دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا 2008-4668
http://jer.iau-arak.ac.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)
جلد 13، شماره4، سال 1400، (235-223)

تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره‌هندی *Plodia interpunctella* (Hübner) بر ویژگی‌های زیستی و جدول زندگی زنبور *Habrobracon hebetor* Say

مهشید حیدری[1]، عباس حسین‌زاده[2]، اکبر قاسمی کهریزه[2]، شهرام آرمیده[3]

1. دانشجوی دکتری حشره شناسی گروه گیاه‌پزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
2. استادیاران گروه گیاه‌پزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
3. دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

چکیده

اثر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره‌هندی *Plodia interpunctella* Hübner روی دوره رشد و نمو، باروری و فراسنجه‌های جدول زندگی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say در شرایط آزمایشگاهی در دمای 2±26 درجه سلسیوس، رطوبت 5± 65 درصد و دوره نوری 8:16 ساعت روشنایی و تاریکی بررسی شد. شش رژیم غذایی شامل پسته، گردو، بادام، خرما، انجیر و غذایی مصنوعی بود. نتایج نشان داد کوتاهترین طول دوره پیش از بلوغ زنبورهای پارازیتوئید روی پسته (9/92روز) و طولانی‌ترین مربوط به انجیر (21/ 15روز) بود. بیشترین نسبت جنسی در پسته و رژیم غذایی مصنوعی (052/) و کمترین میزان آن در انجیر و خرما (0/46) مشاهده شد. بیشترین طول عمر پارازیتوئیدهای بالغ ماده در رژیم غذایی پسته (30/50روز) و کمترین آن در انجیر (28/35روز) بود. بیشترین تعداد میانگین تخم‌های گذاشته شده توسط ماده‌های *H. hebetor* در رژیم های غذایی پسته (348/5تخم) و کمترین در انجیر (306/09تخم) مشاهده شد. کمترین میانگین طول مدت یک نسل(T) در رژیم غذایی پسته (15/61روز) و بیشترین مقدار در انجیر (22/05روز) بود. همچنین پسته و رژیم غذایی مصنوعی بیشترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) با 0/332و 0/327 و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) با 1/39 را در رژیم‌های غذایی مختلف داشتند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پسته و رژیم غذایی مصنوعی به عنوان بهترین رژیم غذایی برای پرورش زنبور پارازیتوئید شناسایی شدند. ولی با توجه به اینکه رژیم غذایی مصنوعی در مقایسه با سایر رژیم‌های بررسی شده از نظر اقتصادی ارزان‌تر و مقرون به صرفه می باشد لذا رژیم غذایی مصنوعی برای پرورش انبوه این زنبور پارازیتوئید می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: زنبور *Habrobracon hebetor* ، *Plodia interpunctella*، رژیم غذایی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت.

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: A. hosseinzadeh@iau- mahabad.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: 1400/10/2 - تاریخ پذیرش مقاله:1400/12/6

مقدمه

توجه روزافزون به ایمنی محیط زیست و تقاضای جهانی برای مواد غذایی بدون آفت‌کش‌های شیمیایی، جستجو برای روش‌های سازگار با محیط زیست برای مدیریت آفات را ضروری می‌کند (Farag *et al.*, 2015). آشکار شدن خطرات مربوط به کاربرد بی‌رویه آفتکش‌ها از جمله بروز مقاومت در آفات، از بین رفتن دشمنان طبیعی، وجود بقایای آفتکش‌ها در محصولات کشاورزی و خطرات مختلف زیست محیطی، مهار آفات در چهارچوب مدیریت تلفیقی مورد توجه و تأکید قرار گرفته است (Meka and Abebe, 2021). با توجه به مضرات روش‌های کنترل شیمیایی معمول و مقاومت آفات نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی، کنترل بیولوژیک اهمیت خاصی در مدیریت تلفیقی آفات دارد (Barratt *et al.*, 2018 ; Scholler and Flinn, 2000).

میزان تاثیرگذاری کنترل بیولوژیک به توانایی تولید عوامل کنترل آفات بستگی دارد که تولید آن‌ها نیز بسیار گران است. تولید حشرات مفید به‌ویژه پارازیتوئیدها به طور قابل ملاحظه‌ای پیشرفت کرده است(Andrade *et al.*, 2011). پارازیتوئیدها بخاطر داشتن پتانسیل بالا در نگهداشتن جمعیت آفات زیر آستانه زیان اقتصادی، نقش کلیدی در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات دارند (Belda and Riudavets, 2013) . زنبور *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae)پارازیتوئید مهم لارو راسته بال پولکداران است (Darwish et al., 2003; Ghimire and Phillips, 2010). این زنبور پارازیتوئید به عنوان یکی از بهترین دشمنان طبیعی، می‌تواند در کنترل بال پولکداران مورد استفاده قرار گیرد (Chen et al., 2013)زنبورهای ماده ابتدا میزبان را با تزریق زهر بی‌حس می‌کنند و سپس تعدادی تخم رو یا نزدیک بدن لارو فلج شده قرار می‌دهند (Gürbüz and Aksoylar, 2006).

پرورش حشرات گیاهخوار در انسکتاریوم معمولا به چهار روش انجام می شود که شامل: استفاده از گیاهان ، استفاده از قسمت‌های گیاهی برداشت شده، استفاده از میوه ها، غده ها و سایر قسمت‌های گیاهی و استفاده از رژیم های غذایی آماده است. غذای آماده، آسان‌ترین و راحت‌ترین منابع غذایی برای پرورش حشرات هستند و مشکلات مربوط به استفاده از گیاهان زنده و قسمت‌های مختلف گیاهی را ندارند ولی تهیه رژیم های غذایی برای حشرات با ترجیح غذایی و حساس بسیار دشوار است (Etzel and Legner, 1999). پرورش انبوه یک مساله اساسی برای موفقیت کنترل بیولوژیکی است و برای برنامه پرورش کارآمد *H. hebetor* بررسی رژیم‌های غذایی میزبان این عامل بیولوژیک ضروری می‌باشد. صفات مورفوفیزیولوژیکی پارازیتوئیدهای بالغ به کیفیت میزبانی لاروهای میزبان آن‌ها بستگی دارد (Harvey *et al.*, 2004, Jervis *et al.*, 2008). همچنین در یک سطح پلی‌تروفیکی، کیفیت رژیم‌های غذایی می‌تواند بر صفات بیولوژیکی و گوارشی دشمنان طبیعی تأثیر بگذارد(Karimzadeh *et al.*, 2013; Karasov *et al.*, 2011). عوامل متعددی از شرایط میزبان روی رشد و نمو پارازیتوئید اثر می‌کند که از جمله آن‌ها می‌توان به شرایط فیزیولوژیکی و نوع رژیم غذایی میزبان اشاره کرد(Mironidis and Savopoulou-Soultani, 2009). در صورت مناسب بودن غذای میزبان، لاروهای پارازیتوئید زودتر به حشره کامل تبدیل می‌شوند و اندازه آن‌ها نیز بزرگ‌تر می‌شود (Dmitriev and Rowe, 2011) . همچنین کمیت و کیفیت مواد مورد تغذیه میزبان بر طول دوره رشد، اندازه حشرات بالغ پارازیتوئید، طول عمر، باروری و درصد ماده‌زایی پارازیتوئید تأثیر می‌گذارد (Naseri *et al.*, 2009). داده های جداول زندگی می‌توانند در انتخاب موثرترین عوامل کنترل بیولوژیک، طراحی برنامه های پرورش انبوه و تصمیم گیری در مورد زمان‌های رهاسازی و تلقیح عوامل کنترل بیولوژیک بسیار کابردی باشند و جدول زیستی یکی از مهم‌ترین ابزار تحلیل کمیت و تخمین جمعیت حشرات می‌باشد(Eliopoulos and Stathas, 2008).

با توجه به اینکه در زمینه تاثیر رژیم‌های غذایی لارو شب‌پره‌هندی به عنوان یکی از میزبان‌های مناسب زنبور پارازیتوئید *H. hebetor*روی ویژگی‌های زیستی و جدول زندگی این زنبور تحقیق زیادی انجام نشده است، لذا در این تحقیق تاثیر پنج

رژیم غذایی طبیعی پسته، گردو، بادام، انجیر، خرما و نیز رژیم غذایی مصنوعی مورد تغذیه شب پره هندی *P. interpunctella* روی دوره رشد، عمر، باروری و فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی زنبور*H. hebetor* مورد بررسی قرار گرفت. هدف تحقیق حاضر یافتن مناسب‌ترین رژیم غذایی میزبان برای پرورش انبوه و کارآمد این زنبور به عنوان یک عامل کنترل بیولوژیک موثر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش شب‌پره‌هندی

برای تهیه کلنی شب‌پره‌هندی، جمعیت اولیه این آفت از آزمایشگاه پرورش آفات انباری دانشگاه ارومیه تهیه شد. پرورش شب‌پره داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد 32 × 22×10 سانتی‌متر صورت گرفت. برای تهویه، دریچه‌ای به ابعاد 15× 25 سانتی‌متر روی در ظروف پلاستیکی ایجاد و با پارچه توری پوشانده شد. پرورش در اتاق رشد با دمای 2 ± 26 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دوره نوری 16 ساعت روشنایی و 8 ساعت تاریکی انجام شد(Ebadollahi and Mahdavi, 2019). شب‌پره‌هندی روی مغز پسته، مغز گردو، مغز بادام، خرما، انجیر و رژیم غذایی مصنوعی پرورش داده شد. غذای مصنوعی شامل: مخمر 60 گرم، گلیسرول 200 میلی لیتر، عسل مایع 200 میلی لیتر و سبوس گندم 800 گرم بود.

پرورش زنبور پارازیتوئید

زنبورهای مورد استفاده در این آزمایش، از انسکتاریوم مدیریت حفظ نباتات استان آذربایجان غربی تهیه گردید. این زنبورها روی لاروهای سن پنجم کاملا رشد یافته شب‌پره‌هندی در پتری‌دیش‌هایی با قطر 10 سانتی‌متر نگهداری شدند. به منظور تهویه یک سوراخ به قطر 4 سانتی‌متر روی در پتری‌دیش ایجاد شده و به وسیله پارچه توری ریز پوشانده شد. ابتدا در هر پتری‌دیش تعداد 10 عدد لارو سن آخر(پنجم) شب‌پره‌هندی قرار داده شد و سپس 5 جفت زنبور نر و ماده به آنها اضافه گردید. برای تغذیه زنبورها چند قطره عسل خالص در سطح داخلی درب پتری‌دیش مالیده شد. پس از گذشت 24 ساعت و تخم‌گذاری زنبور بر روی لاروها، زنبورها به وسیله آسپیراتور از پتری خارج و به یک پتری جدید با همان شرایط منتقل شدند. لاروهای حامل تخم‌های زنبور در دمای2 ± 26 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دوره نوری 16 ساعت روشنایی و 8 ساعت تاریکی تا ظهور حشرات کامل نگهداری شدند.

روش انجام آزمایش‌ها

برای تعیین ویژگی‌های زیستی و جدول زندگی زنبور پارازیتوئید، لاروهای سن پنجم شب‌پره‌هندی که روی غذاهای مختلف پرورش یافته بودند به‌طور جداگانه در پتری‌دیش‌هایی با قطر 10 سانتی‌متر قرار داده شدند و یک جفت زنبور نر و ماده روی آنها رهاسازی شد و به مدت 24 ساعت در انکوباتور با شرایط دمای2 ± 26 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دوره نوری 16 ساعت روشنایی و 8 ساعت تاریکی نگهداری شد. پس از آن تخم‌های گذاشته شده روی بدن لارو به جز یکی با استفاده از سوزن و زیر استریومیکروسکوپ حذف شدند. این آزمایش برای هر جیره غذایی با 50 تخم به‌طور جداگانه انجام شد. طول مراحل مختلف زیستی (دوره جنینی، دوره لاروی و دوره شفیرگی، کل مراحل نابالغ، عمر نر وماده بالغ) و مرگ و میرها ثبت شد. همچنین تعداد نر و ماده‌ها شمارش و نسبت جنسی محاسبه گردید. فراسنجه‌های جدول زندگی به‌صورت زیر محاسبه شد:

حشرات کامل(نر و ماده) خارج شده زنبورکه از لاروهای تغذیه کرده از هر جیره غذایی خارج شده بودند به تعداد 30 جفت به‌صورت انفرادی جهت جفت‌گیری داخل پتری‌دیش‌ها قرار داده شدند و در صورت کم بودن حشرات کامل از کلنی زنبورهای پرورش یافته از همان رژیم غذایی استفاده شد. نر و ماده های تازه خارج شده، در پتری‌دیش‌های جداگانه قرار داده شدند تا جفت‌گیری نمایند و هر ماده در طول عمر خود فقط با یک نر جفتگیری کرد. تخم‌های گذاشته شده هر ماده در روز، تعداد لاروها، شفیره‌ها و حشرات کامل خارج شده زنبور و همچنین نسبت حنسی آنها برآورد شد. مرگ احتمالی حشرات کامل تیمار شده به صورت روزانه ثبت شد. این شمارش تا زمان مرگ آخرین حشره کامل ادامه داشت. تولید مثل روزانه، تعداد کل تخم‌ها به ازای هر فرد ماده و فراسنجه‌های نرخ خالص تولید مثل(R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت(λ) و مدت زمان یک نسل(T) محاسبه شدند. و دوره تخم‌ریزی، میزان باروری و طول عمر (S_x، L_xm_x و e_x) آن‌ها ثبت گردید. فراسنجه‌های جدول زندگی طبق فرمول‌های مربوطه محاسبه شد (Chi, 1988).

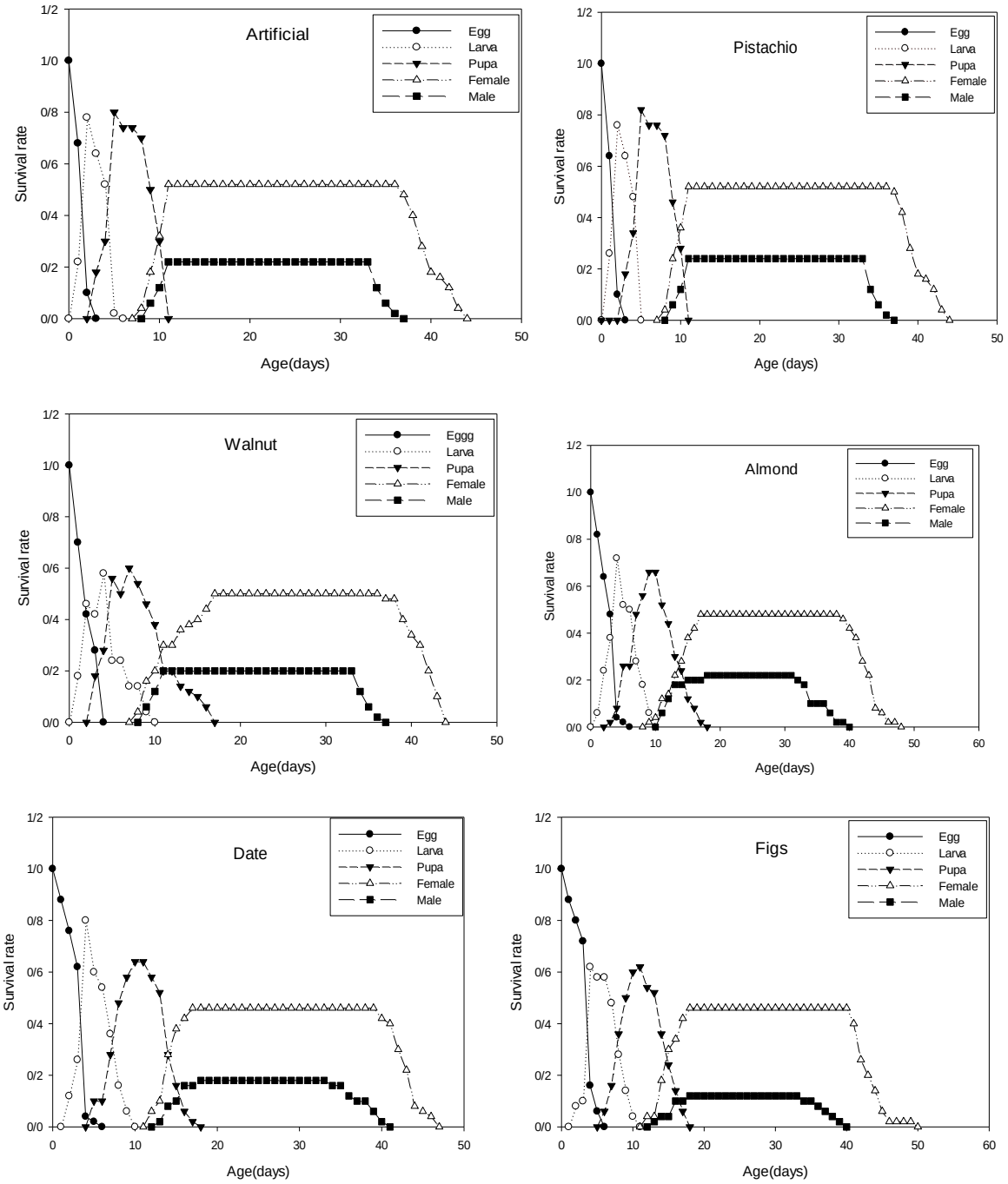
تجزیه و تحلیل داده‌ها

برآورد پارمترهای زیستی و جدول زندگی با استفاده از تئوری جدول زندگی دوجنسی ویژه‌ی سن- مرحله‌ی زیستی محاسبه شدند (Chi and Liu, 1985). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (TWOSEX-MSChart, Ver.2019) انجام شد (Chi, 2019). همچنین خطای استاندارد و میانگین پارمترها با استفاده از 100000 بار بوت‌استرپ (Bootstrapping) محاسبه شد. میانگین‌های حاصل از بوت‌استرپ به روش جفتی (Paired Bootstrap Comparison) توسط نرم افزار، مقایسه و گروه‌بندی شدند. نمودارها با استفاده از نرم افزار سیگماپلات (Sigma Plot, Ver, 12.0) ترسیم شدند.

نتایج و بحث

نرخ زنده مانی ویژه‌ی سن-مرحله‌ی زیستی(S_{xj}) زنبور *H. hebetor* تحت تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره هندی

منحنی‌های مربوط به نرخ زنده مانی ویژه‌ی سن-مرحله‌ی زیستی زنبور *H. hebetor* تحت تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره‌هندی در شکل 1 آورده شده است. این فراسنجه علاوه بر توصیف نرخ زنده مانی ، روند تغییرات نرخ رشد و نمو در میان افراد مختلف را نشان می‌دهد و ما را قادر می‌سازد تا بتوانیم مراحل رشدی را در مدت نشو ونما انطباق دهیم.
نمودارS_{xj} علاوه بر نرخ زنده مانی مراحل مختلف رشدی، مدت زمانی‌که زنبور در هر مرحله زیستی سپری کرده است را نیز به ما نشان می‌دهد. به طور کلی این منحنی‌ها احتمال رسیدن یک فرد تازه متولد شده به هر سن و مرحله‌ی زیستی و میزان زنده مانی به صورت تفکیک مراحل مختلف زیستی را نشان می‌دهد. حشرات کامل در جیره غذایی پسته نسبت به بقیه تیمارها زودتر ظاهر شدند. طول دوره لاروی و تخم در جیره غذایی انجیر نسبت به بقیه بیشتر شده است که این عامل باعث طولانی‌تر شدن سیکل زندگی و کاهش تعداد نسل می‌شود.



شکل 1. نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن-مرحله‌ی زیستی(S_{xj}) زنبور *Habrobracon hebetor* روی لارو *Plodia interpunctella* پرورش‌یافته روی رژیم‌های غذایی پسته، گردو، بادام، خرما، انجیر و غذایی مصنوعی

Fig. 1. Age- stage survival rate (S_{xj}) of *Habrobracon hebetor* on larvae of *Plodia interpunctella* reared on pistachio, walnut, almond, date, figs and artificial diets.

تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره‌هندی روی مراحل پیش از بلوغ زنبور *H. hebetor*

نتایج حاصل از بررسی طول دوره رشد مراحل پیش از بلوغ زنبور *H. hebetor* پرورش‌یافته روی لارو شب‌پره‌هندی *P. interpunctella* با رژیم‌های غذایی مختلف میزبان در جدول 1 نشان داده شده است. نتایج حاصل از تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره‌هندی روی مرحله تخم زنبور *H. hebetor* نشان داد که اثر رژیم‌های غذایی میزبان ($P < 0/001$؛ 266

(F= 17/39 ؛df = 5، روی مرحله تخم معنی‌دار بود. کوتاه‌ترین دوره مربوط به رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی و بلندترین دوره مربوط به رژیم غذایی انجیر بود (جدول1). همچنین اثر رژیم‌های غذایی میزبان روی مرحله لارو از نظر آماری معنی‌دار بود(P < 0/001؛ df = 5، 230 ؛F = 17/47). کوتاه‌ترین دوره مربوط به رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی بود و بلندترین دوره در رژیم غذایی انجیر مشاهده شد (جدول1). اثر رژیم‌های غذایی میزبان روی مرحله شفیرگی نیز از نظر آماری معنی‌دار بود (P < 0/001؛ df = 5، 206 ؛F = 31/46). نتایج مقایسه میانگین تیمارها مشابه مراحل تخم و لارو بود (جدول1). در مورد اثر رژیم‌های غذایی میزبان روی مرحله پیش از بلوغ نیز از نظر آماری-معنی دار بود (P < 0/001؛ df = 5، 206 ؛F = 25/84). کوتاه‌ترین دوره مربوط به رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی و بلندترین دوره مربوط به رژیم غذایی انجیر بود (جدول1). الیوپولوس و استاتاس (Eliopoulos and Stathas, 2008) ضمن تحقیقی طول دوره تخم تا بالغ زنبور *H. hebetor* پرورش یافته روی لارو شب پره هندی را 13/16 روز برآورد کردند. که تقریبا با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. مسلم و همکاران (Muslim *et al.*, 2017) نیز با انجام آزمایش هایی طول دوره های تخم، لارو، شفیره و پیش از بلوغ زنبورهای *H. hebetor* پرورش یافته روی لارو شب پره هندی را به ترتیب 1/47، 3/74، 6/87 و 12/07 روز بیان کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (Muslim *et al.*, 2017). فراق و همکاران (Farag *et al.*, 2012) طول دوره رشد پیش از بلوغ زنبور ماده پارازیتوئید *H. hebetor* را در نسل اول روی بید آرد و در دمای 27 درجه سلسیوس 8/73 روز گزارش کردند. تفاوت در نتایج می‌تواند ناشی از نوع میزبان و رژیم‌های غذایی میزبان باشد.

جدول1. دوره رشد(روز) مراحل نابالغ زنبور*Habrobracon hebetor* روی لارو *Plodia interpunctella* پرورش‌یافته روی رژیم‌های غذایی پسته، گردو، بادام، خرما، انجیر و غذایی مصنوعی

Table 1. Development time (days) of immature stages of *Habrobracon hebetor* on larvae of *Plodia interpunctella* reared on pistachio, walnut, almond, date, figs and artificial diets.

Diet	Egg	Larvae	Pupa	Total pre-adult
Pistachio	1.82 ± 0.09^{d}(45)	2.51 ± 0.08^{d}(41)	5.61 ± 0.11^{d}(38)	9.92 ± 0.16^{e}(38)
Artificial diet	1.87 ± 0.09^{d}(45)	2.56 ± 0.09^{d}(41)	5.65 ± 0.10^{d}(37)	10.03 ± 0.16^{e}(37)
Walnut	2.54 ± 0.17^{c} (44)	2.95 ± 0.20^{cd}(40)	6.03 ± 0.13^{c}(35)	11.34 ± 0.46^{d}(35)
Almond	3.27 ± 0.17^{b}(44)	3.58 ± 0.17^{bc}(40)	6.57 ± 0.14^{bc}(35)	13.37 ± 0.38^{c}(35)
Date	3.64 ± 0.13^{a}(44)	3.81 ± 0.16^{ab}(36)	6.81 ± 0.13^{ab}(32)	14.53 ± 0.26^{b}(32)
Fig	3.98 ± 0.14^{a}(44)	4.16 ± 0.17^{a}(32)	7.07 ± 0.16^{a}(29)	15.21 ± 0.31^{a}(29)

Means followed same letter in column are not significantly different (P<0.05) The numbers in parentheses indicate the number of repetitions.

میانگین های دارای حروف لاتین مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد می باشد اعداد داخل پرانتز نشان دهنده تعداد تکرار است.

تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره‌هندی روی مرحله بالغ زنبور *H. hebetor*

نتایج حاصل از بررسی طول دوره باروری و طول عمر مراحل بالغ زنبور *H. hebetor* پرورش یافته روی لارو شب-پره‌هندی *P. interpunctella* با رژیم‌های غذایی مختلف میزبان در جدول 2 نشان داده شده است. طول دوره پیش از تخم-ریزی زنبور پارازیتوئید تحت تأثیر نوع رژیم غذایی میزبان اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P < 0/142؛ df = 5، 147 ؛F = 0/14) (جدول2). همچنین طول دوره تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* نیز تحت تأثیر هیچ کدام از رژیم‌های مختلف غذایی میزبان (P < 0/148؛ df = 5، 147 ؛F = 1/59) قرار نگرفت. (جدول2). ولی اثر رژیم‌های غذایی میزبان (P < 0/001؛ df = 5، 147 ؛F = 6/52) روی طول دوره پس از تخم‌ریزی معنی‌دار بود. کوتاه‌ترین دوره مربوط به رژیم های غذایی انجیر و بلندترین دوره مربوط به پسته و رژیم غذایی مصنوعی بود (جدول2).

در تحقیقی مشابه مهدی نسب و همکاران (Mehdi Nasab *et al.*, 2014) تاثیر رژیم های غذایی مختلف بید آرد بر خصوصیات زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی زنبور *H. hebetor* را در سه نسل بررسی کردند و دوره پیش از تخم‌ریزی زنبور را 0 تا 0/4 ، دوره تخم‌ریزی را 25/84 تا 30/5 و دوره پس از تخمریزی را 0/69 تا 4/48 روز بسته به نسل و رژیم غذایی اعلام کردند که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت نسبی دارد و تفاوت‌ها نیز می‌تواند ناشی از گونه میزبان، نوع غذا و شرایط آزمایشگاهی باشد.

نتایج حاصل از بررسی طول عمر نر و ماده زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* در جدول 2 نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رژیم‌های غذایی میزبان ($P < 0/001$؛ $df = 5، 59$؛ $F = 39/85$) روی طول عمر زنبور نر اثر معنی‌داری داشت. همچنین طول عمرحشرات ماده زنبور پارازیتوئید نیز بطور معنی‌داری تحت تاثیر رژیم‌های غذایی میزبان ($P < 0/001$؛ $df = 5، 147$؛ $F = 9/49$) بود(جدول2).

امیرمعافی و چی (Amir-Maaffi and Chi, 2006) گزارش دادند که روی میزبان‌های *Ephestia kuehniella* (Zeller)و *Galleria mellonella L.*، بالغین ماده به ترتیب 17/25 و 17/42 روز و بالغین نر به ترتیب 13/71 و 19/40 روز عمر کردند تفاوت عمر بالغین با نتایج حاضر می‌تواند ناشی از نوع میزبان و رژیم های غذایی میزبان باشد. فعال محمدعلی و شیشه‌بر (Faal-Mohammad-Ali and Shishehbor, 2013) عمر بالغین ماده*H. hebetor* روی بید آرد را بسته به غذای میزبان و نسل‌های مختلف 8/85 تا 24/06 روز و عمر نرهای زنبور را بین 7/00 تا 14/00 روز اعلام کردند. مهدی نسب و همکاران (Mehdi Nasab *et al.*, 2014) عمر بالغین ماده *H. hebetor* روی بید آرد را بسته به غذای میزبان 28/96 تا 39/6 روز و عمر نرهای زنبور را بین 24/43 تا 34/01 روز اعلام کردند که به نتایج تحقیق حاضر نزدیک است. اختلاف-های موجود می‌تواند ناشی از نوع میزبان و جمعیت‌های زنبور پارازیتوئید باشد.

جدول2. دوره رشد(روز) مراحل بالغ زنبور *Habrobracon hebetor* روی لارو *Plodia interpunctella* پرورش‌یافته روی رژیم‌های غذایی پسته، گردو، بادام، خرما، انجیر و غذایی مصنوعی

Table 2. Longevity (days) of adult stages of *Habrobracon hebetor* on larvae of *Plodia interpunctella* reared on pistachio, walnut, almond, date, figs and artificial diets.

Diet	Pre-Oviposition	Oviposition	Post- Oviposition	Female Longevity	Male Longevity
Pistachio	$0.75\pm0.09^{a}(26)$	$22.27\pm 0.23^{a}(26)$	$7.48\pm 0.21^{a}(26)$	$30.50\pm0.37^{a}(26)$	$24.57\pm0.47^{a}(12)$
Artificial diet	$0.65\pm0.09^{a}(26)$	$22.35\pm 0.21^{a}(26)$	$7.23\pm 0.19^{a}(26)$	$30.23\pm 0.42^{a}(26)$	24.71 ± 0.36^{a} (11)
Walnut	$0.72\pm0.09^{a}(25)$	$22.24\pm0.19^{a}(25)$	$6.79\pm 0.32^{b}(25)$	$29.76\pm0.49^{ab}(25)$	$24.89\pm0.44^{a}(10)$
Almond	$0.67\pm0.10^{a}(24)$	$22.12\pm0.22^{a}(24)$	$6.62\pm 0.24^{b}(24)$	$29.42\pm0.47^{ab}(24)$	$22.70\pm0.16^{b}(11)$
Date	$0.70\pm0.10^{a}(23)$	$21.78\pm0.32^{a}(23)$	$6.51\pm0.33^{b}(23)$	$29.00\pm0.44^{bc}(23)$	$22.88\pm0.32^{b}(9)$
Fig	$0.65\pm0.10^{a}(23)$	$21.74\pm0.28^{a}(23)$	$5.95\pm 0.32^{c}(23)$	$28.35\pm0.34^{c}(23)$	$21.82\pm0.32^{c}(6)$

Means followed same letter in column are not significantly different (P<0.05) The numbers in parentheses indicate the number of repetitions.

میانگین های دارای حروف لاتین مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد می باشد اعداد داخل پرانتز نشان دهنده تعداد تکرار است.

تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره‌هندی روی باروری و نسبت جنسی زنبور *H. hebetor*

نتایج حاصل از بررسی طول دوره قبل از تخم‌ریزی و تعداد تخم گذاشته شده در روز، میزان باروری و نسبت جنسی زنبور *H. hebetor* پرورش یافته روی لارو شب پره هندی *P. interpunctella* با رژیم‌های غذایی مختلف میزبان در جدول3 نشان داده شده است. اثر رژیم‌های غذایی میزبان ($P < 0/001$؛ $df = 5، 147$؛ $F= 74/81$) روی طول دوره قبل از تخم‌ریزی از زمان تخم گذاشته شده (*TPOP*) از نظر آماری معنی دار بود. کوتاه‌ترین دوره مربوط به رژیم‌های غذایی پسته و

رژیم غذایی مصنوعی و بلندترین دوره مربوط به رژیم غذایی انجیر بود (جدول3). امیرمعافی و چی (Amir-Maaffi and Chi, 2006) با بررسی فراسنجه‌های زیستی زنبور *H. hebetor* روی میزبان‌های *E. kuehniella* و *G. mellonella*، طول دوره کل قبل از تخم‌ریزی از زمان تخم گذاشته شده (*TPOP*) این زنبور را به ترتیب 12/22 و 13 روز اعلام کردند در تحقیق حاضر نیز مقدار آن بین 10/50 تا 15/78 در رژیم‌های غذایی مختلف، متفاوت بود.

همچنین تعداد تخم گذاشته شده توسط هر زنبور ماده پارازیتوئید نیز بطور معنی‌داری تحت تاثیر رژیم‌های غذایی میزبان ($P < 0/001$؛ $df = 5، 147$؛ $F= 8/40$) بود(جدول3). بیش‌ترین تخم در روز مربوط به رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی و کم‌ترین آن مربوط به رژیم غذایی انجیر بود (جدول3). میزان باروری زنبور نیز بطور معنی داری تحت تاثیر رژیم‌های غذایی میزبان ($P < 0/001$؛ $df = 5، 147$؛ $F=123/53$) بود(جدول3). بیش‌ترین تخم در رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی و کمترین تخم در رژیم غذایی انجیر مشاهده شد (جدول3). فراق و همکاران (Farag *et al.*, 2015) با بررسی جدول زندگی زنبور *H. hebetor* روی میزبانهای *G. mellonella*، *E. kuehniella* و *Corcyra cephalonica* (Stainton) میزان باروری زنبور را به ترتیب 395/11، 93/5 و 56/0 و تعداد تخم‌های گذاشته شده روزانه توسط زنبور را به ترتیب 19/31، 6/9 و 5/8 تخم اعلام کردند که تاثیر گونه در هر دو فراسنجه معنی‌دار بود. در تحقیق حاضر نیز میزان باروری از 306/09 تا 348/15 و مقدار تخم گذاشته شده روزانه بین 14/08 و 15/63به ترتیب در انجیر و پسته بود که بیانگر تاثیر رژیم غذایی میزبان روی میزان تخم گذاری زنبور پارازیتوئید می‌باشد.

اثر رژیم‌های غذایی میزبان ($P < 0/001$؛ $df = 5، 139$؛ $F= 7/29$) روی نسبت جنسی زنبور *H. hebetor* نیز از نظر آماری معنی‌دار بود. بیش‌ترین نسبت جنسی در رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی و گردو مشاهده شد (جدول3).

الیوپولوس و استاتاس (Eliopoulos and Stathas, 2008) ضمن تحقیقی نسبت جنسی زنبور *H. hebetor* پرورش یافته روی لارو شب پره هندی را 0/49 برآورد کردند. در تحقیق حاضر نسبت جنسی بین 0/46 تا 0/52 در تیمارهای مختلف متفاوت بود. محمدعلی فعال و شیشه‌بر (Faal-Mohammad-Ali and Shishehbor, 2013) نیز نسبت جنسی زنبور *H. hebetor* پرورش یافته روی لارو بید آرد را بین 0/37 تا 0/58 اعلام کردند. اختلاف‌های موجود می‌تواند ناشی از نوع میزبان و جمعیت‌های زنبور پارازیتوئید باشد.

جدول3. تاثیر رژیم‌های غذایی پسته، گردو، بادام، خرما، انجیر و غذایی مصنوعی *Plodia interpunctella* روی فراسنجه‌های تولید مثلی و نسبت جنسی زنبور *Habrobracon hebetor*

Table 3: Effects of pistachio, walnut, almond, date, figs and artificial diets of *Plodia interpunctella* on reproductive parameters and sex ratio percent of *Habrobracon hebetor*.

Diet	TPOP (days)	Eggs/ days	Fecundity	Sex ratio
Pistachio	10.50 ± 0.20^{d}(26)	15.63 ± 0.33^{a}(26)	348.15 ± 3.90^{a}(26)	0.52 ± 0.07^{a}(50)
Artificial diet	10.62 ± 0.21^{d}(26)	15.41 ± 0.33^{a}(26)	344.46 ± 3.87^{a}(26)	0.52 ± 0.07^{a}(50)
Walnut	12.56 ± 0.62^{c}(25)	14.94 ± 0.32^{ab}(25)	332.32 ± 4.51^{ab}(25)	0.50 ± 0.08^{a}(50)
Almond	14.29 ± 0.48^{b}(24)	14.41 ± 0.29^{bc}(24)	318.75 ± 4.67^{bc}(24)	0.48 ± 0.08^{ab}(50)
Date	15.00 ± 0.32^{ab}(23)	14.32 ± 0.28^{bc}(23)	311.91 ± 4.90^{bc}(23)	0.46 ± 0.07^{b}(50)
Fig	15.78 ± 0.35^{a}(23)	14.08 ± 0.30^{c}(23)	306.09 ± 4.77^{c}(23)	0.46 ± 0.06^{b}(50)

Means followed same letter in column are not significantly different (P<0.05) The numbers in parentheses indicate the number of repetitions.

میانگین های دارای حروف لاتین مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد می باشد اعداد داخل پرانتز نشان دهنده تعداد تکرار است.

تاثیر رژیم‌های غذایی مختلف شب‌پره‌هندی روی فراسنجه‌های جدول زیستی زنبور *H. hebetor*

نتایج حاصل از بررسی نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش طبیعی(r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، متوسط طول مدت یک نسل(T) و نرخ ناخالص تولیدمثل(GRR) زنبور پارازیتوئید *H.hebetor* پرورش یافته روی لارو شب‌پره‌هندی *P. interpunctella* با رژیم‌های غذایی مختلف میزبان در جدول4 نشان داده شده است. بیشترین نرخ خالص تولید مثل(R_0) و نرخ ذاتی افزایش طبیعی(r_m) زنبور پارازیتوئید در رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی مشاهده شد و پس از آنها رژیم‌های غذایی گردو، بادام، خرما و انجیر در ردیف‌های بعدی قرار داشتند. در مورد نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نیز رژیم‌های غذایی پسته، رژیم غذایی مصنوعی و گردو در یک گروه قرار گرفتند ولی رژیم‌های غذایی بادام، خرما و انجیر مقادیر کمتری داشتند. اثر رژیم‌های غذایی میزبان روی متوسط طول مدت یک نسل(T) زنبور پارازیتوئید از نظر آماری معنی‌دار بود. کوتاه‌ترین دوره مربوط به رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی و بلندترین دوره مربوط به رژیم غذایی خرما و انجیر بود (جدول4). نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) زنبور پارازیتوئید نیز بطور معنی‌داری تحت تاثیر رژیم های غذایی میزبان بود و بیشترین مقدار در رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی و کمترین آن در رژیم غذایی خرما و انجیر مشاهده شد (جدول4).

جدول4. فراسنجه‌های جدول زیستی زنبور *Habrobracon hebetor* روی لارو *Plodia interpunctella* پرورش‌یافته روی رژیم های غذایی پسته، گردو، بادام، خرما، انجیر و غذایی مصنوعی

Table 4: Life table parameters of *Habrobracon hebetor* on larvae of *Plodia interpunctella* reared on pistachio, walnut, almond, date, figs and artificial diets.

Diets	Sample size	R_0 (offspring/individual)	r_m (day^{-1})	λ (day^{-1})	T (day)	GRR (offspring/individual)
Pistachio	50	181.04±4.69a	0.332±0.01^{a}	1.39±0.02^{a}	15.61±0.24^{b}	201.36±25.78^{a}
Artificial diet	50	179.12±24.38^{a}	0.327±0.01^{a}	1.39±0.02^{a}	15.84±0.26^{b}	199.36±25.41^{a}
Walnut	50	166.16±23.61^{ab}	0.301±0.01^{b}	1.35±0.02^{a}	16.96±0.58^{b}	191.48±24.71^{ab}
Almond	50	153.00±22.58^{b}	0.253±0.01^{c}	1.29±0.01^{ab}	19.84±0.62^{ab}	177.30±23.78^{bc}
Date	50	143.48±21.99^{c}	0.234±0.01^{c}	1.26±0.01^{ab}	21.23±0.36^{a}	165.78±23.43^{c}
Fig	50	140.80±21.68^{c}	0.224±0.01^{c}	1.05±0.01^{b}	22.05±0.43^{a}	162.15±23.05^{c}

Means followed same letter in column are not significantly different (P<0.05)

میانگین های دارای حروف لاتین مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد می باشد

الیوپولوس و استاتاس (Eliopoulos and Stathas, 2008) نیز مقدار نرخ ذاتی رشد زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* را در تراکم‌های مختلف لارو بید آرد بین 0/121 تا 0/191 گزارش کردند. همچنین آنها مقدار R_0 را بین 11/59 تا 88/81 بدست آوردند. مقادیرr_m و R_0 زنبور پارازیتوئید در تحقیق مهدی نسب و همکاران (Mehdi Nasab *et al.*, 2014) به ترتیب ما بین 0/163 تا 0/281 و 40/46 تا 291/11بودند. همچنین نیکام و پاوار (Nikam and Pawar, 1993) مقدار rm زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* روی میزبان *C. cephalonica* پرورش یافته روی رژیم‌های غذایی مختلف را بین 0/27 تا 0/210 بدست آوردند .مقادیر بیشتر r_m وR_0 برای این زنبور پارازیتوئید در تحقیق حاضر بیانگر تلفات پایین‌تر مرحله پیش از بلوغ، طول عمر بیشتر بالغین و باروری بیشتر زنبور*H. hebetor* می‌باشد.

مهدی نسب و همکاران (Mehdi Nasab *et al.*, 2014) ، تاثیر رژیم های غذایی مختلف بید آرد بر خصوصیات زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی زنبور *H. hebetor* را در سه نسل بررسی کردند و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)را بین 1/24 تا 1/33، متوسط طول مدت یک نسل(T) زنبور پارازیتوئید را 19/68تا 22/56 و نرخ ناخالص رشد(GRR) را بین 96/04 تا 590/69 بسته به نسل و رژیم غذایی اعلام کردند.

سینگ وهمکاران (Singh *et al.*, 2006) اثر رژیم های غذایی لاروهای میزبان *Corcyra cephalonica* (Stainton) را روی فراسنجه‌های جدول زندگی *H. hebetor* بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که رژیم غذایی لارو میزبان تأثیر معنی‌داری روی مراحل رشد و تولید مثل زنبور*H.hebetor* دارد. رادهیکا و چیترا (Radhika and Chitra, 1997) فراسنجه‌های رشد جمعیت زنبور پارازینوئید *H. hebetor* را در حالتی که لاروهای میزبان آن *C. cephalonica* روی رژیم‌های مختلف غذایی پرورش‌یافته بودند مورد بررسی قرار دادند. مطالعه آنها نیز نشان داد که رژیم غذایی لارو میزبان تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه-های جدول زندگی *H.hebetor* دارد. نتایج تحقیق حاضر نیز بیانگر تاثیر معنی‌دار رژیم‌های غذایی میزبان روی فراسنجه‌های زیستی زنبور پارازینوئید *H. hebetor* می‌باشد.

در یک مطالعه دیگر فعال محمدعلی و شیشه‌بر(Faal-Mohammad-Ali and Shishehbor, 2013). اثر رژیم‌های غذایی مختلف لارو بیدآرد *E. kuehniella* را روی خصوصیات زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی *H. hebetor* بررسی کردند. آن‌ها زنبورهای مذکور را برای دو نسل روی لاروهای تغذیه شده با رژیم‌های فوق پرورش دادند و بهترین رژیم غذایی برای رشد لارو بید آرد جهت پرورش زنبور پارازیتوئید*H. hebetor* رژیم غذایی برنج بود. سئونگ–هون و همکاران (Seung-Hun *et al.*, 1999)مقادیر r_m وR_0 و T زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* روی لارو شب‌پره‌هندی پرورش‌یافته با سبزیجات خشک در دمای 28 درجه سلسیوس را به ترتیب 0/291، 136/21 و 19/26 اعلام کردند. اسلامپور و آرمیده (Eslampour and Aramideh, 1999) اثر رژیم‌های غذایی آرد گندم به تنهایی و همراه با جوانه گندم و گلیسرول لارو بیدآرد *E. kuehniella* را روی خصوصیات زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی *H. hebetor* بررسی کردند. نتایج نشان داد گلیسرول به عنوان قسمتی از ژیم غذایی مصنوعی موثرتر از جوانه گندم در افزایش فراسنجه‌های تولید مثلی این زنبور نقش دارد.

در تحقیق حاضر نیز تاثیر پنج رژیم غذایی طبیعی پسته، گردو، بادام، انجیر و خرما و نیز رژیم غذایی مصنوعی مورد تغذیه لاروهای شب‌پره‌هندی *P. interpunctella* بر خصوصیات زیستی و تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که کوتاه‌ترین طول دوره رشد پیش از بلوغ، بیشترین طول عمر زنبورهای بالغ و بیشترین میزان تخم‌ریزی روزانه و کل زنبور روی لاروهای تغذیه شده با پسته و رژیم غذایی مصنوعی است. همچنین کوتاه-ترین طول دوره قبل از تخم‌ریزی از زمان تخم گذاشته شده ($TPOP$) و طول مدت یک نسل(T) مربوط به لاروهای تغذیه شده با پسته و رژیم غذایی مصنوعی است. نیز بالاترین میزان نرخ خالص رشد(R_0)، نرخ ذاتی افزایش طبیعی(r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و نرخ ناخالص رشد(GRR) زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* پرورش یافته روی لارو شب‌پره‌هندی *P. interpunctella* با رژیم‌های غذایی پسته و رژیم غذایی مصنوعی است. بنابراین این دو رژیم غذایی به عنوان مطلوب‌ترین رژیم‌های غذایی لاروهای میزبان برای پرورش انبوه زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* می‌باشند. ولی با توجه به اینکه رژیم غذایی مصنوعی در مقایسه با سایر رژیم‌های غذایی بررسی شده (پسته، گردو، بادام، انجیر و خرما) از نظر اقتصادی ارزان و مقرون به صرفه می باشد لذا رژیم غذایی مصنوعی برای پرورش انبوه این زنبور پارازیتوئید پس از بررسی در چند نسل می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد در قالب رساله دکتری انجام شده است که بدینوسیله از مسئولین محترم دانشگاه تشکر و قدردانی می‌گردد.

Referance

Meka, W. and Abebe, D. D. 2021. Environmental Impact of Pesticide and its Adverse Effect on Human Health: A

Narrative Review. EC Pharmacology and Toxicology, 9(11): 45-54.

Akinkurolere, R. O., Boyer, S., Chen, H. and Zhang, H. 2009. Parasitism and Host- Location Preference in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae): Role of Refuge, Choice, and Host Instar. Journal of Economic Entomology, 102: 610-615.

Amir-Maaffi, M.A. and Chi, H. 2006. Demography of *Habrobracon hebetor* (Hym: Braconidae) on two pyralid hosts (Lepidoptera: Pyralidae). Annals of the Entomological Society of America, 99: 84-99.

Andrade, G.S., Pratissoli, D., Dalvi, L.P., Desneux, N., Gonçalves, H.J. 2011. Performance of four *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as biocontrol agents of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) under various temperature regimes. Journal of Pest Science, 84:313–320.

Barratt, B.I.P., Moran, V.C., Bigler, F. and Van Lenteren, J.C. 2018. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. BioControl, 63: 155–167.

Belda, C. and Riudavets, J. 2013. Natural enemies associated with lepidopteran pests in food and feed processing companies. Journal of Stored Product Research, 53: 54-60.

Chen, H., Zhang, H., Zhu, K. Y. and James, C. 2013. Performance of diapausing parasitoid wasps, *Habrobracon hebetor*, after cold storage. Biological Control, 64: 186–194.

Chi, H. 1988. Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology, 17: 26-34.

Chi, H. 2019. TWOSEX-MSChart: a computer program for age-stage, two-sex life table analysis. Taichung, Taiwan: National Chung Hsing University; Available from http://140.120.197.173/ Ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar

Chi, H. and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Acadmica Sinica, 24(2): 225-240.

Darwish, E., El-Shazly, M. and El-Sherif, H. 2003. The choice of probing sites by *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) foraging for *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Product Research, 39: 265-276.

Dent, D.R. 1997. Quantifiying insect population: Estimates and parameters. In Dent, D.R. and Walton M.P. (Eds.). Methods in Ecological and Agricultural Entomology. CAB International, pp. 57-99.

Ebadollahi, A. and Mahdavi, V. 2019. Insecticidal effects of Moldavian dragonhead, *Dracocephalum moldavica*, essential oil on the parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* and its hosts *Anagasta kuehniella* and *Plodia interpunctella*. Plant Pest Research, 9 (2): 49 - 61.

Eliopoulos, P. A. and Stathas, G. J. 2008. Life Tables of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) Parasitizing *Anagasta kuehniella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae): Effect of Host Density. Journal of Economic Entomology, 101(3): 982-988.

Eslampour, L. and Aramideh, Sh. 2016. Adult longevity, fertility and sex ratio of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae): effect of host artificial diets. Journal of Entomology and Zoology Studies, 4(1): 189-192.

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

Farag, N.A., Ismail, I.A., Elbehery, H.H.A., Abdel-Rahman R.S. and Abdel-Raheem, M.A. 2015. Life table of *Bracon hebetor* say. (Hymenoptera: Braconidae) reared on different hosts. International Journal of ChemTech Research, 8(9): 123-130.

Farag, M.M.A., Sayeda, S.A. and El-Husseini, M.M. 2012. Life history of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Cadra (Ephestia) cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) on dried date fruits. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 22(1): 73-77.

Faal-Mohammad-Ali, H. and Shishehbor, P. 2013. Biological parameters of *Bracon hebetor* (Hym.: Braconidae) parasitizing *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae): effect of host diet. Journal of Crop Protection, 2(4): 411-419.

Ghimire, M.N. and Phillips, T.W. 2010. Suitability of different lepidopteran host species for development of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). Environmental Entomology, 39**:** 449-458.

Gürbüz, M. F. and Aksoylar, M. Y. 2006. Reproduction Capasity and sex Ratio of *Bracon hebetor* (Say) (Hym, Broconidae), Parasitoid on *Galleria mellonella* L. (Lep, Pyralidae). Journal of Entomological Research Society, 8(1): 37-41.

Harvey, J. A., Bezemer, T. M., Elzinga, J. A. and Strand, M. R. 2004. Development of the solitary endoparasitoid *Microplitis demolitor*: host quality does not increase with host age and size. Ecological Entomology, 29: 35–43.

Mehdi Nasab, 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. Journal of Plant Protection, 37 (3)**:** 81-96. [In Persian]

Naseri, B., Fathipour, Y., Moharramipour, S. and Hosseininaveh, V. 2009. Comparative Life History and Fecundity of Helicoverpa armigera (Lepidoptera: Noctuidae) on Different Soybean Varieties. Entomological Society, 12: 147-154.

Jervis, M., Ellers, J. and Harvey, J. 2008. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. Annual Review Entomology, 53: 361–385.

Karasov, W. H., Del Rio, C. M. and Caviedes-Vidal. E. 2011. Ecological physiology of diet and digestive systems. Annual Review Physiology, 73: 69–93.

Karimzadeh, J., Hardie, J. and Wright, D. J. 2013. Plant resistance affects the olfactory response and parasitism success of Cotesia vestalis. Journal Insect Behavior, 26: 35–50.

Mironidis, G. K. and Savopoulou-Soultani, M. 2009. Development, survival and growth rate of the *Hyposoter didymator–Helicoverpa armigera* parasitoid–host system: effect of host instar at parasitism. Biological Control, 49: 58–67.

Muslim, M., Ansari, Sh. and Hasan, F. 2017. Do lepidopteran hosts differentially affect the development and demography of *Bracon hebetor* Say? Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(3): 1020-1027.

Radhika, P. and Chitra, K.C. 1997. Effect of larval nutrition of *Corcyra cephalonica* on the potential of *Bracon hebetor*. Journal of Insect Science, 10(1): 59- 60.

Scholler, M. and Flinn, P. W. 2000. Parasitoids and predators, pp. 229-271. In B. Subramanyam and D. W. Hagstrum [eds.], Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.

Seung-Hun, Y., Mun, R. and Ja, H. N. 1999. Life History of *Bracon hebetor* (Hymenoptera:Braconidae)
on *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) on a Dried Vegetable Commodity. Journal of Asia-Pacific Entomoligy, 2(2): 149-152.

Singh, D., Singh, R.P. and Tripathi, C. P. M. 2006. Effect of host diet on life table statistics of *Bracon hebtor* Say (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Biological Control, 20(2): 165-168.

Tillman, P. G. and Cate, J. R. 1993. Effect of host size on adult size and sex ratio of *Bracon melitor* (Hymenoptera: Braconidae). Environmental Entomology, 22: 1161-1165.

Journal of Entomological Research
Volume 13, Issue 4, pages: 223-235

Islamic Azad University, Arak Branch
ISSN 2008-4668
http://jer.iau-arak.ac.ir

The effect of different diets of Indian meal moth (Hübner) *Plodia interpunctella* on the biological characteristics and life table parameters of *Habrobracon hebetor* Say

M. Heydari[1], A. Hosseinzadeh[2*], A. Ghassemi-Kahrizeh[2], Sh. Aramideh[3]

1. PhD Student of Entomology, Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
2. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Protection, Urmia University, Urmia,

Abstract

The effect of different diets were examined. on the growth period , fecundity and life table parameters of *Habrobracon hebetor* Say against the *Plodia interpunctella* Hübner under laboratory conditions at 26±2 °C, 65±5% R.H. and photoperiod 16:8hours (L:D). Six diets were included pistachio, walnut, almond, date, figs and artificial diet. Results of this research revealed that the shortest period of pre-adult durations of parasitoid wasps on pistachio (9.92 days) and the longest period on figs diet (15.61 days). The highest sex ratio was observed on pistachio and artificial diets (0.52) and the lowest in figs and dates (0.46). The longest adult female longevity was on pistachio diet (30.50 days) and the shortest on fig (28.35days). The highest mean total number of eggs laid by *H. hebetor* was observed in pistachio diets (348.5-eggs) and the lowest in figs (306.09 eggs). The lowest duration of one generation (*T*) was on pistachio diet (15.61days) and the highest duration on figs (22.05days). Pistachio and artificial diet had the highest intrinsic rate of increase (r_m) with 0.332 and 0.327 **(**day^{-1}**)**. Similarly, pistachio and artificial diet had the highest finite rate of increase (λ) with 1.39 **(**day^{-1}**)**. According to the results of the present study, pistachio and artificial diets were identified as the best diet for rearing *H. hebetor*. However, due to the fact that artificial diet is cheaper and more economical compared to other diets studied, so artificial diet can be used for mass-rearing programs of *H. hebetor*.

Key words: *Habrobracon hebetor*, *Plodia interpunctella*, diet, intrinsic rate of increase.

* Corresponding Author, E-mail*: A.hosseinzadeh@iau- mahabad.ac.ir*
Received: 23 Dec. 2021 – Accepted: 25 Feb. 2022