تأثیر چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر در مقایسه با آفت‌کش تاکومی روی پروانه مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Effect of Azotobacter-enriched vermicompost tea compared to Takumi pesticide on the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

مهدی احمدی[۱]، علیرضا جلالی زند[۲*] و اسماعیل محمودی[۲]

دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۹

چکیده

پروانه مینوز (Lep.: Gelechiidae) *Tuta absoluta* از مهمترین آفات گوجه‌فرنگی بوده و استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی از مهمترین روش‌های مبارزه با این آفت می‌باشد. به دلیل اثرات سوء این ترکیبات بر محیط‌زیست و انسان، پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان اثرگذاری چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر روی پروانه مینوز گوجه‌فرنگی در مقایسه با آفت‌کش تاکومی انجام شد. آزمایش در دو مرحله با پنج تیمار (چای ورمی‌کمپوست، چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر، سم تاکومی، ازتوباکتر و شاهد) در چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه انجام شد. سه روز پس از اعمال تیمارها، تعداد دالان‌های لاروی و سی روز بعد، تعداد حشرات کامل مینوز گوجه‌فرنگی شمارش شدند. نتایج نشان داد که در آزمایش اول، گوجه‌فرنگی‌های تیمار شده با چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر و سم تاکومی، کمترین میانگین تعداد پروانه‌های بالغ (به ترتیب با میانگین ۹/۳۵ و ۱۳/۷۵ حشره در هر بوته) را داشتند. در آزمایش دوم، تیمار چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر و تیمار سم تاکومی همچنان بهترین تأثیر را در کاهش تعداد حشرات بالغ *T. absoluta* نشان دادند و تیمار ازتوباکتر که عملکرد بهتری نسبت به آزمایش اول داشت، توانست تا ۵۰ درصد نسبت به شاهد در کاهش حشرات بالغ مؤثر باشد. نتایج حاصل از شمارش تعداد دالان‌های فعال لاروی نیز نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار وجود داشت. میانگین دالان‌های فعال لاروی شمارش شده در هر بوته بعد از آزمایش اول برای تیمارهای چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر و سم تاکومی به ترتیب ۱۹/۵۰ و ۲۶/۷۵ دالان بود که نسبت به سایر تیمارها، بهترین تأثیر را در کاهش خسارت آفت مینوز گوجه‌فرنگی روی برگ‌ها داشتند.

واژگان کلیدی: کنترل بیولوژیکی، مبارزه شیمیایی، مدیریت تلفیقی آفات، مینوز گوجه‌فرنگی

مقدمه

بیش از یک سوم تولیدات محصولات کشاورزی توسط عوامل بیماری‌زای گیاهی، حشرات زیان‌آور، علف‌های هرز و سایر میکروارگانیسم‌های مضر از بین می‌رود (Agrios, 2005). گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین محصولات کشاورزی و گلخانه‌ای در سراسر دنیاست که توسط آفات متعددی از جمله مینوز برگ گوجه‌فرنگی مورد حمله قرار می‌گیرد. آفت مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae) شب پره‌ای بسیار خطرناک و الیگوفاژ است که از گیاهان خانواده بادمجانیان (Solanaceae) و بویژه گوجه‌فرنگی تغذیه می‌کند (Tropea-Garzia *et al.*, 2012). این آفت بومی آمریکای جنوبی بوده و در سال ۲۰۰۶ از اسپانیا گزارش شد و به سرعت به سایر کشورهای اروپایی و مدیترانه‌ای انتشار یافت و به‌عنوان آفت جدی برای مزارع و گلخانه‌های کشت گوجه‌فرنگی مطرح شد (Ferrara *et al.*, 2001؛ EPPO, 2005). در ایران، این آفت اولین بار از استان آذربایجان غربی

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: arjalalizand@gmail.com

doi: 10.30495/PLANT.2023.704199

گزارش شد و هم اکنون تمام استان‌های کشور را آلوده کرده است و به‌عنوان یک مشکل اصلی برای تولید گوجه‌فرنگی در ایران به حساب می‌آید (Salehi *et al.*, 2016).

مینوز گوجه‌فرنگی به تمام مراحل رشدی گیاه میزبان حمله نموده و با توجه به شدت آلودگی، ۱۰۰-۵۰٪ خسارت به میزبان وارد می‌کند. لاروها با نفوذ در برگ، جوانه، میوه‌های نارس و رسیده گوجه‌فرنگی و ساقه موجب تشکیل دالان‌های مشخص می‌شوند. دالان‌های ایجاد شده در میوه ممکن است مورد حمله عوامل بیماری‌زای ثانویه قرار گیرد و باعث پوسیدگی و فساد میوه شوند. این آفت پتانسیل تولیدمثلی بالایی دارد و در سال ۱۰ تا ۱۲ نسل تولید می‌کند (EPPO, 2005). مبارزه شیمیایی و استفاده از آفت‌کش‌های قوی از روش‌های شایع مبارزه با این آفت می‌باشد و سالیانه حجم زیادی از سموم شیمیایی برای مبارزه با این آفت روی گوجه‌فرنگی استفاده می‌گردد (هاشمی‌طسوجی و همکاران ۱۳۹۴). دیگر روش‌های کنترل آفات مانند استفاده از عوامل کنترل بیولوژیکی (Salehi *et al.*, 2016)، حشره‌کش‌های گیاهی (Ghanim and Abdel-Ghani, 2014) و ارقام گوجه‌فرنگی مقاوم در برابر این آفت (Sohrabi *et al.*, 2016) نیز مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

یکی از سمومی که برای مبارزه با آفات بال‌پولک‌دار از جمله مینوز گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد، آفت‌کش فلوبندیامید (با نام تجاری تاکومی) می‌باشد. این حشره‌کش گوارشی- تماسی و از گروه دی‌آمید فتالیک اسید با نحوه اثر کاملاً جدید می‌باشد که توسط شرکت Nihon Nohyaku ژاپن معرفی گردید. این آفت‌کش با ایجاد مسمومیت گوارشی و تأثیر روی کانال کلسیم باعث انقباض شدید تمامی عضلات و فلج شدن لارو می‌گردد. در چنین شرایطی لارو توانایی حرکت و تغذیه خود را از دست داده و نهایتاً پس از چند روز موجب مرگ آن خواهد شد (Das *et al.*, 2017). با توجه به این که این سم به‌طور گسترده برای مبارزه با این آفت استفاده می‌شود و از طرفی استفاده از سموم شیمیایی تهدیدی جدی برای سلامت انسان و محیط زیست می‌باشد، لذا محققان همواره به دنبال راه حل‌های ایمن برای مبارزه با آفات می‌باشند (Deleva and Harizanova, 2014؛ Roditakis *et al.*, 2015).

مبارزه بیولوژیکی و استفاده از میکروارگانیسم‌های خاکزی یکی از روش‌های ایمن برای مبارزه با عوامل خسارت‌زای گیاهی و تولید محصولات سالم کشاورزی می‌باشد (Chandran *et al.*, 2021). از جمله این موجودات می‌توان به باکتری‌های ریزوسفر محرک رشد گیاه اشاره کرد. این گروه از باکتری‌ها در منطقه ریزوسفر از طریق سازوکارهای مختلفی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه و حفاظت آنها در برابر آفات و بیماری‌ها می‌شوند (Zytynska *et al.*, 2020). ازتوباکتر جزء باکتری‌های همزیست ریشه و محرک رشد گیاهان است که به رده Gammaproteobacteria تعلق دارد. این باکتری با قرار گرفتن در محیط ریشه و تثبیت نیتروژن هوا، نقش مهمی در رشد گیاهان دارد. استفاده از این باکتری در محیط ریشه و یا روی اندام‌های هوایی باعث افزایش دسترسی گیاه به مواد مغذی و ایجاد مقاومت سیستمیک در برابر عوامل خسارت‌زای زنده و تنش‌های محیطی می‌شود (Mathivanan *et al.*, 2017). محلول‌پاشی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم روی اندام‌های هوایی باعث بهبود کیفیت برگ، افزایش محتوای کلروفیل برگ، افزایش محتوای پروتئین و در نهایت بهبود رشد توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک شدند (Rueda *et al.*, 2016).

تحقیقات مختلف نشان داده است که نقش ازتوباکتر در رشد گیاه عمدتاً به‌واسطه تولید هورمون‌های محرک رشد همانند اکسین، جیبرلین، سیتوکسین و اتیلن، افزایش حل‌کنندگی فسفات‌ها، افزایش جذب عناصر، افزایش مقاومت به تنش‌ها، تولید ویتامین‌ها و کنترل زیستی عوامل بیماری‌زای گیاهی است (Zytynska *et al.*, 2020). ردوان و همکاران (Redouan *et al.*, 2019) ضمن بررسی اثر مدیریتی باکتری‌های *Pseudomonas putida* و *P. fluorescens* روی پروانه مینوز گوجه‌فرنگی نشان دادند که این باکتری‌ها با مکانیسم‌های مختلفی از جمله تولید گاز سیانید هیدروژن و آنزیم‌های شبه کیتیناز اثر کنترلی مناسبی روی این آفت دارند.

ورمی‌کمپوست، نوعی کمپوست است که از تجزیه مواد آلی طی یک فرآیند غیرحرارتی، از طریق برهم‌کنش کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود (Sallaku *et al.*, 2009). چای کمپوست محلولی است که از طریق خیساندن کمپوست در آب به‌دست می‌آید. این محلول از طریق بهبود تغذیه و رشد گیاه و همچنین ایجاد مقاومت در

برابر آفات و عوامل بیماری‌زای قارچی و باکتریایی، نقش مهمی در مدیریت تلفیقی آفات دارد (Gudeta *et al.*, 2021). کاربرد ترکیبی ورمی‌کمپوست و مشتقات آن (چای کمپوست و ورمی‌واش) با سایر روش‌های کنترل آفات گیاهی اثر هم‌افزایی مناسبی برای به حداقل رساندن هجوم آفاتی مانند تریپس‌ها و کنه‌ها دارند. تاکور و سود (Thakur and Sood, 2019) گزارش کردند که ورمی‌واش دارای عوامل تقویت‌کننده رشد گیاه و همچنین خواص ضدآفات است. محلول‌پاشی ورمی‌واش به‌طور مؤثر انواع بیماری‌ها و آفات را کنترل نموده و به‌عنوان یک آفت‌کش دوست‌دار محیط زیست شناخته می‌شود.

به دلیل توانایی بالای *T. absoluta* در ایجاد سویه‌های مقاوم در برابر حشره‌کش‌ها، کنترل این آفت به تنهایی از طریق به‌کارگیری مواد شیمیایی بسیار دشوار است (Ghanim and Abdel-Ghani, 2014). بنابراین یافتن راهکارهای مدیریت تلفیقی که از نظر اقتصادی مناسب و سازگار با محیط‌زیست باشند و همچنین کارایی بالایی داشته باشند، یک نیاز فوری برای کنترل این آفت می‌باشد. لذا در پژوهش حاضر با هدف توسعه مدیریت تلفیقی آفت مینوز گوجه‌فرنگی، تأثیر چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر در مقایسه با سم تاکومی روی مینوز گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ایجاد کلنی مینوز گوجه‌فرنگی *T. absoluta*

حشرات کامل مینوز گوجه‌فرنگی از یک گلخانه گوجه‌فرنگی آلوده به آفت مذکور در اطراف شهرستان اصفهان، استان اصفهان جمع‌آوری و شناسایی شدند. برای پرورش مینوز گوجه‌فرنگی بخشی از فضای گلخانه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان به ابعاد ۲×۲/۵ متر و ارتفاع سه متر با توری نخی (مش ۵۰) از بقیه قسمت‌های گلخانه جدا و کاملاً ایزوله شد؛ به نحوی که این فضا از پنج جهت با تور محصور گردید. سپس ده عدد گلدان گوجه‌فرنگی رقم هدیه (شرکت هایزر، هلند) در زیر محفظه توری قرار داده شد و حشرات کامل روی آنها رهاسازی شدند. با توجه به مطالعات انجام شده روی چرخه زندگی پروانه مینوز گوجه‌فرنگی (Mohamadi *et al.*, 2016؛ Sohrabi *et al.*, 2016)، حدود ۴۰ روز زمان در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (روشنایی: تاریکی) روی گوجه‌فرنگی برای طی کردن چرخه زندگی آفت و پرورش جمعیت مناسب از حشرات بالغ، در نظر گرفته شد.

پرورش گوجه‌فرنگی و تیمارهای آزمایش

نشاء گوجه‌فرنگی هیبرید هدیه درون گلدان‌های پلاستیکی هفت لیتری (قطر دهانه ۲۲/۵ و ارتفاع ۲۱/۵ سانتی‌متر) حاوی ۳۵ درصد کوکوپیت، ۳۰ درصد پرلیت و ۳۵ درصد خاک زراعی کاشته شدند. گلدان‌ها تا زمان اعمال تیمارها در گلخانه با دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. آزمایش در دو مرحله و هر مرحله با پنج تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چای ورمی‌کمپوست ۵۰ در هزار، چای ورمی‌کمپوست غنی شده با ازتوباکتر (به نسبت چای ورمی‌کمپوست ۵۰ در هزار و ازتوباکتر یک در هزار)، کود بیولوژیک ازتوباکتر یک در هزار، سم تاکومی نیم در هزار و شاهد (محلول‌پاشی با آب) بود.

ورمی‌کمپوست (تهیه شده از کود دامی و کرم خاکی گونه *Eisenia fetida* (Savigny)، شرکت سبز گستر دارما، ایران)، کود بیولوژیک ازتوباکتر (شرکت نیواگرو- ایران) و حشره‌کش فلوبندیامید (تاکومی ۲۰٪ WG- شرکت Singenta سوئیس) تهیه شدند. برای تهیه چای ورمی‌کمپوست، با توجه به روش ادواردز و همکاران (Edwards *et al.*, 2010)، ابتدا دو کیلوگرم ورمی‌کمپوست با ۱۶ لیتر آب مخلوط شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۵-۳۰ درجه سلسیوس نگهداری و به‌طور مرتب با هم‌زن دستی به‌هم زده شد، تا هوادهی شود، سپس مخلوط آب و کود از صافی عبور داده و چای ورمی‌کمپوست به‌دست آمد.

انجام تیمارهای آزمایش

آزمایش در دو مرحله و در گلخانه پژوهشی با پوشش پلی‌اتیلن و بدون سایه‌انداز به مساحت یک‌صد متر مربع با ارتفاع سه متر انجام شد. دمای گلخانه ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی:روشنایی) بود که در تمام طول اجرای پژوهش تلاش شد که شرایط ثابت بماند. مرحله اول آزمایش شامل پنج تیمار با چهار تکرار و هر تکرار یا پلات آزمایشی شامل پنج گلدان حاوی بوته‌های ۴ تا ۶ برگی گوجه‌فرنگی بود که پلات‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی در گلخانه قرار داده شدند. اطراف هر پلات با قفس توری (مش ۵۰) به ابعاد ۲×۱ متر و ارتفاع ۱/۵ متر پوشانیده شد. سپس در زیر هر قفس پنج جفت حشره کامل مینوز گوجه‌فرنگی رهاسازی شدند و به طور روزانه بوته‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از مشاهده اولین دالان‌های کوچک لاروی (پنج روز بعد از رهاسازی حشرات بالغ) که نشان‌دهنده ظهور لاروهای سن اول روی بوته‌های گوجه‌فرنگی می‌باشد، و یا مشاهده اولین لاروهای کوچک با کمک ذره‌بین دستی، تیمارها به کمک یک پاشنده دستی پنج لیتری روی بوته‌های گوجه‌فرنگی محلول‌پاشی شدند؛ به‌نحوی که تمام سطح بوته خیس شد. با توجه به روش محمدی و همکاران (Mohamadi *et al.*, 2016)، پس از گذشت سه روز از محلول‌پاشی تیمارها، برگ‌های هر بوته به‌طور دقیق مورد بررسی قرار گرفت و تعداد دالان‌های لاروی روی آنها با استفاده از ذره‌بین دستی شمارش و ثبت شدند و سی روز بعد از شمارش دالان‌های لاروی، حشرات کامل برای هر تیمار شمارش شدند.

مرحله دوم آزمایش، هشت روز پس از شمارش حشرات بالغ انجام شد که در این مرحله، تمام گلدان‌ها مجدداً با همان تیمارهای مرحله اول محلول‌پاشی شدند. برای این مرحله نیز شمارش تعداد دالان‌های فعال لاروی و حشرات کامل مینوز گوجه‌فرنگی مطابق مرحله اول آزمایش انجام شد. در این مرحله دالان‌هایی که در آنها لاروهای جوان حضور داشتند، رنگ روشن‌تری نسبت به دالان‌های قبلی داشتند و فضولات لاروها در آنها مشخص بود، به‌عنوان دالان‌های فعال درنظر گرفته شدند.

آنالیز داده‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تیمار با چهار تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS ver. 24 انجام شد. همچنین گروه‌بندی میانگین تیمارهای آزمایشی با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد خطا انجام گرفت.

نتایج

اثر تیمارها بر جمعیت حشرات بالغ *T. absoluta*

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایش در هر دو مرحله محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر جمعیت حشرات بالغ مینوز گوجه‌فرنگی داشت ($P\leq$۰/۰۵؛ جدول ۱).

بعد از مرحله اول آزمایش، گوجه‌فرنگی‌های تیمار شده با چای ورمی‌کمپوست غنی شده با ازتوباکتر و سم تاکومی، کمترین میانگین تعداد پروانه‌های بالغ را داشتند. همچنین اثر این دو تیمار در سطح پنج درصد خطا با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. تیمار چای ورمی‌کمپوست نیز عملکرد خوبی در کاهش حشرات بالغ داشت و نسبت به شاهد تا ۴۰ درصد جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی را کاهش داد (جدول ۲). عملکرد کود بیولوژیک ازتوباکتر در سطح پنج درصد خطا با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت اما در مرحله دوم آزمایش اثر این تیمار باعث کاهش ۵۰ درصدی جمعیت حشرات بالغ نسبت به شاهد شد که بیانگر زمان‌بر بودن تأثیر مواد بیولوژیک بر موجود هدف می‌باشد. در این مرحله نیز همچنان چای ورمی‌کمپوست غنی شده بهترین عملکرد را در کاهش جمعیت بالغ آفت مینوز داشت و با تیمار آفت‌کش تاکومی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲). نتایج محاسبه میانگین جمعیت حشرات بالغ نشان داد که جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی برای چهار تیمار چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر، چای

ورمی‌کمپوست، ازتوباکتر و آفت‌کش تاکومی از مرحله اول آزمایش به مرحله دوم، روند کاهشی داشتند اما برای تیمار شاهد این روند برعکس بود و میانگین جمعیت حشرات بالغ بعد از مرحله دوم افزایش پیدا کرد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر جمعیت حشرات بالغ مینوز گوجه‌فرنگی

Table 1. The results of analysis of variance of experimental treatments effects on the adults' population of *T. absoluta*

P value	F	میانگین مربعات Mean of squares	درجه آزادی Degree of Freedom	مجموع مربعات Sum of Squares	منابع تغییرات Sources of Variability		
0.000	44.87	330.57*	4	1322.30	Treatment	تیمار	آزمایش اول First experiment
		7.37	15	110.50	Error	خطا	
		13	Coefficient of Variation (%)		ضریب تغییرات		
0.000	77.24	1298.87*	4	5195.50	Treatment	تیمار	آزمایش دوم Second experiment
		16.81	15	252.25	Error	خطا	
		20	Coefficient of Variation (%)		ضریب تغییرات		

* معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ خطا

* significant at the 0.05 probability level

جدول ۲- اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر میانگین (± خطای استاندارد) تعداد حشرات بالغ مینوز گوجه‌فرنگی

Table 2. The effect of different experimental treatments on the mean (±SE) number of adults of *T. absoluta*

میانگین (±خطای استاندارد) تعداد حشرات بالغ در هر گیاه گوجه‌فرنگی Number of adult moths / tomato plant (Mean±SE)			
آزمایش دوم Second experiment	آزمایش اول First experiment	Treatments	تیمارها
1.75±0.60 c	9.35±0.90 c	Vermicompost tea enriched with Azotobacter	چای ورمی‌کمپوست غنی شده با ازتوباکتر
19.53±1.37 b	21.75±2.30 b	Vermicompost tea	چای ورمی‌کمپوست
24.57±2.12 b	26.40±1.78 ab	Azotobacter	ازتوباکتر
5.75±0.35 c	13.75±1.15 c	Takumi	آفت‌کش تاکومی
47.25±1.75 a	31.50±0.77 a	Control	شاهد

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد خطا می‌باشند

Means followed by different letters in each column are significantly different (P<0.05, Duncan).

اثر تیمارها بر تعداد دالان‌های فعال لاروی *T. absoluta*

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایش بر تعداد دالان‌های لاروی مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که در هر دو مرحله محلول‌پاشی، تیمارها تأثیر معنی‌داری بر تعداد دالان‌های فعال لاروی مینوز گوجه‌فرنگی داشت (P≤۰/۰۵؛ جدول ۳).

مقایسه میانگین‌های تعداد دالان‌های لاروی نشان داد که در آزمایش اول، گوجه‌فرنگی‌های محلول‌پاشی شده با چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر و سم تاکومی، کمترین تعداد دالان‌های لاروی را داشتند. همچنین اثر این دو تیمار در سطح پنج درصد خطا با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. در این آزمایش تیمار چای ورمی‌کمپوست و تیمار ازتوباکتر با میانگین ۴۲/۷۴ و ۵۵/۲۰ تأثیر خوبی در کاهش خسارت لاروهای مینوز گوجه‌فرنگی روی برگ‌ها داشتند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر تعداد دالان‌های فعال لاروی مینوز گوجه‌فرنگی

Table 3. Analysis of variance of effect of different experimental treatments on larval galleries of *T. absoluta*

	منابع تغییرات Sources of Variability		مجموع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی Degree of Freedom	میانگین مربعات Mean of squares	F	P value
آزمایش اول First experiment	تیمار	Treatment	6542.30	4	1635.57*	65.51	0.000
	خطا	Error	374.55	15	24.97		
	ضریب تغییرات		Coefficient of Variation (%)		11		
آزمایش دوم Second experiment	تیمار	Treatment	19288.72	4	4822.17*	656.08	0.000
	خطا	Error	381.15	15	25.41		
	ضریب تغییرات		Coefficient of Variation (%)		12		

* معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ خطا

* significant at the 0.05 probability level

در مرحله دوم آزمایش بین تمام تیمارها در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و تیمارهای چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با کود حاوی ازتوباکتر و تیمار سم تاکومی به ترتیب با میانگین ۹/۲۵ و ۱۵/۳۰ بیشترین تأثیر را در کاهش دالان‌های لاروی داشتند (جدول ۴). نکته جالب توجه در تأثیر تیمارها بر تعداد دالان‌های لاروی این است که تعداد دالان‌های فعال لاروی برگ‌های گوجه‌فرنگی برای هر چهار تیمار از مرحله اول آزمایش به مرحله دوم روند کاهشی داشتند؛ اما برای تیمار شاهد این روند برعکس بود و تعداد دالان‌های فعال لاروی در آزمایش دوم افزایش داشت.

جدول ۴- اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر میانگین (± خطای استاندارد) تعداد دالان‌های لاروی مینوز گوجه‌فرنگی

Table 4. The effect of different experimental treatments on mean (±SE) of larval tunnels of *T. absoluta*

تیمارها	Treatments	میانگین (±خطای استاندارد) تعداد دالان‌های فعال لاروی در هر گیاه گوجه‌فرنگی Number of larval mines/ tomato plant (Mean±SE)	
		آزمایش اول First experiment	آزمایش دوم Second experiment
چای ورمی‌کمپوست غنی شده با ازتوباکتر	Vermicompost tea enriched with Azotobacter	19.50±0.27^{d}	9.25±0.38^{e}
چای ورمی‌کمپوست	Vermicompost tea	42.74±1.85^{c}	35.55±1.25^{c}
ازتوباکتر	Azotobacter	55.20±1.18^{b}	45.50±1.40^{b}
آفت‌کش تاکومی	Takumi	26.75±0.60^{d}	15.30±1.34^{d}
شاهد	Control	69.30±1.10^{a}	95.25±1.66^{a}

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد خطا می‌باشند

Means followed by different letters in each column are significantly different (P<0.05, Duncan).

بحث

گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین محصولات گلخانه‌ای کشور می‌باشد و پروانه *T. absoluta* از عوامل مهم محدودکننده تولید این محصول به حساب می‌آید. در حال حاضر مهمترین روش برای مبارزه با این آفت استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی می‌باشد. به دلیل اثرات سوء این ترکیبات بر محیط زیست و انسان، پژوهش حاضر با هدف تأثیر چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر در مقایسه با سم تاکومی روی مینوز گوجه‌فرنگی انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که در هر دو مرحله آزمایش، تعداد پروانه‌های بالغ در تیمار چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر کاهش معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد داشتند. همچنین تعداد حشرات بالغ در هر چهار گروه تیماری روند کاهشی

نشان دادند. این در حالی است که با گذشت زمان آزمایش، جمعیت حشرات بالغ در تیمار شاهد روند افزایشی داشت و به میانگین ۴۷/۲۵ حشره بالغ در هر بوته در مرحله دوم آزمایش رسید. همچنین نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس نشان داد که بین میانگین تعداد پروانه‌های بالغ در گروه‌های مختلف هم در مرحله اول و هم در مرحله دوم اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بر اساس نتایج، بعد از مرحله دوم آزمایش، گوجه‌فرنگی‌های تیمار شده با چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر کمترین تعداد پروانه‌های بالغ را داشتند.

تحقیقات نشان می‌دهد گیاهانی که با استفاده از مواد آلی مانند ورمی‌کمپوست و مشتقات آن رشد کرده‌اند، نسبت به گیاهانی که با کودهای معدنی مصنوعی رشد کرده‌اند، مقاومت بالایی در برابر آفات و بیماری‌ها دارند. ورمی‌کمپوست از طریق افزایش رشد و عملکرد، مقاومت گیاه در برابر برخی آفات را افزایش دهد (Edwards *et al.*, 2010؛ Razmjou *et al.*, 2012؛ Gudeta *et al.*, 2021). در پژوهش حاضر نیز رشد جمعیت *T. absoluta* در گیاهان تیمار شده با چای ورمی‌کمپوست و چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر کاهش یافت. نتایج مشابه به‌دست آمده در مطالعات دیگر نشان می‌دهد که عصاره ورمی‌کمپوست باعث کاهش جمعیت شته سبز هلو *Myzus persicae* Sulzer و شپشک‌های آردآلود *Pseudococcus* spp. روی گوجه‌فرنگی و فلفل و همچنین سفیده کلم، *Pieris brassicae* L.، گردیده است (Arancon *et al.*, 2005). همچنین در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که عصاره ورمی‌کمپوست پتانسیل بالایی برای کاهش جمعیت *Aphis gossypii* Glover در کشت خیار دارد (Razmjou *et al.*, 2012).

در مرحله دوم آزمایش نیز چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر و سم تاکومی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد نداشتند. همچنین چای ورمی‌کمپوست و ازتوباکتر عملکرد مشابهی داشتند. از آنجایی که در مدیریت تلفیقی آفات و کشاورزی ارگانیک، تمرکز به استفاده از مواد طبیعی به جای مواد شیمیایی می‌باشد، هر ماده طبیعی که بتواند اثر مشابه و حتی نزدیک به آفت‌کش‌ها در کنترل آفات داشته باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا بر اساس نتایج این پژوهش، می‌توان چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر را بر سم تاکومی در کنترل آفت مینوز ارجح دانست؛ هر چند که از نظر آماری اثر مشابهی نشان دادند. در این پژوهش، تعداد حشرات بالغ در تیمار چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر در آزمایش دوم نسبت به آزمایش اول کاهش چشم‌گیری نشان داد؛ به‌طوری‌که از ۹/۳۵ حشره بالغ در هر بوته به ۱/۷۵ حشره بالغ در هر بوته کاهش یافته است. این در حالی است که در تیمار آفت‌کش تاکومی، در مرحله اول آزمایش ۱۳/۷۵ و در مرحله دوم آزمایش ۵/۷۵ حشره بالغ در هر بوته مشاهده شد که این نتایج بیانگر تأثیر بهتر و طولانی مدت ترکیب بیولوژیک (چای ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک) نسبت به سموم شیمیایی می‌باشد.

کاربرد عصاره ورمی‌کمپوست باعث حاصلخیزی خاک و تقویت رشد گیاهان میزبان می‌شود و از این طریق بر پارامترهای رشد جمعیت *T. absoluta* تأثیر می‌گذارد. اثرات مفید اصلاحی ورمی‌کمپوست و عصاره آن ممکن است به دلیل افزایش جمعیت و فعالیت‌های میکروبی در خاک یا محتوای مواد مغذی آنها باشد. مواد آلی موجود در ورمی‌کمپوست‌ها بر مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه تأثیر می‌گذارد که در نتیجه، گیاهان در برابر حملات آفات مقاومت بیشتری نشان می‌دهند و یا گیاهان را کمتر مستعد حمله آفات می‌کنند (Nadana *et al.*, 2020؛ Arancon *et al.*, 2005).

در این پژوهش، محلول‌پاشی بوته‌های گوجه‌فرنگی با چای ورمی‌کمپوست و چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر باعث کاهش معنی‌دار تعداد دالان‌های فعال لاروی *T. absoluta* در برگ‌های گوجه‌فرنگی شد. میانگین دالان‌های شمارش شده بعد از تیماردهی مرحله اول در تیمار چای کمپوست برابر ۴۳/۷۵ دالان، در تیمار چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر برابر ۱۹/۵ دالان و در تیمار شاهد برابر ۶۹ دالان بود. تاکور و سود (Thakur and Sood, 2019) بیان کردند که عصاره ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی ضدمیکروبی و ضدآفت، در کنترل آفات و بیماری‌ها مؤثر است. همچنین نشان دادند که عصاره ورمی‌کمپوست یا ورمی‌واش به‌طور

مؤثری از رشد تخم‌های کنه دو نقطه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch، جلوگیری می‌کند و می‌توان از آن در مزارع کشاورزی به‌عنوان آفت‌کش برای کنترل آلودگی این کنه‌ها استفاده کرد.

کاهش تعداد آفات و خسارت آنها روی گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست و چای ورمی‌کمپوست می‌تواند به دلیل تغییر شکل نیتروژن در برگ‌ها، آزاد شدن آهسته‌تر مواد غذایی و تولید ترکیبات فنلی در این گیاهان باشد که در نهایت باعث می‌شود بافت‌های گیاه برای حشرات گیاه‌خوار ناخوشایند شوند (Gudeta *et al.*, 2021). از آنجایی که تعداد دالان‌های لاروی حفر شده در برگ‌های گوجه‌فرنگی به‌عنوان شاخص برآورد میزان خسارت آفت مینوز استفاده می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای چای ورمی‌کمپوست و چای ورمی‌کمپوست غنی‌شده با ازتوباکتر باعث کاهش خسارت این آفت نیز شده است. آقامحمدی و همکاران (Aghamohammadi *et al.*, 2016) گزارش کردند که در شرایط آزمایشگاهی برگ‌های لوبیا، *Phaseolus vulgaris* L.، تیمار شده با ورمی‌واش در مقایسه با برگ‌های تیمار نشده اثر دفع‌کننده قابل توجهی در برابر کنه دو نقطه‌ای *T. urticae* نشان دادند و خسارت این آفت روی میزبان کاهش قابل توجهی داشت. پیمانی‌فروشانی و پورجواد (۱۳۹۶) تأثیر ورمی‌کمپوست بر جمعیت پروانه مینوز *T. absoluta* را روی گوجه‌فرنگی بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کود ورمی‌کمپوست در بستر کشت گوجه‌فرنگی در مقادیر مشخص باعث افزایش رشد و نمو گیاه و همچنین کاهش حشره گیاه‌خوار شده و خسارت این آفت را کاهش داد که نتایج پژوهش حاضر همسو با یافته‌های این محققین می‌باشد.

در این پژوهش تیمار ازتوباکتر بر میزان جمعیت حشرات بالغ و دالان‌های فعال لاروی *T. absoluta* اثر گذاشته و در مقایسه با شاهد باعث کاهش آنها شد. این کاهش جمعیت آفت در گیاهان تیمار شده با ازتوباکتر می‌تواند به دلیل بهبود رشد گیاه و مقاومت سیستمیک القایی در اثر حضور این باکتری در گیاه مربوطه باشد. استفاده از ازتوباکتر می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پروکسیداز) را بهبود بخشیده، توانایی مهار سلول‌های مزوفیل در برابر رادیکال‌های فعال اکسیژن و حفظ یکپارچگی سلولی را افزایش دهد که همگی باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های غیرزنده و زنده می‌شوند (Latef *et al.*, 2020). محلول‌پاشی ازتوباکتر باعث افزایش تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و به‌طور کلی، افزایش رشد رویشی و عملکرد کاهو (Razmjooei *et al.*, 2022) و بروکلی (Al-Taey *et al.*, 2019) شد. اثر مثبت ازتوباکتر بر رشد گیاه را می‌توان به تثبیت نیتروژن کافی در سطح برگ، تولید فیتوهورمون‌ها مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین مؤثر رشد و مورفولوژی گیاه و اثر آنتاگونیستی آن بر قارچ‌ها و باکتری‌های بیماری‌زا نسبت داد. راماورثی و همکاران (Ramamoorthy *et al.*, 2001) بیان کردند که تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد باعث تغییرات ساختاری دیواره سلولی و تغییرات بیوشیمیایی-فیزیولوژیکی شده و در نهایت منجر به سنتز پروتئین‌ها و مواد شیمیایی دخیل در مکانیسم‌های دفاعی گیاه می‌شود. مطالعات دیگر نیز تأیید کرده‌اند که حضور باکتری‌های محرک رشد در محیط گیاه بر رشد جمعیت حشرات گیاه‌خوار تأثیر می‌گذارد (Ruiu, 2020). باکتری *Pseudomonas multiphila* رشد مرحله لاروی *Helicoverpa zeae* (Boddie) را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش ۶۰ درصدی ظهور حشرات بالغ شد. همچنین مطالعات دیگر نشان داد که مقاومت القایی در گیاهان توسط سویه‌های باکتری‌های همزیست و محرک رشد باعث کاهش جمعیت حشرات گیاه‌خوار می‌شود (Ramamoorthy *et al.*, 2001). حضور باکتری محرک رشد گیاه، *Micrococcus yunnanensis*، در روی گیاه گوجه‌فرنگی باعث افزایش وزن تر، وزن خشک و ترکیبات فنلی گیاه شده و از طریق بهبود رشد و شادابی گیاه، میزان خسارت شب‌پره مینوز را کاهش داد (هاشمی‌طسوجی و همکاران، ۱۳۹۴).

گسترش روزافزون کشت گوجه‌فرنگی در گلخانه‌ها و فضای باز با هدف تولید محصول سالم، منجر به افزایش مصرف کودهای آلی و بیولوژیک مانند ورمی‌کمپوست و مشتقات آن شده است؛ از طرف دیگر، با توجه به اهمیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، *T. absoluta*، استفاده از روش‌های نوین و دوست‌دار محیط‌زیست برای کنترل این آفت اجتناب‌ناپذیر است. به نظر می‌رسد چای ورمی‌کمپوست و کود حاوی باکتری ازتوباکتر به‌عنوان کودهای بیولوژیک، افزون بر این‌که می‌توانند باعث افزایش محصول گوجه‌فرنگی شوند، نقش مؤثری هم در کاهش جمعیت و خسارت آفت مینوز

گوجه‌فرنگی داشته و می‌توان از آنها در کشاورزی پایدار به‌عنوان جایگزین و یا در تناوب مصرف با آفت‌کش‌ها استفاده کرد.

منابع References

پیمانی‌فروشانی، ع. و پورجواد، ن. ۱۳۹۶. تأثیر شیوه‌های مختلف کاربرد ورمی‌کمپوست بر جمعیت بید گوجه‌فرنگی (Lep.; Gelechidae) *Tuta absoluta*. دانش گیاهپزشکی ایران، ۴۸(۱): ۶۷-۵۹.

هاشمی‌طسوجی، ع.، آرمیده، ش.، صفرعلیزاده، م. و هاشمی‌طسوجی، ز. ۱۳۹۴. تأثیر باکتری *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* در اختلاط با پودر حنا روی مراحل لاروی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی. گیاه پزشکی، ۳۸ (۳): ۴۸-۳۷.

Aghamohammadi, Z., Etesami, H. and Alikhani, H. A. 2016. Vermiwash allows reduced application rates of acaricide azocyclotin for the control of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, on bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.). Ecological Engineering 93: 234–241.

Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology 5th edition. Academic Press, San Diego, CA. 976pp.

Al-Taey, D. K. A., Al-Shareefi, M. J. H., Mijwel, A. K., Al-Tawaha, A. R. and Al-Tawaha, A. R. 2019. The beneficial effects of bio-fertilizers combinations and humic acid on growth, yield parameters and nitrogen content of broccoli grown under drip irrigation system. Bulgarian Journal of Agricultural Science 25: 959–966.

Arancon, N. Q., Galvis, P. A. and Edwards, C. A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresources Technology 96: 1137–1142.

Chandran, H., Meena, M. and Swapnil, P. 2021. Plant growth-promoting rhizobacteria as a green alternative for sustainable agriculture. Sustainability 13: 10986.

Das, S. K., Mukherjee, I. and Roy, A. 2017. Flubendiamide as new generation insecticide in plant toxicology: a policy paper. Advances in Clinical Toxicology 2: 100-122.

Deleva, E. A. and Harizanova, V. B. 2014. Efficacy evaluation of insecticides on larvae of the tomato borer *Tuta absoluta*, Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory conditions. Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food 2: 158-164

Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Vasko-Bennett, M., Askar, A. and Keeney, G. 2010. Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. Pedobiologia 53: 141–148.

EPPO. **2005**. Data sheets on quarantine pests: *Tuta absoluta*. Bulletin 35: 434-435.

Ferrara, F. A., Vilela, E. F., Jham, G. N., Eiras, A. E., Picanco, M. C., Attygalle, A. B. and Meinwald, J. 2001. Evaluation of the synthetic major component of the sex pheromone of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Chemical Ecology 27(5): 907-917.

Ghanim, N. M. and Abdel-Ghani, S. B. 2014. Controlling *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) by aqueous plant extracts. Life Science Journal 11: 299–307.

Gudeta, K., Julka, J. M., Kumar, A., Bhagat, A. and Kumari, A. 2021. Vermiwash: An agent of disease and pest control in soil, a review. Heliyon 7(3): 6434.

Latef, A. H. A., Alhmad, M. F. A., Kordrostami, M., Abo-Baker, A. B. and Zakir, A. 2020. Inoculation with *Azospirillum lipoferum* or *Azotobacter chroococcum* reinforces maize growth by improving physiological activities under saline conditions. Journal of Plant Growth Regulator 39: 1293–1306.

Mathivanan, S., Chidambaram, A. L. A., Robert, G. A. and Kalaikandhan, R. 2017. Impact of PGPR inoculation on photosynthetic pigment and protein. Journal of Scitific Agriculture 1: 29–36.

Mohamadi, P., Razmjou, J., Naseri, B. and Hassanpour, M. 2016. Population growth parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plant using organic substrate and biofertilizers. Journal of Insect Science 17(2): 1–7

Nadana, G. R. V., Rajesh, C., Kavitha, A., Sivakumar, P., Sridevi, G. and Palanichelvam, K. 2020. Induction of growth and defense mechanism in rice plants towards fungal pathogen by eco-friendly coelomic fluid of earthworm. Environmental Technology and Innovation 19: 101011.

Ramamoorthy, V., Viswanathan, R., Raguchander, T., Prakasam, V. and Samiyappan, R. 2001. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. Crop Protection 20: 1–11.

Razmjooei, Z., Etemadi, M., Eshghi, S., Ramezanian, A., Mirazimi Abarghuei, F. and Alizargar, J. 2022. Potential role of foliar application of *Azotobacter* on growth, nutritional value and quality of lettuce under different nitrogen levels. Plants 11: 406.

Razmjou, J., Vorburger, C., Mohammadi, M. and Hassanpour, M. 2012. Influence of vermicompost and cucumber cultivar on population growth of *Aphis gossypii* Glover. Journal of Applied Entomology 136: 568–575.

Redouan, Q., Rachid, B., Abderahhim, A., Hind, L., Abdelhadi, A., Naima, A. A., Abdelghani, T., Hassan, M. and Bouchra, C. 2019. Effect of *Pseudomonas* as a preventive and curative control of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Applied Science 19: 473-479.

Roditakis, E., Vasakis, E., Grispou, M., Stavrakaki, M., Nauen, R., Gravouil, M. and Bassi, A. 2015. First report of *Tuta absoluta* resistance to diamide insecticides. Journal of Pest Science 88: 9–16.

Rueda, D., Valencia, G., Soria, N., Rueda, B. B., Manjunatha, B., Kundapur, R. R. and Selvanayagam, M. **2016**. Effect of *Azospirillum spp*. and *Azotobacter spp.* on the growth and yield of strawberry (*Fragaria vesca*) in hydroponic system under different nitrogen levels. Journal of Applied Science 6: 48–54.

Ruiu, L. 2020. Plant-growth-promoting bacteria (PGPB) against insects and other agricultural pests. Agronomy 10: 861.

Salehi, Z., Yarahmadi, F., Rasekh, A. and Sohani, N. Z. 2016. Functional responses of *Orius albidipennis* Reuter (Hemiptera: Anthocoridae) to *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) on two tomato cultivars with different leaf morphological characteristics. Entomologia Generalis 36: 127–136.

Sallaku, G., Babaj, I., Kaciu, S. and Balliu, A. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. Journal of Food, Agriculture and Environment 7(3-4): 869-872.

Sohrabi, F., Nooryazdan, H., Gharati, B. and Saeidi, Z. 2016. Evaluation of ten tomato cultivars for resistance against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under field infestation conditions. Entomologia Generalis 36: 163–175.

Thakur, S. and Sood, A. K. 2019. Lethal and inhibitory activities of natural products and biopesticide formulations against *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). International Journal of Acarology 45 (6-7): 381–390.

Tropea-Garzia, G., Siscaro, G., Biondi, A. and Zappala, L. 2012. *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage. EPPO Bulletin 42(2): 205-210.

Zytynska, S. E., Eicher, M., Rothballer, M. and Weisser, W. W. 2020. Microbial-Mediated Plant Growth Promotion and Pest Suppression Varies Under Climate Change. Frontiers in Plant Science 11: 573-578.

Effect of Azotobacter-enriched vermicompost tea compared to Takumi pesticide on the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

M. Ahmadi[1], A. Jalalizand[2*] and E. Mahmoudi[2]

Received: 27 Sep., 2022 Accepted: 10 Dec., 2022

ABSTRACT

The effectiveness of Azotobacter-enriched vermicompost tea and non-chemical treatments were investigated on the control of tomato leafminer, *Tuta absoluta*. The experiment was performed in greenhouse with five treatments (vermicompost tea, azotobacter-enriched vermicompost tea, takumi pesticide, Azotobacter and control) in four replications under a completely randomized design. Three days after spraying, the numbers of larval tunnels on leaf and thirty days later, the numbers of adult moths of *T. absoluta* were counted. The results revealed that tomatoes treated with Azotobacter enriched vermicompost tea and Takumi had the lowest number of adult moths (9.35 and 13.75 per plant respectively). As well as, azotobacter treatment was able to reduce the adults moth by up to 50% compared to the control. The results of the number of larval tunnels showed that the mean number of larval tunnels/plant for Azotobacter enriched vermicompost tea was 19.50, which compared to other treatments, had the best effect in reducing the damage of tomato leaf miner. Vermicompost tea and Azotobacter as biological fertilizers, besides being able to increase the yield of tomatoes, have an effective role in reducing the population and damage of the tomato leaf miner pest, and they can be used in sustainable agriculture as an alternative with pesticides.

Key words: Biological control, chemical control, integrated pest management, tomato moth

1. Former Ms. student, Department of Plant Protection, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Protection, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Corresponding author: arjalalizand@gmail.com
doi: 10.30495/PLANT.2023.704199