مجله دانش گياهپزشكي ايران
دوره ۳۹، شماره ۱، ۱۳۸۷ (۷۲-۶۷)

واكنش تابعي زنبور پارازيتوئيد *Trichogramma brassicae* Bez. (Hym.; Trichogrammatidae) نسبت به تراكم‌هاي مختلف تخم بيد آرد *Anagasta kuehniella* Zell. و شب پره‌ي هندي *Plodia interpunctella* Hub.

آزاده فرازمند*[1] و شهزاد ايرانی‌پور[2]
۱، ۲، دانشجوي كارشناسي ارشد و استاديار دانشكده كشاورزي، دانشگاه تبريز
(تاريخ دريافت: ۸۵/۶/۲۸- تاريخ تصويب: ۸۶/۷/۲۹)

چكيده

واكنش تابعي زنبور پارازيتويید ***Trichogramma brassicae*** نسبت به تغييرات انبوهي تخم‌هاي بيد آرد ***Anagasta kuehniella*** و شب پره‌ي هندي ***Plodia interpunctella*** تحت شرايط آزمايشگاهي (دماي ۱±۲٤ درجه‌ي سانتيگراد، رطوبت نسبي ۱۰±٦٥ درصد و نسبت روشنايي به تاريكي ۸ :۱٦) مورد مطالعه قرار گرفت. تراكم‌هاي ۲، ٤، ۸، ۱٦، ۳۲، ٦٤ و۱۲۸ عدد تخم يک روزه‌ي بيدآرد و شب‌پره‌ي هندي هر كدام به‌ترتيب در ۲۱، ۱٥، ۱۲، ۹، ۹، ٦ و۳ تكرار به مدت ۲٤ ساعت در اختيار زنبورهاي ماده‌ي يک‌روزه قرار گرفتند. نوع واكنش تابعي به وسيله‌ي رگرسيون لجستيک وپارامترهاي مربوط به آن شامل قدرت جستجو (**b**) و زمان دستيابي (**T_h**) با استفاده از رگرسيون غير خطي تعيين شد. واكنش تابعي زنبور ***T.brassicae*** نسبت به اين دو ميزبان از نوع سوم تعيين گرديد. قدرت جستجو (**b**) و زمان دستيابي(**T_h**) براي بيدآرد به ترتيب ۰/۰۰٤۲ و۰/٦۰۱ ساعت و براي شب‌پره‌ي هندي ۰/۰۰۲۲ و ۱/۳٤٤ برآورد گرديد.

واژه‌هاي كليدي: تريكوگراما براسيكا، بيد آرد، شب پره‌ي هندي، واكنش تابعي.

مقدمه

دشمنان طبيعي از مهمترين اجزاي اكوسيستم‌ها در كنترل و تنظيم جمعيت آفات مي‌باشند. اثرات تنظيم كنندگي آنها از طريق پاسخي كه به تراكم شكار يا ميزبان خود مي‌دهند حاصل مي‌شود. چنين تنظيمي از طريق تغيير در نرخ سرانه‌ي مصرف هر فرد دشمن طبيعي (واكنش تابعي) و تجمع و توليد مثل بيشتر در مكان‌هاي اجتماع ميزبان (واكنش عددي) حاصل مي‌گردد (۳). واكنش تابعي نخستين بار توسط سولومون (۱۹٤۹) مطرح شد. ايشان واكنش تابعي را به‌صورت تعداد طعمه‌ي مورد حمله قرار گرفته شده توسط يك شكارگر در تراكم‌هاي مختلف طعمه تعريف كرد. علت اين نامگذاري اين است كه تعداد ميزبان مورد حمله توسط يک فرد پارازيتويید تابعي از تراكم ميزبان مي‌باشد (۵). هولينگ (۱۹۵۹) ضمن ارائه‌ي مدل رياضي آن، سه نوع واكنش تابعي متفاوت تشخيص داد. در واكنش تابعي نوع اول با افزايش تراكم ميزبان، تعداد ميزبان‌هاي مورد حمله قرار گرفته به صورت خطي افزايش مي‌يابد تا به يک حداكثر برسد و از آن پس اين مقدار ثابت مي‌ماند. چنانچه اين تلفات بر حسب درصد بيان شود، تا يک تراكم معين، تلفات مستقل از تراكم و پس از آن وابسته به تراكم معكوس خواهد بود. در واكنش تابعي نوع دوم با افزايش تراكم ميزبان، تعداد ميزبان‌هاي مورد حمله به‌صورت

* نويسنده مسئول: آزاده فرازمند تلفن: ۰۹۱۹۴۱۸۸۵۲۶ E-mail: Farazmand_a@yahoo.com

غیرخطي و با يك شيب كاهنده افزايش مي‌يابد و به تدريج به يک مقدار ثابت ميل مي‌كند. وقتي تلفات برحسب درصد بيان شود، اين معرف يك واكنش وابسته به تراكم معكوس خواهد بود. در واكنش تابعي نوع سوم، تغييرات تعداد ميزبان مورد حمله از يك الگوي سيگموييدي پيروي مي-كند. وقتي تلفات بر حسب درصد بيان شود، با افزايش تراكم ميزبان، ابتدا نسبت ميزبان‌هاي پارازيته شده افزايش مي‌يابد ولي بعداً از ميزان آن كاسته مي‌شود. به‌عبارتي ديگر، تا يك حدي از تراكم، تلفات وابسته به تراكم مستقيم است، اما پس از آن معكوس مي‌شود. در آزمايش‌هاي مقدماتي براي انتخاب عوامل بالقوه‌ي كنترل بيولژيك يك آفت، از معيارهاي مختلفي استفاده مي‌شود كه يكي از آن‌ها قدرت كاوشگري دشمنان طبيعي است. پارامترهاي مدل‌هاي شكار- شكارگر از قبيل واكنش تابعي براي پيشگويي اين توانايي مورد استفاده قرار مي‌گيرند (۲). دو پارامتر مهم در واكنش تابعي عبارتند از قدرت جستجو(b) و زمان دستيابي (T_h) كه از آنها براي ارزيابي كارايي شكارچي يا پارازيتويید استفاده مي‌شود. در واكنش تابعي نوع سوم قدرت جستجوي دشمن طبيعي ثابت نيست (۳) و اين امر با بروز اثرات وابسته به تراكم موجب مي‌شود كه عامل بيوكنترل بهتر بتواند ميزبان را كنترل نمايد (۹). بررسي‌هاي چندي در مورد واكنش تابعي جمعيت‌هاي ايراني تريكوگراما صورت گرفته است (۱، ۸، ۱۰) كه بيشتر روي بيد غلات بوده است. در اين بررسي واكنش تابعي زنبور *Trichogramma brassicae* Bez. به‌عنوان فراوان‌ترين گونه‌ي تريكوگراما در ايران، نسبت به تراكم‌هاي مختلف بيد آرد و شب پره‌ي هندي، به عنوان دو ميزبان مهم آزمايشگاهي و دو آفت هدف بالقوه براي اين زنبور مورد بررسي قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

الف) نحوه ي طراحي آزمايشات

براي بررسي واكنش تابعي زنبور پارازيتويید *T. brassicae* از تراكم هاي۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ تخم بيد آرد و شب پره‌ي هندي استفاده شد. تخم‌هاي۰-۲۴ ساعته روي كاغذهايي به ابعاد ۵×۱ سانتيمتر با محلول آب و قند چسبانيده شد. هر دسته‌ي تخم در يک لوله‌ي آزمايش شيشه‌اي به قطر يک و ارتفاع ۱۰ سانتيمتر قرار داده شد و درون هر لوله يک زنبور ۲۴-۰ ساعته رها گرديد. پس از ۲۴ ساعت زنبور ماده از لوله‌ي آزمايش حذف شد. دسته‌هاي تخم تا ظهور علايم پارازيتيسم داخل ژرميناتور[1] نگهداري شدند. كليه‌ي آزمايشات درون ژرميناتور (دماي ۱±۲۴ درجه‌ي سانتيگراد، رطوبت نسبي ۱۰±۶۵ درصد و رژيم نوري ۱۶ ساعت روشنايي در شبانه روز) انجام شد. تعداد تكرارها براي تراكم هاي۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ به ترتيب ۲۱، ۱۵ ،۱۲، ۹، ۶، ۹ و۳ عدد درنظر گرفته شد.

ب) نحوه تجزيه داده‌هاي آزمايش واكنش تابعي

تجزيه و تحليل داده‌هاي به دست آمده با استفاده از روش جوليانو (۱۹۸۲) انجام شد. در اين روش از نرم افزار SAS در دو مرحله، نخست انتخاب مدل و سپس آزمون فرض استفاده گرديد. انتخاب مدل شامل تعيين نوع واكنش تابعي با استفاده از رگرسيون لجستيک[2] بود (۱۶). براي اين منظور، از يک تابع چند جمله‌اي كه رابطه‌ي N0 با Ne/N0 را به شرح زير توصيف مي‌كند، استفاده شد:

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3 + ... + P_zN_0^z)}{1+\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3 + ... + P_zN_0^z)} \quad (۱)$$

$P_0, P_1, P_2, P_3, ..., P_z$ پارامترهايي هستند كه با روش CATMOD در برنامه‌ي SAS برآورد شدند (۱۲). در اين رابطه، ميزان شيب و منفي يا مثبت بودن قسمت-هاي خطي[3]، درجه‌ي دو[4] و درجه‌ي سه‌ي[5] معادله تعيين و نوع واكنش تابعي با استفاده از آن مورد قضاوت قرار مي-گيرد (۷). با مشاهده‌ي علامت بخش خطي منحني، نوع واكنش تابعي تعيين مي‌گردد. اگر علامت بخش خطي منحني منفي باشد، واكنش تابعي از نوع II است؛ ولي اگر علامت آن مثبت باشد، از نوع III خواهد بود.

آزمون فرض، جهت برآورد پارامترهاي واكنش تابعي و انجام مقايسه‌هاي آماري به‌كار مي‌رود (۷). براي اين منظور

---

۱. مدل GJO1، مركز جوانه‌ي جهاد دانشگاهي تهران

2. Logistic Regression
3. Linear
4. Quadratic
5. Cubic

از مدل كمترين مربعات رگرسيون غيرخطي Ne بر روي N_0 استفاده شد. براي واكنش تابعي نوع III، معادلات هسل و راجرز (۳ و۱۱) با دادهها برازش داده شد. معادلهي دوم با دادهها برازش يافت. در واكنش تابعي نوع سوم فرض بر اين است كه a با تراكم شكار تغيير ميكند:

$$a = \frac{bN_t}{1 + cN_t} \quad (۲$$

در اين صورت، معادلهي ديسک هولينگ بصورت يک تابع سيگموييدي بهشرح زير در ميآيد (۳):

$$N_e = \frac{bTP_tN_t^2}{1 + cN_t + bT_hN_t^2} \quad (۳$$

كه در آن b و c مقادير ثابت، a قدرت جستجوي لحظه-اي[1]، Ne تعداد روياروپي، P_t تعداد پارازيتويید در لحظهيt، N تعداد ميزبان در لحظهي t، T كل زمان جستجو و T_h زمان دستيابي است.

جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گرديد.

نتايج

نتايج حاصل از تجزيهي دادهها نشان داد كه واكنش تابعي زنبور *T. brassicae* نسبت به تراكمهاي مختلف تخم بيد آرد و شب پرهي هندي تحت شرايط آزمايش از نوع سوم بوده است. شيب قسمت خطي منحني درجه سه-ي رگرسيون لجستيك در اين آزمايش براي تخم بيد آرد و شبپرهي هندي مثبت بود. نتايج حاصل از اين تجزيه كه با مدل راجرز برازش داده شد، در جدول۱ ذكر شده است. در واكنش تابعي نوع سوم، در تراكم هاي پايينتر ميزبان، زنبور انگل به صورت وابسته به تراكم عمل نموده و با افزايش تراكم ميزبان، درصد ميزبانهاي پارازيته شده افزايش مي-يابد و در تراكمهاي بالاتر، واكنش زنبور به صورت وابسته به تراكم معكوس خواهد بود و از درصد ميزبانهاي پارازيته شده كاسته ميشود (نمودار۱ و۲). بهطوريكه در جدول ۲ ديده ميشود، زمان دستيابي (T_h)، *T. brassicae* روي تخمهاي بيد آرد ۰/۶۰ ساعت و روي تخمهاي شب پرهي هندي ۱/۳۴ ساعت به دست آمد. زمان دستيابي، مدت زماني است كه يك پارازيتوييد براي يافتن و پارازيته كردن يك ميزبان، تميز كردن خود و استراحت صرف ميكند (۲). پارامتر b، ميزان جستجوي انجام شده توسط پارازيتوييد را نشان ميدهد (۲) و در برخي منابع به صورت نسبتي از كل مساحتي كه يك پارازيتوييد در مدت زمان آزمايش به جستجوي آن ميپردازد، تعريف ميشود (۱۳). قدرت جستجو تعيين ميكند كه منحني واكنش تابعي با چه سرعتي به بالاترين قسمت خود ميرسد (۵). قدرت جستجوي *T. brassicae* در اين آزمايش روي تخمهاي بيد آرد ۰/۰۰۴۲ در ساعت و روي تخمهاي شبپرهي هندي ۰/۰۰۲ در ساعت برآورد شد. در اين تحقيق حداكثر ميزان پارازيتيسم برآورده شده در ۲۴ ساعت كه از نسبت كل زمان آزمايش به زمان دستيابي به يك ميزبان ($\frac{T}{T_h}$) به دست ميآيد، روي تخم هاي بيد آرد ۳۹/۹۳ و روي تخم هاي شبپرهي هندي ۱۷/۸۵ محاسبه شد.

جدول ۱- پارامترهاي به دست آمده از رگرسيون لجستيک در آزمايش واكنش تابعي زنبور *T.brassicae* نسبت به تراكمهاي مختلف تخم دو گونه ميزبان

پارامتر	*Anagasta kuehniella*	*Plodia interpunctella*
عرض از مبدا	-۱/۱۱۶۷±۰/۲۰۹۳	-۱/۸۰۱۸±۰/۲۴۰۴
قسمت خطي (N_0)	۰/۱۱۹۹±۰/۰۱۷۸	۰/۱۰۴۸±۰/۰۱۹۳
درجه ۲ (N_0^2)	-۰/۰۰۲۳۷±۰/۰۰۰۳۵۸	-۰/۰۰۲۲۴±۰/۰۰۰۳۸۸
درجه ۳ (N_0^3)	۱۱±۱/۸۱۹*۱۰$^{-۶}$	۱۱±۱/۹۸۵*۱۰$^{-۶}$

جدول ۲- مقايسه پارامترهاي واكنش تابعي زنبور پارازيتويید *T.brassicae* روي دو گونه ميزبان

گونه ميزبان	قدرت جستجو (b)	زمان دستيابي (T_h)	حداكثر نرخ حمله (T/T_h)	ضريب تبيين (r^2)
A. kuehniella	۰/۰۰۴۲±۰/۰۰۱	۰/۶۰۱±۰/۰۳۸۹	۳۹/۹۳۳۴	۰/۸۵
P. interpunctella	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۸	۱/۳۴۴±۰/۱۴۸	۱۷/۸۵۷۱	۰/۶۱

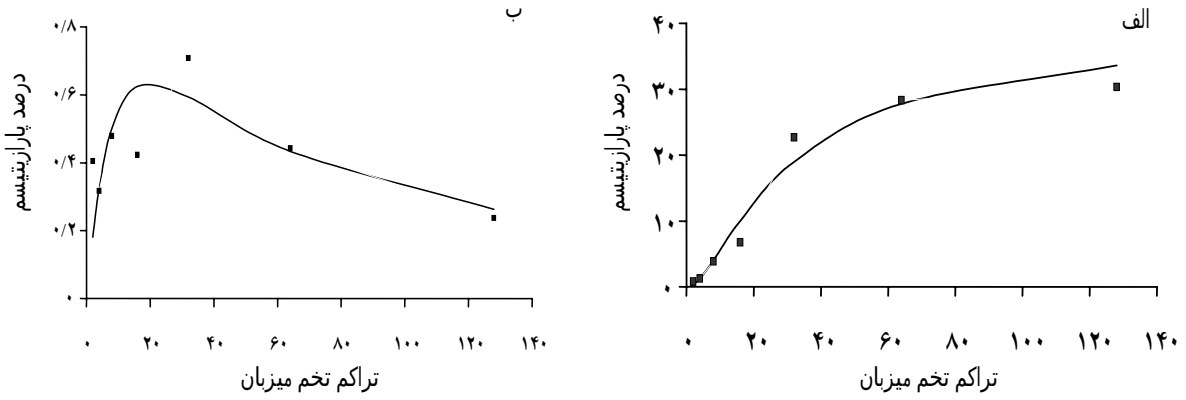
بحث

با توجه به جدول ۳-۲، زمان دستيابي روي تخمهاي بيد آرد كمتر از نصف شب پرهي هندي به دست آمد كه با توجه به يكسان بودن ساير شرايط، تنها عامل تفاوت را مي-توان به نوع ميزبان نسبت داد. نرخ حداكثر حمله ($\frac{T}{T_h}$)

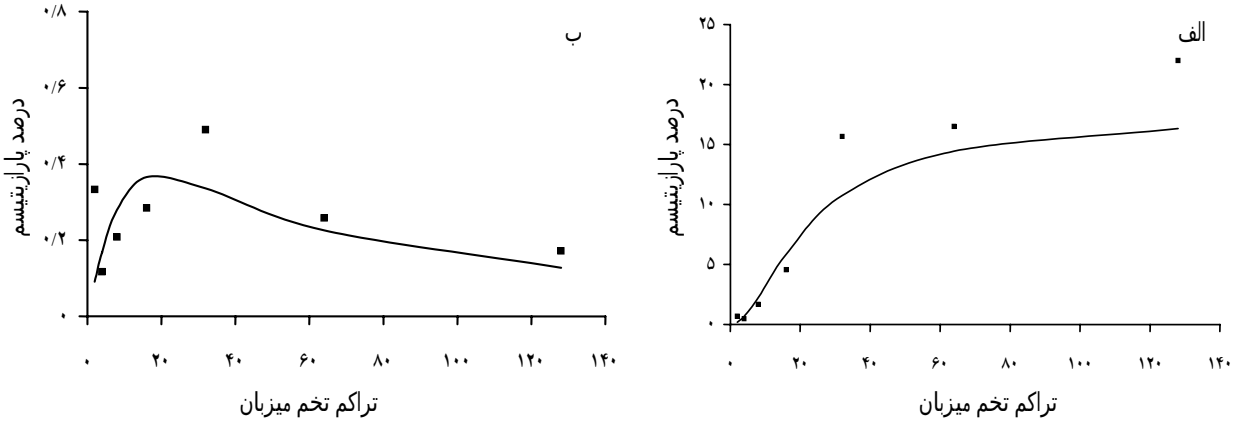
1. Searching efficiency

روي بید آرد کمي بیشتر از دو برابر شب پره‌ي هندي بود. ارباب تفتي و همکاران (۲۰۰٤) قدرت جستجو و زمان دستیابي را براي *T. brassicae* روي تخم هاي بید غلات به ترتیب ۰/۱٦۸ و ۱/٦٤۸ به دست آوردند که بیش از هر دو میزبان این آزمایش بودند. دلیل تفاوتها را مي‌توان به نوع میزبان نسبت داد. لشکري و همکاران (۲۰۰٤) مقادیر قدرت جستجو و زمان دستیابي روي تخم هاي کرم قوزه‌ي پنبه را بترتیب ۰/۰۵۱ و ۱/۲۰۰ تعیین کردند که بیش از بید آرد و کمتر از شب پره هندي در این تحقیق است. همچنین نرخ حداکثر حمله‌ي *T. brassicae* را روي تخم هاي بید غلات ۱٦/۳٤ به دست آوردند که مشابه شب پره‌ي هندي در این تحقیق مي‌باشد. این یافته‌ها نشان مي‌دهد که انتخاب میزبان نقش مهمي در کنترل بیولژیك دارد. به طور کلي مي‌توان نتیجه گرفت که پارامترهاي واکنش تابعي، معیار مهمي در کنترل کیفي عوامل بیوکنترل مي‌باشند.

لشکري و همکاران (۲۰۰٤) واکنش تابعي *T. brassicae* را در شرایط دمایي ۱±۲۵ درجه‌ي سانتیگراد، رطوبت نسبي ۵±۵۰ درصد و دوره‌ي نوري ۱٤ ساعت روشنایي و ۱۰ ساعت تاریکي نسبت به تراکم هاي مختلف تخم بید آرد و بید غلات از نوع دوم و به تراکم‌هاي مختلف کرم قوزه از نوع سوم تعیین کردند. علت تفاوت نوع واکنش تابعي در بررسي ایشان نسبت به نتایج ما را مي‌توان به شرایط آزمایش (شرایط رطوبتي و دوره‌ي نوري) نسبت داد که سبب شده نوع واکنش تابعي تغییر کند.



شکل ۱- تخم‌هاي پارازیته شده توسط *T.brassicae* در تراکم مختلف تخم بید آرد. الف) تعداد پارازیته شده، ب) درصد پارازیتیسم، مربع‌هاي تو پر (▪) مقادیر مشاهده شده و خط منحني معرف مقادیر مورد انتظار از مدل راجرز مي‌باشد.



شکل ۲- تخم‌هاي پارازیته شده توسط *T.brassicae* در تراکم مختلف تخم شب پره هندي الف) تعداد پارازیته شده، ب) درصد پارازیتیسم، مربع‌هاي توپر(▪) مقادیر مشاهده شده وخط منحني معرف مقادیر مورد انتظار از مدل راجرز مي‌باشد.

در يك آزمايش، كفير (۱۹۸۳) واكنش تابعي زنبور *T. pretiosum* Riley را نسبت به تراكم‌هاي مختلف تخم بيد سيب زمينيZeller *Phthorimaea operculella* از نوع دوم تعيين كرد. وانگ و فرو (۲۰۰۱) نشان دادند كه واكنش تابعي زنبور *T. ostriniae* Page & Chen نسبت به تراكم‌هاي مختلف تخم *Ostrinia nubilalis* Hubner. از نوع دوم است. آنها همچنين گزارش كردند كه تغيير نوع واكنش تابعي به فاكتورهاي ديگري از جمله حرارت بستگي دارد. احتمال دارد اين تفاوتها در مقايسه با كارهاي ما مربوط به گونه‌ي زنبور باشد. ارباب تفتي و همكاران (۲۰۰٤) نيز در شرايط دمايي ۱±۲۵ درجه‌ي سانتيگراد و رطوبت نسبي ٥±٦۰ درصد و دوره‌ي روشنايي به تاريكي ۱٦:۸، واكنش تابعي زنبور *T. brassicae* را نسبت به تراكم‌هاي مختلف *Sitotroga cerealella* از نوع سوم تعيين كردند كه با نتايج اين بررسي موافق است. يادگيري در تشخيص تخم هاي پارازيته از غير پارازيته مي‌تواند يكي از دلايل بروز واكنش تابعي نوع سوم باشد. تيلور (۱۹۸۸) اثر اندازه‌ي ميزبان در واكنش تابعي زنبور *Bracon hebetor* Say. را مورد مطالعه قرار داد. با اينكه وي اختلاف آماري بين اندازه‌هاي مختلف ميزبان از لحاظ ميزان پارازيتيسم مشاهده نكرد، ولي اعلام نمود كه بين پارازيتوييدها تمايل براي پارازيته كردن ميزبان‌هايي با اندازه‌ي بزرگتر وجود دارد. اين داده‌ها يافته‌هاي ما را در اين تحقيق تأييد مي‌كند. كريميان و صحراگرد (۲۰۰۱) واكنش تابعي زنبور *T. brassicae* را در شرايط دمايي ۱±۲٤ درجه‌ي سانتيگراد و رطوبت نسبي ٥±٦۰ درصد نسبت به تراكم هاي مختلف تخم بيد غلات از نوع دوم تعيين كردند كه متفاوت از داده‌هاي اين تحقيق است و علت اين تفاوت را مي‌توان به نوع ميزبان نسبت داد. مطالعات آزمايشگاهي نشان مي‌دهد كه واكنش تابعي *T. ostriniae* مي‌تواند از يك نوع به نوع ديگر در دماهاي مختلف تغيير كند. تغيير در نوع واكنش تابعي در آزمايش-هاي مختلف بيانگر اين مطلب است كه عوامل متعددي روي رفتار واكنش پارازيتوييد به تراكم ميزبان تأثير مي‌گذارند. در اين ميان به تأثير ويژگي‌هاي ذاتي پارازيتوييد، دما، سن پارازيتوييد، رقم مورد تغذيه‌ي ميزبان، اندازه‌ي ميزبان و شرايط مختلف فيزيكي اشاره شده است (۱٥، ۱۷) و اين مي‌تواند تفاوتهاي موجود در اين بررسي با آزمايشهاي لشكري و همكاران (۲۰۰٤) و كريميان و صحراگرد (۲۰۰۱) را توضيح دهد.

سپاسگزاري

از آقاي دكتر حسين اللهياري بـه سـبب مـساعدت‌هـاي ارزشمندشان تشكر و قدرداني مي‌گردد.

REFERENCES

1. Arbab Tafti, R., Sahragard, A., Salehi, L. & Asgari, Sh. 2004. Study on functional response of *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.; Trichogrammatidae) to different densities of *Sitotroga cerealella* Olivier (Lep.; Gelechidae) eggs. J. Agric. Sci, 1(1): 1-8.
2. Fathipour, Y., Kamali, K., Khalghani, J. & Abdollahi, Gh. 2001. Functional response of *Trissolcus grandis* (Hym.;Scelionidae) to different egg densities of *Eurygaster integriceps* (Het.; Scutelleridae) and effects of different wheat genotype on it. Appl. Entomol. Phyt. 68(1&2): 123-136.
3. Hassell, M. P. 1978.The Dynamics of Arthropod Predator-Prey System. Princeton University, Princeton, New Jersey.
4. Holling, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Entomol,Vol. 91: 385-398.
5. Holling, C. S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. Mem. Ent. Soc. Can,Vol. 48: 1-86.
6. Juliano, S. A. 1982. Influence of host age on host acceptability and suitability for species of *Trichogramma* (Hym.; Trichogrammatidae) attacking aquatic Diptera. Can. Entomol,Vol. 114: 713-720.

7. Juliano,S. A.1993. Non linear curve fitting :Predation and functional response curves. Pp. 159-182. in: S. Scheinerand and J. Gurevitch (eds), Design and Analysis of Ecological Experiments. Chapman and Hall, New York.
8. Karimian, Z. & A. Sahragard. 2001. Functional response of *Trichogramma brassicae*, the most frequent species of egg parasitoids of rice fields' pests, to different densities of *Sitotroga cerealella*. Proceedings of the 2nd National Conference on Optimum Utilization of Chemical Fertilizers & Pesticides in Agriculture. February 2001, Karaj, P.1.
9. Kfir, R. 1983. Functional response to host density by the egg parasite *Trichogramma pretiosum*. Entomophaga,Vol. 28: 345-353.
10. Lashkari, A. A., Talebi, A. A., Fathipour, Y. & Moharramipour, S. 2004. Functional response of *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.; Trichogrammatidae) to different densities of three host eggs in laboratory condition. Proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress, Vol. 1-Pests, 28 Aug.-1 Sept. 2004, University of Tabriz, Tabriz. P. 35.
11. Rogers, D. J. 1972. Random search and insect population models. J. Anim. Ecol,Vol. 41: 369-383.
12. SAS Institute Inc. 1989. SAS/ STAT user's guide, Ver 8, 4th ed, Vol. 2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
13. Shishehbor, P. & P. A. Brenna. 1996. Functional response of *Encarsia formosa* (Gahan) parasitizing castor's whitefly, *Trialeurodes ricini* Misra (Hom.; Aleyrodidae). J. Appl. Entomol,Vol. 120: 297-299.
14. Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal population. J. Anim. Ecol, Vol. 18: 1-35.
15. Taylor, A. D. 1988. Host effects on functional ovipositional response on *Bracon hebetor*. J. Anim. Ecol,Vol. 57: 173-184.
16. Van Alphen, J. J. M. & Jervis, M. A. 1996. Foraging behaviour. Pp. 1-62. in: M. Jervis, and N. kidd (eds), Insect Natural Enemies. London: Chapman and Hall, UK.
17. 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,Vol. 27: 752-758.