به نفع ماده تغییر نموده و بعد از تراکم ۱۴ به بیش از ۹۰٪ رسیده و در حدود ۹۵-۹۱٪ بدون تغییر مانده است. نسبت جنسی فقط در دو تراکم یک و چهار با بقیه‌ی تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهد. درصد خروج حشرات کامل در تمام تیمارها بالا (۹۹-۹۴٪) بود.

۰/۹۵۰ تا ۰/۹۸۶ است افزایش یافته (وابسته به تراکم) و بعد از آن، این نسبت کاهش می‌یابد (وابسته به تراکم معکوس). در تلاقی ماده و رامین × نر تبریز بیش‌ترین نسبت پارازیتیسیم میزبان در تراکم یک (۰/۸۸۰)، در بین تمام تیمارها حادث شده است. بیشینه نسبت پارازیتیسیم نیز ۰/۹۸۶ در تراکم‌های ۷ و ۱۴ حاصل شد. در تلاقی دیگر، به جز در تراکم یک میزبان نتایج مشابه تلاقی قبلی بود. نظیر آزمایش شش ساعت، میزان پارازیتیسیم در تراکم‌های ۴ تا ۲۸ خیلی نزدیک به هم بود، ولی بعد از آن کاهش چشم‌گیری در نسبت پارازیتیسیم حاصل شد. در تیمار ۲۴ ساعته ابتدا درصد پارازیتیسیم، درصد خروج زنبورها و نسبت جنسی جمعیت‌های اصلی مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۷). سپس با توجه به غیرمعنی‌دار بودن اثر میزبان در تمام موارد، اثر میزبان حذف و داده‌های مربوط به جمعیت‌های اصلی با داده‌های جمعیت‌های تلاقی تنها روی میزبان و رامین مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۸). تجزیه واریانس میزان پارازیتیسیم تخم سن گندم و نسبت جنسی نتایج زنبورها در تراکم‌های مختلف میزبان نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف تخم میزبان وجود دارد. ولی سایر اثرات اصلی و متقابل از نظر آماری معنی‌دار نبودند. همچنین درصد خروج زنبورها در هیچ‌یک از موارد معنی‌دار نبود.

تجزیه رگرسیون لجستیک نشان داد که واکنش تابعی زنبور *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم و نتایج حاصل از تلاقی بین جمعیت‌ها روی میزبان و رامین از نوع سوم می‌باشد (جدول ۵). افزایش زمان آزمایش به ۲۴ ساعت موجب تغییرات قابل توجهی در میزان پارازیتیسیم تیمارها و تراکم‌های مختلف نشد و تنها منجر به افزایش غیرواقعی زمان دستیابی شد (جدول ۶)، بنابراین، برآورد زمان دستیابی منحصراً باید براساس تیمار شش ساعت انجام شود.

شکل ۲ منحنی‌های واکنش تابعی را برای تیمارهای مختلف برحسب نسبت مورد حمله در تراکم‌های مختلف تخم سن گندم در تیمار ۲۴ ساعت نشان می‌دهد. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود، در پایین‌ترین تراکم (یک تخم سن گندم)، نسبت پارازیتیسیم ۰/۷۴۰ تا ۰/۷۶۰ در تیمارهای مختلف غیرتلاقی متغیر است و با افزایش تراکم تخم سن گندم تا ۱۴ یا ۲۸ عدد، نسبت تخم‌های پارازیتیه شده به بیش‌ترین مقدار خود که در این تیمارها

مقادیر مربوط به نرخ پارازیتیسیم، نرخ خروج حشرات کامل و نسبت جنسی زنبورها در تراکم‌های مختلف تخم سن گندم در جدول ۹ نشان داده شده‌اند. تغییرات کلی این پارامترها با نتایج تیمار شش ساعت همخوانی مناسبی دارد. مقایسه‌ی نسبت پارازیتیسیم کل در تراکم‌های مختلف دو تیمار شش و ۲۴ ساعته با آزمون t نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار وجود ندارد و افزایش زمان موجب افزایش نسبت پارازیتیسیم نشده است (زنبور تبریز × میزبان تبریز: $P = 0/46$, $df = 104$, $t = 0/73$; زنبور تبریز × میزبان ورامین: $P = 0/62$, $df = 104$, $t = 0/50$; میزبان تبریز: $P = 0/83$, $df = 104$, $t = 0/21$; زنبور ورامین × میزبان ورامین: $P = 0/92$, $df = 104$, $t = 0/10$).

۲۴ ساعته

واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* با تیمار

واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* با تیمار ۲۴ ساعته

تجزیه رگرسیون لجستیک نشان داد که واکنش تابعی زنبور *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم و نتایج حاصل از تلاقی بین جمعیت‌ها روی میزبان و رامین از نوع سوم می‌باشد (جدول ۵). افزایش زمان آزمایش به ۲۴ ساعت موجب تغییرات قابل توجهی در میزان پارازیتیسیم تیمارها و تراکم‌های مختلف نشد و تنها منجر به افزایش غیرواقعی زمان دستیابی شد (جدول ۶)، بنابراین، برآورد زمان دستیابی منحصراً باید براساس تیمار شش ساعت انجام شود.

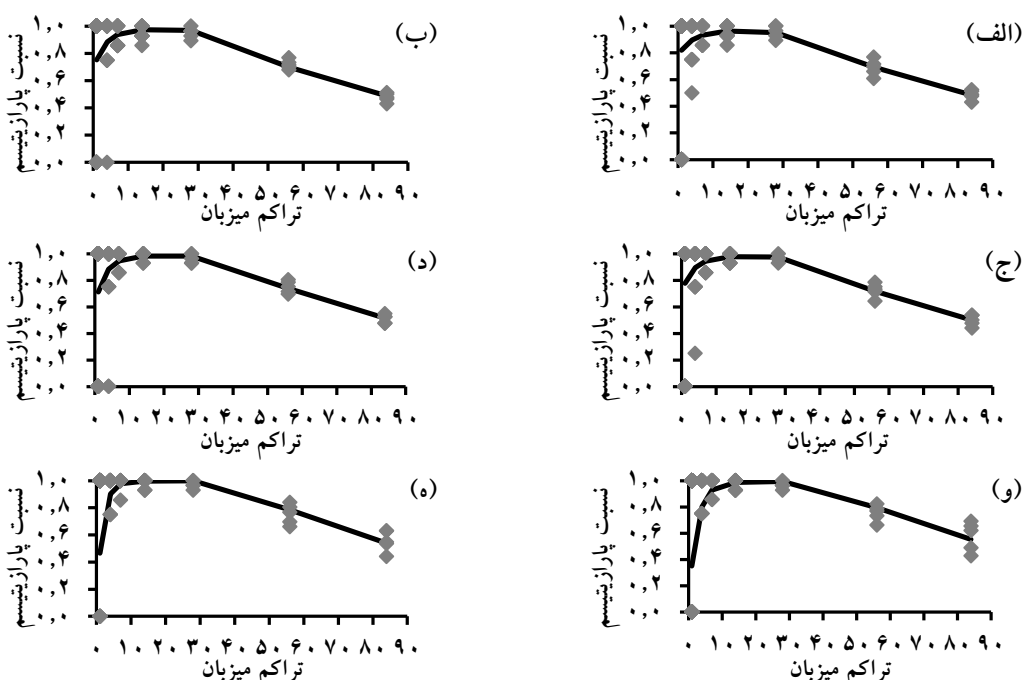
شکل ۲ منحنی‌های واکنش تابعی را برای تیمارهای مختلف برحسب نسبت مورد حمله در تراکم‌های مختلف تخم سن گندم در تیمار ۲۴ ساعت نشان می‌دهد. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود، در پایین‌ترین تراکم (یک تخم سن گندم)، نسبت پارازیتیسیم ۰/۷۴۰ تا ۰/۷۶۰ در تیمارهای مختلف غیرتلاقی متغیر است و با افزایش تراکم تخم سن گندم تا ۱۴ یا ۲۸ عدد، نسبت تخم‌های پارازیتیه شده به بیش‌ترین مقدار خود که در این تیمارها

جدول ۵- تجزیه رگرسیون لجستیک واکنش تابعی دو جمعیت زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش ۲۴ ساعته.

زنبور	میزبان	پارامتر	تخمین	SE	χ^2	P
تبریز	تبریز	عرض از مبدا	۱/۲۱۴۹	۰/۳۰۶۷	۱۵/۶۹	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		خطی (No)	۰/۲۲۳۴	۰/۰۴۷۵	۲۲/۱۶	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۶۷۰	۰/۰۰۱۲۸	۲۷/۳۳	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۴۶	$۹/۰ \times 10^{-6}$	۲۶/۰۴	$\leq ۰/۰۰۰۱$
تبریز	ورامین	عرض از مبدا	۱/۲۲۵۸	۰/۳۰۳۳	۱۶/۳۴	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		خطی (No)	۰/۲۰۷۱	۰/۰۴۶۲	۲۰/۰۹	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۶۰۸	۰/۰۰۱۲۵	۲۳/۸۱	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۴۱	$۸/۷۷ \times 10^{-6}$	۲۱/۶۸	$\leq ۰/۰۰۰۱$
ورامین	تبریز	عرض از مبدا	۱/۱۳۱۸	۰/۳۱۷۹	۱۲/۶۸	۰/۰۰۰۴
		خطی (No)	۰/۲۷۲۵	۰/۰۵۴۵	۲۵/۰۲	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۷۹۵	۰/۰۰۱۴۸	۲۸/۷۳	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۴	۰/۰۰۰۰۱۰	۲۷/۰۱	$\leq ۰/۰۰۰۱$
ورامین	ورامین	عرض از مبدا	۰/۹۳۵۰	۰/۳۰۸۳	۹/۲۰	۰/۰۰۲۴
		خطی (No)	۰/۲۹۶۱	۰/۰۵۵۶	۲۸/۳۴	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۸۴۲	۰/۰۰۱۵۲	۳۰/۵۶	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۷	۰/۰۰۰۰۱۱	۲۸/۰۸	$\leq ۰/۰۰۰۱$
ماده‌ی تبریز \times نر ورامین	ورامین	عرض از مبدا	۰/۳۶۳۹	۰/۳۴۳۳	۱۵/۷۸	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		خطی (No)	۰/۲۶۹۵	۰/۰۵۸۸	۲۰/۹۹	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۷۹۷	۰/۰۰۱۶۰	۲۴/۷۹	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۵	۰/۰۰۰۰۱۱	۲۳/۹۴	$\leq ۰/۰۰۰۱$
ماده‌ی ورامین \times نر تبریز	ورامین	عرض از مبدا	۲/۱۵۹۳	۰/۴۴۰۲	۲۴/۰۶	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		خطی (No)	۰/۲۲۴۷	۰/۰۶۷۹	۱۰/۹۷	۰/۰۰۰۹
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۷۱۵	۰/۰۰۱۸۲	۱۵/۴۱	$\leq ۰/۰۰۰۱$
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۰	۰/۰۰۰۰۱۳	۱۵/۵۱	$\leq ۰/۰۰۰۱$

جدول ۶- پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* نسبت به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم در آزمایش ۲۴ ساعته.

زنبور	میزبان	قدرت جستجو (b)	زمان دستیابی (T_h)	حداکثر نرخ حمله (T/T_h)
تبریز	تبریز	۰/۰۱۰۱	۰/۵۷۱۵	۴۱/۹۹
تبریز	ورامین	۰/۰۱۲۹	۰/۵۷۳۰	۴۱/۸۸
ورامین	تبریز	۰/۰۱۳۲	۰/۵۵۶۳	۴۳/۱۴
ورامین	ورامین	۰/۰۱۵۲	۰/۵۴۲۳	۴۴/۲۶
ماده‌ی تبریز \times نر ورامین	ورامین	۰/۰۱۸۱	۰/۵۰۴۹	۴۷/۵۳
ماده‌ی ورامین \times نر تبریز	ورامین	۰/۰۲۶۴	۰/۵۲۲۷	۴۵/۹۲



شکل ۲- نسبت پارازیتسیم دو جمعیت زنبور پارازیتوید *T. vassilievi* در تراکم‌های مختلف دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش ۲۴ ساعته، الف) زنبور تبریز روی میزبان تبریز، ب) زنبور تبریز روی میزبان ورامین، ج) زنبور ورامین روی میزبان تبریز، د) زنبور ورامین روی میزبان ورامین، و) تلاقی ماده‌ی تبریز با نر ورامین، ه) تلاقی ماده‌ی ورامین با نر تبریز.

جدول ۷- تجزیه‌ی واریانس درصد پارازیتسیم، درصد خروج و نسبت جنسی دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* روی دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش واکنش تابعی ۲۴ ساعته.

نسبت جنسی			درصد خروج			درصد پارازیتسیم			متغیر
F	P	df	F	P	Df	F	P	df	
۰/۰۴	۰/۸۴۱	۱، ۳۳۴	۰/۰۰	۰/۹۹۵	۱، ۳۳۹	۰/۱۰	۰/۷۵۴	۱، ۳۹۲	جمعیت زنبور
۰/۱۱	۰/۷۴۴	۱، ۳۳۴	۰/۰۰	۰/۹۹۷	۱، ۳۳۹	۰/۰۰	۰/۹۹۰	۱، ۳۹۲	جمعیت میزبان
۱۷/۵۳	<۰/۰۰۱	۶، ۳۳۴	۰/۲۱	۰/۹۷۳	۶، ۳۳۹	۹/۰۰	<۰/۰۰۱	۶، ۳۹۲	تراکم میزبان
۰/۰۷	۰/۷۹۹	۱، ۳۳۴	۰/۰۶	۰/۸۱۰	۱، ۳۳۹	۰/۰۰	۰/۹۸۸	۱، ۳۹۲	جمعیت زنبور × جمعیت میزبان
۰/۰۶	۰/۹۹۹	۶، ۳۳۴	۰/۱۵	۰/۹۸۹	۶، ۳۳۹	۰/۰۸	۰/۹۹۸	۶، ۳۹۲	جمعیت زنبور × تراکم میزبان
۰/۰۷	۰/۹۹۹	۶، ۳۳۴	۰/۰۶	۰/۹۹۹	۶، ۳۳۹	۰/۰۴	۱/۰۰۰	۶، ۳۹۲	جمعیت میزبان × تراکم میزبان
۰/۱۰	۰/۹۹۷	۶، ۳۳۴	۰/۱۰	۰/۹۹۶	۶، ۳۳۹	۰/۰۱	۱/۰۰۰	۶، ۳۹۲	زنبور × میزبان × تراکم میزبان

جدول ۸- تجزیه‌ی واریانس درصد پارازیتسیم، درصد خروج و نسبت جنسی دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* و تلاقی بین آن‌ها روی جمعیت ورامینی تخم سن گندم در آزمایش واکنش تابعی ۲۴ ساعته.

نسبت جنسی			درصد تغریخ			درصد پارازیتسیم			متغیر
F	P	df	F	P	df	F	P	df	
۰/۱۷	۰/۹۱۴	۳، ۳۴۱	۰/۰۸	۰/۹۷۳	۳، ۳۴۸	۰/۴۰	۰/۷۵۶	۳، ۳۹۲	جمعیت زنبور
۱۶/۱۴	<۰/۰۰۱	۶، ۳۴۱	۰/۱۷	۰/۹۸۴	۶، ۳۴۸	۸/۷۲	<۰/۰۰۱	۶، ۳۹۲	تراکم میزبان
۰/۰۹	۱/۰۰۰	۱۸، ۳۴۱	۰/۰۹	۱/۰۰۰	۱۸، ۳۴۸	۰/۱۶	۱/۰۰۰	۱۸، ۳۹۲	جمعیت زنبور × تراکم میزبان

جدول ۹- میانگین نرخ پارازیتیسیم، نرخ خروج حشرات کامل و نسبت جنسی \pm (SE) زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* در تراکم‌های مختلف تخم سن گندم در آزمایش ۲۴ ساعته.

تراکم میزبان							میانگین \pm (SE)	میزبان	زنبور
۸۴	۵۶	۲۸	۱۴	۷	۴	۱			
۰/۴۸۶±۰/۰۱۷c	۰/۶۸۹±۰/۰۲۷bc	۰/۹۵۷±۰/۰۲۱ab	۰/۹۵۰±۰/۰۱۵a	۰/۹۴۳±۰/۰۲۳ab	۰/۹۲۱±۰/۰۳۲ab	۰/۷۴۰±۰/۰۶۳ab		نرخ پارازیتیسیم	
۰/۹۷۱±۰/۰۰۹	۰/۹۷۱±۰/۰۰۲۰	۰/۹۷۷±۰/۰۰۱۶	۰/۹۸۵±۰/۰۰۱۰	۰/۹۵۰±۰/۰۰۲۵	۰/۹۶۱±۰/۰۰۲۰	۰/۹۷۳±۰/۰۰۳۳	تبریز	تبریز	
۰/۹۳۹±۰/۰۰۰۶a	۰/۹۴۷±۰/۰۰۸ab	۰/۹۴۶±۰/۰۰۱۱a	۰/۹۱۶±۰/۰۰۸ab	۰/۷۷۲±۰/۰۰۲۹ab	۰/۶۵۸±۰/۰۰۳۹bc	۰/۴۷۲±۰/۰۰۷۲c		نسبت جنسی	
۰/۴۷۶±۰/۰۰۱۵c	۰/۷۱۸±۰/۰۰۱۵bc	۰/۹۵۰±۰/۰۰۱۸ab	۰/۹۵۰±۰/۰۰۱۵a	۰/۹۴۳±۰/۰۰۲۳ab	۰/۹۰۸±۰/۰۰۵۲ab	۰/۷۴۰±۰/۰۰۶۳ab		نرخ پارازیتیسیم	
۰/۹۶۶±۰/۰۰۱۰	۰/۹۶۵±۰/۰۰۰۶	۰/۹۸۵±۰/۰۰۰۹	۰/۹۷۶±۰/۰۰۱۲	۰/۹۵۰±۰/۰۰۳۶	۰/۹۴۰±۰/۰۰۲۶	۰/۹۷۳±۰/۰۰۲۳	ورامین	تبریز	
۰/۹۳۷±۰/۰۰۰۸a	۰/۷۵۲±۰/۰۰۱۸۹ab	۰/۹۳۹±۰/۰۰۰۹a	۰/۹۱۵±۰/۰۰۱۴ab	۰/۷۸۱±۰/۰۰۹۱ab	۰/۶۶۲±۰/۰۰۴۰bc	۰/۴۷۲±۰/۰۰۷۲c		نسبت جنسی	
۰/۴۹۸±۰/۰۰۱۸c	۰/۷۲۵±۰/۰۰۲۴bc	۰/۹۶۴±۰/۰۰۱۱ab	۰/۹۷۹±۰/۰۰۱۱a	۰/۹۴۳±۰/۰۰۲۳ab	۰/۹۰۸±۰/۰۰۴۲ab	۰/۷۶۰±۰/۰۰۶۰ab		نرخ پارازیتیسیم	
۰/۹۶۸±۰/۰۰۱۴	۰/۹۵۱±۰/۰۰۱۴	۰/۹۶۲±۰/۰۰۱۷	۰/۹۷۸±۰/۰۰۱۱	۰/۹۵۲±۰/۰۰۲۴	۰/۹۷۴±۰/۰۰۱۷	۰/۹۷۴±۰/۰۰۲۳	ورامین	تبریز	
۰/۹۳۵±۰/۰۰۰۶a	۰/۹۳۱±۰/۰۰۱۳ab	۰/۹۴۷±۰/۰۰۰۸a	۰/۹۱۸±۰/۰۰۰۷ab	۰/۷۷۳±۰/۰۰۲۹ab	۰/۶۴۰±۰/۰۰۴۸bc	۰/۴۸۶±۰/۰۰۷۲c		نسبت جنسی	
۰/۵۱۰±۰/۰۰۱۴c	۰/۷۵۰±۰/۰۰۲۰bc	۰/۹۶۴±۰/۰۰۱۶ab	۰/۹۸۶±۰/۰۰۱۰a	۰/۹۵۷±۰/۰۰۲۲ab	۰/۸۵۵±۰/۰۰۶۹ab	۰/۷۶۰±۰/۰۰۶۱ab		نرخ پارازیتیسیم	
۰/۹۷۱±۰/۰۰۱۰	۰/۹۷۰±۰/۰۰۱۰	۰/۹۷۸±۰/۰۰۰۹	۰/۹۹۳±۰/۰۰۰۷	۰/۹۵۷±۰/۰۰۲۲	۰/۹۷۱±۰/۰۰۱۸	۰/۹۴۷±۰/۰۰۳۲	ورامین	ورامین	
۰/۹۳۷±۰/۰۰۰۶a	۰/۹۴۱±۰/۰۰۰۵ab	۰/۹۴۷±۰/۰۰۱۰a	۰/۹۲۰±۰/۰۰۰۷ab	۰/۷۶۲±۰/۰۰۳۸ab	۰/۶۵۷±۰/۰۰۳۱bc	۰/۴۴۴±۰/۰۰۷۱c		نسبت جنسی	
۰/۵۷۶±۰/۰۰۰۵c	۰/۷۵۴±۰/۰۰۲۷bc	۰/۹۶۴±۰/۰۰۱۱ab	۰/۹۷۹±۰/۰۰۱۱a	۰/۹۸۶±۰/۰۰۱۹ab	۰/۹۴۷±۰/۰۰۲۳ab	۰/۷۶۰±۰/۰۰۶۱ab		نرخ پارازیتیسیم	
۰/۹۶۹±۰/۰۰۱۳	۰/۹۷۶±۰/۰۰۰۷	۰/۹۷۰±۰/۰۰۰۷	۰/۹۸۶±۰/۰۰۱۴	۰/۹۸۶±۰/۰۰۱۴	۰/۹۵۶±۰/۰۰۲۳	۰/۹۷۴±۰/۰۰۲۳	ورامین	تبریز	
۰/۹۴۵±۰/۰۰۰۵a	۰/۹۴۶±۰/۰۰۱۰ab	۰/۹۵۴±۰/۰۰۰۷a	۰/۹۳۳±۰/۰۰۰۸ab	۰/۷۵۰±۰/۰۰۵۵ab	۰/۶۷۱±۰/۰۰۵۱bc	۰/۵۱۴±۰/۰۰۷۲c		نسبت جنسی	
۰/۵۵۷±۰/۰۰۲۵c	۰/۷۵۲±۰/۰۰۳۳bc	۰/۹۷۱±۰/۰۰۱۳ab	۰/۹۸۶±۰/۰۰۱۰a	۰/۹۸۶±۰/۰۰۱۴ab	۰/۹۶۱±۰/۰۰۲۰ab	۰/۸۸۰±۰/۰۰۴۶ab		نرخ پارازیتیسیم	
۰/۹۶۳±۰/۰۰۰۶	۰/۹۷۶±۰/۰۰۰۸	۰/۹۷۸±۰/۰۰۱۵	۰/۹۷۹±۰/۰۰۱۵	۰/۹۵۷±۰/۰۰۳۰	۰/۹۷۴±۰/۰۰۱۷	۰/۹۷۷±۰/۰۰۲۱	ورامین	ورامین	
۰/۹۲۲±۰/۰۰۱۳a	۰/۹۴۶±۰/۰۰۰۷ab	۰/۹۵۵±۰/۰۰۰۷a	۰/۹۳۴±۰/۰۰۰۷ab	۰/۸۳۸±۰/۰۰۳۶ab	۰/۶۸۰±۰/۰۰۶۰bc	۰/۵۱۲±۰/۰۰۷۲c		نسبت جنسی	

* حروف مشابه در هر ردیف نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون توکی می‌باشد.

بحث

به نظر نمی‌رسد هیچ‌یک از دو دلیل مذکور مصداق داشته باشند. بر مبنای یافته‌های این تحقیق و نتایج دیگر محققان (عسگری و همکاران ۱۳۸۰، فتحی‌پور و همکاران ۲۰۰۱، اللهیاری و همکاران ۲۰۰۴، لومان و همکاران ۲۰۰۸ و جمشیدنیا و همکاران ۲۰۱۰) به نظر می‌رسد که واکنش تابعی نوع سوم بین زنبورهای خانواده Platygastridae معمول باشد. پارازیتوئیدها با واکنش تابعی نوع سوم حداقل در تراکم‌های پایین میزبان می‌توانند به صورت وابسته به تراکم عمل کنند و در این صورت بهتر می‌توانند جمعیت میزبان را کنترل نمایند یا به عبارت دیگر این نوع واکنش تابعی نشان دهنده‌ی عکس‌العمل مناسب زنبور به افزایش تراکم تخم آفت بوده و توانایی آن را در تنظیم جمعیت آفت نشان می‌دهد (عسگریان‌زاده و همکاران ۱۳۸۷). نتایج به دست آمده در این تحقیق برای نوع واکنش تابعی زنبور *T. vassilievi*، همانند نتایج مشاهده شده برای *T. grandis* و *T. semistriatus* است که روی میزبان ترجیحی خود واکنش تابعی نوع سوم را نشان دادند. با این توضیح که در این گونه‌ها واکنش تابعی تحت تأثیر گیاه و گونه میزبان قرار گرفته است.

وجود اختلاف‌های فاحش در نرخ پارازیتسم و نرخ رشد جمعیت زنبورهای پارازیتوئید مناطق جغرافیایی مختلف در گزارش محققین مختلف (نوزاد بناب ۱۳۸۷ و امیرمعافی ۲۰۱۰)، موجب شد تا دو جمعیت پارازیتوئید *T. vassilievi* تبریز و ورامین به‌طور هم‌زمان در این تحقیق مورد مطالعه قرار گیرند. بر پایه بیان جولیانو (۱۹۹۳) تفاوت بین دو پارازیتوئید در نرخ تلفات میزبان در تراکم‌های مختلف، می‌تواند با برآورد و مقایسه پارامترهای واکنش تابعی آن‌ها مورد مقایسه قرار گیرد. دو پارامتر قدرت جستجو و زمان دستیابی برای ارزیابی کارایی پارازیتوئید یا شکارگر و یا برآورد ذخیره تخم آن‌ها استفاده می‌شوند (زیائو و همکاران ۲۰۱۳). دشمن طبیعی در واکنش تابعی نوع سوم قدرت جستجوگری ثابتی ندارد، این امر همراه با بروز اثرات وابسته به تراکم موجب می‌شود عامل کنترل زیستی بهتر بتواند میزبان خود را کنترل نماید. بالا بودن قدرت جستجوگری و پایین بودن زمان دستیابی پارازیتوئید

مطالعه واکنش تابعی دشمنان طبیعی قبل از رهاسازی، اهمیت ویژه‌ای در کنترل زیستی دارد (برنال و همکاران، ۱۹۹۴) و برای پیشگویی چگونگی تنظیم تراکم میزبان توسط دشمن طبیعی مورداستفاده قرار می‌گیرد (مورداک و اوتن ۱۹۷۵). تا قبل از اجرای این پروژه، هیچ مطالعه‌ای روی واکنش تابعی زنبور *T. vassilievi* صورت نگرفته بود. براساس یافته‌های قبلی، زنبور *T. vassilievi* گونه‌ی غالب ورامین است (ایرانی‌پور و همکاران، ۲۰۱۱)، حال آن‌که گونه مزبور در منطقه آذربایجان یک گونه نادر و اتفاقی است (نوزاد بناب و ایرانی‌پور ۱۳۸۹، شفایی و همکاران ۱۳۹۰) که ممکن است بعضی سال‌ها در نمونه‌ها دیده نشود و درکل، پارازیتسم کمتری در منطقه داشته باشد. زیرا تراکم میزبان نیز پایین‌تر است. از طرفی نتایج محققان (مونتویا و همکاران ۲۰۰۲ و کیوان و کیلیج ۲۰۰۴) نشان داده است که جمعیت میزبان می‌تواند روی خصوصیات زیستی پارازیتوئید اثر مهمی داشته باشد و حتی موجب تغییر نوع واکنش تابعی شود (میلز و لاکان ۲۰۰۴). بنابراین دو جمعیت میزبان برای این تحقیق در نظر گرفته شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم روی هر دو جمعیت میزبان از نوع سوم است و یک ماده پارازیتوئید در بالاترین تراکم میزبان می‌تواند بیش از سه دسته تخم را پارازیته کند. در این بررسی جمعیت میزبان تأثیری روی نوع واکنش تابعی نداشت و این زنبور در تیمارهای مختلف رفتار واحدی را نسبت به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم از خود نشان داد. معنی‌دار نبودن اثر میزبان می‌تواند به دلیل کیفیت یا خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی یکسان تخم سن گندم در هر دو جمعیت تبریز و ورامین باشد و وجود فاصله جغرافیایی قابل توجه بین این دو جمعیت، موجب تفاوت بین میزبان‌ها نشد. ون‌آلفن و جرویس (۱۹۹۶) برای بروز واکنش تابعی نوع سه دو دلیل: اختصاص نسبت فرزندهای از کل زمان در دسترس زنبور به فعالیت‌های دیگری غیر از جستجو در تراکم‌های پایین میزبان و ارائه گونه‌های غیرترجیحی میزبان را ذکر می‌کنند. در اینجا

یک زنبور ماده بود. در این ارتباط امیرمعافی بیان کرد که حداکثر نرخ حمله در زنبور *T. grandis* توسط زمان دستیابی تعیین نمی‌گردد و بستگی به تعداد تخم‌های بارور حشره ماده دارد. بر اساس این بررسی‌ها می‌توان قابلیت پارازیت‌یسم این سه گونه را که مهم‌ترین گونه‌های ایران هستند، به‌صورت $T. vassilievi < T. semistriatus < T. grandis$ درجه‌بندی کرد. اللهیاری و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که زنبورهای *T. grandis* خارج شده از سن *Podisus* در مقایسه با زنبورهای خارج شده از سن *Eurygaster* اندازه‌ی کوچک‌تری دارند. این محققان اظهار نمودند که بالا بودن زمان دستیابی در زنبورهای *T. grandis* خارج شده از سن *Podisus* می‌تواند به دلیل اندازه کوچک این زنبورها باشد. حداکثر پارازیت‌یسم این زنبور ۳۸/۹۳ و ۳۱/۱۱ تخم به‌ازای هر روز به‌ترتیب در زنبورهای خارج شده از سن *Eurygaster* و سن *Podisus* گزارش شد.

با توجه به این اصل که انجام تلاقی‌های غیرخویشاوندی بین جمعیت‌ها می‌تواند به ایجاد جمعیت‌هایی با ویژگی حد واسط یا بهتر منجر شود (وید ۱۹۹۸، راسانن و کروک ۲۰۰۷) تلاقی بین دو جمعیت صورت گرفت. هر چند انجام تلاقی بین دو جمعیت فوق در تحقیق قبلی (ایرانی‌پور و همکاران ۲۰۱۵) نشان دهنده‌ی اثرات معنی‌دار در فنوتیپ دمایی بود، اما انجام تلاقی‌ها منجر به افزایش معنی‌دار نرخ کاوشگری نشد، ولی با این حال هر دو تلاقی، خصوصیات بهتری نسبت به جمعیت‌های مادری خود نشان دادند. از این رو، شاید بتوان با انجام تلاقی‌های انتخابی موجب افزایش شایستگی افراد جدید حاصل از تلاقی شد.

یکی از متغیرهای لحاظ شده در این تحقیق، تفاوت در زمان کل در دسترس پارازیتوئید به‌منظور نشان دادن اشکال آزمایش‌های کلاسیک واکنش تابعی در تخمین پارامترهای کاوشگری دشمنان طبیعی بود. مقایسه‌ی نتایج تخمین پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی برای زنبور پارازیتوئید *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف تخم دو جمعیت سن گندم در تمام تیمارهای ۶ و ۲۴ ساعته نشان داد که زمان در دسترس زنبور اثر قابل توجهی در برآورد پارامترهای واکنش

نشانگر کارایی بالای پارازیتوئید است (هسل، ۱۹۷۸؛ اللهیاری و همکاران ۲۰۰۴ و کارنیرو و همکاران ۲۰۱۰). متقابلاً بالا بودن زمان دستیابی یک ویژگی منفی برای پارازیتوئید به حساب می‌آید که با کاهش قدرت جستجوگری می‌تواند کارایی پارازیتوئید را کاهش دهد. هر قدر تراکم جمعیت میزبان بیش‌تر باشد به همان نسبت درصد بیش‌تری از وقت پارازیتوئید صرف دستیابی و درصد کمتری صرف جستجوی میزبان خواهد شد و این کاهش زمان صرف شده برای جستجو در تراکم‌های بالای میزبان، قدرت جستجوگری پارازیتوئید را افزایش خواهد داد (برنستین ۲۰۰۰). برخلاف انتظار، نتایج این تحقیق نشان داد که نرخ پارازیت‌یسم بین دو جمعیت زنبور تفاوت معنی‌داری ندارد. با این حال، زنبورهای ورامین قدرت جستجوگری بالا و زمان دستیابی کمتری نسبت به زنبورهای تبریز داشتند که نشان دهنده برتری جزئی زنبورهای ورامین است. به این صورت که در بین تیمارهای بررسی حاضر جمعیت ورامینی زنبور *T. vassilievi* روی میزبان ورامین با بیش‌ترین افزایش نرخ کاوش با تراکم، حداقل زمان دستیابی ۰/۱۳۳۱ ساعت و حداکثر نرخ حمله در بین تیمارهای آزمایش بهترین بود. امیرمعافی (۱۳۷۹) در یک آزمایش ۲۴ ساعته، قدرت جستجو و زمان دستیابی زنبورهای *T. grandis* را با استفاده از معادله جستجوی تصادفی راجرز ۰/۱۵۴ و ۰/۲۸۳ با حداکثر نرخ حمله ۸۴/۸ و با استفاده از معادله دیسک هولینگ ۰/۰۵۴ و ۰/۳۴ با حداکثر نرخ حمله ۷۰/۶ برآورد نمود که نشان می‌دهد زنبور مذکور روزانه حدود دوبرابر *T. vassilievi* پارازیت می‌نماید. عسگری (۱۳۸۰) مقدار این پارامترها را برای زنبور *T. semistriatus* روی سن گندم با استفاده از معادله جستجوی تصادفی راجرز ۰/۱۴۱ و ۰/۱۲۶ با حداکثر نرخ حمله‌ی ۶۳/۴۹ و با استفاده از معادله‌ی دیسک هولینگ ۰/۰۸۷ و ۰/۱۲۶ با حداکثر نرخ حمله ۶۳/۴۹

به‌دست آورد که آن‌هم حدود ۱/۵ برابر *T. vassilievi* در یک روز پارازیت می‌نماید. در هر دو تحقیق فوق، واکنش تابعی نوع دوم برای زنبورها به‌دست آمده بود و حداکثر نرخ حمله محاسبه شده بالاتر از حداکثر قدرت تخم‌ریزی

می‌شود. بنابراین تخمین پارامترهای واکنش تابعی در انتخاب دشمن طبیعی قبل از رهاسازی دارای اهمیت ویژه‌ای است. از این رو واکنش تابعی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای کنترل کیفی پارازیتوئیدهای پرورش یافته در آزمایشگاه باشد. ولی واکنش تابعی به‌تنهایی برای تصمیم‌گیری درمورد انتخاب دشمن طبیعی در کنترل زیستی کافی نیست و عوامل دیگری از جمله نرخ ذاتی رشد جمعیت، عوامل زنده و غیرزنده و غیره تأثیر عمده‌ای روی کارایی دشمن طبیعی دارند (ون‌دریش و بیلون، ۱۹۹۶).

سپاسگزاری

امکانات مورد نیاز و منابع مالی این تحقیق توسط دانشگاه تبریز تأمین گردیده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

تابعی دارد، به طوری که با افزایش زمان در دسترس پارازیتوئید، برآورد حداکثر نرخ پارازیتیسیم زنبور *T. vassilievi* تفاوت چندانی نکرد، ولی تخمین قدرت جستجو کمتر و زمان دستیابی بیش‌تر از مقدار واقعی بود. در واقع، تمام زمان‌هایی که زنبور *T. vassilievi* در مدت ۲۴ ساعت صرف اعمالی غیر از پارازیتیسیم نموده است در برآورد زمان دستیابی وارد شده و این امر سبب شده که برآورد مقدار هر دو آماره با اریب همراه باشد. تعیین مقدار واقعی زمان دستیابی با استفاده از مشاهدات مستقیم مقدور است. هسل (۱۹۷۸) بیان می‌کند که تفاوت بین مقدار تخمین زده شده و واقعی زمان دستیابی به این دلیل است که در مقدار تخمین زده شده، مقادیر مربوط به مدت زمان استراحت، قدم زدن، بررسی میزبان توسط شاخک و پذیرش یا عدم پذیرش میزبان نیز منظور شده است. در صورتی که مقدار واقعی با اندازه‌گیری مستقیم مدت زمان تخم‌ریزی محاسبه

منابع مورد استفاده

- اللهیاری ح و آزمایش فرد پ، ۱۳۸۱. مقایسه واکنش تابعی زنبورهای نسل اول *Trissolcus grandis* خارج شده از تخم سن گندم و تخم سن شکاری (*Podisus maculiventris* (Het., Pentatomidae). صفحه ۱۲. خلاصه مقالات پانزدهمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
- امیرمعافی م، ۱۳۷۹. بررسی سیستم میزبان-پارازیتوئید بین (*Trissolcus grandis* Thomson (Hym.: Scelionidae) و تخم سن گندم. رساله دکتری تخصصی حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.
- جواهری م، ۱۳۵۷. گزارشی از سن‌های زیان‌آور غلات در ایران. حفظ نباتات، جلد ۲۷، صفحه‌های ۲۷ تا ۴۲.
- شفایی ف، ایرانی‌پور ش، کاظمی م و علیزاده ا، ۱۳۹۰. تنوع و تغییرات فصلی پارازیتوئیدهای تخم سن گندم در مناطق مرکزی استان آذربایجان غربی. مجله حشره‌شناسی گیاهان زراعی، جلد ۱، شماره ۱: صفحه‌های ۳۹ تا ۵۴.
- صفوی م، ۱۳۵۲. بررسی بیواکولوژی زنبورهای پارازیت تخم سن در ایران. انستیتوی بررسی آفات و بیماری‌های گیاهی، تهران.
- طالبی ع ا، شاهپوری ش، فتحی‌پور ی، محرمی‌پور س و کمالی ک، ۱۳۸۵. مطالعه واکنش تابعی زنبور *Telenomus acrobates* (Hym.: Scelionidae) پارازیتوئید تخم بالتوری (*Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae) در شرایط آزمایشگاه. آفات و بیماری‌های گیاهی، جلد ۷۴، شماره ۱، صفحه‌های ۶۵ تا ۷۹.
- عسگری ش، ۱۳۸۰. مقایسه تناسب میزبانی تخم سن‌های *Graphosoma lineatum* L. و *Eurygaster integriceps* Put. برای زنبور پارازیتوئید *Trissolcus semistriatus* Nees. رساله دکتری تخصصی حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

عسگری ش، ۱۳۹۰. رهاسازی اشباعی زنبور پارازیتوئید تخم سن گندم و ارزیابی عملکرد آن. صفحه‌های ۴۲۳ تا ۴۲۸. مجموعه مقالات همایش ملی توسعه کنترل بیولوژیک در ایران. تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور.

عسگری ش، کمالی ک، فتحی‌پور ی، صحراگرد ا و سلیمان نژادیان ا، ۱۳۸۰. مقایسه واکنش‌های تابعی و عددی زنبور پارازیتوئید تخم سن گندم، *Trissolcus semistriatus* پرورش یافته روی *Eurygaster integriceps* و *Graphosoma lineatum*. آفات و بیماری‌های گیاهی، جلد ۶۹، شماره ۲، صفحه‌های ۹۷ تا ۱۱۰.

عسگریان زاده ع، محرمی‌پور س، فتحی‌پور ی و نره‌ئی ا، ۱۳۸۷. تأثیر نوع رقم نیشکر بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Platytenomus hylas* (Hym., Scelionidae) نسبت به تراکم‌های مختلف تخم ساقه‌خوار *sesamia nonagrioides* (Lep., Noctuidae) و میزان پارازیتیسیم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۴۵، شماره الف، صفحه‌های ۲۷۵ تا ۲۸۴.

فتحی‌پور ی، کمالی ک، خلقانی ج، عبدالله‌ی غ، ۱۳۷۹. واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trissolcus grandis* (Hym.: Scelionidae) به تراکم‌های مختلف تخم سن *Eurygaster integriceps* (Hem.: Scutelleridae) و تأثیر ارقام مختلف گندم بر آن. آفات و بیماری‌های گیاهی، جلد ۶۸، شماره‌های ۱ و ۲، صفحه‌های ۱۲۳ تا ۱۳۶.

نوزاد بناب ز، ۱۳۸۷. اثر دما روی نشوونما، زادآوری و طول عمر پارازیتوئید تخم سن گندم *Trissolcus grandis* Thomson (Hym: Scelionidae). پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه تبریز.

نوزاد بناب ز و ایرانی‌پور ش، ۱۳۸۹. تغییرات فصلی فون زنبورهای پارازیتوئید تخم سن گندم در مزارع گندم شهر بناب جدید، استان آذربایجان شرقی. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲، شماره ۳: صفحه‌های ۷۳ تا ۸۳.

Allahyari H, Fard P A and Nozari J, 2004. Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the sunn pest. *Journal of Applied Entomology* 128: 39-43.

Amir-Maafi M, 2010. The biological control of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Het.: Scutelleridae) using egg parasitoids. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran.

Amir-Maafi M and Parker B L, 2002. Density dependence of *Trissolcus* spp. (Hym., Scelionidae) on eggs of *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera: Scutelleridae). *Arab Journal of Plant Protection* 20: 62-64.

Bernal J S, Bellows T S and Gonzales D, 1994. Functional response of *Diaerteiella rapae* (McIntosh) (Hym.: Aphidiidae) to *Diuraphis noxia* (Mordwilko) (Hom.: Aphididae) hosts. *Journal of Applied Entomology* 118: 300-309.

Bernstein C, 2000. Host-parasitoid models: the story of successful failure. Pp. 41-57 In: Hochberg M, Ives A (eds.) *Population Biology of Host-Parasitoids Interactions*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Carneiro T R, Fernandes O A, Cruz I and Bueno R C O F, 2010. Functional response of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs: effect of female age. *Revista Brasileira de Entomologia* 54(4): 692-696.

Coll M, Smith A and Ridgway R L, 1997. Effect of plants on the searching efficiency of a generalist predator: the importance of predator- prey spatial association. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 1-10.

Fathipour Y, Kamali K, Khalghani J and Abdollahi G, 2001. Functional response of *Trissolcus grandis* (Hym., Scelionidae) to different egg densities of *Eurygaster integriceps* (Het., Scutelleridae) and effects of wheat genotypes on it. *Applied Entomology and Phytopathology* 68: 123-136.

- Hassell M P, 1978. The Dynamics of Arthropod Predator Prey Systems. New Jersey: Princeton University Press.
- Hassell M P and Waage J K, 1984. Host-parasitoid population interactions. Annual Review of Entomology 29: 89-114.
- Hassell M P, Lawton J H and Beddington J R, 1976. The components of arthropod predation. 1. The prey death-rate. Journal of Animal Ecology 54: 135-164.
- Holling C S, 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. The Canadian Entomologist 91: 385-398.
- Holling C S, 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density, Memoirs of the Entomological Society of Canada.
- Iranipour S, Bena Molaei P, Asgari S and Michaud J P, 2015. Reciprocal crosses between two populations of *Trissolcus vassilievi* (Mayr) (Hymenoptera: Scelionidae) reveal maternal effects on thermal phenotypes. Bulletin of Entomological Research 105: 355-363.
- Iranipour S, Kharrazi Pakdel A, Radjabi G and Michaud J P, 2011. Life tables for sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutelleridae) in Northern Iran. Bulletin of Entomological Research 101: 33-44.
- Jamshidnia A, Kharazi-Pakdel A, Allahyari H and Soleymannejadian E, 2010. Functional response of *Telenomus busseolae* (Hym.: Scelionidae) an egg parasitoid of the sugarcane stem borer, *Sesamia nonagrioides* (Lep.: Noctuidae) at different temperatures. Biocontrol Science and Technology 20(6): 631-640.
- Juliano S A, 1993. Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves. Pp. 159-182 In: Scheinerand S and Gurevitch J (eds.) Design and Analysis of Ecological Experiments. Chapman and Hall, New York.
- Kivan M and Kilic N, 2004. Parastiism and development of *Trissolcus simoni* in eggs of different host species. Phytoparasitica 32, 57-60.
- Kozlov M A and Kononova S V, 1983. Telenominae of the fauna of the USSR (Hymenoptera, Scelionidae, Telenominae). Leningrad Nauka Publisher.
- Laumann R A, Moraes M C B, Pareja M, Alarca G C, Botelho A C, Maia A H N, Leonardecz E and 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.
- Messina F J and Hanks J B, 1998. Host plant alters the shape of functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). Environmental Entomology 27: 1196-1202.
- Mills N J and Lacaan I, 2004. Ratio dependence in the functional response of insect parasitoids: evidence from *Trichogramma minutum* foraging for eggs in small patches. Ecological Entomology 29: 208-216.
- Montoya P, Liedo P, Benrey B, Barrera J F, Cancino J, Aluja M, Kivan M and Kilic N, 2002. Host preference: parasitism, emergence and development of *Trissolcus semistriatus* (Hym., Scelionidae) in various host eggs. Journal of Applied Entomology 126, 395-399.
- Murdoch W W and Oaten A, 1975. Predation and population stability. Advances in Ecological Research 9: 1-131.
- Nachman G, 2006. A functional response model of a predator population foraging in a patchy habitat. Journal of Animal Ecology 75(4): 948-958.
- Rasanen K and Kruuk LEB, 2007. Maternal effects and evolution at ecological time-scales. Functional Ecology 21:408-421.

- van Alphen J J M and Jervis M A, 1996. Foraging behaviour. Pp. 1–62 In: Jervis M and Kidd N (eds.) Insect Natural Enemies, Practical Approaches to Their Study and Evaluation. Chapman and Hall, London.
- van Driesche R G and Bellows T S Jr, 1996. Biological Control. Chapman and Hall, New York.
- Wade M J, 1998. The evolutionary genetics of maternal effects. Pp. 5–21 In: Mousseau T A and Fox C W (eds.) Maternal Effects as Adaptations. New York, Oxford University Press.
- Xiao Y F, Osborne L S, Chen J J and McKenzie C L, 2013. Functional response and prey-stage preferences of a predatory gall midge and two predacious mites with twospotted spider mites, *Tetranychus urticae*, as host. Journal of Insect Science 13(8): 1-12.

Functional Response of Two Populations of *Trissolcus vassilievi* (Mayr) on Sunn Pest Eggs (*Eurygaster integriceps* Puton)

Benamolaei, Parisa¹, Iranipour, Shahzad² and Asgari, Shahryar³

¹Assistant Professor, Department of Animal Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

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

³Research Assistant Professor, Agriculture and Natural Resource Research Center of Tehran Province, Varamin, Iran.

*Corresponding author: P.benamolaei@tabrizu.ac.ir

Received: 22 April 2017

Accepted: 16 September 2017

Abstract

Egg parasitoids have important role in reducing pest populations. *Trissolcus vassilievi* (Mayr) is one of the most important biological control agents of the sunn pest. In this study, two populations of both the parasitoid and the host, one from Tabriz and the other from Varamin were used. The functional response experiments were carried out for both populations as well as progeny obtained by reciprocal crosses between them (Tabriz females×Varamin males vs. Varamin females×Tabriz males). The total time of experiment considered to be either 6 or 24 h. Logistic regression analysis revealed that the functional response of *T. vassilievi* was from type III in all treatments. Parameter estimation also revealed that searching rate (b) and handling time (T_h) was close to each other in all treatments. Experiment time had no considerable effect on parasitism rate and only unrealistically increased the handling time and decreased the line slope of the attack rate. Maximum attack rate varied between 42 and 45 in original populations while it reached to a maximum of 47.5 in crossed populations. Handling time was longer and, parameter b was smaller in Tabriz wasps. This may suggest that attack rate increases more rapidly in Varamin wasps. In other words, they have stronger density dependent response. Host effect was not significant among treatments. This study showed that Varamin wasps have a minor superiority in terms of attack rate and handling time.

Key words: biological control, handling time, host population, parasitoid wasp, searching rate.