مقاله علمی پژوهشی

مجله دوفصل نامه

مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی

ISSN 2588-5073 چاپی

ISSN 2588-5081 الکترونیکی

دوره ۱۲، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۲

صفحه ۴۱-۲۸

https://dorl.net/dor/20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6

DOR: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6

Research Article

Genetic Engineering and Biosafety Journal 2023

Volume 12, Number 1, Pages: 28-41

http://gebsj.ir/

https://ecc.isc.ac/showJournal/23064

تاثیر رقم‌های تراریخته باقلا روی شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli و زنبور پارازیتوئید آن *Lysiphlebus fabarum* Staey

The effect of transgenic broad bean varieties on *Aphis fabae* Scolopi and its parasitoid, *Lysiphlebus fabarum* Staey

ناهید واعظ*، سولماز عظیمی، سمیرا ابراهیم‌پور

Nahid Vaez*, Solmaz Azimi, Samira Ebrahimpour

گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

*Corresponding Author, Email :نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی *

naheedvaez@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۸ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۷)

چکیده

گیاهان تراریخته، ابزارهای مهمی هستند که می‌توانند مکمل برنامه‌های مدیریت آفات باشند. یکی از نگرانی‌های مرتبط با این گیاهان، اثرهای آن‌ها روی موجودات غیرهدف از جمله شکارگرها و پارازیتوئیدها می‌باشد. این تأثیر می‌تواند به صورت مستقیم (اثرهای کشندگی) و غیرمستقیم بروز کند. دشمنان طبیعی ممکن است با تغذیه از گیاه‌خوارانی که از برگ، ساقه و یا گل گیاهان تراریخته تغذیه می‌کنند تحت تاثیر قرار بگیرند. در این پژوهش تاثیر برخی رقم‌های تراریخته گیاه باقلا به‌نام‌های G-faba-560، G-faba-5، G-faba-20 و G-faba-21 و هم‌چنین یک رقم بومی به‌نام قراملک روی فراسنجه‌های زیستی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae* و زنبور پارازیتوئید آن *Lysiphlebus fabarum* در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج مشخص شد که میانگین تعداد پوره تولید شده توسط افراد ماده شته روی هر چهار رقم تراریخته نسبت به رقم قراملک کاهش چشم‌گیری داشت که بیانگر نامطلوب بودن این رقم‌ها برای شته سیاه باقلا بود. هم‌چنین مشخص شد که رقم بومی قراملک حساس‌تر از رقم‌های تراریخته نسبت به شته بود و آفت روی رقم‌های تراریخته کاهش جمعیت نشان داد. از طرفی طول دوره نشوونمای مراحل نابالغ، طول عمر حشرات بالغ، درصد پارازیتیسم و درصد ظهور حشرات کامل زنبور پارازیتوئید روی رقم‌های مختلف باقلا اختلاف معنی‌داری دارد. به دلیل اینکه شته‌های تغذیه کرده از رقم‌های تراریخته جثه کوچکی داشتند، زنبور پارازیتوئید آن‌ها را برای پارازیته کردن ترجیح نداد. درنتیجه در گیاهان تراریخته دشمن طبیعی تحت تاثیر کاهش جمعیت و فقدان میزبان قرار گرفت و می‌توان گفت در رقم‌های تراریخته مورد بررسی، جمعیت و کیفیت آفت کاهش یافته و گیاه تراریخته خود به تنهایی باعث مهار آفت می‌شود.

واژه‌های کلیدی

زادآوری،

شته سیاه باقلا،

گیاه تراریخته،

نرخ پارازیتیسم،

نرخ ظهور،

Lysiphlebus fabarum

Genetic Engineering and Biosafety Journal
Volume 12, Number 1, 2023

Abstract

Transgenic plants are important tools that can complement integrated pest management programs. One of the concerns about transgenic plants is their effects on non-target organisms such as predators and parasitoids. This effect can occur directly (lethal effects) and indirectly. Natural enemies may be affected by feeding on herbivores that feed on leaves, stems or flowers of transgenic plants. In this research, the effect of transgenic varieties of broad bean (G-faba-560, G-faba-5, G-faba-20 and G-faba-21) and also, a native variety (Qaramalek) on the biological parameters of black bean aphid, *Aphis fabae* Scolopi and its parasitoid, *Lysiphlebus fabarum* Staey was investigated in the laboratory. Results showed that mean of nymphs produced by female aphids on all transgenic cultivars was significantly reduced compared to Qaramalek cultivar, which indicated that these varieties are unfavorable for black bean aphid. It was also found that the native variety (Qaramalek) was more sensitive to *A. fabae* than the transgenic varieties, and the pest population decreased in transgenic varieties. On the other hand, developmental time, adult longevity, parasitism rate and emergency rate have significant differences in broad beans varieties. Because aphids fed on transgenic varieties were small in size, parasitoid did not prefer them for parasitization. As a result, in transgenic varieties, the *L. fabarum* was affected by population reduction and lack of *A. fabae*. Also, in this research, it was found that transgenic varieties of broad bean are able to reduce the population of *A. fabae*.

Key words: black bean aphid, emergency rate, fecundity, *Lysiphlebus fabarum*, parasitism rate, transgenic plant

مقدمه

درحال، حاضر استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی روش اصلی کنترل آفات می‌باشد. اگرچه آفت‌کش‌ها برای حل فوری مشکل حمله حشرات به محصولات زراعی بسیار موثر هستند و یکی از اجزای افزایش سریع عملکرد در محصولات حساس به آفات محسوب می‌شوند، اما زیان‌های دراز مدت آن‌ها نیز روشن است. جهت جلوگیری از اثرات مخرب آفت‌کش‌های شیمیایی، راهکارهایی که آسیب کمتری به محیط‌زیست و سلامت انسان وارد می‌کنند ارائه شده است که از جمله می‌توان به کنترل زیستی و استفاده از واریته‌های مقاوم اشاره کرد. به نظر می‌رسد محصول-های تراریخته، ابزارهای مهمی هستند که می‌توانند مکمل برنامه-های مدیریت آفات باشند (Anderson *et al.* 2019). در خصوص سودمندی مصرف و کشت محصولات تراریخته، می‌توان گفت این محصولات موجب حفظ محیط‌زیست و افزایش امنیت غذایی شده و موجبات افزایش بازدهی، افزایش مقاومت نسبت به تنش-های محیطی نظیر خشک‌سالی، سرما، بیماری‌ها، آفات و تولیدات جدید می‌شوند (Safi Sis *et al.* 2020). حامیان گیاهان تراریخته، معتقدند که معرفی دقیق و هدفمند این محصولات، خسارت ناشی از آفات، علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زا را کاهش خواهد داد. هم‌چنین آن‌ها اعتقاد دارند که کاربرد این محصولات به دلیل کاهش دادن کاربرد ترکیبات شیمیایی، برای محیط‌زیست سودمند خواهند بود (Adeli and Ghareyazi, 2013; Abbas, 2018; Dadashzadeh *et al.* 2022). یکی از نگرانی‌های مرتبط با گیاهان تراریخته، اثرهای آن‌ها روی موجودات غیرهدف از جمله شکارگرها و پارازیتوئیدها می‌باشد. این تاثیر می‌تواند به صورت مستقیم (اثرهای کشندگی) و غیرمستقیم بروز کند (Verma, 2013). در برخی مطالعات گزارش شده است که تغییر در طول دوره زندگی، میزان بقا و زادآوری و هم‌چنین جثه و وزن حشرات غیرهدف (اثرهای غیرمستقیم) ناشی از تغییر کیفیت غذایی گیاهان تراریخته است. دشمنان طبیعی ممکن است با تغذیه از گیاه-خوارانی که از برگ، ساقه و یا گل گیاهان تراریخته تغذیه می‌کنند تحت تاثیر قرار بگیرند. تغییرات ژنتیکی در گیاه ممکن است موجب تغییر در ترکیبات ثانویه گیاه شود که باعث ایجاد حالت دورکنندگی و یا گرایش به تغذیه در آفت شده و به طور

غیرمستقیم در جذب دشمنان طبیعی به سمت گیاه و میزبان روی آن نقش ایفا کنند. حتی برخی ویژگی‌های فیزیکی گیاهان (وجود کرک و خار در سطح برگ و ساقه)، ترکیبات ثانویه و مواد فرار گیاهان، دشمنان طبیعی به‌خصوص پارازیتوئیدها را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Clark *et al.* 2005). علاوه بر این، گیاهان تراریخته می‌توانند دشمنان طبیعی را با کاهش جمعیت شکار یا میزبان خود تحت تاثیر قرار دهند. در مورد دشمنان طبیعی تخصصی از جمله پارازیتوئیدها که از میزبان‌های خاصی تغذیه می‌کنند، احتمال دارد بیشتر تحت تاثیر کاهش و یا حتی از بین رفتن جمعیت میزبان قرار می‌گیرند. گزارش‌های متعددی وجود دارد که حاکی از تاثیر گیاهان تراریخته بر دشمنان طبیعی است (Ashouri *et al.* 2001; Torres *et al.* 2008). عدم تمایل شکارگر یا پارازیتوئید به طعمه و میزبان تغذیه کرده از گیاه تراریخته باعث کاهش ارزش استفاده توأم از دشمنان طبیعی در کنار گیاهان تراریخته در قالب برنامه-های مدیریت تلفیقی آفات خواهد شد. در مقابل، در برخی موارد، مقاومت نسبی گیاه می‌تواند سودمند باشد زیرا تعاملات هم‌افزایی (سینرژیستی) بین گیاهان تراریخته مقاوم به آفت و دشمن طبیعی وجود دارد. تأثیر گیاهان تراریخته مقاوم به حشرات بر پویایی جمعیت دشمنان طبیعی به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله سطح بیان ژن، ویژگی محصول تراریخته و ویژگی بافتی تراریخته که احتمال هرگونه تأثیر منفی مستقیم بر موجودات غیرهدف را تعیین می‌کند. تأثیر گیاهان تراریخته مقاوم به حشرات بر پویایی جمعیت دشمنان طبیعی نیز به گونه‌های گیاهی مورد بحث، موقعیت جغرافیایی‌ای که گیاه تراریخته در آن کشت می‌شود و هم‌چنین مدیریت محصول بستگی دارد (Fontz *et al.* 2002). Vaez و همکاران (۲۰۱۸) عنوان کردند که باکتری *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* Berliner تاثیر سویی روی پارازیتوئید تخم کرم غوزه پنبه، *Trichogramma brassicae* Bez. ندارد. اما در مطالعه‌ای دیگر که توسط همین پژوهشگران صورت گرفت مشخص شد که باکتری Bt موجب کاهش طول عمر و زادآوری زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* (Say) شده و هم‌چنین باعث کاهش فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور شده است. ایشان دلیل این امر را کاهش کمی و کیفی میزبان زنبور (کرم غوزه پنبه) در نتیجه تغذیه از ماده غذایی آلوده به باکتری Bt عنون کردند (Vaez *et al.* 2013). در پژوهشی دیگر معلوم شد که پنبه تراریخته Bt این قابلیت را دارد که به طور مستقیم یا از طریق تاثیر بر شکار، باعث کاهش شایستگی سن شکارگر *Macrolophus pygmaeus* Rambur شود (Azimi *et al.* 2016). در نتیجه در استفاده از گیاهان تراریخته به عنوان یکی از عوامل مدیریت تلفیقی آفات نیاز به دقت بیشتر و ارزیابی‌های دقیق‌تر خواهد بود. به‌طورکلی، بررسی تاثیر گیاهان تراریخته بر دشمنان طبیعی می‌تواند پژوهشگران را جهت تصمیم‌گیری در به کار بردن این عوامل همراه با گیاهان تراریخته، یاری رسانند. شته سیاه باقلا، *Aphis fabae* Scolopi یکی از مهم‌ترین آفات محصولات کشاورزی می‌باشد. این شته علاوه بر خسارت مستقیم (تغذیه از شیره گیاهی و پیچیده شدن برگ‌ها و پژمردگی و زرد شدن و حتی خشکیدن آن‌ها)، سبب انتقال ویروس‌های گیاهی از جمله ویروس زردی در چغندرقند می‌شود (Behdad, 2003; Baroon *et al.* 2009). زنبور پارازیتویید *Lysiphlebus fabarum* Marshall مهم‌ترین پارازیتویید شته سیاه باقلا و یکی از اجزای مهم مدیریت تلفیقی این آفت بوده و توانایی زیادی در کاهش جمعیت شته سیاه باقلا دارد (Rasekh *et al.* 2010; Rakhshani *et al.* 2013). از طرفی، گیاهان به روش-های پیچیده‌ای با گیاه‌خواران و هم‌چنین دشمنان طبیعی آن‌ها تعامل برقرار کرده و به‌طور مستقیم بر محیط‌زیست و رفتار گیاه-خواران و دشمنان طبیعی آن‌ها تاثیر می‌گذارند. کیفیت گیاه میزبان از مهم‌ترین عواملی است که بر فراسنجه‌های رشد جمعیت آفت و دشمن طبیعی آن تاثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال گیاهان تراریخته مقاوم به حشرات، مثل سیب‌زمینی حاوی GNA که مقاومت آنتی‌بیوز دارد، بقا، رشد، اندازه و باروری حشره گیاه‌خوار را کاهش می‌دهد و اثر غیرمستقیم بر اندازه میزبان و نسبت جنسی آن و در نتیجه اندازه و رشدونمو پارازیتوئید دارد (Couty *et al.* 2001). ازاین‌رو در پژوهش حاضر تاثیر چند رقم گیاه باقلای تراریخته روی فراسنجه‌های زیستی شته سیاه باقلا و زنبور پارازیتوئید آن در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص گردد آیا رقم‌های تراریخته موجب کاهش جمعیت آفت می‌شوند؟ و این گیاهان چه تاثیری روی زنبور پارازیتوئید شته سیاه باقلا دارند؟

[DOR: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6]

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان: بذرهای تراریخته گیاه باقلا به نام‌های G-faba-560، G-faba-5، G-faba-20 و G-faba-21 از بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی گرگان تهیه شد و به‌عنوان گیاه میزبان شته سیاه باقلا در طول آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین رقم بومی قراملک به عنوان شاهد از گروه زراعت دانشگاه تبریز تهیه شده و مورد استفاده قرار گرفت. برای پرورش رقم‌های باقلا، به تعداد دو عدد از هر بذر در داخل لیوان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۸ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر در مخلوطی از خاک شامل کوکوپیت، پیت‌ماس، پرلیت و خاک زراعی به‌نسبت ۱:۱:۱:۱ کاشته شد. پس از رشد گیاهچه‌ها در هر لیوان یک گیاهچه حفظ شده و بقیه حذف شدند. گیاهان هر دو روز یک‌بار آبیاری شدند.

پرورش کلنی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae*: جمعیت اولیه شته سیاه باقلا در فروردین ماه سال ۱۳۹۸ از محوطه دانشگاه شهیدمدنی آذربایجان از روی بوته‌های گیاه یونجه جمع‌آوری شده و روی رقم‌های باقلای کاشته شده در گلدان‌های پلاستیکی رها شدند. لیوان‌های حاوی رقم‌های مختلف باقلا به‌طور جداگانه در داخل قفس‌های چوبی به ابعاد ۱۰۰×۶۰×۷۰ سانتی‌متر قرار داده شدند تا شته‌های روی رقم‌های مختلف باهم تداخل نداشته باشند. دیواره قفس‌ها با تور ارگانزا و سقف آن با طلق پلاستیکی پوشیده شده بود. از شته‌های نسل چهارم برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد، تا شته‌ها با شرایط آزمایش سازگار شوند. پرورش رقم‌های مختلف باقلا و هم‌چنین شته‌ها در گلخانه گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در شرایط دمایی ۲±۲۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد و دوره روشنایی ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) صورت گرفت.

پرورش و نگهداری زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum*

طی نمونه‌برداری‌های انجام شده از محوطه دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در بهار سال ۱۳۹۸، مومیایی‌های شته سیاه باقلا از روی درختان اقاقیا جمع‌آوری شد. با ظهور حشرات کامل زنبور، گونه زنبور پارازیتوئید توسط کلیدهای مربوطه (Rakhshani *et al.* 2013) به عنوان گونه *L. fabarum* تشخیص داده شد. باتوجه به عدم مشاهده زنبورهای نر در جمعیت‌های جمع‌آوری شده و انجام آزمایش‌های تکمیلی (تمام نتاج زنبورهای ماده جمع‌آوری شده در تمام نسل‌ها، ماده بودند)، مشخص شد که زنبور جمع-آوری شده، نژاد تک‌جنسی گونه مزبور می‌باشد. اما با توجه به این‌که جمعیت غیرجنسی تا به امروز فقط از استان زنجان گزارش شده بود پس از تهیه اسلاید از زنبورها برای تشخیص دقیق‌تر به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی ارسال شده و تک‌جنسی بودن جمعیت توسط متخصصین این مرکز تایید شد. به‌منظور پرورش و نگهداری این زنبور، کلنی شته سیاه باقلا به‌صورت جداگانه روی رقم‌های مختلف باقلا در قفس‌های چوبی و تحت شرایط ذکر شده در بالا تشکیل شده و زنبورها روی آن‌ها مستقر شدند. از زنبوران نسل چهارم برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

بررسی تاثیر رقم‌های مختلف باقلا بر ویژگی‌های زیستی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae*: به‌منظور بررسی تاثیر رقم‌های مختلف باقلا بر طول دوره پورگی، پوره‌زایی حشرات ماده بالغ و طول عمر افراد بالغ، تعداد ۲۵۰ شته ماده بالغ بکرزای یک روزه (۵۰ شته از هر کلنی) از کلنی‌هایی که به‌صوت جداگانه روی پنج رقم مختلف باقلا ایجاد شده و برای چندین نسل پرورش داده شده بودند انتخاب شده و سپس یک شته ماده داخل هر یک از قفس‌های برگی که روی دیسک‌های برگی پنج رقم مختلف باقلا نصب شده بودند رهاسازی شده و به اتاقک رشد با شرایطی که در بند مربوط به پرورش شته سیاه باقلا گفته شد منتقل گردیده و به آن‌ها اجازه داده شد تا پوره‌زایی انجام دهند. پس از گذشت ۲۴ ساعت شته‌های ماده و تمامی پوره‌ها به‌جز یکی از آن‌ها حذف شدند. دیسک‌های برگی به طور روزانه مورد بازدید قرار گرفته و تغییر سن پورگی با توجه به مشخصات ظاهری هر سن پورگی و پوسته به‌جا مانده از هر سن ثبت گردید. با ظهور شته ماده بالغ و ثبت زمان ظهور، پوره‌های گذاشته شده در هر روز پس از شمارش تعداد توسط قلم‌موی نرم حذف شده و این کار تا زمان مرگ آخرین شته ادامه یافت.

بررسی تاثیر رقم‌های مختلف باقلا بر ویژگی‌های زیستی زنبور *Lysiphlebus fabarum*: به منظور بررسی تاثیر رقم‌های مختلف

[DOI: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6]

باقلا بر کارایی زنبور *L. fabarum*، روی هر یک از پنج رقم مختلف باقلا که در داخل لیوان‌های پلاستیکی و در مخلوط خاک ذکر شده کاشته شده بودند، تعداد ۵۰ عدد شته بالغ بکرزا که از کلنی هر رقم به‌صورت جداگانه برداشته شده بودند قرار داده شده و به مدت ۲۴ ساعت اجازه داده شد تا پوره‌زایی انجام دهند و پس از گذشت این مدت شته‌های بالغ حذف شده و تعداد ۲۵۰ پوره هم‌سن شته تا رسیدن به سن چهار روی شاخه گیاه زنده باقلا پرورش داده شدند. لیوان‌ها در داخل استوانه‌هایی که از پلاستیک شفاف ایجاد شده بودند و سر آن‌ها توسط تور ارگانزا پوشیده شده بود قرار گرفتند و ۲۰ زنبور ماده یک روزه داخل هر استوانه رهاسازی شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت زنبورها حذف شده و شته‌های پارازیته شده تا زمان ظهور مومیایی‌ها روی شاخه‌های گیاه باقلا نگهداری شدند. سپس مومیایی‌های ظاهر شده از شاخه جدا و داخل هر ویال یک شته مومیایی قرار داده شد. هر ۲۴ ساعت، مومیایی‌ها بررسی شده و فراسنجه‌های نرخ خروج و طول دوره نشوونمای مراحل نابالغ زنبور تعیین شد. پس از ظهور زنبورها، هر فرد ماده داخل یک لوله آزمایش به قطر ۱ و طول ۱۰ سانتی‌متر قرار داده شده و روزانه ۵۰ پوره سن چهار شته که روی گیاه باقلا قرار داشتند در اختیار هر زنبور قرار گرفت و این کار تا مرگ آخرین زنبور ادامه یافت. شته‌های پارازیته شده تا زمان مومیایی شدن نگهداری شدند و تعداد شته‌های مومیایی شده و افرادی که ظهور کردند برای اندازه‌گیری نرخ پارازیتیسم و نرخ ظهور نسل اول ثبت شد. از محلول آب عسل ۲۰ درصد جهت تغذیه زنبورها استفاده شد. تمامی آزمایش‌ها در ژرمیناتور و تحت شرایط دمایی گفته شده در بالا انجام گرفت.

طرح آزمایشی و نحوه تجزیه داده‌ها: آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها ابتدا بر مبنای تجزیه واریانس یک‌طرفه در همان قالب طرح آزمایشی انجام پذیرفت. برای مقایسه تیمارهای آزمایشی (رقم‌های مختلف گیاه باقلا) از آزمون چند دامنه‌ای توکی در سطح احتمال یک و پنج درصد استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده ار نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۶) انجام و نمودارهای مربوطه در محیط Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

فراسنجه‌های زیستی شته سیاه باقلا

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فراسنجه‌های زیستی شته سیاه باقلا روی ارقام مختلف باقلا نشان داد که طول دوره پورگی، طول دوره پوره‌زایی و زادآوری شته‌های ماده بالغ روی رقم‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌دار داشت. طول عمر شته‌های ماده بالغ بین رقم‌های مورد بررسی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱).

میانگین طول دوره پورگی شته سیاه باقلا روی رقم‌های قراملک (شاهد)، G-f-5، G-f-20، G-f-21 و G-f-560 به‌ترتیب ۰/۱۶± ۶/۶۱، ۰/۱۴ ± ۶/۰۲، ۰/۱۱ ± ۵/۵۱، ۰/۲۶ ± ۷/۴۸ و ۰/۱۱ ± ۴/۵۰ روز به‌دست آمد. بیش‌ترین طول دوره پورگی شته روی رقم G-f-21 و کم‌ترین آن روی رقم G-f-560 مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). میانگین طول عمر شته بالغ روی رقم‌های قراملک، G-f-5، G-f-20، G-f-21 و G-f-560 به‌ترتیب برابر با ۰/۲ ± ۴/۷۶، ۰/۳ ± ۵/۱۵، ۰/۲ ± ۵/۲۹، ۰/۴ ± ۴/۴۶ و ۰/۳ ± ۵/۲۵ روز به‌دست آمد که اختلاف بین رقم‌های مورد مطالعه معنی‌دار نبود. کم‌ترین میانگین طول عمر شته ماده بالغ روی رقم G-f-21 مشاهده شد (جدول ۲). میانگین طول دوره پوره‌زایی شته روی رقم‌های قراملک، G-f-5، G-f-20، G-f-21 و G-f-560 به‌ترتیب ۰/۲۰± ۴/۷۶، ۰/۲۶ ± ۴/۰۰ ، ۰/۲۱ ± ۴/۱۰، ۰/۳۳ ± ۳/۳۷ و ۰/۲۵ ± ۴/۳۵ روز به‌دست آمد که بین رقم G-f-21 و رقم‌های قراملک و G-f-5 اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اختلاف بین بقیه رقم‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). میانگین تعداد پوره تولید شده توسط شته سیاه باقلا (زادآوری کل) روی رقم‌های قراملک، G-f-5، G-f-20، G-f-21 وG-f-560 به‌ترتیب ۶/۴۳ ± ۱۵۱/۶۶، ۰/۸۹ ± ۱۲/۳۱، ۱/۰۲ ± ۱۵/۵۱، ۰/۷۶ ± ۶/۸۰ و ۲/۶۲ ± ۳۳/۴۶ پوره به‌دست آمد. اختلاف میانگین زادآوری شته روی سه رقم G-f-5، G-f-20 و G-f-21 معنی‌دار نبود. میانگین تعداد پوره تولید شده توسط افراد ماده شته روی هر چهار رقم تراریخته نسبت به رقم قراملک کاهش چشم-گیری نشان داد که بیانگر نامطلوب بودن این رقم‌ها برای شته سیاه

باقلا بود (جدول ۲). روند پوره‌زایی روزانه شته سیاه باقلا روی رقم‌های مختلف آزمایشی در شکل ۱ نشان داده شده است. بیش‌ترین پوره تولید شده توسط شته روی رقم G-f-560 با ۷ پوره در روز هشتم، روی رقم قراملک با ۸ پوره در روز دهم، روی رقم G-f-5 با ۲پوره در روز نهم، روی رقم G-f-20 با ٤ پوره در روز هشتم، و روی رقم G-f-21 با ۱ پوره در روز یازدهم بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده معلوم شد که شته‌های بالغ از روز دوم شروع به پوره‌زایی می‌کنند و روی هیچ رقمی در روز اول پوره‌زایی مشاهده نشد. هم‌چنین مشخص شد که میزان پوره‌زایی شته ماده روی رقم G-f-21 کم‌تر از بقیه رقم‌ها و حتی طول دوره پوره‌زایی نیز کم‌تر از بقیه رقم‌ها است (شکل ۱).

جدول ۱– تجزیه واریانس فراسنجه‌های زیستی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae* روی رقم‌های باقلای مورد مطالعه

Table 1. Variance analysis of biological parameters of *A. fabae* on broad bean varieties

		میانگین مربعات ± اشتباه استاندارد Mean square±SE			
منبع تغییر (Source of Variation)	درجه آزادی df	طول دوره پورگی pre-reproductive period	طول دوره پوره‌زایی reproductive period	طول عمر شته ماده بالغ adult longevity	زادآوری کل total fecundity
رقم (varieties)	4	59.90	12.62	6.26	188412
خطا (Error)	243	1.36	3.26	4.17	523.02
F		43.93**	3.88**	1.50ns	360..25**
P		<0.0001	0.004	0.22	<0.0001

**Significant at 0.01 probability level   ns no siginificant غیرمعنی‌دار ns   ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲– اثر رقم‌های باقلای مورد بررسی روی فراسنجه‌های زیستی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae*

Table 2. Effects of broad bean varieties on biological parameters of *Aphis fabae*

	میانگین ± اشتباه استاندارد Mean±SE			
رقم (varieties)	طول دوره پورگی pre-reproductive period	طول دوره پوره‌زایی reproductive period	طول عمر شته ماده بالغ adult longevity	زادآوری کل total fecundity
Qaramalek (قراملک)	6.61±0.16b	4.76±0.2a	4.76±0.2a	151.66±6.43a
G-f-5	6.02±0.14bc	4/00±0.26ab	5.15±0.3a	12.31±0.89c
G-f-20	5.51±0.11c	4.10±0.21ab	5.29±0.2a	15.51±1.02c
G-f-21	7.48±0.26a	3.37±0.33b	4.46±0.4a	6.80±0.76c
G-f-560	4.50±0.11d	4.35±0.25ab	5.25±0.3a	33.46±2.62b

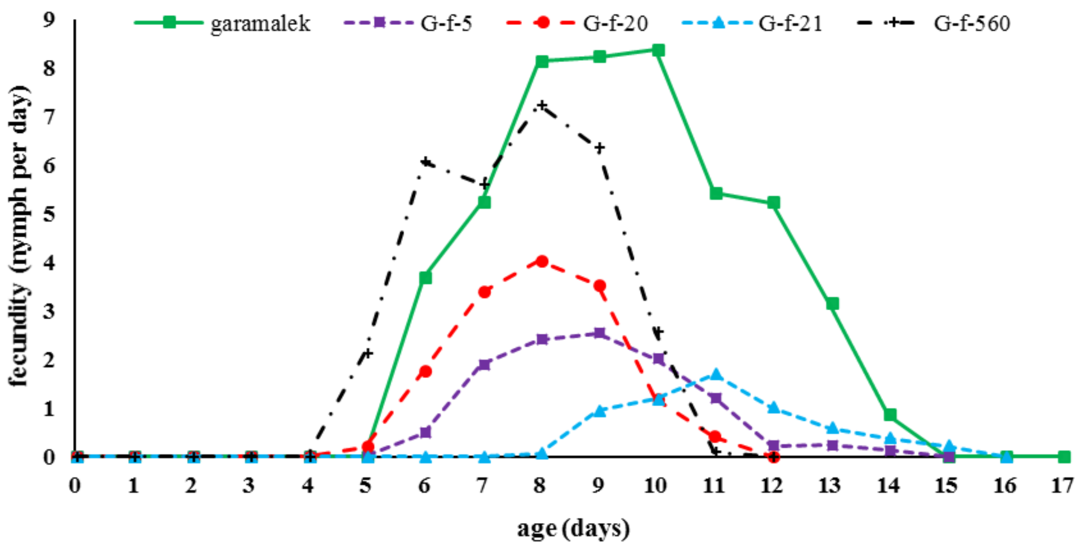
در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند.

The common letters in any column indicated not significant differences between varieties

فراسنجه‌های زیستی زنبور *Lysiphlebus fabarum*

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فراسنجه‌های زیستی زنبور *L. fabarum* نشان داد که طول دوره نشوونمای مراحل نابالغ، طول عمر حشرات بالغ، زادآوری، نرخ پارازیتیسم و نرخ ظهور حشرات کامل زنبور به میزبانی شته سیاه باقلا روی رقم‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد دارد (جدول۳).

[DOR: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6]



شکل ۱- روند پوره‌زایی روزانه شته سیاه باقلا، *A. fabae* روی رقم‌های باقلای مورد بررسی

Fig.1. Dayli fecundity of *A. fabae* on the investigated broad bean varieties

جدول ۳- تجزیه واریانس فراسنجه‌های زیستی زنبور *Lysiphlebus fabarum* روی رقم‌های باقلای مورد مطالعه

Table 3. Variance analysis of biological parameters of *Lysiphlebus fabarum* on broad bean varieties

		میانگین مربعات ± اشتباه استاندارد Mean square±SE				
منبع تغییر (Source of Variation)	درجه آزادی df	دوره نشوونمای نابالغ developmental time	طول عمر افراد بالغ adult longevity	زادآوری fecundity	نرخ پارازیتیسم parasitism rate	نرخ ظهور حشرات کامل emergency rate
رقم (varieties)	4	16.21	6.77	27008.64	4110.32	11664.53
خطا (Error)	180	0.82	1.86	649.57	46.51	96.79
F		19.70^{**}	3.64^{**}	41.08^{**}	88.36^{**}	120.52^{**}
P		<0.0001	0.007	<0.0001	<0.0001	<0.0001

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد　ns غیرمعنی‌دار ns no siginificant　**Significant at 0.01 probability level

میانگین زادآوری زنبور *L. fabarum* روی رقم‌های مختلف از ۱۵۱/۱۲ تا ۸۵/۲۰ تخم متغیر بود. میانگین این فراسنجه روی رقم‌های قراملک، G-f-5، G-f-20، G-f-21 و G-f-560 به‌ترتیب برابر با ۶/۳ ± ۱۵۱/۱۲، ۲/۹ ± ۸۷/۷۵، ۳/٦ ± ۸٦/۲۷، ۳/۷ ± ۸۵/۲۰ و ٤/۸ ± ۹۳/۸۸ تخم به‌دست آمد. در عین حال میزان زادآوری زنبور روی چهار رقم تراریخته اختلاف معنی‌داری نشان نداد، ولی بر اساس نتایج کسب شده، کارایی زنبور در پارازیته کردن شته‌های تغذیه کرده از رقم G-f-560 بیش‌تر از بقیه رقم‌ها بود. به نظر می‌رسد تغذیه دوره لاروی زنبور روی زادآوری حشرات کامل تاثیر داشته است که دلیل این امر مربوط به تغذیه پارازیتوئیدها با کیفیت بالاتر شته سیاه باقلا روی رقم بومی قراملک و به دنبال آن رقم G-f-560 باشد. هم‌چنین شته‌های تغذیه کرده از رقم G-f-21 به دلیل اینکه کیفیت پایینی داشتند و از نظر جثه کوچک‌تر بودند میزبان مناسبی برای زنبور نبوده و موجب پایین آمدن زادآوری زنبور پارازیتوئید نیز شد (جدول ٤).

روند تخم‌ریزی روزانه زنبور *L. fabarum* روی شته سیاه باقلا روی رقم‌های مختلف آزمایشی در شکل (۲) نشان داده شده است. بیش‌ترین تخم گذاشته شده توسط زنبور روی شته سیاه باقلا (تعداد پوره پارازیته شده) روی رقم قراملک با ٤٥ تخم در روز اول بود و به دنبال آن روی رقم G-f-5 با ۲۸ تخم در روز

[DOR: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6]

اول، روی رقم G-f-20 با ۲٤ تخم در روز اول، روی رقم G-f-21 با ۲٦ تخم در روز اول و روی رقم G-f-560 با ۲۱ تخم در روز اول بود. بررسی منحنی تخم‌ریزی روزانه زنبور نشان می‌دهد که زنبورهای ماده بالغ در تمام طول عمر خود پوره‌های میزبان را مورد حمله قرار دادند، اما میزان باروری با افزایش سن آن‌ها کاهش پیدا کرد که این امر را می‌توان به دلیل تلاش زنبور برای حفظ بقای خود در اواخر عمر آن دانست.

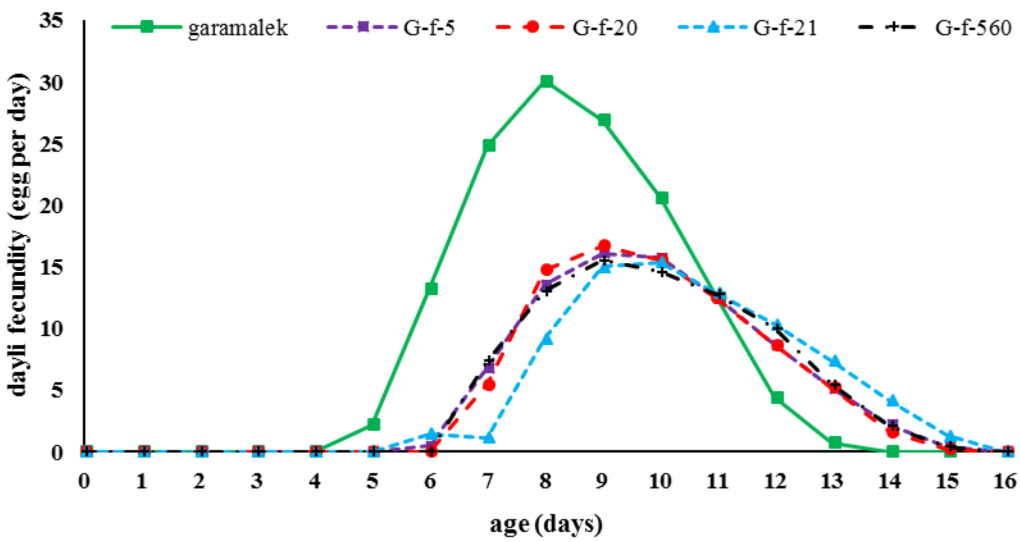
جدول ٤- اثر رقم‌های باقلای مورد بررسی روی فراسنجه‌های زیستی زنبور *Lysiphlebus fabarum*

Table 4. Effects of broad bean varieties on biological parameters of *Lysiphlebus fabarum*

رقم (varieties)	میانگین ± اشتباه استاندارد Mean±SE				
	طول دوره نشوونمای نابالغ developmental time	طول عمر زنبور ماده بالغ adult longevity	زادآوری کل total fecundity	نرخ پارازیتیسم parasitism rate	نرخ ظهور حشرت کامل emergency rate
قراملک (Qaramalek)	6.75±0.17c	4.72±0.19b	151.12±6.3a	65/00±2.3a	77.59±0.8b
G-f-5	7.98±0.15ab	5.73±0.17a	87.75±2.9b	39.77±0.8	70.69±2.1c
G-f-20	8.03±0.14ab	5.64±0.23a	86.27±3.6b	40.48±0.16bc	60.11±2.3d
G-f-21	8.56±0.13a	5.16±0.23ab	85.20±3.7b	42.52±0.7b	90.61±2.8a
G-f-560	7.92±0.17b	5.73±0.27a	93.88±4.8b	37.46±0.6c	41.82±1.4e

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

The common letters in any column indicated not significant differences between varieties



شکل ۲- روند تخم‌ریزی روزانه زنبور *L. fabarum* روی رقم‌های باقلای مورد بررسی

Fig. 2. Dayli fecundity of *L. fabarum* on the investigated broad bean varieties

میانگین درصد پارازیتیسم زنبور *L. fabarum* روی شته سیاه باقلا روی رقم‌های قراملک، G-f-5، G-f-20، G-f-21 و G-f-560 به‌ترتیب برابر ۲/۳ ± ٦٥/۰۰، ۰/۸ ± ۳۹/۷۷، ۰/٦ ± ٤۰/٤۸، ۰/۷ ± ٤۲/٥۲ و ۰/٦ ± ۳۷/٤٦ درصد محاسبه شد. مقایسه میانگین درصد پارازیتیسم زنبور روی شته سیاه باقلا روی رقم‌های مورد بررسی نشان‌دهنده بیش‌ترین درصد پارازیتیسم زنبور روی رقم قراملک (شاهد) می‌باشد. درصد پارازیتیسم روی دیگر رقم‌ها نسبت به رقم بومی قراملک کم‌تر شد. اختلاف میانگین درصد پارازیتیسم زنبور روی رقم قراملک با بقیه رقم‌ها و رقم G-f-21 با G-f-560 معنی‌دار بود ولی اختلاف بین رقم‌های G-f-21 با G-f-5 و G-f-20 و رقم G-f-560 با دو رقم G-f-5 و G-f-20 معنی‌دار نشد (جدول ٤). میانگین درصد ظهور زنبور *L. fabarum* روی

[DOR: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6]

شته سیاه باقلا روی رقم‌های قراملک، G-f-5، G-f-20، G-f-21 وG-f-560 به‌ترتیب برابر ۰/۸ ± ۷۷/۵۹، ۲/۱ ± ۷۰/۶۹، ۲/۳۸ ± ٦۰/۱۱، ۲/۸ ± ۹۰/٦۱ و ۱/٤ ± ٤۱/۸۲ درصد به‌دست آمد. بیش‌ترین درصد ظهور زنبور روی شته‌های تغذیه کرده از رقم G-f-21 و کم‌ترین درصد ظهور روی شته‌های تغذیه کرده از رقم G-f-560 بود. مقایسه میانگین درصد پارازیتیسم زنبور *L. fabarum* روی شته سیاه باقلا پرورش یافته روی رقم‌های مختلف باقلا نشان داد بین رقم‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. درصد ظهور روی رقم G-f-21 نسبت به رقم قراملک افزایش و روی سایر رقم‌ها نسبت به رقم بومی قراملک کاهش نشان داد (جدول ٤).

بحث

رشد و تولیدمثل حشرات تحت تاثیر عوامل متعددی قرار دارد که دما و غذا مهم‌ترین آن‌ها می‌باشند. کیفیت و کمیت منابع غذایی هر دو دارای اهمیت هستند (Scriber and Slansky, 1981). تغذیه حشرات گیاه‌خوار از گیاهانی با کیفیت بالاتر، باعث پدید آمدن پارازیتوئیدهایی با با شایستگی بیش‌تر (Davies *et al.* 2004) و شکارگرانی با خصوصیات بهتر (Shahayaraj and Sathiamoorthi, 2002) می‌شود. کیفیت میزبان یک ویژگی وراثت‌پذیر جمعیت میزبان بوده که روی فراسنجه‌های جدول زندگی پارازیتوئید تاثیرگذار است. یک میزبان مناسب، نیازهای فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای مراحل نابالغ پارازیتوئید را فراهم کرده و به طور مستقیم روی رشد و نمو، تلفات، طول عمر و زادآوری تاثیرگذار است (Roitberg *et al.* 2001; Mackauer *et al.* 1996). کیفیت میزبان پارازیتوئید با ویژگی‌هایی از جمله نوع و مقدار مواد غذایی موجود در بدن، مقدار توکسین‌ها و نوع آن‌ها، سیستم‌های دفاعی بدن و آلوده بودن یا نبودن به پارازیتوئید یا بیماری قابل توضیح است (Vinson and Iwantsch, 1988). هم‌چنین ثابت شده است وقتی افراد ماده در میزبان با کیفیت بالا پرورش یابند شایستگی بیش‌تری را کسب می‌کنند، زیرا ارتباط مستقیمی بین اندازه پارازیتوئید ماده با تعداد تخم و طول عمر آن وجود دارد. با نگاهی به جدول ۲ می‌توان دریافت که میانگین طول دوره پورگی شته روی رقم G-f-21 حدود ۱۲ درصد نسبت به رقم قراملک (بومی منطقه) افزایش داشته است. تفاوت در طول دوره پورگی شته روی رقم‌های مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت در ویژگی‌های رقم‌های مختلف گیاه از قبیل میزان مواد مغذی، ترکیبات شیمیایی ثانویه و مرفولوژی آن‌ها باشد. از آنجا که مواد شیمیایی موجود در رقم‌های گیاهی مختلف (سم‌ها، کاهش-دهنده‌های هضم‌پذیری و تعادل غذایی) و ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها (پرزها، سختی و زبری بافت برگ) از رقمی به رقم دیگر متفاوت است، این امر بر توانایی استقرار و تغذیه گیاه‌خوار تاثیر به‌سزایی ایجاد می‌کند (Meradsi and Laamari, 2018). بنابراین افزایش دوره پورگی شته سیاه باقلا روی رقم G-f-21 می‌تواند ناشی از کم بودن کیفیت تغذیه‌ای رقم تراریخته G-f-21 برای شته باشد. باتوجه به این که طول دوره پورگی روی فراسنجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) تاثیرگذار است، در نتیجه رقم‌هایی که باعث افزایش طول دوره پورگی می‌شوند رقم‌های مقاومی نسبت به این آفت به شمار می‌روند. اگر بخواهیم صرفا از روی فراسنجه میانگین طول دوره پورگی شته سیاه باقلا قضاوت کنیم، رقم G-f-21 رقم مقاومی در برابر شته سیاه باقلا است. البته قضاوت صحیح‌تر زمانی امکان‌پذیر است که ترکیبات ثانویه رقم‌های مختلف باقلای مورد آزمایش مشخص شده و از روی تغییرهای ایجاد شده در اثر تنش شته‌ها بتوان تقسیم‌بندی صحیحی در مورد رقم‌های حساس و مقاوم انجام داد. اگرچه مقایسه میانگین طول عمر افراد بالغ شته روی رقم‌های مورد مطالعه باقلا، دارای اختلاف معنی‌داری نشد، اما میانگین طول عمر شته روی رقم‌های G-f-5، G-f-20 و G-f-560 نسبت به رقم قراملک حدودا نصف روز افزایش نشان داد. در حالت کلی نتایج مربوط به میانگین طول عمر شته سیاه باقلا روی رقم‌های مختلف بیانگر تاثیر ناچیز رقم روی این فراسنجه بود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که غذای با کیفیت پایین باعث کوتاه‌تر شدن طول عمر افراد بالغ شته‌ها می‌شود (Zheng *et al.* 1993)، چنان‌چه از نتایج تحقیق حاضر هم معلوم شد که طول عمر شته سیاه باقلا روی رقم G-f-21 کوتاه‌تر از بقیه رقم‌ها است. همان رقمی که طول دوره پورگی شته روی آن بیش‌تر از بقیه رقم‌ها به‌دست آمد. مقایسه میانگین طول دوره پوره‌زایی شته روی رقم‌های مختلف باقلا نشان داد که کم‌ترین طول دوره پوره‌زایی روی رقم G-f-21 با میانگین ۳/۳۷ روز است

[DOR: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6]

و از طرف دیگر میانگین طول این دوره روی هر چهار رقم تراریخته نسبت‌به رقم بومی قراملک کاهش نشان داد که بیانگر نامناسب بودن رقم‌های تراریخته برای شته سیاه باقلا می‌باشد. دوره تولیدمثلی و به تبع آن تولید نتاج نشانه‌ای از پذیرش گیاه به‌عنوان میزبان ایده‌آل برای رشد حشرات است. پژوهش‌ها نشان داده که کیفیت مناسب میزبان باعث افزایش طول دوره پوره‌زایی شته‌ها شده و روی باروری کل تاثیر می‌گذارد. نتایج تحقیق حاضر نیز این مورد را تایید کرد و مشخص شد گیاهان تراریخته به علت کیفیت پایین‌شان برای آفت موجب کاهش طول دوره پوره‌زایی آن شدند که در این بین رقم G-f-21 بیش‌تر از بقیه رقم‌های تراریخته باعث این کاهش شد و میزبان نامطلوب‌تری برای شته بود. نتایج به‌دست آمده برای زادآوری کل شته (تعداد پوره تولید شده) در این آزمایش طیف وسیعی از مقدارها را در بر می‌گیرد (از ٦/٨ پوره روی رقم G-f-21 تا ١٥١/٦٦ پوره روی رقم قراملک) که نشان‌دهنده تاثیر کیفیت گیاه میزبان بر پتانسیل باروری حشره گیاه‌خوار است که منجر به تفاوت چشم‌گیر در میزان باروری شته سیاه باقلا روی آن‌ها شده است. به‌طوری‌که رقم قراملک رقمی کاملا مطلوب برای شته و رقم تراریخته G-f-21 نامطلوب‌ترین رقم برای شته سیاه باقلا تعیین شد. در واقع زادآوری شته روی رقم تراریخته G-f-21 کاهشی در حد ۹۵ درصد داشت و به‌ترتیب در رقم‌های G-f-5، G-f-20 وG-f-560 این کاهش به‌ترتیب در حدود ۹۲، ۹۰ و ۷۸ درصد نسبت به رقم قراملک به‌دست آمد که نشان‌دهنده نامطلوب بودن هر سه رقم تراریخته آزمایشی برای زادآوری شته نسبت به رقم قراملک می‌باشد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، طول دوره نشوونمای مراحل نابالغ زنبور *L. fabarum* به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم‌های مورد مطالعه قرار گرفت و میانگین محاسبه شده طول این دوره زیستی در زنبورهای پارازیتوئید تغذیه کرده از شته‌هایی که روی رقم بومی قراملک پرورش یافته بودند کمتر از بقیه رقم‌های مورد مطالعه بود. این نتایج نشان می‌دهد که روی رقم قراملک شرایط مناسب‌تری به‌منظور سپری شدن مراحل نابالغ این پارازیتویید وجود دارد و زنبورهای پارازیتویید سریع‌تر به مرحله بلوغ می-رسند. پژوهشگران گزارش دادند که کیفیت تغذیه‌ای گیاه میزبان با تحت تأثیر قرار دادن سیستم ایمنی حشرات گیاه‌خوار می‌تواند نشوونمای پارازیتوئیدهای داخلی را تحت تأثیر قرار دهد (Thomas and Waage, 1996). به‌طور کلی مقدار منابع غذایی در دسترس برای مراحل نابالغ زنبورهای پارازیتوئید به میزان رشد میزبان پس از پارازیتیسم و هم‌چنین اندازه میزبان حین تخم‌ریزی بستگی دارد که این خود متاثر از میزبان گیاهی می‌باشد (Sequeira and Mackauer, 1992). بنابه گزارش الماسی و همکاران (۲۰۱۷) طول دوره نشوونمای نابالغ زنبور *L. fabarum* روی شته سیاه باقلا در سنین پورگی اول تا چهارم به‌ترتیب برابر ۹/۰۵، ۸/۹۹، ۷/۸۲ و ۹/۵۳ روز بود که مشابه نتایج به‌دست آمده روی رقم‌های G-f-5، G-f-560 و G-f-21 می‌باشد. در بررسی حاضر بیش‌ترین طول دوره نابالغ برای زنبور روی رقم G-f-21 دیده شد و این بدان معنی است که زنبوری که شته‌های پرورش یافته روی این رقم را پارازیته کرده مدت زمان بیشری نیاز دارد تا دوره نشوونمای نابالغ خود را سپری نماید و در نتیجه زمان ظهور افراد بالغ نیز به دنبال آن دیرتر از بقیه صورت خواهد گرفت. به نظر می‌رسد چون شته‌های تغذیه کرده از این رقم شته‌های باکیفیتی نبودند بنابراین زنبورهایی هم که این شته‌ها را پارازیته کرده‌اند دوره نشوونمای طولانی‌تری نشان دادند. میزان زادآوری زنبور *L. fabarum* تحت تاثیر رقم‌های مختلف گیاه باقلا قرار گرفت به‌طوری‌که بیش‌ترین زادآوری زنبور روی رقم بومی قراملک بود که اختلاف معنی‌داری با بقیه رقم‌ها داشت و اختلاف بین بقیه رقم‌ها معنی‌دار نبود. این تاثیر می‌تواند ناشی از کیفیت تغذیه دوران پارازیتوئید در داخل بدن میزبان باشد چرا که شته سیاه باقلا روی این رقم شرایط بهتری برای رشد داشته و تعداد پوره تولید شده توسط شته روی این رقم هم از بقیه رقم‌ها بیش‌تر بود (حدودا ۱۵۲ پوره). نتایج گزارش شده توسط Baghery و همکاران (۲۰۰۵) برای زادآوری زنبور *L. fabarum* روی شته سیاه باقلا ۱۲۲/۲۷ تخم بود که تقریبا مشابه میزان باروری زنبور روی رقم قراملک می‌باشد. انتخاب مرحله پورگی شته توسط پارازیتوئیدها یکی از مهم‌ترین عوامل در کاهش جمعیت شته‌هاست. بسیاری از شته‌ها ممکن است برای پارازیتوئید مناسب باشند، اما کیفیت میزبان‌های مختلف و دوره رشد متفاوت میزبان‌ها می‌تواند فراسنجه‌هایی مانند اندازه پارازیتوئید، تغذیه، نسبت جنسی، طول عمر، باروری و نشو و نمای لاروهای

[DOR: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6]

پارازیتوئید را تحت تاثیر قرار دهد (Sequeira and Mackauer, 1992). باروری زنبورهای پارازیتوئید روی میزبان مناسب گیاهی، یکی از ویژگی‌های مهم برای انتخاب دشمن طبیعی در برنامه‌های کنترل زیستی می‌باشد (Bigler, 1994). میزان بقا و باروری در ابتدای دوره زندگی افراد بالغ فراسنجه‌های مهمی هستند که بر میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) تاثیر می‌گذارند. بنابراین تعداد کل تخم‌ها به تنهایی از اهمیت چندانی برخوردار نیست و دوره نشوونمای کوتاه و بیش‌ترین میزان باروری روزانه که در آن سن رخ داده از اهمیت بسیاری برخوردار است زیرا نرخ ذاتی افزایش جمعیت به این فراسنجه‌ها بستگی دارد (Carey, 1993) . چنانچه در بررسی حاضر نیز کوتاه‌ترین دوره نشوونمای زنبور، بیش‌ترین زادآوری و بیش‌ترین تعداد پوره پارازیته شده روزانه زنبور روی رقم قراملک دیده شد که به نوبه خود ممکن است موجب بیش‌تر شدن نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور روی این رقم نسبت به رقم‌های دیگر شود. این زنبور فاقد دوره پیش از تخم‌ریزی بود و همه زنبورهای ماده قادر بودند بلافاصله بعد از خروج از شفیره تخم‌ریزی کنند. نتایج به‌دست آمده توسط بارون و همکاران (۲۰۰۹) هم تاییدکننده این موضوع است. درصد پارازیتیسم یکی از معیارهای مناسب برای سنجش عملکرد یک پارازیتوئید، به دلیل دربرگرفتن مقدار پارازیتیسم و رشد یک جمعیت می‌باشد. بررسی درصد پارازیتیسم زنبور روی رقم‌های مورد بررسی نشان داد که میزان پارازیتیسم زنبور روی رقم قراملک به‌عنوان رقم بومی بیش‌تر از سایر رقم‌ها بود. بر اساس نظریه سوئیچینگ هرچه میزان در دسترس بودن یک میزبان خاص افزایش یابد به همان نسبت میزان شکار یا پارازیتیسم آن، از حالت کم‌تر از میزان انتظار به میزان بیش‌تر از مورد انتظار تغییر می‌یابد. اگر دشمن طبیعی روی میزبان فراوان‌تر تغذیه یا تخم‌ریزی کند گفته می‌شود که رفتار سوئیچینگ را نشان می‌دهد و زمانی که از نظر نسبت، شمار بیش‌تری از تیپ کمیاب مورد پذیرش واقع شود گفته می‌شود رفتار سوئیچینگ منفی روی داده است (Chesson, 1984). با توجه به این مطلب می‌توان گفت که زنبور پارازیتوئید روی رقم قراملک رفتار سوئیچینگ داشته ولی روی رقم G-f-21 سوئیچینگ منفی داشته است و نشان می‌دهد که زنبور شته‌هایی را که روی رقم قراملک تغذیه می‌کنند را ترجیح می‌دهد ولی شته‌های تغذیه کرده از گیاهان تراریخته را به علت نامناسب بودن میزبان (شته) ترجیح نمی‌دهد و می‌توان گفت رقم-های تراریخته تاثیر چشم‌گیری در کاهش جمعیت و کیفیت شته داشته‌اند. از طرف دیگر، نتایج نشان داد که نرخ پارازیتیسم زنبور روی شته سیاه باقلا در کل روی تمامی رقم‌های مورد مطالعه کم‌تر از ۰/۷ است که به طور معمول در مورد بیش‌تر پارازیتوئیدها این رقم باید بالای ۰/۷ باشد تا بتوان گفت که زنبور پارازیتوئید از کیفیت بالایی برخوردار است اما بررسی اثر گیاه میزبان بر میزان پارازیتیسم زنبور *L. fabarum* روی شته سیاه باقلا، نشان داده است که درصد پارازیتیسم شته مذکور روی چغندر لبویی، باقلا و علف‌های هرز با اینکه زیاد بوده ولی میزان پارازیتیسم روی باقلا کم‌تر از سایر گیاهان میزبان بوده و زنبور مذکور کم‌ترین میزان مرگ و میر را در شته سیاه روی باقلا ایجاد کرده است (Völkl and Stechmann, 1998). Astaraki و همکاران (۲۰۱۹) نیز مشابه همین نتیجه را گزارش دادند که درصد پارازیتیسم زنبور مذکور روی شته جالیز (۳۱/٦ درصد) در مقایسه با شته سیاه باقلا (۲۳/۲ درصد) بیش‌تر است. Baroon و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیشینه پارازیتیسم این گونه را روی شته سیاه باقلا روی دو رقم گیاه باقلا، ٦٨/۲ تا ۷۵/۳ درصد عنوان کرده‌اند. در مطالعه‌ای مشاهده شد که درصد ظهور افراد بالغ زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* و *Lysiphlebus testacipes* Cresson روی شته *Aphis nerii* Fonscolombe در مقایسه با *Aphis craccivora* C.L.Koch و *Aphis citricidus* Kirkaldy بسیار پایین‌تر بود و علت آن را تاثیر مواد سمی موجود در بافت‌های برگ گیاه *Nerium oleander* St. بر رشد پارازیتوئید در بدن شته بیان کردند (Carver, 1984). نتایج پژوهش حاضر، این نظریه را که دشمنان طبیعی به صورت غیرمستقیم و از طریق حشرات گیاه‌خوار، تحت تاثیر گیاهان تراریخته قرار می‌گیرند را تایید کرد که این تاثیر می‌تواند از طریق اثر روی کیفیت غذایی حشرات گیاه‌خوار برای گوشت‌خواران سطح بعدی بروز نماید.

نتیجه‌گیری کلی

مقاومت آنتی‌بیوز که طی آن گیاه میزبان به صورت مستقیم اثرات نامطلوبی بر فراسنجه‌های زیستی حشرات گیاه‌خوار می‌گذارد، از

[DOI: 20.1001.1.25885073.1402.12.1.2.6]

جایگاه ویژه‌ای در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات برخوردار است (Sedaratian *et al.* 2009). تغذیه آفات گیاه‌خوار از چنین رقم‌هایی کاهش نرخ بقا، وزن بدن، طول عمر و توان تولیدمثلی را به دنبال خواهد داشت (La Rossa *et al.* 2013). کاهش هزینه-های تولید نیز از دیگر مزیت‌های استفاده از چنین رقم‌هایی می-باشد. علاوه بر موارد اشاره شده، یکی از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از رقم‌های مقاوم، قابلیت سازگاری آن‌ها با سایر راهبردهای مورد استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی به‌ویژه دشمنان طبیعی مورد استفاده در برنامه‌های کنترل زیستی می‌باشد که همین مسأله تأثیر به‌سزایی در اجرای موفقیت‌آمیز برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات خواهد داشت (Fathipour and Sedaratian, 2013). با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص شد که گیاهان تراریخته تاثیر به‌سزایی در کاهش جمعیت آفت شته سیاه باقلا داشتند به‌طوری‌که شته‌های ماده بالغ تغذیه کرده از رقم‌های تراریخته، به دلیل کیفیت پایین گیاه، هم تعداد پوره کمی تولید کردند و هم طول دوره پوره‌زایی آن‌ها کاهش یافت. هم-چنین پوره‌هایی هم که تولید شدند فراسنجه‌های جمعیتی پایینی نشان دادند (نتایج منتشر نشده نگارندگان).در یک سیستم سه سطحی تغذیه بین گیاه – گیاه‌خوار – دشمن طبیعی، گیاهان میزبان می‌توانند توانایی دشمنان طبیعی را از طریق تاثیر روی کمیت و کیفیت گیاه‌خوار تحت تاثیر قرار دهند (Price *et al.* 1980)، بنابراین دانستن تاثیرهای گیاه روی کیفیت گیاه‌خوار و در نهایت تاثیر غیرمستقیم آن روی دشمنان طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حشرات گیاه‌خوار با تغذیه از گیاهان مختلف یا رقم‌های مختلف یک گیاه، کیفیت‌های غذایی متفاوتی را از خود برای دشمنان طبیعی عرضه می‌کنند. این کیفیت‌های متفاوت گیاه‌خوار روی دشمنان طبیعی اثرهای متفاوتی خواهد داشت که باعث تغییر در شایستگی و کارایی آنها خواهد شد (Ashouri *et al.* 2001). در بررسی حاضر نیز مشاهده شد زنبور *L. fabarum* که از پوره‌های سن چهارم شته سیاه باقلا تغذیه کرده بود، کارایی متفاوتی روی رقم‌های تراریخته و بومی باقلا نشان داد و این نظریه را که دشمنان طبیعی به صورت غیرمستقیم و از طریق حشرات گیاه‌خوار، تحت تاثیر گیاهان تراریخته قرار می‌گیرند را تایید کرد که این تاثیر می‌تواند از طریق اثر روی کیفیت غذایی حشرات گیاه‌خوار برای گوشت‌خواران سطح بعدی بروز نماید.

به عنوان جمع‌بندی کلی می‌توان اذعان کرد که رقم‌های تراریخته مورد بررسی، موجب کاهش جمعیت و کیفیت شته سیاه باقلا شد و کارایی زنبور *L. fabarum* روی شته‌های تغذیه کرده از چهار رقم تراریخته، تقریبا یکسان بود. درنتیجه در گیاهان تراریخته دشمن طبیعی تحت تاثیر کاهش و از بین رفتن جمعیت میزبان قرار گرفت و می‌توان گفت در رقم‌های تراریخته مورد بررسی، جمعیت و کیفیت آفت کاهش یافته و حضور دشمن طبیعی ضروری نمی‌باشد و گیاه تراریخته به تنهایی باعث مهار آفت می-شود. البته باید توجه داشت که جهت نتیجه‌گیری مطلوب‌تر در مورد تاثیر گیاهان تراریخته روی کارایی دشمنان طبیعی ومدیریت آفات توصیه می‌شود مطالعات مزرعه‌ای انجام پذیرد تا به کاربرد صحیح‌تر این نوع گیاهان در کشور کمک کند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی گرگان، گروه زراعت دانشگاه تبریز و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی که نویسندگان را در انجام این پژوهش یاری کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abbas, M. S. T. (2018). Genetically engineered (modified) crops (*Bacillus thuringiensis* crops) and the world controversy on their safety. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28(52), 1-12. https://doi.org/10.1186/s41938-018-0051-2

Adeli, N., & Ghareyazie, B. (2013). Comparison between the impact of transgenic insect resistant crop plants and their traditional counterparts on human health and the environment. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 2(1), 1-28. (In Farsi with English abstract) https://civilica.com/doc/602779/

Almasi, A., Rasekh, A., Esfandiari, M., Askari Seyahooei, M., & Ziaee, M. (2017). Evaluation of the efficiency of parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym., Braconidae), reared on *Aphis fabae* Scopoli, against the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. Journal of Applied Research in Plant Protection, 6(3), 83-95. (In Farsi with English abstract). https://arpp.tabrizu.ac.ir/article_6895_00.html?lang=fa

Anderson, J. A., Ellsworth, P. C., Faria, J. C., Head, G. P., Owen, M. D. K., Pilcher, C. D., Shelton, A. M., & Meissle, M. (2019). Genetically engineered crops: Importance of diversified integrated pest management for agricultural sustainability. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 7(24), 1-14. https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00024

Ashouri, A., Michaud, D., & Cloutier, C. (2001). Recombinant and classically selected factors of potato plant resistance to the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, variously affect the potato aphid parasitoid *Aphidius nigripes*. BioControl, 46, 401-418. https://doi.org/10.1023/A:1014123712776

Astaraki, M., Rasekh, A., Shishehbor, P., & Mahi, H. (2019). Evaluation of the possibility of using banker plant to increase parasitism of *Aphis gossypii* by a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*. Biocontrol in Plant Protection, 6(1), 89-99. (In Farsi with English abstract). DOI: 10.22092/BCPP.2018.119382

Azimi, S., Rahmani, S., & Ashouri, A. (2016). Effects of Bt cotton on biological characteristics of *Macrolophus pygmeus* Rambur (Hem.: Miridae). Plant Pest Research, 6(2), 75-86. (In Farsi with English abstract). https://www.sid.ir/paper/234984/fa#downloadbottom

Baghery-Matin, S., Sahragard, A., & Rasoolian, G. R. (2005). Some behavioural characteristics of *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Aphidiidae) parasiting *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae) under laboratory conditions. Journal of Entomology, 20, 64-68. DOI:10.3923/je.2005.64.68.

Baroon, N., Kocheyli, F., & Mossadegh, M. S. (2009). The biology, population growth parameters and functional response of *Lysiphlebus fabarum* (Marsh.) (Hym., Braconidae) on black bean aphid, *Aphis fabae* (Scop.) (Hom, Aphidiae). The Scientific Journal of Agriculture, 31(2), 37-48. (In Farsi with English abstract). DOI: 10.22055/PPR.2009.12663

Behdad, A. (2003). Preliminary entomology and important crop pests in Iran. Isfahan: Isfahan publication, 824 p. (In Farsi)

Bigler, F. (1994). Quality control in *Trichogramma* production. pp. 1-36. In Wajnberg E. and Hassan S.A., (eds). Biological Control with Egg Parastitoids. Wallingford, CAB International, UK.

Carey, J. R. (1993). Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects. Oxford University Press, UK.

Carver, M. (1984). The potential host ranges in Australia of some imported aphid parasite (Hemiptera: Aphididae). Entomophaga, 29, 351-359. https://doi.org/10.1007/BF02372156

Chesson, P. L. (1984). Variable predators and switching behavior. Ecology and Evolutionary Biology, 26(1), 1-26. https://doi.org/10.1016/0040-5809(84)90021-2

Clark, B. W., Phillips, T. A., & Coats, J. R. (2005). Environmental fate and effects of *Bacillus thuringiensis* (Bt) proteins from transgenic crops: a review. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53, 4643- 4653. DOI: 10.1021/jf040442k

Couty, A., de la Viña, G., Clark, S. J., Kaiser, L., Pham-Delegue, M. H., & Poppy, G. M. (2001). Direct and indirect sublethal effects of Galanthus nivalis agglutinin (GNA) on the development of a potato-aphid parasitoid, *Aphelinus abdominalis* (Hymenoptera: Aphelinidae). Journal of Insect Physiology, 47, 553-561. DOI: 10.1016/s0022-1910(00)00148-7

Dadashzadeh, N., Pazhouhandeh, M., & Valizadeh–Kamran, R. (2022). A Survey on Transgenicity of various agricultural products in North -west of Iran. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 10(2), 286-298. (In Farsi with English abstract). DOI: 20.1001.1.25885073.1400.10.2.13.5

Davies, A. P., Ceballo, F. A., & Walter, G. H. (2004). Is the potential of Coccidoxenoides perminutus, a mealybug parasitoid, limited by climatic or nutritional factors? Biological Control, 31, 181-188. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.05.005

Fontz, E. M. G., Pires, C. S. S., Sujii, E. R., & Panniz, A. R. (2002). The environmental effects of genetically modified crops resistant to insects. Neotropical Entomology, 31(4), 497-513. https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000400001

Kos, K., Petrović-Obradović, O., Žikić, V., Petrović, A., Trdan, S., & Tomanović, Ž. (2012). Review of interactions between host plants, aphids, primary parasitoids and hyperparasitoids in vegetable and cereal ecosystems in Slovenia. Journal of the Entomological Research Society, 14, 67-78.

Mackauer, M., Michaud, J., & Völkl, W. (1996). Invitation paper: CP Alexander Fund: Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality, and host value. Canadian Entomologist, 128, 959-980. DOI: https://doi.org/10.4039/Ent128959-6

Meradsi, F., & Laamari, M. (2018). Behavioral and biological responses of black bean aphid (*Aphis fabae*, Scopoli, 1763) on seven Algerian local broad bean cultivars. Acta agriculturae Slovenica, 111(3), 535 – 543. http://dx.doi.org/10.14720/aas.2018.111.3.02

Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N., & Weis, A. E. (1980). Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology and Systematics, 11, 41-65. https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000353

Rakhshani, E., Starý, P., & Tomanović, Ž. (2013). Tritrophic associations and taxonomic notes on *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae), a keystone aphid parasitoid in Iran. Archives of Biological Sciences, 65, 667-680. DOI:10.2298/ABS1302667R.

Rakhshani, E., Talebi, A., Manzari, S., Rezwani, A., & Rakhshani, H. (2006). An investigation on alfalfa aphids and their parasitoids in different parts of Iran, with a key to the parasitoids (Hemiptera: Aphididae; Hymenoptera:

Braconidae: Aphidiinae). Journal of Entomological Society of Iran, 25, 1-14. https://jesi.areeo.ac.ir/article_105398_fdc6271a9ef6de9ae770c235e6f2496a.pdf

Rasekh, A., Michaud, J., Allahyari, H., & Sabahi, Q. (2010). The foraging behavior of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall), a thelytokous parasitoid of the black bean aphid in Iran. Journal of Insect Behavior, 23, 165-179. https://doi.org/10.1007/s10905-010-9201-4

Roitberg, B., Boivin, G., & Vet, L. (2001). Fitness, parasitoids, and biological control: an opinion. Canadian Entomologist, 133, 429-438. https://doi.org/10.4039/Ent133429-3

Safi Sis, Y., Movahhed Mohammadi, H., & Rezvanfar, A. (2020). Analysis of the viewpoints of researchers on the use of transgenic products technology in the Iranian Agricultural Research Centers. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 8 (2), 229-247. (In Farsi with English abstract). DOI: 20.1001.1.25885073.1398.8.2.5.3

SAS Institute, (2006). The SAS system for Windows. SAS Institute.

Schotzko, D. J., & Bosque-Pérez, N. A. (2000). Seasonal dynamics of cereal aphids on Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) susceptible and resistant wheats. Journal of Economic Entomology, 93, 975-981. DOI: 10.1603/0022-0493-93.3.975

Scriber, J., & Slansky, J. F. (1981). The nutritional ecology of immature insects. Annual Review of Entomology, 26, 183-211. https://doi.org/10.1146/annurev.en.26.010181.001151

Sequeira, R., & Mackauer, M. (1992). Nutritional ecology of an insect host-parasitoid association: the pea aphid-*Aphidius ervi* system. Ecology, 73, 183-189. DOI:10.2307/1938730

Shahayaraj, K., & Sathiamoorthi, P. (2002). Influence of different diets of Corcyra cephalonica on life history of a reduviid predator *Rhynocoris marginatus* (Fab.). Journal of Central European Agriculture, 3, 53-62.

Thomas, M. J. K., & Waage, J. K. (1996). Integration of biological control and host-plant resistance breeding: a scientific and literature review. Wageningen: CTA.

Torres, J. B., & Ruberson, J. R. (2008). Interaction of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin in genetically engineered cotton with predatory heteropterans. Transgenic Research, 17, 345–354. DOI:10.1007/s11248-007-9109-8.

Vaez, N., Iranipour, S. H., & Hejazi M. J. (2018). Sublethal Effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* Berliner on cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner. Journal of Applied Research in Plant Protection, 9(3), 29-45. (In Farsi with English abstract). https://arpp.tabrizu.ac.ir/article_7144_864efc573281c95ff813e4f5adc470fa.pdf

Vaez, N., Iranipour, S. H., & Hejazi, M. J. (2013). Life Table Parameters of *Habrobracon hebetor* (Say) on *Helicoverpa armigera* (Hübner), Infected with *Bacillus thuringiensis* Berliner. Journal of Applied Research in Plant Protection, 2(2), 17-28. (In Farsi with English abstract). https://arpp.tabrizu.ac.ir/article_1449_0cff74581bf41c63c24ab2d813b30fd1.pdf

Verma, S. R. (2013). Genetically Modified Plants: Public and Scientific Perceptions. ISRN Biotechnology, 1-11. https://doi.org/10.5402/2013/820671

Vinson, S. B., & Iwantsch, G. (1988). Host suitability for insect parasitoids. Annual Review of Entomology, 25, 397-419.

Völkl, W., & Stechmann, D. H. (1998). Parasitism of the black bean aphid (Aphis fabae) by *Lysiphlebus fabarum* (Hym., Aphidiidae): the influence of host plant and habitat 1. Journal of Applied Entomology, 122, 201-206. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01484.x

Zheng, Y., Hagen, K., Daane, K., & Mittler, T. (1993). Influence of larval dietary supply on the food consumption, food utilization efficiency, growth and development of the lacewing *Chrysoperla carnea*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 67, 1-7. DOI:10.1007/BF02382710.