



Effects of gibberellic acid on life history and life table parameters of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover, on two pepper cultivars

Zobeideh Hossennejad¹, Jabraeil Razmjou^{2*}, Ali Asghar Fathi², Bahram Naseri²

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

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

*Corresponding author: razmjou@uma.ac.ir

(Received: 03 November 2023

Revise: 17 December 2023

Accepted: 04 February 2024)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** The melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemi.: Aphididae), is a polyphagous aphid species that causes severe damage to many crops worldwide. It feeds on the host plants by sucking the sap from leaves, flower buds, and stems. *A. gossypii* can also transmit several plant viruses. The population of *A. gossypii* is usually controlled by chemical insecticides. However, the excessive use of insecticides has resulted in developing resistance to the insecticides. For sustainable management of *A. gossypii* on host plants, alternative methods such as the use of resistant plant cultivars and plant hormones seem to be effective strategies. Host plant resistance is a fundamental factor for a successful integrated pest management (IPM) system. Gibberellic acid is one of the most important plant hormones that regulates many aspects of plant growth and promotes plant resistance to some insect pests. In this study, we investigated the involvement of gibberellic acid in the defense responses of two cultivars (*Capsicum annum* L.) against *A. gossypii*.
- 2. Materials and Methods:** The effects of gibberellic acid and two cultivars [poblano (as susceptible cultivar) and paprika (as resistant cultivar)] on *A. gossypii* were determined by analyzing the life history and life table parameters of the pest at 25 ± 2 °C, 65 ± 5 % RH, and a photoperiod of 16L: 8D h. The initial colony of *A. gossypii* was obtained from the laboratory of Department of Plant Protection, University of Mohaghegh Ardabili (Ardabil, Iran). The plants were grown individually in 16 cm-diameter plastic pots filled with a mixture of soil and sand (1:1). When they had reached the four- or six-leaf stage, they were used either for rearing the aphids or for the experiments. The experiments were initiated by spraying the entire leaves of each pepper cultivar with a solution of gibberellic acid at a concentration of 0.005 g. The control plants were treated with distilled water. After 24h, apterous adults were randomly selected from the colony and transferred to the clipcages (6 cm diameter) set on the tested cultivars leaves. They were permitted to produce nymphs for 24h. Then, the adults and all nymphs except one were removed from the clipcages. Each cage was monitored daily for the aphid's survival and developmental time. After maturity, daily observations were continued until the death of last individual. The numbers of nymphs produced per female aphid were counted daily, and then all nymphs were eliminated from the clipcages. The obtained data were analyzed via the TWSEX-MSChart program based on the age-stage, two-sex life table theory.
- 3. Results and Discussions:** The results show that, *A. gossypii* exhibited a longer nymphal period and lower adult longevity on the tested cultivars sprayed with gibberellic acid than on the control. The oviposition period and fecundity of the aphid were lower in the plants treated with gibberellic acid than in control. Finally, the lowest and highest lifespan were 6.97 days (gibberellic acid treatment in Paprika) and 10.25 days (control treatment in Poblano), respectively. In addition, spraying the pepper cultivars with gibberellic acid significantly decreased the gross reproductive rate (*GRR*), net reproductive rate (*R*₀), intrinsic rate of increase (*r*), and finite rate of increase (*λ*) of *A. gossypii* compared to the control. The minimum and maximum values of *r* were 0.2839 (gibberellic acid treatment in Paprika) and 0.4046 day (control treatment in Poblano). The results exhibited that the gibberellic acid was more effective in decreasing the life-history and -table parameters of *A. gossypii* on cultivar paprika. These parameters are appropriate indexes to compare insect pests' performance on different host plants as well as the host plant's induce resistance versus the insects. Comparing the results of the life history and life table parameters of *A. gossypii* on the tested treatments indicated that pepper plants especially the cultivar paprika treated with gibberellic acid was more effective in controlling *A. gossypii* due to slow development, poor fecundity, and low *r* value of the aphid. The lower performance of *A. gossypii* on this treatment would result in a lower population growth that in turn would lead to lower subsequent infestations.

4. **Conclusions:** The results of the current study showed that, gibberellic acid had a suitable potential for controlling the population of *A. gossypii* and can be used in the integrated pest management (IPM) programs.

Keywords: Aphid, Intrinsic rate of increase, Life table, Pepper cultivars, phytohormones.

Citation: Hosseinejad, Z., Razmjou, J., Fathi, A.A. & Naseri, B. (2025). Effects of gibberellic acid on life history and life table parameters of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover, on two pepper cultivars. *Journal of Vegetables Sciences*, 16(2), 153-166. doi:10.22034/IUVS.2024.2014961.1329

Copyrights:

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



تأثیر اسید جیبرلیک بر فراسنجه‌های مهم جدول زندگی دو جنسی شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، روی دو رقم فلفل

زبیده حسین‌نژاد^۱، جبرائیل رزمجو^{۲*}، علی اصغر فتحی^۲، بهرام ناصری^۲

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

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

*نویسنده مسئول: razmjou@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۲

چکیده

شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) گونه‌ای چندین‌خوار که با تغذیه از قسمت‌های مختلف گیاه میزبان از قبیل برگ، ساقه و حتی گل خسارت ایجاد می‌کند. در این پژوهش، تأثیر کاربرد خارجی هورمون گیاهی اسید جیبرلیک در دو رقم فلفل دلمه‌ای، پوبلانو (رقم حساس) و پاپریکا (رقم مقاوم)، روی فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی *A. gossypii* در اتاقت رشد با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بررسی شد. برای انجام آزمایش، هر رقم فلفل با اسید جیبرلیک (۰/۰۰۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و شاهد (آب مقطر)، در مرحله ۶ تا ۸ برگی محلول‌پاشی شدند. نشو و نما و زادآوری *A. gossypii* تا زمان مرگ آخرین فرد شته، روزانه در قفس‌های برگی تحت پایش قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از اسید جیبرلیک در هر دو رقم مورد بررسی به طور معنی‌داری باعث افزایش طول دوره پورگی و کاهش طول عمر حشرات کامل نسبت به شاهد شد. همچنین کاربرد این هورمون تأثیر بسزایی در کاهش پارامترهای رشد جمعیت داشت. به طوری که حداقل و حداکثر مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در تیمار اسید جیبرلیک رقم پاپریکا و تیمار شاهد رقم پوبلانو (به ترتیب ۰/۲۸۳۹ و ۰/۴۰۴۶ بر روز) به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که ادغام اسید جیبرلیک با رقم مقاوم پاپریکا در مدیریت جمعیت *A. gossypii* مؤثر بوده و می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی *A. gossypii* مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: ارقام فلفل، جدول زندگی دو جنسی، شته، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، هورمون گیاهی.

استناد: حسین‌نژاد، ز.، رزمجو، ج.، فتحی، ع.ا. و ناصری، ب. (۱۴۰۳). تأثیر اسید جیبرلیک بر فراسنجه‌های مهم جدول زندگی دو جنسی شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، روی دو رقم فلفل. علوم سبزی‌ها، ۱۶(۲)، ۱۶۶-۱۵۳.

حق چاپ:



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

مقدمه

بسیار ضروری به نظر می‌رسد. از روش‌های جایگزین در کاهش جمعیت آفات استفاده از ارقام مقاوم و نیز تحریک مقاومت القایی (Induce resistance) گیاهان با استفاده از هورمون‌های گیاهی می‌باشد که دارای پتانسیل مناسبی برای کاهش جمعیت آفات روی گیاهان می‌باشند.

هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهان اگر چه به صورت طبیعی در گیاه تولید می‌شوند، ولی کاربرد خارجی این هورمون‌ها روی گیاه می‌تواند باعث تحریک بیان ژن‌های درگیر در سیستم‌های دفاعی گردد و تقویت سیستم دفاعی گیاه منجر به مقاوم‌بودن آن در برابر حمله آفات و بیماری‌ها همچون تنش‌های غیر زیستی می‌شود (Feng et al., 2021; Mehнатkesh & Haghghi, 2024). استفاده از این هورمون‌ها در مقابل حشرات آفت می‌تواند جمعیت آنها را محدود کرده و منجر به کاهش مصرف سموم شیمیایی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات گردد (Nardi et al., 2015).

اسید جیبرلیک یکی از مهم‌ترین هورمون‌های گیاهی است که به طور طبیعی در گیاهان وجود دارد و در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نظیر تحریک رشد گیاه، افزایش توان فتوسنتز، تقسیم سلولی، افزایش طولی سلول‌ها، جوانه‌زنی، افزایش طولی ساقه، تشکیل گرده، گلدهی، بهبود کیفیت میوه و افزایش طول انبارداری میوه دخالت دارد (Gao et al., 2017). استفاده از آن در غلظت‌های بالا موجب تشدید رشد گیاهان می‌گردد (Abbasi et al., 2019). اسید جیبرلیک برای مقابله با تنش‌های غیر زیستی مانند تنش خشکی نیز به کار می‌رود. همچنین، گزارش شده است که کاربرد خارجی اسید جیبرلیک در گیاهان می‌تواند نقش مهمی در القاء مقاومت گیاهان تیمار شده نسبت به آفات داشته باشد (Ataie Esfahlan et al., 2022). در تحقیقی، Ataie Esfahlan و همکاران (۲۰۲۲)، تاثیر محلول‌پاشی گیاهان کلم با اسید جیبرلیک روی جمعیت شته مومی کلم جیبرلیک (*Brevicoryne brassicae* L.) بررسی کردند که

فلفل دلمه‌ای، *Capsicum annuum* L.، گیاهی یکساله از تیره بادمجانیان و دارای بیش از ۵۰ گونه مختلف است که در اکثر مناطق کشور و در خاک‌های مختلف رشد می‌کند. اغلب گونه‌های این گیاه، خوراکی بوده و در رنگ، بو، اندازه، مزه و درجه تندی با هم تفاوت دارند (Kianmehr, 2007; Balouti Dehkordi et al., 2024). آفات مختلفی این محصول زراعی را مورد حمله قرار می‌دهند که یکی از مهم‌ترین آنها شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، می‌باشد. این آفت، حشره‌ای چندین‌خوار و با دامنه میزبانی وسیع است که به دلیل توان تکثیر بالا، طول نسل کوتاه و تعدد نسل در هر سال باعث ایجاد خسارت زیاد در گیاهان میزبان می‌شود. همچنین، این شته در گلخانه‌های پرورش محصولات مختلف، به دلیل حاکم‌بودن شرایط محیطی مناسب به راحتی گسترش یافته و خسارت زیادی را به آنها وارد می‌کند؛ تراکم زیاد جمعیت آن روی بوته‌ها منجر به کاهش رشد گیاه، کاهش کمیت و کیفیت محصول، پژمردگی و در نهایت از بین رفتن گیاه و خشک‌شدن کامل آن می‌گردد. خسارت غیرمستقیم این آفت از طریق ترشح عسلک و نیز انتقال بیماری‌های ویروسی مختلف به گیاهان میزبان می‌باشد (Blackman & Eastop, 2000). عسلک تولیدشده توسط شته باعث افزایش فعالیت قارچ فوماژین، کاهش فتوسنتز و در نتیجه منجر به افزایش خسارت در محصولات باغی و زراعی می‌گردد (Kim & Lee, 2008).

جهت کنترل سریع و موثر شته جالیز، روش استفاده از سموم شیمیایی گزینه مناسب، رایج و در دسترس می‌باشد. با توجه به احتمال بروز مشکلات متعددی از جمله صدمه به سلامت انسان و موجودات غیرهدف، آلودگی محیط‌زیست، باقیمانده سموم در محصولات کشاورزی، مقاومت حشرات به برخی از سموم و طغیان آفات ثانوی در اثر مصرف گسترده سموم شیمیایی (Hill et al., 2017)؛ لذا تحقیق برای دستیابی به روش‌های جایگزین برای مدیریت آفات مهمی مانند شته جالیز

پرورش گیاه میزبان

بذور ارقام فلفل شامل پوبلانو و پاپریکا در سینی‌های نشاء با نسبت مساوی خاک زراعی و ماسه کاشته شد. آبیاری گیاهان هر سه روز یک بار انجام شد. در طول آزمایش از هیچ کود یا سم شیمیایی استفاده نشد. گیاهان طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی در داخل گلخانه با دمای 25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره نوری طبیعی نگهداری شدند. گیاهان مورد نظر در مرحله چهار تا شش برگی برای انجام آزمایش به گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر منتقل شدند. به منظور حفظ جمعیت آفت و انجام آزمایش در طول تحقیق، هر ۱۰ روز کشت گیاهان جدید تکرار می‌شد.

جمع‌آوری و پرورش شته جالیز

شته جالیز از کلنی موجود در آزمایشگاه دانشگاه محقق اردبیلی جمع‌آوری و پس از شناسایی روی ارقام فلفل پرورش داده شدند. گیاهان فلفل آلوده به شته جالیز در اتاقک رشد با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی روی رقم حساس و مقاوم فلفل نگهداری شدند.

بررسی فراسنجه‌های زیستی شته جالیز

محلول پاشی هر دو رقم فلفل با اسید جیبرلیک (۵/۰۰۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و آب مقطر (شاهد) زمانی که گیاهچه‌ها به مرحله ۶ تا ۸ برگی رسیدند، انجام شد. به منظور بررسی زیست‌شناسی و جدول زندگی شته جالیز، پس از گذشت ۲۴ ساعت، تعدادی شته ماده بالغ بی‌بال به طور تصادفی از کلنی پرورشی انتخاب و به کمک قلم‌موی ظریف، یک عدد از آن‌ها در سطح زیری برگ، داخل قفس برگی قرار داده شد. قفس برگی شامل دو ظرف پتری پلاستیکی با قطر شش سانتی‌متری بود که برای تهویه، در هر طرف آن یک سوراخ به قطر دو سانتی‌متر ایجاد و با توری ظریف پوشانده شده بود. پس از ۲۴ ساعت، شته ماده و همه

اسید جیبرلیک سبب کاهش رشد جمعیت فراسنجه‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متنهای افزایش جمعیت (λ)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) و نرخ خالص تولیدمثل (R_0) آفت در گیاه کلم شد. نتایج حاصل از تحقیق Uckan و همکاران (۲۰۰۸) بر رشد و تولید مثل پارازیتوئید *Apanteles galleriae* Wilkinson با تغذیه از *Achoria grisella* F. پرورش‌یافته روی جیره غذایی حاوی اسید جیبرلیک نشان داد که اسید جیبرلیک اندازه بدن، نسبت جنسی و زادآوری زنبورها را نسبت به شاهد تغییر نداد، ولی بسته به دز مصرفی باعث طولانی‌شدن طول دوره نشو و نما و کاهش طول عمر حشرات کامل زنبور گردید. ایشان نتیجه‌گیری کردند که زنبور پارازیتوئید *A. galleriae* به دلیل این که مجبور است رشد و نمو خود را با میزبان گیاهخوار خود از طریق استفاده از هورمون‌های این میزبان هماهنگ کند، بنابراین، ممکن است تحت تاثیر تغییر ترکیب هورمون‌های میزبان قرار گرفته و این امر موجب تاخیر در نشو و نما آن گردد. طبق گزارش Abdellaoui و همکاران (۲۰۰۹b)، استفاده از اسید جیبرلیک در گیاه سورگوم به دلیل تحت تاثیر قرار دادن میزان جذب غذای خورده شده منجر به کاهش وزن پوره‌های سن پنجم ملخ مهاجر آسیایی، آفریقایی، *Locusta migratoria*، شد. هم‌چنین، گیاهانی که با اسید جیبرلیک محلول‌پاشی شده بودند، دارای جمعیت‌های کمتری از ملخ بودند. ایشان عنوان کردند که مکانیسم این اتفاق هنوز ناشناخته است؛ ولی تغییرات فیزیولوژیکی که در گیاهان میزبان رخ می‌دهد ممکن است در دفاع شیمیایی گیاه سورگوم علیه حشرات آفت موثر باشند. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر بر همکنش مستقیم اسید جیبرلیک با دو رقم حساس و مقاوم فلفل بر فراسنجه‌های مهم زیستی و جدول زندگی شته جالیز، *A. gossypii* بود.

مواد و روش‌ها

رسم نمودارها در نرم‌افزار سیگماپلات نسخه ۱۲ انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج فراسنجه‌های زیستی شته جالیز

بر اساس نتایج به دست آمده، کاربرد اسید جیبرلیک در رقم پوبلانو تفاوت معنی‌داری در طول دوره پورگی شته جالیز در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد ($P > 0/05$). طول عمر حشرات کامل شته جالیز در رقم پوبلانو متأثر از تیمارهای مورد بررسی بود ($P < 0/05$). طول چرخه زیستی شته جالیز پرورش‌یافته روی رقم پوبلانو که با هورمون گیاهی اسید جیبرلیک تیمار شده بود بین ۱۴/۴۱ تا ۱۴/۸۴ روز در نوسان بود (جدول ۱).

در رقم پاپریکا طول دوره پورگی شته جالیز به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی قرار گرفت. در این رقم، بیشترین مقدار این فراسنجه در تیمار اسید جیبرلیک و کمترین مقدار آن در شاهد بود. پرورش شته جالیز روی رقم پاپریکا و تیمار این رقم با هورمون گیاهی، طول عمر حشرات کامل را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد ($P < 0/05$). طول چرخه زیستی شته جالیز در رقم پاپریکا بین ۱۲/۶۷ تا ۱۳/۴۱ روز در نوسان بود. در این رقم، کمترین مقدار در تیمار اسید جیبرلیک و بیشترین مقدار آن در شاهد به دست آمد ($P < 0/05$) (جدول ۱).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار رقم پوبلانو با اسید جیبرلیک، تفاوت معنی‌داری در طول دوره پیش از پوره‌زایی شته جالیز نسبت به شاهد ایجاد نکرد ($P > 0/05$). با این وجود، طول دوره پوره‌زایی شته جالیز در رقم پوبلانو متأثر از کاربرد تیمار اسید جیبرلیک بود ($P < 0/05$)، به طوری که در این تیمار، طول دوره پوره-زایی شته جالیز با ۸/۲۸ روز و در تیمار شاهد ۹/۷۶ روز به دست آمد. زادآوری شته جالیز در رقم پوبلانو محلول-پاشی شده با هورمون‌های گیاهی مختلف بین ۳۳/۸۱ تا ۴۲/۳۳ پوره بر ماده در نوسان بود. بیشترین مقدار زادآوری شته آن در شاهد به دست آمد (جدول ۲).

پوره‌های تولید شده به جز یک پوره با استفاده از قلم‌مو از سطح برگ حذف شدند. در هر یک از تیمارهای مورد آزمایش، تعداد ۱۰۰ عدد پوره سن اول به طور جداگانه داخل قفس‌های برگی محصور شدند. طول دوره پورگی و زنده‌مانی پوره‌ها تا رسیدن به مرحله حشره کامل به طور روزانه تحت پایش قرار گرفت. پس از رسیدن شته‌ها به مرحله بلوغ، طول عمر و زادآوری روزانه آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تمامی پوره‌های تولید شده در طی دوره پوره‌زایی، پس از شمارش روزانه از داخل قفس‌ها حذف شدند. ثبت داده‌ها تا زمان مرگ آخرین فرد حشره کامل روزانه ادامه پیدا کرد.

بررسی جدول زندگی شته جالیز

فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز روی دو رقم فلفل تیمار شده با اسید جیبرلیک با استفاده از داده‌های طول دوره رشدی، بقا و زادآوری محاسبه شدند. برخی پارامترهای جدول زندگی شته مانند نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) از طریق معادلات زیر محاسبه شدند (رابطه ۱):

رابطه (۱)

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} L_x m_x$$

$$\sum_{x=0}^{\infty} L_x m_x e^{-r m^x} = 1$$

$$\lambda = e^r$$

تجزیه آماری داده‌ها

فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز بر اساس روش دو جنسی سن - مرحله (Age-stag Two-Sex Life Table Analysis) و با استفاده از نرم‌افزار دو جنسی (Chi, 1988; Twosex-MSChart محاسبه شدند (Chi, 2023). جهت تکرار دار کردن فراسنجه‌های جدول زندگی از روش بوت‌استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار استفاده شد. مقایسه اختلاف آماری بین فراسنجه‌های جدول زندگی شته، با استفاده از آزمون دوگانه بوت‌استرپ در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت (Chi, 2023).

استفاده از هورمون گیاهی اسید جیبرلیک در رقم پاپریکا، تفاوت معنی‌داری در طول دوره پیش از پوره‌زایی شته جالیز ایجاد کرد ($P < 0/05$). بیشترین و کمترین طول این دوره به ترتیب در تیمارهای اسید جیبرلیک و شاهد به دست آمد. در رقم پاپریکا کاربرد اسید جیبرلیک، طول دوره پوره‌زایی شته جالیز را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد ($P < 0/05$). این شته در تیمار شاهد با ۸/۲۲ روز بیشترین طول دوره پوره‌زایی را در مقایسه با اسید جیبرلیک داشت. همچنین، زادآوری شته جالیز بین ۲۴/۸۲ تا ۳۵/۷۶ پوره بر ماده در نوسان بود. به طوری که، بیشترین مقدار زادآوری شته در شاهد به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۱- طول دوره پورگی، طول عمر حشرات کامل، طول چرخه زیستی و بقاء (میانگین \pm خطای

استاندارد) *Aphis gossypii* پرورش یافته روی دو رقم فلفل تیمار شده با اسید جیبرلیک

Table 1- The nymphal period, longevity, life span, and survival (Mean \pm SE) of *Aphis gossypii* reared on two pepper cultivars treated with gibberellic acid

ارقام Cultivars	تیمارها Treatments	طول دوره پورگی Nymphal period (day)	طول عمر حشرات کامل Longevity (day)	طول چرخه زیستی Life span (day)	بقاء Survival
Poblano پوبلانو	Gibberellic acid جیبرلیک اسید	5.74 \pm 0.11 ^a	8.67 \pm 0.26 ^b	14.41 \pm 0.28 ^b	0.70 \pm 0.05 ^b
	Control شاهد	4.59 \pm 0.07 ^a	10.25 \pm 0.34 ^a	14.84 \pm 0.36 ^a	0.76 \pm 0.04 ^a
Paprika پاپریکا	Gibberellic acid جیبرلیک اسید	5.70 \pm 0.11 ^a	6.97 \pm 0.18 ^b	12.67 \pm 0.23 ^b	0.60 \pm 0.05 ^b
	Control شاهد	4.75 \pm 0.08 ^b	8.66 \pm 0.22 ^a	13.41 \pm 0.22 ^a	0.70 \pm 0.06 ^a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون و مربوط به هر رقم، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند (آزمون دوگانه بوت‌استرپ). Means followed by different letters in each column for each pepper cultivar are significantly different ($P < 0.05$).

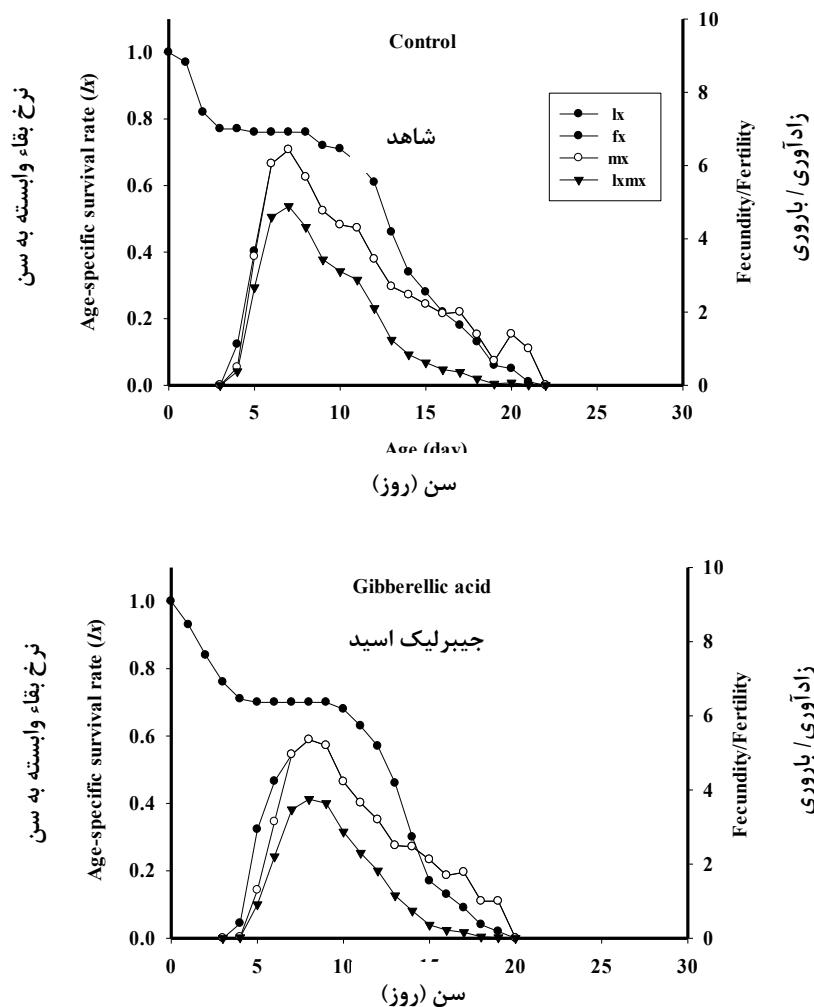
جدول ۲- طول دوره پیش از پوره‌زایی، طول دوره پوره‌زایی و زادآوری (میانگین \pm خطای استاندارد) *Aphis*

gossypii پرورش یافته روی دو رقم فلفل تیمار شده با اسید جیبرلیک

Table 2- The pre-oviposition period, oviposition period, and fecundity (mean \pm SE) of *Aphis gossypii* reared on two pepper cultivars treated with gibberellic acid

ارقام Cultivars	تیمار Treatments	طول دوره پیش از پوره‌زایی Pre-oviposition period (day)	دوره پوره‌زایی Oviposition period (day)	زادآوری Fecundity (no. of nymphs)
Poblano پوبلانو	Gibberellic acid جیبرلیک اسید	0.36 \pm 0.06 ^a	8.28 \pm 0.30 ^b	33.81 \pm 1.12 ^b
	Control شاهد	0.41 \pm 0.06 ^a	9.76 \pm 0.35 ^a	42.33 \pm 1.38 ^a
Paprika پاپریکا	Gibberellic acid جیبرلیک اسید	0.96 \pm 0.03 ^b	5.92 \pm 0.20 ^b	24.82 \pm 1.01 ^b
	Control شاهد	0.42 \pm 0.06 ^a	8.22 \pm 0.23 ^a	35.76 \pm 0.92 ^a

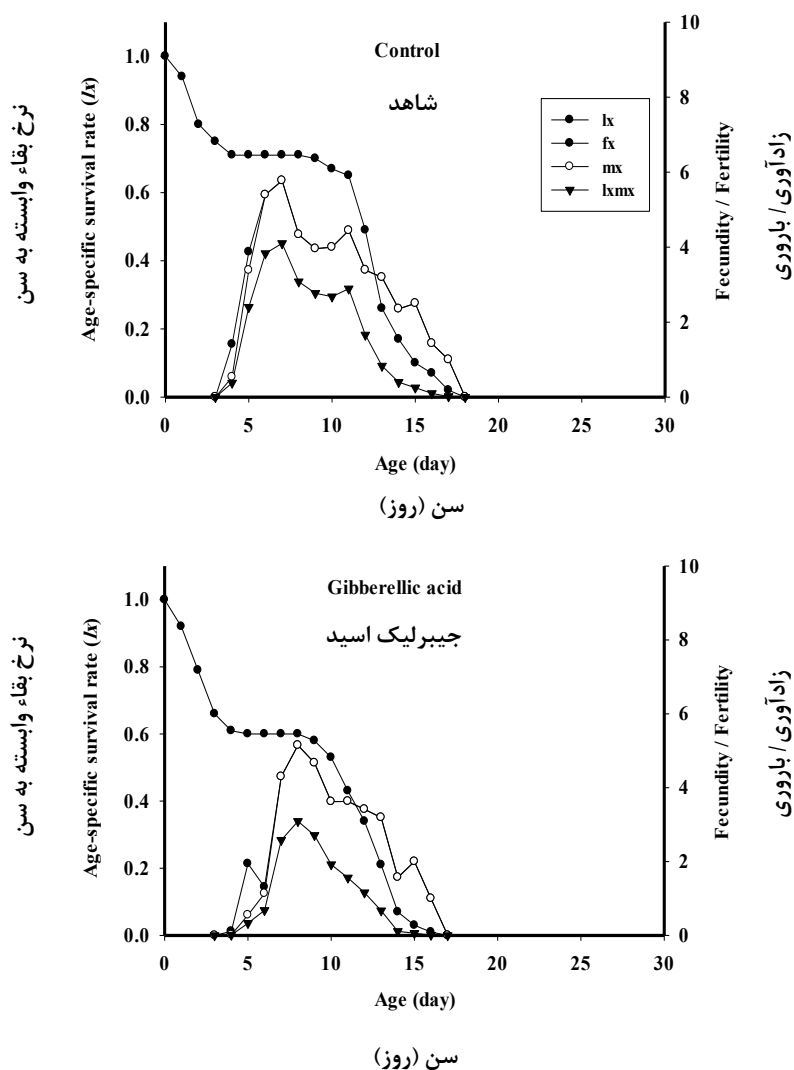
میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون و مربوط به هر رقم، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند (آزمون دوگانه بوت‌استرپ). Means followed by different letters in each column for each pepper cultivar are significantly different ($P < 0.05$).



شکل ۱- نرخ بقاء ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (f_x)، زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) و باروری ویژه سنی ($l_x m_x$) *Aphis gossypii* پرورش یافته روی رقم پوبلانو فلفل تیمار شده با اسید جیبرلیک
 Figure 1- Age-specific survival rate (l_x), age-stage specific fecundity (f_x), age-specific fecundity (m_x), and age-specific fertility ($l_x m_x$) of *Aphis gossypii* reared on pepper cultivar cv. Poblano treated with gibberellic acid

اسید جیبرلیک و شاهد به ترتیب به طور میانگین ۵/۳۶ و ۶/۴۳ پوره و در رقم پاپریکا و در تیمارهای مذکور به ترتیب به طور میانگین ۵/۱۵ و ۵/۷۷ پوره تولید شد. بیشینه $l_x m_x$ نیز به طور مشابه در روزهای ۷-۸ اتفاق افتاد و در این روزها، در رقم پوبلانو و در تیمار اسید جیبرلیک و شاهد به ترتیب به طور میانگین ۳/۷۵ و ۴/۸۹ پوره و در رقم پاپریکا و در تیمار مذکور به ترتیب به طور میانگین ۳/۰۹ و ۴/۱۰ پوره به جمعیت شته اضافه شدند (شکل‌های ۱ و ۲).

نرخ بقاء ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (f_x)، زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) و باروری ویژه سنی ($l_x m_x$) شته جالیز در ارقام پوبلانو و پاپریکا فلفل به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است. l_x شته جالیز پرورش یافته روی ارقام پوبلانو و پاپریکا فلفل تیمار شده با اسید جیبرلیک، با افزایش سن شته کاهش پیدا کرد. نمودارهای مربوط به f_x و m_x تقریباً منطبق بر هم و اوج آنها در تیمارهای مختلف در روزهای ۷-۸ اتفاق افتاد. به طوری که در این روزها، در رقم پوبلانو و در تیمار



شکل ۲- نرخ بقاء ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی (f_x)، زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) و باروری ویژه سنی ($l_x m_x$) *Aphis gossypii* پرورش یافته روی رقم پاپریکا فلفل تیمار شده با اسید جیبرلیک

Figure 2. Age-specific survival rate (l_x), age-stage specific fecundity (f_x), age-specific fecundity (m_x), and age-specific fertility ($l_x m_x$) of *Aphis gossypii* reared on pepper cultivar cv. Paprika treated with gibberellic acid

نتایج فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز

به طور معنی‌داری متاثر از تیمار بود ($P < 0.05$). کمترین و بیشترین مقدار این فراسنجه به ترتیب در تیمارهای اسید جیبرلیک و شاهد محاسبه شد. هم‌چنین، در رقم پوبلانو کاربرد اسید جیبرلیک، تاثیر معنی‌داری بر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) شته جالیز داشت. مقدار این فراسنجه بین ۰/۳۳۹۷ تا ۰/۴۰۴۶ بر

نتایج به دست آمده از بررسی حاضر نشان داد که تیمار رقم پوبلانو با اسید جیبرلیک تفاوت معنی‌داری در نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) شته جالیز ایجاد کرد ($P < 0.05$). کمترین مقدار این فراسنجه در تیمار اسید جیبرلیک و بیشترین مقدار آن در شاهد به دست آمد. نرخ خالص تولیدمثل (R_0) شته جالیز در رقم پوبلانو نیز

و شاهد محاسبه شد. بر اساس نتایج به دست آمده، کاربرد تیمارهای هورمونی مختلف در رقم پاپریکا تأثیر معنی‌داری بر مقدار فراسنجه‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) شته جالیز داشت ($P < 0.05$). مقدار r بین ۰/۲۸۳۹ تا ۰/۳۸۲۴ بر روز و مقدار λ بین ۱/۳۲۸۳ تا ۱/۴۶۵۷ بر روز در تیمارهای مختلف متغیر بود. کمترین مقدار هر دو فراسنجه مذکور در تیمار اسید جیبرلیک و بیشترین مقدار آنها در شاهد تخمین زده شد. در رقم پاپریکا میانگین مدت زمان یک نسل (T) شته جالیز نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار اسید جیبرلیک قرار گرفت ($P < 0.05$). به طوری که، تیمار اسید جیبرلیک با ۹/۵۱ روز بیشترین و شاهد با ۸/۴۶ روز کمترین مقدار T را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

روز در نوسان بود که کمترین مقدار این فراسنجه در تیمار اسید جیبرلیک و بیشترین مقدار آن در شاهد به دست آمد. تیمار اسید جیبرلیک، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) شته جالیز را در رقم پوبلانو به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند ($P < 0.05$). تیمار اسید جیبرلیک کمترین و تیمار شاهد بیشترین مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت شته را داشت. هم‌چنین، در رقم پوبلانو میانگین مدت زمان یک نسل (T) شته جالیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار مورد بررسی قرار گرفت ($P < 0.05$).

کاربرد اسید جیبرلیک در رقم پاپریکا تفاوت معنی‌داری در مقدار فراسنجه‌های GRR و R_0 نسبت به شاهد ایجاد کرد ($P < 0.05$). کمترین و بیشترین مقدار این فراسنجه‌ها به ترتیب در تیمارهای اسید جیبرلیک

جدول ۳- فراسنجه‌های رشد جمعیت (میانگین \pm خطای استاندارد) *Aphis gossypii* پرورش یافته روی دو رقم فلفل تیمار شده با اسید جیبرلیک

Table 3- Population growth parameters (mean \pm SE) of *Aphis gossypii* reared on two pepper cultivars treated with gibberlic acid

ارقام Cultivar	تیمار Treatment	نرخ ناخالص تولیدمثل GRR^*	نرخ خالص تولیدمثل R_0	نرخ ذاتی افزایش جمعیت r_m	نرخ متناهی افزایش جمعیت λ	میانگین مدت زمان یک نسل T
Poblano پوبلانو	Gibberlic acid جیبرلیک‌اسید	43.60 \pm 0.95 ^b	23.67 \pm 1.74 ^b	0.3397 \pm 0.009 ^b	1.4045 \pm 0.0135 ^b	9.31 \pm 0.12 ^a
	Control شاهد	54.85 \pm 1.27 ^a	32.17 \pm 2.08 ^a	0.4046 \pm 0.009 ^a	1.4986 \pm 0.0136 ^a	8.58 \pm 0.10 ^b
Paprika پاپریکا	Gibberlic acid جیبرلیک‌اسید	34.25 \pm 2.43 ^b	14.89 \pm 1.35 ^b	0.2839 \pm 0.0103 ^b	1.3283 \pm 0.0137 ^b	9.51 \pm 0.14 ^a
	Control شاهد	45.69 \pm 1.01 ^a	25.39 \pm 1.74 ^a	0.3824 \pm 0.0099 ^a	1.4657 \pm 0.0145 ^a	8.46 \pm 0.10 ^b

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون و مربوط به هر رقم، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند (آزمون دوگانه بوت‌استرپ). Means followed by different letters in each column and for each pepper cultivar are significantly different ($P < 0.05$). * GRR : gross reproductive rate, R_0 : net reproductive rate, r_m : intrinsic rate of natural increase, λ : finite rate of increase, T : mean generation time.

علیه حشرات آفت می‌شود (Abdellaoui et al., 2009a). مطالعات نشان داده است که این هورمون از نظر ساختمان شیمیایی شبیه به هورمون جوانی بوده و می‌تواند باعث اختلال در فرایندهای متابولیسمی گردد درون ریز حشرات شود (Kaur & Rup, 2002). هم‌چنین، دوزهای مختلف اسید جیبرلیک با فعال کردن سیستم دفاع اکسیداتیو حشرات که منبع رادیکال‌های آزاد است می‌تواند باعث کاهش جمعیت آفات شوند (Altuntaş, 2015). نتایج تحقیقات مشابه نشان از نقش موثر هورمون‌های گیاهی در کاهش جمعیت آفات داشتند. به عنوان مثال، محلول پاشی گیاهان کلم با اسید جیبرلیک توسط Ataie Esfahlan و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که کاربرد این هورمون موجب کاهش فراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L.) مانند (GRR)، (R_0)، (r) و (λ) گردید. نتایج بررسی انجام شده توسط Abd El-all و Fouad (۲۰۱۹) نشان داد که استفاده از اسیدجیبرلیک روی قسمت‌های هوایی درخت انار موجب کاهش معنی‌دار جمعیت شته انار (*Aphis punicae* L.) شد. کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در آفت با بقاء کم‌تر آفت، طولانی‌تر بودن دوره نشو و نمای مراحل نابالغ و پایین‌بودن زادآوری و بقاء آن مرتبط است. به طوری که، کاهش این فراسنجه‌ها موجب کاهش سرعت رشد جمعیت آفت می‌گردد (Naseri et al., 2017).

بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین میانگین مدت زمان یک نسل (T) شته جالیز در رقم پوبلانو در تیمار اسید جیبرلیک ۹/۳۱ و در رقم پاپریکا ۹/۵۱ روز به دست آمد. Ataie Esfahlan و همکاران (۲۰۲۲) با القای مقاومت در گیاه کلم توسط اسید جیبرلیک، مقدار T برای شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L.) ۱۲/۰۸ روز گزارش کردند. مقادیر محاسبه شده برای پارامتر T در بررسی حاضر کمتر از مقادیر گزارش شده توسط Ataie Esfahlan و همکاران (۲۰۲۲) است

نتایج به دست آمده از بررسی حاضر نشان داد که کاربرد اسید جیبرلیک در رقم پوبلانو تفاوت معنی‌داری در طول دوره پورگی شته جالیز در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد، ولی در رقم پاپریکا طول این دوره در تیمار اسیدجیبرلیک، به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. طولانی‌تر بودن طول دوره نشو و نمای پورگی، هر چند فرصت بیشتری را در اختیار شته برای تغذیه قرار می‌دهد، ولی به دلیل افزایش طول مدت زمان قرارگیری افراد در معرض دشمنان طبیعی یا سموم شیمیایی می‌تواند اثر بخشی روش‌های کنترل بیولوژیک و شیمیایی را در برنامه‌های مدیریت تلفیقی افزایش دهد (Sarfranz et al., 2006; Sedaratian et al., 2013).

نتایج بررسی حاضر نشان داد که فراسنجه‌های رشد جمعیت شته جالیز در هر دو رقم به طور معنی‌داری متاثر از تیمارهای مورد بررسی بودند. تفاوت در ویژگی‌های بیوشیمیایی و ریخت‌شناسی ارقام مختلف فلفل می‌تواند تاثیر متفاوتی بر میزان مقاومت آنتی‌بیوزی این گیاه نسبت به آفات داشته باشند. بررسی تاثیر هشت رقم مختلف فلفل (کالیفرنیا، همدان، میناب، سبز فرنگی، سبز قلمی، سمنان، شاهرود و تهران) توسط Ghorbanian و همکاران (۲۰۱۸) روی فراسنجه‌های رشد جمعیت شته سبز هلو نشان داد که این شته بیشترین مقدار عددی نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) را روی رقم حساس همدان (۰/۳۸۹۱ بر روز) و کمترین مقدار عددی این فراسنجه را روی رقم مقاوم تهران (۰/۲۷۸۷ بر روز) داشت. در بررسی حاضر، مقدار ۲ شته جالیز در تیمار شاهد رقم پوبلانو ۰/۴۰۴۶ بر روز و در تیمار شاهد رقم پاپریکا ۰/۳۸۲۴ بر روز تخمین زده شد که این مقادیر در تیمار شاهد رقم پوبلانو بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط Ghorbanian و همکاران (۲۰۱۸) می‌باشد. اختلاف مشاهده شده می‌تواند به تفاوت نوع رقم فلفل، نوع حشره و متفاوت بودن شرایط آزمایشی هر دو پژوهش نسبت داده شود. در بررسی حاضر، تغییرات فیزیولوژیکی ایجاد شده در گیاهان تیمار شده با اسید جیبرلیک باعث فعال‌شدن دفاع شیمیایی گیاه

معنی‌داری بر اکثر فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز در هر دو رقم مورد بررسی داشتند. در رقم پاپریکا نیز R_0 ، r و λ در تیمار اسید جیبرلیک به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود که حاکی از مشارکت این تیمار بر جمعیت نسل بعد شته جالیز در این رقم می‌باشد. در سال‌های اخیر استفاده از هورمون‌های گیاهی به عنوان یک راهکار مناسب و سازگار با محیط زیست در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مورد توجه قرار گرفته است، زیرا این ترکیبات توانایی بالایی در القاء مقاومت علیه حشرات آفت دارند. نتایج این مطالعه، نشان‌دهنده پتانسیل بالقوه کاربرد خارجی هورمون‌های گیاهی به ویژه اسید جیبرلیک در کنترل جمعیت شته جالیز در هر دو رقم مورد بررسی می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد که بدین وسیله مراتب قدردانی و سپاسگزاری خود را اعلام می‌کنیم.

که به نظر می‌رسد تفاوت نوع آفت و نوع گیاه در این اختلاف دخیل هستند.

به طور کلی در مطالعه حاضر، علیرغم استفاده از دو رقم متفاوت فلفل، تأثیر تیمار با هومورن گیاهی در هر دو رقم مورد بررسی روی اکثر فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز تقریباً مشابه بود. ارقام مختلف گیاهی به دلیل داشتن کیفیت متفاوت مواد غذایی می‌توانند با اختلال در هضم و جذب غذای حشرات و تأثیر بر فراسنجه‌های جمعیت‌نگاری حشره منجر به کاهش باروری و بقاء آفت شوند. این افزایش محافظت گیاهان در برابر آفات از طریق مکانیسم مقاومت آنتی‌بیوزی ارقام مقاوم صورت می‌گیرد (Hosseini Mousavi *et al.*, 2022). با این وجود در بررسی حاضر به نظر می‌رسد که کاربرد اسید جیبرلیک با تحت تأثیر قرار دادن فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز، نقش بیشتری در القای مقاومت به شته جالیز در ارقام فلفل داشت. استفاده از محرک‌ها، با تأثیر بر مکانیسم‌های دفاعی گیاه از جمله ایجاد تغییرات در ترکیبات بیوشیمیایی گیاه (مانند تجمع ترکیبات اولیه نظیر قند، پروتئین و حتی ترکیبات ثانویه مانند آب اکسیژنه، گلوکوزینولات، فنل و فلاوونوئید) و یا فعال‌نمودن برخی سیستم‌های دفاعی گیاه موجب مقاومت گیاهان در مقابل حمله آفات می‌شوند (Nayebzadeh *et al.*, 2016; Mansouri *et al.*, 2020) مشابه بررسی حاضر، محلول‌پاشی گیاه اسپند با اسید جیبرلیک نشان داد که استفاده از این هورمون موجب کاهش کلروتیک برگی و جمعیت شته سیاه اسپند (*Melanocallis caryaefoliae* D.) شده و پتانسیل مناسبی برای کاهش این آفت دارد (Cottrell, 2022).

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر تأثیر کاربرد اسید جیبرلیک و نیز دو رقم متفاوت فلفل (پوبلانو و پاپریکا) روی برخی فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی شته جالیز مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، استفاده اسید جیبرلیک در مقایسه با شاهد تأثیر

References

- Abbasi, A., Maleki, A. Babaei, F. Safari, H. & Rangin, A. (2019). The role of gibberellic acid and zinc sulfate on biochemical performance relate to drought tolerance of white bean under water stress. *Cellular and Molecular Biology*, 65, 1-10. <https://doi.org.10.14715/cmb/2019.65.3.1>.
- Abd El-all, E. H. & Fouad, H.A. (2019). Foliar application of gibberellic and salicylic acids improves fruit quality and yield and reduces aphid population in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Journal of Plant Production*, Mansoura University, 10, 247-252. <https://doi.org.10.21608/jpp.2019.36255>.
- Abdellaoui, K., Ben Halima-Kamel, M. & Ben Hamouda, M. H. (2009a). Insecticidal activity of gibberellic acid against *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera, Noctuidae) and *Locusta migratoria migratoria* (Orthoptera, Acrididae). *Pest Technology*, 3, 28-33.
- Abdellaoui, K., Ben Halima-Kamel, M. & Ben Hamouda, M. H. (2009b) The antifeeding and repellent properties of gibberellic acid against Asiatic migratory locust *Locusta migratoria migratoria*. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 4, 57-66.
- Altuntaş, H. (2015). Determination of gibberellic acid (GA₃)-induced oxidative stress in a model organism *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology*, 44, 100-105. <https://doi.org.0.1093/ee/nvu020>.
- Ataie Esfahlan, S., Razmjou J., Fathi, S. A. A., Naseri, B., Seyyedi Sahebari, F. & Ebadollahi, A. (2022). Effect of gibberellic acid on population growth parameters of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) on the cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Plant Pest Research*, 12, 33-43. <https://doi.org.10.22124/iprj.2022.6014>.
- Balouti Dehkordi, M., Rabiei, G., Rabiei, M., & Raisi, M. (2024). The effect of gamma radiation intensity and time on storage and quality of capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 15, 19-38. <https://doi.org.10.22034/IUVS.2023.1987227.1269>.
- Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2000). Aphids on the world's crops: an identification and information guide. Wiley, London, United Kingdom.
- Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17, 26-34. doi:10.1093/ee/17.1.26.
- Chi, H. (2023). TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. Available at: <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-MSChart.zip>.
- Feng, J. L., Zhang, J., Yang, J., Zou, L. P., Fang, T. T., Xu, H. L. & Cai, Q. N. (2021). Exogenous salicylic acid improves resistance of aphid-susceptible wheat to the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.) (Hemiptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, 1-9.
- Gao, X., Zhang, Y., He, Z. & Fu, X. (2017). 4 – Gibberellins. In: Li, J., C. Li, & S. M. Smith (Eds.), *Hormone metabolism and signaling in plants*. (pp. 107-160). Academic Press.
- Ghorbanian, M., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Reddy, G. V. P. (2018). Different pepper cultivars affect performance of second (*Myzus persicae*) and third (*Diaeretiella rapae*) trophic levels. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, <https://doi.org.10.1016/j.aspen.2018.12.021>
- Hill, M. P., Macfadyen, S. & Nash, M. A. (2017). Broad spectrum pesticide application alters natural enemy communities and may facilitate secondary pest outbreaks. *PeerJ*, 5, e4179. <https://doi.org.10.7717/peerj.4179>.

- Hosseini Mousavi, S. M., Hemmati, S. A. & Rasekh, A. (2022). Effect of different leafy vegetables on the biological and population growth characteristics of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 41, 365-383. <https://doi.org/10.22117/JESi.2022.357933.1453>.
- Kaur, R. & Rup, P.J. (2002). Evaluation of regulatory influence of four plant growth regulators on the reproductive potential and longevity of melon fruit fly *Bactrocera cucurbitae*. *Phytoparasitica*, 30, 1-7.
- Kianmehr, H. (2007). House Plants and vegetable gardening (1st ed.). Ayizh publishing. (In Farsi).
- Kim, H. & Lee, S. (2008). A molecular phylogeny of the tribe Aphidini (Insecta: Hemiptera: Aphididae) based on the mitochondrial tRNA/COII, 12S/16S and the nuclear EF1 α genes. *Systematic Entomology*, 33, 711-721. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2008.00440.x>.
- Mansouri, S. M., Mehrparvar, M., Amiri Domari, M. & Mozafari, H. (2020). Evaluation of physiological indices of induced changes in safflower cultivars under biotic stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 32, 941-953.
- Mehnatkesh, M., & Haghghi, M. (2024). Using nutritional, hormonal and pruning treatments in order to increasing the quality of bell pepper fruit. *Journal of Vegetables Sciences*, 8, 201-218. <https://doi.org/10.22034/IUVS.2023.2002860.1288>.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M. & Ertani, A. (2015). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73, 18-23. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>.
- Naseri B., Abedi, Z., Abdolmaleki, A., Jafary-Jahed, M., Borzoui, E. & Mansouri, S. M. (2017). Fumigant toxicity and sublethal effects of *Artemisia khorassanica* and *Artemisia sieberi* on *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Insect Science*, 100, 1-7. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iex073>.
- Nayebzadeh, A., Sharifi-Sirchi, G. R. & Ahmadi, K. (2016). Resistance induction to green peach aphid (*Myzus persicae*) in broad bean by salicylic acid and β -aminobutyric acid. *Applied Entomology & Phytopathology*, 84, 13-20. <https://doi.org/10.22092/jaep.2016.106534>.
- Sarfraz, M., Dossall, L. M. & Keddie, B. A. (2006). Diamondback moth-host plant interactions: Implications for pest management. *Crop Protection*, 25, 625-636. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.011>
- Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talaei-Hassanloui, R. & Jurat-Fuentes, J. L. (2013). Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: A carryover study on offspring. *Journal of Applied Entomology*, 137, 540-549. <https://doi.org/10.1111/jen.12030>.
- Cottrell, T. E. (2022). Black Pecan Aphid (Hemiptera: Aphididae) management on pecan when gibberellic acid is applied concurrently with broad spectrum insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 115, 611-617. <https://doi.org/10.1093/jee/toac009>.
- Uckan, F., Tuven, A., Er, A. & Ergin, E. (2008). Effects of gibberellic acid on biological parameters of the larval endoparasitoid *Apanteles galleriae* (Hymenoptera: Braconidae). *Annals of Entomological Society of America*, 101, 593-597. <https://doi.org/10.1603/0013-8746>