

ویژگی‌های زیستی زنبورهای پارازیتوئید (*Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) و *Venturia canescens* (Hym.: Ichneumonidae)) پرورش یافته روی جمعیت‌های مختلف بید آرد *Ephestia kuehniella*

نازنین حاتمی مزیانی^۱، احمد عاشوری^{۲*}، سید حسین گلدان‌ساز^۳

۱- دانشجوی دکتری گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- استاد گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- دانشیار گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۵)

چکیده

گونه‌های جنس *Trichogramma* و گونه *Venturia canescens* از جمله پارازیتوئیدهای رایج و از دشمنان طبیعی هستند که در انسکتاریوم‌ها اغلب روی تخم بید آرد *Ephestia kuehniella* پرورش داده شده و برای کنترل بیولوژیک اشباعی در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. کیفیت دشمن طبیعی تولید شده ارتباط مستقیمی با کیفیت میزبان واسط مورد استفاده در پرورش آن دارد. بنابراین، هدف اصلی این پژوهش مقایسه کیفیت دشمن طبیعی پرورش یافته روی جمعیت‌های مختلف پروانه بید آرد از نگاه تولید انبوه برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک می‌باشد. بدین منظور اثر پنج جمعیت مختلف بید آرد (گرگان، همدان، خوزستان، آزمایشگاهی) و یک جمعیت خارجی از ایالات متحده آمریکا بر کیفیت زنبور *T. brassicae* و *V. canescens* بررسی گردید. مقایسه نتایج میزان پارازیتسم در هر دو پارازیتوئید تخم و لارو حاکی از آن بود که زنبورهای پرورش یافته بر روی جمعیت گرگان و جمعیت آزمایشگاهی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین کیفیت می‌باشند. از آنجا که کیفیت میزبان واسط آزمایشگاهی مستقیماً در کیفیت عامل بیولوژیک پرورشی نقش داشته و در فرایند کنترل بیولوژیک اثر مستقیم دارد، بررسی جمعیت‌های مختلف میزبان آزمایشگاهی از اهمیت بالایی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: *Trichogramma brassicae*، *Venturia canescens*، میزبان واسط، کنترل کیفیت.

biological characteristics of parasitoid bees (Hym.: Trichogrammatidae) *Trichogramma brassicae* and (Hym.: Ichneumonidae) *Venturia canescens* reared on different populations of *Ephestia kuehniella*

Nazanin Hatami¹, Ahmad Ashouri^{2*}, Seyyed Hossein Goldansaz³

1-PHD student of Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- professor of Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Associate Professor of Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Department of Plant Protection, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran,

(Received: Mar, 08, 2022 - Accepted: Oct, 17, 2022)

Trichogramma species and *Venturia canescens* which using *Ephestia kuehniella* eggs for mass-rearing, make up the most commonly used groups of natural enemies for augmentation biological control programs worldwide. The quality of the natural enemy produced is directly related to the quality of the host species. The aim of this research was to study the quality of natural enemy grown on different populations of *E. kuehniella* from the perspective of mass production for use in biological control programs. For this purpose, the effect of five different populations of *E. kuehniella* (Gorgan, Hamadan, Khuzestan, Laboratory) and a foreign population from the United States on the quality of *T. brassicae* and *V. canescens* was evaluated. Parasitism rate in both *T. brassicae* and *V. canescens* indicated that parasitoids grown on Gorgan population and laboratory population had the highest and lowest quality, respectively. Since the quality of laboratory hosts directly plays a role in the quality of the biological agent and has a direct effect on the biological control process, quality of different populations of laboratory host is very important to evaluate.

Keywords: *Ephestia kuehniella*, *Trichogramma brassicae*, *Venturia canescens*, Host interface, Quality control.

* Corresponding author E-mail: : ashouri@ut.ac.ir

مقدمه

تولید با کیفیت عوامل کنترل بیولوژیک یکی از کلیدی‌ترین اصول موفقیت کنترل بیولوژیک در جایگزینی سموم شیمیایی برای کنترل آفات می‌باشد. یکی از عوامل موثر در موفقیت کاربرد این عوامل در برنامه‌های کنترل، کنترل کیفی عوامل تولید شده می‌باشد که در جهت پاسخ به این پرسش که آیا دشمن طبیعی تولید شده همواره دارای ویژگی‌های لازم برای مهار آفت می‌باشد یا خیر، انجام می‌شود. به همین منظور تدوین پروتکل‌های سختگیرانه در کنترل کیفیت تولید انبوه دشمنان طبیعی، برای رسیدن به جمعیت‌های با کیفیت در حال اجرا می‌باشد تا ویژگی‌هایی که بر کیفیت کلی پارازیتوئید تأثیر می‌گذارد تضمین شوند (Bigler *et al.*, 1994) که البته منظور از ویژگی‌های لازم حداکثر کیفیت نیست بلکه کیفیت قابل قبول برای کنترل است (van Lenteren, 2003). هرچند که این سخت‌گیری‌ها عمدتاً ناظر بر حفظ کیفیت جمعیت انبوه پرورش یافته در انسکتاریوم در مقایسه با جمعیت‌های موجود در محیط طبیعی است (Van Lanteren; *et al.*, 2004; José Roberto (Postalí Parra, 2019) و ممکن است پرهزینه باشد (Liu *et al.*, 2000) ولی با این حال شرکت‌های تولید کننده دشمنان طبیعی مکلفاند ویژگی‌های اصلی که مستقیماً با کیفیت عامل تولیدی مرتبط هستند را پایش و پروتکل‌های مربوطه را به طور منظم پیاده کنند (Leppla and Fisher, 1989).

یکی از پرکاربردترین عوامل کنترل بیولوژیک، پارازیتوئیدها (انگل‌واره) هستند که بیش از نیم قرن است که به صورت انبوه در سراسر جهان تولید و به صورت تجاری به بازار عرضه می‌گردند (Harvey *et al.*, 2001) که از مهم‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها می‌توان به زنبورهای پارازیتوئید تخم (Hym.: *Trichogramma brassicae* Trichogrammatidae و *Venturia canescens* لارو *Ichneumonidae*) (Hym.: اشاره کرد. از چالش‌های تولید انبوه این زنبورها حفظ کیفیت عملکرد و

همچنین کاهش هزینه‌های تولید آن‌ها است (Leppla, 2003). استفاده از میزبان‌های واسط (غیرطبیعی) برای تولید انبوه از اهمیت بالایی برخوردار است، چرا که امروزه پرورش این زنبورها در واحدهای پرورش انبوه (انسکتاریوم‌ها) به طور معمول با استفاده از میزبان‌های واسط انجام می‌گیرد (Sithranantham *et al.*, 2013). میزبان‌های واسط راحت‌ترین و در دسترس‌ترین منابع غذایی هستند که مشکلات مربوط به پرورش گیاهان زنده و میزبان طبیعی را مرتفع می‌کنند؛ زیرا پرورش آن‌ها بر روی مواد انباری از جمله آرد، غلات و دیگر مواد انباری امکان پذیر است.

از آن‌جا که تولید اقتصادی دشمنان طبیعی بیشتر با بهره‌گیری از میزبان‌های واسط ممکن است لذا کیفیت ژنتیکی و پرورشی این میزبان‌های واسط به طور مستقیم در تولید دشمنان طبیعی با کیفیت نقش دارد (Van Lanteren *et al.*, 2004). این نقش میزبانی در پرورش پارازیتوئیدها دوچندان است، چرا که میزبان برای این دسته از عوامل کنترل بیولوژیک علاوه بر غذا، مکان زندگی نیز محسوب می‌شود و در نتیجه بر تولید کمی و کیفی آن‌ها موثر می‌باشد (Miyatake, 1998; Kolliker-Ott *et al.*, 2003).

شب پره بید آرد *Ephestia kuehniella* یکی از معروف‌ترین و پر مصرف‌ترین میزبان‌های واسط می‌باشد که در واحدهای پرورش انبوه به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا مقایسه کیفیت تخم بید آرد با رژیم‌های مصنوعی دیگر حاکی از با کیفیت‌تر بودن آن برای پرورش دشمنان طبیعی است (St-Onge *et al.*, 2016). با این وجود، میزان موفقیت و اقتصادی بودن دشمنان طبیعی پرورش یافته بر روی بید آرد تابعی از نوع شرایط پرورش و ویژگی‌های ژنتیکی سوش یا جمعیت بید آرد مورد استفاده است (Moghaddasi *et al.*, 2019; Ghaemmaghami *et al.*, 2021). از این رو، شناسایی جمعیت‌های مختلف بید آرد و مطالعه تأثیر این جمعیت‌ها بر شایستگی زنبورهای پارازیتوئید می‌تواند نقش مفیدی در تولید اقتصادی این دشمنان طبیعی داشته باشد.

بنابراین هدف اصلی این پژوهش مقایسه مهم‌ترین

منتقل شدند و بخشی از تخم‌های بدست آمده طی ۲۴ ساعت جهت تولید تریکوکارت (کارت‌های مقوایی به ابعاد ۱*۵ سانتی‌متر حاوی تقریباً ۱۵۰ تخم بید آرد) و بخش دیگر جهت به دست آوردن لاروهای هم‌سن به ظروف جداگانه منتقل شدند.

بررسی اثر کیفی (پتانسیل تولید مثل و زنده ماندن) میزبان واسط بر زنبور *T. brassicae* (پارازیتوئید تخم)

پرورش *T. brassicae*

جمعیت اولیه زنبورهای *Trichogramma brassicae* از محوطه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (35°48'15"N 51°00'00"E) به وسیله تله‌های تخم بید آرد جمع‌آوری شد. برای اطمینان کامل نسبت به شناسایی دقیق گونه جمع‌آوری شده، ابتدا تخم بید آرد (از جمعیت آزمایشگاهی) در اختیار یک زنبور ماده بارور قرار گرفت و پس از خروج حشرات کامل زنبور و تایید گونه، کلنی پرورشی روی میزبان واسط (جمعیت بید آرد آزمایشگاهی) راه‌اندازی شد. پرورش زنبورها روی این میزبان به مدت سه نسل انجام گرفت و از نتایج زنبورهای نسل سوم برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد (Haghani and Fathipour, 2003). برای هم‌سازی افراد ماده مورد آزمایش، کارت‌های حاوی تخم پارازیته شده به ابعاد کوچک (۱*۲ سانتی‌متر) برش داده شد و هر تکه درون کپسول‌های ژلاتینی شفاف قرار داده شد و در شرایط کنترل شده (ذکر شده در بالا) نگهداری شدند. هر کدام از این کپسول‌ها در لوله‌های آزمایشی که قسمت انتهایی آن تیره بود قرار داده شدند. این عمل باعث می‌شود که زنبورهای ماده بعد از خروج به علت نور گرایی بیشتر نسبت به افراد نر، در بالای لوله آزمایش تجمع کنند و جمع‌آوری آن‌ها راحت‌تر گردد. پس از جداسازی افراد نر و ماده، هر جفت به طور جداگانه به لوله‌های آزمایشی که در انتهای آن‌ها مقداری عسل تعبیه شده بود، منتقل شده و تا ۲۴ ساعت به منظور جفت‌گیری نگهداری شدند. سپس یک تریکوکارت داخل هر لوله آزمایش قرار داده شده و پس از ۲۴ ساعت آن را از لوله آزمایش خارج کرده و در

فاکتورهای زیستی دو زنبور پارازیتوئید پرورش یافته بر روی جمعیت‌های مختلف پروانه بید آرد با یکدیگر، از نگاه تولید انبوه دشمنان طبیعی برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک می‌باشد. در این پژوهش از پنج جمعیت مختلف بید آرد به عنوان میزبان واسط برای پرورش زنبور *T. brassicae* به عنوان مدلی از پارازیتوئید تخم و زنبور *V. canescens* به عنوان مدلی از پارازیتوئید لارو استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش *Ephestia kuehniella*

جمعیت‌های مختلف بید آرد از سیلوا و انبارهای کشور در مراحل شفیرگی یا حشرات کامل جمع‌آوری گردید. سیلواهای مورد نظر جهت نمونه برداری با توجه به نوع محصول انبار شده (خشکبار و غلات)، اقلیم متفاوت و قدمت سیلو انتخاب شدند. جمعیت‌های نمونه برداری شده از همدان (منطقه سردسیر)، گرگان (منطقه معتدله) و خوزستان (منطقه گرمسیر) به همراه یک جمعیت خارجی از ایالات متحده آمریکا و یک جمعیت آزمایشگاهی تهیه شده از آزمایشگاه اکولوژی و رفتار شناسی حشرات دانشگاه تهران به عنوان جمعیت شاهد بود. جمعیت‌های مورد نظر به آزمایشگاه اکولوژی و رفتارشناسی حشرات دانشگاه تهران منتقل گردید و جهت جلوگیری از اختلاط آن‌ها، هر کدام در اتاقک‌های پرورش مجزا در دمای ۲۳±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۵±۱۰ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (روشنایی: تاریکی) تا ظهور حشرات کامل نگهداری شدند. پس از خروج حشرات کامل، شناسایی آن‌ها توسط بخش رده بندی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور انجام گرفت و حشرات بالغ هر جمعیت جهت تخم‌ریزی به قیف‌های جداگانه بزرگی که در انتها توسط توری پوشیده شده بودند منتقل شدند. هر یک از جمعیت‌ها، سه نسل روی غذای مشترک و یکسان شامل ۷۵ درصد آرد گندم، ۲۳ درصد سبوس گندم به همراه ۲ درصد مخمر در شرایط رشدی ذکر شده پرورش داده شدند. حشرات کامل ۲۴ ساعت پس از خروج، به قیف‌های تخم‌ریزی

شرایط کنترل شده نگهداری شد.

نگهداری شدند. پس از خروج حشرات کامل، شناسایی آنها توسط بخش رده بندی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور انجام گرفت و حشرات کامل به ظرف‌های حاوی لارو سن سوم بید آرد (Sirot, 1996) منتقل گردید.

اندازه‌گیری پتانسیل تولید مثل و زنده‌مانی *T. brassicae*

۳۰ عدد فرد ماده *T. brassicae* جفت‌گیری کرده که حداکثر ۲۴ ساعت از ظهور آنها گذشته بود به طور جداگانه در داخل لوله آزمایش قرار داده شدند و یک عدد تریکوکارت در اختیار هر کدام از آنها قرار گرفت. برای تغذیه زنبورها نوار کاغذی باریکی از آب و عسل ۵۰ درصد داخل لوله‌ها قرار داده شد. جایگزینی تریکوکارت‌ها به صورت روزانه و به مدت چهار روز انجام گرفت و تلفات زنبورها در طی این مدت ثبت شد. از آنجا که تخم‌های سیاه شده (پارازیته شده) ۴ روز پس از پارازیته شدن قابل تشخیص می‌باشند هر کدام از تریکوکارت‌ها پس از طی زمان ذکر شده از لحاظ تعداد زنبورهای خارج شده و تخم‌های سیاه شده مورد بررسی قرار گرفتند.

اندازه‌گیری پتانسیل تولید مثل و زنده‌مانی *V. canescens*

۳۰ عدد لارو سن سوم (هم‌سن) بید آرد در معرض یک عدد زنبور *V. canescens* در شرایط کنترل شده و به صورت جداگانه قرار گرفت (۳۰ تکرار برای هر جمعیت بید آرد) و به مدت چهار روز هر ۲۴ ساعت یکبار ۳۰ عدد لارو سن سوم (هم‌سن) بید آرد تازه در اختیار همان زنبور قرار می‌گرفت. برای بررسی معیار پتانسیل تولید مثل و زنده‌مانی زنبور، تعداد حشرات کامل خارج شده شمارش و طول دوره رشدی ثبت گردید.

درصد ظهور حشرات کامل زنبور

برای بررسی این معیار، دسته‌های ۱۰۰ عددی از تخم‌های پارازیته شده از هر یک از جمعیت‌های مختلف بید آرد به طور جداگانه درون لوله آزمایش قرار داده شده و پس از خروج کامل زنبورها، تعداد زنبورهای خارج شده از هر دسته شمارش و درصد ظهور حشرات کامل محاسبه گردید.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از برنامه SPSS ver. 22 انجام گرفت. نرخ خروج نتاج با استفاده از روش Binomial Logit distribution در قالب رویه Generalized Linear models مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ورژن ۲۰۱۳ انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح ۵ درصد محاسبه شد.

بررسی اثر کیفی (پتانسیل تولید مثل و زنده

مانی) میزبان واسط بر زنبور پارازیتوئید *V. canescens* (پارازیتوئید لارو)

canescens (پارازیتوئید لارو)

پرورش *V. canescens*

جمعیت اولیه زنبورهای *V. canescens* از انارهای آلوده به کرم گلوگاه انار (*Ectomyelois ceratoniae*) از باغات انار منطقه ورامین جمع آوری شد. لاروهای جمع آوری شده از انارهای آلوده تا زمان خروج زنبورهای پارازیتوئید درون لوله‌های آزمایش در دمای 23 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت 75 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی،

نتایج

میزان پارازیتیسیم (تخم‌های پارازیته شده) توسط زنبور *T. brassicae* پرورش داده شده روی جمعیت‌های مختلف بید آرد بطور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت بود. تعداد تخم‌های پارازیته شده بید آرد توسط زنبور از مجموع ۴۰۰ عدد تخم در دسترس برای جمعیت گرگان ($10.3/53 \pm 1/11$) (۲۲/۵۵٪)، جمعیت همدان ($11.3/61 \pm 1/13$) (۲۲/۰۳٪)، جمعیت خوزستان ($8.4/66 \pm 0/67$) (۲۱/۱۶٪)، جمعیت آمریکا ($8.2/36 \pm 0/69$) (۲۰/۵۹٪) و جمعیت آزمایشگاه

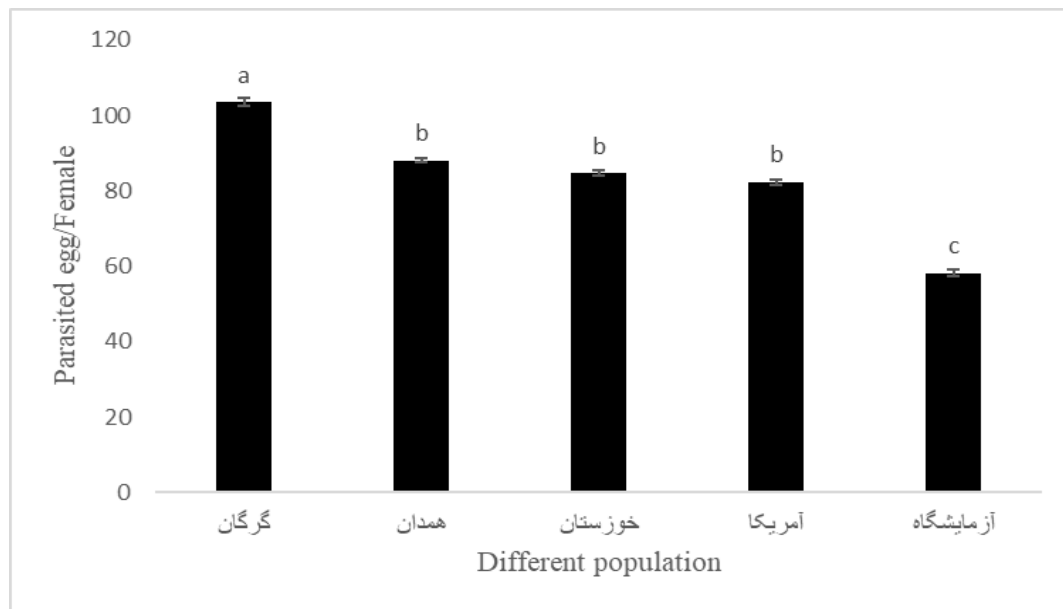
جمعیت‌های مختلف بید آرد نشان داد که بیشترین میزان درصد خروج از تخم‌های پارازیت‌شده جمعیت گرگان (۸۸،۳۳٪) و کمترین مربوط به جمعیت آزمایشگاه (۶۳،۹۷٪) می‌باشد (شکل ۴).

میزان پارازیت‌تیسیم زنبور *V. canescens* بر روی جمعیت‌های مختلف بید آرد بر اساس شمارش تعداد زنبورهای خارج شده به دست آمد که این میزان بطور معنی‌داری برای جمعیت‌های مختلف بید آرد متفاوت بود. تعداد زنبور خارج شده از ۱۲۰ لاروی که جهت پارازیت‌تیسیم در اختیار آن‌ها قرار گرفت برای جمعیت گرگان (۸۸/۳±۰/۸۷) (۷۳/۵۸٪)، جمعیت همدان (۶۶/۰±۰/۷۳) (۵۵/۵۸٪)، جمعیت خوزستان (۶۵/۷±۰/۶۹) (۵۴/۷۵٪)، جمعیت آمریکا (۷۴/۷±۰/۷۳) (۶۲/۲۵٪) و آزمایشگاه کمترین (۳۲/۹±۰/۷۸) (۲۷/۴۴٪) بوده است (شکل ۵). همچنین نمودار تجمعی تعداد زنبور *V. canescens* خارج شده از لاروهای پارازیت‌شده جمعیت‌های مختلف بید آرد نشانگر موارد فوق می‌باشد (شکل ۶).

(۸۹/۲±۰/۱۴/۵۵) (۱۴/۵۵٪) بوده است که جمعیت گرگان دارای بیشترین میزان پارازیت‌تیسیم و جمعیت آزمایشگاه کمترین میزان پارازیت‌تیسیم را دارا بود (شکل ۱). همچنین نمودار تجمعی تعداد تخم‌های پارازیت‌شده هر یک از جمعیت‌های بید آرد به وسیله زنبور *T. brassicae* نشانگر موارد فوق می‌باشد (شکل ۲).

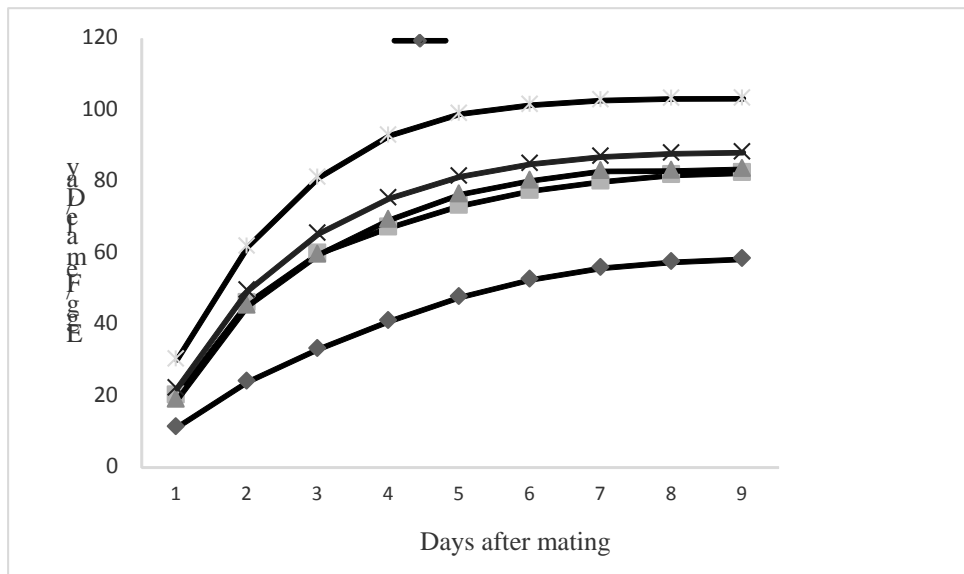
میزان مرگ و میر شفیره زنبور *T. brassicae* بر روی جمعیت‌های مختلف بید آرد به طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت بود. تعداد مرگ و میر شفیره زنبور از مجموع ۴۰۰ عدد تخم پارازیت‌شده بید آرد برای جمعیت گرگان (۱۴/۰۳±۰/۶۲) (۳/۵٪)، جمعیت همدان (۱۱/۰±۰/۸۳/۶۳) (۲/۱۹۵٪)، جمعیت خوزستان (۱۴/۴±۰/۵۶) (۳/۳۶٪)، جمعیت آمریکا (۱۳/۱۶±۰/۹۷) (۳/۲۹٪) و جمعیت آزمایشگاه (۲۰/۰±۰/۹۶/۶۶) (۳/۶٪) بوده است که جمعیت همدان دارای کمترین میزان مرگ و میر شفیره جمعیت آزمایشگاه بیشترین میزان مرگ و میر شفیره را دارا بود (شکل ۳).

درصد خروج زنبورهای بالغ *T. brassicae* از روی



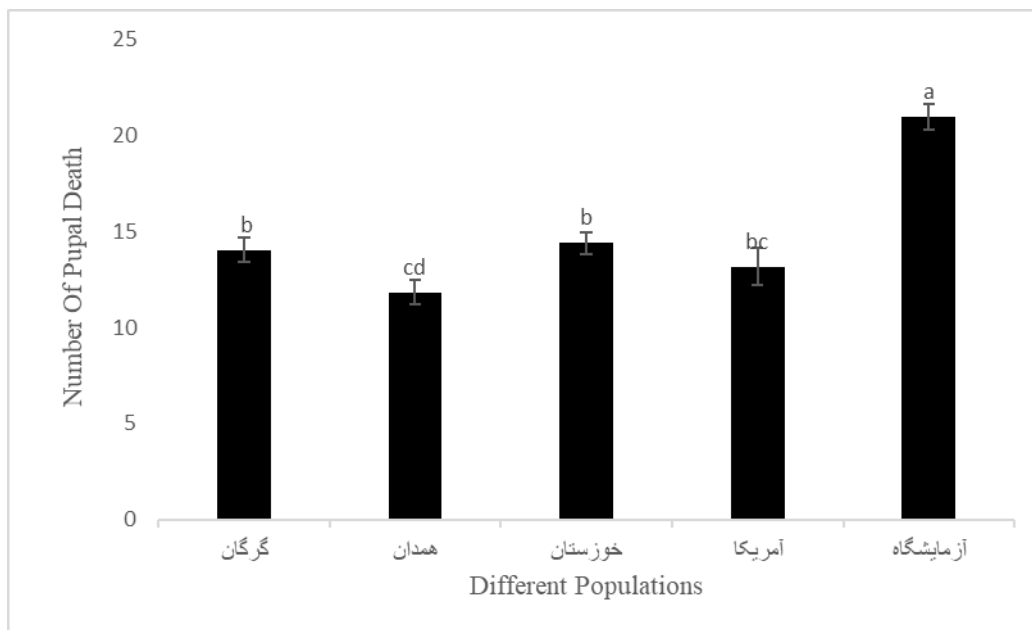
شکل ۱- میزان پارازیت‌تیسیم (تخم‌های پارازیت‌شده $\pm SE$) در زنبور *T. brassicae* پرورش داده شده روی پنج جمعیت مختلف بید آرد (*E. kuehniella*) طی ۴ روز. حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنادار ($P < 0.001$; $F_{4; 149} = 397.99$) بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

Figure 1. Parasitism of (parasitized eggs $\pm SE$) *T. brassicae* on *E. kuehniella* reared on five different populations over 4 days. Different letters indicate a significant difference ($P < 0.001$; $F_{4; 149} = 397.99$) based on Tukey test.



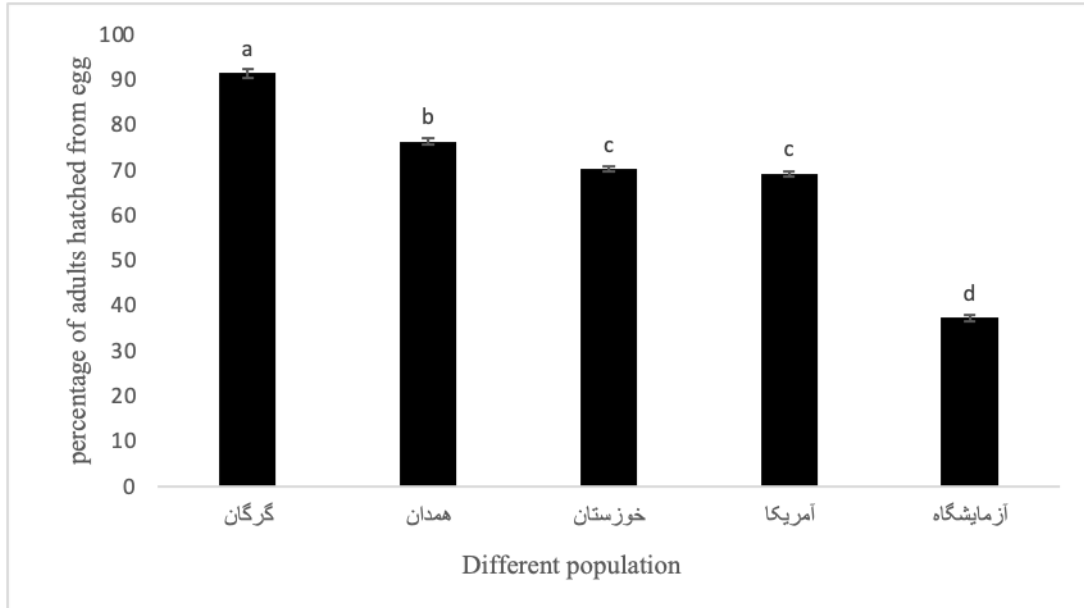
شکل ۲. نمودار تجمعی تعداد تخم‌های پارازیت‌شده هر یک از جمعیت‌های میزبان واسط *E. kuehniella* به وسیله زنبور *T. brassicae*

Figure 2. Cumulative Parasitism of *T. brassicae* on *E. kuehniella* for each population .

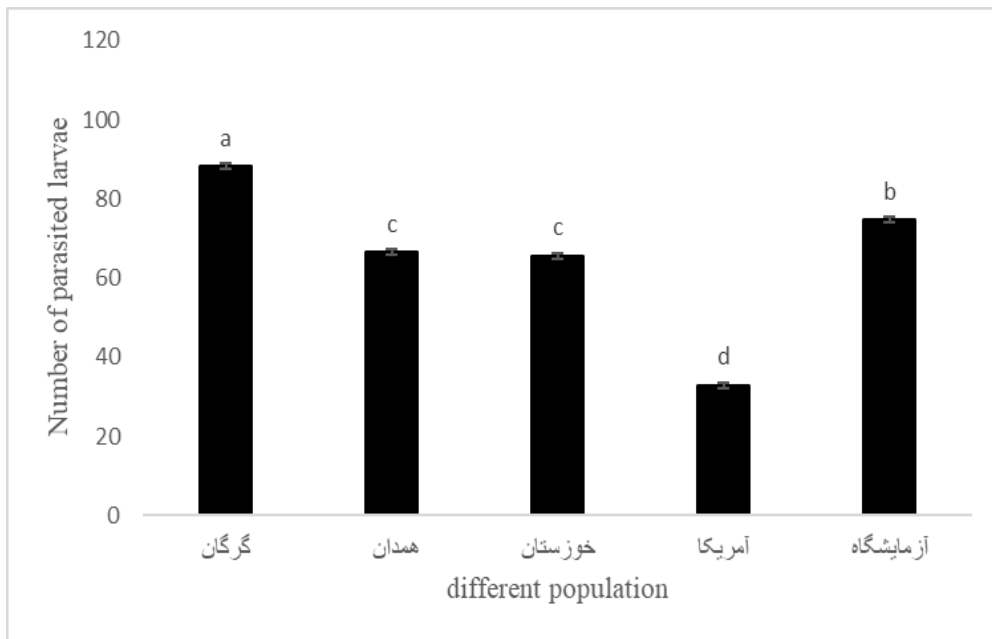


شکل ۳. میزان مرگ و میر دوره شفیرگی (تخم‌های تفریخ نشده \pm SE) در زنبور *T. brassicae* پرورش داده شده روی پنج جمعیت مختلف بید آرد (*E. kuehniella*). حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنادار ($P < 0.001$; F 4; 149 24/66) بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

Figure 3. Pupal death rate (not emerged eggs \pm SE) in *T. brassicae* reared on five different *E. kuehniella* populations. Different letters indicate significant difference ($P < 0.001$; F 4; 149 24.66) based on Tukey test.

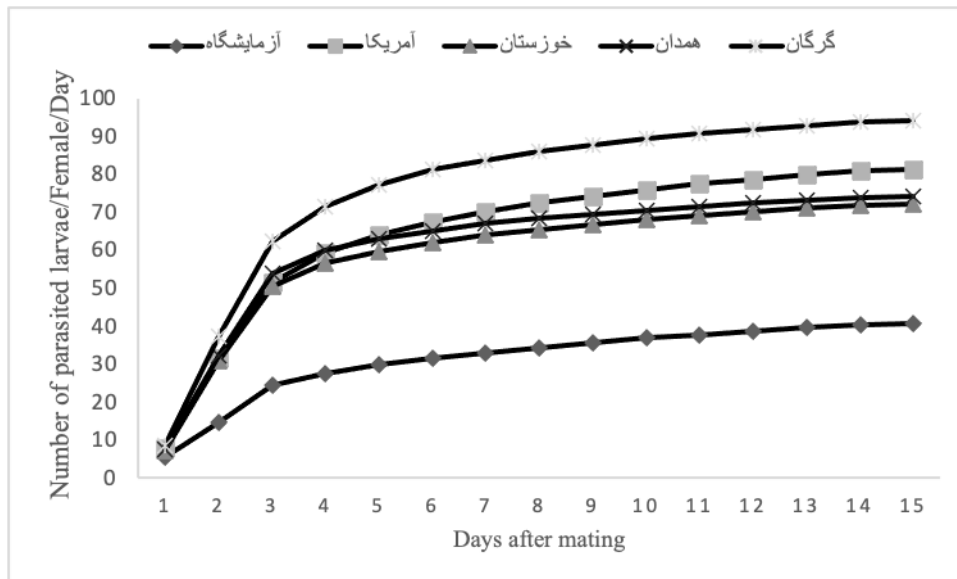


شکل ۴. درصد خروج زنبور کامل *T. brassicae* بر روی هر یک از جمعیت‌های بید آرد *E. kuehniella*
 Figure 4. Percentage of *T. brassicae* adults emerge from each population of *E. kuehniella* (%)



شکل ۵- میزان پارازیتیزم (لاروهای پارازیت شده $\pm SE$) زنبور *V. canescens* پرورش داده شده روی پنج جمعیت مختلف بید آرد (*E. kuehniella*) طی ۴ روز. حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنادار ($P < 0.001$; $df: 149$; $F: 397.9$) براساس آزمون توکی می‌باشد.

Figure 5. Parasitism of (parasitized larvae $\pm SE$) *V. canescens* on *E. kuehniella* reared on five different populations over 4 days. Different letters indicate significant difference ($P < 0.001$; $df: 149$; $F: 397.9$) based on Tukey test.



شکل ۶. نمودار تجمعی تعداد لاروهای پارازیت شده هر یک از جمعیت‌های بید آرد *E. kuehniella* به وسیله زنبور *V. canescens*

Figure 6. Cumulative parasitism of *V. canescens* on *E. kuehniella* for each population

روی جمعیت گرگان و جمعیت آزمایشگاهی بوده است و با توجه به این که جمعیت گرگان در اکثر پارامترهای مربوط به شایستگی نسبت به سایر جمعیت‌ها عملکرد بهتری را نشان داده، می‌توان نتیجه گرفت که این جمعیت از نظر غذایی، از کیفیت بالاتری برخوردار است. نتایج پژوهش (Soltaninejad *et al.*, 2017) نشان داد که تغییر رژیم غذایی در بید آرد منجر به تفاوت در ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوید *T. brassicae* می‌گردد. در مطالعات دیگر نشان داده شده است که زنبورهای *T. brassicae* تخم‌های میزبان را نه تنها بر اساس اندازه بلکه بر اساس شکل، رنگ، سن، ضخامت لایه کوریون، محتوای مواد غذایی و پارازیت بودن یا نبودن انتخاب می‌کنند (Schmidt *et al.*, 1986; Bai *et al.*, 1992; Schmidt, 1994; Nurundah *et al.*, 1999; Roriz *et al.*, 2006; Moghaddasi *et al.*, 2019).

در برنامه‌های کنترل بیولوژیکی که از دشمنان طبیعی به صورت رهاسازی‌های اشیاعی استفاده می‌شود، به منظور کاهش هزینه‌ها و افزایش حداکثری میزان تولید، عموماً نسل‌های زیادی از این حشرات به طور انبوه تحت شرایط مصنوعی در انسکتاریوم‌ها پرورش داده می‌شوند (Kölliker-Ott *et al.*, 2003). با این حال، پرورش انبوه طولانی مدت حشرات در

بحث

عوامل متعددی ویژگی‌های زیستی زنبورهای پارازیتوید را تحت تأثیر قرار می‌دهند، 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 پارازیتویدها در نظر گرفته شوند، اندازه و کیفیت آن‌ها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر شایستگی-های زنبور پارازیتوید داشته باشد. این مهم می‌تواند باعث اختلاف در ترجیح و انتخاب تخم‌های میزبان با کیفیت متفاوت، توسط این زنبور پارازیتوید و تخم ریزی آن‌ها شود (Abroun *et al.*, 2013).

یکی از مراحل انجام پارازیتیسیم توسط زنبورهای پارازیتوید، مرحله انتخاب میزبان است که این انتخاب بر اساس پارامترهای مختلفی انجام می‌گیرد که یکی از این پارامترها کیفیت میزبان از نظر مواد غذایی است. کیفیت و کمیت مواد غذایی که در معده حشره جذب می‌شود به طور مستقیم، بقا و تولید مثل حشره را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Razmjou *et al.*, 2006). از آنجا که آنالیز آماری میزان پارازیتیسیم جمعیت‌های مختلف بید آرد به وسیله زنبور *T. brassicae* نشان داد که بیشترین و کمترین میزان پارازیتیسیم به ترتیب

ژنتیکی و تاثیر منفی آن بر روی شایستگی زنبورهای پارازیتوئید، هم در مورد پارازیتوئید لارو (*V. canescens*) و هم در مورد پارازیتوئید تخم (*T. brassicae*) صادق است.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از بررسی اثر کیفی (پتانسیل تولیدمثل و زندهمانی) تخم جمعیت‌های مختلف بید آرد بر پارازیتوئیدهای تخم *T. brassicae* و پارازیتوئیدهای لارو *V. canescens* به نظر می‌رسد جمعیت گرگان در مقایسه با سایر جمعیت‌های بید آرد از کیفیت بهتری در تولید هر دو گروه پارازیتوئیدهای تخم و لارو برخوردار است. اگرچه سایر عواملی چون میزان غذای مصرفی جمعیت‌های مختلف بید آرد، طول دوره خروج پارازیتوئیدها و بیشترین میزان پارازیتوئید در کمترین زمان می‌تواند نشانگر اثر کیفی مطلوب‌تر تخم جمعیت‌های مختلف بید آرد بر پارازیتوئیدهای تخم و لارو داشته باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از دانشگاه تهران بابت حمایت مالی در انجام این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تعارض منافع (Conflict of Interest)

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

آزمایشگاه یا انسکتاریوم باعث ایجاد همسانی ژنتیکی (inbreeding) و در نتیجه منجر به تولید نتایج هموزیگوت شده که باعث از بین رفتن صفات مهم مورد نیاز برای کنترل آفات در شرایط مزرعه از جمله دیپوز، مکان‌یابی میزبان/شکار، یا جفت‌گیری می‌گردد (Van Lanteren, 2003; Sørensen *et al.*, 2012). نتایج به دست آمده از این پژوهش به خوبی نشان داد که پرورش طولانی مدت میزبان واسط آزمایشگاهی منجر به کاهش کیفیت آن از نظر پارامترهای شایستگی و به طبع آن کاهش کیفیت دشمن طبیعی پرورش یافته بر روی این جمعیت می‌شود، به طوری که میزان پارازیتوئید زنبور *T. brassicae* پرورش یافته روی جمعیت آزمایشگاهی بید آرد در مقایسه با سایر جمعیت‌ها کمتر بوده است. (Ghaemmaghami *et al.*, 2021) نیز نشان دادند که پرورش زنبورهای *T. brassicae* به مدت طولانی در شرایط آزمایشگاهی روی بید آرد منجر به کاهش کیفیت و عملکرد زنبورهای تولیدی پس از ۲۰ نسل می‌گردد.

در آزمایش‌های مربوط به *V. canescens* نیز همانند آزمایش‌های مربوط به *T. brassicae*، کمترین میزان عملکرد مربوط به جمعیت آزمایشگاهی بود. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که مباحث مطرح شده درباره بی‌کیفیت شدن جمعیت آزمایشگاهی بر اثر اتفاق همسانی

REFERENCES

1. Abroun, P., Mousavi, S.Gh., Ashouri, A., and H. Gishani. (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.
2. Allotey, J., and L. Goswami. (1990). Comparative biology of two phycitid moths, *Plodia interpunctella* (Hubn.) and *Ephestia cautella* (Wlk.) on some selected food media. *J. Trop. Insect Sci.* 11: 209-215.
3. Bai, B., R. F. Luck, L. D. Forster, B. Stephens, and J. M. Janssen. (1992). The effect of host size on quality attributes of the egg parasitoid, *Trichogramma pretiosum*. *Entomol. Exp. Appl.* 64: 37-48.
4. Bigler, F., E. Wajnberg, and S. Hassan. (1994). Quality control in *Trichogramma* production, pp. 1-36. In E. Wajnberg and S. A. Hassan (eds.), *Biological control with egg parasitoids*. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
5. Borzoui, E., and Naseri, B. (2016). Wheat cultivars affecting life history and digestive amyolytic activity of *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 106: 464-473.
6. Borzoui, E., Naseri, B., and Namin, F.R. (2015). Different diets affecting biology and digestive physiology of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research*, 62: 1-7.

7. Chambers, D. L. and T. R. Ashley. (1984). Putting the control in quality control in insect rearing. In *Advances and Challenges in Insect Rearing*, ed. E. G. King and N. C. Leppla, 256–60. New Orleans, La.: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Southern Region
8. Ebrahimi, V., A. Ashouri, P. F. Rugman-Jones, A. R. I. Lindsey, M. Javan-Nikkhah and R. Stouthamer. (2019). Using parthenogenesis-inducing *Wolbachia* for the selection of optimal lines of the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* for use in biocontrol. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 167 (3), 241-251.
9. Ghaemmaghami, E., Fathipour, Y., Bagheri, A., Talebi, A. A., & Reddy, G. V. (2021). Continuous rearing on *Ephestia kuehniella* reshaped quality of the parasitoid wasp *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(2), 166-174.
10. Haghani, M., 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): 117-124. (In Farsi)
11. Hamilton, J.G., Dermody, O., Aldea, M., Zangerl, A.R., Rogers, A., Berenbaum, M.R., and DeLucia E.H. (2005). Anthropogenic changes in tropospheric composition increase in susceptibility of soybean to insect herbivore. *Environmental Entomology*, 34: 479-485.
12. Harvey, J. A., & Thompson, D. J. (1995). Developmental interactions between the solitary endoparasitoid *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae), and two of its hosts, *Plodia interpunctella* and *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae). *European Journal of Entomology*, 92(2), 427-435.
13. Hassan, S. A., and W. Q. Zhang (2001). Variability in quality of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from commercial suppliers in Germany. *Biol. Control*. 121: 115–121.
14. Johnson, J. A., Valero, K. A., & Hannel, M. M. (1997). Effect of low temperature storage on survival and reproduction of Indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae). *Crop Protection*, 16(6), 519-523. Kölliker-Ott, U. M., Bigler, F., & Hoffmann, A. A. (2003). Does mass rearing of field collected *Trichogramma brassicae* wasps influence acceptance of European corn borer eggs?. *Entomologia experimentalis et applicata*, 109(3), 197-203.
15. LeCato, G. L. (1976). Yield, development and weight of *Cadra cautella* (Walker) and *Plodia interpunctella* (Hubner) on twenty-one diets derived from natural products. *J. Stored Prod. Res.* 12: 43–47.
16. Leppla, N. C., and W. R. Fisher (1989). Total quality control in insect mass production for insect pest management. *Journal of Applied Entomology* 108:452–61.
17. Leppla, N. C. (2003). Aspects of total quality control for the production of natural enemies, pp. 19–24. In J. C. van Lenteren (ed.), *Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures*. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom.
18. Liu, F., and S. M. Smith. (2000). Measurement and selection of parasitoid quality for mass-reared *Trichogramma minutum* Riley used in inundative release. *Biocontrol Sci. Technol.* 10: 3–13.
19. Locatelli, D. P., Limonta, L., & Stampini, M. (2008). Effect of particle size of soft wheat flour on the development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 44(3), 269-272.
20. Lundgren, J. G. and Heimpel, G. E. (2000) *Augmentation of Trichogramma brassicae for control of cruciferous lepidoptera*, 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods.
21. Lwalaba, D., Hoffmann, K.H., and Woodring, J. (2010). Control of the release of digestive enzymes in the larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 73: 14-29.
22. Miyatake, T. (1998). Genetic changes of life history and behavioral traits during mass-rearing in the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Population Ecology*, 40(3), 301-310.
23. Moghaddassi, Y., Ashouri, A., Bandani, A.R., Leppla, N.C., Shirk, P.D., (2019). Effect of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) larval diet on egg quality and parasitism by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J Insect Sci* 19.
24. Nouri – Ganbalani, G. Mirnezhad, S. M., Ebadollahi, A. Fathi, S. A., A., Mardani-talae, M. (2018). Comparison of biological characteristics and two-sex life table parameters of grain moth, *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae), on the 12 corn hybrids. *Plant protection*, 41 (1): 63-74. (In Farsi)
25. Nurundah, G., B. Cribb, and G. Gordh. (1999). Influence of rearing hosts on host size acceptance by *Trichogramma australicum*. *BioControl*. 44: 129–141.
26. Penn, S.L., R. L. Ridgway, G. T. Scriven, and M. N. Inscoc. (1998). Quality assurance by the

- commercial producer of arthropod natural enemies, pp. 202–230. In R. L. Ridgway, M. P. Hoffman, M. N. Inscoc, and C. S. Glenister (eds.), *Mass-reared natural enemies: application, regulation, and needs*. Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America, Lanham, MD.
27. Plant Protection Organization, "A brief look at the use of pesticides in Iran and its changes in recent years and the development of the use of biological and non-chemical control materials and agents in the production of agricultural products and their supply", 2013
 28. Postali Parra, J. R., Coelho Junior, A. (2019). Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. *Journal of Insect Science*, 19(2), 1–6.
 29. 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.
 30. Roriz, V., L. Oliveira, and P. Garcia. (2006). Host suitability and preference studies of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biol. Control*. 36: 331–336.
 31. Sarate, P. J., Tamhane, V. A., Kotkar, H. M., Ratnakaran, N., Susan, N., Gupta, V. S., & Giri, A. P. (2012). Developmental and digestive flexibilities in the midgut of a polyphagous pest, the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Journal of Insect Science*, 12(1), 42.
 32. Schmidt, J. M. (1994). *Host recognition and acceptance by Trichogramma*, pp. 165–200. In E. Wajnberg and S. Hassan (eds.), *Biological control with egg parasitoids*. CAB International, Oxon, United Kingdom.
 33. Schmidt, J. M., and J. J. B. Smith. (1986). Correlations between body angles and substrate curvature in the parasitoid wasp *Trichogramma minutum*: a possible mechanism of host radius measurement. *J. Exp. Biol.* 125: 271–285.
 34. Sirot, E., 1996. The pay off from superparasitism in the solitary parasitoid *Venturia canescens*. *Ecological Entomology* 21, 305–307.
 35. Sithanatham, S., Ballal, C. R., Jalali, S. K., & Bakthavatsalam, N. (Eds.). (2013). *Biological control of insect pests using egg parasitoids* (Vol. 424). *Springer India*.
 36. Soltaninejad, P., Shirvani, A., Rashki, M. (2017). Effect of Different Diets of Flour Moth on its Parasitoid Wasp Fitness, *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae). *Journal of Plant Protection*, 30(4), 709-717. (In Farsi).
 37. Sørensen, J.G., Addison, M.F., Terblanche, J.S., (2012). Mass-rearing of insects for pest management: Challenges, synergies and advances from evolutionary physiology. *J. Crop. Prot.* 38, 87–94.
 38. St-Onge, M., Cormier, D., Todorova, S., & Lucas, E. (2016). Conservation of *Ephestia kuehniella* eggs as hosts for *Trichogramma ostrinae*. *Journal of Applied Entomology*, 140(3), 218-222.
 39. Thomson, L. J., and A. A. Hoffmann (2002). Laboratory fecundity as predictor of field success in *Trichogramma carverae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J. Econ. Entomol.* 95: 912–917.
 40. Tisdale, R. A., & Sappington, T. W. (2001). Realized and potential fecundity, egg fertility, and longevity of laboratory-reared female beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) under different adult diet regimes. *Annals of the Entomological Society of America*, 94(3), 415-419.
 41. Van Lenteren, J. C. (2003). *Quality control of natural enemies used in biological pest control: theoretical background and development of testing procedures*. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom
 42. Van Lenteren, J. C., Nicoli, G., Heinz, K. M., & Parella, M. P. (2004). Quality control of mass-produced beneficial insects. *Biocontrol in protected culture*, 503-526.
 43. Williams, D. W. and N. C. Leppla. (1992). The future of augmentation of beneficial arthropods, pp. 87–102. In W. C. Kauffmann and J. R. Nechols (eds.), *Selection criteria and ecological consequences of importing natural enemies*. Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America, Lanham, MD.
 44. Ziaadini, M., Goldansaz, S.H., Ashouri, A., Ghasempour, A. (2010). Comparison of calling behavior and some biological characteristics in three different geographical populations of pomegranate moth in laboratory conditions. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 41 (1)-81-93 (In Farsi)