

## Effect of Some Cucumber Cultivars on Biological and Population Growth Parameters of *Aphis gossypii* (Glover) and Functional Response of *Chrysoperla carnea* (Stephens)

Roghaieh Asasi<sup>1</sup>, Mahdi Hassanpour<sup>2\*</sup>, Ali Golizadeh<sup>2</sup>, Hooshang Rafiee Dastjerdi<sup>2</sup> and Marefat Ghasemi Kalkhoran<sup>3</sup>

1- M.Sc. Graduate, Department of Agricultural Entomology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2-Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran

\*Corresponding author: hassanpour@uma.ac.ir

(Received: 31 January 2022

Revise: 10 February 2022

Accepted: 12 February 2022)

### Extended Abstract

**1. Introduction:** The melon aphid, *Aphis gossypii* Glover is a polyphagous pest that causes serious damage to various crops including vegetables. This insect is one of the most important pests of cucumber plant in greenhouses throughout the world. Biological control is one of the alternative or complementary methods for chemical control that can be used in IPM programs. The use of natural enemies can be very effective in reducing the population of invasive pests. Among biological control agents, *Chrysoperla carnea* (Stephens) has attracted the most attention as an effective pest control agent. Also, using resistant cultivars is one of the important methods for pest control management. Therefore, the use of resistant cultivars with effective biological control agents plays an important role in pest control. The aim of this study was to investigate the effect of some cucumber cultivars on biological and population growth parameters of *A. gossypii* and the functional response of *C. carnea*.

**2. Materials and Methods:** Four cucumber cultivars including Arshia, Caspian, Danito and Tarom were used in this study. Life table experiments were performed using 50 first instar nymphs (< 24 h old) for each cucumber cultivar. The nymphs were separately reared on the leaves of each cultivar. After emergence of adults, their fecundity and survival were recorded daily until all of them were dead. The parameters were estimated using TWOSEX-MS Chart, life table procedure. In the functional response experiment, different densities (2, 4, 8, 16, 32, 64 and 128) of 3- and 4-d- old aphid nymphs were separately offered to the third instar larvae of *C. carnea*, which were starved for 16 h before the test. The number of consumed preys was recorded after 24 h. The experiment was repeated 10 times for each aphid density and cucumber cultivar. Logistic regression analysis and nonlinear least square regression procedure were used to determine the type of functional response and estimate the parameters, respectively. The experiments were carried out in a greenhouse at 25±2 °C, 65±5% RH and a photoperiod of 16:8 (L: D) h.

**3. Results and Discussion:** Based on the results, the highest values of intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) and net reproductive rate ( $R_0$ ) of the aphid were estimated on Tarom ( $0.443 \pm 0.009$  and  $30.14 \pm 2.05$ , resp.) and the lowest values were on Caspian ( $0.297 \pm 0.009$  and  $16.78 \pm 1.55$ , resp.) and Danito ( $0.305 \pm 0.011$  d<sup>-1</sup> and  $16.62 \pm 1.60$  per generation, respectively). The finite rate of increase ( $\lambda$ ) ranged from  $1.346 \pm 0.013$  on Caspian to  $1.557 \pm 0.015$  d<sup>-1</sup> on Tarom. The lowest values for mean generation time (T) and doubling time (DT) of the aphid were estimated on Arshia and Tarom cultivars. In the second experiment, the predator exhibited functional response type III on all cucumber cultivars. The attack constant (b) for the third instar *C. carnea* varied from 0.00121 to 0.00168 and its handling time ( $T_h$ ) ranged from 0.3145 to 0.4596 h on different cucumber cultivars.

**4. Conclusion:** Comparison of the biological parameters showed that Tarom cultivar with the highest values of  $r_m$  and  $\lambda$  is a relatively desirable cultivar for the growth and feeding of *A. gossypii*. In contrast, Caspian cultivar is less desirable for *A. gossypii*. Also, according to the parameters of attack constant (b) and handling time ( $T_h$ ), it seems that Caspian and Danito are more suitable cultivars for biological control of *A. gossypii* than other two cultivars. However, additional studies under greenhouse conditions are needed to provide further details of different cucumber cultivars, *A. gossypii* and *C. carnea*.

**Keywords:** *Aphis gossypii*, *Chrysoperla carnea*, Cucumber cultivar, Functional response, Population growth parameter.

**Citation:** Asasi, R., Hassanpour, M., Golizadeh, A., Rafiee Dastjerdi, H. & Ghasemi Kalkhoran, M. (2022). Effect of some Cucumber cultivars on biological and population growth parameters of *Aphis gossypii* (Glover) and functional response of *Chrysoperla carnea* (Stephens). *Journal of Vegetables Sciences*, 11(1), 17-32. doi: 10.22034/IUVS.2022.547900.1194

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



## تأثیر برخی ارقام خیار روی پارامترهای زیستی و رشد جمعیت شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glover و واکنش تابعی بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (Stephens)

رقیه اساسی<sup>۱</sup>، مهدی حسن‌پور<sup>۲\*</sup>، علی گلی‌زاده<sup>۲</sup>، هوشنگ رفیعی دستجردی<sup>۲</sup> و معرفت قاسمی کلخوران<sup>۲</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

\*نویسنده مسئول: hassanpour@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

### چکیده

در این پژوهش، پارامترهای زیستی و رشد جمعیت شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glover پرورش یافته روی چهار رقم خیار شامل عرشیا، تاروم، کاسپین و دانیتو و واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (Stephens) در دمای  $25 \pm 2$  درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی  $55 \pm 5$  درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) و نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) شته روی رقم تاروم (به ترتیب  $0.009 \pm 0.443$  و  $2.05 \pm 0.143$ ) و کمترین مقادیر آن‌ها روی ارقام کاسپین (به ترتیب  $0.009 \pm 0.297$  و  $1.55 \pm 0.781$ ) و دانیتو (به ترتیب  $0.011 \pm 0.305$  بر روز و  $1.60 \pm 0.62$  بر نسل) به دست آمد. واکنش تابعی لارو سن سوم شکارگر نسبت به شته‌ی جالیز روی هر چهار رقم خیار از نوع سوم به دست آمد. ضریب ثابت  $b$  برای لارو شکارگر در رقم‌های مورد بررسی بین  $0.00121$  تا  $0.00168$  و زمان دست‌یابی ( $T_h$ ) آن بین  $0.3145$  تا  $0.4596$  ساعت متغیر بود. نتایج نشان داد رقم‌های تاروم و کاسپین به ترتیب میزبان‌های نسبتاً مطلوب و نسبتاً نامطلوب برای نشو و نما و تغذیه‌ی شته‌ی جالیز به حساب می‌آیند. همچنین با توجه به پارامترهای واکنش تابعی، به نظر می‌رسد ارقام کاسپین و دانیتو نسبت به دو رقم دیگر از کیفیت مناسب‌تری برای اعمال کنترل بیولوژیک این آفت برخوردار می‌باشند. با این حال، برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر از برهم‌کنش‌های بین ارقام مختلف گیاه خیار، شته‌ی جالیز و بالتوری سبز نیاز است تا مطالعات بیشتری در شرایط گلخانه‌ای انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارقام خیار، بالتوری سبز، پارامترهای رشد جمعیت، شته‌ی جالیز، واکنش تابعی.

استناد: اساسی، ر.، حسن‌پور، م.، گلی‌زاده، ع.، رفیعی دستجردی، ه. و قاسمی کلخوران، م. (۱۴۰۱). تأثیر برخی ارقام خیار روی پارامترهای زیستی و رشد جمعیت شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glover و واکنش تابعی بالتوری سبز (Stephens) *Chrysoperla carnea*. علوم سبزی‌ها، ۱۱(۱)، ۳۲-۱۷.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

زیادی را به خود جلب کرده است (Jokar & Zarabi, 2012).

واکنش تابعی یکی از اجزای مهم دینامیسم جمعیت شکارگر- شکار بوده و یکی از معیارهای مورد استفاده برای بررسی کارایی دشمنان طبیعی می‌باشد (Lester & Harmsen, 2002). اصطلاح واکنش تابعی اولین بار توسط Solomon (۱۹۴۹) برای توصیف واکنش رفتاری یک دشمن طبیعی نسبت به تغییرات تراکم طعمه به کار برده شد. Holling (۱۹۵۹) سه نوع واکنش تابعی را شرح داده است. در برخی منابع به واکنش تابعی نوع چهارم نیز اشاره شده است (Fellowes et al., 2007). عوامل مختلفی می‌توانند نوع واکنش تابعی و پارامترهای آن را تحت تأثیر قرار دهند که از جمله می‌توان به میزبان گیاهی آفات اشاره کرد. گیاهان میزبان به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر روی خوش‌خوراکی و ارزش غذایی طعمه روی واکنش تابعی دشمن طبیعی اثر می‌گذارند (Madadi et al., 2009).

مطالعه‌ی زیست‌شناسی و جدول زندگی آفات و بررسی کارایی دشمنان طبیعی آن‌ها برای کنترل آفات بسیار ضروری است، چرا که تعیین طول دوره‌های رشدی، بقا و زادآوری آفات می‌تواند در کنترل آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. برآورد پارامترهای رشد جمعیت حشرات یک ضرورت قطعی در مطالعه‌ی جمعیت‌های حشرات می‌باشد. افزایش جمعیت حشرات را می‌توان با تهیه جدول زندگی زادآوری که توانایی تولیدمثلی افراد ماده را در زمان‌های مختلف بیان می‌کند نشان داد. پارامترهای مختلفی از جدول زندگی زادآوری برآورد می‌شوند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $R_m$ ) نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )، میانگین طول مدت یک نسل ( $T$ ) و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت ( $DT$ ) اشاره کرد (Carey, 1993). مهمترین پارامتر رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت می‌باشد. این پارامتر یک شاخص استاندارد برای بیان نرخ رشد جمعیت بوده و طبق تعریف

شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glover حشره‌ای چندخوار بوده و گیاهان مختلف را مورد حمله قرار می‌دهد. این شته باعث ایجاد خسارت زیادی در گلخانه‌های پرورش خیار در اروپا (Kocourek et al., 1994; van Steenis & El-Khawass, 1995; Stoetzel et al., 1996; Wool & Hales, 1996; Blackman & Eastop, 2000) و همچنین گلخانه‌ها و مزارع پرورش خیار در ایران شده است (Zamani et al., 2006). این آفت با ترشح عسلک باعث رشد قارچ‌های دوده شده و به این ترتیب به‌طور غیرمستقیم فیزیولوژی گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌شود. همچنین، این شته به‌عنوان ناقل تعداد زیادی از ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی مانند ویروس موزائیک خیار (Cucumber Mosaic Virus) شناخته شده است (Dader et al., 2012).

استفاده‌ی بی‌رویه از حشره‌کش‌های شیمیایی برای کنترل آفات عوارض جانبی متعددی را ایجاد می‌کند. یکی از این عوارض، ایجاد مسمومیت مزمن به‌خاطر آلودگی‌های شدید غذایی می‌باشد، بنابراین استفاده از آفت‌کش‌ها باید تا جایی که مقدور است کاهش یابد. کنترل بیولوژیک یکی از روش‌های جایگزین یا مکمل برای کنترل شیمیایی است که می‌تواند در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات<sup>۱</sup>، همراه با سایر روش‌های کنترل آفات به کار رود. استفاده از دشمنان طبیعی می‌تواند برای کاهش سطح جمعیت آفات مهاجم بسیار مؤثر باشد (Delfosse, 2005).

بالتوری‌ها به‌ویژه بالتوری سبز<sup>۲</sup> (Stephens) *Chrysoperla carnea* به‌دلیل دارا بودن ویژگی‌های مطلوب از جمله کنترل طیف وسیعی از آفات با بدن نرم، داشتن قابلیت جست‌وجوگری بالا، پراکنش جغرافیایی وسیع، امکان تولید انبوه و قابلیت سازگاری بالا در مزرعه نسبت به سایر شکارگرها به‌عنوان یک عامل مؤثر در کنترل آفات به‌ویژه شته‌ها توجهات

1. Integrated Pest Management: IPM  
2. Neuroptera: Chrysopidae

و واکنش تابعی هر سه سن لاروی شکارگر نسبت به تراکم‌های مختلف این شته از نوع دوم گزارش شد (Kumari et al., 2020).

استفاده از ارقام مناسب برای کشت به‌عنوان یکی از روش‌های مهم مدیریت آفات، می‌تواند نقش مهمی در کنترل تلفیقی آن‌ها داشته باشد، بنابراین با استفاده از ارقام مقاوم یا متحمل همراه با یک عامل کنترل بیولوژیک می‌توان دفعات سم‌پاشی علیه آفات را کاهش داد. تلفیق کاربرد ارقام مناسب و رهاسازی دشمنان طبیعی مؤثر موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست می‌شود. این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر چهار رقم خیار روی پارامترهای زیستی و رشد جمعیت شته‌ی جالیز *A. gossypii* و واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز *C. carnea* انجام شد.

### مواد و روش‌ها

#### پرورش گیاه میزبان

در این تحقیق از چهار رقم خیار به اسامی کاسپین، دانیتو، عرشیا و تاروم استفاده شد. بذور خیار در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۰ در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه‌ی ۱۶ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر حاوی خاک زراعی مناسب کاشته شده و آبیاری گیاهان در مواقع لازم انجام می‌شد.

#### تهیه و پرورش کلنی شته‌ی جالیز

جمعیت اولیه‌ی شته‌ی جالیز از آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه و در گلخانه روی بوته‌های هر کدام از ارقام خیار به‌صورت جداگانه در دمای  $25 \pm 3$  درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 10$  درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی پرورش داده شد. در طی پرورش، گیاهان هر چند روز یک‌بار کنترل شده و برگ‌های گیاهان به‌شدت آلوده روی بوته‌های گیاهان جدید و سالم قرار داده می‌شد تا کلنی شته حفظ شود.

#### تهیه و پرورش کلنی بالتوری سبز

بیشترین نرخ افزایش برای یک گونه در شرایط زیستی و فیزیکی مشخص می‌باشد (Medeiros et al., 2000; Southwood & Henderson, 2000). درک اکولوژی آفات و تخمین توانایی تولیدمثل و پارامترهای رشد جمعیت حشرات، به‌منظور دستیابی به یک برنامه‌ی صحیح مدیریت آفات از اهمیت خاصی برخوردار است (Soroushmehr et al., 2008) و بیشتر به‌عنوان روشی برای پیش‌بینی دینامیسم جمعیت و توضیح تغییرات تراکم یک جمعیت استفاده می‌شود (Medeiros et al., 2000; Carey, 2001; Legaspi, 2004).

در یک تحقیق جدول زندگی شته‌ی جالیز روی هفت رقم خیار (نگین، Davos II، Piero، روپال صفا، Dominus (Ps)، سوپر زیبا و TN-94-203) مورد بررسی قرار گرفت (Darvishzadeh & Jafari, 2016). زمان نشو و نمای مراحل پورگی از ۴/۲۷ روز روی رقم Piero تا ۴/۴۷ روز روی رقم نگین متغیر بود. باروری کل *A. gossypii* به‌طور قابل‌توجهی در بین ارقام مختلف متفاوت بود و بیشترین و کمترین میزان به‌ترتیب روی ارقام Piero و Dominus (Ps) بود. کمترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت روی رقم نگین و بیشترین مقدار آن روی رقم سوپر زیبا به‌دست آمد. در مطالعه‌ی واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری *C. carnea* نسبت به *Agonosceca* (Burckhardt & Lauterer) و *pistaciae* (Passerini) *Aphis punicae* و *Empoasca decipiens* (Paoli) محققین به این نتیجه رسیدند که واکنش تابعی لارو بالتوری سبز در برابر هر سه طعمه از نوع دوم می‌باشد. نرخ حمله‌ی لارو سن سوم شکارگر نسبت به سه طعمه‌ی فوق به‌ترتیب ۰/۱۲، ۰/۴۰ و ۰/۰۵۸ بر ساعت به‌دست آمد. به‌دلیل تحرک زیاد *E. decipiens* کمترین نرخ حمله و بیشترین زمان دستیابی شکارگر روی این طعمه به‌دست آمد (Rouhani et al., 2012). در یک تحقیق واکنش تابعی سنین مختلف لاروی بالتوری سبز *C. carnea* نسبت به شته‌ی *A. gossypii* بررسی

لاروهای سن سوم بالتوری سبزی *C. carnea* قرار داده شدند. شکارگرها قبل از آزمایش به مدت ۱۶ ساعت گرسنه نگه داشته شده بودند. پس از ۲۴ ساعت، شکارگرها از ظروف آزمایش حذف و تعداد شته‌های زنده مانده در هر تراکم شمارش و از روی آن، تعداد شته‌های خورده شده محاسبه و ثبت شد. آزمایش برای هر تراکم شته در هر رقم خیار ۱۰ بار تکرار شد. طعمه‌های خورده شده در طول آزمایش جایگزین نشدند.

### تجزیه‌های آماری

برای تجزیه‌ی آماری داده‌های پارامترهای زیستی و رشد جمعیت شته‌ی *A. gossypii* از روش دو جنسی استفاده شد (Chi, 2019). محاسبه‌ی میانگین و خطای معیار پارامترهای جدول زندگی توسط روش Bootstrap با ۱۰۰۰۰۰ تکرار انجام شد. مقایسه‌ی داده‌ها به روش Pick 1 by 1 با نرم‌افزار ارائه شده توسط Chi انجام شد.

تجزیه‌ی داده‌های واکنش تابعی شکارگر در دو مرحله شامل تعیین نوع واکنش تابعی و برآورد پارامترهای نرخ حمله (a) و زمان دستیابی ( $T_h$ ) با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (SAS, 2002). نوع واکنش تابعی به وسیله‌ی رگرسیون لجستیک و از طریق رابطه ۱ تعیین شد (Trexler & Travis, 1993).

رابطه (۱)

$$N_e = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}$$

در این معادله،  $N_0$  تراکم اولیه‌ی طعمه،  $N_e$  تعداد طعمه‌های خورد شده و  $P_0$ ،  $P_1$ ،  $P_2$  و  $P_3$  به ترتیب عرض از مبدأ، بخش خطی، درجه‌ی دو و درجه‌ی سه منحنی است که توسط مدل تخمین زده می‌شود. از علامت ضریب بخش خطی منحنی برای تعیین نوع واکنش تابعی استفاده شد. منفی بودن شیب قسمت خطی منحنی نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع دوم و مثبت بودن آن بیانگر واکنش تابعی نوع سوم است. تخمین پارامترهای واکنش تابعی با استفاده از

بالتوری سبزی از کلنی موجود در آزمایشگاه گروه گیاه پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. حشرات بالغ این شکارگر در داخل ظروف استوانه‌ای شفاف با قطر ۱۱/۵ و ارتفاع ۲۲/۵ سانتی‌متر که سرپوش آن‌ها با پارچه‌ی توری ۷۵ مش پوشانده شده بود، نگهداری می‌شدند. برای تغذیه‌ی حشرات کامل از غذای مصنوعی با ترکیب عسل، مخمر و آب مقطر به نسبت ۴:۷:۵ که پس از تهیه در یخچال نگهداری می‌شد استفاده می‌شد (Vogt et al., 2000).

### نحوه‌ی انجام آزمایش

آزمایش‌ها در دمای  $25 \pm 2$  درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 10$  درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام شد. در هر یک از ارقام خیار مورد آزمایش، تعداد ۵۰ عدد شته‌ی کامل بی‌بال به صورت انفرادی در داخل قفس‌های برگی (ظروف پتری به ارتفاع یک و قطر سه سانتی‌متر) روی برگ‌های بوته‌های خیار که در مرحله‌ی چهار تا شش برگی بودند محصور شدند. پس از ۲۴ ساعت، در هر یک از قفس‌ها شته‌های بالغ و تمام پوره‌ها به جزء یک پوره حذف و مرگ و میر پوره‌ها تا رسیدن به مرحله‌ی بلوغ به صورت روزانه ثبت شد. پس از رسیدن شته‌ها به مرحله‌ی بلوغ، تعداد پوره‌های ظاهر شده توسط هر شته به صورت روزانه شمارش و حذف می‌شد. این کار تا زمان مرگ آخرین شته ادامه یافت. در این آزمایش پارامترهای زیستی شته شامل مدت زمان نشو و نمای پوره‌ها، طول عمر افراد بالغ، طول دوره‌ی پوره‌زایی، میانگین تعداد پوره به ازای هر فرد ماده در هر روز، میانگین تعداد کل پوره به ازای هر فرد ماده و پارامترهای رشد جمعیت شته محاسبه شدند.

برای بررسی واکنش تابعی شکارگر، تراکم‌های مختلف شامل دو، چهار، هشت، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸ و ۱۶۰ عدد از پوره‌های سه و چهار روزه‌ی شته‌ی جالیز پرورش یافته روی هر یک از ارقام خیار به صورت مجزا در داخل قفس‌های برگی (ظروف پتری به قطر شش سانتی‌متر) بوته‌های چهار تا شش برگی خیار در اختیار

استفاده شد:

رابطه (۲)

$$N_e = N_0 \{ 1 - \exp [ bN_0 (T_h N_e - T) ] \}$$

در این معادله،  $T_h$  زمان دستیابی،  $T$  مدت زمان آزمایش و  $b$  ضریب ثابت می‌باشد که توسط مدل محاسبه می‌شود. همچنین از معادله‌ی ترکیبی زیر برای مقایسه‌ی پارامترهای واکنش تابعی استفاده شد:

$$N_e = N_0 \{ 1 - \exp [ -(a + D_a(j))(T - (T_h + D_{Th}(j)) N_e) ] \}$$

میانگین طول دوره‌های مختلف زیستی شته‌ی جالیز روی ارقام مختلف خیار در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین طول مراحل مختلف زیستی شته‌ی جالیز (دوره‌ی پورگی و طول عمر حشرات کامل) روی ارقام مختلف خیار تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). کمترین طول دوره‌ی رشدی پورگی در رقم تاروم و بیشترین مقدار آن در رقم کاسپین به دست آمد. طول دوره‌ی قبل از بلوغ شته روی ارقام کاسپین و دانیتو به طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر به دست آمده روی دو رقم دیگر بود. بیشترین و کمترین طول عمر حشره‌ی بالغ به ترتیب روی ارقام تاروم و دانیتو مشاهده شد، هر چند اختلاف دانیتو با کاسپین معنی‌دار نبود. اختلاف در طول دوره‌ی زندگی شته بین ارقام مختلف معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ).

رگرسیون غیرخطی در نرم‌افزار SAS انجام شد (Juliano, 2001). با توجه به عدم جایگزینی طعمه‌های خورده شده و کاهش بودن تعداد آن‌ها در طول آزمایش، داده‌ها با مدل راجرز برازش داده شدند (Rogers, 1972). با توجه به این که در تمام موارد، واکنش تابعی شکارگر از نوع سوم بود، بنابراین از معادله‌ی کاهش یافته‌ی این نوع واکنش به شرح زیر رابطه (۳)

در رابطه‌ی فوق،  $z$  یک شاخص متغیر است که از صفر برای اولین سری داده تا یک برای دومین سری داده ارزش‌گذاری می‌شود. با تخمین پارامترهای  $D_a$  و  $D_{Th}$  می‌توان وجود تفاوت معنی‌دار در مقادیر  $a$  و  $T_h$  را بین دو تیمار مورد بررسی مشخص کرد. به عبارت دیگر، زمان دستیابی برای یک تیمار،  $T_h$  و برای تیمار دیگر  $T_h + D_{Th}$  در نظر گرفته می‌شود. تفاوت معنی‌دار بین  $D_{Th}$  با صفر نشان‌دهنده‌ی وجود تفاوت معنی‌دار بین  $T_h + D_{Th}$  و  $T_h$  بوده و بنابراین اختلاف در زمان دستیابی شکارگر بین دو تیمار معنی‌دار خواهد بود. نرخ حمله‌ی بین تیمارها نیز به همین روش محاسبه شد (Juliano, 2001). نمودارها در نرم‌افزار Excel رسم شدند.

## نتایج و بحث

جدول ۱- میانگین ( $\pm$ SE) طول دوره‌های مختلف زیستی شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* روی ارقام مختلف خیار  
Table 1- Mean ( $\pm$ SE) developmental duration of *Aphis gossypii* on different cucumber cultivars

رقم Cultivar	دوره‌ی پیش از بلوغ (روز) Preadult (day)	طول عمر (روز) Adult longevity (day)	طول دوره‌ی زندگی (روز) Total longevity (day)
کاسپین Caspian	0.09 $\pm$ 6.13 <sup>a</sup>	0.74 $\pm$ 10.72 <sup>c</sup>	0.77 $\pm$ 16.85 <sup>a</sup>
دانیتو Danito	0.11 $\pm$ 6.00 <sup>a</sup>	0.80 $\pm$ 10.44 <sup>c</sup>	0.81 $\pm$ 16.43 <sup>a</sup>
عرشیا Arshia	0.07 $\pm$ 4.53 <sup>b</sup>	0.86 $\pm$ 11.76 <sup>b</sup>	0.87 $\pm$ 16.29 <sup>a</sup>
تاروم Tarom	0.07 $\pm$ 4.39 <sup>b</sup>	0.79 $\pm$ 12.85 <sup>a</sup>	0.80 $\pm$ 17.24 <sup>a</sup>

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ( $P < 0.05$ ).  
Different letters in each column indicate significant difference between treatments ( $P < 0.05$ ).

میانگین طول مراحل مختلف پوره‌زایی شته‌ی جالیز روی ارقام مختلف خیار در جدول ۲ نشان داده

اختلاف در میانگین طول دوره‌ی پوره‌زایی بین ارقام مختلف معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ) و کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به ارقام دانیتو و تاروم بود. اختلاف در زادآوری کل شته‌ی جالیز بین ارقام مختلف معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ) و کمترین میانگین زادآوری شته روی ارقام دانیتو و کاسپین و بیشترین مقدار آن روی رقم تاروم به دست آمد (جدول ۲).

شده است. نتایج نشان داد که فاصله‌ی زمانی بین بلوغ تا اولین پوره‌زایی افراد بالغ (APOP) بین تیمارها معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). با این حال، اختلاف در میانگین فاصله‌ی زمانی بین تولد تا اولین پوره‌زایی (TPOP) بین رقم‌های کاسپین و دانیتو با عرشیا و تاروم معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ) و کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به ارقام تاروم و کاسپین بود.

جدول ۲- میانگین ( $\pm SE$ ) طول دوره‌ی قبل از تولیدمثل و زادآوری کل شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* روی ارقام مختلف خیار

Table 2- Mean ( $\pm SE$ ) pre-reproductive period and fecundity of *Aphis gossypii* on different cucumber cultivars

رقم Cultivar	فاصله‌ی زمانی بین بلوغ تا اولین پوره‌زایی افراد بالغ (روز) APOP* (day)	فاصله‌ی زمانی بین تولد تا اولین پوره‌زایی (روز) TPOP** (day)	دوره‌ی پوره‌زایی (روز) Oviposition period (day)	زادآوری (پوره) Fecundity (nymph)
کاسپین Caspian	0.17 <sup>a</sup> ± 0.07	6.30 <sup>a</sup> ± 0.10	6.90 <sup>b</sup> ± 0.47	20.97 <sup>c</sup> ± 1.26
دانیتو Danito	0.14 <sup>a</sup> ± 0.07	6.14 <sup>a</sup> ± 0.14	6.15 <sup>b</sup> ± 0.46	20.27 <sup>c</sup> ± 1.42
عرشیا Arshia	0.04 ± 0.08 <sup>a</sup>	4.62 <sup>b</sup> ± 0.08	7.48 <sup>b</sup> ± 0.49	27.29 <sup>b</sup> ± 1.98
تاروم Tarom	0.04 ± 0.08 <sup>a</sup>	4.49 <sup>b</sup> ± 0.07	9.26 <sup>a</sup> ± 0.55	32.76 <sup>a</sup> ± 1.76

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ( $P < 0.05$ ).

Different letters in each column indicate significant difference between treatments ( $P < 0.05$ ).

\*Adult Pre-Oviposition Period; \*\*Total Pre-Oviposition Period

جمعیت ( $\lambda$ ) شته‌ی جالیز روی ارقام عرشیا و تاروم به طور معنی‌داری بیشتر از دو رقم دیگر به دست آمد ( $P < 0.05$ ) (جدول ۳). بالا بودن نرخ خالص تولیدمثل شته‌ی جالیز روی رقم تاروم می‌تواند شرایط مناسبی را برای افزایش جمعیت آن فراهم نماید. بنابراین، با توجه به بالا بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثل شته‌ی جالیز روی رقم تاروم و کوتاه بودن زمان مورد نیاز برای دو برابر شدن جمعیت شته روی این رقم، این آفت می‌تواند جمعیت خود را روی این رقم سریع‌تر به وضعیت طغیانی برساند.

متوسط مدت زمان یک نسل (T) شته‌ی جالیز روی گیاهان مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان داد ( $P < 0.05$ ) و روی ارقام کاسپین و دانیتو به طور معنی‌داری بیشتر از دو رقم دیگر بود. نتیجه مشابهی نیز برای پارامتر مدت زمان دو برابر شدن (DT)

پارامترهای رشد جمعیت شته‌ی جالیز، *A. gossypii* روی ارقام مختلف خیار در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. اختلاف در نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته ( $I_m$ ) بین تیمارها معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ) و کمترین مقدار آن روی ارقام کاسپین و دانیتو و بیشترین مقدار روی رقم تاروم به دست آمد. مقدار  $I_m$  محاسبه شده در این تحقیق بین ۰/۲۹۷ تا ۰/۴۴۳ (شته‌ی ماده به ازای هر فرد ماده در هر روز) به دست آمد که نزدیک به  $I_m$  برآورد شده در برخی تحقیقات دیگر است. در بررسی Razmjou و همکاران (۲۰۰۶) مقدار  $I_m$  این شته روی خیار بین ۰/۲۷۲ تا ۰/۳۸۲ روی رقم سیلند تا ۰/۳۸۲ روی رقم ورامین متغیر بود. همچنین Mollashahi و همکاران (۲۰۰۹) مقدار  $I_m$  این شته را روی خیار ۰/۴۷۱ (بر روز) به دست آوردند. نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) و نرخ متناهی افزایش

طول عمر و همچنین تولیدمثل حشرات را تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین انتظار می‌رود هر گونه تغییری در گیاه به صورت تغییر در سرعت رشد و زادآوری حشرات نمایان شود (Fattah-Hosseini *et al.*, 2020). البته تفاوت در میزان ترکیبات شیمیایی ثانویه نیز می‌تواند منشا بروز چنین اختلافاتی گردد. ترکیبات ثانویه گیاه و صفات مورفولوژیک آن‌ها نظیر تریکوم‌های موجود روی برگ‌ها میزان مطلوبیت گیاه را به عنوان میزبان شته‌ی جالیز تحت تأثیر قرار می‌دهند، هر چند این موضوع در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفت.

جمعیت شته‌ی جالیز به دست آمد (جدول ۳). کوتاه بودن مدت زمان مورد نیاز برای دو برابر شدن جمعیت شته، که تابع نرخ رشد جمعیت می‌باشد، می‌تواند توانایی آفت را برای افزایش شدید جمعیت در صورت مساعد بودن شرایط محیطی نشان دهد. اختلاف مشاهده شده در این پارامترها احتمالاً می‌تواند به دلیل تفاوت در کیفیت غذایی، نوع و مقدار ترکیبات غذایی و یا ترکیبات شیمیایی ثانوی موجود در ارقام مختلف خیار باشد که سبب تفاوت در تأمین مواد غذایی مورد نیاز آفت شده است. غذا عامل بسیار مهمی در نشوونمای موجودات می‌باشد و کیفیت آن می‌تواند

جدول ۳- میانگین ( $\pm$ SE) پارامترهای رشد جمعیت شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* روی ارقام مختلف خیار

Table 3- Mean ( $\pm$ SE) population growth parameters of *Aphis gossypii* on different cucumber cultivars

پارامترهای رشد جمعیت population growth parameters	رقم Cultivar			
	عرشیا Arshia	دانیتو Danito	کاسپین Caspian	تاروم Tarom
نرخ ذاتی افزایش جمعیت Intrinsic rate of increase ( $r_m$ )	0.297 <sup>c</sup> ± 0.009	0.305 <sup>c</sup> ± 0.011	0.411 <sup>b</sup> ± 0.012	0.443 <sup>a</sup> ± 0.009
نرخ خالص تولیدمثل Net reproductive rate ( $R_0$ )	16.78 <sup>b</sup> ± 1.55	16.62 <sup>b</sup> ± 1.60	24.56 <sup>a</sup> ± 2.11	30.14 <sup>a</sup> ± 2.05
نرخ ناخالص تولیدمثل Gross reproductive rate (GRR)	26.66 <sup>c</sup> ± 1.00	25.70 <sup>c</sup> ± 0.95	35.85 <sup>b</sup> ± 1.86	41.34 <sup>a</sup> ± 1.89
نرخ متناهی افزایش جمعیت Finite rate of increase ( $\lambda$ )	1.34 <sup>b</sup> ± 0.01	1.35 <sup>b</sup> ± 0.02	1.50 <sup>a</sup> ± 0.02	1.55 <sup>a</sup> ± 0.02
متوسط مدت زمان یک نسل Mean generation time (T)	9.47 <sup>a</sup> ± 0.17	9.19 <sup>a</sup> ± 0.22	7.77 <sup>b</sup> ± 0.18	7.68 <sup>b</sup> ± 0.13
مدت زمان دو برابر شدن جمعیت Doubling time (DT)	2.33 <sup>a</sup> ± 0.07	2.27 <sup>a</sup> ± 0.08	1.68 <sup>b</sup> ± 0.05	1.56 <sup>b</sup> ± 0.03

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ( $P < 0.05$ ).

Different letters in each row indicate significant difference between treatments ( $P < 0.05$ ).

شده در تراکم‌های پایین، ابتدا کمتر بوده و سپس روند افزایشی یافته و در نهایت با خط مجانب مماس می‌شود.

نتایج تخمین زده شده برای پارامترهای ضریب ثابت  $b$  و زمان دستیابی ( $T_h$ ) لارو سن سوم بالتوری سبز *C. carnea* نسبت به شته‌ی جالیز در جدول ۵ ارائه شده است. با استفاده از پارامتر زمان دستیابی می‌توان آستانه‌ی سیری شکارگر را تخمین زد. به این صورت که هر چه زمان دستیابی کمتر باشد

نتایج تجزیه‌ی رگرسیون لجستیک داده‌های مربوط به واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز *C. carnea* نسبت به تراکم‌های مختلف شته‌ی جالیز در جدول ۴ ارائه شده است. علامت ضریب قسمت خطی منحنی برای تعیین نوع واکنش تابعی مورد استفاده قرار گرفت. همان‌طور که در این جدول و در شکل ۱ مشاهده می‌شود واکنش تابعی لارو سن سوم شکارگر نسبت به تراکم‌های مختلف شته‌ی جالیز از نوع سوم می‌باشد. در این نوع واکنش، تعداد طعمه‌های خورده



آستانه‌ی سیری شکارگر نیز پایین‌تر خواهد بود و در نتیجه حداکثر نرخ حمله‌ی تئوریک افزایش یافته و منحنی سریع‌تر به خط مجانب رسیده و شکارگر سریع‌تر سیر می‌شود (Pervez, 2005).

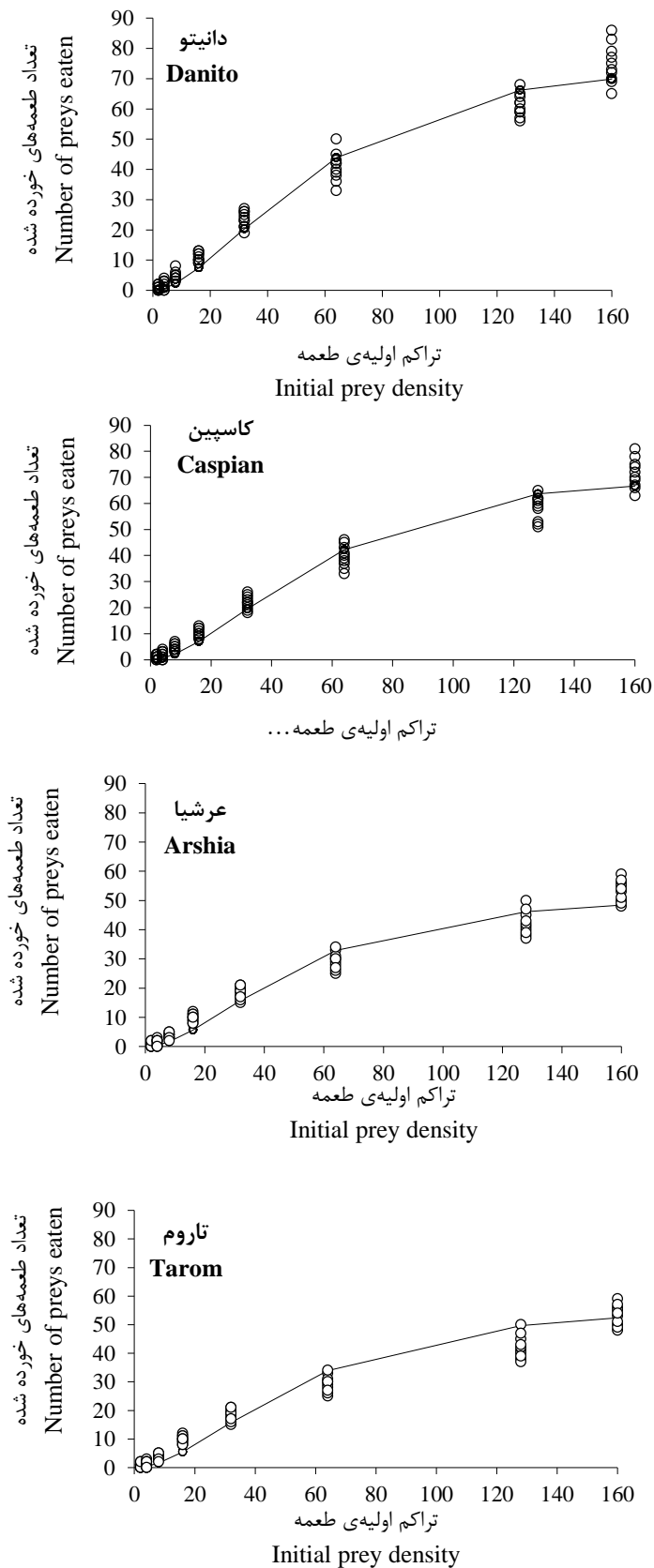
جدول ۴- تجزیه‌ی رگرسیون لجستیک واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* نسبت به تراکم‌های مختلف شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* روی ارقام مختلف خیار

Table 4- Logistic regression analysis of functional response of the third instar larvae of *Chrysoperla carnea* to different densities of *Aphis gossypii* on different cucumber cultivars

رقم Cultivar	پارامتر Parameter	تخمین Estimate	خطای معیار SE	$\chi^2$	P - value
کاسپین Caspian	P <sub>0</sub>	0.2057	0.1709	1.45	0.2287
	P <sub>1</sub>	0.0268	0.00793	11.44	0.0007
	P <sub>2</sub>	-0.00043	0.0000099	19.38	< 0.0001
	P <sub>3</sub>	3.558 E-7	1.565 E-6	19.34	< 0.0001
دانیتو Danito	P <sub>0</sub>	0.3402	0.1733	3.85	0.0497
	P <sub>1</sub>	0.0266	0.00802	10.99	0.0009
	P <sub>2</sub>	-0.00044	0.000100	19.53	< 0.0001
	P <sub>3</sub>	3.382 E-7	1.598 E-6	19.90	< 0.0001
عرشیا Arshia	P <sub>0</sub>	-0.0539	0.1681	0.10	0.7485
	P <sub>1</sub>	0.0157	0.00782	4.03	0.0447
	P <sub>2</sub>	-0.00033	0.000099	11.31	< 0.008
	P <sub>3</sub>	1.305 E-6	3.602 E-7	13.12	< 0.0003
تاروم Tarom	P <sub>0</sub>	-0.0675	0.1677	0.16	0.7485
	P <sub>1</sub>	0.0122	0.00779	2.46	0.0447
	P <sub>2</sub>	-0.00028	0.000098	8.42	< 0.0037
	P <sub>3</sub>	1.144 E-6	3.567 E-7	10.28	< 0.0013

تخمین زده شده برای شکارگر روی دو رقم کاسپین و دانیتو به‌طور معنی‌داری کمتر از دو رقم دیگر بود. به‌نظر می‌رسد جثه‌ی نسبتاً کوچک‌تر شته‌ها در تغذیه از این دو رقم (کاسپین و دانیتو) در مقایسه با دو رقم دیگر باعث خورده شدن تعداد بیشتری از شته روی این دو رقم شده است چرا که شکارگر روی این دو رقم با تغذیه از تعداد بیشتری از شته به آستانه‌ی سیری می‌رسد، در حالی که روی دو رقم دیگر، به‌دلیل جثه‌ی نسبتاً درشت‌تر طعمه، در یک بازه‌ی زمانی محدود، شکارگر با تغذیه از تعداد کمتری از طعمه سیر می‌شود.

مقایسه‌ی آماری پارامترهای ضریب ثابت  $b$  و زمان دستیابی ( $T_h$ ) لارو سن سوم شکارگر بین ارقام مختلف خیار در جدول ۶ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اختلاف در مقادیر هر دو پارامتر ضریب  $b$  و زمان دستیابی بین ارقام عرشیا و تاروم معنی‌دار نبود. اختلاف در ضریب  $b$  و زمان دستیابی در ارقام عرشیا و کاسپین، عرشیا و دانیتو و نیز تاروم و کاسپین معنی‌دار بود. همچنین ضریب  $b$  بین ارقام تاروم و دانیتو و نیز کاسپین و دانیتو تفاوت معنی‌داری را نشان داد، در حالی که اختلاف در پارامتر زمان دستیابی بین این ارقام معنی‌دار نبود. زمان دستیابی



شکل ۱- منحنی‌های واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* نسبت به تراکم‌های

مختلف شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* روی ارقام مختلف خیار

Figure 1- Functional response curves of the third instar larvae of *Chrysoperla carnea* to different densities of *Aphis gossypii* on different cucumber cultivars

جدول ۵- پارامترهای واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* نسبت به تراکم‌های مختلف شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* روی ارقام مختلف خیار

Table 5- Functional response parameters of the third instar larvae of *Chrysoperla carnea* to different densities of *Aphis gossypii* on different cucumber cultivars

رقم Cultivar	پارامتر Parameter	تخمین Estimate	خطای معیار SE	Approximate (95%)	
				حد پائین Lower	حد بالا Upper
کاسپین Caspian	b	0.00167	0.00016	0.00136	0.00198
دانیو Danito	Th	0.3298	0.0075	0.3149	0.3446
عرشیا Arshia	b	0.00168	0.00017	0.00144	0.00212
تاروم Tarom	Th	0.3145	0.0073	0.3000	0.3289
	b	0.00127	0.00013	0.00101	0.00153
	Th	0.4596	0.0117	0.4363	0.4828
	b	0.00121	0.00013	0.00095	0.00146
	Th	0.4190	0.0116	0.3959	0.4421

جدول ۶- پارامترهای تخمین زده شده با معادله‌ی ترکیبی برای مقایسه‌ی پارامترهای واکنش تابعی لارو سن سوم بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* در تغذیه از شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* روی ارقام مختلف خیار

Table 6- The parameters of the combined equation for comparing the functional response parameters of third instar larvae of *Chrysoperla carnea* feeding on *Aphis gossypii* on different cucumber cultivars

رقم Cultivar	پارامتر Parameter	Approximate (95%)	
		حد پائین Lower	حد بالا Upper
عرشیا - تاروم Arshia-Tarom	D <sub>b</sub>	-0.00080	0.00665
	D <sub>Th</sub>	-0.0476	0.00455
عرشیا - کاسپین Arshia-Caspian	D <sub>b</sub>	-0.016	-0.00766
	D <sub>Th</sub>	0.1246	0.0792
عرشیا- دانیو Arshia-Danito	D <sub>b</sub>	-0.0203	-0.0109
	D <sub>Th</sub>	-0.0876	0.01333
تاروم - کاسپین Tarom-Caspian	D <sub>b</sub>	-0.0173	-0.00804
	D <sub>Th</sub>	-0.0316	0.0789
تاروم - دانیو Tarom-Danito	D <sub>b</sub>	-0.0211	-0.0113
	D <sub>Th</sub>	0.0400	-0.0873
کاسپین - دانیو Caspian-Danito	D <sub>b</sub>	0.00379	0.0149
	D <sub>Th</sub>	-0.00842	0.0286

ابتدا افزایش یافته و سپس همزمان با سیری جانور از سرعت آن کاسته می‌شود (Holling, 1965). این نوع واکنش رفتاری در آن دسته از دشمنان طبیعی مشاهده می‌شود که تغذیه‌ی خود را در مناطقی که منابع غذایی خاصی بیشترین فراوانی را دارند متمرکز می‌کنند (Berryman, 1999). زمانی که نرخ تغذیه‌ی شکارگر به صورت وابسته به تراکم تغییر کند شکارگر

در واکنش تابعی نوع دوم، با افزایش تراکم طعمه، زمان صرف شده برای دستیابی به طعمه نیز افزایش می‌یابد، بنابراین تعداد افراد خورده شده از یک طعمه بیش از آن که تحت تأثیر میزان دسترسی به طعمه قرار گیرد توسط زمان صرف شده برای دستیابی به طعمه محدود می‌شود (Mahzoum et al., 2020). در واکنش تابعی نوع سوم، نرخ حمله‌ی شکارگر در

تراکم طعمه به کمتر از یک آستانه‌ی حداقل نسبت داد. در واکنش تابعی نوع سوم، منحنی تعداد شکارهای مورد حمله قرار گرفته تقریباً سیگموئیدی است یعنی شیب منحنی ابتدا کند بوده و سپس افزایش یافته و در نهایت کاهش می‌یابد. در این حالت درصد طعمه‌ی مورد حمله قرار گرفته، ابتدا افزایش (وابسته به تراکم طعمه) و سپس کاهش می‌یابد. در این نوع واکنش تابعی، دشمن طبیعی قادر به تشخیص تراکم طعمه بوده و فعالیت جست‌وجوگری خود را بر اساس تراکم جمعیت آن تغییر می‌دهد، بنابراین نرخ شکارگری فقط در محدوده‌ی معینی از انبوهی طعمه به صورت وابسته به تراکم خواهد بود (Hassell, 1978). در این پژوهش، حداکثر نرخ حمله‌ی تئوریک ( $T/T_h$ ) لارو سن سوم شکارگر در تغذیه از شته‌ی جالیز روی ارقام کاسپین، دانیتو، عرشیا و تاروم به ترتیب ۷۲/۷۷، ۷۶/۳۱، ۵۲/۲۲ و ۵۷/۲۸ محاسبه شد. هر چه نرخ حمله‌ی شکارگر بیشتر و زمان دستیابی آن به طعمه کمتر باشد شکارگر در کاهش جمعیت طعمه‌ی خود موفق‌تر عمل خواهد کرد. کاهش زمان دستیابی شکارگر در ارقام کاسپین و دانیتو باعث افزایش ظرفیت شکارگری آن روی این ارقام شده و بنابراین حداکثر تعداد طعمه‌ای که شکارگر در آن بازه‌ی زمانی روی این ارقام می‌تواند مورد حمله قرار بدهد افزایش می‌یابد. در واکنش تابعی نوع سوم، وقتی شکارگر با طعمه‌ی نامناسب مواجه می‌شود وقت خود را صرف فعالیت‌هایی غیر از حمله و جست‌وجوگری می‌کند، یا این‌که در تراکم‌های زیاد طعمه، مدت زمان دستیابی شکارگر کاهش می‌یابد. در واقع شکارگر از هر طعمه مقدار کمی خورده و سراغ شکار بعدی می‌رود و به این ترتیب مدت زمان دستیابی کمتر می‌شود (Noruzi et al., 2014).

عوامل مختلفی مانند اختلاف در ارزش غذایی ارقام گیاهی مختلف، گونه‌ی میزبان گیاهی، ترکیبات ثانویه گیاه و تریکوم‌های موجود روی برگ‌ها میزان مطلوبیت گیاه برای آفت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مطالعه‌ی فیزیولوژی تغذیه‌ی گیاهان همراه با بررسی دینامیسم جمعیت آفات و دشمنان طبیعی می‌تواند

بهتر می‌تواند جمعیت طعمه را تنظیم نماید و از آنجا که فقط در واکنش تابعی نوع سوم، البته در تراکم‌های پائین طعمه، چنین اتفاقی می‌افتد، بنابراین بروز واکنش تابعی نوع سوم را می‌توان ویژگی مطلوبی برای یک شکارگر در نظر گرفت. به عقیده‌ی بیشتر محققین، شکارگرهای با واکنش تابعی نوع سوم با پایدار کردن پویایی جمعیت شکارگر- شکار سهم بیشتری در تنظیم جمعیت طعمه‌های خود دارند (O'Neil, 1990). با این حال، بسیاری از شکارگرهایی که به صورت موفقیت‌آمیزی به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک مورد استفاده قرار گرفته‌اند نسبت به طعمه‌ی خود واکنش تابعی نوع دوم را نشان داده‌اند (Xiao & Fadamiro, 2010).

در مطالعه‌ی Hassanpour و همکاران (۲۰۱۵) سنین مختلف لاروی این شکارگر در پاسخ به مدت زمان‌های مختلف گرسنگی هر دو نوع واکنش تابعی دوم و سوم را نسبت به پوره‌های شته‌ی سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli نشان دادند. در یک تحقیق دیگر، واکنش تابعی لارو سن اول بالتوری سبز نسبت به شپش آردآلود *Paracoccus marginatus* Williams and Granare de Willink از نوع دوم و برای سنین دوم و سوم شکارگر از نوع سوم گزارش شد (Sajjad et al., 2021). با این حال، Mahzoum و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی واکنش تابعی سنین مختلف لاروی بالتوری سبز نسبت به *Saissetia oleae* (Olivier) واکنش تابعی هر سه سن لاروی شکارگر را از نوع دوم گزارش کردند. نتیجه‌ی مشابهی نیز در برخی مطالعات دیگر گزارش شده است (Saljoqi et al., 2016; Kayahan, 2021). این موضوع نشانگر امکان بروز هر دو نوع واکنش تابعی دوم و سوم توسط لاروهای سنین مختلف این شکارگر در پاسخ به شرایط مورد بررسی است.

بسیاری از پارازیتوئیدها و شکارگرها در مواجهه با میزبان یا شکار مرجح می‌توانند واکنش تابعی نوع سوم را نشان دهند. دلیل این امر را می‌توان به کاهش فعالیت جست‌وجوگری شکارگر در پاسخ به کاهش

تغذیه‌ی دشمنان طبیعی را تحت تأثیر قرار دهند. بنابراین قبل از انتخاب دشمن طبیعی برای استفاده در پروژه‌های کنترل بیولوژیک، عوامل متعددی باید مورد بررسی قرار گیرد (Skirvin & Fenlon, 2003).

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این تحقیق در دو بخش بررسی جدول زندگی شته‌ی جالیز *A. gossypii* و واکنش تابعی لاروهای بالتوری سبز، *C. carnea* به نظر می‌رسد ارقام کاسپین و دانیتو در مقایسه با ارقام عرشیا و تاروم، میزبان‌های مناسب‌تری برای کاهش جمعیت این آفت و اعمال کنترل بیولوژیک هستند. با این حال، توصیه‌ی علمی و عملی در این مورد نیازمند انجام آزمایش‌های تکمیلی و اعتبارسنجی داده‌های به‌دست آمده در آزمایشگاه در شرایط گلخانه‌ای است.

### سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

به‌طور مؤثری در تنظیم برنامه‌های کنترل تلفیقی آفات مؤثر واقع شود. گونه‌ی گیاه میزبان، نوع رقم و شرایط مختلف زیستی و غیرزیستی می‌توانند در افزایش یا کاهش جمعیت آفات مؤثر باشند (Price *et al.*, 1980). ترکیب و میزان مواد غذایی که یک حشره مصرف می‌کند به‌طور مستقیم روی بقاء و تولیدمثل آن اثر می‌گذارد، اما به‌دلیل عدم بررسی ترکیبات شیمیایی ثانویه و صفات ریخت‌شناسی ارقام مورد بررسی در این تحقیق، اظهارنظر در این زمینه نیازمند انجام بررسی‌های تکمیلی است.

مطالعه‌ی واکنش تابعی یک روش سریع برای ارزیابی اثرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گیاهان میزبان روی کارایی دشمنان طبیعی در مهار جمعیت آفت روی آن گیاهان است (Messina & Hanks, 1998). با این حال، عوامل مؤثر دیگری مانند ساختار فیزیکی، ارزش غذایی و ترکیبات شیمیایی موجود در بدن طعمه و میزان تحرک، جثه‌ی بدن و تراکم جمعیت آفت و دشمن طبیعی و نیز عوامل غیرزیستی می‌توانند فعالیت جست‌وجوگری و نرخ

### References

- Berryman, A. A. (1999). The theoretical foundations of biological control. In: B. A. Hawkins & H. V. Cornell (Eds.), *Theoretical approaches to biological control*. (pp. 3-21). Cambridge University Press, UK.
- Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2000). *Aphids on the world's crops: An identification and information guide* (2nd ed), John Wiley & Sons Ltd.
- Carey, J. R. (1993). *Applied demography for biologists, with special emphasis on insects*. Oxford University Press.
- Carey, J. R. (2001). Insect biodemography. *Annual Review of Entomology*, 46(1), 79-110.
- Chi, H. (2019). TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. Available on: <http://140.120.197>.
- Dader, B., Moreno, A., Vinuela, E. & Fereres, A. (2012). Spatio-temporal dynamics of viruses are differentially affected by parasitoids depending on the mode of transmission. *Viruses*, 4(11), 3069-3089.
- Darvishzadeh, S. & Jafari, S. (2016). Life history performance of *Aphis gossypii* Glover (Aphididae) on seven Cucumber cultivars. *International Journal of Pest Management*, 62(3), 245-250.
- Delfosse, E. S. (2005). Risk and ethics in biological control. *Biological Control*, 35(3), 319-329.
- Kumari, D., Verma, S. C., Sharma, P. L. & Negi, S. (2020). Biology, feeding potential and functional response of *Chrysoperla zastrowisillemi* to cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Journal of*

- Entomology and Zoology Studies*, 8(3), 381-386.
- Fattah-Hosseini, S., Allahyari, H., Azmayeshfard, P., Farhadi, R. & Heydari, S. (2010). Effect of host plant on development and reproduction of *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hem: Aphididae). *Journal of Iranian Plant Protection Science*, 41(2), 233-242. (In Persian)
  - Skirvin, D. J. & Fenlon, J. S. (2003). The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology*, 31(1), 37-49.
  - Hassanpour, M., Maghami, R., Rafiee-Dastjerdi, H., Golizadeh, A., Yazdaniyan, M. & Enkegaard, A. (2015). Predation activity of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) upon *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae): effect of different hunger levels. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 18(2), 297-302.
  - Hassell, M. P. (1978). *The dynamics of arthropod predator-prey system*. Princeton University Press, Princeton.
  - Holling, C. S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism1. *The Canadian Entomologist*, 91(7), 385-398.
  - Holling, C. S. (1965). The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 97(S45), 5-60.
  - Fellowes, M. D. E., van Alphen, J. J. M. & Jervis, M. (2007). Foraging behavior. In: M. Jervis (Ed.) *Insects as natural enemies: A practical perspective*. (pp. 1-71). Springer, Dordrecht.
  - Jokar, M. & Zarabi, M. (2012). Prominence of three diets on life table parameters for *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to mass rearing under laboratory conditions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(18), 2213-2222.
  - Juliano S. A. (2001). Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves. In: S.M. Scheiner, & J. Gurevitch (Ed.), *Design and analysis of ecological experiments*. (pp.178-196.) Chapman and Hall, New York.
  - Kayahan, A. (2021). Functional Response of *Chrysoperla carnea* on Two Different Aphid Species (*Aphis fabae* and *Acyrtosiphon pisum*). *International Journal of Agriculture, Environment and Food Science*, 5(4), 561-570.
  - Kumari, D., Verma, S. C., Sharma, P. L. & Sarswati, N. (2020). Biology, feeding potential and functional response of *Chrysoperla zastrowisillemi* to cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(3), 381-386.
  - Kocourek, F., Havelka, J., Derankova, J. & Jarosinc, V. (1994). Effect of temperature on developmental rate and intrinsic rate of increase of *Aphis gossypii* reared on greenhouse cucumbers. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 71, 59-64.
  - Legaspi, J. C. (2004). Life history of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) adult females under different constant temperatures. *Environmental Entomology*, 33(5), 1200-1206.
  - Lester, P. J. & Harmsen, R. (2002). Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: An analysis of two predators in a two-prey system. *Journal of Applied Ecology*, 39, 455-468.
  - Madadi, H., Enkegaard, A., Brodsgaard, H. F., Kharrazi-Pakdel A., Mohaghegh, J. & Ashouri, A. (2009). Host plant effects on the functional response of *Neoseiulus cucumeris* to onion thrips larvae. *Journal of Applied Entomology*, 131(9-10), 728-733.
  - Mahzoum, A. M., Villa, M., Benhadi-Marin, J. & Pereira, J. A. (2020). Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae

- on *Saissetia oleae* (Olivier) (Hemiptera: Coccidae): implications for biological control. *Agronomy*, 10, 1511.
- Medeiros, R. S., Ramalho, F. S., Lemos, W. P. & Zanuncio, J. C. (2000). Age dependent fecundity and fertility life tables for *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidea). *Journal of Applied Entomology*, 124, 319-324.
  - Messina, F. J. & Hanks, J. B. (1998). Host plants alters the shape of the functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 27, 1196-1202.
  - Mollashahi, M. & Tahmasebi, A. (2009). Demographic parameters of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hom.: Aphididae) by its rearing on cucumber under laboratory conditions. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(3), 236-244. (In Persian)
  - Norouzi, F., Madadi, H. & Talaei, H. R. (2014). Functional response of predatory bug, *Orius albidipennis* (Reuter) to melon aphid, *Aphis gossypii* (Glover) and two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Researches in Plant Protection*, 3, 69-77. (In Persian)
  - Pervez, A. (2005). Ecology of two-spotted ladybird, *Adalia bipunctata*: a review. *Journal of Applied Entomology*, 129(9-10), 465-474.
  - O'Neil, R. J. (1989). Comparison of laboratory and field measurements of the functional response of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 62, 148-155.
  - Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N. & Weis, A. E. (1980). Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11, 41-65.
  - Razmjou, J., Moharrampour, S., Fathipour, Y. & Mirhoseini, S. Z. (2006). Demographic parameters of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on five cotton cultivars. *Insect Science*, 13(3), 205-210.
  - Rogers, D. J. (1972). Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology*, 41, 369-383.
  - Rouhani, M. & Samih, M. A. (2012). Functional response of *Chrysoperla carnea* larvae to *Aphis punicae*, *Empoasca decipiens* and *Agonoscena pistaciae*. *Global Journal of Agricultural Research and Reviews*, 2(5), 535-541.
  - Saljoqi, A. R., Asad, N., Khan, J., Haq, E., Nasir, M., Zada, H., Ahmad, B., Nadeem, M., Huma, Z. & Salim, M. (2016). Functional response of *Chrysoperla carnea* Stephen (Neuroptera: Chrysopidae) fed on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Zoology*, 48(1), 165-169.
  - SAS Institute. (2008). SAS user's guide: statistics, version 9.2. SAS institute, Cary, NC.
  - Sajjad, S., Sultan, A., Farhanullah Khan, M., Din Keerio, I., Samiullah Channa, M. & Faheem Akbar, M. (2021). Biology, life table parameters, and functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on different stages of invasive *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 14(2), 174-182.
  - Solomon, M. E. (1949). The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology*, 18, 1-35.
  - Soroushmehr, Z., Sahragerd, A. & Salehi, L. (2008). Comparative life table statistics for the ladybeetle, *Scymnus syriacus* reared on the green citrus aphid, *Aphis spiraecola*, fed on two host plants. *Entomological Science*, 11, 281-288.
  - Stoetzel, M. B., Miller, G. L., O'Brien, P. J. & Graves, J. B. (1996). Aphids (Homoptera: Aphididae) colonizing

- cotton in the United States. *Florida Entomologist*, 79(2), 193-205.
- Southwood, R. & Henderson, P. A. (2000). *Ecological methods*. (3rd ed.). Blackwell Science.
  - Trexler, J. C. & Travis, J. (1993). Nontraditional regression analysis. *Ecology*, 74, 1629-1637.
  - Van Steenis, M. J. & EL-Khawass, K. A. M. H. (1995). Life history of *Aphis gossypii* on cucumber: influence of temperature, host plant and parasitism. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 76(2), 121-131.
  - Vogt, H., Bigler, F., Brown, K., Condolfi, M. P., Kemmeter, F., Kuhner, C., Moli, M., Travis, A., Ufer, A., Vineula, E., Wiadburger, M. & Waltersdorfer, A. (2000). *Laboratory method to test effects of plant protection products on larvae of Chrysoperla carnea* (Stephen) (Neuroptera: Chrysopidae). In: M. P. Condolfi, S. Blomel. & R. Forster (Eds.), Guidelines to Evaluate Side Effects of Plant Protection Products to Non-Target Arthropods (pp.27-44.). Reinheim, IOBC/WPRS.
  - Wool, D. & Hales, D. F. (1996). Previous infestation affects recolonization of cotton by *Aphis gossypii*: induced resistance or plant damage. *Phytoparasitica*, 24(1), 39-48.
  - Xiao, Y. F. & Fadamiro, H. Y. (2010). Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*, 53, 345-352.
  - Zamani, A. A., Talebi, A. A., Fathipour, Y. & Baniameri, V. (2006). Effect of temperature on biology and population growth parameters of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) on greenhouse cucumber. *Journal of Applied Entomology*, 130(8), 453-460.