

ارزیابی رژیم‌های غذایی طبیعی، نیمه‌مصنوعی و مصنوعی برای پرورش انبوه کرم *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) گلوگاه انار

زهرا عابدی^۱، محمود سوفباف^{۲*}، علی گلی‌زاده^۳ و مهدی حسن‌پور^۴

- ۱ - دانشجوی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۲ - نویسنده مسوول: استادیار، گروه گیاهپزشکی، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران (msoufbaf@aeoi.org.ir)
- ۳ - استاد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۴ - دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۷/۱۱

چکیده

کرم گلوگاه انار (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)) آفتی کلیدی در ایران و بسیاری از مناطق جهان بوده و خسارت آن روی اکثر محصولات اقتصادی می‌باشد. این مطالعه به منظور تعیین رژیم غذایی بهینه برای پرورش انبوه این حشره در راستای انجام کارآمد طرح‌های کنترل بیولوژیک و به ویژه روش ناباورسازی حشرات انجام شد. در بررسی حاضر اثر چهار رژیم غذایی شامل خمیر انار، خمیر سیب، رژیم‌های غذایی نیمه‌مصنوعی و مصنوعی بر پارامترهای زیستی این حشره بررسی شد. نتایج نشان داد که طولانی‌ترین و کوتاهترین طول دوره‌ی نابالغ آفت به ترتیب روی رژیم‌های خمیر انار و غذای مصنوعی مشاهده شد. همچنین، باروری روی تیمارهای خمیر انار و خمیر سیب به طور معنی‌داری کمتر از رژیم غذایی مصنوعی بود. همچنین، طول عمر حشرات کامل نر و ماده روی رژیم غذایی نیمه‌مصنوعی بیشتر از خمیر انار بود. کمترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) روی خمیر انار (۰/۰۳۱ بر روز) و بیشترین آن روی غذای مصنوعی (۰/۱۲۱ بر روز) بدست آمد. همچنین بیشترین وزن لاروی، شفیرگی و نرخ رشد نسبی روی تیمار خمیر انار بود. بر اساس نتایج به دست آمده و علی‌رغم بالاتر بودن برخی مشخصه‌های کارایی و تناسب حشره روی جیره مصنوعی، خمیر انار به دلیل بالا بودن برخی از شاخص‌های مهم کارایی حشره تغذیه‌کننده از آن، صرفه اقتصادی قابل ملاحظه نسبت به جیره مصنوعی و نیز انتخاب طبیعی آن توسط آفت به عنوان میزبان ارجح، ارزش مطالعات بیشتر را به منظور معرفی به عنوان جیره مناسب برای پرورش انبوه کرم گلوگاه انار دارا می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: *Ectomyelois ceratoniae* رژیم‌های غذایی، پرورش انبوه، جدول زندگی

مقدمه

است. از سوی دیگر واضح است که میزبان‌های گیاهی منتخب یک حشره، پاسخ‌گوی نیازهای زیستی-تکاملی آن بوده و در موارد کمبود یک عنصر غذایی در یک مرحله زیستی، این نقیصه از بخش‌های دیگر اکوسیستم توسط سایر مراحل زیستی حشره جبران می‌گردد (Price

یکی از مهم‌ترین گام‌ها در یک پروژه کنترل بیولوژیک، پرورش انبوه حشرات با استفاده از رژیم‌های غذایی مصنوعی می‌باشد و در این خصوص، هزینه تهیه این رژیم‌های غذایی از درجه اهمیت بالایی برخوردار

۲۰/۸۰، ۸۴/۱۶ توسط محققان مختلف گزارش شده است (Nation, 2002). نکته مهم در این زمینه اینست که حشرات با انتخاب میزبان‌های گیاهی خاص به عنوان میزبان‌های ارجح، تناسب این مواد غذایی از جنبه تعادل عناصر مغذی را تایید می‌کنند. محققان زیادی از مواد طبیعی، طبیعی-مصنوعی و مصنوعی برای تغذیه‌ی لاروهای کرم گلوگاه انار *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) استفاده کرده‌اند که هدف آن‌ها مطالعه‌ی تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف بر خصوصیات زیستی و پارامترهای جدول زندگی آفت و همچنین کاهش طول دوره‌های رشدی، افزایش باروری و کاهش هزینه‌های تولید انبوه بوده است (Norouzi et al., 2008; Mortazavi et al., 2015). (Levinson and Gothlif (1965) از یک ترکیب غذایی شامل سویا، ساکاروز، مولتی ویتامین، اسید لینولئیک، بتاسیتوسترول و مخلوط نمک‌ها جهت پرورش کرم گلوگاه استفاده کردند و طول دوره‌ی یک نسل آفت را به طور میانگین ۳۴/۴ روز گزارش نمودند. (Al-Izzi (1985, 1987 and 1988) نیز مطالعه‌ای در زمینه‌ی رژیم غذایی مصنوعی کرم گلوگاه انار با ترکیباتی شامل سویا، ساکاروز، دکستروز، ویتامین‌ها، مواد معدنی، آگار، کازئین و غلظت‌های مختلف لیزین انجام دادند و گزارش نمودند که دوره‌ی رشد لاروها با افزایش مقدار لیزین کوتاه‌تر و میزان تخم‌ریزی نیز افزایش یافت. همچنین (Soufbaf et al. (2017) با استفاده از فرمول جیره مصنوعی ارابه شده توسط (Mediouni and Dhaouibi (2007) به حجم بالای پرورش انبوه کرم گلوگاه انار در شرایط بهینه پرورشی رسیدند. کرم گلوگاه انار از مهمترین عوامل کاهش کمی و کیفی محصول انار *Punica granatum* L. (Punicaceae) در ایران می‌باشد. خسارت این آفت در قالب طرح پایلوت ناباورسازی حشرات در چند نقطه انارکاری کشور به طور معنی‌دار کاهش یافته (Soufbaf et al., 2017) و لزوم پرورش انبوه با حداقل هزینه در

(et al., 1980). در همین راستا نیز مطالعات زیادی در مورد مقایسه تاریخچه زیستی حشرات مختلف روی میزبان‌های گیاهی مختلف در سراسر دنیا صورت گرفته است که با یک جستجوی ساده به حجم بالایی از این مطالعات دست می‌یابیم (Tsai and Wang, 2001; Hwang et al., 2008; Borzoui et al., 2015). سوی دیگر فروش انبوه میوه‌های مختلف درجه پایین در آخر فصل با قیمت کم، می‌تواند راهکار استفاده از میوه‌های میزبان اصلی یا فرعی (میزبان ثانویه) یک آفت خاص، به عنوان جیره غذایی برای پرورش انبوه پس از فرآوری (مثلا تبدیل به میوه خشک) را تقویت نماید که در قدم اول از لحاظ اقتصادی گزینه مناسب‌تری نسبت به جیره‌های مصنوعی به نظر می‌رسد، هم‌چنان که گاهی بعضی از اجزای فرمول این جیره‌ها، تولید انبوه حشرات را متحمل هزینه‌های گزاف می‌نماید.

رژیم‌های غذایی مصنوعی آسان و راحت‌ترین منابع غذایی هستند و مشکلات کاربردی مربوط به استفاده از گیاهان زنده و قسمت‌های مختلف گیاهی را ندارند اما به دست آوردن یک جیره غذایی استاندارد مطابق با نیازهای فیزیولوژیک حشرات کار حساس و دشواری است (Etzel and Legner, 1999; Mahdinasab et al., 2014). بررسی منابع موید لزوم رعایت تعادل در نسبت‌های مواد مغذی به ویژه نسبت پروتئین/کربوهیدرات در رژیم غذایی حشرات برای حصول کارایی و تناسب بهینه در فیزیولوژی تغذیه حشرات می‌باشد. تنوع این نسبت‌ها در گونه‌های مختلف حشرات بیان‌گر حساسیت این موضوع در حشرات مختلف می‌باشد. به عنوان مثال، شپشه آرد *Tribolium confusum* Duval به نحوی تغذیه می‌کند که نسبت ۴۳/۵۷ پروتئین/کربوهیدرات را برای خود تامین نماید و به همین ترتیب این نسبت در حشراتی چون کرم بلال ذرت (*Heliothis zea* (Brodie))، کرم شاخدار توتون (*Manduca sexta* L.) و پوره سوسری نواری قهوه‌ای (*Supella longipalpa* F.) به ترتیب ۲۱/۷۹،

گرم (گرید خوراکی از فروشگاه لوازم آزمایشگاهی)، لیزین ۳ گرم (گرید خوراکی از داروخانه‌های دامپزشکی)، اریترومايسين ۶/۷ گرم (گرید خوراکی از داروخانه‌های دامپزشکی)، گلیسرین ۱۵۰ میلی لیتر (گرید خوراکی از فروشگاه‌های لوازم قنادی) و آب مقطر ۲۵۰ میلی لیتر بود. ۴- جیره نیمه مصنوعی: مشابه جیره مصنوعی تهیه شد اما به جای استفاده از مخمر و اسید آسکوربیک، ۲۵ گرم پودر خشک انار اضافه شد. لازم به ذکر است که در دو جیره انار و سیب از یک گرم متیل پارابن (گرید خوراکی از فروشگاه‌های لوازم قنادی) به ازای هر کیلو جیره برای جلوگیری از آلودگی قارچی استفاده گردید. تولید انبوه حشرات در کارگاه تولید حشرات^۱ با شرایط دمایی $29 \pm 1^\circ C$ ، رطوبت نسبی 75 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی (بدلیل باروری بالای حشرات در مدت زمان تاریکی بیشتر) در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج انجام شد. برای بررسی قیمت تمام شده حشرات تولیدی از رژیم‌های غذایی مورد آزمایش، ابتدا مجموع (کل) تعداد تخم‌های گذاشته شده به وسیله‌ی ماده‌های حاصل از یک کوهورت ۴۰ تایی در آزمایشات جدول زندگی روی هر کدام از رژیم‌های غذایی محاسبه شد. سپس به مجموع این تخم‌ها بقای دوره نابالغ ضرب شد تا تعداد حشره تولیدی از یک کیلوگرم جیره به دست آید (جدول ۵).

تعیین پارامترهای زیستی *E. ceratoniae*

جمعیت اولیه‌ی آفت از باغ‌های انار استان لرستان جمع‌آوری و به آزمایشگاه با شرایط دمایی $29 \pm 1^\circ C$ ، رطوبت نسبی 75 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی منتقل شدند. انارها در درون قفس‌های جفت‌گیری به ابعاد 50×110 سانتی‌متری تا زمان ظهور حشرات کامل نگهداری شدند. سپس

گام‌های بعدی طرح در مقیاس صنعتی احساس می‌شود. در این راستا و پیرو وضعیت مشروح در ابتدای این بخش، مقرر گردید به منظور تعیین رژیم غذایی بهینه برای پرورش انبوه این حشره، میوه‌های آخر فصلی انار و سیب که با قیمت‌های بسیار کم در حجم انبوه قابل خریداری می‌باشد را به صورت خمیر میوه کامل با دو جیره مصنوعی و نیمه مصنوعی در کارایی زیستی گرم گلوگاه انار مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد. در قدم بعدی لازم بود تا مطالعات تکمیلی براساس مواد فرآوری شده آن‌ها که در کارگاه حشرات قابل استفاده بوده و قابلیت انبارداری نیز داشته باشد، انجام شود.

مواد و روش‌ها

E. تهیه‌ی میزبان‌های مختلف و رژیم غذایی *ceratoniae*

میوه‌های کامل انار و سیب در آخر فصل، بدون آلودگی ظاهری به آفات مختلف تهیه گردید. بدین منظور به ترتیب به باغات مربوطه در مناطق مختلف استان‌های یزد (عقدا) و اصفهان (سمیرم) در پایان فصل برداشت مراجعه نموده و میوه‌های ضایعاتی با حداقل قیمت تهیه گردید (جدول ۵). چهار نوع رژیم غذایی برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند که شامل ۱- خمیر انار: میوه‌ی کامل انار توسط دستگاه مخلوط کن به صورت یک خمیر در آورده شد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به حالت نیمه‌خشک در آمد. ۲- خمیر سیب: میوه‌ی کامل سیب به شرح فوق به صورت خمیر در آمد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به حالت نیمه‌خشک در آمد. ۳- جیره مصنوعی: شامل ترکیب سبوس گندم ۶۰۰ گرم (تهیه شده از اداره غله شهرستان کرج)، شکر ۱۲۰ گرم (تهیه شده از بازار)، مخمر ۲۳ گرم (قرص مخمر فله از بازار)، اسید آسکوربیک ۶ گرم (گرید خوراکی از داروخانه‌های دامپزشکی)، بنزوات سدیم ۱

1- Insectary

تجزیه و تحلیل آماری

جهت مقایسه‌ی اختلاف آماری میانگین پارامترهای نرخ رشد نسبی (RGR)، پارامترهای زیستی و تولید مثلی از تجزیه واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) توسط نرم‌افزار SAS ver. 16 استفاده شد (SAS Institute, 2002). اختلاف آماری میانگین‌ها با استفاده از آزمون Tukey در سطح احتمال ۵٪ مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، تجزیه‌ی واریانس داده‌های جدول زندگی جمعیت پایدار آفت به روش دو جنسی در نرم‌افزار Two-Sex Life Table و با روش بوت‌استرپ انجام گرفت (Chi, 2016).

نتایج

نتایج تاثیر چهار نوع رژیم‌های غذایی مختلف بر طول دوره‌ی نشو و نما و بقای مراحل نابالغ *E. ceratoniae* در جدول ۱ آورده شده است. مقایسه‌ی میانگین‌های مربوط به طول دوره‌ی جنینی، لاروی، پیش شفیرگی و شفیرگی کرم گلوگاه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین رژیم‌های غذایی مختلف وجود داشت. دوره تخم روی خمیر سیب به طور معنی‌داری کمتر از رژیم غذایی مصنوعی بود ($F = 3.60; df = 3, 153; P = 0.0015$). همچنین، کوتاه‌ترین دوره‌ی لاروی روی رژیم غذایی نیمه‌مصنوعی و طولانی‌ترین آن‌ها روی خمیر انار به دست آمد ($F = 225.29; df = 3, 106; P < 0.001$). کمترین طول دوره‌ی پیش‌شفیرگی روی رژیم‌های غذایی مصنوعی و خمیر انار مشاهده گردید ($F = 172.33; df = 3, 106; P < 0.001$). طول دوره‌ی شفیرگی روی رژیم غذایی مصنوعی کمتر از رژیم‌های خمیر انار و خمیر سیب بود ($F = 4.63; df = 3, 109; P = 0.0043$). بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که بین رژیم‌های غذایی مورد مطالعه از نظر طول مدت نشو و نمای مراحل نابالغ (از تخم تا ظهور حشره‌ی کامل) تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($F = 172.33; df = 3, 109; P < 0.0001$ ، بدین ترتیب

حشرات کامل به ظروف‌های پلاستیکی استوانه‌ای که داخل آنها با پارچه مملو پوشانده شده بود، منتقل و تخم‌های گذاشته شده روی پارچه مملو در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت.

برای بررسی تاثیر چهار نوع رژیم غذایی مختلف بر طول دوره‌ی نشو و نما و بقای مراحل نابالغ *E. ceratoniae*، روی هر کدام از رژیم‌های غذایی، تعداد ۴۰ عدد تخم هم‌سن که کمتر از ۲۴ ساعت از عمرشان گذشته باشد انتخاب شد. تخم‌ها به صورت تک‌تک به ظروف پتری‌دیش ۹ سانتی‌متری حاوی رژیم غذایی مربوطه منتقل گردید و در اتاقک رشد در شرایط دمایی $29 \pm 1^{\circ}C$ ، رطوبت نسبی 75 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری گردید. به منظور جلوگیری از فرار لاروها برای دور تا دور پتری‌ها از پارافیلیم استفاده شد. پتری‌دیش‌ها به صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای مربوط به مراحل نابالغ مانند طول دوره‌ی تخم، لارو، پیش‌شفیره، شفیره، وزن لاروی و شفیرگی ثبت شد و این بررسی تا زمان ظهور حشرات کامل ادامه یافت. پس از ظهور حشرات کامل، جنسیت حشرات کامل تعیین شده و هر جفت نر و ماده به صورت جداگانه به ظروف تخم‌گیری (ظروف استوانه‌ای شفاف به ابعاد 10×25 سانتی‌متری) منتقل شدند. تعداد تخم‌های گذاشته شده و نیز طول عمر حشرات کامل نر و ماده به صورت روزانه بررسی و ثبت گردید. این بررسی‌ها تا زمان مرگ همه‌ی حشرات کامل ادامه یافت و از داده‌های ثبت شده نرخ رشد نسبی (RGR) (افزایش وزن لاروهای سن پنجم بر دوره‌ی زمانی مصرف غذا)، درصد بقای مراحل نابالغ، پارامترهای زیستی و تولید مثلی محاسبه گردید. همچنین، برای مقایسه‌ی قیمت جیره‌های مختلف مورد استفاده در پرورش کرم گلوگاه تعداد تخم‌های گذاشته شده‌ی ماده‌های حاصل از یک کوهورت ۴۰ تایی روی هر کدام از رژیم‌های غذایی استفاده شد.

نتایج مربوط به باروری، طول عمر حشرات کامل نر و ماده و نسبت جنسی *E. ceratoniae* روی رژیم‌های غذایی مختلف در جدول ۳ ارایه شده است. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که بین رژیم‌های غذایی مختلف مورد مطالعه از نظر میزان باروری، طول عمر حشرات کامل نر و ماده تفاوت معنی‌داری وجود داشت. میزان باروری روی خمیر انار و خمیر سیب به طور معنی‌داری کمتر از رژیم غذایی مصنوعی بود ($F = 6.78; df = 3, 48; P = 0.0001$) طول عمر حشرات کامل نر ($F = 2.64; df = 3, 42; P = 0.0606$) و ماده ($F = 2.42; df = 3, 53; P = 0.0756$) روی رژیم غذایی نیمه مصنوعی به طور معنی‌داری بیشتر از خمیر انار بود. نسبت جنسی (درصد ماده) هم روی رژیم‌های غذایی مصنوعی، نیمه مصنوعی، خمیر سیب و انار به ترتیب ۰/۶۴، ۰/۵۰، ۰/۴۸ و ۰/۶۳ به دست آمد ($F = 212.75; df = 3, 8; P < 0.0001$) (جدول ۳).

که طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول این دوره به ترتیب روی رژیم‌های خمیر انار و مصنوعی مشاهده شد. همچنین، بیشترین درصد بقای مراحل نابالغ حشره روی رژیم غذایی نیمه مصنوعی و کمترین بقای آن روی خمیر انار مشاهده شد (جدول ۱).

میانگین وزن لاروهای سن پنجم و شفیره‌های کرم گلوگاه انار در جدول ۲ ارایه شده است. لاروهای پرورش یافته روی رژیم‌های غذایی نیمه مصنوعی و خمیر سیب سبک تر از لاروهای بودند که از سایر رژیم‌های غذایی تغذیه کردند ($F = 8.34; df = 3, 57; P < 0.0001$). سنگین‌ترین و سبک‌ترین وزن شفیره‌ها به ترتیب روی خمیر انار و خمیر سیب مشاهده شد ($F = 90.46; df = 3, 67; P < 0.0001$). هم‌چنین بیشترین نرخ رشد نسبی لاروها روی خمیر انار و رژیم غذایی مصنوعی و کمترین آن روی خمیر سیب بود ($F = 18.29; df = 3, 59; P < 0.0001$).

جدول ۱- طول دوره‌های مختلف زیستی (میانگین \pm خطای استاندارد) و بقا *Ectomyelois ceratoniae* روی رژیم‌های غذایی مختلف
Table 1. Duration of different stages (mean \pm SE) and survival of *Ectomyelois ceratoniae* on different diets

Diet	Egg incubation (day)	Larval period (day)	Pre-pupal period (day)	Pupal period (day)	Development time (day)	Pre-adult Survivorship (%)
Apple dough	4.01 \pm 0.01 ^b	24.81 \pm 0.89 ^b	0.62 \pm 0.09 ^a	7.66 \pm 0.33 ^a	38.73 \pm 0.98 ^b	65
Artificial	4.33 \pm 0.09 ^a	21.42 \pm 0.21 ^c	0.11 \pm 0.05 ^b	6.57 \pm 0.20 ^b	28.54 \pm 0.25 ^d	87.5
Pomegranate dough	4.20 \pm 0.07 ^{ab}	51.15 \pm 2.07 ^a	0.31 \pm 0.12 ^{ab}	7.69 \pm 0.29 ^a	60.44 \pm 2.59 ^a	40
Semi-artificial	4.23 \pm 0.07 ^{ab}	17.58 \pm 0.26 ^b	0.50 \pm 0.08 ^a	7.22 \pm 0.17 ^{ab}	33.53 \pm 0.36 ^c	90

Mean values in each column followed by different lowercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۲- میانگین (\pm خطای استاندارد) وزن لاروی، شفیرگی و نرخ رشد نسبی *Ectomyelois ceratoniae* روی رژیم‌های غذایی مختلف
Table 2. The mean (\pm SE) (g) weight of fifth instar larvae and pupae of *Ectomyelois ceratoniae* on different diets

Diet	weight of fifth instar larvae	weight of Pupa	relative growth rate (RGR)
Apple dough	0.029 \pm 0.003 ^b	0.021 \pm 0.001 ^d	0.017 \pm 0.001 ^c
Artificial	0.045 \pm 0.004 ^a	0.041 \pm 0.001 ^b	0.033 \pm 0.002 ^{ab}
Pomegranate dough	0.047 \pm 0.002 ^a	0.071 \pm 0.003 ^a	0.034 \pm 0.003 ^a
Semi-artificial	0.039 \pm 0.001 ^{ab}	0.033 \pm 0.002 ^c	0.027 \pm 0.001 ^b

Mean values in each column followed by different lowercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۳- باروری و طول عمر حشرات بالغ ماده و نر *Ectomyelois ceratoniae* روی رژیم‌های غذایی مختلف

Table 3. Fecundity and female and male longevity of *Ectomyelois ceratoniae* on different diets

Diet	Fecundity (no. eggs laid)	Female adult longevity (day)	Male adult longevity (day)	Sex ratio (female/female+male)
Apple dough	23.73±3.52 ^b	5.36±0.53 ^{ab}	5.07±0.39 ^{ab}	0.48±0.005 ^b
Artificial	83.11±2.15 ^a	4.86±0.31 ^{ab}	4.75±0.62 ^{ab}	0.64±0.006 ^a
Pomegranate dough	25.71±3.74 ^b	4.01±0.53 ^b	3.25±0.25 ^b	0.63±0.005 ^a
Semi-artificial	50.51±3.05 ^{ab}	6.11±0.61 ^a	5.72±0.37 ^a	0.50±0.004 ^b

Mean values in each column followed by different lowercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

پرورش یافته روی رژیم غذایی مصنوعی و کم‌ترین آن مربوط به حشرات پرورش یافته روی خمیر انار بود (جدول ۴). نرخ متاهی افزایش جمعیت (λ) که به میزان افزایش جمعیت در هر روز نسبت به روز قبل اشاره دارد، روی رژیم غذایی مصنوعی بیش‌ترین و روی خمیر انار کمترین مقدار را داشت. از نظر متوسط زمان یک نسل (T) آفت در بین رژیم‌های غذایی مختلف مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بیش‌ترین مقدار این پارامتر روی خمیر انار و کم‌ترین مقدار آن روی رژیم غذایی مصنوعی به دست آمد (جدول ۴). مقایسه‌ی قیمت جیره‌های مختلف مورد استفاده برای پرورش کرم گلوگاه انار بیانگر هزینه بالای تولید و پرورش آفت روی رژیم غذایی مصنوعی در مقایسه با سایر جیره‌های مورد استفاده در این مطالعه بود (جدول ۵).

نتایج پارامترهای رشد جمعیت پایدار *E. ceratoniae* روی رژیم‌های غذایی مختلف در جدول ۴ ارایه شده است. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که بین رژیم‌های غذایی مصنوعی، نیمه‌مصنوعی و خمیر انار از نظر مقدار نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نرخ خالص تولید مثل (R_0) که بیان‌گر میانگین کل تخم‌های ماده‌ای است که یک فرد ماده در صورت زنده ماندن تا آخرین روز در طول یک نسل تولید می‌نماید در بین رژیم‌های غذایی مختلف مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) که مهم‌ترین پارامتر برای تعیین نوع و میزان رشد جمعیت‌ها است و می‌تواند بیانگر رشد مثبت، منفی یا ثابت بودن جمعیت باشد در بین رژیم‌های غذایی مختلف تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین مقدار این پارامتر مربوط به حشرات

جدول ۴- پارامترهای جدول زندگی *Ectomyelois ceratoniae* روی رژیم‌های غذایی مختلف

Table 4. Life table parameters of *Ectomyelois ceratoniae* on different diets

Diet	GRR (female/female)	R_0 (female/female)	r_m (female/female/day)	λ (female/day)	T (days)
Apple dough	19.80±5.3 ^b	8.31±2.08 ^c	0.053±0.007 ^c	1.05±0.007 ^c	39.26±0.99 ^b
Artificial	98.78±7.5 ^a	47.8±8.76 ^a	0.121±0.005 ^a	1.13±0.006 ^a	31.75±0.31 ^d
Pomegranate dough	39.82±2.8 ^{ab}	6.48±1.89 ^c	0.031±0.006 ^d	1.03±0.006 ^d	59.56±5.17 ^a
Semi-artificial	64.82±6.7 ^{ab}	23.95±4.84 ^b	0.086±0.005 ^b	1.09±0.006 ^b	36.81±0.59 ^c

جدول ۵- مقایسه‌ی قیمت جیره‌های مختلف مورد استفاده برای *Ectomyelois ceratoniae* (تعداد تخم حاصل از یک کوهورت و تعداد تخم معادل آن با محاسبه بقا)

Table 5. Price comparison different diets used for rearing of *Ectomyelois ceratoniae* (Number of eggs resulted from a cohort and number of eggs equivalent after survival calculation)

Diet	Price per 1 kg of diet (No cost of processing and production) (Rial)	Total number of eggs laid by a cohort	Total number of eggs laid by a cohort with respect to survivorship (last column in table 1)
Apple dough	5000	261	169.65
Artificial	260000	1496	1309
Pomegranate dough	10000	180	72
Semi-artificial	180000	808	727.2

بحث

پروتئین و کربوهیدرات) در رژیم‌های غذایی مورد تغذیه حشره باشد (Golizadeh and Abedi, 2016). همچنین افزایش دوره‌ی نشو و نمای آفت می‌تواند به سطح پروتئین موجود در رژیم غذایی هم مربوط باشد. در شرایطی که میزان پروتئین غذا کم باشد، برای جبران پروتئین دریافتی، طول دوره لاروی افزایش می‌یابد. بر اساس مطالعات متعدد انجام شده طول دوره‌ی مراحل زیستی کرم گلوگاه انار روی میزبان‌های مختلف متفاوت بوده است. در تحقیقی، (Ghavami (2006) دوره‌ی نشو و نمای این آفت را روی سه ترکیب غذایی مصنوعی، نیمه‌مصنوعی و طبیعی بررسی کرده و کوتاه‌ترین دوره‌ی رشدی لارو، شفیره و حشره‌ی بالغ کرم گلوگاه را روی رژیم غذایی مصنوعی گزارش نمود که مشابه با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. (Norouzi et al. (2008) پارامترهای زیستی کرم گلوگاه را روی چهار رژیم غذایی طبیعی مختلف شامل پسته، انار، انجیر و خرما بررسی کردند که طول دوره پیش از بلوغ این آفت را روی این میزبان‌ها به ترتیب ۳۹/۰۸، ۳۴/۹۶، ۵۱/۵۹ و ۸۳/۶ روز به دست آوردند. (Mortazavi et al. (2016) نیز طول دوره‌ی نابالغ این آفت را روی چهار رژیم غذایی شامل پسته، انار، نیمه مصنوعی و مصنوعی به ترتیب ۴۱/۳۸، ۳۴/۶۶، ۳۸/۹۶ و ۴۵/۶۱ روز گزارش کردند. همچنین، (Gothilf (1968) دوره‌ی زندگی و

در این پژوهش فراسنجه‌های کنترل کیفیت *E. ceratoniae* پس از پرورش روی چهار رژیم غذایی مختلف مورد مقایسه قرار گرفت تا تاثیر گذارترین رژیم غذایی برای پرورش انبوه اقتصادی و در عین حال موفق این آفت مشخص شود. موفقیت برنامه‌های مدیریت تلفیقی تا حد زیادی به کیفیت آفت پرورش داده شده بستگی دارد و حفظ خصوصیات ذاتی کلنی حشرات که در انسکتاریوم‌ها پرورش می‌یابند عامل مهمی در پیشرفت برنامه‌های مدیریتی محسوب می‌شود (Singh, 1982). ویژگی‌هایی مانند باروری و زادآوری، نسبت جنسی، نرخ خالص تولید مثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، طول دوره‌ی نشو و نما و طول عمر می‌تواند کیفیت حشره تولیدی در مقیاس انبوه را منعکس کند. در این تحقیق برای بهینه‌سازی رژیم غذایی *E. ceratoniae* از یک شیوه متفاوت بر پایه‌ی میوه‌ی کامل میزبان‌های آفت که شامل انار و سیب بود، به منظور کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری استفاده شد.

تاریخچه زیستی حشره تا حد زیادی از عوامل محیطی، مخصوصاً کیفیت و کمیت غذا تأثیر می‌پذیرد. تفاوت در طول دوره رشدی ممکن است به دلیل عدم تعادل غذایی از لحاظ درشت مغذی‌ها (مخصوصاً مقدار

مصرفی حشره و به تبع آن کاهش کارایی حشره گردد. به هر حال مطالعات تکمیلی مورد نیاز است تا با شناسایی بخش‌های حاوی ترکیبات دفاعی بیشتر (دانه، حبه، پوست میوه و غیره) و با حذف آن بخش‌ها از میوه‌ها و سپس تهیه جیره‌های جدید بتوان این فرضیه را مورد آزمون قرار داد.

نیازهای غذایی حشره ارتباط مستقیمی با وزن بدن حشره دارد و وزن بدن یکی از شاخص‌های مهم در دینامیسم جمعیت حشرات است (Schroeder, 1981; Liu et al., 2004). در برخی مواقع لاروهای حشرات برای رسیدن به وضعیت متابولیکی مطلوب، مقدار غذای خورده شده را افزایش داده و هم‌چنین دوره‌ی لاروی را طولانی‌تر می‌کنند (Lazarevic and Peric- Mataruga, 2003) که هم‌سو با نتایج تحقیق حاضر روی خمیر انار می‌باشد. در این تحقیق بیشترین وزن لاروی و شفیرگی مربوط به حشرات پرورش یافته روی خمیر انار بود (جدول ۲) که طولانی‌ترین دوره لاروی را داشت. در واقع می‌توان چنین استنتاج نمود که لاروهای کرم گلوگاه انار تغذیه کننده از خمیر انار برای جبران دریافت مواد غذایی کم، مقدار غذای خورده شده‌ی خود را بیشتر و به تبع آن زمان تغذیه را طولانی‌تر کرده و این امر باعث افزایش وزن لاروی و شفیرگی حشره می‌شود. در این راستا، شاخص‌های تغذیه‌ای نقش مهمی در درک فیزیولوژی تغذیه و اکولوژی حشرات ایفا می‌کنند (Scriber and Slansky, 1981). با این حال، شاخص RGR به عنوان یک شاخص رشد نشو نما در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته و از آنجا که لاروهای پرورش یافته روی خمیر انار بیشترین مقدار نرخ رشد نسبی را داشتند، می‌توان نتیجه گرفت که این لاروها توانایی بیشتری در تبدیل غذای خورده شده برای رشد بدن را دارا بوده و لذا بیشترین وزن لاروی را استحصال نموده‌اند.

پارامترهای دموگرافی می‌تواند برای مقایسه‌ی اثر عوامل محیطی و تفاوت‌های غذایی روی نشو و نمای

تخمیرزی کرم گلوگاه را روی رژیم غذایی مصنوعی و طبیعی بررسی نمود و گزارش کرد که روی رژیم غذایی مصنوعی دوره لاروی حشره ۲۹/۳ روز طول کشید و اندازه‌ی حشرات بالغ در مقایسه با حشرات پرورش یافته روی دانه‌های انار بزرگ‌تر و میزان تخمیرزی آن‌ها بیشتر بود. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر متفاوت می‌باشد و این تفاوت‌ها ناشی از تفاوت در شرایط و نوع آزمایش، نوع میزبان و وضعیت فرآوری رژیم غذایی طبیعی می‌باشد. در مطالعه حاضر به دلیل خمیر نمودن میوه کامل، فرضیه کارگر بودن سیستم دفاعی موجود در بخش‌هایی همچون پوست میوه از قبیل انواع ترکیبات فنی و متابولیت‌های دفاعی دیگر پس از جدا شدن میوه از درخت، قوت می‌یابد و شاید بتوان افزایش طول دوره مراحل نابالغ آفت (متغیر بین ۲۸/۵۴ و ۶۰/۴۴ روز، جدول ۱) و لذا کاهش شاخصه‌های رشد جمعیت را نیز به این وضعیت ارتباط داد.

پروتئین غذا فاکتور موثری در طول عمر حشرات کامل نیز می‌باشد. کاهش مقدار پروتئین غذا یا وجود مهارکننده‌هایی که سبب کاهش جذب پروتئین در لاروها می‌شود، سبب اختلال در تامین غذای حشرات کامل و کاهش طول عمر آن‌ها می‌گردد (Sorge et al., 2000). تحقیق حاضر نشان داد، طول عمر حشرات کامل نر و ماده روی رژیم غذایی نیمه مصنوعی به طور معنی‌داری بیشتر از خمیر انار بود (جدول ۳). هم‌چنین، میانگین باروری حشرات کامل بین ۲۳/۷۳ تا ۸۳/۱۱ عدد تخم در رژیم‌های غذایی مختلف بود که کمتر از تعداد تخم‌های گزارش شده در مطالعات مشابه می‌باشد (برای مثال نتایج (Mortazavi et al. (2015). یکی از دلایل کاهش تخم و در نتیجه آن کاهش شاخصه‌های رشد جمعیت کرم گلوگاه انار در خمیر انار و سیب می‌تواند وجود متابولیت‌های ثانویه دفاعی گیاه باشد که اصولاً در بخش‌های خاصی از میوه انتظار مشاهده آن‌ها را داریم و لذا در اختلاط با بخش‌های مغذی میوه باعث اختلال در نسبت‌های مطلوب پروتئین/کربوهیدرات در غذای

میزبان ارجح، دلیل محکمی مبنی بر حمایت بهتر این میوه از کارایی این آفت نسبت به سایر میزبان‌های آن می‌باشد که بدون چنین اندازه‌گیری‌هایی نیز شاید بتوان در این خصوص به آن اهمیت داده و قدم‌های بعدی را برداشت.

با توجه به قیمت نهاده‌های مورد استفاده در تولید جیره‌های مختلف مورد مطالعه در این تحقیق و تعداد کل تخم حاصل از پرورش یک کوهورت از کرم گلوگاه انار روی هریک از رژیم‌های غذایی، چنین استنباط می‌شود که هزینه تولید و پرورش روی رژیم‌های طبیعی خمیر سیب و انار به مراتب مقرون به صرفه‌تر از جیره مصنوعی می‌باشد. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد جیره غذایی مصنوعی به ترتیب ۵۲ و ۲۶ برابر گران‌تر از رژیم خمیر سیب و انار بود در حالی که تعداد تخم حاصل از یک کوهورت پرورشی روی جیره مصنوعی به ترتیب ۷/۷ و ۱۸/۲ برابر رژیم‌های سیب و انار بود که موازنه منطقی هزینه/تولید را تامین نمی‌کند. به علاوه واضح است که شباهت تجربه غذایی حشره پرورشی روی انار و سیب با حشره وحشی و دست و پنجه نرم کردن با متابولیت‌های دفاعی گیاه باعث تولید حشراتی با کارایی مشابه کارایی حشرات وحشی شده و لذا کمک شایانی در رقابت با حشرات وحشی متوجه حشرات تولیدی به ویژه روی انار خواهد شد (البته با لحاظ میزبان گیاهی حشرات وحشی). همچنین شباهت نسبت جنسی حاصل روی خمیر انار با جیره مصنوعی بیانگر تولید نسبتاً مناسب از نرها و ماده‌ها در جیره خمیر انار بود که در تولید انبوه حشرات نقش حیاتی ایفا می‌نماید. با احتساب شرایط فوق چنین به نظر می‌رسد که بر اساس دو شاخصه مهم تولید اقتصادی و تولید با کیفیت حشرات در فرآیند پرورش انبوه، بتوان خمیر انار را به عنوان رژیم غذایی مناسب به منظور بهینه‌سازی پرورش انبوه کرم گلوگاه و همچنین کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری معرفی نمود ولی این توصیه را به بعد از مطالعات تکمیلی در خصوص تاثیر حذف بخش‌های دفاعی میوه، تعداد

مراحل نابالغ و نیز مرحله بلوغ و تولید مثل حشرات مورد آزمایش قرار بگیرد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که به دلیل مقدار بالاتر r_m حشره روی رژیم غذایی مصنوعی در مقایسه با دیگر جیره‌های مورد آزمون، احتمالاً این رژیم غذایی برای تغذیه‌ی حشره مفیدتر می‌باشد. بنابراین کرم گلوگاه انار با تغذیه از رژیم غذایی مصنوعی بیشترین احتمال را برای افزایش جمعیت دارد و پایین بودن مقدار r_m روی خمیر انار به‌طور عمده ناشی از باروری پایین، طولانی‌بودن دوره رشدی قبل از بلوغ و کوتاه بودن طول عمر حشره کامل ماده روی این رژیم غذایی می‌باشد.

در مقایسه خمیر انار و سیب ذکر نکات زیر ضروری می‌باشد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت سرعت تولید تخم یعنی تعداد حشره‌ای که یک حشره ماده در واحد روز به جمعیت اضافه می‌کند را بیان می‌نماید که در مقیاس انبوه اگرچه اهمیت دارد ولی تعداد حشره تولیدی (زادآوری) در مقابل هزینه‌ای که برای تولید آن صرف می‌شود معیار مهم‌تری برای ارزیابی‌های اقتصادی تولید حشرات در مقیاس انبوه می‌باشد. همچنین به عنوان شاخصی از رشد حشره، از پارامتر RGR به عنوان شاخص رشد بیوماس استفاده شد که بیانگر رشد فردی مناسب‌تر حشره روی انار نسبت به سایر جیره‌ها بود. این شاخص در سیب کمترین مقدار را داشته و روی انار حدود ۲ برابر مقادیر روی سیب بود (کما اینکه وزن شفیرگی حشره روی انار (۰/۰۷۱ گرم) ۳/۳ برابر سیب (۰/۰۲۱ گرم) بود) که ارجحیت انار نسبت به سیب در شرایط طبیعی را نیز توجیه می‌کند. به علاوه نکته مهم دیگر در تولید انبوه حشرات، تولید متناسب حشرات نر و ماده مشابه با شرایط طبیعی می‌باشد که جمعیت پرورشی را از خطر نابودی در اثر پدیده‌هایی همچون نرزیایی نجات دهد که نسبت جنسی مناسب در رژیم انار این نگرانی را در خصوص انار مرتفع می‌سازد ولی در رژیم سیب، افزایش حشرات نر باعث کاهش نسبت جنسی شده است. همچنین، انتخاب طبیعی انار توسط کرم گلوگاه انار به عنوان

برنامه‌های مدیریت تلفیقی کرم گلوگاه انار مفید واقع شود.

سپاس‌گزاری

این تحقیق به عنوان بخشی از فرصت مطالعاتی نویسنده اول در گروه گیاه‌پزشکی پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج به انجام رسیده که بدینوسیله قدردانی می‌شود.

حشره قابل تولید از یک کیلو جیره، رفتارهای تولیدمثلی و به ویژه مقایسه کارایی تولیدمثلی حشره پرورشی با حشره وحشی موکول می‌نمائیم. همچنین نقش افزودنی متیل پارابن برای جلوگیری از فساد میوه‌ها در این آزمایش در افزایش/کاهش کارایی حشرات آزمایشی مورد مطالعه قرار نگرفت که توصیه می‌شود در مطالعات بعدی به آن پرداخته شود. امید است اطلاعات بدست آمده در این پژوهش بتواند در پیش‌برد

REFERENCES

Al-Izzi, M. 1985. Bionomics of *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) on pomegranate in Iraq. Environmental Entomology, 14: 149-153.

Al-Izzi, M. 1987. Culturing the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) on an artificial diet. Journal of Economic Entomology, 80: 277-280.

Al-Izzi, M. 1988. Effect of supplemental dietary L-Lysine and soybean flour on growth and fertility of *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Economic Entomology, 81: 970-976.

Borzoui, E., Naseri, B. and Rahimi Namin, F. 2015. Different diets affecting biology and digestive physiology of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Stored Products Research, 62: 1-7.

Chi, H. 2016. TWOSEX-MSChart: A Computer Program for the Age-Stage, Two-Sex Life Table Analysis. URL <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWOSEX-MSChart.zip>.

Etzet, L.K., and Legner, E.F. 1999. Culture and colonization. In: Bellows, T. S., Fisher, T. W. (eds). Handbook of biological control. Academic Press, pp: 125-198.

Ghavami, S. 2006. Effects of three artificial diets on biological characteristics of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Lep.: Pyralidae). Journal of Entomological Society of Iran, 25: 63-76.

Golizadeh, A., and Abedi, Z. 2016. Comparative performance of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various wheat cultivars. Journal of Stored Products Research, 69: 159-165.

Gothilf, S. 1968. The biology of carob moth (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller) in Israel. Israel Journal Entomology, 3: 109-118.

Hwang, S.Y., Liu, C.H., and Shen, T.C. 2008. Effects of plant nutrient availability and host plant species on the performance of two *Pieris* butterflies (Lepidoptera: Pieridae). Biochemical Systematics and Ecology, 36: 505-513.

Lazarevic, J. and Peric-Mataruga, V. 2003. Nutritive stress effects on growth and digestive physiology of *Lymantria dispar* larvae. Yugoslav Medical Biochemistry, 22: 53-59.

Levinson, H. Z., and Gothilf, S. 1965. A semisynthetic diet for growth of the moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). Trends in Parasitology, 22: 19-56.

Liu, Z.D., Li, D. M., Gong, P.Y., and Wu, K.J. 2004. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. Environmental Entomology, 33: 1570-1576.

Mahdinasab, Z., Shishehbor, P., and Faal Mohammadali, H. 2014. Effect of different diet regimes of Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* (Zeller) on biological characteristics and life table parameters of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) under laboratory conditions. Plant Protection, 37: 381-96.

Mediouni, J. and 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.

Mortazavi, S., Samih, M.A., Ghajarieh, H., and Jafari, A. 2016. Effect of some diets on biological parameters of *Apomyelois ceratoniae* in laboratory and efficiency of natural pheromone traps in pomegranate orchards. Journal of Crop Protection, 5: 115-124.

Mortazavi, S., Samih, M.A., Ghajarieh, H., Jafari, A. 2015. Effect of some diets on demographic parameters of *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in vitro. Journal of Plant Protection Research, 55: 212-219.

Nation, J. L. 2002. Insect physiology and biochemistry. CRC Press. London. 485 pp.

Norouzi, A., Talebi, A., and Fathipour, A.Y. 2008. Development and demographic parameters of the Carob moth *Apomyelois ceratoniae* on four diet regimes. Bulletin Insectology, 61: 291-297.

Price, P.W., Bouton, C.E., Gross, P., McPheron, B.A., Thompson, J.N., and Weis, A.E. 1980. Interactions among threetrophic levels: influence of plant on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology and Systematics, 11: 41-65.

SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.

Schroeder, L.A. 1981. Consumer growth efficiencies: Their limits and relationships to ecological energetics. *Journal of Theoretical Biology*, 93: 805-828.

Scriber, J. M. and Slansky, F. 1981. The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 26: 183-211.

Singh, P. 1982. The rearing of beneficial insects. *New Zealand Entomologist*, 7(3): 304-310.

Sorge, D., Nauen, R., Range, S., and Hoffmann K.H. 2000. Regulation of vitellogenesis in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology*, 46: 969-976.

Soufbaf, M., Salehi, B., Kalantarian, N., Zanganeh, A.H., Babaei, M., Fathollahi, H., et al. 2017. Using sterile insect technique against Carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lep.: Pyralidae), in Yazd province, Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*. 37 (1), 55-65. (In Farsi with English abstract).

Tsai, J. H., and Wang, J.J. 2001. Effects of host plant on biology and life table parameters of *Aphis spiraecola* (Hom.: Aphididae). *Environmental Entomology*, 30: 44-50.



© 2019 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/>).

Evaluation of natural, semi-artificial and artificial diets on mass rearing of carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)

Z. Abedi¹, M. Soufbaf^{2*}, A. Golizadeh³ and M. Hassanpour⁴

1. Ph.D. Student of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Plant Protection, Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran (msoufbaf@aeoi.org.ir)
3. Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
4. Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(DOI): 10.22055/PPR.2019.15249

Received: 3 October 2019

Accepted: 7 December 2019

Abstract

Background and Objectives

The carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera Pyralidae), is a major pest of pomegranate and its damage is economic in Iran and many parts of the world. This study was conducted to determine an optimized diet either biologically or economically for mass rearing of the pest. In particular, sterile insect technique at industrial scales is highly dependent on successful mass rearing of the pest.

Materials and Methods

In the present study, the effects of four diets including pomegranate dough, apple dough, artificial and semi-artificial diets on biological parameters of *E. ceratoniae* were studied. Pomegranates and apples with no infestation were chosen and mixed wholly using kitchen blender. Fruit dough was oven dried for 24 h at 60 degrees of Celsius after adding 1 g methyl paraben per kilogram of the diet.

Results

The results showed that, the longest and shortest duration of the immature development time were on pomegranate dough diet and artificial diet, respectively. Moreover, the fecundity rate on pomegranate dough and apple dough diets was significantly lower than artificial diet. Moreover, the longevity of male and female adults was observed on semi-artificial diets more than pomegranate dough. The lowest value of intrinsic rate of increase (r_m) of the *E. ceratoniae* were observed on pomegranate dough (0.031 day^{-1}), and the highest was on artificial diet (0.121 day^{-1}). In addition, the larvae fed on pomegranate dough treatment showed the higher larval, pupal weight and value of relative growth rate (RGR) compared to other diets tested.

Discussion

Artificial diet supported development and reproduction of the carob moth. However, based on the results obtained in the present study, pomegranate dough has high nutritional value in terms of *E. ceratoniae* performance and also it is very cheap, so it is recommended as a suitable diet for mass rearing of carob moth. However, many

complementary studies in this regard are necessary to achieve standard dimensions of mass rearing of *E. ceratoniae* in insectaries.

Keywords: *Ectomyelois ceratoniae*, Diets, Mass rearing, Life table parameters