

اثر مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی زنبور انگل‌واره‌ی *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) در سرما روی برخی پراسنجه‌های تولیدمثلی و واکنش تابعی آن روی لاروهای بید آرد *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae)

مهدی حسن‌پور*، علی گلی‌زاده و زهرا عابدی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hassanpour@uma.ac.ir

چکیده

زنبور انگل‌واره‌ی *Habrobracon hebetor* Say یکی از انگل‌واره‌های خارجی مهم مرحله‌ی لاروی بسیاری از آفات بال‌پولکدار می‌باشد. در این تحقیق، تأثیر ذخیره‌سازی حشرات کامل در دمای 4 ± 1 درجه‌ی سلسیوس در مدت زمان‌های مختلف شامل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز به همراه تیمار شاهد (بدون ذخیره‌سازی) روی زادآوری، درصد تفریح تخم و واکنش تابعی وابسته به سن این انگل‌واره در مدت زمان ۱۰ روز روی لاروهای سن آخر بید آرد، *Anagasta kuehniella* (Zeller) مورد بررسی قرار گرفت. لاروها در تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ به صورت جداگانه در اختیار زنبورهای انگل‌واره قرار داده شدند. آزمایش در شرایط دمایی 27 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. تعداد لاروهای فلج شده توسط هر زنبور ماده و تعداد تخم‌های گذاشته شده و تفریح شده به مدت ۱۰ روز به صورت روزانه در هر یک از تراکم‌ها و تیمارها ثبت شد. نتایج نشان داد که نوع واکنش تابعی در همه‌ی تیمارها و در تمام ۱۰ روز آزمایش از نوع دوم می‌باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین نرخ حمله به ترتیب در روز دهم تیمار شاهد (0.129 ± 0.016 بر ساعت) و روز ششم تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی (0.083 ± 0.047 بر ساعت) تخمین زده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین زمان دستیابی به ترتیب در روز هشتم تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی ($1/5849 \pm 0/1217$ ساعت) و روز اول تیمار شاهد ($0/3155 \pm 0/0176$ ساعت) محاسبه شد. کم‌ترین مقدار زادآوری، تفریح تخم زنبور و درصد لاروهای فلج شده‌ی میزبان در تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: زنبور انگل‌واره، ذخیره‌سازی سرمای، برهم‌کنش انگل‌واره-میزبان، زادآوری

The effect of different cold storage duration of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) on its some reproductive parameters and functional response on flour moth, *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae

Mahdi Hassanpour*, Ali Golizadeh¹ & Zahra Abedi

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

*Corresponding author, E-mail: hassanpour@uma.ac.ir

Abstract

Habrobracon hebetor Say is one of the most important ectoparasitoids of the larval stage of many lepidopterous pests. In this study, the effect of different cold storage duration (at $4 \pm 1^\circ\text{C}$) including 0 (Control), 10, 20 and 30 day were evaluated on fecundity, percentage of egg hatch as well as age-

specific functional response of *H. hebetor* to last instar of *Anagasta kuehniella* (Zeller) for 10 day. Different densities of 2, 4, 8, 16, 32, 64 and 128 of the host were offered separately to the parasitoids at 27 ± 1 °C, $65 \pm 5\%$ RH and a photoperiod of 16: 8 (L: D) h. The numbers of paralyzed larvae, produced and hatched eggs in each host density and treatment were recorded daily. The results revealed a type II functional response for all treatments. The highest and lowest values of attack rates were estimated in 10th day of control treatment (0.0816 ± 0.0129 h⁻¹) and 6th day of 30 day storage treatment (0.0474 ± 0.0083 h⁻¹), respectively. The highest and lowest handling time was observed in eighth day of 30 day storage treatment (1.5849 ± 0.1217 h) and in first day of control treatment (0.3155 ± 0.0176 h), respectively. The lowest values of fecundity and egg hatch of the parasitoid as well as percentage of paralyzed host larvae were obtained in 30 day storage treatment.

Key words: parasitoid wasp, cold storage, parasitoid-host interaction, fecundity

Received: 16 September 2018, Accepted: 16 June 2019.

مقدمه

زنبور انگل‌واره‌ی *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae) یکی از مهم‌ترین انگل‌واره‌های خارجی لاروهای حشرات خانواده‌ی Pyralidae و Noctuidae می‌باشد (Backer & Fabrick, 2000). این زنبور از توانایی بالایی برای پارازیت‌کردن لاروهای میزبان برخوردار بوده و در نقاط مختلف ایران به صورت انبوه در انستکاریوم‌ها پرورش داده شده و توسط زارعین به ویژه برای کنترل کرم غوزه‌ی پنبه رهاسازی می‌شود (Aliabadi, 2015). هزینه‌های پرورش حشرات مفید و تأمین مقدار کافی دشمنان طبیعی در زمان مناسب یکی از موانع اصلی گسترش کنترل بیولوژیک به روش اشباعی است (Colinet & Boivin, 2011). برخلاف آفت‌کش‌ها، عوامل مورد استفاده در کنترل بیولوژیک زمان نگهداری کوتاهی دارند، به همین دلیل باید در زمان کوتاهی قبل از رهاسازی تولید شوند. گسترش ذخیره‌سازی عوامل کنترل بیولوژیک، علاوه بر افزایش انعطاف‌پذیری در زمان تولید و امکان هم‌زمانی دشمنان طبیعی با دوره‌ی طغیانی آفت می‌تواند در کاهش هزینه‌های تولید انبوه نیز مؤثر باشد (Venkatesan *et al.*, 2000). در واحدهای تولید انبوه انگل‌واره‌ها، برای نگهداری آن‌ها در کوتاه‌مدت از دماهای پایین استفاده می‌شود. ذخیره‌سازی و نگهداری در دمای پایین یک روش مناسب برای افزایش طول عمر دشمنان طبیعی از جمله پارازیتوئیدها می‌باشد (Tezze & Botto, 2004). بر همین اساس، تعیین مناسب‌ترین زمان ذخیره‌سازی برای زنده نگهداشتن و سالم ماندن زنبورهای انگل‌واره و جلوگیری از مرگ‌ومیر و ظهور زنبورهای ناقص و رسیدن به کارایی و عملکرد بهتر انگل‌واره بسیار ضروری می‌باشد (Hance *et al.*, 2007).

واکنش تابعی، پاسخ رفتاری یک دشمن طبیعی نسبت به تغییرات تراکم میزبان خود می‌باشد (Solomon, 1949). این پدیده یکی از اجزای مهم در بررسی روابط بین دشمنان طبیعی و طعمه‌های آن‌ها بوده و یکی از معیارهای مورد استفاده در انتخاب دشمنان طبیعی برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک می‌باشد. واکنش تابعی پایه و اساس مطالعات شکارگری و پارازیتسم در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کلاسیک و کاربردی و نیز مدیریت تلفیقی آفات محسوب می‌شود (Enkegaard, 1994). واکنش تابعی وابسته به سن یا عمر انگل‌واره‌ها به دلیل داشتن رفتار تغذیه از میزبان و پارازیتسم از ویژگی‌های رفتاری انگل‌واره‌ها محسوب می‌شود که می‌تواند به صورت واکنش تابعی روزانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. واکنش تابعی وابسته به سن روی چند گونه از انگل‌واره‌ها و شکارگرها مورد بررسی قرار گرفته است. در بررسی (Carneiro *et al.* (2010)، واکنش تابعی وابسته به عمر زنبور انگل‌واره *Telenomus remus* Nixon (Hym.: Scelionidae) نسبت به تراکم‌های مختلف تخم-*Madahi* (2013) *et al.* واکنش تابعی وابسته به عمر را در کل دوره‌ی لاروی پشه‌ی شکارگر *Aphidoletes aphidimyza* (Lep.: Noctuidae) از نوع دوم گزارش شد. در بررسی دیگری (Rondani) (Dip.: Cecidomyiidae) با تغذیه از تراکم‌های مختلف شته‌ی افاقیا *Aphis craccivora* (Koch)

از نوع سوم گزارش نمودند. همچنین Tazerouni et al. (2017) واکنش تابعی وابسته به سنّ زنبور *Aphidius matricariae* Haliday (Hym.: Aphidiidae) را نسبت به شته‌ی جالیز، *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) در روزهای اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم زندگی زنبور از نوع سوم و در روز ششم از نوع دوم گزارش کردند. ایشان همچنین واکنش تابعی وابسته به عمر زنبور انگل‌واره‌ی *Praon volucre* (Haliday) (Hym.: Braconidae) را نسبت به همین میزبان از نوع دوم گزارش نمودند.

ذخیره‌سازی به عنوان یک روش مناسب برای پرورش انبوه زنبورهای براکون پیشنهاد شده است و گونه‌ی *H. hebetor* نیز به‌طور موفقیت‌آمیزی در دماهای ۴ (Alikhani et al., 2015) و ۵ درجه‌ی سلسیوس (Chen et al., 2013; Chen et al., 2011) نگهداری شده است. با توجه به اهمیت طول دوره‌ی ذخیره‌سازی، در این تحقیق تأثیر مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی حشرات کامل این زنبور انگل‌واره روی برخی پراسنجه‌های تولیدمثلی و واکنش تابعی وابسته به سنّ آن روی لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* (Zeller) مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های پرورش انبوه و رهاسازی این دشمن طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پرورش بید آرد، *A. kuehniella*

جمعیت اولیه‌ی بید آرد از کلنی موجود در آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. پرورش حشرات کامل در داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۰×۳۲×۲۲ سانتی‌متر صورت گرفت. به منظور تهویه، در قسمت درپوش ظروف پلاستیکی دریچه‌ای به ابعاد ۱۰×۱۵ سانتی‌متر ایجاد و با پارچه‌ی توری پوشانده شد. پس از ریختن مقداری (حدود ۲/۵ کیلوگرم) از مخلوط آرد گندم و سبوس (با نسبت ۵ به ۱) در داخل هر ظرف، با پخش ۰/۲ گرم تخم بید آرد روی آن به صورت یکنواخت، آلوده‌سازی انجام شد. سپس ظروف پرورش در اتاقک رشد با شرایط دمایی ۱±۲۷ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. به منظور پرورش و نگهداری جمعیت بید آرد، حشرات کامل با استفاده از یک آسپیراتور برقی روزانه از ظروف پرورش جمع‌آوری و به ظروف تخم‌گیری منتقل شدند. به منظور تخم‌گیری، از ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شفاف به قطر دهانه‌ی ۱۱ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. پس از انتقال حشرات کامل به این ظروف، دهانه‌ی آنها با پارچه‌ی توری پوشانده شده و سپس هر یک از این ظروف به صورت وارونه روی یک صفحه کاغذ سفید قرار داده شد. تخم‌ها به صورت روزانه از روی صفحات کاغذ جمع‌آوری و برای ادامه‌ی پرورش کلنی مورد استفاده قرار گرفتند.

پرورش زنبور انگل‌واره *H. hebetor*

کلنی اولیه‌ی زنبور براکون از یکی از انسکنتاریوم‌های منطقه‌ی مغان اردبیل تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه نسبت به پرورش آن اقدام شد. برای پرورش حشرات کامل زنبور از ظروف پتری پلاستیکی (به قطر ۹ سانتی‌متر) استفاده شد. برای امکان تهویه، دریچه‌ی گردی (به قطر ۳ سانتی‌متر) در سطح بالایی ظروف تعبیه و با پارچه‌ی توری مسدود شد. در داخل ظروف پرورش، یک نوار کاغذی آغشته به لایه‌ی نازک عسل برای تغذیه‌ی زنبورها قرار داده شد. در داخل هر ظرف، ۵۰ عدد لارو سنّ آخر بید آرد به همراه ۱۰ جفت زنبور نر و ماده رهاسازی و سپس ظروف مذکور در یک اتاقک رشد با شرایط محیطی مشابه بید آرد نگهداری می‌شدند. پس از ۲۴ ساعت، زنبورها با آسپیراتور دستی جمع‌آوری و به ظروف پرورش جدید انتقال داده می‌شد. ظروف حاوی لاروهای

پارازیته تا زمان ظهور حشرات کامل نسل جدید در شرایط مذکور نگهداری شدند. زنبورهای تازه ظاهر شده، برای ذخیره‌سازی و نیز تداوم نسل زنبور مورد استفاده قرار می‌گرفت (Abedi et al., 2014).

نحوه‌ی انجام آزمایش

برای بررسی اثر مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی روی پراسنجه‌های تولیدمثلی و واکنش تابعی زنبور انگل‌واره *H. hebetor*، تعدادی زنبور ماده با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت، پس از جفت‌گیری، برای مدت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز در دمای 1 ± 4 درجه‌ی سلسیوس نگهداری شدند. با توجه به احتمال از بین رفتن تعدادی از زنبورها در طی زمان ذخیره‌سازی، تعداد زنبور ذخیره‌سازی شده بیش از تعداد مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها (۲۰۰ عدد زنبور ماده برای هر تیمار) در نظر گرفته شد. پس از طی مدت زمان مورد نظر در هر یک از تیمارها، زنبورها برای چند ساعت در همان ظروف نگهداری در دمای اتاق قرار داده شدند تا افزایش دمای محیط برای آن‌ها به صورت تدریجی صورت گیرد. سپس، از زنبورهای سالم برای انجام آزمایش استفاده شد. هر یک از تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ عدد لارو سن آخر بید آرد به صورت جداگانه در اختیار یک عدد زنبور ماده قرار داده شد. برای حذف اثر جثه‌ی میزبان بر تعداد تخم گذاشته شده توسط زنبور انگل‌واره، از لاروهای هم‌اندازه در آزمایش‌ها استفاده شد. بعد از ۲۴ ساعت، تعداد لاروهای فلج شده و تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط زنبورها در هر تراکم لارو میزبان در هر تیمار شمارش و ثبت شد. با توجه به این‌که این زنبور ابتدا لاروهای میزبان را فلج نموده و سپس اقدام به تخم‌گذاری می‌کند و با در نظر گرفتن این نکته که معمولاً تعداد لاروهای پارازیت شده به مراتب کمتر از لاروهای فلج شده است و از سوی دیگر، تعدادی از تخم‌ها روی میزبان و تعدادی نیز با فاصله‌ی اندکی از آن گذاشته می‌شود (Antolin et al. 1995)، بنابراین برای ثبت دقیق پاسخ رفتاری زنبور انگل‌واره نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان، تعداد لاروهای فلج شده‌ی میزبان مورد توجه قرار گرفت. زنبورهای ماده به صورت روزانه به ظروف پتری جدید حاوی لاروهای میزبان سالم با همان تراکم‌های اولیه منتقل شده و آزمایش به همین منوال تا ۱۰ روز ادامه یافت. همچنین تعداد تخم‌های تفریخ شده در هر یک از تراکم‌ها و تیمارها برای مدت یک هفته به صورت جداگانه شمارش و ثبت شد. در تیمار شاهد از زنبورهای یک روزه‌ی جفت‌گیری کرده و بدون نگهداری در یخچال استفاده شد. آزمایش برای هر تراکم میزبان در هر تیمار ۱۰ بار تکرار شد.

تجزیه‌های آماری

تجزیه‌ی داده‌های واکنش تابعی در طی ۱۰ روز آزمایش در دو مرحله انجام شد. در مرحله‌ی اول، نوع واکنش تابعی از طریق رگرسیون لجستیک نسبت لاروهای فلج شده به تراکم اولیه‌ی لاروها تعیین شد، بدین صورت که داده‌ها به یک تابع چند جمله‌ای به شرح زیر برازش داده شدند:

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}$$

در این رابطه، N_e تعداد میزبان فلج شده؛ N_0 تعداد میزبان اولیه و P_0, P_1, P_2, P_3 پراسنجه‌هایی هستند که توسط مدل تخمین زده می‌شوند. این رگرسیون میزان شیب و منفی یا مثبت بودن شیب را در سه قسمت اصلی منحنی یعنی قسمت‌های خطی، درجه‌ی دو و درجه‌ی سه نشان می‌دهد. در مرحله‌ی دوم، پراسنجه‌های نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) برآورد شدند. با توجه به منفی شدن پراسنجه‌های نرخ حمله و زمان دستیابی در تعدادی از تیمارها در استفاده از فرمول راجرز، داده‌ها با مدل دیسک هولینگ (Holling, 1959):

$$N_e = \frac{aTN_0}{1 + aT_h N_0}$$

در این معادله، N_e تعداد میزبان فلج شده، N_0 تعداد میزبان اولیه، a نرخ حمله، T_h زمان دستیابی و T مدت زمان آزمایش (۲۴ ساعت) می‌باشد. برای محاسبه‌ی ضریب تبیین از فرمول ($r^2 = 1 - SS^2_{Residual}/SS^2_{Corrected}$) استفاده شد (Allahyari et al., 2004; Farrokhi et al., 2010). برای مقایسه‌ی پراسنجه‌های زادآوری و درصد تفریخ تخم زنبور و درصد لاروهای فلج شده‌ی بید آرد، تجزیه واریانس یک طرفه (one-way Anova) انجام و مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در نرم افزار SAS (SAS Institute, 2002) انجام شد. نمودارها در نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌ی رگرسیون لجستیک واکنش تابعی وابسته به سن زنبور انگل‌واره *H. hebetor* نسبت به تراکم‌های مختلف لاروهای *A. kuehniella* در تیمارهای مختلف مورد مطالعه (۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز ذخیره‌سازی در سرما) و شاهد (بدون ذخیره‌سازی) در طی مدت ۱۰ روز آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به منفی بودن علامت ضریب تخمین زده شده برای قسمت خطی منحنی، واکنش تابعی زنبور در شاهد و تمام تیمارهای مورد مطالعه در طی مدت ۱۰ روز آزمایش به صورت وابسته به تراکم معکوس و از نوع دوم بود. این نتایج نشان می‌دهد که طول دوره‌های مختلف ذخیره‌سازی و سن زنبور تأثیری در نوع واکنش تابعی آن نداشته است. هم‌سو با نتایج این تحقیق، (Asadi et al., 2012)، (Madahi et al., 2013) و (Nikbin et al., 2014) نیز در آزمایش‌های واکنش تابعی وابسته به سن گزارش نمودند که افزایش سن انگل‌واره‌ها یا شکارگرهای مورد مطالعه تأثیری در نوع واکنش تابعی آن‌ها نداشت. در بررسی صورت گرفته توسط (Asadi et al., 2012) واکنش تابعی وابسته به سن زنبور انگل‌واره (*Psyllaephagus zdeneki* Noyes & Fallahzadeh (Hym.: Encyrtidae) نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های پسیل زیتون *Euphyllura pakistanica* Loginova (Hem.: Psyllidae) از نوع دوم گزارش شد. در یک بررسی دیگر، (Madahi et al., 2013) واکنش تابعی وابسته به سن را در کل دوره‌ی لاروی پشه‌ی شکارگر *A. aphidimyza* با تغذیه از تراکم‌های مختلف شته‌ی آفاقیا، *A. craccivora* از نوع سوم گزارش نمودند. در تحقیق (Nikbin et al., 2014) نیز واکنش تابعی وابسته به سن زنبور انگل‌واره *Trichogramma brassicae* Bezdenko نسبت به تراکم‌های مختلف تخم‌های عقیم شده‌ی بید آرد، *A. kuehniella* از نوع دوم گزارش شد.

جدول ۱- مقادیر تخمین زده شده برای ضریب P_1 در تجزیه‌ی رگرسیون لجستیک نسبت لاروهای بید آرد،

Anagasta kuehniella فلج شده توسط زنبور انگل‌واره *Habrobracon hebetor* در تیمارهای مختلف

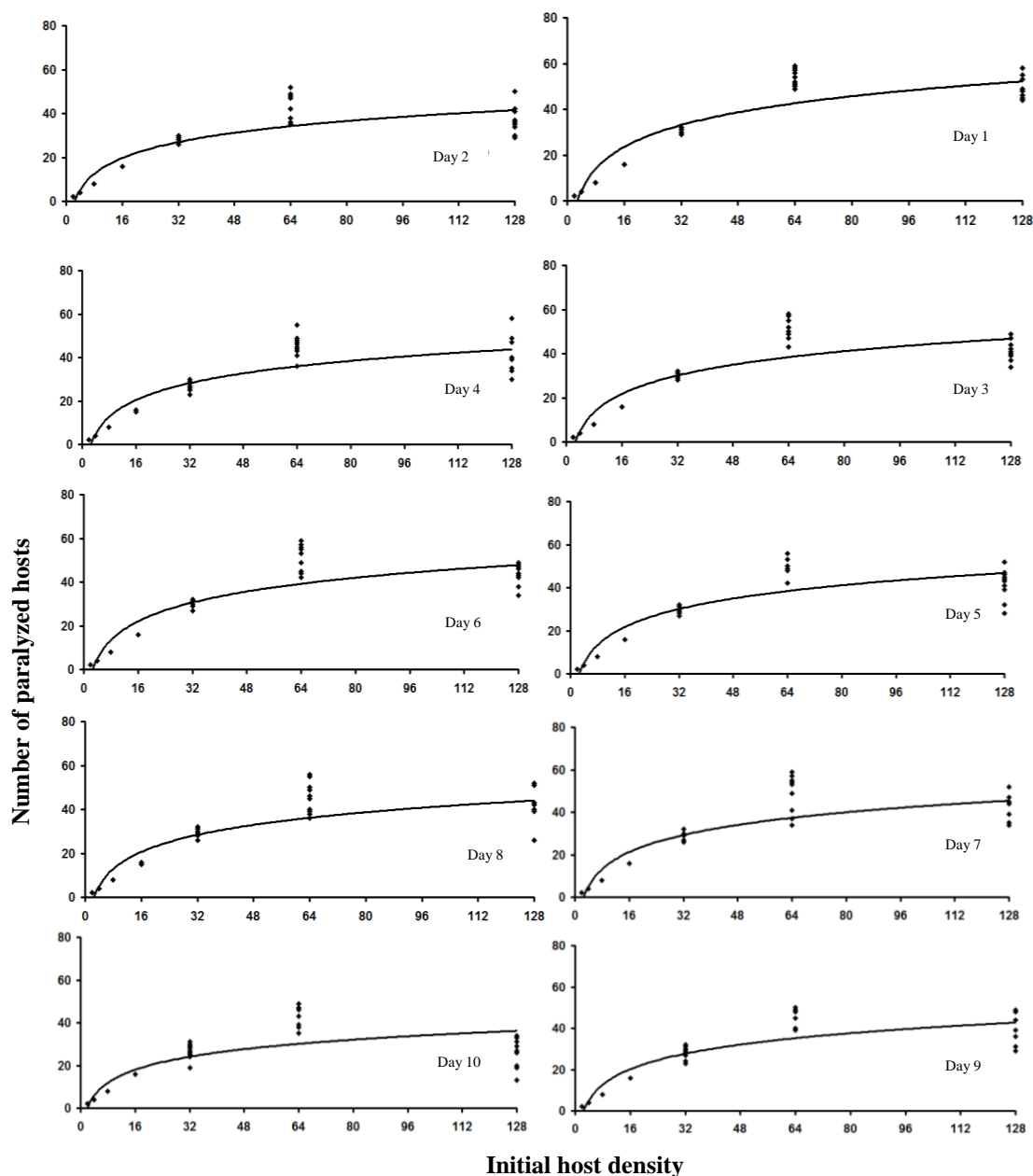
Table 1. The P_1 values estimated by the logistic regression analyses of the proportion of *Anagasta kuehniella* larvae paralyzed by *Habrobracon hebetor* in different treatments

Cold storage duration	Female age (Day)	P_1 (linear)	SE	χ^2	P-value
Control	1	-0.0735	0.0152	23.40	<0.0001
	2	-0.0857	0.0106	65.64	<0.0001
	3	-0.0792	0.0137	33.24	<0.0001
	4	-0.5269	0.1662	10.05	0.0015
	5	-0.0682	0.0121	31.55	<0.0001
	6	-0.0765	0.0131	33.87	<0.0001
	7	-0.0784	0.0122	41.19	<0.0001
	8	-0.4014	0.1640	5.99	0.0144
	9	-0.0801	0.0105	57.95	<0.0001
	10	-0.0645	0.00903	51.04	<0.0001
10 day	1	-0.0651	0.00978	44.24	<0.0001
	2	-0.0627	0.00770	66.24	<0.0001
	3	-0.3109	0.0746	17.36	<0.0001
	4	-0.2611	0.0737	12.55	0.0004
	5	-0.1873	0.0527	12.64	0.0004
	6	-0.3044	0.0601	25.67	<0.0001
	7	-0.2815	0.0745	14.29	0.0002
	8	-0.4715	0.1654	8.13	0.0044
	9	-0.3229	0.0954	11.45	0.0007
	10	-0.3232	0.1614	4.01	0.0453
20 day	1	-0.0823	0.00921	80.81	<0.0001
	2	-0.0759	0.00801	89.67	<0.0001
	3	-0.2410	0.0562	18.38	<0.0001
	4	-0.2124	0.0509	17.44	<0.0001
	5	-0.1492	0.0463	10.39	0.0013
	6	-0.2017	0.0458	19.40	<0.0001
	7	-0.2475	0.0537	21.24	<0.0001
	8	-0.2615	0.0595	19.34	<0.0001
	9	-0.1935	0.0457	17.90	<0.0001
	10	-0.1721	0.0389	19.53	<0.0001
30 day	1	-0.0907	0.00816	123.41	<0.0001
	2	-0.0829	0.00764	117.71	<0.0001
	3	-0.1350	0.0322	17.62	<0.0001
	4	-0.1661	0.0311	28.49	<0.0001
	5	-0.1105	0.0231	22.98	<0.0001
	6	-0.1366	0.0242	31.89	<0.0001
	7	-0.1786	0.0273	42.70	<0.0001
	8	-0.1369	0.0246	31.09	<0.0001
	9	-0.1554	0.0294	27.97	<0.0001
	10	-0.1233	0.0275	20.10	<0.0001

منحنی‌های تعداد میزبان‌های فلج شده در تیمارهای مختلف در طی مدت ۱۰ روز آزمایش در شاهد و

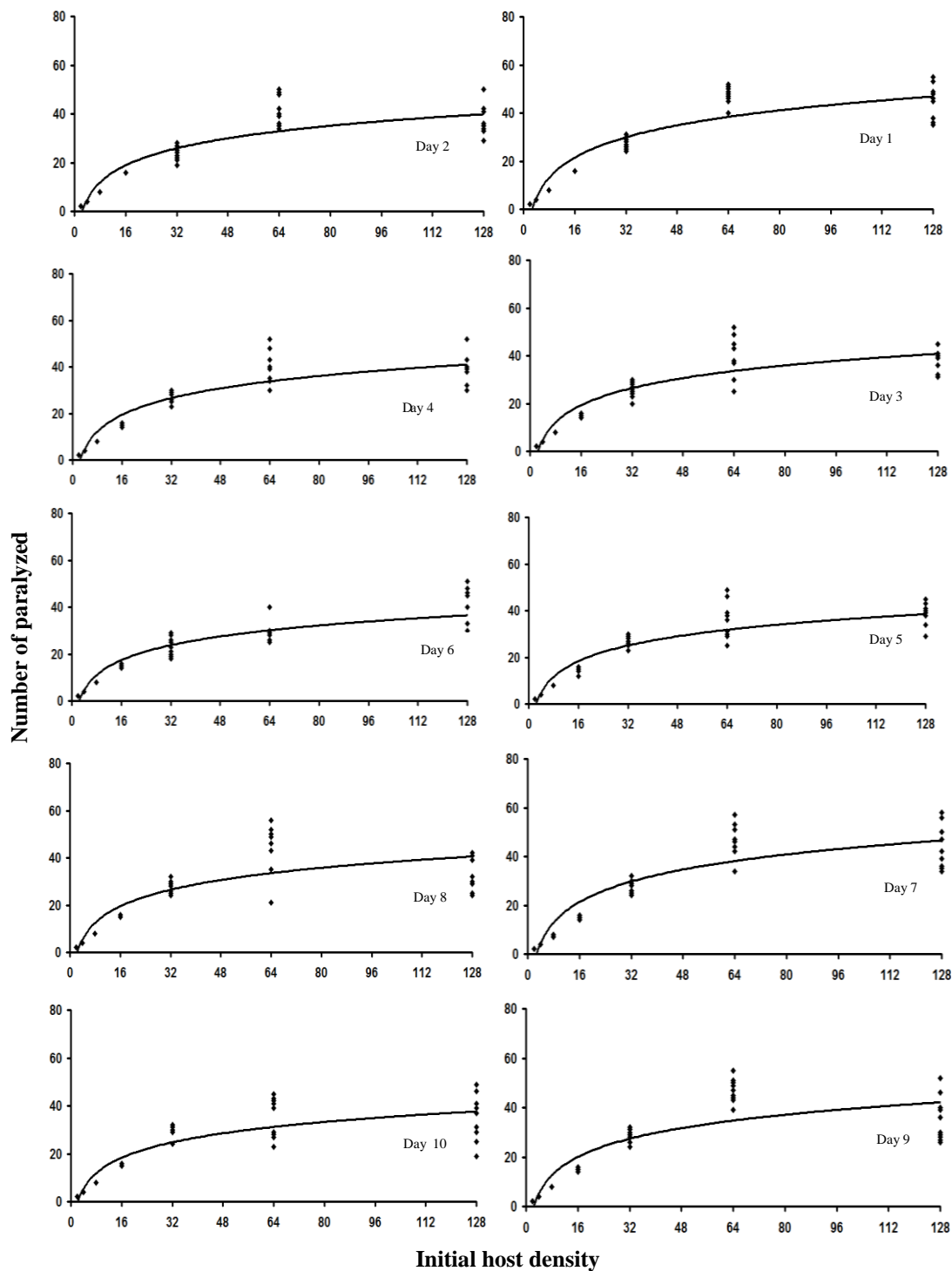
تیمارهای مختلف ذخیره‌سازی زنبور انگل‌واره در شکل‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده است. نوع واکنش تابعی از

روی شکل منحنی تعداد میزبان مورد حمله قرار گرفته در مقابل تعداد اولیه میزبان تعیین می‌شود. نمودارها نشان می‌دهند که نوع واکنش تابعی در همه‌ی تیمارها و در تمام روزهای آزمایش از نوع دوم است. این منحنی‌ها نشان می‌دهند که با افزایش طول دوره‌ی ذخیره‌سازی زنبور، تعداد میزبان‌های فلج شده در هر روز نسبت به روز متناظر در تیمارهای با طول دوره‌ی ذخیره‌سازی کمتر، کاهش یافته است.



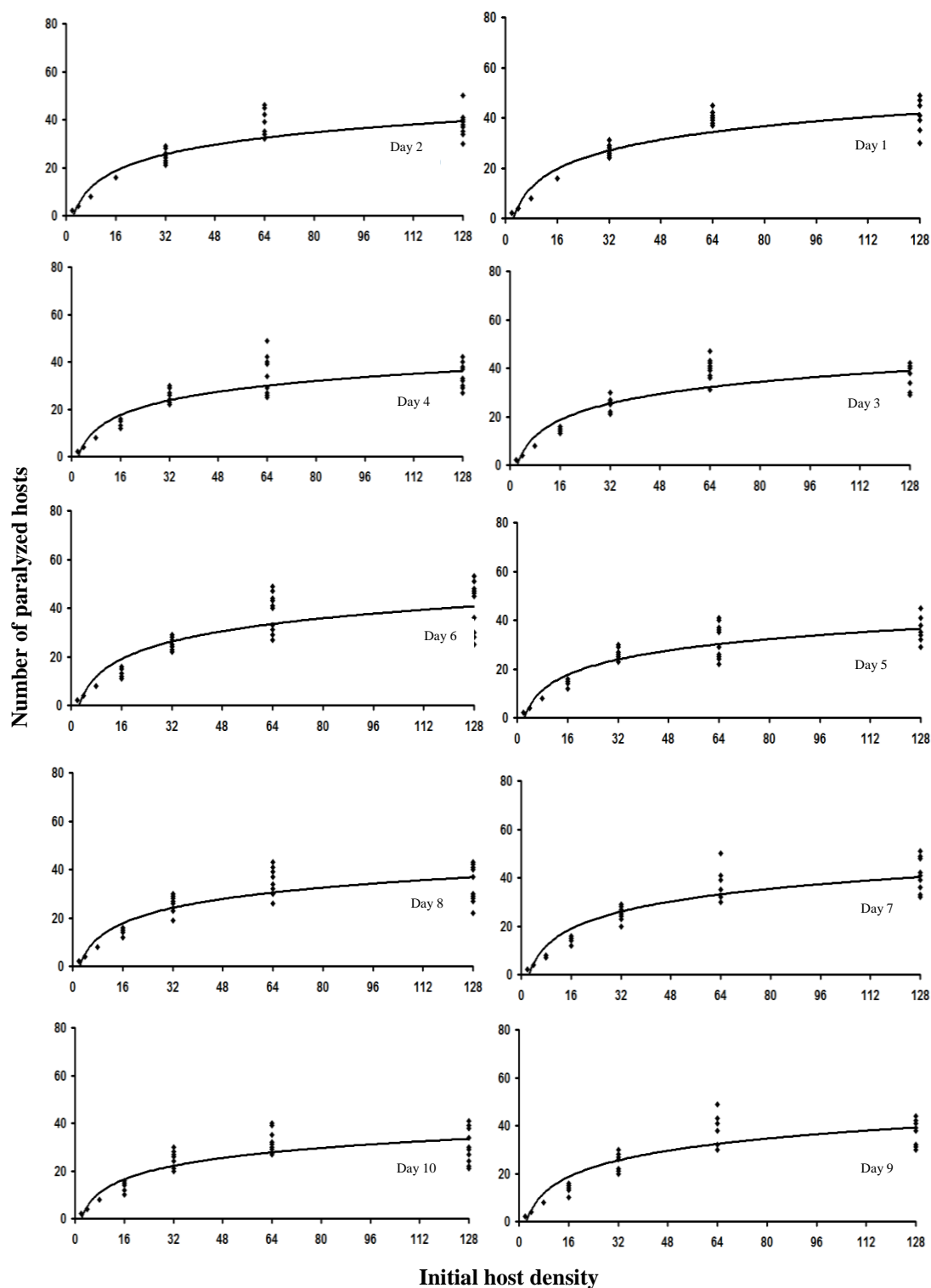
شکل ۱- منحنی‌های واکنش تابعی وابسته به سن زنبور انگل‌واره *Habrobracon hebetor* نسبت به لاروهای بید *Anagasta kuehniella* در تیمار شاهد در طی مدت ۱۰ روز آزمایش. نقاط و خطوط به ترتیب نشانگر تعداد میزبان‌های فلج شده و تخمین زده شده با مدل می‌باشند.

Fig. 1. Age-specific functional response curves of *Habrobracon hebetor* to *Anagasta kuehniella* larvae in control treatment within 10 days experiments. The data points and solid lines represent the number of host paralyzed and predicted by the model, respectively.



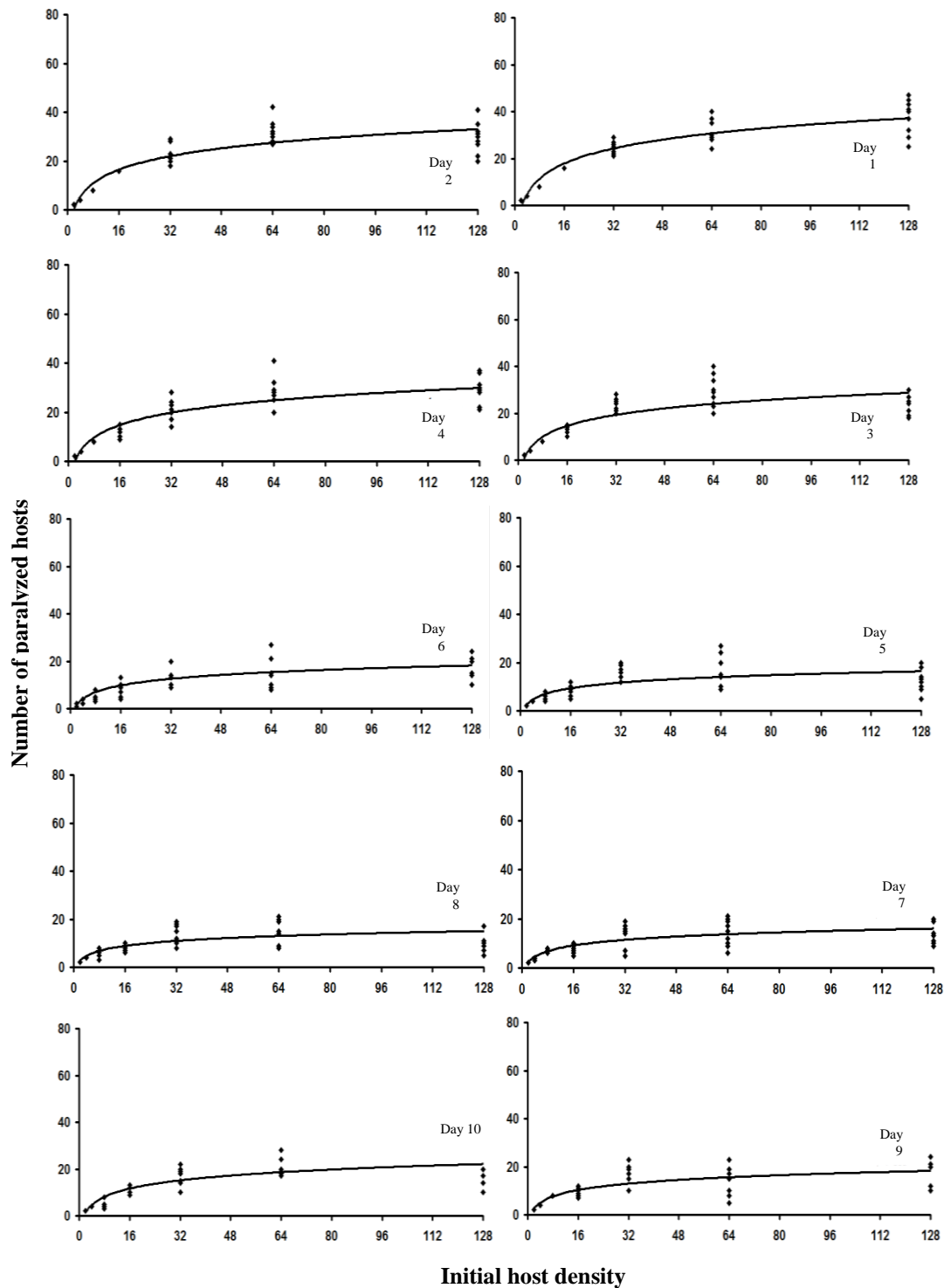
شکل ۲- منحنی‌های واکنش تابعی وابسته به سن زنبور *Habrobracon hebetor* نسبت به لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* در تیمار ۱۰ روز ذخیره‌سازی در طی مدت ۱۰ روز آزمایش. نقاط و خطوط به ترتیب نشانگر تعداد میزبان‌های فلج شده و تخمین زده شده با مدل می‌باشند.

Fig. 2. Age-specific functional response curves of *Habrobracon hebetor* to *Anagasta kuehniella* larvae in 10 days cold-storage treatment within 10 days of experiments. The data points and solid lines represent the number of host paralyzed and predicted by the model, respectively.



شکل ۳- منحنی‌های واکنش تابعی وابسته به سن زنبور *Habrobracon hebetor* نسبت به لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* در تیمار ۲۰ روز ذخیره‌سازی در طی مدت ۱۰ روز آزمایش. نقاط و خطوط به ترتیب نشانگر تعداد میزبان‌های فلج شده و تخمین زده شده با مدل می‌باشند.

Fig. 3. Age-specific functional response curves of *Habrobracon hebetor* to *Anagasta kuehniella* larvae in 20 days cold-storage treatment within 10 days of experiments. The data points and solid lines represent the number of host paralyzed and predicted by the model, respectively.



شکل ۴- منحنی‌های واکنش تابعی وابسته به سن زنبور *Habrobracon hebetor* نسبت به لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* در تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی در طی مدت ۱۰ روز آزمایش. نقاط و خطوط به ترتیب نشانگر تعداد میزبان‌های فلج شده و تخمین زده شده با مدل می‌باشند.

Fig. 4. Age-specific functional response curves of *Habrobracon hebetor* to *Anagasta kuehniella* larvae in 30 days cold-storage treatment within 10 days of experiments. The data points and solid lines represent the number of host paralyzed and predicted by the model, respectively.

تأثیر مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی در دمای 1 ± 4 درجه‌ی سلسیوس روی پراسنجه‌های واکنش تابعی (نرخ حمله و زمان دستیابی) زنبور *H. hebetor* در جدول‌های ۲ تا ۶ ارائه شده است. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عددی نرخ حمله به ترتیب در روز دهم تیمار شاهد (0.0816 ± 0.0129 بر ساعت) و روز هشتم تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی (0.0474 ± 0.0083 بر ساعت) تخمین زده شد. پراسنجه زمان دستیابی در هر تیمار در روزهای مختلف، اختلاف محسوسی نشان داد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار زمان دستیابی به ترتیب در روز هشتم تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی ($1/05849 \pm 0/1217$ ساعت) و روز اول تیمار شاهد ($0/3155 \pm 0/0176$ ساعت) تخمین زده شد. بر اساس محدوده‌ی اطمینان ۹۵ درصد پراسنجه‌ها، زمان دستیابی در روز دهم تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری با مقادیر متناظر در سایر روزها (غیر از روز دوم) داشت (جدول ۲).

جدول ۲- پراسنجه‌های واکنش تابعی وابسته به سن زنبور انگل‌واره‌ی *Habrobracon hebetor* نسبت به لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* در شاهد (بدون ذخیره‌سازی در سرما) در طی مدت ۱۰ روز آزمایش

Table 2. Age-specific functional response parameters of *Habrobracon hebetor* to *Anagasta kuehniella* larvae in control treatment (without cold-storage) for 10 day

Female age (Day)	Functional response type	Attack rate (h^{-1}) $a \pm SE$ (Confidence interval)	Handling time (h) $T_h \pm SE$ (Confidence interval)	R^2
1	II	0.0681 ± 0.0054 (0.0573-0.0788)	0.3155 ± 0.0176 (0.2805-0.3506)	0.93
2	II	0.0717 ± 0.0072 (0.0573-0.0860)	0.4591 ± 0.0257 (0.4077-0.5104)	0.89
3	II	0.0734 ± 0.0075 (0.0585-0.0883)	0.3908 ± 0.0238 (0.3432-0.4383)	0.89
4	II	0.0669 ± 0.0065 (0.0540-0.0799)	0.4112 ± 0.0245 (0.3624-0.4600)	0.90
5	II	0.0720 ± 0.0075 (0.0570-0.0870)	0.3863 ± 0.0246 (0.3372-0.4353)	0.89
6	II	0.0708 ± 0.0067 (0.0575-0.0841)	0.3704 ± 0.0220 (0.3266-0.4143)	0.90
7	II	0.0722 ± 0.0080 (0.0562-0.0882)	0.4040 ± 0.0266 (0.3509-0.4571)	0.87
8	II	0.0703 ± 0.0073 (0.0557-0.0849)	0.4178 ± 0.0258 (0.3663-0.4693)	0.88
9	II	0.0707 ± 0.0074 (0.0560-0.0854)	0.4374 ± 0.0263 (0.3850-0.4899)	0.88
10	II	0.0816 ± 0.0129 (0.0558-0.1074)	0.5805 ± 0.0435 (0.4938-0.6672)	0.76

در تیمار ۱۰ روز ذخیره‌سازی، کم‌ترین مقدار عددی این پراسنجه در روز هفتم به دست آمد و به غیر از روزهای اول، سوم و نهم، اختلاف آن با سایر روزها معنی‌دار بود. در این تیمار، بیش‌ترین مقدار عددی این پراسنجه نیز در روز دهم به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- پراسنجه‌های واکنش تابعی وابسته به سن زنبور *Habrobracon hebetor* نسبت به لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* در تیمار ۱۰ روز ذخیره‌سازی در سرما در طی مدت ۱۰ روز آزمایش

Table 3. Age-specific functional response parameters of *Habrobracon hebetor* to *Anagasta kuehniella* larvae in 10 day cold-storage treatment for 10 day

Female age (Day)	Functional response type	Attack rate (h^{-1}) $a \pm SE$ (Confidence interval)	Handling time (h) $T_h \pm SE$ (Confidence interval)	R^2
1	II	0.0643±0.0050 (0.0543-0.0743)	0.3613±0.0189 (0.3236-0.3990)	0.93
2	II	0.0631±0.0057 (0.0517-0.0744)	0.4565±0.0246 (0.4074-0.5057)	0.91
3	II	0.0642±0.0059 (0.0525-0.0760)	0.4454±0.0245 (0.3964-0.4943)	0.92
4	II	0.0653±0.0055 (0.0543-0.0762)	0.4466±0.0224 (0.4019-0.4914)	0.76
5	II	0.0624±0.0051 (0.0523-0.0725)	0.4784±0.0228 (0.4328-0.5239)	0.92
6	II	0.0527±0.0047 (0.0433-0.0621)	0.4723±0.0274 (0.4176-0.5269)	0.91
7	II	0.0629±0.0059 (0.0512-0.0746)	0.3602±0.0228 (0.3146-0.4057)	0.91
8	II	0.0758±0.0106 (0.0547-0.0968)	0.4855±0.0359 (0.4139-0.5571)	0.81
9	II	0.0738±0.0093 (0.0552-0.0925)	0.4556±0.0318 (0.3921-0.5191)	0.84
10	II	0.0731±0.0084 (0.0563-0.0899)	0.5309±0.0315 (0.4680-0.5938)	0.86

در تیمار ۲۰ روز ذخیره‌سازی، بیش‌ترین مقدار عددی زمان دستیابی در روز دهم به دست آمد و به غیر از روزهای چهارم، پنجم و هشتم، اختلاف آن با سایر روزها معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ۴- پراسنجه‌های واکنش تابعی وابسته به سن زنیور *Habrobracon hebetor* نسبت به لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* در تیمار ۲۰ روز ذخیره‌سازی در سرما در طی مدت ۱۰ روز آزمایش

Table 4. Age-specific functional response parameters of *Habrobracon hebetor* to *Anagasta kuehniella* larvae in 20 days cold-storage treatment for 10 day

Female age (Day)	Functional response type	Attack rate (h^{-1}) $a \pm SE$ (Confidence interval)	Handling time (h) $T_h \pm SE$ (Confidence interval)	R^2
1	II	0.0643±0.0045 (0.0553-0.0733)	0.4318±0.0186 (0.3948-0.4689)	0.94
2	II	0.0616±0.0043 (0.0530-0.0702)	0.4602±0.0195 (0.4213-0.4990)	0.94
3	II	0.0660±0.0056 (0.0549-0.0771)	0.4834±0.0232 (0.4372-0.5296)	0.92
4	II	0.0650±0.0060 (0.0530-0.0770)	0.5340±0.0270 (0.4802-0.5878)	0.90
5	II	0.0614±0.0049 (0.0516-0.0713)	0.5129±0.0236 (0.4657-0.5600)	0.92
6	II	0.0575±0.0057 (0.0462-0.0688)	0.4203±0.0272 (0.3660-0.4746)	0.89
7	II	0.0581±0.0045 (0.0492-0.0671)	0.4300±0.0214 (0.3872-0.4727)	0.93
8	II	0.0659±0.0064 (0.0531-0.0787)	0.5224±0.0279 (0.4668-0.5780)	0.89
9	II	0.0630±0.0056 (0.0519-0.0742)	0.4672±0.0246 (0.4182-0.5162)	0.91
10	II	0.0647±0.0064 (0.0520-0.0775)	0.5930±0.0303 (0.5324-0.6535)	0.90

در تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی، اختلاف زمان دستیابی در روز هشتم (با بیش‌ترین مقدار عددی) با مقادیر متناظر در روزهای اول تا چهارم و نیز روز دهم معنی‌دار ولی با روزهای پنجم تا هفتم و روز نهم غیر معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- پراسنجه‌های واکنش تابعی وابسته به سن زنبور *Habrobracon hebetor* نسبت به لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* در تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی در سرما در طی مدت ۱۰ روز آزمایش

Table 5. Age-specific functional response parameters of *Habrobracon hebetor* of to *Anagasta kuehniella* larvae in 30 days cold-storage treatment for 10 day

Female age (Day)	Functional response type	Attack rate (h^{-1}) $a \pm SE$ (Confidence interval)	Handling time (h) $T_h \pm SE$ (Confidence interval)	R^2
1	II	0.0608±0.0046 (0.0516-0.0701)	0.4975±0.0221 (0.4534-0.5415)	0.93
2	II	0.0684±0.0063 (0.0559-0.0810)	0.6170±0.0281 (0.5609-0.6731)	0.90
3	II	0.0681±0.0088 (0.0505-0.0857)	0.7384±0.0435 (0.6515-0.8253)	0.82
4	II	0.0549±0.0055 (0.0439-0.0658)	0.6480±0.0338 (0.5804-0.7155)	0.89
5	II	0.0634±0.0129 (0.0377-0.0892)	1.4168±0.1046 (1.2078-1.6258)	0.62
6	II	0.0474±0.0083 (0.0308-0.0641)	1.1847±0.0939 (0.9967-1.3727)	0.71
7	II	0.0610±0.0110 (0.0390-0.0830)	1.4618±0.1008 (1.2601-1.6634)	0.68
8	II	0.0691±0.0143 (0.0405-0.0977)	1.5849±0.1217 (1.3409-1.8290)	0.61
9	II	0.0683±0.0131 (0.0420-0.0947)	1.2830±0.0967 (1.0890-1.4771)	0.67
10	II	0.0583±0.0088 (0.0407-0.0759)	0.9829±0.0676 (0.8469-1.1189)	0.81

میزان کارایی یک انگل‌واره یا شکارگر را می‌توان از طریق مقایسه‌ی پراسنجه‌های واکنش تابعی یعنی نرخ حمله و زمان دستیابی تعیین کرد، بدین‌نحو که هرچه نرخ حمله بیش‌تر و زمان دستیابی کوتاه‌تر باشد کارایی دشمن طبیعی بالاتر خواهد بود. با توجه به این‌که زمان دستیابی تخمین زده شده برای روزهای مختلف در تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی در اکثر موارد نسبت به مقادیر متناظر در سایر تیمارها بیش‌تر بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کارایی این زنبور پس از ۳۰ روز ذخیره‌سازی در سرما در مقایسه با سایر تیمارها کاهش یافته است. میانگین درصد لاروهای بید آرد فلج شده در تراکم‌های مختلف در مدت زمان‌های متفاوت ذخیره‌سازی زنبور در طی مدت ۱۰ روز آزمایش در جدول ۶ نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود در همه‌ی تیمارها و نیز تیمار شاهد بیش‌ترین درصد لاروهای فلج شده در تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ و کم‌ترین آن در تراکم ۱۲۸ لارو

میزبان مشاهده شد. در تراکم‌های ۱۶ و ۳۲ عدد لارو میزبان در شاهد و تراکم ۱۶ لارو میزبان در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز ذخیره‌سازی درصد لاروهای فلج شده بالای ۹۰ درصد بود. نتایج نشان می‌دهد که از تراکم ۸ تا ۱۲۸ با افزایش طول دوره‌ی ذخیره‌سازی زنبور، درصد لاروهای فلج شده در تراکم‌های متناظر کاهش یافته است.

جدول ۶- میانگین درصد (\pm SE) لاروهای بید آرد، *Anagasta kuehniella* فلج شده توسط زنبور *Habrobracon*

hebetor در تراکم‌های مختلف میزبان در مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی در طی مدت ۱۰ روز آزمایش

Table 6. Mean percentage (\pm SE) of *Anagasta kuehniella* larvae paralyzed by *Habrobracon hebetor* in different densities of host in different cold-storage duration for 10 day

Host density	Cold storage duration (day)				Statistics ANOVA
	Control	10	20	30	
2	100 Aa	100 Aa	100 Aa	99.50 \pm 0.50 Aa	$F_{3,39}= 1; P= 0.4$
4	100 Aa	100 Aa	100 Aa	99.19 \pm 0.56 Aa	$F_{3,39}= 2.11; P= 0.12$
8	100 Aa	99.87 \pm 0.12 Aa	99.87 \pm 0.12 Aa	93.12 \pm 1.03 Ba	$F_{3,39}= 42.24; P < 0.0001$
16	99.87 \pm 0.08 Aa	97.62 \pm 0.33 Ab	93.81 \pm 1.85 Ab	74.42 \pm 3.33 Bb	$F_{3,39}= 36.86; P < 0.0001$
32	90.22 \pm 0.64 Ab	83.65 \pm 0.85 Bc	79.50 \pm 0.53 Bc	60.56 \pm 1.95 Cc	$F_{3,39}= 124.48; P < 0.0001$
64	74.66 \pm 1.06 Ac	63.84 \pm 0.87 Bd	57.59 \pm 0.10 Bd	42.67 \pm 5.22 Cd	$F_{3,39}= 23.71; P < 0.0001$
128	31.17 \pm 0.72 Ad	30.12 \pm 0.30 Ae	29.14 \pm 0.57 Ae	17.74 \pm 0.86 Be	$F_{3,39}= 93.42; P < 0.0001$
ANOVA	$F_{6,96}= 2224.62$	$F_{6,96}= 2926.11$	$F_{6,96}= 1032.35$	$F_{6,96}= 153.20$	-
Statistics	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	

حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف و حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (آزمون توکی؛ $p < 0.05$).

The means followed by different upper case letters in the same row and different lower case letters in the same column are significantly different (Tukey's test, $p < 0.05$)

میانگین زادآوری و درصد تفریخ تخم زنبور *H. hebetor* در تراکم‌های مختلف لاروهای *A. kuehniella* در مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی در طی مدت ۱۰ روز آزمایش در جدول ۷ ارائه شده است. بیش‌ترین زادآوری در شاهد و تیمار ۲۰ روز ذخیره‌سازی در تراکم ۱۶ لارو میزبان، در تیمار ۱۰ روز ذخیره‌سازی در تراکم‌های ۸ و ۱۶ لارو میزبان و در تیمار ۳۰ روز ذخیره‌سازی در تراکم‌های ۴ و ۸ لارو میزبان مشاهده شد. هم‌چنین در همه‌ی تیمارها کم‌ترین زادآوری زنبور در تراکم ۱۲۸ لارو میزبان به‌دست آمد که می‌تواند به دلیل صرف انرژی بیش‌تر توسط زنبور برای فلج کردن لاروهای میزبان در این تراکم و نیز محدودیت مدت زمان آزمایش باشد. با این حال، اختلاف در درصد تفریخ تخم بین تراکم‌های مختلف میزبان در هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه و نیز شاهد معنی‌دار نبود. با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی (به ویژه برای مدت ۳۰ روز)، زادآوری و درصد تفریخ تخم کاهش محسوسی داشت که نشان دهنده‌ی تأثیر منفی افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی زنبور روی زادآوری و درصد تفریخ تخم آن می‌باشد.

جدول ۷- میانگین زادآوری و درصد تغذیه (±SE) تخم‌های زنبور انگل واروی *H.hebetor* در تراکم‌های مختلف لاروهای *A. kuehniella* در مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی در سرما

Table 7. Mean fecundity and egg hatch (%) (±SE) of *H.hebetor* in different densities of *A. kuehniella* larvae in different cold-storage duration

Host density	Cold storage duration (day)						Statistics ANOVA			
	Control	10	20	30	fecundity	egg hatch (%)	fecundity	egg hatch (%)		
2	38.80±1.62 Abc	55.36±1.38 Aa	30.70±2.49 Bab	53.23±1.78 Aa	24.30±1.60 Bbc	39.28±3.15 Ba	12.00±1.25 Cab	33.51±4.94 Ba	$F_{3,39}=39.39$ $P<0.0001$	$F_{3,39}=11.42$ $P<0.0001$
4	44.70±1.30 Aab	55.36±2.75 Aa	32.30±1.28 Bab	48.72±2.43 Aa	30.20±1.12 Bab	34.92±2.61 Ba	14.20±1.41 Ca	28.55±5.12 Ba	$F_{3,39}=80.28$ $P<0.0001$	$F_{3,39}=13.04$ $P<0.0001$
8	43.60±2.37 Ab	55.40±2.29 Aa	34.20±1.77 Ba	51.46±2.69 Aa	30.00±1.06 Bab	28.14±1.92 Ba	14.90±0.79 Ca	27.49±3.21 Ba	$F_{3,39}=54.23$ $P<0.0001$	$F_{3,39}=26.47$ $P<0.0001$
16	51.60±1.76 Aa	48.70±1.79 Aa	34.00±2.47 Ba	46.79±1.93 Aa	34.00±1.46 Ba	36.37±1.33 Ba	12.30±1.19 Cab	30.57±3.90 Ba	$F_{3,39}=80.99$ $P<0.0001$	$F_{3,39}=36.86$ $P<0.0001$
32	39.80±2.35 Abc	50.16±1.61 Aa	30.10±1.08 Bab	51.33±1.97 Aa	26.70±1.98 Bbc	27.44±2.40 Ba	10.20±1.47 Cab	20.57±4.39 Ba	$F_{3,39}=12.38$ $P<0.0001$	$F_{3,39}=18.58$ $P<0.0001$
64	34.60±1.44 Acd	52.09±2.05 Aa	33.60±1.14 Aa	50.25±1.05 Aa	28.30±1.44 Babc	33.95±1.90 Ba	11.10±0.98 Cab	27.43±4.15 Ba	$F_{3,39}=73.89$ $P<0.0001$	$F_{3,39}=22.54$ $P<0.0001$
128	27.50±1.60 Ad	52.02±2.68 Aa	25.00±1.44 Bb	50.27±3.10 Aa	22.00±1.60 Bc	35.21±3.60 Ba	7.90±0.72 Cb	26.69±4.17 Ba	$F_{3,39}=39.84$ $P<0.0001$	$F_{3,39}=12.62$ $P<0.0001$
ANOVA Statistics	$F_{6,96}=17.90$ $P<0.0001$	$F_{6,96}=1.62$ $P=0.15$	$F_{6,96}=2.87$ $P<0.0001$	$F_{6,96}=0.87$ $P=0.52$	$F_{6,96}=6.66$ $P<0.0001$	$F_{6,96}=0.96$ $P=0.46$	$F_{6,96}=4.27$ $P<0.0001$	$F_{6,96}=0.85$ $P=0.5387$	-	-

حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف (برای بررسی‌های مقایسه‌ای) و حروف کوچک متفاوت در هر ستون (برای بررسی‌های مقایسه‌ای) وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد (آزمون توکی، $P<0.05$).
The means followed by different upper case letters in the same row (for the same parameter) and different lower case letters in the same column are significantly different (Tukey's test, $P<0.05$).

در پژوهش صورت گرفته توسط *Chen et al.* (2011) اثر ذخیره‌سازی زنبور انگل‌واره *H. hebetor* در مدت زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۷۰ روز در دمای ۵ درجه‌ی سلسیوس روی پراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی آن بررسی شد. نتایج آنها نشان داد که ذخیره‌سازی تا مدت ۲۰ روز تأثیر معنی‌داری روی کارایی زنبور نداشته و تقریباً مشابه نتایج حاصل از بررسی حاضر می‌باشد. در یک مطالعه‌ی دیگر، *Chen et al.* (2013) اثر ذخیره‌سازی سفیره‌های زنبور انگل‌واره *H. hebetor* در دمای ۵ درجه‌ی سلسیوس را در مدت زمان‌های ۸، ۱۲ و ۱۶ هفته روی میزان خروج حشرات کامل و برخی پراسنجه‌های زیستی حشرات کامل ظاهر شده بررسی و نتیجه‌گیری کردند که مطلوب‌ترین زمان برای نگهداری سفیره‌های زنبور براکون ۸ هفته می‌باشد. همچنین، *Alikhani et al.* (2015) اثر ذخیره‌سازی در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس را روی پراسنجه‌های جدول زندگی و تولیدمثلی زنبور *H. hebetor* بررسی کردند. ایشان گزارش نمودند که این زنبور را می‌توان تا ۱۵ روز بدون تأثیر منفی بر کارایی آن ذخیره‌سازی نمود که با نتایج تحقیق حاضر تا حدودی مشابهت دارد.

زنبور *H. hebetor* تعداد تخم‌های گذاشته شده روی هر میزبان را متناسب با تعداد میزبان تنظیم می‌کند و با افزایش تراکم میزبان، تخم‌های کم‌تری روی هر میزبان می‌گذارد (*Yu et al.* 2003). بیش‌ترین تعداد تخم در روزهای سوم تا هفتم گذاشته می‌شود و در روزهای بعد میزان تخم‌گذاری کاهش می‌یابد (*Grosch*, 1975). وقتی تعداد تخم‌های گذاشته شده روی یک لارو میزبان بیش‌تر از هشت عدد باشد، مرگ‌ومیر دوره‌ی نابالغی زنبور افزایش می‌یابد، زیرا نشوونمای تخم‌ها و لاروهای زنبور انگل‌واره تحت تأثیر رقابت درون گونه‌ای قرار گرفته و منجر به مرگ‌ومیر مستقیم، تفاوت در اندازه و تغییر در نسبت جنسی آن می‌شود (*Benson*, 1973). در تراکم‌های بالای میزبان، انگل‌واره بیش‌ترین انرژی خود را صرف فلج کردن و حرکت بین میزبان‌ها می‌کند و در نتیجه مدت زمان تخم‌گذاری و تعداد تخم‌های گذاشته شده کاهش می‌یابد (*Yu et al.* 2003) و در تحقیق حاضر نیز نتیجه‌ی مشابهی به دست آمده است. با افزایش تعداد لاروهای *H. hebetor* روی لارو میزبان، رقابت بین لاروهای زنبور به منظور تأمین منابع غذایی افزایش یافته و نرخ بقای آنها کاهش می‌یابد. بنابراین، رابطه‌ی مستقیمی بین اندازه‌ی لارو میزبان، بقای زنبور انگل‌واره و تعداد تخم گذاشته شده توسط آن وجود دارد (*Taylor*, 1988).

دشمن طبیعی انتخاب شده برای تکثیر باید دارای کیفیت مناسبی باشد. همچنین، هزینه‌ی پرورش دشمنان طبیعی، برای موفقیت و توسعه‌ی کنترل بیولوژیک باید قدرت رقابت اقتصادی با سایر روش‌های کنترل آفات به‌ویژه کنترل شیمیایی را داشته باشد. زمانی که درخواست برای استفاده از عوامل بیوکنترل بالا باشد ممکن است به دست آوردن میزبان به تعداد کافی برای پرورش انبوه دشمن طبیعی مشکل باشد. از سوی دیگر، اگر میزان درخواست پایین باشد پرورش انبوه دشمن طبیعی به صرفه نخواهد بود. بنابراین، ذخیره‌سازی دشمنان طبیعی علاوه بر حفظ ثبات ژنتیکی جمعیت آن‌ها به دلیل کاهش تعداد نسل پرورش یافته در شرایط پرورش مداوم آزمایشگاهی، یک راهکار مناسب و مقرون به صرفه می‌باشد (*Chen et al.* 2013). توسعه‌ی روش‌های ذخیره‌سازی دشمنان طبیعی از اهمیت ویژه‌ای در پرورش انبوه و حفظ کارایی دشمنان طبیعی برخوردار است (*Tezze & Botto*, 2004). دشمنان طبیعی فقط چند ماه از سال خریدار دارند و زمانی که تقاضا برای آن‌ها وجود ندارد باید آن‌ها را ذخیره نمود. از سوی دیگر، ذخیره‌سازی برای مدت زمان‌های طولانی سبب کاهش شدید کیفیت عوامل بیولوژیک می‌شود. بنابراین، با توصیه‌ی مدت زمان مطلوب برای ذخیره‌سازی انگل‌واره‌ها در برنامه‌های پرورش انبوه می‌توان ویژگی‌های کیفی انگل‌واره‌ها را در تولید انبوه افزایش داد (*Gharbi*, 2014). براساس نتایج به دست آمده در این تحقیق، ذخیره‌سازی حشرات کامل این زنبور حداکثر تا ۲۰ روز در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس تأثیر سوء چندانی روی کارایی آن نداشت که هم‌سو با نتایج به دست آمده در برخی مطالعات مشابه است. با این حال،

با توجه به تفاوت احتمالی در سویه‌های این زنبور در مناطق مختلف و این‌که در هر یک از مطالعات انجام یافته آزمایش‌های محدودی صورت گرفته است، بنابراین برای نتیجه‌گیری بهتر نیاز است تا آزمایش‌های بیش‌تری در ارتباط با ذخیره‌سازی مراحل مختلف زیستی یک جمعیت مشخص زنبور و تأثیر مدت زمان‌ها و دماهای مختلف ذخیره‌سازی روی کارایی آن صورت گیرد.

References

- Abedi, Z., Saber, M., Gharekhani, Gh., Mehrvar, A. & Kamita, Sh. G.** (2014) Lethal and Sublethal Effects of Azadirachtin and Cypermethrin on *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology* 107(2), 638-645.
- 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).
- Alikhani, M., Safavi, S. A., Ahmadi, R. & Javanmard, A.** (2015) Some life table and reproductive parameters of *Bracon hebetor* (Hym.: Braconidae), after cold storage under laboratory conditions. *1st Iranian International Congress of Entomology*, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, 29-31 August, p. 360.
- Allahyari, H., Fard, P. A. & Nozari, J.** (2004) Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the sunn pest. *Journal of Applied Entomology* 128(1), 39-43.
- Antolin, M. F., Ode, P. J. & Strand, M. R.** (1995) Variable sex ratio and ovicide in an out breeding parasitic wasp. *Animal Behaviour* 17, 1-7.
- Asadi, R., Talebi, A. A., Khalghani, J., Fathipour, Y., Moharramipour, S., & Askari Siahooei, M.** (2012) Age-specific functional response of *Psyllaephagus zdeneki* (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoid of *Euphyllura pakistanica* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Crop Protection* 1(1): 1-15.
- Backer, J. E. & Fabrick, J. A.** (2000) Host hemolymph proteins and protein digestion in larval *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae). *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 30(10), 937-946.
- Benson, J. F.** (1973) Intraspecific competition in the population dynamics of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Animal Ecology* 42, 105-124.
- Carneiro, T. R., Fernandes, O. A., Cruz, I. & Bueno, R. C. O. F.** (2010) Functional response of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae) to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae) eggs: effect of female age. *Revista Brasileira de Entomologia* 54(4), 692-696.
- Chen, H., George, P. O., Sheng, P. & Zhang, H.** (2011) Maternal and progeny quality of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) after cold storage. *Biological Control* 58(3), 255-261.

- Chen, H., Zhang, H., Zhu, K. Y. & Throne, J.** (2013) Performance of diapausing parasitoid wasps, *Habrobracon hebetor*, after cold storage. *Biological Control* 64(3), 186-194.
- Colinet, H. & Boivin, G.** (2011) Insect parasitoids cold storage: A comprehensive review of factors of variability and consequences. *Biological Control* 58(2), 83-95.
- Enkegaard, A.** (1994) Temperature dependent functional response of *Encarsia formosa* parasitizing the poinsettia strain of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*, on poinsettia. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 37(1), 19-29.
- Farrokhi, S., Ashouri, A., Shirazi, J., Allahyari, H. & Huigens, M. E.** (2010) A comparative study on the functional response of *Wolbachia*-infected and uninfected forms of the parasitoid wasp *Trichogramma brassicae*. *Journal of Insect Science* 10(1), 167.
- Gharbi, N.** (2014) Influences of cold storage period and rearing temperature on the biological traits of *Trichogramma oleae*. *Journal of Plant Protection* 9(2), 143-153.
- Grosch, D. S.** (1975) Reproductive performance of *Bracon hebetor* after sublethal doses of carbaryl. *Journal of Economic Entomology* 68, 659-662.
- Hance, T., Van Baaren, J., Vernon, P. & Boivin, G.** (2007) Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology* 52, 107-126.
- Holling, C. S.** (1959) Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist* 91(7), 385-398.
- Madahi, Kh., Sahragard, A. & Hosseini R.** (2013) Larval age-specific efficiency of *Aphidoletes aphidimyza* (Dip.: Cecidomyiidae) preying on different densities of *Aphis craccivora* (Hem.: Aphididae). *Journal of Entomological Society of Iran* 33(2), 33-43.
- Nikbin, R., Sahragard, A. & Hosseini, M.** (2014) Age-specific functional response of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitizing different egg densities of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Agricultural Science and Technology* 16(6), 1205-1216.
- SAS Institute** (2002) The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
- Solomon, M. E.** (1949) The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18: 1-35.
- Taylor, A. D.** (1988) Host effect on functional and ovipositional response of *Bracon hebetor*. *Journal of Animal Ecology* 57, 173-184.
- Tazerouni, Z., Talebi, A. A., Fathipour, Y & Soufbaf Sarjamei, M.** (2017) Age-specific functional response of *Aphidius matricariae* and *Praon volucre* (Hym.: Braconidae) on *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae). *Journal of Entomological Society of Iran* 36(4), 239-248
- Tezze, A. A. & Botto, E. N.** (2004) Effect of cold storage on the quality of *Trichogramma nerudai* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biological Control* 30, 11-16.

- Yu, S. H., Ryoo, M. I., Na, J. H. & Chio, W. I.** (2003) Effects of host density on egg dispersion and the sex ratio of progeny of *Bracon hebetor* (Hym.: Braconidae). *Journal of Stored Products Research* 39, 385-393.
- Venkatesan, T., Singh, S. P. & Jalali, S. K.** (2000) Effect of cold storage on cocoons of *Goniozus nephantidis* Muesebeck (Hymenoptera: Bethylidae) stored for varying periods at different temperature regimes. *Journal of Entomological Research* 24(1), 43-47.
-