پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی/ جلد ۸ شماره ۱/ سال ۱۳۹۸

نقش ذخیره‌سازی میزبان در کیفیت زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenko

ناهید واعظ[1*]، داود محمدی[1] و زهرا پورقلی[2]

۱- استادیاران گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.
* مسئول مکاتبه: naheedvaez@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۱۳

چکیده

بیشتر دشمنان طبیعی از قابلیت ذخیره‌سازی پایینی برخوردار هستند و به همین دلیل، اغلب آن‌ها مدت کوتاهی قبل از رهاسازی پرورش داده می‌شوند. در مورد پارازیتوییدها می‌توان به جای خود پارازیتوویید، میزبان آن‌ها را ذخیره‌سازی کرد. از آن جایی که ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان، می‌تواند منجر به افزایش کارایی واحدهای تولید انبوه زنبوران تریکوگراما شود، این روش توسط محققین مختلف به عنوان یک راهکار مناسب برای پرورش زنبورهای تریکوگراما پیشنهاد شده است. با توجه به اینکه مطالعات بسیار کمی در زمینه اثر دماهای پایین روی فراسنجه‌های رشد جمعیت پارازیتوییدها موجود است، لذا در این پژوهش اثر مدت زمان‌های مختلف نگهداری (۰، ۱، ۴، ۷، ۱۵ و ۳۰ روز) تخم بید سیب‌زمینی، *Phthorimaeae operculella* (Zeller) در دمای ۴ درجه سلسیوس روی ویژگی‌های زیستی و جمعیتی زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenko مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۲۵ تکرار انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. نتایج نشان داد که دوره نشو و نمای مراحل نابالغ، طول عمر، درصد پارازیتیسم، درصد خروج و دوره تخم‌ریزی زنبور ($P<۰/۰۱$) و زادآوری ($P<۰/۰۵$) بین تیمارها اختلاف معنی‌داری داشته و با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی، میانگین آن‌ها کاهش می‌یابد. هم‌چنین مشخص شد که تمامی فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین شاهد و تیمارهای سرمایی دارند. با توجه به میانگین نرخ پارازیتیسم، نرخ ظهور حشرات کامل، زادآوری و طول عمر زنبور روی میزبان سرمادیده، می‌توان تخم‌های بید سیب‌زمینی را تا دو هفته در دمای یاد شده نگهداری کرد بدون اینکه تاثیر منفی چندانی روی کارایی زنبور داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بید سیب‌زمینی، دمای پایین، نرخ پارازیتیسم، نرخ ظهور، نرخ ذاتی رشد جمعیت، *Trichogramma*.

مقدمه

پارازیتوییدها از مهم‌ترین عوامل کنترل زیستی آفات در طبیعت و اکوسیستم‌های کشاورزی هستند که قادر به تنظیم تراکم جمعیت بسیاری از میزبان‌های خود می‌باشند که در این بین، پارازیتوییدهای تخم جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند (ون لنترن ۲۰۱۲). زنبورهای خانواده Trichogrammatidae با داشتن بیش از ۸۹ جنس و ۸۰۰ گونه توصیف شده، مهم‌ترین گروه از پارازیتوییدهای تخم به شمار می‌روند و به دلیل آن که آفت را پیش از شروع تغذیه و در مراحل ابتدایی زندگی از بین می‌برند، از اهمیت خاصی برخوردار هستند (لی ۱۹۹۴). جنس *Trichogramma* با دارا بودن نزدیک به ۲۱۰ گونه توصیف شده، معروف‌ترین جنس این خانواده به شمار می‌رود و در کنترل زیستی بال‌پولکدارانی مانند ساقه‌خوارهای غلات، کرم غوزه پنبه و نیز برخی از برگ‌خوارها از اهمیت زیادی برخوردار است (کونسولی و همکاران ۲۰۱۰). اختصاصی

Archive of SID
www.SID.ir

نبودن این زنبورها سبب شده است تا پرورش آنها روی میزبان‌های مختلف در آزمایشگاه به راحتی امکان‌پذیر باشد و این موضوع موجب استفاده گسترده از این عوامل زیستی شده است (ون لنترن ۲۰۱۲). تاکنون ۱۲ گونه از زنبورهای جنس *Trichogramma* از مناطق مختلف ایران گزارش شده‌اند که از میان آن‌ها گونه *Trichogramma brassicae* Bezdenko فراوان‌ترین گونه جمع‌آوری شده به ویژه در استان‌های شمالی کشور می‌باشد (ابراهیمی و همکاران ۱۳۷۷). در طول چند دهه اخیر، از گونه‌های مختلف تریکوگراما به منظور کنترل زیستی بال‌پولکداران آفت در مناطق مختلف ایران استفاده شده است (موحدی و همکاران ۲۰۱۴). مدت زیادی است که تولید انبوه حشرات مفید به عنوان پایه اصلی برنامه‌های کنترل زیستی به ویژه برنامه‌های مبتنی بر رهاسازی اشباعی انجام شده است. مانع اصلی برای اجرای موفقیت‌آمیز این برنامه‌ها، سختی و هزینه پرورش حشرات مفید در حجم بالا برای رهاسازی انبوه در زمان مناسب می‌باشد (ون لنترن و توماسینی ۲۰۰۲). برخلاف سموم دفع آفات، اغلب حشراتی که در برنامه‌های کنترل بیولوژیک استفاده می‌شوند دارای عمر محدودی هستند، بنابراین باید در مدت زمان کوتاهی بعد از تولید استفاده شوند. توسعه روش‌های مؤثر نگهداری، می‌تواند باعث کاهش هزینه‌های کنترل زیستی شود. مطالعات انجام گرفته نشان داده است که ذخیره‌سازی در دمای پایین، یک روش با ارزش برای افزایش طول عمر دشمنان طبیعی و هم‌چنین میزبان آن‌ها به شمار می‌رود و به میزان ثابت و کافی حشرات را برای برنامه‌های کنترل زیستی عرضه می‌نماید (کولینت و بویوین ۲۰۱۱؛ ون لنترن ۲۰۱۲).

در مورد پارازیتویید‌ها می‌توان به جای خود پارازیتویید، میزبان آن‌ها را ذخیره‌سازی کرد (ناظری و همکاران ۱۳۹۲). این روش یعنی ذخیره‌سازی میزبان به عنوان یک روش مناسب برای پرورش زنبورهای تریکوگراما پیشنهاد شده است و گونه‌های *T. chilonis* Ishii (ندیم ۲۰۱۰) و *T. evanescense* Westwood (تونسبیلک و همکاران ۲۰۰۵) به طور موفقیت‌آمیزی روی میزبان‌های نگهداری شده در سرما پرورش داده شده‌اند. به دلیل اهمیت زنبورهای تریکوگراما در کنترل زیستی آفات، جنبه‌های مختلف ذخیره‌سازی آن‌ها در دماهای پایین، از گذشته‌های دور مورد توجه بوده و محققان تلاش نموده‌اند تا مناسب‌ترین دما و مدت زمان نگهداری در سرما را برای ذخیره‌سازی این گروه از زنبورها مورد ارزیابی قرار دهند (ندیم و همکاران ۲۰۱۰؛ وینوویچ و همکاران ۲۰۱۳؛ اسپینولافیهو و همکاران ۲۰۱۴). طول مدت ذخیره‌سازی در دماهای پایین می‌تواند تاثیر زیادی روی بقا و ویژگی‌های تولیدمثلی عوامل بیوکنترلی داشته باشد (ون بارن و همکاران ۲۰۰۵). تحقیقات نشان داده که نگهداری کوتاه‌مدت تخم‌های بید آرد (تا ۱۶ روز) تاثیر معنی‌داری بر میزان پارازیتیسم زنبور *T. brassicae* ندارد (ناظری و همکاران ۱۳۹۲) اما نگهداری طولانی مدت آن‌ها (به مدت ۴۰ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس) می‌تواند تاثیر منفی روی میزان پارازیتیسم زنبور داشته باشد (آبرون و همکاران ۱۳۹۲). ازدر و تایات (۲۰۱۸) عنوان نمودند که نرخ پارازیتیسم زنبور *T. pintoi* Voegele روی تخم‌های ذخیره شده *A. kuehniella* در هر سه دمای ۰، ۴ و ۸ درجه سلسیوس با افزایش دوره سرمادهی، کاهش می‌یابد.

یکی از اجزای مهم و لازم در مدیریت تلفیقی آفات، آگاهی از ویژگی‌های زیستی دشمنان طبیعی و تعیین مقادیر کمی آن‌ها می‌باشد که با عنوان دموگرافی و فراسنجه‌های زیستی مطرح است. دموگرافی دارای کاربردهای وسیعی از جمله تاثیر کنترل شیمیایی روی دینامیسم جمعیت، تجزیه و تحلیل علل مرگ و میر، مقایسه جمعیت‌های آزمایشگاهی و وحشی، مقایسه و ارزیابی دشمنان طبیعی آفات در کنترل زیستی می‌باشد (کری ۱۹۹۳).

به نظر می‌رسد تحقیق برای تعیین مدت زمان مناسب ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان به طوری که تاثیر سویی

Archive of SID

www.SID.ir

روی کارایی پارازیتوئید پرورش یافته روی آن نداشته باشد، مورد نیاز است. بنابراین هدف از این بررسی، ارزیابی اثر زمان نگهداری تخم میزبان در سرما (دمای ۴ درجه سلسیوس) روی ویژگی‌های کیفی (میزان زنده‌مانی، نشو و نما، قدرت پارازیتسم و سایر ویژگی‌های زیستی) زنبور *T. brassicae* بود. این اولین گزارش مکتوب از اثر ذخیره‌سازی تخم‌های بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* (Zeller) (به علت اهمیت بالای آن در انبارها) روی کیفیت افراد خارج شده زنبور *T. brassicae* از تخم‌های تیمار شده میزبان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش و خالص‌سازی بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae)

در این آزمایش از بید سیب‌زمینی *P. operculella* به عنوان میزبان *T. brassicae* استفاده شد. جمعیت اولیه بید سیب‌زمینی از کلنی موجود در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان تهیه شد. حشرات روی غده‌های سیب‌زمینی در انسکتاریوم با دمای ۱±۲۷ درجه سلسیوس و دوره نوری ۱۶:۸ساعت (تاریکی: روشنایی) و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد پرورش یافتند. غده‌های سیب‌زمینی آلوده در ظروف پلاستیکی مستطیلی شکل با ابعاد ۱۰×۱۲×۲۵ سانتی‌متری قرار گرفتند. برای تامین محل تشکیل شفیره، کف این ظروف پلاستیکی با لایه نازکی از شن استریل پوشانده شد. شفیره‌ها به‌صورت روزانه و با استفاده از الک، از شن جدا شده و به ظروف جمع‌آوری استوانه‌ای شکل با ابعاد ۱۹×۷ سانتی‌متر که قسمت فوقانی آن توسط توری مسدود شده بود، انتقال یافتند. پس از ظهور، حشرات کامل با استفاده از آسپیراتور دستی جمع‌آوری شده و به ظروف تخم‌گیری استوانه‌ای شکل به ابعاد ۱۴× ۱۸ سانتی‌متر انتقال یافتند. یک لایه کاغذ روغنی به منظور جمع‌آوری تخم، زیر ظرف تخم‌گیری قرار گرفت. همچنین مقداری از آب سیب‌زمینی به منظور تحریک حشرات کامل جهت تخم‌ریزی، روی توری ظروف تخم‌گیری مالیده شد و برای تغذیه حشرات کامل از محلول آب و عسل ۲۰٪ استفاده شد (حسانی کاخکی و همکاران ۲۰۱۳).

پرورش زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae)

زنبور مورد استفاده در این تحقیق به‌صورت شفیره داخل تخم‌های پارازیته بید آرد از انسکتاریوم تولید زنبور تریکوگراما وابسته به جهاد کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی واقع در شهرستان کلیبر تهیه شد. زنبورها داخل لوله‌های آزمایش به‌طول ۱۰ و قطر یک سانتی‌متر قرار داده شدند. پس از اطمینان از گونه زنبور بر اساس کلیدهای شناسایی، جهت یکسان کردن شرایط پرورشی، به‌مدت پنج نسل روی بید سیب‌زمینی درون اطاقک رشد در دمای ۱±۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. کاغذهای حاوی تخم میزبان به‌منظور پرورش زنبور به قطعات کوچک‌تر بریده شدند و در اختیار زنبورها قرار گرفتند. بعد از سه الی چهار روز که تخم‌ها سیاه شدند، تعدادی برای تداوم حفظ کلنی درون اطاقک رشد نگهداری شدند و تعدادی دیگر برای انجام آزمایش‌های اصلی به درون یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس منتقل گردیدند.

تیمار ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان

با شروع تخم‌ریزی حشرات کامل بید سیب‌زمینی، تخم‌ها به صورت روزانه جمع‌آوری شدند. سپس ۳۰ عدد تخم بید سیب‌زمینی توسط آب عسل ۱۰٪ روی کاغذهایی به ابعاد ۵×۱ سانتی‌متر چسبانده شده و در مدت زمان‌های مختلف تیمار شامل صفر (به‌عنوان شاهد)، ۱، ۴، ۷، ۱۵ و ۳۰ روز داخل یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس و در

Archive of SID

www.SID.ir

تاریکی نگهداری شدند. تخم‌های بید سیب‌زمینی مربوط به تیمارهای مختلف (زمان‌های مختلف نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس) داخل لوله‌های آزمایش شیشه‌ای به ابعاد ۱۰×۱۶۰ میلی‌متر در شرایط پرورشی میزبان و زنبور (دما ۱±۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ درصد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) به مدت ۲۴ ساعت در اختیار پارازیتویید ماده جفت‌گیری کرده قرار داده شدند. پس از طی این زمان، زنبورها از روی دسته‌های تخم جدا شده و این تخم‌ها تا سیاه شدن آن‌ها داخل انکوباتور نگهداری شدند. پس از گذشت ۴- ۳ روز تعداد تخم‌های پارازیته (سیاه) یادداشت شده و درصد پارازیتیسم زنبور برای هر تیمار تعیین شد. زنبورهای خارج شده از این تخم‌های پارازیته شده، بر اساس شاخک افراد نر و ماده تفکیک شدند. افراد بالغ سالم ظاهر شده به طور جداگانه تا روز مرگ نگهداری شده و روزانه ۴۰ - ۳۰ تخم ۲۴ ساعته بید سیب‌زمینی روی کاغذهایی به‌ابعاد ۴×۱ سانتی‌متر با محلول آب‌عسل چسبانده شد و در اختیار زنبورهای ماده ظاهر شده و جفت‌گیری کرده از هر تیمار قرار گرفت. هر دسته تخم به‌مدت ۲۴ ساعت در اختیار زنبور ماده قرار گرفت. پس از طی این مدت، تخم‌ها تا مشاهده شدن علایم پارازیتیسم درون یک لوله آزمایشی مجزا نگهداری شدند. برای تغذیه زنبورها از محلول آب‌عسل ٪۱۰ استفاده شد. تمامی موارد ذکر شده تا مرگ آخرین ماده برای هر گروه تیماری انجام گرفت و فراسنجه‌های زیستی زنبور برای هر تیمار تعیین شد. برای هر تیمار ۲۵ تکرار در نظر گرفته شد.

جدول زندگی زنبور *T. brassicae*

به منظور بررسی اثرات مدت زمان‌های مختلف سرمادهی روی نتاج نسل اول زنبور *T. brassicae* از جدول زندگی زادآوری ویژه سنی استفاده شد (کری ۱۹۹۳). فراسنجه‌های نرخ بقا (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و امید زندگی (e_x) با استفاده از روابط مربوطه برآورد شدند. برای تعیین نوع منحنی بقا از کمیتی موسوم به انتروپی استفاده شد. فراسنجه‌هایی از قبیل نرخ پارازیتیسم، نرخ خروج حشرات کامل، طول دوره نشو و نمای مراحل نابالغ زنبور، نسبت جنسی حشرات کامل ظاهر شده، زادآوری، طول عمر و دوره تخم‌ریزی حشرات ماده تعیین شد. برای محاسبه فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار، داده‌های حاصل از انجام آزمایش شامل سن (x)، نسبت بقای حشرات ماده در سن x (l_x) و میانگین تعداد تخم گذاشته شده ماده در سن x (m_x) یادداشت شد و فراسنجه‌های نسبت تولیدمثل ناخالص[1] (GRR)، نسبت تولیدمثل خالص[2] (R_0)، نرخ ذاتی افزایش طبیعی جمعیت[3] (r_m)، نرخ متناهی رشد[4] (λ)، میانگین طول مدت یک نسل[5] (T)، زمان دو برابر شدن جمعیت[6] (DT)، نرخ ذاتی تولد[7] (b) و نرخ ذاتی مرگ[8] (d) محاسبه شدند. مقدار دقیق نرخ ذاتی افزایش طبیعی جمعیت (r_m) با حل معادله اویلر- لوتکا[9] محاسبه شد. خطای استاندارد فراسنجه‌های جمعیت پایدار طبق روش جک‌نایف[10] محاسبه گردید (مایا و همکاران ۲۰۰۰).

طرح آزمایشی و نحوه تجزیه داده‌ها

آزمایش‌ها در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی پیاده شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با روش یک طرفه[11] و مقایسه میانگین بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد توسط نرم‌افزار آماری SAS (2006) انجام شد و نمودارهای مربوطه در محیط Excel رسم شدند.

[1] Gross Reproductive Rate
[2] Net Reproductive Rate
[3] Intrinsic rate of increase
[4] Finite rate of increase
[5] Mean generation time
[6] Doubling time
[7] Birth Rate
[8] Death rate
[9] Euler – Lotka equation
[10] Jackknife
[11] ANOVA-1 Way

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

نرخ پارازیتیسم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان نگهداری تخم میزبان روی نرخ پارازیتیسم زنبور در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج این بررسی، افزایش زمان نگهداری تخم میزبان باعث کاهش نرخ پارازیتیسم زنبور شد (شکل ۱). بیشترین نرخ پارازیتیسم زنبور در شاهد (۲/۷۵ ± ۸۲/۵۳ درصد) و کمترین آن در تیمار ۳۰ روزه (۶/۶۶ ± ۲۹/۷۱ درصد) مشاهده شد. بر اساس نتایج مشخص شد که زنبور، تخم‌های میزبان را که به مدت یک ماه در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار داشته‌اند به میزان بسیار پایینی پارازیته می‌کند به طوری که در تحقیق حاضر میزان پارازیتیسم در تیمار ۳۰ روزه، ۶۴ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. این کاهش در نرخ پارازیتیسم زنبور پس از ۴ هفته ذخیره‌سازی در دمای پایین به وضوح نشان‌دهنده تاثیر منفی نگهداری طولانی‌مدت میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس بود. این ممکن است به علت آسیب‌های وارده در اثر دمای پایین در مراحل نابالغ زنبور، کاهش ذخایر چربی و همچنین حفظ سلامت جنین برای ذخیره‌سازی طولانی مدت باشد (چن و همکاران ۲۰۰۸). مشابه تحقیق حاضر، کاهش در نرخ پارازیتیسم زنبور *Trichogramma cordllbensis* Vargas & Cabello روی تخم‌های بید آرد ذخیره شده در دمای ۷ درجه سلسیوس، پس از ۳/۵ ماه توسط ویرا و تاوارس (۱۹۹۴) نیز گزارش شده است. ایشان متذکر شدند که احتمالا کاهش نرخ پارازیتیسم زنبور به دلیل تاثیر منفی دمای پایین روی کیفیت تخم‌های میزبان بوده است. محققین مختلف اذعان داشته‌اند که افزایش طول مدت ذخیره‌سازی باعث کاهش میزان پارازیتیسم می‌شود (خوسا و برار ۲۰۰۰؛ ازدر ۲۰۰۴؛ ال تمامی و اشفق ۲۰۰۵؛ ندیم و همکاران ۲۰۱۰) که نتایج آزمایش حاضر نیز موید این مطلب بود. طبق بررسی‌های انجام شده توسط ناظری و همکاران (۱۳۹۲) نگهداری تخم‌های بید آرد تا ۱۶ روز تاثیر معنی‌داری بر میزان پارازیتیسم زنبور *T. brassicae* ندارد اما نگهداری طولانی مدت آن‌ها می‌تواند تاثیر منفی روی میزان پارازیتیسم زنبور داشته باشد و زنبور ماده ترجیح می‌دهد با کاهش سرمایه‌گذاری روی چنین تخم‌هایی، تا پیدا شدن میزبان مناسب از تخم‌ریزی اجتناب نماید. در تحقیق حاضر درصد پارازیتیسم زنبور در تیمار ۱۵ روزه، حدودا ۳۳ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد و برخلاف نتایج ناظری و همکاران (۱۳۹۲) اگر صرفا درصد پارازیتیسم در نظر گرفته شود نگهداری میزبان به مدت دو هفته در دمای پایین کارایی مناسبی نخواهد داشت. نتایج آبرون و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد نگهداری تخم‌های بید آرد به مدت ۴۰ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس، موجب کاهش معنی‌دار پارازیتیسم زنبور *T. brassicae* نسبت به نگهداری تخم‌های میزبان در همان دما به مدت ۲۰ روز می‌شود. مشابه نتیجه محققین یاد شده، سرمادهی تخم‌های میزبان به مدت زیاد تاثیر منفی روی میزان پارازیتیسم *T. brassicae* داشت. پژوهشگران معتقدند عوامل متفاوتی مانند گونه میزبان، سن تخم میزبان و شرایط فیزیکی محیط زندگی از مهم‌ترین مواردی هستند که می‌توانند بر ویژگی‌های زیستی زنبور تریکوگراما تاثیر بگذارند (لوندگرن و هیمپل ۲۰۰۰).

اسپینولافیو و همکاران (۲۰۱۴) عنوان نمودند که نرخ پارازیتیسم ۱۰ گونه زنبور تریکوگراما با افزایش طول مدت ذخیره‌سازی تخم‌های بید آرد در دمای ۵ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. این محققان اعلام نمودند که گونه‌های *Trichogrammatoidea annulata* De Santis، *T. acacioi* Pratissoli and Fornazier، *T. brasiliensis* Ashmed، *T. bruni* Nagaraja، *T. pretiosum* Riley و *T. soaresi* Nagaraja

Archive of SID

www.SID.ir

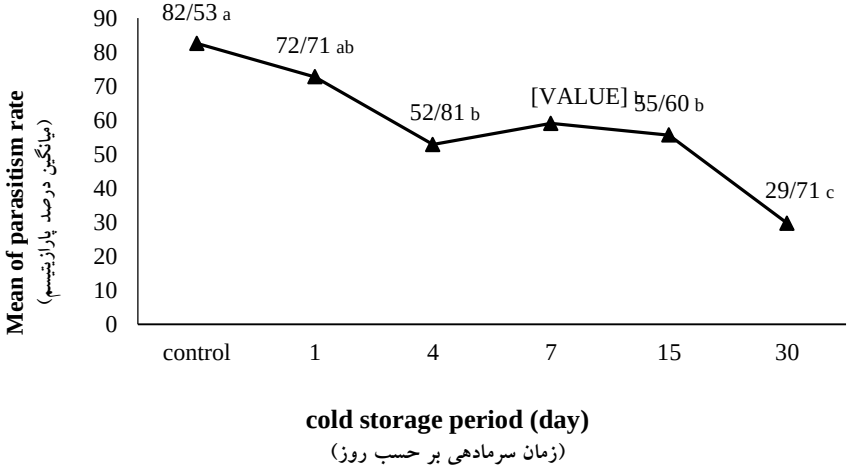
جدول ۱ - تجزیه واریانس فراسنجه‌های زیستی زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های ذخیره شده بید سیب‌زمینی در دمای ۴ °C

Table 1. Anova analysis of biological parameters of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4°C

P	F	MS میانگین مربعات	SS مجموع مربعات	Parameter فراسنجه
<0.0001	12.61**	8277.56	41387.83	parasitism rate (نرخ پارازیتیسم)
<0.0095	3.41**	2579.76	12898.79	emergence rate (نرخ ظهور حشرات کامل)
<0.0001	16.25**	3.22	16.13	developmental period (طول دوره نشو و نمای نابالغ)
<0.0001	5.53**	58.83	274.14	Longevity (طول عمر)
<0.045	4.91*	1137.23	5686.13	Fecundity (زادآوری)
<0.0008	4.50**	51.64	258.22	oviposition period (دوره تخم‌ریزی)
<0.0001	6.13**	3893.86	19469.32	sex ratio (نسبت جنسی)

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار، ** و * به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

درجه آزادی برای تمامی فراسنجه‌ها ۵ می‌باشد.



شکل ۱- نرخ پارازیتیسم زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های بید سیب‌زمینی ذخیره شده در دمای ۴ °C.

(حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد)

Figure 1. Parasitism rate of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4°C.
(The same letter are not statistically different at P < 0.05)

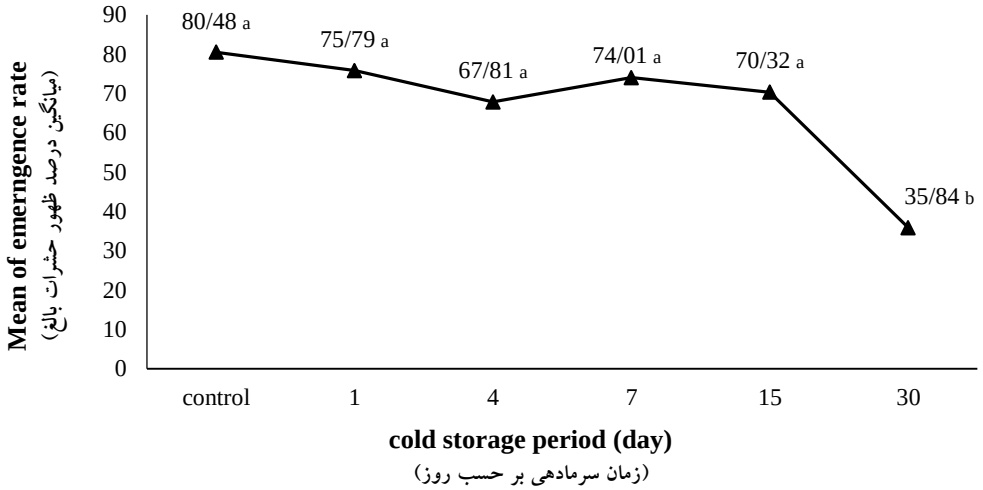
Archive of SID

www.SID.ir

تخم‌های ذخیره شده بید آرد تا ۲۴ روز، گونه *T. atopovirilia* Oatman and Platner تخم‌های ذخیره شده تا ۱۶ روز، گونه‌های *T. demoraesi* Nagaraja و *T. benneti* Nagaraja and Nagarkatti تخم‌های ذخیره شده تا ۱۵ روز و گونه *T. galloi* Zucchi تخم‌های ذخیره شده تا ۱۳ روز را به خوبی پارازیته می‌کنند. نتایج این محققین تفاوت‌هایی با نتایج بررسی حاضر دارد که دلایل این اختلاف را می‌توان به متفاوت بودن گونه‌های زنبور مورد بررسی ارتباط داد. پراتیسولی و همکاران (۲۰۰۳) عنوان نمودند که تخم‌های *A. kuehniella* را به عنوان میزبان زنبوران *Trichogramma* می‌توان تا ۳۰ روز در یخچال نگهداری نمود بدون اینکه کیفیت‌شان را از دست بدهند. با این حال پارازیتوئیدهایی که روی تخم‌های نگهداری شده در دمای پایین رشد می‌کنند ممکن است عملکرد کمتری داشته باشند زیرا قرارگیری طولانی مدت میزبان در دمای پایین باعث کاهش کیفیت آن‌ها می‌شود (کوستال و همکاران ۲۰۰۶).

نرخ ظهور حشرات کامل

بر اساس جدول تجزیه واریانس نرخ ظهور حشرات کامل زنبور اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان داد (جدول ۱). به طور کلی نتایج نشان داد که نگهداری تخم‌های میزبان تا ۳۰ روز در دمای پایین موجب کاهش معنی‌دار نرخ ظهور حشرات کامل زنبور با بقیه تیمارها می‌شود. اختلاف موجود بین شاهد و تیمارهای ۱، ۴، ۷ و ۱۵ روزه معنی‌دار نبود. با نگاهی به شکل ۲ می‌توان عنوان نمود که نگهداری تخم میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس تا ۱۵ روز، کاهش معنی‌داری روی نرخ خروج زنبور ندارد.



شکل ۲- نرخ ظهور حشرات بالغ زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های بید سیب‌زمینی ذخیره شده در دمای ۴ °C.

(حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد)

Figure 2. Emergence rate of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4˚C.
(The same letter are not statistically different at P < 0.05)

نرخ خروج یکی از فاکتورهای مهم در توانمندی زیستی پارازیتوییدها است که به شدت تحت تأثیر دمای پایین قرار می‌گیرد. بنابر مطالعات انجام شده، در صورت قرارگیری مراحل نابالغ حشرات راسته‌های مختلف هم‌چون بال‌غشائیان، بال‌پولکداران، سخت‌بالپوشان و دوبالان در معرض دمای پایین، نرخ خروج حشرات کامل کاهش

www.SID.ir

مـی‌یابـد (ازدر و سـالام ۲۰۰۵). نتـایج بررسـی حاضـر مشخص کرد که با افزایش طول مـدت نگهـداری تخـم‌هـای میزبان در دمای ۴ درجـه سلسـیوس نـرخ ظهـور حشـرات کامل زنبور به طور تقریبی کاهش می‌یابـد. مـی‌تـوان گفـت نرخ ظهور زنبـور در تیمـار ۳۰ روزه حـدودا ۵۵/۵ درصـد نسبت به شاهد و ۴۷ درصد نسبت به تیمار ۴ روزه (که در بین تیمارهـایی کـه در مقایسـه دانکـن در یـک گـروه قـرار داشتند کمترین نرخ ظهور را به خود اختصـاص داده بـود) کاهش داشت. نرخ ظهور حشرات کامل زنبـور *T. pintoi* در آزمایشات ازدر و تایات (۲۰۱۸) نیز از ۹۶ درصد در تیمـار یک هفته ذخیره‌سازی تخم‌های بید آرد تا ۷۴/۴۰ درصد در تیمار ۳۰ روزه کاهش یافت (۲۲/۵ درصـد کـاهش). ویـرا و تاوارس (۱۹۹۴) نرخ ظهـور زنبـور *T. cordubensis* را روی تخم‌های بید آرد ذخیره شده در دمای ۷ درجـه سلسـیوس پس از ۴/۵ ماه، ۹۷ و در شاهد ۹۶/۵ درصد عنوان نمودنـد. اسپینولافیهو و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند کـه حـداکثر نـرخ ظهـور حشـرات کامـل گونـه‌هـای *T. brasiliensis* و *T. bruni* تا ۱۷ روز ذخیره‌سازی تخم‌های بید آرد به وقـوع می‌پیوندد و پس از آن هرچه مدت زمان نگهداری تخم‌هـای میزبان در دمای ۵ درجـه سلسـیوس افـزایش مـی‌یابـد بـه همان میزان از نـرخ خـروج حشـرات کامـل زنبـور کاسـته می‌شود. در تحقیق حاضر نیز هر چند گونه مـورد بررسـی متفاوت از محققین یاد شده می‌باشد اما نگهداری تخـم‌هـای بید سیب‌زمینـی تـا ۱۵ روز در دمـای ۴ درجـه سلسـیوس نسبت به شاهد، موجب کاهش معنی‌دار نرخ خروج حشرات کامل زنبور *T. brassicae* نمی‌شود.

طول دوره نشو و نمای مراحل نابالغ

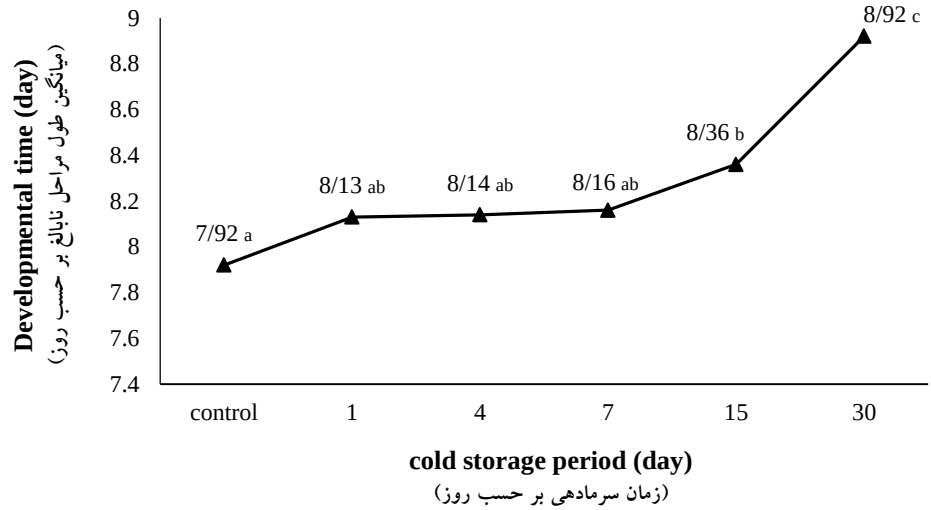
با نگاهی به جدول ۱ معلوم می‌شود که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد از نظر میانگین طول دوره نشو و نمای مراحل نابالغ زنبور وجود دارد. میانگین این فراسنجه در همه تیمارها غیر از شاهد حدود ۸ روز بود و بین شاهد (۰/۰۶ ± ۷/۹۲) و تیمار ۳۰ روزه (۰/۱۴ ± ۸/۹۲) به اندازه یک روز اختلاف وجود داشت. هر چند در تیمار ۴ روزه نسبت به تیمار یک روزه کاهش طول دوره نشو و نما مشاهده می‌شود ولی در کل با افزایش زمان نگهداری تخم‌های میزبان در دمای پایین، بر طول دوره نشو و نمای زنبور افزوده می‌شود (شکل ۳).

قرار گرفتن در معرض دماهای پایین می‌تواند جنبه‌های مختلف نشو و نما از جمله زمان و الگوی ظهور افراد کامل را تحت تاثیر قرار دهد. انتظار می‌رود که نشو و نما، پس از ذخیره‌سازی در دمای پایین، به طور معمول ادامه یابد، اما در بعضی گونه‌ها زمان لازم برای تکمیل رشد پس از ذخیره‌سازی در دماهای پایین افزایش می‌یابد (تز و بوتو ۲۰۰۴؛ لئوپولد و چن ۲۰۰۷). در دماهای پایین در اثر کاهش سرعت متابولیسم، رشد مراحل نابالغ طولانی‌تر شده و منابع بیشتری جهت حفظ سوخت‌وساز بدن اختصاص داده می‌شود که این امر سبب آسیب به دیگر ویژگی‌های زیستی حشرات همچون تولیدمثل آنها می‌شود (بووین ۲۰۱۰).

در بررسی حاضر نیز طـول دوره نشـوونمـای نابـالغ زنبور با افزایش طول مدت ذخیره‌سازی تخم‌هـای میزبـان افزایش یافت. محققان مختلفی اثر دماهای پایین روی طول دوره ذخیره‌سازی زنبوران تریکوگراما را مـورد بررسـی قرار داده و تـاخیر در دوره نشـو و نمـا بـا افـزایش طـول مدت ذخیره‌سازی را گـزارش کـرده‌انـد (کولینـت و هـنس ۲۰۱۰) و این نشان می‌دهد که تاخیر در نتیجه اثرات مضر ذخیره‌سازی در دماهای پـایین یـک فراینـد تجمعـی اسـت (کولینت و بووین ۲۰۱۱). در تحقیق حاضر، ظهـور زنبـور کامل در تیمار ۳۰ روزه، نسبت بـه شـاهد یـک روز دیرتـر اتفاق افتاد (شکل ۳). این اختلاف می‌تواند ناشـی از تـاخیر در بازگشت به شرایط متابولیک طبیعـی پـس از نگهـداری طولانی مدت میزبان در دمای پایین و در نتیجه عدم کفایت مواد مغذی مورد نیـاز تخـم‌هـای پارازیتوییـد داخـل تخـم میزبان باشد (تز و بوتو ۲۰۰۴).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- طول دوره نشو و نمای مراحل نابالغ زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های بید سیب‌زمینی ذخیره شده در دمای ۴ °C.

(حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد)

Figure 3. Developmental time of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4˚C.
(The same letter are not statistically different at P < 0.05)

مطالعات قبلی به خوبی نشان داده‌اند که موجوداتی که در دماهای پایین و بالاتر از صفر قرار می‌گیرند، سازماندهی مجدد فصلی متابولیسم را به عنوان راهی برای مقاومت در برابر سرما نشان می‌دهند (دانکس ۱۹۷۸). ناظری و همکاران (۱۳۹۲) عنوان کردند که اگر تخم‌های بید آرد تا ۴ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس ذخیره شده و سپس در اختیار زنبور *T. brassicae* قرار داده شوند، طول دوره نشو و نمای افراد نابالغ زنبور افزایش نشان نمی‌دهد ولی اگر ۸ تا ۱۶ روز باشد میانگین این فراسنجه افزایش می‌یابد. ازدر و تایات (۲۰۱۸) گزارش دادند که طول دوره نشو و نمای نابالغ زنبور *T. pintoi* روی تخم‌های سرمادیده بید آرد از ۱۲/۵ روز پس از یک هفته ذخیره‌سازی به ۱۳/۷۱ روز پس از ۴ هفته ذخیره‌سازی افزایش یافت. نتایج گزارش شده توسط محققین مذکور کمی بیشتر از تحقیق حاضر می‌باشد که احتمالا به دلیل متفاوت بودن گونه و میزبان مورد بررسی باشد. مشابه نتایج گزارش شده توسط سایر محققین، در بررسی حاضر نیز مشخص شد هرچه طول مدت نگهداری میزبان در دمای پایین افزایش می‌یابد، طول دوره نشو و نمای مراحل نابالغ زنبور افزایش یافته و در نتیجه ظهور حشرات کامل آن به تعویق می‌افتد. می‌توان گفت سرعت رشد و نمو قبل از بلوغ زنبور تریکوگراما در تخم‌هایی که زمان بیشتری در سرما نگهداری شده بودند کمتر بود، که منجر به افزایش طول دوره رشد و نمو آن‌ها شد. ممکن است علت این امر، کیفیت متفاوت مواد غذایی تخم‌های با زمان نگهداری متفاوت باشد که اثر خود را به‌صورت تاخیر در رشد و نمو پیش از بلوغ پارازیتوییدها نمایان کرده است. از سوی دیگرحشراتی که روی میزبان‌های با زمان نگهداری بیشتری پرورش یافته‌اند، در یک دوره زمانی معین تعداد نسل کمتری خواهند داشت، که این امر ممکن است باعث افزایش هزینه‌های تولید انبوه شود (ناظری و همکاران ۱۳۹۲).

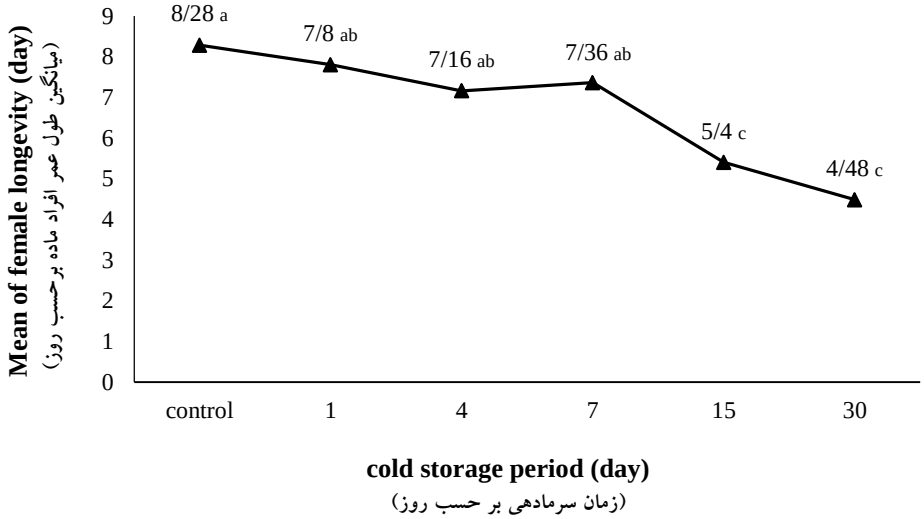
طول عمر زنبور

اثر زمان نگهداری تخم میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس در طول عمر زنبورهای ماده معنی‌دار بود (جدول ۱) و زنبورهای خارج شده از تخم‌های میزبان با

Archive of SID

www.SID.ir

زمان نگهداری حدودا یک هفته طول عمر بیشتری نسبت به تیمار ۱۵ و ۳۰ روزه داشتند (شکل ۴). به نظر می‌رسد هر چقدر مدت زمان نگهداری تخم میزبان در دمای پایین کمتر باشد، زنبور خارج شده از آن نیز طول عمر بیشتری خواهد داشت. احتمالا تخم‌های با زمان نگهداری کمتر، مواد غذایی باکیفیت‌تری دارند که اثر خود را به صورت افزایش در طول عمر حشرات بالغ نشان می‌دهند. این نتایج با یافته‌های ندیم (۲۰۱۰) هم راستا است که گزارش داد طول عمر Marchal *T. cacoeciae* خارج شده از تخم‌های میزبان نگهداری شده در سرما با افزایش زمان نگهداری، کمتر می‌شود.



شکل ۴- طول عمر زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های بید سیب‌زمینی ذخیره شده در دمای ۴ °C.

(حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد)

Figure 4. Adult longevity of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4°C.
(The same letter are not statistically different at P < 0.05)

کاهش طول عمر حشرات کامل با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی در گونه‌های مختلفی از جمله *Trichogramma carverae* (Oatman and Pinto) (راندال و همکاران ۲۰۰۴)، *Bracon hebetor* (Say) (ال‌تمامی و اشفق ۲۰۰۵)، *T. evanescens* (آیواض و همکاران ۲۰۰۸) و *T. chilonis* (ندیم و همکاران ۲۰۱۰) گزارش شده است. در موارد شدیدتر حتی ممکن است طول عمر به قدری کوتاه باشد که ظرف چند ساعت پس از ظهور بمیرد (لیوی و همکاران ۲۰۰۵). ناتوانی پارازیتوییدها در انباشت ذخایر چربی در مرحله بلوغ، نشان‌دهنده محدودیت‌های آن‌ها در راهبردهای تخصیص منابع محدود می‌باشد و مبادله و ایجاد توازن بین بقا و تولید مثل ممکن است به شدت تحت تاثیر مصرف چربی باشد. در *Aphidius colemani* Viereck مقدار ذخایر چربی موجود در مرحله حشره کامل و به تبع آن طول عمر افراد بالغ، با افزایش طول مدت قرارگیری در معرض سرما به صورت خطی کاهش می‌یابد (کولینت و همکاران ۲۰۰۶). به همین ترتیب، اسماعیل و همکاران (۲۰۱۰) وجود رابطه بین مصرف چربی‌ها در طول مدت ذخیره‌سازی و کاهش طول عمر Haliday *Aphidius ervi* را گزارش دادند. هم‌چنین گزارش شده است که طول عمر افراد با افزایش مدت زمان

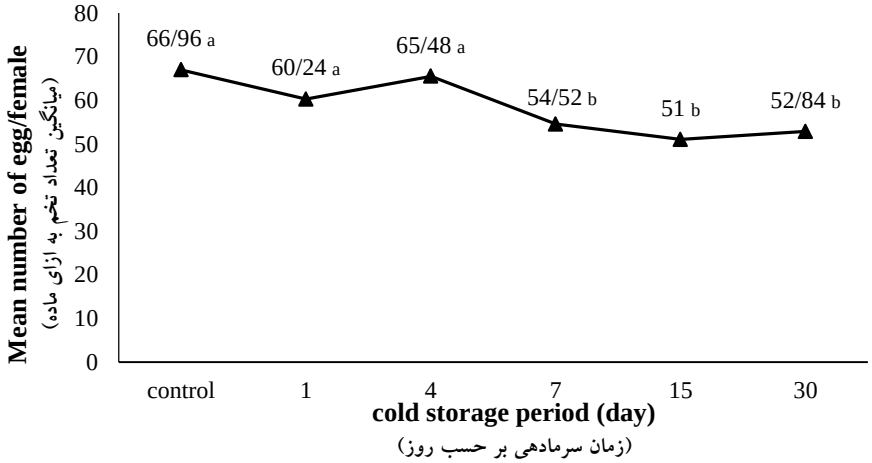
Archive

www.SID.ir

ذخیره‌سازی، کاهش می‌یابد که علت این امر ممکن است تجمع متابولیت‌های سمی پس از طولانی شدن مدت سرمادهی باشد (استوری و استوری ۱۹۸۸). همچنین گرسنگی و کم‌آبی در طول دوره ذخیره‌سازی می‌تواند باعث کاهش طول عمر شود (چن و همکاران ۲۰۱۱). ویرا و تاوارس (۱۹۹۴) طول عمر زنبور *T. cordubensis* را روی تخم‌های بید آرد ذخیره شده در دمای ۷ درجه سلسیوس پس از ۴/۵ ماه را ۵/۸۵ و در شاهد ۶/۶۴ روز به‌دست آوردند. ازدر و تایات (۲۰۱۸) گزارش دادند طول عمر زنبور *T. pintoi* روی تخم‌های سرمادیده بید آرد پس از یک هفته، ۲۲/۳ روز و پس از چهارهفته، ۱۹/۴ روز بود و این در حالی است که میانگین همین فراسنجه در شاهد ۲۵/۹ روز به‌دست آمد. ازدر (۲۰۰۴) اعلام کرد که طول عمر زنبور *T. cacoeciae* که از تخم‌های سرمادیده بید آرد خارج شده بود در شاهد، ۳، ۷، ۱۴ و ۳۱ روز پس از ذخیره‌سازی به‌ترتیب، ۱۵/۶، ۱۱/۴، ۱۰/۴، ۱۰/۲ و ۷ روز می‌باشد، که مشابه بررسی ما، نشان‌دهنده تاثیر منفی افزایش طول مدت ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان روی طول عمر زنبورهای خارج شده می‌باشد به‌طوری‌که با افزایش طول مدت ذخیره‌سازی میزبان، طول عمر پارازیتویید کاهش می‌یابد. البته طول عمر گونه‌های مورد بررسی این محققین بسیار بیشتر از میانگین به‌دست آمده در نتایج تحقیق حاضر می‌باشد که شاید بتوان گفت هم گونه زنبور و هم گونه میزبان متفاوت از ایشان بوده که می‌تواند دلیلی بر این تفاوت‌ها باشد.

زادآوری

بر اساس جدول تجزیه واریانس، زادآوری زنبور بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد داشت (جدول ۱). نتایج نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری تخم های میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس، میانگین زادآوری زنبور کاهش می‌یابد هر چند در تیمار ۴ روزه افزایش ۸ درصدی نسبت به تیمار ۱ روزه مشاهده می‌شود ولی اختلاف موجود معنی‌دار نیست (شکل ۵). روند تخم‌گذاری روزانه افراد ماده زنبور در تمامی تیمارها در شکل ۶ نشان داده شده است.



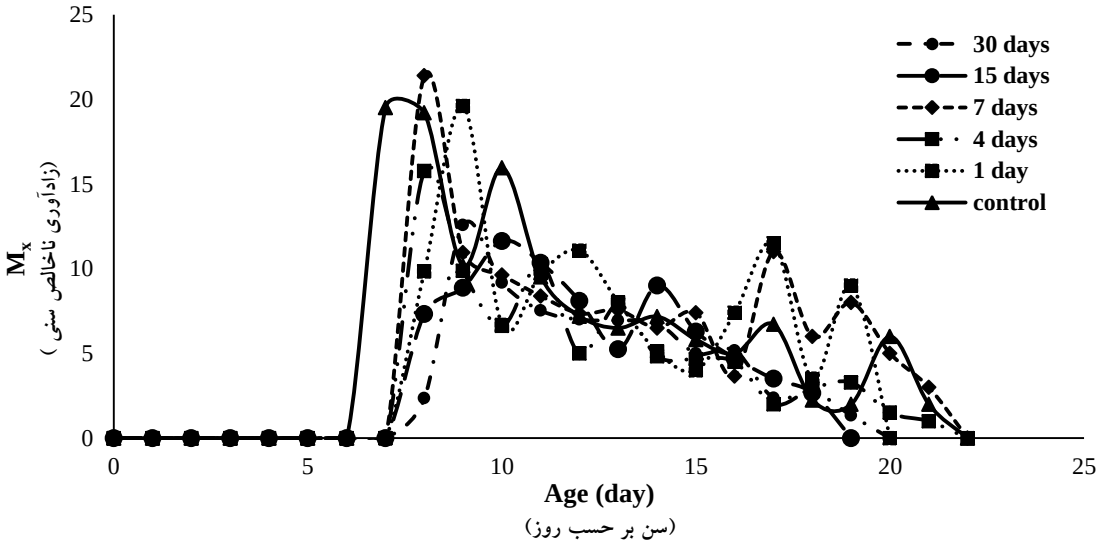
شکل ۵- میانگین زادآوری زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های بید سیب‌زمینی ذخیره شده در دمای ۴ °C.

(حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد)

Figure 5. Fecundity of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4°C.
(The same letter are not statistically different at P < 0.05)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶- روند تخم‌گذاری روزانه *T. brassicae* در شش تیمار آزمایشی.

Figure 6. M_x of *T. brassicae* in six treatments.

نتایج به‌دست آمده نشان داد که با افزایش طول مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان در دمای پایین، زادآوری زنبور کاهش پیدا می‌کند به طوری که زادآوری زنبور در تیمار ۳۰ روزه، کاهش حدودا ۲۱ درصدی نسبت به شاهد داشت. در برنامه‌های کنترل زیستی توسط گونه‌های مختلف تریکوگراما، زادآوری، ویژگی مهمی محسوب می‌شود و تعداد تخم بیشتر پارازیتوئید به مثابه از بین رفتن میزبان بیشتری می‌باشد. هم‌چنین زادآوری از شاخص‌های مهم برای کنترل کیفیت در آزمایشگاه قبل از رهاسازی است (بووین ۲۰۱۰). محققین عنوان نموده‌اند که هزینه بقا و زنده‌مانی مراحل نابالغ زنبورهای پارازیتویید در میزبان‌های سرمادیده، کاهش زادآوری حشرات کامل آنها است (بووین ۲۰۱۰).

اندام تناسلی پارازیتوییدها و در کل خیلی از حشرات در درجه حرارت‌های پایین آسیب‌پذیر هستند. گزارش‌های متعددی از اثرات منفی دمای پایین روی اعضای تناسلی و باروری زنبورها منتشر شده است (چن و همکاران ۲۰۰۸؛ کولینت و همکاران ۲۰۱۰؛ احمد و احمد ۲۰۱۴). افزایش زمان ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان در دمای پایین می‌تواند منجر به کاهش کیفیت غذایی جنین پارازیتوئیدهای تخم در نتیجه زوال و نابودی زرده گردد (پراتیسولی و همکاران ۲۰۰۳). محققین عنوان نموده‌اند که باروری زنبوران هم تحت تاثیر دماهای پایین و هم طول مدت زمان نگهداری در دماهای پایین قرار می‌گیرد (جایانت و ناگارکاتی ۱۹۸۵؛ بلال و همکاران ۱۹۸۹؛ جلالی و سینگ ۱۹۹۲؛ پراساد و انصاری ۲۰۰۰؛ فورستر و ناکاما ۲۰۰۲؛ ازدر ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸؛ التممی و اشفق ۲۰۰۵). پارازیتوییدهای ماده می‌توانند تخم‌های میزبان نگهداری شده در سرما را که از نظر محرک‌های شیمیایی و فیزیکی تغییر یافته‌اند، از قبیل تخم‌هایی که حاوی گلسیرول و آلانین هستند را تشخص داده و پذیرش نکنند (ریورس و همکاران ۲۰۰۰؛ سوآرس و همکاران ۲۰۰۹؛ گوبالت و همکاران ۲۰۱۱؛ پنافلور و همکاران ۲۰۱۱؛ استاپلر و همکاران ۲۰۱۱). هم‌چنین ذخیره‌سازی طولانی مدت در سرما می‌تواند شکل تخم میزبان را تغییر دهد و بر شناخت میزبان توسط پارازیتوئیدها تاثیر بگذارد (کانتی و همکاران ۱۹۹۶). ازدر (۲۰۰۴) تخم‌های *A. kuehniella* را به مدت ۳، ۷، ۱۴ و ۳۱ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری کرد و زادآوری *T. cacoeciae* را به‌ترتیب، ۵۰/۲، ۴۴/۵، ۴۱/۳، ۳۶/۳ و ۲۱/۲ تخم به‌دست آورد. هر چند مقادیر به‌دست آمده توسط

Archive of SID

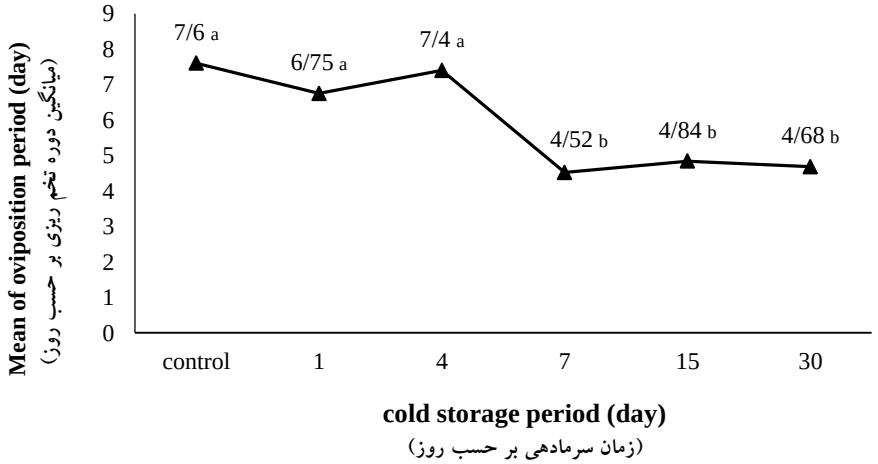
www.SID.ir

ازدر متفاوت از آزمایش حاضر می‌باشد اما در هر دو آزمایش با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی تخم میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس از زادآوری زنبور کاسته می‌شود.

طول دوره تخم‌ریزی زنبور

اثر زمان نگهداری تخم میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس روی طول دوره تخم‌ریزی زنبورهای ماده معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که نگهداری تخم‌های میزبان در دمای پایین تا ۴ روز، تاثیر معنی‌داری روی طول دوره تخم‌ریزی زنبورهای خارج شده از آن‌ها ندارد ولی اگر ذخیره‌سازی در دمای پایین بیش‌تر از این مدت باشد کاهش معنی‌داری در فراسنجه ذکر شده مشاهده می‌شود (شکل ۷).

طول دوره تخم‌گذاری یکی دیگر از ویژگی‌های زیست‌شناختی مهم است که می‌تواند تحت تاثیر ذخیره‌سازی در دماهای پایین قرار گیرد. در *Anaphes ovijentatus* (Crosby and Leonard) طول دوره تخم گذاری با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی کاهش می‌یابد (کولینت و بووین ۲۰۱۱). ازدر (۲۰۰۴) عنوان کرد که دوره تخم‌ریزی زنبور *T. cacoeciae* روی تخم‌های سرمادیده بید آرد ۷- ۶ روز طول می‌کشد. به طوری که از شکل ۶ پیداست، آغار تولیدمثل همزادگان در شاهد ۱ روز زودتر از سایر تیمارها اتفاق افتاد و برعکس خاتمه تخم‌ریزی یک روز دیرتر (به غیر از تیمار ۷ روزه) حادث گردید و به این ترتیب، دوره تخم‌ریزی زنبور در شاهد بیشتر از بقیه تیمارها بوده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که وقتی مدت زمان نگهداری تخم‌های میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس از ۴ روز بیشتر شد، طول دوره تخم‌ریزی زنبور در تیمارهای ۷، ۱۵ و ۳۰ روزه به‌ترتیب، ۴۰/۵۳، ۳۶/۳۱ و ۳۸/۴۲ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد و در واقع روندی که طول دوره تخم‌ریزی زنبور در تیمارهای اعمال شده داشته، مشابه روند زادآوری بوده است به‌طوری‌که زادآوری زنبور در این تیمارها نسبت به شاهد به‌ترتیب، ۱۸/۵۸، ۲۳/۸۳ و ۲۱/۰۹ درصد کاهش معنی‌دار نشان داد. همانند زادآوری، کاهش طول دوره تخم‌گذاری احتمالا نشانه‌ای از هزینه‌ای است که اغلب در نتیجه ذخیره‌سازی در دماهای پایین به پارازیتویید تحمیل می‌شود.



شکل ۷- میانگین طول دوره تخم‌ریزی زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های بید سیب‌زمینی ذخیره شده در دمای ۴ °C.

(حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد)

Figure 7. Mean of oviposition period of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4°C.
(The same letter are not statistically different at P < 0.05)

www.SID.ir

نسبت جنسی زنبور

در تحقیق حاضر، تفاوت معنی‌داری در نسبت جنسی افراد خارج شده *T. brassicae* (تعداد ماده به تعداد کل حشرات ظاهر شده) بین تیمارها مشاهده شد (جدول ۱). مشخص شد نسبت افراد ماده، با افزایش طول مدت نگهداری تخم‌های میزبان در سرما کاهش می‌یابد به طوری که نسبت افراد ماده به کل جمعیت در تیمار ۳۰ روزه تا ۷۱ درصد نزول پیدا کرد (شکل ۸).

نسبت جنسی پارازیتوییدها و تعداد حشره ماده‌ای که وارد اکوسیستم زراعی می‌شود از نظر کاربردی حائز اهمیت بوده و از طرفی نیز افزایش زنبورهای نر در سیستم پرورش انبوه از موارد نامطلوب به‌شمار می‌آید. به بیان دیگر هر اندازه تعداد افراد ماده بیشتر باشد می‌تواند نرخ رشد جمعیت و اثر بخش بودن آنها را در برنامه‌های کنترل زیستی افزایش دهد، چرا که زنبورهای نر عملاً نقشی در ایجاد تلفات در آفت هدف ندارند (لوندگرن و هیمپل ۲۰۰۰). استاندارد انستکتاریوم‌های پرورش انبوه زنبوران تریکوگراما حداقل ۵۰ درصد ماده می‌باشد. پارازیتوییدهای متعلق به راسته بال‌غشاییان، یک سیستم تعیین جنسیت هاپلو- دیپلوئید دارند که در آن ماده‌ها قادر به تعیین جنسیت تخم‌های خود از طریق انجام لقاح و یا عدم آن می‌باشند (فلاندرز ۱۹۵۶). تغییر نسبت جنسی می‌تواند در نتیجه عوامل متعددی به وجود آید. یکی ممکن است به علت تغییر نسبت تخم‌های بارور شده (یعنی نسبت جنسی اولیه) به دلیل تغییر استراتژی تولید مثلی ماده‌ها (کولینت و هنس ۲۰۱۰) و دوم به علت عدم توانایی نرها برای جفت‌گیری یا تولید اسپرم زنده (لاکوم و همکاران ۲۰۰۷) پس از قرارگیری در معرض دماهای پایین باشد. برخی محققان تغییر نسبت جنسی به سمت نرها را در مورد برخی پارازیتوییدهای قرار گرفته در معرض دماهای پایین، گزارش کرده‌اند (لیوی و همکاران ۲۰۰۵؛ لئوپولد و چن ۲۰۰۷؛ چن و همکاران ۲۰۰۸؛ اسماعیل و همکاران ۲۰۱۰). از سوی دیگر تغییر نسبت جنسی می‌تواند ناشی از مرگ و میر متفاوت جنس‌ها زمانی که در مرحله جنینی در معرض دماهای پایین قرار گرفته باشند به وجود آید (نسبت جنسی ثانویه). گزارشات نشان داده است که بسته به گونه، ذخیره‌سازی در دماهای پایین می‌تواند موجب افزایش مرگ‌ومیر ماده‌ها (چن و همکاران ۲۰۰۸) یا نرها (دباک ۱۹۴۳) و یا خنثی (آیواض و همکاران ۲۰۰۸؛ کولینت و هنس ۲۰۱۰) باشد. البته باید اذعان نمود که تغییر نسبت جنسی به نفع ماده‌ها تاثیر کمی روی فرایند ذخیره‌سازی پارازیتوییدها جهت استفاده در برنامه‌های کنترل زیستی دارد (لئوپولد ۱۹۹۸). نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده اثرات منفی ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس روی زنبور *T. brassicae* بود به‌طوری‌که هر چه طول مدت قرارگیری تخم‌های میزبان در دمای پایین افزایش یافت به همان میزان از میزان افراد ماده زنبور کاسته شد. با توجه به شکل ۸ می‌توان عنوان کرد که نگهداری تخم‌های میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس تا ۱۵ روز هرچند موجب کاهش میانگین تعداد ماده‌ها نسبت به شاهد می‌شود اما در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند و تعداد افراد ماده ۶۰ درصد کل افراد را تشکیل می‌دهند که از نظر سازمان جهانی کنترل زیستی[1] که در دستورالعمل‌های تعیین کیفیت زنبوران تریکوگرامای تولید شده، حداقل نسبت جنسی را ۵۰ درصد به نفع ماده‌ها (ون لنترن ۲۰۰۳) عنوان نموده است درصد قابل قبولی بوده و حتی ۱۰ درصد نیز از میانگین تعیین شده بالاتر می‌باشد.

منحنی بقا و امید به زندگی زنبور

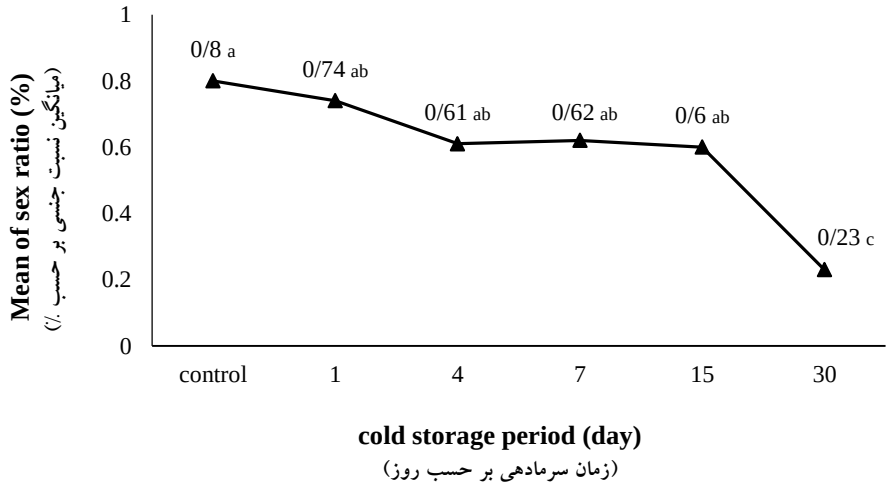
منحنی بقای زنبور در هر شش تیمار آزمایشی از نوع یک به‌دست آمد که در شکل ۹ نشان داده شده است. در این نوع منحنی، مرگ‌ومیر عمدتاً در افراد مسن اتفاق می‌افتد، یعنی با افزایش سن پارازیتویید، نرخ بقا کاهش می‌یابد و به همین دلیل منحنی عمدتاً افقی و با شیبی ملایم پیش رفته، در آخر ناگهان حالت نزولی پیدا می‌کند. بنابراین روند کاهش نرخ بقا در حشرات کامل سریع‌تر از مراحل

[1] International Organization for Biological Control (IOBC)

Archive of SID

www.SID.ir

نابالغ بود. خط راست افقی در ابتدای سمت چپ منحنی بقا مربوط به مراحل نابالغ آن است که تلفات این دوره یک‌جا در آخر محاسبه شده و قابل تفکیک از نظر سنی نمی‌باشند. مقدار انتروپی منحنی بقای *T. brassicae* در شاهد، ۰/۱۸ و در تیمارهای ۱، ۴، ۷، ۱۵ و ۳۰ روزه به‌ترتیب، ۰/۲۳، ۰/۲۰، ۰/۲۶، ۰/۲۱ و ۰/۱۷ به‌دست آمد که مؤید نوع اول بودن منحنی بقا است. نتایج مشخص کرد که مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی در دمای ۴ درجه سلسیوس تاثیری روی نوع منحنی زنبور نداشته است. نرخ بقای افراد در زمان ورود به مرحله حشره کامل در شاهد و پنج تیمار آزمایشی به‌ترتیب، ۰/۹۸، ۰/۹۴، ۰/۹۸، ۰/۹۴، ۰/۹۸ و ۰/۹۷ بود (شکل ۹). بیشتر بودن مساحت زیر منحنی بقا در شاهد، نشان‌دهنده طول عمر بیشتر افراد در شاهد نسبت به بقیه تیمارها و تاثیر منفی ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان در دمای پایین روی بقا و طول عمر پارازیتویید می‌باشد به طوری که مرگ‌ومیر در تیمار ۳۰ روزه زودتر از سایر تیمارها اتفاق افتاد. محققین مختلف بر این باورند که با افزایش مدت زمان نگهداری میزبان در دمای پایین، میزان بقای پارازیتویید کاهش می‌یابد (آیواض و همکاران ۲۰۰۸؛ چن و همکاران ۲۰۰۸؛ کولینت و هنس ۲۰۱۰؛ عبد الغواد و همکاران ۲۰۱۰). امید به زندگی (e_x) زنبور *T. brassicae* در آغاز آزمایش در شاهد، ۱۶/۹۲ روز و در پنج تیمار آزمایشی به‌ترتیب، ۱۳/۳۸، ۱۵/۴۶، ۱۲/۱۸، ۱۳/۶۶ و ۱۵/۷۵ روز تعیین شد. روند تغییرات امید به زندگی *T. brassicae* در شش تیمار آزمایشی در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۸- میانگین نسبت جنسی زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های بید سیب‌زمینی ذخیره شده در دمای ۴ °C

(حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد)

Figure 8. Mean of sex ratio (f/f+m) of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4˚C.
(The same letter are not statistically different at P < 0.05)

فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور *T. brassicae*

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار زنبور *T. brassicae* تحت تاثیر مدت زمان نگهداری تخم‌های میزبان در دمای ۴°C قرار گرفتند (جدول ۲). مقادیر و نتایج مقایسه میانگین مربوط به هشت فراسنجه رشد جمعیت پایدار زنبور *T. brassicae* شامل نرخ تولیدمثل ناخالص (GRR)، نرخ تولیدمثل خالص (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی رشد (λ)، طول مدت یک نسل (T)، زمان دوبرابر شدن جمعیت (DT)، نرخ ذاتی تولد (b) و نرخ ذاتی مرگ (d) در شاهد و پنج تیمار آزمایشی در جدول ۳ نشان داده شده‌اند.

www.SID.ir

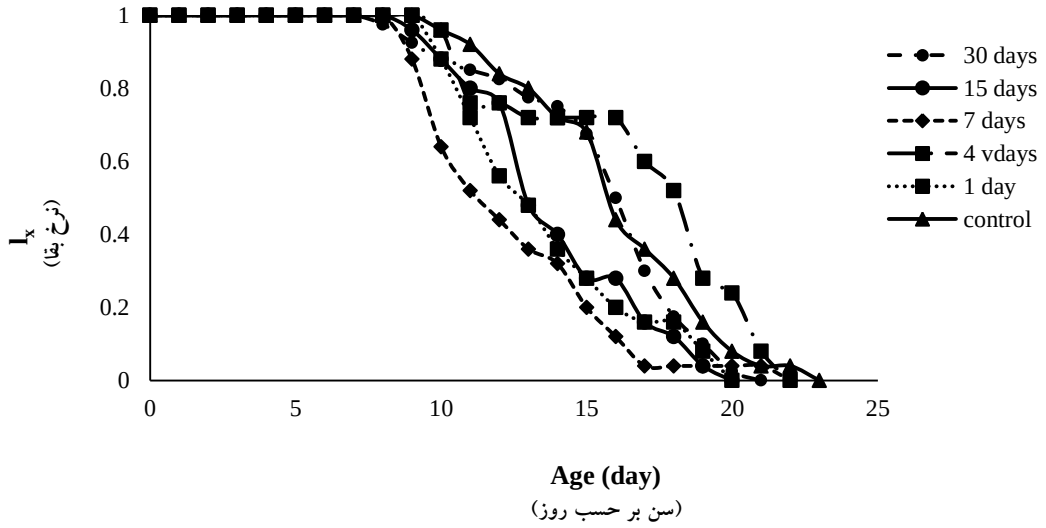
مهم‌ترین فراسنجه تعیین‌کننده رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت می‌باشد که یک شاخص استاندارد بوده و بیشترین میزان رشد جمعیت یک گونه را تحت شرایط فیزیکی معین نشان می‌دهد. در محاسبه نرخ ذاتی افزایش جمعیت، میزان بقا نیز دخالت داده می‌شود. کاهش در میزان بقا و زادآوری منجر به کاهش در نرخ ذاتی افزایش جمعیت می‌شود. هم‌چنان که پیشتر ذکر شد طول مدت ذخیره‌سازی در دماهای پایین می‌تواند تاثیر زیادی روی بقا و ویژگی‌های تولیدمثلی عوامل کنترل زیستی داشته باشد (ون بارن و همکاران ۲۰۰۵). نتایج نشان داد که نرخ تولیدمثل خالص و نرخ ذاتی افزایش جمعیت که دو فراسنجه مهم جدول‌های زندگی ویژه سنی محسوب می‌شوند با افزایش طول دوره نگهداری تخم میزبان در دمای پایین، کاهش می‌یابند و این یعنی ذخیره‌سازی طولانی مدت تخم‌های میزبان در دمای پایین اثر منفی روی این دو فراسنجه جمعیتی زنبور داشته است. نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) که نشان‌دهنده تعداد کل ماده‌های تولید شده توسط یک ماده در طول عمر می‌باشد (مجموع m_x)، در تیمارهای مختلف ذخیره‌سازی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد (جدول ۲). در واقع با افزایش طول دوره ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان، تعداد کل افراد ماده تولید شده توسط پارازیتویید کاهش می‌یابد و باروری زنبور به علت صرف انرژی و منابع حشره جهت بقا کاهش می‌یابد. پیشتر نیز ذکر شد که گرسنگی، کمبود آب و متابولیت‌های سمی تولید شده در شرایط ذخیره‌سازی در سرما می‌تواند باعث کاهش طول عمر و مرگ‌ومیر گردد. با نگاهی به جدول ۳ متوجه می‌شویم که مقدار نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به خاطر دخالت دادن نرخ بقا (l_x) تفاوت زیادی با مقدار نرخ ناخالص تولیدمثل دارد. با توجه به اینکه با افزایش سن موجود، نرخ بقای آن کاهش می‌یابد (شکل ۹)، بنابراین نرخ خالص تولیدمثل همیشه کوچک‌تر از نرخ ناخالص تولیدمثل می‌باشد. فراسنجه (R_0) در شاهد ۴۸/۷۰ ماده/ماده/روز به‌دست آمد و مشخص شد که با افزایش طول مدت ذخیره‌سازی تخم میزبان، مقدار این فراسنجه در تیمارهای ۱، ۴، ۷، ۱۵ و ۳۰ روزه نسبت به شاهد به‌ترتیب، حدود ۱۱، ۲۱، ۳۳، ۳۴ و ۳۷ درصد کاهش یافته است که همه دارای اختلاف معنی‌دار با شاهد بودند (جدول۳). مقدار این فراسنجه در تیمارهای ۷ و ۱۵ روزه به دلیل نزدیک بودن مقادیر نرخ بقا در این دو دوره تفاوت معنی داری نداشت. می‌توان گفت با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان، کاهش نسبت افراد ماده (شکل ۸) از یک طرف و افزایش مرگ‌ومیر افراد بالغ زنبور (شکل ۹)، موجب کاهش نرخ خالص تولیدمثل زنبور شده است. در بررسی حاضر تا زمانی که پارازیتویید درون تخم‌های قرار نگرفته در معرض سرما رشد کرده است (شاهد) جمعیت پارازیتویید حدود ۴۹ برابر از یک نسل به نسل دیگر افزایش یافته است، در حالی‌که وقتی زنبور درون تخم‌های سرمادیده به مدت ۱۵ روز، نشوونمای خود را طی کرده است، حدود ۳۲ برابر از یک نسل به نسل دیگر افزایش جمعیت داشته است. واعظ و همکاران (۱۳۹۷) مقدار این فراسنجه را برای زنبور *T. brassicae* خارج شده از تخم‌های سرمادیده بید آرد پس از یک، دو و چهار هفته به‌ترتیب، ۱۷/۱۹،۳۶/۱۵ و ۱۳/۲۲ ماده/ماده/روز به‌دست آوردند. ایشان نیز عنوان کردند که با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی تخم میزبان در دمای پایین، نرخ خالص تولیدمثل زنبور کاهش می‌یابد. علت تفاوت در مقدار این فراسنجه در بررسی محققین یاد شده با بررسی حاضر می‌تواند به دلیل متفاوت بودن میزبان آزمایشی باشد.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) مهم‌ترین فراسنجه برای تعیین نوع و میزان رشد جمعیت‌ها می‌باشد، که می‌تواند بیانگر رشد مثبت، منفی و یا ثابت جمعیت باشد. این فراسنجه یکی از معیارهای اصلی در تعیین کارایی پارازیتوییدها محسوب می شود که اگر برابر یا بیشتر از نرخ ذاتی رشد میزبان باشد، آن پارازیتویید به عنوان عامل کنترلی موفق ارزیابی می‌شود (روی و همکاران ۲۰۰۳). مقدار نرخ ذاتی رشد زنبور برای طول دوره‌های مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

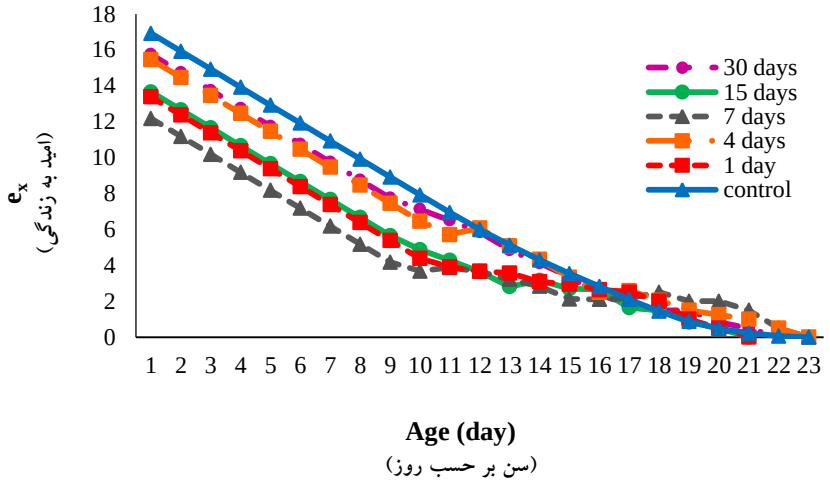
ذخیره‌سازی تخم میزبان در سرما تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نشان داد (جدول ۲). با توجه به نتایج و مقدار r_m به‌دست آمده در این بررسی، ذخیره‌سازی تخم‌های میزبان در دمای ۴ درجه سلسیوس حتی به مدت یک روز هم موجب کاهش نرخ ذاتی رشد زنبور *T. brassicae* شده است اما این کاهش به نسبت تیمار ۱۵ روزه (۱۳ درصد کاهش نسبت به شاهد) و تیمار ۳۰ روزه (۱۹ درصد کاهش نسبت به شاهد) خیلی کمتر (۳ درصد) بود. نگهداری تخم‌های بید سیب‌زمینی تا هفت روز هم موجب کاهش ۴ درصدی در نرخ ذاتی رشد زنبور نسبت به شاهد شده است. می‌توان گفت اگر جهت پرورش زنبور *T. brassicae* به استفاده از تخم‌های میزبان ذخیره شده در دمای پایین نیاز باشد، می‌توان از تخم‌های میزبان نگهداری شده به مدت هفت روز استفاده کرد و اطمینان داشت که کاهش نرخ ذاتی رشد زنبور کمتر از ۵ درصد خواهد بود. واعظ و همکاران (۱۳۹۷) نیز مقدار این فراسنجه را برای همین گونه پارازیتویید روی تخم‌های سرمادیده بید آرد پس از ۱۵ روز ذخیره‌سازی، ۰/۲۵۶۶ و پس از ۳۰ روز، ۰/۲۱۷۸ ماده/ماده/روز به‌دست آوردند که نشان از تاثیر منفی دمای پایین روی تخم‌های میزبان (کاهش کیفیت تخم‌ها) و در نتیجه نرخ ذاتی رشد زنبور خارج شده از آن داشت.



شکل ۹- منحنی بقای *T. brassicae* در شش تیمار آزمایشی.

Figure 9. Survival rate of *T. brassicae* in six treatments.

www.SID.ir



شکل ۱۰- تغییرات سنی امید به زندگی *T. brassicae* در شش تیمار آزمایشی.

Figure 10. Life expectancy of *T. brassicae* in six treatments.

جدول ۲- تجزیه واریانس فراسنجه‌های جمعیت پایدار زنبور *T. brassicae* روی تخم‌های ذخیره شده بید سیب‌زمینی در دمای ۴ °C

Table 2. Anova analysis of population parameters of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4°C

P	F	MS میانگین مربعات	SS مجموع مربعات	parameter فراسنجه
<0.0001	1042.86**	6761.51	33807.55	**Gross reproductive rate (GRR)** (نرخ ناخالص تولید مثل)
<0.0001	1029.19**	1252.31	6261.58	**Net reproductive rate (R_0)** (نرخ خالص تولید مثل)
<0.0001	2608.49**	0.0164	0.08192	**Intrinsic rate of increase (r_m)** (نرخ رشد ذاتی جمعیت)
<0.0001	2584.03**	0.03236	0.1618	**Finite rate of increase (λ)** (نرخ متناهی رشد)
<0.0001	3994.03**	6.14	30.72	**Mean generation time (T)** (مدت زمان یک نسل)
<0.0001	2662.43**	0.60	3.01	**Doubling time (DT)** (مدت زمان دو برابر شدن جمعیت)
<0.0001	3175.73**	0.17	0.083	**Birth rate (b)** (نرخ تولد)
<0.0001	922.67**	0.00007	0.0003	**Death rate (d)** (نرخ مرگ و میر)

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد درجه آزادی برای تمامی فراسنجه‌ها ۵ می‌باشد.

** show significant differences by the Duncan test at P<0.01
Number of df's in all comparisions are 5

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- میانگین (±SE) فراسنجه‌های جمعیت پایدار *T. brassicae* در مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی تخم‌های بید سیب‌زمینی در دمای ۴ °C

Table 3. Mean (±SE) of population parameters of *T. brassicae* on stored eggs of potato tuber moth at 4°C

فراسنجه	میانگین ± اشتباه استاندارد					
	شاهد	۱ روزه	۴ روزه	۷ روزه	۱۵ روزه	۳۰ روزه
Gross reproductive rate (GRR) (نرخ ناخالص تولید مثل)	74.50 ± 0.41 C	82.95 ± 0.38 A	50.63 ± 0.18 E	77.31 ± 1.02 B	54.38 ± 0.3 D	40.69 ± 0.17 F
Net reproductive rate (R_0) (نرخ خالص تولید مثل)	48.70 ± 0.15 A	43.14 ± 0.14 B	38.60 ± 0.12 C	32.40 ± 0.11 D	32.16 ± 0.14 D	30.59 ± 0.15 E
Intrinsic rate of increase (r_m) (نرخ رشد ذاتی جمعیت)	0.3762 ± 0.0003 A	0.3648 ± 0.0004 B	0.3467 ± 0.0003 D	0.3595 ± 0.0004 C	0.3268 ± 0.0005 E	0.3031 ± 0.0004 F
Finite rate of increase (λ) (نرخ متناهی رشد)	1.46 ± 0.006 A	1.44 ± 0.006 B	1.41 ± 0.004 D	1.43 ± 0.006 C	1.39 ± 0.007 E	1.35 ± 0.007 F
Mean generation time (T) (مدت زمان یک نسل)	10.33 ± 0.02 D	10.32 ± 0.03 D	10.54 ± 0.03 C	9.67 ± 0.03 E	10.62 ± 0.04 B	11.28 ± 0.03 A
Doubling time (DT) (مدت زمان دو برابر شدن جمعیت)	1.84 ± 0.004 F	1.90 ± 0.003 E	1.99 ± 0.003 C	1.93 ± 0.004 D	2.12 ± 0.006 B	2.29 ±0.006 A
Birth rate (b) (نرخ تولد)	0.3815 ± 0.002 A	0.3715 ± 0.001 B	0.3514 ± 0.001 D	0.3689 ± 0.001 C	0.3341 ± 0.002 E	0.3089 ± 0.001 F
Death rate (d) (نرخ مرگ و میر)	0.0053 ± 0.0003 E	0.0067 ± 0.0003 C	0.0047 ± 0.0003 F	0.0094 ±0.0005 A	0.0073 ± 0.0005 B	0.0058 ± 0.0007 D

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک در هر سطر بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد دارند

Means (mean ± standard error) followed by the same letter in the column are not significantly different from each other by the Duncan test at P<0.01.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری کلی

جهت اجرای برنامه‌های کنترل زیستی، پارازیتوییدها باید در تعداد انبوه تولید شوند و ذخیره‌سازی در دماهای پایین امکان مدیریت حجم زیادی از آن‌ها در زمان‌هایی که نیاز بالایی به پارازیتوییدها وجود دارد، را فراهم می‌کند. بنابراین لازم است سیستم‌های ذخیره‌سازی، دمای مناسب و طول مدت ذخیره‌سازی برای آن‌ها تعیین گردد. از سوی دیگر کاهش دما و یا افزایش مدت زمان قرار گرفتن در معرض دمای پایین، می‌تواند منجر به صدمات غیرقابل جبران شود (کولینت و هنس ۲۰۱۰). دمای پایین سبب اختلالات فیزیولوژیکی (کولینت و بووین ۲۰۱۱) کاهش ذخایر انرژی (چن و همکاران ۲۰۰۸)، تغییرات مورفولوژیکی از قبیل بدشکلی اندام‌های تولیدمثلی (دنلینگر و لی ۱۹۹۸)، کاهش اندازه بدن (راندل و همکاران ۲۰۰۴)، تغییر شکل بال‌ها (داتون و بیگلر ۱۹۹۵)، تغییر ساختار شاخک‌ها (پینتورا و دومال ۱۹۹۵)، کاهش نرخ خروج، کاهش طول عمر، کاهش زادآوری (ازدر و سالام ۲۰۰۵)، تغییر نسبت جنسی افراد خارج شده به نفع نرها (چن و همکاران ۲۰۰۸) و کاهش توانایی حرکتی پارازیتوییدها (تز و بوتو ۲۰۰۴؛ آیواض و همکاران ۲۰۰۸) می‌شود. به طور کلی، میزان اثرات مضر ناشی از ذخیره‌سازی پارازیتویید یا میزبان آن در دماهای پایین، متناسب با مدت زمان قرارگیری در معرض آن دما تغییر می‌یابد (کولینت و بووین ۲۰۱۱). با درک محدودیت‌های ناشی از ذخیره‌سازی پارازیتوییدها، می‌توان آن‌ها را در تمام طول سال جهت استفاده در برنامه‌های کنترل زیستی برای رهاسازی در نقاط حتی دورتر از مراکز پرروش انبوه‌شان به کار برد و یا حتی برای زمانی که تقاضای اندکی برایشان وجود دارد برای مدت هر چند کوتاه آن‌ها را ذخیره نمود (ندیم و همکاران ۲۰۱۰). مطالعه بر روی گونه‌های مختلف *Trichogramma* عمدتا بر اساس تولید انبوه موفقیت‌آمیز آن‌ها و شناسایی میزبان‌های مناسب جهت تولید و پرورش استوار است. در سال‌های اخیر علاوه بر این مطالعات، استفاده از تخم‌های ذخیره شده میزبان برای تولید انبوه پارازیتوئیدها اهمیت پیدا کرده است (ازدر ۲۰۰۴؛ ازدر و تایات ۲۰۱۸). تاثیر ذخیره‌سازی زنبوران پارازیتویید در دمای پایین روی پارامترهای رشد جمعیت آن‌ها از جمله مواردی است که در ایران به ندرت مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس نتایج بررسی حاضر می‌توان گفت دمای ۴ درجه سلسیوس برای نگهداری کوتاه مدت میزبان زنبور *T. brassicae* مناسب است و با توجه به میانگین نرخ پارازیتیسم، نرخ ظهور حشرات کامل، زادآوری و طول عمر زنبور، نگهداری آن تا دو هفته در دمای یاد شده تاثیر منفی زیادی روی کارایی آن نخواهد داشت. هرچند بر اساس مقادیر فراسنجه‌های رشد جمعیت، نگهداری تا یک هفته، بیشتر توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان که هزینه انجام این پژوهش را متقبل شده‌اند قدردانی می‌شود.

منابع

ابراهیمی ا، پنیتورو ب، و شجاعی م، ۱۳۷۷. مطالعه مرفولوژیک و آنزیماتیک گونه‌های جنس *Trichogramma* در ایران، مجله آفات و بیماری‌های گیاهی، شماره ۶۶: صفحات ۵۵-۷۴.

آبرون پ، موسوی ق، عاشوری ا، کیشانی ح، ۱۳۹۲. تاثیر کیفیت‌های مختلف تخم بیدآرد *Ephestia kuehiella* برمیزان پارازیتیسم زنبور تریکوگراما *Trichogramma brassicae*. اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار https://www.civilica.com/Paper-NACONF01-NACONF01_1191.html.

Archive of SID

www.SID.ir

ناظری م، عاشوری ا و حسینی م، ۱۳۹۲. بررسی اثر زمان نگهداری تخم میزبان و آلودگی به باکتری همزیست *Wolbachia* در ویژگی‌های کیفی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.:Trichogrammatidae). نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷ شماره ۴. صفحات ۴۴۲- ۴۵۱.

واعظ ن، پورقلی ز، محمدی د، ۱۳۹۷. اثر مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی تخم‌های *Anagasta kuehniella* (Zeller) در سرما روی ویژگی‌های زیستی زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenko. پژوهش‌های کاربردی در گیاهپزشکی، جلد ۷ شماره ۲. صفحات ۱۴۵- ۱۶۲.

Abd El-Gawad, HAA, Sayed AMM, Ahmed SA, 2010. Impact of cold storage temperature and period on performance of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4: 2188-2195.

Ahmad MJ, Ahmed SB, 2014. Effect of cold storage on laboratory performance of *Trichogramma cacoeciae* and *T. embryophagum*. Journal of Biological Control 28(3): 137–143.

Al-Tememi NK, Ashfaq M, 2005. Effect of low temperature storage on the fecundity and parasitizing efficacy of *Bracon hebetor* (Say). Journal of Agrical Research 43, 155–160.

Ayvaz A, Karasu E, Karabörklü S, Tunçbilek AS, 2008. Effects of cold storage, rearing temperature, parasitoid age and irradiation on the performance of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Journal of Stored Products Research 44: 232-240.

Ballal C, Singh S, Jalali S, Kumar P, 1989. Cold tolerance of coccoons of *Allorhogas pyralophagus* [Hymenoptera: Braconidae]. BioControl 34: 463–468.

Boivin G, 2010. Phenotypic plasticity and fitness in egg parasitoids. Neotropical Entomology 39: 457–463.

Carey JR, 1993. Applied demography for biologists with special emphasis on insects. Oxford University Press, Inc. 205 pp.

Chen WL, Leopold RA, Harris MO, 2008. Cold storage effects on maternal and progeny quality of *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mymaridae). Biological Control 46: 122-132.

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

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

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

Colinet H, Muratori F, Hance T, 2010. Cold-induced expression of diapause in *Praon volucre*: fitness cost and morpho-physiological characterization. Physiological Entomology 35, 301–307.

Colinet H, Renault D, Hance T, Vernon P, 2006. The impact of fluctuating thermal regimes on the survival of a cold-exposed parasitic wasp, *Aphidius colemani*. Physiological Entomology 31: 234–240.

Consoli FL, Kitajima EW, Parra R, 2010. Ultrasrtucture of the natural and factitious host eggs of *Trichogramma galloi* Zucchi and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). Journal of Economic Entomology 28: 211-229.

Conti E, Jones WA, Bin F, Vinson SB, 1996. Physical and chemical factors involved in host recognition behavior of *Anophes iole* Girault (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Lygus hesperus* Knight (Heteroptera: Miridae). Biological Control 7: 10-16.

Archive of SID

www.SID.ir

Danks H, 1978. Modes of seasonal adaptation in the insects, I winter survival. Canadian entomologist 110 (11), 1167–1205.

De Bach P, 1943. The effect of low storage temperature on reproduction in certain parasitic Hymenoptera. Pan-Pacific Entomologist 19: 112–119.

Denlinger DL, Lee REJ, 1998. Physiology of cold sensitivity, In: Hallman GJ, Denlinger DL (eds.), Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management. Westview Press, Boulder.

Dutton A, Bigler F, 1995. Flight activity assessment of the egg parasitoid *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) in laboratory and field conditions. Entomophaga 40: 223-233.

Flanders SE, 1956. The mechanism of sex-ratio regulation in the parasitic Hymenoptera. Insectes Sociaux 3: 325–334.

Foerster LA, Nakama PA, 2002. Efeito da estocagem em baixa temperatura na capacidade reprodutiva e longevidade de *Trissolcus basalis* (Wollaston) e *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). Neotropical Entomology 31: 115–120.

Goubault M, Cortesero AM, Paty C, Fourrier J, Dourlot S, Le Ralec A, 2011. Abdominal sensory equipment involved in external host discrimination in a solitary parasitoid wasp. Microscopy Research and Technique 74: 1145-1153.

Hassani-Kakhki M, Karimi J, Hosseini M. 2013. Efficacy of entomopathogenic nematodes against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory conditions. Biocontrol Science Technology 23(2): 146-159.

Ismail M, Vernon P, Hance T, van Baaren J, 2010. Physiological costs of cold exposure on the parasitoid *Aphidius ervi*, without selection pressure and under constant or fluctuating temperatures. BioControl 55, 729–740.

Jalali SK, Singh SP, 1992. Differential response of four *Trichogramma* species to low temperatures for short term storage. Entomophaga 37: 159-165.

Jayanth KP, Nagarkatti S, 1985. Low temperature storage of adults of *Bracon brevicornis* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae). Entomon 10: 39–41.

Khosa SS, Brar KS, 2000. Effect of storage on the emergence and parasitization efficiency of laboratory reared and field collected populations of *Trichogramma chilonis* Ishii. Journal of Biological Control 14: 71–74.

Kostal V, Yanagimoto M, Bastl J, 2006. Chilling-injury and disturbance of ion homeostasis in the coxal muscle of the tropical cockroach (Nauphoeta cinerea). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology 143: 171-179.

Lacoume S, Bressac C, Chevrier C, 2007. Sperm production and mating potential of males after a cold shock on pupae of the parasitoid wasp *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). Journal of Insect Physiology 53: 1008–1015.

Leopold RA, 1998. Cold storage of insects for integrated pest management. In: Hallman GJ, Denlinger DL (Eds.), Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management. Westview Press, Boulder, pp. 235– 267.

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

Archive of SID

www.SID.ir

Levie A, Vernon, P, 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, 704–708.

Li L, 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for Biological Control on Different crops. Cabinet committee on economic affairs International.Oxon. UK.

Lundgren JG, Heimpel GE, 2000. Augmentation of *Trichogramma brassicea* for control of cruciferous lepidoptera, 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods,

Maia AHN, Luiz AJB, Campanhola C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspect. Journal Economic Entomology 93:511-518.

Movahedi M, Nouri Ghanbalani G, Ranjbar Aghdam H, Imani S, 2014. Evaluating the efficiency of *Trichogramma pintoii* and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* on corn stem borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in corn fields of Moghan plain. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2 (11): 2825-2829.

Nadeem S, 2010. Improvement in production and storage of *Trichogramma chilonis* Ishii, *chrysoperla carnea* (Stephens) and their hosts for effective field releases against major insect pests of cotton. Ph.D. Thesis. University of agriculture, Faisalabad, Pakistan. Page 186.

Nadeem S, Ashfaq M, Hamed M, Ahmed S, 2010. Optimization of short and long term storage duration for *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) at low temperatures. Pakistan Journal of Zoology 42: 63-67.

Özder N, 2004. Effect of different cold storage periods on parasitization performance of *Trichogramma cacoeciae* (Hym.: Trichogrammatidae) on eggs of *Ephestia kuehniella* (Lep:Pyarlidae). Biocontrol Science and Technology 14(5): 441-447.

Özder N, 2008. Effect of cold storage of adult *Trichogramma brassicae*, *T. cacoeciae* and *T. evanescens* (Hym.: Trichogrammatidae). Archives of Phytopathology and Plant Protection 41: 296-299.

Ozder N, Saglam O, 2005. Effect of short term cold storage on the quality of *Trichogramma brassicae*, *T. cacoeciae*, and *T. evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Great Lakes Entomologist 37(3-4): 183-187.

Özder N, Tayat E, 2018. Storage possibilities of *Trichogramma pintoi* Voegele on eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty 15 (1): 45-50.

Penaflor MFGV, Erb M, Miranda LA, Werneburg AG, Bento JMS, 2011. Herbivoreinduced plant volatiles can serve as host location cues for a generalist and a specialist egg parasitoid. Journal of Chemical Ecology 37: 1304-1313.

Pintureau B, Daumal J, 1995. Effects of diapause and host species on some morphometric characters in *Trichogramma* (Hym: Trichogrammatidae). Experientia 51: 67-72.

Prasad L, Ansari IA, 2000. Effect of cold storage on the survival of *Copidosoma varicorne* (Nees) (Hymenoptera: Encyrtidae) a parasitoid of *Dichomeris eridantis* Meyr. (Lepidoptera: Gelechiidae). Indian Forester 126: 647–652.

Pratissoli D, Vianna UR, Oliveira HN, Pereira FF, 2003. Efeito do armazenamento de ovos de *Anagasta kuehniella*, (Lepidoptera: Pyralidae) nas características biológicas de três espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Revista Ceres 50: 95-105.

Rivers DB, Lee RE, Denlinger DL, 2000. Cold hardiness of the fly pupal parasitoid *Nasonia vitripennis* is enhanced by its host Sarcophaga crassipalpis. Journal of Insect Physiology 46: 99-106.

Archive of SID

www.SID.ir

Roy M, Brodeur J, Cloutier C, 2003. Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (r_m) of a coccinellid and its spider mite prey. Biocontrol 48: 57-72.

Rundle BJ, Thomson LJ, Hoffmann AA, 2004. Effects of cold storage on field and laboratory performance of *Trichogramma carverae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and the response of three *Trichogramma* spp. (*T. carverae*, *T. nr. brassicae*, and *T. funiculatum*) to cold. Journal of Economic Entomology 97: 213-221.

SAS Institute. 2006: SAS/STAT User's Guide, Version 9.2. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Soares MA, Torres-Gutierrez C, Zanuncio JC, Pedrosa ARP, Lorenzon AS, 2009. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. Revista Colombiana de Entomología 35: 62-65.

Spínola-Filho PRC, Leite GLD, Soares MA, Alvarenga AC, de Paulo PD, Tuffiantos LD, Zanuncio JC, 2014. Effects of duration of cold storage of host eggs on percent parasitism and adult emergence of each of ten Trichogrammatidae (Hymenoptera) species. Florida Entomologist 97: 14-21.

Stoepler TM, Lill JT, Murphy SM, 2011. Cascading effects of host size and host plant species on parasitoid resource allocation. Ecological Entomology 36: 742-735.

Storey KB, Storey JM, 1988. Freeze tolerance in animals. Physiological Reviews, 68: 27– 84.

Tezze AA, Botto EN, 2004. Effect of cold storage on the quality of *Trichgramma nerudai* (Hym.: Trichogrammatidae). Biological control 30: 11-16.

Tuncbilek AS, Canpolat U, Summer F, 2005. Use of radiation in extending the duration of host suitability for managing *Ephestia kuehniella* and *Sitotroga cerealella* by the egg parasitoid, *Trichogramma evanescens*. FAO/IAEA International conference on area wide control of insect pests: Integrating the sterile insect and related nuclear and other techniques, Vienna, Austria.

Van Baaren J, Outreman Y, Boivin, G, 2005. Effect of low temperature exposure on host oviposition behaviour and patch exploitation strategy in an egg parasitoid. Animal Behaviour 70, 153.163.

Van Lenteren JC, 2003. Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures. CABI Publication.

Van Leteren JC, 2012. The state of commercial augmentative biological control: Plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. BioControl 57: 1-20.

Van Lenteren J, Tommasini M, 2002. Mass production, storage, shipment and quality control of natural enemies. In: Albajes, R., Gullino, M. L., van Lenteren, J. C., Elad, Y. (Eds.), Mass Production, Storage, Shipment and Quality Control of Natural Enemies, Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops 276–294.

Viera V and Tavares J, 1994. Rearing of *Trichogramma cordubensis* Vargas & Cabello (Hym.: Trichogrammatidae) on Mediterranean flour moth cold-stored eggs. *Trichogramma* and other egg parasitoids. Cairo (Egypt), October 4-7: 177- 180.

Voinovich ND, Vaghina NP, Reznik SY, 2013. Effects of cold shock on host egg parasitization by females of *Trichogramma buesi* Voegele (Hymenoptera, Trichogrammatidae) Entomological Review 93 (4): 405–41.

Archive of SID

www.SID.ir

The Role of Host Storage in the Quality of *Trichogramma brassicae* Bezdenko

N Vaez[1*], D Mohammadi[1] and Z Pourgoli [2]

[1]Assistant Professors, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz.
[2]Former MSc Student, Department of Plant Protection, Facultuty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz
*Corresponding author: naheedvaez@gmail.com

Received: 6 November 2018 Accepted: 3 June 2019

Abstract

Most natural enemies have low maintenance capabilities so they are often cultivated shortly before release. In the case of parasitoids, their hosts can be stored instead of parasitoids. Since storage of host eggs can increase the efficiency of the mass production units of *Trichogramma* wasps, this approach has been suggested by various researchers as a suitable method for mass production of *Trichogramma* species. As regards that there are few studies on the effect of low temperatures on the growth population parameters of parasitoid, so in this study the effect of cold storage of *Phthorimaea operculella* (Zeller) eggs at 4°C for 0, 1, 4, 7, 15 and 30 days on biological and population parameters of *Trichogramma brassicae* Bezdenko were investigated. This experiment was conducted in a completely randomized design with 25 replications. Mean comparisons were performed using Duncan's test. The results showed that developmental time, longevity, parasitism rate, percentage of emergence, fecundity and oviposition period of *T. brassicae* were significantly different between treatments and the all parameters decreased when the storage period increased. It was also determined that all population growth parameters had a significant difference between the control and cold treatments. Due to the parasitism and adult emergency rate, longevity and fecundity of *T. brassicae* on stored host, eggs of *P. operculella* can be stored at 4°C for up to two weeks without significant negative effect on the efficiency of the *T. brassicae*. However, based on population growth parameters, maintenance of host eggs for up to one week are most recommended.

Keywords: Potato tuber moth, Low temperature, Parasitism rate, emergency rate, Intrinsic rate of natural increase, *Trichogramma.*

Archive of SID

www.SID.ir