گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)
جلد ٤٤، شماره٤، زمستان ١٤٠٠
doi 10.22055/ppr.2021.17133

کارایی زیستی زنبور پارازیتوئید *Venturia canescens* Gravenhorst در تغذیه از کرم گلوگاه انار، *Ectomyelois ceratoniae* Zeller روی میزبان‌های مختلف

علی گلی‌زاده[1*] و زهرا عابدی[2]

۱-*نویسنده مسوول: استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
(golizadeh@uma.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته دکتری تخصصی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۱

چکیده

زنبور *Venturia canescens* Gravenhorst (Hymenoptera: Ichneumonidae) یکی از پارازیتوئیدهای مهم کرم گلوگاه انار، *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) می‌باشد. گیاهان میزبان می‌توانند به عنوان یک عامل موثر بر خصوصیات زیستی و کارایی پارازیتوئیدهای گیاه‌خوار عمل کنند. هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر میزبان مختلف گیاهی شامل انار، بِه، پسته، پرتقال، خرما، سیب و زیتون و همچنین غذای مصنوعی بر فراسنجه‌های زیستی زنبور *V. canescens* در اتاقک رشد، شرایط دمایی ۱±۳۰ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ٥±٦٠ درصد و دوره‌ی نوری ١٤ ساعت روشنایی و ١٠ ساعت تاریکی بود. هم‌چنین، برخی از ترکیبات بیوشیمیایی میزبان‌ها اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول دوره نابالغ پارازیتوئید به‌ترتیب روی بِه و غذای مصنوعی مشاهده شد. کمترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) روی بِه و بیشترین میزان آن روی انار بدست آمد. بین مقادیر برخی از ترکیبات بیوشیمیایی در میزبان‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. همچنین همبستگی مثبت یا منفی معنی‌داری بین ترکیبات اولیه و ثانویه گیاهی با فراسنجه‌های زیستی زنبور پارازیتوئید مشاهده شد. فراسنجه‌های باروری، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) همبستگی منفی معنی‌داری با مقادیر محتوای ترکیبات فنلی، تانن و فلاونوئید گیاهی نشان دادند. نتایج نشان داد که نشوونما و تولیدمثل زنبور *V. canescens* در تغذیه از کرم گلوگاه روی انار و غذای مصنوعی نسبت به سایر میزبان‌ها بهتر بود و زنبور کارایی زیستی بالایی روی این دو میزبان نشان داد. یافته به دست آمده در این تحقیق می‌تواند در پیش‌بینی نتایج کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه در روی میزبان‌های مختلف مفید واقع شود.

کلیدواژه‌ها: میزبان مختلف گیاهی، جدول زندگی، متابولیت‌های بیوشیمیایی، روابط غذایی سه سطحی

دبیر تخصصی: دکتر حبیب عباسی‌پور

Citation: Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2022). Biological efficiency of parasitoid wasp, *Venturia canescens* Gravenhorst in the feeding of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller on various hosts. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 44(4): 37-51. https://doi.org/ 10.22055/ppr.2021.17133

مقدمه

زنبور *Venturia canescens* Gravenhorst (Hymenoptera: Ichneumonidae) گونه‌ای با دامنه میزبانی وسیع بوده و جزو پارازیتوئیدهای موثر روی لاروهای انواع بال‌پولکداران از جمله کرم گلوگاه انار، *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)، که آفتی خطرناک، چندین‌خوار و با پراکنش جهانی است، می‌باشد (Reineke et al., 2006; Hagstrum et al., 2013; Abedi et al., 2020). این زنبور یک پارازیتوئید داخلی انفرادی با رفتارکوینوبیونت[1] می‌باشد؛ بدین معنی که زنبور ماده فقط یک عدد تخم در داخل بدن لارو میزبان می‌گذارد و میزبان پس از پارازیته شدن، به رشدوتغذیه خود ادامه می‌دهد. زنبور *V. canescens* قادر است به هر یک از دو روش دوجنسی و تک‌جنسی تولیدمثل نماید، ولی در اکثر مواقع به روش تک‌جنسی (بکرزایی ماده‌زایی[2]) ازدیاد پیدا می‌کند. در این صورت، تمامی نتاج تولید شده ماده می‌باشند (Salt, 1976; Harvey et al., 2001; Eliopoulos & Stathus, 2005; Rahman et al., 2006). این زنبور به دو صورت دوجنسی و تک جنسی در طبیعت یافت می شود که در برخی نقاط هر دو جمعیت در یک مکان مشاهده می‌شوند ولی در اغلب مواقع جمعیت دوجنسی در فضاهای باز مانند باغات دیده می‌شود، درحالی‌که جمعیت تک جنسی در فضاهای بسته مانند انبارها بیشتر دیده می شود. این زنبور به دلیل داشتن ویژگی‌های منحصر به فردی مانند طول دوره رشدی نسبتاً کوتاه، توانایی انجام تولیدمثل بدون نیاز به جنس نر، نرخ پارازیتیسم بالا و زنده‌مانی بلند مدت می‌تواند گزینه مطلوبی در برنامه‌های پرورش و رهاسازی انبوه دشمنان طبیعی باشد (Kishani-Farahani et al., 2012; Baghery et al., 2020). فعالیت این زنبور نه تنها در مزارع بلکه در انبارهای مواد غذایی روی آفات انباری نیز مشاهده شده است (Akbari Asl et al., 2007; Eyidozehi et al., 2013).

در سال‌های قبل کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار در ایران، منحصر به استفاده از پارازیتوئیدهای تخم یعنی زنبورهای تریکوگراما بوده است و وجود دیگر پارازیتوئیدهای فعال این حشره مورد توجه لازم قرار نگرفته‌اند (Abedi et al., 2020). در بررسی‌هایی که روی شناسایی پارازیتوئیدهای لارو کرم گلوگاه انار در مناطق مختلف ایران انجام شده است دو گونه زنبور پارازیتوئید، *Habrobracon hebetor* Say و *V. canescens* بالاترین فراوانی و بیشترین درصد پارازیتیسم کرم گلوگاه انار را نشان دادند، لذا این دو گونه زنبور را به عنوان پارازیتوئیدهای فعال لارو کرم گلوگاه انار معرفی شدند (Sobhani et al., 2015; Nobakht et al., 2015). بنابراین، در این تحقیق کارایی زیستی زنبور پارازیتوئید *V. canescens* در مطالعه روابط غذایی سه سطحی بین میزبان‌های مختلف کرم گلوگاه انار و زنبور پارازیتوئید مورد بررسی قرار گرفت.

گونه‌های گیاهی نه تنها فعالیت‌های تغذیه‌ای حشرات گیاه‌خوار روی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بلکه فعالیت پارازیتوئیدها را نیز از طریق تعاملات سطوح سه‌گانه غذایی تحت تأثیر قرار می‌دهند (Price et al., 1980; Nikooei et al., 2017). بیوشیمی گیاه می‌تواند ارزش غذایی گیاه‌خوار (آفت) را تعیین نماید و این موضوع به نوبه خود ویژگی‌های مختلف زیستی دشمنان طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Giles et al., 2002; Wu et al., 2010). بنابراین، آگاهی از اثرات میزبان‌های مختلف گیاهی (به عنوان سطح اول تغذیه) روی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید *V. canescens* (به عنوان سطح سوم تغذیه) می‌تواند در کنترل بیولوژیک و مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه انار بسیار سودمند باشد. اولین قدم در استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک، مطالعه دقیق زیست‌شناسی آن‌ها

1- Koinobiont
2- Thelytoky

می‌باشد. با توجه به عدم وجود اطلاعات علمی کافی درباره‌ی تأثیر گیاهان میزبان کرم گلوگاه انار روی فراسنجه‌های زیستی زنبور *V. canescens*، ضرورت انجام این تحقیق جهت تعیین فراسنجه‌های رشد جمعیت این پارازیتوئید روی کرم گلوگاه انار احساس می‌گردد.

در مطالعه قبلی، تأثیر ۱۱ میزبان مختلف گیاهی شامل انار، انجیر خشک، بادام زمینی، به، پسته، پرتقال، خرما، سیب، زیتون، گردو و غذای مصنوعی بر فراسنجه‌های زیستی و تغذیه‌ای *E. ceratoniae* و ارتباط فراسنجه-های رشدی آفت با ترکیبات بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد که انار و غذای مصنوعی به عنوان میزبان‌های نسبتا حساس، خرما و پسته به عنوان میزبان‌های نیمه حساس و به، پرتقال، سیب و زیتون به عنوان میزبان‌های نسبتاً مقاوم برای کرم گلوگاه انار بودند (Golizadeh & Abedi, 2021). در ادامه تحقیق، اثر میزبان‌های نسبتاً حساس (انار و غذای مصنوعی)، نیمه حساس (خرما و پسته) و مقاوم (به، پرتقال، سیب و زیتون) روی کارایی زنبور *V. canescens* بررسی شد تا اثر سطح اول تغذیه روی فراسنجه‌های رشد جمعیت سطح سوم تغذیه مشخص شود.

پژوهش‌های قبلی نشان داده است که ویژگی‌های زیستی زنبور *V. canescens* مرتبط با ترکیبات بیوشیمیایی گیاه میزبان قرار دارد. در تحقیقی، ویژگی-های زیستی زنبور *V. canescens* روی ارقام حساس، نیمه حساس و مقاوم انار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که پتانسیل رشد جمعیت زنبور پارازیتوئید روی رقم حساس شهوار دانه سفید بیشتر از سایر ارقام مورد بررسی می‌باشد (Abedi et al., 2020). تاکنون مطالعه‌ی جامعی در مورد ارتباط فراسنجه‌های رشدی زنبور *V. canescens* با ترکیبات بیوشیمیایی میزبان-های مختلف کرم گلوگاه انار صورت نگرفته است. بنابراین، اهدف اصلی این تحقیق، بررسی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی زنبور *V. canescens* در تغذیه از لارو کرم گلوگاه انار روی میزبان‌های مختلف و تعیین ارتباط احتمالی آن‌ها با مقادیر برخی ترکیبات بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف می‌باشد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به عنوان اطلاعات پایه در جهت درک بهتر تعاملات سه گانه غذایی بین گیاه-گیاه‌خوار و پارازیتوئید مفید واقع شود.

مواد و روش‌ها

تهیه میزبان‌های مختلف

میوه رسیده هفت میزبان مختلف *E. ceratoniae* شامل انار (رقم ملس ساوه)، به (رقم اصفهان)، پسته (رقم کله قوچی)، پرتقال (رقم تامسون ناول)، خرما (رقم مضافتی)، سیب (رقم قرمز لبنانی)، زیتون (رقم زرد) از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی رامسر، مغان و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد که برای تغذیه آفت و انجام آزمایش‌های بیوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفتند. هم‌چنین، از یک نوع رژیم غذایی مصنوعی (ترکیب سبوس گندم، شکر، مخمر، اسید آسکوربیک، بنزوات سدیم، لیزین، اریترومایسین، گلیسرین و آب مقطر) به منظور پرورش و تغذیه آفت استفاده شد (Mediouni & Dhouibi, 2007).

پرورش کرم گلوگاه انار در شرایط آزمایشگاهی

به منظور پرورش کرم گلوگاه، انارهای آلوده به لارو این آفت پس از جمع‌آوری از باغ‌های انار به آزمایشگاه منتقل شده و جداسازی لاروها از میوه‌های آلوده صورت گرفت. پرورش لاروها روی هر یک از میزبان‌ها به‌طور جداگانه انجام شد. حشرات کامل پس از ظهور به درون ظروف پلاستیکی استوانه‌ای به ابعاد ۵۰ ×۱۰۰ سانتی‌متر که هر دو طرف آن‌ها با توری پوشانده شده بود به مدت ۲۴ ساعت برای جفت‌گیری انتقال داده شدند. جهت تغذیه شب‌پره‌ها، از پنبه آغشته به محلول آب عسل ۱۰ درصد استفاده شد. پس از این مدت، پروانه‌های نر و ماده برای جفت‌گیری و تخم‌گیری به ظروف استوانه‌ای به ابعاد ۱۵×۳۰ سانتی‌متر که دو طرف آن‌ها با توری پوشانده شده بود، منتقل شدند. توری‌های حاوی

تخم‌های گذاشته شده برای ادامه پرورش و آزمایش‌ها به داخل ظروف دیگر حاوی برش‌هایی از میوه ها و دانه‌های مختلف و رژیم غذایی مصنوعی منتقل شد. ظروف پرورش در اتاقک رشد با شرایط دمایی ۱± ۳۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی نگهداری شد (Navarro et al., 1986; Abedi et al., 2019; Golizadeh & Abedi, 2021).

تشکیل کلنی زنبور پارازیتوئید *V. canescens*

برای پرورش و ایجاد کلنی زنبور *V. canescens* نمونه‌برداری از باغات انار صورت گرفت. انارهای آلوده به آزمایشگاه منتقل و در داخل قفس‌ها به ابعاد ۴۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متر، تا زمان ظهور حشرات کامل زنبور نگه‌داری شدند. پس از ظهور زنبورهای پارازیتوئید از انارهای آلوده و شناسایی آن‌ها، پرورش زنبورها روی لاروهای سن پنجم کرم گلوگاه انار صورت گرفت. زنبورها درون ظروف پلاستیکی استوانه‌ای به ابعاد ۷×۱۵ سانتی‌متر و در اتاقک رشد با دمای ۱± ۳۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. برای ایجاد تهویه و جلوگیری از افزایش رطوبت روی درب ظروف سوراخ‌هایی ایجاد و با توری ریز پوشانده شد. در داخل ظروف پرورش، یک نوار کاغذی آغشته به لایه‌ی نازک عسل برای تغذیه زنبورها قرار داده شد. در داخل هر ظرف ۵۰ عدد لارو سن آخر کرم گلوگاه انار پرورش یافته روی هر میزبان و ۱۵ جفت زنبور نر و ماده رهاسازی و پس از ۲۴ ساعت زنبورها با آسپیراتور دستی جمع‌آوری و به ظروف پرورش جدید انتقال داده شدند. ظروف حاوی لاروهای پارازیته شده تا زمان ظهور حشرات کامل نسل جدید زنبور در شرایط مذکور نگهداری شدند. بعد از دو نسل پرورش زنبور پارازیتوئید روی هر یک از میزبان‌های مورد بررسی، آزمایش‌های جدول زندگی انجام گرفت.

مطالعه فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیت زنبور *V. canescens* روی میزبان‌های مختلف

پس از پرورش زنبور روی لاروهای کرم گلوگاه انار روی هریک از میزبان‌های مورد بررسی، ۵۰ عدد لارو سن پنجم کرم گلوگاه انار در اختیار ۲۰ عدد زنبور بالغ ماده یک الی دو روزه قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت لاروهای زنده و پارازیته شده آفت به‌صورت انفرادی در ظروف پتری پلاستیکی (به قطر ۹ سانتی‌متر) نگهداری و با میزبان‌های مختلف تغذیه شدند. پس از تفریخ تخم‌های زنبور در داخل بدن میزبان و تغذیه لاروها از محتویات بدن لاروهای کرم گلوگاه انار، لارو سن آخر زنبور از بدن میزبان خارج شده و بیرون از بدن میزبان شفیره تشکیل شد. ظروف پتری روزانه بازدید شده و تغییرات ایجاد شده (ظهور شفیره زنبور و یا ظهور پروانه کرم گلوگاه انار) ثبت شد. پس از ظهور زنبورها، هر زنبور به‌صورت جداگانه در داخل پتری محتوی ۱۵ عدد لارو میزبان قرار داده شد. برای تغذیه زنبورها یک نوار کاغذی آغشته به لایه نازک عسل قرار داده شد. ظروف پتری هر روز با ظروف پتری جدید حاوی ۱۵ عدد لاروهای میزبان جایگزین شدند و این بررسی‌ها تا زمان مرگ همه زنبورها ادامه یافت و از داده‌های ثبت شده برای تشکیل جدول زندگی زنبور پارازیتوئید استفاده شد. آزمایش‌ها در اتاقک رشدی با شرایط دمایی۱ ± ۳۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد (Abedi et al., 2020).

اندازه‌گیری‌ویژگی‌های بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف

در این تحقیق برخی متابولیت‌های بیوشیمیایی مهم میزبان‌های مختلف اندازه‌گیری شد تا ارتباط بین این ترکیبات با ویژگی‌های زیستی زنبور *V. canescens* تعیین شود. هر کدام از آزمایش‌های بیوشیمیایی در پنج تکرار انجام شد.

تعیین غلظت کربوهیدرات

برای اندازه‌گیری محتوای کربوهیدرات موجود در میزبان‌های مختلف از معرف آنترون استفاده شد و جذب نوری آن در طول موج ۶۲۶ نانومتر قرائت شد (Bemani et al., 2012).

تعیین محتوای فنل کل

محتوای ترکیبات فنل با استفاده از معرف فولین تعیین شد. جذب آن‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌شود (Tezcan et al., 2009).

تعیین محتوای تانن

به منظور سنجش محتوای تانن میزبان‌های مختلف از معرف وانیلین استفاده شد و جذب آن‌ها در طول موج ۵۰۰ نانومتر قرائت شد (Broadhurst & Jones, 1976).

تعیین محتوای فلاونوئید

غلظت فلاونوئیدها با محلول متانولی آلومینیوم کلراید در طول موج ۴۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Jia et al., 1999).

تجزیه داده‌ها

داده‌های خام حاصل از فراسنجه‌های دموگرافی زنبور *V. canescens* با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MS Chart تجزیه شد (Chi, 2020). جهت تکراردار کردن فراسنجه‌های جدول زندگی از روش بوت‌استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار استفاده شد (Chi, 2020). هم‌چنین، اختلاف آماری بین فراسنجه‌های دموگرافی با استفاده از آزمون دو گانه بوت‌استرپ (paired bootstrap test) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد. نرمال بودن داده‌های مربوط به ویژگی‌های بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف نیز با آزمون کولموگروف اسمیرنوف انجام شد (SPSS, 2007). جهت مقایسه‌ی اختلاف آماری ویژگی‌های بیوشیمیایی، از تجزیه واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) استفاده شد و اختلاف میانگین تیمارها با استفاده از پس آزمون توکی (HSD) در سطح احتمال پنج درصد تعیین شد (SPSS, 2007). ارتباط بین برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف با فراسنجه‌های مهم جدول زندگی زنبور *V. canescens* از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (SPSS, 2007). برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیت زنبور *V. canescens* روی میزبان‌های مختلف

نتایج طول دوره نشو و نما و بقای مراحل نابالغ زنبور *V. cenescens* روی لاروهای کرم گلوگاه انار تغذیه کرده از میزبان‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین طول دوره تخم و لارو زنبورهای پرورش یافته روی به، به طور معنی‌داری بیشتر از بقیه میزبان‌ها بود. دوره شفیرگی زنبورهای پرورش یافته روی انار، پسته، خرما و غذای مصنوعی به طور معنی‌داری کمتر از بقیه میزبان‌ها بود. هم‌چنین، طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین دوره رشدی قبل از بلوغ (از تخم تا ظهور حشره‌ی کامل) به ترتیب مربوط به میزبان‌های به و غذای مصنوعی بود. از نظر بقای دوره نابالغ زنبور *V. canescens* بین میزبان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت، بدین ترتیب که کمترین میزان بقای مراحل نابالغ زنبور روی به و سیب و بیشترین مقدار بقا روی پسته و انار بود (جدول ۱).

منحنی‌های بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) زنبور *V. canescens* روی لاروهای کرم گلوگاه انار تغذیه کرده از میزبان‌های مختلف در شکل ۱ ارایه شده است. منحنی‌های بقاء نشان می‌دهد که میزان بقا با افزایش سن کاهش یافته در نتیجه منحنی بقا به‌صورت یک منحنی نزولی در آمده است. علاوه بر این، بیشترین پهنای منحنی باروری ویژه سنی زنبور در انار به دست آمد (شکل ۱).

طول دوره تخمریزی، میزان باروری و طول عمر زنبور *V. canescens* در تغذیه از کرم گلوگاه روی میزبان‌های مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

بیشترین طول دوره قبل از تخمریزی افراد بالغ ماده (APOP[1]) در میزبان به مشاهده شد. میزبان‌های مختلف گیاهی اثر معنی‌داری روی مجموع دوره قبل از تخمریزی افراد بالغ ماده (TPOP[2]) داشتند، به‌طوری که کوتاه‌ترین این دوره روی پسته و انار و طولانی‌ترین آن روی به مشاهده شد. هم‌چنین، طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین‌دوره تخمریزی افراد ماده نیز به ترتیب روی انار و به ثبت گردید. میزان باروری روی میزبان بِه، به‌طور معنی‌داری کمتر از بقیه میزبان‌ها بود و بیش‌ترین میزان باروری روی انار به‌دست آمد. بیشترین و کمترین طول عمر حشرات کامل زنبورهای ماده به ترتیب روی انار و سیب مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۱- طول دوره مراحل مختلف قبل از بلوغ (میانگین± خطای معیار) و بقای زنبور *Venturia canescens* در تغذیه از کرم گلوگاه انار روی میزبان‌های مختلف

Table 1. Duration of immature stages (mean±SE) and survival rate of *Venturia canescens* feeding of *Ectomyelois ceratoniae* on various hosts

Host	Egg- larval period(day)	Pupal period (day)	Developmental time (day)	Pre-adult Survival rate
Apple	21.97 ± 0.19 b	11.82 ± 0.20 a	33.65 ± 0.37 b	0.46 ± 0.07 bc
Artificial diet	16.94 ± 0.16 g	8.33 ± 0.16 d	25.23 ± 0.26 f	0.60 ± 0.069 ab
Date	17.38 ± 0.16 fg	8.40 ± 0.17 d	25.87 ± 0.28 ef	0.64 ± 0.068 ab
Olive	19.38 ± 0.31 d	9.56 ± 0.16 c	28.96 ± 0.43 d	0.60 ± 0.068 ab
Orange	21.32 ± 0.17 c	10.86 ± 0.16 b	32.11 ± 0.28 c	0.56 ± 0.069 abc
Pistachio	17.55 ± 0.14 ef	8.21 ± 0.13 d	25.88 ± 0.22 ef	0.66 ± 0.067 a
Pomegranate	18.03 ± 0.22 e	8.03 ± 0.16 d	26.08 ± 021 e	0.68 ± 0.06 a
Quince	23.15 ± 0.17 a	11.80 ± 0.21 a	34.80 ± 0.34 a	0.46 ± 0.07 bc

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P< 0.05$).

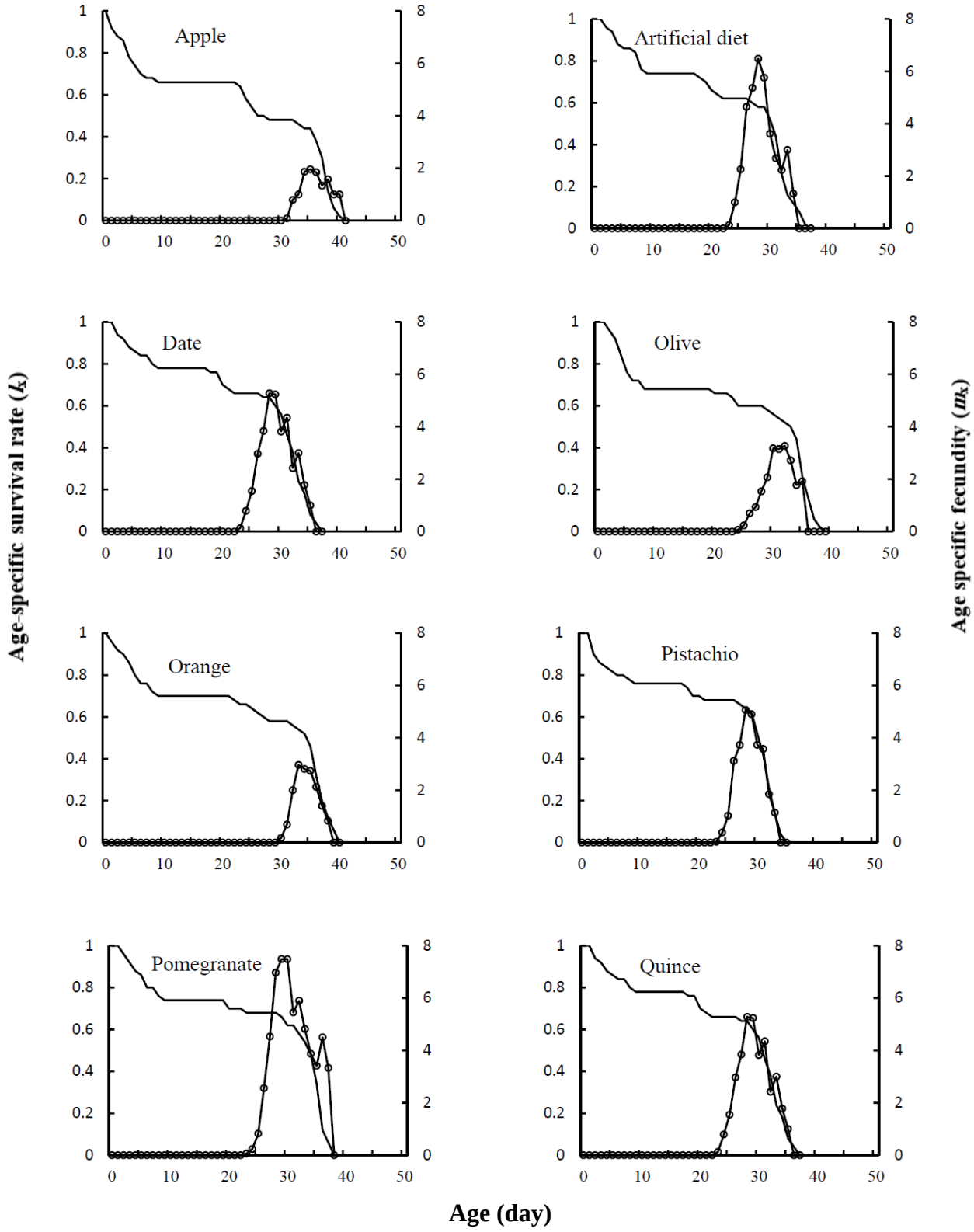
جدول ۲- طول دوره تخمریزی، باروری و طول عمر (میانگین± خطای معیار) زنبور *Venturia canescens* در تغذیه از کرم گلوگاه انار روی میزبان‌های مختلف

Table 2. Reproduction period, fecundity and adult longevity (mean±SE) of *Venturia canescens* feeding of *Ectomyelois ceratoniae* on various hosts

Host	APOP[2] (day)	TPOP[1] (day)	Oviposition period (day)	Fecundity (offspring)	Adult longevity (day)
Apple	0.50 ± 0.11 b	33.99 ± 0.37 b	3.04 ± 0.19 d	8.60 ± 0.83 f	4.21 ± 0.21 e
Artificial diet	0.27 ± 0.08 b	25.50 ± 0.24 f	6.03 ± 0.22 b	32.62 ± 1.62 b	7.35 ± 0.27 b
Date	0.25 ± 0.08 b	26.12 ± 0.29 ef	5.87 ± 0.20 b	29.27 ± 1.51 b	7.07 ± 0.25 b
Olive	0.30 ± 0.08 b	29.26 ± 0.45 d	4.27 ± 0.31 c	18.51± 1.60 d	6.09 ± 0.31 c
Orange	0.43 ± 0.09 b	32.54 ± 0.29 c	3.39 ± 0.16 d	12.51± 0.71 e	4.85 ± 0.22 d
Pistachio	0.33 ± 0.08 b	26.21 ± 0.24 e	4.99 ± 0.13 c	24.12 ± 1.09 c	6.11 ± 0.20 c
Pomegranate	0.29 ± 0.07 b	26.38 ± 0.23 e	8.03 ± 0.32 a	48.63 ±2.93 a	9.81 ± 0.89 a
Quince	0.55 ± 0.11 a	35.35 ± 0.38 a	2.15 ± 0.18 e	4.99 ± 0.57 g	4.45 ± 0.98 d

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P< 0.05$).

1- Total pre-oviposition period
2- Adult pre-oviposition period



شکل ۱- بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) زنبور *Venturia canescens* در تغذیه از کرم گلوگاه روی میزبان‌های مختلف

Figure 1. Age-specific survival rate (l_x) and age specific fecundity (m_x) of *Venturia canescens* feeding of *Ectomyelois ceratoniae* on various hosts

نتایج فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور *V. canescens* در تغذیه از کرم گلوگاه انار روی میزبان‌های مختلف در جدول ۳ ارایه شده است. از نظر فراسنجه‌های جدول زندگی زنبور، بین میزبان‌های مختلف مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین مقدار نرخ خالص تولیدمثل (R_0) روی انار و کمترین مقدار آن روی به مشاهده گردید. نتایج نشان داد که مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) روی انار بیشتر و روی به کمتر از سایر ارقام بود. متعاقب تغییرات نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نیز روی انار بیشترین و روی به کمترین مقدار را داشت. از نظر متوسط زمان یک نسل (T) زنبور در بین میزبان‌های مختلف مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین مقدار این پارامتر روی به و کمترین مقدار آن روی رژیم غذایی مصنوعی، خرما و پسته مشاهده شد (جدول ۳).

ویژگی‌های بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف

در بین میزبان‌های مختلف از نظر غلظت متابولیت‌های بیوشیمیایی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین غلظت کربوهیدرات مربوط به غذای مصنوعی و کمترین مقدار آن در زیتون به‌دست آمد ($F = 4768.08$; df = 7, 32; $P < 0.0001$). هم‌چنین، بیش‌ترین مقدار ترکیبات فنل ($F = 2496.45$; df = 7, 32; $P < 0.0001$) در زیتون و کمترین مقدار آن‌ها در غذای مصنوعی مشاهده شد. بیشترین مقدار تانن‌ها مربوط به زیتون و کمترین مقدار آن در پسته و غذای مصنوعی بود ($F = 1408.33$; df = 7, 32; P < 0.0001). بیش‌ترین مقدار فلاونوئید در زیتون و کمترین مقدار آن در غذای مصنوعی مشاهده شد (F = 736.85 ; df = 7, 32; $P < 0.0001$) (جدول ۴).

جدول ۵ میزان همبستگی و ارتباط موجود بین برخی فراسنجه‌های زیستی زنبور با مقادیر برخی ترکیبات بیوشیمیایی موجود در میزبان‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، طول دوره رشدی زنبور با مقدار کربوهیدرات میزبان‌های مختلف همبستگی منفی معنی‌داری نشان داد، اما فراسنجه‌های باروری و r_m همبستگی مثبتی با مقدار کربوهیدرات نشان دادند. هم‌چنین، طول دوره رشدی زنبور با محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئید میزبان‌های مختلف همبستگی مثبت معنی‌داری نشان داد. فراسنجه‌های باروری، R_0 و r_m همبستگی منفی معنی‌داری با مقادیر محتوای ترکیبات فنلی، تانن و فلاونوئیدها نشان دادند.

جدول ۳- فراسنجه‌های جدول زندگی (میانگین± خطای معیار) زنبور *Venturia canescens* در تغذیه از کرم گلوگاه انار روی میزبان‌های مختلف

Table 3. Life table parameters (mean±SE) of *Venturia canescens* feeding of *Ectomyelois ceratoniae* on various hosts

Host	R_0 (offspring per adult)	r (day^{-1})	λ (day^{-1})	T (day)
Apple	3.96 ± 0.71 e	0.038 ± 0.0052 e	1.039 ± 0.005 e	35.81 ± 0.34 b
Artificial diet	19.57 ± 2.47 b	0.103 ± 0.0045 ab	1.109 ± 0.005 ab	28.79 ± 0.25 e
Date	18.72 ± 2.21 b	0.099 ± 0.0042 b	1.105 ± 0.005 b	29.33 ± 0.32 e
Olive	11.11 ± 1.60 c	0.076 ± 0.0049 c	1.079 ± 0.005 c	31.46 ± 0.38 d
Orange	6.99 ± 0.96 d	0.056 ± 0.0040 d	1.057 ± 0.004 d	34.70 ± 0.25 c
Pistachio	15.90 ± 1.76 b	0.095 ± 0.0039 b	1.099 ± 0.004 b	29.10 ± 0.24 e
Pomegranate	33.09 ± 3.79 a	0.114 ± 0.0038 a	1.121 ± 0.004 a	30.65 ± 0.23 d
Quince	2.01 ± 0.41 f	0.018 ± 0.0058 f	1.018 ± 0.006 f	36.99 ± 0.36 a

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P< 0.05$); R_0, the net reproductive rate; r, intrinsic rate of increase; λ, finite rate of increase and, T, mean generation time.

جدول ٤- برخی متابولیت‌های بیوشیمیایی (میانگین± خطای معیار) میزبان‌های مختلف

Table 4. Some biochemical characteristics (mean±SE) of various hosts

Host	Carbohydrate content (mg/mL)	Total phenolic content (mg/mL)	Condensed tannins (mg/mL)	Flavonoid content (mg/mL)
Apple	245.33 ± 2.72 d	314.28 ± 2.64 d	16.75 ± 0.09 de	97.32 ± 2.55 c
Artificial diet	474.33 ± 1.90 a	85.08 ± 1.72 h	12.04 ± 0.10 f	22.12 ± 1.57 g
Date	453.67 ± 2.61 b	243.48 ± 1.50 e	17.10 ± 0.07 d	46.60 ± 1.68 f
Olive	92.33 ± 1.22 h	468.28 ± 2.32 a	57.95 ± 0.93 a	142.08 ± 1.04 a
Orange	212.33 ± 3.09 e	335.08 ± 2.14 c	21.52 ± 0.14 c	114.28 ± 1.08 b
Pistachio	349.01 ± 1.93 c	217.88 ± 4.32 f	12.99 ± 0.09 f	53.80 ± 0.92 e
Pomegranate	102.23 ± 0.65 g	174.68 ± 1.41 g	15.14 ± 0.40 e	89.28 ± 1.58 d
Quince	192.01 ± 1.80 f	373.48 ± 2.06 b	31.72 ± 0.52 b	120.12 ± 1.04 b

Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD; $P< 0.05$).

جدول ٥- ضریب همبستگی (r) بین برخی از فراسنجه‌های زیستی زنبور *Venturia canescens* با برخی ترکیبات بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف

Table 6. Correlation coefficients (r) of some life history parameters of *Venturia canescens* with some biochemical traits of various hosts

Parameter	Carbohydrate	Total phenolic	Condensed tannins	Flavonoid content
Development time	-0.457 (0.003)	0.668 (0.000)	0.306 (0.055)	0.698 (0.000)
Fecundity	0.385 (0.014)	-0.575 (0.000)	-0.355 (0.025)	-0.588 (0.000)
R_0	0.100 (0.538)	-0.671 (0.000)	-0.357 (0.024)	-0.483 (0.002)
r_m	0.324 (0.042)	-0.658 (0.000)	-0.313 (0.050)	-0.612 (0.000)

* Correlations were evaluated based on Pearson's correlation test ($P < 0.05$).
The number in parenthesis is *P* value.

بحث

تحقیق حاضر نشان داد که زنبور پارازیتوئید *V. canescens* در تغذیه از کرم گلوگاه انار، *E. ceratoniae* روی میزبان‌های مختلف قادر به تکمیل رشد و نمو و چرخه زندگی خود می‌باشد. با این حال، سرعت نشو و نمای پارازیتوئید مورد مطالعه روی میزبان‌ها متفاوت بود و طول دوره نشو و نمای زنبور پارازیتوئید تحت تأثیر میزبان‌های مختلف گیاهی قرار گرفت. طولانی‌ترین طول مدت نشو و نمای مراحل نابالغ زنبور روی به (۳۴/۸ روز) مشاهده شد و کوتاه‌ترین آن روی غذای مصنوعی (۲۵/۲۳) به‌دست آمد. در پژوهشی طول دوره پیش از بلوغ زنبور *V. canescens* را روی ۵ رقم تجاری انار بین ۲۶/۶۴ تا ۲۷/۸۶ روز گزارش کردند (Abedi et al., 2020).

در یک مطالعه انجام شده تأثیر منفی میزبان‌ها و ارقام مقاوم روی طول دوره نشو و نمای دشمنان طبیعی گزارش شد. در تحقیقی، طول دوره‌ی نشو و نمای زنبور *Copidosoma floridanum* (Ashmead) روی میزبان *Pseudoplusia includens* Walker پرورش یافته روی رقم مقاوم سویا بیشتر از رقم حساس گزارش کردند (Orr et al., 1985). در پژوهشی دیگر، کارایی پارازیتوئید *Pediobius foveolatus* (Crawford) روی میزبان *Epilachna varivestis* Mulsant با تغذیه از ارقام مقاوم سویا پایین بود (Kauffman & Flanders, 1985). ارقام و میزبان‌های گیاهی مختلف آفات گیاه‌خوار به دلیل دارا بودن تفاوت‌هایی در ویژگی‌های شیمیایی می‌توانند روی دشمنان طبیعی نیز موثر باشند.

پارازیتوئیدها برای فعالیت در یک محیط تحت تأثیر چند سطح تغذیه‌ای قرار دارند که شامل گیاه‌خواران (سطح دوم تغذیه) و گیاهان مورد تغذیه گیاه‌خواران (سطح اول تغذیه) می‌باشد. گیاه میزبان به‌عنوان سطح اول تغذیه روی ویژگی‌های بیولوژیکی پارازیتوئیدها به عنوان سطح سوم تغذیه به‌طور قابل توجهی تأثیر می‌گذارد (Harvey et al., 2003). نتایج این تحقیق نشان داد که میزبان‌های مختلف گیاهی تأثیر معنی‌داری روی پارامترهای جدول زندگی زنبور پارازیتوئید *V. canescens* داشت و پارازیتوئیدهای پرورش یافته روی کرم گلوگاه انار تغذیه شده از انار بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت را داشتند. بالا بودن فراسنجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور پارازیتوئید روی انار ناشی از زادآوری بالا و کوتاه بودن طول دوره نشو و نمای پارازیتوئید روی این میزبان می‌باشد. در مقابل پارازیتوئیدهای پرورش یافته روی میزبان بِه، به دلیل زادآوری پایین، طولانی‌بودن دوره رشدی قبل از بلوغ و کوتاه بودن طول عمر ماده‌ها روی این میزبان کمترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت را داشتند. لذا این میزبان در مقایسه با سایر میزبان‌های گیاهی مورد بررسی روی سرعت رشد و نمو و کارایی زنبور *V. canescens* تأثیر منفی داشته است.

هم‌سو با نتایج این تحقیق، مطالعه Abedi et al. (2020) نشان داد که ارقام مختلف انار تأثیر معنی‌داری روی پارامترهای جدول زندگی زنبور پارازیتوئید *V. canescens* داشت. آن‌ها گزارش کردند که پارازیتوئیدهای پرورش یافته روی کرم گلوگاه انار تغذیه شده از رقم شهوار دانه سفید (به عنوان رقم حساس نسبت به کرم گلوگاه انار) به علت داشتن زادآوری بالا و کوتاه بودن طول دوره نشو و نمای بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت را داشتند. در مقابل پارازیتوئیدهای پرورش یافته روی ارقام اصفهانی دانه قرمز و ملس دانه سیاه به دلیل زادآوری پایین، طولانی بودن دوره رشدی قبل از بلوغ و کوتاه بودن طول عمر ماده‌ها روی این ارقام کمترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت را داشتند. لذا این دو رقم در مقایسه با سایر ارقام تجاری انار روی سرعت رشد و نمو و کارایی زنبور پارازیتوئید *V. canescens* تأثیر نامناسب داشته‌اند.

نتایج مشابهی توسط محققین مختلف گزارش شده است و در چندین مطالعه اثرات منفی ارقام مقاوم روی کارایی پارازیتوئیدها گزارش شده است (Stary, 1988; Reed et al., 1991; Nikooei et al., 2017). به عنوان مثال، Sobhani et al. (2015) کارایی زنبور *H. hebetor* را روی کرم گلوگاه انار پرورش یافته روی ارقام مختلف انار تحت شرایط صحرایی مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که میزان پارازیتیسم زنبور تحت تأثیر ارقام مختلف انار قرار گرفت، به طوری‌که بالاترین نرخ پارازیتیسم روی حساس‌ترین رقم انار به‌نام رقم جی-شاهپر ورامین به‌دست آمد. هم‌چنین آن‌ها این رقم را به‌عنوان رقم سازگار با کنترل بیولوژیک توسط پارازیتوئیدها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه انار معرفی نمودند. در مطالعه دیگری، Ghorbanian et al. (2019) پارامترهای جدول زندگی شته سبز هلو، *Myzus persicae* (Sulzer) و پارازیتوئید آن *Diaeretiella rapae* (McIntosh) را روی ارقام مختلف فلفل بررسی کردند و نشان دادند که این پارازیتوئید روی شته‌های پرورش یافته روی رقم حساس فلفل بیشترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت را دارد که همسو با نتایج این مطالعه در مورد تأثیر مثبت میزبان حساس روی زنبور پارازیتوئید *V. canescens* می‌باشد.

نتایج ارتباط بین طول دوره‌ی رشدی قبل از بلوغ زنبور پارازیتوئید *V. canescens* با خصوصیات بیوشیمیایی میزبان‌های گیاهی حساس، نیمه حساس و مقاوم نشان داد که بین طول دوره‌ی رشدی با مقدار کربوهیدرات میزبان‌ها همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد. بدین معنی که با افزایش میزان کربوهیدرات میزبان‌ها تغذیه و نشوونمای کرم گلوگاه انار بهتر شده و در نتیجه نشوونمای زنبورها هم در اثر تغذیه از کرم

گلوگاه با کیفیت غذایی مناسب با سرعت بیشتری انجام شده و طول دوره نابالغ زنبورها کاهش می‌یابد که این تفسیر در مورد رژیم غذایی مصنوعی کاملاً مشهود است. همچنین پارامترهای زادآوری، نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید با میزان ترکیبات ثانویه میزبان‌ها همبستگی منفی معنی‌داری داشت و به نظر می‌رسد با افزایش مقدار ترکیبات ثانویه، نشو و نمای آفت و به تبع آن نشوونما، کارایی و زادآوری زنبور پارازیتوئید به‌صورت منفی تحت تأثیر این ترکیبات قرار می‌گیرد.

انتخاب عامل کنترل بیولوژیک برای کنترل آفات بسیار مهم بوده و معیارهای مختلفی برای ارزیابی و انتخاب عوامل کنترل بیولوژیک وجود دارد. محققین کنترل بیولوژیک بر این عقیده اند که دشمنان طبیعی زمانی موثرند که نرخ ذاتی افزایش جمعیت آن‌ها حداقل برابر یا بیش‌تر از آفت باشد (Price et al., 1980). مقایسه نرخ ذاتی افزایش جمعیت کرم گلوگاه انار (۰/۰۹۳ بر روز) در مطالعه Golizadeh and Abedi (2021) با نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور پارازیتوئید *V. canescens* در این مطالعه روی میزبان انار (به عنوان میزبان حساس نسبت به کرم گلوگاه) نشان می‌دهد که مقدار این پارامتر برای زنبور پارازیتوئید تقریبا ۱/۲۲ برابر کرم گلوگاه انار می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که زنبور مورد مطالعه از پتانسیل خوبی برای کنترل جمعیت کرم گلوگاه انار برخوردار است.

در چندین مطالعه تعاملات سطوح سه‌گانه غذایی گیاه–گیاه‌خوار–پارازیتوئید بررسی شده است. Golizadeh et al. (2008) سطوح سه‌گانه غذایی را بین زنبور *Diadegma anurum* (Thomson) و شب‌پره پشت الماسی روی دو میزبان کلم و کلم گل مطالعه و گزارش کردند که پارامترهای زیستی و دموگرافی زنبور پارازیتوئید تحت تأثیر گیاهان میزبان شب‌پره پشت الماسی، *Plutella xylostella* (L.) قرار می‌گیرد. در تحقیق دیگری Soufbaf et al. (2012) گزارش کردند که متابولیت‌های اولیه در کلزا تعاملات بین *P. xylostella* و زنبور پارازیتوئید *Diadegma semiclausum* (Hellen) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در تحقیق دیگری نیز روابط متقابل بین زنبور *Aphelinus asychis* Walker و شته *Sitobion avenae* Fabricius روی دو میزبان کلم و فلفل تند مطالعه کردند و نشان دادند که فلفل تند نسبت به کلم میزبان مناسبی در افزایش کارایی زنبور می‌باشد (Wang et al., 2015). همچنین محققین دیگری با ارزیابی ظرفیت پارازیتیسم و کارایی زنبور *D. semiclausum* روی شب‌پره پشت الماسی تغذیه شده از گیاهان مختلف جنس *Brassica* بیان کردند که نرخ پارازیتیسم زنبور روی گیاه کلزا بیشتر بود (Nikooei et al., 2015). همچنین Kahuthia-Gathu & Othim (2019) تعاملات دو گونه زنبور پارازیتوئید *D. semiclausum* و *Cotesia vestalis* (Haliday) را روی شب‌پره پشت الماسی در دو میزبان گیاهی تیره کلم مطالعه و نشان دادند که کارایی هر دو گونه زنبور تحت تأثیر گیاهان میزبان قرار می‌گیرد.

آگاهی از اثرات میزبان‌های گیاهی مختلف روی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید *V. canescens* می‌تواند در استفاده توأم میزبان‌های مقاوم و عوامل بیوکنترل در مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه انار و سایر آفات بال‌پولکدار مفید باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میزبان‌های انار و غذای مصنوعی نسبت به سایر میزبان‌ها برای نشو و نمای زنبور پارازیتوئید مناسب بوده و این زنبور در تغذیه از لاروهای کرم گلوگاه با کیفیت غذایی مطلوب، کارایی بیشتری دارند. برخلاف شکارگران که می‌توانند غذای مورد نیاز خود را از تعداد زیادی طعمه کسب کنند، هر پارازیتوئید برای کامل کردن چرخه زندگی خود فقط به یک میزبان وابسته است. بنابراین کیفیت میزبان آفت که خود تحت تأثیر کیفیت گیاه میزبان است بر شایستگی پارازیتوئیدها بیشتر تاثیرگذار است. بررسی خصوصیات بیوشیمیایی مربوط

به هر گیاه، دریچه تازه‌ای به سوی کشف عوامل تاثیرگذار بر تعاملات سه‌گانه غذایی فراهم می‌کند.

نتیجه‌گیری نهایی

گیاهان میزبان نه تنها روی تغذیه آفات موثر هستند، بلکه از طریق تعاملات سطوح سه‌گانه غذایی روی فعالیت پارازیتوئیدها نیز اثر دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزبان‌های انار و غذای مصنوعی (با محتوای کمتر ترکیبات ثانویه) نسبت به میزبان‌های دیگر برای نشو و نما و تولیدمثل زنبور *V. canescens* مناسب‌تر می‌باشد و برعکس با افزایش مقدار ترکیبات ثانویه میزبان‌ها،کارایی زنبور پارازیتوئید کاهش پیدا کرد. هم‌چنین، این تحقیق برای تعیین رژیم غذایی بهینه جهت پرورش انبوه زنبور *V. canescens* برای انجام کارآمد طرح‌های کنترل بیولوژیک حشرات می‌تواند مفید باشد.

سپاس‌گزاری

این تحقیق در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی به انجام رسیده که بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه قدردانی می‌شود.

REFERENCES

Abedi, Z., Golizadeh, A., Soufbaf, M., Hassanpour, M., Jafari-Nodoushan, A., & Akhavan, H.R. (2019). Relationship between performance of carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) and phytochemical metabolites in various pomegranate cultivars. *Frontiers in Physiology*, 10:1425. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01425

Abedi, Z., Golizadeh, A., Hassanpour, M., & Soufbaf, M. (2020). Effect of pomegranate cultivars with varying levels of resistance to *Ectomyelois ceratoniae* on life history parameters of the parasitoid *Venturia canescens*. *BioControl*, 65(5): 525-535. http://dx.doi.org/10.1007/s10526-020-10017-y

Akbari Asl, M.H., Talebi, A.A., & Kamali, H. (2007). Identification host ranges and abundance of parasitoids of stored product pests in Mashhad. *New finding in Agriculture*, 1(3): 225-232.

Baghery, F., Goldansaz, S.H. & Soufbaf Sarjamee, M. (2020). Comparison between biological and two-sex life table parameters of two populations of parasitoid wasp *Venturia canescens* (Hym.: Ichneumonidae) of orchard and stored products under laboratory conditions. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 51(1): 1-12.

Bemani, M., Izadi, H., Mahdian, K., Khani, A., & Samih, M.A. (2012). Study on the physiology of diapause, cold hardiness and super cooling point of overwintering pupae of the pistachio fruit hull borer, *Arimania comaroffi*. *Journal of Insect Physiology*, 58(7): 897-902. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.04.003

Broadhurst, R.B., & Jones W.T. (1978). Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29(9): 788-794. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740290908

Chi, H. (2020). *TWOSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two- sex life table analysis*. https://140.120.197.173/ecology/prod02.htm

Eliopoulos, P.A., & Stathas, G.J. (2005). Effects of temperature, host instar, and adult feeding on progeny production by the endoparasitoid *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology*, 34(1): 14-21. https://doi.org/10.1603/0046-225X-34.1.14

Eyidozehi, K., Khormali, S., Ravan, S., & Barahoei, H. (2013). Introduction of seven wasps parasitoid species associated with stored food product pests in Golestan Province. *Plant Pests Research*, 3(1): 69-72.

Ghorbanian, M., Fathipour, Y., Talebi, A.A., & Reddy, V.P.G. (2019). Different pepper cultivars affect performance of second (*Myzus persicae*) and third (*Diaeretiella rapae*) trophic levels. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1): 194-202. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.12.021

Giles, K.L., Madden, R.D., Stockland, R., Payton, M.E. & Dillwith, J.W. (2002). Host plants affect predator fitness via the nutritional value of herbivore prey: investigation of a plant-aphid-ladybeetle system. *BioControl*, 47(1): 1-21. https://doi.org/10.1023/A:1014419623501

Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2021). Investigation of relationship between biological and feeding traits of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lep.: Pyralidae), with some biochemical compounds of various hosts. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 44(2): 51-66. https://dx.doi.org/10.22055/ppr.2021.16936

Golizadeh, A., Kamali, K., Fathipour, Y., & Abbasipour, H. (2008). Life table and temperature-dependent development of *Diadegma anurum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) on its host *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Environmental Entomology*, 37(1): 38-44. https://doi.org/10.1093/ee/37.1.38.

Hagstrum, D.W., Klejdysz, T., Subramanyam, B., & Nawrot, J. (2013). *Atlas of stored–product insects and mites*. Woodhead Publishing and AACC International Press, Minnesota, USA.

Harvey, J.A., Harvey, I.F., & Thompson, D.J. (2001). Lifetime reproductive success in the solitary endoparasitoid, *Venturia canescens*. *Journal of Insect Behavior*, 14: 573-593. https://doi.org/10.1023/A:1012219116341

Harvey, J.A. (2005). Factors affecting the evolution of development strategies in parasitoid wasps: the importance of functional constraints and incorporating complexity. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *117*(1): 1-13. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2005.00348.x

Harvey, J.A., van Dam N.M., & Gols, R. (2003). Interactions over four trophic levels: food plant quality affects development of a hyperparasitoid as mediated through a herbivore and its primary parasitoid. *Journal of Animal Ecology*, 72(3): 520-531. https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00722.x

Jia, Z., Tang, M., & Wu, J. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4): 555-559. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

Kahuthia-Gathu, R., & Othim, S. (2019). Effects of two cultivated Brassica spp. on the development and performance of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Cotesia vestalis* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in Kenya. *Journal of Economic Entomology*, 112(5): 2094-2102. https://doi.org/10.1093/jee/toz144

Kauffman, W.C., & Flanders, R.V. (1985). Effects of variably resistant soybean and lima bean cultivars on *Pediobius foveolatus* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the Mexican bean beetle, *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 14(6): 678-682. https://doi.org/10.1093/ee/14.6.678

Kishani-Farahani, H., Goldansaz, S.H., & Sabahi, Q. (2012). A survey on the overwintering larval parasitoids of *Ectomyelois ceratoniae* in three regions in Iran. *Crop Protection*, 36: 52-57. http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.cropro.2012.01.018

Mediouni, J., & Dhouibi, M.H. (2007). Mass-rearing and field performance of irradiated carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* in Tunisia. In M.J.B. Vreysen, A.S. Robinson, & J. Hendrich (Eds.): *Area-wide control of insect pest* (pp. 265-273). Springer publisher, Netherland.

Navarro, S., Donahaye, E., & Calderon, M. (1986). Development of the carob moth, *Spectrobates ceratoniae*, on stored almonds. *Phytoparasitica*, 14: 177-186. https://doi.org/10.1007/BF02980485

Nikooei, M., Fathipour, Y., Jalali Javaran, M., & Soufbaf, M. (2015). How different genetically manipulated Brassica genotypes affect life table parameters of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(2): 515-524. https://doi.org/10.1093/jee/tov018

Nikooei, M., Fathipour, Y., Jalali Javaran, M., & Soufbaf, M. (2017). Genetically manipulated *Brassica* genotypes affect demography and performance of *Diadegma semiclausum* parasitizing *Plutella xylostella*. *Journal of Applied Entomology*, 141(3): 161-171. https://doi.org/10.1111/jen.12316

Nobakht, Z., Karimzadeh, J., Shakaram, J., & Jafari, S. (2015). Identification of parasitoids of *Apomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) on pomegranate in Isfahan province. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(1): 287-289.

Orr, D.B., Boethel, D.J., & Jones, W.A. (1985). Biology of *Telenomus chloropus* (Hymenoptera: Scelionidae) from eggs of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) reared on resistant and susceptible soybean genotypes. *The Canadian Entomologist*, 117(9): 1137-1142. https://doi.org/10.4039/Ent1171137-9

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 plant 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

Rahman, M.M., Ma, G., Roberts, H.L.S., & Schmidt, O. (2006). Cell-free immune reactions in insects. *Journal of Insect Physiology*, 52(7): 754-762. https://doi.org/10.1016/ j.jinsphys.2006.04.003

Reed, D.K., Webster, J.A., Jones, B.G., & Burd, J.D. (1991). Tritrophic relationships of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae), a hymenopterous parasitoid (McIntosh), and resistant and susceptible small grains. *Biological Control*, 1: 35-41. https://doi.org/10.1016/1049-9644%2891%2990099-L

Reineke, A., Asgari, S., & Schmidt, O. (2006). Evolutionary origin of *Venturia canescens* virus-like particles. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 61(3): 123-133. http://dx.doi.org/10.1002/arch.20113

Salt, G. (1976). The hosts of *Nemeritis canescens*, a problem in the host specificity of insect parasitoids. *Ecological Entomology*, 1(1):63-67. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1976.tb01205.x

Sobhani, M., Goldansaz, S.H., Hatami, B., & Hosseini, S.A. (2015). A field screening of pomegranate cultivars for resistance to the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae*, and compatibility with its larval parasitoids. *International Journal of Pest Management*, 61(4): 346-352. https://doi.org/10.1080/09670874.2015.1069418

Soufbaf, M., Fathipour, Y., Zalucki, M.P. & Hui, C. (2012). Importance of primary metabolites in canola in mediating interactions between a specialist leaf-feeding insect and its specialist solitary endoparasitoid. *Arthropod-Plant Interactions*, 6(2): 241-250. https://doi.org/10.1007/s11829-012-9182-7

SPSS, computer software. (2007). *SPSS base 16.0 user's guide*. SPSS Incorporation, Chicago, IL.

Stary, P. (1988). Aphelinidae. In A.K. Minks, & P. Harrewijn (Eds.): *Aphids 507-Their biology, natural enemies and control* (pp. 185-188). Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

Tezcan, F., Gültekin-Özgüven, M., Diken, T., Özçelik, B., & Erim, F.B. (2009). Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chemistry*, 115(3): 873-877. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.103

Wang, S.Y., Chi, H., & Liu, T.X. (2015). Demography and parasitic effectiveness of *Aphelinus asychis* reared from *Sitobion avenae* as a biological control agent of *Myzus persicae* reared on chili pepper and cabbage. *Biological Control*, 92:111-119. https://doi.org/10.1016/J.BIOCONTROL.2015.10.010

Wu, X., Zhou, X., & Pang, B. (2010). Influence of five host plants of *Aphis gossypii* Glover on some population parameters of *Hippodamia variegata* (Goeze). *Journal of Pest Science*, 83: 77-83. https://doi.org/10.1007/s10340-009-0272-y.

© 2022 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)

44(4), Winter, 2022

doi 10.22055/ppr.2021.17133

Biological efficiency of parasitoid wasp, *Venturia canescens* Gravenhorst in the feeding of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller on various hosts

A. Golizadeh[1*] and Z. Abedi[2]

1. ***Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources**,** University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (golizadeh@uma.ac.ir)
2. Ph.D. Graduate Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 6 October 2021 Accepted: 2 November 2021

Abstract

Background and Objectives

Venturia canescens Gravenhorst (Hymenoptera: Ichneumonidae) is an important parasitoid of lepidopterous pests, particularly the larval stage of *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), which is a polyphagous and key pest. The host plant of the herbivore can have a significant effect on their parasitoids' biological properties and efficiency. Host plants have a direct impact on the biological parameters of the herbivores. Additionally, they can influence the development and reproductive characteristics of herbivores' natural enemies. The purpose of this study was to determine the effect of seven host plants on the life history of *V. canescens*, including apple, date, olive, orange, pistachio, pomegranate, and quince, as well as an artificial diet.

Materials and Methods

V. canescens was grown on each host in a growth chamber set to 30±1°C, 60±5% RH, and photoperiods of 14:10 (L:D). Daily observations and records of stage duration, developmental period, and survival rate were made. The raw data were evaluated using TWO SEX-MSChart based on the age-stage, two-sex life table. Moreover, we used a spectrophotometer to determine the phytochemical metabolites of the tested hosts. Correlations between demographic variables and biochemical characteristics of various hosts were then estimated to identify factors affecting tritrophic interaction.

Results

The results indicated that various hosts had a significant effect on the demographic characteristics of the *V. canescens*. The immature development period was the longest and shortest on quince and artificial diets, respectively. Additionally, *V. canescens'* intrinsic rate of increase (r_m) was lowest on quince and highest on an artificial diet. Furthermore, significant differences in biochemical metabolites were observed in this study between the various hosts. Moreover, significant positive or negative associations were discovered between life history variables and the biochemical characteristics of various hosts. The time required for parasitoid development was positively correlated with the phenol, tannin, and flavonoid content of *E. ceratoniae* hosts tested. There was a significant negative correlation between the total phenolic content, tannins, and

flavonoids of various hosts and the fecundity, net reproductive rate (R_0), and intrinsic rate of increase of *V. canescens.*

Discussion

Our findings may provide basic information for a comprehensive understanding of the tritrophic interactions between plants, herbivores, and parasitoids. Combining host plants and biological control agents may be an effective integrated pest management strategy for *E. ceratoniae* and other lepidopterous pests. Most importantly, our findings indicated that host plant quality variations could impact the performance and multitrophic communication behavior of *V. canescens*.

Keywords: various host plants, life table, phytochemical metabolites, tritrophic interaction

Associate editor: H. Abbasipour (Prof.)

Citation: Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2022). Biological efficiency of parasitoid wasp, *Venturia canescens* Gravenhorst in the feeding of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller on various hosts. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 44(4): 37-51. https://doi.org/ 10.22055/ppr.2021.17133