

مقاومت القایی در خیار، *Cucumis sativus*، نسبت به شته جالیز، *Aphis gossypii*

در شرایط گلخانه (Hem.: Aphididae)

قدیر نوری قنبلانی* و محمدرضا حاجی‌رمضانی چالشتری

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: gadirnouri@yahoo.com

چکیده

شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، یکی از آفات مهم خیار در کشت‌های گلخانه‌ای می‌باشد. در این پژوهش استفاده از مقاومت القایی برای کاهش جمعیت این آفت مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای زیستی شته در داخل اتاقک رشد در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و شرایط نوری ۱۰:۱۴ (روشنایی: تاریکی) ساعت در قالب طرح کاملاً تصادفی و در آزمایش کرت‌های خرد شده مطالعه گردید. عامل اصلی عبارت از دو رقم خیار تجاری (رویال و استورم) و عامل فرعی عبارت از پنج مدت زمان پیش-آلودگی (پیش-آلودگی گیاهان به مدت زمان‌های ۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ روز توسط پنج شته ماده بالغ) بود. پس از اتمام دوره‌های پیش-آلودگی، شته‌ها از روی گیاهان حذف شده و گیاهان برای مدت ۴۸ ساعت عاری از شته نگاه داشته شدند. سپس پارامترهای زیستی شته روی هر تیمار در ۴۰ تکرار مطالعه شد. بین تیمارها از نظر مدت زمان مراحل نشوونمای پورگی، مدت زمان پوره‌زایی و طول عمر افراد بالغ اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. همچنین مقایسه میانگین‌های نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت (DT) بین تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد، ولی از نظر میانگین مدت زمان یک نسل (T) اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. کمترین و بیشترین مقدار R_0 این شته در رقم رویال به ترتیب در تیمارهای ۶ روز و صفرروز (شاهد) پیش-آلودگی (۱۹/۲۷ و ۴۹/۶۵ پوره/ماده/نسل) و کمترین و بیشترین مقدار r نیز در تیمارهای ۶ و صفر روز پیش-آلودگی (۰/۳۱۱ و ۰/۴۸۰، برروز) به دست آمد. کمترین و بیشترین مقدار R_0 این شته در رقم استورم به ترتیب در تیمارهای ۸ روز و صفرروز (شاهد) پیش-آلودگی (۱۳/۲۵ و ۴۴/۶۳ پوره/ماده/نسل) و کمترین و بیشترین مقدار r نیز در تیمارهای ۸ و صفرروز پیش-آلودگی (۰/۲۷۳ و ۰/۴۶۳، برروز) به دست آمد. بنابراین نتیجه گرفته شد که آلودگی‌های پیشین خیار به شته به مدت ۶ تا ۸ روز می‌تواند ضمن القای مقاومت نرخ رشد جمعیت شته را کاهش دهد. از این نتایج می‌توان در مدیریت تلفیقی شته جالیز استفاده نمود.

واژگان کلیدی: مقاومت القایی، شته جالیز، پیش-آلودگی، پارامترهای زیستی

Induced resistance in cucumber, *Cucumis sativus*, to cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae) under greenhouse conditions

Gadir Nouri-Ghonbalani & Mohammad Reza Ramazani Chaleshtari

College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Corresponding author, E-mail: gadirnouri@yahoo.com

Abstract

Melon aphid, *Aphis gossypii*, is an important pest of cucumber in greenhouses. In this research the possibility of using induced resistance for reducing population growth rate of the pest has been investigated. The life history parameters of aphid were determined in a growth chamber at $25 \pm 2^\circ \text{C}$, $60 \pm 5\%$ R.H and 14:10 L D conditions in a completely random design in a split plot experiment. The main factor was two cucumber cultivars of Royal and Storm and the subplot consisted of five different pre-infestation periods (0, 2, 4, 6 and 8 days pre-infestation with five melon aphid/plant). At the end of each pre-infestation period, the aphids were removed and the plants kept aphid-free for 48 h. The life history and population growth parameters of aphid were determined through 40 replications. The results indicated that there were significant differences among the treatments in aspect of the nymph growth duration, duration of reproduction of adult aphids and the

longevity of the adult aphids. Furthermore, among the treatments R_0 , r , λ and DT had significant differences in both cultivars, but there was no significant difference among the treatments in terms of generation time (T). The lowest and highest R_0 in Royal (19.27 and 49.65 nymph/female/generation) and the lowest and highest r (0.311 and 0.480 /day) were observed on 6 and 0 days pre-infestation period treatments, respectively. The lowest and the highest R_0 in Storm (13/25 and 44/63 nymph/female/generation) and the lowest and highest r (0.273 and 0.463 /day) were observed on 6 and 0 days pre-infestation period treatments, respectively. We conclude that the pre-infestation of the cucumber plants with *A. gossypii* can induce resistance in cucumber within 6-8 days leading to population growth rate reduction in the melon aphid.

Key words: Induced resistance, *Aphis gossypii*, pre-infestation, biological parameters

Received: 23 November 2016, Accepted: 12 April 2017

مقدمه

شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، یکی از مهمترین آفات گیاهان جالیزی و پنبه می باشد که در صورت عدم کنترل خسارت سنگینی به این گیاهان وارد می کند. شته جالیز حشره ای پلی فاژ و همه جازی است که حدود ۷۰۰ میزبان گیاهی داشته (Kersting et al., 1999; Capinera, 2007) و سالانه خسارت زیادی به انواع مختلفی از محصولات صیفی و سبزی از جمله خیار، گوجه فرنگی، هندوانه، خربزه و غیره وارد می سازد. این آفت همچنین قادر است انواع گوناگونی از ویروس های گیاهی را از گیاهان آلوده به گیاهان سالم منتقل کند. تولیدکنندگان محصولات گلخانه ای برای کنترل این آفت در طول فصل رشد مجبور می شوند چندین نوبت علیه آن سمپاشی کنند. از طرف دیگر استفاده مکرر از حشره کش های شیمیایی نه تنها بسیار پرهزینه است، بلکه بقایای آن ها روی این محصولات سلامتی مصرف کنندگان را نیز به خطر می اندازد (Hardee, 1993). بنابراین، به منظور کاهش مصرف سموم، یافتن روش های جایگزین کنترل شیمیایی این آفت ضروری می باشد. یکی از روش های کنترل سازگار با محیط برای این آفت استفاده از مقاومت القایی در گیاه میزبان است (Herron et al., 2000). مقاومت القایی عبارت است از تقویت سامانه دفاعی گیاه میزبان در برابر آفت مورد نظر، که در اثر واکنش گیاه به محرک های شیمیایی یا فیزیکی ناشی از آلودگی پیشین ایجاد می شود (Kogan & Paxton, 1983). مقاومت القایی گیاهان نسبت به حشرات آفت در اثر واکنش گیاه به خسارت مکانیکی، تغذیه یا تخم ریزی حشره آفت روی گیاه ظاهر می شود. در نتیجه این خسارت واکنش دفاعی در گیاه فعال شده، ترکیبات شیمیایی دفاعی مختلفی مانند پروتئین های ضد تغذیه، فنولیک ها و پروتئین های مهارکننده آنزیمی در گیاه تولید می شود (Agrawal et al., 1999). تاکنون وجود مقاومت القایی گیاهان نسبت به گیاهخواران در بیش از ۱۰۰ گونه گیاه از تقریباً ۳۰ خانواده گزارش شده است (Karban & Baldwin, 1997). واکنش گیاهان در برابر آسیب وارد شده توسط حشرات گیاهخوار اغلب موجب افزایش غلظت ترکیبات شیمیایی ثانویه زیان بار برای حشرات گیاهخوار می شود (Baldwin, 1994). مقاومت القایی نسبت به حشرات اولین بار در گیاه سیب توسط Bramstedt (1938) گزارش شد. بر اساس نتایج مطالعات Green & Ryan (1972) مشخص شد که تغذیه سوسک کلرادوی سیب زمینی از گیاه گوجه فرنگی باعث افزایش غلظت مهار کننده های آنزیم پروتئیناز و به تبع آن افزایش مقاومت به آفات می شود. همچنین آن ها نشان دادند که با وارد کردن جراحت فیزیکی یا مکانیکی به برگ های پائین گیاه جوان گوجه فرنگی، مثلاً از طریق ساییدن برگ با سوهان ناخن، غلظت مواد بازدارنده پروتئیناز در برگ های بالایی افزایش می یابد. طی بررسی های انجام شده روی مرحله دو برگی گیاهان پنبه ای که کنه تارتن دولکه ای به آن ها خسارت زده بود، مشاهده گردید که مقاومت این گیاهان نسبت به کرم برگ خوار پنبه، *Spodoptera exigua*، Hübner افزایش یافته است (Karban et al., 1987). همچنین در مطالعات دیگری نشان داده شد که مقاومت القایی ایجاد شده در اثر تغذیه اولیه کنه تارتن دولکه ای روی گیاهان سویا باعث کاهش معنی دار جمعیت این آفت می شود (Brown et al., 1991). در مطالعه Stout & Duffey (1996) مشخص شد که در گیاهان گوجه فرنگی از پیش خسارت دیده

توسط کنه تارتن دولکه‌ای و شته‌ها، در اثر بروز مقاومت القایی ناشی از این خسارت در گیاهان میزبان، رشد بعدی جمعیت این آفات کاهش می‌یابد. این محققین نشان دادند که در اثر تغذیه پیشین لاروهای *Helicoverpa zea* Boddie از گیاهان گوجه‌فرنگی، در این گیاهان نسبت به مینوز برگ پنبه، *Liriomyza trifolii* Burges و کرم برگ‌خوار پنبه، *S. exigua* مقاومت القایی ایجاد می‌شود. (Stout et al (1996) در مطالعات خود روی گیاه گوجه‌فرنگی مشاهده کردند که در اثر تغذیه گیاهخواران از این گیاه از جمله تغذیه لاروهای *H. zea*، تولید ترکیبات شیمیایی ثانویه دفاعی گیاه افزایش یافته و ارزش مواد مغذی در برگ گیاهان گوجه‌فرنگی کاهش می‌یابد که این تغییرات منجر به عدم رغبت لاروهای *S. exigua* به تغذیه از این گیاه می‌شود (Stout & Duffey, 1996). (Underwood (2000) نشان داد که خسارت ایجاد شده توسط لاروهای سوسک مکزیکی باقلا روی گیاه سویا موجب ایجاد مقاومت القایی در این گیاه می‌گردد. استفاده از هورمون گیاهی اسید جاسمونیک با ایجاد مقاومت القایی در گیاهان میزبان، باروری کنه تارتن دولکه‌ای و نرخ نشو و نمای شته مو را کاهش می‌دهد (Omer et al., 2000). همچنین تغذیه *S. exigua* از گیاه ذرت باعث تحریک تولید اسید جاسمونیک در گیاه شده و مقاومت ذرت را در برابر این آفت افزایش می‌دهد (Schmeltz et al., 2003). مطالعات انجام گرفته توسط Shelton (2004) روی گیاه تربچه، *Raphanus sativus* L نشان داد که دفاع شیمیایی القا شده در گیاه تربچه توسط لاروهای *Trichoplusia ni* باعث کاهش معنی‌دار نرخ رشد جمعیت این آفت می‌شود. لذا با توجه به یافته‌های زیادی که در زمینه دفاع القایی وجود دارد، مطالعه حاضر با هدف بررسی امکان القای مقاومت در دو رقم از ارقام متداول خیار نسبت به شته جالیز و تأثیر آلودگی پیشین گیاه میزبان بر پارامترهای رشد جمعیت آن و استفاده از نتایج حاصل در مدیریت این آفت در شرایط گلخانه‌ای بوده است.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

در این تحقیق از دو رقم تجاری و متداول خیار گلخانه‌ای در ایران به اسامی رویال و استورم استفاده شد. بذر این ارقام در بهار سال ۱۳۹۱ از بازار تهیه و داخل گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۰ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و در مخلوطی از خاک، ماسه و کود پوسیده حیوانی (به نسبت ۲:۱:۱) در گلخانه دانشکده‌ی علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در دمای 25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 10 درصد و در شرایط نور طبیعی کشت شد.

پرورش شته روی گیاه میزبان

شته جالیز مورد نیاز از روی گیاهان خیار موجود در گلخانه‌ی تحقیقاتی گروه گیاهپزشکی دانشگاه محقق اردبیلی جمع‌آوری و روی بوته‌های خیار پس از ۲ تا ۳ برگی شدن پرورش داده شد. به منظور جلوگیری از فرار شته‌ها و یا پارازیت شدن آن‌ها، هر گلدان کلنی شته در یک قفس پلاستیکی به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که بالای آن با پارچه توری پوشانده شده بود، محصور گردید.

روش اجرای آزمایش

این تحقیق بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده در گلخانه و اتافک رشد گروه گیاهپزشکی انجام شد. عامل اصلی عبارت بود از دو رقم خیار (رویال و استورم) و عامل فرعی عبارت بود از صفر، ۲، ۴،

۶ و ۸ روز آلودگی پیشین بوته‌های خیار با شته که هر کدام در ۴۰ تکرار انجام شد. تیمار صفر روز آلودگی پیشین به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بدین ترتیب که همه تیمارها به جز تیمار صفر روز آلودگی (شاهد) در مرحله دو برگگی شدن گیاه خیار با تعداد پنج عدد شته ماده بالغ آلوده شدند. پس از سپری شدن مدت‌های فوق، تمامی شته‌ها با استفاده از یک قلم‌موی بسیار ظریف از روی گیاهان حذف و گیاهان به مدت ۴۸ ساعت عاری از شته نگهداری شدند. سپس ۴۰ عدد شته بالغ بی‌بال بکرزا انتخاب و روی هر گیاه یک عدد شته به‌طور جداگانه داخل قفس‌های برگگی محصور و به مدت ۲۴ ساعت نگهداری گردید. قفس‌های برگگی متشکل از دو ظرف پتری پلاستیکی به ابعاد ۶۰ × ۱۰ میلی‌متر بود که با گیره به هم وصل شده و برای جلوگیری از زخمی شدن برگ، به لبه‌های این ظروف اسفنج چسبانده شده بود. پس از گذشت زمان فوق، شته‌های بالغ و همه پوره‌های تولید شده به جز یکی از قفس‌های برگگی حذف شدند. در این آزمایش مدت زمان لازم برای کامل شدن مراحل نشوونمای پورگی، مدت زمان پوره‌زایی و طول عمر افراد بالغ تعیین گردید. به پوره مزبور اجازه داده شد تا به مرحله بلوغ برسد و تولیدمثل نماید. سپس پوره‌های متولد شده توسط هر شته به طور روزانه شمارش و ثبت گردید. شمارش پوره‌های تازه متولد شده به‌صورت روزانه و تا زمان مرگ آخرین شته ماده ادامه یافت و نتایج در جداول مربوطه ثبت شد.

سپس پوره‌های متولد شده توسط هر شته به طور روزانه شمارش و ثبت گردید. شمارش پوره‌های تازه متولد شده به‌صورت روزانه و تا زمان مرگ آخرین شته ماده ادامه یافت و نتایج در جداول مربوطه ثبت شد. به منظور تعیین پارامترهای رشد جمعیت پایدار شته جالیز از روش جدول زندگی دو جنسی (Chi and Su (2006) استفاده شد. جدول زندگی دو جنسی برای هر جنس ماده با در نظر گرفتن طول دوره‌های رشدی متغیر بین افراد طراحی شد. شته جالیز دارای پوره و حشرات کامل می‌باشد، لذا بقای ویژه‌ی سن - مرحله (s_{xy}) نشان‌دهنده‌ی احتمال بقاء افراد تا سن x مرحله y است. این پارامتر علاوه بر توصیفی از بقاء، انتقال از یک مرحله رشدی به مرحله رشدی دیگر را نیز توصیف می‌کند.

پارامترهای رشد جمعیت نیز با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شدند:

$$R_0 = \sum_{x=1}^{\omega} \sum_{j=1}^m s_{xj} f_{xj} \quad \text{نرخ خالص تولید مثل:}$$

$$GRR = \sum_{x=0}^n m_x \quad \text{نرخ ناخالص تولید مثل:}$$

$$\sum_{x=0}^{\omega} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \quad \text{نرخ ذاتی افزایش جمعیت:}$$

$$\lambda = e^r \quad \text{نرخ متناهی افزایش جمعیت:}$$

$$T = \frac{\ln R_0}{r} \quad \text{میانگین مدت زمان یک نسل:}$$

x : سن به روز، J : مرحله رشدی (پوره سن یک، پوره سن دو، ... و حشره کامل)، f_{xi} : بارآوری ویژه سنی - مرحله‌ای که برابر است با تعداد روزانه پوره‌های متولد شده توسط هر شته در سن x ، i : نرخ بقای ویژه سن، m_x : بارآوری ویژه سن، m : تعداد مراحل سنی

تجزیه داده‌ها

قبل از تجزیه داده‌ها نرمال بودن آنها مورد آزمون قرار گرفت و در مواردی که به منظور نرمال کردن غیر یکنواختی واریانس‌ها به نرمال سازی داده‌ها نیاز بود از تبدیل Normal Scores در نرم افزار Minitab استفاده گردید. تجزیه آماری داده‌های مرتبط با پارامترهای زیستی با استفاده از نرم‌افزار Minitab و مقایسه میانگین‌های مربوطه با استفاده از آزمون Tukey انجام گرفت. داده‌های خام پارامترهای رشد جمعیت با جدول دوجنسی طبق روش (Chi & Su, 2006) تجزیه شد. تجزیه داده‌ها توسط نرم‌افزار TWISEX-MSChart انجام گرفت (Chi, 2015). به منظور تکراردار کردن پارامترهای زیستی از روش بوت استرپ ۱۰۰۰۰۰ عدد استفاده شد (Akca et al., 2015; Reddy & Chi, 2015). مقایسه اختلاف میانگین‌ها با آزمون paired bootstrap انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۲ استفاده گردید. مشاهده هر نوع کاهش معنی‌دار در مقدار r شته جالیز در تیمارهایی که قبلاً با شته آلوده شده بودند به منزله القای مقاومت تلقی شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تیمارهای از پیش آلوده شده نشان داد که از نظر مدت زمان لازم برای کامل شدن مراحل نشو و نمای پورگی بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در حالی که تفاوت معنی‌داری از نظر تاثیر متقابل مدت زمان آلودگی اولیه با نوع رقم گیاه میزبان دیده نشد (جدول ۱). بین تیمارهای از پیش آلوده شده از نظر مدت زمان پوره‌زایی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، ولی اثر متقابل رقم و تیمارهای از پیش آلوده شده معنی‌دار نبود (جدول ۲). همچنین بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر طول عمر افراد بالغ اختلاف معنی‌داری به‌دست آمد، در حالی که تفاوت معنی‌داری از نظر اثر متقابل رقم و مدت زمان آلودگی اولیه دیده نشد (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر آلودگی‌های پیشین دو رقم تجاری خیار گلخانه‌ای به شته جالیز روی مراحل نشو و نمای پورگی شته جالیز تحت شرایط آزمایشگاه.

Table 1. Analysis of variance of the effects of pre - infestation of cucumber plants with melon aphid on the length of nymph growth stages of melon aphid.

Sources of variation	df	MS	F	P
Cultivar	1	8.943	7.71**	0.006
Pre -infestation	4	23.554	20.31**	0.000
Pre-infestation × Cultivar	4	0.502	0.43 ^{ns}	0.785
Error	316	1.160		
Total	325			

** significant at the 1% level. ns: none significant.

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر آلودگی‌های پیشین بوته‌های خیار روی مدت زمان پوره‌زایی شته جالیز.

Table 2. Analysis of variance of the effects of pre - infestation of cucumber plants with melon aphid on the length of nymph production of adult melon aphid.

Sources of variation	df	MS	F	P
Cultivar	1	53.60	25.80**	0.000
Pre – infestation	4	434.41	209.12**	0.000
Pre- infestation × Cultivar	4	3.77	1.82 ^{ns}	0.125
Error	316	2.08		
Total	325			

**significant at the 1% level, ns: none significant.

کمترین مدت زمان لازم برای کامل شدن نشو و نمای دوره پورگی در شاهد (تیمار صفر روز آلودگی پیشین)، ۴/۶۹ روز و بیشترین مقدار آن در تیمارهای ۶ و ۸ روز آلودگی پیشین (به ترتیب ۶/۰۶ و ۶/۰۱ روز) به دست آمد. بیشترین و کمترین مدت زمان پوره‌زایی به ترتیب در تیمارهای صفر و ۸ روز آلودگی پیشین (۱۵/۴۲ و ۹/۰۷ روز) حاصل شد. بیشترین و کمترین طول عمر افراد بالغ نیز به ترتیب در تیمارهای صفر و ۸ روز آلودگی پیشین (۱۷/۳۱ و ۹/۶۹ روز) مشاهده شد (جدول ۴). در رقم استروم بیشترین مدت زمان نشو و نما به ترتیب در تیمارهای ۶ و ۸ روز آلودگی پیشین (۶/۵ و ۶/۱۰ روز) و کمترین دوره‌ی آن (۵/۰۹، ۵/۴۴ و ۵/۵۲ روز) در شاهد و تیمارهای ۲ و ۴ روز آلودگی به دست آمد (جدول ۵). همچنین بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر طول عمر افراد بالغ اختلاف معنی‌داری به دست آمد، که کمترین طول دوره‌ی بالغی (۸ روز) در تیمار ۸ روز آلودگی نسبت به سایر تیمارهای مشاهده شد. بیشترین (۱۴/۲۰ روز) و کمترین (۷/۳۴ روز) مدت پوره‌زایی شته جالیز به ترتیب در تیمار هشت روز آلودگی و شاهد مشاهده گردید. همچنین، بیشترین و کمترین میزان باروری (۵۱ و ۲۵/۴۲ پوره/ پوره/ روز) در رقم استروم در تیمارهای شاهد و ۶ روز آلودگی مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر آلودگی‌های پیشین بوته‌های خیار روی طول عمر افراد بالغ شته جالیز.

Table 3. Analysis of variance of the effects of pre – infestation of cucumber plants with melon aphid on the longevity of adult melon aphid.

Sources of variation	df	MS	F	P
Cultivar	1	52.97	18.43**	0.000
Pre – infestation	4	587.49	204.38**	0.000
Pre – infestation × Cultivar	4	4.15	1.44 ^{ns}	0.219
Error	316	2.87		
Total	325			

** significant at the 1% level, ns: none significant.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های (\pm خطای معیار) دوره‌های نشوونمای پورگی، مدت زمان پوره‌زایی شته‌های بالغ، طول عمر افراد بالغ شته جالیز و بارآوری آن‌ها روی گیاهان از پیش‌آلوده شده خیار رقم رویال.

Table 4. Means (\pm) of nymph developmental time, adult reproduction period, adult longevity of melon aphid and their fecundity on pre - infested cucumber plants of cultivar Royal.

Treatments (days of pre- infestation)	Developmental time (days)	Reproduction period (days)	Adult longevity (days)	Fecundity (Number of nymphs)
Control	4.69 \pm 0.23 ^{a*}	0.138 ^a \pm 15.42	0.19 ^a \pm 17.31	0.918 ^a \pm 55.17
2 days	0.20 ^c \pm 4.94	0.176 ^b \pm 14.63	0.22 ^b \pm 15.91	0.988 ^b \pm 51.37
4 days	0.2 ^b \pm 5.11	0.203 ^c \pm 13.73	0.31 ^b \pm 14.91	0.706 ^c \pm 47.89
6 days	0.17 ^a \pm 6.06	0.213 ^d \pm 11.01	0.29 ^c \pm 12.53	1.244 ^d \pm 36.69
8 days	0.17 ^a \pm 6.01	0.201 ^c \pm 9.07	0.31 ^d \pm 9.69	2.122 ^e \pm 26.59

* means followed by the different letters in each column are significantly different by paired bootstrap ($P < 0.05$).

بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش رشد جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) شته جالیز نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید، در حالی که از نظر میانگین مدت زمان یک نسل (T) در بین تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۶). در شته‌ها به علت بکرزایی نرخ خالص تولید مثل (R_0) با نرخ خالص بارآوری برابر می‌باشد. این پارامتر بیان‌کننده نرخ رشد جمعیت در یک نسل است (Carey, 2001). میانگین پارامترهای رشد جمعیت شته جالیز برای رقم رویال در جدول ۷ ارائه شده است. کمترین و بیشترین مقدار نرخ خالص تولید مثل (R_0) این شته در رقم رویال به ترتیب در تیمارهای ۶ روز و صفر روز (شاهد) - پیش - آلودگی (۱۹/۲۷ و ۴۹/۶۵ پوره/ماده/نسل) و کمترین و بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) نیز در تیمارهای ۶ و صفر روز پیش - آلودگی (۰/۳۱۱ و ۰/۴۸۰، برروز) به دست آمد. کمترین و بیشترین مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) به ترتیب ۱/۵۶۴ و ۱/۶۱۶ بر روز در تیمارهای ۶ و صفر روز پیش آلودگی به دست آمد. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین دوره یک نسل حشره (به ترتیب ۹/۵۹ و ۸/۱۳ روز) در تیمارهای ۸ و صفر روز پیش آلودگی حاصل شد و از این نظر تیمارهای ۲ و ۴ روز پیش - آلودگی با همدیگر و با شاهد در یک گروه و تیمارهای ۶ و ۸ روز پیش - آلودگی در گروه دیگر قرار گرفتند. در رقم استورم کمترین و بیشترین مقدار نرخ خالص تولید مثل (R_0) این شته به ترتیب در تیمارهای ۸ روز و صفر روز (شاهد) - پیش - آلودگی (۱۳/۲۵ و ۴۴/۶۳ پوره/ماده/نسل) و کمترین و بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) نیز در تیمارهای ۸ و صفر روز پیش - آلودگی (۰/۲۷۳ و ۰/۴۶۳، برروز) به دست آمد. کمترین و بیشترین مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) به ترتیب ۱/۳۱۳ و ۱/۵۸۹ بر روز در تیمارهای ۸ و صفر روز پیش آلودگی به دست آمد. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین دوره یک نسل حشره (به ترتیب ۹/۴۶ و ۸/۱۹ روز) در تیمارهای ۸ و صفر روز پیش آلودگی حاصل شد و از این نظر تیمارهای ۲ و ۴ روز پیش - آلودگی با همدیگر در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۸). نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که میزان القای مقاومت در گیاه خیار متناسب با افزایش مدت زمان آلودگی پیشین آن با شته جالیز، افزایش می‌یابد و این افزایش باعث کاهش نرخ بقا در مرحله نابالغ حشره، کاهش نرخ نشو و نما، کاهش نرخ پوره‌زایی و در نهایت باعث کاهش جمعیت آفت و یا متوقف شدن رشد جمعیت می‌شود و به ویژه تیمارهای ۶ و ۸ روز آلودگی پیشین با شته نسبت به تیمارهای ۲ و ۴ روز پارامترهای رشد جمعیت کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۷ و ۸).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های (\pm خطای معیار) دوره‌های نشوونمای پورگی، مدت زمان پوره‌زایی شته‌های بالغ، طول عمر افراد بالغ شته جالیز و بارآوری آن‌ها روی گیاهان از پیش‌آلوده شده خیار رقم استروم.

Table 5. Means (\pm) of nymph developmental time, adult reproduction period, adult longevity of melon aphid and their fecundity on pre - infested cucumber plants of cultivar Storm.

Treatments (days of pre- infestation)	Developmental time (days)	Reproduction period (days)	Adult longevity (days)	Fecundity (Number of nymphs)
Control	5.09 \pm 0.21 ^{b*}	0.22 ^a \pm 14.20	0.18 ^a \pm 16.51	0.749 ^a \pm 51.00
2 days	0.16 ^b \pm 5.44	0.25 ^b \pm 13.53	0.36 ^a \pm 15.47	1.807 ^b \pm 47.03
4 days	0.14 ^b \pm 5.52	0.31 ^c \pm 12.51	0.36 ^a \pm 14.45	1.807 ^b \pm 43.70
6 days	0.17 ^a \pm 6.10	0.26 ^d \pm 8.90	0.40 ^b \pm 10.84	1.642 ^c \pm 25.42
8 days	0.20 ^a \pm 6.5	0.23 ^e \pm 7.34	0.20 ^c \pm 9.00	1.181 ^d \pm 20.38

* means in each column followed by different letters are significantly different by paired bootstrap ($P < 0.05$).

جدول ۶- تجزیه واریانس تاثیر آلودگی پیشین بوته‌های خیار روی نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، میانگین مدت زمان یک نسل (T)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ).

Table 6. Analysis of variance of the effects of pre - infestation of cucumber plants with melon aphid on the net reproduction rate (R_0), intrinsic rate of natural increase (r_m), mean generation time (T), mean doubling time (DT) and finit rate of increase (λ).

Sources of variation	df	MS				
		R_0	r	T	DT	λ
Cultivar	1	3073.0**	0.051**	0.001 ^{ns}	1.551**	0.106**
Prior- infestation	4	10663.4**	0.124**	1.356 ^{ns}	3.613**	0.257**
Cultivar \times Pre r- infestation	4	82.2 ^{ns}	0.001 ^{ns}	1.495 ^{ns}	0.103 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Error	316	34.9	0.002	1.130	0.055	0.004
Total	325					

** significant at the 1% level. ns: none significant. MS: mean sum of squares.

نرخ بقای ویژه سنی - مرحله‌ای (s_{xy})، احتمال این که یک پوره تازه متولد شده بتواند تا سن x و مرحله‌ی y معین زنده بماند را نشان می‌دهد. نرخ بقای ویژه سنی - مرحله‌ای شته جالیز در تیمارهای مختلف روی رقم رویال در شکل ۱ نشان داده شده است. هم‌پوشانی منحنی‌های مراحل رشدی در مدت نشو و نما به دلیل تغییرات نرخ نشو و نما در میان افراد است. بیشترین نرخ بقای ویژه سنی - مرحله‌ای بالغ شته جالیز ۰/۹۰ روی شاهد و کمترین مقدار آن ۰/۷۲۵ در هشت روز بعد از آلودگی ثبت گردید. بیشترین (۰/۸۷۵) و کمترین (۰/۶۵۰) نرخ بقای ویژه سنی - مرحله‌ای افراد بالغ در رقم استروم در شاهد و تیمار هشت روز بعد از آلودگی به دست آمد (شکل ۲).

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های (\pm) تاثیر آلودگی پیشین بوته‌های خیار روی نرخ ناخالص تولید مثلی (GRR)، نرخ خالص تولید مثلی (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و میانگین مدت زمان یک نسل (T) درخیار رقم رویال.

Table 7. Means (\pm) of the effects of pre - infestation of cucumber plants with melon aphid on the gross reproduction rate (GRR), net reproduction rate (R_0), intrinsic rate of natural increase (r), finit rate of increase (λ) and mean generation time (T) on Royal cultivar of cucumber.

Treatments (days of pre- infestation)	GRR	R_0	r	λ	T
Control	021 ^{a*} . 1±28.56	74 ^a . 2 ±49.65	0.017 ^a ± 0.480	0.028 ^{a*} ± 1.616	278 ^{b*} . 0 ±13.8
2 days	011 ^b . 1 ±52.44	2.82 ^{b*} ± 44.95	018 ^b . 0±452.0	029 ^{ab} . 0±571.1	296 ^b . 0 ±42.8
4 days	706 ^c . 0 ±46.89	56 ^b 2 ± 41.90	014 ^b . 0 ±431.0	023 ^b . 0 ±537.1	253 ^b . 0 ±67.8
6 days	052 ^d . 2 ±14.29	42 ^d . 2 ±27.19	013 ^d . 0±0.311	018 ^d . 0 ±364.1	182 ^a . 0 ±53.9
8 days	085 ^e . 1±83.37	51 ^e . 2 ±35.29	011 ^e . 0 ± 352.0	015 ^e . 0 ±422.1	164 ^a . 0 ±59.9

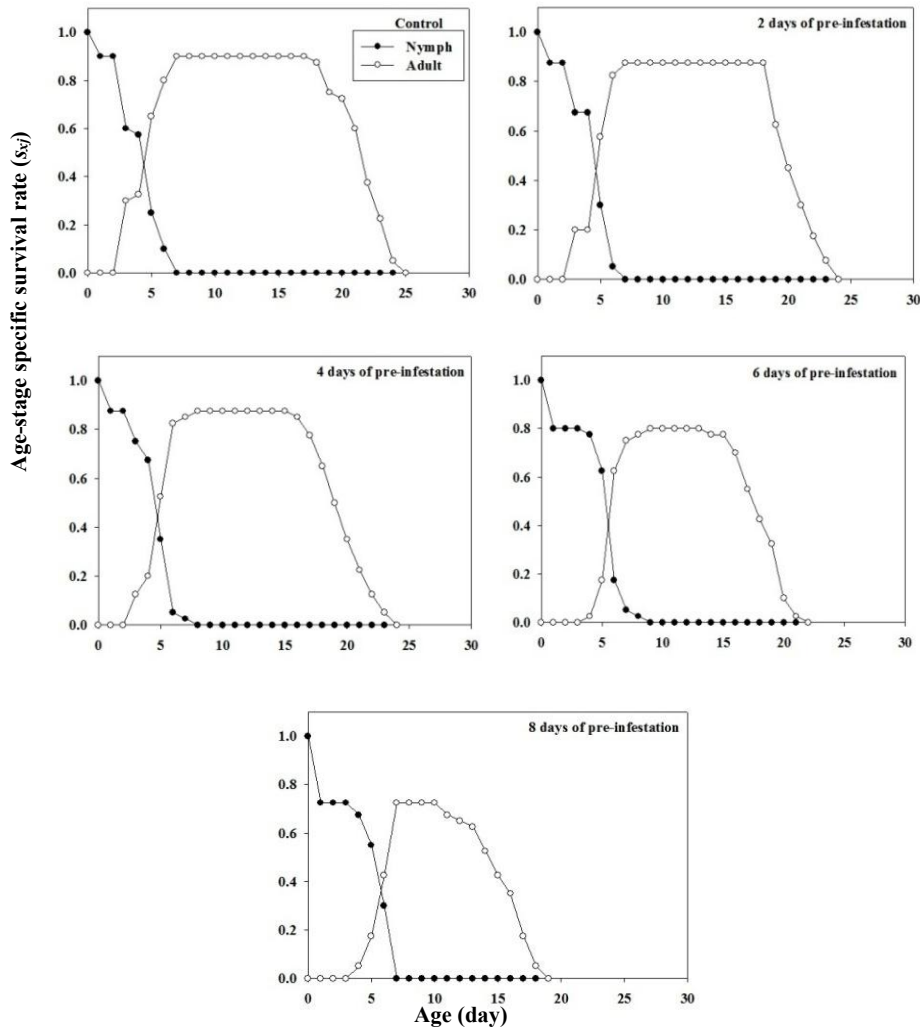
**means in each column followed with different letters are significantly different by paired bootstrap ($P<0.05$).

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های (\pm) تاثیر آلودگی پیشین بوته‌های خیار روی نرخ ناخالص تولید مثلی (GRR)، نرخ خالص تولید مثلی (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و میانگین مدت زمان یک نسل (T) درخیار رقم استورم.

Table 8. Means (\pm) of the effects of pre - infestation of cucumber plants with melon aphid on the gross reproduction rate (GRR), net reproduction rate (R_0), intrinsic rate of natural increase (r), finit rate of increase (λ) and mean generation time (T) on Storm cultivar of cucumber.

Treatments (days of pre- infestation)	GRR	R_0	r	λ	T
Control	708 ^{a*} . 0±63.51	74 ^a . 2 ±63.44	0.018 ^a ± 0.463	0.028 ^{a*} ± 1.589	275 ^{a*} . 0 ±19.8
2 days	979 ^b . 0 ±48.32	2.79 ^{b*} ± 39.99	012 ^b . 0±397.0	018 ^b . 0±487.1	202 ^b . 0 ±30.9
4 days	646 ^c . 1 ±44.69	01 ^{ab} 3 ± 05.36	013 ^b . 0 ±391.0	018 ^b . 0 ±479.1	154 ^b . 0 ±16.9
6 days	932 ^d . 1 ±79.28	10 ^c . 2 ±60.19	012 ^c . 0±0.320	018 ^c . 0 ±377.1	213 ^c . 0 ±30.9
8 days	309 ^e . 1±61.22	72 ^d . 1 ±25.13	017 ^d . 0 ± 273.0	022 ^d . 0 ±313.1	299 ^d . 0 ±46.9

*means in each column followed by different letters are significantly different by paired bootstrap ($P<0.05$).

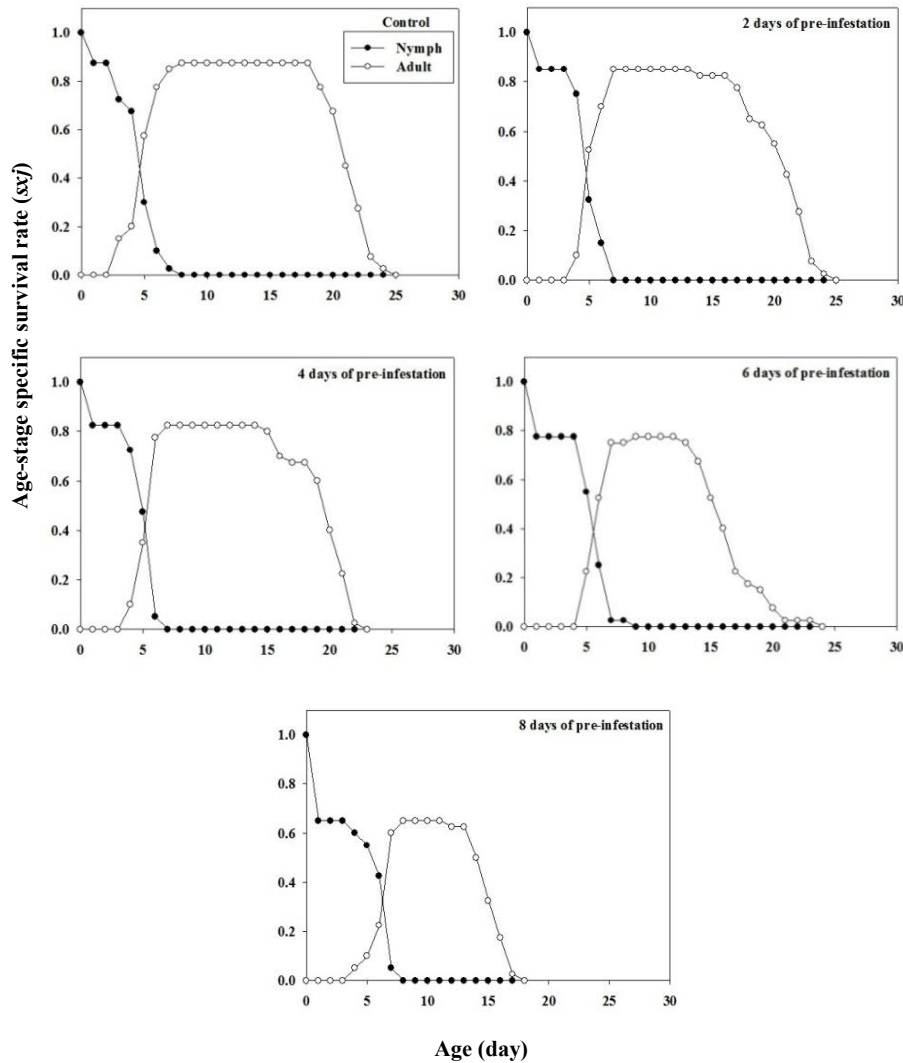


شکل ۱- نمودار نرخ بقای ویژه سنی- مرحله‌ای شته جالیز روی رقم رویال

Fig. 1. Age-stage specific survival rate (s_{xj}) of the melon aphid on cucumber cultivar Royal.

باروری ویژه‌ی سنی- مرحله‌ای (f_{ij})، یعنی تعداد نتاج تولیدشده توسط هر فرد ماده‌ی شته جالیز در سن x و مرحله‌ی زمعین روی ارقام رویال و استروم در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. در رقم رویال بیشترین باروری روزانه‌ی (اوج f_{ij}) در دو روز بعد از آلودگی، شاهد، چهار روز بعد از آلودگی، هشت روز بعد از آلودگی و شش روز بعد از آلودگی به ترتیب ۷/۵۰، ۶/۷۵، ۶/۲۵، ۵/۴۸ و ۴/۵۸ پوره بود که به ترتیب در روزهای ۴، ۸، ۶، ۹ و ۷ اتفاق افتاد. زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) شته جالیز در تیمارهای پیش آلودگی مختلف روی رقم رویال در شکل ۳ ارایه شده است. آغاز پوره‌زایی اولین شته در تیمارهای مختلف به ترتیب در سن‌های ۴، ۳، ۴، ۳ و ۴ روز اتفاق افتاد. روی رقم رویال بیشترین باروری روزانه‌ی شته در تیمارهای دو روز بعد از آلودگی، شاهد، شش روز بعد از آلودگی، چهار روز بعد از آلودگی و هشت روز بعد از آلودگی به ترتیب معادل ۶/۸۶، ۶/۷۵، ۵/۹۰، ۵/۸۹ و ۴/۵۸ ماده/ ماده/ روز بود که به ترتیب در روزهای ۷، ۸،

۹، ۶ و ۷ روزه اتفاق افتاد. بنابراین از نظر حداکثر پوره‌زایی در یک روز بیشترین و کمترین تعداد حداکثر پوره‌زایی در دو روز بعد از آلودگی و هشت روز بعد از آلودگی اتفاق افتاده است.

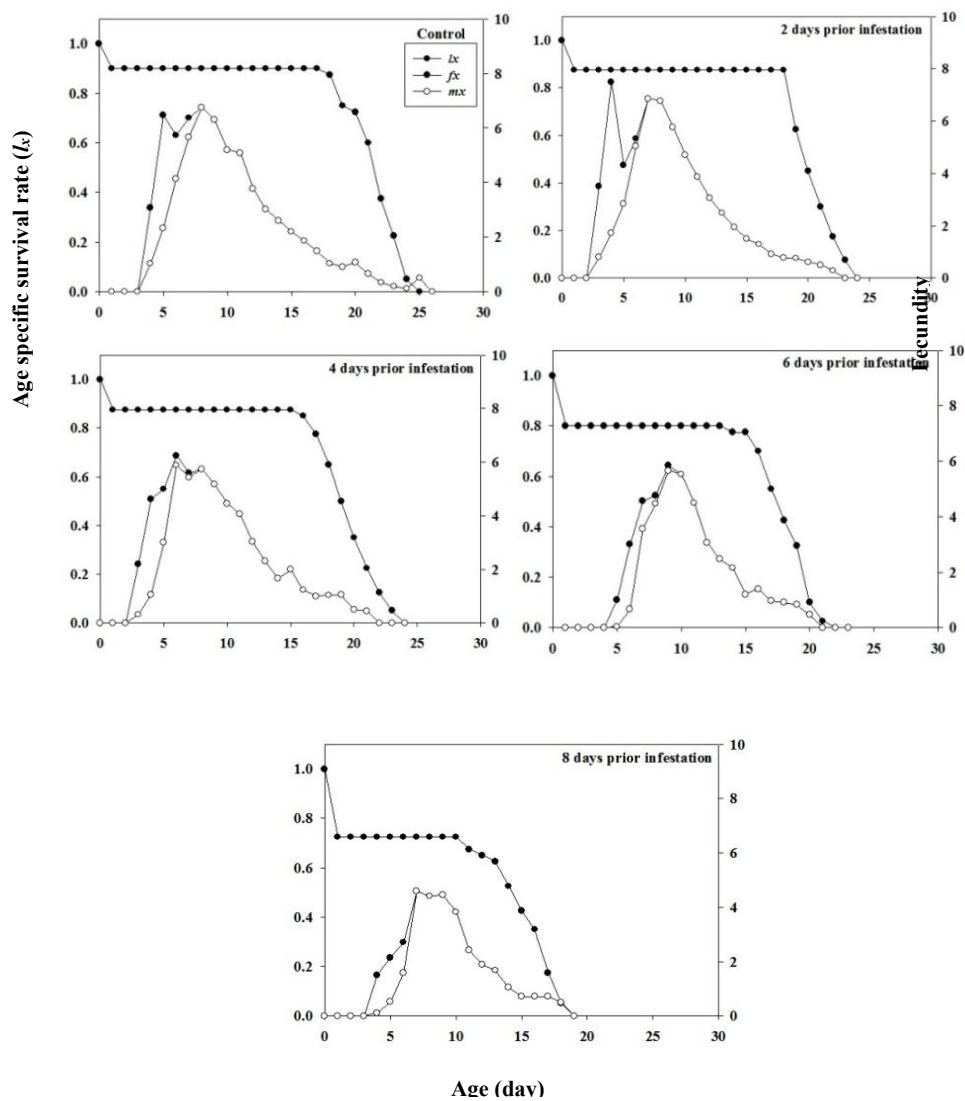


شکل ۲- نمودار نرخ بقای ویژه ای سنی شته جالیز روی رقم استورم

Fig. 2. Age-stage specific survival rate (s_{xj}) of the melon aphid on cucumber cultivar Storm.

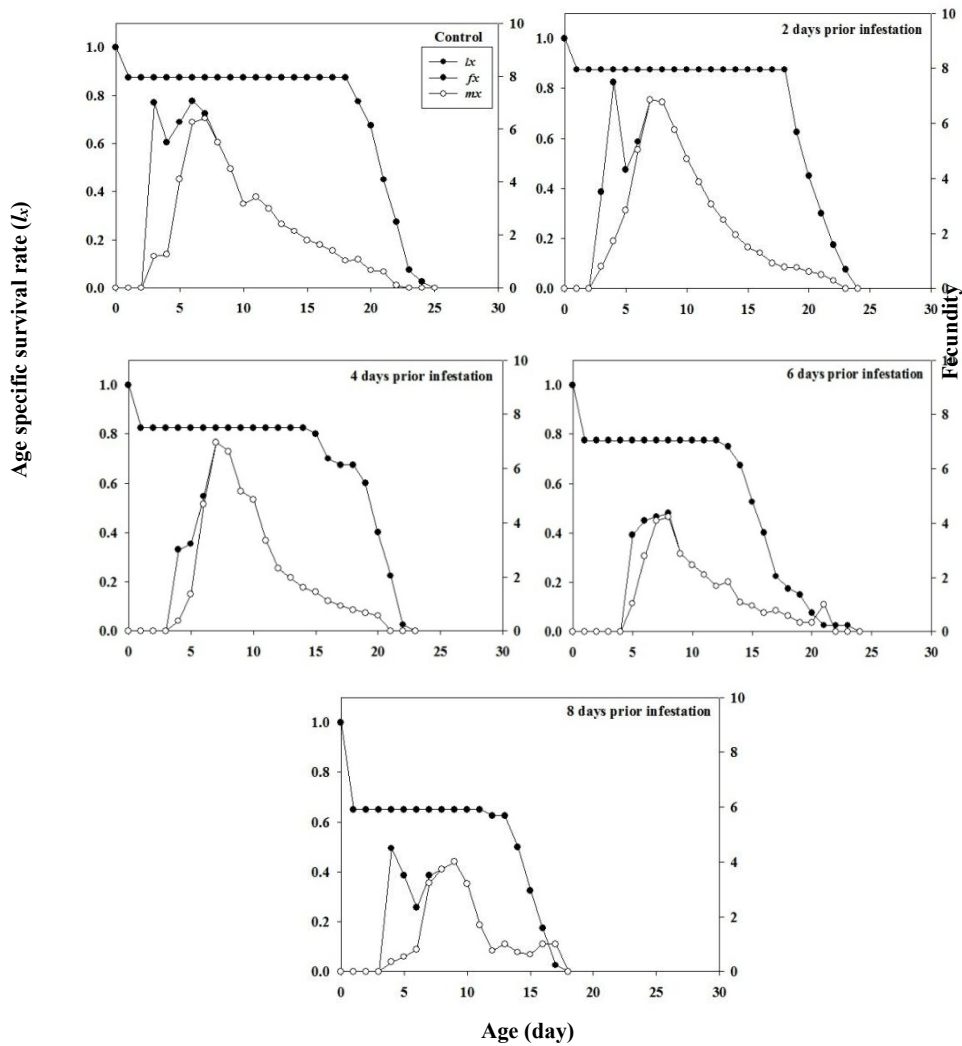
در رقم استورم بیشترین باروری روزانه‌ی (اوج f_{xj}) در دو روز بعد از آلودگی، شاهد، چهار روز بعد از آلودگی، هشت روز بعد از آلودگی و شش روز بعد از آلودگی به ترتیب ۷/۵۰، ۷/۰۷، ۶/۹۶، ۴/۵۰ و ۴/۴۴ پوره بود که به ترتیب در روزهای ۴، ۶، ۷، ۴ و ۸ اتفاق افتاد. زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) شته جالیز در تیمارهای پیش آلودگی مختلف روی رقم استورم در شکل ۴ نشان داده شده است. آغاز پوره‌زایی اولین شته جالیز در تیمارهای مختلف به ترتیب در سن‌های ۴، ۴، ۴، ۵ و ۴ روزه اتفاق افتاد. بیشترین باروری روزانه‌ی شته جالیز در تیمارهای چهار روز بعد از آلودگی، دو روز بعد از آلودگی، شاهد، شش روز بعد از آلودگی و هشت روز بعد از آلودگی روی رقم استورم به ترتیب معادل ۶/۴۰، ۶/۸۶، ۶/۹۶، ۶/۸۶، ۶/۴۰،

۴/۳۶ و ۴/۰۰ ماده/ ماده/ روز است که به ترتیب در روزهای در سن‌های ۷، ۷، ۸ و ۹ روزه در رقم استورم اتفاق افتاد. بنابراین از نظر حداکثر پوره‌زایی در یک روز بیشترین و کمترین مقدار حداکثر تخم تولیدی در دو روز بعد از آلودگی و هشت روز بعد از آلودگی اتفاق افتاده است.



شکل ۳- منحنی‌های تغییرات باروری ویژه سنی - مرحله‌ای (f_{xj})، بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) شته جالیز روی تیمارهای مختلف پیش-آلودگی در رقم رویال.

Fig. 3. Age-stage specific fertility (f_{xj}), age specific survival rate (l_x) and age specific fertility (m_x) of melon aphid in different pre-infested periods on cucumber cultivar Royal.



شکل ۴- منحنی‌های تغییرات باروری ویژه سنی-مرحله‌ای (f_{xy})، بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) شته جالیز روی تیمارهای مختلف پیش-آلودگی در رقم استورم.

Fig. 4. Age-stage specific fertility (f_{xy}), age specific survival rate (l_x) and age specific fertility (m_x) of melon aphid in different pre-infested periods on cucumber cultivar Storm.

مقایسه میانگین‌های انجام شده نشان داد که علاوه بر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مورد آزمایش، اختلاف معنی‌داری هم بین ارقام مورد استفاده وجود دارد، ولی از نظر تاثیر متقابل رقم با مدت زمان‌های آلودگی پیشین در هیچ یک از پارامترهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری دیده نشد. در تیمارهای ۶ و ۸ روز آلودگی پیشین با شته جالیز کاهش تراکم جمعیت آفت احتمالاً ناشی از مواد شیمیایی ثانویه تولید شده در زمان پیش‌آلوده‌سازی گیاه باشد. محققین متعددی ظهور مقاومت القایی ناشی از پیش‌آلوده سازی گیاهان میزبان را گزارش نموده‌اند. به عنوان مثال، تغذیه‌ی کنه تارتن از گیاه پنبه و سویا موجب القای مقاومت در این گیاهان می‌شود که افزایش بعدی جمعیت این کنه را بطور موثری محدود می‌کند (Harrison & Karban, 1986). همچنین در اثر پیش‌آلوده سازی گیاه گوجه‌فرنگی به شته

Macrosiphom euphorbiae Thomas در گیاه میزبان مقاومت القایی ایجاد می‌شود که دلیل احتمالی این موضوع بیان ژن‌های مقاومت در گیاه می‌باشد (Kaloshian et al., 2000). Wool & Hales (1996) نشان داده‌اند که آلودگی‌های پیشین گیاهان پنبه به شته سبز جالیز موجب کاهش رشد جمعیت بعدی این شته می‌شود. مطالعات دیگر روی گیاهان گوجه فرنگی نشان داده است که آلودگی‌های پیشین گیاه به سفید بالک *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring موجب تولید پروتئین‌هایی در گیاه می‌شود که روی جمعیت آفت تاثیر منفی دارد و در نتیجه موجب کاهش رشد جمعیت آن می‌شود (Mayer et al., 2002). باتوجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان استنتاج نمود که آلودگی پیشین گیاه خیار به شته جالیز برای مدت زمان‌های مختلف می‌تواند موجب بروز مقاومت القایی در گیاه شود و متناسب با افزایش مدت زمان آلودگی اولیه تا مدت ۶ روز القای مقاومت تشدید می‌شود و احتمالاً در اثر تغذیه آفت مواد شیمیایی دفاعی بیشتری در خیار تولید می‌شود. ولی چون بین تیمارهای ۶ و ۸ روز آلودگی پیشین تفاوت معنی داری از نظر پارامترهای رشد جمعیت بعدی شته جالیز مشاهده نگردید، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌آلوده سازی خیار به شته جالیز به مدت ۶ روز برای ظهور مقاومت القایی در گیاه خیار مطلوب می‌باشد. Bentur & Kalode (1996) نشان داده‌اند که مقاومت در برنج نسبت به آفت *Orseolia oryzae* Wood-Mason در مدت چهار هفته بعد از آلوده سازی پیشین توسط این آفت القا می‌شود و در نهایت موجب کاهش جمعیت آفت می‌شود. مقاومت القایی در گیاهان سویا نسبت به *Epilachna varivestis* Mulsant در مدت سه روز بعد از آلودگی پیشین به وجود آمده است (Underwood, 1999). مطالعات دیگر روی گیاه گوجه فرنگی نشان داده است که در اثر آلودگی‌های اولیه گوجه فرنگی به آفات مختلف مواد شیمیایی دفاعی و پروتئین‌های ضد تغذیه در گیاه تولید می‌شود. پروتئین‌های ضد تغذیه و آنزیم‌های اکسیدکننده مانند پلی‌فنول‌اکسیداز، پراکسیداز و لیپوکسیژناز برای مدت ۲۱ روز بعد از القای مقاومت در برگچه‌های گیاهان خسارت دیده گوجه فرنگی باقی مانده و بر روی حشرات آفت تاثیر می‌گذارند (Stout et al., 1996). Thompson & Goggin (2006) نشان دادند که بیان ژن‌های مقاومت در گیاه بر تغذیه آفات شیره خوار اثرات منفی دارد. به این ترتیب که تغییرات فیزیولوژیکی در گیاهان میزبان و تولید مواد متابولیکی ثانویه موجب کاهش خسارت و در نتیجه کاهش آفت می‌شود. بطور کلی می‌توان گفت مقاومت القایی ایجاد شده در گیاه باعث کاهش نرخ بقاء در مرحله نابالغی حشره، کاهش نرخ نشو و نما، کاهش تخم‌ریزی و همچنین کاهش رشد جمعیت می‌شود (Stout et al., 2006). استفاده از آفت‌کش‌ها روی خیار گلخانه‌ای به صورت مکرر سبب باقی ماندن بقایای آن‌ها روی محصول و به خطر افتادن سلامتی مصرف‌کنندگان می‌شود. ضمناً درجات مختلفی از مقاومت به اغلب حشره‌کش‌های مورد استفاده در این حشره مشاهده شده (Herron et al., 2000) که به افزایش دز مصرفی آفت‌کش‌های مورد نظر منجر شده است. بنابراین، تلاش محققین برای یافتن روش‌های کنترل کم‌خطر و جایگزین در قالب استراتژی کنترل تلفیقی آفات افزایش یافته است که در این راستا، استفاده از مقاومت القایی، ارقام مقاوم، دشمنان طبیعی و روش‌های زراعی از روش‌های مهم کنترل این آفت می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از مقاومت القایی می‌توان در قالب مدیریت تلفیقی شته جالیز در گلخانه‌ها به‌نحو موثری استفاده نمود.

References

- Agrawal, A. A., Tuzun, S. & Bent, E. (1999) *Induced plant defenses against pathogens and herbivores: Biochemistry, ecology and agriculture*. APS Press, Saint Paul 390 pp.
- Akca, I., Ayvaz, T., Yazici, E., Smith, C. L. & Chi, H. (2015) Demography and population projection of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae): with additional comments on life table research criteria. *Journal of Economic Entomology*, 108, 1466–1478.

- Baldwin, I. T.** (1994) Chemical changes rapidly induced by folivory. in Bernays E.A. (Ed) *Insect-plant interactions*, vol. 5. pp 1– 23. CRC, Boca Raton.
- Bentur J. S. & Kalode, M. B.** (1996) Hypersensitive reaction and induced resistance in rice against the Asian rice gall midge *Orseolia oryzae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 78, 77– 81.
- Bramstedt, F.** (1938) Der nachweis der blutlausunanfalligkeit der apfelsorten auf histologischer grundlage. *Z. Pflanzenkrank Pflanzenschutz* 48, 480– 488.
- Brown, G. C., Nurdin, F., Rodriguez, J. G. & Hilderand, D. F.** (1991) Inducible resistance of soybean (var. Williams) to two spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Journal of the Kansas Entomological Society* 64, 388– 393.
- Capinera, J. L.** (2007) Melon aphid or cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Insecta: Homoptera: Aphididae). University of Florida Agricultural. *Extension Servic Bulletin* 173, 1– 5.
- Carey, J. R.** (2001) Insect biodemography. *Annual Review of Entomology* 46, 79- 110.
- Chi, H. & Su, H.Y.** (2006) Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology* 35, 10– 21.
- Chi, H.** (2015) Timing- MSChart: A Computer Program for the Population Projection Based on Age- Stage, Two-sex Life Table. (<http://140.120.197.173/Ecology/Download/TIMING-MSChart.rar>).
- Green, T. R. & Ryan, C. A.** (1972) Wound-induced Proteinase Inhibitor in Tomato Leaves. *Plant physiology* 51, 19– 21.
- Hardee, D. D.** (1993) *Resistance in aphid and whiteflies: principle and keys to management*. 20– 23 pp. in Proceedings of Beltwide Cotton Production Research Conference. National Cotton Council of America, Memphis.
- Harrison, S. & Karban, R.** (1986) Behavioral response of spider mites (*Tetranychus urticae*) to induced resistance of cotton plants. *Ecological Entomology* 11, 181– 188.
- Herron, G., Powis, K. & Rophail, J.** (2000) Baseline studies and preliminary resistance survey of Australian populations of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hom.: Aphididae). *Australian Journal of Entomology* 39, 33– 38.
- Kaloshian, I., Kinsey, M. G., Williamson, V. M. & Ullman, D. E.** (2000) Mi-mediated resistance against the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera: Aphididae), limits sieve element ingestion. *Environmental Entomology* 29, 690– 695.
- Karban, R. & Baldwin, I. T.** (1997) *Induced resistance to herbivory*. Chicago University Press, Chicago. IL. USA, 330 pp.
- Karban, R., Adamchak, R. & Schnathorst, W. C.** (1987) Induced resistance and interspecific competition between spider mites and a vascular wilt fungus. *Science* 235, 678– 680.
- Kersting, U., Star, S. & Uygun, N.** (1999) Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Hom.: Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. *Journal Applied Entomology* 123, 23– 27.
- Kogan, M. & Paxton, J.** (1983) Natural inducers of plant resistance to insects. in Hedin P.A. (Ed) *Plant resistance to insects*. Series 208, 153– 171. American Chemical Society Symposium. American Chemical Society. Washington, DC.
- Mayer, R. T., Inbar, M., McKenzie, C. L., Shatters, R. & Borowicz, V.** (2002) Multitrophic interactions of the silverleaf whitefly, host plants, competing herbivores, and phytopathogens. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 51, 151– 169.
- Omer, A. D., Thaler, J. S., Granett, J. & Karban, R.** (2000) Jasmonic acid induced resistance in grapevines to a root and leaf feeder, *Journal of Economic Entomology* 93, 840– 845.

-
- Reddy, G. V. P. & Chi, H.** (2015) Demographic comparison of sweetpotato weevil reared on a major host, *Ipomoea batatas*, and an alternative host, *I. triloba*. *Scientific Reports* 5: 11871.
- Schmeltz, E. A., Alborn, H. T., Banchio, E. & Tumlinson J. H.** (2003) Quantitative relationships between induced jasmonic acid levels and volatile emission in *Zea mays* during *Spodoptera exigua* herbivory. *Planta* 216, 665– 673.
- Shelton, A. L.** (2004) Variation in chemical defenses of plants may improve the effectiveness of defense. *Evolutionary Ecological Research* 6, 709– 26.
- Stout, M. J. & Duffey, S. S.** (1996) Characterization of induced resistance in tomato plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 79, 273– 283.
- Stout, M. J., Thaler, J. S. & Thomma, B. P. H. J.** (2006) Plant mediated interactions between pathogenic microorganisms and herbivorous arthropods. *Annual Review of Entomology* 51, 663– 689.
- Stout, M. J., Workman, K. V. & Duffey, S. S.** (1996a) Identity, spatial distribution and variability of induced chemical responses in tomato plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 79, 255– 271.
- Thompson, G. A. & Goggin, F. L.** (2006) Transcriptomics and functional genomics of plant defense induction by phloem-feeding insects. *Journal of Experimental Botany* 57, 755– 766.
- Underwood, N.** (1999) The influence of plant and herbivore characteristics on the interactions between induced resistance and herbivore population dynamics. *American Naturalist* 153, 282– 294.
- Underwood, N.** (2000) Density dependence in induced plant resistance to herbivore damage: threshold, strength and genetic variation. *Oikos* 89, 295– 300.
- Wool, D. & Hales, D. F.** (1996) Previous infestation affects recolonization of cotton by *Aphis gossypii*: induced resistance or plant damage. *Phytoparasitica* 24, 39– 48.
-