

## واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma embryophagum* روی دو نوع میزبان آزمایشگاهی

یعقوب فتحی پور<sup>۱</sup>، مصطفی حقانی<sup>۱</sup>، محمدرضا عطاران<sup>۲</sup>، علی اصغر طالبی<sup>۱</sup>، سعید محرمی پور<sup>۱</sup>

### چکیده

به منظور مطالعه‌ی تأثیر نوع میزبان روی قدرت جستجو، زمان دستیابی و نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma embryophagum*، تعداد ۱۵ نسل از این پارازیتوئید روی دو میزبان آزمایشگاهی یعنی تخم بید غلات (*Sitotroga cerealella*) و تخم بید آرد (*Ephestia kuehniella*) پرورش داده شد. برای انجام آزمایش واکنش تابعی زنبورهای فوق از تراکم‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۴، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ عدد تخم تازه میزبان استفاده شد و هر یک از این تراکم‌ها بعد از استقرار در داخل لوله آزمایش با ابعاد ۱۰۰×۱۶ میلی‌متر، به مدت ۲۴ ساعت در اختیار یک زنبور ماده جفتگیری کرده قرار گرفتند. آزمایش‌ها در دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵±۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. واکنش تابعی هر دو گروه زنبور از نوع سوم بود و با مدل Holling انطباق خوبی داشت. قدرت جستجو (a)، زمان دستیابی ( $T_H$ ) و حداکثر درصد پارازیتیزم برآورد شده برای زنبورهای پرورش یافته روی تخم بید غلات به ترتیب ۰/۱۳، ۱/۶۴ و ۷۵/۷۳ و برای زنبورهای پرورش یافته روی تخم بید آرد به ترتیب ۰/۱۱، ۱/۶۵ و ۶۸/۷۸ بود. علی‌رغم بالا بودن نسبی قدرت جستجو در زنبورهای پرورش یافته بر روی بید غلات، اختلاف معنی‌داری بین قدرت جستجو و زمان دستیابی زنبورهای پرورش یافته روی دو نوع میزبان مشاهده نشد. از نتایج حاصله چنین استنباط می‌شود که دو نوع میزبان متداول در پرورش زنبورهای تریکوگراما تأثیر معنی‌داری روی واکنش تابعی زنبور *T. embryophagum* ندارند.

واژگان کلیدی: قدرت جستجو، زمان دستیابی، واکنش تابعی، بید آرد، بید غلات، تریکوگراما

۱- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، صندوق پستی ۳۳۶-۱۴۱۱۵، تهران.

۲- مؤسسه‌ی تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی، صندوق پستی ۱۴۵۴-۱۹۳۹۵، تهران.

این مقاله در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۸ دریافت و چاپ آن در تاریخ ۱۳۸۲/۵/۱۴ به تصویب نهایی رسید.

وقتی اثرات متقابل پارازیتوئید - میزبان بوسیله‌ی یک مدل کمی مورد بررسی قرار می‌گیرد، پارامترهای توصیفی حاصله از این مدل‌ها می‌توانند جهت پیشگویی روابط پارازیتوئید میزبان مورد استفاده قرار گیرد (۱۲ و ۱۳). عنصر اصلی این روابط، واکنش تابعی<sup>۱</sup> است که اولین بار توسط سولومون (۲۸) مطرح و به صورت رابطه بین تعداد طعمه مورد حمله قرار گرفته توسط یک شکارگر و تراکم طعمه تعریف گردید و بعداً توسط هولینگ (۱۴ و ۱۵) توسعه داده شد. علت بکارگیری عنوان واکنش تابعی به این خاطر است که تعداد میزبان مورد حمله قرار گرفته توسط یک پارازیتوئید تابعی از تراکم میزبان می‌باشد (۲۸).

دو پارامتر مهم در واکنش تابعی عبارتند از قدرت جستجو<sup>۲</sup> (a) و زمان دستیابی<sup>۳</sup> (Th) که از آنها برای ارزیابی کارایی شکارگر یا پارازیتوئید استفاده می‌شود. قدرت جستجو نرخ افزایش واکنش شکارگر یا پارازیتوئید را با تراکم میزبان تعیین می‌کند، در صورتی که زمان دستیابی، تعیین کننده حداکثر نرخ حمله می‌باشد (۱۱). در واکنش تابعی، هرگاه پارازیتوئید به صورت وابسته به تراکم میزبان تغییر کند، پارازیتوئید بهتر می‌تواند جمعیت میزبان را تنظیم نماید و از آنجایی که فقط در واکنش تابعی نوع سوم حداقل در محدوده معینی از تراکم میزبان چنین اتفاقی می‌افتد لذا می‌توان واکنش نوع سوم را ویژگی مطلوبتری برای یک پارازیتوئید در نظر گرفت (۲۳). عوامل متعددی می‌توانند در ایجاد نوع واکنش تابعی و مقدار قدرت جستجو و زمان دستیابی یک پارازیتوئید نقش داشته باشند که از جمله آنها می‌توان به اندازه و کیفیت حشره میزبان، نوع گیاه موجود در محل فعالیت پارازیتوئید و میزبان، سن پسر پارازیتوئید و دمای محل آزمایش اشاره کرد (۳، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۹، ۲۰، ۲۵ و ۲۶).

زنبورهای تریکوگراما از جمله پارازیتوئیدهایی هستند که به صورت انبوه تولید شده و در سطح وسیع برای کنترل جمعیت آفات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. زنبور *Trichogramma embryophagum* Hartig از جمله این پارازیتوئیدهاست که در مناطق مختلف

۱- Functional response

۲- Searching efficiency

۳- Handling time

دنیا برای کنترل آفاتی چون کرم گلوگاه انار، کرم سیب، کرم ساقه‌خوار ذرت، کرم آگروتیس و غیره به صورت انبوه در شرایط آزمایشگاه تولید و در مزارع و باغ‌ها رهاسازی شده است (۷، ۲۲، ۲۴ و ۳۰). این زنبورها معمولاً در شرایط آزمایشگاهی روی تخم بیدهای آرد و غلات به صورت انبوه پرورش یافته و در مزارع و باغ‌ها رهاسازی می‌شوند. معمولاً قبل از رهاسازی این عوامل بیولوژیک، یکسری آزمایشات کنترل کیفی روی آنها صورت گرفته و از میزان کارایی آنها اطلاع حاصل می‌شود. زکی و همکاران (۳۰) در ارتباط با میزان کارایی زنبور *T. embryophagum* در کنترل کرم سیب در ترکیه، چن و همکاران (۷) در مورد کارایی و اثرات متقابل این زنبور در کنترل کرم *Ostrinia furnacalis* (Guenee)، ادر و کلینسر (۲۲) و ازر و کلینسر (۲۴) در خصوص میزان تاثیر نوع میزبان پرورشی روی طول عمر و قدرت پارازیتیسم این زنبور تحقیقاتی را انجام دادند و آن را اثبات کردند. نامبردگان به این نتیجه رسیدند که نوع میزبانی که زنبور *T. embryophagum* روی آن پرورش یافته است روی پارامترهای مختلف زیستی آن تاثیر دارند. حسن (۱۱) تعیین قدرت جستجو را که یکی از پارامترهای واکنش تابعی است بعنوان یکی از سه روش اصلی ارزیابی میزان کارایی زنبورهای تریکوگراما جهت استفاده در کنترل بیولوژیک آفات می‌داند.

در این تحقیق واکنش تابعی پارازیتوئید (*Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) که طی نسل‌های متمادی (۱۵ نسل) روی دو میزبان آزمایشگاهی بید غلات (*Ephestia kuehniella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) و بید آرد (*Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Pyralidae) پرورش یافته بودند نسبت به تراکم‌های مختلف تخم این میزبان‌ها مطالعه شد. در این بررسی قدرت جستجو و زمان دستیابی (به عنوان دو پارامتر اصلی رفتار واکنش تابعی) زنبور *T. embryophagum* و تاثیر نوع میزبان آزمایشگاهی بر واکنش تابعی و پارامترهای آن تعیین شد.

#### مواد و روش‌ها

۱- نحوه پرورش حشرات مورد آزمایش: در این تحقیق از زنبور *T. embryophagum* به عنوان پارازیتوئید و از تخم بید غلات و تخم بید آرد به عنوان میزبان‌های آزمایشگاهی استفاده

## فطحی پور و همکاران: واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. embryophagum* روی دو میزبان

شد. زنبورهای پارازیتوئید از کلنی موجود در بخش مبارزه بیولوژیک موسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی انتخاب و به صورت جداگانه روی تخم بید آرد و پسمد غلات پرورش داده شدند. پرورش زنبورها روی دو نوع میزبان تا ۱۵ نسل ادامه یافت و زنبورهای نسل پانزدهم برای انجام آزمایشها مورد استفاده قرار گرفتند. پرورش زنبورها و آزمایشهای مربوط به آنها در دمای  $25 \pm 1$  درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی  $50 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. زنبورهای پرورش یافته روی تخمهای بید غلات و بید آرد به ترتیب با علامت‌های اختصاری Te-S و Te-E در متن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲- نحوه انجام آزمایشها: واکنش زنبورهای پرورش یافته روی بیدهای آرد و غلات نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان‌های مربوط به هر کدام از آنها در دو آزمایش جداگانه مورد مطالعه قرار گرفت و در هر دو مورد پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی و همچنین برخی پارامترهای وابسته به آنها محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفتند. برای انجام این آزمایشها، تعداد ۹۰ زنبور ماده جفتگیری کرده با عمر حداکثر ۲۴ ساعت به طور تصادفی از کلنی انتخاب شد. سپس هر یک از زنبورها به تفکیک در داخل یک لوله آزمایش به ابعاد  $16 \times 100$  میلی‌متری قرار داده شدند. تراکم‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۴، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ عدد تخم تازه (حداکثر ۲۴ ساعته) و همسن میزبان تهیه و در ۱۰ تکرار در اختیار یک زنبور ماده قرار گرفت. در هر لوله‌ی آزمایش یک تراکم از تخم میزبان به همراه یک زنبور ماده بارور قرار گرفت و برای تغذیه‌ی زنبورها از محلول آب عسل ۲۰٪ استفاده گردید. شماره تراکم و تکرار هر یک روی لوله‌های مربوطه قید گردید. پس از ۲۴ ساعت زنبورهای ماده از لوله‌های آزمایش خارج گردیدند. لوله‌های آزمایش حامل تراکم‌های مختلف تخم به انکوباتور با دمای  $25 \pm 1$  درجه‌ی سانتی گراد و رطوبت نسبی  $50 \pm 5$  و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انتقال داده شدند و پس از خروج زنبورها از تخم، میزان پارازیتیسم و نسبت جنسی زنبورها ثبت گردید. با استفاده از تعداد تخم‌های پارازیته شده در هر تراکم و برآزش آنها با مدل‌های مربوطه، نوع واکنش تابعی تعیین و پارامترهای مرتبط با آن برآورد شدند.

۳- نحوه انجام محاسبات واکنش تابعی: به دلیل بالا بودن میزان دقت عمل روش دو مرحله‌ای Juliano برای تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای آن، در این تحقیق از این

روش دو مرحله‌ای استفاده شد (۱۶). در مرحله‌ی اول برای تعیین نوع واکنش تابعی از رگرسیون لجیستیک نسبت مقدار برآورد شده برای تعداد تخم‌های پارازیت شده ( $N_a$ ) به تعداد تخم موجود در تراکم اولیه ( $N_i$ ) استفاده شد. این رگرسیون میزان شیب و منفی و یا مثبت بودن شیب سه قسمت اصلی منحنی درجه ۳ نسبت  $N_a$  به  $N_i$  یعنی قسمت‌های خطی، درجه‌ی دو و درجه‌ی سه را نشان می‌دهد. در این تحقیق برای انجام روش تجزیه دو مرحله‌ای از نرم‌افزار SAS و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

در واکنش تابعی نوع سوم، متناسب با افزایش تراکم میزبان، ابتدا نسبت (درصد) میزبان‌های پارازیت شده افزایش می‌یابد (رابطه وابسته به تراکم میزبان) و سپس از میزان آن کاسته می‌شود و به همین لحاظ عدد برآورد شده برای قسمت خطی مثبت می‌باشد که نشانگر مثبت بودن شیب منحنی است. بنابراین علامت مثبت یا منفی قسمت خطی منحنی  $N_a/N_i$  بدون توجه به علامت دو قسمت دیگر به ترتیب نشانگر واکنش تابعی نوع دوم یا سوم می‌باشد (۱۶ و ۱۸).

در مرحله‌ی دوم و پس از تعیین نوع واکنش تابعی به وسیله برآزش داده‌ها با مدل‌های هولینگ و رویاما-راجرز (به نقل از ۱۶) با استفاده از رگرسیون غیرخطی، پارامترهای قدرت جستجو یا ضریب حمله ( $a$ ) و زمان دستیابی ( $T_h$ ) برآورد شدند. مدل‌های اشاره شده عبارتند از:

$$N_a = aT N_i / 1 + aT_h N_i \quad (\text{Holling})$$

$$N_a = N_i [1 - \exp(a(T_h N_i - T))] \quad (\text{Royama-Rogers})$$

$N_a$  = تعداد میزبان‌های پارازیت شده       $\exp$  = پایه‌ی لگاریتم طبیعی       $T_h$  = زمان دستیابی

$N_i$  = تعداد اولیه‌ی میزبان       $T$  = مدت زمان آزمایش       $a$  = قدرت جستجو

چون در واکنش تابعی نوع سوم میزان قدرت جستجو تابعی از تراکم میزبان می‌باشد (۱۲) لذا هرگاه با واکنش نوع سوم مواجه شویم در معادله هولینگ به جای  $a$  از فرمول  $a = (d + bN) / (1 + cN)$  استفاده می‌کنیم که در آن  $b$ ،  $c$  و  $d$  ضرایب ثابت هستند. اگر در برآورد پارامترها، حدود اطمینان مربوط به ضرایب  $c$  و  $d$  عدد صفر را نیز شامل شود در مرحله‌ی اول ضریب  $c$  مساوی صفر در نظر گرفته شد و از فرمول  $a = d + bN$  استفاده می‌شود و در مرحله‌ی دوم برای هر دو ضریب  $d$  و  $c$  مقدار صفر منظور می‌گردد و در نهایت از فرمول  $a = bN$  برای جایگزینی مقدار قدرت جستجو در معادله هولینگ استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر، این

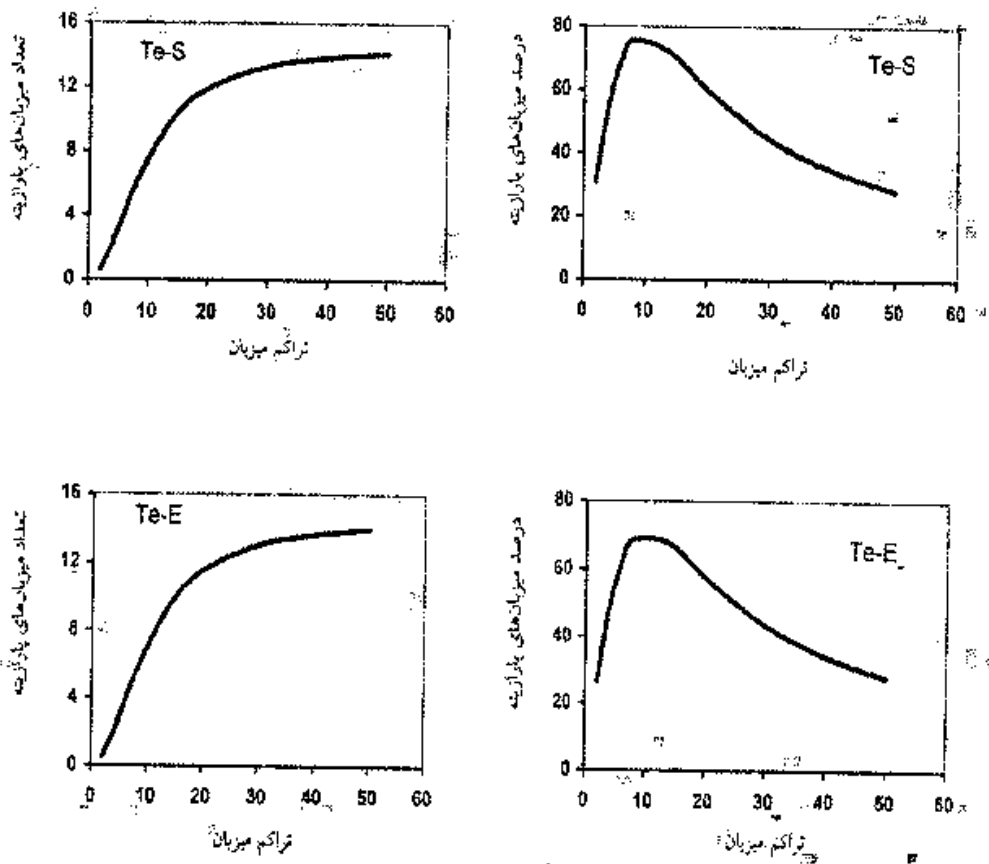
فتحی‌پور و همکاران: واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. embryophagum* روی دو میزبان

فرمول به هنگام برآورد پارامترها وارد معادله هولینگ شد و فقط مقدار  $b$  و  $T_h$  برای هیر دو آزمایش محاسبه شد و مقادیر مربوطه مقایسه شدند. برای راحت بودن مقایسه مقدار  $b$  در هر یک از تراکم‌های اولیه ضرب و پس از میانگین گرفتن، مقدار  $a$  بدست آمد.

### نتایج و بحث

شیب قسمت خط منحنی درجه سه رگرسیون لجستیک در هر دو آزمایش واکنش تابعی مثبت و مقدار آن برای زنبورهای Te-S و Te-E به ترتیب  $0/1324$  و  $0/0642$  بود. مثبت بودن این شیب نشانگر وجود واکنش تابعی نوع سوم در هر دو آزمایش است. منحنی‌های درصد پارازیتیسیم (شکل ۱) نیز نوع سوم بودن واکنش تابعی را نشان می‌دهند زیرا قسمت ابتدای این منحنی دارای شیب مثبت می‌باشد (روند افزایشی). در صورت منفی بودن شیب این قسمت (روند کاهش)، واکنش تابعی از نوع دوم خواهد بود. بالا بودن مقدار شیب این منحنی در زنبورهای Te-S نشان می‌دهد که این زنبورها با سرعت بیشتری توانسته‌اند به حداکثر پارازیتیسیم دست یابند. فتحی‌پور و همکاران (۲) نیز وضعیت مشابهی را برای زنبور *Trichogramma pintoi* Voegelé بدست آورده‌اند.

زنبورهای Te-S و Te-E نسبت به تراکم‌های مختلف تخم میزبان خود به صورت وابسته به تراکم عمل کرده و در محدوده‌ای از تراکم میزبان، متناسب با افزایش تراکم آن، درصد میزبان‌های پارازیت شده نیز افزایش یافت و اگر این رابطه به صورت یک رابطه متقابل بین این زنبور و تخم‌های یک میزبان آفت در نظر گرفته شود، پارازیتوئید مربوطه بهتر می‌تواند میزبان خود را کنترل کرده و به جمعیت آن فائق آید. پس آنچه مسلم است این است که داشتن واکنش تابعی از نوع سوم خصوصیت بهتری محسوب شده و از ارزش بالاتری نسبت به سایر انواع واکنش تابعی برخوردار است (۱۳). در شکل ۱ منحنی‌های واکنش تابعی و درصد پارازیتیسیم برای هر یک از آزمایش‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱ - منحنی‌های واکنش تابعی نوع سوم و درصد پارازیت‌یسم زنبورهای پرورش یافته روی تخم‌های بید غلات (Te-S) و بید آرد (Te-E)

بحث دیگری که در ارتباط با نوع واکنش تابعی مطرح است این است که زنبور *T. embryophagum* در هر دو وضعیت میزبانی دارای یک نوع رفتار نسبت به تراکم‌های مختلف تخم میزبان بوده و واکنش نوع سوم از خود نشان داده است و می‌توان چنین استنباط کرد که نوع میزبان پرورشی، اندازه و کیفیت آنها و همچنین خصوصیات ظاهری و ساختمانی تخم میزبان‌های مذکور تاثیری در ایجاد نوع واکنش تابعی نداشته است.

بعد از تعیین نوع واکنش تابعی از روی علامت شیب قسمت خطی منحنی لجستیک، پارامترهای مربوط به آنها برآورد گردید. برای برآورد آنها مدل هولینگ مناسب‌تر از مدل رویاما-راجرز تشخیص داده شد (خطای استاندارد پایین پارامترها و ضریب تبیین بالای داده‌ها

فتحی پور و همکاران: واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. embryophagum* روی دو میزبان

با مدل ملاک تشخیص مدل مناسب بود). پارامترهای برآورد شده و مقادیر مربوط به آنها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه‌ی مقادیر پارامترهای واکنش تابعی زنبورهای پارازیتوئید

*Trichogramma embryophagum* پرورش یافته روی بید غلات (Te-S) و بید آرد (Te-E)

میزان برازش داده‌ها با مدل ( $r^2$ )	حداکثر درصد پارازیتسم برآورد شده	زمان دستیابی ( $T_H$ )	قدرت جستجو (a)	گروه زنبور پارازیتوئید
۰/۸۲	۷۵/۷۳	۱/۶۴±۰/۱۱	۰/۰۲۵±۰/۱۲	Te-S
۰/۷۱	۶۸/۷۸	۱/۶۵±۰/۱۵	۰/۰۲۸±۰/۱۱	Te-E

قدرت جستجو، میزان جستجوی انجام شده توسط پارازیتوئید را نشان می‌دهد و نیکلسون<sup>۱</sup> (به نقل از ۱۲) آن را به صورت نسبتی از کل مساحتی که یک پارازیتوئید در مدت زمان آزمایش به جستجو می‌پردازد، تعریف کرده است. قدرت جستجو تعیین می‌کند که منحنی واکنش تابعی به چه سرعتی به بالاترین قسمت خود می‌رسد. از آنجایی که زمان دستیابی شامل عملیاتی غیر از جستجوی میزبان، از قبیل یافتن میزبان، شاخک زنی به میزبان، پارازیته کردن، تمییز کردن خود و استراحت می‌باشد (۱۴ و ۲۹)، لذا طولانی شدن هر کدام از این مراحل از جمله طولانی شدن زمان تخم‌ریزی یا استراحت‌های کم و بیش طولانی می‌تواند باعث افزایش غیرواقعی زمان دستیابی گردد. در منحنی واکنش تابعی، بالاترین قسمت منحنی (حداکثر میزان پارازیتسم) توسط زمان دستیابی تعیین می‌شود.

همانطور که در جدول ۱ نیز نشان داده شده است به صورت نسبی و در حد پایین، قدرت جستجو (a) در زنبورهای Te-S بیشتر و زمان دستیابی آن کمتر از زنبورهای Te-E می‌باشد. البته باید مدنظر داشت که اختلاف موجود زیاد نبوده و این اختلاف به ویژه در مورد پارامتر زمان دستیابی حداقل می‌باشد. از آنجایی که حدود اطمینان بالا و پایین هر دو پارامتر در هر دو نوع زنبور دارای همپوشانی بودند لذا نتیجه گرفته می‌شود که پارامترهای قدرت جستجو و

۱- Nicholson



زمان دستیابی در زنبورهای پرورش یافته روی دو نوع میزبان دارای اختلاف معنی‌دار نیستند. حداکثر درصد پارازیتیسیم ممکن در زنبورهای Te-S اندکی بیشتر از زنبورهای Te-E برآورد شد و داده‌های حاصل از واکنش "تابعی زنبورهای Te-S نیز برآزش بیشتری با مدل داشتند.

مطالعات آزمایشگاهی که تاکنون روی گونه‌های مختلف تریکوگراما صورت گرفته است اغلب واکنش تابعی نوع دوم را نشان می‌دهند (۳۱). در مطالعاتی که توسط موریسون و همکاران (۲۱) انجام گرفت میزان پارازیتیسیم زنبور تریکوگراما روی تخم *Helicoverpa zea* (Boddie) بسته به فاصله بین میزبان‌ها، از وابسته به عکس تراکم تا مستقل از تراکم تغییر کرد. کفیر (۱۷) واکنش تابعی *Trichogramma pretiosum* Riley را نسبت به تراکم‌های مختلف تخم پروانه بید سیب زمینی *Phthorimaea operculella* (Zeller) از نوع دوم تعیین کرد. داده‌های حاصل از مطالعات صحرایی شن و لی (۲۷) در ارتباط با پارازیتیسیم توده تخم ساقه‌خوار آسیایی ذرت به وسیله تریکوگراما با یک مدل رگرسیون خطی منطبق شد، درصد پارازیتیسیم تخم به اندازه توده تخم بستگی نداشت که این خود نشان دهنده واکنش تابعی نوع اول است. وانگ و فرو (۳۱) در مطالعات خود، واکنش تابعی *Trichogramma ostriniae* Pang et Chen را نسبت به تراکم‌های مختلف تخم *Ostrinia nubilalis* (Hubner) در شرایط مزرعه از نوع دوم تعیین کردند. مطالعات انجام شده توسط ارباب تفتی (۱) واکنش تابعی زنبور *T. richogramma brassicae* Bezdenko را نسبت به تراکم‌های مختلف *S. cerealella* در شرایط آزمایشگاهی از نوع سوم نشان داد. فتحی‌پور و همکاران (۲) نیز واکنش تابعی زنبور *T. pintoi* را روی تخم‌های بید آرد و بید غلات از نوع سوم بدست آورده‌اند. نتایج حاصله از تحقیق نامبردگان نشان می‌دهد که قدرت جستجوی زنبورهای پرورش یافته روی تخم‌های بید آرد اندکی بیشتر از زنبورهای پرورش یافته روی تخم‌های بید غلات است. شرایط انجام آزمایش محققین مذکور مشابه تحقیق حاضر می‌باشد.

کریمیان و صحراگرد (۵) واکنش تابعی زنبور *T. brassicae* را نسبت به تراکم‌های مختلف تخم‌های بید غلات از نوع دوم بدست آورده‌اند. البته باید توجه داشت که علاوه بر ویژگی‌های ذاتی پارازیتوئید، عوامل متعدد دیگری نیز می‌توانند بر نوع واکنش تابعی و مقدار پارامترهای آن تاثیر گذار باشند، که در این بین می‌توان به تاثیر دما، سن پارازیتوئید، رقم گیاه مورد تغذیه

فتحی‌پور و همکاران: واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *T. embryophagum* روی دو میزبان

میزبان، اندازه میزبان و شرایط مختلف فیزیکی اشاره کرد (۲ و ۳۱).

بعضی از محققان در سال‌های گذشته بر این باور بودند که واکنش تابعی اکثر حشرات شکارگر و پارازیتوئید دارای واکنش تابعی از نوع دوم بوده و واکنش نوع سوم به ندرت بین آنها مشاهده می‌شود. ولی تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که در موارد زیادی واکنش تابعی نوع سوم نیز در بین حشرات مخصوصاً زنبورهای پارازیتوئید رواج دارد و شاید یکی از علل عدم تشخیص واکنش نوع سوم، نارسایی روش تحقیق و عدم استفاده از نرم افزارهای مناسب بوده است (۲، ۳ و ۴).

به عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان اظهار داشت که دو نوع میزبان آزمایشگاهی متداول در پرورش زنبورهای تریکوگراما، علی‌رغم اختلاف در اندازه، تاثیر معنی‌داری روی واکنش تابعی زنبور *T. embryophagum* و میزان پارامترهای آن نداشتند. به عبارت دیگر زنبورهای پرورش یافته روی دو نوع میزبان، دارای قدرت جستجوی یکسانی بوده و رفتار مشابهی در حمله به میزبان از خود نشان دادند. پس می‌توان از نتایج بدست آمده از این تحقیق استنباط کرد که هر یک از دو نوع میزبان مورد آزمایش می‌توانند در پرورش این پارازیتوئید مورد استفاده قرار گیرند بدون اینکه یکی بر دیگری از لحاظ تاثیر روی قدرت جستجو و زمان دستیابی ارجحیت داشته باشد. البته برای قضاوت نهایی بایستی تاثیر این دو میزبان روی سایر ویژگی‌های رفتاری و همچنین ویژگی‌های زیستی زنبور نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات و همکاری‌های بیدریغ ریاست محترم مؤسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی جناب آقای دکتر غلامعباس عبداللهی و همچنین ریاست محترم بخش مبارزه بیولوژیک جناب آقای دکتر محمدرضا رضاپناه و سایر محققین و کارکنان آن بخش تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. نگارندگان همچنین مراتب قدردانی خود را از آقایان دکتر مسعود امیرمعافی و دکتر جعفر محقق نیشابوری اعضای محترم هیات علمی مؤسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی به خاطر نظرات ارزشمندشان در ارتباط با روش تجزیه داده‌ها اعلام می‌دارند.

## منابع

- ۱- ارباب تفتی، ر. ۱۳۸۰. بررسی کارایی زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenkov (Hym.: Trichogrammatidae) در شرایط آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی. دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه گیلان.
- ۲- فتحی‌پور، ی. ه. دادپور مغاللو و م. عطاران، ۱۳۸۱. تأثیر نوع میزبان آزمایشگاهی بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوید *Trichogramma pintoi* Voegelé. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۹، شماره‌ی ۳، ۱۰۹-۱۱۸.
- ۳- فتحی‌پور، ی. ک. کمالی، ج. خلیفانی و غ. عبداللهی، ۱۳۷۹. واکنش تابعی زنبور پارازیتوید *Trissolcus grandis* (Hym.: Scelionidae) به تراکم‌های مختلف تخم سن *Eurygaster integriceps* (Het.: Scutelleridae) و تأثیر ارقام مختلف گندم بر آن. مجله‌ی آفات و بیماریهای گیاهی، جلد ۶۸، شماره‌ی ۱ و ۲، ص ۱۲۳-۱۳۶.
- ۴- فتحی‌پور، ی. ع. طالبی، س. محرمی‌پور و ش. عسگری. ۱۳۸۰. مقایسه‌ی رگرسیون لجستیک و غیرخطی در تعیین نوع واکنش تابعی حشرات پارازیتوید و شکارگر. مجموعه مقالات دهمین کنفرانس سراسری زیست‌شناسی ایران، شیراز، ص ۳۰۸-۳۱۱.
- ۵- کریمیان، ذ. و ا. صحراگرد. ۱۳۷۹. واکنش تابعی *Trichogramma brassicae* گونه‌ی غالب پارازیتوید تخم آفات مهم مزارع برنج نسبت به تراکم‌های مختلف بید غلات *Sitotroga cerealella*. خلاصه مقالات دومین همایش ملی استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، کرج، ص ۱.
- 6- Bazzocchi, G. G. and G. Burgio. 2000. Functional response of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) against *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) at two constant temperatures. Bollettino dell Istituto di Entomologia "Guido Grandi", 54: 13-21.
- 7- Chen, B., J. Yu, B. H. Chen and J. Z. Yu. 1996. Effect of releasing *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on controlling Asiatic corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Taiwan. J. Agric. Res. China, 45: 401-410.
- 8- Coll, M. and R. L. Ridgway. 1995. Functional and numerical response of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) to its prey in different vegetable crops. Ann. Entomol. Soc. Am., 88: 732-738.

- 9- Flinn, P. W. and D. W. Hagstrum. 2002. Temperature-mediated functional response of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Stored Prod. Res., 38: 185-190.
- 10- Harbison, J. L., J. C. Legaspi, S. L. Fabritius, R. R. Saldana, B. C. Legaspi and A. Enkagaard. 2001. Effects of age and host number on reproductive biology of *Allorhogas pyralophagus* (Hymenoptera: Braconidae) attacking the Mexican Rice Borer (Lepidoptera: Pyralidae). Environ. Entomol., 30:129-135.
- 11- Hassan, S. A. 1990. A simple method to select effective *Trichogramma* strains for use in biological control. pp. 201-204. In E. Wajnberg and S.B. Vinson (ed.), *Trichogramma* and other egg parasitoids, Third international symposium, San Antonio (Tx, USA).
- 12- Hassell, M. P. 1978. The dynamics of arthropod predator- prey system. Princeton University, Princeton, New Jersey.
- 13- Hassell, M. P. and J. K. Waage. 1984 Host-parasitoid population interactions. Ann. Rev. Entomol., 29: 89-114.
- 14- Holling, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Entomol., 91: 385-398.
- 15- Holling, C. S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. Mem. Entomol. Soc. Can., 48: 1-86.
- 16- Juliano, S. A. 1993. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. pp. 159-182. In: Design and Analysis of Ecological Experiments, eds: Scheiner, S.M. and Gurevitch, J., London: Chapman and Hall, U.K.
- 17- Kfir, R. 1983. Functional response to host density by the egg parasite, *Trichogramma pretiosum*. Entomophaga., 28: 345-353.
- 18- Messina, F. J., T. A. Jons, and D. C. Nielson. 1997. Host-plant effect on the efficacy of two predators attacking Russian wheat aphid (Hom.: Aphididae). Environ. Entomol., 26: 1398-1404.
- 19- Messina, F. J. and J. B. Hanks. 1998. Host plant alters the shape of the functional response of an aphid predator (Hom.: Coccinellidae). Environ. Entomol., 26: 1398-1404.
- 20- Mohaghegh, J. 1999. Reproductive performance and control potential of the predatory stinkbug, *Podisus maculiventris* and *P. nigrispinus*. Ph.D thesis, University of Gent, Belgium.
- 21- Morrison, G., W. J. Lewis, and D. A. Nordlund. 1980. Spatial differences in *Heliothis zea*

- egg density and the intensity of parasitism by *Trichogramma* spp.: an experimental analysis. Environ. Entomol., 9: 79-85.
- 22- Oder, N. A. and N. Kilincer. 1996. Investigations on some biological relations between *Agrotis segetum* (Denis and Schiff) (Lepidoptera, Noctuidae) and *Trichogramma embryophagum* (Hartig) and *T. turkeiensis* Kostadinov (Hym.: Trichogrammatidae). Turkiye Entomoloji Dergisi, 20:1-35.
- 23- O'Neil, R. J. 1990. Functional response of arthropod predators and its role in the biological control of insect pests in agricultural systems. New Directions in Biological Control, 83-96.
- 24- Ozder, N. A. and N. Kilincer. 1996. The effect of *Agrotis segetum* (Denis and Schiff) (Lepidoptera: Noctuidae) egg age, and pattern, food and temperature on longevity, fecundity, progeny and parasitism rate of *Trichogramma embryophagum* (Hartig) and *T. turkeiensis* Kostadinov (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Turkiye Entomoloji Dergisi, 20:83-92.
- 25- Sagarra, L. A., C. Vincent, N. F. Peters and P. K. Stewart. 2000. Effect of host density, temperature, and photoperiod on the fitness of *Anagyrus kamali*, a parasitoid of the hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus*. Entomol. Exp. Appl., 96:141-147.
- 26- Sampaio, M. V., V. H. P. Bueno and R. Perez-Maluf. 2001. Parasitism of *Aphidius colemani* Viereck (Hym.: Aphidiidae) in different densities of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hem.: Aphididae). Neotrop. Entomol., 30:81-87.
- 27- Shen, X. and Y. Li. 1987. Correlation of egg mass parasitization and egg parasitization of *Ostrinia furnacalis* by *Trichogramma* spp. Chinese J. Bio. Control., 3: 136-137.
- 28- Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal population. J. Anim. Ecol., 18: 1-35.
- 29- Tillman, P. G. 1996. Functional response of *Micropilis croceipes* and *Cardiochiles nigriceps* (Hym.: Braconidae) to variation in density of tobacco budworm (Lep. Noctuidae). Environ. Entomol., 25: 524-528.
- 30- Zeki, C., R. Kedici, T. Cevik, S. Halici and H. Er. 1995. Investigations on the effectiveness of IGR (fenoxycarb) and egg parasitoid (*Trichogramma embryophagum* Hartig) against codling moth (*Cydia pomonella* L.). Zirai Mucadele Arastirma Yilligi, 30:19-20.
- 31- Wang, B. D. N. Ferro. 2001. Functional response of *Trichogramma ostriniae* (Hym.: Trichogrammatidae) to *Ostrinia nubilalis* (Lep.: Pyralidae) under laboratory and field conditions. Environ. Entomol., 27: 752-758.

**Functional Response of *Trichogramma embryophagum* (Hym.: Trichogrammatidae)  
on Two Laboratory Hosts**

Y. Fathipour<sup>1</sup>, M. Haghani<sup>1</sup>, M. Attaran<sup>2</sup>, A. A. Talebi<sup>1</sup>, S. Moharramipour<sup>1</sup>

**Abstract**

In order to determine the effect of the type of host species on searching efficiency, handling time and functional response of *Trichogramma embryophagum*, it was reared on *Ephestia kuehniella* and *Sitotroga cerealella* eggs for 15 generations. Different levels of hosts egg densities as: 2, 4, 6, 8, 14, 20, 30, 40 and 50 were used. Each density was placed in a test tube (16×100 mm) and then exposed to a 24 h mated female. The experiments were carried out at 25±1°C, 50±5% RH and 16:8 (L:D) photoperiod. In both experiments functional response was a type III and Holling disc equation was used to estimate the parameters. Searching efficiency, handling time and estimated maximum percent of parasitism for parasitoids reared on *S. cerealella* were 0.13, 1.64 and 75.73, and for those reared on *E. kuehniella* were 0.11, 1.65 and 68.78, respectively. There was no significant difference between estimated parameters in both experiments. The results revealed that the type of laboratory host has no important effect on functional response of *T. embryophagum*.

**Key words:** Searching efficiency, Handling time, Functional response, *Trichogramma embryophagum*, *Sitotroga cerealella*, *Ephestia kuehniella*

---

1- College of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, P.O.Box<sup>439</sup> 14115-336

2- Plant Pests and Diseases Research Institute, Tehran, Iran, P.O.Box 19395-1454