نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۷۱۷-۷۰۹

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 4, Winter 2017, P. 709-717

اثر رژیم غذایی بید آرد بر برخی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید آن، *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae)

پریا سلطانی نژاد[۱]- اصغر شیروانی[۲*]- مریم راشکی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۰۸/۱۵

چکیده

زنبور پارازیتوییید (*Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae از نظر فناوری تولید انبوه، وسعت کاربرد، انتشار وسیع جغرافیایی و استعداد بی‌نظیر در سازگاری نسبت به شرایط مختلف اقلیمی، دارای جایگاه ممتازی است و به راحتی روی بید آرد *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae)، پرورش داده می‌شود. به منظور بهینه‌سازی پرورش انبوه زنبور پارازیتوییید، تأثیر رژیم‌های غذایی بید آرد (رژیم I- آرد گندم، سبوس، آرد ذرت، مخمر نان و گلیسرین؛ رژیم II- آرد گندم، سبوس، آرد جو، مخمر و گلیسرین؛ رژیم III- آرد جو، مخمر نان و گلیسرین و رژیم IV- آرد گندم، آرد جو و آرد ذرت) بر شایستگی زنبور پارازیتوییید، در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی در نسل دوم و چهارم مطالعه شد. بر اساس نتایج، تیمار II، و III، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پارازیتیسم را در نسل چهار داشتند. درصد ظهور افراد کامل پارازیتوییید در تیمارهای III و II در نسل چهارم نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. به طور جداگانه در هر دو نسل (نسل دوم و چهارم) مورد مطالعه، نسبت جنسی زنبورهای ماده تفاوت معنی‌داری در تیمارهای مختلف نداشت. تیمار II باعث افزایش طول دوره زندگی و نرخ پارازیتیسم زنبور شد که با استناد به نتایج، تیمار II برای پرورش زنبور پارازیتوییید *T. brasiccae* پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آرد گندم، پارازیتیسم، طول دوره زندگی، کنترل بیولوژیک

مقدمه

پارازیتوییدها به لحاظ تنوع، تخصصی بودن و توانایی مهار آفات در بسیاری از اکوسیستم‌های زراعی دارای اهمیت هستند. این حشرات مفید جمعیت آفات و در نتیجه خسارات ناشی از آن‌ها را کاهش می‌دهند و از طغیان آن‌ها جلوگیری می‌کنند. در بین آن‌ها پارازیتوییدهای تخم، مانند گونه‌های جنس *Trichogramma* spp. به دلیل کنترل آفت در همان مراحل ابتدایی و قبل از هر گونه خسارت، موقعیت ممتازی در میان سایر پارازیتوییدها دارند (۱۱). زنبور *Trichogramma brassicae* (Bezdenko) (Hym.: Trichogrammatidae) در وحلهٔ اول پارازیتوییید تخم شب‌پره‌ها و روزپرک‌ها هستند، اما برخی گونه‌ها، تخم‌های سوسک‌ها، دوبالان، سن‌های حقیقی و سایر پارازیتوییدها را نیز پارازیته می‌کنند (۲۴). این پارازیتوییدها به طور گسترده در مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج (آفت کلیدی محصول برنج) و در سطوح نسبتاً محدودتری برای کنترل کرم قوزه پنبه، کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، کرم گلوگاه انار و کرم سیب استفاده می‌شوند. خوشبختانه این پارازیتوییدها با پذیرش میزبان‌های آزمایشگاهی از قبیل بید آرد، بید غلات، بید برنج، شب‌پره‌ی هندی و موم‌خوار زنبورعسل، به راحتی با کمترین امکانات و تجهیزات، در شرایط کنترل شدهٔ آزمایشگاهی پرورش داده می‌شوند (۸، ۱۱ و ۳۷).

عوامل متعددی می‌توانند ویژگی‌های زیستی زنبورهای جنس *Trichogramma* spp. را تحت تأثیر قرار دهند، که از مهمترین این عوامل می‌توان به گونه میزبان، سن تخم و شرایط فیزیکی محیط زندگی میزبان اشاره کرد. اگر تخم‌های میزبان به صورت یک بستر یا محیط غذایی برای رشد و نمو زنبور پارازیتوییدها در نظر گرفته شوند، اندازه و کیفیت تخم میزبان مورد نظر، تأثیر قابل توجهی می‌تواند بر شایستگی‌های زنبور پارازیتوییید داشته باشد. این مهم می‌تواند باعث اختلاف در ترجیح و انتخاب تخم‌های میزبان با کیفیت متفاوت، توسط این زنبور پارازیتوییید و تخم‌ریزی در آن‌ها شود (۱).

پرورش حشرات در انسکتاریوم‌ها بطور معمول به چهار طریق

۱ و ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار بخش گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: (Email: shirvanias@yahoo.com
۳- استادیار گروه تنوع زیستی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان

DOI: 10.22067/jpp.v30i4.53205

انجام می‌شود که شامل استفاده از ۱- گیاهان زنده، ۲- قسمت‌های گیاهی برداشت شده، ۳- غده‌ها، میوه‌ها یا سایر محصولات گیاهی و ۴- رژیم‌های غذایی آماده شده می‌باشد. رژیم‌های غذایی تهیه شده آسان‌ترین و راحت‌ترین منابع غذایی هستند و مشکلات مربوط به استفاده از گیاهان زنده و قسمت‌های مختلف گیاهی را ندارند؛ با این حال تهیه رژیم‌های غذایی برای حشرات مشکل پسند و حساس بسیار دشوار است. بنابراین، در هنگام تهیه رژیم‌های غذایی توجه به کیفیت و کمیت غذا بسیار اهمیت دارد؛ به عبارت دیگر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی رژیم غذایی حائز اهمیت زیادی است (۱۲). در حال حاضر، تخم بید آرد *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae)، به عنوان یک میزبان واسط برای زنبورهای پارازیتویید جنس *Trichogramma* spp. در واحدهای پرورش انبوه استفاده می‌شود (۴۲). تحقیق دیگر، اهمیت تخم بید آرد در مقایسه با رژیم‌های مصنوعی دیگر را برای پرورش سن شکارگر *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae) نشان داد (۷). گرچه بید آرد هم از غلات پودر شده و هم سالم تغذیه می‌کند، اما غلات پودر شده را ترجیح می‌دهد (۳۶). اثر ارقام مختلف جو (۶)، گندم سیاه (۴۴) و مخلوط آرد گندم در ترکیب با سایر افزودنی‌ها (۳۱، ۳۵ و ۴۵) به عنوان بستر پرورش بید آرد بر شایستگی زنبور پارازیتویید مطالعه شده است. بررسی اثر ارقام مختلف گندم روی بید آرد نشان داد که طولانی‌ترین و کوتاهترین مراحل رشد و نمو به ترتیب روی ارقام پیشتاز و پارسی و بیشترین و کمترین میزان باروری به ترتیب روی ارقام پارسی و زرین می‌باشد (۴۰). مطالعه کیفیت غذای میزبان و اثر آن بر سطح سوم تغذیه‌ای، پارازیتویید، نشان داده است که برهمکنش معنی‌داری بین نوع رژیم غذایی و پارازیتویید وجود دارد (۳۱).

مطالعات نشان داده است که کمیت و کیفیت مواد غذایی میزبان بر دوره رشد، اندازه افراد بالغ، طول عمر، زادآوری و نسبت جنسی زنبورهای پارازیتویید تأثیر می‌گذارد (۴۱). با توجه به اینکه در روش‌های مرسوم پرورش زنبور پارازیتویید *T. brassicae* از تخم بیدآرد استفاده می‌شود و به دلیل بالا بودن قیمت، تولید این میزبان برای تولیدکنندگان اقتصادی نمی‌باشد لذا هدف از این تحقیق ارزیابی اثر رژیم‌های غذایی مختلف بیدآرد *E. kuehniella* بر تولیدمثل و پارامترهای زیستی زنبور پارازیتویید *T. brassicae*، برای بهینه سازی روش‌های پرورش و تولید انبوه زنبور پارازیتویید *T. brassicae* در راستای ارتقاء و مقرون به صرفه بودن برنامه کنترل بیولوژیک آفات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش بید آرد *E. kuehniella*

برای ایجاد کلونی بید آرد، تخم‌های همسن از مرکز تحقیقات مشهد تهیه شد. این تخم‌ها تا آماده‌سازی بستر پرورش، در دمای چهار درجه سلسیوس نگه‌داری شدند. تشت‌هایی به ابعاد ۴۰ × ۱۳ سانتی‌متر تهیه و ضدعفونی شد. برای بررسی پارامترهای زیستی زنبور از چهار رژیم غذایی مختلف استفاده شد که عبارت بودند از: رژیم I- آرد گندم، سبوس، آرد ذرت، مخمر نان و گلیسرین، به ترتیب با نسبت‌های ۴۱/۵٪، ۲٪، ۴۳/۵٪، ۳٪ و ۱۰٪؛ رژیم II- آرد گندم، سبوس، آرد جو، مخمر و گلیسرین، به ترتیب با نسبت‌های ۴۱/۵٪، ۲٪، ۴۳/۵٪، ۳٪ و ۱۰٪؛ رژیم III- آرد جو، مخمر نان و گلیسرین، به ترتیب با نسبت‌های ۸۷٪، ۳٪ و ۱۰٪ و رژیم IV- آرد گندم، آرد جو و آرد ذرت، به ترتیب با نسبت‌های ۳۳٪، ۳۳٪ و ۳۳٪ (۳۶).

چهار رژیم مذکور در دستگاه آون با درجه حرارت ۵۱ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت استریل شدند و پس از رسیدن به دمای اتاق، در تشت ریخته شدند. سپس ۰/۸ گرم تخم *E. kuehniella* (هم‌سن)، روی سطح چهار کیلوگرم از مخلوط آرد داخل تشت پاشیده و سطح آن با پارچه تیره پوشانده شد. تشت‌ها در شرایط استاندارد (دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد، با دوره نوری ۱۴:۱۰ ساعت (تاریکی: روشنایی) نگهداری و بعد از ۳۵ الی ۴۰ روز افراد بالغ ظاهر شدند.

روزانه حشرات بالغ توسط دستگاه آسپیراتور، بطور جداگانه از سطح رژیم‌های مختلف جمع‌آوری شدند. سپس در قیف‌هایی به قطر ۲۰ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر (دهانه‌ی قیف‌ها حاوی توری) قرار گرفتند و به مدت چهار روز، برای جمع‌آوری تخم‌ها نگه‌داری شدند. قیف‌ها روی پایه‌هایی به ارتفاع پنج سانتی‌متر قرار گرفتند در حالی‌که در زیر آن‌ها قطعه‌ای کاغذ سفید برای جمع‌آوری تخم‌ها گذاشته شده بود. تخم‌ها روزانه از روی کاغذها جمع‌آوری و برای بررسی بیولوژی زنبورهای پارازیتویید استفاده شدند.

پرورش زنبور پارازیتویید *T. brassicae*

برای پرورش زنبور پارازیتویید، پیش‌شفیره‌های زنبور (پرورش یافته روی میزبان واسط *Sitotroga cerealella* Oliv.) از مجتمع آزمایشگاهی سبزآزمای سپاهان اصفهان تهیه شد. کارت‌های حاوی پیش‌شفیره زنبور پارازیتویید درون قفس‌هایی به ابعاد ۲۵ × ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر قرار داده شدند و یک نسل روی بید آرد پرورش داده و سپس برای آزمایشات استفاده شدند. تمام اضلاع قفس، به جز یک ضلع آن که مقابل نور قرار داشت (ضلع مقابل نور با طلق شفاف محصور شد)، با پارچه تیره پوشانده شد. بعد از خروج زنبورها از تخم، به مدت یک روز حشرات کامل با محلول آب و عسل ۲۰٪ تغذیه و سپس از روز دوم با تخم‌های یک روزه و عقیم شدهٔ بید آرد (جهت جلوگیری از تفریخ تخم‌ها) تغذیه شدند. تخم‌های میزبان، به مدت چهار ساعت در دمای ۱۵- درجه سلسیوس عقیم و با استفاده از چسب

سریش روی کارت‌هایی به ابعاد ۱۵ × ۷ سانتی‌متر چسبانده شدند. کارت‌های حاوی تخم بید تازه بعد از ۲۴ ساعت تعویض و در ظرف استوانه‌ای پلاستیکی جداگانه (قطر هشت سانتی‌متر و ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر) که با پارچه‌ای، درب آن پوشیده شده بود در شرایط دمایی ۱±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد، با دوره نوری ۱۴:۱۰ساعت (تاریکی : روشنایی) نگهداری و تخم‌های تازه، مجددا در اختیار زنبور گذاشته شدند. تا زمانی که زنبور زنده در قفس موجود بود، تخم بید آرد نیز در اختیار آن‌ها قرار گرفت.

اثر رژیم‌های غذایی مختلف میزبان بر شایستگی زنبور پارازیتوئید *T. brassicae*

برای شروع آزمایش‌ها، ۱۰ گروه (تکرار) شامل ۴۰ زنبور ماده (جمعاً ۴۰۰ زنبور) از زنبورهای پرورش یافته روی هر رژیم، انتخاب و در ظرف‌هایی استوانه‌ای به قطر ۱/۵ و ارتفاع ۵/۵ سانتی‌متر، قرار داده شدند. درب ظرف‌ها سوراخ و توسط پارچه‌ای پوشانده شد. سپس واحدهای آزمایش در شرایط استاندارد به مدت هفت روز نگه‌داری شدند. هر روز تعداد ۲۰۰ تخم (۰/۰۰۴۴ گرم) یک روزه و عقیم شدهٔ بید آرد با استفاده از چسب سریش روی کارت‌هایی به ابعاد ۱/۳ × ۲/۵ سانتی‌متر چسبانده شد و به همراه سه الی چهار قطره از محلول آب و عسل ۲۰٪ در اختیار زنبورهای هر گروه قرار گرفت. کارت‌های حاوی تخم بعد از ۲۴ ساعت از داخل ظرف برداشته و جداگانه در ظرف دیگری (در ظروفی که شرح آن‌ها قبلا داده شد) نگهداری شدند.

روزانه تعداد زنبورهای زنده درون ظرف‌ها به همراه تعداد تخم‌های پارازیته شده روی هر کارت شمارش و ثبت شد. در پایان، پس از مرگ تمام زنبورهای درون ظرف‌ها، تعداد زنبورهای تفریخ شده و تعداد زنبورهای ماده با استفاده از شکل شاخک، در زیر بینوکولار شمارش شد. آزمایشی مشابه نیز در ۱۰ تکرار با زنبورهای نسل چهارم انجام شد، با این تفاوت که در هر تکرار (گروه)، ۲۰ عدد زنبور ماده استفاده شد (هر روز تعداد ۱۰۰ تخم (۰/۰۰۲۲ گرم) در اختیار هر گروه گذاشته می‌شد). کلیه آزمایش‌ها در دمای۱±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد، با دوره نوری ۱۴:۱۰ ساعت (تاریکی : روشنایی) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تمامی داده‌ها در نرم افزار Excel, 2007 آماده شد و سپس با نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تمام داده‌های درصدی با استفاده از arcsine square-root تبدیل شدند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

بر اساس جدول ۱ نتایج نشان داد رژیم‌های غذایی مختلف بید آرد، تفاوت معنی‌دار در درصد پارازیتیسم زنبور پارازیتوییـد نسل دوم ایجاد کرده است. بیشترین میزان پارازیتیسم، مربوط به سه تیمار II، III و IV بوده است (به ترتیب ۰/۰۱۴±۱۱/۷، ۰/۰۲۶±۱۵/۹ و ۰/۰۱۶±۱۵/۲ درصد). که بین سه تیمار مذکور، تفاوت معنی‌داری دیده نشد. تیمار I (۰/۰۱۱±۹/۸ درصد)، کمترین میزان پارازیتیسم را داشت. تیمارهای I و II بیشترین درصد پارازیتیسم را داشتند (به ترتیب ۱/۳۶±۹/۶۹ و ۱/۲۳±۱۱/۰۵ درصد) و مقایسه میانگین‌ها نشان داد این دو تیمار تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. دو تیمار III و IV نیز با هم اختلاف معنی‌داری نداشته و دارای کمترین میزان پارازیتیسم بودند (به ترتیب ۰/۷۰±۵/۵۸ و ۱/۱۲±۶/۳۵ درصد) (جدول ۱).

کیفیت و کمیت مواد غذایی که در معده حشره جذب می‌شود به طور مستقیم بقا و تولید مثل حشره را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۴). یزدانی خوراسگانی و همکاران، در مطالعات خود روی *T. brasssicae* با تغذیه از *S. cerealella*، بیان کردند بین میزان پارازیتیسم تخم‌های میزبان در پنج نسل در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت؛ در بین نسل‌ها، نسل سوم با دارا بودن بالاترین میزان پارازیتیسم (۴۴/۸۶٪) و نسل اول با کمترین مقدار (۹/۴٪)، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشته‌اند؛ میانگین پارازیتیسم در پنج نسل بین ۹/۴ و ۴۴/۸۶ گزارش شد؛ تفاوت این نتایج با داده‌های تحقیق اخیر نیز به دلیل تفاوت در حشره میزبان است (۴۶). واعظ و همکاران نیز نشان دادند *T. brasssicae* تخم‌های *S. cerealella* را به تخم‌های بید آرد ترجیح می‌دهد (۴۳).

نتایج نشان داد رژیم غذایی بر درصد ظهور زنبورهای نسل دوم، اثر معنی‌دار داشت؛ بیشترین درصد ظهور پارازیتوییدها در تیمار I مشاهده شد (۴/۷۸±۶۴/۵). در حالی‌که تفاوت معنی‌دار میان تیمارهای I و III وجود نداشت؛ سه تیمار II ، III و IV در درصد ظهور پارازیتوییدها تفاوت معنی‌دار نداشتند (به ترتیب ۴/۵۷±۴۶/۳۴، ۵/۹۲±۵۵/۴۵ و ۴/۰۳±۴۲/۹۵)؛ حال آنکه تیمار I با دو تیمار II و IV در میزان ظهور پارازیتوییدها تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱). اما اثر رژیم غذایی بر درصد ظهور زنبورهای نسل چهارم، اثر معنی‌داری نداشت و تفاوت معنی‌داری میان کل تیمارهای I، II، III و IV مشاهده نشد. نتایج نسل چهار حاکی از آن بود که اثر رژیم غذایی بر درصد پارازیتیسم زنبور، معنی‌دار است (جدول ۲).

جدول ۱- پارامترهای زیستی نسل دوم زنبور *T. brasiccae*، تغذیه شده از *E. kuehniella* پرورش یافته روی چهار رژیم غذایی مختلف (رژیم I- آرد گندم، سبوس، آرد ذرت، مخمر نان و گلیسرین، رژیم II- آرد گندم، سبوس، آرد جو، مخمر و گلیسرین، رژیم III- آرد جو، مخمر نان و گلیسرین و رژیم IV- آرد گندم، آرد جو و آرد ذرت)

Table 1- The biological parameters of the second generation of *T. brasiccae* fed on *E. kuehniella* reared on four different diets (I- Wheat flour, Wheat bran, Corn flour, Yeast bread and glycerin, II- Wheat flour, Wheat bran, Barley flour, Yeast bread and glycerin, III Barley flour, Yeast bread and glycerin and IV- Wheat flour, corn flour and barley flour)

Diets رژیم‌های غذایی	Daily oviposition تخم‌ریزی روزانه	Life cycle (day) طول دوره زندگی (روز)	Female (%) ظهور افراد ماده (٪)	Parasitoid wasp emergence (%) ظهور زنبورها (٪)	Parasitism (%) پارازیتیسم (٪)
I	1.88±0.33 a	11.98±0.064 b	60.36±4.48 a	64.5±4.78 a	9.8±0.011 b
II	2.31±0.49 a	11.88±0.068 b	60.12±4.76 a	46.34±4.57 b	11.7±0.014 ab
III	1.53±0.18 a	12.31±0.088 a	61.33±4.45 a	55.45±5.92 ab	15.9±0.026 a
IV	2.49±0.45 a	12.08±0.076 b	53.78±4.01 a	42.95±4.03 b	15.2±0.016 a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (آزمون دانکن $P < 0.05$)

Means within a column followed by the same letters are not significantly different (Duncan's test, $P < 0.05$)

جدول ۲- پارامترهای زیستی نسل چهارم زنبور *T. brasiccae*، تغذیه شده از *E. kuehniella* پرورش یافته روی چهار رژیم غذایی مختلف (رژیم I- آرد گندم، سبوس، آرد ذرت، مخمر نان و گلیسرین، رژیم II- آرد گندم، سبوس، آرد جو، مخمر و گلیسرین، رژیم III- آرد جو، مخمر نان و گلیسرین و رژیم IV- آرد گندم، آرد جو و آرد ذرت)

Table 2- The biological parameters of the fourth generation of *T. brasiccae* fed on *E. kuehniella* reared on four different diets (I- Wheat flour, Wheat bran, Corn flour, Yeast bread and glycerin, II- Wheat flour, Wheat bran, Barley flour, Yeast bread and glycerin, III Barley flour, Yeast bread and glycerin and IV- Wheat flour, corn flour and barley flour)

Diets رژیم‌های غذایی	Daily oviposition تخم‌ریزی روزانه	Life cycle (day) طول دوره زندگی (روز)	Female rate (%) ظهور افراد ماده (٪)	Parasitoid wasp emergence (%) ظهور زنبورها (٪)	Parasitism (%) پارازیتیسم (٪)
I	0.70±0.12 ab	12.16±0.02 b	36.98±8.48 a	59.39±10.41 a	9.69±1.36 a
II	0.77±0.07 a	12.36±0.03 a	47.66±5.62 a	69.23±5.43 a	11.05±1.23 a
III	0.57±0.1 ab	12.16±0.02 b	46.54±6.24 a	73.22±4.71 a	5.58±0.7 b
IV	0.42±0.06 b	12.21±0.03 b	47.91±7.85 a	68.16±7.39 a	6.35±1.12 b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (آزمون دانکن $P < 0.05$)

Means within a column followed by the same letters are not significantly different (Duncan's test, $P < 0.05$)

در مطالعات نوگوریا و پارا درصد ظهور حشرات کامل *Trichograrnma pretiosum* Riley در پرورش روی غذای واسط (*E. kuehniella*) با طبیعی ((*Heliothis zea* (Boddie) تفاوتی را نشان نداد (به ترتیب ۴/۶۲±۸۶/۶۶ و ۲/۰۰±۹۵/۰۰) (۳۰)، اندک تفاوت میان نتایج ایشان و تحقیق حاضر می‌تواند از بابت اختلاف در گونه‌ی مورد آزمایش و تراکم زنبور مذکور باشد. چنانکه با همین تفاوت‌ها، گارسیا و تاوارس نیز درصد ظهور افراد کامل *Trichogramma maidis* Pint. et Voeg. حاصل از *E. kuehniella* را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۷۰ درصد، ۸۸/۲ گزارش کرده است (۱۴). به نظر می‌رسد کیفیت ماده غذایی که توسط معده حشره هضم و جذب می‌شود با اثر گذاشتن بر فیزیولوژی حشره آفت باعث می‌شود تا کیفیت تخم گذاشته شده بهتر باشد که این عامل به طور مستقیم سبب جلب و علاقه‌مندی زنبور پارازیتویید به تخمریزی و پارازیته کردن تخم‌های مذکور می‌شود.

اثر رژیم‌های مختلف غذایی بر نسبت جنسی زنبورهای ماده *T. brassicae* در هر دو نسل دوم و چهارم معنی‌دار نبود. نسبت جنسی زنبورهای ماده Hartig *Trichogramma embryophagum* پرورش یافته روی *S. cerealella* و *E. kuehniella* نیز کمتر از نتایج تحقیق حاضر بود (۱۸)، این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در گونه زنبور مورد آزمایش باشد.

پژوهشی دیگر، درصد ظهور افراد ماده زنبور پارازیتوییدِ *T. brassicae* را بیش از ۸۰ درصد بدست آوردند که بیش از نتایج تحقیق حاضر و سایر محققین (۱۳، ۱۹، ۲۷ و ۲۹) بود (۴۳)؛ که نشان می‌دهد نسبت جنسی زنبور پارازیتویید *Trichogramma* بسته به گونه و جمعیت‌های مختلف، نوع، اندازه و سن میزبان، مدت محرومیت از میزبان، عوامل محیطی، تغذیه و غیره متفاوت است (۹، ۱۰، ۱۶، ۲۵، ۲۷، ۳۲ و ۳۷).

تجزیه و تحلیل داده‌ها حاکی از عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای نسل دوم، در میانگین تخم‌ریزی روزانه بود اما در نسل چهار، اثر معنی‌دار داشت. بطوری‌که تیمار II بیشترین (۰/۰۷±۰/۷۷ عدد تخم)، و تیمار IV کمترین (۰/۰۶±۰/۴۲ عدد تخم) میانگین تخم‌ریزی روزانه را داشتند.

ملاطی و همکاران، ۲۰ جفت زنبور تازه تفریخ شده‌ی *T. brassicae* را که با میزبان واسط *S. cerealla* پرورش یافته بودند را بررسی نموده و تعداد کل تخم گذاشته شده توسط یک فرد ماده زنبور را در تیمارهای حاوی عسل، ۶/۳ ±۷۰/۲ عدد گزارش کردند (۲۶). در تحقیقی دیگر، باروری ماده‌های *T. brassicae* تغذیه شده با عسل و ماده‌های بدون تغذیه، به ترتیب ۵۶/۷ و ۱۹/۶ تخم برای زنبور گزارش شد (۴). کریمیان و صحراگرد نشان دادند که تعداد تخم‌های تولید شده به ازای هر فرد ماده *T. brassicae* تغذیه شده با عسل و یا فاقد تغذیه، به ترتیب برابر با ۸۷ و ۵۱/۲۱ است (۲۲). یا در مورد زنبور *T. embryophagum* تعداد تخم‌های تولید شده به ازای هر فرد تغذیه شده با عسل ۴۱/۵ و برای بدون تغذیه‌ها ۱۷/۸ عدد تخم گزارش شد (۳). نتایج مشابهی هم برای گونه‌های مشابه ذکر شده است (۲۰، ۲۷ و ۲۸). در تحقیق حاضر، جمعیت زنبور پارازیتویید و بید آرد، از انستکتاریوم تهیه شد که در آن‌جا برای مدت‌های طولانی روی میزبان‌های خود پرورش یافته بودند. این موضوع می‌تواند تا حدودی کارایی زنبور پارازیتویید *T. brassicae* را کاهش دهد. همچنین اختلاف در نحوه انجام آزمایش‌ها می‌تواند عامل اصلی تفاوت داده‌های تحقیق حاضر با سایر پژوهش‌های ذکر شده باشد.

در این تحقیق، میانگین طول دوره زندگی زنبور پارازیتوییدِ *T. brasicae*، از تخم تا مرگ حشره کامل، روی چهار رژیم مختلف بررسی شد؛ بدین ترتیب در نسل دوم، تیمار III دارای بیشترین میانگین طول دوره زندگی پارازیتویید (۰/۰۸۸±۱۲/۳۱ روز) بود و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت؛ کمترین میانگین طول دوره زندگی، متعلق به تیمارهای I، II و IV و به ترتیب ۰/۰۶۴±۱۱/۹۸، ۰/۰۶۸±۱۱/۸۸ و ۰/۰۷۶±۱۲/۰۸ روز محاسبه شد که با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۱). همچنین اثر رژیم‌های غذایی مختلف بر میانگین طول دورهٔ زندگی زنبورهای نسل چهارم، در نتایج جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین میانگین طول دورهٔ زندگی مربوط به تیمار II (۰/۰۳±۱۲/۳۶ روز) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. سایر تیمارهای I، III و IV تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

طول عمر افراد ماده، شاخص کیفی مهمی در ارزیابی گونه‌های تریکوگراما محسوب می‌شود (۸، ۱۵ و ۲۳). هرچه طول عمر افراد ماده پارازیتویید بیشتر باشد، شانس رویارویی بیشتری با میزبان‌ها خواهند داشت (۳۸) که موجب افزایش درصد پارازیتیسم می‌شود. همچنین، بررسی واعظ و همکاران نشانگر همبستگی معنی‌دار بین زادآوری و طول مرحلهٔ بلوغ افراد ماده پارازیتویید *T. brassicae* بود و می‌تواند تأییدی بر این مسأله باشد (۴۳).

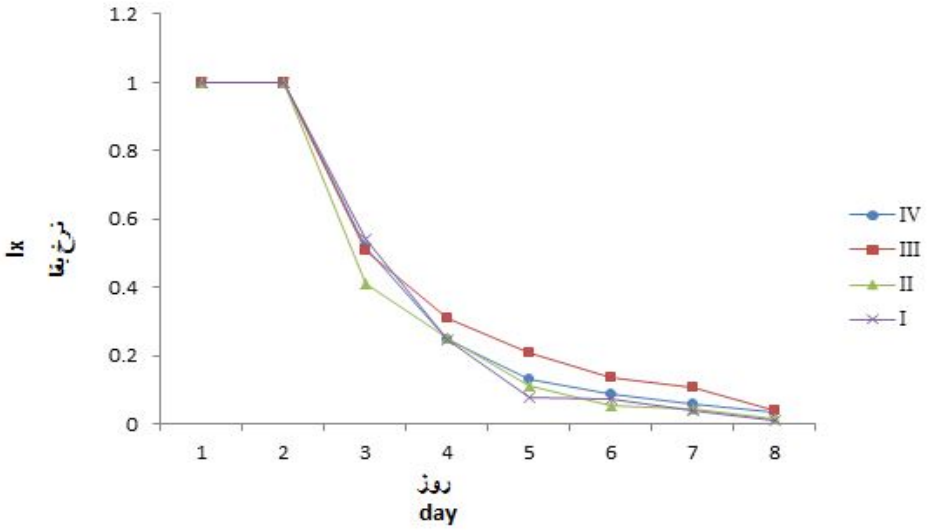
محققین مختلف، طول عمرهای (تخم تا مرگ حشره کامل) متفاوتی برای *T. brassicae* گزارش کرده‌اند که دلایل متعددی برای آن ذکر شده است؛ از آن جمله می‌توان به دما، تغذیه، رطوبت نسبی (۱۷ و ۲۷)، کیفیت تخم میزبان (۴۷) و جثهٔ پارازیتویید (۲۵) اشاره کرد.

دوره رشد و نمو (حشره کامل تا مرگ) *T. brassicae* حاصل از *E. kuehniella* در دمای ۲۷ درجه سلسیوس، ۰/۲۸±۱۰/۱ روز (۴۱) و در دمای ۲۴ درجه سلسیوس معادل ۱±۱۲/۵ روز گزارش شد (۳۰). همچنین طول عمر این گونه بین ۵/۲ تا ۲۱/۳ روز با متوسط ۱۱/۸ روز ثبت شده است (۹). نتایج پژوهش‌های یاد شده، با نتایج تحقیق حاضر، مطابقت دارد. میانگین طول عمر *T. brassicae* روی میزبان *S. cerealella* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۰/۲±۲/۹ روز (۲۰) و برای این زنبور که بر روی تخم‌های دیگر پرورش یافت، ۰/۵±۲/۵ روز تعیین شد (۵)؛ که در مقایسه با نتایج تحقیق حاضر، مناسب بودن بید آرد را نسبت به بید غلات در پرورش زنبور پارازیتویید *T. brassicae* نشان می‌دهد. با این حال، بهبود تغذیه افراد بالغ می‌تواند کیفیت برنامه‌های کنترل بیولوژیک را افزایش دهد؛ چرا که افزایش طول عمر ماده‌ها منجر به تولید بیشتر تخم خواهد شد (۱۹).

بنا به تعریف، نرخ بقاء (*lx*) برابر با نسبت افراد زنده مانده در فاصله سنی x تا x+1، فاصله‌ی بین خروج زنبور از تخم تا مرگ آن می‌باشد (۲). با مطالعه *lx* زنبورهای نسل دوم، این‌طور استنباط شد که شیب روند نزولی نرخ بقاء در تیمار III، نسبت به سایر تیمارها کمتر و در سه تیمار I، II و IV مشابه بوده است (شکل ۱).

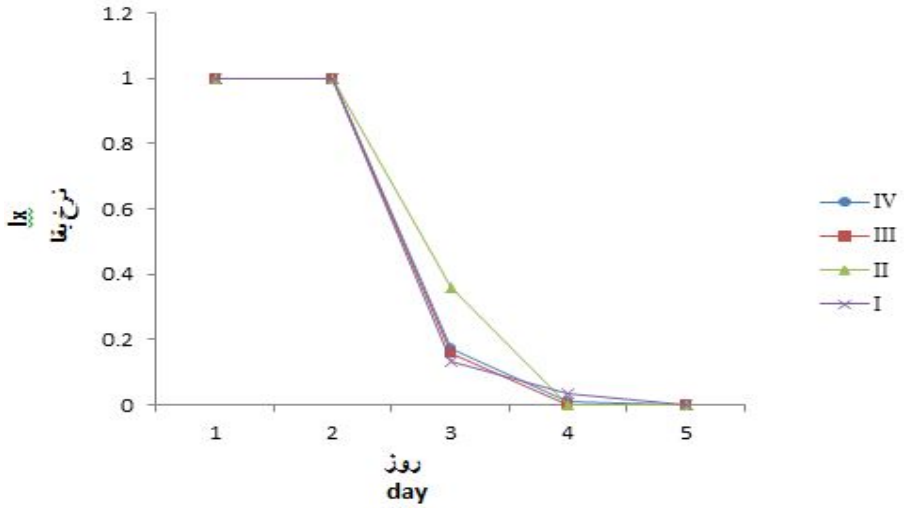
اما همانطور که در نمودار نرخ بقاء زنبورهای نسل چهارم مشاهده شد، روند مرگ در تیمار II، نسبت به سایر تیمارها با شیب تندتری همراه بوده است؛ اما این روند در سه تیمار دیگر مشابه بود (شکل ۲). در نسل دوم، مرگ و میر تا روز هشتم بعد از ظهور افراد بالغ مشاهده نشد. همانطور که روند نرخ بقای زنبورهای بالغ پرورش یافته روی تخم کرم ساقه خوار برنج *Chilo suppressalis* Walker (Lep.:

(Pyralidae) ، روی ارقام مختلف برنج نیز در تمام تیمارها مشابه بود و تا هشت روز پس از ظهور افراد بالغ، تمام زنبورها زنده ماندند (۳۳).



شکل ۱- منحنی بقای زنبورهای ماده *T. brasiccae*، نسل دوم، تغذیه شده از *E. kuehniella* پرورش یافته روی چهار رژیم غذایی مختلف (رژیم I- آرد گندم، سبوس، آرد ذرت، مخمر نان و گلیسرین، رژیم II– آرد گندم، سبوس، آرد جو، مخمر و گلیسرین، رژیم III– آرد جو، مخمر نان و گلیسرین و رژیم IV– آرد گندم، آرد جو و آرد ذرت)

Figure 1- The Survival curve of the second generation of *T. brasiccae*, fed on *E. kuehniella* reared on four different diets (I- Wheat flour, Wheat bran, Corn flour, Yeast bread and glycerin, II- Wheat flour, Wheat bran, Barley flour, Yeast bread and glycerin, III- Barley flour, Yeast bread and glycerin and IV- Wheat flour, corn flour and barley flour)



شکل ۲- منحنی بقای زنبورهای ماده *T. brasiccae*، نسل چهارم، تغذیه شده از *E. kuehniella* پرورش یافته روی چهار رژیم غذایی مختلف (رژیم I- آرد گندم، سبوس، آرد ذرت، مخمر نان و گلیسرین، رژیم II- آرد گندم، سبوس، آردجو، مخمر و گلیسرین، رژیم III- آرد جو، مخمرنان و گلیسرین و رژیم IV- آرد گندم، آرد جو و آرد ذرت)

Figure 2- The Survival curve of the fourth generation of *T. brasiccae*, fed on *E. kuehniella* reared on four different diets (I- Wheat flour, Wheat bran, Corn flour, Yeast bread and glycerin, II- Wheat flour, Wheat bran, Barley flour, Yeast bread and glycerin, III- Barley flour, Yeast bread and glycerin and IV- Wheat flour, corn flour and barley flour)

هر قدر که رژیم غذایی مورد استفاده برای پرورش بید آرد طیف وسیعتری از مواد مغذی مورد نیاز حشره را در بر داشته باشد به طور مستقیم بر عملکرد حشره میزبان تأثیر می‌گذارد و سبب تولید تخم با کمیت و کیفیت بیشتر می‌شود که از طرف دیگر این رژیم غذایی به طور غیر مستقیم باعث جلب زنبور پارازیتویید و منجر به تولید نتاج قوی تر و با شایستگی بیشتر در پارازیتویید می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده، تیمار II شامل آرد گندم، سبوس، آرد جو، مخمر و گلیسرین (به ترتیب به نسبت‌های ۴۱/۵: ۲: ۴۳/۵: ۳: ۱۰ درصد) برای بهینه‌سازی پرورش و تولید انبوه زنبور پارازیتویید *T. brasiccae* پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و مجتمع آزمایشگاهی سبز آزمای سپاهان اصفهان، بخاطر همکاری در تهیه کلونی حشرات سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1- Abroun P., Mousavi S.Gh., Ashouri A., and Gishani H. 2013. Effect of different quality of *Ephestia kuehniella* on the parasitism of *Trichogramma brassicae*. p. 1-8. The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources. (in Persian).
2- Ahmadpour S., Iranipour Sh., and Asgari Sh. 2013. Effects of superparasitism on reproductive fitness of *Ooencyrtus fecundus* (Hym.: Encyrtidae), egg parasitoid of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Hem.: Scutelleridae). p. 2. Conference of Biological Control in Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, 27-28 August. 2013. (in Persian with English abstract).
3- Akbarzadeh Shoukat G. 2006. Study of efficacy of walnut fruit worm egg parasitoid wasp *Trichogramma embryophagum* in laboratory condition. p. 20. In Manzari, S. (Ed.) p. 418. Proceedings of the 17th Iranian Plant Protection Congress, Vol. I, Pests. (in Persian).
4- Attaran M.R., Shojaii M., and Ebrahimi E. 2000. Effects of hosts and feeding on the longevity and the number of eggs deposited by *Trichogramma brassicae*. p. 173. Proceedings of the 14th Iranian Plant Protection Congress. I, Pests.
5- Babendreier D., Kuske S., and Bigler F. 2002. Overwintering of the egg parasitioid *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatide) in Northern Switzerland. Biological Control, 52:37-45.
6- Bidar F., Naseri B., Razmjo J., and Fathi S.A.A. 2013. Performance Nutrition of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller On the different varieties of barley. p. 37-39. Second national congress and conventional organic agriculture. (in Persian).
7- Bonte M., and DeClercq P. 2008. Developmental and reproductive fitness of *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) reared on factitious and artificial diets. Journal of Economic Entomology, 101 (4):1127-1133.
8- Bigler F. 1994. Quality control in *Trichogramma production*. Biological control with egg parasitoid. p. 93-111. CAB International, UK.
9- Cerutti F., and Bigler F. 1995. Quality assessment of *Trichogramma brassicae* in the laboratory. Entomologia Experimentalis et Applicata, 75:19-26.
10- Chirane J., and Lauge G. 1996. Loss of parasitization efficiency of *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) under high temperature conditions. Biological Control, 7:95-99.
11- Ebrahimi A. 2004. Study and distinguishing the species in the genus *Trichogramma* Westwood in Iran. Debates about use of natural enemies for biological control of pests. p. 1-71. Press Publishing Centre Sepehr, (in Persian).
12- Etzel L.K., and Legner E.F. 1999. Culture and colonization. In: Bellows, T.S., Fisher, T.W. (eds). Handbook of biological control. p. 125-198. Academic Press.
13- Farazmand A., Irani pur Sh., Saber M., and Mashhadi Jafarlu M. 2007. Comparison of some biological parameters of *Trichogramma brassicae* Bez biological control agent against the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Lep.: Pyralidae) and flour moth *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae). Agricultural Science, 17 (3):175-187. (in Persian).
14- Garcia P., and Tavares J. 1994. Parasitic capacity, longevity and development of *Trichogramma maidis* (Hym.: Trichogrammatidae) at three temperature regimes. Trichogramma and Other Egg Parasitoids, 4:71-74.
15- Garcia P.V., Wajnberg E., Oliveira M.L.M., and Tavares J. 2001. Is the parasitization capacity of *Trichogramma cordubensis* influenced by the age of the females?. Entomologia experimentalis et applicata, 98:219-224.
16- Gomez L.L.A., Diaz A.E., and Lastra L.A. 1995. Selection of strains of *Trichogramma exiguum* for controlling sugarcane borers (Diatraea spp.) in the Cauca valley, Colombia. Less Colloques de l' INRA, 73:75-78.
17- Haile A.T., Hassan S.A., Sithanantham S., and Ogol C. 2002. Comparative life table analysis of *Trichogramma bournieri* Pintureau and Babault and *Trichogramma* sp. nr. mwanzai Schulten and Feijen (Hym.: Trichogrammatidae) from Kenya. Journal of Applied Entomology, 126:287-292.
18- Haghani M., and Fathipour Y. 2003. The effect of the type of laboratory host on the population growth parameters

of *Trichogramma embryophagum* Hartig (Hym, Trichogrammatidae). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 10(2):117-123. (in Persian with English abstract).
19- Hassan S.A., and Zhang W.Q. 2001. Variability in quality of *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) from commercial suppliers in Germany. Biological Control, 22:115-121.
20- Hegazi E.M., Khafagi W.E., and Hassan S.A. 2000. Studies on three species of Trichogramma: foraging behavior for food or hosts. Journal of Applied Entomology, 124:145-149.
21- Hohmann C.L., Luck R.F., Oatman E.R., and Platner G.R. 1989. Effects of different biological factors on longevity and fecundity of *Trichogramma platneri* Nagarkatti (Hymenoptera; Trichogrammatidae). Annals of the Entomological Society of Brasil, 18:61- 70.
22- Karimian Z., and Sahragard A. 2000. Investigation on biology of *Trichogramma brassicae* the egg parasitoid of major pest of rice in Guilan province. p. 22. Proceedings of the 14th Iranian Plant Protection Congress, Vol. I, Pests.
23- Klemm U., and Schmutterer H. 1992. Selection of effective egg parasitoids of the genera Trichogramma and Trichogrammatoidea (Hym.: Trichogrammatidae) and diamondback moth control in Taiwan. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft fur Allgemeine und Angewandte Entomologie, 8:82-86.
24- Knutson A. 1998. The Trichogramma Manual, Texas Agricultural Extension Service.
25- Kuhlmann U., and Mills N.J. 1999. Comparative analysis of the reproductive attributes of three commercially produced *Trichogramma* spp. (Hym.: Trichogrammatidae). Biocontrol Science and Technology, 9: 335-346.
26- Karimi Malati A., and Hatami B. 2010. Effect of feeding and male presence on some biological characteristics of female *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Jornal of entomological society of Iran, 29(2):1-11.
27- Leatmia J.A., Laing J.E., and Corrigan J.E. 1995. Production of exclusively male progeny by mated honey-fed *Trichogramma minutum* (Hym.: Trichogrammatidae). Journal of Applied Entonology, 119:561-566.
28- Lundgren G.E., and Bomgren S.A. 2002. Comparison of *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) augmentation with organic and synthetic pesticides for control of cruciferous Lepidoptera. Biological Control, 31:1231-1239.
29- Lundgren J.G., and Heimpel G.L. 2002. Quality assessment of three species of commercially produced Trichogramma and the first report of thelytoky in commercially produced Trichogramma. Biological control, 26:68-73.
30- Nogueira De Sa L.A., and Parra J.R.P. 1994. Biology and parasitism of *Trichograrnma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae) on *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lep., Pyralidae) and *Heliothis zea* (Boddie) (Lep., Noctuidae) eggs. Journal of applied entomology, 118:38-43.
31- Ozkan C. 2006. Effect of host diet on the development of the solitary egg-larval parasitoid *Chelonus oculator* in superparasitized *Ephestia kuehniella*. Phytoparasitica, 34(4):338-346.
32- Pompaon F., Fouillet P., and Bouler M. 1995. Emergence rhythms and prothandry in relation to a daily pattern of locomotor activity in Trichogramma species. The Canadian Entomologist, 25:139-146.
33- Ranjbar Aghdam H., and Mahmoudian R. 2014. Effect of Different Rice Varieties on Age Specific Life Table and Population Growth Parameters of *Trichogramma brassicae*, the egg parasitoid of the striped stem borer, *Chilo suppressalis*. Iranian Journal of Plant Protection Science, 45(1): 1-11. (in Persian with English abstract).
34- Razmjou J., Moharramipour S., Fathipour Y., and Mirhoseini S.Z. 2006. Effect of cotton cultivar on performance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in Iran. Journal of Economic Entomology, 99:1820-1825.
35- Safa M., Yazdanian M., and Sarailoo M.H. 2014. Larval feeding from some artificial diets and its effects on biological parameters of the mediterranean flour moth. Munis Entomology and Zoology, 9(2):678-686.
36- Sedlacek J.D., Weston P.A., and Barney R.J. 1996. Lepidoptera and psocoptera. In: Subramanyam B, Hagstrum DW, editors. Integrated management of insects in stored products. New York (NY): Marcel Dekker; pp. 41-70.
37- Smith S.M., and Hubbes M. 1986. Isoenzyme patterns and biology of *Trichogramma minutum* as influenced by rearing temperature and host. Entomologia Experimentalis et Applicata, 42:249-258.
38- Soltani Nezhad P., Shirvani A., and Rashki M. 2014. Effect of different diets on rearing flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller. p. 875-880. First Iran's pistachio conference, 31 August-1 September 2014. (In Persian).
39- Suh C.P.C., Orr D.B., and Van Duyn J.W. 2000. Trichogramma releases in North Carolina cotton: Why releases fail to suppress Heliothine pests. Journal of Economic Entomology, 93:1137-1145.
40- Tarlak P., Mehrkhou F., and Mousavi M. 2014. Life history and fecundity rate of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) on different wheat flour varieties. Archives of phytopathology and protection. p. 25-34.
41- Tillman P.G., and Cate J.R. 1993. Effect of host size on adult size and sex ratio of *Bracon melitor* (Hymenoptera: Braconidae). Environmental Entomology, 22:1161-1165.
42- Uzun S. 1994. Studies on the parasitoid host relationship of *Trichogramma brassicae* Bez. (Hym.: Trichogrammatidae) and eggs of the Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zell. under different temperatures and storage periods. Journal of Applied Entomology, 119:431- 440.
43- Vaez N., Nouri Gh., Ganbalani Iranipour Sh., Mashhadi Jafarloo M., and Asghari Zakaria R. 2009. Necessity of encountering *Trichogramma brassicae* Bezdenko wasps reared on alternative hosts, cereal moth *Sitotroga*

cerealella Hubner and flour moth *Anagasta kuehniella* Zeller to target pest bollworm *Helicoverpa armigera* Hubner prior to release. Journal of Agricultural Knowledge, 19(1):317-332. (in Persian).

44- Weiru Z., and Ren W. 1989. Rearing of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) with natural and artificial diets. Chinese journal of biological control, 5:9-12.

45- Xu J., Wang Q., and He X.Z. 2007. Influence of larval density on biological fitness of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). New Zealand Plant Protection, 60:199-202.

46- Yazdani Khorasgani A., Hosseini Bai Sh., Hadad Irani Nezhad K., and Mashhadi Jafarloo M. 2006. An investigation on some biological traits of *Trichogramma brassicae* Bezd. on the eggs of angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* Oliv. Journal of agricultural sciences, 19(1): 271-282. (in Persian with English abstract).

47- Yu D.S.K., Hagley E.A., and Laing J.E. 1984. Biology of *Trichogramma minutum* Riley. Collected from apples in Southern Ontoria. Environmental Entomology, 13:1324-1329.