

مطالعه برخی از خصوصیات رفتاری زنبور *Diaeretiella rapae* پارازیتوئید شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae*

یعقوب فتحی پور^۱، علی حسینی قرالری^۲ و علی اصغر طالبی^۳
۱، ۲، ۳، استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار
دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۷/۹

خلاصه

در این تحقیق برخی از خصوصیات رفتاری زنبور *Diaeretiella rapae* (McIntosh) پارازیتوئید شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* (L.) مورد مطالعه قرار گرفت. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی میزان کارایی زنبور *D. rapae* از طریق مطالعه خصوصیات رفتاری واکنش تابعی، ترجیح مرحله سنی میزبان و تاثیر تراکم‌های مختلف زنبور روی قدرت جستجوی آنها (تداخل) بود. آزمایش‌ها در شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. در آزمایش واکنش تابعی از تراکم‌های مختلف پوره‌های سن دوم شته مومی کلم با ۱۰ تکرار استفاده شد. هر یک از این تراکم‌ها به مدت ۲۴ ساعت در اختیار یک زنبور ماده قرار گرفت. ترجیح زنبور پارازیتوئید نسبت به مراحل سنی پوره‌های سن اول تا چهارم و حشرات کامل بالدار و بی‌بال شته مومی کلم تعیین گردید. در آزمایش تداخل (تاثیر تراکم‌های مختلف زنبور روی قدرت جستجوی آنها) از تراکم‌های مختلف زنبورهای *D. rapae* استفاده شد. واکنش تابعی زنبور نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان از نوع دوم تشخیص داده شد. رابطه معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف زنبور و قدرت جستجوی سرانه آنها مشاهده شد. مقدار ضریب تداخل نشان داد که با افزایش تراکم زنبور در یک محیط محدود از قدرت جستجوی آنها کاسته می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش ترجیح مرحله سنی میزبان نشان داد که زنبور مرحله پوره سن دوم شته را بیشتر و پوره‌های سن اول و همچنین حشرات کامل را کمتر ترجیح می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: *Diaeretiella rapae*، *Brevicoryne brassicae*، شته مومی کلم، واکنش تابعی،

تداخل، ترجیح سن میزبان

مقدمه

شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* (L.)) که به شته کلزا نیز معروف است یکی از آفات مهم گیاهان خانواده چلیپاییان بوده و باعث ایجاد خسارت مستقیم از طریق تغذیه از شیره گیاهی و خسارت غیر مستقیم از طریق انتقال ویروسهای گیاهی مختلف می‌گردد (۷، ۸، ۱۰، ۱۱، ۲۴). شته مومی کلم در بسیاری از نقاط جهان روی محصولات مختلف بویژه کلم خسارت وارد می‌کند. در ایران نیز این آفت در اغلب نواحی بویژه

در مناطق شمالی و مرکزی کشور فعالیت داشته و خسارت وارد می‌نماید (۱). یکی از عوامل کنترل کننده بیولوژیک شته مومی کلم، زنبور پارازیتوئید (*Diaeretiella rapae* (McIntosh)) از خانواده *Aphidiidae* می‌باشد (۲۲). این زنبور در اکثر مناطق جهان از جمله آسیای مرکزی، اروپای شرقی و غربی، منطقه مدیترانه، خاورمیانه، آفریقای شمالی، آمریکای جنوبی و آمریکای شمالی فعالیت می‌نماید (۶، ۱۳).

معیارهای مختلفی برای ارزیابی و انتخاب عوامل کنترل

مواد و روش‌ها

پرورش میزبان و دشمن طبیعی

شته‌های اولیه برای ایجاد کلنی در اتاق رشد، از مزرعه کلم فراهم گردید. شته‌های جمع‌آوری شده از مزرعه به اتاق رشد منتقل و روی بوته‌های موجود در اتاق رشد که در داخل گلدانهای پلاستیکی کاشته شده بودند مستقر شدند. این کلنی‌ها در اتاق رشد با شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. برای تشکیل کلنی زنبور *D. rapae*، شته‌های مومیایی شده در مزرعه کلم جمع‌آوری و در اتاق رشد درون ظروف کوچک دارای تهویه قرار داده شدند. زنبورهای خارج شده از شته‌های مومیایی شده جهت ایجاد نسل آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفتند.

آزمایش واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید

برای مطالعه واکنش تابعی زنبور *D. rapae* نسبت به تراکم‌های مختلف شته مومی کلم از زنبورهایی که در اتاق رشد پرورش داده شده بودند، استفاده شد. در این آزمایش از کلنی، تعداد ۱۰۰ زنبور ماده با عمر حداکثر ۲۴ ساعت جدا گردید و ده تراکم ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ عددی از پوره‌های سن دوم شته مومی کلم تهیه شد. هر تراکم دارای ۱۰ تکرار بود. پوره‌ها بر روی برگ کلم مستقر شده و به مدت ۲۴ ساعت در اختیار هر زنبور ماده قرار داده شدند. تغذیه زنبور از عسل صورت گرفت. بدین منظور یک تکه نوار چسب بر روی کاغذی چسبانده شده و با کاردک، یک لایه نازک از عسل روی آن کشیده شد. در حین کشیدن عسل دقت لازم انجام شد تا قطرات عسل تشکیل نشده و مانع فعالیت زنبورها نگردد. آب نیز در اختیار زنبورها قرار گرفت. بدین منظور در یک لوله آزمایش پلاستیکی مقداری آب مقطر ریخته و انتهای آن با پنبه مسدود گردید و به طور وارونه روی ظرف آزمایش قرار گرفت. ظروف آزمایش به ابعاد $14 \times 4 \times 8$ سانتیمتر بوده و دارای شش سوراخ جهت تهویه بودند که با تور ارگانزا پوشیده شده بودند. روی در این ظروف سه سوراخ تعبیه گردید که از یکی برای قراردادن لوله آزمایش حاوی آب مقطر و از دو تای دیگر برای ورود و خروج برگهای حاوی پوره‌ها و نیز قرار دادن نوارهای عسل استفاده گردید. این دو سوراخ توسط چوب‌پنبه پلاستیکی نمره

کننده بیولوژیک از جمله پارازیتوئیدها وجود دارد (۲۸). یکی از این روشها ارزیابی پارامترهای رفتاری پارازیتوئید با استفاده از مدل‌های مربوط به سیستم میزبان-پارازیتوئید می‌باشد. پارامترهای مختلفی در قالب خصوصیات رفتاری قابل مطالعه است که از جمله آنها می‌توان به ترجیح مراحل مختلف سنی میزبان توسط پارازیتوئید^۱، تاثیر تراکم‌های مختلف میزبان در میزان پارازیتیسیم توسط پارازیتوئید (واکنش تابعی^۲) و تاثیر تراکم‌های مختلف پارازیتوئید روی قدرت جستجوی آن در یافتن میزبان (تداخل^۳) اشاره کرد (۱۷). واکنش تابعی زنبور *D. rapae* نسبت به تراکم‌های مختلف گونه‌های دیگری از شته‌ها توسط برخی محققین مورد مطالعه قرار گرفته است (۵، ۲۰، ۲۵، ۲۹). این محققین یکی از اهداف اصلی تحقیق خود را ارزیابی میزان کارایی زنبور پارازیتوئید مورد مطالعه در کنترل شته میزبان بیان کرده‌اند. مطالعه ترجیح مراحل مختلف سنی شته میزبان توسط زنبور *D. rapae* یکی دیگر از موضوعاتی است که مورد علاقه محققین بوده و آنها را در ارزیابی میزان کارایی زنبور و تعیین مرحله سنی مرجح میزبان کمک می‌نماید (۹، ۲۱، ۲۲). تاثیر تراکم‌های مختلف زنبور پارازیتوئید روی قدرت جستجوی آنها که اصطلاحاً تداخل نامیده می‌شود موضوعی است که هر چند به اعتقاد برخی، فقط می‌تواند در بهبود تکنیک‌های تولید انبوه در آزمایشگاه موثر باشد ولی در رهاسازی پارازیتوئیدها با تراکم بالا در واحد سطح نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گرفته و در ارزیابی میزان کارایی پارازیتوئید و افزایش این کارایی موثر واقع شود (۲۶).

هدف از انجام این تحقیق، مطالعه برخی از خصوصیات رفتاری زنبور *D. rapae* (واکنش تابعی، ترجیح مرحله سنی میزبان و تداخل) روی شته مومی کلم *B. brassicae* می‌باشد. از نتایج حاصله می‌توان علاوه بر شناخت بخشی از سیستم میزبان-پارازیتوئید در قالب پارامترهای رفتاری، در ارزیابی میزان کارایی زنبور در کنترل شته مومی کلم و همچنین افزایش کارایی تکنیک‌های پرورش انبوه زنبور پارازیتوئید استفاده کرد.

1. Host stage preference
2. Functional response
3. Mutual interference

پارامترها از مدل‌های هولینگ (۱۵) و راجرز (۲۳) استفاده شد. مدل‌های اشاره شده عبارتند از:

$$N_a = a T N_t / 1 + a T_h N_t \quad (\text{Holling})$$

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

N_a = تعداد طعمه های خورده شده N_t = تعداد اولیه طعمه
 Exp = پایه لگاریتم طبیعی T = مدت زمان آزمایش
 T_h = زمان دستیابی a = قدرت جستجو

علاوه بر پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی، میزان برازش داده‌های واکنش تابعی با مدل (r^2) و حداکثر میزان پارازیتیسیم برآورد شده (T/T_h) نیز محاسبه شدند.

آزمایش تاثیر تراکم‌های مختلف زنبور روی قدرت جستجو (تداخل)

این آزمایش برای بررسی تاثیر تراکم‌های مختلف زنبور *D. rapae* روی قدرت جستجوی آن‌ها برای دستیابی به پوره‌های شته مومی کلم انجام گرفت. تراکم‌های ۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ عددی از زنبورهای ماده با عمر حداکثر ۲۴ ساعت، از کلنی زنبور انتخاب گردید و تراکم ثابتی از پوره‌های سن دوم شته میزبان *B. brassicae* (۱۲۰ عدد) به مدت ۲۴ ساعت در اختیار هر یک از تراکم‌ها قرار گرفت. تراکم میزبان طوری انتخاب گردید که بیشتر از ظرفیت پارازیتیسیم بالاترین تراکم زنبور باشد. پوره‌ها بر روی کلم مستقر شده و در اختیار زنبور ماده قرار داده شدند. برای تغذیه زنبورها از عسل و آب مقطر مطابق آنچه در بخش قبلی ذکر شد استفاده گردید. آزمایشات داخل ظروف به ابعاد $14 \times 4 \times 8$ سانتیمتر انجام گرفت. این ظروف دارای ۶ سوراخ جهت تهویه بودند که با تور ارگانزا پوشیده شده بودند. آزمایش تداخل در ۱۰ تکرار و در شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، دمای 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد انجام گرفت. پس از گذشت ۲۴ ساعت برگ‌های حاوی پوره‌ها خارج شده و به درون قفسهای گیره‌ای^۴ موجود بر روی بوته کلم منتقل شدند. پوره‌ها در این وضعیت نگهداری شدند تا زمانی که افراد مومیایی شده معلوم شده و میزان پارازیتیسیم تعیین گردد. پس از تعیین میزان پارازیتیسیم، قدرت جستجوی زنبور

سه مسدود شدند. دور درب ظروف آزمایش با چسب حرارتی مسدود شد تا از فرار احتمالی و یا باز شدن ناگهانی آن در حین تعویض پوره‌ها و نوارهای عسل، جلوگیری گردد. آزمایشات در شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، دمای 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و در داخل انکوباتور انجام گردید. هر تراکم به مدت ۲۴ ساعت در اختیار زنبور ماده قرار داشت و بعد از آن برگ حاوی پوره‌ها خارج شده و به درون قفس برگی موجود بر روی بوته کلم منتقل شدند. پوره‌ها در این وضعیت نگهداری شدند تا زمانی که افراد مومیایی معلوم شده و میزان پارازیتیسیم تعیین گردد.

تجزیه داده‌های واکنش تابعی در دو مرحله و با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد (۱۹). روش مذکور دقیق تر و مطمئن تر از سایر روشهای تجزیه واکنش تابعی بوده و از ضریب اطمینان بالاتری برخوردار است (۲، ۳، ۴). در مرحله اول با استفاده از رگرسیون لجستیک میزان برآورد شده برای تعداد طعمه های خورد شده (N_a) و تعداد طعمه‌های موجود در تراکم اولیه (N_t)، نوع واکنش تابعی تعیین گردید. این رگرسیون میزان شیب و منفی یا مثبت بودن شیب سه قسمت اصلی منحنی درجه سه نسبت N_a به N_t یعنی قسمت‌های خطی^۱، درجه دو^۲ و درجه سه^۳ را نشان می‌دهد. در واکنش تابعی نوع دوم با افزایش تراکم طعمه از نسبت طعمه های خورده شده کاسته می شود (وابسته معکوس به تراکم طعمه) لذا قسمت خطی منحنی لجستیک دارای شیب منفی است و از منفی بودن آن می توان به نوع دوم بودن واکنش تابعی پی برد. در واکنش تابعی نوع سوم، با افزایش تراکم طعمه، ابتدا نسبت طعمه های خورده شده افزایش یافته (وابسته به تراکم طعمه) و سپس کاسته می شود و به همین لحاظ شیب قسمت خطی منحنی لجستیک مثبت خواهد. بنابراین علامت منفی یا مثبت شیب قسمت خطی منحنی لجستیک نسبت N_a به N_t نشانگر نوع واکنش تابعی است. در مرحله دوم و پس از تعیین نوع واکنش تابعی با استفاده از رگرسیون غیرخطی، پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی برآورد شد. در برآورد این

1. Linear

2. Quadratic

3. Cubic

D. rapae در تراکم‌های مختلف با استفاده از معادله نیکولسون (۱۷) محاسبه شد:

$$a = \frac{1}{p} \ln \left[\frac{N_t}{N_t - N_a} \right]$$

N_t = تراکم اولیه میزبان

N_a = تعداد میزبان پارازیت شده

a = قدرت جستجو

P = تعداد پارازیت‌نویید

\ln = لگاریتم طبیعی

قدرت جستجوی هر زنبور در هر یک از تراکم‌ها محاسبه شد و از مقادیر a و p لگاریتم گرفته شد. میزان همبستگی و شیب خط رگرسیون بین لگاریتم تعداد پارازیت‌نویدها به عنوان متغیر مستقل و لگاریتم قدرت جستجو به عنوان متغیر تعیین گردید.

معادله خط رگرسیون به صورت زیر می‌باشد:

$$\log a = \log Q - m \log p$$

m = شیب خط رگرسیون یا ضریب تداخل که نشان دهنده شدت تداخل است.

Q = ثابت جستجو که عرض از مبدا از خط رگرسیون می‌باشد.

در صورت معنی‌دار بودن رابطه بین تراکم زنبور و قدرت جستجو، علامت منفی شیب خط رگرسیون (m) نشانگر کاهش قدرت جستجو به ازای افزایش تراکم زنبور می‌باشد.

آزمایش ترجیح مرحله سنی میزبان توسط زنبور پارازیت‌نویید

این آزمایش برای تعیین ترجیح سن میزبان (شته مومی کلم) توسط زنبور پارازیت‌نویید *D. rapae* انجام شد. از ظروفی به ابعاد $8 \times 15 \times 20$ سانتی‌متر جهت انجام آزمایش استفاده گردید. هر یک از این ظروف دارای شش سوراخ جهت تهویه بود که توسط تور اورگانزا مسدود شده بود. بر روی در این ظروف پنج سوراخ تعبیه شد و توسط چوب پنبه پلاستیکی نمره سه مسدود گردید. درون هر یک از این ظروف یک زنبور ماده با عمر حداکثر ۲۴ ساعت رهاسازی گردید. تعداد ۲۰ عدد از هر یک از سنین پورگی (سن ۱، ۲ و ۳) و شته‌های بالغ بالدار و بی‌بال (در مجموع ۱۰۰ عدد) که بر روی یک تکه برگ کلم به ابعاد 4×4 سانتی‌متر استقرار یافته بودند، به مدت ۲۴ ساعت در

اختیار هر زنبور ماده قرار داده شد. برای تغذیه زنبور از عسل و آب مقطر استفاده شد. این آزمایش در ۱۰ تکرار انجام گردید. پس از اتمام مدت زمان آزمایش، هر یک از مراحل سنی شته به طور جداگانه در زیر قفس گیره‌ای و بر روی برگ‌های بوته کلم نگهداری شدند تا میزان پارازیت‌یسم هر مرحله تعیین گردد. پس از استحصال داده‌ها، برای پی بردن به مراحل سنی ترجیح داده شده میزبان توسط زنبور پارازیت‌نویید از تجزیه واریانس و آزمون اختلاف میانگین‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

واکنش تابعی

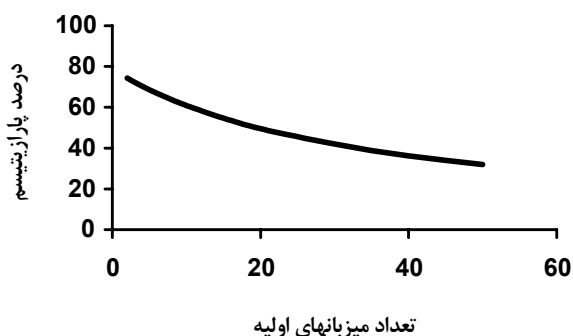
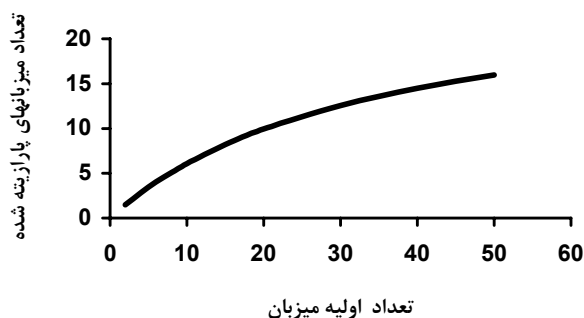
شیب قسمت خطی منحنی درجه سه رگرسیون لجستیک در آزمایش واکنش تابعی منفی بود (جدول ۱) و مقدار آن برای زنبور *D. rapae* برابر با -0.159 محاسبه گردید. منفی بودن شیب مبین وجود واکنش تابعی نوع دوم می‌باشد. یعنی زنبور *D. rapae* نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان خود به صورت وابسته به عکس تراکم عمل کرده است. در این وضعیت با افزایش تراکم میزبان، درصد میزبانهای پارازیت شده به تدریج کاهش می‌یابد و منحنی حاصله در نهایت به صورت مجانب در می‌آید. منحنی‌های واکنش تابعی و درصد پارازیت‌یسم در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- پارامترهای به دست آمده از رگرسیون لجستیک در آزمایش واکنش تابعی

پارامتر	مقدار تخمین	خطای استاندارد
عرض از مبدا	۱/۹۸۲	۰/۳۵۰
قسمت خطی منحنی (N_0)	-۰/۱۵۹	۰/۰۴۹
درجه ۲ (N_{02})	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۸۹
درجه ۳ (N_{03})	-۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲

بعد از تعیین نوع واکنش تابعی، پارامترهای مربوط به آنها برآورد گردید. برای برآورد آنها از مدل هولینگ استفاده شد. میزان قدرت جستجو و زمان دستیابی برای زنبور *D. rapae* به ترتیب 0.033 و 0.1892 برآورد گردید (جدول ۲). مقادیر مربوط به حداکثر میزان پارازیت‌یسم (تعداد و درصد پوره‌های پارازیت شده) توسط مدل مورد استفاده برای تعیین پارامترهای واکنش

شوکلا و همکاران (۱۹۹۵) روی شته *L. erysimi* از نوع دوم بدست آورده‌اند. با اینکه در تحقیقات ذکر شده، واکنش تابعی زنبور نسبت به تراکم‌های مختلف شته‌های دیگری غیر از شته مومی کلم مورد مطالعه قرار گرفته است ولی در هر حال نتایج حاصله حاکی از رفتار این زنبور نسبت به افزایش تراکم میزبان خود بوده و با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در سایر پارازیتوئیدهای خانواده *Aphidiidae* واکنش تابعی نوع سوم نیز مشاهده شده است (۱۶).



شکل ۱- منحنی‌های واکنش تابعی (بالا) و درصد پارازیتسیم (پایین)

زنبور *D. rapae*

تاثیر تراکم‌های مختلف زنبور روی قدرت جستجوی آنها (تداخل)

معادله خط رگرسیون بین لگاریتم جستجو و لگاریتم تراکم زنبور بصورت زیر بدست آمد:

$$\text{Log } a = -0.9049 \text{Log } P + 0.983$$

همبستگی بین دو متغیر یاد شده از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P < 0.01$) و این میزان همبستگی نیز در حد بالایی بود ($r^2 = 0.98$). شیب خط رگرسیون که در اینجا ضریب تداخل نیز نامیده می‌شود منفی بوده و نشانگر آن است که با افزایش تراکم

تابعی، برآورد گردید که این مقادیر برای ترسیم منحنی‌های واکنش تابعی و درصد پارازیتسیم نیز مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۳). نسبت زمان آزمایش به زمان دستیابی نشان دهنده حداکثر پارازیتسیم است که این مقدار برای زنبور *D. rapae* برابر با ۲۶/۸۹ برآورد گردید.

جدول ۲- مقایسه مقادیر پارامترهای واکنش تابعی زنبور *D. rapae* نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان

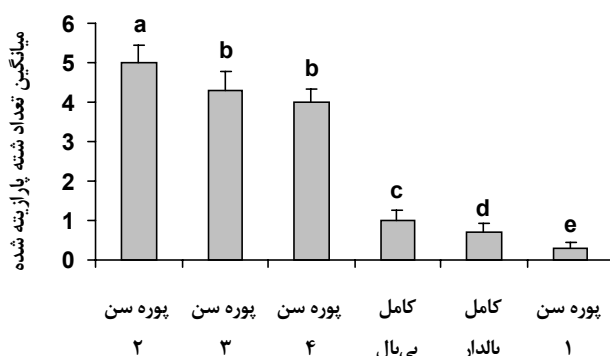
نوع مدل	قدرت جستجو	زمان دستیابی	حداکثر نرخ حمله	r^2
واکنش تابعی	(T_h)	(T/T_h)		
II	۰/۰۳۳	۰/۸۹۲	۲۶/۸۹	۰/۹۳

جدول ۳- میانگین تعداد (\pm خطای معیار) و درصد میزبان‌های پارازیت شده توسط زنبور *D. rapae* در آزمایش واکنش تابعی

تعداد میزبان اولیه (N_1)	تعداد میزبان‌های مشاهده شده (N_0)	تعداد میزبان‌های پارازیت شده	درصد میزبان‌های پارازیت شده
۲	$1/3 \pm 0/213$	۱/۴۸	۷۶/۳۱
۴	$3 \pm 0/333$	۲/۸۱	۷۰/۴۱
۶	$5 \pm 0/394$	۴/۰۱	۶۰/۹۱
۸	$5/3 \pm 0/746$	۵/۱۰	۶۳/۷۴
۱۰	$7/3 \pm 0/597$	۶/۰۹	۶۰/۸۵
۱۵	$8/3 \pm 0/633$	۸/۲۰	۵۴/۶۷
۲۰	$9/7 \pm 1/16$	۹/۹۲	۴۹/۶۲
۳۰	$9/3 \pm 0/989$	۱۲/۵۶	۴۱/۸۹
۴۰	$15/1 \pm 0/888$	۱۴/۵۰	۳۶/۲۵
۵۰	$17/3 \pm 0/870$	۱۵/۶۷	۳۱/۹۴

از بین واکنش‌های تابعی مطرح شده (۱۴) فقط در واکنش تابعی نوع سوم، دشمن طبیعی در محدوده‌ای از تراکم میزبان در حمله به میزبان خود بصورت وابسته به تراکم میزبان عمل می‌کند و بهتر می‌تواند جمعیت میزبان خود را کنترل نماید. واکنش تابعی نوع دوم از لحاظ رتبه‌بندی می‌تواند در رتبه دوم قرار گیرد زیرا در این وضعیت دشمن طبیعی قادر نیست در ارتباط متقابل با افزایش جمعیت میزبان، میزان حمله خود را به حد کافی افزایش دهد و بدین ترتیب از میان کارایی دشمن طبیعی کاسته می‌شود. لستر و هلتنز (۲۰۰۲) و برنال و همکاران (۱۹۹۴) واکنش تابعی *D. rapae* را روی شته *D. noxia*، یو و همکاران (۱۹۹۳) روی شته *L. erysimi* و *M. persicae*

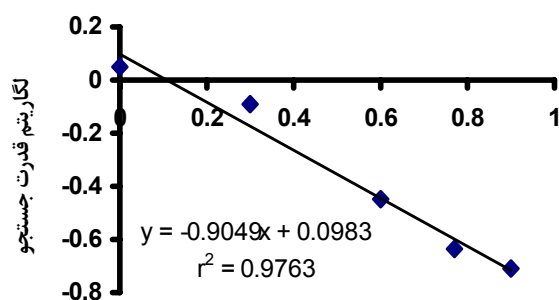
پورگی و حشرات کامل بی‌بال و بالدار شته مومی کلم به ترتیب تعداد $۰/۲۱ \pm ۰/۷$ ، $۰/۴۴ \pm ۰/۵$ ، $۰/۴۷ \pm ۰/۴۳$ ، $۰/۴ \pm ۰/۲۵$ و $۰/۱۵ \pm ۰/۳$ شته را بصورت سرانه پارازیته کردند. آزمون تجزیه واریانس نشان داد که از لحاظ ترجیح مراحل مختلف سنی شته توسط زنبور پارازیتوئید برای پارازیتیسیم، اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0.01$). همانطور که نتایج نشان می‌دهد زنبور به ترتیب مراحل سنی پوره سن ۲، پوره سن ۳، پوره سن ۴، حشرات کامل بی‌بال، حشرات کامل بالدار و پوره سن یک را ترجیح داده است. آزمون اختلاف میانگین‌ها نشان داد که به غیر از پوره‌های سن ۳ و ۴ که از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌دار هستند، بقیه مراحل سنی از لحاظ میزان ترجیح با همدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (شکل ۳).



شکل ۳- میانگین تعداد شته‌های پارازیته شده از هر یک از مراحل سنی شته مومی توسط زنبور *D. rapae* در آزمایش ترجیح مرحله سنی میزبان

به عقیده استاری (۱۹۸۸)، عموماً پوره‌های سن دو و سه شته‌ها به جهت داشتن خصوصیات فیزیولوژیک ویژه برای رشد پارازیتوئید مناسب هستند. هر چند ممکن است زنبور پارازیتوئید نسبت به یک یا چند سن پورگی شته ترجیح بیشتری نشان دهد، اما ترجیح سن پورگی شته توسط پارازیتوئید امری چندان قطعی نبوده و خود تحت تأثیر فاکتورهای متعددی قرار می‌گیرد. تفاوت در انتخاب این مراحل در هرگونه زنبور پارازیتوئید به عواملی نظیر شرایط آزمایش و نیز ویژگی‌های زیستی میزبان بستگی دارد. علت تمایل کم پارازیتوئید به پوره‌های سن یک را می‌توان به کوچک بودن جثه و کمی میزان غذای ذخیره در بدن آن، و علت کمی تمایل به حشرات کامل را به تحرک زیاد آنها و مقاومت در برابر

زنبور پارازیتوئید، میانگین قدرت جستجو به ازای هر زنبور بصورت معنی‌داری کاهش می‌یابد و تداخل بین زنبورها معنی‌دار است. برخی معتقدند که موضوع تداخل فقط در آزمایشگاه و محیط بسته اعتبار دارد و در شرایط صحرایی، مسئله داخل زیاد مطرح نمی‌باشد ولی موضوعی که بایستی مد نظر قرار گیرد این است که تداخل می‌تواند در رهاسازی انبوه زنبورهای پارازیتوئید در طبیعت حائز اهمیت باشد. جونس و هسل (۱۹۸۶) در بررسی قدرت جستجوی سرانه اختلاف فاحشی بین نتایج کارهای آزمایشگاهی و صحرایی مشاهده نمودند و دریافتند که قدرت جستجوی سرانه زنبورهای پارازیتوئید در صحرا کمتر از آزمایشگاه است. قدرت جستجو با روند تندی کاهش می‌یابد. شیب منفی روابط خطی فوق نشان داد که در تراکمهای مذکور، تداخل به عنوان یک عامل وابسته به تراکم اثر خود را بروز می‌دهد. مسأله تداخل در پرورش انبوه پارازیتوئید که در شرایط بسته اعمال می‌شود، حائز اهمیت است. چرا که اگر تعداد زنبورهای موجود در پرورش انبوه زیاد باشد، احتمال تداخل بالاتر رفته و از میزان موفقیت در پرورش کاسته می‌شود. شوکلا و همکاران (۱۹۹۷) پدیده تداخل را در این زنبور روی شته *L. erysimi* مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفته‌اند که با افزایش تراکم زنبور بصورت معنی‌داری از قدرت جستجوی آنها کاسته می‌شود که این نتیجه با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.



لگاریتم تراکم پارازیتوئید

شکل ۲- خط رگرسیون بین لگاریتم قدرت جستجو و لگاریتم تراکم زنبور *D. rapae* در آزمایش تداخل

ترجیح مرحله سنی میزبان

زنبورهای *D. rapae* در آزمایش ترجیح مرحله سنی میزبان طی ۲۴ ساعت بطور متوسط از سنین یک، دو، سه و چهار

پارازیتیسیم نسبت داد. در تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین در مورد ترجیح مراحل مختلف سنی شته‌های *L. erysimi* و *M. persicae* سنین دوم تا چهارم بعنوان سنین مرجح و حشرات کامل و پوره‌های سن یک بعنوان کمتر ترجیح داده شده ذکر گردیده‌اند (۹، ۲۱، ۲۲) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. بهداد، ا. ۱۳۷۷. آفات گیاهان زراعی ایران. انتشارات یادبود، چاپخانه نشاط اصفهان، صفحه ۴۵۲.
۲. فتحی پور، ی.، ه. دادپور مغانلو و م. عطاران. ۱۳۸۱. تأثیر نوع میزبان آزمایشگاهی بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma pintoi* Voegelé مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۹، شماره ۳. ص ۱۰۹-۱۱۸.
۳. فتحی پور، ی.، ک. کمالی، ج. خلقانی و غ. عبداللهی. ۱۳۷۹. واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Trissolcus grandis* (Hym., Scelionidae) به تراکم‌های مختلف تخم سن *Eurygaster integriceps* (Het., Scutelleridae) و تأثیر ارقام مختلف گندم بر آن. مجله آفات و بیماریهای گیاهی، جلد ۶۸، شماره ۱ و ۲، ص ۱۲۳-۱۳۶.
۴. فتحی پور، ی.، ع. طالبی، س. محرمی پور و ش. عسگری. ۱۳۸۰. مقایسه رگرسیون لجستیک و غیرخطی در تعیین نوع واکنش تابعی حشرات پارازیتوئید و شکارگر. مجموعه مقالات دهمین کنفرانس زیست شناسی ایران، شیراز، ص ۳۰۸-۳۱۱.
5. Bernal, J.S., T.S. Bellows, & D. Gonzalez. 1994. Functional response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Aphidiidae) to *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hom., Aphididae) hosts. *Journal of Applied Entomology*, 118:300-309.
6. Bernal, J.S., D. Gonzalez, & E.D. Mariano. 2001. Over wintering potential in California of two Russian wheat aphid parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae et Aphidiidae) imported from central asia. *Pan Pacific Entomologist*, 77:28-36.
7. Blackman, R.L. & V.P. Eastop. 2000. Aphids on the world crop pests. John Wiley and Sons, London.
8. Costello, M.J. & M.A. Altieri. 1995. Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on broccoli grown in living mulches. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52: 187-196.
9. Dhiman, S.C. & V. Kumar. 1987. Studies on the host selection and discrimination behaviour of *Diaeretiella rapae* (McIntosh), a parasitoid of *Lipaphis erysimi* (Kalt.). *Entomon*, 12:63-67.
10. Dubey, G.S., S.V. Bhardwaj, & N. Prakash. 1981. Studies on a mosaic disease of tomato. *Gartenbauwissenschaft*. 46: 16-20.
11. Ellis, P. R., D. A. C. Pink, K. Phelps, P. L. Jukes, S. E. Breeds, & A. E. Pinnegar. 1998. Evaluation of a core collection of brassica accessions for resistance to *Brevicoryne brassicae*. *Euphytica*, 103:149-160.
12. Farid, A., J. B. Johnson, B. Shaft, & S. S. Quisenberry. 1998. Tritrophic studies of Russian wheat aphid parasitoid and resistant and susceptible wheat over three parasitoid generation. *Biological Control*, 12:1-6.
13. Feng, M. G., J. B. Johnson, & S. E. Halbert. 1992. Parasitoids and their effect on aphid populations in southwestern Idaho. *Environmental Entomology*, 21:1433-1440.
14. Holling, C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, 91: 385-398.
15. Holling, C. S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 48:1-86.
16. Hughes, R.D., T. Woolcoch, & M. A. Hughes. 1992. Laboratory Evaluation of parasitic Hymenoptera used in attempts to biologically control aphids pests crop in Australia. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 63:177-185.
17. Jervis, M. & N. Kidd. 1996. Insect natural enemies, practical approaches to their study and evaluation, Chapman and Hall, London.
18. Jones, T. H. & M.P. Hassell. 1988. Patterns of parasitism by *Tribliographa rapae* a cunipid parasitoid of cabbage root fly, under laboratory and field conditions. *Ecological Entomology*, 13:309-317

19. Juliano, S.A. 1993. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. p.159-182. In S.M. Scheiner and J.Gurevitch (eds.), Design and analysis of ecological experiments. Chapman and Hall, London.
20. Lester, P.J. & T.O. Holtzer. 2002. Patch and prey utilization behaviors by *Aphelinus albipodus* and *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphelinidae and Aphidiidae) on Russian wheat aphid (Homoptera: Aphodidae). Biological Control, 24:183-191.
21. Liu, S.S. 1989. The effect of temperature and host instars on the development rates of *Diaeretiella rapae*. Natural Enemies of Insects, 11:169-174.
22. Qayyum, A. Effects of host age on two closely related parasitoid species *Diaeretiella rapae* (McIntosh) and *Aphidius colemani* (Vireck) (Aphidiidae: Hymenoptera). Pakistan Journal of Zoology, 33:193-200.
23. Rogers, D. 1972. Random search and insect population models. Journal of Animal Ecology, 41:369-383.
24. Schliephake, E., K. Graichen, & F. Rabenstein. 2000. Investigation on the vector transmission of the beet mild yellowing virus (BMV) and the turnip yellows virus (TYV). Zeitschrift für pflanzenkrankheiten und pflanzenschutz, 107: 81-87.
25. Shukla, A. N., S. Rajendra, C. P. M. Tripathi, & R. Singh. 1992. Effect of food plants on the functional response of an aphid parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Aphidiidae). Phytophaga Madras, 4:53-60.
26. Shukla, A. N., C. P. M. Tripathi, & R. Singh. 1997. Effect of food plants on numerical response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Homoptera: Aphididae). Biological Agriculture and Horticulture, 14: 71-77.
27. Stry, P. 1988. Aphidiidae. p. 171-184. In: A.K. Minks and E. Harewijn (eds.). Aphids, their biology, natural enemies and control. Elsevier publisher, Amsterdam.
28. Waage, J. 1990. Ecological theory and the selection of biological control agents. p. 135-154. In M. Mackauer, L. E. Ehler and J. Roland (eds.). Issues in biological control. Intercept Press, Andover.
29. Yu, M.G., D. J. Gu, & W. Q. Zhang. 1993. The effects of temperatures on the foraging behaviour of parasitoid *Diaeretiella rapae* (Hym., Braconidae). Journal of South China Agricultural university, 14:20-25.

**Some Behavioral Characteristics of *Diaeretiella rapae* (Hym.,
Aphidiidae), Parasitoid of *Brevicoryne brassicae*
(Hom., Aphididae)**

Y. FATHIPOUR¹, A. HOSSEINI GHARALARI² AND A. A. TALEBI³
1, 2, 3, Assistant Professor, Former Graduate Student, and Assistant Professor,
Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modarres
Accepted Oct. 1, 2003

SUMMARY

In this study, some behavioral characteristics of *Diaeretiella rapae* (McIntosh), parasitoid wasp of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) were studied. The main purpose was to evaluate the rate of efficacy of *D. rapae* by studying functional response, host stage preference as well as mutual interference parameters. All experiments were conducted in laboratory at $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, $60\pm 5\%$ RH and a photoperiodism of 16:8 h (L:D). In functional response experiment, second instar nymphs of aphid in different densities were presented to individual parasitoid females for 24 hours. First to fourth instar nymphs as well as adult aphids were used for conducting host stage preference experiment. Different wasp densities were used in mutual interference study. The functional response of parasitoid to different densities of host was of type II. There was a significant relationship between wasp density and per capita searching efficiency. The interference index indicated that as the wasp density increased, per capita searching efficiency decreased. The results in host stage preference experiment indicated that *D. rapae* preferred second instar nymphs more. First instars and adults were less preferred than others for parasitising.

Key words: *Diaeretiella rapae*, *Brevicoryne brassicae*, Functional response, Mutual interference, Host stage preference