



Suitability of alternative diets in mass-production of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: Biological parameters on powdered sugar and pollens

M. Khanamani ^{*1}

1. ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran (M.khanamani@ujiroft.ac.ir)

Received: 1 February 2025

Revised: 8 April 2025

Accepted: 21 April 2025

Abstract

Background and Objectives

The ability of predators to feed, develop, and reproduce on non-prey food sources, such as pollen, is a desirable trait for biological agents to maintain their populations in the event of prey scarcity. Additionally, this trait is valuable for rearing predators in laboratories or mass-rearing purposes before release. Research has shown that pollen as a dietary supplement may increase the establishment of generalist predatory mites, thereby improving pest control by these mites. Pollen provides essential nutrients, including proteins, carbohydrates, lipids, amino acids, vitamins, flavonoids, and minerals; however, pollen's nutritional value can vary among plant species. In addition, phytoseiid mite species vary in their ability to utilize pollen. Studies have shown that food sources, particularly those containing high percentages of protein and carbohydrates, are nutritionally valuable for rearing predators. Thus, our study aimed to compare the nutritional value of a powdered sugar diet (contains high carbohydrates) and saffron and the mixture of almond and maize pollen grains (contains high protein) for *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) performance to optimize its mass-rearing.

Materials and Methods

In this research, we evaluated the nutritional value of powdered sugar (sugar dust), saffron pollen, and a mixture of almond and maize (almond+maize) pollen in mass-rearing of the predatory mite *N. californicus*. Life table studies were conducted under laboratory conditions at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ RH, and a photoperiod of 16:8 (L:D) h. Data analysis and population parameters (r , λ , GRR , R_0 , and T) were calculated using the TWSEX-MSChart program. The means and standard errors of all parameters (duration of different life stages, fecundity, reproductive periods, longevities, and population growth parameters), were calculated by the bootstrap procedure. To obtain stable estimates, 100,000 bootstraps were used. Mean comparisons of the parameters were performed using the paired bootstrap test based on confidence interval.

Results

Individuals of *N. californicus* successfully developed from larva to adult when fed all tested diets. However, the pre-adult duration was significantly longer on the powdered sugar diet compared to the pollen diet. The individuals fed saffron pollen had the shortest pre-adult duration (6.70 days). The adult longevity of males and females fed on the pollen diets was longer than those fed on powdered sugar. Females lived longer than males on all the treatments. The highest average lifespan was for the individuals fed saffron pollen (58.33 days). However, the longest life span belonged to one of the female individuals fed on the almond+maize pollen (90 days). Although individuals fed on powdered sugar exhibited high survival rates and long lifespans, they had no fecundity. However, the average fecundity on saffron and almond+maize pollens was 43.19 and 37.59 eggs/female, respectively. The values of the intrinsic rate of increase (r), finite rate of increase (λ), gross reproductive rate (GRR), net

reproductive rate (R_0) and mean generation time (T) on saffron pollen and almond+maize pollen were 0.195 versus 0.183 day⁻¹, 1.215 versus 1.201 day⁻¹, 32.15 versus 31.48 offspring, 29.85 versus 25.36 offspring and 17.41 versus 17.68 days, respectively, without any significant differences. The probability of newly laid eggs reaching the adult stage was 100%, 100%, and 91% on the saffron pollen, almond+maize pollen, and powdered sugar diet, respectively.

Discussion

Our results indicate that saffron and almond+maize pollens can be effectively used for the mass-rearing and conservation of the predatory mite *N. californicus* in biological programs. Although the reproductive efficiency of the predatory mite on the powdered sugar diet was poor (with no fecundity), this diet is suitable for the long-term survival of the predatory mite and can be used to maintain populations during periods of low demand or limited supply. The long lifespan of the powdered sugar diet may be related to its high carbohydrate content; however, the lack of fertility on this diet is due to its deficiency in protein and other essential nutrients. The protein content of pollen is believed to be one of the best indicators of nutritive quality as it is closely linked to the reproductive performance of consumers. The high efficiency of the predator on the saffron and almond+maize pollens is probably due to their high protein content.

Keywords: *Biological control, Mass production, Saffron pollen, Almond pollen, Maize pollen*

Associate editor: P. Shishehbor (Prof.)

Citation: Khanamani, M. (2025). Suitability of alternative diets in mass-production of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: Biological parameters on powdered sugar and pollens. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 48(1), 71-86. <https://doi.org/10.22055/ppr.2025.49166.1795>.



مطلوبیت غذاهای جایگزین در تولید انبوه کنه شکارگر *Neoseiulus californicus*: فراسنجه‌های زیستی روی پودر قند و گرده‌های مختلف

مصطفی خانامانی*

۱- * نویسنده مسوول: استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران (M. Khanamani@ujiroft.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۳

چکیده

توانایی شکارگرها برای تغذیه، رشد و تولیدمثل روی غذای غیر شکار یک ویژگی مطلوب برای عوامل بیولوژیک است که بتوانند جمعیتشان را در زمان کمبود شکار حفظ کنند. در این پژوهش، ارزش غذایی سه تیمار غذایی شامل پودر قند (خاک قند)، گرده زعفران و مخلوطی از گرده بادام و ذرت برای پرورش کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* McGregor مورد ارزیابی قرار گرفت. طول دوره قبل از بلوغ (۱۵/۹۴ روز) به طور معنی‌داری روی تیمار غذایی پودر قند طولانی‌تر از گرده زعفران (۶/۷۰ روز) و ترکیب گرده بادام و ذرت (۶/۸۵ روز) بود. طول عمر افراد نر بالغ و ماده بالغ با تغذیه از گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت طولانی‌تر از افراد تغذیه کرده از پودر قند بود. به هر حال روی تمام تیمارهای غذایی مورد بررسی، طول عمر ماده‌ها بیشتر از نرها بود. افراد تغذیه کرده از پودر قند، علیرغم زنده‌مانی و طول عمر زیاد، هیچ گونه باروری نداشتند. میزان باروری روی گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت به ترتیب ۴۳/۱۹ و ۳۷/۵۹ تخم/ماده بود. مقادیر مربوط به نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و مدت زمان طول یک نسل (T) روی گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت بدون هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری و به ترتیب ۰/۱۹۵ و به ترتیب ۰/۱۸۳ بر روز، ۱/۲۱۵ در مقابل ۱/۲۰۱ بر روز، ۳۲/۱۵ در مقابل ۳۱/۴۸ نتاج، ۲۹/۸۵ در مقابل ۲۵/۳۶ نتاج و ۱۷/۴۱ در مقابل ۱۷/۶۸ روز بود. نتایج نشان‌دهنده‌ی مطلوبیت گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت به عنوان غذای جایگزین طعمه طبیعی در تولید انبوه کنه شکارگر *N. californicus* می‌باشد. اگرچه کارایی تولیدمثلی کنه شکارگر روی تیمار غذایی پودر قند ضعیف بود (فاقد باروری) اما به دلیل مطلوبیت آن در زنده‌مانی طولانی مدت کنه شکارگر، می‌توان از این تیمار غذایی برای نگهداری جمعیت کنه شکارگر در زمان کمبود تقاضا و یا در طول دوره عرضه کنه شکارگر استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: مهار زیستی، تولید انبوه، گرده زعفران، گرده بادام، گرده ذرت

دبیر تخصصی: دکتر پرویز شیشه‌بر

مقدمه

در حال حاضر کنترل کنه تارتن دولکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) روی محصولات مختلف کشاورزی اغلب با تکیه بر آفت‌کش‌های شیمیایی صورت می‌گیرد، اما سرعت نمو و تولیدمثل بالا باعث بازگشت دوباره‌ی کنه و پاشش چندین باره آفت‌کش می‌شود (Sedaratian et al., 2011; Khanamani et al., 2013; Alipour et al., 2019). علاوه بر هزینه‌های بالای مهار شیمیایی، مسائلی چون بروز مقاومت در آفات، از بین رفتن دشمنان طبیعی، ایجاد گیاه‌سوزی، طغیان آفات ثانویه و آلودگی محیط زیست را نیز به دنبال دارد (Luczynski et al., 1990). از جمله راهکارهایی که امروزه به منظور کنترل جمعیت‌های کنه‌های تارتن در اکوسیستم‌های کشاورزی به صورت گسترده‌ای مورد توجه پژوهشگران مختلف قرار گرفته است، استفاده از برنامه‌های مدیریت تلفیقی (IPM) با تکیه بر استفاده هر چه بیشتر از عوامل بیولوژیک کنه‌های تارتن نظیر کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae و کاهش مصرف سموم است (Sabelis, 1985).

در بین دشمنان طبیعی کنه‌های تارتن دولکه‌ای، کنه‌های شکارگر Phytoseiidae از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند (Khanamani & Dalir, 2025) که با توجه به پتانسیل بالای خود در برخی موارد قادرند که تراکم جمعیت کنه‌های تارتن را تا رسیدن به زیر سطح زیان اقتصادی نیز کاهش دهند (van Lenteren & Woets, 1988). کنه‌های فیتوزئید علاوه بر کنه‌های گیاهی، از حشرات ریز (مانند سفید بالک‌ها، تریپس‌ها و شپشک‌ها)، نامتودها، قارچ‌ها، ترشحات گیاهی، دانه‌گرده گیاهان و عسلک‌شته‌ها نیز تغذیه می‌کنند (Hughes, 1976; Dalir et al., 2024, 2025). در میان کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae، کنه‌ی شکارگر *Neoseiulus californicus* McGregor از اهمیت زیادی در کنترل کنه‌های تارتن برخوردار می‌باشد. کنه شکارگر *N. californicus* شکارگر انتخابی (نوع دوم) کنه‌های تارتن خانواده Tetranychidae می‌باشد که اغلب مرتبط با گونه‌های تولیدکننده تار می‌باشد

(McMurtry et al., 2013). این کنه‌ی شکارگر علاوه بر کنه‌های تارتن، قادر به تغذیه و تولیدمثل روی سایر بندپایان کوچک و همچنین گرده گیاهان می‌باشد. بنابراین در زمان کمبود طعمه‌ی اصلی با تغذیه از سایر غذاهای جایگزین قادر به زنده‌مانی می‌باشد (McMurtry et al., 1970; McMurtry et al., 2013).

استفاده از کنه‌های فیتوزئید در برنامه‌های مهار زیستی و مدیریت تلفیقی آفات (IPM)، مستلزم در اختیار داشتن جمعیت کافی از آن‌ها می‌باشد، بنابراین انتخاب روش‌های مناسب برای پرورش و تولید انبوه آن‌ها ضروری است (Overmeer, 1985). در پرورش کنه‌های فیتوزئید، علاوه بر شرایط محیطی مناسب، نوع بستر پرورش و رژیم غذایی مورد استفاده نیز اهمیت دارد (Khanamani et al., 2021). بسته به نوع گونه، کنه‌های فیتوزئید روی کنه‌های گیاه‌خوار، دیگر غذاهای طبیعی مانند گرده، یا روی شکارهای جایگزین (طعمه دروغی) مانند کنه‌های انباری پرورش داده می‌شوند. روش‌های پرورش بر اساس طعمه‌های طبیعی و جایگزین اغلب زمان‌بر و یا گران هستند. وجود یک غذای جایگزین غیرزنده موثر مانند گرده برای کنه‌های فیتوزئید می‌تواند بسیاری از مشکلات مربوط به پرورش انبوه آن‌ها را حل نماید (Riahi et al., 2016, 2017; Khanamani et al., 2017a; Rezaie, 2019). دانه‌ی گرده حاوی عناصر مهم غذایی از جمله پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه آزاد، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین‌ها، فلاونوئیدها، و مواد معدنی می‌باشد (van Rijn & Tanigoshi, 1999). مطالعات انجام شده نشان‌دهنده مطلوبیت گرده برخی از گیاهان برای پرورش گونه‌های مختلف کنه‌های فیتوزئید می‌باشد (Riahi et al., 2016, 2017; Khanamani et al., 2017a, b; Hashemi et al., 2021; Kadkhodazadeh et al., 2021).

در مطالعه‌ی پیشین ما (Khanamani et al., 2017a, c; Khanamani et al., 2021)، کارایی سه تیپ مختلف غذایی شامل طبیعی (طعمه طبیعی (کنه تارتن) و هفت گرده گیاهی مختلف)، مصنوعی (۱۰ غذای مصنوعی بر پایه ترکیبی از ۵٪ عسل، ۵٪ ساکارز، ۵٪ تریپتون، ۵٪ عصاره

از تهیه اسلاید و با استفاده از کلیدهای شناسایی مربوطه انجام شد. لازم به ذکر است دو هفته قبل از جمع آوری کنه‌ی تارتن، تعداد ۲۰ عدد گلدان لوییا (هر گلدان حاوی پنج عدد بذر لوییا) کشت شد. بعد از آن برای تداوم حفظ سیستم دو سطحی گیاه-آفت، هر هفته تعداد ۱۰ عدد گلدان جدید لوییا کشت می‌شد. هر چند روز یکبار، دو عدد گلدان لویای سالم به کلنی پرورش کنه تارتن اضافه می‌شد.

پرورش کنه‌ی شکارگر *N. californicus* در شرایط آزمایشگاه

جمعیت اولیه‌ی کنه‌ی شکارگر *N. californicus* از شرکت گیاه (نماینده رسمی شرکت کوپرت هلند) خریداری شد. برای پرورش کلنی کنه‌ی شکارگر در شرایط آزمایشگاه، از جزیره برگی استفاده شد. هر جزیره شامل یک ظرف پلاستیکی به ابعاد ۱۰×۱۸×۲۵ سانتی‌متر (محتوی آب)، یک قطعه اسفنج (به ابعاد ۸×۱۳×۱۸ سانتی‌متر) اشباع از آب (که در داخل ظرف پلاستیکی قرار می‌گیرد) و یک قطعه طلق به ابعاد ۱/۱۳×۱۸ سانتی‌متر (که روی اسفنج قرار می‌گیرد) است (Khanamani et al., 2015). بعد از قرار دادن طلق روی اسفنج، حاشیه آن با دستمال کاغذی پوشانده شد به طوری که انتهای دستمال درون آب قرار گرفت. در چنین شرایطی دستمال همیشه مرطوب می‌ماند و این کار علاوه بر تامین رطوبت، مانع فرار کنه‌ها به بیرون نیز می‌شود (Walzer & Schausberger, 1999). جمعیت اولیه کنه‌های شکارگر وسط طلق رهاسازی شدند و به منظور تغذیه این افراد، برگ‌های لویای آلوده به کنه تارتن یک روز در میان به روی این طلق اضافه گردید. این برگ‌های آلوده علاوه بر تامین غذا، به عنوان پناهگاه و محل تخم‌ریزی کنه شکارگر مورد استفاده قرار گرفتند.

جمع آوری گرده

گرده گیاهان زعفران، ذرت و بادام در فصل گل‌دهی جمع آوری شد. به منظور تهیه گرده ذرت، در فصل تابستان از گل آذین نر گیاهان ذرت کاشته شده در مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشگاه جیرفت گرده‌گیری انجام شد. گرده‌ی بادام نیز در فصل گلدهی از درختان بادام کشت شده در استان کرمان، شهرستان بردسیر جمع آوری شد. گرده

مخمر، ۱۰٪ زرده تخم مرغ تازه و ۷۰٪ آب مقطر) و طعمه‌های جایگزین (تخم شب‌پره آرد *Ephestia kuehniella* Zeller سیست (تخم) میگوی دریایی *Artemia franciscana* Kellogg هیف (ریسه) قارچ *Aspergillus fumigatus* و کنه قارچ‌خوار *Tyrophagus putrescentiae* Shrank، در پرورش کنه شکارگر *N. californicus* مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، گرده بادام به دلیل دارا بودن بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، باروری زیاد، نرخ زنده‌مانی بالا و کمترین طول دوره نمو کنه شکارگر، به عنوان مناسب‌ترین غذای جایگزین برای پرورش کنه‌ی شکارگر شناخته شد. به هر حال، با توجه به سخت بودن جمع آوری گرده بادام، کم بودن مقدار گرده در هر گل و محدود بودن زمان گلدهی درختان بادام، استفاده از این گرده در تولید انبوه کنه‌های فیتوژنید مقرون به صرفه نیست. گرده ذرت فاقد مشکلات فوق بوده و به وفور و در هر فصلی از سال می‌توان گیاه ذرت را کشت کرد و گرده‌گیری انجام داد. لذا هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی کارایی مخلوط گرده بادام و ذرت (بادام-ذرت) در پرورش کنه شکارگر *N. californicus* می‌باشد. علاوه بر این، ارزش غذایی پودر قند (خاک قند) و گرده زعفران نیز به عنوان منابع غذایی جایگزین برای پرورش این کنه شکارگر مورد ارزیابی قرار گرفت. به دست آوردن یک منبع غذایی مطلوب جایگزین می‌تواند کمک شایانی در پرورش انبوه شکارگرها و تولید یک عامل بیولوژیک با کارایی بالا نماید و در نهایت موجب کاهش هزینه‌های تولید گردد.

مواد و روش‌ها

پرورش کنه‌ی تارتن دولکه‌ای

جمعیت اولیه‌ی کنه‌ی تارتن دولکه‌ای از روی گیاهان خیار واقع در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه جیرفت جمع آوری و به گلخانه منتقل شد و در شرایط طبیعی گلخانه روی گیاه لویای چیتی واریته خمین (*Phaseolus vulgaris* L. var. Khomein) مستقر شد. شناسایی این کنه بعد

میلی گرم پودر قند، ۰/۰۵ میلی گرم گرده زعفران، ۰/۰۵ میلی گرم مخلوط گرده بادام+ذرت) تغذیه شده و طول مراحل مختلف سنی پیش از بلوغ به همراه میزان مرگ و میر افراد نابالغ به صورت روزانه ثبت شد. با ظهور کنه‌های بالغ، افراد نر و ماده با یکدیگر جفت شده (حداقل ۲۵ جفت) و به واحد آزمایش جداگانه‌ای منتقل شدند. در صورت کمبود نر، از افراد نر کلنی پرورش یافته روی غذای مربوطه استفاده شد. در بازدیدهای روزانه طول عمر افراد بالغ و میزان تخم-ریزی افراد ماده نیز تا زمان مرگ آخرین فرد ثبت شد. لازم به ذکر است که پودر قند و گرده واحدهای آزمایش هر پنج روز یکبار با غذای تازه تعویض می‌شد تا از قارچ‌زدگی و کاهش کیفیت آن‌ها جلوگیری شود.

تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های ثبت شده زیست‌شناسی کنه‌ی شکارگر *N. californicus* روی تیمارهای غذایی مختلف (گرده زعفران، مخلوط گرده بادام+ذرت و پودر قند) با استفاده از جدول زندگی دو جنسی (Chi & Liu, 1985) و مانند روش توضیح داده شده توسط Chi (1988) تجزیه شد. برای تجزیه داده‌ها از برنامه‌ی کامپیوتری -TWOSEX-MSChart (Chi, 2024) که در ویژوال بیسیک طراحی شده، استفاده شد. نرخ بقاء ویژه سنی-مرحله رشدی (s_{xj}) (x) = سن، j = مرحله؛ باروری ویژه سنی-مرحله رشدی (f_{xj}) ؛ نرخ بقاء ویژه سنی (l_x) ؛ باروری ویژه سنی (m_x) ؛ و فراسنجه‌های رشد جمعیت (نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) ؛ نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) ؛ نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) ؛ نرخ خالص تولید مثل (R_0) و مدت زمان طول یک نسل (T)) بر اساس جدول زندگی دو جنسی محاسبه شدند. نرخ بقاء ویژه سنی (l_x) (شامل تمام افراد نر و ماده) و باروری ویژه سنی (m_x) بر اساس روش چی و لیو (Chi and Liu, 1985) به ترتیب به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$l_x = \sum_{j=1}^k s_{xj}$$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k s_{xj}}$$

زعفران نیز در فصل پاییز از مزارع زعفران کشت شده در منطقه لاله‌زار، شهرستان بردسیر، استان کرمان جمع‌آوری شد. گرده‌های جمع‌آوری شده در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند (Momen, 2004). سپس گرده‌های هر گیاه به صورت جداگانه الک و در داخل میکروتیوب‌های پلاستیکی ریخته شده و به منظور ذخیره طولانی مدت، در دمای ۲۰- و برای ذخیره کوتاه مدت و یا در حین انجام آزمایش‌ها در دمای چهار درجه سلسیوس در داخل یخچال نگهداری شدند.

تهیه بستر مصنوعی

واحدهای آزمایش بر پایه بستر مصنوعی شبیه جزیره پرورش کلنی کنه شکارگر اما در مقیاس کوچک‌تر، شامل یک ظرف پلاستیکی به ابعاد ۴×۷×۹ سانتی‌متر (محتوی آب)، یک قطعه اسفنج ۲×۴×۶ سانتی‌متر (که در داخل ظرف پلاستیکی قرار می‌گیرد) و یک قطعه طلق سبز رنگ به ابعاد ۰/۱×۳/۵×۳/۵ سانتی‌متر (که روی اسفنج قرار می‌گیرد) بود. بعد از قرار دادن طلق روی اسفنج، حاشیه آن با دستمال کاغذی پوشانده شد طوری که انتهای دستمال درون آب قرار گرفت. در چنین شرایطی دستمال همیشه مرطوب می‌ماند و این کار مانع فرار کنه‌ها به بیرون می‌شود. علاوه بر این، برای تهیه پناهگاه و محل تخم‌ریزی برای کنه‌های شکارگر، تعدادی رشته پنبه در وسط بستر مصنوعی چسبانده شد.

انجام آزمایش‌ها

به منظور ارزیابی کیفیت غذایی پودر قند، گرده زعفران و مخلوط گرده بادام و ذرت برای پرورش کنه‌ی شکارگر *N. californicus*، مطالعات جدول زندگی (جمعیت‌نگاری) مورد بررسی قرار گرفت. در هر یک از این آزمایش‌ها، از ۷۰ عدد تخم هم‌سن (با طول عمر کمتر از ۱۲ ساعت) کنه شکارگر استفاده شد. برای این منظور، ۱۲ ساعت قبل از شروع آزمایش تعداد ۱۰۰ جفت کنه شکارگر بالغ به واحدهای پرورش جداگانه‌ای منتقل شدند و پس از آن تخم‌های گذاشته شده با قلم‌موی ظریف و با دقت زیاد به هر یک از واحدهای آزمایش به صورت تکی منتقل شدند. پس از تفریح تخم‌ها، افراد ظاهر شده با غذای مربوطه (۰/۰۵

با جایگزینی از کوهورت گرفته شده و r_i -boot برای این نمونه بوت استرپ به روش زیر به دست می آید:

$$\sum_{x=0}^{\omega} e^{-r_i} - boot^{(x+1)} l_x m_x = 1$$

که اندیس i -boot نشان دهنده ی بوت استرپ i ام است. m_x و l_x به ترتیب نرخ بقاء ویژه سنی و ویژه سنی می باشند که از داده های این n نمونه افراد انتخاب شده محاسبه می شوند. در این روش ممکن است یک فرد واحد چندین بار انتخاب شود. این روند نمونه گیری مجدداً m بار ($m=100,000$) تکرار شده و میانگین این m بوت استرپ از فرمول زیر به دست می آید:

$$r_B = \frac{\sum_{i=1}^m r_{i\text{-boot}}}{m}$$

واریانس ($VAR r_B$) و خطای استاندارد ($SE r_B$) این m

بوت استرپ، به روش زیر محاسبه شد:

$$VAR r_B = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{i\text{-boot}} - r_B)^2}{m - 1}$$

$$SE r_B = \sqrt{VAR r_B}$$

از این روش برای برآورد میانگین، واریانس و خطای استاندارد نرخ ناخالص تولید مثل (GRR)، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و متوسط مدت زمان یک نسل (T) نیز استفاده شد. مقادیر بوت استرپ فراسنجه های زیست شناسی کهنه ی شکارگر روی تیمارهای غذایی مختلف با استفاده از روش بوت استرپ جفت شده ($Paired bootstrap$) و بر اساس حدود اطمینان مقایسه شد.

نتایج

طول مراحل زیستی کهنه شکارگر

میانگین طول مراحل زیستی کهنه ی شکارگر N . $californicus$ با تغذیه از تیمارهای غذایی مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، طول مراحل مختلف زیستی این کهنه ی شکارگر کاملاً متأثر از نوع غذای خورده شده است. طول دوره ی تخم اگرچه با تغذیه از گرده زعفران کوتاه تر بود ولی دارای اختلاف معنی داری

که در آن k نشان دهنده تعداد مراحل رشدی است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) یا نرخ سرشتی افزایش جمعیت با استفاده از روش دوبخشی تکرار شونده (Iterative bisection method) از فرمول زیر برآورد می شود:

$$\sum_{x=0}^{\omega} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

با سن (x) نمایه شده از ۰ تا بی نهایت (حداکثر سن). نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) یا نرخ کرانمند افزایش جمعیت میزان چند برابر شدن جمعیت اولیه را در هر دوره ی زمانی نشان می دهد و نشانگر میزان افزایشی است که یک جمعیت پایدار در هر روز نسبت به روز پیشین خواهد داشت:

$$Finite \text{ rate of increase} = e^r$$

مدت زمان طول یک نسل (T) متوسط مدت زمانی است که از تولد افراد یک نسل تا افراد نسل پس از آن به طول می انجامد یا به گفته ای دیگر مدت زمانی است که یک جمعیت نیاز دارد تا به اندازه ی نرخ خالص تولید مثل (R_0) افزایش یابد:

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

نرخ خالص تولید مثل (R_0) یا نرخ سره زادآوری بیانگر تعداد نتاج تولید شده به ازای هر فرد در هر نسل با در نظر گرفتن احتمال زنده ماندن افراد می باشد و از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\omega} \sum_{j=1}^k s_{xj} f_{xj}$$

نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) یا نرخ ناسره زادآوری بیانگر تعداد نتاج تولید شده به ازای هر فرد در هر نسل بدون در نظر گرفتن احتمال زنده ماندن افراد می باشد و از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$Gross \text{ reproductive rate} = \sum_{x=\alpha}^B m_x$$

واریانس و خطاهای استاندارد (SE) فراسنجه های جدول زندگی با استفاده از روش بوت استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار برآورد گردید (Efron and Tibshirani, 1993). در روش بوت استرپ n نمونه ی جداگانه به صورت تصادفی و

از مخلوط گرده بادام و ذرت بود. با این وجود، طول دوره تخم‌ریزی با تغذیه از این دو تیمار غذایی گرده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت. میزان باروری کل با تغذیه از گرده زعفران (۴۳/۱۹ تخم/ماده) به طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر ثبت شده روی مخلوط گرده بادام و ذرت (۳۷/۵۹ تخم/ماده) بود.

فراسنجه‌های رشد جمعیت کنه شکارگر

فراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *N. californicus* با تغذیه از تیمارهای غذایی مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به عدم تخم‌ریزی کنه‌های ماده تغذیه کرده از پودر قند، فراسنجه‌های رشد جمعیت روی این تیمار غذایی قابل محاسبه نبود. مقادیر مربوط به نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و مدت زمان طول یک نسل (T) روی گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت بدون هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری و به ترتیب ۰/۱۹۵ در مقابل ۰/۱۸۳ بر روز، ۱/۲۱۵ در مقابل ۱/۲۰۱ بر روز، ۳۲/۱۵ در مقابل ۳۱/۴۸ نتاج، ۲۹/۸۵ در مقابل ۲۵/۳۶ نتاج و ۱۷/۴۱ در مقابل ۱۷/۶۸ روز بود.

با سایر تیمارهای غذایی نبود. طول دوره لاروی (۱ روز) نیز با توجه به عدم تغذیه لارو (تغذیه اختیاری) تحت تاثیر نوع تیمار غذایی قرار نگرفت. طول دوره پروتومف، دئوتومف و کل دوره قبل از بلوغ به‌طور معنی‌داری روی تیمار غذایی پودر قند طولانی‌تر از تیمارهای غذایی گرده بود. طول عمر افراد نر بالغ و ماده بالغ با تغذیه از گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت طولانی‌تر از افراد تغذیه کرده از پودر قند بود. روی تمام تیمارهای غذایی مورد بررسی، طول عمر ماده‌ها بیشتر از نرها بود.

دوره‌های تخم‌ریزی و باروری کنه شکارگر

طول دوره قبل از تخم‌ریزی افراد بالغ (APOP) و طول کل دوره قبل از تخم‌ریزی (از تولد تا شروع تخم‌ریزی) (TPOP) و میانگین باروری کل کنه شکارگر *N. californicus* روی تیمارهای غذایی مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به اینکه افراد ماده تغذیه کرده از پودر قند قادر به تخم‌ریزی نبودند مقادیر مربوط به دوره‌های تخم‌ریزی و میزان باروری برای این تیمار غذایی ثبت نشده است. طول دوره‌های قبل از تخم‌ریزی (APOP و TPOP) افراد تغذیه کرده از گرده زعفران کوتاه‌تر از افراد تغذیه کرده

جدول ۱- طول مراحل مختلف زیستی (روز) و باروری (تخم/ماده) کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* پرورش یافته روی روی پودر قند، گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت

Table 1. Duration of different life stages (days) and fecundity (eggs/female) (\pm SE) of *Neoseiulus californicus* reared on powdered sugar, saffron pollen and the mixture of almond and maize (Almond+Maize) pollen

Parameters	Pollen diet		Alternative diet
	Saffron	Almond+Maize	Powdered sugar
Egg	1.98 \pm 0.08 ^a	2.12 \pm 0.09 ^a	2.18 \pm 0.14 ^a
Larva	1.00	1.00	1.00
Protonymph	1.87 \pm 0.06 ^b	1.67 \pm 0.08 ^b	5.28 \pm 0.13 ^a
Deutonymph	1.93 \pm 0.09 ^b	2.03 \pm 0.06 ^b	8.05 \pm 0.23 ^a
Preadult	6.7 \pm 0.11 ^b	6.85 \pm 0.13 ^b	15.94 \pm 0.36 ^a
Adult longevity (M*)	42.71 \pm 2.58 ^a	44.12 \pm 2.73 ^a	30.33 \pm 4.39 ^b
Adult longevity (F*)	54.83 \pm 0.97 ^a	49.41 \pm 2.88 ^b	42.18 \pm 1.86 ^c
Total life span	58.33 \pm 2.8 ^a	55.47 \pm 2.18 ^{ab}	50.22 \pm 3.70 ^b
APOP*	2.14 \pm 0.13 ^b	2.80 \pm 0.13 ^a	-
TPOP*	8.9 \pm 0.18 ^b	9.51 \pm 0.14 ^a	-
Oviposition period	23.14 \pm 0.8 ^a	24.63 \pm 2.33 ^a	-
Fecundity (eggs/F)	43.19 \pm 3.35 ^a	37.59 \pm 2.14 ^b	0.00 \pm 0

The means followed by different letters in the same row are significantly different ($P < 0.05$, Paired bootstrap test). *M, male; F, female; APOP, adult pre-ovipositional period; TPOP, total pre-ovipositional period (from egg to the first oviposition).

جدول ۲- فراسنجه‌های جدول زندگی (رشد جمعیت) کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* پرورش یافته روی گرده زعفران و مخلوط گرده بادام و ذرت

Table 2. The mean (\pm SE) two-sex life table parameters of *Neoseiulus californicus* reared on saffron and almond+maize pollens

Parameters	Pollen diet		Alternative diet
	Saffron	Almond+Maize	Powdered sugar
r (day ⁻¹)	0.195 \pm 0.006 ^{a*}	0.183 \pm 0.007 ^a	-**
λ (day ⁻¹)	1.215 \pm 0.007 ^a	1.201 \pm 0.008 ^a	-
GRR (offspring)	32.15 \pm 3.44 ^a	31.48 \pm 5.11 ^a	-
R ₀ (offspring)	29.85 \pm 2.64 ^a	25.36 \pm 3.27 ^a	-
T (day)	17.41 \pm 0.30 ^a	17.68 \pm 0.45 ^a	-

*Data were calculated using the bootstrap procedure with 100,000 samples. **The individuals fed on the powdered sugar had no fecundity.

دهنده‌ی میانگین تعداد تخم (نتاج) گذاشته شده توسط هر فرد کنه‌ی شکارگر در روز x است. باروری ویژه سنی- مرحله رشدی (f_{xj}) نشان‌دهنده‌ی میانگین تعداد تخم (نتاج) گذاشته شده توسط هر فرد کنه‌ی شکارگر در سن x و مرحله رشدی z است. با توجه به اینکه افراد پرورش یافته روی رژیم غذایی پودر قند تخم‌ریزی نداشتند منحنی‌های باروری برای این تیمار غذایی ترسیم نشده است. به هر حال شروع تخم‌ریزی روی تیمار غذایی گرده زعفران از روز هفتم و روی گرده بادام+ذرت از روز نهم می‌باشد و بیشترین مقدار تخم‌ریزی روی هر دو تیمار غذایی در همان دو هفته اول دوره تخم‌ریزی بوده است. به هر حال، مقدار تخم‌ریزی کل با تغذیه از گرده زعفران بیشتر از مخلوط گرده بادام+ذرت است.

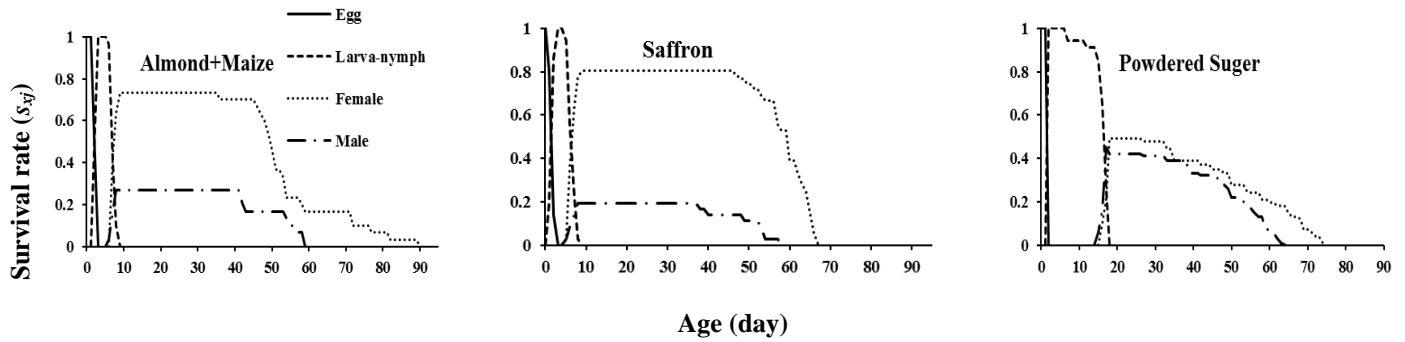
امید به زندگی سنی-مرحله زیستی (e_{xj})

امید به زندگی سنی-مرحله زیستی (e_{xj}) کنه‌ی شکارگر *N. californicus* با تغذیه از پودر قند، گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به این منحنی‌ها، امید به زندگی یک فرد تازه متولد شده کنه شکارگر با تغذیه از پودر قند ۵۴/۳۳ روز، با تغذیه از گرده زعفران ۵۸/۱۱ روز و با تغذیه از مخلوط گرده بادام+ذرت ۵۵/۴۶ روز می‌باشد. علاوه بر این، امید به زندگی در زمان ظهور افراد بالغ ماده و نر به ترتیب ۵۰/۳۸ و ۴۶/۴۳ روز (با تغذیه از پودر قند)، ۵۵/۲۰ و ۴۴/۴۲ روز (با تغذیه از گرده زعفران)، و ۴۹/۹۵ و ۴۵/۳۷ روز (با تغذیه از مخلوط گرده بادام+ذرت) می‌باشد.

منحنی‌های زنده‌مانی و باروری کنه شکارگر

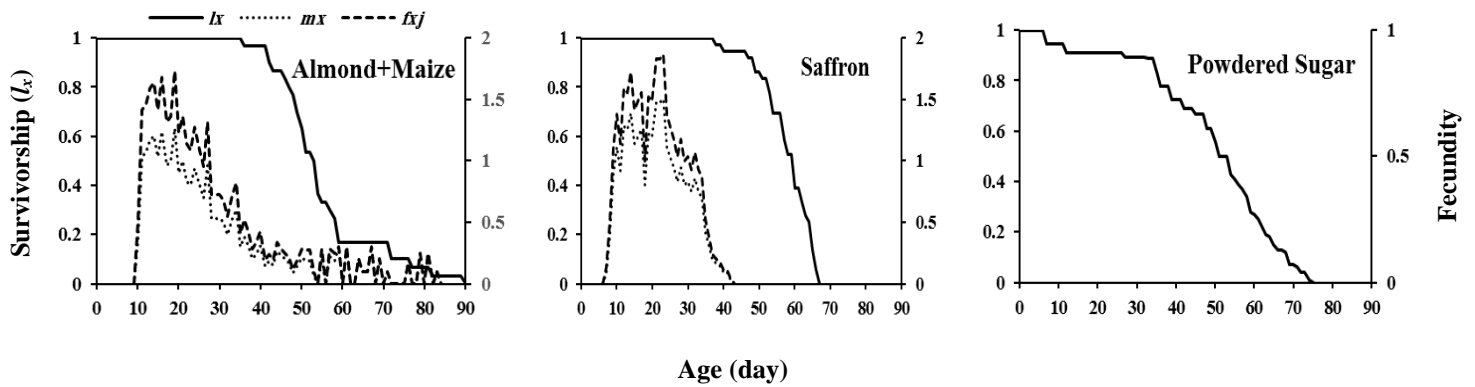
نرخ بقاء ویژه سنی-مرحله رشدی (s_{xj}) کنه‌ی شکارگر *N. californicus* روی گرده زعفران، مخلوط گرده بادام+ذرت و پودر قند در شکل ۱ نشان داده شده است. نرخ بقاء ویژه سنی-مرحله رشدی نسبت افراد زنده مانده تا سن x و مرحله z را نشان می‌دهد. این فراسنجه علاوه بر توصیف مشروحي از زنده‌مانی، انتقال از یک مرحله زیستی به مرحله زیستی دیگر را نیز توصیف می‌کند. نرخ بقاء ویژه سنی (l_x) (شکل ۲) نسبت افراد زنده مانده تا سن x را نشان می‌دهد. منحنی l_x یک نسخه ساده شده از منحنی‌های s_{xj} است که قابلیت تشریح انطباق مراحل مختلف رشدی را ندارد. با توجه به این منحنی‌ها، نرخ بقاء افراد تغذیه کرده از پودر قند تا زمان ظهور افراد بالغ ۹۱٪ بود. در حالی که تمام افراد تغذیه کرده از گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت توانستند با موفقیت به مرحله بلوغ برسند و تمام این افراد در مرحله بلوغ به دلیل کهولت و پیری مردند. اگرچه میانگین طول عمر کل با تغذیه از گرده زعفران بیشتر از سایر تیمارهای غذایی بود (۵۸/۳۳ روز) ولی بیشترین طول عمر مربوط به برخی افراد ماده تغذیه کرده از مخلوط گرده بادام+ذرت بود که تقریباً ۹۰ روز زنده-مانی داشتند (شکل ۱).

منحنی‌های باروری کنه‌ی شکارگر *N. californicus* با تغذیه از تیمارهای غذایی مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. باروری ویژه سنی (m_x) نشان-



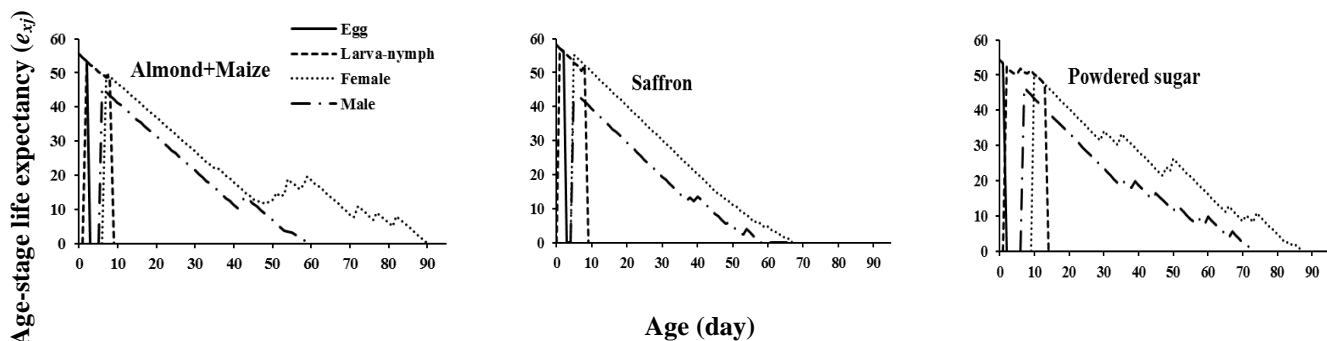
شکل ۱- نرخ بقاء سنی-مرحله رشدی (s_{xj}) کنه‌ی شکارگر *Neoseiulus californicus* روی پودر قند، گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت

Figure 1. Age-stage survival rate (s_{xj}) of *Neoseiulus californicus* reared on powdered sugar, saffron pollen and the mixture of almond and maize pollen



شکل ۲- نرخ بقاء ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سنی-مرحله رشدی (f_{xj}) کنه‌ی شکارگر *Neoseiulus californicus* روی پودر قند، گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت

Figure 2. Age-specific survivorship (l_x), age-specific fecundity (m_x) and age-stage specific fecundity (f_{xj}) of *Neoseiulus californicus* reared on powdered sugar, saffron pollen and the mixture of almond and maize pollen



شکل ۳- امید به زندگی سنی-مرحله رشدی (e_{xj}) کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* پرورش یافته روی پودر قند، گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت

Figure 3. Age-stage life expectancy (e_{xj}) of *Neoseiulus californicus* reared on powdered sugar, saffron pollen and the mixture of almond and maize pollen

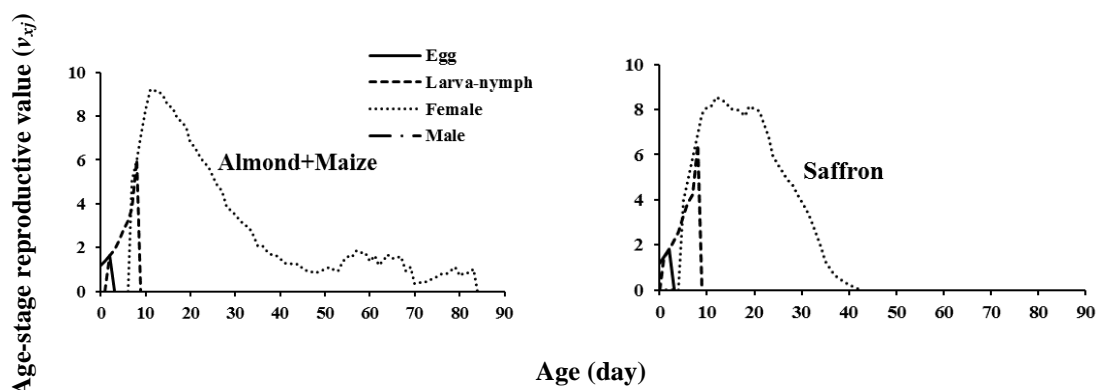
یک مزیت پرورش روی میزبان/شکار طبیعی این است که پارازیتوئید/شکارگر راه موثر و کارآمد برای جست و جوی شکار را روی گیاه میزبان خواهد آموخت (De Clercq, 2004). این سیستم پرورش طبیعی شامل سطوح سه گانه (دشمن طبیعی، میزبان/شکار و گیاه میزبان) است که نیازمند فضاهای جداگانه و تجهیزات کامل است که هزینه‌های زیادی را تحمیل می‌کند (Grenier & De Clercq, 2003). استفاده از منابع غذایی غیرشکار توسط کنه‌های شکارگر فیتوزئید در برنامه‌های مهار زیستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Vangansbeke et al., 2016). اهمیت منابع غذایی غیرشکار به دو دلیل است: نخست این که، به شکارگر فرصت می‌دهد تا در مکان‌هایی با تعداد کم یا فقدان شکار (طعمه)، بتواند با تغذیه از این منابع، جمعیت خود را حفظ کند؛ دوم این که، این منابع غذایی غیرشکار برای پرورش و تولید انبوه شکارگر در انسکتاریوم برای اهداف رهاسازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Overmeer, 1985). علاوه بر این، تهیه منابع غذایی غیرشکار (مانند گرده) به عنوان غذای مکمل، کارایی بسیاری از عوامل بیولوژیک را افزایش داده است (Leman & Messelink, 2015; Khanamani et al., 2017b; Rezaie, 2019).

ارزش تولید مثلی سنی-مرحله رشدی (v_{xj})

ارزش تولید مثلی سنی-مرحله زیستی (v_{xj}) کنه‌ی شکارگر *N. californicus* با تغذیه از گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت در شکل 4 نشان داده شده است. ارزش ویژه سنی-مرحله رشدی تولیدمثلی (v_{xj})، سهم هر یک از افراد را در سن x و مرحله رشدی j در تشکیل جمعیت آینده نشان می‌دهد. با توجه به عدم تخم‌ریزی افراد تغذیه کرده از پودر قند، ارزش تولید مثلی آن‌ها صفر است و لذا منحنی برای این رژیم غذایی ترسیم نشده است. ارزش ویژه تولیدمثلی برای یک تخم تازه متولد شده برابر نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) می‌باشد. با توجه به این منحنی‌ها بیشترین ارزش تولیدمثلی روی گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت مربوط به افراد ماده بالغ به‌خصوص در روزهای اوج تخم‌ریزی می‌باشد لذا افراد ماده بالغ بیشترین سهم را در تشکیل جمعیت آینده دارند. افراد نر به دلیل این-که در تشکیل جمعیت آینده سهمی ندارند ارزش تولیدمثلی آن‌ها صفر است.

بحث

پرورش عوامل بیولوژیک روی میزبان/شکار طبیعی آن‌ها که اغلب یک گونه گیاه‌خوار است، بهترین انتخاب است.



شکل 4- ارزش تولید مثلی سنی-مرحله رشدی (v_{xj}) کنه‌ی شکارگر *Neoseiulus californicus* پرورش یافته روی گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت

Figure 4. Age-stage reproductive value (v_{xj}) of *Neoseiulus californicus* reared on saffron and the mixture of almond and maize pollens

کنه‌های شکارگر *Neoseiulus cucumeris* Athias-Henriot و *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot با تغذیه از گرده زعفران به ترتیب ۶/۵۶ و ۵/۹۲ روز گزارش شده است (Khanamani and Dalir, 2025). طول دوره رشد پیش از بلوغ روی گرده زعفران در پژوهش حاضر برای کنه‌ی شکارگر *N. californicus* ۶/۷۰ روز به دست آمد. مقایسه این نتایج نشان می‌دهد که کنه شکارگر *A. swirskii* نسبت به دو کنه شکارگر دیگر روی گرده زعفران دارای طول دوره نابالغ کوتاه‌تری است.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) یکی از مهم‌ترین فراسنجه‌هاست که برای ارزیابی کارایی یک شکارگر روی چند میزبان مختلف و یا چند شکارگر روی یک میزبان استفاده می‌شود (Sabelis, 1985; Khanamani et al., 2015). اختلافات موجود در زنده‌مانی، دوره رشد و نمو، و تولیدمثل در فراسنجه‌های رشد جمعیت به ویژه نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) منعکس می‌شوند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت کنه‌ی شکارگر *N. californicus* روی مخلوط گرده بادام+ذرت (۰/۱۸۳ بر روز) کمتر از مقادیر به دست آمده روی گرده بادام (۰/۲۳۱ بر روز) و بیشتر از مقادیر ثبت شده برای گرده ذرت (۰/۱۷۹ بر روز)، گرده زنبورعسل (۰/۰۰۵ بر روز)، گرده بهارنارنج (۰/۰۷۱ بر روز)، گرده آفتاب‌گردان (۰/۰۸۹ بر روز) و کنه تارتن (۰/۱۵۴ بر روز) می‌باشد (Khanamani et al., 2017a). همچنین مقدار باروری کنه‌ی شکارگر *N. californicus* روی مخلوط گرده بادام+ذرت (۳۷/۵۹ تخم/ماده) بیشتر از تمام گرده‌های مورد بررسی (به جز گرده بادام ۴۶/۸۷ تخم) توسط Khanamani et al., (2017a) بود. علاوه بر گرده بادام، گرده زعفران نیز جزء رژیم‌های غذایی مناسب برای باروری و تخم‌ریزی کنه‌های شکارگر به شمار می‌آید. میزان باروری کنه‌های شکارگر *N. cucumeris* و *A. swirskii* با تغذیه از گرده زعفران به ترتیب ۵۷/۴۲ و ۳۹/۷۹ تخم/ماده گزارش شده است (Khanamani and Dalir, 2025). در این پژوهش نیز میزان باروری کنه شکارگر *N. californicus* با تغذیه از این گرده ۴۳/۱۹ تخم/ماده ثبت شده است که بیشتر از مقادیر به دست آمده روی مخلوط

در بررسی‌های صورت گرفته در ارتباط با ارزیابی ارزش غذایی ۷ گرده گیاهی مختلف برای پرورش کنه‌ی شکارگر *N. californicus*، گرده بادام به عنوان مناسب‌ترین غذای جایگزین برای پرورش کنه‌ی شکارگر شناخته شد (Khanamani et al., 2017a). با توجه به کم بودن مقدار این گرده در هر گل و سخت بودن جمع‌آوری آن، ما در این پژوهش کارایی ترکیب این گرده با گرده ذرت را که به وفور یافت می‌شود و جمع‌آوری راحتی دارد، مورد بررسی قرار دادیم. نتایج نشان‌دهنده‌ی مطلوبیت ترکیب غذایی فوق در پرورش و تولید انبوه کنه‌ی شکارگر *N. californicus* می‌باشد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، کنه‌ی شکارگر *N. californicus* توانایی تغذیه و رشد و نمو تا مرحله بلوغ روی مخلوط گرده بادام+ذرت را بدون هیچ‌گونه مرگ و میر داشت. در پژوهش انجام شده توسط Khanamani et al. (2017a) نیز روی هر کدام از گرده‌های بادام و ذرت هیچ‌گونه میرایی قبل از بلوغ مشاهده نشد. علاوه بر اختلافات میرایی قبل از بلوغ، طول دوره قبل از بلوغ نیز کاملاً تحت تاثیر کیفیت گرده مورد تغذیه می‌باشد. طول این دوره با تغذیه از مخلوط گرده بادام+ذرت ۶/۸۵ روز به دست آمد که طولانی‌تر از مقادیر ثبت شده برای گرده بادام (۵/۸۷ روز) و خرما (۶/۱۶ روز) و کوتاه‌تر از مقادیر روی گرده ذرت (۶/۹۰ روز)، گرده زنبورعسل (۹/۹۴ روز)، گرده بهارنارنج (۷/۰۶ روز)، گرده آفتاب‌گردان (۷/۲۷ روز) و گرده کرچک (۱۰/۰۱ روز) است (Khanamani et al., 2017a). این اختلاف می‌تواند مربوط به اختلاف در کیفیت گرده گونه‌های مختلف گیاهی باشد؛ اختلاف در مرفولوژی (شکل گرده، ضخامت و سختی آگزین، ارتفاع و تعداد خار) و یا ترکیبات ثانویه گرده گونه‌های مختلف گیاهی همچنین می‌تواند عامل این اختلاف باشد. عدم کیفیت گرده برخی گونه‌های گیاهی ممکن است به دلیل خصوصیات مرفولوژیک مثل خارهای بلند و تیز یا آگزین (لایه بیرونی) ضخیم و غیر قابل نفوذ باشد (Eini et al., 2022) و یا اینکه به دلیل وجود ترکیبات ثانویه مضر و یا عدم وجود عناصر غذایی ضروری در آن گرده باشد (Khanamani et al., 2017a). طول دوره قبل از بلوغ

کمبود تقاضا و یا این که در طول دوره عرضه کنه شکارگر استفاده کرد. علاوه بر این، در زمان کمبود طعمه می توان جمعیت کنه شکارگر را روی این رژیم غذایی حفظ کرد. زیرا در زمان کمبود طعمه، پایداری طولانی مدت کنه شکارگر مهمتر از افزایش توانایی تولیدمثل آن است زیرا افزایش جمعیت کنه نیازمند مصرف مقدار زیادی منابع غذایی است و این امر سبب افزایش هم خواری می شود (Schausberger, 2003).

در تعیین توان افزایش جمعیت شکارگرهای فیتوزئید، زندهمانی، طول دوره نمو مرحله نابالغ و باروری از فاکتورهای حیاتی هستند (Sabelis, 1985). یک غذای جایگزین یا مصنوعی باید نیازهای غذایی یک شکارگر را برآورده کند و تولید مستمر نتاج با کیفیت بالا را تضمین کند (Cohen, 2004). عدم تعادل مواد مغذی در رژیم غذایی ممکن است تنها پس از چندین نسل پرورش آشکار شود (De Clercq et al., 2005). لذا میزان سازگاری پرورش یک شکارگر روی یک ماده غذایی نه تنها در نسل اول بلکه باید در نسل های آتی نیز مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این، ضروری است که یک شکارگر پتانسیل خود را برای پیدا کردن و کشتن طعمه هدف پس از پرورش طولانی مدت روی شکار غیرطبیعی و یا رژیم غذایی مصنوعی حفظ کند (Grenier and De Clercq, 2003). لذا در بررسی های آتی، علاوه بر ارزیابی تاثیر طولانی مدت گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت روی کیفیت کنه های شکارگر پرورش یافته، پتانسیل شکارگری این افراد در مواجهه شدن با طعمه طبیعی نیز باید ارزیابی شود.

سپاس گذاری

از حمایت مالی این پژوهش توسط دانشگاه جیرفت سپاس گذاری می شود.

گرده بادام+ذرت است. به هر حال، مقادیر فراسنجه های رشد جمعیت این کنه شکارگر با تغذیه از این دو گرده از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشت. این نتایج نشان می دهد که گرده زعفران و مخلوط گرده بادام+ذرت رژیم های غذایی مناسبی برای پرورش کنه شکارگر *N. californicus* می باشد و می توان از آن ها به عنوان غذای مکمل و یا جایگزین در برنامه های کنترل بیولوژیک و تولید انبوه استفاده کرد. علاوه بر گرده بادام و زعفران، گرده پسته نیز جز گرده های با ارزش غذایی بسیار بالا و با کیفیت برای پرورش کنه های شکارگر می باشد (Soltaniyan et al., 2018; Kadkhodazadeh et al., 2021; Hashemi et al., 2021; Eini et al., 2022).

کیفیت و کمیت منابع غذایی در طول دوره نابالغ از عوامل اصلی تعیین کننده باروری و میزان باروری در بلوغ هستند (Awmack & Leather, 2002). پروتئین گرده به عنوان بهترین شاخص برای کیفیت غذایی گرده می باشد و احتمالاً رابطه مستقیمی بین میزان پروتئین گرده و میزان تخم ریزی مصرف کننده وجود داشته باشد. پروتئین برای تولیدمثل، رشد، طول عمر، و سیستم ایمنی بدن ضروری است (Roulston et al., 2000). طبق بررسی های انجام شده توسط Khanamani et al., (2017a) بیشترین درصد پروتئین در گرده بادام بود. احتمالاً کارایی بالای کنه شکارگر روی گرده بادام و مخلوط گرده بادام+ذرت به دلیل محتوای پروتئینی بالای آن باشد. به هر حال عدم باروری افراد پرورش یافته روی رژیم غذایی پودر قند احتمالاً مربوط به عدم وجود پروتئین در این ترکیب غذایی می تواند باشد. اگرچه افراد پرورش یافته روی رژیم غذایی پودر قند هیچ گونه باروری نداشتند اما به دلیل مطلوبیت این رژیم غذایی در زندهمانی طولانی مدت کنه شکارگر، می توان از آن برای نگهداری جمعیت کنه شکارگر در زمان

References

- Alipour, Z., Fathipour, Y., Farazmand, A., & Khanamani, M. (2019). Resistant rose cultivar affects life table parameters of two-spotted spider mite and its predators *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii* (Phytoseiidae). *Systematic & Applied Acarology*, 24, 1620–1630. DOI: <https://doi.org/10.11158/saa.24.9.4>

- Awmack, C. S., & Leather, S. R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 817–844. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145300>
- Chi, H. (2024) Two Sex-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwoSexMSChart.zip>.
- Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17, 26–34.
- Chi, H., & Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica*, 24(2), 225–240.
- Cohen, A. C. (2004). *Insect Diets Science and Technology*. CRC Press, Boca Raton, FL. DOI: <https://doi.org/10.1201/b18562>
- Dalir, S., Fathipour, Y., Khanamani, M., & Hajiqanbar, H. (2024). Assessing performance of *Amblyseius swirskii* as a predatory mite of *Tetranychus urticae* and *Frankliniella occidentalis*: life table and foraging behaviour studies. *International Journal of Acarology*, 50(7), 587-594. DOI: <https://doi.org/10.1080/01647954.2024.2385605>
- Dalir, S., Hajiqanbar, H., Fathipour, Y., & Khanamani, M. (2025). Effectiveness of the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* on two-spotted spider mite and western flower thrips: A quantitative assessment. *Bulletin of Entomological Research*. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485325000033>
- De Clercq, P. (2004). Culture of natural enemies on factitious foods and artificial diets. *Encyclopedia of Entomology*, 1, 1133-1136. DOI: 10.1007/978-1-4020-6359-6_10129
- De Clercq, P., Bonte, M., Van Speybroeck, K., & Bolckmans, K. (2005). Development and reproduction of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) on eggs of *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera: Phycitidae) and pollen. *Pest Management Science*, 61, 1129–1132. DOI: 10.1002/ps.1111
- Efron, B., & Tibshirani R.J. (1993). *An introduction to the bootstrap*. New York: Chapman and Hall.
- Eini, N., Jafari, S., Fathipour, Y. & Zalucki, M. P. (2022). How pollen grains of 23 plant species affect performance of the predatory mite *Neoseiulus californicus*. *BioControl*, 67(2), 173-187. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-022-10129-7>
- Grenier, S., & De Clercq, P. (2003). Comparison of artificially vs naturally reared natural enemies and their potential for use in biological control. In: Van Lenteren, J. C. (Ed.), *Quality control and production of biological control agents: Theory and Testing Procedures*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 115-131.
- Hashemi, S., Asadi, M., & Khanamani, M. (2021). How does feeding on different diets affect the life history traits of *Neoseiulus californicus*? *International Journal of Acarology*, 47(5), 367-373. DOI: <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1912175>
- Hughes, A. M. (1976). *The Mites of Stored Food and Houses*, Technical Bulletin No, 9, Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Her Majesty's Stationery Office, London, 399pp.
- Kadkhodazadeh, F., Asadi, M., & Khanamani, M. (2021). Suitability of different pollen grains and *Tetranychus urticae* as food for the predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Persian Journal of Acarology*, 10(3), 321-334. DOI: <https://doi.org/10.22073/pja.v10i3.66952>
- Khanamani, M., & Dalir, S. (2025). Nutritional value of non-prey food sources for rearing of predatory mites *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Persian Journal of Acarology*, 14(1), 27-39. DOI: <https://doi.org/10.22073/pja.v14i1.85955>
- Khanamani, M., Basij, M., & Fathipour, Y. (2021). Effectiveness of factitious foods and artificial substrate in mass rearing and conservation of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 47(4), 273-280. DOI: <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1895310>

- Khanamani, M., Fathipour, Y., & Hajiqanbar, H. (2013). Population growth response of *Tetranychus urticae* to eggplant quality: application of female age-specific and age-stage, two-sex life tables. *International Journal of Acarology*, 39(8), 638–648. DOI: <https://doi.org/10.1080/01647954.2013.861867>
- Khanamani, M., Fathipour, Y., & Hajiqanbar, H. (2015). Assessing compatibility of the predatory mite *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) and resistant eggplant cultivar in a tritrophic system. *Annals of Entomological Society of American*, 108(4), 501–512. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/sav032>
- Khanamani, M., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Mehrabadi, M. (2017a). Linking pollen quality and performance of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in two-spotted spider mite management programs. *Pest Management Science*, 73 (2), 452–461. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4305>
- Khanamani, M., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Mehrabadi, M. (2017b). How pollen supplementary diet affect life table and predation capacity of *Neoseiulus californicus* on two-spotted spider mite. *Systematic & Applied Acarology*, 22(1), 135–147. DOI: <https://doi.org/10.11158/saa.22.1.14>
- Khanamani, M., Fathipour, Y., Talebi, A. A., & Mehrabadi, M. (2017c). Evaluation of different artificial diets for rearing the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae): diet-dependent life table studies. *Acarologia*, 57(2), 407–419. DOI: <https://doi.org/10.1051/acarologia/20174165>
- Leman, A., & Messelink, G. J. (2015). Supplemental food that supports both predator and pest: a risk for biological control? *Experimental & Applied Acarology*, 65(4), 511–524. DOI: 10.1007/s10493-014-9859-y
- Luczynski, A., Isman, M.B., Raworth, D.A., & Chan, C.K. (1990). Chemical and morphological factors of resistance against the two spotted spider mite in beach strawberry. *Journal of Economic Entomology*, 83(2), 564–569. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/83.2.564>
- McMurtry, J. A., De Moraes, G. J., & Sourassou, N. F. (2013). Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic & Applied Acarology*, 18, 297–320. DOI: <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
- McMurtry, J. A., Huffaker, C. B., & Van de Vrie, M. (1970). Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: Their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, 40, 331–390. DOI: <https://doi.org/10.3733/hilg.v40n11p331>
- Momen, F. M. (2004). Suitability of the pollen grains, *Ricinus communis* and *Helianthus annuus* as food for six species of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). *Acta Phytopathologica ET Entomologica Hungarica*, 39, 415–422. DOI: <https://doi.org/10.1556/aphyt.39.2004.4.10>
- Overmeer, W. J. P. (1985). Rearing and handling. In: W. Helle and M.W. Sabelis (Editors), *Spider Mites, Their Biology, Natural Enemies and Control*, Vol. B. Elsevier, Amsterdam, pp. 161–170.
- Rezaie, M. (2019). Suitability of different plant pollens as supplementary food source and natural prey for predatory mite, *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 41(4), 77–90. DOI: 10.22055/PPR.2019.14155
- Riahi, E., Fathipour, Y., Talebi, A. A., & Mehrabadi, M. (2017). Linking life table and consumption rate of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) in presence and absence of different pollens. *Annals of Entomological Society in American*, 110, 244–253. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/saw091>
- Riahi, E., Fathipour, Y., Talebi, A.A. & Mehrabadi, M. (2016). Pollen quality and predator viability: Life table of *Typhlodromus bagdasarjani* on seven different plant pollens and two spotted spider mites. *Systematic & Applied Acarology*, 21, 1399–1412. DOI: <https://doi.org/10.11158/saa.21.10.10>

- Roulston, T. H., Cane, J. H., & Buchmann, S. L. (2000). What governs the protein content of pollen grains: pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny? *Ecological Monographs*, 70, 617–643. DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2000\)070\[0617:WGPCOP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2000)070[0617:WGPCOP]2.0.CO;2)
- Sabelis, M. W. (1985). Capacity for population increase. In: Helle, W. & Sabelis, M.W. (Eds), *Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Controls*, Vol. 1B. Elsevier, Amsterdam, pp. 35–41.
- Schausberger, P. (2003). Cannibalism among phytoseiid mites: a review. *Experimental & Applied Acarology*, 29: 173–191. DOI: 10.1023/a:1025839206394
- Sedaratian, A., Fathipour, Y. & Moharramipour, S. (2011). Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on 14 soybean genotypes. *Insect Science*, 18, 541–553. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2010.01379.x>
- Soltaniyan, A., Kheradmand, K., Fathipour, Y. & Shirdel, D. (2018). Suitability of pollen from different plant species as alternative food sources for *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in comparison with a natural prey. *Journal of Economic Entomology*, 111(5), 2046-2052. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy172>
- Van Lenteren, J. C., & Woets, J. (1988). Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annual Review of Entomology*, 33, 239–269. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.33.010188.001323>
- Van Rijn, P.C.J., & Tanigoshi, L.K. (1999). Pollen as food source for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. *Experimental & Applied Acarology*, 23(10), 785802. DOI: 10.1023/A:1006227704122
- Vangansbeke, D., Nguyen, D. T., Audenaert, J., Verhoeven, R., Gobin, B., Tirry, L. *et al.*, (2016). Supplemental food for *Amblyseius swirskii* in the control of thrips: feeding friend or foe? *Pest Management Science*, 72, 466–473. DOI: 10.1002/ps.4000
- Walzer, A., & Schausberger, P. (1999). Predation preferences and discrimination between con- and heterospecific prey by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *BioControl*, 43, 469–478. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009974918500>



© 2025 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).