

تأثیر غلظت قند و دفعات تغذیه بر طول عمر و تولید نتاج حشرات کامل زنبور پارازیتوئید (*Habrobracon hebetor*) (Hymenoptera: Braconidae)

محسن یزدانیان^{۱*}، حدیث خباز صابر^۲ و علی افشاری^۱

۱ و ۲ به ترتیب استادیاران و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه گیاه پزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۲۰)

چکیده

زنبور پارازیتوئید (*Habrobracon hebetor*) (Hym.; Braconidae) یک پارازیتوئید خارجی همه‌جازی است که به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل بیولوژیک، علیه بسیاری از بال‌پولک‌داران آفت کاربرد دارد. حشرات کامل این پارازیتوئید به منابع قندی به عنوان منبع انرژی نیاز دارند. در این پژوهش، اثر دو عامل غلظت ترکیب قندی گلوکز- فروکتوز- ساکارز (۰، ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد) به نسبت ۱:۱:۱ و دفعات تغذیه (عدم تغذیه، تغذیه روزانه از آب مقطر، تغذیه از قند فقط در روز اول، و تغذیه از قند روزی یک بار، هر دو روز یک‌بار، هر سه روز یک‌بار و هر چهار روز یک‌بار) مورد آزمون قرار گرفت. در این آزمایش از شب‌پره مدیترانه‌ای آرد به عنوان میزبان آزمایشگاهی استفاده شد. بیشترین طول عمر حشرات نر و ماده در نبود لاروهای شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، با تغذیه از غلظت‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد (به ترتیب با میانگین‌های ۳۱/۸، ۳۵/۹ و ۲۷/۵ روز برای حشرات نر و ۳۹/۵، ۴۳/۳ و ۳۹/۹ روز برای حشرات ماده؛ در هر دو مورد با هم بدون تفاوت معنی‌دار) به دست آمد. در نبود میزبان، تغذیه‌ی قندی روزانه‌ی حشرات نر و ماده به ترتیب با میانگین‌های ۳۱/۶ و ۳۹/۵ روز بیشترین طول عمر را باعث شد. در حضور میزبان نیز بیشترین طول عمر ماده در اثر تغذیه‌ی قندی روزانه دیده شد. حشرات ماده‌ی تغذیه کرده از غلظت‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب با میانگین‌های ۹۳/۴، ۱۰۴/۲ و ۷۷/۸ عدد زنبور کامل / ماده، بالاترین تولید نتاج را دارا بودند. در نهایت، تغذیه‌ی قندی روزانه‌ی حشرات ماده نیز بیشترین تولید نتاج (۹۴/۷ عدد زنبور کامل / ماده، دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها) را به همراه داشت. این نتایج، تأثیر قابل توجه تغذیه‌ی قندی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* را روی طول عمر و تولید مثل آن‌ها نشان داد که به نوبه خود می‌تواند به شناخت بهتر رژیم‌های غذایی مورد استفاده برای پرورش انبوه این پارازیتوئید منجر شود.

واژه‌های کلیدی: *Habrobracon hebetor*، ترکیب قندی، حضور میزبان، طول عمر، تولید نتاج

مقدمه

تغذیه از شهد گل‌ها، عسلک جوربالان و عسل، طول عمر پارازیتوئیدها را افزایش می‌دهد، چرا که این ترکیبات دارای چندین نوع قند می‌باشند که ممکن است طول عمر پارازیتوئیدها را به روش‌های متفاوتی تحت تاثیر قرار دهند (Spafford Jacob and Evans, 2004). بسیاری از افراد کامل زنبورهای پارازیتوئید از غذاهای حاوی کربوهیدرات تغذیه می‌کنند که بر طول عمر حشرات کامل می‌افزایند و ممکن است باروری را نیز افزایش دهند (Jervis *et al.*, 1996). منوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز و دی‌ساکارید ساکارز، قندهای اصلی موجود در شهد گل‌ها هستند. با این که این قندها احتمالاً مهم‌ترین مواد مغذی افزایش‌دهنده‌ی طول عمر می‌باشند، اما این احتمال نیز وجود دارد که ریزمغذی‌هایی مانند ریزمغذی‌های موجود در عسل نیز برای پارازیتوئیدها مفید باشند (Spafford Jacob and Evans, 2004). بال‌غشاییان پارازیتوئید نر و ماده ممکن است طی مرحله‌ی حشره‌ی کامل خود به ترکیبات حاوی کربوهیدرات نیاز داشته باشند (Jervis *et al.*, 1996; Heimpel *et al.*, 1997). زنبورهای پارازیتوئید برای تغذیه بیشتر از غذاهایی مانند شهدهای گلی و برون‌گلی^۱ استفاده می‌کنند (Jervis *et al.*, 1993). بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داده‌اند که دسترسی به شهد گل‌ها یا غذاهای مصنوعی، مانند عسل و محلول‌های ساکارزی، طول عمر و باروری زنبورها را افزایش می‌دهد (Jervis *et al.*, 1996).

طول عمر حشرات کامل در دینامیسم جمعیت پارازیتوئیدها یک ویژگی مهم است به طوری که هر چه طول عمر حشره‌ی نر بیشتر باشد، می‌تواند ماده‌های بیشتری را بارور سازد و طول عمر بیشتر حشره‌ی ماده به معنی گذاشتن تعداد تخم بیشتر است (Jervis *et al.*, 1996). طول عمر یک ویژگی متغیر و ویژه گونه‌ای^۲ است که توسط عوامل زیستی (میزبان، اندازه‌ی بدن، جفتگیری، تغذیه‌ی حشره‌ی کامل و غیره) و غیرزیستی (دما، رطوبت، دوره‌ی نوری) تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Jervis and Copland, 1996).

فراهم ساختن غذاهای مکمل، از طریق کاشت گیاهان گلدار یا اسپری کردن محلول‌های قندی، میزان انگلی کردن حشرات آفت توسط پارازیتوئیدها را افزایش می‌دهد (Jacob and Evans, 1998). همچنین، فراهم ساختن غذاهای حاوی کربوهیدرات (به طور معمول محلول‌های قندی-آبی یا عسلی-آبی) برای پارازیتوئیدها در آزمایشگاه متداول است و انجام این کار می‌تواند قدرت انگلی کردن پارازیتوئیدها را در رهاسازی‌های اشباعی افزایش دهد (Bautista *et al.*, 2001). شهد گل‌ها، عسلک و عسل دارای چندین نوع قند و ترکیبات دیگری هستند که از این میان، احتمالاً تنها یک یا دو جزء سازنده‌ی این مواد غذایی می‌تواند علت افزایش طول عمر پارازیتوئیدها باشد (Spafford Jacob and Evans, 2004). همولف میزبان نیز دارای برخی قندها، به ویژه تری‌هالوز و ساکارز است که برای پارازیتوئیدهای ماده‌ای که از میزبان‌های خود تغذیه می‌کنند، یک منبع کربوهیدرات می‌باشد (Giron *et al.*, 2002). لازم به یادآوری است که واکرز (Wackers, 2001) بیان داشته که اگر چه قندها و سایر ترکیبات کربوهیدراتی فواید زیادی را برای پارازیتوئیدها دارند، اما در این باره انجام مطالعات تکمیلی ضروری به نظر می‌رسد.

زنبور *Habrobracon hebetor* Say یک پارازیتوئید خارجی اجتماعی و همه‌جازی است که به عنوان یک عامل مهم برای کنترل بال‌پولکداران آفت به شمار می‌رود (Eliopoulos and Stathas, 2008). عوامل مهمی که به موفقیت این زنبور پارازیتوئید در کنترل آفات کمک می‌کنند شامل: نرخ رشد بالا، مدت زمان کوتاه نشوونما (Baker and Fabrick, 2000) و همچنین قدرت تهاجمی بالای زنبور می‌باشند (Magro and Parra, 2003). زنبور *H. hebetor* در کشورهای چین، بلغارستان، روسیه، منطقه‌ی خاور میانه و ایالات متحده به عنوان عامل کنترل‌کننده‌ی بال‌پولکداران آفت شناخته شده است. دو گونه از شب‌پره‌های خانواده‌ی Pyralidae به نام‌های بید موم‌خوار بزرگ، *Galleria mellonella* (L.) و شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، *Anagasta kuehniella* (Zeller) به طور معمول برای

¹. Floral and extra-floral nectars

². Species-specific

آخر شب پره رهاسازی شدند. برای ایجاد جمعیت مناسب، پرورش زنبور تا دو نسل انجام گرفت و پس از آن آزمایش‌ها شروع شدند. برای شروع آزمایش‌ها به زنبورهای دو روزه نیاز بود (Heping et al., 2004; Azzouz et al., 2008). به همین دلیل، پس از پارازیت‌شدن لاروهای میزبان، این لاروها به کمک پنس جمع‌آوری و به تشتک‌های پتری دیگری منتقل شدند تا زمان ظهور و سن زنبورها مشخص باشد و به‌توان در آزمایش‌های اصلی از زنبورهای دو روزه استفاده کرد. لاروهای آلوده‌ی میزبان در شرایط دمایی 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۴:۱۰ ساعت (L:D) قرار داده شدند. زنبورهای نر و ماده‌ی ظاهر شده در روز اول، با آسپیراتور جمع‌آوری شدند و دوباره به مدت یک روز با هم داخل یک تشتک پتری دیگر قرار داده شدند. در مورد زنبورهای ظاهر شده در روز دوم نیز به همین روش عمل شد. با این کار، از اختلاط حشرات کامل یک روزه و دو روزه جلوگیری شد.

تیمارهای غلظت قند

محلول‌های قندی با استفاده از آب مقطر تهیه شدند. پنج غلظت مختلف قندی عبارت بودند از: صفر (آب مقطر، شاهد)، ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد. ترکیب قندی مورد استفاده دارای سه قند گلوکز، فروکتوز و ساکارز بود که به نسبت ۱:۱:۱ با هم مخلوط شدند (Azzouz et al., 2004; Heping et al., 2008).

تیمارهای دفعات تغذیه

ابتدا با استناد به نتایج آزمایش‌های مربوط به غلظت قند، بهترین و مناسب‌ترین غلظت ترکیب قندی (۳۰ درصد) با توجه به اثر آن و نیز لحاظ کردن صرفه‌ی اقتصادی انتخاب شد و تمامی تیمارهای مربوط به دفعات تغذیه با استفاده از غلظت ۳۰ درصد انجام شدند. ۷ تیمار مربوط به دفعات تغذیه عبارت بودند از: عدم تغذیه، تغذیه از آب مقطر روزانه یک‌بار، تغذیه‌ی قندی یک‌بار و فقط در روز اول، و تغذیه از قند روزانه یک‌بار، هر دو روز یک‌بار، هر سه روز یک‌بار و هر چهار روز یک‌بار (Azzouz et al., 2004; Heping et al., 2008).

پرورش این زنبور پارازیتوئید مورد استفاده قرار می‌گیرند که هر دو گونه برای نشوونما و تولید مثل پارازیتوئید مناسب هستند (Amirmaafi and Chi, 2006).

با توجه به اهمیت زنبور *H. hebetor* و این که تا کنون در دنیا در زمینه‌ی تغذیه‌ی حشرات کامل این گونه از غذاهای قندی و اثرات آن روی ویژگی‌های زیستی این حشره‌ی مفید تحقیقی صورت نگرفته است، موضوع حاضر انتخاب شد. قندهای انتخابی در این آزمایش، قندهای اصلی موجود در شهد گل‌ها و عسلک می‌باشند (Wackers, 2001; Spafford Jacob and Evans, 2004; Hirose et al., 2009). به همین دلیل، نتایج پژوهش حاضر علاوه بر قابل استفاده بودن در امر پرورش انبوه، به شرایط طبیعی و تغذیه‌ی حشرات کامل این زنبور از شهد گل‌ها و گیاهان وحشی مزارع نیز قابل تعمیم می‌باشند و در شناخت بهتر نقش این گیاهان در حفظ جمعیت‌های مزرعه‌ای مفید خواهند بود.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

تخم‌های شب‌پره‌ی مدیرانه‌ای آرد و حشرات کامل زنبور *H. hebetor* از انسکتاریوم حفظ نباتات جهاد کشاورزی گرگان تهیه شدند. برای پرورش شب‌پره‌ی مدیرانه‌ای آرد به عنوان میزبان آزمایشگاهی، از آرد و سبوس گندم (۳ به ۱) (Yazdani et al., 2005) استفاده شد. شب‌پره و زنبور پارازیتوئید به روش ابداعی زیر پرورش داده شدند: جهت ایجاد کلنی هر دو حشره، دو قفس چوبی به ابعاد $100 \times 25 \times 100$ سانتی‌متر تهیه شدند و دیواره‌های آن‌ها با پارچه‌ی توری ۳۵ مش پوشانده شد تا از خروج حشرات مورد نظر و نیز ورود سایر حشرات جلوگیری شود. ظروف پرورش شب‌پره داخل قفس‌ها و در شرایط معمولی اتاق (دمای ۲۰ تا ۳۴ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۶۰ درصد) گذاشته شدند. برای ایجاد کلنی مناسب، زنبورهای تهیه شده از انسکتاریوم به داخل ظروف پرورش حاوی لاروهای سن آخر میزبان منتقل شدند. برای این کار، ابتدا لیوان‌های حاوی زنبورها به مدت حدود دو دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفتند تا زنبورها کمی بی‌حس شوند. پس از آن، زنبورها داخل ظروف حاوی لاروهای سن

روش انجام آزمایش‌ها

برای انجام تمام آزمایش‌ها از تشتک‌های پتری پلاستیکی به قطر ۹ و ارتفاع ۲ سانتی‌متر استفاده شد. درپوش این تشتک‌ها به منظور تهویه‌ی هوا و دادن غذا به زنبورها به قطر ۳ سانتی‌متر سوراخ و با پارچه‌ی توری ۳۵ مش پوشانده شد. در کف هر تشتک پتری نیز یک دیسک مقوایی زرد رنگ به قطر ۱/۵ سانتی‌متر با چسب جامد بی‌بو (با نام چسب استیک یا Stick Glue) چسبانده شد تا قطره‌ی قندی به میزان ۵ میکرولیتر توسط سمپلر روی این کاغذ دیسکی شکل گذاشته شود (Heping et al., 2008). برای جذب نشدن قطره‌ی قندی به دیسک کاغذی، سطح رنگی کاغذ مقوایی با پارافیلیم پوشانده شد. پس از استقرار یک زنبور داخل هر تشتک پتری، آن‌ها درون ژرمیناتور با دمای 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۴:۱۰ ساعت (L:D) قرار داده شدند.

اثر غلظت قند روی طول عمر

اثر غلظت قند روی طول عمر حشرات کامل زنبور براکون در حضور و در عدم حضور لاروهای شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد بررسی شد. در آزمایش بدون حضور لاروهای میزبان، برای تعیین طول عمر حشرات کامل نر و ماده تحت تاثیر غلظت‌های مختلف ترکیب قندی، از زنبورهای ماده‌ی دو روزه تغذیه نکرده استفاده شد. زنبورهای ماده به کمک آسپیراتور برداشته شدند و به مدت حدود دو دقیقه در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس قرار گرفتند تا کمی بی‌حس شوند. سپس زنبورها به صورت انفرادی داخل تشتک‌های پتری گذاشته شدند. برای تغذیه‌ی زنبورها، هر روز یک بار و هر بار به مدت ۴ ساعت، یک قطره‌ی ۵ میکرولیتری از محلول قندی با غلظت مورد نظر با سمپلر روی دیسک کاغذی زرد رنگ در اختیار آن‌ها قرار می‌گرفت. پس از این مدت، ابتدا قطره‌ی قندی توسط سمپلر حذف می‌شد و سپس دیسک کاغذی با پنس از داخل تشتک پتری برداشته می‌شد. زنبورها هر روز تا زمان مرگ مورد بازدید روزانه قرار می‌گرفتند. این آزمایش با ۳۰ تکرار برای هر یک از حشرات نر و ماده انجام شد (Azzouz et al., 2004; Heping et al., 2008). داده‌های این طرح به صورت

ANOVA دوطرفه (غلظت قند و جنسیت) در قالب طرح

کاملاً تصادفی تجزیه‌ی واریانس شدند. آزمایش‌های انجام شده در حضور لاروهای میزبان، همانند آزمایش قبلی انجام شدند با این تفاوت که فقط از حشرات کامل ماده استفاده شد و لاروها در اختیار آن‌ها قرار داده شدند (به دلیل عدم توانایی حشرات نر در تغذیه از لاروهای میزبان، از آن‌ها استفاده نشد). داخل هر تشتک پتری ۱۰ عدد لارو سن پنجم میزبان نیز قرار داده شد. لاروهای میزبان هر روز تعویض و جایگزین می‌شدند. این آزمایش تا زمان مرگ آخرین زنبور ادامه داشت و با ۲۰ تکرار انجام شد (Azzouz et al., 2004; Heping et al., 2008). با در نظر گرفتن داده‌های آزمایش قبلی، داده‌های مربوط به طول عمر حشرات کامل ماده به صورت ANOVA دوطرفه (غلظت قند و حضور میزبان) در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه‌ی واریانس شدند.

اثر غلظت قند روی تولید نتاج

برای این آزمایش نیز از زنبورهای ماده‌ی دو روزه تغذیه نکرده استفاده شد. زنبورهای ماده پس از جفتگیری جداسازی شدند و به صورت انفرادی داخل تشتک‌های پتری قرار گرفتند. به منظور تخم‌ریزی زنبورهای ماده، داخل هر تشتک پتری ۱۰ عدد لارو سن پنجم شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد قرار داده شد. این لاروها پس از ۲۴ ساعت جایگزین و از تشتک‌های پتری خارج می‌شدند و تا زمان ظهور زنبورها داخل لیوان‌های یک بار مصرف پلاستیکی به ارتفاع ۵ و قطر ۶ سانتی‌متر درون ژرمیناتور با دمای 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۴:۱۰ ساعت (L:D) نگهداری می‌شدند. درپوش این لیوان‌ها از نوع پارچه‌ی توری سفید رنگ ۳۵ مش بود که به وسیله‌ی کش درجا محکم می‌شد. تغذیه‌ی زنبورها مانند قبل انجام می‌شد. این کار تا زمان مرگ هر زنبور ماده ادامه پیدا کرد و در طول این مدت، تعداد زنبورهای ظاهر شده از لاروهای انگلی شده‌ی میزبان شمارش می‌شد. این آزمایش به صورت طرح

هفت تیمار دفعات تغذیه و ۲۰ تکرار انجام شد (Heping et al., 2008).

تجزیه و تحلیل‌های آماری

برای تجزیه‌ی واریانس داده‌های این تحقیق از نرم-افزارهای آماری MSTAT-C و SAS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد. در تمامی موارد به دلیل نرمال نبودن داده‌ها از تبدیل داده استفاده شد. داده‌های مربوط به تجزیه‌ی واریانس دوطرفه‌ی دفعات تغذیه \times جنسیت با تبدیل داده‌ی لگاریتمی ($\log x + 1$) و سایر داده‌ها با تبدیل داده‌ی جذری \sqrt{x} و $\sqrt{x+0.5}$ (SQRT) نرمال شدند.

نتایج

تاثیر غلظت ترکیب قندی بر طول عمر حشرات کامل نر و ماده در نبود لاروهای میزبان

طبق نتایج به دست آمده از تجزیه‌ی واریانس، اثر دو عامل غلظت ترکیب قندی ($F_{4,290} = 40.8; P < 0.01$) و جنسیت ($F_{1,290} = 9.96; P < 0.01$) بر طول عمر حشرات کامل معنی‌دار بود ولی اثر متقابل بین این دو عامل معنی‌دار نبود ($F_{4,290} = 1.031; P = 0.39$) که نشان‌دهنده‌ی واکنش مشابه حشرات نر و ماده به غلظت‌های مختلف است. بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه‌ی میانگین‌ها (شکل ۱)، تغذیه‌ی حشرات کامل نر و ماده از ترکیب قندی در مقایسه با شاهد (تغذیه از آب مقطر) باعث افزایش معنی‌دار طول عمر آن‌ها شد و در مورد هر دو جنس از روند یکسانی برخوردار بود. بالاترین میانگین طول عمر حشرات ماده به ترتیب در غلظت‌های ۵۰، ۷۰ و ۳۰ درصد (به ترتیب $43/3 \pm 5/8$ ، $39/9 \pm 4/6$ و $39/5 \pm 5/1$ روز، بدون اختلاف معنی‌دار) و در حشرات نر نیز به ترتیب در غلظت‌های ۵۰، ۳۰ و ۷۰ درصد ترکیب قندی (به ترتیب $35/9 \pm 4/7$ ، $31/8 \pm 4/9$ و $27/5 \pm 4/3$ روز، بدون اختلاف معنی‌دار) به دست آمد.

تاثیر دفعات تغذیه بر طول عمر حشرات کامل نر و ماده در نبود لاروهای میزبان

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس، اثر هر دو عامل دفعات تغذیه ($F_{6,406} = 57.296; P < 0.01$) و جنسیت ($F_{1,406} =$)

کاملاً تصادفی با پنج تیمار غلظت قند و ۲۰ تکرار انجام شد (Heping et al., 2008).

اثر دفعات تغذیه روی طول عمر

اثر دفعات تغذیه روی طول عمر حشرات کامل زنبور براکون نیز هم در حضور و هم در عدم حضور لاروهای شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد بررسی شد. در آزمایش بدون حضور لاروهای میزبان، برای تعیین طول عمر حشرات کامل نر و ماده تحت تاثیر دفعات مختلف تغذیه، غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی در دفعات مختلف تغذیه در اختیار آن‌ها گذاشته شد. برای تغذیه‌ی زنبورها، یک قطره‌ی ۵ میکرولیتری از غلظت ۳۰ درصد محلول قندی در دفعات مختلف تغذیه به مدت ۴ ساعت با سمپلر روی دیسک کاغذی زرد رنگ در اختیار زنبور قرار می‌گرفت و پس از این مدت، قطره‌ی قندی و دیسک کاغذی حذف می‌شدند. زنبورها هر روز تا زمان مرگ مورد بازدید روزانه قرار می‌گرفتند و تعداد زنبورهای مرده ثبت می‌شد. این آزمایش با ۳۰ تکرار برای هر یک از حشرات نر و ماده انجام شد (Azzouz et al., 2004; Heping et al., 2008). داده‌های آزمایش به صورت ANOVA دوطرفه (دفعات تغذیه و جنسیت) در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه‌ی واریانس شدند.

در آزمایش‌های انجام شده در حضور لاروهای میزبان از زنبورهای ماده‌ی دو روزه تغذیه نکرده استفاده شد و تیمارهای مورد نظر ۷ تیمار دفعات تغذیه بودند. این آزمایش با ۲۰ تکرار انجام شد (Azzouz et al., 2004; Heping et al., 2008). با در نظر گرفتن داده‌های آزمایش قبلی، داده‌های مربوط به طول عمر حشرات کامل ماده به صورت ANOVA دوطرفه (دفعات تغذیه و حضور میزبان) در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه‌ی واریانس گردیدند.

اثر دفعات تغذیه روی تولید نتاج

این آزمایش همانند آزمایش اثر غلظت قند روی تولید نتاج انجام شد، با این تفاوت که تیمارهای مورد بررسی ۷ تیمار مربوط به دفعات تغذیه از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی بودند. این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با

عمر که در زمان عدم حضور میزبان دیده شد، در زمان حضور میزبان روی ماده‌ها مشاهده نشد (شکل ۳).

تأثیر دو عامل دفعات تغذیه و حضور لاروهای میزبان بر طول عمر حشرات کامل ماده

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس نشان داد که اثر دو عامل دفعات تغذیه ($F_{6,336} = 19.83; P < 0.01$) و حضور میزبان ($F_{1,336} = 119.87; P < 0.01$) و نیز اثر متقابل بین آن دو ($F_{6,336} = 8.95; P < 0.01$) معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل نشان می‌دهد که بسته به حضور یا عدم حضور لاروهای میزبان، اثر دفعات تغذیه متفاوت بوده است. در زمان حضور لاروهای میزبان و نیز در زمان عدم حضور آن‌ها (شکل ۴)، بالاترین میانگین طول عمر (به ترتیب $31/8 \pm 4/1$ و $39/5 \pm 5/8$ روز) در اثر تغذیه‌ی روزانه یک‌بار حشرات کامل ماده از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی به دست آمد. حضور میزبان در تمامی تیمارها به جز تیمار تغذیه‌ی روزانه یک‌بار موجب افزایش معنی‌دار طول عمر ماده‌ها شد.

تأثیر غلظت قند بر تولید نتاج

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس نشان داد که بین میانگین تولید نتاج در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($F_{4,99} = 5.98; P < 0.01$). شکل ۵ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت از ۱۰ درصد، تولید نتاج نیز افزایش یافت.

تأثیر دفعات تغذیه بر تولید نتاج

تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که بین میانگین تیمارها در تولید نتاج اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($F_{6,139} = 7.291; P < 0.01$). طبق نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها (شکل ۶)، تغذیه‌ی روزانه‌ی حشرات کامل ماده از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی موجب تولید بیشترین تعداد نتاج ($94/7 \pm 13/2$) حشره‌ی کامل / ماده) شد و با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود. همچنین، عدم تغذیه از مواد قندی (در حضور میزبان) پس از تیمار تغذیه‌ی روزانه موجب تولید بیشترین تعداد نتاج ($67/2 \pm 10/8$ حشره‌ی کامل / ماده) شد.

($F_{6,406} = 15.465; P < 0.01$) و نیز اثر متقابل بین آن دو ($F_{6,406} = 11.855; P < 0.01$) معنی‌دار بود. با توجه به شکل ۲، تغذیه‌ی روزانه‌ی حشرات کامل نر و ماده از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی، بالاترین طول عمر را (به ترتیب $31/6 \pm 4/9$ و $39/5 \pm 5/8$ روز) در آن‌ها باعث شد. واکنش حشرات نر و ماده به دفعات تغذیه از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی با یکدیگر متفاوت بود به طوری که به جز در تیمار تغذیه هر چهار روز یک‌بار، میانگین‌های طول عمر نر و ماده با هم اختلاف معنی‌دار داشتند. تغذیه از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی برای یک‌بار در روز اول آزمایش، طول عمر نر را به طور معنی‌داری افزایش داد ولی به دلیل نیاز بیشتر ماده‌ها، این تغذیه در مقایسه با شاهد اثری روی طول عمر آن‌ها نداشت، در حالی که با افزایش دفعات تغذیه، طول عمر حشره‌ی ماده افزایش یافت به طوری که این روند افزایشی در زمانی که تغذیه‌ی قندی روزانه یک‌بار انجام شد، کاملاً مشهود بود. لازم به ذکر است که تنها در این تیمار، میانگین طول عمر ماده‌ها از نرها بیشتر بود اما در سایر تیمارها، نرها طول عمر بیشتری داشتند.

تأثیر دو عامل غلظت ترکیب قندی و حضور لاروهای میزبان بر طول عمر حشرات کامل ماده

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که غلظت ترکیب قندی بر افزایش طول عمر حشرات کامل ماده تأثیرگذار بود ($F_{4,240} = 18.60; P < 0.01$) و افزایش طول عمر افراد ماده اثر نداشت ($F_{1,240} = 0.020; P = 0.895$). اثر متقابل بین دو عامل غلظت ترکیب قندی و حضور میزبان نیز معنی‌دار بود ($F_{4,240} = 11.13; P < 0.01$). در عدم حضور لاروهای میزبان، افزایش غلظت قند موجب افزایش طول عمر ماده‌ها شد، اما باید اشاره کرد که این افزایش طول عمر در غلظت‌های بالای ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد (به ترتیب $39/5 \pm 5/1$ ، $43/3 \pm 5/8$ و $39/9 \pm 4/6$ روز) روند یکسانی را نشان داد و بین این سه غلظت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در حضور لاروهای میزبان، نتیجه کاملاً متفاوت بود و تغذیه از مواد قندی روی افزایش طول عمر ماده‌ها اثری نداشت. مقایسه‌ی میانگین‌های مربوط به غلظت‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد نشان داد که آن افزایش طول

بحث

که باعث شده تا حشره از این محلول تغذیه نکند. علاوه بر این، حشره برای تغذیه از غلظت‌های بالای محلول قندی، به صرف وقت زیادی نیاز دارد، ولی به طور ذاتی این کار را انجام نمی‌دهد چون در معرض دید دشمنان طبیعی قرار می‌گیرد. به علاوه، مقدار قند مازاد بر نیاز دریافت شده توسط حشره احتمالاً باید به صورت مواد زاید دفع شود که همین فرایند دفع می‌تواند هزینه‌بر باشد و طول عمر حشرات کامل را در مقایسه با تغذیه از غلظت‌های ۳۰ و ۵۰ درصد کاهش دهد. همچنین، پاسخ مشابه حشرات کامل نر و ماده به افزایش غلظت ترکیب قندی احتمالاً نشان‌دهنده‌ی توانایی‌های فیزیولوژیک یکسان نرها و ماده‌های این زنبور در بهره‌برداری از منابع قندی می‌باشد.

در آزمایش تاثیر دفعات مختلف تغذیه از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی در نبود لاروهای میزبان، بالاترین طول عمر نرها و ماده‌ها در تغذیه‌ی روزانه یک‌بار دیده شد که به ترتیب حدود چهار و پنج برابر پارازیتوئیدهای تغذیه نکرده بود (شکل ۲). این نکته را باید در نظر گرفت که دامنه‌ی فعالیت پارازیتوئید در این آزمایش محدود بود ولی در شرایط مزرعه‌ای که از گستره‌ی فعالیت بیشتری برخوردار است، عامل دفعات تغذیه اهمیت بیشتری خواهد داشت. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج سیکمن و همکاران (Siekmann et al., 2001)، آرزوز و همکاران (Azzouz et al., 2004) و هپینگ و همکاران (Heping et al., 2008) مطابقت داشت ولی در مقایسه با نتایج فادامیرو و همپل (Fadamiro and Heimpel, 2001) روی *Macrocentrus grandii* Goidanich و وِکِرز (Wäckers, 2001) روی *Cotesia glomerata* (L.) هر دو از خانواده‌ی Braconidae، زنبور *H. hebetor* به دفعات تغذیه‌ی بیشتری نیاز دارد که این نیاز بیشتر ممکن است با زیست‌شناسی این زنبور در ارتباط باشد. معنی‌دار بودن اثر متقابل دفعات تغذیه × جنسیت نیز نشان‌دهنده‌ی وجود تفاوت در میزان غذای مورد نیاز حشرات کامل نر و ماده است که این امر با توجه به فعالیت‌های تولید مثلی بیشتر ماده‌ها قابل توجیه می‌باشد. بیشتر بودن طول عمر نرها نسبت به ماده‌ها در تیمارهای دفعات تغذیه‌ی قندی به غیر از تیمار

به طور کلی، تغذیه‌ی حشرات کامل راسته‌های مختلف به ویژه بال‌غشاییان، دوبالان و بال‌پولک‌داران از منابع قندی می‌تواند باعث افزایش طول عمر آن‌ها شود. نتایج این تحقیق نیز نشان دادند که تغذیه از منابع قندی در مقایسه با تغذیه از آب و در نبود لاروهای میزبان، طول عمر حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* را به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱). این نتیجه با نتایج بسیاری از پژوهشگران (Azzouz et al., 2004; Hausmann et al., 2005; Hogervorst et al., 2006; Wyckhuys et al., 2007; Heping et al. 2008; Hirose et al. 2009; Pratisoli et al. 2009; Aung et al. 2010) مبنی بر افزایش طول عمر زنبورهای پارازیتوئید مختلف در اثر تغذیه از منابع قندی مطابقت داشت. همچنین مشخص شد که روند افزایش طول عمر در هر دو جنس مشابه بود (عدم معنی‌دار شدن اثر متقابل غلظت × جنسیت) و زنبورهای نر و ماده‌ی تغذیه کرده از غلظت‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد بالاترین طول عمر را داشتند. این نتایج با نتایج اوجکان و ارگین (Uckan and Ergin, 2003) روی *Apanteles galleriae*، آرزوز و همکاران (Azzouz et al., 2004) و ویلکینسون (Wilkinson) روی *Aphidius ervi* (Haliday) و هپینگ و همکاران (Heping et al., 2008) روی *Meteorus pulchricornis* (Wesmael) تا حدودی مطابقت دارند. غلظت ترکیب قندی روی طول عمر حشرات کامل اثر معنی‌دار داشت. از این نظر، نتایج این آزمایش با یافته‌های هپینگ و همکاران (Heping et al., 2008)، آرزوز و همکاران (Azzouz et al., 2004) و سیکمن و همکاران (Siekmann et al., 2001) روی *Cotesia rubecula* (Marshall) مطابقت داشت. اختلاف‌های مربوط به گونه را می‌توان به عنوان یکی از عوامل مهم، در بروز این نتایج مشابه و متفاوت دخیل دانست. طول عمر حشرات کامل تا غلظت ۵۰ درصد روندی افزایشی داشت، اما در غلظت ۷۰ درصد، این روند افزایشی برای طول عمر مشاهده نشد. از جمله دلایل ممکن برای توضیح این مطلب می‌توان به اختلاف فشار اسمزی بین همولنف و محلول قندی اشاره کرد

تغذیه‌ی روزانه یک‌بار، می‌تواند نشان‌دهنده‌ی نیاز کمتر نرها به منابع قندی باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که در حضور لاروهای میزبان، غلظت‌های ترکیب قندی بر طول عمر حشرات ماده تأثیری نداشتند. از این جهت، نتایج ما با نتایج اُناگبولا و همکاران (Onagbola et al., 2006) روی زنبور *Pteromalus cerealellae* (Ashmead) مشابه بودند.

نکته‌ی مهم در این آزمایش، طول عمر بالای حشرات ماده‌ی تغذیه کرده از آب است که با طول عمر ماده‌های تغذیه کرده از غلظت‌های مختلف ترکیب قندی اختلافی نداشت. یکی از دلایل ممکن برای توجیه این موضوع، تغذیه‌ی احتمالی حشرات ماده از همولنف میزبان می‌باشد که توانسته است عدم تغذیه از منبع قندی را جبران کند. حشرات ماده به کمک تخم‌ریز خود، بدن لارو میزبان را ابتدا سوراخ و سپس از همولنف خارج شده از آن تغذیه می‌کنند. این مساله از این جهت قابل توجه است که اگر در شرایط مزرعه‌ای، منبع قندی مکمل و مناسبی برای تغذیه‌ی زنبور *H. hebetor* فراهم نباشد، این زنبور پارازیتوئید احتمالاً قادر خواهد بود با تغذیه از همولنف لاروهای میزبان، نیازهای غذایی خود را تامین کند و از طول عمر قابل قبولی برخوردار باشد. نتیجه‌ی این آزمایش با نتایج آروز و همکاران (Azzouz et al., 2004) روی گونه‌ی *A. ervi* و هپینگ و همکاران (Heping et al., 2008) روی زنبور *M. pulchricornis* متفاوت بود. تفاوت‌های موجود در نیازهای غذایی زنبورهای پارازیتوئید و کیفیت احتمالی لاروهای میزبان این زنبورها را می‌توان از دلایل احتمالی بروز این تفاوت‌ها به شمار آورد. افزایش معنی‌دار طول عمر ماده‌ها در اثر افزایش غلظت قند در عدم حضور میزبان و مقایسه‌ی میزان این افزایش در مقایسه با شاهد (شکل ۳)، اهمیت وجود منابع قندی را در صورت عدم دسترسی پارازیتوئیدهای ماده به لاروهای میزبان یا کاهش جمعیت آن‌ها نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده همچنین نشان داد که حضور لاروهای میزبان در غلظت‌های ۵۰ و ۷۰ درصد ترکیب قندی، طول عمر حشرات ماده را در مقایسه با عدم حضور میزبان به طور معنی‌داری کاهش داد در حالی که در غلظت ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری دیده نشد و

حتی در تیمار شاهد، حضور میزبان طول عمر را به طور معنی‌داری افزایش داد. از جمله دلایل ممکن برای طول عمر بیشتر در نبود میزبان می‌توان به کمتر بودن هزینه‌های تولید-مثلی و تأثیر محیط آزمایش اشاره کرد. محیطی که هزینه‌های رفتار جستجوگری غذا را به کمترین میزان ممکن می‌رساند (Heping et al., 2008). با این توضیحات می‌توان انتظار داشت که در شرایط مزرعه‌ای که میزبان برای انگلی شدن در دسترس زنبور است، طول عمر این پارازیتوئید بیشتر تحت تأثیر حضور میزبان باشد. کاهش طول عمر حشرات ماده در حضور میزبان با نتایج کاستامگنا و لندیس (Costamagna and Landis, 2004) روی *Glyptapanteles militaris* (Walsh) و (Cresson) *Meteorus communis* و فراچینی و همکاران (Ferracini et al., 2006) روی *Trichogramma turkestanica* Meyer و نتایج هپینگ و همکاران (Heping et al., 2008) روی *M. pulchricornis* تا حدودی مطابقت داشت ولی با نتایج مورالس-راموس و همکاران (Morales-Ramos et al., 1996) روی زنبور *Catolaccus grandis* (Burks) همپیل و همکاران (Heimpel et al., 1997) روی *Aphytis melinus* DeBach و اظهار نظر ریوهر و وست (Rivero and West, 2005) در تضاد بود که با توجه به تفاوت‌های بین گونه‌ای قابل توجیه است.

مشاهده شد که در حضور لاروهای میزبان، دفعات تغذیه از ترکیب قندی بر طول عمر حشرات کامل ماده‌ی این زنبور بی‌تأثیر بود (شکل ۴) که با نتایج هپینگ و همکاران (Heping et al., 2008) مطابقت نداشت. نکته‌ی قابل توجه در این آزمایش نیز، طول عمر بالای حشرات ماده در شرایط عدم تغذیه بود که با حشرات تغذیه نموده از آب و غلظت قندی ۳۰ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. این نتیجه از این جهت بسیار قابل توجه است که این زنبور در شرایط مزرعه و بدون وجود منبع قندی و آب، تنها با تغذیه از همولنف میزبان خود، قادر خواهد بود نیازهای غذایی خود را تا حد قابل قبولی تامین کند و از طول عمر مناسبی نیز برخوردار باشد. نتایج آزمایش همچنین نشان دادند که در نبود میزبان تنها در شرایط تغذیه‌ی هر روز یک‌بار حشرات

کامل از ترکیبات قندی بر میزان تخم‌ریزی در تضاد است. علت بروز این تفاوت‌ها و تشابه‌ها را می‌توان به تفاوت‌های گونه-ویژه و زیست‌شناسی زنبورهای مورد مطالعه مرتبط دانست. علت کاهش تولید نتاج بر اثر تغذیه از غلظت ۷۰ درصد را در مقایسه با غلظت‌های ۳۰ و ۵۰ درصد می‌توان غلظت بالاتر محلول دانست که با توجه به غلظت مناسب ۲۰ تا ۴۰ درصدی که در شهد گل‌ها وجود دارد و زنبور به تغذیه از آن سازگار شده است، احتمالاً تغذیه از آن سخت‌تر می‌باشد و زنبور برای تغذیه از آن تمایل کمتری دارد.

پژوهش حاضر نشان داد که تغذیه‌ی روزانه‌ی زنبور ماده در مقایسه با سایر دفعات تغذیه، بیش‌ترین تولید نتاج را موجب شد (شکل ۶) که با نتایج هپینگ و همکاران (Heping et al., 2008) مطابقت دارد. تامین منابع قندی برای پارازیتوئیدهایی که با محدودیت منابع قندی مواجه هستند، می‌تواند در افزایش کارایی کنترل بیولوژیک و کاهش جمعیت آفات در اکوسیستم‌های کشاورزی موثر باشد (Heping et al., 2008). نتایج ما نشان داد که علاوه بر حضور میزبان، تغذیه‌ی روزانه‌ی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی برای رسیدن به حداکثر طول عمر و تولید نتاج بسیار حائز اهمیت بود. با توجه به این نتایج می‌توان پیشنهاد داد که برای پرورش زنبور *H. hebetor* از تغذیه‌ی روزانه با محلول ۳۰ درصد قندی استفاده شود. در مزارع نیز اگر تعداد گیاهان گلدار افزایش یابد یا یک ترکیب قندی با غلظت ۳۰ درصد در اختیار این زنبور قرار گیرد، توانایی آن در کنترل آفات به خوبی حفظ خواهد شد. نتایج هپینگ و همکاران (۲۰۰۸) نیز اثر مثبت تغذیه از غلظت مناسب ترکیبات قندی را در افزایش طول عمر و میزان انگلی کردن زنبور براکونید *Meteorus pulchricornis* نشان داده است. همچنین، عدم تغذیه از قند در مقایسه با تغذیه‌ی روزانه از آب یا هر چند روز یک‌بار تغذیه از ترکیبات قندی، پس از تغذیه‌ی روزانه از قند بیشترین تولید نتاج را باعث شد. این امر احتمالاً نشان‌دهنده‌ی هزینه‌های ناشی از جستجوی منابع قندی است و نشان می‌دهد که نامناسب بودن منبع غذایی یا تغذیه‌ی ناکافی از منابع

ماده، طول عمر آن‌ها افزایش یافت. در سایر دفعات تغذیه، نبود میزبان باعث کاهش قابل توجه طول عمر حشرات ماده شد که این نتیجه با یافته‌های هپینگ و همکاران (Heping et al., 2008) مطابقت نداشت. این نتیجه نشان‌دهنده‌ی اهمیت بالای تغذیه از همولنف میزبان در این زنبور پارازیتوئید است که در کنار تامین منابع قندی می‌تواند طول عمر حشرات ماده را به طور قابل توجهی افزایش دهد. افزایش طول عمر در نبود لاروهای میزبان و بر اثر تغذیه از منابع قندی می‌تواند فرصت بیشتری را برای جستجوی و پیدا کردن لاروهای میزبان در اختیار این پارازیتوئید قرار دهد. بیشتر بودن طول عمر ماده‌ها در هنگام عدم حضور لاروهای میزبان در مقایسه با حضور میزبان، احتمالاً می‌تواند به دلیل هزینه‌های تولید-مثلی باشد.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تغذیه از ترکیبات قندی می‌تواند در افزایش تولید نتاج، درصد تفریح تخم و طول دوره-ی تولید مثلی یک پارازیتوئید موثر باشد (Hagley and Barber, 1992; Olson and Andow, 1998; Schmale et al., 2001; Heping et al., 2008). تحقیق حاضر نیز نشان داد که تغذیه از ترکیبات قندی تولید نتاج را در زنبور پارازیتوئید به طور قابل توجهی افزایش داد (شکل ۵) ولی محلول قندی باید در غلظت‌های مشخص ۳۰ و ۵۰ درصد استفاده شود که از میان این غلظت‌ها، با توجه به معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های آن‌ها و نیز جنبه‌ی اقتصادی، غلظت ۳۰ درصد برای افزایش تولید نتاج این زنبور توصیه می‌شود. این غلظت قندی با شهد گیاهان که غلظتی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد دارد (Heping et al., 2008)، مطابقت می‌کند. این نتیجه با نتایج به دست آمده در مورد زنبورهای *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) Mitsunaga et al., 2004 و *P. cerealellae* (al., 2006)، *M. pulchricornis* (Heping et al., 2008) و *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Aung et al., 2010) و *Pimpla turionellae* (L.) (Mercimek et al., 2010) مطابقت دارد ولی با نتایج لی و همپل (Lee and Heimpel, 2007) روی زنبور پارازیتوئید *Diadegma insulare* (Cresson) مبنی بر تاثیر نداشتن تغذیه‌ی حشرات

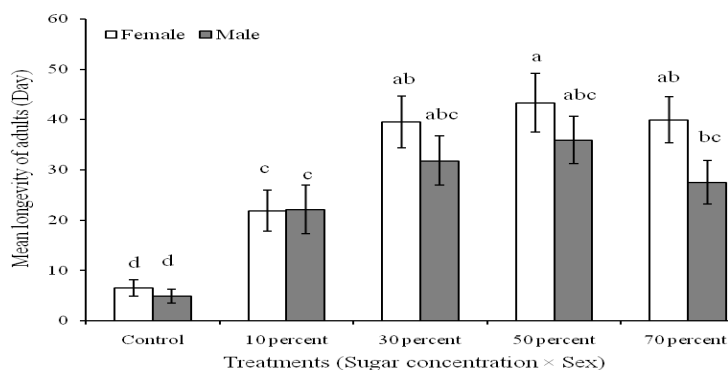
برخوردار بود. به طور کلی، می توان نتیجه گرفت که فراهم شدن منابع قندی، به ویژه از طریق حفظ و حتی کاشت گیاهان گلدار در حاشیه‌ی مزارع، در افزایش طول عمر و تولید مثل زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* نقش قابل توجهی خواهد داشت.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می شود.

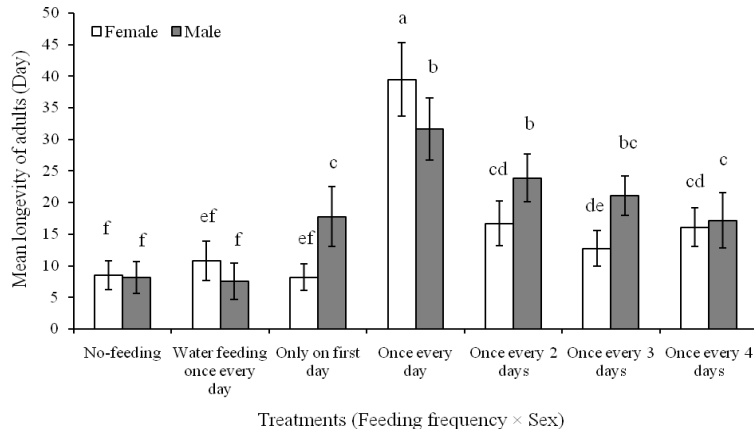
قندی، نسبت به تغذیه از همولنف لاروهای میزبان مزیت خاصی را به دنبال نخواهد داشت.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد زمانی که زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* در نبود لاروهای میزبان به صورت روزانه از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی تغذیه نمود، از بالاترین طول عمر و تولید نتاج برخوردار بود. همچنین، حضور میزبان در غلظت‌های پایین قندی و دفعات کم‌تر تغذیه، طول عمر زنبور پارازیتوئید را به طور قابل توجهی افزایش داد و در غلظت‌های بالا و دفعات تغذیه‌ی بیش‌تر نیز این زنبور در حضور میزبان از طول عمر مناسب‌تری



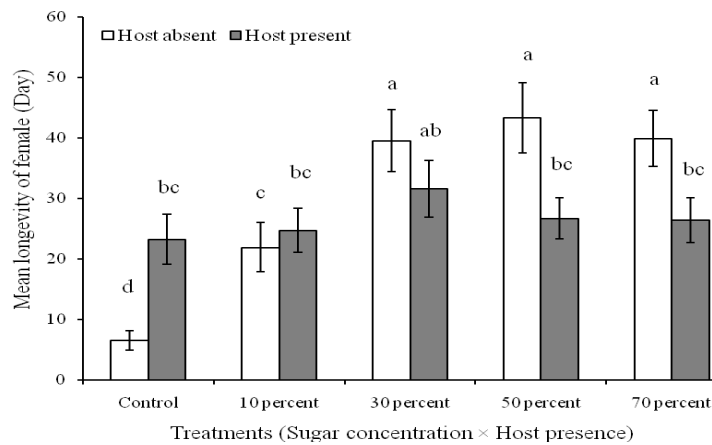
شکل ۱- مقایسه‌ی میانگین طول عمر حشرات کامل نر و ماده‌ی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* در اثر تغذیه از غلظت‌های مختلف ترکیب قندی در نبود لاروهای میزبان (آزمون چنددامنه‌ای دانکن، سطح احتمال یک درصد)

Figure 1. Effect of feeding on different sugar concentrations in the absence of host larvae on adult male and female longevity of the parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* (Duncan's multiple range test; $\alpha = 1\%$)



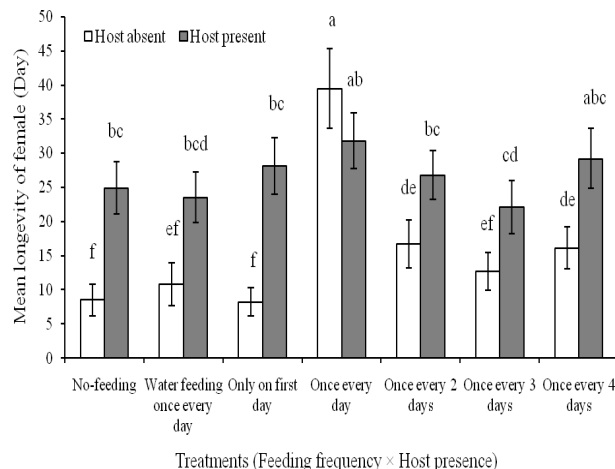
شکل ۲- مقایسه‌ی میانگین طول عمر حشرات کامل نر و ماده‌ی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* در اثر دفعات مختلف تغذیه از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی در نبود لاروهای میزبان (آزمون چنددامنه‌ای دانکن، سطح احتمال یک درصد)

Figure 2. Effect of various feeding frequencies on 30% sugar concentration in the absence of host larvae on adult male and female longevity of the parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* (Duncan's multiple range test; $\alpha = 1\%$)



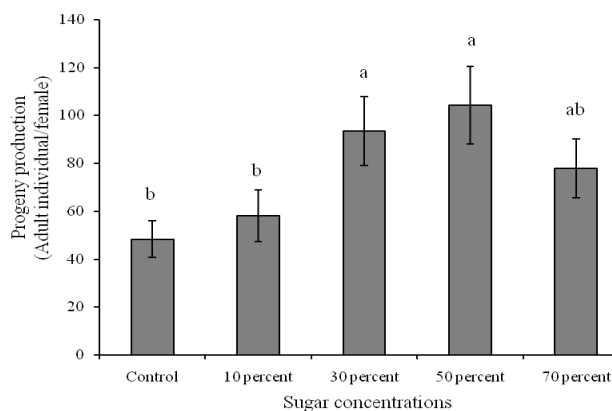
شکل ۳- مقایسه‌ی میانگین طول عمر حشرات کامل ماده‌ی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* در اثر تغذیه از غلظت‌های مختلف قندی در حضور و عدم حضور لاروهای میزبان (آزمون چنددامنه‌ای دانکن، سطح احتمال یک درصد)

Figure 3. Means adult female longevity of the parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* feeding on different sugar concentrations in the presence and absence of host larvae (Duncan's multiple range test; $\alpha = 1\%$)



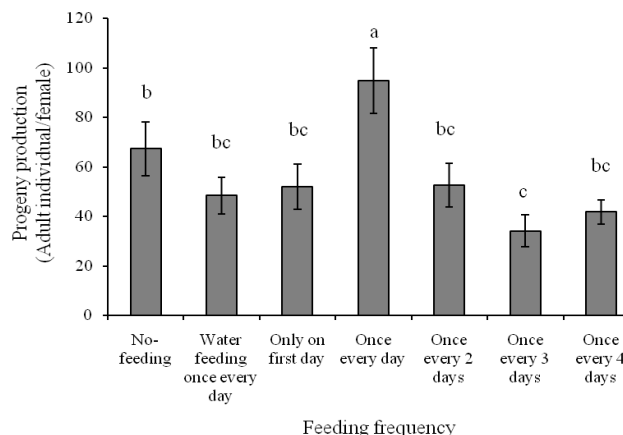
شکل ۴- مقایسه‌ی میانگین طول عمر حشرات کامل ماده‌ی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* در اثر دفعات مختلف تغذیه از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی در حضور و عدم حضور لاروهای میزبان (آزمون چنددامنه‌ای دانکن، سطح احتمال یک درصد)

Figure 4. Means adult male and female longevity of the parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* with various feeding frequencies of 30% sugar concentration in the presence and absence of host larvae (Duncan's multiple range test; $\alpha = 1\%$)



شکل ۵- مقایسه‌ی میانگین تولید نوجاد حشرات کامل ماده‌ی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* در حضور لاروهای میزبان در اثر تغذیه از غلظت‌های مختلف ترکیب قندی (آزمون چنددامنه‌ای دانکن، سطح احتمال یک درصد)

Figure 5. Mean progeny production by the female parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* feeding on different sugar concentrations in the presence of host larvae (Duncan's multiple range test; $\alpha = 1\%$)



شکل ۶- مقایسه‌ی میانگین تولید نتاج حشرات کامل ماده‌ی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* در حضور لاروهای میزبان در اثر دفعات مختلف تغذیه از غلظت ۳۰ درصد ترکیب قندی (آزمون چنددامنه‌ای دانکن، سطح احتمال یک درصد)

Figure 6. Mean progeny production by the female parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* with various feeding frequencies of 30% sugar concentration in the presence of host larvae (Duncan's multiple range test; $\alpha = 1\%$)

References

- Amirmaafi, M. and Chi, H. 2006. Demography of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) on two pyralid hosts (Lep.: Pyralidae). **Annals of the Entomological Society of America** 99(1): 84-90.
- Aung, A. S. D., Takagi, M. and Ueno, T. 2010. Influence of food on the longevity and egg maturation of the egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* (Hym.: Encyrtidae). **Journal of the Faculty of Agriculture of Kyushu University** 55(1): 79-81.
- Azzouz, H., Giordanengo, P., Wackers, F. L. and Laure, K. 2004. Effects of feeding frequency and sugar concentration on behavior and longevity of the adult aphid parasitoid: *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control** 31: 445-452.
- Baker, J. A. and Fabrick, J. A. 2000. Host hemolymph proteins and protein digestion in larval *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 30: 937-946.
- Bautista, R. C., Harris, E. J., and Vargas, R. I. 2001. The fruit fly parasitoid *Fopius arisanus*: reproductive attributes of pre-released females and the use of added sugar as a potential food supplement in the field. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 101: 247-255.
- Costamagna, A. C. and Landis, D. A. 2004. Effect of food resources on adult *Glyptapanteles militaris* and *Meteorus communis* (Hym.: Braconidae), parasitoids of *Pseudaletia unipuncta* (Lep.: Noctuidae). **Environmental Entomology** 33(2): 128-137.
- Eliopoulos, P. A. and Stathas, J. 2008. Life tables of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) parasitizing *Anagasta kuehniella* and *Plodia interpunctella* (Lep.: Pyralidae): effect of host density. **Journal of Economic Entomology** 101(3): 982-988.
- Fadamiro, H. Y. and Heimpel, G. E. 2001. Effects of partial sugar deprivation on lifespan and carbohydrate mobilization in the parasitoid *Macrocentrus grandii* (Hym.: Braconidae). **Annals of the Entomological Society of America** 94(6): 909-916.
- Ferracini, Ch., Boivin, G. and Alma, A. 2006. Costs and benefits of host feeding in the parasitoid wasp *Trichogramma turkestanica*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 121: 229-234.
- Giron, D., Rivero, A., Mandon, N., Darrouzet, E. and Casas, J. 2002. The physiology of host feeding in parasitic wasps: implications for survival. **Functional Ecology** 16: 750-757.
- Hagley, E. A. C. and Barber, D. R. 1992. Effect of food sources on the longevity and fecundity of *Pholetesor ornigis* (Weed) (Hym.: Braconidae). **Candian Entomologist** 124: 341-346.

- Hausmann, C., Wackers, F. L. and Dorn, S.** 2005. Sugar convertibility in the parasitoid *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae). **Archives of Insect Biochemistry and Physiology** 60: 223-229.
- Heimpel, G. E., Rosenheim, J. A. and Kattari, D.** 1997. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 83: 305-315.
- Heping, W., Ling, M. and Baoping, L.** 2008. Effects of feeding frequency and sugar concentrations on lifetime reproductive success of *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control** 45: 353-359.
- Hirose, Y., Mitsunaga, T., Yano, E. and Goto, C.** 2009. Effects of sugars on the longevity of adult females of *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae), parasitoids of *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* (Hem., Aleyrodidae), as related to their honeydew feeding and host feeding. **Applied Entomology and Zoology** 44(1): 175-181.
- Hogervorst, P. A. M., Wackers, F. L. and Romeis, J.** 2006. Effects of honeydew sugar composition on the longevity of *Aphidius ervi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 122: 223-232.
- Jacob, H. S. and Evans, E. W.** 1998. Effects of sugar spray and aphid honeydew on field populations of the parasitoid *Bathyplectes curculionis* (Thomson) (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Environmental Entomology** 27: 1563-1568.
- Jervis, M. A. and Copland, M. J. W.** 1996. The Life Cycle. In Jervis M. A. and Kidd, N. (Eds) *Insect Natural Enemies- Practical Approaches to their Study and Evaluation*. 504 pp. Chapman and Hall, London. pp. 63-161.
- Jervis, M. A., Kidd, N. A. C., Fitton, M. G., Huddleston, T. and Dawah, H. A.** 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. **Journal of Natural History** 27: 67-105.
- Jervis, M. A., Kidd, N. A. C. and Heimpel, G. E.** 1996. Parasitoid adult feeding behaviour and biocontrol- a review. **Biocontrol News and Information** 17: 11-26.
- Lee, J. C. and Heimpel, G. E.** 2007. Sugar feeding reduces short-term activity of a parasitoid wasp. **Physiological Entomology** 32: 99-103.
- Magro, S. R. and Parra, J. R. P.** 2003. Comparison of artificial diets for rearing *Bracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae). **Biological Control** 29: 341-347.
- Mercimek, S., Ozalp, P. and Coskun, M.** 2010. The effect of some sugar supplemented diet with various sucrose ratios on the life cycle and egg productivity of the adult females of *Pimpla turionellae* L. (Hym.: Ichneumonidae). **Journal of the Entomological Research Society** 12(1): 1-7.
- Mitsunaga, T., Shimoda, T. and Yano, E.** 2004. Influence of food supply on longevity and parasitization ability of a larval endoparasitoid *Cotesia plutellae* (Hym.: Braconidae). **Applied Entomology and Zoology** 39(4): 691-697.
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G. and King, E. G.** 1996. Significance of adult nutrition and oviposition experience on longevity and attainment of full fecundity of *Catolaccus grandis* (Hym.: Pteromalidae). **Annals of the Entomological Society of America** 89(4): 555-563.
- Olson, D. M. and Andow, D. A.** 1998. Larval crowding and adult nutrition effects on longevity and fecundity of female *Trichogramma nubilale* Ertle and Davis (Hym.: Trichogrammatidae). **Environmental Entomology** 27(2): 508-514.
- Onagbola, E. O., Fadamiro, H. Y. and Mbata, G. N.** 2006. Longevity, fecundity, and progeny sex ratio of *Pteromalus cerealellae* in relation to diet, host provision, and mating. **Biological Control** 40: 222-229.
- Pratissoli, D., de Oliveira, H. N., Polanczyk, R. N., Holtz, A. M., de Freitas Bueno, R. C. O., de Freitas Bueno, A. and Gonçalves, J. R.** 2009. Adult feeding and mating effects on the biological potential and parasitism of *Trichogramma pretiosum* and *T. acacioi* (Hym.: Trichogrammatidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 52(5): 1057-1062.
- Rivero, A. and West, S. A.** 2005. The costs and benefits of host feeding in parasitoids. **Animal Behavior** 69: 1293-1301.

- Schmale, I., Wackers, F. L., Cardona, C. and Dorn, S.** 2001. Control potential of three hymenopteran parasitoid species against the bean weevil in stored beans: The effect of adult parasitoid nutrition on longevity and progeny production. **Biological Control** 21: 134-139.
- Siekman, G., Tenhumberg, B. and Keller, M. A.** 2001. Feeding and survival in parasitic wasps: sugar concentration and timing matter. **Oikos** 95: 425-430.
- Spafford Jacob, H. and Evans, E. W.** 2004. Influence of different sugars on the longevity of *Bathyplectes curculionis* (Hym.: Ichneumonidae). **Journal of Entomology and Nematology** 128(4): 316-320.
- Uckan, F. and Ergin, E.** 2003. Temperature and food source effects on adult longevity of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hym.: Braconidae). **Environmental Entomology** 32(3): 441-446.
- Wäckers, F. L.** 2001. A comparison of nectar- and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata*. **Journal of Insect Physiology** 47: 1007-1014.
- Wyckhuys, K. A. G., Strange-George, J. E., Kulhanek, Ch. A., Wacker, F. L. and Heimpel, G. E.** 2007. Sugar feeding by the aphid parasitoid *Binodoxys communis*: How does honeydew compare with other sugar sources? **Journal of Insect Physiology** 54: 481-491.
- Yazdani, M., Haddad Irani Nejad, K. and Mashhadi Jafarloo, M.** 2005. Determining the number of larval instars of the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera, Phycitidae) in laboratory conditions. **Agricultural Science** 15: 45-54. (in Farsi)

Effect of sugar concentration and feeding frequency on adult's longevity and progeny production of the parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)

M. Yazdani^{1*}, H. Khabbaz Saber² and A. Afshari¹

1,2 Assistant Professors and Former Msc. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: May 11, 2013- Accepted: November 11, 2013)

Abstract

Habrobracon hebetor (Hym.: Braconidae), as a cosmopolite ectoparasitoid and one of the most important biocontrol agents, is widely used against different lepidopteran pests. Adult wasps feed on sugar resources to obtain energy. In the present study, the effects of two factors, *i.e.* different concentrations of a sugar solution (0, 10, 30, 50 and 70%) and different feeding frequencies (no feeding, water-feeding once a day, one-time sugar-feeding on the first day of experiment, sugar-feeding once a day, sugar-feeding once every two days, sugar-feeding once every three days, sugar-feeding once every four days) on longevity and progeny production of adult wasps were examined. Sugar solution was a mixture of 1:1:1 glucose, fructose and sucrose. In the absence of larvae of the Mediterranean flour moth as host, the highest longevities were observed at 30, 50 and 70% concentrations, as 31.8, 35.9 and 27.5 days for males, and 39.5, 43.3 and 39.9±4.6 days for females, respectively (with no significant difference). In the absence of host larvae, the highest longevity of adults was obtained when wasps fed sugar once per day as 31.6 and 39.5 days, for males and females respectively. Also in the presence of host larvae, the highest longevity of females was observed when the wasps fed sugar once per day. Females fed from 30, 50 and 70% concentrations had the highest progeny productions of 93.4, 104.2 and 77.8 adult individuals/female, respectively. Finally, female feeding on sugar once a day produced the highest progeny (94.7 adult individuals/ female; with significant difference to other treatments). These results indicated the importance of sugar in diet of adult parasitoid wasp of *H. hebetor* and its significant effects on their longevity and reproduction, this in turn can improve the diets used for mass rearing.

Key words: *Habrobracon hebetor*, sugar solution, host presence, longevity, fecundity

*Corresponding author: mohsenyazdani@gau.ac.ir