



Assessment of *Brassica napus* Pollen as a Supplement on the Quality of the Predatory Bug *Orius laevigatus* Fieber (Hem.: Anthocoridae) Reared in Laboratory Conditions

Z. Mirzakhany ¹, M. Khanjani ^{2*}, M. Mehrabadi ³, A. Sazmand ⁴

1 and 2- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

3- Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

4- Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(* - Corresponding author's Email: khanjani@basu.ac.ir)

Received: 02-07-2024

Revised: 23-09-2024

Accepted: 09-10-2024

Available Online: 29-04-2025

How to cite this article:

Mirzakhany, Z., Khanjani, M., Mehrabadi, M., & Sazmand, A. (2024). Assessment of *Brassica napus* pollen as a supplement on the quality of the predatory bug *Orius laevigatus* Fieber (Hem.: Anthocoridae) reared in laboratory conditions. *Iranian Plant Protection Research*, 39(1), 29-47. (In Persian with English abstract)
<https://doi.org/10.22067/jpp.2024.88727.1198>

Introduction

Pollen grain is an important food alternative and supplementary food for the reproduction of different predators, including predatory bugs. Today, *Orius laevigatus* Fieber is a commercially biocontrol agent against various pests of greenhouse crops, especially western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). This species does not enter reproductive diapause allows it to successfully suppress thrips populations all year round, it can be an important factor in the integrated pest management of greenhouse pests. The first step in the implementation of a successful biological control program is the basic study of the biology of the biological agents, in order to better understand the behavior, biology, and ecology of insects and improve pest management strategies. It is necessary to study the effect quality of food on the growth, survival and reproduction of predators. These effects could be evaluated by calculating the demographic parameters, especially the intrinsic rate of increase (r) on predatory bug, reminded that the demographic parameters are affected by the quality of artificial diet and are very useful indicators for evaluation the suitability of diet. This research was conducted to study artificial diets on developmental time, fecundity, survival rate, and life table parameters of *O. laevigatus* and choosing the best suitable diet to optimize the mass rearing of this predatory bug.

Materials and Methods

The primary colony of *O. laevigatus* was obtained from the released bugs in the sweet pepper greenhouse located in Flavarjan city, Isfahan Province. Insects reared on five diets including (eggs of *Ephesia kuehniella*, eggs of *Sitotroga cerealella*, Canola pollen, eggs of *E. kuehniella* + Canola pollen and eggs of *S. cerealella* + canola pollen), in the growth chamber at 25 ± 1 °C, $55 \pm 10\%$ RH and a photoperiod 16: 8 h (L: D) and the parameters of age-stage, two sex life table of the insect were determined. The life table study was done with 100 identical eggs of the same age. After hatching, instar nymphs were fed on the mentioned diets every day. The data of Life table were analyzed according to the theory age -stage, two sex life table and statistically significant



©2024 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/jpp.2024.88727.1198>

differences between different levels of diets were performed in the same software using the Paired Bootstrap test method at a five percent probability level. analysis of statistical differences between different levels of competition were performed in the same software using the Paired Bootstrap test method at a probability level of 5%. It should be mentioned that sex ratio was analyzed on five diets based on the Chi-Square test in SAS 9.4 software.

Results and Discussion

Analyses showed that the type of diet significantly affected the duration of all nymphal periods of *O. laevigatus*. Total developmental time was significantly faster for *O. laevigatus* that fed on *Ephestia kuehniella* eggs + canola pollen compared with the other investigated treatments (8.85). Also, the longest development time was recorded when individuals fed on Canola pollen-only, showed a lag of about 8 to 9 days for females and males. Analysis of age-stage specific survival rate (S_{xj}) of *O. laevigatus* reared on different diets showed that the curves were similar among the artificial diets and overlapped with each other. The survival rate of immature and adult stages was highest when fed with *E. kuehniella* eggs + canola pollen. The highest lifetime fecundity (89.75 eggs/female) was recorded for females fed *E. kuehniella* eggs + canola pollen and was significantly better than all other diets. The next best was *Sitotroga cerealella* eggs + canola pollen at 54.23 eggs/female. The poorest diet was Canola pollen alone (22.88 eggs/female). The intrinsic rate of a natural increase (r), net reproductive rate (R_0), and gross reproductive rate (GRR) were greater *E. kuehniella* eggs + canola pollen with than other diets. Research has shown that the reproduction and survival rate of natural enemies (predator/parasitoid) changed significantly by feeding on pollen from different plants and this is because of the protein in pollen, which is high in canola pollen.

Conclusions

The most obvious finding that emerged from this study is that *E. kuehniella* eggs plus Canola pollen is the most appropriate diet due to its acceleration the development, high immature stages survivorship, and high reproduction rate. Canola pollen is an accessible and cheap food source that indicated alone was not accepted as suitable food and can be well included in the diet and as a supplementary diet and can also reduce the costs of mass production of the predator.

Keywords: Biological control, Life table, Mass rearing, Optimal diet

ارزیابی گرده کلزا *Brassica napus* به‌عنوان مکمل روی کیفیت سن شکارگر *Orius laevigatus* Fieber (Hem.: Anthocoridae) پرورش یافته در شرایط آزمایشگاهی

زلیخا میرزاخانی^۱  - محمد خانجانی^۲  - محمد مهرآبادی^۳  - علیرضا سازمند^۴ 

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸

چکیده

دانه گرده گیاهان جایگزین و مکمل غذایی مهمی برای تولیدمثل شکارگران مختلف از جمله سن‌های شکارگر می‌باشد. امروزه سن شکارگر *Orius laevigatus*، یک عامل مهارگر زیستی تجاری شده برای مهار آفات گلخانه‌ای به‌ویژه تریپس غربی گل استفاده می‌شود. به این لحاظ، جدول زندگی این شکارگر، تحت تأثیر پنج رژیم غذایی شامل دانه گرده کلزا، تخم‌های *Sitotroga*، *Ephestia kuehniella* Zeller، *cerealella* Oliveir، تخم *E. Kuehniell* + دانه گرده کلزا و تخم *S. cerealella* + دانه گرده کلزا، در شرایط دمایی $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی $55 \pm 10\%$ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه داده‌ها براساس روش جدول زندگی سن-مرحله دو جنسی انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان طول عمر $27/14 \pm 1/01$ روز و تعداد تخم گذاشته شده $89/75 \pm 9/24$ عدد در تغذیه با تخم بید آرد و دانه گرده کلزا محاسبه شد. بیشترین مقدار پراسنجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت (R)، $0/196 \pm 0/008$ (ماده/ ماده/ روز) در تیمار تخم بید آرد همراه با دانه گرده کلزا و کمترین مقدار در تیمار دانه گرده کلزا $0/016 \pm 0/017$ (ماده/ ماده/ روز) مشاهده شد. بالاترین مقادیر نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) به ترتیب $38/45 \pm 6/21$ و $67/6 \pm 9/7$ (تخم/ فرد) در تغذیه با ترکیب تخم بید آرد و دانه گرده کلزا محاسبه شد. طول دوره مراحل زیستی، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، مدت زمان یک نسل (T) دارای تفاوت معنی‌دار، اما نسبت جنسی فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در تمام تیمارها بود. با توجه به تفاوت‌های آماره‌های رشد سن شکارگر *O. laevigatus* در تغذیه با تخم بید آرد و دانه گرده کلزا، به نظر می‌رسد که این رژیم تغذیه‌ای می‌تواند گزینه مناسبی برای پرورش این شکارگر در انسکتاریوم‌ها باشد. به امید آنکه با بومی‌سازی این شکارگر بتوان در مهار آفات گلخانه‌ای کشور قدم مؤثری برداشت.

واژه‌های کلیدی: پرورش انبوه، جدول زندگی، رژیم غذایی بهینه، کنترل بیولوژیک

مقدمه

موارد رضایت کشاورزان را فراهم نمی‌کنند، زیرا مهار شیمیایی آفات گیاهی به‌ویژه آفات چند نسلی، پیامدهای ناگواری نظیر آلودگی خاک و آب، به هم خوردن تعادل طبیعی در بوم‌نظام‌ها، از بین رفتن دشمنان طبیعی، ایجاد باقی‌مانده بالا در محصولات کشاورزی و به تبع آن تهدید سلامت مصرف‌کنندگان، از بین رفتن تنوع زیستی، مقاومت آفات گیاهی و بروز آفات جدید در عرصه‌های کشاورزی را در پی داشته است. به همین دلیل، روش‌های سازگار با محیط زیست برای مهار آفات مورد توجه قرار گرفته است، زیرا این روش‌ها در عین مهار مطلوب آفات، مسائل و مشکلات استفاده از ترکیبات شیمیایی را نیز دربر ندارد. استفاده از روش‌های سازگار با محیط زیست در عرصه‌های حفاظت شده کشاورزی نظیر گلخانه‌ها نه تنها مسائل و مشکلات

با توسعه کشاورزی در سال‌های اخیر، استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی افزایش یافته است. استفاده از آفت‌کش‌ها در بسیاری از

۱ و ۲- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان،

ایران

۳- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۴- گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان،

ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: khanjani@basu.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/jpp.2024.88727.1198>

مذکور را ندارد، بلکه با مهار مطلوب آفات، تولید محصول سالم و ایمن برای مصرف‌کنندگان را نیز دربردارد. در حال حاضر در گلخانه‌ها، استفاده از عوامل کنترل زیستی کاملاً رایج و مقرون‌به‌صرفه بوده و مورد استقبال گلخانه‌داران واقع شده است (Barzman et al., 2015). به‌منظور دستیابی به مهار مؤثر و کارآمد، لازم است که مهارگر زیستی مناسب در عرصه‌های مورد نظر مورد استفاده قرار گیرد.

در دنیای بندپایان، دشمنان طبیعی متعددی به‌عنوان شکارگر، پارازیتوئید حشرات و کنه‌های گیاه‌خوار یافت می‌شوند. یکی از آن‌ها، سن‌های راسته خرطوم مفصلی‌ها هستند. افراد این راسته علاوه‌بر داشتن گونه‌های گیاه‌خوار، گونه‌های شکارگر فراوانی نیز دارد (Bellows & Fisher, 1999) که به‌عنوان عوامل کنترل زیستی در برنامه مهار آفات در سراسر جهان استفاده می‌شوند (Mouden et al., 2017). یکی از خانواده‌های شکارگر مهم این راسته، خانواده Anthocoridae است. افراد این خانواده شکارگر، با تغذیه از حشرات آفت نظیر تریپس‌ها (Amarathunga et al., 2024)، شته‌ها، کنه‌ها، سفیدبالک‌ها و دیگر بندپایان کوچک می‌توانند نقش مؤثری در کاهش خسارت اقتصادی ناشی از آفات داشته باشند (Ballal & Yamada, 2020). سن شکارگر *Orius laevigatus* (Fieber (Hem.: Anthocoridae) یکی از رایج‌ترین گونه‌های مورد استفاده در کنترل بیولوژیک برای مهار آفات در گلخانه‌ها است، از آن‌جاکه این شکارگر در محیط گلخانه فاقد دیابوز بوده و در طول سال فعال است (Venzon et al., 2002)، می‌تواند به‌عنوان عامل مهمی در برنامه مدیریت تلفیقی آفات گلخانه قرار گیرد و در حال حاضر توسط سازمان حفظ نباتات کشور در لیست شکارگرهای مجاز و مناسب برای مهار زیستی تریپس گلخانه قرار گرفته و در برخی از گلخانه‌ها رهاسازی شده است. اولین گام در اجرای یک برنامه کنترل بیولوژیک موفق، مطالعه اساسی زیست‌شناسی آن می‌باشد. به‌منظور درک رفتار، زیست‌شناسی، اکولوژی حشرات و بهبود راهبردهای مدیریت آفات، آگاهی از برهم‌کنش حشرات با منابع غذایی مورد نیازشان ضروری است. کیفیت مواد غذایی می‌تواند جنبه‌های بسیاری از ویژگی‌های زیستی شکارگران از جمله تکامل، زنده‌مانی و تولیدمثل را تحت تأثیر قرار دهد (Omkar et al., 2009). از طرف دیگر، داده‌های کمی نرخ زنده‌مانی و تولیدمثل شکارگران، شاخص مناسبی برای تشخیص شایستگی طعمه در رژیم غذایی شکارگران محسوب می‌شود (Kalushkov & Hodek, 2001). همواره انتخاب رژیم غذایی مناسب برای زنده‌مانی و بهبود عملکرد دشمنان طبیعی در محیط‌های پرورشی، دغدغه بزرگ پرورش دهندگان عوامل بیولوژیک می‌باشد. امروزه در پرورش سن‌های شکارگر از تخم بید آرد به‌دلیل قدرت تکثیر بالا و پرورش آسان روی مواد انباری به‌عنوان منبع تغذیه استفاده می‌شود (Tan et al., Bonte & De Clercq, 2008).

اما در کشور چین تخم بید غلات، کاربرد بیشتری در این زمینه دارد (Lu et al., 2017; Ge et al., 2019; Zhang et al., 2021) با توجه به این مسئله که سن‌های شکارگر رژیم چندخواری داشته و از منابع متعددی برای تغذیه استفاده می‌کنند، جهت مقرون‌به‌صرفه بودن پرورش، کاهش هم‌خواری، تسهیل در پرورش انبوه و افزایش اثربخشی این شکارگر در مهار آفات، استفاده از مکمل‌های تغذیه‌ای مانند گرده گیاهان مختلف (Funao & Yoshiyasu, 1995) و سیست میگوی آب شور *Artemia franciscana* Leach (Anostraca: Artemiidae) (Arijs & De Clercq, 2001) توسعه یافته است. از دیگر مزایای استفاده از دانه گرده در تولید انبوه عوامل بیولوژیک می‌توان به نگهداری طولانی‌مدت در شرایط خشک و خنک و دسترسی آسان اشاره نمود (Tanigoshi, 1999; Nomikou et al., Van Rijn & 2010).

در طبیعت، تغذیه از گرده گیاهان در سن‌های شکارگر جنس *Orius* رایج است و حتی در زمان فقدان طعمه قادر به نشوونمای خود با استفاده از گرده گیاهان هستند و اهمیت این مسئله به‌حدی است که بیشتر شکارگران و پارازیتوئیدها در مزارع، بیشترین پراکنش را در مرحله گل‌دهی گیاهان دارند (Dicke & Jarvis, 1962; Isenhour & Marston, 1981; Pilcher et al., 1997; Shakya et al., 2009).

در همین راستا، بررسی جدول زندگی عوامل بیولوژیک روی رژیم‌های غذایی مختلف می‌تواند به بهینه‌سازی رژیم غذایی کمک شایانی نماید. در بررسی جدول زندگی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت بیانگر بیشترین میزان افزایش جمعیت در شرایط فیزیکی و زیستی مشخص می‌باشد و همچنین نشان‌دهنده مجموع اثرات عوامل مختلف مانند رژیم غذایی روی زنده‌مانی، رشد و قدرت زادآوری جمعیت حشرات است (Southwood & Henderson, 2000). به‌علاوه، این پراسنجه بیانگر تفاوت نرخ ذاتی تولد و مرگ در یک جمعیت دارای توزیع سنی پایدار است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت، مهم‌ترین پراسنجه‌های مورد استفاده برای مقایسه جمعیت‌های مختلف با توزیع سنی پایدار هستند (Carey, 1993).

مطالعات متعددی در زمینه پرورش و بررسی جدول زندگی *O. laevigatus* روی رژیم‌های غذایی و میزبان‌های غذایی مختلف صورت گرفته است (Wang & Shipp, Vacante et al. 1997; Sanchez & Lacasa, 2002; Burgio et al., 2004; Nothnagl et al., 2008; Bonte & De Clercq, 2010a, 2010b, 2011; De Puyssseleyr & De Clercq, 2014). شهیم (Shahim, 2011) در تحقیقات خود نشان داد که افزودن گرده ذرت به رژیم غذایی سن *O. albidipennis* سبب افزایش طول عمر افراد

های رهاسازی شده در گلخانه فلفل رنگی واقع در شهرستان فلاورجان استان اصفهان جمع‌آوری و به آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان انتقال یافت. پرورش این شکارگر براساس روش اصلاح شده ون‌دن میراکر (Van de Veire, 1995) انجام شد. به این صورت که چهار جفت از حشرات کامل درون ظروف استوانه‌ای از جنس پلکسی گلس به ارتفاع ۱۸ و قطر هشت سانتی‌متر قرار داده شد. برای تأمین تهویه لازم ظروف، سوراخی به قطر سه سانتی‌متر در درب بطری‌ها تعبیه و با توری ارگانزا پوشیده شد. درون هر ظرف یک غلاف لوبیا سبز به‌عنوان بستر تخم‌گذاری و تأمین رطوبت قرار داده شد و از تخم بید آرد به‌عنوان منبع تغذیه استفاده شد. روزانه غلاف‌ها خارج و غلاف جدید جایگزین شد. پرورش سن شکارگر در اتاقک رشد با شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 55 ± 10 درصد و دوره نوری $16:8$ (۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) صورت گرفت.

کلنی بید آرد (*Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) و بید غلات (*Sitotroga cerealella* Oliveir (Lep.: Gelechiidae) از انسکتاریوم شرکت سبزوآوران، واقع در پارس‌آباد مغان، استان اردبیل تهیه شد. سپس در اتاقک رشد حشرات دانشگاه بوعلی سینا پرورش انبوه داده شد. در پرورش بید آرد، نیم کیلو سبوس گندم با یک کیلو آرد که قبلاً در آن با دمای 60 درجه سلسیوس، استریل شده بود، مخلوط و داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد $10 \times 19 \times 26$ سانتی‌متر که درب آن‌ها از قبل برای ایجاد تهویه به‌شکل مستطیل به ابعاد 8×12 سانتی‌متر برش داده شده بود، قرار داده شد. در این پرورش، $4/0$ گرم از تخم‌های شب‌پره روی سطح این بستر غذایی به‌صورت یکنواخت پخش و درون اتاقک رشد با شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 55 ± 10 درصد و دوره نوری $16:8$ (۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) نگهداری شد. با ظهور اولین حشرات کامل، روزانه شب‌پرها به کمک آسپیراتور جدا و درون قیف که دهانه آن با تور معمولی محصور شده بود، انتقال یافت، تخم‌های جمع‌آوری شده روزانه جداسازی و درون ظرف‌های جدید با همان شرایط ذکر شده در بالا انتقال داده شد (Ozkan, 2007).

برای پرورش بید غلات نیز حدود یک کیلوگرم جو پس از ضدعفونی درون ظروف مشابه ظروف پرورش بید آرد ریخته و یک گرم تخم بید غلات روی سطح آن پاشیده و در اتاقک رشد با شرایط ذکر شده قرار داده شد. حشرات کامل پس از خروج از مرحله شفیرگی به کمک آسپیراتور جمع‌آوری و به ظروف تخم‌گذاری انتقال داده شد (Throne & Weaver, 2013).

جدول زندگی دوجنسی سن شکارگر *O. laevigatus*

پس از دو نسل پرورش سن شکارگر *O. laevigatus* در اتاقک

ماده، دوره تخم‌ریزی، تعداد نتاج تولیدی، نرخ زنده‌مانی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ خالص تولیدمثل (R_0) این شکارگر می‌شود.

در پژوهش‌های صورت گرفته، بهترین رژیم غذایی برای پرورش سن‌های جنس اوربوس استفاده از ترکیب تخم بید آرد و گرده ذرت معرفی شده بود، همچنین استفاده از مکمل گرده باعث افزایش کارایی شکارگری *O. laevigatus* در مهار جمعیت تریس غربی گل می‌گردد (Montserrat et al., 2000). گرده گیاهان به‌دلیل تأمین پروتئین مورد نیاز شکارگران باعث افزایش میزان تخم‌گذاری می‌گردد (Hulshof & Jarchenco, 2000). در زمان رهاسازی شکارگران، وجود گرده باعث جلب عامل بیولوژیک شده و حتی در مناطق حاوی گرده، مهار آفات سریع‌تر اتفاق افتاده است (Coll & Guershon, 2002). کوکوزا و همکاران (Cocuzza et al., 1997) معتقدند که ترکیب گرده ذرت و تخم بید آرد در تغذیه سن‌های *O. laevigatus* و *O. albidipennis* باعث افزایش 40 درصدی میزان تخم‌گذاری نسبت به تخم بید آرد به‌تنهایی می‌شود. با توجه به سیاست دولت برای تأمین بخشی از روغن مورد نیاز کشور از طریق منابع داخلی، توسعه و ترویج کشت گیاه کلزا در استان‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است و دسترسی به آن در اوایل فصل رشد طی اواخر زمستان، باعث شد که از آن به‌عنوان مکمل غذایی برای تکمیل رژیم *O. laevigatus* استفاده شود، چون در هیچ مطالعه‌ای با وجود دسترس بودن آن، مناسب بودن و نبودن دانه گرده کلزا برای تغذیه این سن شکارگر، مورد توجه و مطالعه قرار نگرفته بود. لذا، هدف اصلی از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر تغذیه با پنج رژیم غذایی مختلف بر پراستجه‌های جدول زندگی سن شکارگر *O. laevigatus* و انتخاب بهترین رژیم غذایی مناسب برای بهینه‌سازی پرورش انبوه تجاری - صنعتی این سن شکارگر بوده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گرده

دانه گرده کلزا (*Brassica napus* Linnaeus) از گیاهان شهرستان مریوان، استان کردستان ($35^\circ 5489$ N و $46^\circ 1297$ E) جمع‌آوری شد. دانه‌های گرده جمع‌آوری شده برای نگهداری طولانی مدت در دمای $20-$ درجه سلسیوس و برای نگهداری کوتاه‌مدت حداکثر دو هفته در یخچال با دمای چهار درجه سلسیوس قرار داده شدند.

پرورش حشرات

کلنی اولیه حشرات کامل سن شکارگر *O. laevigatus* از سن -

(m_x) و پراسنجه‌های جمعیت (t : نرخ ذاتی افزایش جمعیت، λ : نرخ متناهی افزایش جمعیت، R_0 : نرخ خالص تولیدمثل^۷، GRR : نرخ ناخالص تولیدمثل^۸ و T : میانگین مدت زمان نسل، طبق روابط مربوط محاسبه شدند (Chi et al., 2022; Chi & Su, 2006).

محاسبه میانگین و خطای استاندارد آن برای کلیه مراحل زیستی و پراسنجه‌های فوق با روش حدود اطمینان تفاضل Bootstrap تخمین زده شد. در این روش، یک نمونه از n فرد در جمعیت گروه هم‌سن با یک تکرار مشخص (در این آزمایش ۱۰۰،۰۰۰ عدد) تخمین زده شد.

مقایسه‌های آماری و بررسی تفاوت معنی‌دار آماری میان سطوح مختلف رژیم‌های غذایی در همین نرم‌افزار و به روش Paired Bootstrap test در سطح احتمال پنج درصد اجرا شد. لازم به ذکر است که به منظور بررسی تغییرات آماری نسبت جنسی براساس رژیم غذایی، از آزمون کای اسکوئر (Chi-Square) در سطح احتمال پنج درصد با کمک نرم‌افزار SAS 9.4 استفاده شد. تمام شکل‌های مورد استفاده توسط نرم‌افزار Sigmaplot (ver. 14) ترسیم شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی طول دوره‌های زیستی سن شکارگر *O. laevigatus* روی رژیم‌های مختلف غذایی شامل تخم بید آرد، تخم بید غلات، دانه گرده کلزا، تخم بید آرد به همراه دانه گرده کلزا و تخم بید غلات به همراه دانه گرده کلزا در جدول ۱ ارائه شده است. براساس این نتایج، دوره جنینی تخم در کل جمعیت حشرات نر و ماده فاقد تفاوت معنی‌دار بود. بقیه مراحل زیستی این شکارگر شامل پوره، حشره کامل و طول عمر (از تخم تا مرگ حشره کامل) دارای تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد بود. در تیمارهایی که از دانه گرده کلزا به‌عنوان مکمل استفاده شده بود، طول دوره مراحل پیش از بلوغ کاهش و طول عمر حشره بالغ افزایش یافت و این افزایش طول عمر، فرصت کافی به حشرات بالغ ماده می‌دهد تا حداکثر تخم‌گذاری را داشته باشند و در واقع، شانس بیشتری برای گسترش دامنه انتشار و زنده‌مانی بعد از عمل رهاسازی را می‌دهد، ولی تغذیه افراد بالغ از رژیم غذایی گرده کلزا باعث افزایش طول دوره مراحل پیش از بلوغ و کاهش طول دوره زیستی حشره کامل شد، به نظر می‌رسد که اگرچه دانه گرده کلزا مکمل غذایی خوبی برای پرورش انبوه است، ولی به‌تنهایی تمام نیازهای غذایی شکارگر را فراهم نمی‌کند، اگرچه می‌تواند در صورت نبود طعمه مناسب، زنده‌مانی و دوام زیستی شکارگر را فراهم نماید. بیشترین تفاوت در طول دوره‌های مختلف زیستی در دو

رشد و با تغذیه از مخلوط تخم‌های بید آرد، بید غلات و دانه گرده کلزا، از حشرات بالغ این نسل برای انجام آزمایش‌های جدول زندگی این شکارگر روی پنج رژیم غذایی شامل تخم بید آرد، تخم بید غلات، دانه گرده کلزا به‌تنهایی، تخم بید آرد به همراه دانه گرده کلزا و تخم بید غلات به همراه دانه گرده کلزا استفاده شد. به این منظور، به‌ازای هر رژیم غذایی یک کوهورت^۱ یا گروه هم‌زادگان با ۱۰۰ تخم سن شکارگر در مدت ۱۲ ساعت تهیه گردید. پوره‌های هر گروه رژیم غذایی به‌صورت انفرادی درون پتری به‌قطر شش سانتی‌متر قرار داده و از تکه‌های لوبیا به‌عنوان منبع تأمین رطوبت استفاده شد. ظروف روزانه بازدید و درصد زنده‌مانی و طول دوره زیستی آن‌ها ثبت گردید. با ظهور حشرات بالغ، ۶۰ حشره نر و ماده به‌صورت تصادفی جفت شده و درون ظروف استوانه‌ای مشابه ظروف پرورش به همراه یک غلاف لوبیا کامل (به‌عنوان بستر تخم‌گذاری) منتقل شد. حشرات بالغ روزانه بازبینی و میزان مرگ‌ومیر آن‌ها و تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر فرد ماده شمارش گردید و این روند تا مرگ آخرین فرد ادامه یافت.

برای سهولت در خواندن رژیم غذایی از اختصارات در مقاله استفاده شده است: *E.k* (*Ephestia kuehniella*) و *S.c* (*Sitotroga cerealella*).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از مرگ آخرین فرد جمعیت و ثبت اطلاعات، تجزیه داده‌ها با استفاده از تئوری سن مرحله دو جنسی (Age-stage two sex life table theory) و با استفاده از نرم‌افزار Twosex - MsChart ver 2022.03.22 (Chi, 2022) انجام شد. از مزایای این روش، لحاظ نمودن طول دوره زیستی، تفاوت‌های نرخ رشدونمو و تلفات مراحل پیش از بلوغ، در نظر گرفتن جنسیت در طول دوره نمو مراحل مختلف زندگی، برآورد نقش حشرات نر در افزایش جمعیت و امکان پیش‌بینی رشد جمعیت است (Chi & Liu, 1985; Kavousi et al., 2009; Chi et al., 2020, 2022).

نرخ زنده‌مانی ویژه مرحله‌ای - سنی^۲ (Sx_j) (x: سن و z: مرحله)، باروری ویژه مرحله‌ای - سنی^۳ (Fx_j)، میانگین باروری ماده (F)، نرخ تولیدمثل مرحله‌ای - سنی^۴ (Vx_j)، امید به زندگی مرحله‌ای - سنی^۵ (ex_j)، نرخ زنده‌مانی ویژه سن^۶ (lx)، باروری ویژه سنی

- 1- Cohort
- 2- Survival rate to each age-stage interval
- 3- Age-stage-specific fecundity
- 4- Age-stage specific reproductive value
- 5- Age-stage-specific life expectancy
- 6- Age-specific survival rate

7- Net reproductive rate

8- Gross reproductive rate

تیمار تخم بید آرد همراه دانه گرده کلزا و دانه گرده کلزا مشاهده شد
و در جدول ۱ طول دوره‌های زیستی به تفکیک جنسیت نر و ماده

جدول ۱- میانگین (± خطای استاندارد) طول دوره‌های مختلف رشدی نر و ماده *Orius laevigatus* با تغذیه از رژیم‌های غذایی مختلف
Table 1- Mean (± SE) duration of different development stages of the *Orius laevigatus* male and female fed by different diets

Life stage/sex	Feeding diet*	Egg period	Nymph period	Adult	Lifespan
Immature and adult stages	E.k. eggs	3.13±0.04 ^{a*}	10.66±0.11 ^b	10.15±0.91 ^b	23.92±0.91 ^b
	S.c. eggs	3.1±0.03 ^a	10.8±0.1 ^b	8.21±0.91 ^{bc}	21.56±0.44 ^c
	Canola pollen	3.12±0.04 ^a	16.89±0.41 ^a	7.67±0.43 ^c	27.67±1.01 ^{bc}
	E.k. eggs + canola pollen	3.19±0.04 ^a	8.85±0.07 ^b	17.06±1.01 ^a	29.26±1.15 ^a
	S.c. eggs + canola pollen	3.11±0.04 ^a	9.85±0.09 ^b	11.15±1.07 ^b	24.04±1.08 ^b
Adult females	E.k. eggs	3.09±0.05 ^a	10.5±0.15 ^b	10.94±1.24 ^b	24.53±1.23 ^c
	S.c. eggs	3.09±0.04 ^a	10.65±0.17 ^b	8.63±0.62 ^{bc}	22.37±0.63 ^d
	Canola pollen	3.18±0.12 ^a	16.64±0.62 ^a	7.82±1.42 ^c	27.64±1.72 ^b
	E.k. eggs + canola pollen	3.06±0.07 ^a	8.82±0.1 ^c	17.36±1.32 ^a	29.24±1.31 ^a
	S.c. eggs + canola pollen	3.03±0.03 ^a	9.9±0.11 ^{bc}	11.79±1.32 ^b	24.72±1.31 ^c
Adult males	E.k. eggs	3.05±0.07 ^a	10.85±0.15 ^b	9.15±1.35 ^b	23.15±1.36 ^b
	S.c. eggs	3.09±0.04 ^a	10.98±0.09 ^b	8.57±0.55 ^c	22.64±0.57 ^b
	Canola pollen	3.12±0.12 ^a	17.25±0.49 ^a	6.75±1.19 ^{bc}	27.12±1.47 ^a
	E.k. eggs + canola pollen	3.09±0.08 ^a	8.89±0.1 ^c	16.63±1.62 ^a	28.61±1.61 ^a
	S.c. eggs + canola pollen	3.06±0.06 ^a	9.78±0.13 ^{bc}	10.11±1.84 ^b	22.94±1.89 ^b

* حروف متفاوت در هر ستون نشانگر تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد است.

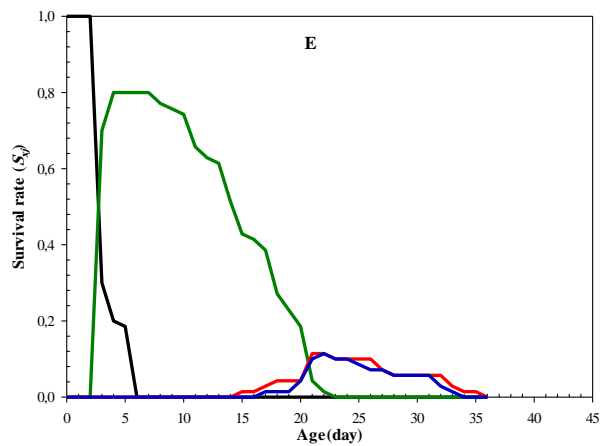
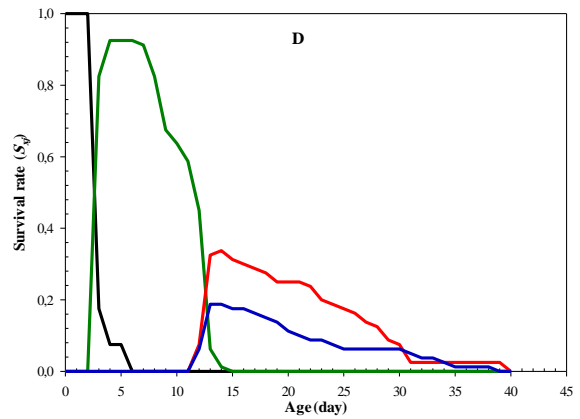
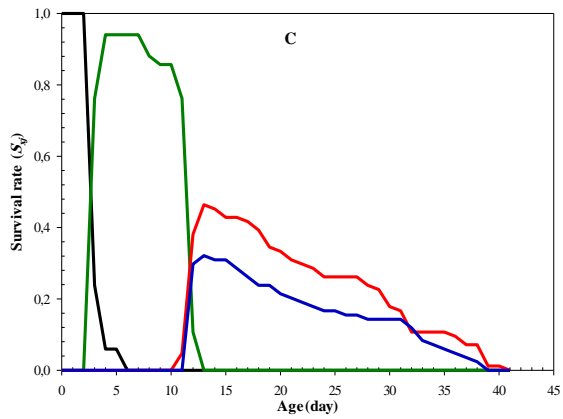
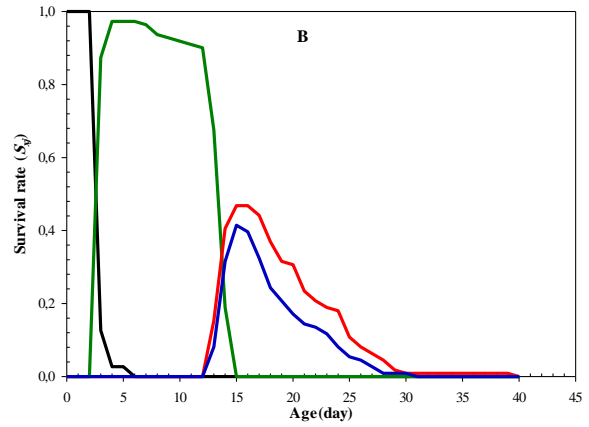
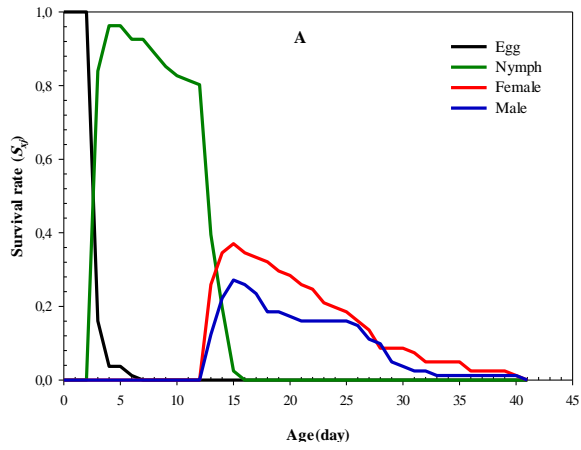
* Different lower-case letters in each column indicate significant differences between means at P < 0.05.

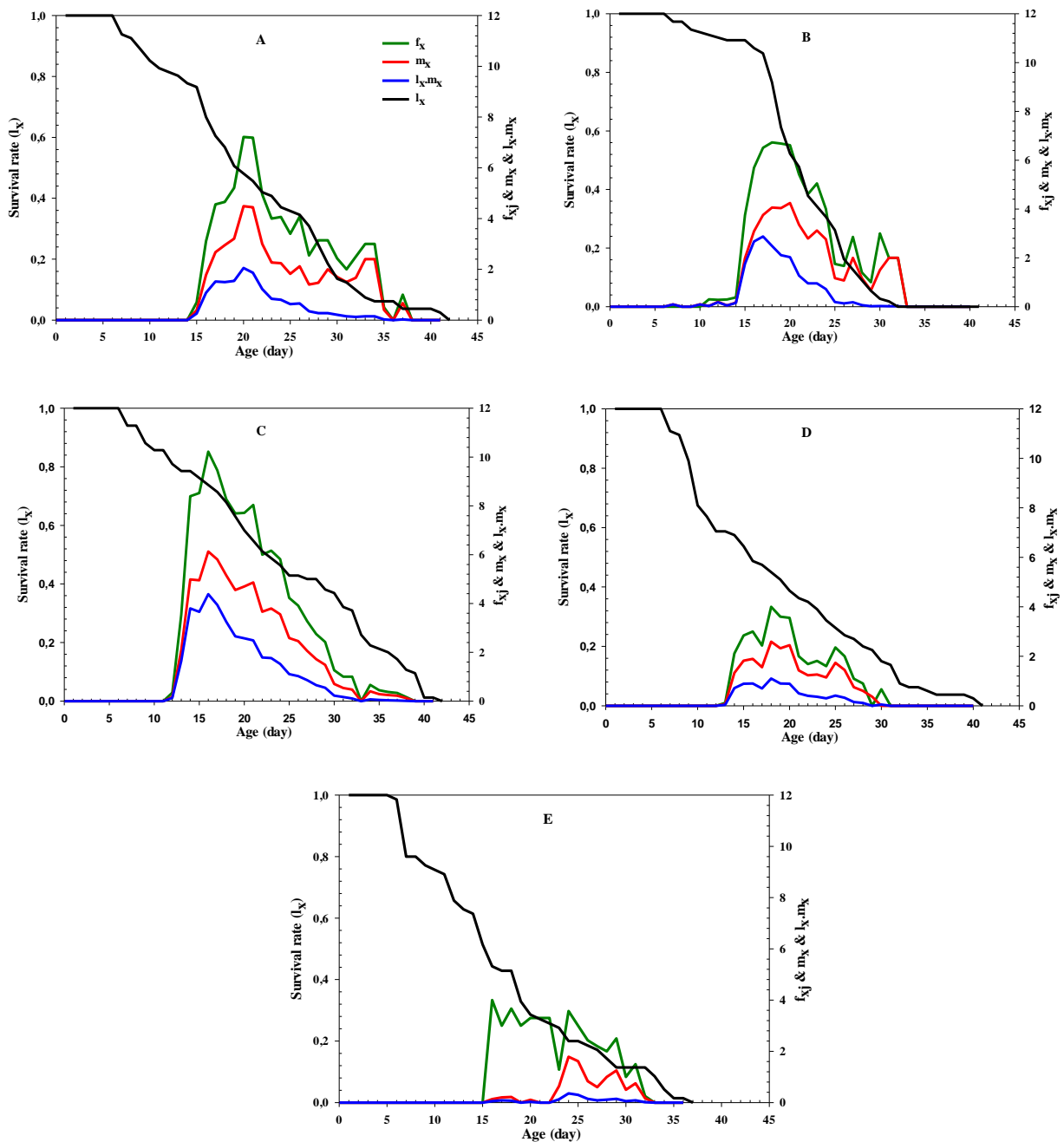
پرورش یافته به نفع افراد ماده باشد و در عین حال، میزان زادآوری تا حد امکان افزایش یابد که در این پژوهش در رژیم غذایی مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا این امر مشاهده شده است. نرخ زنده‌مانی ویژه سن - مرحله (S_{xj}) سن شکارگر *O. laevigatus* با تغذیه از پنج رژیم غذایی در شکل ۱ ترسیم شده است. منحنی زنده‌مانی مربوط به مراحل مختلف زندگی *O. laevigatus* دارای هم‌پوشانی مشخصی است که در تمامی این شکل‌ها مشترک است. در حقیقت، این هم‌پوشانی به این دلیل بروز کرده است که افراد متعلق به این گونه در مراحل مختلف زندگی با نرخ‌های متفاوتی رشدونمو کرده‌اند، با توجه به شکل ۱، نقطه اوج منحنی زنده‌مانی در حشرات ماده با تغذیه از تخم بید غلات و ترکیب تخم بید آرد و دانه گرده کلزا به ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۴۷ به دست آمد، اما در حشرات ماده که از تخم بید آرد و ترکیب تخم بید غلات و دانه گرده کلزا تغذیه کرده بودند، به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۳۳ محاسبه شد و سن‌هایی که فقط از دانه گرده کلزا تغذیه نمودند در کلیه مراحل زیستی، کاهش چشم‌گیری نسبت به دیگر رژیم‌های غذایی از خود نشان دادند.

پراسنجه‌های تولیدمثلی که شایستگی افراد ماده را نشان می‌دهد در سن‌هایی که از تخم بید آرد همراه با دانه گرده کلزا تغذیه کرده‌اند بیشترین مقدار را دارد همچنین طول دوره پیش از تخم‌ریزی، زمان ظهور حشرات بالغ تا شروع تخم‌ریزی ($APOP^1$) و کل دوره پیش از تخم‌ریزی یعنی از زمان تشکیل تخم تا شروع تخم‌گذاری حشره ماده ($TPOP^2$) در کلیه رژیم‌های غذایی در سطح پنج درصد تفاوت معنی - دار آماری داشتند و افزودن دانه گرده به رژیم غذایی باعث کاهش طول این دوره گردیده، اما رژیم غذایی دانه گرده کلزا به تنهایی باعث افزایش دو برابری مدت زمان این دوره شده بود. بالاترین میزان طول دوره تخم‌ریزی و تعداد تخم گذاشته شده توسط هر فرد ماده در تغذیه از ترکیب تخم بید آرد و دانه گرده کلزا بدست آمد (جدول ۲).

براساس جدول ۲، نتایج حاصل از آزمون کای اسکور نشان داد که با وجود تفاوت میان تعداد افراد نر و ماده، نسبت جنسی فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بود ($Chisq.test, df = 4, Chisq = 0.9687, P-value = 0.548$). به نظر می‌رسد که نسبت جنسی در این شکارگر خیلی متأثر از تغذیه نبوده و احتمالاً تحت تأثیر عوامل دیگری باشد. در مقایسه رژیم‌های غذایی مختلف در پرورش حشرات، زمانی یک رژیم غذایی نسبت به سایرین برتری دارد که نسبت جنسی حشرات

- 1- Adult preoviposition period
- 2- Total preoviposition period





شکل ۲- نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (m_x)، زادآوری ویژه سن - مرحله زندگی (f_{xj}) و نرخ سره ($l_x.m_x$) سن شکارگر *Orius laevigatus* با تغذیه از تخم *Ephestia kuehniella* (A)، تخم *Sitotroga cerealella* (B)، تخم *Ephestia kuehniella* + دانه گرده کلزا (C)، تخم *Sitotroga cerealella* + دانه گرده کلزا (D)، دانه گرده کلزا (E)

Figure 2- Age-specific survival rate (l_x), age-specific fecundity (m_x), and age-specific maternity ($l_x.m_x$) and female age-specific fecundity (f_{xj}) of *Orius laevigatus* fed by *Ephestia kuehniella* eggs (A), *Sitotroga cerealella* eggs (B), *Ephestia kuehniella* eggs + canola pollen (C) and *Sitotroga cerealella* eggs + canola pollen (D), canola pollen (E)

جدول ۲- میانگین (± خطای استاندارد) دوره پیش از تخم‌ریزی، کل دوره پیش از تخم‌ریزی، دوره تخم‌ریزی و تعداد تخم گذاشته شده *Orius laevigatus* با تغذیه از رژیم‌های غذایی مختلف

Table 2- Mean (± SE) of APOP, TPOP, oviposition periods and fecundity of *Orius laevigatus* fed by different diet

Feeding diets*	Adult Preoviposition Period (day)	Total Preoviposition Period (day)	Oviposition period (day)	Fecundity (egg.female ⁻¹)	Sex ratio (female: male)
E.k. eggs	3.08±0.25 ^{a*}	16.73±0.29 ^b	8.08±1.10 ^b	48.81±7.13 ^{bc}	55.7 : 44.3
S.c. eggs	1.5±0.13 ^b	15.27±0.21 ^b	6.08±0.50 ^c	44.06±5.28 ^c	53.5 : 46.5
Canola pollen	2.88±0.55 ^{ab}	22.88±1.01 ^a	4.62±0.84 ^d	22.88±1.01 ^d	57.9 : 42.1
E.k. eggs + canola pollen	1.69±0.41 ^b	13.75±0.40 ^c	10.75±0.96 ^a	89.75±9.24 ^a	59.1 : 40.9
S.c.eggs + canola pollen	1.85±0.3 ^b	14.69±0.35 ^{bc}	7.69±1.60 ^{bc}	54.23±12.57 ^b	55.5 : 44.5

* حروف متفاوت در هر ستون نشانگر تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد است.

* Different lower-case letters in each column indicate significant differences between means at P < 0.05.

نسبت به تغذیه از تخم بید غلات شده بود و سایر پراستجه‌های جدول زندگی نیز تحت تأثیر رژیم غذایی تغییر یافت، به گونه‌ای که بیشترین مقدار نرخ خالص تولیدمثل R_0 و نرخ ناخالص تولیدمثل GRR در تغذیه از مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا مشاهده شد که این تفاوت می‌تواند ناشی از اثر کیفیت ماده غذایی در تغذیه این شکارگر باشد. کمترین نرخ متناهی افزایش جمعیت در تغذیه با دانه گرده کلزا مشاهده شد. میانگین طول دوره یک نسل که روشی متفاوت برای تشخیص کیفیت ماده غذایی است، کمترین مقدار را در رژیم غذایی مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا و تخم بید غلات و بیشترین مقدار را در تیمار دانه گرده کلزا داشت.

نرخ ذاتی تولد، تابعی از نوع تغذیه شکارگر است، به طوری که نرخ ذاتی تولد در جمعیت پایدار این شکارگر در تغذیه از تخم‌های بید آرد و بید غلات به ترتیب ۱/۱۵ و ۰/۱۸ بود و افزودن دانه گرده کلزا به رژیم غذایی سن شکارگر باعث افزایش نرخ ذاتی تولد شد (جدول ۳). کمترین نرخ ذاتی تولد نیز با مقدار ۰/۴۷ در تیمار دانه گرده کلزا محاسبه شد. به نظر می‌رسد که دانه گرده کلزا به تنهایی نمی‌تواند تمام نیازهای غذایی این شکارگر را فراهم نماید، ولی در مخلوط با تخم‌های بال‌پولک‌داران، مکمل مناسبی برای تغذیه و پرورش شکارگر است. طبق نظر رایدر (Ryder, 1975) وقایع حیاتی رخ داده به‌ازای هر فرد از جمعیت (λ) این شکارگر که مجموع نرخ تولد و نرخ مرگ‌ومیر (1+d - b) است و در تحقیق حاضر، محاسبه اعداد مندرج در جدول ۳ با این فرمول مطابقت دارد. به‌طور کلی، در بین فاکتورهای مندرج در جدول ۳، نوع رژیم غذایی، بیشترین تأثیر را روی آماره‌های r و GRR داشته است که با توجه به اهمیت نرخ ذاتی افزایش جمعیت در کنترل بیولوژیک لازم است به اثر عامل تغذیه روی این عامل بیولوژیک توجه بیشتری مبذول شود.

میزان نتاج تولیدی در روزهای اول خروج حشرات کامل کم، ولی با گذشت زمان به سرعت بر میزان آن افزوده شد، به طوری که اوج نتاج در تغذیه با تخم بید آرد در روز بیست و سوم برابر ۴/۴۸ عدد، در تغذیه با تخم بید غلات در روز بیست و سوم برابر ۴/۲۴ عدد و با تغذیه از مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا در روز نوزدهم به مقدار ۶/۱۳ عدد، مخلوط تخم بید غلات و دانه گرده کلزا در روز بیست و یکم به میزان ۳/۷۴ عدد و در دانه گرده کلزا در روز شانزدهم به میزان ۴/۰۳ عدد مشاهده شد. این پراستجه، اثر مثبت تغذیه از دانه گرده کلزا به‌عنوان مکمل که باعث کاهش طول دوره رسیدن به حداکثر نتاج می‌شود را به خوبی نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲، تأثیر رژیم غذایی بر ارتفاع منحنی $lx.m_x$ به خوبی مشهود است، به طوری که کمترین ارتفاع در تغذیه با دانه گرده کلزا و بیشترین ارتفاع در تغذیه با مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا می‌باشد، با توجه به اهمیت این منحنی در مهار زیستی آفات گیاهی، به نظر می‌رسد که رژیم غذایی مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا، گزینه مناسبی برای پرورش سن‌های شکارگر *O. laevigatus* باشد. همچنین مطابق منحنی f_x شکل ۲، بیشترین میزان زادآوری مربوط به سن‌هایی بود که از تخم بید آرد همراه با دانه گرده کلزا تغذیه کردند. آنچه که در کلیه رژیم‌هایی غذایی مشاهده می‌گردد، این است که طول عمر حشرات ماده بیشتر از حشرات نر است که این امر می‌تواند ناشی از وزن بالا و ذخیره چربی بیشتر در حشرات ماده باشد.

پراستجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) طبق جدول ۳، تحت تأثیر نوع رژیم غذایی بود و تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد داشت و کمترین مقدار پراستجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت در تغذیه از دانه گرده کلزا (۰/۰۱) و بیشترین مقدار در مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا (۰/۱۹) بر روز مشاهده شد و برخلاف انتظار، ترکیب دانه گرده کلزا با تخم بید غلات منجر به کاهش این آماره

جدول ۳- میانگین (± خطای استاندارد) پراسنجه‌های جدول زندگی سن شکارگر *Orius laevigatus* روی رژیم‌های غذایی

Table 3- Mean (± SE) life table parameters of adult *Orius laevigatus* on different diets

Feeding diet*	GRR (offspring)	R0 (offspring)	r (day ⁻¹)	λ (day ⁻¹)	T (day)	Birth rate (b)	Death rate (d)	Survival rate (s)
E.k. eggs	46.9±9.81 ^{b*}	15.65±3.38 ^b	0.13±0.01 ^{bc}	1.13±0.01 ^b	21.30±0.47 ^b	0.15	0.02	0.82
S.c. eggs	43.66±7.47 ^b	19.04±3.06 ^b	0.15±0.01 ^b	1.16±0.01 ^b	18.38±0.43 ^b	0.18	1.14	0.76
Canola pollen	9.81±3.48 ^d	1.67±0.66 ^d	0.01±0.01 ^d	1.01±0.01 ^c	25.43±2.53 ^a	0.047	0.05	0.59
E.k. eggs + canola pollen	67.71±9.71 ^a	38.45±6.21 ^a	0.19±0.01 ^a	1.21±0.01 ^a	18.49±0.25 ^b	0.23	1.21	0.85
S.c. eggs + canola pollen	25.19±8.11 ^c	8.81±2.98 ^c	0.11±0.01 ^c	1.11±0.02 ^b	19.43±0.56 ^b	0.19	3.24	0.78

* حروف متفاوت در هر ستون نشانگر تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد است.

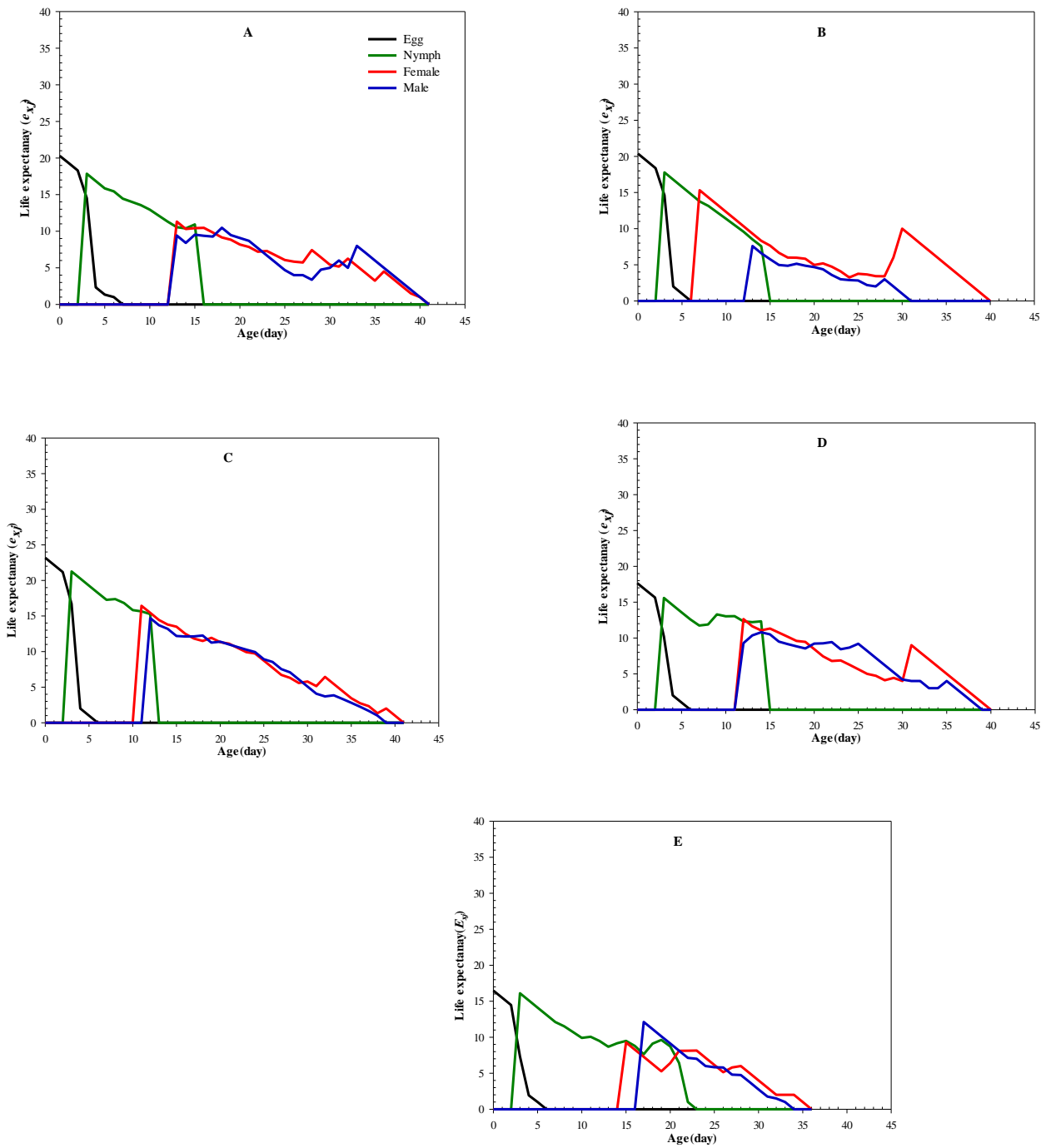
* Different lower-case letters in each column indicate significant differences between means at P < 0.05.

در تحقیق حاضر به‌خوبی مشاهده شد. افزایش مقدار ارزش تولیدمثلی در مراحل زیستی پیش از بلوغ به تعداد افراد زنده‌مانده و طول دوره زیستی بستگی دارد، در حالی که افزایش یا کاهش این پراسنجه در مرحله بلوغ بستگی به وضعیت تولیدمثلی حشره دارد (Caswell, 2001). در رهاسازی انبوه یک عامل بیولوژیک، مقادیر امید به زندگی و ارزش تولیدمثلی از اهمیت خاصی برخوردار هستند، چون بهترین زمان رهاسازی یک عامل بیولوژیک را تعیین می‌کند و نشان می‌دهد که مقدار تولیدمثلی به حداکثر خود رسیده است (Kontodimas et al., 2007). به نظر می‌رسد که ترکیب تخم بید آرد و دانه گرده کلزا، منبع تغذیه مناسبی برای پرورش سن شکارگر *O. laevigatus* فراهم کرده است که این شکارگر توانسته است در روز بیستم تا بیست و پنجم زندگی زمان اوج تولیدمثلی خود را نشان دهد.

اگرچه پوره‌های *O. leavigatus* رشد خود را روی پنج رژیم غذایی آزمایشی تکمیل کردند، اما همه رژیم‌ها به یک اندازه برای رشدونمو آن مناسب نبودند. به‌طور کلی، کمترین زمان رشد پوره‌ها و بیشترین زمان زنده‌مانی روی رژیم غذایی مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا بود و این نتایج مشابه مطالعه واکانت و همکاران (Vacante et al., 1997) بود که روی رژیم غذایی مخلوط تخم بید آرد و گرده زنبور عسل و گرده گیاه لفل فل انجام شده است و بیان کردند که دوره رشدونمو *O. leavigatus* و *O. albidipennis* تحت تأثیر تخم بال‌پولک‌داران و گرده گیاهان در رژیم غذایی می‌باشد. شهیم (Shahim, 2011)، میانگین طول دوره پورگی سن *O. albidipennis* را در سه رژیم غذایی شامل، تخم بید آرد همراه گرده ذرت، تخم بید آرد و گرده ذرت به‌ترتیب ۱۲/۴±۰/۱۴، ۱۲/۶۷±۰/۲۹ و ۱۷/۵۳±۰/۳۷ روز محاسبه کرد که نسبت به دوره پورگی در تحقیق حاضر طولانی‌تر است. نکته قابل توجه در این بررسی این است که دانه گرده کلزا علاوه بر تأمین مواد مغذی ضروری، با دارا بودن مواد معدنی (Yang et al., 2013) و آنتی‌اکسیدان نیز می‌تواند به‌طور قابل توجهی باعث افزایش رشد و کاهش مرگ‌ومیر شود (Sun et al., 2018).

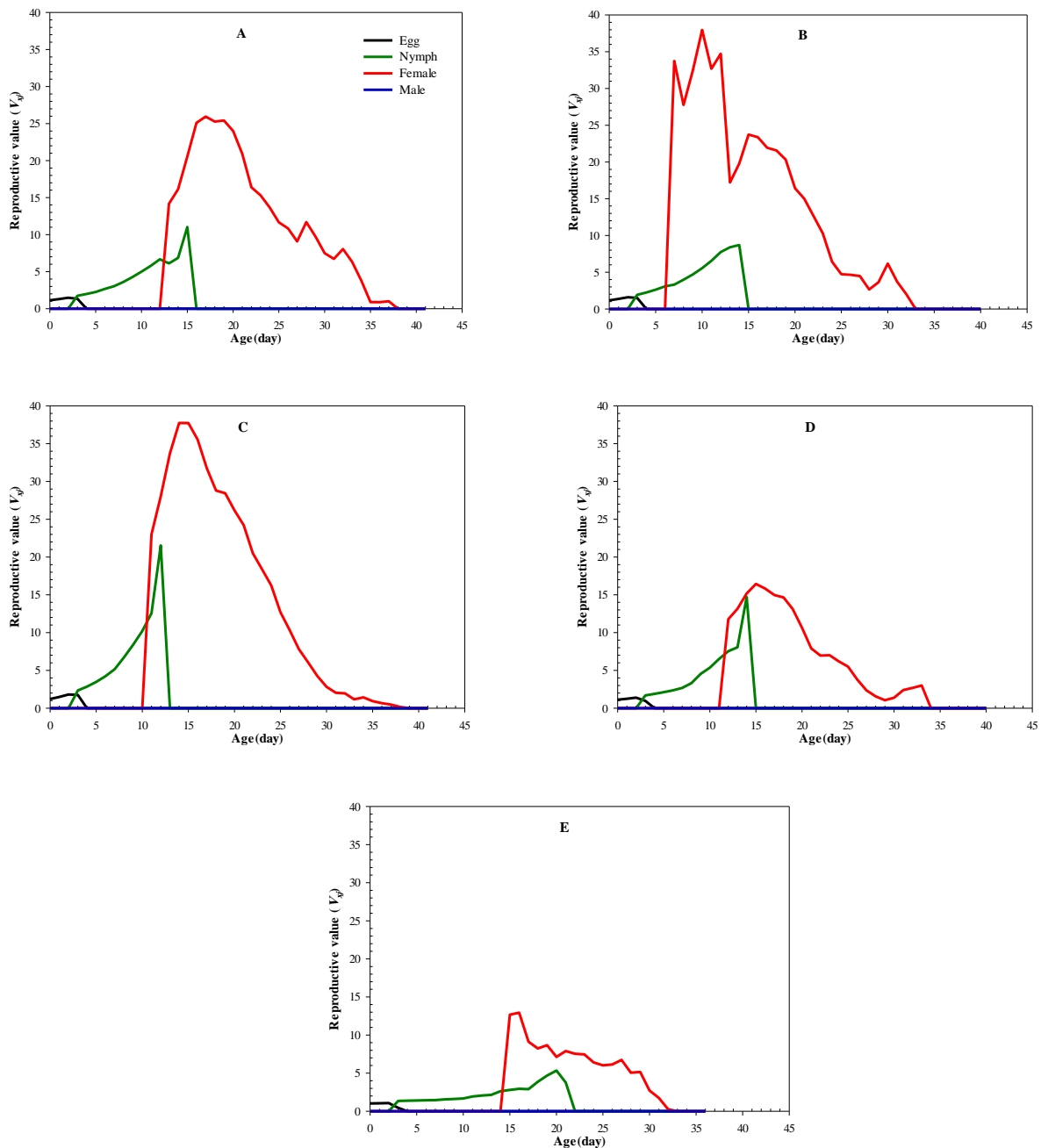
شکل ۳ نشان می‌دهد که امید به زندگی سن شکارگر *O. laevigatus* در مرحله تخم بیشترین مقدار و در حشرات کامل به‌خصوص حشره نر کمترین مقدار را دارد. به‌طور کلی، امید به زندگی با تغذیه از رژیم‌های مختلف با افزایش سن کاهش می‌یابد، به همین دلیل با مشاهده شکل منحنی‌های امید به زندگی می‌توان بیان داشت که حشرات بالغ بین مراحل زندگی، کمترین امید به زندگی را دارند (شکل ۳). این شکارگر در هنگام ظهور اولین تخم در رژیم غذایی تخم بید آرد، تخم بید غلات، تخم بید آرد به اضافه دانه گرده کلزا، تخم بید غلات به اضافه دانه گرده کلزا و دانه گرده کلزا به‌ترتیب ۲۰/۱، ۲۰/۳، ۲۳/۲، ۱۷/۸ و ۱۶/۴ روز و برای ظهور اولین حشره کامل که در تمام موارد ماده بوده به‌ترتیب رژیم‌های فوق ۱۱/۸، ۱۵/۳، ۱۶/۵، ۱۲/۹ و ۹/۴۳ روز محاسبه شد. نکته جالب توجه در تمام رژیم‌های غذایی به‌جز دانه گرده کلزا این است که منحنی حشرات نر کوتاه‌تر از حشرات ماده است. از آن‌جاکه این آماره در هر یک از روزهای زندگی متأثر از بقاء ویژه سنی (l_x) در روز مورد نظر و طول عمر است، لذا کمتر بودن آن در سه رژیم غذایی تخم بید آرد و مخلوط تخم بید غلات همراه دانه گرده کلزا و دانه گرده کلزا نسبت به دو رژیم غذایی دیگر بیانگر تأثیر منفی این سه رژیم غذایی در زنده‌مانی و طول عمر این شکارگر است.

در این پژوهش، بیشترین ارزش تولیدمثلی مربوط به تیمار تخم بید غلات در روز سیزدهم (برابر ۳۷/۹۵) و مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا در روز هفدهم (برابر ۳۷/۷۳) و کمترین میزان در سن‌های تغذیه شده از دانه گرده کلزا در روز پانزدهم به‌مقدار ۱۲/۷۳ محاسبه شد (شکل ۴). با توجه به اینکه هرچه میزان ارزش زادآوری دشمن طبیعی بالاتر باشد بیانگر مناسب بودن رژیم غذایی در تغذیه دشمن طبیعی برای تخم‌ریزی بوده است. حشرات ماده، بالاترین ارزش زادآوری نسبت به سایر مراحل زیستی را دارا می‌باشند، چون نقش و سهم بیشتری را در تولیدمثل و زنده‌مانی نسل دارند. به‌طور کلی، ارزش زادآوری در ابتدای هر مرحله زیستی کم و با گذشت زمان افزایش می‌یابد و در پایان مرحله زیستی به صفر می‌رسد، همین روند



شکل ۳- امید به زندگی (e_{xj}) سن شکارگر *Orius laevigatus* با تغذیه از تخم (A) *Ephestia kuehniella*، تخم (B) *Sitotroga cerealella*، تخم *Ephestia kuehniella* + دانه گرده کلزا (C)، تخم *Sitotroga cerealella* + دانه گرده کلزا (D)، دانه گرده کلزا (E)

Figure 3- Life expectanany (e_{xj}) of *Orius laevigatus* fed by *Ephestia kuehniella* eggs (A), *Sitotroga cerealella* eggs (B), *Ephestia kuehniella* eggs + canola pollen (C) and *Sitotroga cerealella* eggs + canola pollen (D), canola pollen (E)



شکل ۴- ارزش زادآوری (V_{xj}) سن شکارگر *Orius laevigatus* با تغذیه از تخم *Ephestia kuehniella* (A)، تخم *Sitotroga cerealella* (B)، تخم *Ephestia kuehniella* + دانه گرده کلزا (C)، تخم *Sitotroga cerealella* + دانه گرده کلزا (D)، دانه گرده کلزا (E)

Figure 4- Reproductive value (V_{xj}) of *Orius laevigatus* fed by *Ephestia kuehniella* eggs (A), *Sitotroga cerealella* eggs (B), *Ephestia kuehniella* eggs + canola pollen (C) and *Sitotroga cerealella* eggs + canola pollen (D), canola pollen (E)

رشد و زندهمانی مطلوب دست یابند و حتی نرخ رشدونمو در سن حشراتی که از رژیم غذایی با پروتئین بالا تغذیه می کنند، می توانند به رشدونمو این شکارگر کمک نماید. تحقیقات ثابت کرده است که در تخم بید آرد بالاست که می تواند به افزایش نرخ رشدونمو این شکارگر کمک نماید. تحقیقات ثابت کرده است که حشراتی که از رژیم غذایی با پروتئین بالا تغذیه می کنند، می توانند به رشد و زندهمانی مطلوب دست یابند و حتی نرخ رشدونمو در سن

البته از منظر دیگر، برتری تخم بید آرد نسبت به تخم بید غلات است زیرا تخم بید آرد بالاترین مقدار پروتئین را نسبت به سایر تخم های بال پولک داران دارد (Ferkovich & Shapiro, 2005) و نیز میزان چربی (De Clercq et al., 2005) و اسید آمینه (Specty

شکارگر *Perillus bioculatus* (Hem: Pentatomidae) به کیفیت پروتئین در رژیم غذایی نسبت داده می‌شود (Rojas et al., 2000). بورگس و همکاران (Burgess et al., 1991)، اثرات سطح پروتئین و پروتئین‌ساز را روی *Walker Teleogryllus commodus* مطالعه کردند و دریافتند که کیفیت پروتئین بر عوامل ضد تغذیه‌ای مهارکننده رشد تأثیر می‌گذارد که باعث بهبود رشد و توسعه حشره می‌شود. طبق تحقیقات صورت گرفته، برخی از پراسنجه‌ها مانند طول عمر کل، دوره تخم‌گذاری و زادآوری سن *O. albidipennis* و *O. leavigatus* با تغذیه از تخم بید آرد و گرده ذرت افزایش یافت (Shahim, 2011; Hassanpour et al., Cocuzza et al., 1997) مطالعه فوق، نتیجه تحقیق حاضر را تأیید می‌کند که دانه گرده کلزا در ترکیب با تخم بال‌پولک‌داران باعث افزایش پراسنجه‌های ذکر شده می‌گردد و این را می‌توان به درصد پروتئین بالا در دانه گرده کلزا نسبت داد، زیرا تولیدمثل به منابع غذایی با پروتئین بالا نیاز دارد و هنگامی که طعمه جانوری و گرده گیاه با هم مخلوط شوند، تولیدمثل به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (Lundgren, 2009)، درحالی‌که همین پراسنجه‌ها در سن *O. insidiosus* با تغذیه از تخم بید آرد و گرده زنبور عسل کاهش یافته است (Calixto et al., 2013) که علت آن را می‌توان تفاوت در نوع گرده و شرایط انجام آزمایش دانست. همچنین کیفیت رژیم غذایی در مرحله پیش از بلوغ یک عامل کلیدی برای زادآوری بالغ‌ها می‌باشد (Awmack & Leather, 2002) در نتیجه، افزایش روزهای تخم‌گذاری و افزایش تعداد نتاج را یکی از اهداف اصلی پرورش انبوه عوامل کنترل زیستی می‌توان در نظر گرفت. از آنجایی که ظرفیت شکار حشرات بالغ بیشتر از حشرات نابالغ است، افزایش طول عمر حشرات بالغ و در نتیجه، افزایش طول عمر کل منجر به مهار مؤثرتر آفت هدف می‌شود (Yazdanpanah et al., 2021).

نرخ ذاتی افزایش جمعیت به‌عنوان مهم‌ترین خروجی جدول زندگی، مناسب بودن یا نبودن رژیم غذایی را مشخص می‌کند (Sabelis, 1985; Chi et al., 2022) علاوه‌براین، نرخ خالص و ناخالص تولیدمثل، متغیرهای مهمی هستند که همراه با نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نشان دهنده کیفیت رژیم غذایی می‌باشند. در تمام تحقیقات، مطلوب‌ترین رژیم غذایی باعث افزایش نرخ ذاتی افزایش جمعیت و کاهش مدت زمان یک نسل می‌شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین مقادیر نرخ ناخالص تولیدمثل، نرخ خالص تولیدمثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت و کمترین مدت زمان یک نسل روی رژیم غذایی تخم بید آرد همراه با دانه گرده کلزا ثبت شده است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت در پژوهشی که توسط شهیم (Shahim, 2011) روی سن *O. albidipennis* با رژیم غذایی شامل تخم بید آرد همراه با گرده ذرت انجام شده است، 0.149 ± 0.05 (ماده/ ماده)

(روز) بود که نسبت به تحقیق حاضر متفاوت است که علت این تفاوت را می‌توان به تفاوت نوع گرده مورد استفاده نسبت داد. در بررسی دیگری، نرخ ذاتی افزایش جمعیت سن *O. leavigatus* در تغذیه با تخم بید آرد و گرده ذرت 0.19 (ماده/ ماده/ روز) بود که با نتیجه تحقیق حاضر مشابهت دارد. توماسینی و همکاران (Tommasini et al., 2004)، مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت *O. albidipennis* را با تغذیه از تخم بید آرد 0.08 و همچنین آراگون سانچز و همکاران (Aragon Sanchez et al., 2018) میزان این پراسنجه را برای این شکارگر و همین رژیم غذایی 0.11 (ماده/ ماده/ روز) محاسبه نمودند که نشان می‌دهد، مخلوط رژیم غذایی تخم بال‌پولک‌داران با گرده می‌تواند باعث افزایش نرخ ذاتی افزایش جمعیت نسبت به هر یک از رژیم‌ها شود و ویژگی‌های تناسب اندام مختلف را در طیف وسیعی از سن‌های شکارگر افزایش دهد (Lundgren, 2009). نرخ خالص تولیدمثل سن شکارگر *O. albidipennis* روی رژیم‌های غذایی تخم بید آرد همراه گرده ذرت، تخم بید آرد و گرده ذرت به‌ترتیب $51/15 \pm 7/21$ ، $31/35 \pm 5/43$ و $4/91 \pm 1/11$ تخم/ فرد می‌باشد. در بررسی دیگر، حسن‌پور و همکاران (Hassanpour et al., 2014)، نرخ خالص تولیدمثل سن شکارگر *O. leavigatus* با تغذیه از تخم بید آرد و گرده ذرت، تخم بید آرد و گرده آفتابگردان را به‌ترتیب $70/94 \pm 4/12$ و $50/44 \pm 3/09$ تخم/ فرد محاسبه کردند و معتقدند که گرده ذرت و آفتابگردان سبب افزایش زادآوری این شکارگر شده و می‌تواند در پرورش انبوه آن مورد استفاده قرار گیرد که نتایج ما را تأیید می‌کند. در پرورش سن شکارگر *O. albidipennis* با تغذیه از تخم بید غلات همراه با گرده ذرت، میانگین تخم گذاشته شده $150 \pm 23/2$ عدد و دوره تخم‌گذاری $51/3 \pm 0/6$ روز محاسبه شد (Yari et al., 2010) که با تحقیق حاضر تفاوت بسیاری دارد که می‌تواند ناشی از تفاوت نوع گرده و کیفیت تخم بید غلات باشد. در بررسی دیگری، میزان تخم‌گذاری حشرات ماده *O. leavigatus* با تغذیه از تخم بید آرد و گرده ذرت $187/9 \pm 9/9$ عدد و با تغذیه از تخم بید آرد به‌تنهایی $183/7 \pm 7/8$ عدد و همچنین طول عمر حشرات نر و ماده با تغذیه از تخم بید آرد و گرده ذرت به‌ترتیب $43/3 \pm 2/9$ و $58/7 \pm 2/8$ روز محاسبه شد (Cocuzza et al., 1997). بونته و دکلرک (Bonte & De Clercq, 2008)، طول عمر سن *O. leavigatus* را با تغذیه از تخم بید آرد $50/2 \pm 2/3$ روز و طول دوره رشدی را $13/1 \pm 0/1$ روز محاسبه کردند که علت تفاوت زیاد آن نسبت به تحقیق حاضر را می‌توان به کیفیت غذایی پرورش یافته تخم بید آرد و شرایط پرورش سن شکارگر مربوط دانست. وجود ترکیبات با ارزش مانند اسیدآمینه، استرول، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و به‌ویژه پروتئین دلیل مناسب بودن دانه گرده می‌باشد که برای شکارگران مفید است (Sarwar, 2016Roulston & Cane, 2000).

نقش دارند را تأمین می‌کند، ولی نسبت مواد مغذی ذکر شده در هر گرده گیاهی متفاوت است. محتوای پروتئین گرده یکی از بهترین شاخص‌های کیفیت غذایی است که برای تولیدمثل، رشد، توانایی سیستم ایمنی و طول عمر ضروری است (Roulston & Cane, 2000). در دانه گرده کلزا، میزان پروتئین و چربی به ترتیب ۲۷ درصد و شش درصد می‌باشد که در مقایسه با گرده ذرت که مکمل غذایی مهم و رایج در شکارگران است، بالاتر می‌باشد (۲۰ درصد، ۴ درصد). کربوهیدرات موجود در دانه گرده کلزا منبع متابولیسم بسیار مهمی است که شکارگر ممکن است آن را به لیپید تبدیل کرده و در بافت چربی بدن انباشته کند (Yang et al., 2013). ولی سایر مواد مغذی توسط طعمه جانوری فراهم می‌شود (Chapman, 1998). در نتیجه، براساس متغیرهای بیولوژیکی به دست آمده، تخم بید آرد و دانه گرده کلزا یک رژیم با ارزش غذایی بالا برای پرورش سن *O. laevigatus* می‌باشد که در پرورش انبوه این سن شکارگر منجر به تسهیل پرورش و کاهش هزینه‌های تولید می‌شود.

نتیجه گیری

با توجه به توسعه روزافزون کشت محصولات گلخانه‌ای و تولید چشمگیر محصولات خارج از فصل به دلیل محدودیت منابع آب و خاک در کشور لازم است که توسعه عوامل بیولوژیک بیشتر مورد توجه قرار گیرد، زیرا استفاده از عوامل بیولوژیک علاوه بر تولید محصول سالم، روشی ایمن و مقرون به صرفه است. برای تأمین عوامل بیولوژیک لازم برای کنترل آفات در عرصه‌های کشاورزی لازم است که تولید انبوه عوامل با کیفیت بالا و مقرون به صرفه صورت گیرد. برای دستیابی به این هدف، باید پرورش انبوه آن‌ها روی ترکیبی غذایی انجام شود که کیفیت لازم را برای رهاسازی و مهار آفت مورد نظر را داشته باشد. از آنجایی که کیفیت غذا برای حشرات شکارگر را می‌توان با اندازه‌گیری رشد مراحل زیستی، تخم‌ریزی و طول عمر مشخص کرد، بررسی رژیم غذایی در مراحل پیش از بلوغ و بلوغ دارای اهمیت است. دانه گرده کلزا یک منبع غذایی قابل دسترس و ارزان بوده که می‌تواند به خوبی در جیره غذایی قرار گیرد و به عنوان یک رژیم غذایی مکمل، زنده‌مانی و تولیدمثل شکارگر را افزایش دهد و همچنین می‌تواند هزینه‌های تولید انبوه شکارگر را کاهش دهد. بنابراین، این ترکیب تخم بید آرد و دانه گرده کلزا می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب و مقرون به صرفه برای پرورش انبوه این سن شکارگر پیشنهاد شود. البته تنها با استفاده از آماره‌های اکولوژیک نمی‌توان در مورد برتری رژیم غذایی قضاوت نمود و بهتر است در کنار این گونه آزمایش‌ها، سطح ذخایر انرژی و میزان کارایی دشمن طبیعی پرورش یافته روی این رژیم غذایی پس از رهاسازی در گلخانه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. امید است که این مطالعه به بهبود

مطالعه‌ای که روی دانه‌های گرده متفاوت صورت گرفت، میزان پروتئین در گرده کلزا (۲۷ درصد)، گرده بادام (۲۵ درصد) و پس از آن در گرده ذرت در سطح متوسط (۲۰ درصد) بود که محتوای پروتئینی در گرده یکی از بهترین شاخص‌ها برای کیفیت مواد مغذی است، زیرا ارتباط نزدیکی با عملکرد مصرف کننده دارد (Hoehrl et al., 2012) و برای رشد و تولیدمثل شکارگران ضروری است (Roulston & Cane, 2000). به نظر می‌رسد که کاهش در پراسنجه‌های رشدی روی رژیم غذایی تخم بید غلات همراه با دانه گرده کلزا می‌تواند به علت ترجیح غذایی این سن شکارگر به دانه گرده کلزا و عدم تأمین مواد ضروری اولیه باشد. اما همانند تحقیق حاضر، در تحقیقات حسن-پور و همکاران (Hassanpour et al., 2014)، ترکیب گرده شقایق با تخم بید آرد باعث کاهش آماره‌های رشد و جدول زندگی به خصوص نرخ ذاتی افزایش جمعیت سن شکارگر *O. laevigatus* شد.

تحقیقات صورت گرفته نشان داد که نرخ زادآوری و زنده‌مانی دشمنان طبیعی (شکارگر / پارازیتوئید) با تغذیه از گرده گیاهان مختلف به طور معنی داری تغییر می‌کند (Hulshof & Jurchenko, 2000)، در این راستا، شاکیا و همکاران (Shakya et al., 2009)، نقش گرده را به عنوان مکمل غذایی *O. laevigatus* بررسی و دریافتند که زادآوری و کیفیت سن شکارگر افزایش پیدا می‌کند. از طرف دیگر، نشان داده شد که در مرحله گل‌دهی، تراکم سن‌های *Orius* در قسمت‌هایی از گیاه که دارای گرده است، حتی با وجود تراکم آفت کمتر نسبت به سایر قسمت‌های گیاه بیشتر بوده است، در نتیجه به نظر می‌رسد که ارتباط مستقیم و متقابلی بین میزان دسترسی به گرده و حضور شکارگر در آن قسمت گیاه وجود دارد و به خصوص حشرات ماده در مرحله تخم‌گذاری، حضور گرده را به تراکم آفت ترجیح می‌دهند. در یک بررسی ثابت شد که اضافه کردن گرده به محیط پرورش شکارگر باعث کاهش هم‌خواری می‌گردد که این امر پیامد مثبتی برای افزایش جمعیت و پرورش انبوه این سن شکارگر دارد (Leon-Beck & Coll, 2007). به همین دلیل، تأکید ویژه‌ای بر دستورالعمل رهاسازی این شکارگر در عرصه کشاورزی و به ویژه در گلخانه به هم‌زمانی با گل‌دهی نشاءها می‌شود و در دستورالعمل کنترل بیولوژیک تریپس غربی گل هفته پنجم بعد از انتقال نشاء در نظر گرفته شده است چون در این زمان، نشاء انتقال یافته به گلخانه دارای گل می‌باشد. فرانک (Frank, 2010) فراوانی سن شکارگر *O. insidiosus* در گیاهان گلدار و غیر گلدار را بررسی و دریافت که این شکارگر در گلخانه در مرحله گل‌دهی فراوانی بیشتری داشت، زیرا دانه گرده گیاهان بخشی از نیاز غذایی شامل پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی مورد نیاز حشرات (Goss, 1968)، چربی‌هایی مانند فسفوانیزوتول، فسفوکولین و ویتامین E (Stanley & Linskins, 1974) که در اسپرماتوزن و اووژن حشرات

رژیم‌های غذایی برای پرورش انبوه *O. laevigatus* و سایر گونه‌های جنس *Orius* در آینده کمک شایانی نماید. از حمایت‌های مالی دانشگاه بوعلی سینا انجام شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله به‌عنوان بخشی از رساله دکتری نویسنده اول با استفاده

References

1. Amarathunga, D.C., Parry, H., Grundy, J., & Dorin, A. (2024). A predator-prey population dynamics simulation for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Western Flower Thrips) by *Orius laevigatus* in strawberry plants. *Biological Control*, 188, [105409]. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105409>.
2. Aragón-Sánchez, M., Román-Fernández, L.R., Martínez-García, H., Aragón-García, A., Pérez-Moreno, I., & Marco-Mancebón, V.S. (2018). Rate of consumption, biological parameters, and population growth capacity of *Orius laevigatus* fed on *Spodoptera exigua*. *BioControl*, 63, 785–794. <https://doi.org/10.1007/s10526-018-9906-4>.
3. Arijs, Y., & De Clercq, P. (2001). Development of an oligidic diet for *Orius laevigatus* nymphs using a deletion-addition approach. *Mededelingen Faculteit Landbouw Wetenschappen Universiteit Gent*, 66(4), 315-320.
4. Awmack, C.S., & Leather, S.R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 817–844. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145300>.
5. Ballal, C.R., & Yamada, K. (2016). Anthocorid predators. In: Omkar (ed) Ecofriendly pest management for food security. *Elsevier, New York*, 183–216. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00006-3>
6. Barzman, M., Bärberi, P., Birch., A.N.E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf., B. Hommel, B., Jensen, J., Kiss, J., & Kudsk, P. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1199-1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>.
7. Bellows, T.S., & Fisher, T.W. (1999). *Handbook of Biological Control. Principles and Applications of Biological Control*. Academic Press, 1st ed 1046 pp.
8. Bonte, M., & De Clercq, P. (2008). Developmental and reproductive fitness of *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) reared on factitious and artificial diets. *Journal of Economic Entomology*, 101, 1127–1133. <https://doi.org/10.1093/jee/101.4.1127>.
9. Bonte, M., & De Clercq, P. (2010 a). Influence of male age and diet on reproductive potential of *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Annals of the Entomological Society of America*, 103, 597–602. <https://doi.org/10.1603/AN09180>.
10. Bonte, M., & Clercq, P. (2010 b). Impact of artificial rearing systems on the developmental and reproductive fitness of the predatory bug, *Orius laevigatus*. *Journal Insect Science*, 10, 104. <https://doi.org/10.1673/031.010.10401>.
11. Bonte, M., & De Clercq, P. (2011). Influence of predator density, diet and living substrate on developmental fitness of *Orius laevigatus*. *Journal of Applied Entomology*, 135, 343–350. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01554.x>.
12. Burgess, E.P.G., Stevens, P.S., Keen, G.K., Laing, W.A., & Christeller, J.T. (1991). Effects of protease inhibitors and dietary-protein level on the black field cricket *Teleogryllus commodus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 61, 123–1. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1991.tb02404.x>.
13. Burgio, G., Tommasini, M., & Van Lenteren, J. (2004). Population dynamics of *Orius laevigatus* and *Frankliniella occidentalis*: A mathematical modelling approach. *Bulletin of Insectology*, 57(2), 131–135.
14. Calixto, A.M., Bueno, V.H.P., Montes, F.S., Silva, A.C., & Van Lenteren J.C. (2013). Effect of different diets on reproduction, longevity and predation capacity of *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). *Biocontrol Science and Technology*, 23, 1245-1255. <https://doi.org/10.1080/09583157.2013.822850>.
15. Carey, J.R. (1993). *Applied Demography for Biologists*. Oxford University Press. Inc. New York, 206 pp.
16. Caswell, H. (2001). *Matrix Population Models*. 2nd (Ed). Sinauer Associates, Sunderland. MA. 722 pp.
17. Chapman, R.F. (1998). *The Insects: Structure and Function*. 4th Edition. Cambridge University Press, Cambridge, 788 pp.
18. Chi, H., & Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica*, 24, 225–240.
19. Chi, H., & Su, H.Y. (2006). Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Muzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology*, 35, 10-21. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10>.
20. Chi, H., You, M., Smith, C.L., Kavousi, A., Özgökçe, M.S., Günçan, A., Tuan, S.J., Fu, J.W., Xu, Y.Y., Zheng,

- F.Q., Ye, B.H., Chu, D., Yu, Y., Gharekhani, G., Saska, P., Gotoh, T., Schneider, M.I., Bussaman, P., Gökçe, A., & Liu, T.X. (2020). Age-stage, two-sex life table: An introduction to theory, data analysis, and application. *Entomologia Generalis*, 40, 103-124. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2020/0936>
21. Chi, H. (2022). *TWOSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis*. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. Available from: <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart.zip>.
 22. Chi, H., Güncan, A., Kavousi, A., Gharakhani, G.H., Atlihan, R., Salih Özgökçe, M., Shirazi, J., Amir-Maafi, M., Maroufpoor, M., & Taghizadeh, R. (2022). TWOSEX-MSChart: The key tool for life table research and education. *Entomologia Generalis*, 42(6), 845–849. <http://dx.doi.org/10.1127/entomologia/2022/1851>.
 23. Cocuzza, G.E., De Clercq, P., Lizzio, S., Van de Veire, M., Teirry, L., Degheele, L., & Vacante, V. (1997). Life tables and predation activity of *Orius laevigatus* and *O. albidipennis* at three constant temperatures. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 85, 189-198. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1997.00249.x>.
 24. Coll, M., & Guershon, M. (2002). Omnivory in terrestrial arthropods: Mixing plant and prey diets. *Annual Review of Entomology*, 47, 267–297. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.14520>.
 25. De Clercq, P., Arijis, Y., Van Meir, T., Van Stappen, G., Sorgeloos, P., Dewettinck, K., Rey, M., Grenier, S., & Febvay, G. (2005). Nutritional value of brine shrimp cysts as a factitious food for *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Biocontrol Science Technology*, 15, 467-479. <https://doi.org/10.1080/09583150500086706>.
 26. De Puysselyr, V., Höfte, M., & De Clercq, P. (2014). Continuous rearing of the predatory anthocorid *Orius laevigatus* without plant materials. *Journal Applied Entomology*, 138, 45–51. <http://doi.org/10.1111/jen.12063>.
 27. Dicke, F.F., & Jarvis, J.L. (1962). The habits and seasonal abundance of *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Heteroptera: Anthocoridae) on corn. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 35, 339-344.
 28. Frank, S.D. (2010). Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control*, 52, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.09.011>.
 29. Ferkovich, S.M., & Shapiro, J.P. (2005). Enhanced oviposition in the insidious flower bug, *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) with a partially purified nutritional factor from prey eggs. *Florida Entomologist*, 88, 253-257. [https://doi.org/10.1653/00154040\(2005\)088\[0253:EOITIF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/00154040(2005)088[0253:EOITIF]2.0.CO;2).
 30. Funao, T., & Yoshiyasu, Y. (1995). Development and fecundity of *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) reared on *Aphis gossypii* Glover and corn pollen. *Jpn. Journal of Applied Entomology and Zoology*, 39, 84–85. <https://doi.org/10.1303/jjaez.39.84>
 31. Gallego, F.J., Rodríguez-Gómez, A., Carmen Reche, M., Balanza, V., & Bielza, P. (2022). Effect of the amount of *Ephestia kuehniella* eggs for rearing on development, survival, and reproduction of *Orius laevigatus*. *Insects*, 13(250), 1-8. <https://doi.org/10.3390/insects13030250>
 32. Ge, Y., Liu, P., Zhang, L., Snyder, W.E., Smith, O.M., & Shi, W. (2019). A sticky situation: Honeydew of the pear psylla disrupts feeding by its predator *Orius sauteri*. *Pest Management. Science*, 76, 75–84. <https://doi.org/10.1002/ps.5498>.
 33. Goss, J.A. (1968). Development, physiology, and biochemistry of corn and wheat pollen. *Botanical Review*. 34, 333–359. <https://doi.org/10.1007/BF02985391>.
 34. Hassanpour, M., Rostamian, P., Rafiee-Dastjerdi, H., Fathi, S.A.A., & Bagheri, M.R. (2014). Effect of feeding on pollen of different plants on life table parameters of the predatory bug, *Orius laevigatus* (Fieber) (Hem.: Anthocoridae). *Agricultural Pest Management*, 1(2), 13-22. (In Persian)
 35. Hoherl, N., Siede, R., Illies, I., Gatschenberger, H., & Tautz, J. (2012). Evaluation of the nutritive value of maize for honey bees. *Journal of Insect Physiology*, 58, 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.12.001>.
 36. Hulshof, J., & Jurchenko, O. (2000). *Orius laevigatus* in a choice situation: Thrips or pollen? Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen. *Universiteit Gent*, 65, 351-358.
 37. Isenhour, D.J., & Marston, N.L. (1981). Seasonal cycles of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) in Missouri soybeans. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 54, 129-142.
 38. Kalushkov, P., & Hodek, I. (2001). New essential aphid prey for *Anatis ocellata* and *Calvia quatuordecimguttata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biocontrol Science of Technology*, 11, 35–39. <http://dx.doi.org/10.1080/09583150020029727>.
 39. Kavousi, A., Chi, H., Talebi, K., Bandani, A., Ashouri, A., & Hosseinaveh, V. (2009). Demographic traits of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on leaf discs and whole leaves. *Journal of Economic Entomology*, 102, 595-601. <https://doi.org/10.1603/029.102.0217>.
 40. 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. <http://dx.doi.org/10.1080/01647954.2021.1895310>.
 41. Kontodimas, D.C., Milonas, P.G., Stathas, G.J., & Economou, L.P. (2007). Life table parameters of the pseudococcid predators *Nephus includens* and *Nephus bisignatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology*, 104, 407-415. <https://doi.org/10.14411/eje.2007.060>.

42. Leon-Beck M., & Coll, M. (2007). Plant and prey consumption cause similar reductions in cannibalism by an omnivorous bug. *Journal of Insect Behavioral*, 20, 67–76. <http://dx.doi.org/10.1007/s10905-006-9063-y>.
43. Lu, B., Sun, M., Zhai, Y.F., Chen, H., Zheng, L., & Yu, Y. (2017). Evaluation of the biocontrol capacity of predatory bug *Orius sauteri*, reared on *Sitotroga cerealella* eggs, on *Thrips palmi* based on predatory functional response. *Journal Plant Protection*, 44, 875–876.
44. Lundgren, J.G. (2009). Relationships of natural enemies and non-prey foods. *Progress in biological control series*, Springer, 7, 453. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9235-0>.
45. Mendoza, J.E., Balanza, V., Cifuentes, D., & Bielza, P. (2020). Selection for larger body size in *Orius laevigatus*: Intraspecific variability and effects on reproductive parameters. *Biological Control*, 148, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104310>.
46. Montserrat, M., Albajes, R., & Castane, C. (2000). Functional response of four heteropteran predators preying on greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology*, 29, 1075–1082. <http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-29.5.1075>.
47. Mouden, S., Sarmiento, K.F., Klinkhamer, P.G., & Leiss, K.A. (2017). Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. *Pest Management Science*, 73(5), 813–822. <https://doi.org/10.1002/ps.4531>.
48. Nomikou, M., Sabelis, M.W., & Janssen, A. (2010). Pollen subsidies promote whitefly control through the numerical response of predatory mites. *BioControl*, 55(2), 253–260. <http://dx.doi.org/10.1007/s10526-009-9233-x>.
49. Nothnagl, M., Kosiba, A., Alsanusi, B., Anderson, P., & Larsen, R. (2008). Modelling population dynamics of *Frankliniella occidentalis* Pergande (thysanoptera: Thripidae) on greenhouse grown chrysanthemum. *European Journal of Horticultural Science*, 73(1), 12–22. <https://doi.org/10.1079/ejhs.2008/539291>
50. Omkar, G.K., & Jyotsna, S. (2009). Performance of a predatory ladybird beetle, *Anegeles cardoni* (Coleoptera: Coccinellidae) on three aphid species. *European Journal of Entomology*, 106, 565–572. <http://dx.doi.org/10.14411/eje.2009.071>.
51. Ozkan, C. (2007). Effect of food, light, and host instar on the egg load of the synovigenic endoparasitoid *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Pest Science*, 80, 79–83. <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-006-0155-4>.
52. Pilcher, C.D., Obrycki, J.J., Rice, M.E., & Lewis, L.C. (1997). Preimaginal development, survival, and field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. *Environmental Entomology*, 26, 446–454. <https://doi.org/10.1093/ee/26.2.446>.
53. Rojas, M.G., Morales Ramos, J.A., & King, E.G. (2000). Two meridic diets for *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae), a predator of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biological Control*, 17, 92–99. <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0780>.
54. Roulston, T.H., & Cane, J.H. (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution*, 222, 187–209. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00984102>.
55. Ryder, N.B. (1975). Notes on the stationary populations. *Population Index*, 41, 3–28.
56. Sabelis, M.W. (1985). *Reproductive Strategies*. In W. Helle, & M.W. Sabelis, (Eds.), *Spider Mites*. Vol. 1A. Their Biology, Natural Enemies and Control, Amsterdam, Elsevier, pp. 265–278. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1987.tb03606.x>
57. Sanchez, J., & Lacasa, A. (2002). Modelling population dynamics of *Orius laevigatus* and *O. albidipennis* (hemiptera: Anthocoridae) to optimize their use as biological control agents of *frankliniella occidentalis* (thysanoptera: Thripidae). *Bulletin of Insectology Research*, 92(1), 77–88. <https://doi.org/10.1079/BER2001136>.
58. Sarwar, M. (2016). Comparative life history characteristics of the mite predator *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) on mite and pollen diets. *International Journal of Pest Management*, 62, 140–148. <https://doi.org/10.1080/09670874.2016.1146806>.
59. Shahim, K.H. (2011). Biology and reproductive life table of the predator *Orius albidipennis* (Reuter) on several different diets and some of its sexual and reproductive behaviors. M.Sc. Thesis, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. 55 pp. (In Persian).
60. Shakya, S., Coll, M., & Weintraub, P.G. (2009). Incorporation of intraguild predation into a pest management decision-making tool: The case of thrips and two pollen-feeding predators in strawberry. *Journal of Economic Entomology*, 103(4), 1086–1093. <http://doi.org/10.1603/EC09373>.
61. Southwood, T.R.E., & Henderson, P.A. (2000). *Ecological methods*. 3rd ed. Blackwell, Oxford, United Kingdom, 575 pp.
62. Specty, O., Febvay, G., Gringer, S., Delobet, B., Piotte, C., Pageaux, J.F., Ferran, A., & Guillaud, J. (2003). Nutritional plasticity of the predatory lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): Comparison between natural and substitutional prey. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 52, 483–487. <http://dx.doi.org/10.1002/arch.10070>.
63. Stanley, R.G., & Linskins, H.F. (1974). *Pollen: Biology, Biochemistry, Management*. Springer, New York, 307 pp.
64. Sun, Y.X., Hao, Y.N., & Liu, T.X. (2018). A β -carotene-amended artificial diet increases larval survival and be

- applicable inmass rearing of *Harmonia axyridis*. *Biological Control*, 123, 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.04.010>.
65. Tan, J.G., Paradise, M.S., Levine, S.L., Bachman, P.M., Uffman, J.P., Jiang, C.J., & Carson, D.B. (2011). Development and survival of *Orius insidiosus* (Say) nymphs on encapsulated bee pollen-based diet in a Tier-I toxicity assay. *Environmental Entomology*, 40, 1613–1621. <http://dx.doi.org/10.1603/EN11060>.
66. Throne, J.E., & Weaver, D.K. (2013). Impact of temperature and relative humidity on life history parameters of adult *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Stored Products Research*, 55, 128-133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2013.10.003>.
67. Tommasini, M.G., van Lenteren, J.C., & Burgio, G. (2004). Biological traits and predation capacity of four *Orius* species on two prey species. *Bulletin of Insectology*, 57, 79–93.
68. Vacante, V., Cocuzza, G.E., De Clercq, P., Van de Veire, M., & Teirry, L. (1997). Development and survival of *Orius albidipennis* and *O. laevigatus* (Het.: Anthocoridae) on various diets. *BioControl*, 42, 493-495. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02769809>.
69. Van de Veire, M. (1995). Integrated pest management in glasshouse tomatoes, sweet peppers and cucumbers in Belgium. Ph.D. Thesis, Ghent University, Belgium.
70. Van Rijn, P.C.J., & Tanigoshi, L.K. (1999). Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. *Experimental and Applied Acarology*, 23(10), 785–802. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006227704122>.
71. Venzon, M., Janssen, A., & Sabelis, M.W. (2002). Prey preference and reproductive success of the generalist predator *Orius laevigatus*. *Oikos*, 97(1), 116–124. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970112.x>.
72. Wang, K., & Shipp, J. (2001). Simulation model for population dynamics of *Frankliniella occidentalis* (thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumber. *Environmental Entomology*, 30(6), 1073–1081. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1073>.
73. Yang, K., Wu, D., Ye, X.Q., Liu, D.H., Chen, J.C., & Sun, P.L. (2013). Characterization of chemical composition of bee pollen in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 708–718. <http://dx.doi.org/10.1021/jf304056b>.
74. Yari, S., Hajizadeh, J., Hoseini, R., & Hoseinia, A. (2010). Influence of three diets on some biological characteristics of predatory bug *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 41(2), 293-303. (In Persian). <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20084781.1389.41.2.13.4>.
75. Yazdanpanah, S., Fathipour, Y., & Riahi, E. (2021). Pollen grains are suitable alternative food for rearing the commercially used predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology*, 26, 1009–1020. <http://dx.doi.org/10.11158/saa.26.5.14>.
76. Zhang, L., Qin, Z., Liu, P., Yin, Y., Felton, G.W., & Shi, W. (2021). Influence of plant physical and anatomical characteristics on the ovipositional preference of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Insects*, 12, 326. <https://doi.org/10.3390/insects12040326>.