

اثر متیل جاسمونات در مقاومت آنتی بیوزی گندم به شته روسی گندم

جعفر طعामी^{*}، لطفعلی دولت‌ئی^۱ و فرید شکاری^۲

۱- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲)

چکیده

در این پژوهش، اثر سه غلظت ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات و شاهد (شامل آب مقطر، اتانول ۹۶٪ و Tween-20 در روش محلول‌پاشی برگ‌گی، آب مقطر و اتانول ۹۶٪ در روش پرایمینگ بذر) به دو روش مختلف محلول‌پاشی برگ‌گی و پرایمینگ بذر روی مقاومت گندم (رقم سرداری) به شته روسی گندم، (*Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae) بررسی شد. تجزیه واریانس نشان داد که طول کل دوران پورگی این شته روی گیاهان تیمار شده با غلظت‌های ۰/۰۱ و ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات در روش محلول‌پاشی برگ‌گی به طور معنی‌داری افزایش یافت. از طرف دیگر، در روش پرایمینگ بذر، غلظت ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات طول کل دوران پورگی را به طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین، دوره قبل از تولیدمثل در روش محلول‌پاشی برگ‌گی در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار به طور معنی‌داری نسبت به شاهد طولانی‌تر بود. طول دوره تولیدمثل در همه گیاهان تیمار شده و در هر دو روش به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کوتاه‌تر بود. از لحاظ طول دوره بعد از تولیدمثل، هیچ اختلاف معنی‌داری بین شاهد و تیمارها در هر دو روش وجود نداشت. با وجود این، در هر دو آزمایش، تعداد پوره تولید شده توسط ماده‌ها در همه گیاهان تیمار شده به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بود. در روش محلول‌پاشی برگ‌گی، همه غلظت‌های متیل جاسمونات، طول عمر کل را کاهش داد. همچنین، در روش پرایمینگ بذر، طول عمر کل شته روی گیاهان تیمار شده با غلظت‌های ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بود.

واژه‌های کلیدی: آنتی بیوز، *Diuraphis noxia*، متیل جاسمونات، گندم

مقدمه

تورژسانس سلول‌های گیاهی و کاهش رشد گردد. علاوه بر این، کاهش قابل توجهی در بیوماس گیاهی اتفاق می‌افتد (Burd and Burton, 1992). شته روسی گندم می‌تواند ناقل برخی از ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی از جمله ویروس کوتولگی زرد جو، ویروس موزائیک جو و ویروس موزائیک نیشکر باشد (Damsteegt *et al.*, 1992). همچنین، شته روسی باعث کاهش محتویات پروتئینی و کیفیت آرد نانویی حاصله می‌شود (Girma *et al.*, 1993). بنابر گزارش هیوز و میوالد (Hughes and Maywald, 1990)، شته روسی گندم می‌تواند در مزارع گندم و جو به ترتیب باعث از بین رفتن ۸۰ و ۱۰۰ درصد محصول شود. بنابراین، این حشره قادر است خسارت زیادی به محصول وارد کند. مقاومت گیاهی به عنوان یک روش بسیار مفید برای کنترل شته روسی گندم در نظر گرفته شده است، زیرا این حشره عادت دارد داخل برگ‌های لوله‌شده گندم تغذیه کند که سبب محدود شدن اثر حشره کش‌های تماسی و دشمنان طبیعی می‌شود (Burd *et al.*, 1993; Haile *et al.*, 1999).

در دهه‌های اخیر، چندین الیسیتور (Elicitor) گیاهی مانند جاسمونیک اسید (Jasmonic acid)، متیل جاسمونات (Methyl jasmonate)، سالیسیلیک اسید (Salicylic acid)، متیل سالیسیلات (Methyl salicylate) و اتیلن (Ethylene) مورد استفاده قرار گرفته است تا پاسخ‌های دفاعی را در گیاهان علیه حشرات گیاهخوار و یا عوامل بیماری‌زا القا نمایند (Moreira *et al.*, 2010; Venu *et al.*, 2009). متیل جاسمونات، جاسمونیک اسید و ترکیبات اسید آمینه آن در مجموع با عنوان جاسمونات‌ها (Jasmonates) شناخته می‌شوند و تنظیم‌کننده‌های مهم سلولی هستند که در فرآیندهای تکاملی مختلفی از جمله رشد، تولید گرده و مقاومت گیاه به حشرات و عوامل بیماری‌زا دخالت دارند (Creelman and Mullet, 1997; Kessler and Baldwin, 2002). جاسمونیک اسید به عنوان یکی از مهم‌ترین محرک‌های دفاع گیاهی علیه گیاه‌خواران در نظر گرفته می‌شود و در بروز دفاع‌های مستقیم و غیرمستقیم (جذب دشمنان طبیعی)

شته روسی گندم با نام علمی *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae) بومی نواحی جنوب شوروی سابق، ایران، افغانستان و کشورهای حاشیه دریای مدیترانه است. این شته نخستین بار در حدود سال ۱۹۰۰ توسط موردویلکو^۱ و گروشم^۲ در مناطق حاشیه دریای مدیترانه و نواحی جنوب شوروی سابق گزارش شد (Jones *et al.*, 1989; Elsidaig and Zwer, 1993). در ایران برای نخستین بار، وجود شته روسی گندم در سال ۱۳۳۳ توسط دواچی، با عنوان *Brachycolus noxius* Mordvilko از مزارع گندم ورامین، اصفهان، سیرجان و اردکان گزارش شده است (Dolatti, 1994). این شته در حال حاضر یکی از مهم‌ترین آفات گندم در اغلب مناطق کشور می‌باشد. شته روسی علاوه بر گندم از جو، چاودار، تریتیکاله، یولاف و شماری از علف‌های باریک برگ تغذیه می‌کند. جو، گندم و تریتیکاله نسبت به حملات شته روسی بسیار حساس بوده ولی یولاف و چاودار حساسیت کمتری نشان می‌دهند (Melaku *et al.*, 1993; Webster *et al.*, 1993). علایم خسارت این آفت بسیار مشخص است. روی برگ‌ها بر اثر تغذیه و تزریق بزاق سمی، نوارهای طولی سفید یا زرد رنگ ایجاد می‌شود. رنگ نوارها در آب و هوای سرد و خنک اغلب به دلیل وجود دانه‌های رنگی آنتوسیانین، قرمز مایل به ارغوانی می‌باشد. برگ‌ها لوله شده و شته‌ها داخل آن از سطوح رویی برگ‌ها تغذیه می‌کنند. گیاهان جوان در اثر حملات شدیدتر به طور معمول از رشد و نمو باز می‌مانند. آلودگی در مرحله قبل از ظهور سنبله می‌تواند به پیچش برگ پرچم و تغییر شکل سنبله‌ها نیز منجر شود (Jones *et al.*, 1989; Kindler and Hammon, 1996). آلودگی به شته روسی گندم منجر به کاهش شدید سطح کلروفیل شده و توانایی فتوسنتز کاهش می‌یابد (Fouche *et al.*, 1984; Kruger and Hewitt, 1984). همچنین، این آفت می‌تواند تنظیم اسمزی گیاه میزبان را مختل کرده و موجب از دست رفتن فشار

1. Mordvilko
2. Grossheim

بررسی قرار گرفته است. هدف نهایی این تحقیق، ارائه راهکار جدیدی در مدیریت تلفیقی شته روسی گندم است تا ضمن کنترل مؤثرتر این آفت، از مصرف بی‌رویه سموم شیمیایی و اثرات نامطلوب آن‌ها بر سلامتی انسان و محیط زیست و دشمنان طبیعی شته روسی گندم جلوگیری شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در زمستان سال ۱۳۹۱، در گلخانه تحقیقاتی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه زنجان در شرایط دمایی 25 ± 5 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 55 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

پرورش شته‌ها

برای پرورش شته‌ها، طی بازدید از مزارع گندم شهرستان زنجان، نمونه‌های موردنظر روی گیاه گندم جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه منتقل شد. شته‌ها ابتدا زیر استریو-میکروسکوپ قرار گرفتند و بعد از جداسازی شته روسی گندم از سایر شته‌ها، این حشره روی یک رقم حساس جو (رقم والفجر) پرورش داده شد. گلدان‌های پرورش شته روسی گندم دارای قطر ۲۰ سانتی‌متر بوده و خاک آن‌ها شامل ۵۰ درصد خاک زراعی، ۲۵ درصد ماسه بادی و ۲۵ درصد کود دامی بودند. برای جلوگیری از آلوده شدن کلنی با سایر حشرات و همچنین فرار شته‌های کلنی و جلوگیری از ورود پارازیتوئیدهای احتمالی به کلنی‌های پرورش، گلدان‌های حاوی کلنی داخل محفظه‌ای که با توری نازک و ریز تهیه شده بود، قرار گرفتند. در مواقع موردنیاز، کاشت گلدان‌های جدید و انتقال شته به آن‌ها صورت گرفت.

تهیه محلول‌ها

متیل جاسمونات از شرکت Sigma-Aldrich خریداری شد و به دو روش محلول‌پاشی برگی و پرایمینگ بذر استفاده شد. غلظت‌های مورد استفاده با توجه به غلظت‌های به کار رفته شده توسط مینگ و همکاران (Meng *et al.*, 2011) عبارت بودند از: ۰/۱، ۰/۱، ۱ میلی‌مولار. برای تهیه محلول‌ها، مقدار معینی از متیل جاسمونات در چند قطره اتانول ۹۶٪ حل شد و سپس آب مقطر به آن اضافه شد

دخالت دارد (Scott *et al.*, 2010; Shivaji *et al.*, 2010). جاسمونیک اسید جزء ضروری مسیر علامت‌دهی در گیاهان زراعی می‌باشد و هنگامی که به صورت خارجی به کار می‌رود، چندین پاسخ دفاعی از جمله فعال شدن آنزیم‌های اکسیداتیو (Oxidative enzymes)، مهارکننده‌های پروتئیناز (Proteinase inhibitors)، تولید آلکالوئیدها (Alkaloids) و ترکیبات فرار را تحریک می‌کند (Wasternack, 2007; Scott *et al.*, 2010). علاوه بر این، متیل جاسمونات یک مولکول هادی سیگنال در گیر در واکنش‌های دفاعی گیاه است و تولید متابولیت‌های ثانویه دیگری از قبیل پوترسین (Putrescine)، اسپرمیدین (Spermidine)، اسپرمین (Spermine)، نیکوتین (Nicotine)، لیتورین (Littorine)، هیوسیامین (Hyoscyamine) و اسکوپولامین (Scopolamine) در بافت‌های سلولی و گیاهان سالم را القا می‌کند (Aerts *et al.*, 1994; Baldwin *et al.*, 1994; Deng, 2005). همچنین، نشان داده شده است که پلی فنل اکسیدازها (Polyphenol oxidases) که احتمالاً بخشی از مکانیسم دفاعی بر ضد گیاهخواران است، به وسیله تیمار با مشتقات جاسمونیک اسید القا می‌شود (Constabel and Ryan, 1998). مشخص شده است که کاربرد خارجی متیل جاسمونات و یا جاسمونیک اسید تولیدشده در پاسخ به زخمی‌شدن گیاه توسط استایلت شته‌ها، بیان ژن‌های مسئول تولید آنزیم‌های مسیر شیکیمیک اسید (Shikimic acid) را تحریک می‌کند که منجر به تجمع اسیدهای هیدروکسامیک (Hydroxamic acids) یا تولید مهارکننده‌های پروتئیناز می‌شود (Slesak *et al.*, 2001). محرک‌های شیمیایی دفاع وابسته به جاسمونات‌ها به عنوان یک ابزار در استراتژی‌های مدیریت آفات در برابر طیف گسترده‌ای از گیاهخواران پیشنهاد شده اند (Thaler *et al.*, 2001).

در این پژوهش، متیل جاسمونات به دو صورت پرایمینگ بذر (Smart *et al.*, 2013) و محلول‌پاشی برگی (Zhao *et al.*, 2009) به کار رفته است و نقش آن در مقاومت آنتی بیوزی گندم به شته روسی گندم مورد

وقایع مربوط به آن شته پایان یافت. لازم به ذکر است که آبیاری گلدان‌ها در مواقع خشک شدن سطح خاک انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تجزیه واریانس داده‌ها، از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، در روش محلول‌پاشی برگ‌گی، تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری با تیمار ۰/۰۱ و ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات از لحاظ کل دوران پورگی داشت و کمترین مدت زمان کل دوران پورگی مربوط به شاهد (۹/۲۶ روز) و بیشترین آن مربوط به تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار (۱۰/۶ روز) بود ($F=9/16$, $df=3, 56$), ($P<0/001$) (جدول ۱). همچنین، در روش پرایمینگ بذر، تیمار ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات به طور معنی‌داری مدت زمان کل دوران پورگی را افزایش داد و طول کل دوران پورگی تیمار شاهد و تیمار ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات به ترتیب ۹/۸ و ۱۱/۲ روز بود ($F=3/8$, $df=3, 56$, $P=0/015$) (جدول ۲). به طور مشابه، برگن (Bergen, 2008) گزارش داده است که مدت زمان رشد و نمو شته شلغم، *Lipaphis erysimi* Kaltenbach روی گیاهان کلزای اسپری‌شده با جاسمونیک اسید افزایش یافته است. همچنین، در آزمایش‌های سندیل ناتان و همکاران (Senthil-Nathan et al., 2009) طول دوره‌های پورگی زنجربک قهوه‌ای برنج، *Nilaparvata lugens* Stal با جاسمونیک اسید به طور معنی‌داری نسبت به شاهد طولانی‌تر بوده است. طبق بررسی یو یان و همکاران (Yu et al., 2010)، محلول‌پاشی جاسمونیک اسید روی گیاه *Lycium barbarum* L. طول دوران پورگی شته این گیاه (*Aphis* sp.) را افزایش داده است. علاوه بر این، کاوازو و همکاران (Kawazu et al., 2013) بیان کردند که کاربرد متیل جاسمونات در گیاه گوجه فرنگی، طول

تا غلظت‌های موردنظر به دست آمد. در روش محلول‌پاشی برگ‌گی، برای افزایش چسبندگی محلول به سطح گیاه، دو سی‌سی سورفکتانت Tween-20 به هر کدام از غلظت‌های تهیه‌شده اضافه شد. همچنین، در روش پرایمینگ بذر از آب مقطر و اتانول ۹۶٪ و در روش محلول‌پاشی برگ‌گی از آب مقطر، اتانول ۹۶٪ و Tween-20 به عنوان شاهد استفاده شد.

آزمایش آنتی بیوز

آزمایش آنتی بیوز در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تکرار انجام پذیرفت. در روش پرایمینگ، ابتدا بذرهای به مدت ۱۸ ساعت در هر کدام از غلظت‌های تهیه‌شده و شاهد قرار داده شدند و سپس ۴ عدد بذر در گلدان‌هایی به قطر ۱۴ سانتی‌متر و حاوی خاک استریل (خاک زراعی، ماسه بادی و کود دامی به نسبت ۱:۱:۲) کاشته شد. در روش اسپری، ابتدا ۴ عدد بذر در هر گلدان کاشته شده و سپس در مرحله دو برگ‌گی با غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات و شاهد تیمار شدند. در هر دو روش، در مرحله دو برگ‌گی یکی از بوته‌ها نگهداری و بقیه از گلدان حذف شدند که این امر در روش محلول‌پاشی برگ‌گی، ۴۸ ساعت پس از تیمار صورت پذیرفت. در این آزمایش، طول کل دوران پورگی، طول دوره قبل از تولیدمثل، طول دوره تولیدمثل، طول دوره بعد از تولیدمثل، تعداد کل پوره‌های تولیدشده و طول عمر کل بر اساس روش وبستر و همکاران (Webster et al., 1994) با کمی تغییر ثبت شد. در مرحله دو برگ‌گی، یک عدد شته مادر بکرزا روی هر کدام از بوته‌های حفظ‌شده قرار داده شد. بوته‌ها و شته‌های موجود روی آن‌ها با استوانه‌های پلاستیکی شفاف و دارای توری تهویه در طرفین و راس محافظت شدند. پس از ۲۴ ساعت، یکی از پوره‌های تازه متولدشده حفظ شده و سایر پوره‌ها و شته مادر حذف شدند. پوره‌های حفظ‌شده به طور روزانه از نظر پوست‌اندازی مورد بازدید قرار گرفتند. مشاهده پوسته دلیل وقوع عمل پوست‌اندازی در نظر گرفته شد. بعد از بالغ شدن و شروع تولیدمثل، تعداد پوره‌های تولیدشده به طور روزانه تا پایان دوره تولیدمثل ثبت شد و پس از آن طول دوره بعد از تولیدمثل نیز یادداشت شد و با مرگ شته روی هر بوته، ثبت

تولیدمثل شته سیب زمینی، *Macrosiphum euphorbiae* Thomas روی گیاهان سیب زمینی تیمار شده با متیل جاسمونات به طور معنی داری طولانی تر بوده است. مقایسه میانگین های طول دوره تولیدمثل، اختلاف معنی-داری را بین شاهد و همه تیمارهای متیل جاسمونات در روش محلول پاشی برگگی نشان داد و طولانی ترین طول دوره تولیدمثل مربوط به شاهد (۴۱/۰۶ روز) و کوتاه ترین طول دوره تولیدمثل مربوط به تیمار ۱ میلی مولار (۲۵/۳۳ روز) بود ($F=۱۴/۲۱$ ، $df=۳$ ، ۵۶ ، $P<۰/۰۰۱$) (جدول ۱). در روش پرایمینگ بذر نیز اختلاف معنی داری بین شاهد و همه تیمارهای متیل جاسمونات وجود داشت و بلندترین و کوتاه ترین طول دوره تولیدمثل به ترتیب در شاهد (۳۹/۲۶ روز) و تیمار ۱ میلی مولار (۲۳/۳۳ روز) مشاهده گردید ($F=۱۴/۰۶$ ، $df=۳$ ، ۵۶ ، $P<۰/۰۰۱$) (جدول ۲).

دوره لاروی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis* Pergande و کفشدوزک ۲۸ نقطه ای سیب زمینی، *Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius را افزایش داده است. نتایج به دست آمده نشان داد که در روش محلول پاشی برگگی اختلاف معنی داری بین شاهد و تیمار ۰/۱ میلی مولار از لحاظ طول دوره قبل از تولیدمثل وجود دارد و میانگین طول این دوره در شاهد و تیمار ۰/۱ میلی مولار به ترتیب ۲ و ۲/۸۶ روز بود ($F=۳/۶۱$ ، $df=۳$ ، ۵۶ ، $P=۰/۰۱۹$) (جدول ۱). در روش پرایمینگ بذر، گرچه همه غلظت های متیل جاسمونات طول دوره قبل از تولیدمثل را افزایش دادند، اما این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نبود ($F=۲/۶۵$ ، $df=۳$ ، $P=۰/۰۵۷$) (جدول ۲). در آزمایش برونیشن و همکاران (Brunissen et al., 2010)، طول دوره پیش از

جدول ۱- طول دوره های مختلف زندگی (روز) و باروری (تعداد) شته روسی گندم روی تیمارهای مختلف متیل جاسمونات در روش محلول پاشی برگگی (میانگین \pm خطای استاندارد)

Table 1. Duration of different life stage (Days) and number of nymphs produced by *Diuraphis noxia* on different methyl jasmonate treatments in foliar spray method (Mean \pm SE)

Parameters	Treatments			
	0 (Control)	0.01	0.1	1
Nymphal development time	9.26 \pm 0.22 c	10.6 \pm 0.19 a	9.6 \pm 0.16 bc	10.0 \pm 0.16 ab
Pre-reproductive period	2.0 \pm 0.16 b	2.46 \pm 0.23 ab	2.86 \pm 0.19 a	2.46 \pm 0.13 ab
Reproductive period	41.06 \pm 2.26 a	26.4 \pm 2.31 b	26.33 \pm 1.62 b	25.33 \pm 1.68 b
Post-reproductive period	13.0 \pm 1.65 a	11.53 \pm 1.58 a	10.6 \pm 0.95 a	9.8 \pm 1.55 a
Total longevity	65.33 \pm 2.98 a	51.0 \pm 2.13 b	49.4 \pm 2.04 b	47.6 \pm 2.36 b
Total reproductive	81.26 \pm 3.39 a	57.13 \pm 5.25 b	47.93 \pm 3.83 b	43.06 \pm 4.2 b

* میانگین های دارای حروف یکسان در هر سطر، بر اساس آزمون توکی فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشند.

*The means followed by the same letter (s) in each row were not significantly different at $P < 0.05$ (Tukey test).

جدول ۲- طول دوره‌های مختلف زندگی (روز) و باروری (تعداد) شته روسی گندم روی تیمارهای مختلف متیل جاسمونات در روش پرایمینگ بذر (میانگین \pm خطای استاندارد)

Table 2. Duration of different life stage (Days) and number of nymphs produced by *Diuraphis noxia* on different Methyl jasmonate treatments in seed priming method (Mean \pm SE)

Parameters	Treatments			
	0 (Control)	0.01	0.1	1
Nymphal development time	9.8 \pm 0.24 b	10.53 \pm 0.3 ab	10.53 \pm 0.3 ab	11.2 \pm 0.29 a
Pre- reproductive period	1.66 \pm 0.12 a	3.13 \pm 0.58 a	2.53 \pm 0.29 a	2.6 \pm 0.33 a
Reproductive period	39.26 \pm 2.02 a	28.73 \pm 2.08 b	23.4 \pm 1.97 b	23.33 \pm 1.91 b
Post- reproductive period	11.53 \pm 1.3 a	10.0 \pm 1.18 a	9.4 \pm 1.48 a	8.73 \pm 1.27 a
Total longeivity	62.26 \pm 3.03 a	52.4 \pm 2.19 ab	45.86 \pm 2.91 b	45.86 \pm 2.55 b
Total reproductive	79.86 \pm 3.41 a	52.33 \pm 3.16 b	48.2 \pm 9.93 b	53.33 \pm 4.66 b

* میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر سطر، بر اساس آزمون توکی فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

*The means followed by the same letter (s) in each row were not significantly different at $P < 0.05$ (Tukey test).

روی گیاه گوجه فرنگی کاهش داده است و همچنین درصد پوره‌هایی که به مرحله بلوغ رسیدند، کمتر شده است. در آزمایش آن‌ها، متوسط عسلک تولیدی توسط هر شته نشان داد که جاسمونیک اسید از تغذیه جلوگیری نمی‌کند و این امر نشان می‌دهد که اثرات مشاهده‌شده جاسمونیک اسید روی بقای شته‌ها مربوط به عوامل آنتی‌بیوزی به جای آنتی-نوزوی بوده است. یو یان و همکاران (Yu-Yan *et al.*, 2010) اثر محلول‌پاشی جاسمونیک اسید را در مقاومت گیاه *L. barbarum L.* به شته این گیاه (*Aphis sp.*) بررسی کردند و اعلام نمودند که کاربرد جاسمونیک اسید سبب کاهش طول عمر بالغین این شته شده است.

از لحاظ تعداد پوره تولیدشده، اختلاف معنی‌داری بین شاهد و تیمارهای مختلف متیل جاسمونات در روش محلول‌پاشی برگگی وجود داشت و بیشترین و کمترین تعداد پوره تولیدشده به ترتیب در شاهد (۸۱/۲۶ عدد) و تیمار ۱ میلی‌مولار (۴۳/۰۶ عدد) مشاهده شد ($F=11/33$, $df=3$, 56 , $P<0/001$) (جدول ۱). همچنین، در روش پرایمینگ بذر، میانگین تعداد پوره‌های تولیدشده توسط ماده‌ها در گیاهان شاهد و گیاهان تیمارشده با غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات اختلاف معنی‌داری با هم داشتند که بیشترین تعداد پوره تولیدشده در شاهد (۷۹/۸۶ عدد) و کمترین آن در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار (۴۸/۲ عدد) بود ($F=11/33$, 56 , $P<0/001$, $df=3$, 56) (جدول ۲). کوپر و گوگین (Cooper

بین میانگین‌های طول دوره بعد از تولیدمثل در روش محلول‌پاشی برگگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($F=0/88$, 56 , $df=3$, $P=0/457$) (جدول ۱). در روش پرایمینگ بذر نیز میانگین‌های طول دوره بعد از تولیدمثل، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ($F=0/82$, 56 , $df=3$, $P=0/487$) (جدول ۲).

تجزیه واریانس طول عمر کل، اختلاف معنی‌داری را بین شاهد و همه تیمارهای متیل جاسمونات در روش محلول‌پاشی برگگی نشان داد و بیشترین و کمترین طول عمر کل به ترتیب در شاهد (۶۵/۳۳ روز) و تیمار ۱ میلی‌مولار (۴۷/۶ روز) ثبت شد ($F=11/33$, 56 , $df=3$, $P<0/001$) (جدول ۱). در روش پرایمینگ بذر، دو تیمار ۰/۱ و ۱ میلی-مولار طول عمر کل شته روسی گندم را کاهش دادند و تیمار شاهد با ۶۲/۲۶ روز دارای طولانی‌ترین عمر کل بود. در حالی که، تیمارهای ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار با ۴۵/۸۶ روز، کوتاه‌ترین طول عمر کل را به خودشان اختصاص دادند ($F=8/27$, 56 , $df=3$, $P<0/001$) (جدول ۲). اوامر و همکاران (Omer *et al.*, 2001) بیان داشتند که محلول-پاشی برگگی جاسمونیک اسید روی پنبه، بقای پوره‌ها و بالغین شته پنبه، *Aphis gossypii* Glover را کاهش داده است. بنا بر گزارش کوپر و گوگین (Cooper and Goggin, 2005)، محلول‌پاشی برگگی جاسمونیک اسید به طور قابل توجهی طول عمر حشرات بالغ شته سیب زمینی را

پروتئیناز گوجه فرنگی I (Tomato proteinase I inhibitor I) و مهارکننده پروتئیناز گوجه فرنگی II (Broadway (Tomato proteinase inhibitor II) (Duffey, 1986) and در گیاهان گوجه فرنگی تیمار شده با متیل جاسمونات القا شده است (Farmer and Ryan, 1990). از طرف دیگر، فنل (Phenol) می تواند در دفاع گیاه علیه شته ها از طریق تاثیر منفی روی تولیدمثل شته مؤثر باشد (Chaman *et al.*, 2003). تغذیه شته، زخم یا تیمار جاسمونات می تواند سطوح بیشتری از آنزیم های درگیر در تولید فنل را القا کند (McConn *et al.*, 1997; Moran and Thompson, 2001). همچنین، اعتقاد بر این است که گلوکوزینولات ها (Glucosinolates) روی رشد و تکثیر شته ها تاثیر دارد (Thompson and Goggin, 2006). گلوکوزینولات ها می تواند بسته به گونه گیاهی و شته، تاثیر منفی یا مثبت روی نرخ افزایش جمعیت شته ها داشته باشد (Cole, 1997; Levy *et al.*, 2005). طبق گزارش های برگن (Bergen, 2008)، مقدار گلوکوزینولات ها در گیاهان کلزای تیمار شده با جاسمونیک اسید بسیار بیشتر از گیاهان شاهد بوده است. گزارش شده است که کاربرد خارجی جاسمونات، فعالیت پلی فنل اکسیداز را در بسیاری از گیاهان تحریک می کند (Cipollini *et al.*, 2004; Bhonwong *et al.*, 2009; Gould *et al.*, 2009; Zhao *et al.*, 2009). پلی فنل اکسیداز آنزیم سوخت و ساز کلیدی ثانویه است و فعالیت آن در ارتباط با دفاع گیاهان علیه خسارت حشرات می باشد (Zhang *et al.*, 2008).

در مجموع، بر اساس نتایج این پژوهش، هر دو روش کاربرد متیل جاسمونات در مقاومت آنتی بیوزی گندم به شته روسی گندم مؤثر بود. اما، با توجه به مقدار کمتر ماده مصرفی در روش پرایمینگ بذر، استفاده از این روش، از لحاظ اقتصادی معقول تر به نظر می رسد.

(Goggin, 2005) and نشان دادند که محلول پاشی برگری جاسمونیک اسید به طور قابل توجهی تولیدمثل خالص شته سیب زمینی را روی گیاه گوجه فرنگی کاهش داده است. همین طور، برگن (Bergen, 2008) گزارش داده است که پاشش جاسمونیک اسید روی گیاه کلزا، تولیدمثل شته سلغم را کاهش داده است. بر اساس مطالعات برونیسن و همکاران (Brunissen *et al.*, 2010)، باروری شته سیب زمینی روی گیاهان سیب زمینی تیمار شده با متیل جاسمونات کاهش یافته است. علاوه بر این، یو یان و همکاران (Yu- Yan *et al.*, 2010) بیان داشتند که اسپری جاسمونیک اسید روی گیاه *L. barbarum* L. تولیدمثل شته این گیاه (*Aphis* sp.) را کاهش داده است. وورال و همکاران (Worrall *et al.*, 2012) گزارش دادند که پرایمینگ بذر گوجه فرنگی با جاسمونیک اسید، سبب کاهش قابل توجهی در نرخ تولیدمثلی کنه تارتن دو لکه ای *Tetranychus urticae* Koch شده است. همچنین، بر اساس یافته های اسمارت و همکاران (Smart *et al.*, 2013)، تخمگذاری کنه تارتن دو لکه ای روی رقم Carousel گوجه فرنگی که بذرها از آن قبل از کشت به مدت ۲۴ ساعت در محلول جاسمونیک اسید قرار داده شده بود، کاهش یافته است.

در بررسی های انجام شده در خصوص ساز و کار تاثیر جاسمونات ها روی طول عمر و تولیدمثل شته ها نظرات مختلفی ارائه شده است و اثرات مشاهده شده در بررسی حاضر می تواند یکی از این ساز و کارها و یا ترکیبی از آنها باشد. به عنوان مثال، برخی از مطالعات اثرات نامطلوب مهارکننده های سرین پروتئیناز (Serine proteinase inhibitors) را روی طول عمر و تولیدمثل شته ها اثبات کرده اند (Rahbe and Febvay, 1993; Tran *et al.*, 2003; Ceci *et al.*, 2003; Azzouz *et al.*, 2005). طبق بررسی های صورت گرفته، تولید حداقل دو مهارکننده سرین پروتئیناز شامل مهارکننده

References

- Aerts, R., Gisi, D., De Carolis, E., De Luca, V. and Baumann, T. W. 1994. Methyl jasmonate vapor increases the developmentally controlled synthesis of alkaloids in *Catharanthus* and *Cinchona* seedlings. **The Plant Journal** 5: 635–643.
- Azzouz, H., Cherqui, A., Campan, E. D. M., Rahbe, Y., Duport, G., Jouanin, L., Kaiser, L. and Giordanengo, P. 2005. Effects of plant protease inhibitors, oryzacystatin I and soybean Bowman–Birk inhibitor, on the aphid *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera, Aphididae) and its parasitoid *Aphelinus abdominalis* (Hymenoptera, Aphelinidae). **Journal of Insect Physiology** 51: 75–86.
- Baldwin, I. T., Schmetz, E. A. and Ohnmeriss, T. E. 1994. Wound induced changes in root and shoot jasmonic acid pools correlate with induced nicotine synthesis in *Nicotiana sylvestris*. **Journal of Chemical Ecology** 20: 2139–2158.
- Bergen, K. M. 2008. The effects of bacterial and jasmonic acid treatments on insects of canola. Master Thesis. The University of Manitoba, Canada.
- Bhonwong, A., Stout, M. J., Attajarusit, J. and Tantasawat, P. 2009. Defensive role of tomato polyphenol oxidase against cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) and Beet armyworm (*Spodoptera exigua*). **Journal of Chemical Ecology** 35: 28–38.
- Broadway, R. M. and Duffey, S. S. 1986. Plant proteinase inhibitors: mechanism of action and effect on the growth and digestive physiology of larval *Heliothis zea* and *Spodoptera exigua*. **Journal of Insect Physiology** 32: 827–833.
- Brunissen, L., Vincent, C., Le Roux, V. and Giordanengo, P. 2010. Effects of systemic potato response to wounding and jasmonate on the aphid *Macrosiphum euphorbiae* (Sternorrhyncha: Aphididae). **Journal of Applied Entomology** 134: 562–571.
- Burd, J. D. and Burton, R. L. 1992. Characterization of plant damage caused by Russian Wheat Aphid (Homoptera: Aphididae). **Journal of Economic Entomology** 85: 2017–2022.
- Burd, J. D., Burton, R. L. and Webster, J. A. 1993. Evaluation of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) damage on resistant and susceptible hosts with comparisons of damage ratings to quantitative plant measurements. **Journal of Economic Entomology** 86: 974–980.
- Ceci, L. R., Volpicella, M., Rahbe, Y., Gallerani, R., Beekwilder, J. and Jongsma, M. A. 2003. Selection by phage display of a variant mustard trypsin inhibitor toxic against aphids. **The Plant Journal** 33: 557–566.
- Chaman, M. E., Copaja, S. V. and Agrandona, V. H. 2003. Relationships between salicylic acid content, phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity, and resistance of barley to aphid infestation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 51: 2227–2231.
- Cipollini, D. F., Enright, S., Traw, M. B. and Bergelson, J. 2004. Salicylic acid inhibits jasmonic acid-induced resistance of *Arabidopsis thaliana* to *Spodoptera exigua*. **Molecular Ecology** 13: 1643–1653.
- Cole, R. A. 1997. The relative importance of glucosinolates and amino acids to the development of two aphid pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated brassica species. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 85: 121–133.
- Constabel, C. P. and Ryan, C. A. 1998. A survey of wound and methyl jasmonate-induced leaf polyphenol oxidase in crop plants. **Phytochemistry** 47: 507–511.
- Cooper, W. R. and Goggin, F. L. 2005. Effects of jasmonate-induced defenses in tomato on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 115: 107–115.
- Creelman, R. A. and Mullet, I. E. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 48: 355–381.
- Damsteegt, V. D., Gildow, F. E., Hewings, A. D. and Carroll, T. W. 1992. A clone of the Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) as a vector of the Barley Yellow Dwarf, Barley Stripe Mosaic and Brome Mosaic Viruses. **Plant Disease** 76: 1155–1160.
- Deng, F. 2005. Effects of glyphosate, chlorsulfuron, and methyl jasmonate on growth and alkaloid biosynthesis of jimsonweed (*Datura stramonium* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 82: 16–26.
- Dolatti, L. 1994. Study on the biology and distribution of the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia*, in Tehran province. Master Thesis. The University of Tehran. (in Farsi)

- Elsidaig, A. A. and Zwer, P. K.** 1993. Genes for resistance to Russian wheat aphid in PI 294994. **Crop Science** 33: 998-1001.
- Farmer, E. E. and Ryan, C. A.** 1990. Interplant communication: Airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA** 87: 7713-7716.
- Fouche, A., Verhoeven, R. L., Hewitt, P. H., Walters, M. C., Kriel, C. F. and De Jager, J. C.** 1984. Russian aphid (*Diuraphis noxia*) feeding damage on wheat, related cereals and a *Bromus* grass species. In Walter, M. C. (ed.). Progress in Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* Mordv.). research in the Republic of South Africa, Technical Communication No. 191. Department of Agriculture, Pretoria, Republic of South Africa. pp. 22-33.
- Girma, M., Wilde, G. E. and Harvey, T. L.** 1993. Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) affects yield and quality of wheat. **Journal of Economic Entomology** 86(2): 594-601.
- Gould, N., Reglinski, T., Northcott, G. L., Spiers, M. and Taylor, J. T.** 2009. Physiological and biochemical responses in *Pinus radiata* seedlings associated with methyl jasmonate-induced resistance to *Diplodia pinea*. **Physiological and Molecular Plant Pathology** 74: 121-128.
- Haile, F. J., Higley, L. G., Ni, X. and Quisenberry, S. S.** 1999. Physiological and growth tolerance in wheat to Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) injury. **Environmental Entomology** 28: 787-94.
- Hughes, R. D. and Maywald, G. F.** 1990. Forecasting the favourableness of the Australian environment for the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* and its potential impact on Australian wheat yield. **Bulletin of Entomological Research** 80: 165-175.
- Jones, J. W., Byers, J. R., Butts, R. A. and Harris, J. L.** 1989. A new pest in Canada: Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Homoptera: Aphididae). **The Canadian Entomologist** 121: 623-624.
- Kawazu, K., Mochizuki, A., Sugeno, W., Seo, S., and Mitsuhashi, I.** 2013. Differences in the susceptibility of five herbivore species and developmental stages to tomato resistance induced by methyl jasmonate treatment. **Arthropod-Plant Interactions** 7: 415-422.
- Kessler, A. and Baldwin, I. T.** 2002. Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analysis. **Annual Review of Plant Biology** 53: 299-328.
- Kindler, S. D. and Hammon, R. W.** 1996. Comparison of host suitability of western wheat aphid with the Russian wheat aphid. **Journal of Economic Entomology** 89(6): 1621-1630.
- Kruger, G. H. J., and Hewitt, P. H.** 1984. The effect of Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) extract on photosynthesis of isolated chloroplasts: preliminary studies. in Walters, M. C. (ed.). Progress in Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* Mordv.). research in the Republic of South Africa. Department of Agriculture, Pretoria, Republic of South Africa. pp: 34-37.
- Levy, M., Wang, Q., Kaspi, R., Parrella, M. P. and Abel, S.** 2005. Arabidopsis IQD1, a novel calmodulin-binding nuclear protein, stimulates glucosinolate accumulation and plant defense. **The Plant Journal** 43: 79-96.
- McConn, M., Creelman, R. A., Bell, E., Mullet, J. E. and Browse, J.** 1997. Jasmonate is essential for insect defense in Arabidopsis. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 94: 5473-5477.
- Melaku, G., Wilde, G. E. and Harvey, T. L.** 1993. Russian Wheat Aphid (Homoptera: Aphididae) affects yield and quality of wheat. **Journal of Economic Entomology** 86 (2): 594-601.
- Meng, Z. J., Yan, S. C., Yang, C. P., Jin, H. and Hu, X.** 2011. Behavioural responses of *Dendrolimus superans* and *Anastatus japonicus* to chemical defences induced by application of jasmonic acid on larch seedlings. **Scandinavian Journal of Forest Research** 26: 53-60.
- Moran, P. J. and Thompson, G. A.** 2001. Molecular responses to aphid feeding in Arabidopsis in relation to plant defense pathways. **Plant Physiology** 125: 1074-1085.
- Moreira, X., Sampedro, L. and Zas, R.** 2009. Defensive responses of *Pinus pinaster* seedlings to exogenous application of methyl jasmonate: concentration effect and systemic response. **Environmental and Experimental Botany** 67: 94-100.
- Omer, A. D., Granett, J., Karban, R. and Villa, E. M.** 2001. Chemically induced resistance against multiple pests in cotton. **International Journal of Pest Management** 47: 49-54.

- Rahbe, Y. and Febvay, G.** 1993. Protein toxicity to aphids: an in vitro test on *Acyrtosiphon pisum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 67: 149–160.
- Rahbe, Y., Ferrasson, E., Rabesona, H. and Quillien, L.** 2003. Toxicity to the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* of anti-chymotrypsin isoforms and fragments of Bowman–Birk protease inhibitors from pea seeds. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 33: 299–306.
- Scott, M. I., Thaler, S. J. and Scott, G. F.** 2010. Response of a generalist herbivore *Trichoplusia ni* to jasmonate-mediated induced defense in tomato. *Journal of Chemical Ecology* 36: 490–499.
- Senthil-Nathan, S., Kalaivani, K., Choi, M. Y. and Paik, C. H.** 2009. Effects of jasmonic acid-induced resistance in rice on the plant brownhopper, *Nilaparvata lugens* Stal (Homoptera: Delphacidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 95: 77–84.
- Shivaji, R., Camas, A., Ankala, A., Engelberth, J., Tumlinson, J. H., Williams, W. P., Wilkinson, J. R. and Luthe, D. S.** 2010. Plants on constant alert: elevated levels of jasmonic acid and jasmonate-induced transcripts in caterpillar-resistant maize. *Journal of Chemical Ecology* 36: 179–191.
- Slesak, E., Slesak, M. and Gabrys, B.** 2001. Effect of methyl jasmonate on hydroxamic acid content, protease activity, and bird cherryoat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) probing behavior. *Journal of Chemical Ecology* 27(12): 2529–2543.
- Smart, L. E., Martin, J. L., Limpalaer, M., Bruce, T. J. A. and Pickett, J. A.** 2013. Responses of Herbivore and Predatory Mites to Tomato Plants Exposed to Jasmonic Acid Seed Treatment. *Journal of Chemical Ecology* 39:1297–1300.
- Thaler, J. S., Stout, M. J., Karban, R. and Duffey, S. S.** 2001. Jasmonate-mediated induced plant resistance affects a community of herbivores. *Ecological Entomology* 26: 312–324.
- Thompson, G. A. and Goggin, F. L.** 2006. Transcriptomics and functional genomics of plant defense induction by phloem-feeding insects. *Journal of Experimental Botany* 57: 755–766.
- Tran, P., Cheesbrough, T. M. and Keickhefer, R. W.** 1997. Plant proteinase inhibitors are potential anticerebral aphid compounds. *Journal of Economic Entomology* 90: 1672–1677.
- Venu, R. C., Madhav, M. S., Sreerexha, M. V., Nobuta, K., Zhang, Y., Carswell, P., Boehm, M. J., Meyers, B. C., Korth, K. L. and Wang, G. L.** 2010. Deep and comparative transcriptome analysis of rice plants infested by the beet armyworm (*Spodoptera exigua*) and water weevil (*Lissorhoptrus oryzophilus*). *Rice* 3: 22–35.
- Wasternack, C.** 2007. Jasmonates: an update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. *Annals of Botany* 100: 681–697.
- Webster, J. A., Inayatullah, C., Hamissou, M. and Mirkes, K. A.** 1994. Leaf pubescence effects in wheat on yellow sugarcane aphids and greenbug (Hom: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 87: 231–240.
- Webster, J. A., Porter, D. R., Baker, G. A. and Mornhinweg, D. W.** 1993. Resistance to Russian Wheat Aphid (Homoptera: Aphididae) in barley: Effects on aphid feeding. *Journal of Economic Entomology* 86(5): 1603–1608.
- Worrall, D., Holroyd, G. H., Moore, J. P., Glowacz, M., Croft, P., Taylor, J. E., Paul, N. D. and Roberts, M. R.** 2012. Treating seeds with activators of plant defense generates long-lasting priming of resistance to pests and pathogens. *New Phytologist* 193: 770–778.
- Yu-Yan, G., Li-Qing, D., Ai-Qing, W., Rui-Juan, C. and Yuan-song, Q.** 2010. Effects of exogenous jasmonic acid-induced resistance of wolfberry on the development and fecundity of the wolfberry aphid, *Aphis sp.* (In Chinese with English abstract.) *Acta Entomologica Sinica* 53(6): 670–674.
- Zhang, S. Z., Hau, B. Z. and Zhang, F.** 2008. Induction of the activities of antioxidative enzymes and the levels of malondialdehyde in cucumber seedlings as a consequence of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) infestation. *Arthropod-Plant Interactions* 2: 209–213.
- Zhao, L. Y., Chen, J. L., Cheng, D. F., Sun, J. R., Liu, Y. and Tian, Z.** 2009. Biochemical and molecular characterizations of *Sitobion avenae*-induced wheat defense responses. *Crop Protection* 28: 435–442.

The effect of methyl jasmonate in antibiosis resistance of wheat to the Russian wheat aphid

J. Taami^{1*}, L. Dolatti¹ and F. Shekari²

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, 2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

(Received: March 10, 2014- Accepted: February 21, 2015)

Abstract

In this investigation, three concentrations of methyl Jasmonate, MeJa (0.01, 0.1 and 1 mM) and the control (distilled water, ethanol 96% and Tween-20 in foliar spray method, distilled water and ethanol 96% in seed priming method) with two different methods of foliar application and seed priming was used and their effects on wheat (cv. Sardari) resistance to the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae), was investigated. Analysis of variance indicated that the total nymphal development time was increased significantly in the 0.01 and 1 mM MeJa treated plants in foliar spray method. In seed priming method, the 1 mM MeJa significantly increased the total nymphal development time. Additionally, the pre-reproductive period was lengthened in plants treated with 0.1 mM MeJa in comparison with the control plants in foliar spray method. Moreover, in both methods, the reproductive period was significantly short on all the treated plants compared to the control plants. There was no significant difference in post-reproductive period between the treatments and the control in the both methods. Further, the mean number of offspring produced per female was significantly less on all treated plants than that on control plants in both methods. Furthermore, all the concentrations of MeJa reduced the total longevity in foliar spray method. In seed priming method, the total longevity was significantly short on 0.1 and 1 mM MeJa treated plants compared to the control plants.

Key words: Antibiosis, *Diuraphis noxia*, Methyl jasmonate, Wheat