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- استاد 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 دریافت: ۹۶/۲/۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۵

چکیده

در بین دشمنان طبیعی سن گندم، زنبورهای پارازیتویید 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 و۲۴ 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_h) در تمام تیمارها بسیار نزدیک به‌هم بود. افزایش زمان آزمایش از ۶ به ۲۴ ساعت تأثیری درمیزان پارازیتیسم 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 پارازیتویید، قدرت جستجو، کنترل زیستی

مقدمه

حد پارازیتیسم برای جمعیت میزبان، به تعداد و توانایی پارازیتوییدها در پیدا کردن میزبان و پارازیته کردن آن‌ها بستگی دارد. بنابراین، در مطالعه‌ی دینامیسم پارازیتیسم بهتر است تفاوت‌هایی بین عوامل مؤثر بر تراکم پارازیتویید و کارآیی جستجوی آن در نظر گرفته شود. بهترین روش برای درک این منظور تشخیص دو نوع واکنش پارازیتویید یعنی واکنش تابعی و واکنش عددی است که از مهم‌ترین عوامل مؤثر در انتخاب یک پارازیتویید در برنامه‌های کنترل زیستی محسوب می‌شود (هسل ۱۹۷۸و 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 پارازیتویید یا شکارگر، نرخ جستجوگری پارازیتویید یا شکارگر و زمان دست‌یابی

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[1] و زمان دست‌یابی[2] می‌باشند. هراندازه نرخ حمله بیش‌تر و زمان لازم برای دست‌یابی کوتاه‌تر باشد به همان نسبت نیز کارآیی 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) به‌ترتیب از نوع دوم و سوم، قدرت جستجو ۰/۰۲۰±۰/۰۸۶ و۰/۰۳۱±۰/۰۶۳ بر ساعت و زمان دست‌یابی ۰/۰۵۰±۰/۱۲۶ و ۰/۰۳۸±۰/۳۹۵ ساعت تعیین شد. حداکثر نرخ حمله (T/T_h) در زنبورهای دو گروه به‌ترتیب ۶۳/۴۹ و۲۰/۲۵ برآورد شد که کم بودن این پارامتر در زنبورهای گروه دوم به‌علت 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 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 به‌ترتیب ۰/۰۵۹ و ۱/۶۷۵ ساعت می باشد. 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 به‌ترتیب برای زنبورهای ماده خارج شده از *E. integriceps* و *P. maculiventris* و 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. basalis* (Wollaston)، *T. brochymenae* (Ashmead)، *T. teretis* Johnson و *T. urichi* (Crawford) روی تخم‌های *Euschistus heros* (F.) به‌منظور 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 پارازیتیسم 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.

[1] Attack rate

[2] Handling time

ظرفیت کاوشگری دشمنان طبیعی یکی از معیارهای کارآیی 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 اشباعی روی سن گندم نشان داده است (عسگری ۱۳۹۰). در بین گونه‌های مهم پارازیتویید‌های تخم سن گندم، واکنش تابعی زنبور *T. vassilievi* تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته و این موضوع مقایسه‌ی کارآیی این گونه با سایر پارازیتویدهای 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 پارازیتویید‌هایی با کارآیی بالاتر بود. درضمن، احتمال داده می‌شد کیفیت میزبان بتواند کارآیی زنبورهای پرورش یافته را تحت تأثیر قرار دهد. تفاوت‌های مشاهده شده در کارآیی 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 اکولژیک پایه قابل استفاده خواهند بود.

مواد و روش ها

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 (۹×۳۰×۲۰ سانتی‌متر) مجهز به درپوش توری برای تهویه، با تراکم ۵۰ حشره‌ی کامل، ۱۰۰ گرم دانه خشک گندم و پنبه خیس در هر ظرف استفاده شد. نوارهای کاغذی به‌عرض ۱۰-۷ سانتی‌متر و طول‌های مختلف به‌شکل بادبزنی برای تخم‌گذاری سن‌ها داخل ظروف قرار داده شدند. این حشرات در دمای ۲۵±۲°C، رطوبت نسبی ۱۰±۴۰٪ 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 پارازیتویید *T. vassilievi*

در این تحقیق، دو جمعیت تبریز (۱۳۶۰ m AMSL؛ ۴۶°E ؛۳۸°N) و ورامین (۹۱۸ m AMSL؛ ۵۱°E ؛۳۵°N) 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 ۱۳۵۲و 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 ۲۶±۱°C، رطوبت نسبی ۵۰±۵٪ 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*

در این آزمایش، تراکم‌های ۱، ۴، ۷، ۱۴، ۲۸، ۵۶ و ۸۴ تخم ۲۴ ساعته سن گندم از هر جمعیت به‌ترتیب در ۵۰، ۲۰، ۱۰، ۱۰، ۵، ۵ و پنج تکرار از هر تراکم به‌طور 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 شرایطذکر 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 به‌مدت 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 نرم افزار 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)، به‌طوری‌که 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 به‌ترتیب 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 (a') یک تابع سهمی یا خطی از تراکم میزبان است که از طریق فرمول زیر برآورد می‌شود:

معادله‌ی [۱]
$$\acute{a} = \frac{d + bN_t}{1 + cN_t}$$

در این معادله b، c و d مقادیر ثابتی هستند که از روی داده‌های آزمایش برآورد می‌شوند. پس از آزمون معنی‌داری این پارامترها، درصورت 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] به‌صورت ساده‌تر خطی $a' = bN_t$ و یا درصورت معنی‌دار بودن d به‌صورت $a' = d + bN_t$ در می‌آید. در این بررسی تنها c غیرمعنی‌دار بود، بنابراین معادله‌ی نهایی واکنش تابعی نوع III به‌صورت زیر درآمد:

معادله‌ی [۲]
$$N_a = N_t\left[1 - exp\left(-\frac{(d + bN_t)TP_t}{1 + (d + bN_t)T_hN_t}\right)\right]$$

در نهایت جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

طرح آماری آزمایش واکنش تابعی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه عوامل جمعیت زنبور، جمعیت میزبان و تراکم‌های مختلف میزبان انجام شد. فاکتور جمعیت و 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 نرم افزار 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 به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد مقایسه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌های مربوط به درصد پارازیتیسم، درصد تفریخ 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.

نتایج

واکنش تابعی زنبور پارازیتویید *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 پارازیتویید *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش شش ساعته.

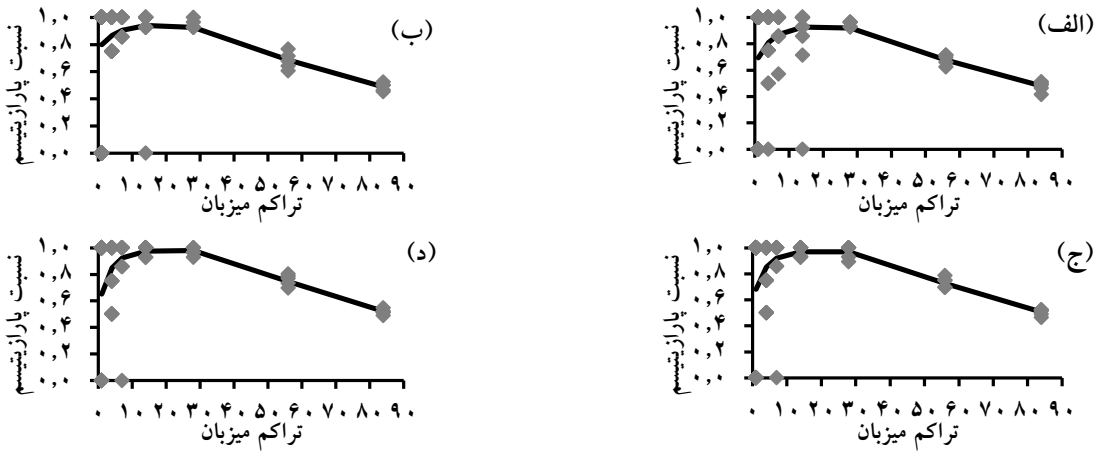
زنبور	میزبان	پارامتر	تخمین	SE	χ^2	P
تبریز	تبریز	عرض از مبداء	۰/۹۹۷۷	۰/۲۶۱۷	۱۴/۵۳	۰/۰۰۰۱
		خطی (No)	۰/۱۴۲۴	۰/۰۳۵۸	۱۵/۷۹	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۴۱۳	۰/۰۰۰۹۶۱	۱۸/۴۶	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۲۷	$۶/۸\times۱۰^{-۶}$	۱۵/۸۶	≤۰/۰۰۰۱
تبریز	ورامین	عرض از مبداء	۱/۱۷۸۳	۰/۲۸۱۹	۱۷/۴۷	≤۰/۰۰۰۱
		خطی (No)	۰/۱۶۱۸	۰/۰۳۹۵	۱۶/۸	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۴۸۶	۰/۰۰۱۰۶	۲۱/۱۲	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۳۳	$۷/۵\times۱۰^{-۶}$	۱۹/۳۹	≤۰/۰۰۰۱
ورامین	تبریز	عرض از مبداء	۰/۸۸۴۴	۰/۲۸۶۹	۹/۵۰	۰/۰۰۲۱
		خطی (No)	۰/۲۴۷۷	۰/۰۴۷۱	۲۷/۶۳	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۶۹۹	۰/۰۰۱۲۸	۲۹/۷۴	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۴۷	$۹/۰۳\times۱۰^{-۶}$	۲۶/۶۷	≤۰/۰۰۰۱
ورامین	ورامین	عرض از مبداء	۰/۷۴۰۷	۰/۲۸۶۸	۶/۶۷	۰/۰۰۹۸
		خطی (No)	۰/۲۸۰۳	۰/۰۵۰۲	۳۱/۲۱	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۷۷۷	۰/۰۰۱۳۷	۳۲/۰۸	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۲	$۹/۷\times۱۰^{-۶}$	۲۸/۵۳	≤۰/۰۰۰۱

پارامترهای واکنش تابعی نوع سوم شامل قدرت جستجوگری (b) و زمان دست‌یابی (T_h) در تیمارهای مختلف برای این زنبور در جدول ۲ ارایه شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، مقادیر پارامترها در تمام تیمارها بسیار نزدیک به‌هم بوده و حداکثر ۱۰٪ اختلاف در میزان پارازیتیسم 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 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. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود، با افزایش تراکم تخم سن گندم تا ۲۸ عدد، نسبت تخم‌های پارازیته شده 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 پارازیتیسم صورت نگرفت که منجر به کاهش درصد پارازیتیسم در این تراکم گردید.

جدول ۲- پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتویید *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	۰/۰۳۳۱±۰/۰۰۸	۰/۱۴۳۴±۰/۰۰۳	۴۱/۸۴
تبریز	ورامین	۰/۰۳۱۰±۰/۰۰۹	۰/۱۴۱۰±۰/۰۰۳	۴۲/۵۵
ورامین	تبریز	۰/۰۵۰۲±۰/۰۰۹	۰/۱۳۶۹±۰/۰۰۲	۴۳/۸۳
ورامین	ورامین	۰/۰۵۴۴±۰/۰۱۰	۰/۱۳۳۱±۰/۰۰۲	۴۵/۰۸



شکل ۱- نسبت پارازیتیسم دو جمعیت زنبور پارازیتویید *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.

تجزیه واریانس نسبت پارازیتیسم 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. 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).

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

متغیر	درصد پارازیتیسم			درصد خروج			نسبت جنسی		
	df	P	F	df	P	F	df	P	F
جمعیت زنبور	۱ ،۳۹۲	۰/۵۴۸	۰/۳۶	۱ ،۳۳۶	۰/۹۱۱	۰/۰۱	۱ ،۳۳۰	۰/۹۰۷	۰/۰۱
جمعیت میزبان	۱ ،۳۹۲	۰/۷۹۳	۰/۰۷	۱ ،۳۳۶	۰/۷۳۳	۰/۱۲	۱ ،۳۳۰	۰/۹۵۷	۰/۰۰
تراکم میزبان	۶ ،۳۹۲	<۰/۰۰۱	۶/۴۲	۶ ،۳۳۶	۰/۹۶۷	۰/۲۳	۶ ،۳۳۰	<۰/۰۰۱	۱۷/۴۰
جمعیت زنبور × جمعیت میزبان	۱ ،۳۹۲	۰/۸۶۸	۰/۰۳	۱ ،۳۳۶	۰/۷۵۳	۰/۱۰	۱ ،۳۳۰	۰/۹۱۸	۰/۰۱
جمعیت زنبور × تراکم میزبان	۶ ،۳۹۲	۰/۷۹۰	۰/۵۲	۶ ،۳۳۶	۰/۹۶۳	۰/۲۴	۶ ،۳۳۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰
جمعیت میزبان × تراکم میزبان	۶ ،۳۹۲	۱/۰۰۰	۰/۰۳	۶ ،۳۳۶	۰/۹۹۴	۰/۱۲	۶ ،۳۳۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰
زنبور × میزبان × تراکم میزبان	۶ ،۳۹۲	۰/۹۹۹	۰/۰۵	۶ ،۳۳۶	۰/۹۹۳	۰/۱۳	۶ ،۳۳۰	۰/۹۹۹	۰/۰۶

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

زنبور	میزبان	میانگین ± (SE)	تراکم میزبان						
			۱	۴	۷	۱۴	۲۸	۵۶	۸۴
		نرخ پارازیتیسم	۰/۷۲۰±۰/۰۶۴ab	۰/۹۰۸±۰/۰۵۹a	۰/۹۰۰±۰/۰۴۳a	۰/۸۴۳±۰/۰۹۸a	۰/۹۵۰±۰/۰۰۹a	۰/۶۸۲±۰/۰۱۷ab	۰/۴۷۶±۰/۰۱۷b
تبریز	تبریز	نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۴۴±۰/۰۳۳	۰/۹۶۱±۰/۰۲۸	۰/۹۵۷±۰/۰۳۰	۰/۹۸۳±۰/۰۱۱	۰/۹۸۵±۰/۰۰۹	۰/۹۴۷±۰/۰۱۵	۰/۹۷۱±۰/۰۱۲
		نسبت جنسی	۰/۴۷۱±۰/۰۷۲b	۰/۶۱۴±۰/۰۴۵b	۰/۶۹۵±۰/۰۴۲ab	۰/۹۰۶±۰/۰۰۹a	۰/۹۳۹±۰/۰۰۹a	۰/۹۱۸±۰/۰۱۱a	۰/۹۲۸±۰/۰۰۹a
		نرخ پارازیتیسم	۰/۷۰۰±۰/۰۶۵ab	۰/۹۲۱±۰/۰۲۷a	۰/۹۵۷±۰/۰۲۲a	۰/۸۷۹±۰/۰۹۸a	۰/۹۵۰±۰/۰۱۴a	۰/۶۸۲±۰/۰۲۸ab	۰/۴۸۸±۰/۰۱۳b
تبریز	ورامین	نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۷۱±۰/۰۲۴	۰/۹۷۴±۰/۰۱۷	۰/۹۴۳±۰/۰۳۲	۰/۹۶۸±۰/۰۲۰	۰/۹۷۰±۰/۰۱۸	۰/۹۵۸±۰/۰۱۰	۰/۹۶۶±۰/۰۰۵
		نسبت جنسی	۰/۴۴۱±۰/۰۷۱b	۰/۶۲۳±۰/۰۵۴ab	۰/۷۳۲±۰/۰۴۲ab	۰/۹۲۵±۰/۰۱۷a	۰/۹۳۸±۰/۰۱۰a	۰/۹۲۲±۰/۰۱۳a	۰/۹۳۹±۰/۰۰۸a
		نرخ پارازیتیسم	۰/۷۸۰±۰/۰۵۹ab	۰/۸۶۸±۰/۰۴۶a	۰/۸۷۱±۰/۰۹۹a	۰/۹۷۱±۰/۰۱۲a	۰/۹۶۴±۰/۰۲۳a	۰/۷۳۶±۰/۰۱۷ab	۰/۵۰۲±۰/۰۱۲b
ورامین	تبریز	نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۷۴±۰/۰۲۳	۰/۹۶۱±۰/۰۵۵	۰/۹۵۰±۰/۰۲۴	۰/۹۸۵±۰/۰۱۰	۰/۹۷۰±۰/۰۱۵	۰/۹۶۱±۰/۰۰۶	۰/۹۶۸±۰/۰۱۴
		نسبت جنسی	۰/۴۴۷±۰/۰۷۱b	۰/۶۳۲±۰/۰۶۵ab	۰/۷۳۰±۰/۰۵۴ab	۰/۹۱۸±۰/۰۰۷a	۰/۹۴۶±۰/۰۱۱a	۰/۹۳۴±۰/۰۰۶a	۰/۹۳۶±۰/۰۰۶a
		نرخ پارازیتیسم	۰/۷۸۰±۰/۰۵۹ab	۰/۸۲۹±۰/۰۴۵a	۰/۸۵۷±۰/۰۹۸a	۰/۹۸۶±۰/۰۱۰a	۰/۹۷۱±۰/۰۱۳a	۰/۷۵۷±۰/۰۱۹ab	۰/۵۱۷±۰/۰۱۰b
ورامین	ورامین	نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۷۴±۰/۰۲۳	۰/۹۶۱±۰/۰۲۷	۰/۹۶۶±۰/۰۲۲	۰/۹۸۵±۰/۰۱۰	۰/۹۷۸±۰/۰۰۹	۰/۹۷۲±۰/۰۰۸	۰/۹۷۲±۰/۰۰۵
		نسبت جنسی	۰/۴۷۴±۰/۰۷۲b	۰/۵۹۶±۰/۰۶۵ab	۰/۷۰۲±۰/۰۴۱ab	۰/۹۱۹±۰/۰۰۷a	۰/۹۴۸±۰/۰۰۸a	۰/۹۴۱±۰/۰۰۷a	۰/۹۳۹±۰/۰۰۵a

*** 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 پارازیتیسم 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 پارازیتیسم رخ داده است و تنها در بالاترین تراکم، نرخ پارازیتیسم کاهش معنی‌داری یافته است. در تراکم‌های کمتر از ۱۴، نرزایی بیش‌تر بوده و با افزایش تراکم میزبان، از میزان نرزایی کاسته شده است. در تراکم یک تخم میزبان، نسبت جنسی کمتر از ۰/۵ و متمایل به نر بوده، ولی در تراکم‌های بالاتر به‌نفع 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.

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

تجزیه رگرسیون لجستیک نشان داد که واکنش تابعی زنبور *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم و نتاج حاصل از تلاقی بین جمعیت‌ها روی میزبان ورامین از نوع سوم می‌باشد (جدول ۵). افزایش زمان آزمایش به ۲۴ ساعت موجب تغییرات قابل توجهی در میزان پارازیتیسم 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 پارازیتیسم 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 پارازیته شده به بیش‌ترین مقدار خود که در این تیمارها 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 ورامین × نر تبریز بیش‌ترین نسبت پارازیتیسم میزبان در تراکم یک (۰/۸۸۰)، در بین تمام تیمارها حادث شده است. بیشینه نسبت پارازیتیسم نیز ۰/۹۸۶ در تراکم‌های ۷ و ۱۴ حاصل شد. در تلاقی دیگر، به‌جز در تراکم یک میزبان نتایج مشابه تلاقی قبلی بود. نظیر آزمایش شش ساعت، میزان پارازیتیسم در تراکم‌های ۴ تا ۲۸ خیلی نزدیک به هم بود، ولی بعد از آن کاهش چشم‌گیری در نسبت پارازیتیسم حاصل شد.

در تیمار ۲۴ ساعته ابتدا درصد پارازیتیسم، 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 ورامین مورد مقایسه قرارگرفتند (جدول ۸). تجزیه واریانس میزان پارازیتیسم تخم سن گندم و نسبت جنسی نتاج 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.

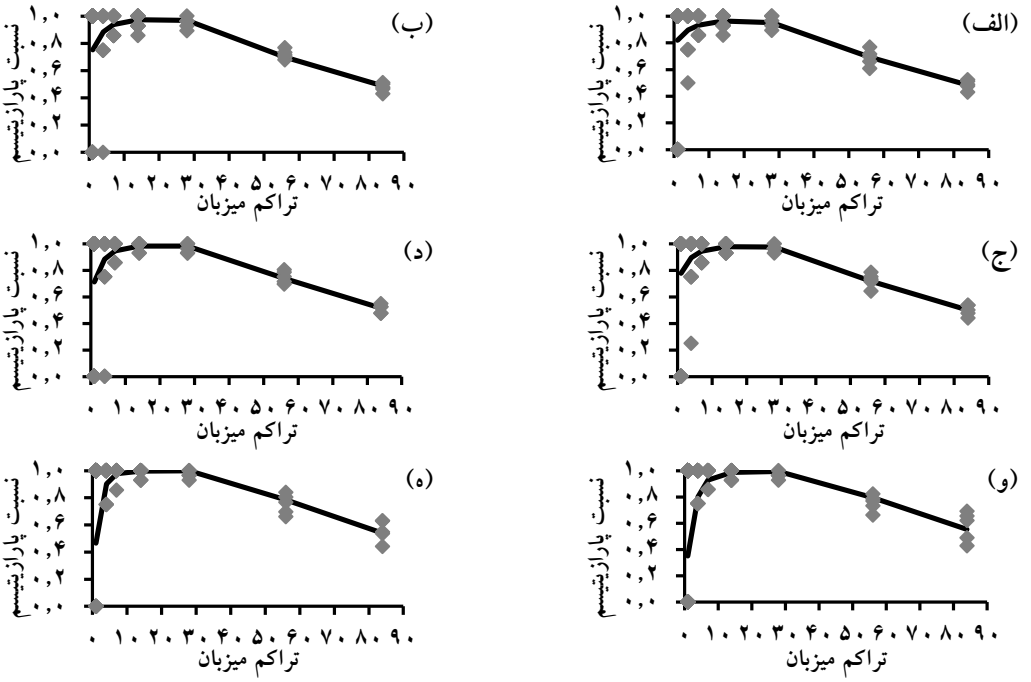
مقادیر مربوط به نرخ پارازیتیسم، نرخ خروج حشرات کامل و نسبت جنسی زنبورها در تراکم‌های مختلف تخم سن گندم در جدول ۹ نشان داده شده‌اند. تغییرات کلی این پارامترها با نتایج تیمار شش ساعت همخوانی مناسبی دارد. مقایسه‌ی نسبت پارازیتیسم کل در تراکم‌های مختلف دو تیمار شش و ۲۴ ساعته با آزمون t نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار وجود ندارد و افزایش زمان موجب افزایش نسبت پارازیتیسم نشده است (زنبور تبریز × میزبان تبریز: $t = ۰/۷۳$، $df = ۱۰۴$، $P = ۰/۴۶$؛ زنبور تبریز × میزبان ورامین: $t = ۰/۵۰$، $df = ۱۰۴$، $P = ۰/۶۲$؛ زنبور ورامین × میزبان تبریز: $t = ۰/۲۱$، $df = ۱۰۴$، $P = ۰/۸۳$؛ زنبور ورامین × میزبان ورامین: $t = ۰/۱۰$، $df = ۱۰۴$، $P = ۰/۹۲$).

جدول ۵- تجزیه رگرسیون لجستیک واکنش تابعی دو جمعیت زنبور پارازیتویید *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 مبداء	۱/۲۱۴۹	۰/۳۰۶۷	۱۵/۶۹	≤۰/۰۰۰۱
		خطی (No)	۰/۲۲۳۴	۰/۰۴۷۵	۲۲/۱۶	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۶۷۰	۰/۰۰۱۲۸	۲۷/۳۳	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۴۶	۹/۰×۱۰$^{-۶}$	۲۶/۰۴	≤۰/۰۰۰۱
تبریز	ورامین	عرض از مبداء	۱/۲۲۵۸	۰/۳۰۳۳	۱۶/۳۴	≤۰/۰۰۰۱
		خطی (No)	۰/۲۰۷۱	۰/۰۴۶۲	۲۰/۰۹	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۶۰۸	۰/۰۰۱۲۵	۲۳/۸۱	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۴۱	۸/۷۷×۱۰$^{-۶}$	۲۱/۶۸	≤۰/۰۰۰۱
ورامین	تبریز	عرض از مبداء	۱/۱۳۱۸	۰/۳۱۷۹	۱۲/۶۸	۰/۰۰۰۴
		خطی (No)	۰/۲۷۲۵	۰/۰۵۴۵	۲۵/۰۲	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۷۹۵	۰/۰۰۱۴۸	۲۸/۷۳	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۴	۰/۰۰۰۰۱۰	۲۷/۰۱	≤۰/۰۰۰۱
ورامین	ورامین	عرض از مبداء	۰/۹۳۵۰	۰/۳۰۸۳	۹/۲۰	۰/۰۰۲۴
		خطی (No)	۰/۲۹۶۱	۰/۰۵۵۶	۲۸/۳۴	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۸۴۲	۰/۰۰۱۵۲	۳۰/۵۶	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۷	۰/۰۰۰۰۱۱	۲۸/۰۸	≤۰/۰۰۰۱
ماده‌ی تبریز×نر ورامین	ورامین	عرض از مبداء	۰/۳۶۳۹	۰/۳۴۳۳	۱۵/۷۸	≤۰/۰۰۰۱
		خطی (No)	۰/۲۶۹۵	۰/۰۵۸۸	۲۰/۹۹	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۷۹۷	۰/۰۰۱۶۰	۲۴/۷۹	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۵	۰/۰۰۰۰۱۱	۲۳/۹۴	≤۰/۰۰۰۱
ماده‌ی ورامین×نر تبریز	ورامین	عرض از مبداء	۲/۱۵۹۳	۰/۴۴۰۲	۲۴/۰۶	≤۰/۰۰۰۱
		خطی (No)	۰/۲۲۴۷	۰/۰۶۷۹	۱۰/۹۷	۰/۰۰۰۹
		درجه‌ی دو (No^2)	-۰/۰۰۷۱۵	۰/۰۰۱۸۲	۱۵/۴۱	≤۰/۰۰۰۱
		درجه‌ی سه (No^3)	۰/۰۰۰۰۵۰	۰/۰۰۰۰۱۳	۱۵/۵۱	≤۰/۰۰۰۱

جدول ۶- پارامترهای واکنش تابعی زنبور پارازیتویید *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×نر ورامین	ورامین	۰/۰۱۸۱	۰/۵۰۴۹	۴۷/۵۳
ماده‌ی ورامین×نر تبریز	ورامین	۰/۰۲۶۴	۰/۵۲۲۷	۴۵/۹۲



شکل ۲- نسبت پارازیتیسم دو جمعیت زنبور پارازیتویید *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 پارازیتیسم، درصد خروج و نسبت جنسی دو جمعیت زنبور *T. vassilievi* روی دو جمعیت تخم سن گندم در آزمایش واکنش تابعی ۲۴ ساعته.

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

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

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

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

زنبور	میزبان	میانگین ± (SE)	تراکم میزبان						
			۱	۴	۷	۱۴	۲۸	۵۶	۸۴
تبریز	تبریز	نرخ پارازیتیسم	۰/۷۴۰±۰/۰۶۳ab	۰/۹۲۱±۰/۰۳۲ab	۰/۹۴۳±۰/۰۲۳ab	۰/۹۵۰±۰/۰۱۵a	۰/۹۵۷±۰/۰۲۱ab	۰/۶۸۹±۰/۰۲۷bc	۰/۴۸۶±۰/۰۱۷c
		نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۷۳±۰/۰۳۳	۰/۹۶۱±۰/۰۲۰	۰/۹۵۰±۰/۰۲۵	۰/۹۸۵±۰/۰۱۰	۰/۹۷۷±۰/۰۱۶	۰/۹۷۱±۰/۰۲۰	۰/۹۷۱±۰/۰۰۹
		نسبت جنسی	۰/۴۷۲±۰/۰۷۲c	۰/۶۵۸±۰/۰۳۹bc	۰/۷۷۲±۰/۰۲۹ab	۰/۹۱۶±۰/۰۰۸ab	۰/۹۴۶±۰/۰۱۱a	۰/۹۴۷±۰/۰۰۸ab	۰/۹۳۹±۰/۰۰۶a
تبریز	ورامین	نرخ پارازیتیسم	۰/۷۴۰±۰/۰۶۳ab	۰/۹۰۸±۰/۰۵۲ab	۰/۹۴۳±۰/۰۲۳ab	۰/۹۵۰±۰/۰۱۵a	۰/۹۵۰±۰/۰۱۸ab	۰/۷۱۸±۰/۰۱۵bc	۰/۴۷۶±۰/۰۱۵c
		نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۷۳±۰/۰۲۳	۰/۹۴۰±۰/۰۲۶	۰/۹۵۰±۰/۰۳۶	۰/۹۷۶±۰/۰۱۲	۰/۹۸۵±۰/۰۰۹	۰/۹۶۵±۰/۰۰۶	۰/۹۶۶±۰/۰۱۰
		نسبت جنسی	۰/۴۷۲±۰/۰۷۲c	۰/۶۶۲±۰/۰۴۰bc	۰/۷۸۱±۰/۰۹۱ab	۰/۹۱۵±۰/۰۱۴ab	۰/۹۳۹±۰/۰۰۹a	۰/۷۵۴±۰/۱۸۹ab	۰/۹۳۷±۰/۰۰۸a
ورامین	تبریز	نرخ پارازیتیسم	۰/۷۶۰±۰/۰۶۰ab	۰/۹۰۸±۰/۰۴۲ab	۰/۹۴۳±۰/۰۲۳ab	۰/۹۷۹±۰/۰۱۱a	۰/۹۶۴±۰/۰۱۱ab	۰/۷۲۵±۰/۰۲۴bc	۰/۴۹۸±۰/۰۱۸c
		نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۷۴±۰/۰۲۳	۰/۹۷۴±۰/۰۱۷	۰/۹۵۲±۰/۰۲۴	۰/۹۷۸±۰/۰۱۱	۰/۹۶۲±۰/۰۱۷	۰/۹۵۱±۰/۰۱۴	۰/۹۶۸±۰/۰۱۴
		نسبت جنسی	۰/۴۸۶±۰/۰۷۲c	۰/۶۴۰±۰/۰۴۸bc	۰/۷۷۳±۰/۰۲۹ab	۰/۹۱۸±۰/۰۰۷ab	۰/۹۴۷±۰/۰۰۸a	۰/۹۳۱±۰/۰۱۳ab	۰/۹۳۵±۰/۰۰۶a
ورامین	ورامین	نرخ پارازیتیسم	۰/۷۶۰±۰/۰۶۱ab	۰/۸۵۵±۰/۰۶۹ab	۰/۹۵۷±۰/۰۲۲ab	۰/۹۸۶±۰/۰۱۰a	۰/۹۶۴±۰/۰۱۶ab	۰/۷۵۰±۰/۰۲۰bc	۰/۵۱۰±۰/۰۱۴c
		نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۴۷±۰/۰۳۲	۰/۹۷۱±۰/۰۱۸	۰/۹۵۷±۰/۰۲۲	۰/۹۹۳±۰/۰۰۷	۰/۹۷۸±۰/۰۰۹	۰/۹۷۰±۰/۰۱۰	۰/۹۷۱±۰/۰۱۰
		نسبت جنسی	۰/۴۴۴±۰/۰۷۱c	۰/۶۵۷±۰/۰۳۱bc	۰/۷۶۲±۰/۰۳۸ab	۰/۹۲۰±۰/۰۰۷ab	۰/۹۴۷±۰/۰۱۰a	۰/۹۴۱±۰/۰۰۵ab	۰/۹۳۷±۰/۰۰۶a
ماده‌ی		نرخ پارازیتیسم	۰/۷۶۰±۰/۰۶۱ab	۰/۹۴۷±۰/۰۲۳ab	۰/۹۸۶±۰/۰۱۹ab	۰/۹۷۹±۰/۰۱۱a	۰/۹۶۴±۰/۰۱۱ab	۰/۷۵۴±۰/۰۲۷bc	۰/۵۷۶±۰/۰۵۰c
تبریز×نر	ورامین	نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۷۴±۰/۰۲۳	۰/۹۵۶±۰/۰۲۳	۰/۹۸۶±۰/۰۱۴	۰/۹۸۶±۰/۰۱۴	۰/۹۷۰±۰/۰۰۷	۰/۹۷۶±۰/۰۰۷	۰/۹۶۹±۰/۰۱۳
ورامین		نسبت جنسی	۰/۵۱۴±۰/۰۷۲c	۰/۶۷۱±۰/۰۵۱bc	۰/۷۵۰±۰/۰۵۵ab	۰/۹۳۳±۰/۰۰۸ab	۰/۹۵۴±۰/۰۰۷a	۰/۹۴۶±۰/۰۱۰ab	۰/۹۴۵±۰/۰۰۵a
ماده‌ی		نرخ پارازیتیسم	۰/۸۸۰±۰/۰۴۶ab	۰/۹۶۱±۰/۰۲۰ab	۰/۹۸۶±۰/۰۱۴ab	۰/۹۸۶±۰/۰۱۰a	۰/۹۷۱±۰/۰۱۳ab	۰/۷۵۴±۰/۰۳۳bc	۰/۵۵۷±۰/۰۳۵c
ورامین×نر	ورامین	نرخ خروج حشرات کامل	۰/۹۷۷±۰/۰۲۱	۰/۹۷۴±۰/۰۱۷	۰/۹۵۷±۰/۰۳۰	۰/۹۷۹±۰/۰۱۵	۰/۹۷۸±۰/۰۱۵	۰/۹۷۶±۰/۰۰۸	۰/۹۶۳±۰/۰۰۶
تبریز		نسبت جنسی	۰/۵۱۲±۰/۰۷۲c	۰/۶۸۰±۰/۰۶۰bc	۰/۸۳۸±۰/۰۳۶ab	۰/۹۳۴±۰/۰۰۷ab	۰/۹۵۵±۰/۰۰۷a	۰/۹۴۶±۰/۰۰۷ab	۰/۹۲۲±۰/۰۱۳a

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

بحث

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 می گیرد (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 مزبوردر 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، پارازیتیسم 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 پارازیتویید 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 پارازیتویید *T. vassilievi* به تراکم‌های مختلف تخم سن گندم روی هر دو جمعیت میزبان از نوع سوم است و یک ماده پارازیتویید 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 به‌دلیل 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 فزاینده‌ای 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 به‌نظر 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) به‌نظر می‌رسد که واکنش تابعی نوع سوم بین زنبورهای خانواده Platygastridae معمول باشد. پارازیتوییدها با واکنش تابعی نوع سوم حداقل در تراکم‌های پایین میزبان می‌توانند به‌صورت وابسته به تراکم عمل کنند و در این صورت بهتر می‌توانند جمعیت میزبان را کنترل نمایند یا به‌عبارت 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 (عسکریان‌زاده و همکاران ۱۳۸۷). نتایج به‌دست 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 پارازیتیسم و نرخ رشد جمعیت زنبورهای پارازیتویید مناطق جغرافیایی مختلف در گزارش محققین مختلف (نوزاد بناب ۱۳۸۷ و امیرمعافی ۲۰۱۰)، موجب شد تا دو جمعیت پارازیتویید *T. vassilievi* تبریز و ورامین به‌طور هم‌زمان در این تحقیق مورد مطالعه قرار گیرند. بر پایه بیان جولیانو (۱۹۹۳) تفاوت بین دو پارازیتویید 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 پارازیتویید 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 پارازیتویید

نشانگر کارایی بالای پارازیتویید است (هسل، ۱۹۷۸؛ اللهیاری و همکاران ۲۰۰۴ و کارنیرو و همکاران ۲۰۱۰). متقابلاً بالا بودن زمان دست‌یابی یک ویژگی منفی برای پارازیتویید به‌حساب می‌آید که با کاهش قدرت جستجوگری می‌تواند کارایی پارازیتویید را کاهش دهد. هرقدر تراکم جمعیت میزبان بیش‌تر باشد به همان نسبت درصد بیش‌تری از وقت پارازیتویید صرف دست‌یابی و درصد کمتری صرف جستجوی میزبان خواهد شد و این کاهش زمان صرف شده برای جستجو در تراکم‌های بالای میزبان، قدرت جستجوگری پارازیتویید را افزایش خواهد داد (برنستین ۲۰۰۰). برخلاف انتظار، نتایج این تحقیق نشان داد که نرخ پارازیتیسم بین دوجمعیت زنبور تفاوت معنی‌داری ندارد. با این‌حال، زنبورهای ورامین قدرت جستجوگری بالا و زمان دستیابی کمتری نسبت به زنبورهای تبریز داشتند که نشان دهنده برتری جزئی زنبورهای ورامین است. به این‌صورت 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 دربین 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* پارازیته 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 پارازیته 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 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 به‌دلیل 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 پارازیتویید 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 پارازیتویید *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

تابعی دارد، به‌طوری‌که با افزایش زمان در دسترس پارازیتویید، برآورد حداکثر نرخ پارازیتیسم زنبور *T. vassilievi* تفاوت چندانی نکرد، ولی تخمین قدرت جستجو کمتر و زمان دست‌یابی بیش‌تر از مقدار واقعی بود. درواقع، تمام زمان‌هایی که زنبور *T. vassilievi* در مدت ۲۴ ساعت صرف اعمالی غیر از پارازیتیسم 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. درصورتی‌که مقدار واقعی با اندازه‌گیری مستقیم مدت زمان تخم‌ریزی محاسبه می‌شود. بنابراین تخمین پارامترهای واکنش تابعی در انتخاب دشمن طبیعی قبل از رهاسازی دارای اهمیت ویژه‌ای است. از این‌رو واکنش تابعی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای کنترل کیفی پارازیتوییدهای 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 بیلوز، ۱۹۹۶).

سپاسگزاری

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

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- پارازیتویید 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 پارازیتوییدهای 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 بیواکولژی 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)، پارازیتویید تخم بالتوری *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae) درشرایط آزمایشگاه. آفات وبیماری‌های 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 پارازیتویید تخم سن گندم و ارزیابی عملکرد آن. صفحه‌های ۴۲۳ تا ۴۲۸. مجموعه مقالات همایش ملی توسعه کنترل بیولژیک 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 پارازیتوییـد تخـم سـن گنـدم، *Trissolcus semistriatus* پـرورش یافتـه روی *Eurygaster integriceps* و *Graphosoma lineatum*. آفات و بیماری‌های گیاهی، جلد ۶۹، شماره ۲، صفحه‌های ۹۷ تا ۱۱۰.

عسکریان‌زاده ع، محرمی‌پور س، فتحی‌پور ی و نره‌ئی ا، ۱۳۸۷. تأثیر نوع رقم نیشکر بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوییـد *Platytelenomus hylas* (Hym., Scelionidae) نسـبت بـه تـراکم‌هـای مختلـف تخـم سـاقه‌خـوار *sesamia nonagrioides* (Lep., Noctuidae) و میزان پارازیتیسم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلـد ۴۵، شـماره الف، صفحه‌های ۲۷۵ تا ۲۸۴.

فتحی‌پور ی، کمالی ک، خلقـانی ج، عبـداللهی غ، ۱۳۷۹. واکـنش تـابعی زنبـور پارازیتوییـد *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 ۱و۲، صفحه‌های ۱۲۳ تا ۱۳۶.

نوزاد بناب ز، ۱۳۸۷. اثر دمـا روی نشـوونما، زادآوری و طـول عمـر پارازیتوییـد تخـم سـن گنـدم *Trissolcus grandis* Thomson (Hym: Scelionidae). پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه تبریز.

نوزاد بناب ز و ایرانی‌پور ش، ۱۳۸۹. تغییرات فصلی فون زنبورهای پارازیتویید تخم سن گندم در مزارع گندم شهر بنـاب 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 Brasileria 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 Lacan 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, Parisa[1], Iranipour, Shahzad[2] and Asgari, Shahryar[3]

[1]Assistant Professor, Department of Animal Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
[2]Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
[3]Research 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.