تحقیقات آفات گیاهی
۹۹- ۸۹ :(۳) ۹- ۱۳۹۸

تاثیر پیوند بر پارامترهای رویشی گوجه‌فرنگی و القای مقاومت علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep. : Gelechiidae)

نسیبه شریعت‌زاده میرحسینی[۱]، شهناز شهیدی نوقابی[۱*] و حمیدرضا کریمی[۲]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران ۲- گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۸)

در این پژوهش، تاثیر پیوند گوجه‌فرنگی روی پایه بادمجان، بر پارامترهای رشدی گیاه گوجه‌فرنگی و پارامترهای زیستی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) بررسی شد. برای بررسی باروری و زادآوری، یک جفت حشره بالغ با سن کمتر از ۲۴ ساعت (نر و ماده) شب‌پره مینوز گوجه فرنگی روی هر یک از گیاهان (پیوندی و غیرپیوندی) مستقر شد. سپس، به منظور اندازه‌گیری دوره رشد جنینی، لاروی و شفیرگی، یک تخم (در ۱۵ تکرار) روی هر گیاه تا زمان ظهور حشرات کامل گذاشته شد. ۷۵ روز بعد از پیوند، پارامترهای رشدی گیاهان پیوندی شامل ارتفاع گیاه، تعداد گره و تعداد برگ نسبت به گیاهان غیرپیوندی دارای افزایش معنی‌داری بودند. اما، سطح برگ در گیاه پیوندی کاهش یافت. همچنین، وزن تر و خشک ریشه در گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیرپیوندی بیشتر بود. طول دوره رشدی لارو و شفیره در حشرات تغذیه کرده با گیاه پیوندی بیشتر از حشرات تغذیه کرده از گیاه غیر پیوندی بود. به‌علاوه، میانگین تعداد تخم‌های حشرات کامل ماده شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، روی گیاهان پیوندی کمتر از گیاهان غیرپیوندی بود. ،مقدار فنل کل در زمان‌های متفاوت (۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) پس از آلودگی با شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در گیاهان پیوندی نسبت به غیرپیوندی بالاتر بود. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق به روشنی نشان داد که پیوند گوجه‌فرنگی روی پایه‌ی بادمجان در بهبود رشد گیاه موثر بود و مقاومت آن را نسبت به آفت شب‌پره مینوز گوجه فرنگی افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: پیوند، شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، فنل، مقاومت القایی

*نویسنده مسئول: shahidi@vru.ac.ir

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* L. یکی از مهم‌ترین محصولات جالیزی در جهان است. به گزارش سازمان خواروبار جهانی، ایران در سال ۱۳۹۲ با تولید سالانه ۶۱۴۷۱۸۲ تن گوجه‌فرنگی در رتبه هفتم جهان قرار دارد (FAO STAT, 2013). شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با نام علمی *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) حشره‌ای است که از گیاهان تیره سولاناسه تغذیه می‌کند و یکی از آفات مهم گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی می‌باشد (Biondi *et al*., 2018). مبارزه شیمیایی علیه این آفت به سبب حضور لاروها درون دالان‌های لاروی، بسیار دشوار است. با وجود این، با شروع فعالیت این آفت سم‌پاشی‌های گسترده و بی‌رویه با ترکیبات شیمیایی برای کنترل آن، علاوه بر این که موجب تهدید برای سلامت انسان و آلودگی محیط زیست شده، مقاومت آفات نسبت به این آفت‌کش‌ها را ایجادکرده است (Silva *et al*., 2011). بنابراین، در راستای مدیریت و کنترل این آفت لزوم به‌کارگیری روش‌های غیرشمیایی ضروری به نظر می‌رسد و راهکار موثر، استفاده از تلفیق روش‌های کنترل است. روش پیوند برای پرورش و تولید گیاهان مقاوم در کشورهای آسیایی و برخی کشورهای اروپایی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (Yamakawa, 1983). علاوه برکنترل آفات و بیماری‌ها که به‌عنوان هدف اولیه در اغلب سبزی‌ها مطرح بوده است، از پیوند برای افزایش مقاومت به دمای پایین و بالا بردن عملکرد با افزایش در جذب آب و عناصر معدنی نیز استفاده شده است (Oda *et al*., 1993; Yetışır *et al*., 2003). برهم‌کنش بین پایه و پیوندک باعث افزایش رشد سیستم ریشه شده که با افزایش جذب آب و مواد غذایی موجب افزایش فتوسنتز و در نهایت، بهبود عملکرد گیاه خواهد شد (Salehi-Mohammadi *et al*., 2009). به عنوان مثال، با پیوند گوجه‌فرنگی لیماس روی پایه بیوفورت، رشد و عملکرد گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی تا حد قابل توجهی بهبود یافته است (Di gioia *et al*., 2010; Vinkovic Vrcek *et al*., 2011). عواملی مانند پیوند و تغذیه گیاه روی ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی مانند کل مواد جامد، pH، قند میوه و غیره موثر هستند (Flores *et al*., 2010; Leogrande *et al*., 2012). در گزارشی از نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داده است که میزان کلروفیل برگ، مواد جامد محلول و قند میوه گیاه گوجه‌فرنگی با پیوند روی بادمجان افزایش یافته است (Turhan *et al*., 2011). در پژوهشی دیگر در شرایط گلخانه‌ای، پیوند یک رقم گوجه‌فرنگی به نام Redtop روی دو نوع پایه بادمجان به نام‌های بادمجان دلمه‌ای Defreesum و بادمجان قلمی Serpentinum نشان داد که شاخص‌های رشدی اندازه‌گیری‌شده درگیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیرپیوندی بالاتر بوده است (Shahabi *et al*., 2013).

یکی از کاربردهای گیاهان پیوندی، استفاده از قابلیت پایه‌ها در مقاومت به بیماری‌های قارچی است. همچنین، با کاربرد پایه مقاوم، خسارت ناشی از بیماری‌های ویروسی کاهش می‌یابد (Abutorabi, 2012). گزارش‌های متعددی نشان می‌دهند که پیوند می‌تواند سبب کاهش بیماری‌های خاک‌زاد و نماتدها شده و روی تولید محصول تاثیر مثبت داشته باشد (Edelstein *et al*., 1999; Ioannou, 2001; Cohen *et a*l., 2005; Crinò *et al*., 2007; Louws *et al*., 2010; Goreta Ban *et al*., 2014). پیوند گوجه‌فرنگی روی پایه‌های Arnold و He-Man، تراکم آفت مکنده عسلک پنبه *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) را کاهش داده است (Žanić *et al*., 2017). همچنین، مقاومت گوجه‌فرنگی‌های پیوندی روی پایه وحشی *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) (جمعیت Grande Apatzingan) نسبت به عسلک پنبه گزارش شده است (Alvarez-Hernandez *et al*., 2009). مشابه با تحقیق اخیر، جمعیت عسلک پنبه روی گوجه‌فرنگی پیوندشده به واریته Cerasiforme نیز در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی کمتر بوده است (Cortez-Madrigal, 2010). گوجه‌فرنگی پیوند شده روی خویشاوندان وحشی، در برابر

آفات مکنده مانند پسیل گوجه‌فرنگی (= *Bactericera cockerelli* (Sulc.) *Paratrioza*) مقاومت بیشتری نشان داده است (Alvarez-Hernandez *et al*., 2009; Cortez-Madrigal, 2010).

میزان ترکیبات فنلی به عنوان یک نشانگر بیوشیمیایی برای تعیین مقاومت گیاه در شرایط تنش زنده و غیر زنده در گیاه در نظر گرفته می‌شود. در واقع، این ترکیبات به‌همراه ترکیبات حد واسط در مسیر ساخته شدن ترکیبات فنلی در زمان خسارت آفات یا دیگر تنش‌های محیطی، نقش مهمی در دفاع گیاه در برابر رادیکال‌های آزاد دارند و باعث تجزیه رادیکال آزاد می‌شوند. به طور کلی، ارقام و ژنوتیپ‌هایی که میزان ترکیبات فنلی آنها بیشتر است، اغلب به عنوان رقم و ژنوتیپ مقاوم به شرایط تنش معرفی می‌شوند.

بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگران و گزارش‌های متعدد به وضوح نشان داده‌اند که پیوند زدن می‌تواند یکی از روش‌های مناسب در مدیریت تلفیقی آفات گلخانه باشد (Lee *et al*., 2010). با توجه به اهمیت نقش این بخش از علوم کشاورزی در بالابردن مقاومت گیاهان علیه آفات و عوامل بیماری‌زا و به دنبال آن کاهش مصرف ترکیبات شیمیایی و آفت‌کش‌ها، استفاده از این روش در کنترل آفات می‌تواند به‌عنوان روش مفیدی در نظر گرفته شود. در این پژوهش، تاثیر پیوند گیاه گوجه‌فرنگی روی پایه بادمجان به منظور بررسی ایجاد مقاومت گیاه گوجه‌فرنگی در برابر آفت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی که امروزه یکی از آفات مهم در مزارع و گلخانه‌ها می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

تهیه پایه و پیوندک

بذر گوجه‌فرنگی رقم کینگستون و بادمجان رقم ابرکوه، به منظور جوانه‌زنی، روی کاغذ جوانه‌زنی در ظروف پتری در دمای ۲۴-۲۰ درجه سلسیوس در تاریکی قرار داده شدند. پس از جوانه‌زنی بذرها و تولید گیاهک، گیاهان به گلدان‌هایی به قطر ۱۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر حاوی دو قسمت کوکوپیت و یک قسمت پرلیت منتقل شدند. این گلدان‌ها در گلخانه با رطوبت نسبی ۱۰±۸۵ درصد، دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس و شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. از محلول غذایی هوگلند رقیق‌شده به نسبت ۱ به ۵، برای تغذیه گیاهان پیوندی و شاهد (گوجه‌فرنگی غیر پیوندی) به میزان مساوی استفاده شد. زمانی‌که پایه و پیوندک در مرحله ۴ تا ۶ برگی بودند، پیوند به روش اسکنه انجام شد. برای این منظور، حدود ۵۰ عدد نشا پایه در نظر گرفته شد.

پرورش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

جمعیتی از شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی از طریق نمونه‌برداری از مزارع گوجه‌فرنگی آلوده در شهرستان جیرفت جمع‌آوری و به اتاقک رشد با شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. برای پرورش این آفت از گیاهان تازه گوجه‌فرنگی داخل قفس‌هایی به ابعاد ۵۰ × ۵۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر که با توری پوشیده شده بودند، استفاده شد.

اندازه‌گیری پارامترهای رویشی گیاه

طرح آماری (کاملاً تصادفی) برای هر تیمار شامل گیاهان پیوندی و غیرپیوندی در پنج تکرار جداگانه انجام شد که برای هر تکرار سه نمونه (گلدان) به طور تصادفی در نظر گرفته شد. سپس، در دو مرحله زمانی، یعنی ۵۰ و ۷۵ روز بعد از پیوند، سطح برگ، تعداد برگ، قطر ساقه، تعداد گره ساقه اصلی و وزن تر و خشک ریشه گیاه گوجه‌فرنگی اندازه‌گیری شدند. قطر ساقه با استفاده از کولیس و سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Measurement System Delta, WD3, UK) اندازه‌گیری شد.

پارامترهای زیستی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

برای این منظور، مشابه با طرح آزمایش قبل، تعداد ۱۵ گلدان برای گیاهان پیوندی و ۱۵ گلدان برای گیاهان غیرپیوندی به‌صورت جداگانه در نظر گرفته شدند. گیاهان پیوندی، ۴۵ روز بعد از پیوند و گیاهان غیرپیوندی، ۴۵ روز

بعد از نشا با شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی آلوده شدند. روی هر گیاه، یک جفت شب‌پره مینوز (نر و ماده) مستقر شد تا تخم‌ریزی انجام دهند. بدین صورت که پس از پرورش یک نسل از شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی روی گیاهان پیوندی و غیرپیوندی، حشرات کامل نر و ماده جفت شده و هر جفت حشره روی یک گلدان پوشیده‌شده با توری به‌منظور تخم‌ریزی قرار داده شدند. سپس، تعداد تخم‌های تولید شده و تفریخ شده هر حشره ماده مورد آزمایش به صورت روزانه و تا زمان مرگ حشره شمارش و ثبت شدند. در هر گلدان، یک تخم روی برگ مشخص و محصور شده با یک قفس کوچک مخصوص به قطر ۵ سانتی‌متر و از جنس فوم سبک با ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر، قرار داده شد و دوره جنینی، دوره رشد لاروی (از زمان تفریخ تخم تا شفیره) و دوره رشدی شفیره (از زمان شروع شفیرگی تا خروج حشره کامل) ثبت شدند. بقیه تخم‌ها به مدت هشت روز (روزی که در هیچ یک از تیمارها تخم تولید نشد) شمارش شدند و لاروهای تازه تفریخ شده بلافاصله بعد از تفریخ حذف شدند.

اندازه‌گیری فنل کل برگ

برای اندازه‌گیری فنل کل برگ، برگ‌ها از ارتفاع مشابه از گیاهان در تیمارهای مختلف جدا شدند. برای هر تیمار چهار برگ (تکرار) به‌طور تصادفی از هر گیاه استفاده شد. تیمارها شامل گیاه پیوندی بدون حشره، گیاه پیوندی با حشره، گیاه غیرپیوندی بدون حشره و گیاه غیرپیوندی با حشره بودند. فنل کل برگ در سه فاصله زمانی شامل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز پس از زمان آلودگی گیاه گوجه‌فرنگی با شب‌پره مینوز اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فنل کل، ۰/۵گرم بافت تازه برگ گیاه، در هاون چینی با اضافه کردن ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد ساییده شد. سپس، محلول داخل لوله فالکون ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در مکان تاریک قرار داده شد. سپس، یک میلی‌لیتر از عصاره رویی لوله فالکون برداشته شد، در لوله آزمایش ریخته شد و ۵۰۰ میکرولیتر اتانول ۹۵ درصد، ۱/۵ میلی‌لیتر آب مقطر، ۵۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۵ درصد و ۲۵۰ میکرولیتر فولین به آن اضافه شد. سپس، محلول حاصل به مدت یک ساعت در مکان تاریک قرار داده شد. بعد از یک ساعت، محلول داخل چاهک دستگاه اسپکتوفتومتر (T60U, Harlow Scientific, USA) ریخته شد و خوانش در طول موج ۷۲۵ نانومتر انجام شد (استاندارد مورد استفاده، اتانول ۹۵ درصد بود) (Dos Santos *et al*., 2009).

تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه شاخص‌های رشدی گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و همچنین، مقایسه باروری حشرات کامل ماده ، درصد تفریخ تخم و پارامترهای زیستی حشره شامل طول دوره رشدی جنین، لارو و شفیره شب‌پره مینوز گوجه-فرنگی روی گیاهان پیوندی و غیرپیوندی، از آزمون *Student's t*-test با کمک نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد. میزان فنل کل برگ در گیاهان پیوندی در زمان‌های مختلف بعد از آلودگی گیاه توسط شب‌پره با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی مقایسه شد. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد. نمودار اندازه‌گیری فنل به کمک نرم‌افزار Excel (Office 2013) رسم شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های رشدی گیاه پیوندی و غیرپیوندی

نتایج نشان داد که ۵۰ روز پس از پیوند، بین برخی از شاخص‌های رشدی گیاهان گوجه‌فرنگی پیوندی و گیاهان غیرپیوندی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($t = 5.581$, $df = 28$, $p < 0.001$). به‌طوری‌که، گیاه پیوندی با ارتفاع ۲۵/۸۶ سانتی‌متر بلندتر از گیاه غیر پیوندی با ارتفاع ۱۸/۷۳ سانتی‌متر بود؛درحالی‌که سطح برگ در گیاه پیوندی (۵/۶۲ سانتی‌متر مربع) به‌طور معنی‌داری نسبت به سطح برگ در گیاه غیر پیوندی (۹/۰۷ سانتی‌متر مربع) کاهش یافت ($t = 5.071$, $df = 28$, $p < 0.001$) (جدول ۱). در همین زمان، پارامترهای قطر ساقه ($t = 0.086$, $df = 28$, $p = 0.932$)، تعداد گره ($t = 1.6$,

(df = 28, p = 0.121 ,t = 1.122) و تعداد برگ (28, p = 0.271 ,t = 3.423) اختلاف معنی‌داری با گیاه غیرپیوندی نداشتند. اما، ۷۵ روز بعد از پیوند، پارامترهای رویشی گیاهان پیوندی شامل ارتفاع گیاه (p = 0.002 ,t = 3.132)، تعداد گره (0.004 ,t = 3.224) و تعداد برگ (0.003 ,t = 3.212) بیشتر از گیاه غیرپیوندی بود. سطح برگ در گیاهان پیوندی به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاه غیر پیوندی کاهش یافت (0.003 ,t = 0.737)، اما در اندازه قطر ساقه (0.467 =) تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱- پارامترهای رویشی گیاه گوجه‌فرنگی (میانگین±خطای معیار) در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی ۵۰ و ۷۰ روز پس از پیوند

Table 1. Growth parameters of tomato plant (mean ± SE) in grafted plants and ungrafted 50 and 70 days after grafting

Time (day)	Growth parameters	Number	Ungrafted plants	Grafted plants
50	Height (cm)	15	18.73±0.405[b]	25.86±1.211[a]
	Stem diameter (mm)	15	4.09±0.093[a]	4.08±0.124[a]
	Leaf area (cm^2)	15	9.07±0.564[a]	5.62±0.378[b]
	Number of node	15	10.6±0.163[a]	11.13±0.291[a]
	Leaf number	15	11.73±0.206[a]	12.13±0.291[a]
75	Height (cm)	15	27.66±1.022[b]	32.86±4.352[a]
	Stem diameter (mm)	15	4.41±0.115[a]	4.58±0.203[a]
	Leaf area (cm^2)	15	9.06±0.607[a]	6.22±0.643[b]
	Number of node	15	13.2±0.355 [a]	15.01±0.368 [b]
	Leaf number	15	14.13±0.363[b]	15.8±0.368[a]

Means with the same letters in each row are not significantly different (*t*-student test, p= 0.05)

استفاده از پایه مناسب به‌علت بهبود قدرت سیستم ریشه، در افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه موثر است (Kato and Lou, 1989). در این پژوهش مشاهده شد که پیوند گوجه‌فرنگی روی پایه بادمجان باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد گره و تعداد برگ شد. این نتایج با گزارش‌های قبلی روی گوجه‌فرنگی (Fernandez-Garcia *et al*., 2004)، خربزه (Salehi *et al*., 2010) و خیار (Salehi-Mohammadi *et al*., 2009) مطابقت دارد. سطح برگ در گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیرپیوندی کمتر بود. نتایج مشابهی مبنی بر کاهش سطح برگ در گیاهان پیوند شده در گزارشهای قبلی نیز بیان شده است (Mohammed *et al*., 2009).

تغییرات هورمونی ایجاد شده توسط پایه می‌تواند یکی از دلایل تغییرات سطح برگ اندازه‌گیری‌شده باشد (Albacete *et al*., 2009). یکی دیگر از دلایل تغییرات سطح برگ در گیاهان پیوندی می‌تواند مربوط به میزان جذب عنصر روی (Zn) توسط پایه باشد (Hunt, 1982; Goudriaan and Monteith, 1990; Heuvelink, 2005). یکی از عوامل تاثیرگذار بر سطح برگ گیاهان، میزان سنتز هرمون سایتوکینین سنتز شده در ریشه و میزان انتقال آن به اندام هوایی می‌باشد. سایتوکاینین از طریق تاثیر بر تقسیم سلولی یا بهبود فتوسنتز برگ از طریق حفظ کلروفیل برگ در میزان رشد برگ تاثیر گذار است. در پژوهش حاضر، کاهش سطح برگ ممکن است به دلیل سنتز کمتر هرمون سایتوکنین در ریشه‌ها باشد. در پژوهشی که در زمینه تاثیر پایه بر وضعیت یون‌های معدنی و هورمون‌های موجود در آوند چوبی پایه‌های گوجه‌فرنگی در شرایط تنش صورت گرفته است، گزارش شده است که پایه از طریق متعادل کردن وضعیت یون‌های معدنی و همچنین سایتوکاینین‌های موجود در آوند چوبی، سبب بهبود رشد گوجه‌فرنگی در شرایط تنش شوری می‌شود (Albacete *et al*., 2009).

میزان وزن تر ریشه ($t = 7.319, df = 28, p < 0.001$) و وزن خشک ریشه ($t = 6.444, df = 28, p < 0.001$) در دو گیاه پیوندی و غیر پیوندی تفاوت معنی‌داری نشان داد. به این ترتیب که وزن تر ریشه در گیاهان پیوندی، ۳/۵ برابر بیشتر از وزن تر ریشه در گیاهان غیر پیوندی بود. همچنین، وزن خشک ریشه در گیاهان پیوندی ۰/۶۵ گرم بود که ۳ برابر بیشتر از وزن خشک ریشه در گیاهان غیرپیوندی بود (جدول ۲). بر اساس نتایج پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد که پیوند گیاه گوجه‌فرنگی روی پایه بادمجان منجر به توسعه بیشتر سیستم ریشه و جذب بیشتر آب و مواد غذایی توسط سیستم ریشه شدهو این جذب بیشتر آب و مواد غذایی به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده است. پایه‌ها به دلیل دارا بودن ریشه قوی‌تر و قابلیت جذب بالاتر می‌توانند مواد غذایی بیشتری را نسبت به گیاهان غیرپیوندی برای رشد و نمو گیاهان پیوندی جذب کنند (He *et al*., 2009). گزارش‌هایی در مورد افزایش جذب فسفر در گیاهان پیوندی گوجه‌فرنگی (Fernandez-Garcia *et al*., 2004) و هندوانه (Colla *et al*., 2010) وجود دارد.

جدول ۲- وزن تر و خشک ریشه گیاه گوجه‌فرنگی (میانگین±خطای معیار) در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی

Table 2. Fresh and dry root weight of tomato plant (mean ± SE) in grafted and ungrafted plants

Growth parameters	Number	Ungrafted plants	Grafted plants
Fresh weight (g)	15	1.06 ± 0.094^{b}	3.78 ± 0.359^{a}
Dry weight (g)	15	0.23 ± 0.017^{b}	0.65 ± 0.062^{a}

Means with the same letters in each row are not significantly different (*t*-student test, p= 0.05)

پارامترهای زیستی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تغذیه شده با گیاه پیوندی و غیرپیوندی

نتایج نشان داد طول دوره رشدی لارو ($t = 3.81, df = 28, p = 0.001$) و دوره رشدی شفیره ($t = 3.06, df = 28, p = 0.001$) در حشرات تغذیه کرده از گیاه پیوندی بیشتر از حشرات تغذیه کرده از گیاه غیر پیوندی بود. اما، تغذیه روی گیاهان پیوندی تاثیری بر طول دوره جنینی شب‌پره مینوز گوجه فرنگی ($t= 0.347, df=28, p=0.731$) نداشت. همچنین، میانگین باروری حشرات کامل ماده *T. absoluta* تغذیه شده با گیاهان پیوندی و غیر پیوندی دارای تفاوت معنی‌داری بود ($t = 2.163, df = 28, p=0.039$)، به این ترتیب که میانگین تعداد تخم حشرات کامل ماده تغذیه شده با گیاهان غیرپیوندی در روز هشتم (آخرین روز تخمگذاری) ۲۱/۹ بود، در حالی‌که در گیاهان پیوندی ۱۲/۱ تخم بود که حدود ۱/۸ برابر کمتر از میانگین باروری حشرات کامل ماده تغذیه شده با گیاهان غیر پیوندی بود (جدول ۳). اگرچه تغذیه از برگ‌های گوجه‌فرنگی پیوندی باعث کاهش تعداد تخم‌های *T. absoluta* شد، اما پیوند روی درصد تفریخ تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه فرنگی تاثیر معنی‌داری نداشت ($t = 0.084, df = 28, p = 0.742$). مشابه این تحقیق، در چندین پژوهش نشان داده شده است که پیوند گوجه‌فرنگی روی پایه‌های مختلف مانند Tinguaraque، Grande Apatzingan و Arnold، تراکم آفات مختلف از جمله *B. tabaci*، *B. cockerelli* و *Aphis gossypii* Golver را کاهش داده است (Alvarez-Hernandez *et al*., 2009; Cortez-Madrigal, 2010; Žanić *et al*., 2017). مکانیسم این مقاومت می‌تواند به دلیل وجود ترکیبات شیمیایی باشد که توسط پایه تولید شده، از طریق پیوند به برگ‌های گوجه‌فرنگی منتقل شده و باعث افزایش مقاومت گیاه شده است (Edelstein *et al*., 2000). در پژوهش‌های مختلف مشخص شده است که میزان باروری و تخم‌ریزی و همچنین زنده‌مانی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی روی گیاه بادمجان در مقایسه با گوجه‌فرنگی کمتر بوده است (Tamoli Torfi *et al*., 2017). از آنجا که برخی از آزمایش‌های ترجیح میزبانی نیز نشان داده‌اند که گرایش

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی برای تخم‌ریزی روی بادمجان کمتر از گوجه‌فرنگی است (Tamoli Torfi *et al*., 2015)، بنابراین، استفاده از این گیاه به عنوان پایه برای گوجه‌فرنگی می‌تواند به عنوان روشی مفید به منظور کنترل جمعیت این آفت در مدیریت تلفیقی آفت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در نظر گرفته شود.

جدول ۳- پارامترهای زیستی *Tuta absoluta* (میانگین±خطای معیار) در گیاهان پیوندی و غیر پیوندی

Table 3. Biological parameters of *Tuta absoluta* (mean ± SD) in grafted and ungrafted plants

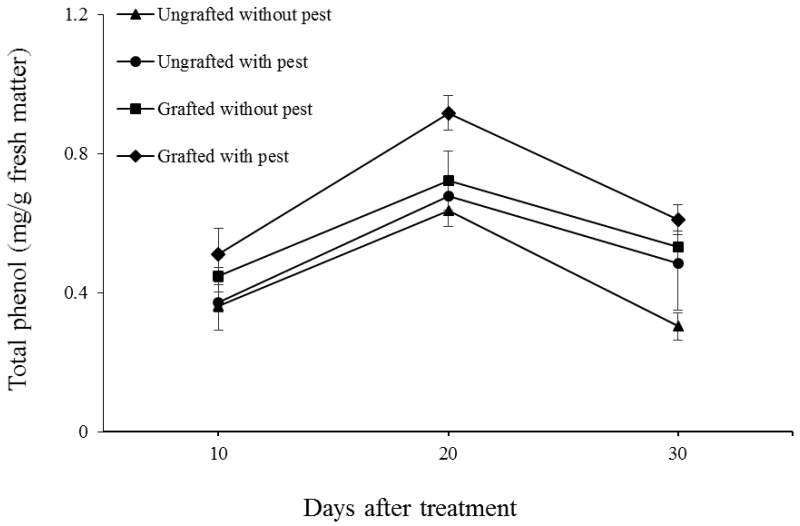
Biological parameters	Number	Ungrafted plants	Grafted plants
Total fecundity (egg/female in 8 days)	15	21.90 ± 1.24[b]	12.11 ± 2.01[a]
Egg hatching (%)	15	85.49 ± 1.931[a]	84.38 ±2.721[a]
Larval developmental time (day)	15	8.93 ± 2.3 [b]	11.46 ± 1.16 [a]
Pupal developmental time (day)	15	6.93 ± 0.70 [b]	7.75 ± 0.78 [a]
Pre-larval period (embryonic developmental period)	15	4.53 ± 0.91 [a]	4.66 ± 1.18 [a]

Means with the same letters in each row are not significantly different (*t*-student test, p= 0.05)

فنل کل

بیشترین میزان فنل (۰/۹۱۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) در گیاهان پیوندی ۲۰ روز پس از آلودگی با شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری از دیگر تیمارها در زمان‌های مختلف پس از آلودگی بیشتر بود. کمترین مقدار فنل (۰/۳۰۲ میلی‌گرم بر گرم ماده تر) در تیمار گیاهان غیر پیوندی بدون حشره، ۱۰ روز پس از آلودگی با شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مشاهده شد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، مقادیر مربوط به میزان فنل کل برگ در تیمار گیاهان پیوندی همراه با حشره، در تمام زمان‌های پس از آلودگی از دیگر تیمارها بالاتر بود (شکل ۱).

در کل، ارتباط فنل با واکنش‌های دفاعی گیاه در مقابل آفات به دلیل سمیت بالای آن‌ها برای حشرات است (Todd *et al*., 1971). در عکس‌العمل‌های دفاعی سیستمیک، مقدار برخی مواد مانند محتویات فنلی در گیاه افزایش می‌یابد (Wang *et al*., 2006). برخی ترکیبات فنلی از جمله سالیسیلیک اسید، علاوه بر نقش مستقیم آن در القای مقاومت، نقش سیگنال را در مقاومت سیستمیک ایفا می‌کنند (Ghaneie *et al*., 2017). نتایج پژوهش حاضر نشان داد میزان فنل کل در تیمارهای گیاهان پیوندی چه در حضور و چه در غیاب آفت افزایش یافت. در موارد متعددی، رابطه مستقیم بین خسارت آفات و افزایش فنل در گیاه نشان داده شده است. به‌عنوان مثال، تغذیه شته روسی گندم باعث افزایش مقدار کل فنل گندم‌های مقاوم و حساس شده است (Van der Westhuizen and Pretorius, 1995). همچنین، مقدار ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در گیاهان گندم بعد از آلوده شدن به شته نخود بیشتر شده است (Wójcicka, 2010). همچنین در پژوهشی نشان داده شده است که مراحل انتخاب گیاه میزبان توسط شته‌های غلات با سطوح فنل کل در ارقام گندم در ارتباط است (Niraz *et al*., 1985). لازم به ذکر است که ارقام مختلف گیاهی، پاسخ‌های متفاوتی در تغییر میزان فنل کل خود نسبت به آلودگی با حشرات دارند (Moghbeli Gharaei *et al*., 2018). در پژوهش حاضر، به روشنی مشخص شد که پیوند گوجه‌فرنگی روی پایه بادمجان روی رشد و نمو گوجه‌فرنگی و میزان مقاومت این گیاه نسبت به شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تاثیر داشته است. استفاده از پیوند که در دنیا روشی مورد تایید برای دستیابی به محصول سالم با عملکرد بالا است، می‌تواند به‌عنوان گزینه مناسب به جای استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی پیشنهاد شود.



شکل ۱- میزان فنل کل گیاه گوجه‌فرنگی (میلی‌گرم بر گرم ماده تر) در تیمارهای مختلف و در زمان‌های مختلف پس از آلودگی با *Tuta absoluta*

Figure 1. Total phenol content of tomato (mg/g fresh matter) on different treatment and on different days after infection with *Tuta absoluta*

References

Abutorabi, E. 2012. Application of grafting method for management of soil borne disease of greenhouse Tomato. **Plant Pathology Science** 2(2): 1-11. (In Farsi).

Albacete, A., Martínez-Andújar, C., Ghanem, M. E., Acosta, M., Sánchez-Bravo, J., Asins, M. J., Cuartero, J., Lutts, S., Dodd, I. C. and Pérez-Alfocea, F. 2009. Rootstock-mediated changes in xylem ionic and hormonal status are correlated with delayed leaf senescence, and increased leaf area and crop productivity in salinized tomato. **Plant, Cell, and Environment** 32(7): 928-938.

Alvarez-Hernandez, J. C., Cortez-Madrigal, H., Garcia-Ruiz, I., CEJA-TORRES, L. F. and Perez-Dominguez, J. F. 2009. Incidence of pests in grafts of tomato (*Solanum lycopersicum*) on wild relatives. **Revista Colombiana de Entomología** 35(2): 150-155.

Barrett, C. E., Zhao, X. and McSorley, R. 2012. Grafting for root-knot nematode control and yield improvement in organic heirloom tomato production. **HortScience** 47(5): 614-620.

Biondi, A., Guedes, R. N. C., Wan, F. H. and Desneux, N. (2018). Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. **Annual Review of Entomology** 63: 239-258.

Cohen, R., Burger, Y., Horev, C., Porat, A. and Edelstein, M. 2005. Performance of Galia-type melons grafted on to Cucurbita rootstock in *Monosporascus cannonballus*-infested and non-infested soils. **Annals of Applied Biology** 146(3): 381-387.

Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Salerno, A. and Rea, E. 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. **Environmental and Experimental Botany** 68(3): 283-291.

Cortez-Madrigal, H. 2010. Resistencia a insectos de tomate injertado en parientes silvestres con énfasis *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Psyllidae). **Bioagro** 22: 11–16.

Crinò, P., Bianco, C. L., Rouphael, Y., Colla, G., Saccardo, F. and Paratore, A. 2007. Evaluation of rootstock resistance to fusarium wilt and gummy stem blight and effect on yield and quality of a grafted 'Inodorus' melon. **HortScience** 42(3): 521-525.

Di gioia, F., Serio, F., Buttaro, D., Ayala, O. and Santamaria, P. 2010. Influence of rootstock vegetative growth, fruit yield and quality in 'Cuore di Bue', an heirloom tomato. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology** 85: 477–482.

Dos Santos, V. L., de Souza Monteiro, A., Braga, D. T. and Santoro, M. M. 2009. Phenol degradation by *Aureobasidium pullulans* FE13 isolated from industrial effluents. **Journal of Hazardous Materials** 161(2-3): 1413-1420.

Edelstein, M. 2004. Grafting vegetable-crop plants: Pros and cons. **Acta Horticulturae** 659: 235-238.

Edelstein, M., Cohen, R., Burger, Y., Shriber, S., Pivonia, S. and Shtienberg, D. 1999. Integrated management of sudden wilt in melons, caused by *Monosporascus cannonballus*, using grafting and reduced rates of methyl bromide. **Plant Disease** 83(12): 1142-1145.

Edelstein, M., Tadmor, Y., Abo-Moch, F., Karchi, Z. and Mansour, F. 2000. The potential of *Lagenaria* rootstock to confer resistance to the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) in Cucurbitaceae. **Bulletin of Entomological Research** 90(2): 113-117.

FAO STAT, 2013. Production crops. http://faostat.fao.org/site/609/default.aspx#ancor [accessed on 20 December 2013].

Fernandez-Garcia, N., Martínez, V., Cerdá, A. and Carvajal, M. 2004. Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology** 79(6): 995-1001.

Flores, F. B., Sanchez-Bel, P., Estan, M. T., Martinez-Rodriguez, M. M., Moyano, E., Morales, B., Compos, J. F., GarciaAbellan, J. O., Egea, M. I., Fernandez-Garcia, N., Romojaro, F. and Bolarin, M. C. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. **Scientia Horticulturae** 125: 211-217.

Ghaneie, A., Safaie, N., Mehrabi, R. and Sanjarian, F. 2017. The effect of salicylic acid application on the reduction of wheat septoria leaf blotch (STB) symptoms causing by *Zymoseptoria tritici*. **Crop Biotechnology** 17: 43-54.

Goreta Ban, S., Dumičić, G., Raspudić, E., Vuletin Selak, G. and Ban, D. 2014. Growth and yield of grafted cucumbers in soil infested with root-knot nematodes. **Chilean Journal of Agricultural Research** 74(1): 29-34.

Goudriaan, J. and Monteith, J. L. 1990. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. **Annals of Botany** 66(6): 695-701.

He, Y., Zhu, Z., Yang, J., Ni, X. and Zhu, B. 2009. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. **Environmental and Experimental Botany** 66(2): 270-278.

Heuvelink, E. 2005. Tomatoes. CABI Publishing, 339 P.

Hunt, R. 1982. Plant Growth Curves: the Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold, London, 248 pp.

Ioannou, N. 2001. Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology** 76(4): 396-401.

Kato, T. and Lou, H. 1989. Effects of rootstock on the yield, mineral nutrition and hormone level in xylem sap in eggplant. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science** 58(2): 345-352.

Lee, J. M., Kubota, C., Tsao, S. J., Bie, Z., Echevarria, P. H., Morra, L. and Oda, M. 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. **Scientia Horticulturae** 127(2): 93-105.

Leogrande, R., Lopedota, O., Montemurro, F., Vitti, C. and Ventrella, D. 2012. Effects of irrigation regime and salinity on soil characteristics and yield of tomato. **Italian Journal of Agronomy** 8: 50-57.

Louws, F. J., Rivard, C. L., and Kubota, C. 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. **Scientia Horticulturae** 127(2): 127-146.

Moghbeli Gharaei, A., Estaji, A. and Shahidi Noghabi, S. 2018. Evaluation of some physiological indices of resistance of different varieties of cucumber *Cucumis sativus* L. against *Aphis gossypii*. **Journal of Greenhouse Culture Science and Technology** 9(3): 79-92. (In Farsi).

Mohammed, S. M. T., Humidan, M., Boras, M. and Abdalla, O. A. 2009. Effect of grafting tomato on different rootstocks on growth and productivity under glasshouse conditions. **Asian Journal of Agricultural Research** 3(2): 47-54.

Niraz, S., Leszczyński, B., Ciepiela, A., Urbańska, A. and Warchol, J. 1985. Biochemical aspects of winter wheat resistance to aphids. **International Journal of Tropical Insect Science** 6(3): 253-257.

Oda, M., Tsuji, K. and Sasaki, H. 1993. Effect of hypocotyl morphology on survival rate and growth of cucumber [*Cucumis sativus*] seedlings grafted on Cucurbita spp. **Japan Agricultural Research Quarterly** 26: 259- 263

Salehi-Mohammadi, R., Khasi, A., Lee, S. G., Huh, Y. C., Lee, J. M. and Delshad, M. 2009. Assessing survival and growth performance of Iranian melon to grafting onto Cucurbita rootstocks. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology** 27(1): 1-6.

Salehi, R., Kashi, A., Lee, J. M., Babalar, M., Delshad, M., Lee, S. G. and Huh, Y. C. 2010. Leaf gas exchanges and mineral ion composition in xylem sap of Iranian melon affected by rootstocks and training methods. **HortScience** 45(5): 766-770.

Shahabi, M. R., Zakerin, A. R. and Shirzadi, H. 2013. The effect of different grafting techniques on the growth and performance of *Lycopersicon esculentum* L. var. Redtop. The first electronical national Conference on new topics in horticulture, Jahrom, 1-5 pp. (in Farsi).

Silva, G. A., Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L., Rosado, J. F. and Guedes, R. N. 2011. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest Management Science** 67: 913–920.

Tamoli Torfi, E., Seraj, A. A. and Rajabpour, A. 2015. Host preference of Tomato Leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) on Solanaceous Plants. First National Conference on Agriculture, Environment and Food Security, Jiroft, 1-4 pp.

Tamoli Torfi, E., Seraj, A. A. and Rajabpour, A. 2017. Population Parameters of Tomato Leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) on Three Solanaceous Plants in Laboratory Condition. **Applied Research in Plant Protection** 6(2): 83-92.

Todd, G. W., Getahun, A. and Cress, D. C. 1971. Resistance in barley to the greenbug, *Schizaphis graminum*. Toxicity of phenolic and flavonoid compounds and related substances. **Annals of Entomological Society of America** 64(3): 718-722.

Turhan, A., Ozmen, N., Serbeci, M. S. and Seniz, V. 2011. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. **Horticultural Science** 38(4): 142-149.

Van der Westhuizen, A. J. and Pretorius, Z. 1995. Biochemical and physiological responses of resistant and susceptible wheat to Russian wheat aphid infestation. **Cereal Research Communications** 23(3): 305-313.

Vinkovic Vrcek, I., Samobor, V., Bojic, M., Medic-Saric, M., Vukobratovic, M., Erhatic, R., Horvat, D. and Matotan, Z. 2011. The effect of grafting on the antioxidant properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Spanish Journal of Agricultural Research** 9: 844-851.

Wang, J. W., Zheng, L. P., Wu, J. Y. and Tan, R. X. 2006. Involvement of nitric oxide in oxidative burst, phenylalanine ammonia-lyase activation and Taxol production induced by low-energy ultrasound in *Taxus yunnanensis* cell suspension cultures. **Nitric Oxide** 15(4): 351-358.

Wójcicka, A. 2010. Cereal phenolic compounds as biopesticides of cereal aphids. **Polish Journal of Environmental Studies** 19(6): 1337-1343.

Yamakawa, B. 1983. Grafting. In: Nishi, S. (ed.). Vegetable handbook. Yokendo Book Co., Tokyo. 141–153 pp.

Yetışır, H., Sari, N. and Yücel, S. 2003. Rootstock resistance to Fusarium wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. **Phytoparasitica** 31(2): 163-169.

Žanić, K., Dumičić, G., Urlić, B., Vuletin Selak, G. and Goreta Ban, S. 2017. *Bemisia tabaci* (Gennadius) population density and pupal size are dependent on rootstock and nitrogen in hydroponic tomato crop. **Agricultural and Forest Entomology** 19(1): 42-51.

Plant Pest Research
2019- 9 (3): 89-99

Effect of grafting on vegetative parameters of tomato and induction of resistance against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae)

N. Shariatzadeh Mirhoseini[1], S. Shahidi Noghabi[1*] and H. R. Karimi[2]
1. Department of Crop Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran, 2. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

(Received: November 10, 2019- Accepted: December 19, 2019)

Abstract

In this study, the effect of grafting of tomato on eggplant rootstock were investigated on growth indices of the tomato plant and biological parameters of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). In order to evaluate of fertility and fecundity, a pair of adult insects (male and female) of *T. absoluta*, with less than 24 h age, were kept on each plant (grafted and non-grafted). Then, one egg (in 15 replications) was placed on each plant to measure the developmental period of embryonic, larval and papal stages until adult insect emergence. Seventy-five days after grafting, except the stem diameter, all growth indices of grafted plants including plant height, number of nodes and leaves were significantly higher than non-grafted plants. Also, weight of fresh and dry root of grafted plants were higher compare to non-grafted plants. Larval and pupal developmental period of *T. absoluta* fed on grafted plants were significantly higher than non-grafted plants. Besides, the mean fecundity of the adult female of *T. absoluta* was lower on grafted plants. Amount of total phenol content in different days after infestation with *T. absoluta* indicated a significant increase in grafted plant. Results of this research clearly showed that the grafting of tomato plants on eggplant rootstocks could be an effective approach for increasing of plant growth and subsequently its resistance to *T. absoluta*.

Key words: Grafting, tomato leaf miner, phenol, induced resistance

*Corresponding author: shahidi@vru.ac.ir