تحقیقات آفات گیاهی
۶۰- ۴۹: (۴) ۴- ۱۳۹۳

واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Prospaltella berlesei* Howard (Hym.: Aphelinidae) نسبت به تغییرات تراکم سنین مختلف سپردار توت *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hem.: Diaspididae)

سیده الهام یزدانی بدابی[۱]، احد صحراگرد[۲*] و آزاده کریمی ملاطی[۳]
۱، ۲ و۳ - گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲۲)

چکیده

واکنش تابعی تاثیر دشمن طبیعی روی جمعیت میزبان و قابلیت کاهش جمعیت آن را مشخص می‌کند. واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Prospaltella berlesei* Howard نسبت به تغییرات تراکم سنین مختلف سپردار سفید توت *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni در شرایط دمایی۱ ± ۲۵درجه سلسیوس و رطوبت نسبی۱۰±۷۰ و نسبت روشنایی به تاریکی ۱۶: ۸ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. تراکم‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰و۱۰۰ هریک ازسنین اول تا سوم در ۱۰ تکرار به مدت ۲۴ ساعت در اختیار زنبور بالغ دو روزه قرار گرفت. واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *P. berlesei* نسبت به تغییرات تراکم سن اول از نوع III و سنین دوم و سوم از نوع II تعیین شد. ضریب ثابت (b) و زمان دستیابی (T_h) برای سن اول سپردار توت به ترتیب ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۲ و۰/۳۵۸± ۲/۹۴۱ساعت، قدرت جستجو(a) و زمان دستیابی برای سن دوم ۰/۰۰۵ ± ۰/۰۲۸ بر ساعت و ۰/۱۰۶ ± ۰/۶۱۷ ساعت و برای سن سوم ۰/۰۰۷ ± ۰/۰۲۵ بر ساعت و ۰/۱۷۹ ± ۰/۸۸۱ ساعت برآورد شد. با استفاده از یک معادله ترکیبی واکنش تابعی برای سنین دوم و سوم مورد مقایسه قرار گرفت و مشخص شد که بین پارامترهای واکنش تابعی پارازیتویید نسبت به دو مرحله سنی میزبان تفاوت معنی داری وجود ندارد. بیشینه نرخ حمله (T/T_h) برای سن اول سپردار توت ۸/۱۶ و برای سن دوم ۳۸/۹ و برای سن سوم ۲۷/۲۴ تعیین شد. بنابراین سن دوم سپردار توت مناسب ترین مرحله برای پرورش زنبور پارازیتویید *P. berlesei* به شمار می رود.

واژه‌های کلیدی : کارایی، پارازیتویید، سپردار توت ، زمان دست یابی، قدرت جستجوگری

نویسنده مسئول: sahragard@guilan.ac.ir

مقدمه

سپردار سفید توت *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni آفتی است چندین خوارکه از ۱۲۰ جنس در ۵۵ خانواده گیاهی تغذیه می‌کند (Miller and Davidson, 2005). سپردار *P. pentagona* در سال ۱۳۴۵ همراه با نهال‌های توت وارد ایران (استان گیلان) شد و به دلیل مساعد بودن شرایط آب و هوایی در شمال کشور، به سرعت در سراسر استان های گیلان، مازندران وآذربایجان (دشت مغان) روی میزبان‌های متعدد از جمله توت، گردو، هلو، گیلاس و کیوی استقرار یافت (Rajabi, 1989). این حشره یکی از موانع تولید ابریشم در دو استان شمالی کشور است که بیشترین تولید پیله ابریشم را دارند. منشاء این آفت چین یا ژاپن گزارش شده است. بر اساس گزارش‌های EPPO در سال ۲۰۰۵ برخی نقاط انتشار این آفت در دنیا عبارتند از: ایالات متحده آمریکا،کوبا، هلند، فرانسه، ، هلند، ژاپن،ایران، انگلستان، ایتالیا، آلمان، مصر، آفریقا و استرالیا. این سپردار به شاخه‌ها و سرشاخه‌های گیاه میزبان حمله کرده و با مکیدن مقدار زیادی از شیره، موجب خشکیدن شاخه‌ها و ریزش برگ‌ها می‌شود. همچنین مرگ سرشاخه‌ها و ریزش میوه‌های هلو در اثر آلودگی شدید رخ می‌دهد (Hassan *et al*., 2012) . یک نسل آفت در دمای C° ۲۵ درجه سانتی‌گراد بین ۳۶ تا ۴۰ روز کامل می‌شود (Miller and Davidson, 2005) .

کنترل شیمیایی این حشره مانند هر سپردار دیگری مشکل بوده و استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی به علت حساسیت شدید کرم ابریشم به این مواد، آلودگی محیط زیست، انهدام دشمنان طبیعی و دلایل دیگر از جمله اقتصادی و بهداشتی، روش منطقی و اصولی نیست (Alhosseini *et al*., 1998).

۶۰ گونه پارازیتوئید و ۸۵ گونه شکارگر در سرتاسر دنیا شناخته شده که به سپردار سفید توت حمله می‌کنند (Hanks, 1991). ۱۴ گونه از پارازیتوئیدهای سپردار توت به خانواده‌های Encyrtidae ، Aphelinidae و Tetrastichidae تعلق دارند. گونه *Encarsia berlesei* (*Prospaltella*) با جمعیت۸۰ درصد کل دشمنان طبیعی نسبت به سایر پارازیتوئیدها مفیدترین گونه بوده است. تحقیقات آزمایشگاهی و جمع‌آوری در سطح مزرعه نشان داده که نرخ پارازیتیسم طبیعی *E. berlesei* ۳۰ تا ۷۰ درصد است که آن را به عنوان یک دشمن طبیعی امیدبخش مورد توجه قرار می‌دهد (Pan *et al*., 1990., Zu *et. al*., 2006).

یک نسل این زنبور در دمای ۱ ± ۲۷درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی۷۰ درصد ۲۴-۲۰ روز و مرحله شفیرگی آن ۶-۵ روز و طول عمر زنبور دو روز می‌باشد. هر زنبور به طور متوسط قادر به تولید ۲۸ زنبور است. این زنبور علاوه بر ماده‌ها، پوره‌های سنین اولیه نر سپردار توت را نیز مورد حمله قرار می‌دهد (Alhosseini *et al*., 1998).

در ایران، الحسینی و همکاران (Alhosseini *et al*., 1998) پارازیتوئیدهای *E. berlesei*، *E. fasciata* Malenotti، *Aphytis proclia* و *Azotus atomon* Walker (هیپرپارازیت زنبورهای پارازیتوئید*Encarsia*) روی سپردار توت در غرب مازندران جمع‌آوری کرده است. گونه غالب در غرب مازندران پارازیتوئید *E. fasciata*و در استان گیلان *A. atomon* می‌باشد.

گونه *E. berlesei* یک پارازیتوئید داخلی، انفرادی و اختصاصی است که مبداء آن همانند سپردار توت، شرق آسیا می‌باشد. لاروها داخل بدن سپردار رشد کرده و از محتویات بدن آن تغذیه می‌کند. در جمعیت این گونه نر به ندرت پیدا می‌شود و رشد آن به صورت بکرزایی است. برای بلوغ تخم‌ها، پارازیتوئید ماده به غذای پروتئینی نیاز دارد که از طریق تغذیه از میزبان به دست می‌آید و اغلب به‌صورت نیش زدن مکرر و خروج و مصرف همولنف به عنوان غذا صورت می‌گیرد. بخشی از تغذیه میزبان با تخمگذاری همراه است، بنابراین بخشی از بدن سپردار از بین می‌رود (Nikolskaja and Jasnosch, 1966; Ischewskii, 1990; Pschorn-Walcher and Heitland, 2002) .

بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی توسط حبیبیان در گیلان نشان داد که زنبور *E. berlesei* پوره سن دوم سپردار توت را پارازیته کرده و به صورت بالغ از پوره سن

سوم آفت خارج می‌شود. مناطق انتشار این پارازیتوئید عبارتند از: آمریکا، آرژانتین، برزیل، چین، سریلانکا، تایوان، مصر، فرانسه، مجارستان، ایتالیا، ژاپن، یوگسلاوی، ترکیه و ایران (Heraty *et al*., 2007).

برنامه کنترل بیولوژیک سپردار توت در ایران با ورود زنبور *P. berlesei* از کشور فرانسه بنابر تقاضای سازمان تحقیقات (موسسه بررسی آفات و بیماری‌ها) با هدف یک تحقیق اولیه در برخورد با سپردار توت شروع شد (Habibian, 1991).

واکنش تابعی اثر دشمن طبیعی روی جمعیت میزبان و قابلیت تنظیم جمعیت آن را در شرایطی که پاسخ دشمن طبیعی وابسته به تراکم باشد مشخص می‌کند (Murdoch and Oaten, 1975; Lester and Harmsen, 2002). مطالعه رفتار جستجوگری پارازیتوئید نیازمند فهم تاثیر پارازیتوئید بر جمعیت میزبان و سازگاری آن (موفقیت تولیدمثلی) است (van Alphen and Jervis, 1996; Wajnberg *et al*., 2008) تعداد میزبان‌های پارازیته شده در هر واحد زمان بستگی به تراکم میزبان و کارایی جستجوگری پارازیتوئید دارد (Hassell and May, 1973).

واکنش تابعی نوع اول در پارازیتویید *E. citrina* Craw و نوع دوم در *E. perniciosi* Tower نسبت به پوره سن اول شپشک سن ژوزه *Quadraspidiotus perniciosus* Comstock مشاهده شده است (Bayoumy *et al*., 2009). واکنش پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به تراکم‌های مختلف لاروهای سن اول ، دوم، سوم وچهارم *T. vaporariorum* (Fransen and Montfort, 198) ونسبت به مرحله پیش شفیرگی *T.* (*ricini* Misra (Shishehbor and Brennan, 1996 نوع دوم بود و حداکثر ۱۳ میزبان از *T. ricini* در روز پارازیته شدند. ترجیح مرحله میزبان نقش مهمی در پایداری روابط بین گونه‌ای و درون گونه‌ای دارد (Murdoch and Briggs, 199، اما در مورد سنجش روابط تابعی و عددی پارازیتوئیدها نسبت به مراحل مختلف میزبان مطالعات کمی انجام شده است. ترجیح مرحله میزبان به طور معنی‌داری روی واکنش تابعی پارازیتوئید *Anagyrus* sp. Noyes & Menezes (Hymenoptera: Encyrtidae) و تولید نتاج آن تاثیر داشته است و پارازیتوئید نسبت به سن دوم و ماده‌های بالغ در مرحله پیش تولیدمثلی *Phenacoccus madeirensis* Green (Hemiptera: Pseudococcidae) نوع دوم از واکنش تابعی را نشان داد.تعداد شپشک های پارازیته شده با افزایش تراکم میزبان حداکثر تا ۱۳ شپشک بالغ و ۲۸ پوره سن ۲ افزایش یافت (Chong and Oetting, 2007).

با توجه به این که کار تولید و رهاسازی *P. berlesei* به عنوان یک عامل بیولوژیک موثر در کشور ما از سال ۱۳۵۷ تاکنون ادامه داشته و در سال‌های اخیر به طور انبوه پرورش داده می‌شود، لازم است رفتار جستجوگری آن در قالب واکنش تابعی به عنوان یکی از شاخص‌های کارایی آن روی سپردار سفید توت مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش واکنش تابعی پارازیتوئید نسبت به تغییرات تراکم مراحل مختلف پورگی سپردار توت مطالعه شد تا قدرت جستجوی زنبور در رویارویی با سنین مختلف میزبان مقایسه شود.

مواد وروش‌ها

پرورش سپردار توت

شاخه‌های آلوده به سپردار توت از طبیعت جمع‌آوری و به اتاق پرورش منتقل شدند. شاخه‌های به طول ۲۰ سانتی‌متر در ظرف‌های آب به ابعاد ۳۰×۲۰ × ۳۰ سانتی‌متر در شرایط دمایی ۱± ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۷۰ ٪ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شد تا سپردارها تخمگذاری کرده و پوره‌های سنین اول متحرک خارج شوند. جهت انتقال پوره‌ها به سیب‌زمینی از دو روش استفاده شد: ۱- سیب‌زمینی‌های با قطر ۳-۴ سانتی متر انتخاب شده و در کنار شاخه‌های آلوده به سپردار توت قرار داده شد تا تراکم مناسبی روی سیب-زمینی ها تشکیل شود. جهت جلوگیری از انتقال پارازیتوئیدها به سیب‌زمینی‌ها شاخه‌ها به وسیله پارچه‌های حریر با منافذ ریز پوشانده شدند. ۲- شاخه‌های حاوی پوره سن یک روی کاغذ سفید تکانده شد، سپس پارازیتوئیدهای خارج شده به وسیله قلم موی سه صفر حذف شدند. سیب-

زمینی‌ها در ظرف هایی به ابعاد ۲۰×۱۰ سانتی‌متر چیده شد و پوره‌ها با ضربه ازکاغذ به سیب‌زمینی‌ها منتقل شدند.

جمع‌آوری و پرورش زنبور

ابتدا شاخه‌های توت حاوی سپردارهای پارازیته شده به طول تقریبی ۲۰ سانتی متر ازکلکسیون ارقام مختلف توت در مرکز تحقیقات کرم ابریشم کشور واقع در پسیخان رشت قطع و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های میکروسکوپی از پارازیتوئیدهای فعال موجود روی شاخه‌ها تهیه و پس از مقایسه با ویژگی ها و کلید تشخیص گونه-ها (Polazsek *et al.*, 1999)، گونه *P. berlesei* جداسازی شد. جهت ایجاد کلنی هم‌سن، زنبورها روی سیب‌زمینی‌های آلوده به سپردار توت رهاسازی شدند و در شرایطی مشابه آنچه در پرورش سپردار توت ذکر شد نگهداری شدند. پس از یک ماه ، زنبورهای تازه ظاهر شده به وسیله قلم موی سه صفر جمع‌آوری و در ظروف پتری به قطر ۸ و ارتفاع ۱/۵ سانتی مترهمراه با محلول آب و عسل ۲۰٪ منتقل شد و ۲۴ ساعت بعد زنبورها جهت انجام آزمایش واکنش تابعی مورد استفاده قرار گرفتند. روش دیگر جمع‌آوری زنبورها به این ترتیب بود که کلیه پارازیتوئیدهای فعال روی شاخه‌های توت به وسیله تکاندن شاخه‌ها تخلیه و پس از گذشت ۳-۴ ساعت با ضربه زدن به شاخه‌ها پارازیتوئیدهای تازه ظاهر شده روی کاغذ سفید منتقل شدند. پارازیتوئیدها در روز دوم زندگی خود جهت واکنش تابعی مورد استفاده قرار گرفتند.

آزمایش واکنش تابعی

جهت انجام آزمایش، ۷ تراکم (۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ عدد) از هرکدام از سنین اول ،دوم وسوم سپردار توت در ۱۰ تکرار استفاده شد. زنبورهای دو روزه به مدت ۲۴ ساعت در تراکم‌های مختلف قرار داده شدند. ظروف آزمایش به ابعاد ۸×۶ سانتی متر انتخاب شدند و در طول آزمایش محلول آب و عسل ۲۰٪ در اختیار زنبورها قرار گرفت. سپردار های پارازیته شده در شرایط دمایی ۱± ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۷۰ ٪ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی تا هنگام ظهور زنبورها نگهداری شدند. در هر ظرف مقداری پنبه خیس جهت تامین رطوبت سیب‌زمینی‌ها قرار داده شد. سپس تعداد زنبور خارج شده و تعداد سپردارهای پارازیته شده شمارش و ثبت شد. پوره‌های سن اول از هر دو جنس نر و ماده سپردار انتخاب شدند. در سنین دوم و سوم سپردار، جنس ماده شمارش شده و جنس نر حذف شد. در سپردارهای سن سوم از مراحل اولیه بلوغ استفاده شد به طوری که سپردار در دوره تخم ریزی نباشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

محاسبات آماری داده‌های واکنش تابعی به وسیله نرم-افزار SAS و بر اساس روش دو مرحله‌ای جولیانو (Juliano, 2001) انجام شد. بر اساس این روش، ابتدا نوع واکنش تابعی مشخص شد. برای تعیین نوع واکنش تابعی از رگرسیون نسبت میزبان‌های پارازیته شده N_a به تعداد میزبان‌های اولیه N_0 استفاده شد. بدین منظور داده‌ها به تابع چندجمله‌ای زیر برازش داده شدند:

$$N_a/N_0 = \frac{\exp(P_0+P_1N_0+P_2N_0^2+P_3N_0^3)}{1+\exp(P_0+P_1N_0+P_2N_0^2+P_3N_0^3)}$$

تعیین پارامترهای P_0، P_1، P_2 و P_3 با استفاده از نرم‌افزار SAS و رویه CATAMOD انجام شد. علامت مثبت پارامتر P_1 (بخش خطی) نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع سوم و علامت منفی پارامتر P_1 نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع دوم است (Juliano, 2001). در مرحله بعدی، پارامترهای واکنش تابعی محاسبه شدند. برای این منظور از رگرسیون غیر خطی با رویه NLIN در نرم‌افزار SAS استفاده شد. مدل های زیر برای برآورد پارامترهای واکنش-های تابعی نوع دوم و سوم به شرح زیر مورد استفاده قرارگرفت (Rogers, 1972) :

معادله راجرز برای واکنش تابعی نوع دوم برای پارازیتوییدها:

$$N_a = N_0\{1 - exp\left[-\frac{a'T}{1+a'T_hN_0}\right]\}$$

معادله کاهش یافته واکنش تابعی نوع سوم برای پارازیتوییدها (راجرز، ۱۹۷۲):

$$N_a = N_0\left(1-\exp\left[\frac{-bN_0T}{1+bT_h{N_0}^2}\right]\right)$$

Na تعداد میزبان پارازیته شده، N_0 تعداد میزبان اولیه ، T کل زمان در معرض بودن میزبان و پارازیتوئید و T_h زمان دست یابی به میزبان است. پارامتر b مقداری ثابت‌است که با معنی دار نبودن مقدار پارامترهای c و d با صفر از معادله کامل واکنش تابعی نوع سوم حذف شدند. زمان دستیابی(T_h) و قدرت جستجو یا ثابت حمله (a) ، پارامترهای اصلی واکنش تابعی‌اند. در واکنش تابعی نوع سوم، ثابت حمله تابعی از تراکم میزبان بوده و با میزان رویارویی پارازیتوئید با میزبان مرتبط است. در این مطالعه با توجه به حذف پارامترهای c و d از مدل کاهش یافته، برای محاسبه مقدار ثابت حمله در تراکم‌های مختلف میزبان از معادله زیراستفاده شد:

$$a = bN_0$$

جهت مقایسه پارامترهای واکنش تابعی در سنین مختلف میزبان از معادله ترکیبی استفاده شد (Juliano, 2001):

$$N_a = N_0\left\{1-\exp\left[\frac{-a+D_a(j)(T)}{1+(a+D_a(j))(T_h+D_{Th}(j))(N_0)}\right]\right\}$$

پارامتر j مقدار متغیری است که مقدار صفر را برای اطلاعات اول و مقدار یک را برای اطلاعات دوم در نظر می‌گیرد. بررسی پارامترهای D_a و D_{Th} تفاوت معنی دار در مقدار , a و T_h را مشخص می‌کند. جهت مقایسه T_h و a در دو جمعیت، زمان دستیابی و قدرت جستجو در جمعیت اول به ترتیب T_h و a و زمان دستیابی و قدرت جستجو در جمعیت دوم به ترتیب T_h+ D_{Th} و a+D_a در نظر گرفته می‌شود. برای پی بردن به این که تفاوت بین زمان دستیابی یا قدرت جستجو در این دو جمعیت معنی‌دار است یا نه، باید ثابت شود که D_{Th} و D_a مقدار معنی‌داری بوده و با صفر تفاوت معنی‌دار دارند. اگر D_{Th} و D_a با صفر تفاوت معنی-داری نداشته باشد، نتیجه این خواهد بود که زمان های دستیابی (T_h+ D_{Th}) و قدرت جستجو(a+ D_a) در دو جمعیت تفاوت معنی‌داری با هم ندارند در غیر این صورت این تفاوت ها معنی‌دار خواهد بود.

نتایج و بحث

برازش داده های واکنش تابعی به معادله رگرسیون لجستیک نشان داد که بخش خطی معادله در سن اول مثبت و در سن‌های دوم و سوم *P. pentagona* منفی بود که نمایانگر واکنش تابعی نوع سوم *P. berlesei* در سن اول و نوع دوم در سنین دوم و سوم سپردار سفید توت بود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک تراکم های مختلف سنین اول و دوم و سوم سپردار توت پارازیته شده توسط *Prospaltella berlesei*

Table 1. Results of logistic regression analysis on different densities of first, second and third instars of white peach scale parasitized by *Prospaltella berlesei*

Instars	Coefficient	Estimate	SE	Chi-squares	P Value
First	Constant	-1.909	0.325	34.45	<.0001
	Linear	0.082	0.024	11.66	0.0006
	Quadratic	-0.002	0.0005	17.88	<.0001
	Cubic	0.000012	2.913E-6	17.30	<.0001
Second	Constant	-0.394	0.259	2.31	0.1285
	Linear	-0.002	0.019	0.01	0.9326
	Quadratic	-0.00009	0.0004	0.07	0.7980
	Cubic	3.695E-7	2.127E-6	0.03	0.8621
Third	Constant	0.009	0.259	0.00	0.9713
	Linear	-0.042	0.019	4.82	0.0282
	Quadratic	0.0007	0.0004	3.83	0.0505
	Cubic	-4.96E-6	2.193E-6	5.13	0.0235

مطالعات انجام شده در مورد گونه‌های زنبور پارازیتویید *Encarsia* واکنش تابعی نوع دوم را نشان داده است. به عنوان مثال، بایومی همکاران (Bayoumi *et al*., 2009) واکنش تابعی *E. perniciosi* را نسبت به *Q. perniciosus* و طالبی و همکاران (Talebi *et al*., 2003) واکنش تابعی *E. lutea* نسبت به پوره‌های سن سوم *Bemisia tabaci* Gennadius را از نوع دوم گزارش کردند. انکگارد (Enkegaard, 1994) نیز واکنش تابعی *E. formosa* را نسبت به پوره سن چهارم *B. tabaci* نوع دوم تعیین کرد.

در مورد میزان کارائی دشمنان طبیعی سپردار توت در دنیا بررسی‌های مختلفی انجام شده است. *E. diaspidicola* از پارازیتوئیدهای داخلی سپردار توت است که به همراه *E. berlesei* در سوما برای کنترل بیولوژیک سپردار توت روی (Passion Fruit) *Passiflora edulis* رهاسازی شدند و در تمام مدت *E. diaspidicola* جایگزین *E. berlesei* شد و جمعیت سپردار توت را به طور قابل توجهی پایین آورد (Liebregts *et al*., 1989). به علت استقرار موفق و کنترل سپردار توت در سوما *E. diaspidicola* به عنوان عامل برگزیده کنترل بیولوژیک انتخاب شد و در سال ۲۰۰۶ از هاوایی به سوما وارد شد (Neumann *et al*., 2010).

Aphytis sp. پارازیت خارجی سپردار توت است که در مصر به عنوان عامل اصلی مرگ و میراین آفت شناخته شده است. در بررسی نوسان فصلی آفت و پارازیتوئیدهای آن حداقل و حداکثر نرخ پارازیتیسم۴۵ و ۸۳٪ به دست آمد، دلیل اصلی ظهور نسل پنجم آفت، پارازیتیسم پایین توسط *Aphytis* sp. در این زمان می‌باشد (Saber *et al*., 2010) رجبی(Rajabi, 1989) کارایی طبیعی *Aphytis proclia Walker* را روی سپردار *Parlatoria olea Colvee* در استان تهران حدود ۴ درصد گزارش کرده است. این زنبور برخلاف *E. berlesei* چندخوار است و به تعداد زیادی از سپرداران حمله می‌کند. این پارازیتوئید تحمل کمتری نسبت به گرمای زیاد تابستانه در مقایسه با پارازیتوئیدهای داخلی دارد. سوپرپارازیتیسم در این گونه به طورمعمول بیشتر از *E. berlesei* بوده و در حدود۲۰-۰ درصد می‌باشد. مولتی‌پارازیتیسم در این گونه و زنبور *E. berlesei* به نسبت وجود دارد. در مولتی‌پارازیتیسم به طورمعمول پارازیتوئیدهای خارجی برتر از پارازیتوئیدهای داخلی هستند (Pedata *et al*., 1995). طبق بررسی‌های الحسینی (Alhoseini, 1998) با تغییرات تراکم جمعیت مراحل مختلف نشو و نمای سپردار توت در هر نسل، میزان کارایی طبیعی پارازیتوئیدهای آن نیز تغییر می‌کند و حداکثر پارازیتیسم طی نسل سوم و حداقل آن در آغاز هر نسل و همزمان با ظهور پوره های متحرک و سنین اولیه سپردار توت رخ می‌دهد. در رامسر میانگین سالانه پارازیتیسم طبیعی گونه‌های *E. fasciata* و*E. berlesei* حدود ۴۰ درصد و گونه *A. proclia* کمتر از ۵ درصد بوده است. طبق بررسی‌های حبیان (Habibian, 1991) پارازیتیسم *E. berlesei* در شرایط طبیعی حدود ۳۰٪ است. میزان فعالیت زنبور *E. berlesei* در طبیعت روی سپردار توت در کشورهای مختلف ۸۷-۲۶درصد عنوان شده‌است (Mihaljlovic, 1983; Erler and Tunç, 2001 ; Zu *et al*., 2006).

بایومی (Bayoumy, 2011) واکنش تابعی *Aphytis diaspidis* نسبت به تراکم‌های مختلف گونه‌های سپردار *Diaspidiotus perniciosus* و *Hemiberlesia lataniae*را ازنوع دوم تعیین کرد. شکل منحنی ترکیبی از واکنش کاهشی (نوع دوم) در تراکم پایین میزبان و واکنش کاهشی(نوع سوم) در تراکم‌های متوسط به بالای میزبان را نشان می‌دهد و محدودیت تخم یا تغذیه میزبان نسبت به پارازیتیسم واکنش تابعی نوع دوم اصلاح شده را القا می-کند.

نوع واکنش تابعی *P. berlesei* با تغییر سن اول میزبان به سن های دوم وسوم از نوع سوم به نوع دوم تغییر یافت. این تغییر می‌تواند در اثر تفاوت رفتار زنبور در پذیرش مرحله میزبان، باروری و طول عمر زنبورهای ماده باشد (Zhang *et al*., 1983). احتمال دارد کوچک تر بودن اندازه سن اول سپردار توت نسبت به سن دوم وسوم در تغییر نوع واکنش تابعی زنبور موثربوده باشد.

E. berlesei و *Pteroptrix orientalis* (Silvestri) از پارازیتوئیدهای داخلی سپردار توت در کامپانیای ایتالیا هستند. پداتا و گارونا (Pedata and Garonna, 2001) تاثیر مرحله میزبان روی سازگاری *E. berlesei* و اثر وضعیت جفتگیری روی تولید نتاج در *P. orientalis* در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد را مورد ارزیابی قرار دادند. پارازیته کردن مراحل اولیه میزبان موجب افزایش در زمان رشد و نمو و کاهش درتولید نتاج *E. berlesei* شد. وقتی مراحل جوان ماده پارازیته شد، پارازیتوئیدهای بالغ بزرگ‌تر بودند و تفاوتی در مرگ و میر شفیره در میان مراحل مختلف میزبان وجود نداشت.

بررسی‌های مختلف نشان داده است وقتی واکنش تابعی یک دشمن طبیعی از نوع سوم باشد می‌تواند در محدوده معینی از تراکم میزبان باعث پایداری و تعادل بلندمدت در جمعیت میزبان شود، زیرا قدرت جستجوگری خود را با افزایش تراکم میزبان افزایش و با کاهش تراکم میزبان کاهش می‌دهد (Gutierrez, 1996). به نظر هسل (Hassell, 1978)اختلاف واکنش تابعی نوع دوم و سوم میزان مشارکت آن‌ها در ایجاد پایداری است و واکنش تابعی نوع سوم تا آستانه معینی از تراکم میزبان (در بررسی انجام شده تا۸ پوره سن اول میزبان) به صورت وابسته به تراکم است و در نتیجه سهم عمده ای در ایجاد پایداری جمعیت پارازیتویید- میزبان دارد. میزان پارازیته کردن زنبور با افزایش تراکم سن یک سپردار توت افزایش یافت و تا تراکم ۴۰ پوره (۷ عدد) شیب صعودی بیشتری گرفت. سپس این سیر افزایش شیب کندتر شد تا در تراکم ۱۰۰ به ۸ عدد پوره رسید (شکل۱)، اما میزان پارازیته کردن زنبور در پوره‌های سنین دوم و سوم سپردار با افزایش تراکم افزایش یافته و این افزایش تا یک سطح از تراکم‌های بالاتر متوقف شده و به یک حد ثابت میل نمود (شکل ۱). درصد پوره-های پارازیته شده در سن یک تا ۲۶/۶٪ در تراکم ۲۰ افزایش یافته (وابسته به تراکم) و سپس به ۸٪ در تراکم ۱۰۰کاهش یافت (وابسته به عکس تراکم) (شکل ۲). درصد پوره‌های پارازیته شده در سن دوم به تدریج تا ۲۴/۷٪ و در سن سوم تا ۱۸/۶ ٪ در تراکم ۱۰۰ کاهش یافت (وابسته به عکس تراکم) (شکل ۲). با استفاده از معادله راجرز پارامترهای قدرت جستجو و زمان دستیابی تعیین شد (جدول۲) . قدرت جستجو تعیین می کند که منحنی واکنش تابعی با چه سرعتی به بالاترین قسمت خود می‌رسد. زمان دستیابی مدت زمانی است که پارازیتوئید برای یافتن و پارازیته کردن میزبان ، تمیز کردن خود و استراحت صرف می‌کند. بیلوز(Bellows, 1985) قدرت جستجو و زمان دستیابی پارازیتوئید *Lariophagus distinguendus* (Pteromalidae) نسبت به سنین مختلف *Callosobruchus* sp. را به دست آورد. قدرت جستجوی بیشتر در میزبان‌های بزرگ تر به دست آمد. مقادیر بیشتر زمان دستیابی در ارتباط با مراحل بزرگ تر میزبان است، چون احتمالا زمان بیشتری برای تغذیه از میزبان های بزرگتر صرف می‌شود. استفاده از معادله ترکیبی در تجزیه داده‌ها نشان داد که قدرت جستجو و زمان دستیابی زنبور *E. berlesei*در سنین دوم و سوم سپردار دارای تفاوت معنی داری نیستند (جدول۲). اگرچه مقدار قدرت جستجودر سن دوم آفت بیشتر است. اما در سن اول با وجود اندازه کوچک‌تر میزبان، زمان دستیابی از دوسن دیگر بیشتر است که عدم ترجیح این سن را نسبت به سنین دیگر نشان می-دهد.

حداکثر نرخ حمله برای سن اول سپردار ۸/۱۶ و برای سن دوم ۳۸/۹ و برای سن سوم ۲۷/۲۴ عدد تعیین شد. حداکثرنرخ حمله پارازیتویید *E. acaudaleyrodis* در تراکم ۱۰۰ پوره سن سوم *B. tabaci* ۹/۶ عدد عنوان شده است (Shishehbor and Zandi., 2009)

با توجه به واکنش متفاوت پارازیتوئید نسبت به سنین مختلف میزبان، احتمال تفاوت عملکرد آن نسبت به جنس نر میزبان نیز وجود دارد. در پژوهش‌های آینده ضروری است کارایی زنبور *E. fasciata* با *E. berlesei* مقایسه شده و واکنش تابعی و میزان پارازیتیسم زنبورنسبت به جنس نر پوره سن دوم میزبان مورد مطالعه قرار گیرد.

جدول۲- مقادیر برآورد شده توسط مدل راجرز برای پارامترهای واکنش تابعی *Prospaltella berlesei* نسبت به تراکم های مختلف سن اول و دوم و سوم سپردار توت و مقادیر برآورد شده با معادله ترکیبی برای مقایسه تفاوت های پارامترهای واکنش تابعی زنبور نسبت به سن دوم و سوم سپردار توت.

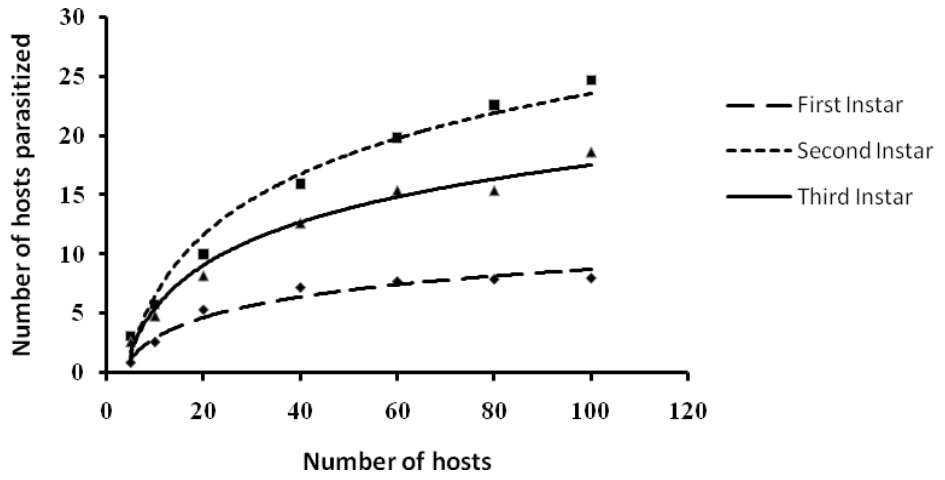
Table 2. Estimated parameters by the Rogers equation for *Prospaltella berlesei* on different densities of First, second and third instars of white peach scale and parameters estimated by an equation with indicator variable for different data set: functional response of *P. berlesei* on different densities of second and third instars of white peach scale.

Instars	Parameter	Estimate	SE	Approximate95% CL	
				Lower	Upper
First	b	0.002	0.001	-0.0004	0.004
	T_h	2.941	0.358	2.227	3.655
Second-	a	0.028	0.005	0.017	0.039
	T_h	0.617	0.106	0.405	0.829
Third	a	0.025	0.007	0.011	0.038
	T_h	0.881	0.179	0.523	1.239
	D_a	0.012	0.019	-0.025	0.049
	D_{Th}	0.443	0.239	-0.029	0.915

در ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی، گونه هایی که دارای قدرت جستجوی بیشتر و زمان دستیابی کمتری باشند از توان بیشتری در کنترل میزبان برخوردارند (Talebi *et al.*, 2003). با توجه به نتایج این تحقیق، پارازیتوئید *P. berlesei* نسبت به سن دوم سپردار دارای قدرت جستجوی بیشتر و زمان دستیابی کمتری نسبت به سن سوم می‌باشد. بنابراین توان آن درکنترل سن دوم بیشتر از سن سوم است و به این ترتیب پوره های سن دوم مناسب ترین مرحله برای پرورش پارازیتویید *P. Berlesei* به شمار می رود.

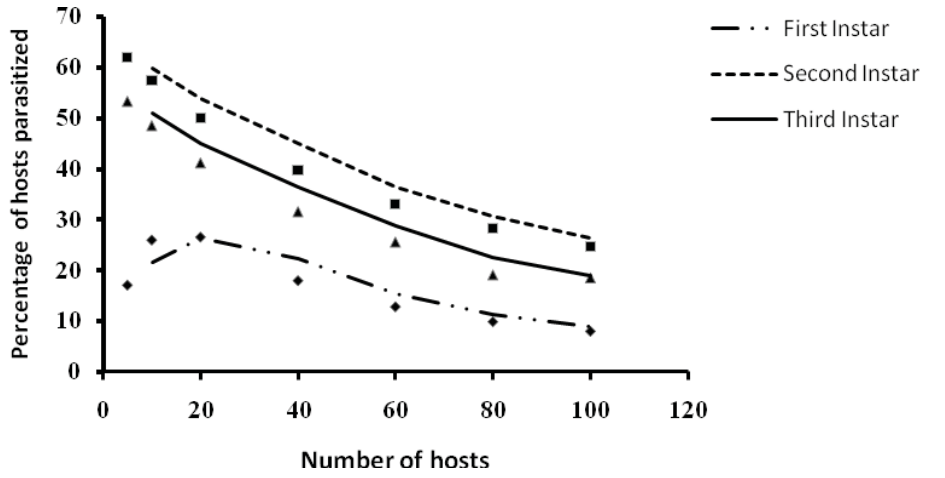
سپاسگزاری

از آقای مهندس فریور (مرکز تحقیقات کرم ابریشم کشور واقع در پسیخان رشت) به خاطر راهنمایی‌های ارزنده و آقای دکتر جلیل حاجی‌زاده (گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه گیلان) به خاطر کمک در شناسایی زنبور پارازیتوئید قدردانی می‌شود. در ضمن از آقای دکتر حسین الهیاری دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران به خاطر ارایه برنامه نرم افزاری SAS برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی تشکر و قدردانی می شود.



شکل۱- واکنش تابعی *Prospaltella berlesei* نسبت به تراکم های مختلف سنین اول و دوم و سوم سپردار توت

Figure1. Functional response of *Prospaltella berlesei* on different densities of first, second and third instars of white peach scale



شکل۲- درصد پوره‌های سن اول و دوم و سوم سپردار توت پارازیته شده توسط *Prospaltella berlesei*

Figure 2. Percentage of hosts parasitized by *Prospaltella berlesei* on first, second and third instars of white peach scale

References

Alhosseini, S. H. 1998.Toxonomic studies of white peach scale parasitoids and biology of the dominant species in West Mazandaran. Msc., thesis. The University of Tehran.

Alhosseini, S. H., Kharazi Pakdel, A., Esmaili, M. and Daniali, M. 1998. White peach scale parasitoids and biology of the dominant species *P. berlesei* in West Mazandaran. Proceeding of the 13th Iranian Plant Protection Congress. 23-27 August, Karaj. pp.112.

Bayoumy, M. H., Abd El-Kareim, A. I., Abdel-Salam, A. H., Abdel-Baky, N. F and Schopf, A. 2009. Functional responses of *Encarsia perniciosi*, Tower and *Encarsia citrina*, Craw. to

Quadraspidiotus perniciosus Comstock in response to temperature. **Mansoura University Journal of Agricultural Sciences** 34(9): 9673-9687**.** .

Bayoumy, M. H. 2011. Functional response of the aphelinid parasitoid, *Aphytis diaspidis:* Effect of host scale species, *Diaspidiotus perniciosus* and *Hemiberlesia lataniae*. **Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica** 46: 101-113.

Bellows, T. S. 1985. Effects of host and parasitoid age on search behaviour and oviposition rates in *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera:Pteromalidae). **Research in Population Ecology**, 27: 65-76 .

Enkegaard, A. 1994. Temperature dependent functional response of *Encarsia formosa* parasitizing the poinsettia – strain of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* , on poinsettia. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 73: 19-29.

EPPO. 2005. EPPO plant quarantine information retrieval system v4.5 (Dec. 2005).

Erler, F and Tunc, I. 2001. A survey (1992-1996) of natural enemies of Diaspididae species in Antalya Turkey. Phytoparasitica 29(4): 299-305.

Fransen,J. J. and van Montfort, M. A. J. 1987. Functional response and host preference of *Encarsia formosa* Gahan (Hym., Aphelinidae), a parasitoid of greenhouse whitefly *T. vaporariorum* (Westwood) (Hom., Aleyrodidae). **Journal of Applied Entomology** 103(1-5): 55-69.

Gutierrez, A. P. 1996. Applied population ecology, a supply-demand approach. John Wiley and Sons Inc., NewYork pp. 300.

Habibian, A. 1991.Some studies on *Prospaltella berlesei* in biological control on *Pseudaulacaspis pentagona* in Guilan province. **Applied Entomology and Phytopathology** 58 (1-2): 69-79 (in Farsi with English abstract).

Hanks, L. M. 1991. Factors influencing the distribution and abundance of the white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Hom: Diaspididae): host plants and natural. Dissertation. University of Maryland, College Park, Maryland, USA.

Hassan, N. A., Radwan, S. G. and El-sahn, O. M. N. 2012. Common scale insects (Homoptera: Coccoidea) in Egypt. **Egypt Academy Journal of Biological Sciences** 5(3):153-160.

Hassell, M. P. and May, R. M. 1973. Stability in insect host-parasite models. **Journal of Animal Ecology** 42: 693-726.

Heraty, J. M., Woolley, J. B and Polaszek A. P. 2007. Catalogue of the *Encarsia* of the World**. Journal of Hymenoptera Research,** 9: 142-169. .

Holling, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism**. Canadian Entomolist,** 91: 385-398.

Ischewskii, S. 1990. Introduktion und Anwendung von Entomophagen. Agropromizdat, Moskau S 3–215.

Juliano, S. A. 2001. Nonlinear curve-fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner, S. M., Gurevitch, J. (Eds.) Design and analysis of ecological experiments. 2nd edition, Oxford University Press, New York.:178-216.

Liebregts, W. J. M. M., Sands, D. P. A. and Bourne, A. S. 1989. Population studies and biological control of *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) on passion fruit in Western Samoa. **Bulletin of Entomological Research** 79: 163–171.

Mihaljlovic, L. Y. 1983. Effectivness of entomophagous in reduction of noxious coccid population. **Plant protection** 34(164): 259-301.

Miller, D. R and Davidson, J. A. 2005. Armored scale insect pests of trees and shrubs. Cornell University Press. pp.437.

Murdoch, W. W and Briggs, C. J. 1996. Theory for biological control: recent developments. **Ecology** 77: 2001–2003.

Murdoch, W. W and Oaten, A. 1975. Predation and population stability. **Advances in Ecological Research** 9: 1-131.

Neumann G., Follett P.A., Hollingsworth, R. G. and Leon, J. H. D. 2010. High host specificity in *Encarsia diaspidicola* (Hymenoptera: Aphelinidae), a biological control candidate against the white peach scale in Hawaii. **Biological Control** 54: 107–113.

Nikolskaja, M. and Jasnosch, W. 1966 Apheliniden des europäischen Teils der UdSSR und des Kaukasus. Science Publishing House, Moskau, S 2–118.

Oetting, R. D. and Chong, J. H. 2007. Functional response and progeny production of the Madeira mealybug parasitoid, *Anagyrus* sp. nov. nr. *sinope*: The effect of host stage preference. **Biological Control** 41 (1): 78–85.

Pan, M. X., Guo, S. J., Li, X. L., Ye, Y. B. and Jiang, H. 1990. Recognition of ten parasitoids on *Pseudaulacaspis pentagona* in Jiangsu, Zhejiang and Shanghai. **Plant Protection** 16(4): 47-48.

Patel, K. J., and Schuster, D. J. 1991. Temperature dependent fecundity, longevity, and host-killing activity of *Diglyphus intermedius* (Hymenoptera: Eulophidae) on third instars of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). **Environmental Entomology** 20: 1195-1199.

Pedata, P. A and Garonna A. P. 2001. Coexistence of two effective parasitoids of the white peach scale *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae): the role of host stage and temperature. **Bulletin of Entomological Research** 91(1): 53-59.

Pedata, P. A., Hunter, M. S., Godfray, H. C. J. and Viggiani, G. 1995. The population dynamics of the white peach scale and its parasitoids in a mulberry orchards in Campnia , Italy **Bulletin of Entomological Research** 85: 531-539.

Polaszek, A., Abd-Rabou S. and Huang, J. 1999**.** The Egyptian species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae): a preliminary review. **Zoologische Mededelingen** 73 (6):131-160.

Pschorn-Walcher, H. and Heitland, W. 2002. E ine E inführung in die Welt der Parasitoide. Parasitoiden-Online from www.faunistik.net/PONLINE.

Rajabi, Gh. 1989. Insects attacking rosaceous fruit trees in Iran. Publication of plant pests and disease research Institute, Tehran, pp. 256 (in Farsi).

Rogers, D. 1972. Random search and insect population models. **Journal of Animal Ecology** 41: 369-383.

Saber, F. M. M., Rawheia, H. R and Sahar, A. A. 2010. Seasonal fluctuation of the white peach scale insect, *Pseudulacaspis pentagona* (Targioni) and its associated parasitoid, *Aphytis* sp. At Mett-Ghamer, Dakahlyia Governorate, Egypt. **Egypt Academic Journal of Biological Sciences** 3 (1): 1-9.

Shishehbor, P and Brennan, P. A. 1996. Functional response of *Encarsia formosa* (Gahan) parasitizing castor whitefly, *Trialeurodes ricini* Misra (Hom., Aleyrodidae). **Journal of Applied Entomology** 120 (1-5): 297-299.

Shishehbor, P. and Zandi, N. 2009.Functional and numerical response of *Encarsia acaudaleyrodis* Hayat (Hym.: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia tabaci* Gennadius (Hom.: Aleyrodidae). The 5th International Bemisia Workshop. 9 November. South China Agricultural University. pp.102.

Talebi, A. K., Kamali, Y., Fathipour, S., Moharamipour. A., Sahragard, A. and Khalghani, J. . On)Hym.: Aphelinidae(2003. Functional response of *Encarsia lutea* and *Eretmocerus mundus* different densities of *Bemisia tabaci.* **Journal of Agricultural Science** 8 (1): 83-9.

van Alphen, J. J. M and Jervis, M. J. 1996. Foraging behavior. In: Jervis M. A., Kidd, N. A. C. (Eds.) Insect Natural Enemies. Chapman and Hall, London. pp. 1-62.

Wajnberg, E., Carlos Bernstein, C. and van Alphen, J. 2008. Behavioural Ecology of Insect Parasitoids: From theoretical approaches to field applications. Wiley, Blackwell. .

Wei, Z. G., Li, Z. and Sen, Y. 2010. Advances of studies on *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti). **Xinjiang Agricultural Sciences** 2010-02**.**

Zhang, J., Wang, J., Liu, G and Yan, Y. 1983. Influences of the humidities and temperature humidity combintions on *Trichogramma ostriniae* Pang et Chen. (Hym.: Trichogrammatidae). **Natural enemies of insects** 5: 129-134.

Zu, W. F., Yu, C. C., Wang, X. J. ., Han, J. H. and Wang, G. P. 2006. Investigation of parasitic wasps of *Pseudaulacaspis pentagon*a and their integrated preservation technology**. Journal of Fruit Science** 23(2): 297-300.

Plant Pests Research
2015- 4(4): 49-60

Functional response of *Prospaltella berlesei* Howard (Hym.: Aphelinidae) on varying densities of different instars of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hem.: Diaspididae)

S. E. Yazdani Badabi[1], A. Sahragard[2*] and A. Karimi-Malati[3]
1, 2, 3. Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

(Received: January 1, 2014- Accepted: July 13, 2014)

Abstract

Functional response determines the effect of natural enemy on host's population and its ability to suppress its population. Functional response of *Prospaltella berlesei* Howard on different densities of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni was studied at (25±1.C, 70±10% RH, 16:8h. L: D photoperiod). Different densities (5, 10, 20, 40, 60, 80 and 100) of first, second and third instar nymphs of *P. pentagona* were provided to female *P. berlesei* (2 day-old) as host with ten replicates in 24 hours. Functional response of *P. berlesei* on different densities of first instar nymphs exhibited type III, whereas parasitoid response on second and third instars showed type II. Parameter b and the handling time (T_h) for first instar were estimated 0.002 ± 0.001 h^{-1} and 2.941±0.358h, respectively. Searching efficiency (a) and (T_h) for second instar were 0.028 ± 0.005 h^{-1} and 0.617± 0.106 h, and for third instar were 0.025 ± 0.007 h^{-1} and 0.881 ± 0.179 h. Comparing functional response parameters for second and third instars with an equation with indicator variables showed no significant differences between parameters. Maximum attack rate (T/T_h) for first, second and third instars of white peach scale were estimated 8.16, 38.9 and 27.24 hosts/day, respectively. Therefore, second instar nymphs of white peach scale are considered as the most suitable host stage for rearing of *P. berlesei*.

Keywords: Efficiency, parasitoid, white peach scale, handling time, searching efficiency

*Corresponding author: sahragard@guilan.ac.ir