



دانشگاه صنعتی اربیل  
دانشکده مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی  
گروه آموزشی گیاه پزشکی

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی  
رشته حشره‌شناسی کشاورزی گرایش اکولوژی و کنترل بیولوژیک

# بررسی روابط غذایی سه سطحی در سیستم انار-کرم گلوگاه-پارازیتوئید

پژوهشگر:

زهره عابدی

استاد راهنما:

دکتر علی گلی‌زاده

اساتید مشاور:

دکتر محمود سوف باف

دکتر مهدی حسن‌پور

زمستان ۱۳۹۸

استاد راهنما:	دکتر علی گلی‌زاده
استادان مشاور:	دکتر محمود سوف باف- دکتر مهدی حسن‌پور
تاریخ دفاع:	۱۳۹۸/۱۱/۰۶
تعداد صفحات:	۱۲۱ ص.
شماره پایان‌نامه:	گروه گیاه‌پزشکی

### چکیده:

**هدف:** کرم گلوگاه انار، (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)، از مهمترین عوامل کاهش کمی و کیفی محصول انار (*Punica granatum* L. (Punicaceae) در ایران و بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری دنیا می‌باشد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر یازده رقم تجاری انار شامل آبان ماهی، اصفهانی دانه قرمز، تب و لرز مهر ماهی، تفتی، شهباز دانه سفید، شهباز دانه قرمز، طوق گردن، گبری، گرچ تفتی، ملس دانه سیاه و ملس یزدی روی پارامترهای جدول زندگی، شاخص‌های تغذیه‌ای و ذخایر انرژی کرم گلوگاه انار است. همچنین، پارامترهای زیستی و شاخص‌های تغذیه‌ای کرم گلوگاه روی چهار مرحله فنولوژیکی میوه انار شامل مراحل فندقی، گردویی، آبدار و رسیده میوه انار روی ارقام اصفهانی دانه قرمز (رقم نسبتا مقاوم) و شهباز دانه سفید (رقم نسبتا حساس) بررسی گردید. پس از تعیین ارقام نسبتا حساس (شهباز دانه سفید)، نیمه حساس (تفتی و گبری) و نسبتا مقاوم (اصفهانی دانه قرمز و ملس دانه سیاه) انار نسبت به کرم گلوگاه، اثر این ارقام روی پارامترهای زیستی دو گونه زنبورهای پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say و *Venturia canescens* Gravenhorst بررسی شد. در این تحقیق برخی از ترکیبات اولیه و ثانویه ارقام مختلف انار اندازه‌گیری شد تا ارتباط بین این ترکیبات بیوشیمیایی و پارامترهای جدول زندگی حشره و پارازیتوئیدها تعیین شود.

**روش‌شناسی پژوهش:** پرورش کرم گلوگاه تحت شرایط آزمایشگاهی روی یازده رقم انار انجام شد. همچنین، پرورش دو گونه زنبورهای پارازیتوئید در تغذیه از لاروهای کرم گلوگاه روی ارقام مختلف انار صورت گرفت. آزمایش‌ها در اتاقک رشدی با شرایط دمایی  $1 \pm 30$  درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی  $5 \pm 60$  درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد. پارامترهای جدول زندگی کرم گلوگاه انار و پارازیتوئیدها با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MS Chart آنالیز شد. جداسازی ترکیبات اصلی آنتوسیانین‌ها با دستگاه HPLC و بقیه ترکیبات بیوشیمیایی انار با دستگاه اسپکتوفتومتر صورت گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج این تحقیق نشان داد که ارقام مختلف انار تأثیر معنی‌داری روی پارامترهای جدول زندگی، شاخص‌های تغذیه‌ای و ذخایر انرژی کرم گلوگاه داشت. طولانی‌ترین طول مدت نشو و نمای مرحله نابالغ کرم گلوگاه روی ارقام اصفهانی دانه قرمز و ملس دانه سیاه و کوتاه‌ترین دوره پیش از بلوغ روی رقم شهباز دانه سفید مشاهده شد. بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $R$ ) مربوط به حشرات پرورش یافته روی رقم شهباز دانه سفید و کمترین آن مربوط به حشرات پرورش یافته روی رقم اصفهانی دانه قرمز بود. نتایج این پژوهش نشان داد که رقم شهباز دانه سفید به عنوان رقم نسبتا حساس و رقم اصفهانی دانه قرمز به عنوان رقم نسبتا مقاوم برای تغذیه کرم گلوگاه انار معرفی شد. لذا رقم اصفهانی دانه

قرمز می‌تواند در توسعه برنامه‌های مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه انار در مناطقی که خسارت این آفت از نظر اقتصادی قابل ملاحظه است، به منظور کشت پیشنهاد شود. هم‌چنین، اختلاف معنی‌داری در طول دوره نشو و نما و زادآوری کرم گلوگاه انار روی مراحل مختلف رشد و نمو میوه انار در دو رقم شهوار دانه سفید و اصفهانی دانه قرمز مشاهده شد. در مورد مراحل مختلف رشدی میوه انار، بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $R$ ) روی رقم شهوار دانه سفید در مرحله آبدار و کمترین آن در مرحله فندق‌میوه بود. در رقم اصفهانی دانه قرمز هم بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت آفت روی مراحل گردویی و آبدار میوه و کمترین آن در مراحل فندق‌میوه و رسیده میوه بود. هم‌چنین، کوتاه‌ترین دوره رشدی هر دو گونه زنبور پارازیتوئید روی رقم شهوار دانه سفید به‌دست آمد و طولانی‌ترین دوره رشدی زنبور *H. hebetor* روی ارقام ملس دانه سیاه و اصفهانی دانه قرمز و در مورد گونه زنبور *V. canescens* طولانی‌ترین دوره رشدی روی رقم اصفهانی دانه قرمز مشاهده شد. کمترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $R$ ) گونه *H. hebetor* روی رقم ملس دانه سیاه و در گونه *V. canescens* روی رقم اصفهانی دانه قرمز ثبت شد. شش ترکیب اصلی آنتوسیانین از ارقام مختلف انار استخراج و جداسازی شد و بیشترین مقدار ترکیبات آنتوسیانین‌ها روی رقم اصفهانی دانه قرمز مشاهده شد. در این تحقیق در بین ارقام مختلف انار از نظر مقادیر ترکیبات بیوشیمیایی مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و همبستگی مثبت یا منفی معنی‌داری بین ترکیبات اولیه و ثانویه گیاهی با پارامترهای زیستی کرم گلوگاه انار و دو گونه زنبورهای پارازیتوئید وجود داشت.

**نتیجه‌گیری:** رقم شهوار دانه سفید به‌عنوان مطلوب‌ترین رقم در برهمکنش انار-کرم گلوگاه-پارازیتوئید معرفی شد. هم‌چنین، می‌توان از ارقام انار همراه با عوامل بیوکنترل در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه استفاده نمود. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به عنوان اطلاعات پایه جهت درک بهتر تعاملات سه گانه غذایی مفید باشد.

**واژه‌های کلیدی:** *Ectomyelois ceratoniae*, *Punica granatum*. پارازیتوئیدها، روابط غذایی سه سطحی

## ۱- مقدمه و هدف

### ۱-۱- مقدمه و هدف

انار با نام علمی *Punica granatum* L. (Punicaceae) یکی از درختچه‌های بومی ایران است که با توجه به سازگاری آن با شرایط آب و هوایی ایران و کشت در اکثر مناطق کشور، از لحاظ صادراتی دارای ارزش بالایی می‌باشد (Sarkhosh et al. 2009; Alighourchi et al. 2013; Ashtari et al. 2019). انار ایران به دلیل کیفیت مرغوب، زیبایی ظاهری و رنگ درخشان دانه‌های آن در بخش صادرات غیر نفتی و در بین محصولات کشاورزی در بازارهای جهانی محصولی بی‌رقیب می‌باشد (شیخ علی و همکاران، ۱۳۸۸؛ هاشمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ مذهب و همکاران، ۱۳۹۳). امروزه، ایران با ۶۴ هزار هکتار انار، به عنوان یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولید و صادر کننده انار و یکی از پربارترین ذخایر ژنوتیپی رقم‌های انار دنیا محسوب می‌شود (Ashtari et al. 2019).

عمده‌ترین مشکل انارستان‌های کشور، وجود آفت مهم و خطرناک شب‌پره کرم گلوگاه انار، *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)، است (کشکولی و اقتدار، ۱۳۵۴؛ شاکری، ۱۳۸۲). کرم گلوگاه انار از مهم‌ترین عوامل کاهش کمی و کیفی محصول انار در ایران و بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری دنیا می‌باشد (Alrubeai, 1987; Warner, 1990; Kishani-Farahani et al., 2012; Ramzi et al. 2013; Soufbaf et al., 2017). این آفت ضمن تغذیه از میوه و کاهش کمی و کیفی محصول، باعث کاهش بازارپسندی میوه می‌شود (مهرنژاد، ۱۳۷۱؛ شاکری، ۱۳۸۲، ذوالفقاریه و همکاران، ۱۳۸۸؛ زارع و همکاران، ۱۳۹۱؛ مذهب و همکاران، ۱۳۹۳). کرم گلوگاه دارای میزبان‌های متعددی است و علاوه بر انار به پسته، مرکبات، انجیر، گردو، سیب و خرما نیز حمله می‌کند (Gothilf, 1968; Nay and Perring, 2008; Norouzi et al. 2008). در مورد میزان خسارت این آفت آمار و ارقام متفاوتی ارائه شده است و میزان خسارت در ارقام مختلف انار بین ۳۰ تا ۶۰ درصد گزارش شده است (ملک شاهکوئی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به انتشار وسیع کرم گلوگاه در مناطق انارخیز کشور و بالا بودن خسارت اقتصادی ناشی از این آفت ضرورت کنترل آن عملی اجتناب ناپذیر است.

ذخایر غنی ژنتیکی از ارقام مختلف انار در ایران از دیگر توانمندی‌های کشور در این زمینه محسوب می‌گردد. وجود بیش از ۷۶۰ رقم انار در کلکسیون مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد گواهی بر این مدعاست (شاکری و دهقانی، ۱۳۸۶) که باعث شده استان یزد یکی از مناطق اصلی تولید کننده انار در ایران باشد (Heydari and Izadi, 2014). با بهره‌گیری از غنای ژنتیکی انار کشور می‌توان برای کنترل این آفت راهکاری موثر ارائه داد (شاکری و دهقانی،

۱۳۸۶). به دلیل نفوذ لارو این آفت به داخل میوه و فعالیت مخفی آن، استفاده از کنترل شیمیایی علیه آن موثر نمی‌باشد (Kishani-Farahani et al., 2012). تقریباً تمامی روش‌های کنترل از قبیل کنترل مکانیکی شامل جمع آوری و سوزاندن انارهای آلوده، کنترل زراعی شامل کود دهی و هرس و کنترل بیولوژیکی شامل استفاده از زنبور تریکوگراما توسط کشاورزان مختلف مورد استفاده قرار گرفته ولی هیچ‌کدام به تنهایی به عنوان یک راهکار کارآمد علیه این آفت قابل توصیه نمی‌باشد و مدیریت تلفیقی با مجموعه‌ای از این راهکارها نیز تاکنون در باغات انار کشور کاربرد همگانی پیدا نکرده است (شاگری، ۱۳۸۲؛ سوفباف سرجمعی و همکاران، ۱۳۹۶). تلاش در جهت گسترش هر چه بیشتر استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک و همچنین استفاده از ارقام مقاوم انار در برابر خسارت این آفت، در مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه انار ضروری به نظر می‌رسد (Sobhani et al. 2015).

به‌طور کلی مقاومت گیاهان میزبان به‌عنوان یک عنصر اساسی در سیستم مدیریت تلفیقی آفات مطرح است و استفاده از این عامل در کنترل آفات، هزینه‌های تحمیلی به کشاورزان را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. میزان نشو و نما، بقا و تولیدمثل یک حشره با کیفیت غذای خورده شده رابطه‌ی مستقیمی داشته و تحت تأثیر گیاهان میزبان است (Tsai and Wang, 2004; Liu et al., 2004). همچنین، شاخص‌های تغذیه‌ای حشره روی ارقام مختلف، به عنوان یکی از روش‌های ارزیابی مقاومت گیاهان میزبان شناخته می‌شود (Golizadeh and Abedi, 2016). لذا ارقام مقاوم گیاهی به‌عنوان یکی از ابزارهای کارآمد در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات به‌شمار می‌رود (نوری قنبلانی و همکاران، ۱۳۷۴). استفاده از ارقام مقاوم موثرترین روش کنترل کرم گلوگاه انار می‌باشد (شاگری، ۱۳۸۲؛ زارع بیدکی، ۱۳۹۰؛ شاگری، ۱۳۹۴؛ نوربخش، ۱۳۹۶). با وجود ذخایر غنی از ارقام انار در کشور، دستیابی به ارقام مقاوم به کرم گلوگاه کار دشواری به نظر نمی‌رسد.

تحقیقات در مورد بیولوژی کرم گلوگاه در ایران نشان می‌دهد که خسارت این آفت از زمان فندقی شدن میوه (مصادف با اردیبهشت ماه) شروع و در طول رشد و نمو میوه ادامه می‌یابد (Mortazavi et al. 2016)، بنابراین پارامترهای رشد جمعیت و شاخص‌های تغذیه‌ای این آفت روی چهار مرحله مهم فنولوژیکی میوه انار (مراحل مختلف رشدونمو میوه) شامل مراحل فندقی<sup>۱</sup>، گردویی<sup>۲</sup>، آبدار<sup>۳</sup> و رسیده<sup>۴</sup> روی دو رقم حساس و مقاوم بررسی شد تا مشخص شود این آفت روی کدام مرحله فنولوژیکی میوه انار رشد و فعالیت بهتری دارد. با توجه به نحوه آلودگی

- 
1. Hazelnut-size
  2. Walnut-size
  3. Juicy
  4. Ripe

میوه‌ها از طریق تخم‌ریزی شب‌پره کرم گلوگاه روی میوه انار (میله و بساک پرچم‌ها، دم میوه و شکاف‌های ناشی از ترکیدگی میوه)، بهترین روش در کاهش خسارت آفت، جلوگیری از آلوده شدن میوه می‌باشد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۰). لذا با توجه به اهمیت اقتصادی میوه انار در این تحقیق سعی گردید پارامترهای زیستی و تغذیه‌ای این آفت روی مراحل مختلف فنولوژیکی میوه انار بررسی شود.

استفاده از دشمنان طبیعی سالم‌ترین و پایدارترین شیوه در مدیریت آفات و در عین حال تضمین‌کننده‌ی سلامت غذایی می‌باشد (Karp et al., 2016). در سال‌های قبل کنترل بیولوژیک این آفت در ایران، منحصر به استفاده از پارازیتوئیدهای تخم یعنی زنبورهای تریکوگراما بوده است و وجود دیگر پارازیتوئیدهای فعال این حشره مورد بی‌توجهی قرار گرفته‌اند (میرزاخانی، ۱۳۹۱). بررسی‌هایی که روی شناسایی پارازیتوئیدهای لارو کرم گلوگاه انار در مناطق مختلف ایران انجام دادند، دو گونه زنبور پارازیتوئید، *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) و *Venturia canescens* Gravenhorst (Hymenoptera: Ichneumonidae) بالاترین فراوانی و بیشترین درصد پارازیتیسیم کرم گلوگاه انار را داشتند، لذا این دو گونه زنبور را به عنوان پارازیتوئیدهای فعال لارو کرم گلوگاه معرفی نمودند (کیشانی فراهانی و همکاران، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰؛ Sobhani et al. 2015; Nobakht et al. 2015). بنابراین، در این تحقیق از دو گونه زنبورهای پارازیتوئید، *H. hebetor* و *V. canescens* برای مطالعات روابط غذایی سه سطحی در سیستم انار، کرم گلوگاه و پارازیتوئید استفاده شد. معیارهای مختلفی برای ارزیابی و انتخاب عوامل کنترل بیولوژیک وجود دارند. یکی از این معیارها، ارزیابی مقادیر پارامترهای زیستی و دموگرافیک جمعیت پارازیتوئیدها با استفاده از مدل‌های مربوط به سیستم گیاه-میزبان-پارازیتوئید می‌باشد (Wang et al. 2015). گونه‌های گیاهی نه تنها فعالیت‌های تغذیه‌ای حشرات گیاهخوار روی آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بلکه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم فعالیت پارازیتوئیدها را از طریق تعاملات سطوح سه‌گانه غذایی تحت تاثیر قرار می‌دهند (Price et al. 1980; Kauffman and Flanders, 1985; Nikooei et al., 2017). بیوشیمی گیاه می‌تواند ارزش غذایی گیاهخوار (آفت) را تحت تاثیر قرار دهد و این موضوع به نوبه خود ویژگی‌های مختلف زیستی دشمنان طبیعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Giles et al. 2002; Wu et al. 2010).

اهمیت اقتصادی انار در کشور، پژوهشگران بسیاری را به پژوهش جنبه‌های مختلف زیست-شناسی و اکولوژی این آفت سوق داده است، ولی هیچ مطالعه‌ای در مورد تعاملات سه‌گانه غذایی در ارتباط با ارقام انار-کرم گلوگاه و پارازیتوئیدها صورت نگرفته است. بنابراین، یکی از اهداف این تحقیق، بررسی ویژگی‌های زیستی، پارامترهای جدول زندگی، شاخص‌های تغذیه‌ای و ذخایر

انرژی کرم گلوگاه در واکنش به تغذیه از یازده رقم تجاری انار کشور به منظور شناسایی رقم‌های با بیشترین اثرات نامطلوب روی این حشره بود. پس از تعیین ارقام حساس، نیمه حساس و نسبتاً مقاوم انار نسبت به کرم گلوگاه، اثر این ارقام روی دو گونه زنبورهای پارازیتوئید *H. hebetor* و *V. canescens* بررسی شد تا اثر سطح اول تغذیه (ارقام مختلف انار) روی پارامترهای زیستی سطح سوم تغذیه (پارازیتوئیدهای لارو کرم گلوگاه) معلوم گردد تا بتوان از ارقام انار همراه با این عوامل کنترل بیولوژیک در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه استفاده نمود. در بخش دیگری از این مطالعه، زیست‌شناسی این آفت روی چهار مرحله فنولوژی میوه انار شامل مراحل فندقی، گردویی، آبدار و رسیده میوه انار در دو رقم حساس و مقاوم بررسی شد تا معلوم شود این آفت کدام مرحله فنولوژیکی انار را بیشتر ترجیح می‌دهد. در این تحقیق برخی خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی (ترکیبات اولیه و ثانویه) ارقام مختلف انار نیز اندازه‌گیری شد تا ارتباط بین این ترکیبات با ویژگی‌های زیستی کرم گلوگاه و پارازیتوئیدها مشخص شود. این مطالعه می‌تواند فرصت مناسبی برای درک بهتر تعاملات غذایی سه سطحی انار-کرم گلوگاه-پارازیتوئید فراهم نماید. امید است اطلاعات بدست آمده در این پژوهش بتواند در پیشبرد برنامه‌های مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه انار مفید واقع شود.

## ۲- مبانی و پیشینه تحقیق

### ۱-۲- گیاهشناسی و فنولوژی میوه انار

انار با نام علمی، *Punica granatum L.*، درختی کوچک یا درختچه‌ای پرشاخ و برگ، کم و - بیش خاردار، متعلق به رده نهاندانگان و تیره Punicaceae می‌باشد. انار میوه مناطق گرمسیری تا نیمه گرمسیری است. فارس، خراسان، یزد، اصفهان، مرکزی و تهران مهم‌ترین استان‌های انارخیز کشور می‌باشد (شاگری، ۱۳۸۲). این درخت در مقابل شرایط نامساعد محیطی از جمله کم‌آبی مقاوم بوده و در شرایط سخت نواحی حاشیه کویر محصول خوبی تولید می‌کند. به‌همین دلیل بیشتر انارکاری‌های ایران در منطقه کویری یا در حاشیه آن قرار دارد (میرزاخانی، ۱۳۹۱). مهم‌ترین عامل آب و هوایی که کشت انار را محدود می‌کند، سرمای زمستانه است. سرمای کمتر از ۱۵- درجه سلسیوس سبب سرمازدگی و از بین رفتن این درختان می‌شود (میرجلیلی، ۱۳۸۱؛ ایزدی، ۱۳۸۳). پوست میوه انار چرمی و رنگ آن در ارقام مختلف متنوع و از سفید تا قرمز مایل به سیاه تغییر می‌کند که در شناسایی ارقام مختلف کاربرد دارد (میرجلیلی، ۱۳۸۱).

گل‌های انار دو جنسی با دمگل کوتاه یا بدون دمگل، درشت و بدون بو به رنگ‌های صورتی، نارنجی، قرمز کم‌رنگ و پررنگ، زرد و سفید و در دستجات ۲ تا ۱۵ تایی به‌هم چسبیده روی درخت مشاهده می‌شوند. گل‌های انار از نظر تولید میوه دو دسته‌اند: گل‌های زایا یا مثمر که نسبتاً بزرگ هستند و قطرشان در محل اتصال به درخت، بیش از قطرشان در گردن گل است. گل‌های نازایا یا غیرمثمر به شکل زنگوله که اندازه آنها کوچکتر و قطرشان در محل اتصال به شاخه کمتر از قطر آنها در گردن گل است. این گل‌ها به میوه تبدیل نمی‌شوند و ریزش می‌کنند (بهزادی شهر بابکی، ۱۳۷۷). میوه انار دارای چهار مرحله مهم فنولوژیکی (مراحل مختلف رشدونمو میوه)، شامل مراحل فندقی، گردویی، آبدار و رسیده می‌باشد (Stover and Mercure, 2007).



## ۲-۲- موقعیت انار در ایران و جهان

انار تولیدی کشورمان به دلیل نوع رقم و شرایط مساعد اقلیمی، از نظر رنگ، اندازه و طعم و مزه از کیفیت بسیار خوب برخوردار می‌باشد. ایران با حدود ۶۴ هزار هکتار سطح زیر کشت و بیش از ۷۰۰ هزار تن تولید سالیانه، بزرگترین تولیدکننده انار دنیا محسوب می‌شود (Ashtari et al, 2019)، به طوری که ۴۰ درصد تولید انار در جهان متعلق به ایران است (سوف‌باف سرجمعی و همکاران، ۱۳۹۶). کشورهای ایران، هند و ایالات متحده آمریکا با مجموع ۱۳۳ هزار هکتار بالاترین سطح زیر کشت انار دنیا را دارند (میرزاخانی، ۱۳۹۱). یکی از مهمترین عوامل محدود کننده صادرات این محصول، کرم گلوگاه انار می‌باشد که سالانه ۳۰-۶۰ درصد انار را از بازار داخلی و بین‌المللی خارج می‌کند و خسارات جبران ناپذیری به کشاورزان وارد می‌کند (سوف‌باف سرجمعی و همکاران، ۱۳۹۶).

## ۲-۳- جایگاه کرم گلوگاه انار در رده‌بندی حشرات

جایگاه کرم گلوگاه انار در رده‌بندی حشرات به شرح زیر ارائه شده است (Cox, 1979).

Class: Insecta  
Order: Lepidoptera  
Superfamily: Pyraloidea  
Family: Pyralidae  
Genus: *Ectomyelois*  
Species: *Ectomyelois ceratoniae* Zeller, 1964

نام عمومی آن شب‌پره خرنوب (Carob moth) می‌باشد. شب‌پره خرنوب اولین بار در سال ۱۳۴۹ در باغات انار کاشمر توسط پازوکی جمع‌آوری و شناسایی گردید و بعدها توسط شریفی در سال ۱۳۶۰ به کرم گلوگاه انار ملقب گردید (شاکری، ۱۳۸۲).

## ۲-۴- دامنه‌ی میزبانی و مناطق انتشار کرم گلوگاه انار

کرم گلوگاه به عنوان آفت عمده درختان خرنوب در کشورهای حوزه مدیترانه به شمار می‌آید، به همین جهت به نام شب‌پره خرنوب شهرت دارد. این حشره آفتی است با گسترش جهانی که از قاره آسیا، اروپا، آمریکا و اقیانوسیه جمع‌آوری شده است. شب‌پره خرنوب علاوه بر ایران از کشورهای نظیر فرانسه، هند، عراق، آمریکا، اسپانیا، آلمان و غیره گزارش شده است (شاکری، ۱۳۸۲). این شب‌پره از آفات پلی‌فاژ است که به درختان میوه و محصولات دیگر در سراسر جهان حمله می‌کند. خرنوب، بادام، گردو، انار، انجیر، مرکبات، خرما، زیتون و پسته به عنوان میزبان-های آن در دنیا گزارش شده است (مهرنژاد، ۱۳۷۱). شب‌پره‌ی خرنوب آفت مهم انار، پسته،

خرما و بادام می‌باشد. گرچه ممکن است خسارت این آفت در ایران روی بعضی میوه‌ها به‌ویژه انجیر و پسته از اهمیت اقتصادی برخوردار نباشد، اما آنچه امروز برای ما بیشتر اهمیت دارد کاهش میزان خسارت آفت روی میزبان اصلی آن در ایران یعنی انار می‌باشد (میرزاخانی، ۱۳۹۱). کرم گلوگاه در کشور عراق نیز به عنوان مهم‌ترین آفت انار به شمار می‌آید (Slansky, 1982). این شب‌پره آفت مشهور خرما در الجزایر، تونس و آمریکا می‌باشد و در باغ و انبار به این محصول خسارت می‌زند (Navarro et al. 1986; Nay and Perring, 2008).

## ۲-۵- ویژگی‌های ریخت‌شناسی کرم گلوگاه انار

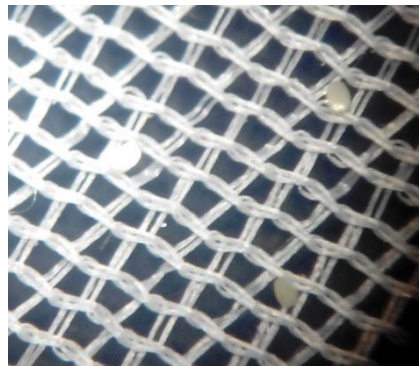
تخم حشره بیضوی و کمی کشیده، دارای برجستگی‌های مثلثی شکل در سطح خارجی می‌باشد که با بزرگ شدن جنین این برجستگی‌ها کم‌رنگ و در نهایت از بین می‌روند. تخم‌ها ابتدا سفید مایل به زرد هستند، ولی هر چه به زمان تفریح نزدیک می‌شوند به رنگ نارنجی مایل به قرمز تغییر می‌یابند. تخم‌های تلقیح نشده هم به رنگ سفید مایل به زرد هستند. میانگین طول و عرض تخم به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۴۹ میلی‌متر می‌باشد (کشکولی و اقتدار، ۱۳۵۴) (شکل ۲-۱).

طول لارو سن اول کرم گلوگاه انار ۱-۰/۹ میلی‌متر و عرض کپسول سر آن ۰/۲ میلی‌متر است. لاروهای سن آخر، ۱۵-۲۰ میلی‌متر طول دارند و عرض کپسول سر در آن‌ها ۱/۹ میلی‌متر است. رنگ اصلی لاروها بیشتر از کرمی تا قرمز صورتی متغیر است. سر قهوه‌ای تیره تا خرمایی روشن است. لارو دارای ۵ جفت پای کاذب روی حلقه‌های سوم، چهارم، پنجم، ششم و دهم شکم و در حلقه‌های سینه دارای ۳ جفت پا می‌باشد. لاروهای نر از لاروهای ماده کوچک‌تر بوده و در سنین آخر دستگاه تناسلی به دلیل شفاف بودن کوتیکول به شکل یک لکه تیره پشت حلقه پنجم شکم لارو دیده می‌شوند (کشکولی و اقتدار، ۱۳۵۴) (شکل ۲-۲).

شفیره‌ی آفت به رنگ قهوه‌ای روشن به طول ۳/۲ و عرض ۲/۹ میلی‌متر می‌باشد. روی هر کدام از نیم حلقه‌های پشتی بدن دو برجستگی به چشم می‌خورد که در اطراف آن‌ها دو جفت مو قرار دارد. شفیره در حالت عادی بی‌حرکت ولی به ضربه مکانیکی و یا نور واکنش نشان می‌دهد (شاکری، ۱۳۸۲) (شکل ۲-۳).

حشره کامل این آفت، پروانه‌ای با اندازه‌ی متوسط که ابعاد آن با بال‌های باز ۱۵-۳۰ میلی‌متر و طول آن به ۱۲ میلی‌متر می‌رسد. سر و قفس‌سینه خاکستری مایل به قهوه‌ای، رنگ زمینه‌ی بال‌های جلو خاکستری و یک نوار زیگزاگ و دنداندار به رنگ خاکستری روشن در حاشیه جلویی بال وجود دارد. حاشیه خارجی مجهز به یک ردیف نقطه‌های تیره و ریشک‌های خاکستری رنگ است. بال‌های عقب نیمه شفاف و دارای ریشک‌های بلند می‌باشند. شب‌پره نر از شب‌پره ماده کوچک‌تر و شکم آن هم از شکم ماده باریک‌تر و کشیده‌تر است. در انتهای شکم نر

یک جفت کلاسیپر انبرک مانند و در انتهای شکم ماده منفذ دایره‌ای شکل دربرگیرنده تخم‌ریز مشاهده می‌شود (مهرنژاد، ۱۳۷۱) (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۱- تخم کرم گلوگاه انار (اصل)



شکل ۲-۲- لارو کرم گلوگاه انار (اصل)



شکل ۲-۳- شفیره کرم گلوگاه انار (اصل)



شکل ۲-۴- حشره کامل کرم گلوگاه انار (اصل)

## ۲-۶- زیست‌شناسی و نحوه خسارت کرم گلوگاه انار

کرم گلوگاه انار زمستان را به صورت لاروهای سنین مختلف داخل میوه‌های انار باقیمانده روی درخت یا ریخته شده در روی زمین سپری می‌کند. لاروها پس از گذراندن آخرین سن لاروی و کامل شدن رشد، شروع به تنیدن تار و ساختن پيله شفیرگی می‌کنند. شفیره درون انار در بین بقایای پوست و فضولات لاروی و همچنین داخل پيله‌ای که توسط لارو تنیده شده است در محل تاج انار تشکیل می‌شود. شفیره‌ها با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه در اوایل اردیبهشت ماه و مصادف با آغاز ظهور گل‌های انار به پروانه تبدیل شده و از تاج انار بیرون می‌آیند. این شب‌پره‌ها پس از جفت‌گیری تخم‌های خود را روی میله و بساک پرچم‌ها قرار می‌دهند. دم میوه و شکاف‌های ناشی از ترکیب میوه نیز از محل‌های تخم‌گذاری شب‌پره می‌باشند. بعد از تفریخ تخم‌ها، لاروهای سن اول از سطح کاسبرگ تغذیه و از سن دوم با ایجاد سوراخ در محوطه داخلی تاج به

داخل میوه انار انتقال می‌یابند. لارو حشره از داخل میوه تغذیه کرده و کیفیت میوه را به شدت پایین می‌آورد (شاگری، ۱۳۹۴) (شکل ۲-۵).

بعد از ورود لارو به میوه عوامل متعددی از گروه قارچ‌ها، باکتری‌ها و مخمرها به درون میوه وارد می‌شوند و بدین ترتیب فرآیند پوسیدگی و ترشیدگی میوه انار شکل می‌گیرد. پاتوژن‌ها قادرند در باغ و انبار موجبات گندیدگی و فساد سریع یا تدریجی میوه انار را فراهم نموده و آن را از بین ببرند. قارچ‌های جنس آسپرژیلوس و پنسیلیوم مهمترین این بیمارگرها را تشکیل می‌دهند و پس از مدت کوتاهی اولین آثار حضور این میکروارگانیسم به صورت تغییر رنگ پوست در ناحیه‌ی طوقه و بدنه‌ی میوه ظاهر می‌شود. در بیش از ۹۰ درصد از موارد، کرم گلوگاه انار ناقل عوامل بیمارگر به داخل میوه انار می‌باشد. بنابراین کنترل کرم گلوگاه می‌تواند نقش کلیدی در کاهش پوسیدگی میوه انار در باغ و انبار داشته باشد (مهرنژاد، ۱۳۷۱).

لاروها پس از پایان دوره لاروی خود به گلوگاه انار آمده و به شفیره تبدیل می‌شوند. در صورتی که آلودگی از محل ترکیدگی صورت گرفته باشد، لاروها در همان محل و در لابلای تارهای تنیده و فضولات خود به شفیره تبدیل می‌شوند. دوره شفیرگی بین ۷ تا ۸ روز طول می‌کشد و در پایان این مدت پروانه‌های نسل بعد بیرون می‌آیند. بدین ترتیب در اواسط یا اواخر تیرماه، نسل اول تابستانی ظاهر می‌شوند و همانند نسل قبلی، ماده‌ها در تاج انارهای سالم تخمگذاری می‌کنند. پس از ۳۰ تا ۳۲ روز از نسل دوم (اواسط مردادماه)، یک ماه بعد نسل سوم (اواسط شهریورماه) و به همین نحو در نقاطی مانند شیراز و مناطق جنوبی‌تر نسل چهارم (حدود اواخر مهرماه) ظاهر و لاروهای همین نسل است که زمستان را درون میوه‌های انار آلوده سپری خواهند کرد. پس این آفت در نقاط انارخیز دارای ۳ تا ۴ نسل در سال است (شاگری، ۱۳۸۲).



شکل ۲-۵- علائم خسارت کرم گلوگاه انار (اصل)

## ۲-۲-۷- روش‌های کنترل کرم گلوگاه انار

راه‌های مختلفی برای کنترل این آفت در باغات انار ایران، مورد مطالعه قرار گرفته و یا توصیه شده است. ولی متأسفانه، هیچکدام از روش‌ها به تنهایی و یا حتی تلفیقی از روش‌ها نتوانسته کنترل قابل توجهی داشته باشد. بنابراین لازم است بسته به شرایط، هر کدام از روش‌ها مورد تحقیق قرار گرفته و توسعه یابند تا با تلفیقی از آنها بتوان از خسارت اقتصادی آفت جلوگیری کرد (میرزاخانی، ۱۳۹۱؛ سوف‌باف سرجمعی و همکاران، ۱۳۹۶).

### ۲-۲-۱- کنترل مکانیکی

#### ۲-۲-۱-۱- جمع‌آوری انارهای آلوده

بهترین روش کنترل این آفت کاهش دادن ذخیره‌های زمستانه آن است که به صورت لاروهای سنین مختلف داخل انارهای باقیمانده در روی درختان و یا ریخته شده در کف باغ‌ها است. روش مکانیکی یکی از روش‌هایی است که در کاهش خسارت کرم گلوگاه موثر است و طی آن انارهای پوسیده و ریخته شده پای درخت و یا باقیمانده روی درخت جمع‌آوری و از بین برده می‌شود (کشکولی و اقتدار، ۱۳۵۴).

#### ۲-۲-۱-۲- روش حذف پرچم

حذف پرچم‌ها حدود دو تا سه هفته پس از اوج گل‌دهی درختان در خرداد ماه، بهترین نتیجه را خواهد داشت، زیرا تا آن زمان بیشترین ریزش طبیعی گل‌های انار اتفاق افتاده و علاوه بر آن مناسب‌ترین زمان انجام عملیات پرچم‌زدایی از لحاظ فنولوژی انار زمانی است که پرچم‌های انار خشکیده شوند. حذف پرچم‌های انار پس از اوج تخم‌ریزی شب‌پره‌های نسل زمستانه آفت در جلوگیری از آلودگی میوه توصیه شده است. در تحقیقی، پرچم‌زدایی گل‌ها و میوه‌های انار با دستگاه پرچم‌زدای دستی در منطقه ساوه موجب کاهش ۱۶ درصدی خسارت آفت گردید (فرازمند، ۱۳۹۰؛ شیخ‌علی و همکاران، ۱۳۸۸).

#### ۲-۲-۱-۳- استفاده از پوشش روی تاج میوه

روش پر کردن گلوگاه انار به وسیله خاک آره همراه با سریش، خاک کف باغ، و الیاف پنبه در ماه‌های خرداد برای جلوگیری از تخم‌گذاری شب‌پره کرم گلوگاه انار به عنوان یکی از روش‌های با صرفه اقتصادی معرفی شده است، ولی در این روش معمولاً پس از خشک شدن، ترک‌هایی در اطراف گل ایجاد شده و در نتیجه امکان آلودگی میوه وجود داشته و از همه مهم‌تر این روش باعث کاهش بازارپسندی میوه مخصوصاً جهت صادرات می‌شود (مذهب و همکاران، ۱۳۹۳). کاربرد پوشش تاج گل‌های انار، ضمن ممانعت از تخم‌گذاری شب‌پره و حفظ ظاهر میوه‌ها، به

مقدار قابل توجهی از آلودگی میوه‌ها جلوگیری می‌کند. استفاده از پوشش‌های توری پارچه‌ای در روی تمام گل‌های انار تاثیر زیادی در کاهش خسارت کرم گلوگاه انار داشته و منجر به کاهش ۲۲ درصدی خسارت این آفت نسبت به شاهد در باغ‌های انار می‌شود (فرازمند، ۱۳۸۹؛ هاشمی و همکاران، ۱۳۹۰).

#### ۲-۷-۲- کنترل زراعی

بهبود کمی و کیفی تولید انار، با احداث باغ‌هایی با شرایط مطلوب زراعی و باغی امکان پذیر است. تراکم اصولی و مطلوب درختان باغ به همراه هرس مناسب، تقویت خاک و شخم پاییزه از دیگر راه‌های کنترل زراعی می‌باشد (شاکری، ۱۳۹۴).

#### ۲-۷-۳- استفاده از کائولین در کاهش خسارت کرم گلوگاه و آفتاب سوختگی میوه‌های انار

کائولین یک ماده معدنی سفید رنگ حاوی سیلیکات آلومینیوم، قابل حل در آب و فاقد اثرات مخرب زیست محیطی می‌باشد. برای پستانداران غیرسمی بوده و بنابراین یک ترکیب مناسب و مطمئن جهت برنامه مدیریت تلفیقی آفات می‌باشد (Glenn and Puterka, 2005). کائولین دارای خاصیت دورکنندگی، ممانعت از تغذیه و تخم‌ریزی بوده و منجر به کاهش بقای حشرات آفت می‌شود (Glenn et al., 1999).

محلول‌پاشی با پودر کائولین، میزان آلودگی به آفت کرم گلوگاه انار و نیز مقدار آفتاب سوختگی میوه‌ها را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد. همچنین کائولین موجب کاهش میزان ریزش گل و میوه و میزان ترکیدگی میوه‌های انار می‌گردد (فرازمند، ۱۳۹۰). با توجه به تاثیر دو روش پرچم‌زدایی و نیز کائولین‌پاشی در ممانعت از تخم‌ریزی آفت و در نتیجه کاهش آلودگی میوه‌های انار به کرم گلوگاه، تلفیق این دو روش در کاهش خسارت این آفت توصیه می‌شود (مذهب و همکاران، ۱۳۹۳).

#### ۲-۷-۴- کاربرد راهبرد رانش و ربایش<sup>۵</sup>

راهبرد رانش و ربایش یکی از روش‌های جدید در کنترل آفات است که در آن از محرک‌های تغییر رفتار، برای دست‌کاری در توزیع و فراوانی حشرات آفت و یا دشمنان طبیعی استفاده می‌شود. در این راهبرد، ابتدا آفت از گیاه رانده می‌شود تا ناگزیر شود به سوی یک جلب‌کننده مانند فرمون جنسی برود. بنابراین ابتدا آفت از محصول رانده شده و سپس شکار می‌شود. با این روش آفات در یک جا متمرکز و حذف می‌شوند. به‌وسیله هماهنگ کردن اجزای این راهبرد، می‌توان

پراکنش آفت را پیش‌بینی و جمعیت آفات را کاهش داد. می‌توان از فرمون‌های اعلام خطر، مانع شونده‌های تخم‌ریزی و مواد ضدتغذیه‌ای به عنوان رانش (دورکننده) و مواد فرار میزبان، فرمون‌های تجمعی، فرمون‌های جنسی، محرک‌های تخم‌ریزی و محرک‌های تغذیه‌ای به عنوان ربایش (جلب) استفاده کرد (Samantha et al. 2007).

محرک‌های شیمیایی به‌خصوص سمیوکمیکال‌ها بیشترین توانایی را برای مدیریت آفات در این راهبرد را دارند. یکی از راه‌های ردیابی و تخمین جمعیت آفات استفاده از فرمون‌های جنسی است. با استفاده از تله‌های فرمونی تاریخ ظهور حشرات کامل شب‌پره کرم گلوگاه در باغ‌های انار مشخص می‌شود (ناصریان و همکاران، ۱۳۹۵). پژمان و سعیدی (۱۳۹۷) کارایی روش شکار انبوه با استفاده از تله‌های نوری، فرمونی و نوری-فرمونی (ترکیبی) برای کنترل این آفت را بررسی و بیان کردند که کاربرد ۶۰ عدد تله در هکتار به منظور شکار انبوه و کاهش خسارت کرم گلوگاه مناسب به‌نظر می‌رسد. کارایی انواع فرمون‌های مصنوعی کرم گلوگاه در باغ‌های انار بررسی شده و نتایج نشان داده است که به‌طور کلی فرمون‌های تجاری کرم گلوگاه از کارایی بالایی برخوردار نبوده و در مناطق جغرافیایی مختلف، نتایج متفاوتی دارند (فرازمند، ۱۳۹۳؛ نوربخش، ۱۳۹۶). فرمون جنسی کرم گلوگاه ترکیبی از سه آلدئید می‌باشد. ناپایداری ترکیب اصلی در شرایط طبیعی و هزینه بالای سنتز، باعث محدودیت در استفاده از فرمون جنسی این آفت شده است (Baker et al., 1991; Tood et al., 1992).

گیاه آنگوزه با نام علمی *Ferula assa-foetida* L. و با نام تجاری Wight Hing از تیره چتریان (Apiaceae) است. تحقیقات صورت گرفته توسط برخوردار (۱۳۸۵) و کامل شاهی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داده شد که عصاره گیاه آنگوزه دارای خاصیت دورکنندگی بوده و می‌تواند مانع از ترشح فرمون در ماده‌های کرم گلوگاه شود. خلیلی‌پور رکن‌آبادی و همکاران (۱۳۹۲) و (۱۳۹۳) نیز اثر عصاره صمغ آنگوزه و تله فرمون جنسی کرم گلوگاه انار را روی خسارت آفت و میزان پارازیتیسیم تخم آن توسط *Trichogramma brassicae* Bezdenko بررسی کرده و گزارش کردند که استفاده از عصاره صمغ آنگوزه در کنترل کرم گلوگاه بر فعالیت زنبور پارازیتوئید تریکوگراما تاثیر منفی ندارد و استفاده از فرمون جنسی و آنگوزه در کنار هم باعث کاهش خسارت کرم گلوگاه انار می‌شود.

## ۲-۵- استفاده از روش نابارورسازی حشرات

یکی از راهکارهای کنترل حشرات آفت، استفاده از پرتوهای گاما به‌منظور تولید حشرات نابارور در قالب روش نابارورسازی حشرات<sup>۱</sup> می‌باشد (Knippling, 1970). مکانیسم عمل بدین



صورت است که ابتدا حشره تا مرحله شفیرگی پرورش داده شده و شفیره‌ها پس از پرتوتابی با دز مشخصی از پرتو گاما در محیط طبیعی رهاسازی می‌شوند و از تلاقی حشرات نابارور با حشرات طبیعی نتایج تولید نشده و آفت پس از چند نسل کنترل خواهد شد (Soufbaf et al., 2017).

## ۲-۷-۶- استفاده از ارقام مقاوم

مقاومت گیاه میزبان ابزار مهمی در مدیریت تلفیقی آفات است که از لحاظ اقتصادی و سلامت محیط زیست نتایج بسیار مطلوبی را به دنبال داشته است. استفاده از ارقام مقاوم مصرف آفت-کش‌ها را کاهش داده، سلامت و ایمنی مصرف کنندگان را بهبود می‌بخشد و آلودگی محیط زیست را به حداقل می‌رساند (تواناپور و همکاران، ۱۳۸۸). رقمی از گیاه که در شرایط محیطی یکسان و به طور ژنتیکی در مقایسه با ارقام معمولی کمتر مورد خسارت آفت قرار گرفته و محصولی بیشتر و با کیفیت تولید کند، به عنوان رقم مقاوم شناخته می‌شود (Painter, 1951). بنابراین مقاومت امری نسبی بوده و در مقایسه با سایر رقم‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Smith et al. 1994). ارقام دارای مقاومت نسبی بالا ممکن است اثر بخشی سایر روش‌های کنترل آفت از جمله استفاده از دشمنان طبیعی و حشره‌کش‌ها را از طریق کند کردن رشد مراحل قبل از بلوغ و طولانی‌تر کردن زمان رسیدن به مرحله‌ی تولید نتاج را افزایش دهند (Dent, 2000; Sarfraz et al. 2006). بنابراین، استفاده از ارقام مقاوم گیاهی می‌تواند به عنوان مکمل کنترل بیولوژیک و کنترل شیمیایی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مفید واقع شود (نوری قنبلانی و همکاران، ۱۳۷۴). با توجه به خسارت زیادی که همه ساله به وسیله حشرات به محصولات کشاورزی در سطح جهانی وارد می‌شود، تهیه ارقام مقاوم علی‌رغم زمان طولانی و هزینه‌ی اولیه نسبتاً زیاد، روشی مطمئن در کنترل آفات بوده و در دراز مدت به صرفه می‌باشد (Heinrichs et al. 1985). از ویژگی‌های مهم ارقام مقاوم که سبب به وجود آمدن جایگاه ویژه‌ی آن در مدیریت تلفیقی آفات شده است، می‌توان به تخصصی بودن برای یک آفت کلیدی خاص و یا گروه محدودی از آفات، دارا بودن خاصیت تجمعی و به تبع آن تاثیر روی نسل‌های متوالی آفات، سازگاری با محیط زیست، پایداری نسبی بالا، قابلیت تلفیق آن با سایر روش‌های کنترل و در نهایت کاهش هزینه‌ی کنترل آفات اشاره کرد (Horn, 1988). بررسی مقاومت گیاهان میزبان می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در شناسایی ترکیبات مهارکننده‌ی آنزیم‌های گوارشی یا بازدارنده‌های تغذیه‌ای و استفاده‌ی بیشتر از این اطلاعات در مدیریت تلفیقی آفات ایفا نماید. لذا ارقام مقاوم گیاهی به عنوان یکی از ابزارهای کارآمد در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات به‌شمار می‌رود (Lewis, 1997).

استفاده از ارقام مقاوم موثرترین روش کنترل کرم گلوگاه انار می‌باشد (شاکری، ۱۳۸۲؛ زارع بیدکی، ۱۳۹۰؛ شاکری، ۱۳۹۴؛ نوربخش، ۱۳۹۶). براساس جستجو در پایگاه‌های علمی در

Title and Author:	<b>Study of tritrophic interactions in the pomegranate-carob moth-parasitoid system / Zahra Abedi</b>
Supervisor:	<b>Ali Golizadeh</b>
Graduation date:	<b>2020.01.....</b>
Number of pages:	<b>120</b>

### **Abstract**

**Research Aim:** The carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera Pyralidae), is the most important and effective factor in decreasing quality and quantity of pomegranate in Iran and many tropical and subtropical regions. The purpose of this research was to study, the effects of 11 commercial cultivars of pomegranate (Aban-Mahi, Esfahani-Daneghermez, Gabri, Gorche-Tafti, Malase-Danesyah, Malase-Yazdi, Shahvare-Daneghermez, Shahvare-Danese fid, Tabolarze-Mehrmahi, Tafti, and Toghe-Gardan) on life history variables, nutritional performance, and energy reserves of *E. ceratoniae*. Also, effects of four different developmental stages of pomegranate fruit (Hazel nut-size, Walnut-size, Juicy, and Ripe) were investigated on life table parameters, nutritional yield, and energy contents of *E. ceratoniae* in two pomegranate cultivars, namely Shahvare-Danese fid and Esfahani-Daneghermez as susceptible and resistant cultivars, respectively. Moreover, the performance of *Habrobracon hebetor* Say and *Venturia canescens* Gravenhorst parasitizing *E. ceratoniae* were determined on five commercial cultivars of pomegranate, including Shahvare-Danese fid (relatively susceptible), Gabri and Tafti (moderately susceptible) and Esfahani-Daneghermez and Malase-Danehsyah (relatively resistant). Biochemical characteristics of the tested cultivars were assessed in order to understand any possible correlation between important demographic parameters and nutritional properties with biochemical features of pomegranate cultivars.

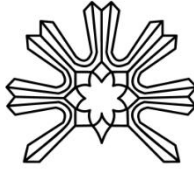
**Research method:** The *E. ceratoniae* larvae were reared on each pomegranate cultivar in a growth chamber at  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60 \pm 5\%$  RH, and a photoperiod of 14:10 (L:D) hours. The parasitoids reared on fifth-instar larvae of *E. ceratoniae* on each pomegranate cultivar at the same laboratory conditions. The life table parameters of *E. ceratoniae* and parasitoids analyzed with method using TWOSEX-MS Chart. Anthocyanins of pomegranate cultivars were determined by HPLC. Other biochemical metabolites of pomegranate were measured by spectrophotometer.

**Findings:** Our research showed that various pomegranate cultivars have significant effects on life history, demographical parameters, nutritional performance and energy reserves of *E. ceratoniae*. The shortest development time was observed on Shahvare-Danese fid cultivar and the longest was on Esfahani-Daneghermez and Malase-Danesyah cultivars. The highest intrinsic rate of increase was observed on Shahvare-Danese fid and the lowest was on Esfahani-Daneghermez. The results indicated that Shahvare-Danese fid was a

relatively susceptible pomegranate cultivar and Esfahani-Daneghermez was the least appropriate (most resistant) cultivar for feeding of *E. ceratoniae*, which could be useful in the development of integrated pest management strategies for this pest. The Esfahani-Daneghermez cultivar can be recommended to be cultivated in regions where the damage of this pest is economically considerable. Significant differences were observed in developmental time and adult fecundity of *E. ceratoniae* across various tested fruit stages in both pomegranate cultivars. The highest value of intrinsic rate of increase ( $r$ ) was found in Juicy and lowest in Hazelnut-size stage of Shahvare-Danesevid. The highest  $r$  value was on Walnut-size and Juicy stages, and the lower rate was obtained from the feeding of *E. ceratoniae* on Ripe and Hazelnut-size stages in Esfahani-Daneghermez. Results indicated Juicy (Shahvare-Danesevid) and Walnut-size stages (Esfahani-Daneghermez) were relatively susceptible pomegranate stages, and Hazelnut-size and Ripe stages were unsuitable for feeding of *E. ceratoniae* in Shahvare-Danesevid and Esfahani-Daneghermez, respectively. Significant differences were observed in the life history traits of *H. hebetor* and *V. canescens* on various pomegranate cultivars. The shortest development time of *H. hebetor* was detected on Shahvare-Danehsefid cultivar and the longest period was on Malase-Danehsyah and Esfahani-Danehghermez cultivars. The highest  $r$  value of *H. hebetor* was observed on Shahvare-Danehsefid and the lowest was on Malase-Danehsyah. Also, the shorter development time of *V. canescens* was detected on Shahvare-Danesevid cultivar and the longer period was on Esfahani-Daneghermez cultivar. Six major anthocyanin compounds were detected in various pomegranate cultivars. Esfahani-Daneghermez cultivar showed the highest value of anthocyanin compounds.

**Conclusion:** Shahvare-Danesevid cultivar was found to be the most suitable host in comparison with other cultivars in the pomegranate-carob moth-parasitoid interactions. The combination of pomegranate cultivars together with biological control agents could be proposed as an effective integrated pest management program against *E. ceratoniae*. Our findings may provide basic information for better understanding of the tritrophic interactions of the pomegranate-carob moth-parasitoid relationships.

**Keywords:** *Punica granatum*, *Ectomyelois ceratonia*, parasitoids, tritrophic interaction



University of Mohaghegh Ardabili  
Faculty of Agriculture and Natural Resources  
Department of Plant Protection

Dissertation submitted in partial fulfillment for the degree of Doctor of  
Philosophy  
in  
Agricultural Entomology- Ecology and Biological control

# Study of tritrophic interactions in the pomegranate-carob moth-parasitoid system

By:  
Zahra Abedi

Supervisor:  
**Ali Golizadeh (Ph.D)**

Advisor:  
**Mahmoud Soufbaf (Ph.D)**  
**Mahdi Hassanpour (Ph.D)**

**January 2020**