Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 39, No. 1, 2025, p. 29-47

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 commercialy biocontrol agent against various pests of greenhouse crops, especially western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). This species does not enter reprodctive 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 buges in the sweet pepper greenhouse located in Flavarjan city, Isfahan Province. Insects reared on five diets including (eggs of *Ephestia kuehniella*, eggs of *Sitotroga cerealella*, Canlola pollen, eggs of *E. kuehniella* + Canola pollen and eggs of *S. cerealella* + canola pollen), in the growth chamber at 25 ± 1 ˚C, 55 ± 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

©2025 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC 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. laevigatu*s. 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 (*Ro*), 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.

Keyw**ords**: Biological control, Life table, Mass rearing, Optimal diet

پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۹ شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، ص. ۴۷-۲۹

ارزیابی گرده کلزاBrassica 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 *Ephestia kuehniella* Zeller، *Sitotroga cerealella* Oliveir، تخم *E. Kuehniell* + دانه گرده کلزا و تخم *S. cerealella* + دانه گرده کلزا، در شرایط دمایی ۱±۲۵ °C، رطوبت نسبی ۱۰±۵۵ درصد 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 ۱/۰۱±۲۷/۱۴ روز و تعداد تخم گذاشته شده ۹/۲۴±۸۹/۷۵ عدد در تغذیه با تخم بید آرد و دانه گرده کلزا محاسبه شد. بیشترین مقدار پراسنجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، ۰/۰۰۸±۰/۱۹۶ (ماده/ ماده/ روز) در تیمار تخم بید آرد همراه با دانه گرده کلزا و کمترین مقدار در تیمار دانه گرده کلزا ۰/۰۱۷±۰/۰۱۶ (ماده/ ماده/ روز) مشاهده شد. بالاترین مقادیر نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) به‌ترتیب ۶/۲۱±۳۸/۴۵ و ۹/۷±۶۷/۶ (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، امّا 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

با توسعه کشاورزی در سال‌های اخیر، استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی افزایش یافته است. استفاده از آفت‌کش‌ها در بسیاری از 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 مصرف کنندگان، 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 دربرندارد. استفاده از روش‌های سازگار با محیط زیست در عرصه‌های حفاظت شده کشاورزی نظیر گلخانه‌ها نه‌تنها مسائل و مشکلات

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, 2016; Mendoza *et al.*, 2020). سن شکارگر *Orius laevigatus* Fieber (Hem.: Anthocoridae) یکی از رایج‌ترین گونه‌های مورد استفاده در کنترل بیولوژیک برای مهار آفات در گلخانه‌ها است، ازآن‌جاکه این شکارگر در محیط گلخانه فاقد دیاپوز 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. به منظور 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، داده-های کمّی 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; 2011; Gallego *et al.*, 2022). امّا 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، رشدونمو 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; 2001; Sanchez & Lacasa, 2002; Burgio *et al.*, 2004; Nothnagl *et al.*, 2008; Bonte & De Clercq, 2010a, 2010b, 2011; De Puysseleyr & 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

ماده، دوره تخم‌ریزی، تعداد نتاج تولیدی، نرخ زنده‌مانی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ خالص تولیدمثل (R0) این شکارگر می‌شود.

در پژوهش‌های صورت گرفته، بهترین رژیم غذایی برای پرورش سن‌های جنس اوریوس استفاده از ترکیب تخم بید آرد و گرده ذرت معرفی شده بود، همچنین استفاده از مکمل گرده باعث افزایش کارآیی شکارگری *O. laevigatus* در مهار جمعیت تریپس 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 ۴۰ 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 پراسنجه‌های 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° 5489 N و 46° 1297 E) جمع‌آوری شد. دانه‌های گرده جمع‌آوری شده برای نگهداری طولانی مدت در دمای ۲۰- 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 سن‌های 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 ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۵۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸(۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) صورت گرفت.

کلنی بید آرد *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) و بید غلات *Sitotroga cerealella* Oliveir (Lep.: Gelechidae) از انسکتاریوم شرکت سبزآوران، واقع در پارس‌آباد مغان، استان اردبیل تهیه شد. سپس در اتاقک رشد حشرات دانشگاه بوعلی‌سینا پرورش انبوه داده شد. در پرورش بید آرد، نیم کیلو سبوس گندم با یک کیلو آرد که قبلاً در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس، استریل شده بود، مخلوط و داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۰×۱۹×۲۶ سانتی‌متر که درب آن‌ها از قبل برای ایجاد تهویه به‌شکل مستطیل به ابعاد ۸ × ۱۲ سانتی‌متر برش داده شده بود، قرار داده شد. در این پرورش، ۰/۴ گرم از تخم‌های شب‌پره روی سطح این بستر غذایی به‌صورت یکنواخت پخش و درون اتاقک رشد با شرایط دمایی ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۵۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) نگهداری شد. با ظهور اولین حشرات کامل، روزانه شب‌پره‌ها 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 ازمرحله 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

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[1] 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[2] (S_{xj}) (x: سن و j: مرحله)، باروری ویژه مرحله‌ای – سنی[3] (F_{xj})، میانگین باروری ماده (F)، نرخ تولیدمثل مرحله‌ای – سنی[4] (V_{xj})، امید به زندگی مرحله-ای – سنی[5] (exj)، نرخ زنده‌مانی ویژه سن[6] (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و پراسنجه‌های جمعیت (r: نرخ داتی افزایش جمعیت، λ: نرخ متناهی افزایش جمعیت، R_0: نرخ خالص تولیدمثل[7]، GRR: نرخ ناخالص تولیدمثل[8] و T: میانگین مدت زمان نسل، طبق روابط مربوط محاسبه شدند (Chi & Su, 2006; Chi *et al*., 2022).

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 به‌روش Paired Bootstrap test در سطح احتمال پنج درصد اجرا شد. لازم به ذکر است که به‌منظور 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 می-تواند در صورت نبود طعمه مناسب، زنده‌مانی و دوام زیستی شکارگر را فراهم نماید. بیشترین تفاوت در طول دوره‌های مختلف زیستی در دو

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 نیز همین روند را نشان می‌دهد.

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 + canolapollen	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.

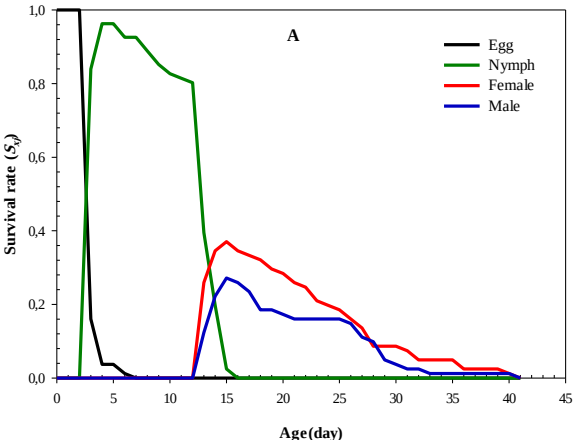
* Different lower-case letters in each column indicate significant differences between means at P < 0.05.

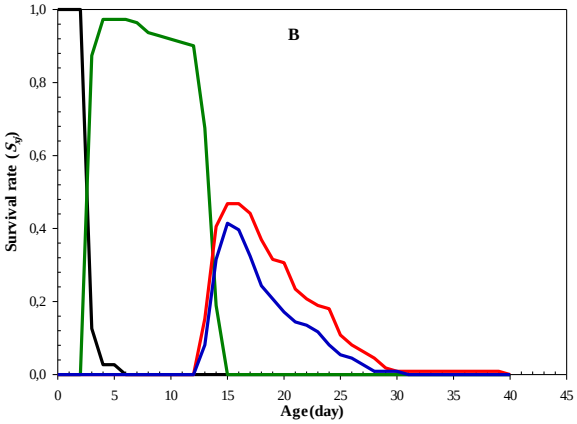
پراسنجه‌های تولیدمثلی که شایستگی افراد ماده را نشان می‌دهد در سن‌هایی که از تخم بیدآرد همراه با دانه گرده کلزا تغذیه کرده‌اند بیشترین مقدار را دارد همچنین طول دوره پیش از تخم‌ریزی، زمان ظهور حشرات بالغ تا شروع تخم‌ریزی (APOP[1]) و کل دوره پیش از تخم‌ریزی یعنی از زمان تشکیل تخم تا شروع تخم‌گذاری حشره 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، امّا رژیم غذایی دانه گرده کلزا به‌تنهایی 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).

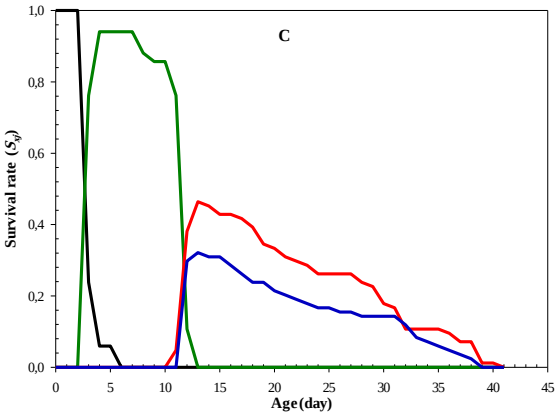
براساس جدول ۲، نتایج حاصل از آزمون کای اسکوئر نشان داد که با وجود تفاوت میان تعداد افراد نر و ماده، نسبت جنسی فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بود (Chisq.test, df = 4, Chisq= 0.9687, P-value= 0.548). به نظر می‌رسد که نسبت جنسی در این شکارگر خیلی متأثر از تغذیه نبوده و احتمالاً تحت تأثیر عوامل دیگری باشد. در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

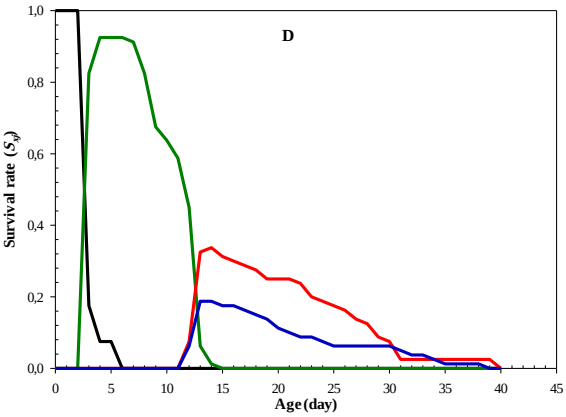
نرخ زنده‌مانی ویژه سن – مرحله (S_{xj}) سن شکارگر *O. laevigatus* با تغذیه از پنج رژیم غذایی در شکل ۱ ترسیم شده است. منحنی زنده‌مانی مربوط به مراحل مختلف زندگی *O. laevigatus* دارای هم‌پوشانی مشخصی است که در تمامی این شکل‌ها مشترک است. در حقیقت، این هم‌پوشانی به این دلیل بروز کرده است که افراد متعلق به 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 به‌ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۴۷ به‌دست آمد، امّا در حشرات ماده که از تخم بید آرد و ترکیب تخم بید غلات و دانه گرده کلزا تغذیه کرده بودند، به‌ترتیب 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.

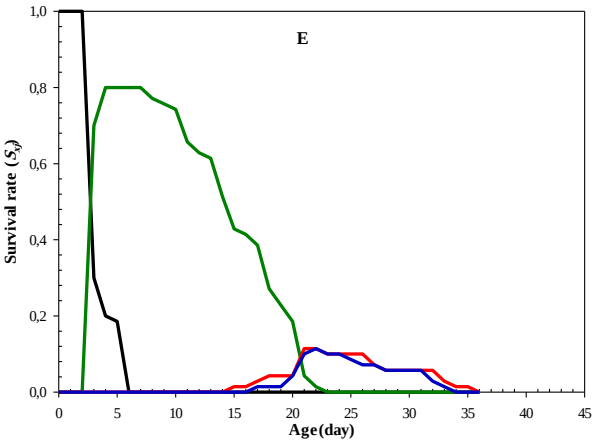
1- Adult preoviposition period
2- Total preoviposition period

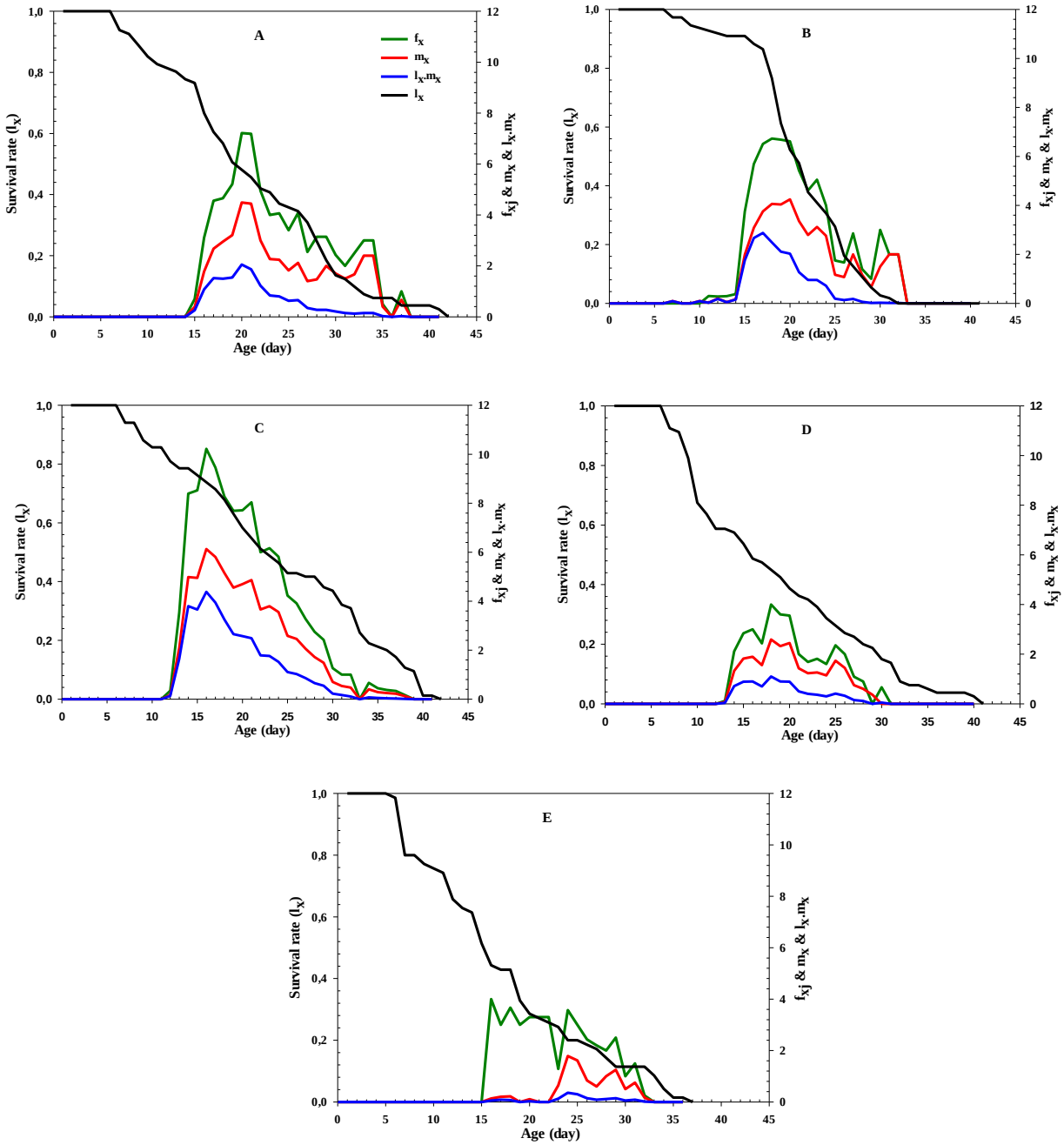

A
Egg
Nymph
Female
Male
Survival rate (S_{xj})
Age(day)


B
Survival rate (S_{xj})
Age(day)


C
Survival rate (S_{xj})
Age(day)


D
Survival rate (S_{xj})
Age(day)


E
Survival rate (S_{xj})
Age(day)



شکل ۲– نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (m_x)، زادآوری ویژه سن– مرحله زندگی (fxj) 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 (fxj) 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.

میزان نتاج تولیدی در روزهای اول خروج حشرات کامل کم، ولی با گذشت زمان به‌سرعت بر میزان آن افزوده شد، به‌طوری‌که 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 به‌مقدار ۶/۱۳ عدد، مخلوط تخم بید غلات و دانه گرده کلزا در روز بیست و یکم به‌میزان ۳/۷۴ عدد و در دانه گرده کلزا در روز شانزدهم به‌میزان ۴/۰۳ عدد مشاهده شد. این پراسنجه، اثر مثبت تغذیه از دانه گرده کلزا به‌عنوان مکمل که باعث کاهش طول دوره رسیدن به حداکثر نتاج می‌شود را به‌خوبی نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲، تأثیر رژیم غذایی بر ارتفاع منحنی $lx.m_x$ به‌خوبی مشهود است، به‌طوری‌که 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.

پراسنجه 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 پراسنجه 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 نسبت به تغذیه از تخم بید غلات شده بود و سایر پراسنجه‌های جدول زندگی نیز تحت تأثیر رژیم غذایی تغییر یافت، به‌گونه‌ای 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، به‌طوری‌که نرخ ذاتی تولد در جمعیت پایدار این شکارگر در تغذیه از تخم‌های بید آرد و بید غلات به‌ترتیب ۰/۱۵ 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 مقدار۰/۰۴۷در تیمار دانه گرده کلزا محاسبه شد. به نظر می‌رسد که دانه گرده کلزا به‌تنهایی 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.

جدول ۳- میانگین (± خطای استاندارد) پراسنجه‌های جدول زندگی سن شگارگر *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**

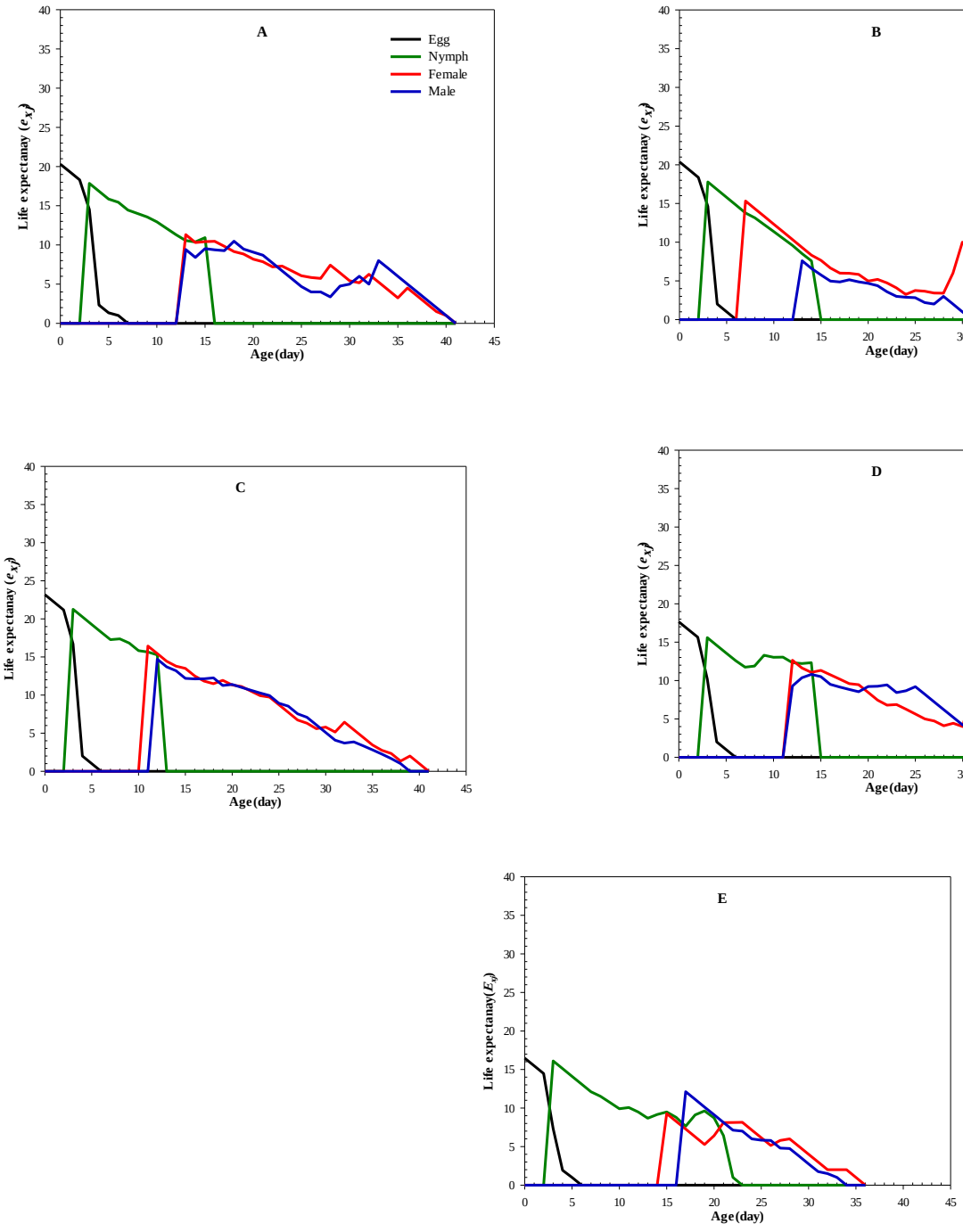
* حروف متفاوت در هر ستون نشانگر تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد است.

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

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. ازآن‌جاکه این آماره در هریک 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 شگارگر است.

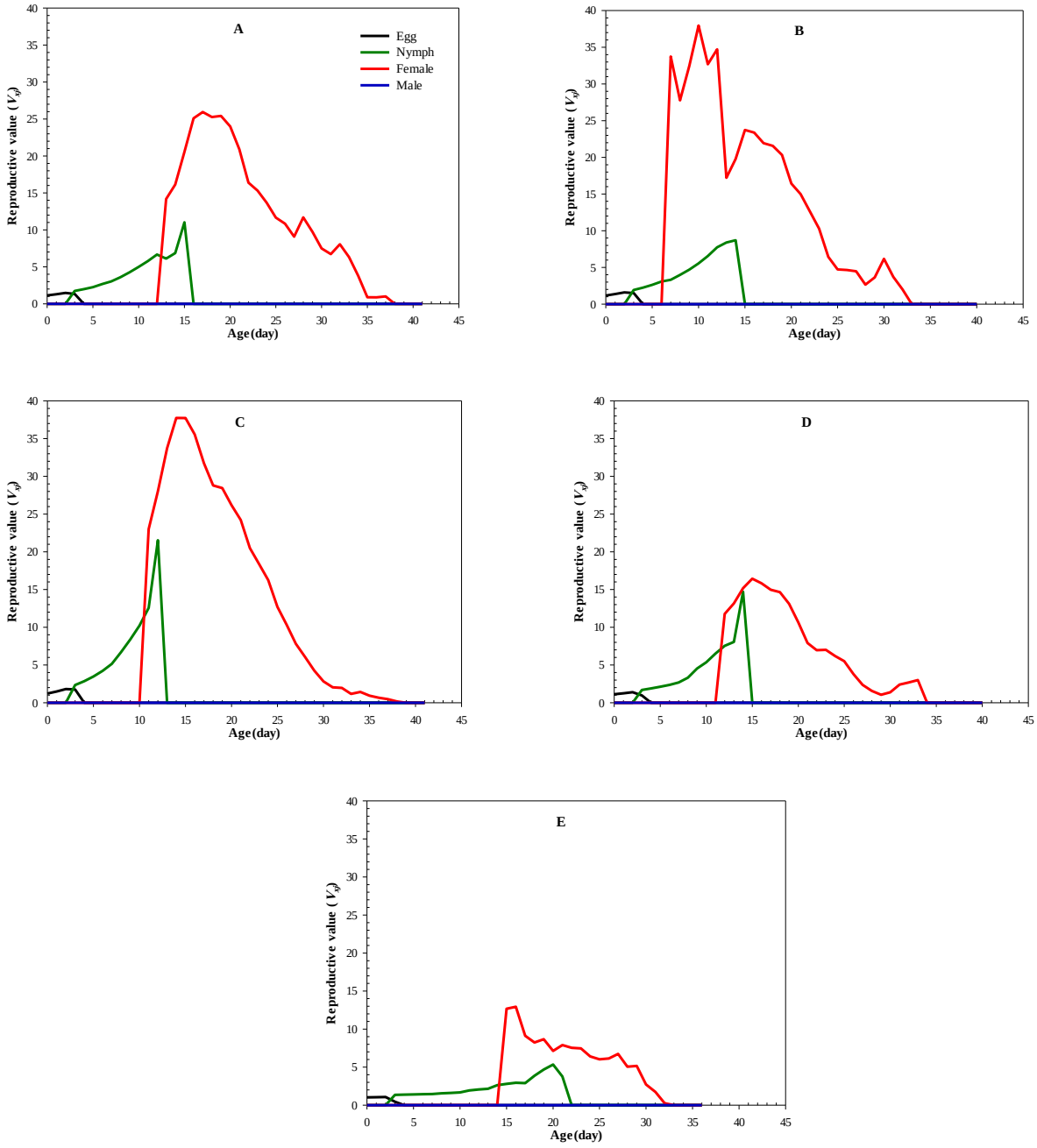
در این پژوهش، بیشترین ارزش تولیدمثلی مربوط به تیمار تخم بید غلات در روز سیزدهم (برابر ۳۷/۹۵) و مخلوط تخم بید آرد و دانه گرده کلزا در روز هفدهم (برابر ۳۷/۷۳) و کمترین میزان در سن‌های تغذیه شده از دانه گرده کلزا در روز پانزدهم به‌مقدار ۱۲/۷۳ محاسبه شد (شکل ۴). با توجه به اینکه هرچه میزان ارزش زادآوری دشمن 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 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 حالی‌که 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 تولیدمثل 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، امّا 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 واکانته و همکاران (Vacante *et al.*, 1997) بود که روی رژیم غذایی مخلوط تخم بید آرد و گرده زنبور عسل و گرده گیاه فلفل دلمه‌ای انجام شده است و بیان کردند که دوره رشدونمو *O. leavigatus* و *O. albidipennis* تحت تأثیرتخم بال‌پولک‌داران و گرده گیاهان در رژیم غذایی می‌باشد. شهیم (Shahim, 2011)، میانگین طول دوره پورگی سن *O. albidipennis* رادر سه رژیم غذایی شامل، تخم بید آرد همراه گرده ذرت، تخم بید آرد و گرده ذرت به‌ترتیب ۱۲/۶۷±۰/۲۹، ۱۲/۴±۰/۱۴ 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 علاوه‌بر 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- امید به زندگی (e_{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 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 ٤– ارزش زادآوری (V_{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 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)

البته از منظر دیگر، برتری تخم بید آرد نسبت به تخم بید غلات‌است زیرا تخم بید آرد بالاترین مقدار پروتئین را نسبت به سایر تخم‌های بال‌پولک‌داران دارد (Ferkovich & Shapiro, 2005) و نیز میزان چربی (De Clercq *et al*., 2005) و اسیدآمینه (Specty *et al*., 2003) در تخم بید آرد بالاست که می‌تواند به افزایش نرخ رشدونمو این شکارگر کمک نماید. تحقیقات ثابت کرده است که حشراتی که از رژیم غذایی با پروتئین بالا تغذیه می‌کنند، می‌توانند به رشد و زنده‌مانی مطلوب دست یابند و حتی نرخ رشدونمو در سن

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 پروتئاز را روی *Teleogryllus commodus* Walker 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; 2014) 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. ازآن‌جایی‌که 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، ۰/۱۴۹±۰/۰۰۵ (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 ۰/۱۹ (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 ۰/۰۸ و همچنین آراگون سانچز و همکاران (Aragon Sanchez *et al*., 2018) میزان این پراسنجه را برای این شکارگر و همین رژیم غذایی ۰/۱۱ (ماده/ ماده/ روز) محاسبه نمودند که نشان می‌دهد، مخلوط رژیم غذایی تخم بال‌پولک‌داران با گرده می تواند 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 ۵۱/۱۵±۷/۲۱، ۳۱/۳۵±۵/۴۳ و ۴/۹۱±۱/۱۱ 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 ۷۰/۹۴±۴/۱۲ و ۵۰/۴۴±۳/۰۹ 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 ۱۵۰±۳/۲عدد و دوره تخم‌گذاری ۵۱/۳±۰/۶ 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 ۱۸۷/۹±۹/۹ عدد و با تغذیه از تخم بید آرد به‌تنهایی ۱۸۳/۷±۷/۸ عدد و همچنین طول عمر حشرات نر و ماده با تغذیه از تخم بید آرد و گرده ذرت به‌ترتیب ۴۳/۳±۲/۹ و ۵۸/۷±۲/۸ 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 ۲/۳ ±۵۰/۲ روز و طول دوره رشدی را ۱۳/۱±۰/۱ 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;). براساس

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 مصرف‌کننده دارد (Hocherl *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 به‌علت ترجیح غذایی این سن شکارگر به دانه گرده کلزا و عدم تأمین مواد ضروری اولیه باشد. امّا 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 به‌خصوص نرخ ذاتی افزایش جمعیت سن شکارگر *O. leavigatus* شد.

تحقیقات صورت گرفته نشان داد که نرخ زادآوری و زنده‌مانی دشمنان طبیعی (شکارگر / پارازیتوئید) با تغذیه از گرده گیاهان مختلف به‌طور معنی‌داری تغییر می‌کند (Hulshof & Jurchenko, 2000)، در این راستا، شاکیا و همکاران (Shakya *et al.*, 2009)، نقش گرده را به‌عنوان 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 به‌خصوص 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 به‌ویژه 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 فسفواینوزیتول، فسفوکولین و ویتامین E (Stanley & Linskins, 1974) که در اسپرماتوژنز و اووژنز حشرات 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 به‌ترتیب 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 به‌دست 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.

نتیجه‌گیری

با توجه به توسعه روزافزون کشت محصولات گلخانه‌ای و تولید چشمگیر محصولات خارج از فصل به‌دلیل 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 مقرون‌به‌صرفه 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. ازآن‌جایی‌که 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 به‌خوبی در جیره غذایی قرار گیرد و به‌عنوان 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 به‌عنوان یک گزینه مناسب و مقرون‌به‌صرفه 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 این‌گونه آزمایش‌ها، سطح ذخایر انرژی و میزان کارآیی دشمن طبیعی پرورش یافته روی این رژیم غذایی پس از رهاسازی در گلخانه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. امید است که این مطالعه به بهبود

رژیم‌های غذایی برای پرورش انبوه *O. leavigatus* و سایر گونه‌های جنس *Orius* در آینده کمک شایانی نماید.

سپاسگزاری

این مقاله به‌عنوان بخشی از رساله دکتری نویسنده اول با استفاده از حمایت‌های مالی دانشگاه بوعلی سینا انجام شده استکه بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

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., Bàrberi, 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 Ap- plications 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 Scince*, *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, longevityand 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, Sunderlands. 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. *Enviromental 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., Güncan, 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 agestage, 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., Arijs, 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 Puysseleyr, 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 puriÞed nutritional factor from prey eggs. *Florida Entomologist*, *88*, 253-257. 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 Zoo*logy, *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 Managment. 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. Hocherl, 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., & Hosseininaveh, 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 omnivo-rous 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., Balanzaa, V., Cifuentesa, D., & Bielzaa, 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 ßower 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., Alsanius, 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, *Anegleis 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): Comparision between natural and substitional 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., & Hoseininia, A. (2010). Influence of three diets on some biological characteristics of predatory bug *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae). *Iranian Journal of Plant Protection Scince*, *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.