تحقیقات آفات گیاهی
۱۳۹۷ -۸ (۴): ۵۵-۶۹

تاثیر غلظت و مدت زمان تغذیه از ماده‌ی قندی بر مقاومت حشرات کامل زنبور پارازیتوییدBracon hebetor Say به سرما

علی افشاری[1]* و الهام نظری فندخت[1]
۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۸)

چکیده

ذخیره‌سازی در سرما یک روش رایج برای نگهداری طولانی‌مدت زنبور پارازیتویید *Bracon hebetor* در انسکتاریوم‌ها است. این پژوهش با هدف ارزیابی اثرات غلظت آب‌عسل (در سه سطح ۵، ۲۰ و ۴۰ درصد) و مدت زمان تغذیه (در سه سطح ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) بر مقاومت حشرات کامل این زنبور به سرما انجام شد. حشرات کامل زنبور بلافاصله پس از خروج از شفیره‌ها جمع‌آوری و پس از تغذیه با تیمار مورد نظر، به مدت ۷ روز درون یخچال (دمای ۱±۵ درجه‌ی سلسیوس) ذخیره‌سازی شدند و سپس، کیفیت آن‌ها با جمعیت شاهد (نگهداری شده در دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی) مقایسه شد. با افزایش غلظت آب‌عسل، طول عمر، زادآوری و قدرت پارازیتیسم زنبورهای ماده در جمعیت شاهد، افزایش یافتند و در غلظت ۴۰ درصد به بیش‌ترین مقدار خود رسیدند (به ترتیب، ۱/۴±۱۷/۸ روز، ۱۲/۱±۲۳۰/۳ عدد تخم/ زنبور ماده و۸/۶±۱۴۰/۳ عدد لارو میزبان/ زنبور ماده). غلظت ماده‌ی قندی و مدت زمان تغذیه، کیفیت زنبورهای ذخیره‌سازی شده در یخچال را نیز تحت تاثیر قرار دادند. تغذیه‌ی حشرات کامل زنبور از آب‌عسل ۴۰ درصد، باعث افزایش تحمل آن به سرما و بیش‌تر شدن طول عمر و زادآوری پس از سپری شدن دوران ذخیره‌سازی شد. طول عمر، زادآوری و قدرت پارازیتیسم زنبورهای ماده‌ای که پیش از ذخیره‌سازی در یخچال به مدت ۲۴ ساعت با آب عسل ۴۰ درصد تغذیه شده بودند به ترتیب، ۲/۱±۲۲/۹ روز، ۴۶/۴±۳۳۰/۹ عدد تخم/ زنبور ماده و۱۸/۱±۱۷۳/۳ عدد لارو میزبان/ زنبور ماده اندازه‌گیری شد که به طور معنی‌داری از سایر تیمارها بیش‌تر بود. بنابراین، برای حفظ کیفیت حشرات کامل این زنبور، تغذیه‌ی آن‌ها از این تیمار پیش از ذخیره‌سازی در یخچال توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کنترل بیولوژیک، پرورش انبوه، پارازیتویید، ذخیره‌سازی در سرما

*نویسنده مسئول: Afshari@gau.ac.ir

مقدمه

زنبور *Bracon hebetor* Say یکی از مهم‌ترین پارازیتوییدهای خارجی لاروهای بالپولکداران آفت در شرایط مزرعه و انبار می‌باشد. این پارازیتویید همه ساله در تعداد زیادی از انسکتاریوم‌های ایران به طور انبوه تکثیر می‌یابد و به منظور کنترل آفات مختلف به ویژه کرم غوزه‌ی پنبه، *Helicoverpa armigera* (Hübner) در سطح مزارع مختلف از جمله پنبه، گوجه‌فرنگی و سویا رهاسازی می‌شود (Hamzehpour Chenari, 2013; Najafi Navaei *et al*., 2002; Aliabadi, 2015).

بیشتر دشمنان طبیعی به دلیل جاندار بودن، از قابلیت ذخیره‌سازی پایینی برخوردار هستند و به همین دلیل، اغلب آن‌ها مدت کوتاهی پیش از رهاسازی تولید می‌شوند (Chen *et al*., 2011). ذخیره‌سازی که اغلب از طریق نگهداری در دماهای پایین انجام می‌گیرد، یک روش مفید جهت افزایش ماندگاری دشمنان طبیعی و فراهم ساختن یک ذخیره‌ی کافی و پایدار از آن‌ها برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک محسوب می‌شود (Colinet and Boivin, 2011). سرمای شدید یا طولانی‌مدت ممکن است جنبه‌های مختلف زندگی پارازیتوییدها مانند زمان ظهور (Pandy and Johnson, 2005)، الگوی ظهور (Chen *et al*., 2008)، باروری و طول عمر (Leopold and Chen, 2007)، نسبت جنسی (Okin *et al*., 1996; Bayram *et al*., 2005) و طول دوره‌ی نشوونما (Colinet and Hance, 2010) را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین، برای حفظ کیفیت پارازیتوییدهای ذخیره‌سازی شده در سرما لازم است عوامل موثر بر مقاومت آن‌ها به سرما بررسی شود.کولینت و بویوین (Colinet and Boivin, 2011) با ارایه‌ی یک فهرست جامع از عوامل موثر بر ذخیره‌سازی پارازیتوییدها در سرما، نتیجه گرفتند که مقاومت به سرما (دماهای پایین) در پارازیتوییدها فرایند پیچیده‌ای است که مجموعه‌ی بسیار متنوعی از عوامل بیرونی (غیرزنده) مانند دمای ذخیره‌سازی و طول مدت ذخیره‌سازی و عوامل درونی (زیستی) مانند وضعیت تغذیه، جنسیت، سن و مرحله‌ی نشوونمایی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

نیاز غذایی لاروها و حشرات کامل زنبور *B. hebetor* با همدیگر متفاوت می‌باشد: لاروها به طور کامل به میزبان خود وابسته هستند و تمام نیازهای غذایی‌شان را از محتویات بدن آن به دست می‌آورند، در حالی که حشرات کامل زندگی آزاد دارند و نیازهای غذایی خود را با تغذیه از شهد و گرده‌ی گل‌ها یا همولنف بدن میزبان به دست می‌آورند (Quicke, 2015). با توجه به این که زنبور *B. hebetor* یک گونه‌ی سین‌اُویژنیک[1] است و تخم‌های آن به تدریج و پس از تغذیه‌ی زنبورهای ماده از مواد قندی می‌رسند و گذاشته می‌شوند (Gündüz *et al*., 2010; Işıtan *et al*., 2011)، بنابراین در پرورش‌های آزمایشگاهی و محدود آن از مواد قندی مختلف مانند آب‌عسل یا شکر (ساکارز) جهت تغذیه‌ی حشرات کامل استفاده شده است (Carillo *et al*., 2005; Amir-Maafi and Chi, 2006; Chen *etal*., 2011; Mahdavi *et al*., 2011; Yazdanian *et al*., 2014). در برخی گزارش‌ها، علاوه بر نوع ماده‌ی قندی به غلظت آن نیز اشاره شده که دامنه‌ی تغییرات آن بین ۱۰ تا ۷۰ درصد متغیر بوده است (Ahmed *et al*., 1985; Ahmad and Ahmad, 2006; Saadat *et al*., 2014; Singh *et al*., 2014; Ashraf *et al*., 2017).

اگر چه در زمینه‌ی ذخیره‌سازی زنبور *B. hebetor* در دماهای پایین مطالعات زیادی انجام شده است اما بیش‌تر این پژوهش‌ها بر تاثیر عوامل بیرونی مثل دمای ذخیره‌سازی و طول مدت ذخیره‌سازی متمرکز بوده‌اند (Carillo *et al*., 2005; Chen *et al*., 2011; Chen *et al*., 2013; Hamzehpour Chenari, 2013) و تاثیر عوامل درونی مانند وضعیت تغذیه‌ای کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. البته در خصوص تاثیر تغذیه‌ی حشرات کامل از مواد قندی بر میزان تحمل پارازیتوییدها به سرما چندین گزارش منتشر شده است (Rivers *et al*., 2000; Uçkan and Ergin, 2003; Tunca *et al*., 2014; Aliabadi, 2015)، اما در این گزارش‌ها فقط اثرات تغذیه با عدم تغذیه مقایسه شده‌اند و تاثیر احتمالی غلظت ماده‌ی قندی و مدت زمان تغذیه بر کیفیت زنبورهای ذخیره‌سازی شده در سرما بررسی نشده

1. Synovigenic

است. با توجه به این خلاء اطلاعاتی، این پژوهش با هدف تکمیل اطلاعات قبلی در زمینه‌ی ذخیره‌سازی زنبور پارازیتویید *B. hebetor* در یخچال (Hamzehpour Chenari, 2013; Aliabadi, 2015) و بررسی تاثیر دو عامل غلظت غذای قندی و مدت زمان تغذیه‌ی حشرات کامل بر مقاومت حشرات کامل این پارازیتویید به سرما انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ و با هدف بررسی تاثیر دو عامل غلظت و مدت زمان تغذیه از غذای قندی (آب‌عسل) بر میزان مقاومت حشرات کامل زنبور پارازیتویید *B. hebetor* به سرما در آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت.

پرورش زنبور *B. hebetor* و میزبان جایگزین

جمعیت اولیه‌ی زنبور پارازیتویید *B. hebetor* از یکی از انسکتاریوم‌های خصوصی شهر گرگان تهیه شد و پس از انتقال به آزمایشگاه کنترل بیولوژیک، به مدت سه نسل در شرایط اتاق (دمای ۲±۲۶ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد) روی لاروهای سنین آخر شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، *Anagasta kuehniella* (Zeller) به عنوان میزبان جایگزین پرورش داده شد تا یک جمعیت همسان از آن برای انجام آزمایش‌ها به دست آید. به منظور پرورش شب‌پره‌ی میزبان، از روش یزدانیان و همکاران (Yazdanian *et al*., 2005) استفاده شد: بدین منظور، ابتدا آرد و سبوس گندم به نسبت ۳ به ۱ درون تشت‌های پلاستیکی به قطر دهانه‌ی ۴۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر با همدیگر مخلوط و سپس مقدار کافی تخم شب‌پره روی آن پاشیده شد. تشت‌ها در محیط آزمایشگاه (شرایط اتاق) با دمای ۲±۲۶ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند. ۴۵ تا ۶۰ روز پس از آلوده‌سازی تشت‌ها و رسیدن لاروها به سنین چهارم و پنجم، قطعات آرد و سبوس به همراه لاروهای درون آن‌ها در درون قفس‌های چوبی (کابین‌های چوبی) به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۲۵ سانتی‌متر که تمام سطوح بیرونی آن‌ها با استفاده از پارچه‌ی توری مسدود شده بود، در اختیار زنبور پارازیتویید قرار گرفتند.

تیمارهای تغذیه‌ای

در این آزمایش، تاثیر غلظت غذای قندی (آب‌عسل) در سه سطح ۵، ۲۰ و ۴۰ درصد و تاثیر مدت‌زمان تغذیه نیز در سه سطح ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بر مقاومت حشرات کامل زنبور به سرما بررسی شد. عسل مورد استفاده در آزمایش‌ها از یکی از نشان‌های تجاری معتبر موجود در بازار تهیه شد. در هر کدام از تیمارها، شش جمعیت ۳۰ تایی از زنبورهای نر و شش جمعیت ۳۰ تایی از زنبورهای ماده‌ی تازه خارج شده از شفیره (زنبورهایی که حداکثر ۳ ساعت از خروج آنها از شفیره می‌گذشت) به کمک آسپیراتور از کابین‌های پرورش جمع‌آوری و به طور جداگانه به درون لیوان‌های یک بار مصرف پلاستیکی به قطر دهانه‌ی ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر انتقال یافتند. تفکیک زنبورهای نر و ماده بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی انجام گرفت: زنبورهای ماده دارای یک تخمریز بلند و شاخک ۱۶ بندی و زنبورهای نر فاقد تخمریز و دارای شاخک ۲۱ بندی بودند (Aliabadi, 2015). سپس، دهانه‌ی لیوان‌ها با استفاده از پارچه‌ی توری سفیدرنگ مسدود شد و به منظور تغذیه‌ی زنبورهای درون آن، یک قطعه پنبه با ۴–۵ میلی‌لیتر آب عسل در غلظت مورد نظر آغشته شد و روی توری قرار گرفت. زنبورهای درون هر لیوان بر حسب تیمار آزمایشی، به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت با غلظت مورد نظر از آب‌عسل تغذیه شدند و سپس، لیوان‌های حاوی زنبور به مدت هفت روز درون یخچال (دمای ۱±۵ درجه‌ی سلسیوس و تاریکی مطلق) قرار گرفتند. بر اساس پرسش‌های میدانی از صاحبان انسکتاریوم‌ها و مجریان رهاسازی، حداکثر مدت زمان نگهداری این پارازیتویید درون یخچال یک هفته می‌باشد و به همین دلیل، در پژوهش حاضر نیز از همین مدت زمان برای ذخیره‌سازی استفاده شد. در تیمار شاهد، لیوان‌های حاوی زنبور به جای یخچال درون ژرمیناتور (دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی) قرار گرفتند و متناسب با تیمار

آزمایشی به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت با غلظت مشابهی از آب‌عسل تغذیه شدند. پس از سپری شدن مدت زمان مورد نظر، لیوان‌ها از یخچال خارج و مرگ و میر و سایر ویژگی‌های زیستی و تولیدمثلی زنبورهای درون آن‌ها به شرح زیر اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های زیستی زنبور

در این آزمایش، تاثیر غلظت و مدت زمان تغذیه بر چهار ویژگی زنبور شامل درصد مرگ و میر (به تفکیک نر و ماده)، طول عمر (به تفکیک نر و ماده)، زادآوری (تعداد تخم‌های گذاشته شده در طول عمر یک زنبور ماده) و قدرت پارازیتیسم (تعداد لاروهای میزبان فلج شده در طول عمر زنبور ماده) ارزیابی شد. در هر کدام از تیمارهای آزمایشی، لیوان‌های حاوی زنبور پس از هفت روز از یخچال خارج و تعداد افراد مرده‌ی درون آن‌ها شمارش و ثبت گردید. زنبورهای مرده به زنبورهایی اطلاق می‌شد که تا ۳ ساعت پس از خروج از یخچال قادر به حرکت و پرواز عادی نبودند. بر همین اساس، تعداد معدودی از زنبورهایی که پس از این مدت زمان تنها قادر به حرکت دادن پا یا شاخک‌های خود بودند اما قادر به حرکت و پرواز عادی نبودند نیز جزو افراد مرده شمارش می‌شدند. به منظور بررسی تاثیر تیمارهای مختلف بر سه صفت دیگر (طول عمر، زادآوری و قدرت پارازیتیسم)، از میان زنبورهای زنده مانده در هر تیمار، تعداد ۱۰ جفت زنبور نر و ماده به طور تصادفی انتخاب و به صورت جداگانه درون ۱۰ عدد لیوان مختلف قرار داده شدند. دهانه‌ی لیوان‌ها با استفاده از پارچه‌ی توری مسدود و به شکل وارونه در کف سینی‌های سفید پلاستیکی قرار گرفتند. سینی‌های حاوی لیوان درون ژرمیناتور (دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی) نگهداری شدند. زنبورهای درون لیوان‌ها به طور مرتب و تا آخر عمرشان با غلظت مورد نظر از آب‌عسل تغذیه می‌شدند. به علاوه، هر روز تعداد ده عدد لارو سن بالای شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد (سن‌های چهارم یا پنجم) به عنوان میزبان جایگزین روی یک قطعه کاغذ سفید رنگ زیر لیوان‌های حاوی زنبور قرار داده می‌شدند. در پایان هر ۲۴ ساعت، قطعات کاغذیِ حاوی لاروهای میزبان با لاروهای تازه جایگزین می‌شدند و تعداد لاروهای فلج شده و تعداد تخم‌های گذاشته شده روی لاروها شمارش و یادداشت می‌شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 13 ارزیابی شد. سپس، به منظور پی بردن به اثر تیمارهای مختلف بر درصد تلفات زنبورهای نر و ماده، داده‌ها به شکل فاکتوریل (فاکتور غلظت ماده‌ی قندی در سه سطح ۵، ۲۰ و ۴۰ درصد، فاکتور طول مدت تغذیه در سه سطح ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت و فاکتور مدت زمان ذخیره‌سازی در دو سطح صفر و هفت روز و روی هم‌رفته، ۱۸ ترکیب تیماری) در قالب طرح کاملاً تصادفی و به کمک نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute, 2002) تجزیه‌ی واریانس شدند. به دلیل آن که در شرایط بدون ذخیره‌سازی، زنبورهای نر و ماده در تمام طول عمر خود با آب‌عسل تغذیه شده بودند لذا داده‌های سه صفت دیگر (طول عمر، زادآوری و قدرت پارازیتیسم) در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده و نشده به طور جداگانه تجزیه‌ی واریانس شدند. در جمعیت‌های ذخیره‌سازی نشده، فاکتور مدت زمان تغذیه از ترکیب‌های تیماری حذف شد و تنها اثر غلظت ماده‌ی قندی (در سه سطح ۵، ۲۰ و ۴۰ درصد) بررسی شد. اما در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در یخچال، علاوه بر غلظت ماده‌ی قندی، اثرمدت زمان تغذیه‌ی پیش از ذخیره‌سازی (با سه سطح ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) همچنان با عنوان یک فاکتور اصلی ارزیابی شد. میانگین تمامی صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 رسم شدند.

نتایج

مرگ و میر زنبورهای نر

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها، اثر غلظت ماده‌ی قندی و مدت‌زمان ذخیره‌سازی در سطح احتمال یک درصد (به ترتیب، $F_{2, 90}$=11.5, P<0.0001 و $F_{2, 90}$= 45.7, P<0.0001) و اثر مدت‌زمان تغذیه در سطح احتمال پنج درصد ($F_{2, 90}$= 3.87; P=0.024) بر مرگ و میر زنبورهای نر معنی‌دار بودند.

تاثیر غلظت آب‌عسل بر درصد مرگ و میر زنبورهای نر بر حسب شرایط ذخیره‌سازی متفاوت بود، در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در یخچال، با افزایش غلظت آب‌عسل از ۵ درصد به ۲۰ درصد (در مدت زمان‌های تغذیه مشابه)، مرگ و میر زنبورهای نر تغییر محسوسی نکرد، اما با بیش‌تر شدن غلظت و رسیدن آن به ۴۰ درصد، مرگ و میر زنبورهای نر به طور معنی‌داری کاهش یافت. در مقابل، در جمعیت‌های ذخیره‌سازی نشده، افزایش غلظت آب‌عسل بر درصد مرگ و میر زنبورهای نر در سه روز اول زندگی تاثیر معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

تاثیر مدت زمان تغذیه بر مرگ و میر زنبورهای نر در ترکیب‌های تیماری ذخیره‌سازی شده در یخچال در مقایسه با غلظت آب‌عسل کم‌تر بود. به طوری که فقط در غلظت ۵ درصد با افزایش مدت زمان تغذیه، مرگ و میر زنبورهای نر کاهش یافت و در غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ درصد با افزایش مدت زمان تغذیه، درصد مرگ و میر زنبورهای نر تغییر معنی‌داری نکرد. در ترکیب‌های تیماری ذخیره نشده در یخجال، افزایش مدت زمان تغذیه در هیچ‌کدام از غلظت‌های سه‌گانه تاثیر معنی‌داری بر درصد مرگ و میر زنبورهای نر نداشت (شکل ۱).

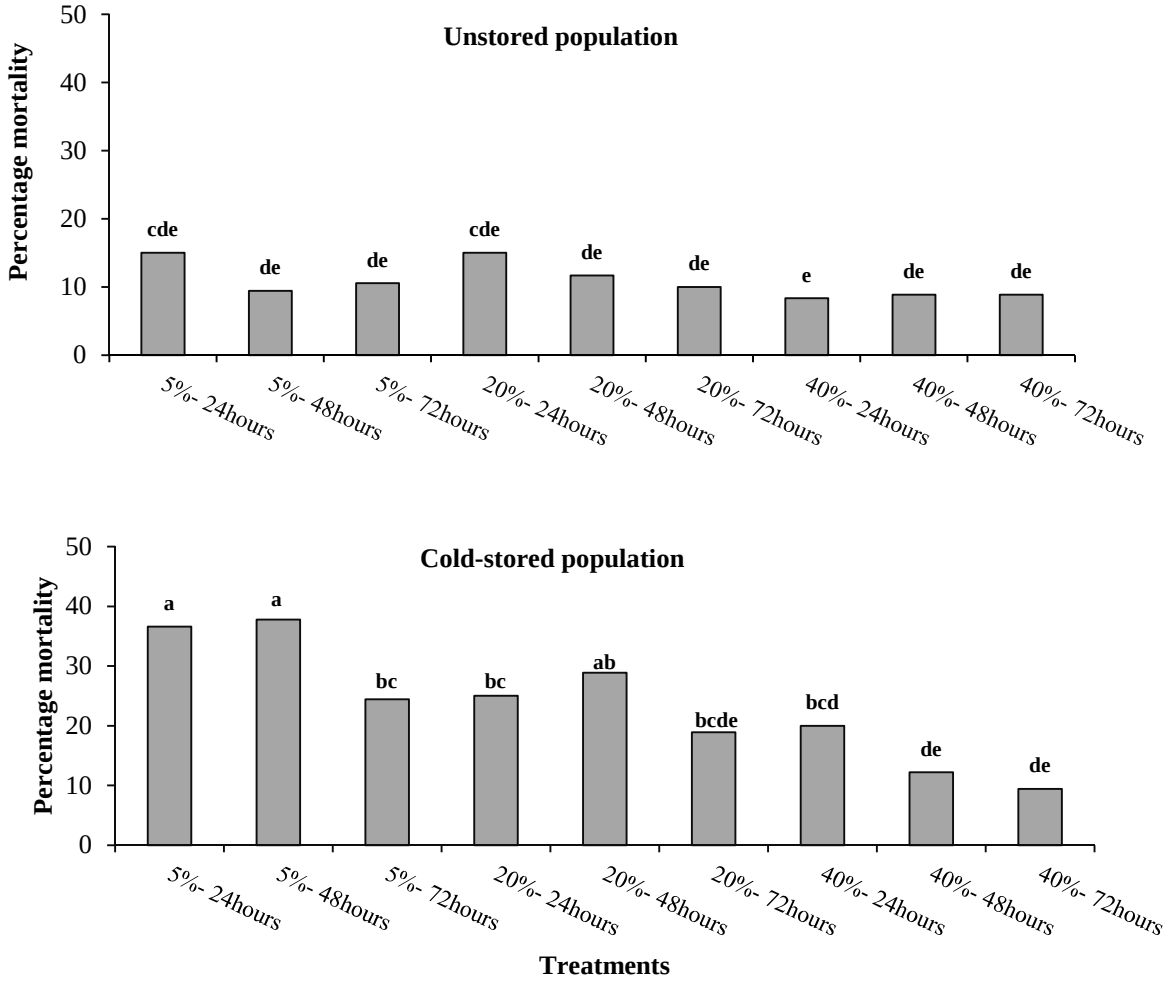
بیش‌ترین درصد مرگ و میر در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در یخچال، ۵/۴±۳۷/۸ درصد (ترکیب تیماری آب‌عسل ۵ درصد–۴۸ ساعت تغذیه) بود، در حالی که بیش‌ترین میزان مرگ و میر در جمعیت‌های ذخیره‌سازی نشده، ۱/۴۳±۱۵ درصد (ترکیب تیماری آب‌عسل ۵ درصد–۲۴ ساعت تغذیه) اندازه‌گیری شد. از سوی دیگر، تاثیر منفی ذخیره‌سازی در یخچال بر زنده‌مانی زنبورهای نر در غلظت ۵ درصد شدیدتر بود و با افزایش غلظت به ۴۰ درصد و طولانی‌تر شدن مدت زمان تغذیه، اختلاف بین درصد مرگ و میر در تیمارهای ذخیره‌سازی شده و ذخیره نشده کم‌تر و غیرمعنی‌دار شد (شکل ۱).

مرگ و میر زنبورهای ماده

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که نحوه‌ی اثر فاکتورها بر درصد مرگ و میر زنبورهای ماده تا حدود زیادی شبیه زنبورهای نر بود. اثرات غلظت ماده‌ی قندی و طول مدت ذخیره‌سازی در سطح احتمال یک درصد (به ترتیب، $F_{2, 90}=$ 17.8, P<0.0001 و $F_{2, 90}=$ 5.28, P=0.007) و اثر مدت زمان تغذیه در سطح احتمال ۵ درصد($F_{2, 90}=$ 3.74, P=0.028) بر مرگ و میر زنبورهای ماده معنی‌دار بودند. اگر چه مرگ و میر زنبورهای ماده همانند زنبورهای نر تحت تاثیر ذخیره‌سازی در یخچال قرار گرفت اما شدت این تاثیر به مراتب از زنبورهای نر کم‌تر بود. به طوری که از میان ۹ ترکیب تیماری (غلظت ماده‌ی قندی × مدت زمان تغذیه)، فقط در یک ترکیب تیماری (۵ درصد–۴۸ ساعت) مرگ و میر زنبورهای ماده‌ی ذخیره شده در یخچال از زنبورهای ذخیره نشده بیش‌تر بود و در سایر ترکیب‌های تیماری، بین درصد مرگ و میر زنبورهای ماده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲).

تاثیر غلظت آب‌عسل بر درصد مرگ و میر زنبورهای ماده بر حسب شرایط ذخیره‌سازی و مدت زمان تغذیه متفاوت بود؛ در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در یخچال و در مدت تغذیه ۲۴ ساعت، بین غلظت‌های سه‌گانه از نظر تاثیر بر مرگ و میر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مقابل، در مدت‌زمان‌های ۴۸ و ۷۲ ساعت با افزایش غلظت آب‌عسل از ۵ درصد به ۲۰ درصد، تلفات زنبورهای ماده کاهش معنی‌داری یافت اما بین درصد مرگ و میر در غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در جمعیت‌های ذخیره‌سازی نشده در یخچال و در هر سه مدت زمان تغذیه، غلظت آب‌عسل بر درصد مرگ و میر زنبورهای ماده در سه روز اول زندگی تاثیر معنی‌داری نداشت (شکل ۲).

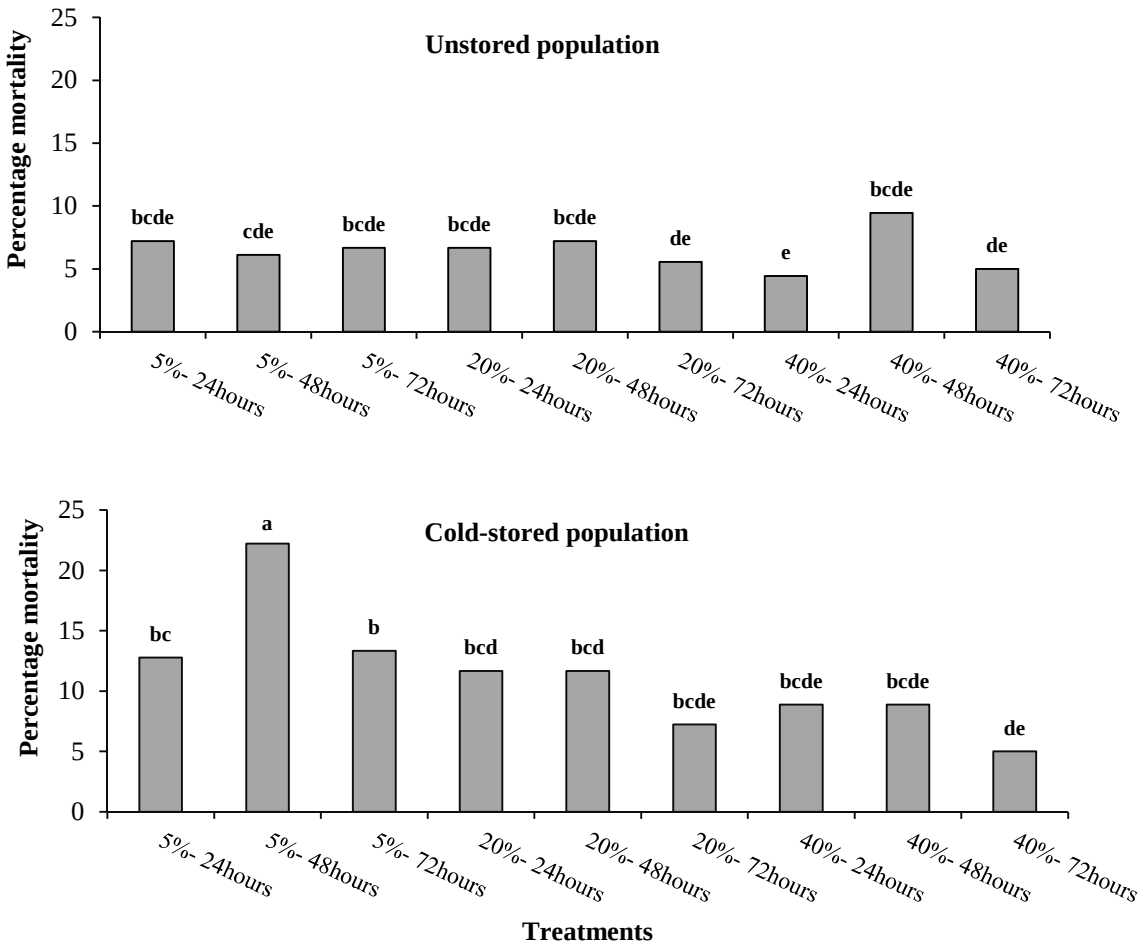
روند تاثیر مدت زمان تغذیه بر درصد مرگ و میر زنبورهای ماده مشابه زنبورهای نر بود؛ در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در یخچال فقط در غلظت ۵ درصد با افزایش مدت زمان تغذیه از ۲۴ ساعت به ۴۸ ساعت، درصد مرگ و میر زنبورهای ماده به طور معنی‌داری افزایش یافت. اما در سایر ترکیب‌های تیماری، مدت زمان تغذیه بر مرگ و میر زنبورهای ماده تاثیر معنی‌داری نداشت. همچنین، در جمعیت‌های بدون ذخیره‌سازی، مدت زمان تغذیه بر درصد مرگ و میر زنبورهای ماده تاثیر معنی‌داری نداشت (شکل ۲).



*Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level (LSD test).

شکل ۱- درصد مرگ و میر زنبورهای نر *Bracon hebetor* پس از مدت‌زمان‌های مختلف تغذیه از سه غلظت آب‌عسل در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در سرما و بدون ذخیره‌سازی.

Figure 1. Mortality percentage of adult males of *Braconhebetor*after different periods of feeding on three concentrations of honey solution in cold-stored and unstored populations.



* Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level (LSD test).

شکل ۲- درصد مرگ و میر زنبورهای ماده‌ی *Bracon hebetor* پس از مدت‌زمان‌های مختلف تغذیه از سه غلظت آب‌عسل در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در سرما و بدون ذخیره‌سازی

Figure 2. Mortality percentage of adult females of *Bracon hebetor* after different periods of feeding on three concentrations of honey solution in cold-stored and unstored populations

طول عمر زنبورهای نر

نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که در شرایط بدون ذخیره‌سازی، غلظت ماده‌ی قندی (آب‌عسل) بر طول عمر زنبورهای نر تاثیر معنی‌داری نداشت ($F_{2, 27}= 0.53$; $P=0.597$) و با افزایش غلظت ماده‌ی قندی از ۵ درصد به ۴۰ درصد، طول عمر زنبورهای نر بدون تغییر معنی‌دار از ۸/۹۷ روز به ۱۰/۰۷ روز رسید (جدول ۱). در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در یخچال نیز غلظت ماده قندی بر طول عمر زنبورهای نر تاثیر معنی‌داری نداشت ($F_{2, 81}= 1.66$; $P=0.196$). در تیمارهای ۴۸ و ۷۲ ساعت، طول عمر زنبورهای نر تغذیه شده با سه غلظت ۵، ۲۰ و ۴۰ درصد تفاوت معنی‌داری با همدیگر نداشتند. اما در تیمار ۲۴ ساعت، طول عمر زنبورهای نر تغذیه شده با آب عسل ۴۰ درصد از دو غلظت دیگر به طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ۱).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تاثیر مدت زمان تغذیه بر طول عمر زنبورهای نر ذخیره‌سازی شده در یخچال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($F_{2, 81}= 14.23$, $P<0.0001$) اما اثر متقابل غلظت × مدت زمان تغذیه بر طول

عمر زنبورهای نر معنی‌دار نبود ($F_{4, 81}$= 2.18, P=0.078). در هر سه غلظت مورد آزمایش، با افزایش مدت زمان تغذیه از ۲۴ ساعت به ۴۸ ساعت، طول عمر زنبورهای نر ذخیره‌سازی شده در یخچال تغییر معنی‌داری نکرد، اما با افزایش مدت زمان تغذیه به ۷۲ ساعت، طول عمر زنبورهای نر کاهش معنی‌داری یافت. در بین کلیه‌ی ترکیب‌های تیماری مورد بررسی، زنبورهای نری که پیش از ذخیره‌سازی به مدت ۲۴ ساعت با آب‌عسل ۴۰ درصد تغذیه شده بودند، از بیش‌ترین طول عمر (۲۱/۳ روز) و زنبورهای نری که ۷۲ ساعت با آب‌عسل ۴۰ درصد تغذیه شده بودند از کم‌ترین طول عمر (۸/۱۷ روز) برخوردار بودند (جدول ۱).

طول عمر زنبورهای ماده

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس، غلظت ماده‌ی قندی در شرایط بدون ذخیره‌سازی، بر طول عمر زنبورهای ماده تاثیر معنی‌داری داشت ($F_{2, 27}$= 5.29; P=0.011) به طوری که با افزایش غلظت ماده‌ی قندی از ۵ درصد به ۴۰ درصد، طول عمر زنبورهای ماده از ۱۴ روز به ۱۷/۸۳ روز افزایش یافت (جدول ۱). در مقابل، در جمعیت‌های ذخیره‌سازی شده در یخچال غلظت ماده قندی بر طول عمر زنبورهای ماده تاثیر معنی‌داری نداشت ($F_{2, 81}$= 1.67; P=0.195).

همچنین، بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها، اثر مدت زمان تغذیه بر طول عمر زنبورهای ماده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($F_{2, 81}$= 10.8; P<0.0001). روند تاثیر مدت زمان تغذیه بر طول عمر زنبورهای ماده تا حدود زیادی با زنبورهای نر مشابه بود؛ در هر سه غلظت مورد آزمایش، با افزایش مدت زمان تغذیه از ۲۴ ساعت به ۴۸ ساعت، طول عمر زنبورهای ماده تغییر معنی‌داری نکرد، اما در تیمار ۷۲ ساعت، طول عمر زنبورهای ماده در مقایسه با دو مدت زمان دیگر کاهش معنی‌داری یافت. در بین تمام ترکیب‌های تیماری مورد بررسی، زنبورهای ماده‌ای که پیش از ذخیره‌سازی به مدت ۲۴ ساعت با آب‌عسل ۴۰ درصد تغذیه شده بودند از بیش‌ترین طول عمر (۲۲/۹ روز) و زنبورهای ماده‌ای که ۷۲ ساعت با آب‌عسل ۴۰ درصد تغذیه شده بودند از کم‌ترین طول عمر (۹/۷ روز) برخوردار بودند (جدول ۱).

زادآوری و قدرت پارازیتیسم

نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که در شرایط بدون ذخیره‌سازی، غلظت آب‌عسل بر زادآوری (تعداد تخم‌های گذاشته شده در طول عمر زنبور ماده) و قدرت پارازیتیسم (تعداد لاروهای میزبان فلج شده در طول عمر زنبور ماده) زنبورهای ماده تاثیر معنی‌داری داشت (به ترتیب، $F_{2, 27}$= 16.71; P<0.01 و $F_{2, 27}$= 5.3; P=0.011). میانگین زادآوری زنبورهای ماده در سه غلظت ۵، ۲۰ و ۴۰ درصد به ترتیب ۱۲۸/۹، ۱۰۸/۳۳ و ۲۳۰/۳ عدد تخم/طول عمر و میانگین قدرت پارازیتیسم آن‌ها در این سه غلظت به ترتیب ۹۶/۷، ۸۳/۷۳ و ۱۴۰/۳ عدد لارو میزبان/ طول عمر زنبور اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

در زنبورهای ذخیره‌سازی شده در یخچال، اثر غلظت ماده‌ی قندی بر زادآوری زنبورهای ماده معنی‌دار نبود ($F_{2, 81}$= 2.2; P=0.118) اما قدرت پارازیتیسم (فلج‌کنندگی) زنبورهای ماده را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد ($F_{2, 81}$= 3.77; P=0.027). همچنین بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها، اثر مدت زمان تغذیه بر زادآوری و قدرت پارازیتیسم زنبورهای ماده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (به ترتیب، $F_{2, 81}$= 9.02; P=0.0003 و $F_{2, 81}$= 9.27; P=0.0002). در بین تمام ترکیب‌های تیماری، بیش‌ترین میانگین زادآوری (۳۳۰/۹ عدد تخم در طول عمر یک زنبور ماده) و قدرت پارازیتیسم (۱۷۳/۳ عدد لارو میزبان در طول عمر یک زنبور ماده) به زنبورهای ماده‌ای اختصاص داشت که مدت ۲۴ ساعت پیش از ذخیره‌سازی با آب‌عسل ۴۰ درصد تغذیه شده بودند. این میزان زادآوری و قدرت پارازیتیسم به طور معنی‌داری از زنبورهای ذخیره نشده در یخچال بیش‌تر بود. در مقابل، کم‌ترین میانگین زادآوری (۸۷/۹ عدد تخم در طول عمر یک زنبور ماده) و قدرت پارازیتیسم (۷۰/۵ عدد لارو میزبان در طول عمر یک زنبور ماده) به زنبورهای ماده‌ای تعلق داشت که پیش از ذخیره‌سازی به مدت ۷۲ ساعت به ترتیب با آب‌عسل ۴۰ و ۲۰ درصد تغذیه شده بودند (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین طول عمر، زادآوری و قدرت پارازیتیسم زنبور *Bracon hebetor* در ترکیب‌های تیماری مختلف (غلظت ماده‌ی قندی× مدت زمان تغذیه × شرایط ذخیره‌سازی)

Table 1. Means (±SE) of longevity, fecundity and parasitism ability of *B. hebetor* in different treatments (sugar concentration × feeding duration × storage condition)

Treatments	Male longevity (day)	Female longevity (day)	Fecundity (Eggs/female/life time)	Parasitism ability (Paralyzed host larvae/female)
5%- not cold stored	8.97±1.1de	14±0.8cde	128.9±21.4cde	96.70±19.1cde
20%-not cold stored	8.17±0.55e	13.4±0.84de	108.3±12.6cde	83.70±7.7de
40%-not cold stored	10.07±1.6de	17.8±1.4abcd	230.3±12.1b	140.3±8.6abc
5%- 24hrs- cold stored	16.10±2.2bc	15.3±3.5bcde	189.7±59.7bcd	102.5±28.3bcde
5%- 484hrs- cold stored	16.5±1.3abc	14.6±1.9cde	112.6±35.1cde	79.60±16.9e
5%- 72hrs- cold stored	12.8±1.9cde	13.1±1.5de	119.6±24.8cde	87.80±12.6de
20%- 24hrs- cold stored	13.6±3.6cd	18.3±3.7abcd	184.3±31.7bcd	156.9±24.5a
20%- 484hrs- cold stored	17.6±1.4abc	19.8±1.9abc	257.0±39.9ab	152.4±15.2ab
20%- 72hrs- cold stored	8.90±1.8de	9.80±2.4e	100.1±34.5de	70.50±20.6e
40%- 24hrs- cold stored	21.3±1.5a	22.9±2.1a	330.9±46.6a	173.3±18.1a
40%- 484hrs- cold stored	19.4±1.1ab	21±1.4ab	197.9±34.5bc	133.7±16.6abcd
40%- 72hrs- cold stored	8.17±1.9e	9.70±1.7e	87.90±24.7e	77.30±15.4e

* Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level (LSD test).

بحث

نیاز زنبورهای پارازیتویید به ماده‌ی قندی تاکنون از جنبه‌های مختلف مانند نوع قند، غلظت ماده‌ی قندی و منبع تامین کننده‌ی ماده‌ی قندی (شهد گل‌ها یا عسلک) مورد بررسی قرار گرفته است (Heimpel *et al*., 1997; Siekmann *et al*., 2001; Azzouz *et al*., 2004; Wu *et al*., 2008; Yazdanian *et al*., 2014; Ashraf *et al*., 2017). تاثیر تغذیه از مواد قندی (به ویژه اثرات احتمالی غلظت و مدت زمان تغذیه) بر مقاومت پارازیتوییدها به سرما یکی از جنبه‌هایی است که کم‌تر مورد توجه محققان قرار گرفته است (Colinet and Boivin, 2011).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش غلظت آب‌عسل از ۵ درصد به ۴۰ درصد، طول عمر و قدرت تخمگذاری و پارازیتیسم زنبورهای ماده *B. hebetor* در جمعیت‌های ذخیره‌سازی نشده در یخچال (پرورش طبیعی) به میزان قابل توجهی افزایش یافت که این نتیجه با یافته‌های یزدانیان و همکاران (Yazdanian *et al*., 2014) و اشرف و همکاران (Ashraf *et al*., 2017) انطباق داشت. یافته‌های این دو پژوهشگر به ترتیب نشان داد که تغذیه از ماده‌ی قندی (مخلوط گلوکز، فروکتور و ساکارز) با غلظت ۳۰ درصد و آب‌عسل ۵۰ درصد، بهترین تاثیر را بر طول عمر و زادآوری زنبورهای ماده داشت و در غلظت‌های پایین‌تر و بالاتر از این دو مقدار، طول عمر و تولید نتاج زنبورهای ماده به میزان چشمگیری کاهش یافت.

اگر چه نتایج بیش‌تر گزارش‌ها حاکی از تاثیر مثبت تغذیه از ماده‌ی قندی بر ویژگی‌های زیستی و تولیدمثلی زنبورهای پارازیتویید می‌باشد، اما نوع و غلظت ماده‌ی قندی مناسب برای تغذیه‌ی پارازیتوییدها بسیار متنوع گزارش شده‌اند (Azzouz *et al*., 2004; Wu *et al*., 2008; Yazdanian *et al*., 2014; Ashraf *et al*., 2017). نتایج برخی پژوهش‌ها در خصوص مقایسه‌ی عسل با سایر مواد قندی مانند ساکارز (آب‌قند) و عسلک حاکی از ارزش غذایی بیش‌تر عسل و تاثیر بهتر آن بر طول عمر و زادآوری حشرات کامل پارازیتوییدها می‌باشد (Wyckhuys *et al*., 2008; Ashraf *et al*., 2017)، که این امر ممکن است ناشی از تنوع بسیار زیاد قندها (حاوی بیش از ۳۰ ترکیب قندی مختلف که فرکتوز و گلوکز سهم بیش‌تری دارند)، عناصر ریزمغذی، انواع ویتامین‌ها و آنزیم‌ها در عسل باشد (Gonzalez-Paramas and Santos-Buelga, 2017). به همین دلیل، در بسیاری از پرورش‌های آزمایشگاهی (از جمله پژوهش حاضر)، محلول آب‌عسل به عنوان غذای حشرات کامل زنبور *B. hebetor* مورد استفاده قرار گرفته است (Carillo *et al*., 2005; Amir-Maafi and Chi, 2006; Chen *et al*., 2011; Saadat *et al*., 2014;

Ashraf *et al*., 2017). غلظت بهینه‌ی ماده‌ی قندی برای حشرات کامل زنبورهای پارازیتویید نیز ممکن است بر حسب نوع ماده‌ی قندی متفاوت باشد. با توجه به این که عسل در مقایسه با ترکیبات ساده‌ی قندی مثل ساکارز و فروکتوز علاوه بر ترکیبات قندی حاوی عناصر معدنی و ریزمغزی‌ها نیز می‌باشد، بنابراین افزایش بیش از حد غلظت آن و در نتیجه، بالا رفتن مقادیر این عناصر و ریزمغذی‌ها ممکن است پیامدهایی منفی برای زنبور به دنبال داشته باشد. از سوی دیگر، با توجه به این که غلظت شهد گل‌ها در شرایط طبیعی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد گزارش شده است (Wu *et al*., 2008)، بنابراین از نظر تکاملی، پارازیتوییدها برای تغذیه از این دامنه‌ی غلظت سازگاری و تمایل بیش‌تری دارند (Yazdanian *et al*., 2014) و غلظت‌های بالاتر یا پایین‌تر از آن ممکن است بر طول عمر و زادآوری زنبور تاثیر منفی بگذارند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغذیه‌ی حشرات کامل زنبور *B. hebetor* از آب‌عسل ۴۰ درصد موجب مقاوم‌تر شدن آن‌ها به سرما و کاهش چشمگیر تلفات آن‌ها در طول ذخیره‌سازی در یخچال شد. به طور کلی، انتظار می‌رود در پارازیتوییدهایی که به شکل حشره‌ی کامل ذخیره می‌شوند (مانند *B. hebetor*)، تغذیه‌ی حشرات کامل از مواد قندی پیش، در حین یا پس از ذخیره‌سازی موجب افزایش مقاومت به سرما و کاهش تلفات ناشی از آن شود (Colinet and Boivin, 2011). اگر چه تاکنون در خصوص تاثیر تغذیه از ماده‌ی قندی بر مقاومت زنبور *B. hebetor* به سرما گزارشی منتشر نشده است، اما نتایج به دست آمده در خصوص تحمل گونه‌های دیگر خانواده‌ی Braconidae مانند *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Riddick, 2001) و *Apanteles galleriae* Wilkinson (Uçkan and Ergin, 2003) به سرما با نتایج پژوهش حاضر منطبق می‌باشد. به طور کلی، وقوع گرسنگی در اثر عدم دسترسی به مواد قندی یا تغذیه از مواد قندی رقیق موجب کاهش چشمگیر و سریع ذخایر لیپید و گلیکوژن در بافت‌های بدن زنبور *B. hebetor* می‌شود (Gunduz *et al*., 2010; Gunduz *et al*., 2011). بررسی تاثیر تغذیه از مواد قندی بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و لیپیدها در زنبور پارازیتویید *Macrocentrus grandii* Goidanich (Braconidae) نیز نتایج مشابهی را نشان داد به طوری که گرسنگی موجب کاهش سطح گلیکوژن و ترهالوزشد (Olson *et al*., 2000). اگر چه در پژوهش حاضر مقادیر کربوهیدرات‌ها و لیپیدها در بافت‌های بدن زنبور پس از تغذیه از غلظت‌های مختلف آب‌عسل اندازه‌گیری نشد اما تغذیه از غلظت‌های پایین آب‌عسل احتمالاً موجب کاهش سطح این ترکیبات در بدن زنبور و در نتیجه، افزایش میزان مرگ و میر و کاهش طول عمر و زادآوری آن بویژه پس از قرار گرفتن در معرض سرما می‌شود.

در پژوهش حاضر، علاوه بر غلظت ماده‌ی قندی، تاثیر مدت زمان تغذیه‌ی پیش از ذخیره‌سازی بر میزان مقاومت حشرات کامل زنبور *B. hebetor* به سرما نیز بررسی شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مدت زمان تغذیه از غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ درصد، روی میزان مرگ و میر زنبورها در طول ذخیره‌سازی در سرما تاثیر معنی‌داری نداشت. در غلظت ۵ درصد، اگرچه با افزایش مدت زمان تغذیه از ۲۴ به ۷۲ ساعت، مرگ و میر زنبورها به ویژه افراد نر کاهش محسوسی یافت اما این کاهش نتوانست اثر منفی غلظت پایین ماده‌ی قندی را جبران کند. از سوی دیگر، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش مدت زمان تغذیه از ۲۴ ساعت به ۴۸ ساعت، طول عمر، زادآوری و قدرت پارازیتیسم زنبور *B. hebetor* تغییر چندانی نکرد، اما با طولانی‌تر شدن مدت زمان تغذیه و رسیدن آن به ۷۲ ساعت، میانگین این ویژگی‌ها در زنبور به طور چشمگیری کاهش یافت. در خصوص تاثیر مدت زمان تغذیه‌ی پیش از ذخیره‌سازی بر مقاومت زنبور *B. hebetor* به سرما تاکنون گزارشی منتشر نشده است، اما یافته‌های علی‌آبادی (Aliabadi, 2015) نشان داد که یک نوبت تغذیه‌ی حشرات کامل این پارازیتویید با آب‌عسل پیش از ذخیره‌سازی در یخچال (البته بدون بررسی اثرات غلظت ماده‌ی قندی و مدت زمان تغذیه)، باعث کاهش چشمگیر تلفات ناشی از سرما شد اما انجام تغذیه‌ی نوبت دوم در حین ذخیره‌سازی بر درصد مرگ و میر طول عمر زنبورهای ماده تاثیر مثبت چندانی نداشت. یافته‌های یزدانیان و همکاران

(Yazdanian *et al*., 2014) نیز نشان داد که تغذیه‌ی روزانه‌ی زنبور *B. hebetor* از ماده‌ی قندی در مقایسه با تغذیه‌های یک‌روز در میان، دو روز در میان، سه روز در میان و چهار روز در میان موجب افزایش چشمگیرتر طول عمر و تولید نتاج شد.

تاثیر احتمالی افزایش مدت زمان تغذیه از ماده‌ی قندی بر مقاومت یک پارازیتویید به سرما ممکن است ناشی از دریافت حجم بیش‌تری از ماده‌ی قندی یا افزایش سن پارازیتویید باشد. با افزایش مدت زمان تغذیه پیش از ذخیره‌سازی اگر چه زنبور پارازیتویید حجم بیش‌تری از ماده‌ی قندی را دریافت می‌کند، اما به همان اندازه، مسن‌تر می‌شود و این افزایش سن ممکن است در واکنش زنبور به سرما موثر باشد (Bowler and Terblanche, 2008). تاکنون درباره‌ی تاثیر سن حشرات کامل زنبور *B. hebetor* بر مقاومت به سرما گزارشی منتشر نشده است و بیش‌تر مطالعات انجام شده در این زمینه بر میزان مقاومت شفیره‌ها به سرما متمرکز بوده (Colinet and Boivin, 2011) و نتایج بسیار متنوعی هم گزارش شده است: یافته‌های فورستر و همکاران (Foerster *et al*., 2004) نشان داد که با افزایش سن، مقاومت شفیره‌های زنبورهای *Trissolcus basalis* (Wollaston) و *Telenomus podisi* Ashmead به سرما بیش‌تر شد. در مقابل، مقاومت شفیره‌های جوان (یک‌روزه) زنبور *Aphidius rhopalosiphi* DeStefani-Peres نسبت به سرما بیش‌تراز شفیره‌های مسن (سه روزه) گزارش شده است (Levie *et al*., 2005). به طور کلی، به نظر می‌رسد که چگونگی تاثیر سن بر مقاومت پارازیتوییدها به سرما بر حسب سایر عوامل مثل گونه‌ی پارازیتویید، مرحله‌ی نشوونمایی، دما و مدت‌زمان ذخیره‌سازی متغیر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بررسی‌های میدانی در انسکتاریوم‌های استان گلستان (محل انجام این تحقیق) نشان داد که در پرورش تجاری زنبور *B. hebetor* معمولاً از مواد قندی برای تغذیه‌ی حشرات کامل استفاده نمی‌شود و تنها در تعداد معدودی از انسکتاریوم‌ها، محلول آب‌عسل به طور نامنظم روی کابین‌های پرورش اسپری می‌شود. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تغذیه‌ی حشرات کامل این زنبور از آب‌عسل ۴۰ باعث افزایش چشمگیر طول عمر زنبورهای ماده و نیز قدرت تخمگذاری و پارازیتیسم آن‌ها شد. بنابراین، اسپری کردن آب‌عسل ۴۰ درصد بر دیواره‌ی کابین‌های پرورش این زنبور در انسکتاریوم‌ها توصیه می‌شود. از سوی دیگر، با توجه به ضرورت ذخیره‌سازی حشرات کامل این زنبور در دماهای پایین (یخچال)، برای حفظ کیفیت زنبورهای ذخیره‌سازی شده، تغذیه‌ی آن‌ها با آب‌عسل ۴۰ درصد و به مدت ۲۴ ساعت پیش از ذخیره‌سازی توصیه می‌شود، زیرا این تیمار موجب افزایش قابل‌توجه مقاومت زنبور به سرما، کاهش چشمگیر تلفات در حین ذخیره‌سازی و افزایش طول عمر، قدرت تخمگذاری و پارازیتیسم زنبورهای ماده پس از خروج از یخچال شد.

سپاسگزاری

از سرکار خانم مهندس شهره محمدی (انسکتاریوم محمدآباد) و جناب آقای مهندس الیاس پقه (انسکتاریوم عطاآباد) به خاطر تامین کلنی اولیه‌ی زنبور پارازیتویید و تخم شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

Aliabadi, A. 2015. Feeding and mating effects on cold-storage efficacy of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). Msc. thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (In Persian).

Ahmad, S., and Ahmad, M. 2006. Toxicity of some insecticides on *Bracon hebetor* under laboratory conditions. *Phytoparasitica* 34: 401-404.

Ahmed, M. S. H., Al-Maliky, S. K., Al-Taweel, A. A., Jabo, N. F. and Al-Hakkak, Z. S. 1985. Effect of three temperature regimes on rearing and biological activities of *Bracon hebetor* (Say)(Hymenoptera: Braconidae).**Journal of Stored Products Researches**, 21(2): 65-68.

Amir-Maafi, M., and Chi, H. 2006. Demography of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) on two pyralid hosts (Lepidoptera: Pyralidae). **Annals of the Entomological Society of America** 99: 84-90.

Ashraf, S., Zain ul Abedin-Abbas Ab. S. K., Ahmad Khan, R. S., Tahir, M., Rasool, S., Anwar, M., and Hussain, F. 2017. Effect of different diet concentrations on longevity and fecundity of parasitic wasp *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). **Pakistan Journal of Zoology** 49(3): 761-767.

Azzouz, H., Giordanengo, P., Wackers, F. L., and Laure, K. 2004. Effects of feeding frequency andsugar concentration on behavior and longevity of the adult aphid parasitoid: *Aphidius ervi*(Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control** 31: 445-452.

Bayram, A., Ozcan, H., and Kornosor, S. 2005. Effect of cold storage on the performance of *Telenomus busseolae* Gahan (Hymenoptera: Scelionidae), an egg parasitoid of *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre) (Lepidoptera: Noctuidae). **Biological Control** 35: 68-77.

Bowler, K., and Terblanche, ?2008. Insect thermal tolerance: what is the role of ontogeny, ageing and senescence? **Biological Review** 83: 339-355.

Carrillo, M. A., Heimpel, G. E., Moon, R. D., Cannon, C. A., and Hutchison, W. D. 2005. Cold hardiness of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of pyralid moths. **Journal of Insect Physiology** 51: 759-768.

Chen, H., Opit, G.P., Sheng, P., and Zhang, H. 2011. Maternal and progeny quality of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) after cold storage. **Biological Control** 58: 255-261.

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

Chen, W. L., Leopold, R. A., and Harris, M. O. 2008. Cold storage effects on maternal and progeny quality of *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mymaridae). **Biological Control** 46: 122-132.

Colinet, H., and Boivin, G. 2011. Insect parasitoids cold storage: A comprehensive review of factors of variability and consequences. **Biological Control** 58: 83-95.

Colinet, H., and Hance, T. 2010. Interspecific variation in the response to lowtemperature storage in different aphid parasitoids. **Annals of Applied Biology** 156: 147-156.

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.

Foerster, L.A., Doetzer, A.K., de Castro, L.C.F. 2004. Emergence, longevity and fecundity of *Trissolcus basalis* and *Telenomus podisi* after cold storage in the pupal stage. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 39: 841-845.

Gonzalez-Paramas, A. M., and Santos-Buelga, C. 2017.Chemical Composition of Honey. In: Alvarez-Suarez, J.M. (ed.). Bee Products-Chemical and Biological Properties. Springer, pp. 43-82.

Gündüz, E.A., Gulel, A., Işitan, O.V., Boz, A., and Cesur, O. 2010. Effects of sugar feeding on lipid, glycogen, and total sugar levels of a female parasitoid, *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 34: 343-347.

Gündüz, E.A., Gulel, A., Işitan, O.V., Gülel, A., Boz, A., and Polat, P. 2011. Lipid, total sugar and glycogen composition in the parasitoid, *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae) during starvation. **Turkish Bulletin of Entomology** 1(4): 221-227.

Hamzehpour Chenari, E. 2013. Effect of cold storage on development and reproduction of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) under laboratory conditions. Msc. thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (In Persian).

Heimpel, G. E., Rosenheim, J. A., and Kattari, D. 1997. Adult feeding and lifetime reproductivesuccess in the parasitoid *Aphytis melinus.* **Entomologia Experimentalis et Applicata** 83: 305-315.

Işıtan, Ö.V., Gunduz, E. A., and Gulel, A. 2011.Protein and lipid amounts of the parasitoid *Bracon hebetor*Say (Hymenoptera: Braconidae) at constant and alternatingtemperatures. **Turkish Journal of Zoology** 35(5): 747-753

Leopold, R. A., and Chen, W. 2007. Cold storage of the adult stage of *Gonatocerusashmeadi* Girault: The impact on maternal and progeny quality. In: Esser, T., Blincoe, P., West, D., Mochel, M., and Veling, S. (Eds.), Proceedings of the 2007 Pierce's Disease Research Symposium, San Diego, CA, pp. 42-46.

Levie, A., Vernon, P., and Hance, T. 2005. Consequences of acclimation on survival and reproductive capacities of cold-stored mummies of *Aphidius rhopalosiphi* (Hymenoptera: Aphidiinae). **Journal of Economic Entomology** 98(3): 704-708.

Mahdavi, V., Saber, M., Rafiee-Dastjerdi, H., and Mehrvar, A. 2011. Comparative study of the population level effects of carbaryl and abamectin on larval ectoparasitoid *Habrobraconhebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). **BioControl** 56: 823-830.

Najafi Navaei, I., Taghizadeh, M., Javanmoghaddam, H., Oskoo, T. and Attaran, M. R. 2002. Efficiency of parasitoid wasps, *Trichogramma pintoii* and *Habrobracon hebetor* against *Ostrinia nubilalis* and *Helicoverpa* sp. on maize in Moghan. Proceedings of the 15th Iranian Plant Protection Congress. Razi University of Kermanshah, Iran, p.327.

Olson, D. M., Fadamiro, H., Lundgren, J. G., and Heimpel, G. E. 2000. Effects of sugar feeding on carbohydrate and lipid metabolism in a parasitoid wasp. **Physiological Entomology** 25: 17-26.

Pandey, R. R., and Johnson, M. W. 2005. Effects of cool storage on *Anagyrus ananatis* Gahan (Hymenoptera: Encyrtidae). **Biological Control** 35: 9-16.

Quicke, D. L. J. 2015. The Braconid and Ichneumonid Parasitoid Wasps: Biology, Systematics, Evolution and Ecology. Wiley-Blackwell, Oxford UK, 704 pp.

Riddick, E.W. 2001. Effect of cold storage on emergence, longevity, fertility, and survival of *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Entomological Science** 36, 366-379.

Rivers, D. B., Jr Lee, R. E., and Denlinger, D. L. 2000. Cold hardiness of the fly pupal parasitoid *Nasonia vitripennis* is enhanced by its host *Sarcophaga crassipalpis*. **Journal of Insect Physiology** 46: 99-106.

Saadat, D., Seraj, A. A., Goldansaz, S. H., and Karimzadeh, J. 2014. Environmental and maternal effects on host selection and parasitism success of *Bracon hebetor*. **BioControl** 59:297-306.

SAS Institute Inc. 2002. SAS System for Windows Version 9.0, Cary, NC, USA.

Siekmann, G., Tenhumberg, B., and Keller, M. A. 2001. Feeding and survival in parasitic wasps: sugar concentration and timing matter. **Oikos** 95: 425-430.

Singh, D., Singh, R.P., and Tripathi, C.P.M. 2014. Effect of temperature on life table statistics of *Bracon hebetor* Say. (Hymenoptera: Braconidae). **International Journal of Innovation and AppliedStudies** 7(2): 497-500.

Tunca, H., Yeşİl, A. N., and Çalişkan, T. F. 2014. Cold storage possibilities of a larval parasitoid, *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Turkish Journal of Entomology** 38 (1): 19-29.

Uçkan, F., and Ergin, E. 2003. Temperature and food source effects on adult longevity of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology** 32: 441-446.

Wu, H., Meng, L., and Li, B. 2008. Effects of feeding frequency and sugar concentrations on lifetime reproductive success of *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control** 45: 353-359.

Wyckhuys, K. A. G., Strange-Georgeb, J. E., Kulhanekb, C. A., Wackersc, F. L., and Heimpel, G. E. 2008. Sugar feeding by the aphid parasitoid Binodoxys communis: How does honeydew compare with other sugar sources? **Journal of Insect Physiology** 54: 481-491.

Yazdanian, M., Khabbaz Saber, H., and Afshari, A. 2014.Effect of sugar concentration and feeding frequency on adult's longevity and progeny production of the parasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **Plant Pests Research** 3(4): 1-16 (In Persian).

Yazdanian, 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 Persian).

Plant Pest Research
2019- 8(4): 55-69

Effect of sugar concentration and feeding duration on the cold tolerance of *Bracon hebetor* Say adults

A. Afshari[1*] and E. Nazari Fandokht[1]

1. Department of Plant Protection, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: January 5, 2019-Accepted: March 9, 2019)

Abstract

Cold storage is a general technique to long-term preservation of wasp parasitoid, *Bracon hebetor* in insectaries. The aim of this study was to investigate effects of honey solution concentration (5, 20 and 40%) and feeding duration (24, 48 and 72 hours) on the biological and reproductive characteristics of this parasitoidin both cold-stored and not-stored conditions. Adult parasitoids collected immediately after emergence and stored inside a refrigerator (5±1˚C) for 7 days, and mortality, longevity, fecundity and parasitism ability were subsequently assessed. In unstored populations, parasitoid longevity, fecundity and parasitism ability increased by sugar concentration and reached to their peaks in 40% honey solution (17.8±1.4 days, 230.3±12.1 eggs/female and 140.3±8.6 host larvae/ female, respectively). Moreover, sugar concentration and feeding duration significantly affected cold stored parasitoids quality. Adults feeding on high concentration of honey solution (40%), increased significantly their cold tolerance and longevity and fecundity after cold storage. 24-hour feeding on 40% honey solution before cold storage was the best treatment to keep parasitoid quality during cold storage. In this case, female longevity, fecundity and parasitism ability were estimated 22.9±2.1 days, 330.9±46.4 eggs/female and 173.3±18.1 host larvae/female, respectively. In conclusion, it seems that feeding wasps with a 40% honey solution for 24 hours before cold storage could be recommended to increase cold tolerance of adult *B. hebetor*.

Key words: Biological control, Mass rearing, Parasitoid, Cold-storage

*Corresponding author: Afshari@gau.ac.ir