پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۰ (۲): ۲۲-۱۱ (۱۴۰۰)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 10(2): 11-22 (2021)-Research Article

DOI: https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2021.12745

# ذخیره‌سازی تخم‌های بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* در دمای پایین

فاطمه هنرمند گل‌بته[۱]، علی افشاری[۱✉]، احمد ندیمی[۱]، محمود جوکار[۲]

[۱] گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. [۲] موسسه تحقیقات پنبه کشور، گرگان، ایران. ✉afshari@gau.ac.ir

دریافت: ۹۹/۵/۱۰ بازنگری: ۹۹/۸/۴ پذیرش: ۹۹/۱۰/۷

## چکیده

ذخیره‌سازی در سرما یک روش رایج برای نگهداری طولانی مدت دشمنان طبیعی در انسکتاریوم‌ها می‌باشد. در این پژوهش، تخم‌های یک و دو روزه بالتوری سبز برای مدت زمان‌های سه، پنج، هفت، ۱۰، ۱۴، ۲۱ و ۳۰ روز در دمای پنج درجه سلسیوس ذخیره‌سازی شدند و سپس، درصد تفریخ تخم-ها، زنده‌مانی و طول دوره‌ی نشوونمای لاروها و شفیره‌ها و طول عمر و زادآوری حشرات کامل بررسی شدند. ذخیره‌سازی تخم‌های یک و دو روزه در یخچال تا هفت روز بر درصد تفریخ آن‌ها تاثیر منفی نداشت (به ترتیب با ۳۷/۵ و ۳۹/۲ درصد تفریخ) اما در مدت‌زمان‌های طولانی‌تر، درصد تفریخ تخم-ها به طور معنی‌داری کاهش یافت و پس از ۳۰ روز ذخیره‌سازی، به صفر رسید. تاثیر سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده بر درصد تفریخ آنها به مدت‌زمان ذخیره‌سازی بستگی داشت به طوری که تا ۱۴ روز ذخیره‌سازی، بین درصد تفریخ تخم‌های یک و دو روزه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما در مدت زمان ۲۱ روز، درصد تفریخ تخم‌های دو روزه کم‌تر از تخم‌های یک روزه بود. ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه تا ۱۴ روز و تخم‌های دو روزه تا ۱۰ روز بر زنده‌مانی لاروها تاثیر منفی نداشت اما طول دوره نشوونمای لاروی در تخم‌هایی که سه روز ذخیره‌سازی شده بودند، به طور معنی‌داری بیشتر شد. ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه برای هفت روز و تخم‌های دو روزه برای سه روز زادآوری بالتوری‌های ماده را به ترتیب ۳۷/۵ و ۶۶/۱ درصد کاهش داد. بر اساس نتایج این پژوهش، ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه بالتوری سبز در دمای پنج درجه سلسیوس حداکثر به مدت پنج روز توصیه می‌شود و با توجه به کاهش شدید طول عمر و زادآوری بالتوری‌های ماده پس از ذخیره‌سازی تخم‌های دو روزه، ذخیره‌سازی آنها در یخچال توصیه نمی‌شود.

**کلمات کلیدی:** پرورش انبوه، دشمن طبیعی، سرمادهی، کنترل بیولوژیک، ماندگاری

# Cold storage of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* eggs

Fatemeh Honarmand Golbotteh[1], Ali Afshari[1✉], Ahmad Nadimi[1], Mahmoud Jokar[2]

[1]*Department of Plant Protection, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*. [2]*Cotton Research Institute, Gorgan, Iran*. ✉afshari@gau.ac.ir

Received: 31 Jul 2020 Revised: 25 Oct 2020 Accepted: 27 Dec 2020

**Abstract**

Cold storage is a common technique to prolong the shelf life of the mass-reared natural enemies in insectaries. In this research, one-day and two-day old eggs of the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* were stored in refrigerator (5±1°C, and full darkness) for 3, 5, 7, 10, 14, 21 and 30 days and egg hatching rate, survival and developmental times of larva and pupa as well as longevity and fecundity of adult females were subsequently assessed. Hatching percentage of both one-day and two-day old eggs did not negatively reduce for up to 7 days of cold storage (37.5 and 39.2 hatching percentages, respectively), but a significant reduction was observed in longer storage durations and reached to 0 percent after 30 days. The effect of "age" factor on egg hatching rate was largely dependent on cold storage duration. Therefore, there was no significant difference between hatching rates of one-day old eggs compared with that of two-day old eggs up to 14 days of cold storage, while hatching percentage of two-day old eggs was significantly lower compared with that of one-day old eggs at 21 days cold storage duration. Cold storage of one-day and two-day old eggs had no adverse effect on the larval survival rates up to 14 and 10 days, respectively. But larval developmental time increased significantly even after a short 3-days duration of cold storage. Moreover, cold storage of one-day old eggs for 7 days and two-day old eggs for 3 days significantly reduced female fecundity (37.5 and 66.1 percent, respectively). In conclusion, one-day old eggs can be cold stored for up to 5 days, and cold storing of two-day old eggs is not recommended because of its high subsequent adverse effects on female longevity and fecundity.

**Keywords:** Biological control, Low temperature, Mass rearing, Natural enemy, Shelf life

**How to cite:**
Honarmand Golbotteh F, Afshari A, Nadimi A, Jokar M, 2021. Cold storage of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* eggs. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10 (2): 11–22.

**مقدمه**

راسته بالتوری‌ها (Neuroptera) شامل شش‌هزار گونه و ۱۷ خانواده مختلف می‌باشد که از میان آنها خانواده Chrysopidae (بالتوری‌های سبز یا شیرشته‌ها)، از نظر کنترل بیولوژیک آفات اهمیت بیشتری دارد (Shojaei 1997; Tauber *et al*. 2009). در اغلب اکوسیستم‌های کشاورزی ایران، گونه *Chrysoperla carnea* (Stephens) (بالتوری سبز معمولی)، به عنوان گونه غالب گزارش شده است (Heidari 1995; Mirmoayedi 1998; Afshari *et al*. 2006; Golmohammadi *et al*. 2012; Modarres Awal 2012; Hassanpour *et al*. 2014). لاروهای این بالتوری شکارگر هستند و به طیف گسترده‌ای از آفات کشاورزی از جمله شته‌ها، شپشک-های گیاهی، تریپس‌ها، سفیدبالک‌ها، پسیل‌ها، کنه‌های گیاهی و تخم و لاروهای جوان بالپولکداران حمله می‌کنند (Tauber *et al*. 2009). پراکنش جغرافیایی و دامنه میزبانی گسترده، قدرت جستجوگری و تغذیه بالا و مقاومت نسبی به حشره‌کش‌ها باعث شده‌اند تا بالتوری سبز همواره به عنوان یک گزینه مطلوب در برنامه‌های کنترل بیولوژیک مد نظر باشد (Jooyandeh 1995; Shojaei 1997). پرورش انبوه این شکارگر از حدود ۷۰ سال پیش آغاز شد و امروزه از تخم میزبان‌های جایگزینی که به سهولت در انسکتاریوم‌ها قابل پرورش هستند، مانند شب‌پره مدیترانه‌ای آرد، *Ephestia kuehniella* (Zeller) و بید غلات، *Sitotroga cerealella* (Oliv.)، جهت پرورش انبوه آن استفاده می‌شود (Jooyandeh 1995; Barri Dizaj *et al*. 2009, 2012; Lakzaei *et al*. 2011).

ذخیره‌سازی در دمای پایین یک روش مرسوم جهت افزایش ماندگاری دشمنان طبیعی و فراهم ساختن یک ذخیره پایدار از آنها برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک محسوب می‌شود. این روش اگرچه امکان رهاسازی به موقع و سریع دشمنان طبیعی را در زمان طغیان آفت فراهم می‌سازد، اما کاهش احتمالی کیفیت دشمنان طبیعی در طول مدت ذخیره‌سازی یکی از محدودیت مهم آن می‌باشد (Colinet & Boivin 2011). ذخیره‌سازی در سرما ممکن است جنبه‌های مختلف زندگی شکارگر مانند زنده‌مانی مراحل مختلف نشوونمایی، طول دوره نشوونمای مراحل نابالغ، طول عمر حشرات کامل، زادآوری حشرات ماده و نسبت جنسی را تحت تاثیر قرار دهد (Ricci *et al*. 2006; Coudron *et al*. 2007; Ruan *et al*. 2012; Awad *et al*. 2013; Yanik & Ünlü, 2015). به همین دلیل، آگاهی از عوامل موثر بر کارایی ذخیره‌سازی در سرما و تلاش برای بهینه‌سازی آنها همواره مورد توجه محققان بوده است. به طور کلی، میزان تحمل یک دشمن طبیعی در برابر سرما فرایند پیچیده‌ای می‌باشد که مجموعه متنوعی از عوامل بیرونی (غیرزنده) مانند دما و طول مدت ذخیره‌سازی و عوامل درونی مانند وضعیت تغذیه، جنسیت، سن و مرحله نشوونمایی، آن را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Colinet &Boiwin 2011; Rathee & Ram 2018).

در خصوص ذخیره‌سازی مراحل مختلف نشوونمایی بالتوری سبز، *C. carnea* در دماهای پایین، چندین گزارش منتشر شده است. برای کاهش اثرات نامطلوب سرما بر طول عمر و زادآوری بالتوری‌های ماده، القای دیاپوز در آنها پیش از ذخیره‌سازی در سرما از طریق کوتاه کردن دوره روشنایی در محیط پرورش و کاهش تدریجی دمای ذخیره‌سازی، توصیه شده است (Tauber *et al*. 1993; Chang *et al*. 1995; Chang *et al*. 1996; Nadeem *et al*. 2014). امکان ذخیره‌سازی مراحل نابالغ بالتوری سبز (تخم و شفیره) نیز در چندین پژوهش بررسی شده است. بر اساس گزارش‌های منتشر شده، کارایی ذخیره‌سازی تخم‌ها در دماهای پایین به سه عامل دمای ذخیره‌سازی، سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده و مدت زمان ذخیره‌سازی بستگی دارد (Zhang *et al*. 2019; Osman & Selman 1993; Bakthavatsalam *et al*. 1995; McEwen 1996). با توجه به اهمیت بالتوری سبز در برنامه‌های کنونی و آتی کنترل بیولوژیک کشور و لزوم یافتن راه‌کارهایی به منظور پرورش انبوه و ذخیره‌سازی بهینه‌ی آن، این پژوهش با هدف بررسی امکان ذخیره‌سازی تخم‌های این بالتوری در دمای پایین و ارزیابی تاثیر دو عامل مدت‌زمان ذخیره‌سازی و سن تخم بر کارایی ذخیره‌سازی انجام شد. نتایج این پژوهش می‌تواند در بهینه‌سازی پرورش انبوه و ذخیره‌سازی این شکارگر در انسکتاریوم‌ها و آزمایشگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

*جمع‌آوری و پرورش بالتوری سبز، Chrysoperla carnea*

طی ماه‌های خرداد و تیر سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ تخم‌ها و حشرات کامل بالتوری سبز با استفاده از آسپیراتور از مزارع پنبه اطراف گرگان جمع‌آوری و پس از قرار گرفتن در داخل ظروف درب‌دار، به آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر (Hölzel 1966, 1972; Brooks 1994)، بالتوری‌های جمع‌آوری شده تعیین هویت شدند. برای پرورش

حشرات کامل بالتوری از ظروف پلاستیکی به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و قطر دهانه‌ی ۱۵ سانتی‌متر استفاده شد. دیواره داخلی ظروف با مقوای مشکی‌رنگی پوشانده شد و ۲۰ تا ۳۰ جفت حشره کامل نر و ماده بالتوری درون آنها محبوس و دهانه ظروف با پارچه توری مسدود شد. به منظور تغذیه حشرات کامل بالتوری، یک قطعه پنبه آغشته به مخلوط آب عسل ۱۰ درصد و ویتامین ب-کمپلکس به میزان پنج قسمت در میلیون روی پارچه توری دهانه ظروف چسبانده شد و هر چند روز یک بار پنبه‌ی قدیمی با پنبه جدید آغشته به آب‌عسل جایگزین شد (Jokar & Zarabi 2014). تخم‌های گذاشته شده بر سطح مقوای مشکی روزانه با استفاده از اسکالپل تیز از ته تراشیده شده و پس از جمع‌آوری با قلم‌موی ظریف، روی یک قطعه کاغذ صافی گرد درون ظروف پتری به قطر شش سانتی‌متر قرار گرفتند. بخشی از تخم‌ها به منظور حفظ کلنی به چرخه پرورش بالتوری درون ژرمیناتور (دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) و بخش دیگری از آن‌ها به عنوان تیمارهای آزمایشی به یخچال (دمای پنج درجه سلسیوس) انتقال یافتند. لاروهای سن اول بلافاصله پس از خروج از تخم با استفاده از یک قلم‌موی ظریف جمع‌آوری و به همراه مقدار مناسبی تخم تازه شب‌پره مدیترانه‌ای آرد، *E. kuehniella* به عنوان غذا به طور انفرادی به ظروف پتری جدید منتقل می‌شدند. لاروها تا زمان تبدیل شدن به شفیره، به طور منظم با تخم شب‌پره مدیترانه‌ای آرد تغذیه شدند. حشرات کامل تازه ظاهر شده، با استفاده از آسپیراتور جمع‌آوری و به منظور تخم‌گیری از آنها دوباره به داخل ظروف پرورش حشرات کامل بازگردانده شدند. کلنی بالتوری سبز به مدت سه نسل در شرایط فوق پرورش یافت و از تخم‌های نسل سوم برای انجام آزمایش استفاده شد.

*ذخیره‌سازی تخم‌ها در دمای پایین*

تخم‌های یک و دو روزه بالتوری سبز هر کدام به پنج گروه ۳۰ تایی تقسیم و هر گروه به طور جداگانه داخل یک ظرف پتری قرار داده شد. ظروف پتری حاوی تخم بالتوری بر حسب تیمار آزمایشی و برای مدت‌زمان معین شامل سه، پنج، هفت، ۱۰، ۱۴، ۲۱ و ۳۰ روز در یخچال (دمای پنج درجه سلسیوس و تاریکی مطلق) نگهداری شدند (در مجموع، ۲۱۰۰ عدد تخم در ۱۴ ترکیب تیماری مختلف). نمونه‌های مربوط به تیمار شاهد به جای یخچال در داخل ژرمیناتور (دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) قرار داده شدند. پس از سپری شدن مدت زمان معین در هر تیمار، نمونه‌های مربوط به آن تیمار از یخچال خارج و ویژگی‌های زیستی و تولیدمثلی آن به شرح زیر بررسی شد.

*درصد تفریخ تخم‌ها:* پس از سپری شدن مدت زمان در نظر گرفته شده برای هر تیمار، ظروف پتری حاوی تخم‌های بالتوری از یخچال خارج و تا زمان تفریخ در داخل ژرمیناتور (مشابه شرایط فوق) نگهداری شدند. بر اساس تعداد لاروهای خارج شده و با در اختیار داشتن جمعیت اولیه تخم‌ها (۳۰ عدد)، درصد تفریخ تخم‌ها به تفکیک سن آنها (یک یا دو روزه) محاسبه و ثبت شد. این ویژگی در پنج تکرار اندازه‌گیری گردید و هر تکرار شامل ۳۰ عدد تخم بالتوری بود.

*درصد زنده‌مانی و طول دوره نشوونمای لاروی و شفیرگی*

پس از سپری شدن مدت زمان ذخیره‌سازی و ثبت درصد تفریخ تخم‌ها در هر تیمار، لاروها پس از خروج از تخم با استفاده از یک قلم‌موی ظریف جمع‌آوری و به صورت انفرادی روی یک قطعه کاغذ صافی در ظروف پتری قرار داده شدند. روزانه مقدار کافی تخم شب‌پره مدیترانه‌ای آرد (حدود ۱۵۰-۱۰۰ عدد تخم در روز) به عنوان غذا در اختیار هر لارو قرار می‌گرفت. ظروف پتری حاوی لاروهای بالتوری به طور روزانه پایش می‌شدند و رخدادهای مهم شامل مرگ و میر، زمان پوست‌اندازی و تبدیل آن به لارو سن بعد یا شفیره ثبت می‌شد. بر اساس تعداد اولیه تخم‌ها، تعداد تخم‌های تفریخ شده، تعداد شفیره‌های تشکیل شده و تعداد حشرات کامل ظاهرشده، درصد زنده‌مانی لاروها و درصد ظهور حشرات کامل محاسبه و در تیمارهای مختلف مقایسه شدند. درصد زنده‌مانی لاروها و درصد ظهور حشرات کامل در پنج تکرار (هر تکرار شامل ۱۰ تا ۳۰ عدد لارو یا شفیره) و طول دوره نشوونمای لاروی و شفیرگی در ۱۰ تکرار (هر تکرار شامل یک عدد لارو یا شفیره) ثبت و مقایسه شدند.

*طول عمر و زادآوری بالتوری‌های ماده*

از میان حشرات کامل خارج شده در هر تیمار، تعداد ۱۰ جفت بالتوری نر و ماده به شکل تصادفی انتخاب و هر جفت از آنها به طور جداگانه داخل یک ظرف پرورش حشرات کامل قرار گرفتند و روزانه تا زمان مرگ با غذای مناسب (مخلوط آب‌عسل ۱۰ درصد و ویتامین ب-کمپلکس) تغذیه شدند. بستر تخم‌گذاری

کف ظروف (مقوای مشکی) به طور روزانه با بستر جدید جایگزین و تعداد تخم‌های گذاشته شده روی بستر شمارش و یاداشت می‌شد. بدین ترتیب، طول عمر حشرات کامل و میانگین تخمگذاری روزانه و تخمگذاری کل در مدت زمان‌های مختلف ثبت و مقایسه شد.

*تجزیه‌های آماری*

برای تعیین وجود یا عدم وجود ارتباط خطی بین مدت زمان‌های مختلف ذخیره‌سازی و مقادیر ویژگی‌های زیستی و تولید مثلی بالتوری، از دستور رگرسیون در نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد. در ادامه، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 13 ارزیابی و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute 2003) تجزیه واریانس شدند. برای پی بردن به معنی‌دار بودن اثرات اصلی و متقابل، داده‌ها به شکل فاکتوریل (عامل مدت‌زمان ذخیره‌سازی در هفت سطح شامل سه، پنج، هفت، ۱۰، ۱۴، ۲۱ و ۳۰ روز و عامل سن تخم در دو سطح یک و دو روزه) و در قالب طرح کاملا تصادفی تجزیه واریانس شدند. اختلاف بین میانگین ترکیب‌های تیماری مختلف و شاهد با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

## نتایج

*تاثیر ذخیره‌سازی تخم‌ها در دمای پایین بر ویژگی‌های زیستی بالتوری C. carnea*

*درصد تفریخ تخم*: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مدت زمان ذخیره‌سازی در یخچال بر تفریخ تخم‌های بالتوری سبز در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌دار گذاشت ($F_{6,42} = 31.57, P<0.0001$)، اما اثر سن تخم و اثر متقابل سن تخم × مدت زمان ذخیره‌سازی معنی‌دار نبودند (به ترتیب $F_{1,42} = 0.001, P = 0.956$ و $F_{6,42} = 2.24, P = 0.058$). بر اساس نتایج رگرسیون خطی، بین مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و دو روزه در یخچال و درصد تفریخ آنها یک ارتباط خطی معنی‌دار با شیب منفی وجود داشت و با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی در یخچال، درصد تفریخ هر دو گروه سنی از تخم‌ها به طور خطی کاهش یافت (جدول ۱).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ذخیره‌سازی تخم‌های یک و دو روزه در یخچال تا هفت روز بر درصد تفریخ آنها تاثیر منفی نداشت اما در مدت‌زمان‌های بیش از یک هفته، درصد تفریخ تخم‌های یک روزه و دو روزه نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. در مدت‌زمان‌های ۱۰، ۱۴ و ۲۱ روز، میزان تفریخ تخم‌های یک روزه نسبت به شاهد به ترتیب ۳۱/۵، ۳۸/۸ و ۵۱/۹ درصد و میزان تفریخ تخم‌های دو روزه نسبت به شاهد به ترتیب ۲۹/۶، ۳۳/۳۶ و ۸۸/۹ درصد کاهش داشت. در ذخیره‌سازی ۳۰ روزه، درصد تفریخ تخم‌ها (اعم از یک یا دو روزه) صفر بود. همچنین، نتایج بررسی تاثیر سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده بر درصد تفریخ آنها نشان داد که در مدت زمان‌های سه، پنج، هفت، ۱۰ و ۱۴ روز، بین درصد تفریخ تخم‌های یک روزه و دو روزه اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت، اما در ذخیره‌سازی ۲۱ روزه، درصد تفریخ تخم‌های دو روزه (۴/۹۹ درصد) به طور معنی‌داری از تخم‌های یک روزه (۲۱/۶۶ درصد) کم‌تر بود (شکل ۱).

*درصد زنده‌مانی لاروها*

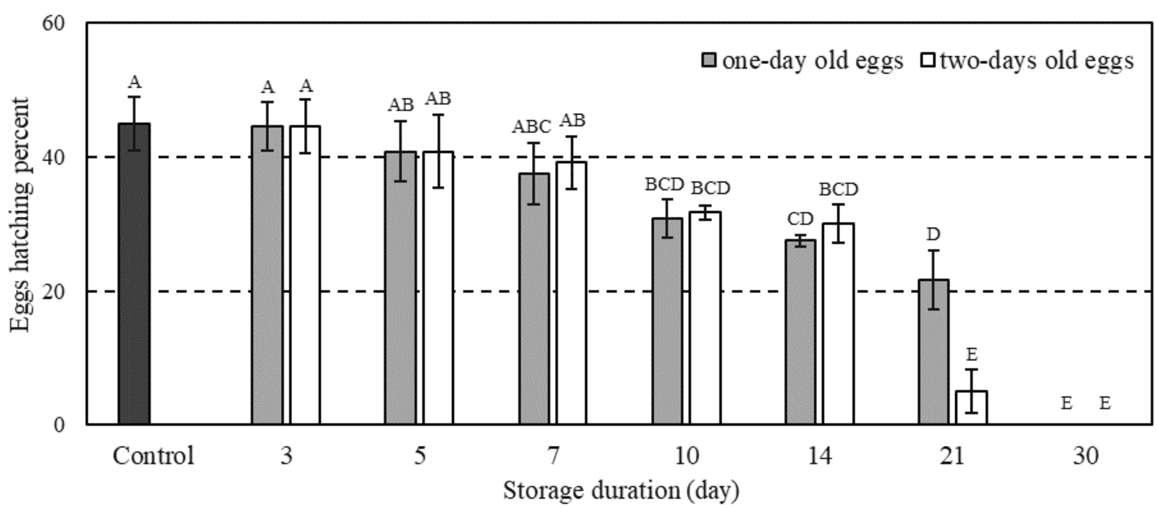
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سن و مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌ها در یخچال به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد زنده‌مانی لاروها را تحت تاثیر قرار دادند (به ترتیب، $F_{1,36} = 3.63, P = 0.046$ و $F_{5,36} = 3.82, P = 0.006$)، اما اثر متقابل آنها بر درصد زنده‌مانی لاروها معنی‌دار نبود ($F_{5,36} = 0.57, P = 0.72$). همچنین، بر اساس نتایج رگرسیون خطی، بین مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و دو روزه در یخچال و درصد زنده‌مانی لاروها یک ارتباط خطی معنی‌دار با شیب منفی وجود داشت به طوری که با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی در هر دو گروه سنی از تخم‌ها، درصد زنده‌مانی لاروها به طور خطی کاهش یافت (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، در ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه، زنده‌مانی لاروها از ۸۸/۱۳ درصد در مدت زمان ۳ روز به ۶۶/۱ درصد در مدت زمان ۱۴روز کاهش یافت. زنده‌مانی لاروها تا ۱۴ روز با زنده‌مانی لاروها در شاهد (۹۵/۶۴ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت، اما در ذخیره‌سازی ۲۱ روزه، درصد زنده‌مانی لاروها (۵۹/۳۸ درصد) نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد. در ذخیره‌سازی تخم‌های دو روزه، زنده‌مانی لاروها از ۸۵/۹۵ درصد در مدت‌زمان سه روز بدون کاهش معنی‌دار به ۷۶/۷۴ درصد در مدت زمان ۱۰ روز رسید اما در ذخیره‌سازی‌های بلندمدت‌تر، زنده‌مانی لاروها به طور معنی‌داری کاهش یافت و به ترتیب به ۵۲/۷۸ و ۱۸/۷۵ درصد در تیمارهای ۱۴ و ۲۱ روز رسید. همچنین، بررسی تاثیر سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده بر درصد زنده‌مانی لاروها نشان داد که در

مدت‌زمان‌های سه، پنج، هفت، ۱۰ و ۱۴ روز، بین درصد زنده‌مانی لاروهای خارج شده از تخم‌های یک روزه و دو روزه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما در ذخیره‌سازی ۲۱ روزه، درصد زنده‌مانی لاروهای خارج شده از تخم‌های دو روزه (۱۸/۷۵ درصد) به طور معنی‌داری از تخم‌های یک روزه (۵۹/۳۸ درصد) کم‌تر بود (شکل ۲).

**جدول ۱.** پارامترهای رگرسیون ساده خطی بین مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و دو روزه در یخچال (متغیر مستقل) و مقادیر ویژگی‌های زیستی بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* (متغیر وابسته).

**Table 1.** Parameters of simple linear regression between one-day and two-days old eggs cold storage duration (independent variable) and biological characteristics of green lacewing, *Chrysoperla carnea* (dependent variable).

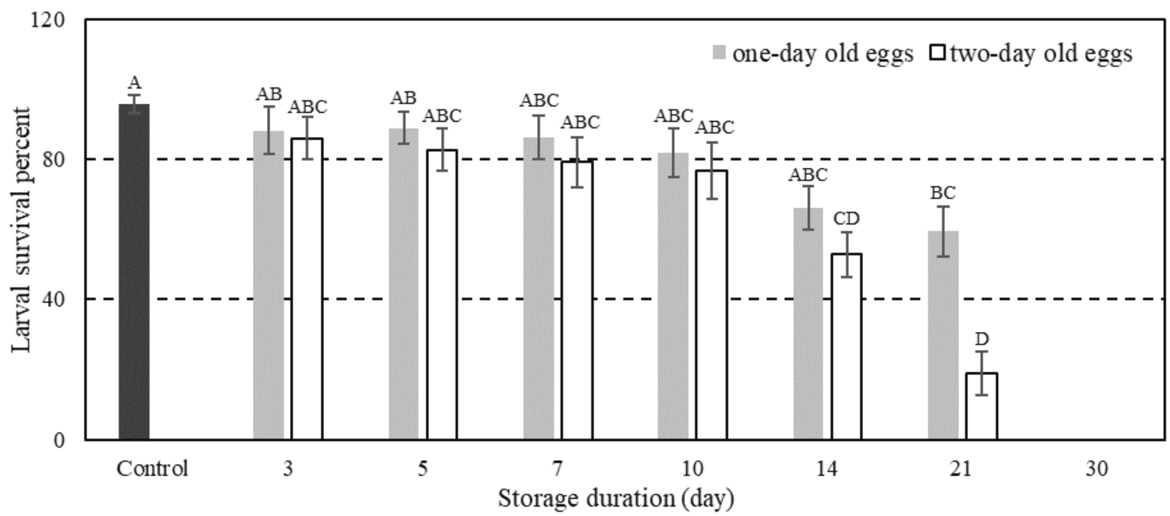
| Egg age / Biological characteristics | Intercept (a ± SE) | Slope (b ± SE) | Coefficient of determination ($R^2$) | F | *p-value* |
|---|---|---|---|---|---|
| **One-day old eggs** | | | | | |
| Egg hatching percent | 46.20 ± 2.80 | -1.44 ± 0.21 | 0.881 | 53.60 | <0.001 |
| Larval survival percent | 103.60 ± 6.1 | -2.92 ± 0.41 | 0.873 | 49.50 | <0.001 |
| Adult emerging percent | 99.69 ± 13.01 | -2.25 ± 0.89 | 0.437 | 6.43 | 0.044 |
| Larval developmental time | 7.41 ± 0.15 | 0.081 ± 0.01 | 0.771 | 17.98 | 0.013 |
| Pupal developmental time | 8.01 ± 0.26 | 0.12 ± 0.03 | 0.733 | 14.74 | 0.018 |
| Female longevity | 41.88 ± 2.54 | -0.82 ± 0.032 | 0.529 | 6.61 | 0.062 |
| Female fecundity | 76.70 ± 7.98 | -3.28 ± 1.01 | 0.658 | 10.63 | 0.031 |
| **Two-day old eggs** | | | | | |
| Egg hatching percent | 48.9 ± 2.60 | -1.71 ± 0.18 | 0.927 | 89.91 | <0.001 |
| Larval survival percent | 96.85 ± 4.46 | -3.29 ± 0.30 | 0.943 | 116.55 | <0.001 |
| Adult emerging percent | 106.2 ± 10.91 | -3.31 ± 0.74 | 0.726 | 19.58 | 0.0044 |
| Larval developmental time | 7.46 ± 0.19 | 0.079 ± 0.02 | 0.656 | 10.54 | 0.031 |
| Pupal developmental time | 8.29 ± 0.18 | 0.031 ± 0.02 | 0.135 | 1.78 | 0.253 |
| Female longevity | 34.54 ± 3.33 | -0.77 ± 0.41 | 0.323 | 3.38 | 0.139 |
| Female fecundity | 44.37 ± 12.5 | -2.19 ± 1.57 | 0.158 | 1.94 | 0.235 |




**شکل ۱.** میانگین (± SE) درصد تفریخ تخم‌های بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* پس از ذخیره‌سازی آنها در دمای پنج درجه سلسیوس برای مدت‌زمان‌های مختلف (میانگین‌های دارای حروف مشابه، در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند).

**Figure 1**. Percent egg hatchability (Means ± SE) of *Chrysoperla carnea* after cold storage at 5 ºC for different periods (means followed by the same letters are not statistically different).

*درصد ظهور حشرات کامل*: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مدت‌زمان ذخیره‌سازی و سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده بر درصد ظهور حشرات کامل معنی‌دار نبودند (به ترتیب، $F_{5,36}$ = 1.94, P = 0.111 و $F_{1,36}$ = 0.78, P = 0.382)، اما اثر متقابل سن تخم × مدت زمان سرمادهی بر درصد ظهور حشرات کامل تاثیر معنی‌داری گذاشت ($F_{5,36}$ = 3.39, P = 0.013). بر اساس نتایج رگرسیون خطی، بین مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و دو روزه در یخچال و درصد ظهور حشرات کامل یک ارتباط خطی معنی‌دار با شیب منفی وجود داشت که البته، شدت این ارتباط و مقدار ضریب تبیین آن در مقایسه با دو صفت قبلی (تفریخ تخم‌ها و زنده‌مانی لاروها) کم‌تر بود (جدول ۱).




**شکل ۲.** میانگین (± SE) درصد زنده‌مانی لاروهای بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* حاصل از نشوونمای تخم‌های ذخیره‌سازی شده در دمای پنج درجه سلسیوس برای مدت‌زمان‌های مختلف (میانگین‌های دارای حروف مشابه، در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند؛ به دلیل عدم تفریخ تخم‌ها در تیمار ۳۰ روز، زنده‌مانی لاروها در این تیمار نمایش داده نشده است).

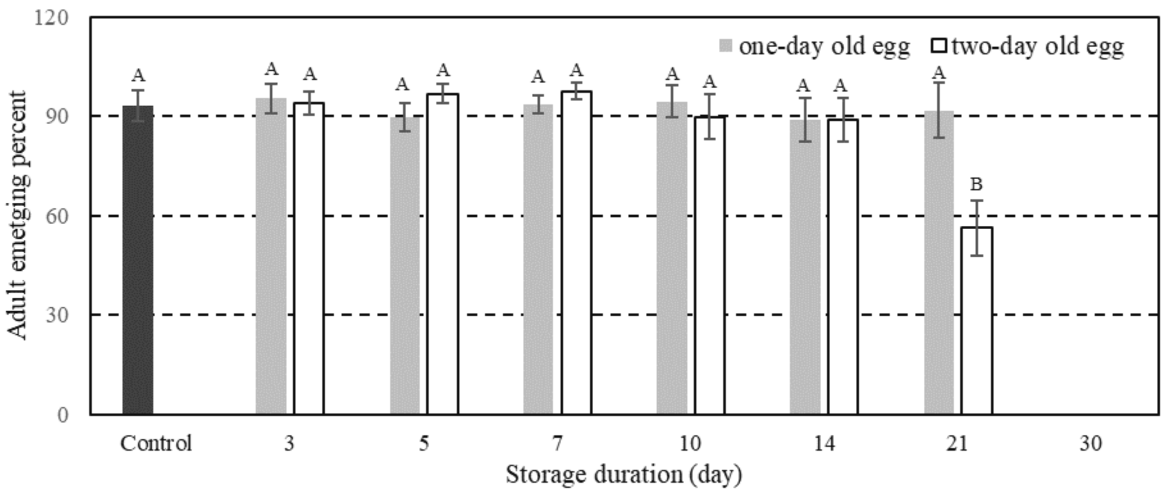
**Figure 2.** Survival percent (Mean ± SE) of *Chrysoperla carnea* larvae developed from eggs storing at 5 ºC for different durations (means followed by the same letters are not statistically different; larval survival was not shown in 30-day, because no eggs hatched in this treatment).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، در ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه، درصد ظهور حشرات کامل در هیچ‌کدام از تیمارها نسبت به شاهد تغییر معنی‌داری نداشت و در محدوده ۸۸/۷۵ درصد (در ذخیره‌سازی به مدت ۱۴ روز) تا ۹۵/۴۵ درصد (در ذخیره‌سازی به مدت سه روز) تغییر کرد. در ذخیره‌سازی تخم-های دو روزه، درصد ظهور حشرات کامل نوسان بیش‌تری داشت و از ۹۳/۹۳ درصد در تیمار سه روز به ۵۶/۲۵ درصد در تیمار ۲۱ روز رسید. همچنین، بررسی تاثیر سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده بر درصد ظهور حشرات کامل نشان داد که فقط در مدت زمان ۲۱ روز، درصد ظهور حشرات کامل حاصل از نشوونمای تخم‌های دو روزه (۵۶/۲۵ درصد) نسبت به تخم‌های یک روزه (۹۱/۶۷ درصد) کم‌تر بود و در سایر مدت‌زمان‌ها، بین تخم‌های یک و دو روزه تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۳).

*طول دوره نشوونمای لاروی و شفیرگی*: بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، مدت‌زمان ذخیره‌سازی تخم‌ها در یخچال در سطح احتمال یک درصد بر طول دوره نشوونمای لاروها تاثیر معنی‌دار گذاشت ($F_{5,108}$ = 3.29, P = 0.008)، اما اثر سن تخم و اثر متقابل سن تخم × مدت زمان سرمادهی معنی‌دار نبودند (به ترتیب $F_{1,108}$ =0.59, P = 0.44 و $F_{5,108}$ = 0.85, P = 0.806). همچنین، اثر مدت‌زمان ذخیره‌سازی در یخچال، سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده و نیز اثر متقابل سن تخم × مدت‌زمان سرمادهی در سطح احتمال یک درصد بر طول دوره شفیرگی معنی‌دار بودند (به ترتیب $F_{5,108}$ = 11.89, P<0.001؛ $F_{1,108}$ = 13.21, P<0.001 و $F_{5,108}$ = 3.17, P = 0.011).

بر اساس نتایج رگرسیون خطی، بین مدت‌زمان ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و دو روزه در یخچال و طول دوره نشوونمای لاروی یک ارتباط خطی معنی‌دار با شیب مثبت وجود داشت و در هر دو گروه سنی از تخم‌ها، با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی در

سرما، طول دوره لاروی به شکل خطی افزایش یافت (جدول ۱). همچنین، بین مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه در یخچال و طول دوره شفیرگی نیز یک ارتباط خطی معنی‌دار با شیب مثبت وجود داشت اما در تخم‌های دو روزه، چنین ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).




**شکل ۳.** میانگین (SE ±) درصد ظهور حشرات کامل بالتوری سبز *Chrysoperla carnea*، حاصل از نشوونمای تخم‌های ذخیره‌سازی شده در دمای پنج درجه سلسیوس برای مدت‌زمان‌های مختلف (میانگین‌های دارای حروف مشابه، در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند؛ به دلیل عدم تفریخ تخم‌ها در تیمار ۳۰ روز، درصد ظهور حشرات کامل در این تیمار نمایش داده نشده است).

**Figure 3**. Emerging percent (Mean ± SE) of adult *Chrysoperla carnea* developed from eggs storing at 5 ºC for different durations (means followed by the same letters are not statistically different; adult emerging percent was not shown in 30-day, because no eggs hatched in this treatment).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و دو روزه در یخچال حتی به مدت سه روز باعث طولانی‌تر شدن معنی‌دار دوره نشوونمای لاروی شد به طوری که طول این دوره از ۷/۱ روز در تیمار شاهد به ۸/۴ روز در ترکیب تیماری ۱۴ روز ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و ۸/۶ روز در ترکیب تیماری ۲۱ روز ذخیره‌سازی- تخم‌های دو روزه افزایش یافت. همچنین، در هیچ‌کدام از مدت‌زمان‌های ذخیره‌سازی، بین میانگین طول دوره نشوونمای لاروهای حاصل از تخم‌های یک و دو روزه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

همچنین، بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و دو روزه در یخچال باعث طولانی‌تر شدن دوره شفیرگی شد و طول این دوره از ۸/۵ روز در تیمار شاهد به ۱۰/۱ روز در ترکیب تیماری ۱۴ روز ذخیره‌سازی- تخم‌های یک روزه و ۹/۱ روز در ترکیب تیماری ۲۱ روز ذخیره‌سازی تخم‌های دو روزه رسید. همچنین، نتایج تاثیر سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده بر طول دوره شفیرگی نشان داد که در ذخیره‌سازی‌های سه، پنج و هفت روزه، طول دوره شفیرگی در تخم‌های یک روزه و دو روزه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما در مدت‌زمان‌های ۱۰ و ۱۴ روز، طول دوره شفیرگی در تخم‌های دو روزه از تخم‌های یک روزه کم‌تر بود (جدول ۲).

*طول عمر و زادآوری بالتوری‌های ماده*

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده در دمای پایین بر طول عمر بالتوری‌های ماده در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌داری داشت ($F_{1, 90} = 13.69, P = 0.0004$)، اما اثر مدت‌زمان ذخیره‌سازی و اثر متقابل سن تخم × مدت زمان ذخیره‌سازی بر این صفت معنی‌دار نبود (به ترتیب $F_{4,90} = 1.19, P = 0.32$ و $F_{4,90} = 2.06, P = 0.093$). همچنین اثرات مدت زمان ذخیره‌سازی، سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده و نیز اثر متقابل سن تخم × مدت زمان ذخیره‌سازی بر زادآوری بالتوری‌های ماده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (به ترتیب $F_{4,90} = 27.58, P = 0.0001$؛ $F_{1,90} = 335.6, P = 0.0001$ و $F_{4,90} = 33.3, P = 0.001$). بر اساس نتایج رگرسیون خطی، بین مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه و دو روزه در دمای

پایین و طول عمر بالتوری‌های ماده ارتباط خطی معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۱).

**جدول ۲**. میانگین (SE ±) طول دوره لاروی و شفیرگی بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* پس از ذخیره‌سازی تخم‌ها در دمای پنج درجه سلسیوس برای مدت زمان‌های مختلف.

**Table 2**. Means (± SE) of larval and pupal developmental time of *Chrysoperla carnea*, after eggs storing at 5 ºC for different durations.

| Storage duration (day) | Larval developmental time (day) | | Pupal developmental time (day) | |
|---|---|---|---|---|
| | One-day old eggs | Two-day old eggs | One-day old eggs | Two-day old eggs |
| Control | 7.10 ± 0.09 c | - | 8.50 ± 0.11 cde | - |
| 3 | 7.80 ± 0.11 b | 8.10 ± 0.11 ab | 8.00 ± 0.095 e | 8.30 ± 0.11 de |
| 5 | 7.80 ± 0.14 b | 8.00 ± 0.14 ab | 8.50 ± 0.09 cde | 8.40 ± 0.078 de |
| 7 | 7.80 ± 0.13 b | 7.80 ± 0.09 b | 8.80 ± 0.12 bcd | 8.30 ± 0.082 de |
| 10 | 8.40 ± 0.11 ab | 8.20 ± 0.09 ab | 9.10 ± 0.084 b | 8.30 ± 0.11 de |
| 14 | 8.40 ± 0.11 ab | 8.60 ± 0.29 a | 10.10 ± 0.21 a | 9.10 ± 0.19 b |
| 21 | 8.30 ± 0.09 ab | 8.60 ± 0.13 a | 9.30 ± 0.09 b | 9.10 ± 0.08 b |
| 30* | - | - | - | - |

*Developmental time was not shown in 30-day, because no eggs hatched in this treatment.

بین مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه در یخچال و زادآوری بالتوری‌های ماده نیز یک ارتباط خطی معنی‌دار وجود داشت اما ارتباط خطی بین مدت زمان ذخیره‌سازی تخم‌های دو روزه در یخچال و زادآوری بالتوری‌های ماده معنی‌دار نبود (جدول ۱).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه در دمای پایین تا ۱۰ روز، تغییر معنی‌داری در طول عمر بالتوری‌های ماده نسبت به شاهد ایجاد نکرد اما در مدت زمان ۱۴ روز، طول عمر بالتوری‌های ماده با یک کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد به ۲۶/۵ روز رسید. در ذخیره‌سازی تخم‌های دو روزه، مدت‌زمان ذخیره‌سازی تاثیر بیش‌تری بر طول عمر بالتوری-های ماده گذاشت به طوری که به جز در مدت زمان سه روز که میانگین طول عمر با شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت، در سایر مدت‌زمان‌ها (پنج، هفت، ۱۰ و ۱۴ روز)، طول عمر بالتوری‌های ماده نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت و به ترتیب ۲۶/۲، ۲۷/۱، ۲۶/۷ و ۲۷/۲ روز (بدون اختلاف معنی‌دار بین خودشان) اندازه‌گیری شد. همچنین، نتایج بررسی تاثیر سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده بر طول عمر بالتوری‌های ماده نشان داد که به طور کلی، طول عمر بالتوری‌های ماده حاصل از تخم‌های دو روزه ذخیره‌سازی شده در یخچال در مقایسه با تخم‌های یک روزه کوتاه‌تر بود، هر چند که اختلاف بین آن‌ها در مدت‌زمان‌های ۵ و ۱۰ روز چشمگیر و معنی‌دار و در سایر مدت‌زمان‌ها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳).

همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه بالتوری به مدت سه و پنج روز در زادآوری بالتوری‌های ماده تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد. در مدت زمان‌های طولانی‌تر، زادآوری بالتوری نسبت به شاهد کاهش چشمگیری یافت و از ۷۱/۵ عدد تخم به ازای هر بالتوری ماده در شاهد به ترتیب به ۴۴/۷، ۴۹ و۲۹/۴ عدد تخم به ازای یک بالتوری ماده در مدت زمان‌های هفت، ۱۰ و ۱۴ روز رسید (به ترتیب ۳۷/۵، ۳۱/۵ و ۵۸/۹ درصد کاهش نسبت به شاهد). کاهش زادآوری پس از ذخیره‌سازی تخم‌های دو روزه نسبت به تخم‌های یک روزه شدیدتر بود، به طوری که در تمام مدت‌زمان‌های ذخیره‌سازی، میانگین تخمگذاری نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت. در مدت زمان‌های سه، پنج، هفت، ۱۰ و ۱۴ روز، میانگین زادآوری بالتوری‌های ماده حاصل از تخم‌های دو روزه نسبت به شاهد به ترتیب ۶۶/۱، ۷۵/۱، ۷۱/۳، ۶۶/۸ و ۶۴/۳ درصد (بدون اختلاف معنی‌دار بین خود) کاهش یافت (جدول ۳).

## بحث

با توجه به توانایی بالای بالتوری سبز، *C. carnea* در کنترل بیولوژیک آفات کشاورزی و گسترش روزافزون پرورش انبوه آن در

انسکتاریوم‌های ایران، لازم است به منظور بهینه‌سازی پرورش انبوه و ذخیره‌سازی بلندمدت این شکارگر راهکارهایی ارایه شوند.

**جدول ۳.** میانگین (SE ±) طول عمر و زادآوری بالتوری‌های ماده *Chrysoperla carnea* پس از ذخیره‌سازی تخم‌ها در دمای پنج درجه سلسیوس برای مدت زمان‌های مختلف.

**Table 3**. Means (± SE) of female *Chrysoperla carnea* longevity and fecundity, after eggs storing at 5 ºC for different durations.

| Storage duration (day) | Female longevity (day) | | Female fecundity (eggs/female) | |
|---|---|---|---|---|
| | One-day old eggs | Two-day old eggs | One-day old eggs | Two-day old eggs |
| Control | 39.6 ± 2.15 a | - | 71.5 ± 3.58 a | - |
| 3 | 40.1 ± 2.63 a | 32.7 ± 2.15 abc | 72.6 ± 1.41 a | 24.30 ± 0.66 cde |
| 5 | 37.2 ± 4.56 a | 26.2 ± 1.88 bc | 69.0 ± 3.39 a | 17.80 ± 0.41 e |
| 7 | 35.8 ± 5.76 ab | 27.1 ± 4.06 bc | 44.7 ± 6.65 b | 20.50 ± 0.67 de |
| 10 | 38.1 ± 4.10 a | 26.7 ± 2.51 bc | 49.0 ± 2.44 b | 23.70 ± 0.41 cde |
| 14 | 26.5 ± 2.67 bc | 27.2 ± 3.62 bc | 29.4 ± 1.79 c | 25.50 ± 0.56 cd |
| 21* | - | - | - | - |
| 30* | - | - | - | - |

*Due to high mortality of immature stages in 21 and 30 days, female longevity and fecundity were not shown in these two treatments.

ذخیره‌سازی در دمای پایین (سرما) یکی از تکنیک‌های رایج برای نگهداری طولانی‌مدت جمعیت بالتوری‌ها در مراکز پرورش انبوه گزارش شده است (Tauber *et al*. 1993; McEwen 1996; Zhang *et al*. 2019). به طور کلی، مقاومت دشمنان طبیعی به سرما فرایند پیچیده‌ای است که مجموعه متنوعی از عوامل بیرونی و درونی مانند دما و طول مدت ذخیره‌سازی، سن، مرحله نشوونمایی و وضعیت تغذیه‌ای آن را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Colinet & Boiwin 2011; Rathee & Ram 2018). با توجه به این که *C. carnea* معمولا یک گروه-گونه و مشتمل بر چند گونه مخفی می‌باشد، بنابراین جمعیت‌های جمع‌آوری شده از مناطق جغرافیایی یا اکوسیستم‌های مختلف ممکن است در مقابل سرما واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دهند (Henry *et al*. 2002).

در پژوهش حاضر، تخم‌های بالتوری سبز در دمای یخچال (پنج درجه سلسیوس و تاریکی مطلق) ذخیره‌سازی شدند زیرا فراهم ساختن این دما در انسکتاریوم‌ها به سادگی و بدون نیاز به تجهیزات یا تاسیسات پیشرفته امکان‌پذیر می‌باشد. امکان ذخیره‌سازی تخم بالتوری‌ها در دماهای مختلف (از چهار تا ۱۵/۶ درجه سلسیوس) بررسی شده است (Osman & Selman 1993; Lopez-Arroyo *et al*. 2000; Amaral *et al*. 2013) هر چند که نتیجه یک مطالعه نشان داد که در دمای ۱۲ درجه سلسیوس نشوونمای جنین بالتوری *C. externa* متوقف نمی‌شود و بنابراین، تخم‌های این گونه باید در دمایی پایین‌تر از این عدد ذخیره شوند (Amaral *et al*. 2013). برای ذخیره‌سازی بالتوری‌ها در دماهای پایین اغلب از دو مرحله نشوونمایی تخم (Bakthavatsalam *et al*. 1995; Lopez-Arroyo *et al*. 2000; Amaral *et al*. 2013) و حشره کامل (Osman & Selman 1993; Tauber *et al*. 1993, 1997; Chang *et al*. 1995,1996; Nadeem *et al*. 2014) و در موارد معدودی از شفیره (Zhang *et al*. 2019) استفاده شده است. با توجه به این که رهاسازی بالتوری سبز در مزارع، باغات یا گلخانه‌ها اغلب در مرحله تخم یا لاروهای سنین پایین انجام می‌شود (McEwen 1996)، بنابراین به نظر می‌رسد که ذخیره‌سازی تخم در مقایسه با سایر مراحل نشوونمایی مناسب‌تر باشد زیرا باعث می‌شود تا پس از رسیدن جمعیت آفت به آستانه کنترل، امکان رهاسازی سریع بالتوری فراهم باشد. به علاوه، امکان مخلوط کردن تخم‌ها با بسترهای مختلف جهت پاشش آسان‌تر آن‌ها وجود دارد (McEwen 1996).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ذخیره‌سازی طولانی‌مدت تخم‌های بالتوری سبز در یخچال بر درصد تفریخ آن‌ها اثر نامطلوب شدیدی داشت به طوری که پس از یک ماه ذخیره‌سازی، درصد تفریخ تخم‌ها به صفر رسید. این نتیجه با یافته‌های برخی مطالعات دیگر انطباق نسبی داشت به طوری که ذخیره-

سازی تخم‌های دو گونه *C. externa* و *C. carnea* در دمای پنج درجه سلسیوس باعث شد درصد تفریخ آن‌ها به ترتیب پس از ۲۱ و ۳۰ روز به صفر برسد (Lopez-Arroyo *et al*. 2000; Bakthavatsalam *et al*. 1995). اگرچه تاکنون در خصوص مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تاثیر سرما بر تخم بالتوری‌ها گزارشی منتشر نشده است، اما تغییر نفوذپذیری غشاهای سلولی، جدا شدن لیپیدها و پروتئین‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های متصل به غشاها، مختل شدن انتقال‌های عصبی-ماهیچه‌ای و ترشح و انباشته شدن ترکیبات سمی در بافت‌ها از آسیب‌های سرما به مراحل مختلف نشوونمایی حشرات گزارش شده‌اند (Hosler *et al*. 2000; Teet & Denlinger 2013). همچنین، در موارد زیادی، بالا رفتن سطح یون‌های پتاسیم در فضاهای بین‌سلولی و به هم ریختن تعادل یونی پس از قرار گرفتن حشرات در معرض سرما گزارش شده است (MacMillan *et al*. 2015).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که علاوه بر درصد تفریخ تخم‌ها سایر ویژگی‌های زیستی و تولیدمثلی بالتوری سبز از جمله زنده‌مانی لاروها، طول دوره نشوونمای لاروی و شفیرگی و نیز طول عمر و زادآوری بالتوری‌های ماده متناسب با مدت‌زمان ذخیره‌سازی، تحت تاثیر سرما قرار گرفتند. تاثیر سرما بر ویژگی‌های مختلف زیستی و تولیدمثلی چند گونه از بالتوری‌ها در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است (Chang *et al*. 1995, 1996; Tauber *et al*. 1993; 1997; Amaral *et al*. 2013; Nadeem *et al*. 2014; Zhang *et al*. 2019). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ذخیره‌سازی تخم‌های بالتوری سبز تا هفت روز در دمای پنج درجه سلسیوس بر درصد تفریخ تخم‌ها، درصد زنده‌مانی لاروها و شفیره‌ها و طول عمر بالتوری‌های ماده تاثیر منفی نداشت اما باعث طولانی‌تر شدن دوره نشوونمای لاروی و کاهش قابل‌توجه زادآوری بالتوری‌های ماده شد. بنابراین، با در نظر گرفتن مجموع اثرات جانبی، ذخیره‌سازی تخم‌های بالتوری سبز حداکثر به مدت پنج روز در یخچال توصیه می‌شود. نتایج McEwen (1996) نیز نشان داد که ذخیره‌سازی تخم‌های بالتوری سبز به مدت پنج روز در دمای چهار درجه سلسیوس روی درصد تفریخ آنها تاثیر منفی نداشت، که به مدت زمان پیشنهاد شده در پژوهش حاضر بسیار نزدیک می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده روی درصد تفریخ تخم‌ها و درصد زنده‌مانی و طول دوره نشوونمای لاروها و شفیره‌ها تاثیر چشمگیری نداشت، اما طول عمر و زادآوری بالتوری‌های ماده حاصل از نشوونمای تخم‌های دو روزه به میزان زیادی از تخم‌های یک روزه کم‌تر بود. در خصوص تاثیر سن تخم بالتوری‌ها بر مقاومت آن‌ها به سرما چند گزارش منتشر شده است که نشان می‌دهند تاثیر سن بر حسب گونه بالتوری، دما و مدت‌زمان ذخیره‌سازی متفاوت می‌باشد. Osman & Selman (1993) نشان دادند که در ذخیره‌سازی ۱۵ روزه تخم‌های بالتوری سبز، درصد تفریخ تخم‌های یک روزه از تخم‌های دو روزه کم‌تر بود اما در ذخیره‌سازی‌های ۲۰ تا ۳۰ روزه، بین درصد تفریخ تخم‌های یک روزه و دو روزه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر انطباق نداشت. در مقابل، نتایج یک پژوهش دیگر (Bakthavatsalam *et al*. 1995) نشان داد که با افزایش سن تخم از ۱۲ ساعت به ۳۶ ساعت، درصد تفریخ آنها پس از هفت و ۱۵ روز ذخیره‌سازی در دمای پنج درجه سلسیوس، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند که این نتیجه، با یافته‌های پژوهش حاضر انطباق نسبی داشت. همچنین، همسو با نتایج پژوهش حاضر، یافته‌های Lopez-Arroyo *et al*. (2000) نیز نشان داد که درصد تفریخ تخم‌های یک و دو روزه بالتوری *C. externa* پس از سه هفته ذخیره‌سازی در دمای ۴/۵ درجه سلسیوس، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما در دمای ۱۰ درجه سلسیوس، درصد تفریخ تخم‌های دو روزه از یک روزه کم‌تر بود.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کارایی ذخیره‌سازی تخم‌های بالتوری سبز در شرایط یخچال (دمای پنج درجه سلسیوس) به دو عامل مدت‌زمان ذخیره‌سازی و سن تخم‌های ذخیره‌سازی شده بستگی داشت. ذخیره‌سازی تخم‌های یک روزه تا پنج روز روی درصد تفریخ آنها، درصد زنده‌مانی لاروها و شفیره‌ها و زادآوری حشرات ماده تاثیر منفی نداشت و بنابراین، ذخیره‌سازی آن‌ها تا حداکثر پنج روز در دمای یخچال توصیه می‌شود. تخم‌های دو روزه از نظر درصد تفریخ و زنده‌مانی لاروها و شفیره‌ها با تخم‌های یک روزه اختلاف معنی‌داری نداشتند اما طول عمر و زادآوری بالتوری‌های ماده حاصل از نشوونمای آنها کم‌تر از تخم‌های یک روزه بود. بنابراین، ذخیره‌سازی تخم‌های دو روزه توصیه نمی‌شود اما در صورت ضرورت، حداکثر به مدت سه روز در یخچال قابل ذخیره‌سازی هستند. به علاوه، با توجه به اثر

منفی شدید دمای پنج درجه سلسیوس بر تخم‌های دو روزه، پیشنهاد می‌شود که ذخیره‌سازی آنها در دماهای بالاتر (مانند هشت درجه سلسیوس) نیز بررسی شود.

**سپاسگزاری**

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفته است، که بدینوسیله سپاسگزاری به عمل می‌آید.

## References

Afshari A, Soleyman-Nezhadian E, Bayat Asadi H, Shishebor P, 2006. Population fluctuation of cotton aphid, Aphis gossypii (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies on cotton, under two sprayed and unsprayed conditions. *Journal of Applied Entomology and Phytopathology* 73(2): 39–59 (In Persian with English abstract).

Amaral BB, Souza B, Bezerra CES, de Sousa ALV, Carvalho F, 2013. Storing eggs of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) for management of large-scale rearing. *Açoreana* (Suplemento) 9: 103–109.

Awad M, Kalushkov P, Nedvedova T, Nedved O, 2013. Fecundity and fertility of ladybird beetle *Harmonia axyridis* after prolonged cold storage. *BioControl* 58: 657–666.

Bakthavatsalam N, Singh SP, Pushpalatha NA, Bhumannavar BS, 1995. Optimum temperature for short term storage of eggs of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Biological Control* 9(1): 45–46.

Barri Dizaj M, Sarailoo MH, Afshari A, Pahlavani MH, Jooyandeh A, 2012. The effect of four different diets on some biological parameters of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Plant Protection* 35(1): 69–80 (In Persian with English abstract).

Barri Dizaj M, Sarailoo MH, Afshari A, Pahlavani MH, Jooyandeh A, 2009. The effect of four different foods on some biological parameters of *Chrysoperla carnea* (Neur.: Chrysopidae) larvae and pupae in laboratory conditions. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 16 (1-b): 486–492 (In Persian with English abstract).

Brooks SJ, 1994. A taxonomic review of the common green lacewing genus *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae). Bulletin of the British Museum (Natural History) (Entomology) 63:137–210.

Chang YF, Tauber MJ, Tauber CA, 1995. Storage of the mass-produced predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae): influence of photoperiod, temperature and diet. *Environmental Entomology* 24(5): 1365–1374.

Chang YF, Tauber MJ, Tauber CA, 1996. Reproduction and quality of F1 offspring in *Chrysoperla carnea*: Differential influence of quiescence, artificially-induced diapause, and natural diapause. *Journal of Insect Physiology* 42: 521–528.

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

Coudron TA, Ellersieck MR, Shelby KS, 2007. Influence of diet on long-term cold storage of the predator *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control* 42:186–195.

Golmohammadi GhR, Hejazi MJ, Iranipour Sh, Mohammadi SA, 2012. Effects of imidacloprid, indoxacarb and endosulfan on egg, third-instar larva and pupa of green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 31(1): 37–50 (In Persian with English abstract).

Hassanpour M, Iranipour Sh, Noori Ghanbalani Gh, Mohaghegh Neishabouri J, 2014. Biological and life table parameters of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neu, Chrysopidae) in feeding on different preys in laboratory conditions. *Biological Control of Pest and Plant Diseases* 3(1):17–30 (In Persian with English abstract).

Heidari H, 1995. A list of Chrysopidae (Neuroptera) of Iran. *12th Iranian Plant Protection Congress*. September 2–7, Karaj, Iran. P. 329.

Henry CS, Brooks SJ, Duelli P, Johnson JB, 2002. Discovering the true *Chrysoperla carnea* (Insecta: Neuroptera: Chrysopidae) using song analysis, morphology, and ecology. *Annals of Entomological Society of America* 95 (2): 172–191.

Hölzel H, 1966. Beiträge zur Kenntnis der Chrysopiden des Iran (Planipennia, Chrysopidae). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. 148: 1–7, Stuttgart.

Hölzel H, 1972. Die Neuropteren Vorderasiens IV. Myrmeleontidae. Beiträge zur Naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, Beiheft 1: 3–103.

Hosler JS, Burns JE, Esch HE, 2000. Flight muscle resting potential and species-specific differences in chill-coma. *Journal of Insect Physiology* 46: 621–627.

Jokar M, Zarabi M, 2014. Comparative study of different diets efficiency on some biological parameters of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Molecular Entomology* 5(1): 1–9.

Jooyandeh A, 1995. Laboratory biology and evaluation of mass rearing methods of green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae). MSc

Thesis, Entomology, Tehran University, Iran.

Lakzaei M, Sarailoo MH, Yazdanian M, 2011.The effect of natural food supplement in artificial diet of adults green lacewing, (*Chrysoperla carnea*), on some It's biological parameters under laboratory conditions. *Journal of Plant Protection* 25(3): 306–313 (In Persian with English abstract).

Lopez-Arroyo JI, Tauber CA, Tauber MJ, 2000. Storage of lacewing eggs: Post-storage hatching and quality of subsequent larvae and adults. *Biological Control* 18: 165–171.

MacMillan HA, Baatrup E, Overgaard J, 2015. Concurrent effects of cold and hyperkalaemia cause insect chilling injury. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences* 282: 20151483.

McEwen PK, 1996. Viability of green lacewing *Chrysuperla carnea* (Neuropt: Chrysopidae) eggs stored in potential spray media, and subsequent effects on survival of first instar larvae. *Journal of Applied Entomology* 120: 171–173.

Mirmoayedi A, 1998. Neuroptera of Iran. *Acta Zoologica Fennica* 209: 163–165.

Modarres Awal M, 2012. List of Agricultural Pests and their Natural Enemies in Iran. 4th edition, Ferdowsi University of Mashhad Publication. 778 pp.

Nadeem S, Hamed M, Nadeem MK, Hasnain M, 2104. Effect of storage duration and low temperatures on reproductive characteristics of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Pakistan Journal of Zoology* 46(1): 31–35.

Osman MZ, Selman BJ, 1993. Storage of *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae) eggs and pupae. *Journal of Applied Entomology* 115: 420–424.

Rathee M, Ram P, 2018. Impact of cold storage on the performance of entomophagous insects: an overview. *Phytoparasitica* 46(4): 421–449.

Ricci C, Primavera A, Negri V, 2006. Effects of low temperatures on *Chilocorus kuwanae* (Coleoptera: Coccinellidae) trophic activity. *European Journal of Entomology* 103: 547–551.

Ruan CC, Du WM, Wang XM, Zhang JJ, Zang LS, 2012. Effect of long-term cold storage on the fitness of pre-wintering Harmonia axyridis (Pallas). *BioControl* 57: 95–102.

SAS Institute. 2003. SAS/STAT user s, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Shojaei M, 1997. Entomology (Ethology, Social Life and Natural Enemies: Biological Control). 3th edition, Tehran University Publication. 550 pp.

Tauber MJ, Tauber CA, Gardescu S, 1993. Prolonged storage of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 22(4): 843–848.

Tauber MJ, Albuquerque GS, Tauber CA, 1997. Storage of nondiapausing *Chrysoperla externa* adults: influence on survival and reproduction. *Biological Control* 10: 69–72.

Tauber CA, Tauber MJ, Albuquerque GS, 2009. Neuroptera: (Lacewings, Antlions). In: Resh VH, Carde RT (eds). Encyclopodia of Insects. Academic Press, New York. Pp. 695–707.

Teet NM, Denlinger DL, 2013. Physiological mechanisms of seasonal and rapid cold-hardening in insects. *Physiological Entomology* 38(2): 105–116.

Yanik E, Ünlü L, 2015. Storage studies of different stages of *Anthocoris minki* (Hemiptera: Anthocoridae) under low temperatures. *Turkish Journal of Entomology* 39(3): 277–286.

Zhang T, Zhang G, Zhang L, Chen H, Wang M, Liu C, Mao J, 2019. Effects of cold storage on quality of *Chrysopa pallens* and recovery of fecundity by insulin. *Scientific Reports* 9(1): 1–10.