

اثر تغذیه سن شکارگر *Macrolophus pygmaeus* از گیاه و استفاده از ترکیب دارای اسید آمینه آزاد روی فراسنجه‌های زیستی *Trialeurodes vaporariorum* و کارایی *Encarsia formosa*

غلامحسین قره‌خانی[✉]، آرزو وندشوعی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران. Qgharakhani@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۲ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۲

چکیده

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* آفتی پلی‌فاژ و با اهمیت اقتصادی در سرتاسر جهان است. در این پژوهش اثر تغذیه‌ی سن شکارگر *Macrolophus pygmaeus* و استفاده از ترکیب دارای اسید آمینه‌ی آزاد (دلفان پلاس) روی فراسنجه‌های زیستی سفیدبالک گلخانه روی لوبیا (رقم ازنا و گلی) و خیار (رقم کیش و سوپر استار) و نیز تاثیر این تیمارها روی میزان انگلی شدن توسط زنبور *E. formosa* مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین درصد استقرار سفیدبالک در تیمارهای دارای شکارگر و دلفان پلاس به ترتیب مربوط در (کیش: شکارگر: ۱۰/۹۳ و دلفان: ۱/۵۹) بوده است و بیشترین کاهش استقرار روی لوبیا رقم ازنا (با دلفان: ۰/۷۵) و در خیار روی رقم سوپر استار (با دلفان: ۰/۸۱) به دست آمد. همچنین ترکیب دلفان پلاس به طور معنی‌داری باعث کاهش درصد زنده‌مانی تخم سفیدبالک گلخانه روی هر دو واریته خیار و لوبیا نسبت به شاهد مربوطه و نیز کاهش تعداد پوره به ازای هر ماده در تیمارها نسبت به شاهد شده است. علاوه بر این تعداد حشرات کامل ظاهر شده به ازای هر ماده در تیمارهای دارای دلفان پلاس در ارقام هر دو گیاه نسبت به شاهد کاهش پیدا کرده است. در ارتباط با اثر تیمارها روی میزان انگلی شدن هم اثرات دو جانبه گیاه-شکارگر، گیاه-دلفان پلاس و شکارگر-دلفان پلاس در مقایسه میانگین‌ها معنی دار به دست آمد. به طور کلی تاثیر هم‌اثرات دو جانبه مذکور باعث افزایش درصد انگلی شدن پوره‌های سن سوم و چهارم سفید بالک بوسیله زنبور *E. formosa* در تیمارها نسبت به شاهد شده است.

کلمات کلیدی: سفیدبالک، شکارگر، پارازیتوئید، دفاع گیاه، اسید آمینه آزاد

Effect of feeding the predatory bug *Macrolophus pygmaeus* on plant and using a combination of free amino acids on biological parameters of *Trialeurodes vaporariorum* and efficiency of *Encarsia formosa*

Gholamhossein Gharekhani[✉], Arezu Vandshoaei

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

Qgharakhani@gmail.com

Received: 3 November 2022

Revised: 16 May 2023

Accepted: 23 May 2023

Abstract

Greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* is a polyphagous and economically important pest throughout the world. In this study effect of the feeding of predatory bug *Macrolophus pygmaeus* and spraying of a free amino acid (Delphan Plus®) on biological parameters of the greenhouse whitefly on two cultivars of bean (Azna and Guli cultivars) and cucumber (Kish and Super Star cultivars) as well as the effect of the treatments on parasitization rate by *Encarsia formosa* were evaluated. Mean comparisons showed that the highest and lowest percentages of whitefly establishment were related to the treatments with predator and Delphan Plus in (Kish: predator 10.93 and Delphan 1.59) respectively, while the highest reduction in establishment was obtained on the Azna bean variety (with Delphan: 0.75) and Super Star variety on the cucumber (with Delphan: 0.81). Also, Delphan Plus has significantly reduced the percentage of herbivore eggs survival on both cucumber and bean varieties compared to the corresponding control as well as reduced the number of nymphs per female in the treatments. In addition, the number of adults that appeared per female decreased in treatments with Delphan Plus in the cultivars of both plants compared to the control. Regarding the parasitization percentage, the interaction effects bilateral interactions of plant-predator, plant-Delphan plus and predator- Delphan plus were also observed. In general, the effect of all the mentioned bilateral interactions caused an increase in the percentage of parasitization of third and fourth instar nymphs by *E. formosa* in the treatments compared to the control.

Keywords: Whitefly, Predator, Parasitoid, Plant defense, free amino acid

How to cite:

G Gharekhani, A Vandshoaei 2023. Effect of feeding the predatory bug *Macrolophus pygmaeus* on plant and using a combination of free amino acids on biological parameters of *Trialeurodes vaporariorum* and efficiency of *Encarsia formosa*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (4): 379-397.

مقدمه

زیستی این حشره تغذیه می‌کنند. یکی از این شکارگرها سن شکارگر همه چیزخوار *Macrolophus pygmaeus* Rambur متعلق به خانواده Miridae می‌باشد (Deneve 2015). این سن شکارگر جزو سن‌های چندخوار می‌باشد و رفتار تغذیه‌ای گوستخواری-گیاهخواری دارد (Perdikis & Lykouressis, 2000; Pappas et al. 2015; Azimi et al. 2016; Zhang et al. 2017) و می‌تواند در زمان فقدان طعمه جانوری از منابع گیاهی تغذیه کرده و چرخه زندگی خود را تکمیل کند و در این صورت بدون تردید ویژگی‌های زیستی آن‌ها تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد (Lykouressis & Perdikis, 2014). همچنین در بررسی Perdikis & Lykouressis (2000) رشد و بقای پوره‌های سن شکارگر *M. pygmaeus* روی انواع مختلف گیاهان میزبان، در حضور و غیاب انواع طعمه حشرات و گرده‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج آنها این حشره می‌تواند نشوونمای خود را با موفقیت روی گوجه فرنگی، بادمجان، خیار، فلفل و لوبیا سبز در شرایط عدم وجود طعمه حشره‌ای تکمیل کند. این شکارگر در حضور طعمه حشره‌ای، کوتاه‌ترین دوره رشد پورگی را روی بادمجان به ترتیب با حضور *T. vaporariorum* و پس از آن روی شته‌ی سبز هلو (*Myzus persicae* (Sulzer) و شته‌ی باقلا *Aphis Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) شته‌ی پنبه *Tetranychus urticae* Glover و کنه‌ی دولک‌های *Koch* داشت. مرگ و میر پوره‌های شکارگر در غیاب طعمه جانوری روی گیاهان میزبان مختلف گزارش شده است اما وقوع مرگ و میر به اندازه‌ای نبوده است که عامل محدود کننده استقرار شکارگر باشد. پوره‌ها و حشرات کامل این شکارگر از تمام مراحل سفیدبالک‌ها با ترجیح تخم و لارو تغذیه می‌کنند (Azimi et al. 2016). در یک بررسی، اثر تغذیه *M. pygmaeus* از شهد گل‌ها روی باروری و طول عمر این شکارگر جانور خوار-گیاهخوار مورد آزمایش قرار گرفت. طبق نتایج به دست آمده زنده‌مانی آن با تغذیه از شهد میزبان‌های مختلف به طور معنی دار تحت تاثیر قرار گرفت. همچنین نشان داده شده است که تغذیه *M. pygmaeus* از برگ و ساقه نمی‌تواند به عنوان جایگزین مناسب برای شهد در نظر گرفته شود (Portillo et al. 2012). از طرفی تغذیه این شکارگر از گیاهان در برابر برخی از آفات گیاه-خوار مقاومت القایی ایجاد می‌کند (Delphia et al. 2007; Pappas et al. 2015; Zhang et al. 2017). به طور کلی، واکنش دفاعی ساختاری در همه زمان‌ها وجود دارد ولی دفاع القایی گیاهان گاهی توسط فرایند گیاهخواری تقویت شده یا فعال می‌شود که شامل تولید مولکول‌های پیام‌رسان بوده و منجر به

امروزه سفید بالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) به یکی از مهمترین آفات جهان تبدیل شده است که روی محصولات مختلف گلخانه‌ای مثل خیار و گوجه فرنگی، همچنین سایر محصولات زراعی، صیفی و زینتی خسارت وارد می‌کند و باعث کاهش کمی و کیفی محصولات می‌شود اگر چه بیش از ۱۵۰۰ گونه سفیدبالک وجود دارد تنها تعداد معدودی باعث خسارت جدی اقتصادی می‌شوند که سفیدبالک گلخانه سهم عمده‌ای از خسارت را در اکثر گلخانه‌های جهان را به خود اختصاص می‌دهد. در ایران هم این حشره به یک آفت خطرناک و اقتصادی تبدیل شده است که باعث افت کمی و کیفی محصولات مختلف می‌شود. البته تاکنون روش‌های مختلفی شامل کنترل شیمیایی، کنترل بیولوژیک و کنترل رفتاری برای مبارزه با این آفت استفاده شده است ولی پژوهشگران بر یافتن روش‌های جدید مدیریتی سازگار با محیط زیست تاکید دارند (Samadipour et al. 2023 Foruzan & Noori 2023;). این حشره در نواحی سردسیر در فصل رشد و نمو گیاهان و در نواحی معتدل حتی در فصل زمستان و در تمام فصول سال در مکان‌های حفاظت شده کشاورزی مثل گلخانه‌ها می‌تواند پدیدار شود (Bonsignore 2015). منشا این آفت نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری آمریکا ذکر شده است (Gao et al. 2014). این حشره به ۸۶۰ گونه گیاهی از ۴۶۹ جنس و ۱۲۱ تیره حمله می‌کند (Mirzamohammadzadeh et al. 2014). سفیدبالک‌ها دارای چهار سن پورگی می‌باشند که به پوره سن چهارم سفیره نیز اطلاق می‌شود (Shishehbor 2002). در *T. vaporariorum* حشرات کامل پس از خروج از سفیره، در گلخانه پرواز کرده و روی گیاهان پراکنده می‌شوند و با افزایش اندازه‌ی گیاه و دما، پراکنش افزایش پیدا می‌کند (Blancard 2012). زنبور *Gahan Encarsia formosa* از سال ۱۹۲۶ با موفقیت در ایالات متحده آمریکا و سایر کشورها برای کنترل سفیدبالک‌ها در گلخانه مورد استفاده قرار گرفته است (Hu et al. 2002) و سالیان متوالی به عنوان یک عامل کنترل بیولوژیک موفق روی محصولات گلخانه‌ای و زینتی در سرتاسر جهان برای کنترل *T. vaporariorum* استفاده شده است (Drobnjakovic et al. 2016). این زنبور قادر است روی همه مراحل پورگی سفیدبالک گلخانه دوره رشد خود را تکمیل کند (Grille et al. 2012)، اما بیشتر پوره سن سوم و چهارم را ترجیح می‌دهد (Wang et al. 2015). در کنار این پارازیتوئید، حشرات شکارگر هم در زیستگاه‌های سفیدبالک گلخانه وجود دارند که از مراحل مختلف

امروزه کاربرد مواد پروتئینی در کشاورزی و با اهداف تقویت گیاه و کنترل آفات مطرح بوده و ترکیبات مختلفی به عنوان نوساداروی بسیاری از آفات و بیماری‌ها توصیه می‌شود. یکی از این ترکیبات پروتئینی با نام تجاری دلفان پلاس در بازارها به-فروش می‌رسد. این بررسی با هدف مطالعه بررسی تاثیر سه جانبه و دو جانبه گیاه میزبان، اثر تغذیه‌ای شکارگر *M. pygmaeus* از گیاه و پاشش ترکیب حاوی اسید آمینه آزاد روی درصد استقرار، فراسنجه‌های زیستی سفیدبالک *T. vaporariorum* و انگلی شدن توسط زنبور *E. formosa* انجام شد.

مواد و روش‌ها

پرورش *T. vaporariorum*

برای اجرای پژوهش حاضر، سفیدبالک گلخانه از گلخانه تجاری کشت گوجه‌فرنگی در شهرستان عجب‌شیر جمع‌آوری و به گلخانه تحقیقاتی دانشگاه مراغه انتقال داده شد. سفیدبالک‌های جمع‌آوری شده با استفاده از کلید شناسایی (Ghahhari & Hatami 2001) به عنوان *T. vaporariorum* شناسایی شد. سفیدبالک‌ها روی گیاه خیار رقم (Super Arshia (F1) و لوبیا چیتی (رقم محلی زنجان) در شرایط گلخانه‌ای ($5 \pm$ ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی $10 \pm 60\%$ و شرایط نوری طبیعی) در قفس چوبی ($60 \times 300 \times 100$ سانتی متر) که با پارچه توری (۵۰ مش) محصور شده بود، رهاسازی شد. برای تعیین نسل آزمایشگاهی و هم‌سن‌سازی سفیدبالک‌ها برای انجام آزمایش‌های مورد نظر، ۴۸ ساعت پس از رهاسازی سفیدبالک، حشرات کامل سفیدبالک به وسیله‌ی آسپیراتور دستی جمع‌آوری و گیاهان حاوی تخم‌های سفیدبالک در قفس‌های جداگانه ($60 \times 60 \times 100$ سانتی متر) نگهداری شدند. گیاهان داخل قفس بصورت روزانه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند و پس از طی مراحل پورگی و ظهور حشرات کامل، حشرات کامل با آسپیراتور دستی جمع‌آوری و روی گیاهان سالم در داخل قفس جدیدی رهاسازی شدند و بدین ترتیب تولید مداوم گیاهان با مراحل پورگی مورد نظر سفیدبالک، انجام پذیرفت. به طور کلی، سه نسل از سفیدبالک‌های جمع‌آوری شده در اتاقک‌های مورد اشاره پرورش داده شدند و برای آزمایش‌ها از سفیدبالک‌های نسل سوم به بعد استفاده شد.

پرورش سن شکارگر *M. pygmaeus*

گروه اولیه حشرات کامل سن شکارگر *M. pygmaeus* از

بیوسنتز و تجمع ترکیبات خاص مانند سموم و مهارکننده‌های هضم می‌شود (Kant et al. 2015). دفاع‌های ناشی از گیاهان شامل تولید متابولیت‌های آنتی‌بیوتیک یا آنتی‌زنوزی است که به طور مستقیم بر عملکرد و رفتار گیاه‌خواران تأثیر می‌گذارد. این دفاع‌ها به صورت مستقیم یا غیرمستقیم القا می‌شوند و یکی از دفاع‌های گیاهی شامل انتشار مواد فرار است که به طور غیر مستقیم پارازیتوئیدها یا شکارگران را به گیاهان آلوده جذب کرده و از این طریق به طور غیرمستقیم بر گیاه‌خواران تأثیر می‌گذارد (Dicke et al. 2009; Luan et al. 2013; Zhanget al. 2018). تغذیه حشرات گیاه‌خوار در القای دفاع‌های گیاهی علیه آفات گیاه‌خوار بعدی که از همان گیاه تغذیه می‌کنند، تأثیر دارد؛ به طوری که در پژوهشی که توسط Zhang et al. (2017) انجام گرفته است، اثر گیاه‌خواری سن شکارگر همه چیز خوار *M. pygmaeus* روی عملکرد گیاه‌خواران از طریق تأثیر در واکنش‌های دفاعی گیاهی مورد آزمایش قرار گرفت و مشخص شد در برگ‌هایی که در معرض سن شکارگر گیاه‌خوار بودند غلظت جاسمونیک اسید به طور قابل توجهی بیشتر از برگ‌های شاهد بود و عملکرد گیاه‌خواران بعدی کاهش پیدا کرد. همچنین Pappas et al. (2015) که در مطالعه خود اثر تغذیه شکارگر چندخوار *M. pygmaeus* از گیاه گوجه‌فرنگی و بدنال آن تأثیر آن روی دو گونه گیاه‌خوار کنه تارتن *Tetranychus urticae* و سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* را مورد آزمایش قرار دادند، به فعال شدن دفاع گیاهی و القای مقاومت با تغذیه سن شکارگر گیاه‌خوار اشاره داشته‌اند. در مطالعه‌ای دیگر Lin et al. (2019) پاسخ‌های دفاع گیاهی القا شده با استفاده از دو گیاه‌خوار شامل شپشک آرد آلود پنبه (*Phenacoccus solenopsis* Tinsley) و کنه گیاه‌خوار *Tetranychus cinnabarinus*) را روی خیار و اثرات آن روی سفیدبالک (*Bemisia tabci* (Gennadius) مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که درصد حضور *B. tabaci* در تیمارهایی که قبلاً در معرض تغذیه *T. cinnabarinus* بودند، به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای شاهد بود، در مقابل، سفیدبالک‌ها کمتر در گیاهان آلوده به *P. solenopsis* مستقر شده بودند. لازم به توضیح است که پاسخ به گیاه‌خواری علاوه بر اینکه مکانیسمی به منظور دفاع گیاه در مقابل حشرات گیاه‌خوار می‌باشد، می‌تواند تعاملات بین گیاه‌خوارانی که در زمان‌های متفاوت و یا هم‌زمان از یک گیاه تغذیه می‌کنند را تنظیم نماید که با افزایش مقاومت و یا حساسیت گیاه به دیگر حشرات می‌تواند بروز نماید (Karban & Baldwin 1997; Stam et al. 2014).

روزانه بررسی شد و پوره‌هایی که رنگ آنها تیره رنگ بود، نماینگر پوره‌های انگلی شده سفیدبالک بود و زنبورهای خارج شده از پوره‌ها، نسل اول آزمایشگاهی زنبور را تشکیل دادند، به همین ترتیب نسل دوم و سوم آزمایشگاهی تولید و زنبورهای نسل چهارم به بعد در آزمایش‌ها استفاده شد. پرورش زنبورها در شرایط دمایی 25 ± 5 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 10 ± 60 درصد و دوره‌ی نوری طبیعی انجام گرفت.

گیاهان میزبان مورد استفاده در آزمایش‌ها

در این پژوهش از گیاهان لوبیا *Phaseolus vulgaris* L. (ارقام ازنا و گلی) و خیار *Cucumis sativus* L. (ارقام kish F1 و Super Star F1) استفاده شد. بذور لوبیا و خیار برای کاشت به مدت سه روز در داخل ظروف پتری خیس‌انده شدند و پس از جوانه زدن، داخل گلدان‌هایی به قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی متر به تعداد دو بذور در هر گلدان کاشته شدند. خاک گلدان‌ها مخلوطی از خاک باغچه، ماسه و کود دامی به نسبت ۱:۱:۳ بود (Sarrafi Moaiery et al. 2004). سپس گلدان‌ها به داخل اتاقک رشد با شرایط دمایی 25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 10 ± 70 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. آبیاری گلدان‌ها ۳-۴ روز یکبار صورت می‌گرفت. در تمام آزمایش‌ها از گیاهان ۴-۶ برگی استفاده شد.

دلفان‌پلاس

کود دلفان‌پلاس در ظرف یک لیتری از شرکت طراحان دودمان سبز تهیه گردید. این کود ترکیبی بر مبنای ال-آمینواسیدهای آزاد است که دارای ۲۹٪ اسیدآمینو آزاد، ۲۸٪ کربن آلی و ۶٪ ازت آلی است. در همه آزمایش‌ها این ترکیب مطابق دستورالعمل مندرج روی برچسب به نسبت یک در هزار استفاده شد.

بررسی اثر تیمار دلفان‌پلاس و تغذیه‌ی سن شکارگر *M. pygmaeus* روی استقرار حشرات کامل سفیدبالک

پس از آماده کردن گیاهان میزبان از چهار وارسته فوق الذکر، ابتدا مطابق دستورالعمل درج شده در روی ترکیب دلفان‌پلاس به میزان (یک در هزار)، روی گیاهان تیمار به جز تیمارهای شاهد روی و زیر برگ‌های گیاهان پاشش صورت گرفت و ۲۴ ساعت بعد از پاشش، گیاهان به داخل قفس چوبی (۶۰ × ۶۰ × ۱۰۰ سانتی متر) محصور شده با توری ۵۰ مش انتقال داده شدند. در داخل هر قفس دو تکرار از هر رقم گیاه و مجموعاً هشت گلدان قرار گرفت و چیدمان گلدان‌های ارقام لوبیا و خیار در داخل قفس

نمایندگی شرکت کوپرت هلند در ایران تهیه شد. مشابه روش نماینده‌ی شرکت کوپرت هلند در ایران تهیه شد. سن شکارگر استفاده شد. پرورش این حشره در دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس، رطوبت 5 ± 65 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام شد. برای پرورش سن شکارگر، از ظروف پلاستیکی استوانه‌ای درب‌دار با قطر هفت سانتی متر و ارتفاع ۱۵ سانتی متر استفاده شد. برای ایجاد تهویه روی درپوش هر ظرف سوراخی به قطر سه سانتی متر ایجاد و با توری ۱۰۰ مش پوشانده شد. غلاف‌های لوبیا سبز *Phaseolus vulgaris* L. (رقم ازنا) به عنوان بستر تخم‌ریزی و تأمین رطوبت در محیط پرورش قرار داده شد. غلاف‌ها هر ۲۴ ساعت جمع‌آوری و در ظرف‌های جدید قرار داده می‌شدند. روی ظرف‌ها برچسب‌هایی نصب و روی آن تاریخ تخم‌گذاری ثبت می‌شد. پس از تفریح تخم‌ها، تخم شب‌پره آرد به عنوان غذا به ظروف حاوی پوره‌ها اضافه می‌شد. برای جابه‌جایی پوره‌های سنین اول تا سوم از قلم موی شماره دو صفر و برای جابه‌جایی سنین چهارم و پنجم و حشرات کامل از اسپیراتور دستی استفاده می‌شد. شکارگرها به مدت پنج نسل متوالی با روش فوق در آزمایشگاه پرورش داده شدند. پوره‌های سن سوم سن شکارگر *M. pygmaeus* مورد استفاده در آزمایش‌ها ۱۲ ساعت بدون تغذیه داخل لوله‌ی آزمایش در داخل آنکوباتور آزمایشگاه نگه داشته شدند.

پرورش زنبور پارازیتوئید

برای تهیه کلنی اولیه زنبورهای پارازیتوئید از سفیره‌های انگلی شده سفیدبالک توسط *E. formosa* استفاده شد. این سفیره‌ها از روی علف‌های هرز کاهوی وحشی (*Lactuca saligna* L.) در شهرستان مراغه (روستای هرق) جمع‌آوری و به گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه مراغه انتقال داده شد، شناسایی اولیه این گونه با کلید شناسایی (2002) Shishehbor انجام گرفت. سفیره‌های انگلی شده جمع‌آوری شده در داخل قفس‌های چوبی به ابعاد (۶۰ × ۳۰۰ × ۱۰۰) که با توری ۱۰۰ مش محصور شده بود رها سازی شدند. در داخل این قفس‌ها از میزبان خیار رقم (Super Arshia F1) بعنوان میزبان سفیدبالک استفاده شد که روی آن پوره‌های سن سوم و چهارم سفیدبالک گلخانه وجود داشت. بدین ترتیب که برگ حاوی پوره‌های انگلی شده سفیدبالک از وسط سقف قفس مورد نظر آویزان شد و پس از ظهور حشرات کامل زنبور، پس از گذشت ۷۲ ساعت حشرات کامل زنبور جمع‌آوری شد، سپس پوره‌ها

سفیدبالک نر و ماده که دارای عمر ۲۴ - ۰ ساعت بود، رهاسازی شد و ۴۸ ساعت بعد سفیدبالک‌ها حذف گردید، سپس قفس‌های روی برگ‌ها برداشته شد و با استفاده از لنز دستی با بزرگنمایی ۱۰ تعداد تخم‌های روی برگ شمارش و یادداشت شد. پس از شمارش تخم‌ها مجدداً قفس‌ها روی برگ‌ها قرار گرفت و بررسی و پایش برگ‌ها روزانه تا ظهور حشرات کامل ادامه یافت. برای بدست آوردن میزان زنده مانی تخم‌ها، پس از تفریخ تخم‌ها و مستقر شدن پوره‌های سن اول در برگ‌ها، تعداد پوره‌های سن اول شمارش گردید و یادداشت گردید. سرنوشت پوره‌ها تا ظهور حشرات کامل بصورت روزانه پایش شد و با ظهور حشرات کامل، درصد ظهور حشرات کامل به دست آمد. همچنین تعداد تخم، پوره و حشرات کامل به ازای هر ماده محاسبه گردید.

در قسمت دوم این آزمایش، تاثیر گیاهان تغذیه شده با شکارگر *M. pygmaeus* و سپس تیمار شده با دلفان‌پلاس روی درصد زنده‌مانی تخم‌ها و درصد ظهور حشرات کامل سفیدبالک بررسی شد. برای این کار، ابتدا هر کدام از گیاهان مورد آزمایش از ارقام مذکور در مرحله ۴-۶ برگی، همانند آزمایش قبلی در داخل ظرف پلاستیکی مخصوص که قسمت درپوش و سطوح جانبی دارای پنجره‌ی توری (۱۰۰ مش) برای تهویه بود قرار گرفتند. سپس در معرض تغذیه‌ی ۱۰ پوره‌ی سن سوم (۲۴-۰ ساعته) شکارگر *M. pygmaeus* که ۱۲ ساعت تغذیه نداشتند، قرار گرفتند. این شکارگرها از قسمت درپوش ظرف پلاستیکی رهاسازی شدند تا روی گیاه مورد نظر مستقر و یا از آن تغذیه کنند. پس از ۲۴ ساعت شکارگرها با آسپیراتور دستی جمع‌آوری شدند. سپس گیاهان مذکور بجز تیمارهای شاهد با ترکیب دلفان‌پلاس به نسبت یک در هزار پاشش شدند. پس از ۲۴ ساعت مطابق آزمایش قبل، روی برگ‌ها به صورت تصادفی قفس‌های کلیبی پلاستیکی گرد به قطر ۹ سانتیمتر برای لوبیا و مستطیل شکل به ابعاد ۴ × ۱۵ × ۱۳ سانتیمتر برای خیار نصب شد که درپوش آن دارای توری تهویه (۱۰۰ مش) بود. پس از نصب قفس‌ها رها سازی سفیدبالک و حذف آنها بعد از ۴۸ ساعت انجام گرفت و شمارش تخم‌ها و پایش پوره‌ها تا ظهور حشرات کامل و محاسبه تعداد تخم، پوره و حشرات کامل همانند قسمت اول این آزمایش صورت گرفت.

اثر تیمارها روی باروری

برای بررسی اثر تیمارها روی باروری سفیدبالک گلخانه همانند آزمایش‌های قبلی ابتدا تیمار دلفان‌پلاس و در قسمت بعدی تیمار با شکارگر و سپس پاشش دلفان‌پلاس انجام گرفت

به صورت یک در میان بود. سپس با استفاده از آسپیراتور دستی به‌طور متوسط تعداد ۵۵۰ سفیدبالک بالغ یک روزه از کلنی مادر جمع‌آوری و داخل قفس رهاسازی شدند و بعد از ۲۴ ساعت (Naselli et al. 2016) از برگ ۶-۵ قسمت بالایی گیاه، به صورت تصادفی برگ‌ها انتخاب شدند، سپس تعداد سفیدبالک‌های پشت برگ‌ها شمارش و ثبت گردید. این آزمایش با ۴ رقم گیاهی، دو سطح دلفان پلاس، دو سطح سن شکارگر و ۴ تکرار و در مجموع با ۶۴ ترکیب تیمار و تکرار انجام گرفت.

در بخش دیگر این آزمایش، ابتدا گیاهان مورد آزمایش که در مرحله ۶-۴ برگی بودند، بصورت انفرادی بطور کامل در داخل ظرف پلاستیکی خاصی که قسمت درپوش و سطوح جانبی دارای پنجره‌ی توری (مش ۱۰۰) برای تهویه بود قرار داده شدند. سپس سن‌های شکارگر از قسمت درپوش ظرف پلاستیکی رهاسازی شدند تا روی گیاه مستقر و یا از گیاه مورد نظر تغذیه کنند. برای این منظور، شش پوره سن سوم (۰-۲۴ ساعته) سن *M. pygmaeus* که ۱۲ ساعت تغذیه نکرده بودند، در هر ظرف پلاستیکی حاوی یک گیاه رها سازی شدند. پس از ۲۴ ساعت (Naselli et al. 2016)، ظروف پلاستیکی از روی گیاه برداشته شد و سن‌های شکارگر با آسپیراتور دستی جمع‌آوری شدند. سپس با استفاده از ترکیب دلفان پلاس به نسبت یک در هزار روی گیاهان به جز گیاهان شاهد پاشش شد. این گیاهان پس از ۲۴ ساعت به قفس چوبی محصور شده با تور انتقال داده شدند و چیدمان گلدان‌ها و رهاسازی سفیدبالک‌ها و شمارش‌ها مشابه توضیح قسمت اول انجام گرفت.

بررسی فراسنجه‌های زیستی سفیدبالک

تاثیر دلفان‌پلاس و تغذیه سن شکارگر روی فراسنجه‌های زیستی سفیدبالک گلخانه

در این آزمایش درصد زنده مانی تخم‌ها و ظهور حشرات کامل و میزان باروری به ازای هر ماده مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور پس از آماده کردن گیاهان میزبان از چهار وایتهد مذکور و رسیدن به مرحله ۶-۴ برگی، ابتدا ترکیب دلفان‌پلاس (نسبت یک در هزار)، روی گیاهان تیمار به جز شاهد پاشش شد. پس از ۲۴ ساعت روی برگ‌های فوقانی به صورت تصادفی از تشتک‌های پتری پلاستیکی گرد به قطر ۹ سانتیمتر برای لوبیا و ظروف پلاستیکی مستطیل شکل به ابعاد ۴ × ۱۵ × ۱۳ سانتیمتر دارای درپوش توری (۱۰۰ مش) برای خیار استفاده شد. از پتری دیش‌ها و ظروف پلاستیکی مذکور که برگ‌ها داخل آنها قرار می گرفت بعنوان قفس استفاده شد. سپس داخل هر قفس ۲۰

آوری سفیدبالک‌ها و تثبیت تعداد پوره‌ها به ۱۰۰ عدد و رهاسازی زنبورها و شفیره‌های انگلی شده همانند مرحله قبل بود. لازم به ذکر است که هر دو آزمایش انگلی شدن به طور جداگانه شامل ۸ تیمار و ۴ تکرار و در مجموع ۳۲ تیمار و تکرار بود.

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری

ابتدا داده‌های مربوط به متغیرهای مورد اندازه‌گیری از نظر وجود یا عدم وجود داده پرت در نرم افزار Minitab مورد بررسی قرار گرفتند. آزمون نرمال بودن داده‌های آماری با استفاده از آزمون کولموگراف اسمیرنوف در نرم افزار SPSS بررسی شده و سپس تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از مدل آماری طرح کاملاً تصادفی و براساس آزمایش فاکتوریل در نرم افزار MSTAT_C انجام گرفت. در این پژوهش مقایسه‌ی میانگین تیمارها از طریق آزمون دانکن و در سطح احتمال آماری ۵ درصد و در نرم افزار MSTAT_C انجام شد و همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر تغذیه شکارگر *M. pygmaeus* و تیمار دلفان‌پلاس روی استقرار حشرات کامل سفیدبالک

نتایج تجزیه‌ی واریانس استقرار سفیدبالک نشان داد که اثر متقابل دو جانبه گیاه - دلفان‌پلاس در سطح ۰.۱٪ معنی دار است همچنین اثرات اصلی هر یک از عوامل گیاه و دلفان‌پلاس به طور جداگانه در سطح ۰.۱٪ معنی دار می‌باشد.

نتایج مقایسه‌ی میانگین اثرات سه جانبه‌ی گیاه - شکارگر - دلفان‌پلاس نشان می‌دهد که بیشترین درصد استقرار سفیدبالک بطور معنی دار و صرف نظر از گیاه میزبان مربوط به تیمارهای دارای شکارگر بوده است در حالیکه کمترین استقرار مربوط به تیمارهایی است که فقط با دلفان‌پلاس تیمار شده‌اند (شکل ۱). که از نظر کاهش درصد استقرار، در لوبیا بیشترین تاثیر را روی رقم ازنا و در خیار روی رقم سوپر استار دارد (شکل ۱). با توجه به این نتایج می‌توان دریافت که محلول‌پاشی ترکیب دلفان‌پلاس به تنهایی روی خیار و لوبیا باعث کاهش ترجیح سفیدبالک روی تیمارها می‌شود؛ به طوری که گیاهانی را که در معرض محلول‌پاشی دلفان‌پلاس قرار نگرفته‌اند بیشتر ترجیح می‌دهند بنابراین دلفان‌پلاس اثر دور کنندگی برای سفیدبالک گلخانه داشته است و به عبارت دیگر نوعی مقاومت القایی در گیاه ایجاد شده است که موجب ترک گیاه یا عدم ترجیح برای استقرار شده است. در

برگ‌ها در قفس‌های همانند قفس‌های قبلی قرار گرفته و پس از رهاسازی سفیدبالک‌ها پس از یک هفته حشرات با استفاده از آسپیراتور دستی جمع‌آوری شد و تعداد تخم‌های پشت برگ‌ها شمارش و ثبت گردید، سپس تخم‌ها حذف شدند و حشرات دوباره داخل قفس برگی رهاسازی شدند و تا مرگ آخرین حشره تعداد تخم‌ها به صورت هفتگی شمارش شد، و با جمع تعداد تخم‌های همه هفته‌ها، باروری کل سفیدبالک به دست آمد. شایان ذکر است که این آزمایش به طور کلی شامل ۱۶ تیمار و ۴ تکرار و در مجموع ۶۴ تیمار و تکرار بود.

بررسی اثر تیمار دلفان‌پلاس و تغذیه‌ی شکارگر *M. pygmaeus*

روی میزان انگلی شدن سفیدبالک بوسیله زنبور *E. formosa*

پس از آماده کردن گیاهان میزبان، تیمار کردن آنها با دلفان‌پلاس همانند مراحل قبل انجام گرفت سپس تیمارها به ترتیبی که در آزمایش اول شرح داده شد در داخل قفس چوبی که با توری مش ۱۰۰ پوشاده شده بود قرار داده شدند. سپس به تعداد ۴۰۰-۳۰۰ سفیدبالک بالغ با استفاده از آسپیراتور دستی از کلنی اصلی جمع‌آوری و از قسمت بالای قفس رهاسازی شد و همراه با شاهدها در داخل قفس چوبی قرار داده شدند، پس از ۴۸ ساعت سفیدبالک‌ها با آسپیراتور (مکنده) دستی جمع‌آوری شدند و زیر برگ‌های گیاهان هر روز بررسی گردید. زمانی که پوره‌های سن سوم و چهارم ظاهر شدند، تعداد پوره‌های زیر برگ‌های گیاهان به ۱۰۰ پوره در هر گیاه کاهش داده شد و پوره‌های اضافی حذف شدند. سپس ۳۰ زنبور نر و ماده نسل چهار دارای عمر ۲۴-۰ ساعت، از مرکز قفس رهاسازی شد و ۲۴ پس از ساعت زنبورها از روی گیاهان حذف شدند. وضعیت پوره ه و شفیره‌ها هر روز با اسفاده از یک عدسی دستی با بزرگنمایی ۱۰ بررسی شد و با تغییر رنگ شفیره‌ها به رنگ سیاه تعداد شفیره‌های انگلی شده در هر تیمار یادداشت گردید.

در قسمت بعدی همین آزمایش ابتدا گیاهان مورد آزمایش در مرحله‌ی ۶-۴ برگی، در معرض تغذیه شش پوره‌ی سن سوم (۲۴-۰ ساعته) که ۱۲ ساعت تغذیه نکرده بودند، به همان روشی که در قسمت قبلی توضیح داده شد قرار گرفتند؛ پس از ۲۴ ساعت شکارگرها با آسپیراتور دستی جمع‌آوری شدند و روی گیاهان بجز تیمارهای شاهد ترکیب دلفان‌پلاس به نسبت یک در هزار پاشش شد. ۲۴ ساعت پس از آن گیاهان به قفس چوبی انتقال داده شدند و چیدمان گلدان‌های لوبیا و خیار به همان صورت آزمایش‌های قبل بود همچنین مراحل رهاسازی و جمع

مورد اثرات دلفان‌پلاس بعنوان یک ترکیب اسید آمینه آزاد، دیگر در بازار با تبلیغات گسترده ای بفروش می رسند. مطالعه ای صورت نگرفته است و این ماده به همراه مواد مشابه

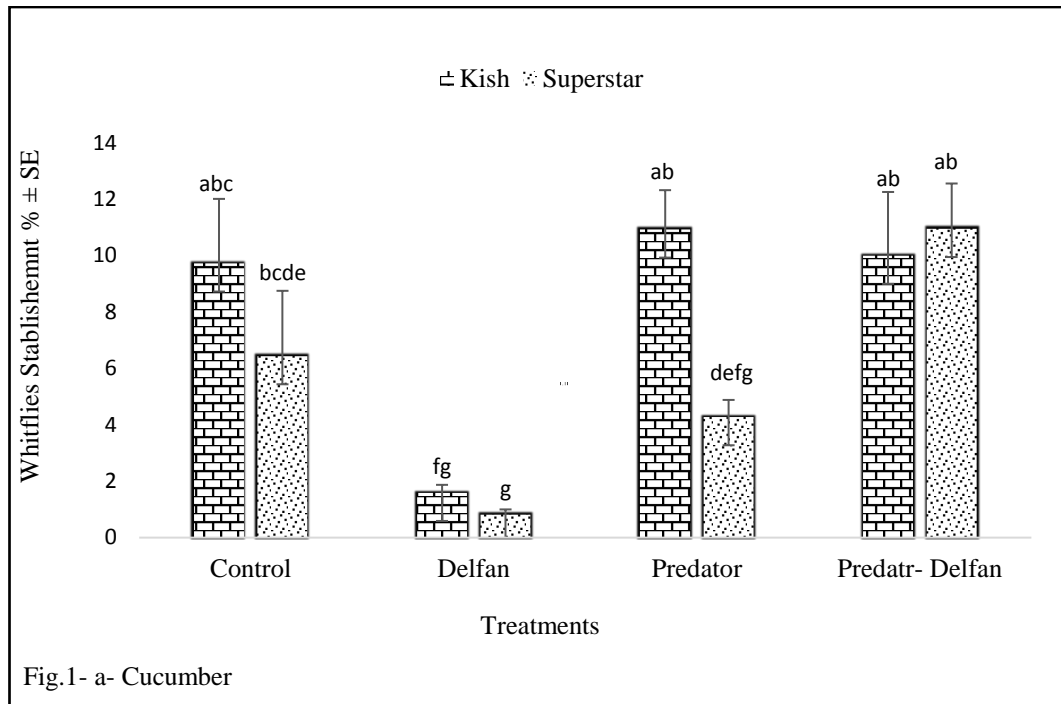


Fig.1- a- Cucumber

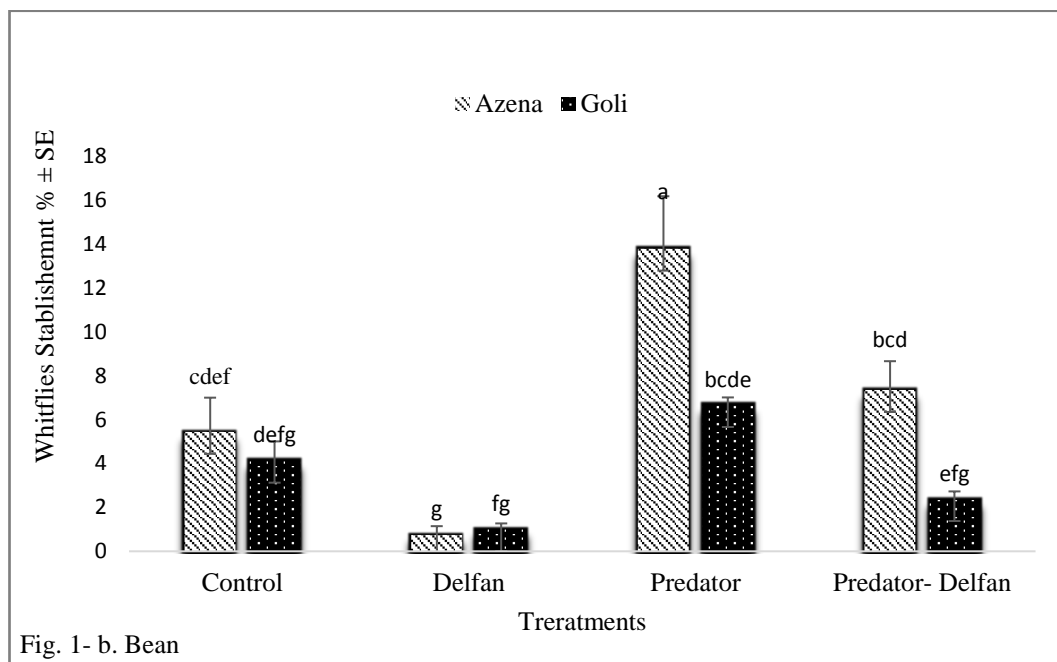


Fig. 1- b- Bean

شکل ۱. میانگین و خطای استاندارد درصد استقرار سفیدبالک روی تیمارهای مختلف تحت تاثیر اثرات سه جانبه گیاه - شکارگر-دلفان پلاس.

Figure 1. The mean and standard error of the establishment rate of whiteflies on different treatments under the interaction effect of the plant - predator- Delfan Plus.

گیاهان را تغییر می دهند و ممکن است میزان افت محصول ناشی از آفات را هم کاهش دهند اما تنوع تاثیر آنها به عوامل مختلفی نظیر ترکیب این مواد، زمان، دز، تعداد و روش کاربرد، چرخه

در یک بررسی توسط Gruszecki & Stawiarz (2021) اشاره شده است که این قبیل مواد محرک‌های زیستی دارای اسید آمینه روی گیاهان چند جانبه داشته و این مواد ترکیب شیمیایی

نتایج نشان داد که ترکیب اسیدآمینة آوند آبکش یکی از عوامل شکل‌دهنده کیفیت تغذیه‌ای گیاهان برای شته‌ها است. تجمع پروتئین و اسیدهای آمینه ممکن است ناشی از واکنش‌های دفاعی گیاه میزبان باشد (Schoonhoven *et al.* 2006). در یکی از پژوهش‌های مرتبط اشاره شده است که مقاومت شته سویا (*Aphis glycines* Matsumura) از نظر تجاری به شکل ژن Rag1 در دسترس است، اما مکانیسم این مقاومت کاملاً درک نشده است، اسیدهای آمینه یک عامل تعیین‌کننده برای رشد شته هستند و شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد ترکیب اسید آمینه گیاه با مقاومت به شته مرتبط است مانند مقاومت آنتی بیوتیکی که توسط Rag1 اعطا می‌شود، می‌تواند تا حدودی با اسیدهای آمینه، باعث کاهش بقا و رشد و باروری آفت هدف شود (Chiozza *et al.* 2010). تنوع در کارایی و فراوانی حشرات گیاهخوار غالباً به تغییرات در کیفیت گیاه میزبان مخصوصاً از لحاظ اسیدآمینة و کربوهیدرات نسبت داده شده است. برهمکنش گیاه-حشره گیاهخوار منجر به یک مسابقه مهم بین گیاه و حشره‌ی گیاهخوار می‌شود که در آن گیاهان در برابر حشرات یکسری واکنش‌های دفاعی ایجاد می‌کنند و در مقابل آن، حشرات هم استراتژی‌های مختلفی را برای رویارویی با این واکنش‌ها اتخاذ می‌کنند (Sarmiento *et al.* 2011; Wei *et al.* 2017; Cui *et al.* 2017). در تحقیقات برخی پژوهشگران نشان داده شده است که آلودگی به شته‌ها باعث تغییرات مختلفی در اختصاص کربن و ازت در گیاه یونجه می‌شود (Girousse *et al.* 2005). همچنین در بررسی دیگر (Cui *et al.* 2017) نشان داده اند که بیوتیب *Bemisia tabaci* روی کلم آلوده به این حشره کارایی بهتری داشته است که مربوط به افزایش اسید آمینه و کاهش گلیکوزینولات بوده در حالیکه در بیوتیب کیو چنین نبوده است. چنین نتایجی، تاثیر بیوتیب‌های متفاوت یک گونه روی یک میزبان مشخص را نشان می‌دهد و در مورد حشره مورد بررسی پژوهش حاضر نیز گیاه میزبان و گونه حشره می‌تواند جزو منابع تغییرات احتمالی محسوب شود که نیاز به بررسی مولکولی و دقیق تری دارد. همچنین نتایج (Cui *et al.* 2012) نشان داد که که حملات قبلی سفیدبالک باعث کاهش اسیدهای آمینه آزاد و قندهای محلول گیاه گوجه فرنگی شده است و در تغذیه بعدی، سفیدبالک‌ها ترجیح دادند که روی گیاه شاهد نسبت به گیاهان از پیش تغذیه شده بیشتر تخم‌ریزی و تغذیه کنند. بر اساس موارد مذکور، یکی از دلایل کاهش ویژگی‌های زیستی سفیدبالک در تیمارهایی که در آنها از اسید آمینه آزاد دلفان‌پلاس استفاده شده است ممکن است ناشی از این باشد که دلفان‌پلاس با کاهش

کشت و کار و واریته گیاهی دارد. بنابراین استفاده بهینه از آنها نیازمند بررسی‌های بیشتری می‌باشد. در مورد تاثیر مواجهه و یا تغذیه حشرات حشره خوار - گیاهخوار، از گیاه و پیامدهای آن برای گیاهخوار بعدی هم نتایج یکسانی وجود ندارد. بعنوان مثال در بررسی‌های (Perez-Hedo *et al.* 2015) نشان داده شده است که تغذیه سن شکارگر *Nesidocori tenuis* Reuter باعث کاهش جذابیت گوجه فرنگی به سفید بالک *Bemisia tabaci* شده است که علت آن به فعال شدن مسیر آسبیزیک اسید مربوط بوده که در گیاهان تغذیه شده بوسیله این حشره افزایش می‌یابد. در حالی که گیاهانی که بوسیله دیگر گونه شکارگر *M. pygmaeus* مورد تغذیه قرار گرفته بودند نه تنها قادر به دور کردن سفیدبالک مذکور نبوده بلکه برای آفت دیگر نظیر شب پره مینوز گوجه فرنگی هم بسیار جذاب می‌شدند. در پژوهش دیگر (Pappas *et al.* 2015) نشان داده‌اند که مقاومت القایی ایجاد شده توسط سن شکارگر *M. pygmaeus* علیه کنه‌های دو لکه‌ای افزایش یافته است. در پژوهش حاضر درصد استقرار سفیدبالک گلخانه در رقم ازنا (۱۳/۷۸ درصد) که مورد تغذیه شکارگر چندخوار قرار گرفته از بقیه تیمارها بیشتر بود (شکل ۱). با توجه به توضیحات فوق چنین نتیجه‌ای در پژوهش حاضر دور از انتظار نبوده و حضور سن شکارگر باعث افزایش استقرار سفیدبالک شده است.

بررسی فراسنجه‌های زیستی سفیدبالک

تاثیر دلفان‌پلاس و تغذیه سن شکارگر روی فراسنجه‌های زیستی سفیدبالک گلخانه

میزان تخم‌گذاری و درصد زنده‌مانی تخم

از نظر میزان تخم‌گذاری و زنده‌مانی تخم‌ها، اثر ساده واریته گیاه میزبان ($P \leq 0.01$, $df=3$) و دلفان ($P \leq 0.01$, $df=1$) معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثرات دو جانبه گیاه-دلفان از نظر زنده‌مانی تخم (جدول ۱) نشان می‌دهد که بیشترین زنده‌مانی تخم مربوط به تیمار خیار (کیش) شاهد می‌باشد که به جز تیمارهای خیار(سوپرستار) شاهد و لوبیا (گلی) شاهد، با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد، در همه ارقام به جز ازنا اثر دلفان‌پلاس نسبت به شاهد معنی‌دار است. بنابراین در هر دو رقم گیاه خیار (کیش، سوپر استار) و لوبیا (گلی) که در معرض محلول‌پاشی ترکیب دلفان‌پلاس قرار گرفته‌اند، درصد زنده‌مانی تخم به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بوده است. Karley *et al.* (2002) ترکیب اسیدآمینة و کیفیت غذایی آوند آبکش برگ سیب‌زمینی بر روی شته‌ها را مورد ارزیابی قرار دادند که

علت آن این است که حشره با القای دفاع سالیسیک اسید، دفاع جاسمونیک اسید را سرکوب می‌کند؛ بنابراین ممکن است علت عدم اختلاف معنی‌دار در فراسنجه درصد ظهور حشرات کامل این باشد که ترکیب دلفان‌پلاس مورد استفاده در آزمایش‌ها که باعث ایجاد واکنش‌های دفاعی در برابر سفیدبالک گلخانه‌ها استفاده از افزایش مقاومت به سفیدبالک گلخانه شده بود، بدلالی که نیاز به بررسی دقیق‌تر دارد نظیر غلبه سفیدبالک گلخانه در مرحله آخر در مقابل سد دفاعی گیاه و خنثی کردن اثر ترکیب دلفان‌پلاس و افزایش ظهور حشرات کامل در تیمارهای مربوطه باشد.

تعداد تخم به ازای هر ماده

نتایج تجزیه واریانس فراسنجه تعداد تخم به ازای هر ماده نشان داد که عوامل گیاه و دلفان‌پلاس به طور جداگانه و اثر دو جانبه گیاه-شکارگر در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشند و با توجه به معنی‌دار بودن اثرات سه جانبه گیاه-شکارگر-دلفان در سطح ۱٪، تنها برای اثر متقابل سه جانبه مقایسه میانگین انجام شد. مقایسه میانگین‌ها برای این فراسنجه نشان داد که بیشترین تعداد تخم سفیدبالک به ازای هر ماده مربوط به تیمار گیاه لوبیایی (ازنا) بوده که در معرض تغذیه شکارگر قرار گرفته ولی با دلفان‌پلاس محلول پاشی نشده است. در مقابل، تیمار مربوط به گیاه خیاری (سوپراستار) که مورد تغذیه شکارگر قرار گرفته و پس از آن دلفان‌پلاس پاشی شده است، کمترین تعداد تخم به ازای هر ماده را دارا بود (جدول ۱)، بنابراین تغذیه شکارگر توأم با پاشش دلفان‌پلاس در گیاه خیار (سوپراستار) تاثیر مثبتی برای کنترل سفیدبالک از نظر تعداد تخم به ازای هر ماده دارد. همچنین تاثیر دلفان‌پلاس در ارقام مختلف و میزبان‌های مختلف روی میزان باروری سفیدبالک یکسان نمی‌باشد. نظیر چنین نتایجی در پژوهش Mirzamohammadzadeh *et al.* (2014) نیز مشاهده شده است که در آن، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین ارقام خیار و ارتفاع بوته‌ها مشاهده شد و در مقایسه میانگین‌ها بین ارقام، به جز رقم رویال اسلویس و سلطان اختلاف معنی‌دار وجود داشت، همچنین Campos *et al.* (2003) در مطالعه‌ای نشان دادند که تعداد تخم‌های *T. vaporariorum* به ازای هر ماده به شدت تحت تاثیر میزبان قرار داشته و اثر میزبان تغییرات زیادی را باعث شده است.

تنش در گیاه و افزایش محتوای اسید آمینه آزاد گیاه، روی فراسنجه درصد زنده‌مانی تخم سفیدبالک گلخانه تاثیر داشته است. در پژوهش Ortega-Arenas *et al.* (2006) استفاده از کودهای نیتروژن در گیاهان میزبان باعث افزایش تخم‌های *T. vaporariorum* شده است. بررسی‌های دیگری نشان داده است که تغریخ تخم‌های این حشره به طور قابل توجهی به میزبان گیاهی که روی آن پرورش می‌یابد بستگی دارد (Campos *et al.* 2003). در ارتباط با تاثیر اسیدآمینه آزاد روی تخم‌گذاری و زنده‌مانی تخم‌ها پژوهشی صورت نگرفته اما نتایج تحقیقات گذشته در ارتباط با اثرات اسیدآمینه آزاد روی گیاه، ایجاد مقاومت گیاهی در ارتباط با آفات میثل سفیدبالک‌ها و شته‌ها را اثبات می‌کند (Zhang *et al.* 2017). همچنین پژوهش‌های سایر محققین نشان داده است که علت مقاومت گیاهی مربوط به هورمون‌های گیاهی می‌باشد و جاسمونیک اسید و سالیسیک اسید نماینده هورمون‌های گیاهی هستند که در هماهنگی مسیرهای پیچیده سیگنالینگ دفاع گیاهی نقش دارند. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر شرایط دمایی، رطوبت و دوره نوری برای همه تیمارها یکسان بود، علت اختلاف در درصد زنده‌مانی تخم‌های تیمار شده با دلفان‌پلاس و تیمار شاهد را می‌تواند به اثر دلفان‌پلاس روی فیزیولوژی گیاه و واکنش‌های دفاعی گیاه و اثر روی تغذیه‌گر گیاهی و در نهایت روی زنده‌مانی تخم‌های حاصل از آنها نسبت داده شود که نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.

درصد ظهور حشرات کامل

مقایسه میانگین فراسنجه درصد ظهور حشرات کامل نشان داد که بیشترین ظهور مربوط به خیار (سوپراستار) - با دلفان می‌باشد که با همه تیمارها به جز تیمار خیار (کیش) - با دلفان در یک سطح آماری قرار گرفته‌اند و با هم اختلاف معنی‌دار ندارند، در همه ارقام به جز رقم کیش، اثر دلفان غیرمعنی‌دار است (جدول ۱).

در تحقیق Zhang *et al.* (2018) نشان داده شده است که با اختلال در واکنش‌های دفاعی گیاه توسط جاسمونیک اسید یا فعال سازی آن، تولیدمثل و زنده‌مانی حشرات کامل *B. tabaci* تحت تاثیر قرار نگرفته و به طور کلی دفاعی که برای محافظت گوجه فرنگی در برابر سفیدبالک توسط جاسمونیک اسید القا می‌شود، روی ظهور حشرات کامل هیچ تاثیری نداشته است که

جدول ۱. مقایسه میانگین و خطای استاندارد اثرات گیاه - شکارگر - دلفان روی فراسنجه های زیستی سفیدبالک.

Table 1. Mean comparison of the effects of host plant- predator- Delfan on biological parameters of *T. vaporarioru*.

| Host | cultivar | treatment | Total No. of Eggs | No. of Eggs /Female ± SE | %Viable Eggs ± SE | No of Nymph/Female ± SE | No. of Adults | No. of Adults/ Female ± SE | % Adults emergence ± SE |
|----------|----------|------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------|
| Cucumber | Kish | Control | 1126 | 22.52 ± 4.36 ^b | 97.49 ± 0.16 ^a | 21.96 ± 4.26 ^a | 266.75 | 19.74 ± 3.46 ^a | 90.17 ± 2.19 ^a |
| | | Delfan | 947 | 18.94 ± 5.44 ^{bc} | 88.36 ± 2.68 ^{ab} | 16.60 ± 4.66 ^{bc} | 169.25 | 13.57 ± 3.23 ^{bc} | 84.22 ± 4.88 ^b |
| | | Predator | 951 | 19.02 ± 2.12 ^{bc} | - | 18.26 ± 2.28 ^{ab} | 231.25 | 17.06 ± 2.00 ^{ab} | - |
| | | Predator- Delfan | 206 | 4.12 ± 0.55 ^f | - | 2.72 ± 0.26 ^{ef} | 29.5 | 2.26 ± 0.31 ^e | - |
| | Supersta | Control | 958 | 19.16 ± 2.35 ^{bc} | 82.09 ± 2.51 ^{ab} | 15.82 ± 2.21 ^{abc} | 182.5 | 14.60 ± 2.05 ^{abc} | 92.22 ± 0.23 ^a |
| | | Delfan | 286 | 5.72 ± 1.02 ^{ef} | 42.57 ± 14.40 ^c | 2.78 ± 1.29 ^{ef} | 31.75 | 2.54 ± 1.12 ^e | 95.2 ± 29.85 ^a |
| | | Predator | 583 | 11.66 ± 1.65 ^{cdef} | - | 9.48 ± 1.51 ^{cde} | 114 | 9.12 ± 0.50 ^{cd} | - |
| | | Predator-Delfan | 203 | 4.06 ± 0.7 ^f | - | 2.14 ± 0.42 ^f | 26.25 | 2.10 ± 0.38 ^e | - |
| Bean | Azena | Control | 381 | 7.62 ± 0.57 ^{def} | 64.43 ± 4.05 ^c | 4.96 ± 0.64 ^{def} | 58.5 | 4.68 ± 0.66 ^e | 93.99 ± 1.73 ^a |
| | | Delfan | 217 | 4.34 ± 0.9 ^f | 50.37 ± 5.89 ^c | 2.20 ± 0.49 ^f | 26.5 | 2.12 ± 0.44 ^e | 97.39 ± 1.67 ^a |
| | | Predator | 1546 | 30.92 ± 4.14 ^a | - | 14.44 ± 3.75 ^{bc} | 165 | 13.20 ± 3.63 ^{bc} | - |
| | | Predator-Delfan | 469 | 9.38 ± 1.7 ^{def} | - | 3.56 ± 0.70 ^{ef} | 43 | 3.44 ± 0.63 ^{bc} | - |
| | Goli | Control | 650 | 13.00 ± 1.64 ^{cde} | 89.12 ± 3.24 ^{ab} | 11.46 ± 1.14 ^{bcd} | 137.25 | 10.98 ± 1.09 ^{bc} | 95.96 ± 0.51 ^a |
| | | Delfan | 242 | 4.84 ± 1.00 ^f | 49.49 ± 6.64 ^c | 2.22 ± 0.24 ^f | 26.5 | 2.12 ± 0.23 ^e | 95.55 ± 0.51 ^a |
| | | Predator | 716 | 14.32 ± 2.40 ^{cd} | - | 12.60 ± 2.39 ^c | 148.25 | 11.86 ± 2.15 ^{bc} | - |
| | | Predator-Delfan | 500 | 10.00 ± 2.29 ^{def} | - | 4.76 ± 1.69 ^{def} | 56.25 | 4.50 ± 1.69 ^e | - |

The different letters in the columns are significantly different (P < 5 %) using Duncan test

دلفان و خیار (کیش)- با شکارگر- با دلفان می‌باشد (جدول ۱). نتایج حاصل از بررسی تعداد حشرات کامل به ازای هر ماده نشان می‌دهد که ترکیب دلفان‌پلاس به تنهایی در هر دو رقم لوبیا باعث کاهش تعداد حشرات کامل به ازای هر ماده شده است اما در خیار تغذیه شکارگر و به دنبال آن محلول‌پاشی دلفان‌پلاس باعث کاهش تعداد حشرات کامل به ازای هر ماده نسبت به تیمارهای دیگر در گیاه خیار شده است.

اثر تیمارها روی باروری

تجزیه واریانس داده‌های میزان باروری نشان داد که اثر گیاه (df=1, P<0.0001)، شکارگر (df=3, P<0.0001)، دلفان (df=1, P<0.0001) و اثر دو جانبه گیاه (رقم) - دلفان‌پلاس (df=3, P<0.0001) و گیاه (رقم) - شکارگر (df=3, P<0.0047) سطح ۱٪ معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین اثر دو جانبه گیاه (رقم)- شکارگر نشان می‌دهد که اثر شکارگر *M. pygmaeus* در هر دو رقم خیار به طور معنی‌دار بیشتر از تیمار شاهد می‌باشد اما در لوبیا رقم ازنا، اثر شکارگر به طور معنی‌دار کمتر از تیمار شاهد می‌باشد و به طور کلی تغذیه شکارگر باعث افزایش باروی سفیدبالک گلخانه روی ارقام خیار و رقم گلی لوبیا شده است (شکل ۴-ب). از منظر فعل و انفعالات زمانی و مکانی در گیاه، اثر متقابل حشرات بر عملکرد جمعیت آنها تأثیر می‌گذارد، خصوصاً به دلیل این‌که گیاه‌خواران اولیه ممکن است عملکرد گیاه‌خواران بعدی را روی همان گیاه تحت تأثیر قرار دهند (Lin et al. 2019). براساس مطالعات پیشین مشخص شده است که گیاهان در برابر آفات از مکانیسم‌های دفاعی مختلفی استفاده می‌کنند، آفات هم در مقابل واکنش‌های دفاعی گیاهان، عکس‌العمل نشان می‌دهند. برای مثال همانگونه که قبلاً اشاره شد، در گیاه گوجه‌فرنگی واکنش‌های دفاعی گیاه به واسطه جاسمونیک اسید در برابر سفیدبالک *B. tabaci* القا می‌شود، و سفیدبالک در مقابل سد دفاعی گیاه واکنش‌های دیگری به واسطه سالیسیلیک اسید القا می‌کند و مقاومت القایی ایجاد شده توسط گیاه را سرکوب می‌کند (Zarate et al. 2007; Puthoff et al. 2010; Escobar-Bravo et al. 2016). مطابق پژوهش‌های پیشین تغذیه شکارگر همه‌چیزخوار *M. pygmaeus* با مکانیسم دفاعی که بواسطه جاسمونیک اسید در گیاه ایجاد می‌شود، مرتبط است. در مطالعه (Zhang et al. 2018) ادر ارتباط با تغییر در بیان ژن‌های دفاعی گیاه و تولید فیتوهورمون‌ها نشان دادند که حشرات کامل *B. tabaci* می‌توانند واکنش‌های دفاعی وابسته به جاسمونیک اسید را پس از

در مطالعه‌ای، غلظت سالیسیلیک اسید در میزبان‌های آلوده به *M. pygmaeus* نسبت به گیاهان غیر آلوده بیشتر گزارش شده است (Zhang et al. 2017). همانطور که قبلاً اشاره شده است، مهمترین هورمون‌هایی که در دفاع گیاهان علیه آفات نقش دارند هورمون سالیسیلیک اسید، جاسمونیک اسید و اتیلن هستند (Erb et al. 2012; Pieterse et al. 2012). شته‌ها و سفیدبالک‌ها به دفاع‌های ایجاد شده توسط جاسمونیک اسید بیشتر حساس هستند اما آن‌ها عمدتاً باعث ایجاد دفاع‌های گیاهی مرتبط با سالیسیلیک اسید در گیاه میزبان می‌شود که می‌توانند دفاع‌های مربوط به جاسمونیک اسید را سرکوب کنند (Omer et al. 2001; Zarate et al. 2007; Walling 2008; Puthoff et al. 2010; Zhang et al. 2017). در آزمایش تعداد پوره به ازای هر ماده، تأثیر دلفان‌پلاس به تنهایی در هر دو رقم لوبیا باعث کاهش تعداد پوره‌ها به ازای ماده شده است که علت آن می‌تواند به هورمون‌های دفاعی گیاه مرتبط باشد که توسط گیاه برای دفاع در برابر آفات ترشح می‌شوند. در واقع ترکیب اسیدآمینو محلول‌پاشی شده باعث افزایش این هورمون‌ها در ارقام لوبیا شده است. اما در گیاه خیار (سوپراستار) تغذیه شکارگر و به دنبال آن محلول‌پاشی دلفان‌پلاس باعث ایجاد واکنش‌های دفاعی در گیاه شده است. با توجه به این‌که در پژوهش‌های پیشین گزارش شده است که تغذیه شکارگر *M. pygmaeus* از گیاه میزبان هم باعث افزایش هورمون‌های دفاعی گیاه می‌شود؛ بنابراین استفاده از هر دو عامل فوق در خیار (سوپراستار) اثر سینرژیستی داشته است و باعث شده است تعداد پوره به ازای ماده به طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای دیگر کمتر باشد.

تعداد حشره کامل سفیدبالک به ازای هر ماده

نتایج تجزیه واریانس تعداد حشره‌ی کامل به ازای هر ماده نشان داد: هر یک از عوامل گیاه و دلفان‌پلاس به طور جداگانه و اثر متقابل گیاه-شکارگر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد و با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سه جانبه، مقایسه میانگین‌ها تنها برای اثر متقابل سه جانبه انجام گرفت. در ارتباط با تعداد حشره کامل به ازای هر ماده نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد حشره کامل به ازای هر ماده مربوط به تیمار خیار (کیش)- شاهد بود که به جز تیمارهای خیار (کیش)- با شکارگر و خیار(سوپراستار)- شاهد با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد. کمترین تعداد حشرات کامل به ازای هر ماده به ترتیب مربوط به لوبیا (گلی) شاهد، لوبیا (ازنا) با دلفان، خیار(سوپراستار) - با شکارگر- با دلفان، خیار(سوپراستار)- با

دفاع گیاهان و جلوگیری از تهاجم بیشتر آفات دارد (Pieterse *et al.* 2012; Thaler *et al.* 2012; Glas *et al.* 2014; Lin *et al.* 2019). مطالعه (Lin *et al.* (2019) نشان داده است که محتوای سالیسیلیک اسید، فنول و تانن‌ها با باروری *B. tabaci* همبستگی منفی داشته‌اند. همچنین افزایش متابولیسم‌های ثانویه گیاه و فقدان مواد مغذی ممکن است بر ترجیح تغذیه‌ای *B. tabaci* تاثیر بگذارد که این ممکن است به فعال شدن پروتئین‌های دفاعی و ترکیبات آلی فرار وابسته باشد.

به‌طور کلی به نظر می‌رسد القای واکنش‌های دفاعی توسط گیاهان بر عملکرد، ترجیح میزبانی، تغذیه، رشد و در مجموع بر فراسنجه‌های زیست‌شناختی گیاهخوارن تاثیر می‌گذارد که با استفاده از برخی مواد و روش‌ها می‌توانیم این اثرات را به نفع گیاه تشدید و تقویت کنیم و در نتیجه قدرت دفاعی گیاه را در برابر آفت افزایش دهیم. نتایج این بخش از آزمایش‌ها نشان داده که اثر دلفان‌پلاس و باروری با هم همبستگی منفی داشته‌اند، در واقع به احتمال زیاد دلفان‌پلاس که حاوی اسید آمینه آزاد می‌باشد، در بهبود مکانیسم دفاعی گیاه سهیم بوده و اثر آن را تشدید کرده است.

*اثر تیمار دلفان‌پلاس و تغذیه‌ی شکارگر *M. pygmaeus* و روی میزان انگلی شدن سفیدبالک بوسیله زنبور *E. Formosa**

نتایج تجزیه واریانس درصد انگلی شدن نشان داد که عوامل شکارگر و دلفان‌پلاس به ترتیب در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار می‌باشد و با توجه اثرات دو جانبه شکارگر-دلفان، گیاه-دلفان و گیاه-شکارگر هر سه در سطح ۵٪ معنی‌دار بودند به این دلیل برای هر سه اثر دو جانبه مقایسه میانگین‌ها صورت گرفت. مقایسه‌ی میانگین اثرات دوجانبه‌ی گیاه - دلفان‌پلاس نشان داد که بیشترین انگلی شدن مربوط به خیار(سوپراستار) - با دلفان می‌باشد که به جز تیمارهای خیار (کیش) - با دلفان و لوبیا (ازنا) - با دلفان، با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار دارد همچنین اثر دلفان‌پلاس به‌طور جداگانه در همه ارقام معنی‌دار است (شکل ۲- الف و ۲- ب). بررسی اثر دو جانبه‌ی گیاه-دلفان‌پلاس نشان می‌دهد که دلفان‌پلاس در جذب پارازیتوئید برای کنترل بیولوژیک پوره‌های سن سوم و چهارم سفیدبالک گلخانه موفق عمل کرده است. بررسی محققین پیشین نشان داده شده است که انتشار مواد فرار از گیاهان آلوده بطور غیرمستقیم پارازیتوئید یا شکارچیان را به گیاهان آلوده جذب می‌کنند و از این طریق به صورت غیرمستقیم گیاهخواران را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند (Kessler & Baldwin 2001; Dicke

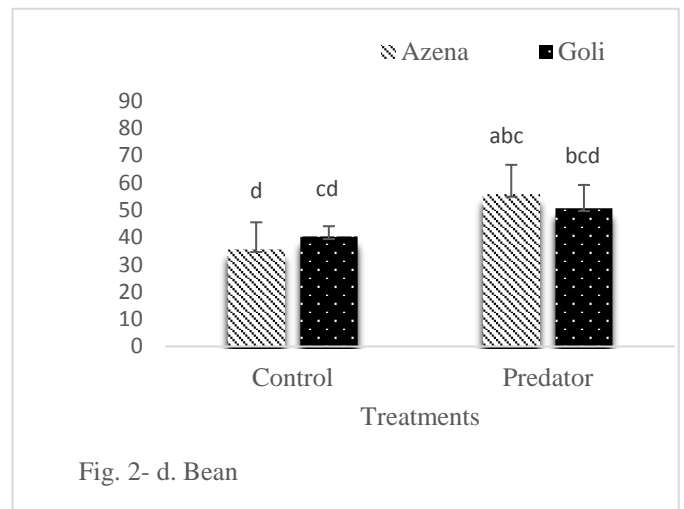
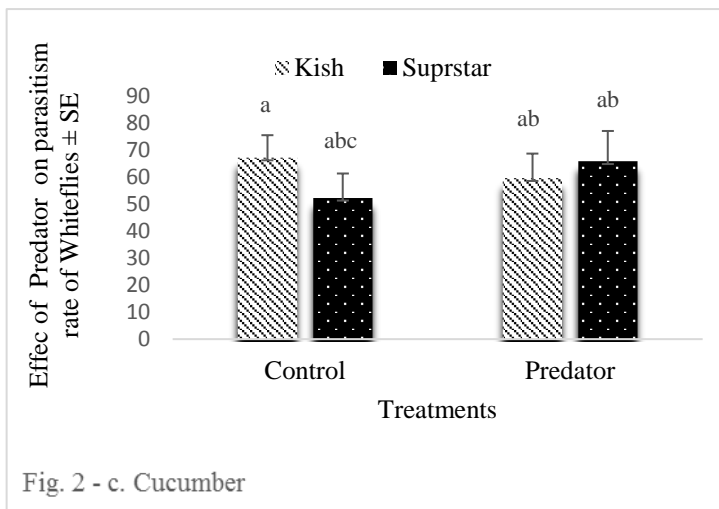
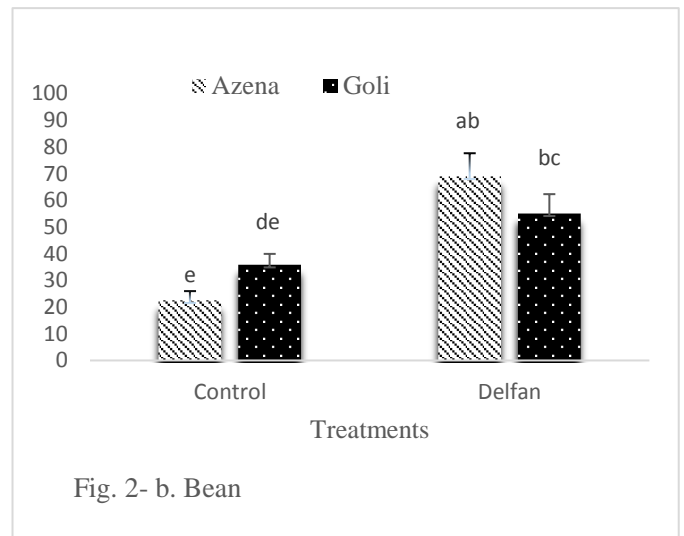
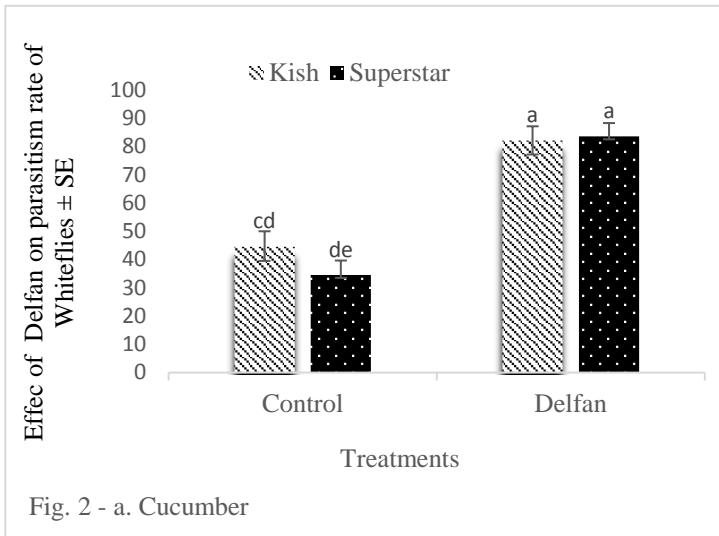
آلودگی برای بیش از ۷۲ ساعت سرکوب کنند. همچنین ناهماهنگی در واکنش‌های دفاعی گیاهان، به گونه‌های آفت و یا گونه‌های گیاه میزبان نیز بستگی دارد (Lin ; Walling, 2000 ; et al. 2019). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شده است که آلودگی قبلی گیاه گوجه فرنگی توسط عسلک پنبه *B. tabaci*، باعث کاهش باروری سفیدبالک‌ها در هجوم دوم روی میزبان می‌شود (Cui *et al.* 2012).

در ارتباط با اثر تغذیه شکارگر همه‌چیزخوار *M. pygmaeus* روی باروری سفیدبالک گلخانه مطالعات چندانی وجود ندارد اما آنچه بدیهی است این است که تغذیه شکارگر باعث فعال‌سازی مکانیسم دفاعی گیاه مثل مکانیسم دفاعی جاسمونیک اسید می‌شود. این فرایند باعث ایجاد مقاومت القایی در گیاه میزبان در مقابل گیاه‌خواری خواهد شد. با این حال علت افزایش باروری سفیدبالک‌ها در گیاهانی که در معرض تغذیه شکارگر قرار گرفته بودند می‌تواند به واکنش سفیدبالک گلخانه در مقابل مکانیسم دفاعی گیاه ارتباط داده شود که باعث پیروزی این آفت در برابر گیاه شده است و نیاز به بررسی دقیق‌تر و مطالعه آنزیم-ها و فرایند هضم و جذب در این حشرات دارد. این موضوع نشان می‌دهد که مهار دفاع‌های گیاهی اهمیت زیادی برای گیاهخوارن دارد و به آنها این امکان را می‌دهد تا ضمن غلبه بر مقاومت میزبان، از میزبان به‌طور موثرتری استفاده کنند.

نتایج مقایسه میانگین اثرات دو جانبه گیاه-دلفان‌پلاس نشان می‌دهد که در گیاهان محلول‌پاشی شده با دلفان‌پلاس، باروری به‌طور معنی‌دار کمتر از تیمارهای شاهد بوده و کمترین میزان باروری مربوط به لوبیا واریته‌ی ازنا می‌باشد که مورد محلول‌پاشی دلفان‌پلاس قرار گرفته است (شکل ۴- الف). نتایج پژوهش حاضر با نتایج Cui *et al.* (2012) همسو بنظر می‌رسد که نشان دادند باروری سفیدبالک با میزان سالیسیلیک اسید آزاد در گوجه فرنگی، همبستگی منفی دارد. همچنین نتایج ما با یافته‌های پژوهش Risal *etal.* (2008) هم خوانی دارد. این محققین نشان دادند که باروری ماده‌های سفیدبالک گلخانه روی گیاهان تیمار شده با BTH (۵/۲۵ تخم/ماده/روز) به‌طور معنی‌دار کمتر از تیمار شده با جاسمونیک اسید (۸/۰۴ تخم/ماده/روز) و آن هم کمتر از تیمار شاهد بود. نامبرندگان علت این کاهش را به مقاومت القایی نسبت دادند که به واسطه این ترکیبات در گیاه ایجاد می‌شود. بررسی منابع پیشین دیگر نشان می‌دهد که الگوی دفاع گیاه برای تنظیم رفتار آفات گیاهخوار بسیار مهم است (Walling, 2000). تعامل بین مسیره‌های سیگنالینگ جداگانه در گیاهان میزبان نقش مهمی در تنظیم

ویژه در تعامل شته- گیاه دخیل بوده است (Zhang *et al.* 2018).

استفاده از مواد فرار گیاهی، سیگنالینگ جاسمونیک اسید به (Zhang *et al.* 2018; *et al.* 2009) و در جذب پارازیتوئید با



شکل ۲. اثر دو جانبه گیاه - دلفان پلاس و گیاه- شکارگر روی درصد انگلی شدن زنبور پارازیتوئید روی تیمارهای مختلف.

Figure 2. The effect of host plant- Delfanplus and host plant- predator on parasitization rate by *Apanteles* in different treatments.

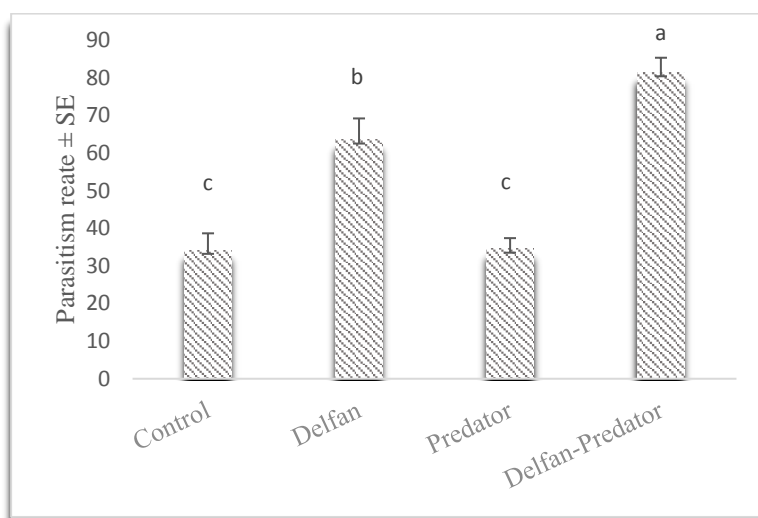
شاهد بیشتر بوده است و به احتمال زیاد با توجه به تحقیقات پیشین، ترکیب دلفان پلاس با تغییر در ساختار گیاهی و القای مقاومت غیر مستقیم باعث جذب پارازیتوئید سفیدبالک گلخانه شده است.

در مطالعه دیگر توسط Zhang *et al.* (2013) شواهد اولیه‌ای ارائه داده شد که پارازیتوئید *E. formosa* برای بهره‌برداری از انتشارات فرار گیاهان که توسط مسیر سیگنال‌دهی سالیسیلیک اسید (SA) تنظیم می‌شوند، تکامل یافته‌اند. نشان داده شده است که سیگنال‌دهی سالیسیلیک اسید (SA) منجر به رهایش مواد فرار خاصی می‌شود که بصورت غیر مستقیم گیاه را محافظت

در سیستم‌های دیگر نقش مهم مسیر سیگنال‌دهی جاسمونیک اسید در دفاع غیرمستقیم گیاهان یعنی جذب شکارگران و پارازیتوئیدها به خوبی نشان داده شده است (Bruinsma *et al.* 2009; Wei *et al.* 2011; Zhang *et al.* 2013). در تحقیقات دیگر نشان داده شده است که حشرات تغذیه‌کننده آوندی با تحریک سالیسیلیک اسید می‌توانند واکنش‌های دفاعی مرتبط با جاسمونیک اسید را که برای آنها ایجاد شده است سرکوب کنند (Zarate & *et al.* 2007; Pieterse *et al.* 2012). بنابراین در بررسی حاضر جذب پارازیتوئید به تیمارهای دارای دلفان پلاس نسبت به تیمارهای

لوبیا (گلی) - شاهد و لوبیا (گلی) - با شکارگر، اختلاف معنی‌دار دارد (شکل ۲- ج و ۲- د). در مطالعه Perez-Hedo *et al.* (2015) نشان داده شده است که قرار گرفتن گیاهان گوجه‌فرنگی در معرض شکارگر *Nesidiocoris tenuis* منجر به فعال شدن مسیرهای سیگنال‌دهی آبسزیک اسید و جاسمونیک اسید در گیاه مورد نظر می‌شود. چنین گیاهی برای سفیدبالک *B. tabaci* جذاب نبوده ولی باعث جذب پارازیتوئید *E. formosa* به تیمارهایی شده است که در معرض تغذیه شکارگر قرار گرفته‌اند. به عبارت دیگر شکارگر *N. tenuis* نه تنها به طور مستقیم از طریق شکارگری بلکه به صورت غیر مستقیم با استفاده از گیاه‌خواری باعث جذب پارازیتوئید *E. formosa* (یک مکانیسم غیر مستقیم دفاعی) می‌شود. همچنین مطالعات Heil (2008) و Dicke *et al.* (2009) نقش جاسمونیک اسید را در مکانیسم‌های غیرمستقیم دفاعی گیاه از طریق جذب دشمنان طبیعی گیاهان نشان داده است.

می‌کند. جلب شدن زنبور پارازیتوئید مذکور به گیاهان آلوده به عسلک پنبه، به مواد فرار وابسته به SA مرتبط بوده است. علاوه بر این، فعال سازی SA با سرکوب دفاع ناشی از جاسمونیک اسید (JA)، کارایی سفید بالک عسلک پنبه را افزایش می‌دهد. در بررسی حاضر، ترکیب دلفان پلاس محلول‌پاشی شده که حاوی اسیدهای آمینه‌ی آزاد است ممکن است باعث افزایش رهایش موادی شده است که در دفاع غیر مستقیم گیاه یعنی جذب پارازیتوئید آفت مورد نظر نقش دارند. مطابق مطالعه‌ی (2013) Zhang *et al.* مسیر سیگنال‌دهی سالسیک اسید باعث افزایش جذب پارازیتوئیدها شده است و به احتمال زیاد دلفان پلاس در افزایش این نقش تاثیرگذار بوده است. در مورد اثر حضور و یا تغذیه شکارگر، نتایج مقایسه‌ی میانگین در اثرات دو جانبه گیاه - شکارگر برای انگلی شدن نشان می‌دهد که اثر شکارگر روی رقم‌ها به طور جداگانه فقط در رقم ازنا معنی‌دار می‌باشد اما بیشترین انگلی شدن مربوط به تیمار خیار (کیش) - شاهد می‌باشد که با تیمارهای لوبیا (ازنا) - شاهد،



شکل ۳. اثر دو جانبه شکارگر - دلفان پلاس روی درصد انگلی شدن توسط زنبور پارازیتوئید روی تیمارهای مختلف.

Figure 3. The effect of predator- Delfan plus on parasitization rate of *Apanteles* parasitoid in different treatments.

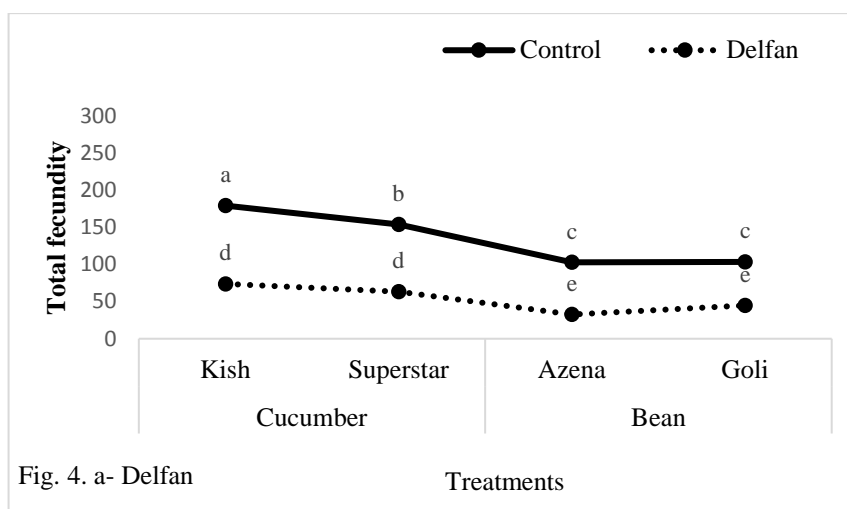


Fig. 4. a- Delfan

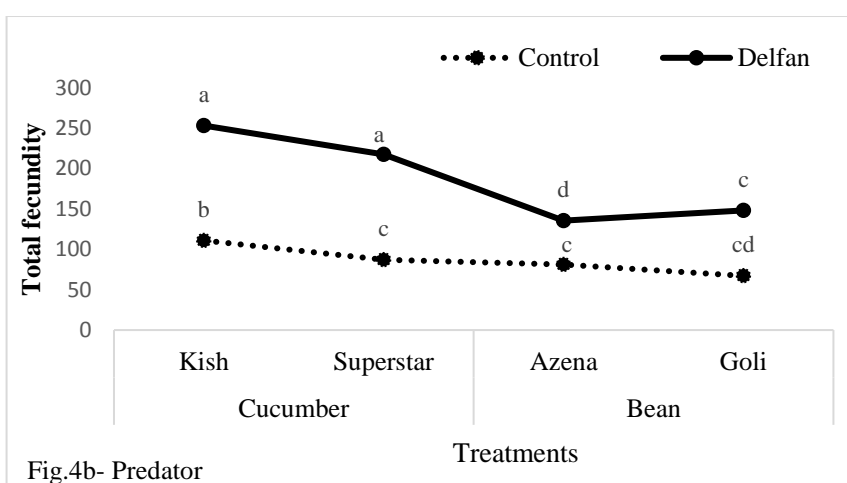


Fig.4b- Predator

شکل ۴. اثر دو جانبه گیاه-دلفان پلاس و گیاه-شکارگر روی باروری کل سفیدبالک گلخانه.

Figure 4. The effect of Delfan plus- plant and predator- plant on the total fecundity of the greenhouse whitefly.

بنابراین استفاده توأم از شکارگر- گیاهخوار و محلول پاشی ترکیب دلفان پلاس باعث افزایش درصد انگلی شدن می‌شود. در ارتباط با اثر تلفیقی تغذیه شکارگر و محلول پاشی دلفان پلاس (ترکیب دارای اسید آمینه‌ی آزاد) پژوهشی صورت نگرفته است، اما احتمالاً استفاده این دو با هم باعث افزایش شدت دفاع‌های غیرمستقیم گیاهی (مقاومت القایی غیرمستقیم) در جذب زنبور پارازیتوئید شده است. به عنوان جمع بندی نهایی می‌توان چنین استنباط کرد که تیمارهای اعمال شده در گیاهان میزبان، در مکانیسم‌های مستقیم دفاعی (مقاومت القایی مستقیم) گیاهان علیه آفت مورد نظر تاثیر چشمگیری داشته است، همچنین در مکانیسم‌های دفاع غیرمستقیم گیاه (مقاومت القایی غیرمستقیم) که در واقع شامل جذب دشمنان طبیعی آفت مورد نظر می‌باشد، نیز اثرات معنی‌دار داشته است که فهم بیشتر این تغییرات در سیستم دفاعی و ترکیبات دفاعی تولید شده در گیاه، مستلزم مطالعه‌ی بیشتر است. این بررسی با تغییر در فعالیت‌های

نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که تغذیه شکارگر *M. pygmaeus* در کاهش تخم و زنده‌مانی حشرات کامل سفیدبالک تاثیر نداشته است (Pappas *et al.* 2015)، اما در جذب زنبور پارازیتوئید نقش ایفا کرده است. در پژوهش حاضر نیز در همه ارقام به جز رقم کیش، اثر شکارگر نسبت به تیمارهای شاهد بیشتر بوده است که علت آن را می‌توان تحریک مکانیسم‌های غیرمستقیم دفاعی گیاه و مقاومت گیاهی نسبت داد. همچنین به احتمال زیاد تغذیه شکارگر سبب تحریک مواد فرار گیاهی برای جذب شکارگرها و پارازیتوئیدها شده است بنابراین در گیاهان تیمار شده با شکارگر نسبت به گیاهان شاهد به جز رقم کیش درصد انگلی شدن بیشتری مشاهده شده است.

نتایج مقایسه میانگین در اثرات دو جانبه‌ی شکارگر-دلفان پلاس که بدون در نظر گرفتن نوع رقم گیاه، نشان می‌دهد که بیشترین انگلی شدن مربوط به تیمار با شکارگر- با دلفان می‌باشد که با بقیه‌ی تیمارها اختلاف معنی‌دار دارد (شکل ۳).

اساس استفاده از ترکیبات بی خطر یا کم خطر و کنترل بیولوژیک در گلخانه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

فیزیولوژیک گیاه و ایجاد واکنش‌های گیاهی، برخی از روابط موجود بین گیاه، آفت و دشمن طبیعی را آشکار ساخت که می‌تواند در تدوین برنامه‌های جدید مدیریت تلفیقی آفات بر

References

- Azimi S, Rahmani Sh & Ashoori A, 2016. Effects of Bt cotton on biological characteristics of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hem.: Miridae). *Plant Pest Research* 6(2): 75–86.
- Bonsignore C P, 2015. Effect of environmental factors on the flight activity of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under greenhouse conditions. *Entomological Science* 18: 207–216.
- Blancard D, 2012. *Tomato Diseases*. Boca Raton: Academic Press.
- Bruinsma, M, Posthumus M A., Mumm R, Mueller M J, van Loon J J A, & Dicke M, 2009. Jasmonic acid-induced volatiles of *Brassica oleracea* attract parasitoids: effects of time and dose, and comparison with induction by herbivores. *Journal of Experimental Botany* 60: 2575–2589.
- Campos O R, Crocorno W B, & Labinas A M, 2003. Comparative biology of the whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Hemiptera - Homoptera: Aleyrodidae) on soybean and bean cultivars. *Neotropical Entomology* 32(1): 133–138.
- Chiozza m V, O'Neal M E, & Macintosh G C, 2010. Constitutive and induced differential accumulation of amino acid in leaves of susceptible and resistant soybean plants in response to the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 39(3): 856–864.
- Cui H, Guo L, Wang S, Xie W, Jiao X, Wu Q, & Zhang Q, 2017. The ability to manipulate plant glucosinolates and nutrients explains the better performance of *Bemisia tabaci* Middle East-Asia Minor 1 than Mediterranean on cabbage plants. *Ecology & Evolution*, 7(16): 6141–6150.
- Cui H, Sun Y, Su J, Li C, & Ge F, 2012. Reduction in the fitness of *Bemisia tabaci* fed on three previously infested tomato genotypes differing in the jasmonic acid pathway. *Environmental Entomology*, 41(6): 1443–1453.
- Delphia C M, Mescher M C, & De Moraes C M, 2007. Induction of plant volatiles by herbivores with different feeding habits and the effects of induced defenses on host-plant selection by thrips. *Journal of Chemical Ecology* 33: 997–1012.
- Deneve T, 2015. Neveneffecten van entomopathogene nematoden op de roofwants *Macrolophus pygmaeus*. PhD Thesis, Plant Pathology, Gent University.
- Dicke M, van Loon J J A, & Solar R, 2009. Chemical complexity of volatiles from plants induced by multiple attack. *Nature Chemical Biology* 5: 317–324.
- Drobnjakovic T, Marčić D, Prijović M, Perić P, Milenković S, & Bošković J, 2016. Life history traits and population growth of *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) local population from Serbia. *Entomologia Generalis* 35(4): 281–295.
- Erb M, Meldau S, & Howe G A, 2012. Role of phytohormones in insect-specific plant reactions. *Trends in Plant Science* 17: 250–259.
- Escobar-Bravo R, Alba J M, Pons C, Granell A, Kant M, Moriones E, & Fernández-Muñoz R. 2016. A jasmonate-inducible defense trait transferred from wild into cultivated tomato establishes increased whitefly resistance and reduced viral disease incidence. *Frontiers in Plant Science* 7:1–16.
- Foruzan M, Nouri H. 2023. Lethal effects of azadirachtin, spiromesifen and thiamethoxam insecticides on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and its parasitoid *Encarsia formosa*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12(1):97-109.
- Ghahhari H & Hatami B, 2001. Taxonomic studies of white flies (Homoptera: Aleyrodidae) in Esfahan Province. *Journal of pests & plant diseases* 96(1): 141–170.
- Ghasemzadeh M & Gharekhani G H, 2018. Feasibility of rearing of predatory bug *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae) using Urmia Lake artemia (*Artemia urmiana* Gunther). *Journal of Applied Research in Plant Protection* 7(4):1–17.
- Girousse C, Moulia B, Silk W & Bonnemain J L, 2005. Aphid infestation causes different changes in carbon and nitrogen allocation in alfalfa stems as well as different inhibitions of longitudinal and radial

- expansion. *Plant Physiology* 137: 1474–1484.
- Glas J J, Alba J M, Simoni S, Villarroel C A, Stoops M, Schimmel B C, Schuurink R C, Sabelis M W & Kant M R. 2014. Defense suppression benefits herbivores that have a monopoly on their feeding site but can backfire within natural communities. *BMC biology* 12(1): 1–14.
- Grille G, Lorenzo M E, Burla J P, Franco J, & Basso C, 2012. Parasitoid niches of *Encarsia formosa* and *Encarsia lycopersici* (Hymenoptera: Aphelinidae) exploiting *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist* 95: 1024–1030.
- Gruszecki R, & Stawiarz A, 2021. Biostimulants containing amino acids in vegetable crop production. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 20(6):45–57.
- Heil M, 2008. Indirect defence via tritrophic interactions. *New Phytologist* 178: 41–61.
- Hu J S, Gelman D B, & Blackburn M B, 2002. Growth and development of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae): Effect of host age. *Archives of Insect Biochemistry & Physiology* 49(3): 125–136.
- Kant M R, Jonckheere, W Knecht B, Lemos F, Liu J, et al., 2015. Mechanisms and ecological consequences of plant defence induction and suppression in herbivore communities. *Annals of Botany* 115: 1015–1051.
- Karley A J, Douglas A E, & Parker W E, 2002. Amino acid composition and nutritional quality of potato leaf phloem sap for aphids. *The Journal of Experimental Biology* 205: 3009–3018.
- Karban R, & I T Baldwin, 1997. Induced responses to herbivory. University of Chicago Press, Chicago.
- Kessler A, & Baldwin I T, 2001. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science* 291: 2141–2144.
- Lin D, Xu Y, Liu X, Zhang L, Wang J, Wu H & Rao Q, 2019. Plants defence responses induced by two herbivores and consequences for whitefly *Bemisia tabaci*. *Frontiers in Physiology* 10(346): 1–24.
- Luan J B, Yao D M, Zhang, T, Walling L L, Yang M, Wang Y J, et al, 2013. Suppression of terpenoid synthesis in plants by a virus promotes it mutualism with vectors. *Ecology Letters* 16: 390–398.
- Lykoureisis D, & Perdakis D, 2014. Plant food effects on prey consumption by the omnivorous predator *Macrolophus pygmaeus*. *Phytoparasitica* 42: 303–309.
- Mirzamohammadzadeh S, Iranipour Sh, Lotfalizadeh H & Jafarlou M, 2014. Biological parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae) in four greenhouse cucumber cultivars. *Journal of Entomological Society of Iran* 34(4):53–67.
- Naselli M, Urbaneja A, Siscaro G, Jaques J A, Zappalà L, Flors V, & Pérez-Hedo M, 2017. Stage-Related Defense Response Induction in Tomato Plants by *Nesidiocoris tenuis*. *International Journal of Molecular Science* 17(8):1210.
- Omer A D, Granett J, Karban R & Villa E M, 2001. Chemically-induced resistance against multiple pests in cotton. *International Journal of Pest Management* 47: 49–54.
- Ortega-Arenas L D, Miranda-Aragón D A & Sandoval-Villa Y M, 2006. Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (West.) eggs and nymphs density on *Gerbera jamesonii* H. Bolus under different nitrogenous fertilizer regimes. *Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia* 40: 363–371.
- Pappas M L, Steppuhn A, Geuss D, Topalidou N, Zografou A, Sabelis M W, & Broufas G D, 2015. Beyond predation: the zoophytophagous predator *Macrolophus pygmaeus* induces tomato resistance against spider mites. *PLoS One* 10(5): 1–18.
- Pérez-Hedo M, Arias-Sanguino ÁM, & Urbaneja A, 2018. Induced Tomato Plant Resistance Against *Tetranychus urticae* Triggered by the Phytophagy of *Nesidiocoris tenuis*. *Frontiers in Plant Science* 9(1419): 1–8.
- Perez-Hedo M, Bouagga S, Jaques J A, Flors V, & Urbaneja A, 2015. Tomato plant responses to feeding behavior of three zoophytophagous predators (Hemiptera: Miridae). *Biological Control* 86: 46–51.
- Perez-Hedo M, & Urbaneja A, 2015. Prospects for predatory mirid bugs as biocontrol agents of aphids in sweet peppers. *Journal of Pest Science* 88: 65–73.
- Pieterse C M, Van der Does D, Zamioudis C, Leon-Reyes A, & Van Wees S C, 2012. Hormonal modulation of plant immunity. *Annual Review of Cell & Developmental Biology* 28: 489–521.
- Portillo N, Alomar O, & Wäckers F, 2012. Nectarivory

- by the plant-tissue feeding predator *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Heteroptera: Miridae): Nutritional redundancy or nutritional benefit? *Journal of Insect Physiology* 58: 397–401.
- Perdikis D, & Lykouressis D, 2000. Effects of various items, host plants, and temperatures on the development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *Biological Control* 17(1): 55–60.
- Puthoff D P, Holzer F M, Perring T M & Walling L L, 2010. Tomato pathogenesis-related protein genes are expressed in response to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B feeding. *Journal of Chemical Ecology* 36: 1271–1285.
- Risal J, Meyhoefer R, Wydra K, & Poehling H M, 2008. Induction of resistance to the whitefly *Trialeurodes vaporariorum* in tomato by external application of Jasmonic Acid (JA) and Benzothiadiazole (BTH). Conference on international research on food security, natural resource management and rural development, University of Hohenheim.
- Gao R-R, Zhang W P, Wu H T, Zhang R-M, Zhou H-X, Pan H-P, Zhang Y J, Brown J K, & Chu D, 2014. Population structure of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), an invasive species from the Americas, 60 years after invading China. *International Journal of Molecular Sciences* 15(8): 13514–13528.
- Samadipour M, Farazmand H, Nazari A, Baniameri V 2023. Evaluation of colored sticky traps to attract greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12(1): 77–85.
- Sarmiento R A, Lemos F, Bleeker P M, Schuurink R C, Pallini A, Oliveira A M G, & Janssen A, 2011. An herbivore that manipulates plant defence. *Ecology Letters* 14: 229–236.
- Sarraf Moaiery H R, Ashoori A, Kharrazi Pakdel A, & Farrokhi Sh, 2004. Effects of four different host plants on *Encarsia formosa* Gahan, the important agent in biological control of greenhouse whitefly. *Iranian Journal of Agriculture Science* 35(2): 437–443.
- Schoonhoven L M, Van Loon J J A & Dicke M, 2006. *Insect-Plant Biology*. New York: Oxford University Press.
- Shishehbor P, 2002. Whiteflies - Bioecology, pest status and their management, University of Shahid Chamran. 644.
- Thaler J S, Humphrey P T, & Whiteman N K, 2012. Evolution of jasmonate and salicylate signal crosstalk. *Trends in Plant Science* 17(5): 260–270.
- Stam J M, Kroes A, Li Y, Gols R, van Loon J J, Poelman E H, & Dicke M, 2014. Plant interactions with multiple insect herbivores: from community to genes. *Annual Review of Plant Biology* 65: 689–713.
- Walling L L, 2008. Avoiding effective defenses: strategies employed by phloem-feeding insects. *Plant Physiol* 146: 859–866.
- Walling L L, 2000. The myriad plant responses to herbivores. *Journal of Plant Growth Regulation* 19(2): 195–216.
- Wang X S, Chen Q Z, Zhang S Z, & Liu T X, 2015. Parasitism, host feeding and immature development of *Encarsia formosa* reared from *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* on *Trialeurodes ricini*. *Journal of Applied Entomology* 39: 647–726.
- Wei J N, Yan L, Ren Q, Li C Y, Ge F, & Kang L 2013. Antagonism between herbivore-induced plant volatiles and trichomes affects tritrophic interactions. *Plant, Cell & Environment* 36: 315–327.
- Wei J N, Wang L Z, Zhao J H, Li C Y, Ge F, & Kang L, 2011. Ecological trade-offs between jasmonic acid-dependent direct and indirect plant defenses in tritrophic interactions. *New Phytologist* 189: 557–567.
- Zarate S I, Kempema L A, & Walling L L, 2007. Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual jasmonic acid defenses. *Plant Physiology* 143: 866–875
- Zhang N X, Messelink G J, Alba J M, Schuurink R C, Kant M R, & Janssen A, 2017. Phytophagy of omnivorous predator *Macrolophus pygmaeus* affects performance of herbivores through induced plant defences. *Oecologia* 186(1):101–113.
- Zhang P J, He Y Ch, Zhao Ch, Ye Z H, & Yu X P, 2018. Jasmonic Acid-Dependent defenses play a key role in defending tomato against *Bemisia tabaci* nymphs, but not adults. *Frontiers in Plant Science* 9: 1–10.
- Zhang P J, Xu C X, Zhang J M, Lu Y B, Wei J N, Liu Y Q, David A, Boland W, & Turlings T C J, 2013. Phloem-feeding whiteflies can fool their host plants,

but not their parasitoids. *Functional Ecology* 27:
1304–1312.



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)