



کاربرد تیمار بذر: (راهکار مدیریت مینوز گوجه‌فرنگی) *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

غلامحسین قره‌خانی^{id} و حمیده سالک ابراهیمی^{id}

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

✉ gharekhani@maragheh.ac.ir

^{id} <https://orcid.org/0000-0003-1018-7019>

✉ h_salekebrahimi@yahoo.com

^{id} <https://orcid.org/0000-0002-1428-4652>

چکیده: با توجه به خسارت بالای شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در کشت‌های گوجه‌فرنگی، استفاده از سموم شیمیایی علیه این آفت در حال افزایش می‌باشد و یافتن روش‌های قابل تلفیق با کنترل شیمیایی، در مدیریت بهینه این آفت مؤثر می‌باشد. یکی از روش‌های برقراری مقاومت القایی در گیاه گوجه‌فرنگی، استفاده از تیمار بذر قبل از کشت می‌باشد. با توجه به نقش کلیدی متیل جاسمونات در ایجاد مقاومت القایی در گیاهان، در مطالعه حاضر بذور گوجه‌فرنگی رقم الیت، ۲۴ ساعت قبل از کاشت با استفاده از دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار متیل جاسمونات خیسانده و سپس کشت انجام شد. در ادامه در مرحله گلدهی گوجه‌فرنگی، پارامترهای زیستی و جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با استفاده از جدول زیستی جمعیتی دوجنسی سنی- مرحله‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد که پرایمینگ بذر روی پارامترهای جمعیتی r ، F ، r و λ در مرحله گلدهی تأثیر داشته و مقدار آن‌ها کمتر از شاهد بود. همچنین این تیمارها دارای جمعیت کوچک‌تری بوده و طول دوره لاروی، طولانی‌تر از شاهد بود. پیش‌بینی پیشروی جمعیت این آفت تحت تیمار بذر با متیل جاسمونات، طی ۱۲۰ روز نشان داد هر چهار مرحله زندگی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در روز ۱۲۰، جمعیت کمتری نسبت به شاهد خواهند داشت که نشان‌دهنده القای مقاومت روی گیاه گوجه‌فرنگی علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی و تأثیر منفی این تیمارها روی ویژگی‌های زیستی و جمعیتی این حشره می‌باشد. در نتیجه متیل جاسمونات به‌عنوان محرک دفاع القایی علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی می‌تواند پس از بررسی‌های بیشتر و مطالعه تأثیر آن روی پارامترهای گیاه و عملکرد در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت گنجانده شود.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۳

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۷

دبیر تخصصی: یعقوب فتحی‌پور

واژه‌های کلیدی: جدول زندگی دوجنسی سنی-مرحله‌ای، مقاومت القایی، متیل جاسمونات، مدیریت آفات، پرایمینگ بذر

Citation: Gharekhani, Gh. & Salekebrahimi, H. (2022) Applying seed treatment as a solution for Tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) management. *J. Entomol. Soc. Iran* 42 (2), 121-132.

مقدمه

گیاهان تیمار شده با جاسمونات مقاومت زیادی را در مقابل آفات و بیماری‌ها از خود نشان می‌دهند. تغذیه از گیاه گوجه‌فرنگی تیمار شده با اسید جاسمونیک سبب کاهش تعداد تریپس *Frankliniella occidentalis* (Pergande) کک‌ها و شته‌ها می‌شود که این امر به فعالیت مهارکننده‌های پلی‌فنل اکسیدازها و پروتئینازها نسبت داده می‌شود (Thaler et al., 2001). بیان آنزیم‌های مرتبط با واکنش‌های دفاعی به‌ویژه لیپوکسی‌ژناز و پراکسیداز به همراه پلی‌فنول اکسیداز در گیاهان آسیب‌دیده به‌طور معنی‌داری بیشتر است. همچنین ژن‌هایی که در بیان این آنزیم‌ها نقش داشته‌اند، در بیوسنتز اسید جاسمونات و ترپن‌ها نیز دخیل بوده و متعاقباً در تنظیم ترپن‌ها نیز مؤثر عمل می‌کنند (Zebelo et al., 2014).

شب‌پره مینوز برگ گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick) (Gelechiidae: Lepidoptera)، یکی از آفات مهم و مخرب در مزارع و گلخانه‌ها می‌باشد که منشأ آن آمریکای جنوبی بوده و از قسمت‌های مختلف گیاه گوجه‌فرنگی همانند برگ، ساقه و میوه تغذیه می‌کند (EPPO, 2005). کنترل *T. absoluta* به دلیل توانایی بالای آن در مقاومت به سموم آفت‌کش و قدرت خسارت زایی بالای آن نسبت به سایر آفات مشکل می‌باشد (Siquira et al., 2000؛ Silva et al., 2011). تعداد دفعات استفاده از سموم شیمیایی در اکثر موارد در غیاب استفاده از روش‌های جایگزین یا تکمیل‌کننده روش‌های کنترلی به ۱۰ تا ۳۰ سم‌پاشی در هر دوره کاشت می‌رسد (Siquira et al., 2000) که این موضوع علاوه بر اینکه هزینه تولید را بالا می‌برد هزینه‌های زیست‌محیطی، آسیب به موجودات زنده و سلامت انسان‌ها و از بین بردن دشمنان طبیعی این آفت را نیز در پی خواهد داشت (El-wakeil et al., 2013).

شناسایی و کاربرد روش‌های غیر شیمیایی نظیر عوامل کنترل بیولوژیک (همانند سن‌های شکارگر) و یا فرمون‌ها در قالب برنامه‌های شکار انبوه و یا اختلال در جفت‌گیری در فضاهای محدود و ایزوله و همچنین مقاومت ارقام می‌تواند راهگشای کاهش استفاده از سموم شیمیایی در کنترل این آفت در گلخانه‌ها و مزارع باشد (Braham & Hajji, 2012). استفاده از پرایمینگ بذر و القای مقاومت در گیاه یکی از راه‌های کنترل آفات بدون آسیب‌های زیست‌محیطی و اثرات سو روی جمعیت حشرات مفید می‌باشد (Kraus & Stout, 2019).

Corresponding author: Hamideh Salekebrahimi (E-mail: h_salekebrahimi@yahoo.com)



© 2022 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran

This Work is licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

گیاهانی که مورد حمله آفات و بیماری‌ها قرار می‌گیرند معمولاً در پاسخ به آن‌ها مقاومت نشان می‌دهند که این پاسخ با تأخیر زمانی و به صورت‌های متفاوتی از قبیل ایجاد متابولیت‌های ثانویه (Mithofer & Baldwin, 2012)، ترکیب‌های برگری (Traw & Dawson, 2002) و مواد فرار گیاهی مؤثر در جلب و فراخوانی دشمنان طبیعی می‌باشد (Pinto-Zevallos et al., 2013)، با توجه به تأخیر زمانی ایجاد خسارت روی گیاه و فعال شدن دفاع گیاهی، عامل خسارت را در این فاصله زمانی می‌تواند خسارت ایجاد نماید که پرایمینگ بذر باعث کوتاه شدن این تأخیر زمانی و زود فعال شدن دفاع القایی در گیاه می‌شود (Kuc, 1984; Conrath et al., 2006; Conrath et al., 2007; Goellner, & Conrath, 2007; Kraus & Stout, 2019). از آنجایی که طیف وسیعی از ارقام گوجه‌فرنگی کشت می‌شود که این ارقام از نظر ویژگی‌های مورفولوژیک، شکل و ضخامت برگ‌ها و صفات مربوط به میوه‌های گوجه‌فرنگی تفاوت‌هایی دارند از نظر حساسیت به آفات و بیماری‌ها نیز یکسان نبوده و در بعضی از موارد نیز در مقابل آن‌ها حساس می‌باشند (Schauer et al., 2005; Foolad, 2007). مقاومت در مقابل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی معمولاً در ارتباط با موادی همچون آسپیل شوگر و یا ترکیب‌های برگری نوع ۴ (Alba et al., 2009) در ارقام وحشی گوجه‌فرنگی می‌باشد (Muigai et al., 2002; Bleeker et al., 2009) که این مقاومت همانند مقاومت مقابل سایر گیاهخوارها به دو صورت فیزیکی و شیمیایی و به صورت بازدارنده‌های تغذیه‌ای و یا کاهنده تخم‌ریزی و یا طولانی نمودن مرحله لاروی و یا افزایش مرگ‌ومیر بر روی گیاهخوار اعمال می‌گردد (Firdaus et al., 2012).

مطالعاتی که بیشتر بر روی مقاومت رقم گوجه‌فرنگی علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی انجام شده است بیشتر بر شناسایی و معرفی ژنوتیپ مقاوم و تفاوت موجود بین ارقام رایج مورد استفاده متمرکز بوده است (Maluf et al., 1997; Gilardon et al., 2001; Oliveira et al., 2012; Gharekhani & Salek-; Ebrahimi, 2014a, b)، دفاع گیاهان با واسطه متیل جاسمونات، بیشتر در رابطه با حشرات چونده و لارو پروانه‌ها مطرح می‌باشد (Kessler & Baldwin, 2002)، از آنجایی که تقویت مقاومت گیاهان علیه آفات و بیماری‌ها به وسیله استفاده از مولکول‌های شیمیایی انتخاب‌شده (Plant elicitors) سال‌هاست در مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Conrath et al., 2006)، در صورت شناسایی غلظت و نوع مواد مؤثر در ایجاد مقاومت علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، قدم مؤثری در کنترل تلفیقی این آفت برداشته می‌شود (Stout et al., 2002; Pinto-Zevallos & Zarbin, 2013). استفاده از تیمار بذور گوجه‌فرنگی با متیل جاسمونات، نه تنها وضعیت رشدی گوجه‌فرنگی را بهبود می‌بخشد بلکه جمعیت لاروهای حشرات گیاهخوار روی گیاه تیمار شده نیز کاهش پیدا می‌کند (Worrall et al., 2012). با توجه به مطالعات قبلی و اینکه پرایمینگ بذر می‌تواند مقاومت در بذر را علیه آفات ایجاد نماید (Paudel et al., 2014)، در بررسی حاضر، با تیمار بذور قبل از کاشت با دو غلظت متیل جاسمونات در دو مرحله رشدی گوجه‌فرنگی، پارامترهای زیستی و جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی بررسی گردید. با توجه به اینکه در مقایسه میانگین‌های داده‌های مربوط به مرحله ۴ برگری تفاوت قابل توجهی بین دزهای مختلف متیل جاسمونات در پارامترهای زیستی و جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مشاهده نشد، برای پرهیز از فشردگی مطالب و تعدد اشکال، جداول مربوط به این مرحله رشدی گیاه، حذف گردید و به‌عنوان داده پیوست ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

تیمار بذور. جهت ارزیابی تأثیر متیل جاسمونات روی پارامترهای زیستی و جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، بذور رقم الیت (سوپر استون الیت، رقم تجاری رایج در منطقه آذربایجان شرقی)، یک روز قبل از کاشت با دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار متیل جاسمونات (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) خیسانده شد. متیل جاسمونات قبل از استفاده در داخل مقدار کمی اتانول (۰/۲۵٪) حل شده و با آب مقطر به غلظت دلخواه رسید، بذور مربوط به تیمار شاهد تنها با آب خیسانده شدند، سپس بذور در شرایط گلخانه در داخل گلدان‌های حاوی خاک پیت ماس و خاک مزرعه با نسبت ۱ به ۱ کاشته شد.

واحدهای آزمایش جدول زندگی و هم‌سن سازی تخم‌ها. برای به دست آوردن تخم‌های هم سن ۰ تا ۱ روزه جهت شروع بررسی جداول پارامترهای زیستی، حشرات کامل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی از کلنی آزمایشگاهی جمع‌آوری شده و در ظروف تخم‌ریزی حاوی برگ‌های تازه گوجه‌فرنگی رقم الیت رهاسازی شدند. ۲۴ ساعت به حشرات برای تخم‌ریزی زمان داده شد و پس از آن حشرات کامل جمع‌آوری شده و از تخم‌های حاصل جهت شروع آزمایش‌ها استفاده شد.

بررسی تأثیر تیمار بذر گوجه‌فرنگی با متیل جاسمونات روی پارامترهای زیستی و جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی. گیاهان کاشته شده برای انجام آزمایش در مرحله گلدهی (۶۰ روزگی) به آزمایشگاه انتقال داده شد و در شرایط دمایی 1 ± 25 درجه سانتی‌گراد و رطوبت 5 ± 65 درصد نگهداری شد. سپس از قفس‌هایی که از پتری‌های پلاستیکی به قطر ۵ سانتیمتر که دو طرف آن توری با مش ۱۰۰ چسبانده شده بود استفاده گردید. هر برگچه در داخل یک پتری دیش قرار داده شد. دور پتری‌ها با پارافیلیم چسبانده شده و برای جلوگیری از شکستن ساقه از محل اتصال برگ به بوته از سیم مفتولی متصل به خاک گلدان جهت پایه پتری استفاده شد. برای این آزمایش، ۵۰ تخم به‌عنوان تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. هر روز از واحدهای آزمایش بازدید به‌عمل آمده و تغییر وضعیت‌ها و تغییر مراحل زیستی حشرات یادداشت‌برداری شد. حشرات کامل ظاهر شده به‌صورت جفت به ظروف استوانه‌ای (به قطر ۸ سانتیمتر و ارتفاع ۱۵ سانتیمتر) که در دیواره‌های آن از توری با مش ۱۰۰ استفاده شده بود و حاوی برگ تازه گوجه‌فرنگی رقم مورد مطالعه (الیت) بود انتقال داده شد.

نحوه ثبت و تجزیه داده‌ها. داده‌های جدول زندگی بر اساس تئوری جدول زندگی دوجنسی ویژه سن-مرحله (Chi, 1988) ثبت و با استفاده از نرم‌افزار TWO SEX-MS Chart (Chi, 2022a) تجزیه شد. نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x) نرخ زنده‌مانی ویژه سنی-مرحله‌ای (l_{xp}) (که در آن x و p به ترتیب بیانگر سن و مرحله رشدی است)، باروری ویژه سنی-مرحله‌ای (f_{xp})، زادآوری ویژه سن (m_x) و فرا سنج‌های جمعیتی شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و میانگین مدت‌زمان یک نسل (T) طبق روابط مربوطه (فرمول‌های ۱ تا ۶) محاسبه شدند (Tuan et al.,

(2014). میانگین‌ها و خطای استاندارد با روش بوت استرپ محاسبه شد (Chi, 2022a; Chi & Liu, 1985). مقایسه میانگین پارامترهای به‌دست‌آمده و همچنین خطای استاندارد آن‌ها با استفاده از روش بوت استرپ ($B=100000$) به دست آمد.

$$l_x = \sum_{j=1}^{\beta} S_{xj} \quad (1) \quad m_x = \frac{\sum_{j=1}^{\beta} S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^{\beta} S_{xj}} \quad (2) \quad \sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \quad (3)$$

$$\lambda = e^r \quad (4) \quad R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \quad (5) \quad T = \frac{\ln(R_0)}{r} \quad (6)$$

پیش‌بینی جمعیت. توانایی رشد یک جمعیت با استفاده از پارامتر نرخ ذاتی افزایش جمعیت قابل پیش‌بینی می‌باشد اما این پارامتر زمانی قابلیت اطمینان دارد که جمعیت به مرحله توزیع سنی - مرحله‌ای پایدار رسیده باشد. در اغلب موارد رسیدن به چنین شرایطی میسر نمی‌باشد و بنابراین پیش‌بینی مبتنی بر نرخ ذاتی افزایش در این حالت قابل اتکا نخواهد بود. استفاده از پیش‌بینی جمعیت در جداول دوجنسی و با استفاده از نرم‌افزار مربوطه بدون فرض رسیدن جمعیت به مرحله توزیع سنی پایدار امکان‌پذیر می‌باشد. برای شروع این پیش‌بینی، بررسی با ۱۰ تخم شروع شد و با استفاده از جدول زندگی دوجنسی سنی مرحله‌ای و به‌وسیله روش توضیح داده‌شده توسط (Chi, 1990) و (Huang et al., 2013) اندازه و تنوع جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی طی ۱۲۰ روز تحت تیمارهای مورد مطالعه توسط برنامه تایمینگ (Chi, 2022b) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نرخ افزایش مرحله z در زمان T+1 با استفاده از لگاریتم طبق فرمول ۷ محاسبه گردید که در این فرمول، $n_{j,t}$ تعداد افراد مرحله z در زمان t می‌باشد. همچنین نرخ رشد مرحله از زمان t به زمان t+1 با استفاده از لگاریتم طبیعی طبق فرمول ۸ محاسبه شد.

$$\phi_{j,t} = \log \left[\frac{n_{j,t+1} + 1}{n_{j,t} + 1} \right] \approx \log \left[\frac{\lambda n_{j,t}}{n_{j,t}} \right] = \log \left[\frac{\lambda n_{total,t}}{n_{total,t}} \right] = \log \lambda \quad (7)$$

$$\bar{n}_{j,t} = \ln \left[\frac{n_{j,t+1} + 1}{n_{j,t} + 1} \right] = \ln \left[\frac{\lambda n_{j,t}}{n_{j,t}} \right] = \ln \left[\frac{\lambda n_{total,t}}{n_{total,t}} \right] = \ln \lambda = r \quad (8)$$

نتایج

طول مراحل رشدی و مرگومیر *T. absoluta*. طول مراحل مختلف بالغ و نابالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در مرحله گلدهی گوجه‌فرنگی رقم الیت و تحت تیمار بذر با سه غلظت متیل جاسمونات شامل صفر، ۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین نرخ مرگومیر مرحله لاروی مربوط به تیمار ۰/۱ میلی مولار با 0.16 ± 0.05 می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد دارد. بیشترین طول دوره لاروی مربوط به تیمار ۰/۲ میلی مولار با 10.49 ± 0.16 روز می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر دارد. سفیره‌های تحت تیمار ۰/۲ میلی مولار دارای بیشترین طول دوره سفیرگی می‌باشند که اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر این مرحله داشت. مرگومیر مراحل قبل از حشره کامل هم در دو تیمار متیل جاسمونات به‌صورت معنی‌دار بیشتر از شاهد بوده است. بیشترین طول دوره مراحل نارس در تیمار ۰/۲ میلی مولار متیل جاسمونات مشاهده شد. بیشترین طول کل دوره پیش از تخم‌ریزی (TPOP) مربوط به تیمار ۰/۲ میلی مولار مرحله رشدی گلدهی می‌باشد که اختلاف معنی‌دار با دو تیمار دیگر دارد. نتایج حاصل از طول مراحل رشدی مرحله ۴ برگی گوجه‌فرنگی در جدول پیوست ۱ آورده شده است.

پارامترهای جمعیتی *T. absoluta*. تغییرات رخ داده در پارامترهای جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. در مطالعه حاضر طبق نتایج آورده شده در جدول ۲ بیشترین تعداد میانگین تخم به ازای هر ماده (F) مربوط به تیمار کنترل با 136.3 ± 8.02 تخم می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با دو تیمار دیگر دارد. کمترین مقدار مربوط به تیمار ۰/۱ میلی مولار متیل جاسمونات می‌باشد. همچنین بیشترین طول دوره تخم‌ریزی (O_d) مربوط به تیمار شاهد با 8.9 ± 0.16 روز می‌باشد که تفاوت معنی‌دار بین کنترل و تیمارهای متیل جاسمونات مشاهده می‌شود. در مورد سایر پارامترهای جمعیتی مقدار ظرفیت ذاتی افزایش (r) به‌صورت تیمارهای شاهد، ۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار به دست آمد. همچنین تیمار ۰/۲ میلی مولار متیل جاسمونات دارای کوچک‌ترین λ و R_0 می‌باشد که دارای تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد می‌باشد. بعلاوه بیشترین مقدار T مربوط به تیمار ۰/۲ میلی مولار می‌باشد که اختلاف با شاهد در این مرحله معنی‌دار می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی پارامترهای جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مرحله ۴ برگی گوجه‌فرنگی در جدول پیوست ۲ آورده شده است.

در شکل ۱ زنده‌مانی سنی مرحله‌ای شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای انجام‌شده در مرحله گلدهی نشان داده شده است که بیشترین زنده‌مانی مربوط به تیمار کنترل می‌باشد. در شکل ۲ نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی ماده‌ها (f_{xj}) و باروری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) آورده شده است. در شکل ۳ امید به زندگی تیمارهای آزمایش طبق روش (Chi & Su, 2006) نشان داده شده است با توجه به اینکه امید به زندگی در سن x به معنی متوسط زمان باقی‌مانده عمر افراد آن سن می‌باشد، بالاترین میزان امید به زندگی در روز اول تولد در این مطالعه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. در شکل ۴ می‌توان ارزش تولیدمثلی سنی مرحله‌ای شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی را تحت تیمارهای آزمایش مشاهده کرد. بیشترین تعداد تخم‌ریزی ماده‌ها در همه تیمارها در روز ۱۹ است به‌جز تیمار ۰/۲ میلی مولار مرحله گل‌دهی که در روز ۲۴ می‌باشد و تیمار کنترل مرحله گلدهی که در روز ۱۸ می‌باشد. بیشترین تعداد تخم در روز پیک نیز مربوط به تیمار کنترل مرحله گلدهی می‌باشد و دیرترین زمان پیک مربوط به تیمار ۰/۲ میلی مولار مرحله گلدهی می‌باشد.

پیش‌بینی جمعیت. در شکل ۵ پیش‌بینی مرحله‌ای جمعیت در تیمارهای مختلف به تفکیک مراحل مختلف با جمعیت اولیه ۱۰ تخم آورده شده است. کوهورت پرورش یافته تحت تیمار ۰/۲ میلی مولار متیل جاسمونات، کوچک‌ترین اندازه جمعیت مرحله‌ای را نسبت به سایر تیمارها داشته و تیمار شاهد، بزرگ‌ترین اندازه جمعیت را دارا می‌باشد. همچنین در شکل ۶ نوسانات نرخ رشد مرحله‌ای در طول مدت ۱۲۰ روز قابل مشاهده است. چنانچه ملاحظه می‌شود نوسانات در تیمارها نسبت به شاهد بیشتر بوده و جمعیت آن‌ها دیرتر به r می‌رسد. در شکل ۷ مقایسه سه جمعیت مورد مطالعه به صورت لگاریتم اندازه جمعیت کل آورده شده است، که نشان می‌دهد کمترین اندازه جمعیت مربوط به تیمار ۰/۲ میلی مولار متیل جاسمونات بوده و تفاوت با تیمار کنترل با افزایش زمان شبیه‌سازی در حال واگرایی است.

جدول ۱- تاثیر تیمار بذر گوجه‌فرنگی روی فراسنجه های زیستی مراحل بالغ و نابالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی.

Table1. Effect of tomato seed treatment using methyl jasmonat on biological parameters of immature and adult stages of tomato leaf miner.

Statistics	Control	MJ 0.1 mM	MJ 0.2 mM
Larva mortality	0.02 ± 0.02 ^B (48)	0.16 ± 0.05 ^A (47)	0.08 ± 0.04 ^{AB} (43)
Larva duration (d)	8.53 ± 0.13 ^C (47)	9.28 ± 0.16 ^B (39)	10.49 ± 0.16 ^A (39)
Pupa mortality	0.12 ± 0.05 ^A (47)	0.22 ± 0.06 ^A (39)	0.24 ± 0.06 ^A (39)
Pupa duration (d)	8.68 ± 0.21 ^B (41)	8.5 ± 0.22 ^B (28)	10.59 ± 0.46 ^A (27)
Pre-adult mortality	0.18 ± 0.05 ^B (50)	0.44 ± 0.07 ^A (50)	0.46 ± 0.07 ^A (50)
Pre-adult survival (S_a)	0.82 ± 0.05 ^A	0.56 ± 0.07 ^B	0.54 ± 0.07 ^B
Adult duration	19.17 ± 0.71 ^A (41)	18.36 ± 0.8 ^A (28)	18.74 ± 0.94 ^A (27)
Female adult longevity (d)	18.75 ± 1.11 ^A (20)	18.14 ± 1.03 ^A (14)	20.1 ± 2.21 ^A (10)
Male adult longevity (d)	19.57 ± 0.94 ^A (21)	18.57 ± 1.3 ^A (14)	17.94 ± 0.78 ^A (17)
Total longevity (d)	41.09 ± 0.96 ^{AB} (50)	40.32 ± 0.86 ^B (50)	43.74 ± 1.13 ^A (50)
TPOP (days)	21.6 ± 0.46 ^B (20)	22 ± 0.47 ^B (14)	27.4 ± 0.93 ^A (10)

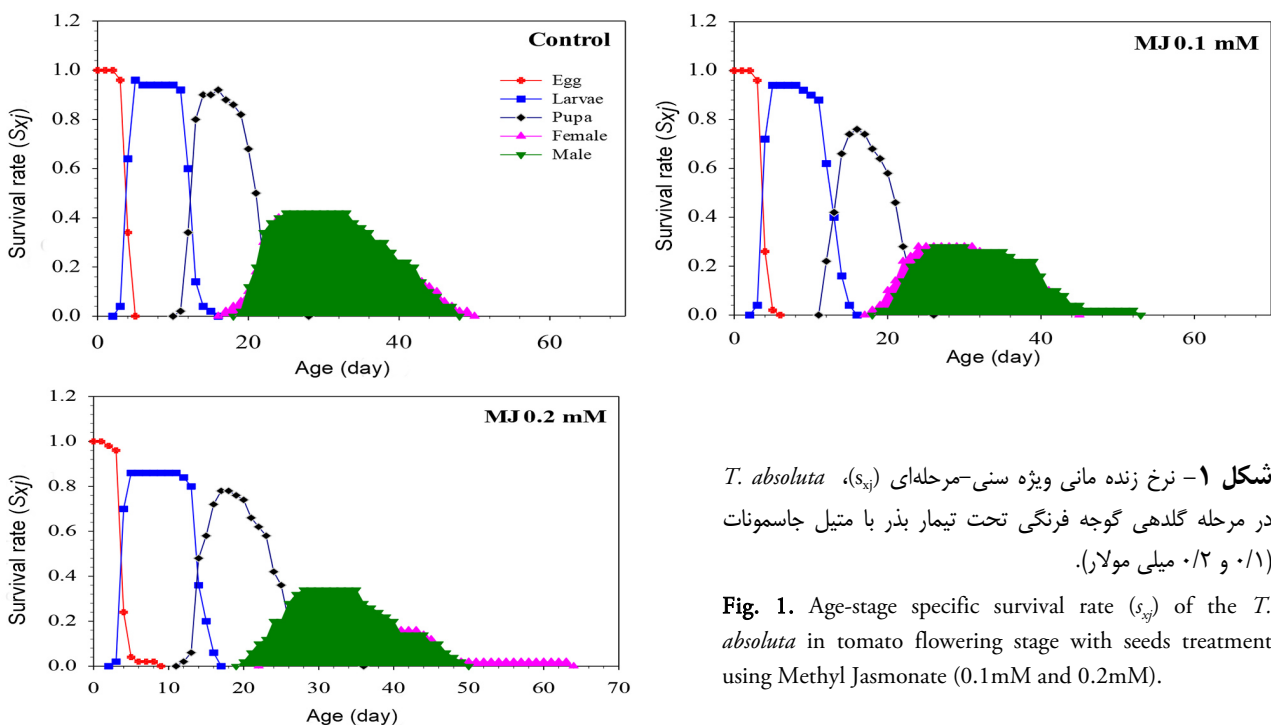
Data followed by the same letter in rows were not significantly different based on a paired bootstrap test at the 5% significance level. The numbers inside the parenthesis show the number of replications.

جدول ۲- تاثیر بذر گوجه‌فرنگی روی فراسنجه های جمعیتی مراحل نابالغ و بالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی.

Table2. Effect of tomato seed treatment using methyl jasmonat on population parameters of immature and adult stages of tomato leaf miner.

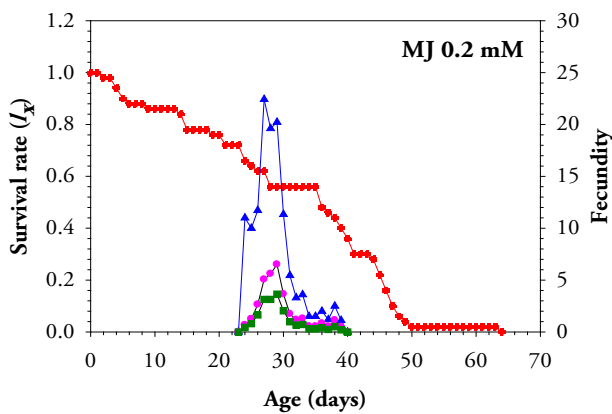
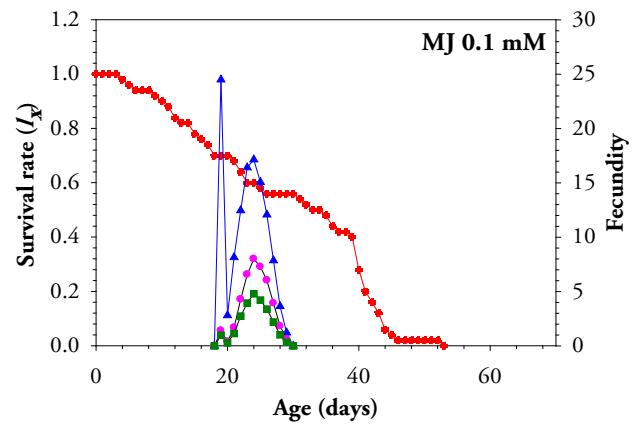
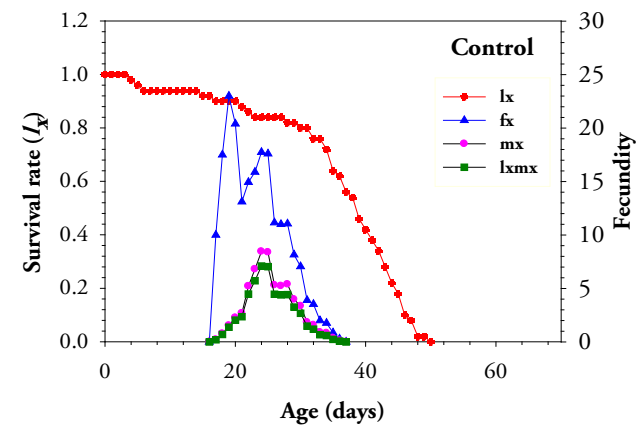
Parameters	Control	MJ 0.1 mM	MJ 0.2 mM
F (eggs per female)	136.3 ± 8.02 ^A (20)	89.43 ± 4.35 ^B (14)	95.7 ± 7.11 ^B (10)
O_d (d)	8.9 ± 0.6 ^A (20)	5.57 ± 0.2 ^B (14)	5.00 ± 0.3 ^B (10)
r (d^{-1})	0.1573 ± 0.0082 ^A (50)	0.1294 ± 0.0101 ^B (50)	0.0992 ± 0.0111 ^C (50)
λ (d^{-1})	1.1703 ± 0.0096 ^A (50)	1.1382 ± 0.0114 ^B (50)	1.1043 ± 0.0122 ^C (50)
R_0 (offspring/individual)	54.52 ± 10.01 ^A (50)	25.04 ± 5.801 ^B (50)	19.14 ± 5.581 ^B (50)
T (d)	25.42 ± 0.56 ^B (50)	24.87 ± 0.4 ^B (50)	29.75 ± 0.8 ^A (50)

Standard errors were estimated using 100,000 bootstrap resampling. A paired bootstrap test was used to detect differences between treatments. Data followed by the same letter in the rows were not significantly different.



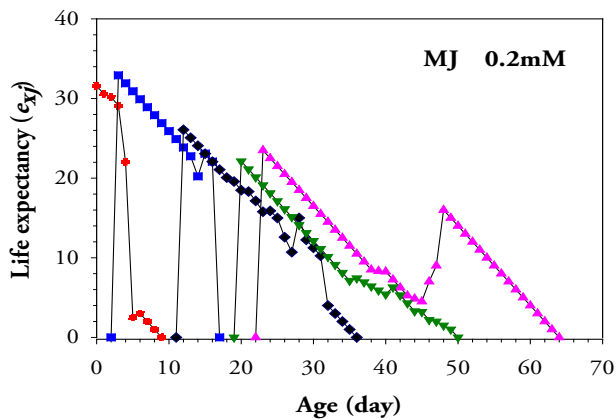
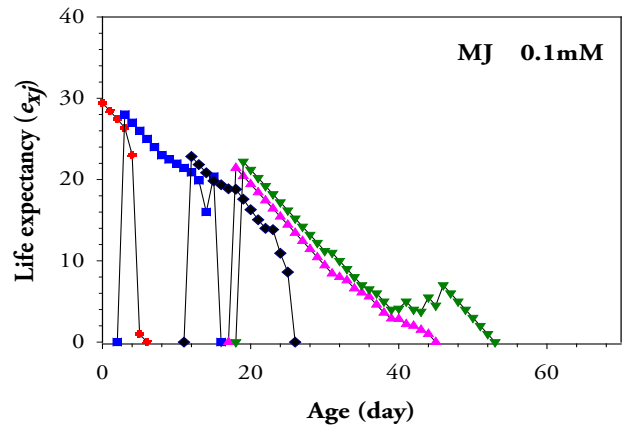
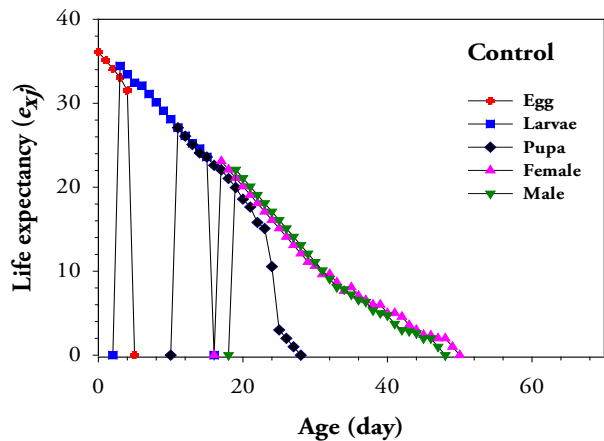
شکل ۱- نرخ زنده ماندن ویژه سنی-مرحله‌ای (s_{xj}) *T. absoluta* در مرحله گلدهی گوجه فرنگی تحت تیمار بذر با متیل جاسمونات (۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار).

Fig. 1. Age-stage specific survival rate (s_{xj}) of the *T. absoluta* in tomato flowering stage with seeds treatment using Methyl Jasmonate (0.1mM and 0.2mM).



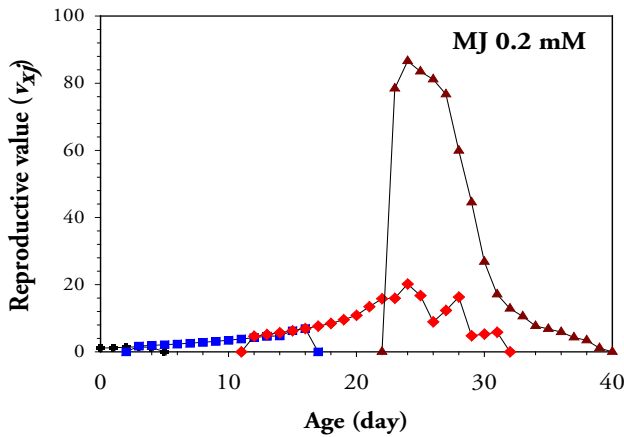
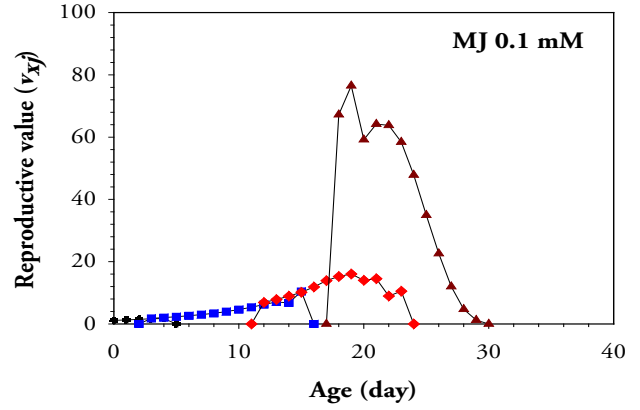
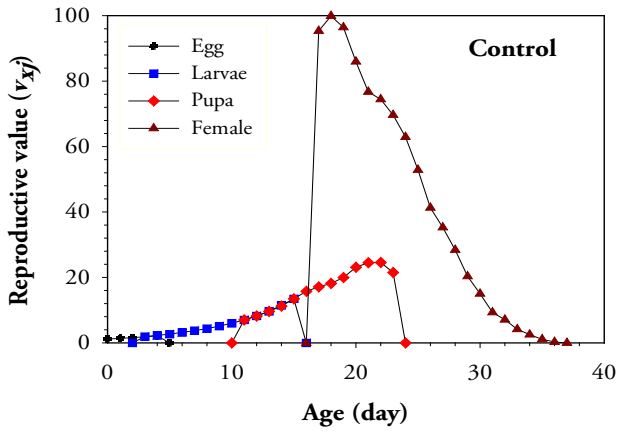
شکل ۲- نرخ زنده مانده ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سنی ماده ($f_{x,t}$)، باروری ویژه سنی جمعیت (m_x) و زادآوری ویژه سنی (l_{mx}) از *T. absoluta* در مرحله گلدهی گوجه فرنگی تحت تیمار بذر با متیل جاسمونات (۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار).

Fig. 2. Age-specific survival rate (l_x), female age-specific fecundity ($f_{x,t}$), age-specific fecundity of the total population (m_x), and age-specific maternity (l_{mx}) of the *T. absoluta* in tomato flowering stage with seeds treatment using Methyl Jasmonate (0.1mM and 0.2mM).



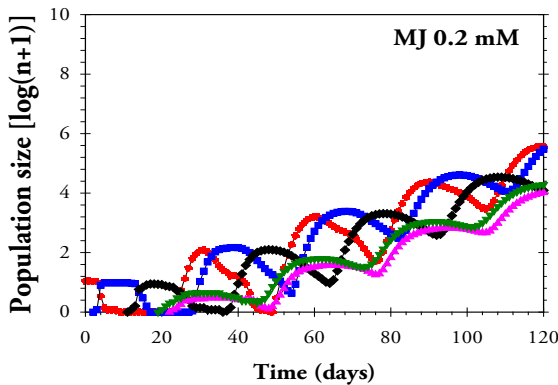
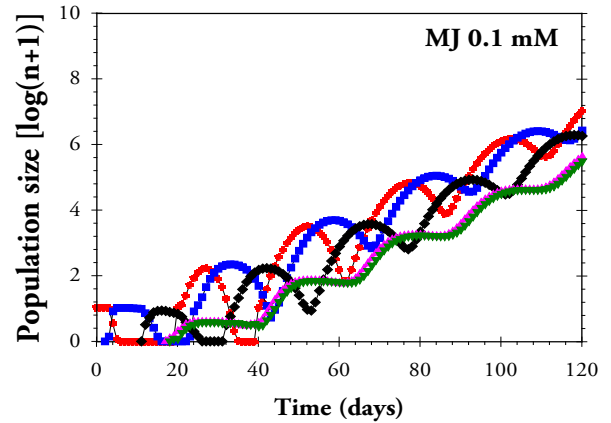
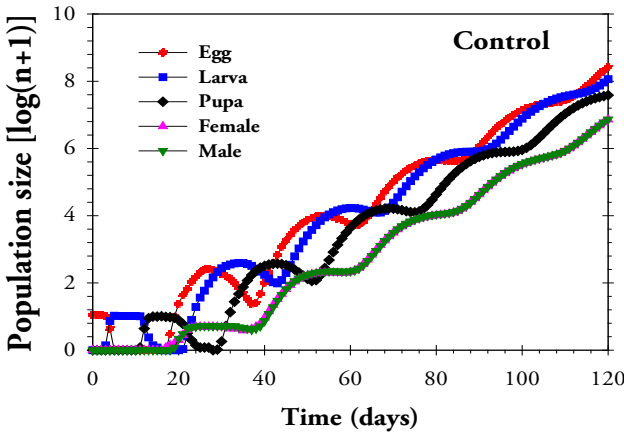
شکل ۳- امید به زندگی ویژه سنی-مرحله‌ای *T. absoluta* در مرحله گلدهی گوجه فرنگی تحت تیمار بذر با متیل جاسمونات (۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار).

Fig 3. Age-stage specific life expectancy (e_{xj}) of the *T. absoluta* in tomato flowering stage with seeds treatment using Methyl Jasmonate (0.1mM and 0.2mM).



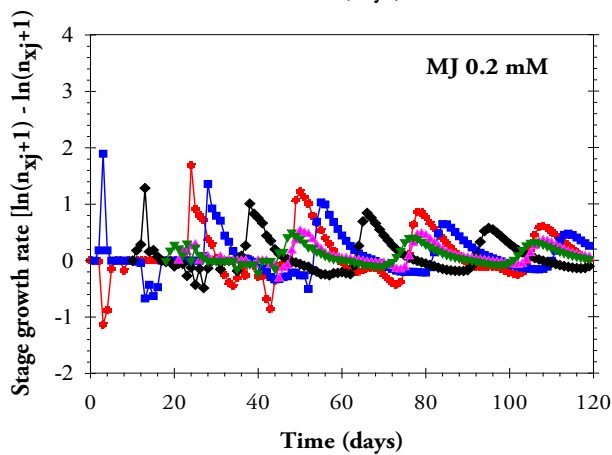
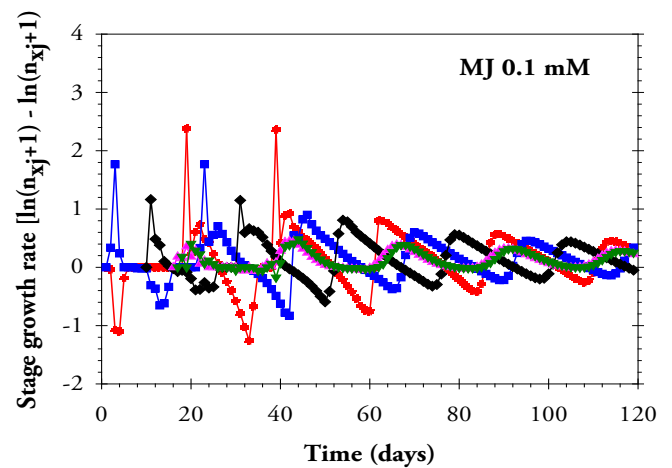
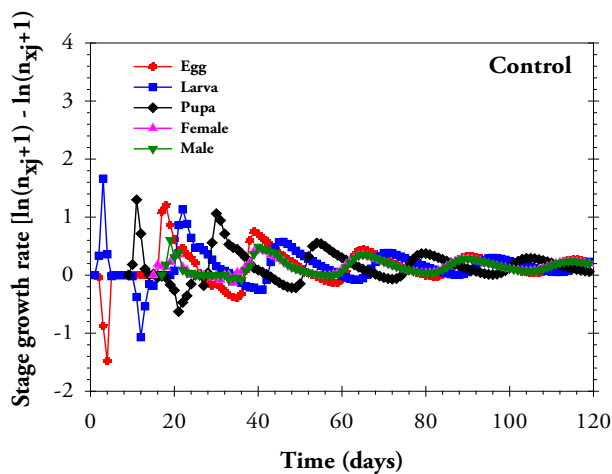
شکل ۴- ارزش زادآوری ویژه سنی-مرحله‌ای (v_{xj}) در مرحله گلدهی گوجه فرنگی تحت تیمار بذر با متیل جاسمونات (۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار).

Fig 4. Reproductive value (v_{xj}) of the *T. absoluta* in tomato flowering stage with seeds treatment using Methyl Jasmonate (0.1mM and 0.2mM).



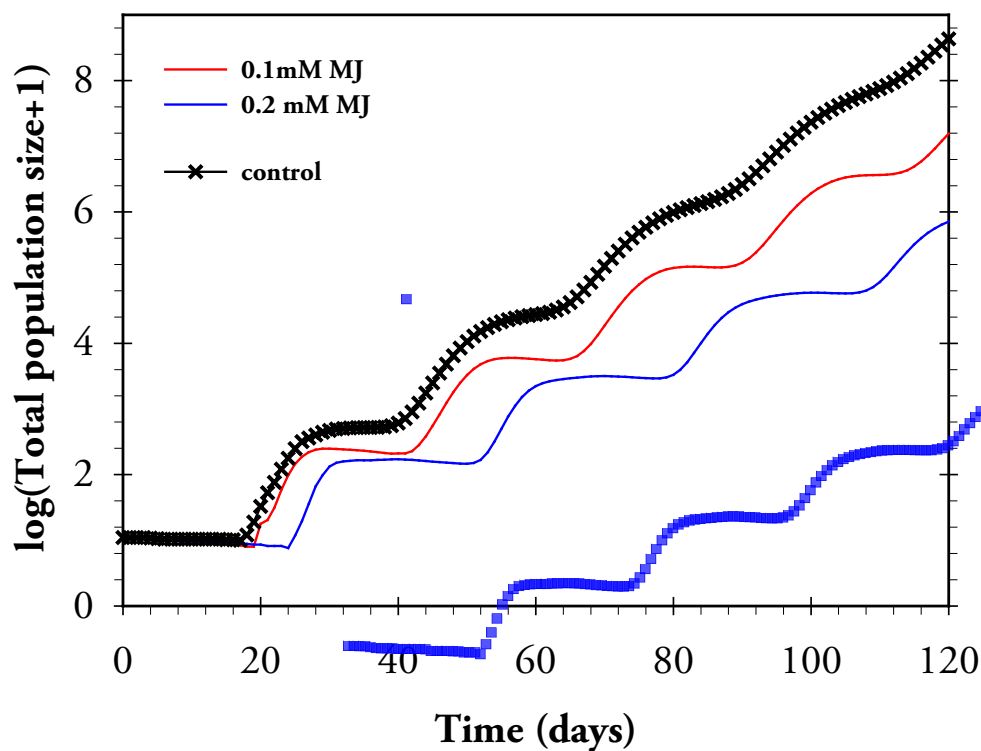
شکل ۵- پیش بینی جمعیت (r) در مرحله گلدهی گوجه فرنگی تحت تیمار بذر با متیل جاسمونات (۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار).

Fig 5. Population projection (r) of the *T. absoluta* in tomato flowering stage with seeds treatment using Methyl Jasmonate (0.1mM and 0.2mM).



شکل ۶- نرخ رشد مرحله‌ای *T. absoluta* در مرحله گلدهی گوجه فرنگی تحت تیمار بذر با متیل جاسمونات (۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار).

Fig 6. Stage growth rate of the *T. absoluta* in tomato flowering stage with seeds treatment using Methyl Jasmonate (0.1mM and 0.2mM).



شکل ۷- لگاریتم (اندازه جمعیت کل+۱) *T. absoluta* در مرحله گلدهی گوجه فرنگی تحت تیمار بذر با متیل جاسمونات (۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار).

Fig 7. Log (Total population size+1) of the *T. absoluta* in tomato flowering stage with priming seeds using Methyl Jasmonate (0.1mM and 0.2mM).

بمٹ

جوانه‌زنی موفق و استقرار بوته‌ها در کشت محصولات کشاورزی تحت شرایط متغیر محیطی، یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت کشت و کارها محسوب می‌شود (Chen & Arora, 2013). تنش‌های محیطی شامل عوامل غیرزنده همچون شوری و تنش خشکی و همچنین تجمع یون‌های سمی در محل استقرار ریشه و بافت گیاهچه و همچنین موجودات زنده طی رشد و نمو گیاه می‌باشند (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2003). پرایمینگ بذر که عبارت از تیمار بذور قبل از کاشت با ترکیبات مصنوعی می‌باشد، با اهداف افزایش یکنواختی جوانه‌زنی و همچنین افزایش تحمل گیاه به عوامل تنش‌زای محیطی اعم از عوامل زنده و غیرزنده اعمال می‌گردد. بذرها پرایم شده نسبت به بذرها غیر پرایم شده اول اینکه سرعت جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه بیشتری دارند و دوم اینکه مقاومت گیاه در مقابل عوامل زنده و غیرزنده تنش‌زای محیطی در طول دوره رشد و نمو بیشتر و سریع‌تر بروز می‌کند (Conrath, 2009).

پرایمینگ بذر امکان ترمیم DNA آسیب‌دیده را طی رشد بذر فراهم می‌سازد و زنده‌مانی بذر را افزایش می‌دهد (Thornton *et al.*, 1993) و این در نتیجه فعال شدن تنفس و تولید ATP در مرحله جذب بیشتر می‌باشد (Weitbrecht *et al.*, 2011). در برخی از تیمارهای پرایمینگ بذر، دانه‌ها آب را به آرامی جذب می‌کنند در نتیجه، دانه‌ها زمان بیشتری برای ترمیم DNA خواهند داشت و همچنین آسیب سلولی کاهش می‌یابد. در کل، پرایمینگ بذر، باعث تحریک مولکول‌های سیگنالی و یا فاکتورهای رونویسی به شکل غیرفعال می‌شود، بنابراین منجر به فعال شدن سریع‌تر و قوی‌تر شدن پاسخ‌های دفاعی در مواجهه با استرس‌های زنده همانند آفات و بیماری‌ها و غیرزنده می‌شود (Bruce *et al.*, 2007). نکته مهم در کاربرد پرایمینگ بذر این نکته می‌باشد که در گیاه بالغ نیز می‌توان تأثیر آن را مشاهده نمود. تحقیقات (Wei *et al.*, 2015) نشان داده گیاهان سویا ۷ روزه که دانه‌های آن‌ها قبلاً با ملاتونین تیمار شده بودند تحمل بهتری نسبت به خشکی از خود نشان دادند (Wei *et al.*, 2015)، همچنین نتایج مشابهی در مورد دانه‌های تیمار شده با H_2O_2 نشان داده شده است (He *et al.*, 2009).

پرایمینگ بذور و افزایش مقدار و سرعت بیان مقاومت در گیاهان در مواجهه با شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی یک روش ساده، قابل ترفیق با سایر روش‌های کنترلی و سازگار با محیط‌زیست، بسیار بارز و دارای پتانسیل بالقوه در کنترل این آفت می‌باشد. از سویی تحقیقاتی که تاکنون در این راستا و در جهت روش‌های مدیریتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته بیشتر بر پایه استفاده از سموم شیمیایی و یا ژنوتیپ گیاهان (معرفی ژنوتیپ مقاوم در صورت وجود) بوده (Maluf *et al.*, 1997؛ Gilardon *et al.*, 2001؛ Oliveira *et al.*, 2012؛ Gharekhani & Salek-Ebrahimi, 2014a, b) و اعلام نتایج در این رابطه می‌تواند روش جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی بی‌رویه باشد (Kogan, 1998؛ Way & Van Emden, 2000). از طرفی دیگر همان‌طور که Stout *et al.* (2002) پیشنهاد کرده‌اند پرایمینگ بذر به‌تنهایی و به‌عنوان یک روش مجزا نمی‌تواند به‌عنوان روش کنترلی مناسب برای آفات مطرح باشد، بلکه بایستی در تلفیق با سایر روش‌ها به‌کاربرده شود تا تکمیل‌کننده شیوه‌های مدیریتی علیه یک آفت باشد.

مطالعاتی در زمینه کاربرد پرایمینگ بذر علیه بیماری‌های گیاهی صورت گرفته است، در زمینه تأثیر آن روی گیاهخوارها تحقیقات درحال توسعه می‌باشد (Paudel *et al.*, 2014؛ Worrall *et al.*, 2012). کاربرد مواد الفاکتنده مقاومت به‌صورت تیمار بذر می‌تواند مزایایی همچون عدم تأثیر روی موجودات غیر هدف و همچنین مقرون‌به‌صرفه بودن آن داشته باشد (Thaler, 1999).

در مطالعه حاضر تیمار بذور گوجه‌فرنگی قبل از کاشت باعث افزایش طول مدت لاروی این حشره شده است. افزایش طول دوره لاروی باعث می‌شود که این حشره در معرض حشرات پارازیتوئید و شکارگر قرار گرفته و جمعیت حشره را با مشکل مواجه نماید (Price *et al.*, 1980). با توجه به زیست‌شناسی این آفت چنین اتفاقی از احتمال پایین برخوردار است همچنین مرگ‌ومیر در هر دو مرحله لاروی و شفیرگی نسبت به شاهد افزایش پیدا کرده است که نشان‌دهنده کاهش کیفیت غذا و یا افزایش عوامل ضد تغذیه و ... می‌باشد. دفاع القایی گیاهان در مقابل گیاهخواران می‌تواند توسط عوامل تحریک‌کننده همانند هورمون‌های گیاهی تحریک شوند (Andreu *et al.*, 2006) دفاع گیاهان به دو نوع مستقیم همانند بازدارنده تغذیه و غیرمستقیم همانند متابولیت‌های ثانویه مشاهده می‌شود که اسید جاسمونیک در هر دو دفاع مستقیم و غیرمستقیم در مقابل گیاهخواران در گیاهان نقش ایفا می‌کند (Kant *et al.*, 2004؛ Chen *et al.*, 2006).

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نیز همانند سایر حشرات قبل از تخم‌ریزی، تغذیه و رشد و نمو شایستگی میزبان را مورد ارزیابی قرار می‌دهد و این شایستگی تأثیر مهم و نقش تعیین‌کننده‌ای در استقرار جمعیت و زنده‌مانی و رشد و توسعه آن می‌تواند داشته باشد که این تأثیر در نسل اول روی گیاه و یا در نتاج نسل و در نسل دوم روی همان گیاه نقش خود را در کاهش یا افزایش جمعیت و تعداد مرگ‌ومیر و زنده‌مانی نشان می‌دهد (Van Lenteren & Noldus, 1990؛ Singh, 1997). استفاده از جداول زیستی سنی مرحله‌ای دوجنسی امکان مطالعه دقیق و اختصاصی چنین تأثیرات را در هر سن و مرحله فراهم می‌کند.

پرایمینگ بذر در این مطالعه با غلظت‌های ذکر شده، مقادیر پارامترهای F ، r و λ در مرحله گلدهی را کمتر از تیمار کنترل نشان می‌دهد و همچنین تیمارها نسبت به شاهد دارای جمعیت کوچک‌تری می‌باشند. نرخ ذاتی افزایش r و میانگین زمان رشدی یک آفت روی یک میزبان (Tsai, 1998) همانند سایر فاکتورها، نرخ زنده‌مانی، زادآوری می‌تواند بازتاب خوبی برای نشان دادن میزان مناسب بودن و یا مناسب نبودن میزبان باشد. کیفیت پایین غذای مورد تغذیه پروانه مینوز گوجه‌فرنگی می‌تواند روی رشد و نمو آن (همانند زمان رشد و نمو بالا و وزن شفیرگی پایین) و ظرفیت افزایشی جمعیت (مانند R_0 و r پایین و زمان تکمیل نسل بالا) تأثیر منفی بگذارد (Pereyra & Sanchez, 2006) که در مطالعه حاضر پرایمینگ بذر تأثیر منفی را ایجاد کرده است. با توجه به اینکه بیشترین مقدار پارامترهای جمعیتی مربوط به تیمار کنترل مرحله گلدهی می‌باشد احتمال اینکه با رشد و تکامل گیاه و ایجاد گل، گیاه برای شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی جذاب‌تر باشد وجود دارد. با این حال تیمار ۰.۲ میلی مولار در مرحله گلدهی بیشترین کاهش را در r ایجاد نموده است که نشان‌دهنده تأثیر خوب این غلظت با افزایش رشد گیاه گوجه‌فرنگی می‌باشد. توضیح بیشتر اینکه بیشترین r مربوط به مرحله گلدهی می‌باشد و نیز کمترین مقدار آن مربوط به همین مرحله می‌باشد که باهم اختلاف معنی‌دار دارند و این موضوع نشان‌دهنده افزایش تأثیر پرایمینگ با رشد گیاه می‌باشد.

زادآوری (fecundity) می‌تواند مابین ۶۰ تا ۱۲۰ تخم را شامل شود (Torres *et al.*, 2001)، اما ماده‌ها می‌توانند تا ۲۶۰ تخم نیز در طول عمر خود تولید نمایند. فاصله زمانی بین تولدهای یک نسل و تولدهای نسل بعدی یا به عبارتی مدت‌زمانی که لازم است تا یک حشره ماده بتواند R_0 مرتبه تکثیر یابد T یا مدت‌زمان یک نسل گفته می‌شود، از آنجایی که پایین بودن T و یا DT (مدت‌زمان دو برابر شدن نسل) و بالا بودن نرخ ذاتی افزایش (r) بیانگر رسیدن سریع‌تر جمعیت آفات به حالت طغیانی می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که کاربرد متیل جاسمونات با افزایش معنی‌دار T در غلظت ۰/۲ میلی مولار و کاهش r در هر دو غلظت بکار رفته نسبت به شاهد باعث کندی رشد جمعیت شده است می‌توان گفت که پرایمینگ مقاومت القایی علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی را روی رقم گوجه‌فرنگی الیت بهبود می‌بخشد که بنا به مطالعه Blazhevski *et al.* (2018) تلفیق استفاده از تغذیه گیاهی سازگار با کنترل بیولوژیک و روش‌های زراعی و مقاومت ارقام می‌تواند کنترل تلفیقی قابل قبولی برای این آفت اعمال نماید. البته تأثیر این ماده روی سطح سوم تغذیه یعنی حشرات شکارگر و پارازیتوئید نیازمند بررسی می‌باشد.

در خصوص پیش‌بینی جمعیت، کمترین رشد جمعیت در تیمار ۰/۲ مولار متیل جاسمونات بود که نسبت به شاهد در سطح پایین‌تر قرار داشت که حاکی از تأثیر منفی پرایمینگ بذر بر روی جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی بود. پیش‌بینی جمعیت علاوه بر این، نشان‌دهنده تفاوت در میزان رشد جمعیت مراحل مختلف بوده و نوسانات آن‌ها را در زمان‌های و نسل‌های آتی پیش‌بینی می‌کند و امکان بهره‌برداری از آن در تصمیم‌گیری‌های آتی مدیریت آفات را فراهم می‌سازد.

نتیجه‌گیری کلی

پرایمینگ، مکانیسم مهمی از مقاومت القایی می‌باشد که در طی سال‌های گذشته بیشتر به آن پرداخته شده است. از آنجایی که این رویکرد، روشی کاملاً سازگار با محیط‌زیست و بدون اثرات جانبی روی سایر موجودات زنده می‌باشد، در صورت شناسایی مواد و مقادیر مناسب برای ایجاد مقاومت القایی علیه آفات می‌توان مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی را در مزارع و گلخانه‌ها کاهش داد. با توجه به اینکه استفاده از پرایمینگ بذور به صورت یک روش پیشگیری مطرح می‌باشد و با لحاظ کردن نتایج این بررسی و بیولوژی و ویژگی‌های زیستی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، استفاده از پرایمینگ در کنار سایر روش‌های مدیریت آفات این آفت می‌تواند تلفیقی قابل توصیه‌ای باشد.

سپاسگزارى

نویسندگان از دانشگاه مراغه بابت پشتیبانی اداری و مالی بخشی از این پژوهش ابراز سپاسگزاری نموده و از کارشناس آزمایشگاه حشره‌شناسی گروه گیاه‌پزشکی و نیز سرکار خانم مهندس قاسم‌زاده، دانشجوی دکتری بابت مساعدت‌های آن‌ها کمال تشکر را دارند.

REFERENCES

- Alba, J. M., Montserrat, M. & Fernández-Muñoz, R. (2009) Resistance to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by acylsucroses of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*) trichomes studied in a recombinant inbred line population. *Experimental and Applied Acarology* 47(1), 35-47. <https://doi.org/10.1007/s10493-008-9192-4>.
- Andreu, A. B., Guevara, M. G., Wolski, E. A., Daleo, G. R. & Caldiz, D. O. (2006) Enhancement of natural disease resistance in potatoes by chemicals. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science* 62(2), 162-170. <https://doi.org/10.1002/ps.1142>.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Arteca, R. N. & Foolad, M. R. (2010) The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. *Critical Reviews in Plant Sciences* 29(3), 162-190. <https://doi.org/10.1080/07352689.2010.483580>.
- Avanci, N. C., Luche, D. D., Goldman, G. H. & Goldman, M. H. S. (2010) Jasmonates are phytohormones with multiple functions, including plant defense and reproduction. *Genet Mol Res* 9(1), 484-505. <https://doi.org/10.4238/vol9-1gmr754>.
- Blazhevski, S., Kalaitzaki, A. P., & Tsagkarakis, A. E. (2018) Impact of nitrogen and potassium fertilization regimes on the biology of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Entomologia Generalis* 37(2), 157-174. <http://dx.doi.org/10.1127/entomologia/2018/0321>.
- Bleeker, P. M., Diergaarde, P. J., Ament, K., Guerra, J., Weidner, M., Schutz, S. & Schuurink, R. C. (2009) The role of specific tomato volatiles in tomato-whitefly interaction. *Plant Physiology* 151(2), 925-935. <https://doi.org/10.1104/pp.109.142661>.
- Braham, M. & Hajji, L. (2012) Management of *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) with insecticides on tomatoes. *Agricultural and Biological Sciences, Insecticides-Pest Engineering, Tech, Rijeka, Croatia* 333-354. <http://dx.doi.org/10.5772/27812>.
- Bruce, T. J. & Pickett, J. A. (2007) Plant defence signalling induced by biotic attacks. *Current Opinion in Plant Biology* 10(4), 387-392. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.05.002>.
- Chen, H., Jones, A. D. & Howe, G. A. (2006) Constitutive activation of the jasmonate signaling pathway enhances the production of secondary metabolites in tomato. *Federation of European Biochemical Societies letters* 580(11), 2540-2546. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2006.03.070>.
- Chen, K. & Arora, R. (2013) Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany* 94, 33-45. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.03.005>.
- Chi, H. & Su, H. Y. (2006) Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology* 35(1), 10-21. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10>.

- Chi, H. (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17(1), 26-34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>.
- Chi, H. (1990) Timing of control based on the stage structure of pest populations: a simulation approach. *Journal of Economic Entomology* 83(4), 1143-1150. <https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1143>.
- Chi, H. (2022a) TWOSEX-MSChart: a computer program for the age- stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, Available from <http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm>. 8/3/2022
- Chi, H. (2022b) TIMING-MSChart: a computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. Taichung, Taiwan: National Chung Hsing University; Availabl from <http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm>. 10/5/2022
- Chi, H. S. I. N. & Liu, H. S. I. (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica* 24(2), 225-240.
- Conrath, U. (2009) Priming of induced plant defense responses. *Advances in Botanical Research* 51, 361-395. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(09\)51009-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(09)51009-9).
- Conrath, U., Beckers, G. J., Flors, V., García-Agustín, P., Jakab, G., Mauch, F. & Mauch-Mani, B. (2006) Priming: getting ready for battle. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19(10), 1062-1071. <https://doi.org/10.1094/mpmi-19-1062>.
- Denancé, N., Sánchez-Vallet, A., Goffner, D. & Molina, A. (2013) Disease resistance or growth: the role of plant hormones in balancing immune responses and fitness costs. *Frontiers in plant science* 4, 155. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00155>.
- El-Wakeil, N., Gaafar, N., Sallam, A. & Volkmar, C. (2013) Side effects of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. *Agricultural and biological sciences "insecticides—development of safer and more effective technologies". Intech, Rijeka, Croatia* 1-54. <https://doi.org/10.5772/54199>.
- EPP0, (2005) European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Tuta absoluta*. Data sheets on quarantine pests. *European and Mediterranean Plant Protection Organization Bulletin* 35 (2005) 434-435.
- Firdaus, S., van Heusden, A. W., Hidayati, N., Supena, E. D. J., Visser, R. G. & Vosman, B. (2012) Resistance to *Bemisia tabaci* in tomato wild relatives. *Euphytica* 187(1), 31-45. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0704-2>.
- Foolad, M. R. (2007) Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics* 2007. <https://doi.org/10.1155/2007/64358>.
- Gharekhani, G. H. & Salek-Ebrahimi, H. (2014a) Evaluating the damage of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) on some cultivars of tomato under greenhouse condition. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 47(4), 429-436. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.811800>.
- Gharekhani, G. H. & Salek-Ebrahimi, H. (2014b) Life table parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different varieties of tomato. *Journal of Economic Entomology* 107(5), 1765-1770. <https://doi.org/10.1603/EC14059>.
- Gilardón, E., Pocovi, M., Hernández, C., Collavino, G. & Olsen, A. (2001) Papel da 2-tridecanona e dos tricomas glandulares tipo VI na resistência do tomateiro a *Tuta absoluta*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36, 929-933. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000700001>.
- Goellner, K. & Conrath, U. (2007) Priming: it's all the world to induced disease resistance. In *Sustainable Disease Management in a European Context* (pp. 233-242). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8780-6_3.
- He, L. & Gao, Z. (2009) Pretreatment of seed with H₂O₂ enhances drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology* 8(22). <https://doi.org/10.5897/AJB09.490>.
- Huang, S. H., Cheng, C. H., Chen, C. N. & Wu, W. J. (2013) An injury equivalency system for establishing a common economic threshold for three species of rice planthoppers (Hemiptera: Delphacidae) in Taiwan. *Journal of Economic Entomology* 106(2), 837-843. <https://doi.org/10.1603/ec12354>.
- Kant, M. R., Ament, K., Sabelis, M. W., Haring, M. A. & Schuurink, R. C. (2004) Differential timing of spider mite-induced direct and indirect defenses in tomato plants. *Plant Physiology* 135(1), 483-495. <https://doi.org/10.1104%2Fpp.103.038315>.
- Kessler, A. & Baldwin, I. T. (2002) Plant responses to insect herbivory. *Annual Review of Plant Biology* 53, 299-328. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.100301.135207>.
- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. A. & Bingham, I. J. (2003) The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soyabean seeds. *Seed Science and Technology* 31(3), 715-725. <http://dx.doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.20>.
- Kogan, M. (1988) Integrated pest management theory and practice. *Entomologia experimentalis et applicata* 49(1-2), 59-70. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1988.tb02477.x>.
- Kraus, E. C. & Stout, M. J. (2019) Seed treatment using methyl jasmonate induces resistance to rice water weevil but reduces plant growth in rice. *PLOS ONE* 14(9): e0222800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222800>.
- Kuc, J. (1984) Translocated signals for plant immunization. *Annals of the New York Academy of Sciences* 494:221-223. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1987.tb29529.x>.
- Maluf, W. R., Barbosa, L. V. & Costa Santa-Cecília, L. V. (1997) 2-Tridecanone-mediated mechanisms of resistance to the South American tomato pinworm *Scrobipalpus absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera-Gelechiidae) in *Lycopersicon* spp. *Euphytica* 93(2), 189-194. <https://doi.org/10.1023/A:1002963623325>.
- Mithöfer, A. & Boland, W. (2012) Plant defense against herbivores: chemical aspects. *Annual Review of Plant Biology* 63, 431-450. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103854>.

- Muigai, S. G., Schuster, D. J., Snyder, J. C., Scott, J. W., Bassett, M. J. & McAuslane, H. J. (2002) Mechanisms of resistance in *Lycopersicon* germplasm to the whitefly *Bemisia argentifolii*. *Phytoparasitica* 30(4), 347-360. <https://doi.org/10.1007/BF02979682>.
- Oliveira, C. M. D., Andrade Júnior, V. C. D., Maluf, W. R., Neiva, I. P. & Maciel, G. M. (2012) Resistance of tomato strains to the moth *Tuta absoluta* imparted by allelochemicals and trichome density. *Ciência e Agrotecnologia* 36, 45-52. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000100006>.
- Paudel, S., Rajotte, E. G. & Felton, G. W. (2014) Benefits and costs of tomato seed treatment with plant defense elicitors for insect resistance. *Arthropod-Plant Interactions* 8(6), 539-545. <https://doi.org/10.1007/s11829-014-9335-y>.
- Pereyra, P. C. & Sánchez, N. E. (2006) Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* 35, 671-676. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000500016>.
- Pinto-Zevallos, D. M., Martins, C. B., Pellegrino, A. C. & Zarbin, P. H. (2013) Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. *Química Nova* 36, 1395-1405. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000900021>.
- Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N., & Weis, A. E. (1980) Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual review of Ecology and Systematics* 11, 41-65. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000353>.
- Schauer, N., Zamir, D. & Fernie, A. R. (2005) Metabolic profiling of leaves and fruit of wild species tomato: a survey of the *Solanum lycopersicum* complex. *Journal of Experimental Botany* 56 (410), 297-307. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri057>.
- Silva, G. A., Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B., Rosado, J. F. & Guedes, R. N. C. (2011) Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science* 67 (8), 913-920.
- Singh, A. K. (1997) Effect of leguminous plants on the growth and development of gram pod borer, *Helicoverpa armigera*. *Indian Journal of Entomology* 59, 209-214.
- Siqueira, H. Á. A., Guedes, R. N. C. & Picanço, M. C. (2000) Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology* 2(2), 147-153. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2000.00062.x>.
- Stout, M. J., Zehnder, G. W. & Baur, M. E. (2002) Potential for the use of elicitors of plant resistance in arthropod management programs. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America* 51 (4), 222-235. <https://doi.org/10.1002/arch.10066>.
- Thaler, J. S. (1999) Jasmonate-inducible plant defences cause increased parasitism of herbivores. *Nature* 399 (6737), 686-688. <https://doi.org/10.1038/21420>.
- Thaler, J. S., Stout, M. J., Karban, R. & Duffey, S. S. (2001) Jasmonate-mediated induced plant resistance affects a community of herbivores. *Ecological Entomology* 26 (3), 312-324. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2001.00324.x>.
- Thornton, J. M., Collins, A. R. S. & Powell, A. A. (1993) The effect of aerated hydration on DNA synthesis in embryos of *Brassica oleracea* L. *Seed Science Research* 3 (3), 195-199. <https://doi.org/10.1017/S0960258500001781>.
- Torres, J. B., Faria, C. A., Evangelista, W. S. & Pratisoli, D. (2001) Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. *International Journal of Pest Management* 47 (3), 173-178. <https://doi.org/10.1080/02670870010011091>
- Traw, B. M. & Dawson, T. E. (2002) Differential induction of trichomes by three herbivores of black mustard. *Oecologia* 131 (4), 526-532. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-0924-6>.
- Trusov, Y., Rookes, J. E., Chakravorty, D., Armour, D., Schenk, P. M. & Botella, J. R. (2006) Heterotrimeric G proteins facilitate *Arabidopsis* resistance to necrotrophic pathogens and are involved in jasmonate signaling. *Plant Physiology* 140 (1), 210-220. <https://doi.org/10.1104/pp.105.069625>.
- Tsai, J. H. (1998) Development, survivorship, and reproduction of *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae) on eight host plants. *Environmental Entomology* 27 (5), 1190-1195. <https://doi.org/10.1093/ee/27.5.1190>.
- Tuan, S. J., Lee, C. C. & Chi, H. (2014) Population and damage projection of *Spodoptera litura* (F.) on peanuts (*Arachis hypogaea* L.) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. *Pest Management Science* 70 (5), 805-813. <https://doi.org/10.1002/ps.3618>.
- Van Lenteren, J. V. & Noldus, L. P. J. (1990) Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. In Book. Hollis, D. (1991) Whiteflies: their bionomics, pest status and management, p: 47- 49. Andover, UK.
- Way, M. J. & Van Emden, H. F. (2000) Integrated pest management in practice—pathways towards successful application. *Crop Protection* 19 (2), 81-103. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(99\)00098-8](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(99)00098-8).
- Wei, W., Li, Q. T., Chu, Y. N., Reiter, R. J., Yu, X. M., Zhu, D. H. & Chen, S. Y. (2015) Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. *Journal of Experimental Botany* 66(3), 695-707. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru392>.
- Weitbrecht, K., Müller, K., & Leubner-Metzger, G. (2011) First off the mark: early seed germination. *Journal of Experimental Botany* 62 (10), 3289-3309. <https://doi.org/10.1093/jxb/err030>.
- Worrall, D., Holroyd, G. H., Moore, J. P., Glowacz, M., Croft, P., Taylor, J. E. & Roberts, M. R. (2012) Treating seeds with activators of plant defence generates long-lasting priming of resistance to pests and pathogens. *New Phytologist* 193 (3), 770-778. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03987.x>.
- Zebelo, S., Piorkowski, J., Disi, J., & Fadamiro, H. (2014) Secretions from the ventral eversible gland of *Spodoptera exigua* caterpillars activate defense-related genes and induce emission of volatile organic compounds in tomato, *Solanum lycopersicum*. *BMC Plant Biology* 14 (1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-140>.

Applying seed treatment as a solution for Tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) management

Gholamhossein Gharekhani  & Hamideh Salekebrahimi 

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

✉ gharekhani@maragheh.ac.ir

 <https://orcid.org/0000-0003-1018-7019>

✉ h_salekebrahimi@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1428-4652>

Article History

Received: 4 November 2022 | Accepted: 8 December 2022 | Subject Editor: Yaghoob Fathipour

Abstract

Considering the high damage caused by the tomato leaf miner moth, *Tuta absoluta*, in tomato crops, the use of chemical pesticides against this pest is increasing and finding alternative methods that can be combined with chemical control can be effective in the optimal management of this pest. One of these methods is establishing induced resistance in tomato plants by using seed priming before planting. Considering the key role of methyl jasmonate in creating induced resistance in plants, in the present study, tomato seeds (var: Elite) were soaked 24 hours before planting using two concentrations of 0.1 and 0.2 mM methyl jasmonate. Then, in the flowering stage of tomato, the biological and demographic parameters of tomato leaf miner moth were investigated using the age-stage two-sex life table. The results showed that seed priming affected the population parameters including O_d , F , r and λ in the flowering stage and their value was lower than the control, also these treatments had a smaller population and the length of their larval period was longer than the control. The prediction of the population progress under seed treatment with methyl jasmonate, during 120 days, showed that all four life stages of the insect will have a smaller population than the control on day 120, which hints the negative effect of the treatments on biological and population characteristics of the herbivore and indicates the induction of resistance on the host plant. As a result, methyl jasmonate can be consider in the integrated management programs of tomato leaf miner moth by plant resistance mechanisms.

Keywords. Age-stage two-sex life table, Induced resistance, Methyl Jasmonate, Pest management, Seed priming

Corresponding Author: Hamideh Salekebrahimi (Email: h_salekebrahimi@yahoo.com)

Citation: Gharekhani, Gh. & Salekebrahimi, H. (2022) Applying seed treatment as a solution for Tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) management. *J. Entomol. Soc. Iran* 42 (2), 121-132. <https://doi.org/10.52547/jesi.42.2.1>