تحقیقات آفات گیاهی
۱۳۹۷ -۸ (۱): ۱۵-۲۷

درصد پارازیتیسم، طول عمر و پارازیتیسم روزانه زنبور پارازیتویید *Encarsia berlesei* روی سپردار توت، *Pseudaulacaspis pentagona*، و واکنش تابعی آن به تراکم پوره‌های سن دوم سپردار

پردیس علی اکبر آقادخت[۱]، محمدحسن سرایلو[۱]* و محسن یزدانیان[۱]
۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۱)

چکیده

سپردار سفید توت *Pseudaulacaspis pentagona*، آفتی با دامنه میزبانی وسیع است که در استان‌های شمالی کشور یکی از آفات مهم درختان توت و از جمله موانع مهم در پرورش کرم ابریشم می‌باشد. در پژوهش حاضر، کارایی زنبور پارازیتویید اختصاصی این آفت، *Encarsia berlesei*، طی سه آزمایش: (۱) بررسی درصد پارازیتیسم زنبور به تفکیک مرحله نشوونمایی میزبان (آزمون‌های انتخابی و غیرانتخابی)؛ (۲) بررسی طول عمر، میانگین روزانه و میانگین کل پارازیتیسم؛ و (۳) واکنش‌تابعی به تغییرات تراکم میزبان مورد بررسی قرار گرفت. در آزمون غیرانتخابی، میانگین پارازیتیسم در حضور پوره‌های سن اول و دوم و سپردار ماده به ترتیب ۰/۰، ۱۱/۰۲ و ۳/۸۴ درصد، و در آزمون انتخابی در حضور پوره سن دوم و سپردار ماده به ترتیب ۱۰/۲۶ و ۲ درصد محاسبه شد. میانگین طول عمر زنبور پارازیتویید در نبود میزبان ۱۰ روز و در حضور آن ۴ روز برآورد شد. تخمگذاری در روزهای اول روندی افزایشی و در روزهای آخر عمر روندی کاهشی را نشان داد. میانگین کل پارازیتیسم ۲۸/۴ عدد میزبان به ازای هر عدد زنبور ماده محاسبه شد. واکنش‌تابعی زنبور برای پوره‌های سن دوم از نوع III بود. قدرت جستجوگری ۰/۰۰۰۰۵۷ ± ۰/۰۰۰۳ و زمان دسترسی به میزبان ۰/۵۲ ± ۳/۶۹۵ ساعت به دست آمد. طبق نتایج، به ویژه با توجه به طول عمر پارازیتویید، به نظر می‌رسد که *E. berlesei* یک دشمن طبیعی کارآمد برای کنترل بیولوژیک سپردار توت باشد.

واژه‌های کلیدی: پارازیتویید، سپردار، قدرت جستجوگری، آزمون‌های انتخابی و غیرانتخابی

* نویسنده مسئول: sarailoo@gau.ac.ir

مقدمه

سپردار توت، سپردار سفید توت یا سپردار سفید هلو با نام علمی *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ.-Tozz.) (Hem.; Diaspididae)، یکی از آفات دارای گسترش جهانی و با دامنه میزبانی وسیع می‌باشد که در سال ۱۳۴۵ همراه با نهال‌های توت وارد ایران شد (Zomorrodi, 1991). در ایران، سپردار توت علاوه بر درخت توت از بسیاری از گیاهان دیگر مانند هلو، گردو، کیوی، آلوچه، بید، یاس، شمشاد و شمعدانی (Rajabi, 1989) و در ترکیه نیز از ۲۲ میزبان (Mohammed *et al*., 2016) گزارش شده است. این آفت به دلیل مساعد بودن شرایط آب و هوایی در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به سرعت روی میزبان‌های زیادی از جمله توت، گردو، هلو، گیلاس و کیوی استقرار یافت. این حشره یکی از آفات مهم درختان توت در این مناطق است و از جمله موانع مهم در پرورش و تولید ابریشم در استان‌های شمالی کشور به شمار می‌آید. در حال حاضر، این آفت برای باغ‌های کیوی و هلو نیز یک خطر جدی محسوب می‌شود. با توجه به افزایش سطح زیر کشت محصولات اخیر و هم‌چنین توتستان‌ها برای پرورش کرم ابریشم، خسارت این آفت اهمیت اقتصادی پیدا کرده است (Mottaki[1], Personal communications).

کنترل سپردار سفید توت همانند سایر سپرداران مشکل است و استفاده از حشره‌کش‌های رایج هم به علت حساسیت شدید کرم ابریشم به این مواد، آلودگی زیست-محیطی، نابودی دشمنان طبیعی، و مسایل اقتصادی و بهداشتی روشی منطقی و اصولی به حساب نمی‌آید. استفاده از حشره‌کش‌ها در درختان توت با حساسیت بیش‌تری همراه می‌باشد، زیرا اولین سمپاشی با باز شدن جوانه‌ها مصادف است که در این زمان اگر از حشره‌کش‌های بادوام استفاده شود، بقایای آن‌ها اثرات نامطلوبی را روی کرم ابریشم خواهند گذاشت (Fatholomi, 1982).

خانواده Aphelinidae یکی از مهم‌ترین خانواده‌های زنبورهای پارازیتویید در کنترل بیولوژیک آفات در سطح دنیا می‌باشد (Abd-Rabou *et al*., 2013). زنبور *Encarsia berlesei* (Howard) (Hym.; Aphelinidae) که پیش از این *Prospaltella berlesei* Howard نامیده می‌شد (Parra, 2014)، مهم‌ترین پارازیتویید سپردار توت است که درصد پارازیتیسم آن از ۱۸ تا ۲۰ (Battaglia *et al*., 1994)، و حدود ۳۰ (Habibian, 1991) یا ۴۰ درصد (Alhoseini, 1998) گزارش شده است. دومین پارازیتویید مهم *Aphytis proclia* (Walker) (Hym.; Aphelinidae) می‌باشد که درصد پارازیتیسم آن ۰/۵ تا ۲۰ درصد گزارش شده است (Battaglia *et al*., 1994). واردسازی و استفاده از *E. berlesei* علیه سپردار توت در روسیه موفقیت‌آمیز بود و پارازیتویید مذکور توانست این آفت را بدون استفاده از سموم شیمیایی مهار کند (Fadeev and Izhevskii, 1981). موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور نیز در سال ۱۳۵۶ این زنبور را که در چندین کشور به عنوان یک عامل مهار زیستی موفق عمل نموده بود، به ایران وارد کرد و در آزمایشگاه بررسی آفات و بیماری‌های گیاهی بندر انزلی و انسکتاریوم شرکت ابریشم ایران (پسیخان رشت) به تکثیر آن پرداخت (Habibian, 1984). پارازیتویید مذکور از فرانسه وارد ایران شد و در استان گیلان برای مهار سپردار توت به کار گرفته شد. رهاسازی این زنبور در سال‌های ۱۳۵۶ و ۱۳۵۷ در دو منطقه استان گیلان روی درختان توت آلوده صورت گرفت. در فومن، از خرداد تا اوایل شهریور پنج نوبت رهاسازی انجام شد که میزان پارازیتیسم از ۶ به ۲۵ درصد افزایش یافت. در پسیخان رشت با چهار نوبت رهاسازی از شهریور تا اواخر آبان و در ادامه آن چهار نوبت رهاسازی از اواخر اسفند تا اواخر اردیبهشت ۱۳۵۷، میزان پارازیتیسم از ۱۳ درصد به ۲۴ درصد افزایش پیدا کرد. سرانجام این زنبور در ۵۰ درصد از مناطق رهاسازی شده استان به خوبی استقرار یافت (Alhoseini, 1998).

طی بررسی‌هایی که در سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۲ میلادی در یوگسلاوی سابق انجام شد، معلوم شد که زنبورهای پارازیتویید *E. berlesei* و *A. proclia* همراه با کفشدوزک شکارگر *Exochomus quadripustulatus*

۱- مدیریت حفظ نباتات استان گلستان

(L.) توانستند سپردار توت را تا ۸۷ درصد کنترل کنند (Kozarzvskaja and Mihajlovic, 1983). گرائورا و اسپاسیچ (Graora and Spasić, 2008) گونه‌های *E. berlesei* و *A. proclia* را به عنوان موثرترین پارازیتویید-ها معرفی و درصد پارازیتیسم آن‌ها را روی سپردار توت ۶۰ تا ۶۴ درصد گزارش کردند. در بررسی انجام شده طی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۱۹۷۹ در مرمره ترکیه، درصد پارازیتیسم *E. berlesei* و *Aphytis diaspidis* (Howard) برابر با ۵۷/۴ درصد محاسبه شد (Gurkan, 1982). گاردونا و ویجیانی (Gardonna and Viggiani, 1988) درصد پارازیتیسم *E. berlesei*، *A. proclia* و *Archenomus orientalis* Silvestri را ۱۸/۹ تا ۵۱ درصد گزارش نمودند و کمترین نقش را به *A. orientalis* مربوط دانستند. یزدانی بدابی و همکاران (Yazdani Badabi *et al.*, 2015) نیز واکنش تابعی *E. berlesei* نسبت به سن اول سپردار توت را از نوع III و نسبت به سنین دوم و سوم از نوع II تعیین نمودند.

در سال‌های اخیر، با توجه به وجود نگرانی در زمینه حساسیت کرم ابریشم به آفت‌کش‌ها و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه سموم، مهار سپردار توت به سمت مهار زیستی سوق یافته و مطالعه تاثیر دشمنان طبیعی بر این سپردار و به دنبال آن بررسی ویژگی‌های زیست‌شناختی آن، از ضروریات امر محسوب می‌شوند. هدف اصلی این پژوهش بررسی کارایی زنبور پارازیتویید *E. berlesei* در کاهش جمعیت سپردار توت می‌باشد. برای این منظور، برخی از ویژگی‌های زیستی این زنبور (طول عمر، میانگین روزانه و کل پارازیتیسم)، اثر مراحل نشوونمایی آفت روی آن و همچنین واکنش تابعی آن به پوره‌های سن دوم سپردار توت بررسی شدند. نتایج این پژوهش می‌توانند به افزایش تاثیر و زمان کاربرد مناسب زنبور پارازیتویید *E. berlesei* در ارتباط با کاهش جمعیت این سپردار کمک نمایند.

مواد و روش‌ها

پرورش سپردار توت و زنبور پارازیتویید

به منظور پرورش سپردار توت، ابتدا شاخه‌های توت آلوده به این آفت از روستای انجیراب در حومه گرگان جمع‌آوری و زمانی که آفت در مرحله سن اول پورگی قرار داشت، پوست شاخه‌ها کنده و با سوزن ته‌گرد روی غده-های سیب‌زمینی ثابت شدند. غده‌ها داخل ظروف پلاستیکی (به قطر ۳۵ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر) در دمای ۳± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰± ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی: ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. پس از استقرار کامل پوره‌های سن اول روی غده‌های سیب زمینی، پوست شاخه‌ها جدا و از محل خارج شدند و بدین روش پرورش و تکثیر ادامه یافت.

برای پرورش زنبور پارازیتویید *E. berlesei*، سپردار-های ماده پارازیته شده (آن‌هایی که روی بدن خود دارای نقطه سیاه رنگ یا در داخل بدن خود دارای جسم قهوه‌ای اسکلروتینه شده بودند) پس از جمع‌آوری برای خروج زنبورها در شرایط بالا نگهداری شدند. پس از شناسایی اولیه گونه پارازیتویید غالب با استفاده از کلید پولاسزک و همکاران (Polaszek *et al.*, 1999)، تعدادی از زنبورها برای دکتر اندرو پولاسزک به موزه تاریخ طبیعی بریتانیا فرستاده شدند و نام علمی توسط ایشان مورد تایید قرار گرفت. برای تکثیر زنبور، تعداد کافی از شاخه‌های توت آلوده به آفت از همان محل ذکر شده جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. شاخه‌ها به قطعات ۲۰ تا ۲۵ سانتی-متری تقسیم و به صورت عمودی داخل ظروف پلاستیکی (به قطر ۱۷ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) قرار داده شدند. به دلیل نورگرایی مثبت زنبورها، سطوح بالایی ظروف با پارچه سیاه محصور شد و سطوح زیری ظروف هم سوراخ و با پارچه توری بسته شدند. به منظور شاداب نگهداشتن شاخه‌های آلوده و ادامه تغذیه و نشوونمای سپردارها، و نیز برای جلوگیری از دسترسی سایر حشرات به این شاخه‌های آلوده، ظروف مذکور داخل تشت‌های دارای آب به ارتفاع ۵ سانتی‌متر قرار داده شدند. جوانه‌های ظاهر شده روی این شاخه‌ها حذف می‌شدند تا برای ادامه تغذیه سپردارها شاداب باقی بمانند. دمای اتاق پرورش بین ۲۵ تا ۲۷ درجه

سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰ تا ۷۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی: ۸ ساعت تاریکی تنظیم شد.

درصد پارازیتیسم زنبور پارازیتوئید

آزمون غیرانتخابی

در این آزمایش، ۵۰ عدد پوره سن اول، پوره سن دوم یا حشره کامل ماده به صورت جداگانه در اختیار زنبور قرار داده شد. بدین منظور، ۵۰ عدد از هر مرحله نشوونمایی روی غده‌های سیب‌زمینی آلوده به آفت شمارش و بقیه با سوزن حذف می‌شدند. این غده‌های حاوی تراکم مورد نظر آفت، به صورت جداگانه داخل لیوان‌های یکبار مصرف به قطر ۸ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر قرار داده شدند. داخل هر لیوان یک عدد زنبور پارازیتوئید ماده یک‌روزه رهاسازی و دهانه لیوان با پارچه توری پوشانده شد. برای تغذیه زنبورها آب عسل ۱۰ درصد به صورت نوار باریک با کمک یک سرنگ ۵ سی‌سی روی سطح داخلی لیوان در اختیار آن‌ها قرار داده می‌شد. پس از ۲۴ ساعت، زنبور پارازیتوئید از داخل لیوان خارج و درصد پارازیتیسم از تقسیم سپردارهای پارازیته شده (تیره‌شده‌ها) به تعداد کل سپردارها (سپردارهای سالم + سپردارهای پارازیته شده) ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد. این آزمایش در ۵ تکرار انجام شد. به دلیل عدم مشاهده پارازیتیسم زنبور روی پوره‌های سن اول، برای مقایسه دو میانگین مربوط به پوره‌های سن دوم و حشرات کامل ماده از آزمون t و نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute, 2001) استفاده شد.

آزمون انتخابی

در این آزمایش، ۵۰ عدد پوره سن دوم سپردار روی یک غده سیب‌زمینی و ۵۰ عدد حشره کامل ماده روی یک غده دیگر داخل یک لیوان یکبار مصرف به قطر ۸ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر قرار داده شدند. دهانه لیوان با توری پوشانده شد و داخل هر لیوان یک عدد زنبور ماده یکروزه رهاسازی شد. آب عسل ۱۰ درصد به صورت فوق در اختیار زنبور قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت زنبور پارازیتوئید خارج و درصد پارازیتیسم به روش آزمایش اول تعیین شد. برای مقایسه این میانگین‌ها نیز از آزمون t و نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد.

طول عمر، میانگین روزانه و میانگین کل پارازیتیسم

برای بررسی طول عمر زنبور پارازیتوئید در حضور و عدم حضور میزبان در شرایط آزمایشگاهی فوق، ۲۰ عدد زنبور ماده یکروزه به صورت جداگانه داخل یک لیوان یکبار مصرف (قطر ۸ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر) قرار داده شدند. برای تغذیه زنبور از آب عسل ۱۰ درصد به روش فوق استفاده شد. در ۱۰ لیوان فقط غذا و در ۱۰ لیوان دیگر علاوه بر غذا، سیب‌زمینی‌های آلوده به ۲۰۰ پوره سن دو سپردار نیز در اختیار زنبور قرار داده شدند. آزمایش تا زمان مرگ زنبورها ادامه پیدا کرد. مقایسه دو میانگین با آزمون t انجام شد.

در بررسی روند پارازیتیسم روزانه، غده‌های سیب‌زمینی آلوده به ۵۰ عدد پوره سن دوم (مرحله نشوونمایی ترجیحی پارازیتوئید) داخل لیوان یکبار مصرف در اختیار زنبور ماده یکروزه قرار داده شدند. آب عسل ۱۰ درصد نیز در اختیار زنبورها قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت، سیب‌زمینی‌های حاوی میزبان خارج و سیب‌زمینی‌های جدید آلوده به میزبان در اختیار زنبور قرار داده شدند. آزمایش تا پایان عمر حشرات کامل زنبور ادامه یافت. سیب‌زمینی‌های خارج شده پس از ثبت تاریخ تا زمان مشاهده علایم پارازیته شدن (تیره شدن رنگ بدن سپردارها) در ظروف جداگانه‌ای نگهداری شدند. میانگین پارازیتیسم روزانه (تعداد پوره‌های سن دوم پارازیته شده در یک روز توسط یک ماده) از طریق شمارش تعداد پوره‌های پارازیته شده در هر روز تعیین شد. میانگین پارازیتیسم کل (تعداد پوره‌های پارازیته شده به ازای یک زنبور ماده) نیز به صورت مجموع میانگین‌های پارازیتیسم روزانه بیان شد.

واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید

با توجه به نتایج بررسی حبیبیان (Habibian, 1991) و تک‌سخن (Taksokhan, 1999) مبنی بر پارازیته شدن پوره‌های سن دوم این سپردار در شرایط میدانی و آزمایشگاهی توسط *E. berlesei* و نیز مشاهدات انجام شده طی همین بررسی، برای مطالعه واکنش تابعی زنبور به تغییرات تراکم میزبان از پوره‌های سن دوم سپردار استفاده

شد. ۱۰ لیوان یکبار مصرف پلاستیکی (قطر دهانه ۸ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر) تهیه و غده‌های سیب‌زمینی آلوده به آفت داخل آن‌ها قرار داده شدند. تراکم پوره‌های سن دوم سپردار در لیوان‌ها برابر با ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ عدد بود. یک عدد زنبور ماده یک‌روزه داخل هر لیوان رهاسازی شد و برای تغذیه به آن‌ها آب عسل ۱۰ درصد داده شد. پس از ۲۴ ساعت، زنبورها حذف و غده‌های سیب‌زمینی تا زمان مشاهده علایم پارازیته شدن در آزمایشگاه در دمای ۳ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی: ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. به دلیل این که تفکیک پوره‌های سن دوم نر و ماده بسیار مشکل بود و زنبور سپردارهای نر را پارازیته نمی‌کند، بنابراین پس از تبدیل شدن پوره‌های سن دوم به حشرات کامل، تعداد تراکم‌های پوره‌های سن ۲ ماده (تیمارها) در هر آزمایش به ۹ (۴، ۸، ۱۴، ۱۸، ۲۵، ۲۹، ۳۴، ۴۳ و ۵۵) و تعداد تکرارها به ۴ تقلیل یافت.

تجزیه و تحلیل داده‌های واکنش تابعی

برای تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد فراسنجه‌های آن از روش دومرحله‌ای جولیانو (Juliano, 2001) و نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد. برای تعیین نوع واکنش تابعی، ابتدا بین نسبت میزبان‌های پارازیته شده ($\frac{Na}{Nt}$) و تراکم‌های اولیه میزبان (N_t) یک رابطه رگرسیونی لجیستیک برقرار شد و داده‌های حاصل با یک مدل لجیستیکی چندجمله‌ای برازش یافتند. در نتیجه، یک منحنی چندجمله‌ای به دست آمد. با استفاده از جدول تجزیه رگرسیونی، مقدار و علامت (منفی یا مثبت بودن) شیب قسمت‌های مذکور تعیین شد. علامت شیب قسمت خطی منحنی بدون توجه به علامت شیب قسمت‌های دیگر، نشان‌دهنده نوع واکنش تابعی می‌باشد. منفی بودن شیب قسمت خطی منحنی نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع دوم و مثبت بودن آن نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع سوم است (Juliano, 2001). پس از تعیین نوع واکنش تابعی، داده‌ها با استفاده از رگرسیون غیرخطی (روش کمترین مربعات و رویه DUD در نرم‌افزار SAS)، با مدل‌های هولینگ ($N_a = \frac{aTN_tP_t}{1+aT_hN_t}$) و راجرز [$N_a = N_t[1-\exp(T_hN_a-T)$] برازش یافتند و فراسنجه‌های قدرت جستجوگری (a) و زمان دستیابی به میزبان (T_h) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شدند:

(۱) مدل کامل $a = \frac{d + bN_t}{1 + cN_t}$

(۲) مدل خلاصه شده ۱ $a = d + bN_t \ ; c = 0$

(۳) مدل خلاصه شده ۲ $a = bN_t \ ; c = 0, d = 0$

در این مدل‌ها، N_a = تعداد میزبان‌هایی که پارازیتویید با آن‌ها مواجه شده است؛ N_t = تراکم اولیه میزبان؛ a = قدرت جستجوگری پارازیتویید؛ P_t = تعداد پارازیتویید، T = مدت زمان آزمایش؛ و b، c و d = مقادیر ثابت می‌باشند. لازم به ذکر است که تولید مثل زنبور پارازیتویید *E. berlesei* به صورت بکرزایی است و تاکنون حشرات نر آن دیده نشده‌اند (Polaszek *et al.*, 1999; Personal communications). بنابراین، در تمام آزمایش‌ها از زنبور ماده استفاده شد.

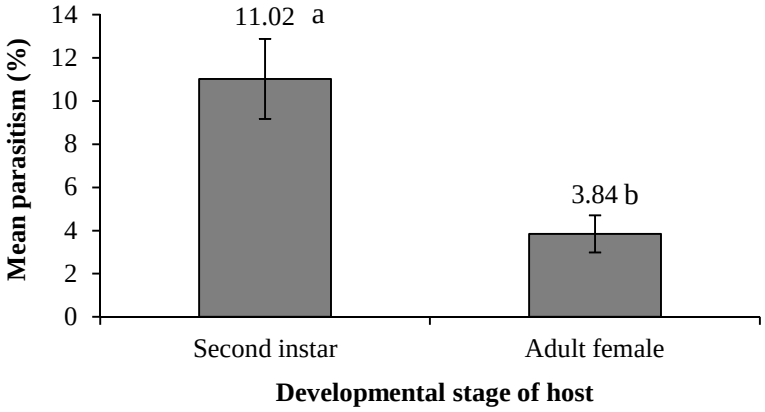
نتایج

درصد پارازیتیسم به تفکیک مرحله نشوونمایی میزبان

طبق نتایج آزمون غیرانتخابی، اثر مرحله نشوونمایی میزبان بر درصد پارازیتیسم زنبور *E. berlesei* در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود ($t = -3.02$; $P = 0.0165$). میانگین پارازیتیسم پوره‌های سن دوم برابر با ۱۱/۰۲ درصد محاسبه شد که با میانگین درصد پارازیتیسم سپردارهای ماده بالغ (۳/۸۴ درصد) در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (شکل ۱).

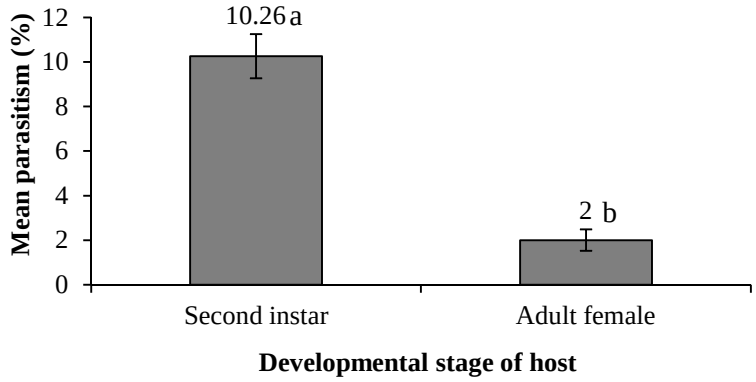
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در آزمون انتخابی نشان داد که اثر مرحله نشوونمایی میزبان بر درصد پارازیتیسم زنبور در شرایط آزمایشگاهی در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود ($t = -4.18$; $P = 0.0031$). میانگین پارازیتیسم پوره‌های سن دوم، ۱۰/۲۶ درصد محاسبه شد که با میانگین

درصد پارازیتیسم سپردارهای ماده بالغ (۲ درصد) در سطح احتمال ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد پارازیتیسم پوره‌های سن دوم و حشرات کامل ماده سپردار توت توسط زنبور پارازیتویید *Encarsia berlesei* در آزمون غیرانتخابی

Figure 1. Mean comparison of percentage parasitism on second instars and adult females of *Pseudaulacaspis pentagona* by parasitoid wasp, *Encarsia berlesei* (no-choice test)



شکل ۲- مقایسه میانگین درصد پارازیتیسم پوره‌های سن دوم و حشرات کامل ماده سپردار توت توسط زنبور پارازیتویید *Encarsia berlesei* در آزمون انتخابی

Figure 2. Comparison of mean percentage parasitism on second instars and adult females of *Pseudaulacaspis pentagona* by parasitoid wasp, *Encarsia berlesei* (choice test)

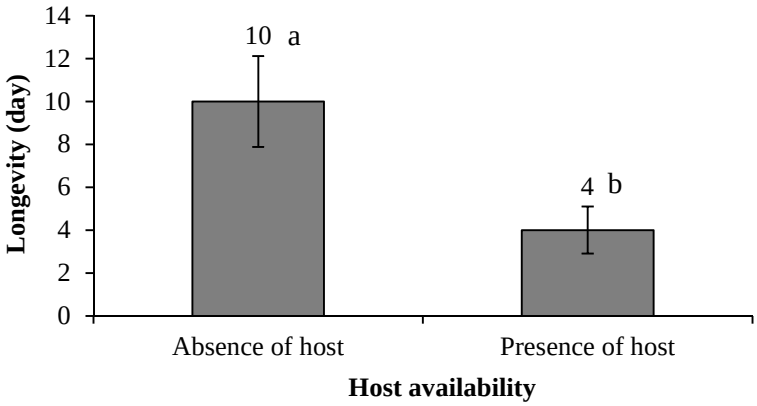
طول عمر، میانگین روزانه و میانگین کل پارازیتیسم

طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر حضور میزبان بر طول عمر زنبور *E. berlesei* در شرایط آزمایشگاهی در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود ($t = -3.59$; $P = 0.0048$). میانگین طول عمر زنبور در عدم حضور میزبان برابر با ۱۰ روز محاسبه شد که با میانگین طول عمر آن در حضور میزبان (۴ روز) در سطح احتمال ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۳).

تجزیه واریانس داده‌های پارازیتیسم روزانه نشان داد که اثر سن زنبور پارازیتویید بر تعداد تخم گذاشته شده توسط آن در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود ($F_{5,24}= 9.23$; $P < 0.0001$). میانگین روزانه پارازیتیسم در سومین روز زندگی زنبور ۶ عدد میزبان به ازای هر عدد زنبور ماده به دست آمد که با میانگین روزانه پارازیتیسم در روزهای چهارم (۶)، دوم (۵) و پنجم (۴/۶) اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی با سایر روزها در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود. میانگین روزانه پارازیتیسم در روزهای دوم، پنجم و اول (۲/۸) با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند، ولی با سایر روزها در سطح احتمال ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بودند.

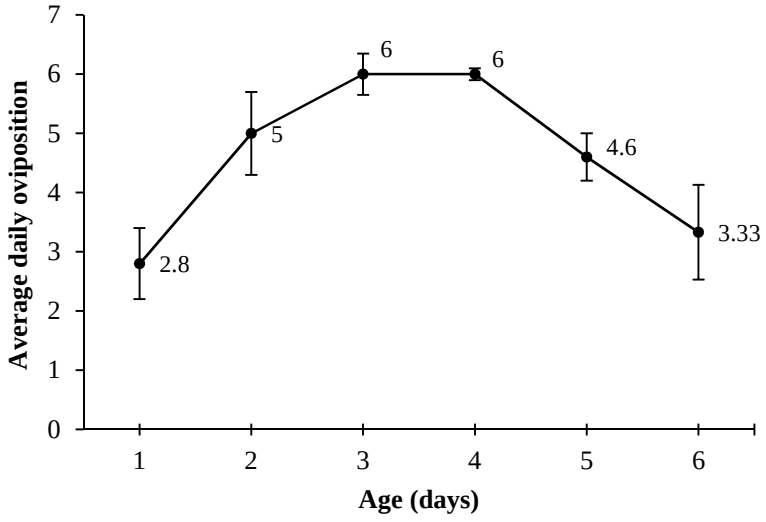
میانگین روزانه پارازیتیسم در ششمین روز زندگی برابر با ۳/۳۳ عدد میزبان به ازای هر عدد زنبور ماده به دست آمد که با میانگین پنجمین روز زندگی فاقد اختلاف معنی‌دار ولی با سایر روزها در سطح احتمال ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی-دار بود (شکل ۴). با توجه به شکل ۴، تخمگذاری زنبور پارازیتوییید *E. berlesei* در روزهای اول زندگی آن روندی افزایشی داشت. بیش‌ترین تعداد تخم‌ها در روزهای سوم و چهارم گذاشته شدند و از روز پنجم به بعد، تعداد تخم‌های گذاشته شده رو به کاهش گذاشت.

هم‌چنین، میانگین کل پارازیتیسم در طول زندگی زنبور برابر با ۲۸/۴ عدد میزبان به ازای هر عدد زنبور ماده محاسبه شد.



شکل ۳- مقایسه میانگین طول عمر حشرات کامل ماده زنبور پارازیتوییید *Encarsia berlesei* در حضور و عدم حضور پوره‌های سن دوم سپردار توت در شرایط آزمایشگاهی

Figure 3. Comparison of mean longevity of *Encarsia berlesei* adult females in the presence and absence of second instar *Pseudaulacaspis pentagona* under laboratory conditions



شکل ۴- روند پارازیتیسم روزانه (میانگین ± خطای معیار) زنبور پارازیتوییید *Encarsia berlesei* روی پوره‌های سن دوم سپردار توت در شرایط آزمایشگاهی

Figure 4. Trend of daily parasitism (mean ± SE) of the parasitoid wasp *Encarsia berlesei*, on second instar *Pseudaulacaspis pentagona* under laboratory conditions

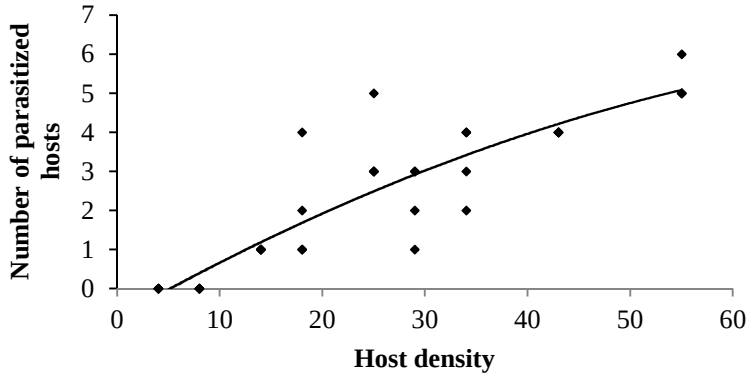
واکنش تابعی زنبور به پوره‌های سن دوم سپردار

فراسنجه‌های حاصل از برقراری رگرسیون لجیستیک بین تراکم‌های مختلف پوره‌های سن دوم سپردار توت (میزبان) و تعداد میزبان‌های پارازیته شده توسط زنبور ماده *E. berlesei* (پارازیتویید) در جدول ۱ ارایه شده‌اند. علامت شیب قسمت خطی منحنی لجیستیک مثبت بود و مقدار آن ۰/۴۱۳۸ محاسبه شد. مثبت بودن علامت شیب این قسمت به منزله آن است که واکنش تابعی زنبور پارازیتویید به تراکم‌های مختلف پوره سن دوم سپردار توت، از نوع سوم بوده است. به عبارت دیگر، این پارازیتویید نسبت به تراکم‌های مختلف پوره سن دوم آفت به صورت وابسته به تراکم عمل نمود و با افزایش تراکم میزبان در یک محدوده معین، درصد پارازیتیسم خود را افزایش داد. این موضوع در برهمکنش بین پارازیتویید و میزبان امتیازی مثبت تلقی می‌شود و چنین پارازیتوییدهایی معمولا در مهار جمعیت میزبان خود موفق‌تر خواهند بود. قدرت جستجوگری (a) زنبور پارازیتویید برابر با ۰/۰۰۰۰۵۷ ± ۰/۰۰۰۳، زمان دستیابی به میزبان (T_h) برابر با ۰/۵۲۰ ± ۳/۶۹۵ ساعت، حداکثر نرخ حمله (T/T_h) مساوی ۶/۵ و ضریب تبیین (R^2) مساوی ۰/۸۰۸۷ به دست آمدند. منحنی‌های تعداد و درصد میزبان‌های پارازیته شده توسط زنبور پارازیتویید *E. berlesei* در تراکم‌های مختلف پوره سن دوم سپردار توت در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- فراسنجه‌های به دست آمده از برازش رگرسیون لجیستیک بین تراکم‌های مختلف پوره سن دوم سپردار توت (میزبان) و درصد پارازیتیسم زنبور پارازیتویید *Encarsia berlesei*

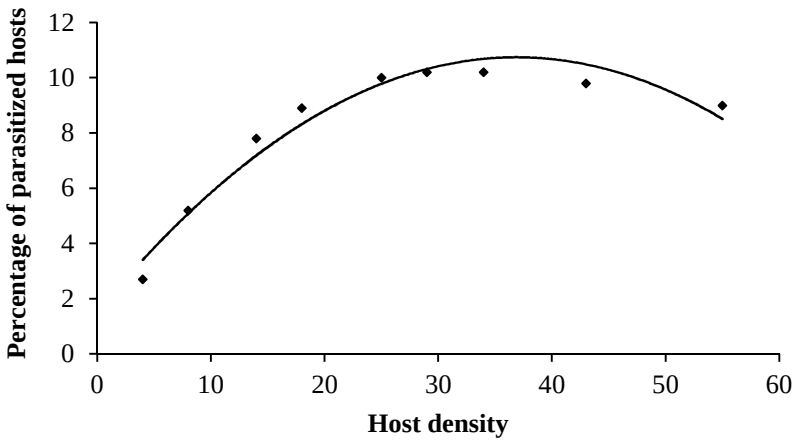
Table 1. Parameters obtained from the logistic regression line plotted between the different densities of second instars of *Pseudaulacaspis pentagona* (the host) and percent parasitism of the parasitoid wasp *Encarsia berlesei*

Prey	Parameter	Estimated amount	SE	χ^2	P
Second instar	Constant	-6.3739	1.8644	14.68	0.0006
	Linear (N_0)	0.4138	0.1907	6.39	0.0300
	Quadratic (N_{02})	-0.0125	0.00603	5.72	0.0386
	Cubic (N_{03})	0.000115	0.000058	4.18	0.0489



شکل ۵- منحنی واکنش تابعی زنبور پارازیتویید *Encarsia berlesei* نسبت به تراکم‌های مختلف پوره سن دوم سپردار توت

Figure 5. Functional response curve of the parasitoid wasp *Encarsia berlesei*, to different densities of the second instar of *Pseudaulacaspis pentagona*



شکل ۶- درصد پارازیتیسم پوره‌های سن دوم سپردار توت (میزبان) توسط زنبور پارازیتویید *Encarsia berlesei* در تراکم‌های مختلف میزبان

Figure 6. Percentage of parasitism of the second instars of *Pseudaulacaspis pentagona* by the parasitoid wasp *Encarsia berlesei*, at different densities of the host

بحث

در آزمون غیرانتخابی، علایم پارازیته شدن روی پوره سن اول مشاهده نشد، ولی پوره‌های سن دوم و سپردارهای ماده این علایم را از خود نشان دادند. یزدانی بدابی و همکاران (Yazdani Badabi *et al*., 2015) پارازیته شدن پوره‌های سن اول سپردار توت را گزارش کرده‌اند که با نتایج بررسی حاضر و نیز حبیبیان (Habibian, 1991) و تک‌سخن (Taksokhan, 1999) در تضاد می‌باشد. متحرک بودن و جثه کوچک‌تر پوره‌های سن اول می‌توانند از دلایل عدم ترجیح یا ترجیح کم‌تر آن‌ها توسط این پارازیتویید باشند. پارازیته شدن پوره‌های سن اول سپردارها در گزارش‌های دیگری نیز دیده می‌شوند. به عنوان مثال، پارازیته شدن ۶۴/۷۵ درصدی پوره‌های سن اول سپردار مخروطیان (*Nuculaspis abietis* (Schrank)) در ایران توسط حشرات کامل نسل اول بهاره‌ی زنبور پارازیتویید *Aspidiotiphagus citrinus* (Crawford) گزارش شده است. حشرات کامل نسل تابستانه نیز پوره‌های سن دوم را پارازیته نمودند (Rasekh *et al*. 2011). درصد پارازیتیسم روی پوره‌های سن دوم از سایر مراحل نشوونمایی بیش‌تر بود. در آزمون انتخابی نیز علایم پارازیته شدن فقط روی پوره‌های سن دوم و سپردارهای ماده مشاهده شدند و درصد پارازیتیسم روی پوره‌های سن دوم به طور معنی‌داری بیش‌تر بود. نتایج فوق بیان‌گر این نکته هستند که در مهار زیستی آفت فوق، زمان رهاسازی زنبور پارازیتویید *E. berlesei* بسیار مهم می‌باشد و زمانی‌که سپردار در مرحله پوره سن اول باشد، این پارازیتویید قادر نیست آن را پارازیته کند، بنابراین، عملیات رهاسازی بی‌نتیجه خواهد بود. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، بهترین زمان استفاده از پارازیتویید مذکور زمانی است که سپردار در مرحله پوره سن دوم باشد. نتایج یزدانی بدابی و همکاران (Yazdani Badabi *et al*., 2015) نیز این امر را تایید می‌کنند.

در پژوهش حاضر، میانگین طول عمر زنبور پارازیتویید در عدم حضور میزبان (پوره سن دوم) ۱۰ روز و در حضور میزبان ۴ روز محاسبه شد. طول عمر حشرات کامل پارازیتویید به صورت مستقیم با تولید مثل آن‌ها مرتبط می‌باشد. برای مثال، در یک بررسی قرار دادن عسلک پنبه (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) در اختیار زنبور پارازیتویید *Encarsia deserti* (Gerling & Rivnay) موجب کاهش طول عمر ماده‌های تخمگذار شد (Gerling, 1990). تخمگذاری حشرات ماده احتمالا موجب کاهش انرژی و در نتیجه کوتاه شدن طول عمر آن‌ها می‌شود (Matsuka *et al*., 1982).

تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط *E. berlesei* در روزهای اول عمر روندی افزایشی، و در روزهای آخر روندی کاهشی داشت. بیش‌ترین تعداد تخم گذاشته شده در اواسط عمر این زنبور بود. به نظر می‌رسد که زنبور پارازیتویید در این مطالعه قادر نبود بلافاصله پس از ظهور به جستجوی میزبان یا بستری مناسب برای تخمگذاری بپردازد و به اندک زمانی نیاز داشت تا چنین رفتاری را از خود بروز دهد. احتمالا در این بازه زمانی، سلول‌های عصبی بویایی موجود در گیرنده‌های حسی از لحاظ ریخت‌شناختی و بیوشیمیایی به طور کامل به بلوغ می‌رسند و حساسیتشان به بوهای متصاعد شده از میزبان به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد (Schweitzer *et al*., 1976). این موضوع را می‌توان دلیل این روند تخمگذاری در روزهای اول عمر دانست. کاهش یافتن انرژی حشرات ماده به علت تخمگذاری (Matsuka *et al*., 1982) را می‌توان دلیل روند کاهشی در روزهای آخر عمر این پارازیتویید عنوان کرد.

بر اساس بررسی‌های ویجیانی (Viggiani, 1984)، تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط چند گونه زنبور پارازیتویید مختلف از جنس *Encarsia* به این صورت گزارش شده است: *E. formosa* Gahan در حضور میزبان خود یعنی سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)) ۳۰ عدد، *E. lahorensis* (Howard) روی *Dialeurodes citri* (Ashmead) ۳۲ عدد، و گونه *E. pergandiella* Howard روی سفیدبالک گلخانه، ۴۸/۵ عدد. تعداد تخم‌های گذاشته شده طی زندگی زنبور پارازیتویید *E. berlesei*، ۲۵ (Habibian, 1991) تا ۵۰ عدد (Taksokhan, 1999) گزارش شده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش با میانگین نتایج به دست آمده در پژوهش‌های مذکور مطابقت دارند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که واکنش تابعی زنبور پارازیتویید *E. berlesei* نسبت به پوره‌های سن دوم سپردار توت از نوع سوم (III) بود و با مدل سوم راجرز مطابقت داشت. در واکنش تابعی، هرگاه پارازیتیسم به صورت وابسته به تراکم میزبان تغییر کند، پارازیتویید بهتر می‌تواند جمعیت میزبان را تنظیم نماید و از آنجا که فقط در واکنش تابعی نوع سوم و در محدوده معینی از تراکم میزبان، چنین اتفاقی می‌افتد، بنابراین می‌توان واکنش تابعی نوع سوم را ویژگی مطلوب‌تری برای یک پارازیتویید در نظر گرفت (Fathipour *et al*., 2003). به طور کلی، در واکنش تابعی نوع سوم دشمن طبیعی قادر است با افزایش تراکم طعمه (میزبان) تا سطح خاصی، قدرت جستجوگری را افزایش دهد (Begon *et al*., 1996). این ویژگی را می‌توان دلیل کارایی بیش‌تر واکنش تابعی نوع سوم دانست. با وجود این، یزدانی بدابی و همکاران (Yazdani Badabi *et al*., 2015) واکنش *E. berlesei* به پوره‌های سن دوم این سپردار را از نوع دوم گزارش کرده‌اند. عوامل متعددی می‌توانند در نوع واکنش تابعی، قدرت جستجوگری و زمان دستیابی پارازیتویید به میزبان نقش داشته باشند که از آن جمله می‌توان به اندازه و کیفیت میزبان، میزبان گیاهی موجود در محل فعالیت پارازیتویید و میزبان، سن پارازیتویید و دما اشاره کرد (Fathipour *et al*., 2003). در سایر بررسی‌ها، واکنش تابعی پارازیتوییدهای دیگری مانند *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead)، به صورت انفرادی از نوع سوم و به صورت گروهی از نوع دوم (Montory *et al*., 2000)، گونه‌های *Lysiphlesbus testaceipes* (Cresson) و *Aphidius colemani* Viereck از نوع سوم (Jones *et al*., 2003)، گونه *Trissolcus grandis* (Thomson) با تاثیر رقم گندم مقاوم (فلات) از نوع دوم و با تاثیر رقم حساس سرداری از نوع سوم (Fathipour *et al*., 2000)، زنبور *Trichogramma embryophagum* (Hartig) از نوع سوم (Fathipour *et al*., 2003)، و زنبور *Bracon hebetor* Say در سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب از نوع دوم، سوم و دوم (Alikhani *et al*., 2010) گزارش شده‌اند که نشان می‌دهند واکنش تابعی بیش‌تر پارازیتوییدها از نوع سوم و در مواردی هم از نوع دوم هستند که مدل واکنش تابعی در پژوهش حاضر (نوع سوم) با نتیجه بیش‌تر آن‌ها منطبق بود. با توجه به تضاد نتایج حاضر

با نتایج یزدانی بدابی و همکاران (Yazdani Badabi *et al*., 2015) که هر دو روی همین پارازیتویید و میزبان و در منطقه شمال کشور انجام شده‌اند، بررسی علت (های) پیدایش این تناقض می‌تواند در آینده مورد بررسی قرار گیرد، هر چند، هر دو پژوهش به ترجیح پوره‌های سن دوم سپردار برای پارازیتویید اشاره دارند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌جهت حمایت مالی و تجهیزاتی برای انجام این مطالعه سپاس و قدردانی به عمل می‌آید. همچنین، از مدیریت حفظ نباتات سازمان جهاد کشاورزی گلستان به خاطر فراهم آوردن امکانات آزمایشگاهی و صحرایی برای انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود. از دکتر اندرو پولاسزک از موزه تاریخ طبیعی بریتانیا (لندن) به خاطر تایید گونه زنبور پارازیتویید و همچنین ارسال مقالاتی از جانب ایشان، سپاسگزاری می‌شود.

References

Abd-Rabou, S., Ghahari, S., Myartseva, S. N. and Ruíz-Cancino, E. 2013. Iranian Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). **Journal of Entomology and Zoology Studies** 1(4): 116-140.

Alhoseini, S. H. 1998. Taxonomic studies of white peach scale parasitoids and biology of the dominant species in west Mazandaran. MSc. thesis. The University of Tehran.

Alikhani, M., Hassanpoor, M., Golizadeh, A., Rafiee Dastjerdi, H. and Razmjoo, J. 2010. Effect of temperature on functional response of *Habrobracon hebetor* in relation to *Anagasta kuehniella*. Proceeding of 19th Iranian Plant Protection Congress. 31 July-3 August, Tehran, pp. 48.

Battaglia, D., di Leo, A., Malinconico, P., Rotundo, G. and di Leo, A. 1994. Osservazioni sulla cocciniglia bianca del pesco e del gelso in Basilicata. **Informatore Agrario** 50(3): 77-80.

Begon, M., Harper, J. R. and Townsend, C. R. 1996. Ecology: Individual, Population and Communities. Blackwell Science Ltd. 1068 pp.

Fadeev, Y. U. and Izhevskii, S. S. 1981. Introduction of beneficial organisms. **Zashchita-Rastenii** 7: 18-19.

Fathipour, Y., Kamali, K., Khalghani, G. and Abdolahi, GH. A. 2000. Functional response of *Trissolcus grandis* to different egg densities of *Eurygaster integriceps* and effects of different wheat genotypes on it. **Plant Pests and Diseases** 68(1): 121-136. (In Farsi)

Fathipour, Y., Haghani, M., Attaran, M. R., Talebi, A. A. and Moharamipour, S. 2003. Functional response of *Trichogramma embryophagum* on two types of laboratory hosts. **Journal of Entomological Society of Iran** 23(1): 41-51. (In Farsi)

Fathololumi, Y. 1982. Control methods of white peach scale. Journal of Extensional Education, Sericulture Corporation of Iran. 15 pp. (In Farsi)

Gardonna, A. P. and Viggiani, G. 1988. Observations on the White peach scale (*Pseudaulacaspis pentagona* Targ.-Tozz.) and its natural enemies in Campania. **Annali della Facolta di Scienze Agrarie della Universita degli Studi di Napoli** 22: 1-10.

Gerling, G. 1990. Natural enemies of whiteflies: predators and parasitoids. In: Gerling, G. (Ed.) Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. Intercept Ltd. Andover. pp. 147-186.

Graora, D. and Spasić, R. 2008. Natural enemies of *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) in Serbia. **Pesticides and Phytomedicine (Beograde)** 23: 11-16.

Gurkan, S. 1982. Investigations on the bioecology of *Pseudaulacaspis pentagona* Targ., a pest of peach and mulberry in the Marmara Region. **Bitki Koruma Bulteni** 22(4): 179-197.

Habibian, A. 1984. Consideration of biological control of white peach scale. Final report of research project, Publication of Laboratory of Plant Pests and Diseases of Guilan. 47- 59. (In Farsi)

Habibian, A. 1991. Some studies on *Prospaltella berlesei* in Guilan province. **Applied Entomology and Phytopathology** 58(1): 69-77. (In Farsi)

Jones, D. B., Giles, K. L., Berberet, R. C., Royer, T. A., Ellioti, N. C. and Payton, M. E. 2003. Functional responses of an introduced parasitoid and an indigenous parasitoid on green bug at four temperatures. **Environmental Entomology** 32(3): 425-432.

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. pp. 178-216.

Kozarzvskaja, E. and Mihajlovic, L. 1983. Biological characteristics of the mulberry scale (*Pseudaulacaspis pentagona*) and its parasites (Chalcidoidea) in Belgrade. **Zastita Bilja** 34(1): 59-75.

Matsuka, M., Watanabe, M. and Niijima, K. 1982. Longevity and oviposition of *Vedalia* beetles on artificial diets. **Environmental Entomology** 11: 816-819.

Mohammed, E., Ülgentürk, S., Uygun, N., Garonna, A. P., Szentkiralayi, F., Fent, M. and Hayat, M. 2016. The distribution, host plants and natural enemies of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae), in Ankara province. **Munis Entomology and Zoology** 11(2): 650-656.

Montory, P., Liedo, P., Benery, B., Barrera, J. F., Cancino, G. and Aluja, M. 2000. Functional response and superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Annals of the Entomological Society of America** 93(1): 47-54.

Parra, J. R. P. 2014. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola** 71(5): 345-355.

Polaszek, A., Abd-Rabou, S. and Huang, J. 1999. The Egyption species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae): a preliminary review. **Zoologische Mededelingen** 73(6): 131-164.

Rajabi, Gh. 1989. Insects Attacking Rosaceous Fruit Trees in Iran. Publication of Plant Pests and Diseases Research Institute, Tehran. 256 pp. (In Farsi)

Rasekh, A., Michaud, J. P. and Barimani Varandi, H. 2011. Biology of the conifer needle scale, *Nuculaspis abietis* (Hemiptera: Diaspididae), in northern Iran and parasitism by *Aspidiotiphagus citrinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). **European Journal of Entomology** 108(1): 79-85.

SAS Institute. 2001. PROC User's Manual, Version 6.01. SAS Institute, Cary, NC.

Schweitzer, E. S., Sanes, J. R. and Hildebrand, J. G. 1976. Ontogeny of electroantennogram responses in the moth, *Manduca sexta*. **Journal of Insect Physiology** 22: 955-960.

Taksokhan, M. R. 1999. Mulberry white scale and its biological control in mulberry orchards of Guilan Province. Number 11, Publications of Agricultural Education. (In Farsi)

Viggiani, G. 1984. Bionomics of the Aphelinidae. **Annual Review of Entomology** 29: 257-276.

Yazdani Badabi, S. E., Sahragard, A. and Karimi-Malati, A. 2015. Functional response of *Prospaltella berlesei* Howard (Hym.: Aphelinidae) on varying densities of different instars of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Tsrgioni (Hem.: Diaspididae). **Plant Pests Research** 4(4): 49-60. (In Farsi)

Zomorrodi, A. 1991. Sanitation of the Iranian Agricultural Plants and Products. Diba Publication. Tehran, 598 pp. (In Farsi)

Plant Pest Research
2018- 8(1):15-27

Percentage parasitism, adult longevity and daily parasitism of the parasitoid wasp, *Encarsia berlesei* on white peach scale *Pseudaulacaspis pentagona*, and its functional response to second instars of the scale insect

P. Ali Akbar Aghadokht[1], M. H. Sarailoo[1*] and M. Yazdanian[1]
1. Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: March 12, 2018 - Accepted: May 22, 2018)

Abstract
The Mulberry white scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ.-Tozz.) is a polyphagous pest with a wide range of hosts and is one of the most important pests of mulberry trees in Northern provinces of Iran. It is said to be one of the restricting factor in commercial sericulture. In the present study, efficacy of the specialist parasitoid wasp of this pest, *Encarsia berlesei*, was investigated under three distinct experiments: (1) percentage parasitism on different developmental stages of the host (choice test *vs* no-choice test); (2) adults' longevity, daily and overall mean rate of parasitism; and (3) functional response to host density changes. In no-choice test, the average parasitism in the presence of first and second instars and adult female were 0.0%, 11.02% and 3.84%, respectively. In choice test, the mean parasitism in the presence of second instars and adult females were as 10.26% and 2%, respectively. Mean longevity of adults in the presence and absence of the host were 4 and 10 days, respectively. The egg laying had an ascending order in early period and a descending order in the late period of adult stage. Overall, the mean parasitism was 28.4 hosts per female parasitoid. The wasp parasitism rate followed a type III functional response. The searching efficiency was 0.0003 ± 0.000057h^{-1} and the handling time was 3.695 ± 0.520 h. According to the results, especially considering the adult parasitoid longevity, it seems that *E. berlesei* is an efficient natural enemy for biological control of the Mulberry white scale.

Key words: Parasitoid, Scale insect, Searching efficiency, Choice and no-choice tests

*Corresponding author: sarailoo@gau.ac.ir