

کنترل بیماری سوختگی دانه رست گندم ناشی از *Fusarium graminearum* از طریق پرایمینگ بذرها با سالیسیلیک اسید

منا صراحی نوبر^۱، اکبر جاهدی^۲، وحید نیکنام^۲، بابک مرادی^۴، ناصر صفایی^{۳*}، حسن ابراهیم زاده^۲ و مهرداد بهمنش^۵

^۱ ایران، تهران، دانشگاه الزهراء، دانشکده علوم زیستی، گروه علوم گیاهی

^۲ ایران، تهران، دانشگاه تهران، پردیس علوم، دانشکده زیست شناسی، قطب تبارزایی موجودات زنده ایران

^۳ ایران، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه بیماری شناسی گیاهی

^۴ ایران، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم زیستی، گروه علوم گیاهی

^۵ ایران، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم زیستی، گروه ژنتیک

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۵

چکیده

سوختگی فوزاریومی دانه رست یکی از بیماری های گندم و سایر غلات می باشد که توسط گونه های مختلفی از قارچ فوزاریوم از جمله فوزاریوم گرامیناروم (*Fusarium graminearum*) ایجاد می شود. بر خلاف فوزاریوم سوختگی سنبله به موضوع کنترل فوزاریوم سوختگی دانه رست توجه کمتری شده است. استفاده از مواد شیمیایی القا کننده که از یک سو سبب فعالسازی سازوکارهای دفاعی گیاه قبل از رویایی با عوامل بیماری زا شوند و از سویی دیگر خطرات زیست محیطی نداشته باشند در سالهای اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته است. لذا در این تحقیق اثر پیش تیمار بذرهای گندم با سالیسیلیک اسید (SA) بر کنترل بیماری فوزاریومی دانه رست ناشی از فوزاریوم گرامیناروم و امکان القای مقاومت میزبان در مقابل بیماری را مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از موثر بودن این تیمار در بهبود علایم ناشی از این بیماری در هر دو رقم مورد مطالعه است. تیمار سالیسیلیک اسید در هر دو رقم بیان ژن کیتیناز را نسبت به شاهد افزایش داد. سطح افزایش در رقم فلات پیش تیمار شده با سالیسیلیک اسید، بیشتر از رقم سومایی تری تیمار شده با سالیسیلیک اسید بود. بر اساس نتایج افزایش بیان ژن و پروتئین کیتیناز با کاربرد سالیسیلیک اسید، می تواند در القای مقاومت میزبانی در مقابله با بیماری سوختگی دانه رست ناشی از فوزاریوم گرامیناروم نقش داشته باشد.

واژه های کلیدی: گندم، سوختگی فوزاریومی دانه رست، سالیسیلیک اسید، *Fusarium graminearum*، پرایمینگ

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۴۸۲۹۲۳۴۶، پست الکترونیکی: nsafaie@modares.ac.ir

مقدمه

می‌گردد. این بیماری در شرایط اپیدمی نه تنها باعث از دست رفتن کیفیت و راندمان محصول تا ۵۰٪ آن می‌گردد بلکه با ایجاد توکسین قارچی عوارض خطرناکی را برای انسان و جانوران به دنبال دارد (۴). گونه های مختلفی از قارچ فوزاریوم در ایجاد این بیماری نقش دارند که فوزاریوم گرامیناروم از مهم ترین گونه های آن است. این

بیماری فوزاریومی گندم به عنوان یکی از بیماری های مهم گندم در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب جهان به شمار می رود (۵). بیماری فوزاریومی بیماری قارچی است که می تواند در تمام غلات دانه ریز اتفاق بیفتد. در اثر این بیماری محصولی نامرغوب با دانه های ریز و چروکیده به وجود می آید که کاهش ارزش اقتصادی محصول را موجب

های دفاعی مانند β -۱ و ۳ گلوکوناز و پراکسیداز و غیره در فعالیت‌های دفاعی موثرند.

در این پژوهش برای اولین بار از پیش‌تیمار بذرهای ارقام فلات و سومایی تری با مقادیر مختلف سالیسیلیک اسید به منظور القای مقاومت علیه بیماری فوزاریومی دانه رست استفاده شد.

مواد و روشها

تهیه سوسپانسیون اسپور قارچ فوزاریوم گرامیناروم: اسپور قارچ فوزاریوم گرامیناروم جدایه F-42 برای این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. جهت تهیه اینوکولوم قارچ فوزاریوم از روش Makandar و همکاران (۲۰۰۶) استفاده گردید.

شرایط کاشت: این پژوهش در شرایط گلخانه واقع در آزمایشگاه بیماری‌شناسی تربیت مدرس در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. مخلوطی از خاک مزرعه، پرلیت و پیت ماست به نسبت مساوی مخلوط شد و به منظور سترون‌سازی دو بار در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس اتوکلاو گردید. سپس مایه تلقیح به نسبت ۲ درصد وزنی به طور یکنواخت با خاک مخلوط گردید و داخل گلدان‌های پلاستیکی ۲ لیتری منتقل شدند. در نمونه‌های شاهد به جای مایه تلقیح از آب ماش سترون (محیط کشت سوسپانسیون قارچی) استفاده شد.

بذرهای دو رقم فلات و سومایی تری با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضد عفونی سطحی شد و سپس توسط آب مقطر استریل سه بار شستشو داده شدند. هر تیمار شامل ۱۰ تکرار بود و در هر گلدان ۶ بذر کاشته شد که در مرحله دو برگی و جین شده و به ۵ عدد کاهش یافت. بذرها تحت شرایط رژیم دمایی ۲۱ و ۱۸ درجه سلسیوس به ترتیب در طول روز و شب قرار گرفتند.

در آزمایش‌های مربوط به بررسی اثر سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار کردن بذرها با سالیسیلیک اسید در دو سطح

قارچ قادر به تولید مایکوتوکسین‌هایی از قبیل داکسی‌نیوالنول است که برای مصرف انسان و دام مضر می‌باشد. بیماری‌های ناشی از این بیماری‌ها در ایران یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم در استان‌های مازندران و گرگان و منطقه دشت مغان می‌باشد. بر خلاف سوختگی فوزاریومی سنبله به موضوع کنترل سوختگی فوزاریومی دانه رست توجه کمتری شده است که دلیل آن اهمیت بالای آلودگی بذرها به مایکوتوکسین‌های تولید شده توسط این قارچ در سنبله می‌باشد.

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های غیر شیمیایی در مدیریت بیماری‌های گیاهی مورد توجه قرار گرفته است. فرضیه استفاده از مواد شیمیایی به عنوان فعال‌کننده‌های سیستم دفاعی گیاهان بعد از آزمایش‌های White (۱۹۷۹) که نشان‌دهنده تأثیر کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید روی گیاه توتون علیه ویروس موزاییک توتون بود شدت گرفت. سالیسیلیک اسید در ایجاد تحمل به تنش‌های محیطی نقش کلیدی دارد، به طوری که در فرآیند مقاومت به بیماری‌ها بیشترین تأثیر در گیاهان مربوط به این هورمون است (۱۱). سالیسیلیک اسید بیان ژن‌های دفاعی را از طریق پروتئین تنظیمی NPR1 که یک مولکول کلیدی واسطه مقاومت اکتسابی سازگانی است، افزایش می‌دهد (۸). میزان سالیسیلیک اسید پس از آلودگی گیاه توسط بیمارگرها افزایش می‌یابد؛ که این امر منجر به تولید انواع اکسیژن‌فعال در گیاه می‌شود. نتیجه افزایش محتوای انواع اکسیژن‌فعال، انتقال NPR1 از سیتوپلاسم به هسته می‌باشد. NPR1 در هسته به همراه عوامل رونویسی سبب بیان برخی از ژن‌های مرتبط با سازوکارهای تحمل در گیاه می‌شود (۲۰)، که از جمله این ژن‌ها می‌توان به پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی (PRPs) اشاره کرد. طبق نظر Yedidia و همکاران (۲۰۰۰) بیان ژن‌های دفاعی مانند ژن‌های کدکننده پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی به عنوان یکی از شاخص‌های مقاومت به کار می‌رود. از جمله این نوع پروتئین‌ها، کیتینازها هستند که همراه با سایر آنزیم

استخراج RNA کل از بافت گیاه و واکنش های زنجیره ای پلی مراز: RNA کل با استفاده از کیت RNA-Plus (سیناکلون- ایران) به همراه تیمار DNase I (سیناکلون- ایران) به منظور از بین بردن هرگونه حضور DNA ژنومی مطابق دستورالعمل پیشنهادی شرکت سازنده انجام شد. پس از استخراج RNA کل، کیفیت و کمیت آن به وسیله الکتروفورز روی ژل آگارز و نانودراپ بررسی گردید.

روش ساخت cDNA بر اساس دستورالعمل کیت سیناکلون انجام شد. جهت طراحی آغازگرها از نرم افزار Gene Runner و Oligo 7 استفاده شد. به منظور اطمینان از مناسب بودن آغازگرها از جهت درصد GC، Tm و نداشتن دایمر با یکدیگر، آغازگرها با برنامه Gene Runner بررسی شدند. پس از این مرحله آغازگرهای طراحی شده از شرکت Bioneer کره تهیه شد (جدول ۱). واکنش زنجیره ای پلی مراز با استفاده از تکنولوژی رنگ Sybr Green 1 انجام شد. جهت انجام Real-Time PCR از چرخه حرارتی ۱۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس، ۴۰ سیکل شامل ۱۵ ثانیه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس، ۱ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سلسیوس استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده های حاصل از اندازه گیری بیان ژن های مورد مطالعه با استفاده از روش $\Delta\Delta Ct$ انجام شد (۱۴).

بررسی وسترن بلات: پس از استخراج پروتئین از بافت گیاه با بافر استخراج، Tris-HCl، ۱ مولار و تعیین غلظت پروتئین با روش برادفورد (۶)، مقدار ۲۰ میکروگرم پروتئین روی ژل SDS-PAGE بارگذاری شد. محدوده نواری پروتئین مورد نظر به همراه مارکر بعد از اتمام فرآیند الکتروفورز برش داده شد و فرآیند انتقال به کاغذ PVDF به مدت یک ساعت در ولتاژ ۲۰ ولت و ۳۰۰ میلی آمپر با استفاده از دستگاه Semi-Dry Transfer Cell صورت پذیرفت. به منظور کاهش باندهای غیر اختصاصی غشای PVDF پس از دریافت پروتئین ها با شیر ۵٪ بلوکه شدند و سپس به مدت یک شب در دمای ۴ درجه با آنتی بادی

انجام گرفت. برای انجام پیش تیمار پس از تهیه غلظت های مورد نظر شامل سطوح صفر، ۱ و ۲ میلی مولار، بذرهای دو رقم گندم در تیمارهای ذکر شده به مدت ۲۴ ساعت در داخل محلول غوطه ور شدند و نمونه های شاهد در آب مقطر قرار گرفتند سپس از محلول خارج و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند تا رطوبت بذرها کاملا خارج و به سطح اولیه و قبل از تیمار برگردانده شوند (۳). سپس بذرهای کاشت در گلدان ها استفاده شد. بر این اساس گلدان‌ها به چهار گروه تقسیم شدند:

گروه (۱) نمونه شاهد (C)، گروه (۲) نمونه تیمار شده با پاتوژن فوزاریوم گرامیناروم (F.g.)، گروه (۳) نمونه پرایمینگ شده با سالیسیلیک اسید (SA)، گروه (۴) نمونه پرایمینگ شده با سالیسیلیک اسید و تیمار شده با پاتوژن (F.g.+SA)

بررسی بیماری زایی بیمارگر: به منظور بررسی بیماری زایی بیمارگر در گیاهچه های مورد مطالعه، به مدت ۳۵ روز پس از آلودگی در دوره های زمانی منظم، میزان و نرخ آسیب دیدگی در ریشه ها ثبت گردید. علائم بیماری سوختگی فوزاریومی دانه رست با مقیاس ۰ تا ۶ ثبت گردید.

۰: بدون علائم؛ ۱: ۱-۲۰ درصد قهوه ای شدگی؛ ۲: ۲-۴۰-۲۱ درصد قهوه ای شدگی؛ ۳: ۴۱-۶۰ درصد قهوه ای شدگی؛ ۴: ۶۱-۸۰ درصد قهوه ای شدگی؛ ۵: ۸۱-۱۰۰ درصد قهوه ای شدگی؛ ۶: بوته میری (۹).

نمونه برداری برای آنالیزهای مولکولی: نمونه برداری به منظور بررسی های مولکولی نمونه های تیمار شده با قارچ، تیمار شده با هورمون (SA) و تیمار شده با قارچ و هورمون در ۳ هفته (زمان بروز آلودگی) پس از کاشت بذرها انجام شد.

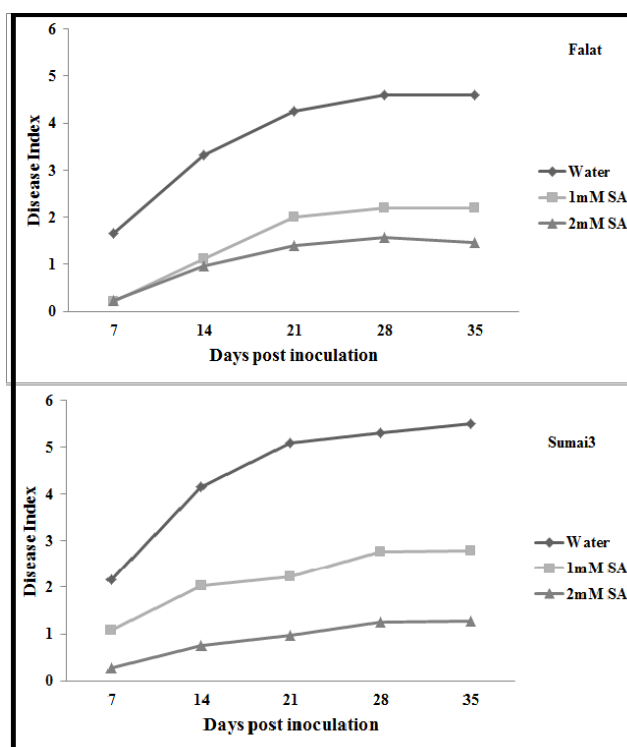
زمان ها و ارقام مختلف نیز توسط روش One-Way Analysis of Variance بررسی شد.

نتایج

تعیین شدت بیماری در گیاهچه های گندم: هر دو رقم مورد مطالعه نتوانستند در مقابل آلودگی و گسترش بیماری فوزاریوم سوختگی دانه رست مقاومت نمایند (شکل ۱). البته از سویی دیگر استفاده از پیش تیمار سالیسیلیک اسید به طور معنی داری باعث کاهش شدت علائم بیماری در هر دو رقم مورد مطالعه گردید. پیش تیمار با غلظت های یک و دو میلی مولار سالیسیلیک اسید توانست در مهار بیماری به گیاه کمک کند. مهار بسیار زیادی در نفوذ این قارچ با کاربرد مقدار ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید حاصل شد به نحوی که گیاه علائم بسیار کمی از بیماری را نشان داد.

اولیه موسوم به کیتیناز (KD) (محصول شرکت Agrisera) که با نسبت ۱ به ۱۰۰۰ رقیق شده بود، انکوبه شد و متعاقب آن غشا به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق با آنتی بادی ثانویه همیوگ با HRP که با نسبت ۱ به ۱۰۰۰ رقیق شده بود، انکوبه شد. باندها توسط کیت کمولومینسانس (محصول شرکت Roch) مرئی شده و فیلم ها به مدت ۵ تا ۲۰ ثانیه در معرض آن قرار گرفت و در پایان فیلم ها اسکن شد.

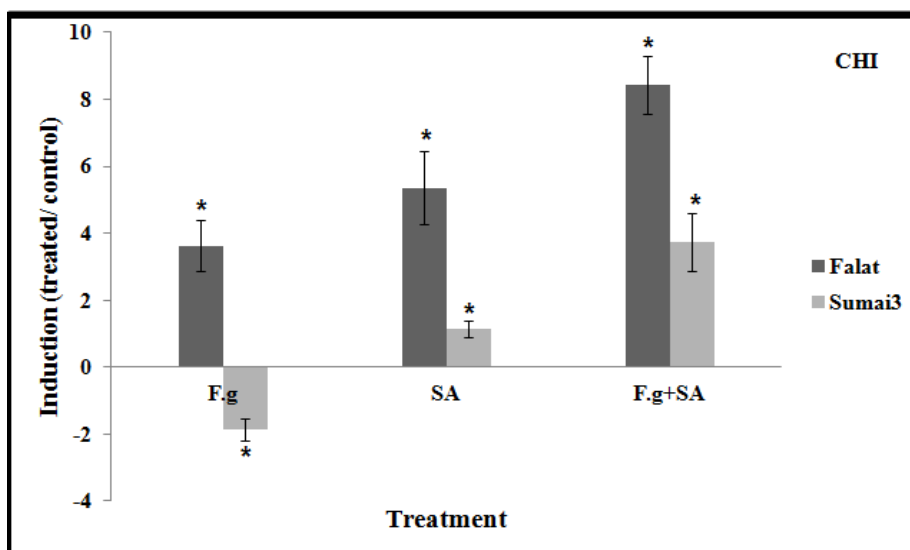
تحلیل های آماری: طرح آماری این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تحلیل آماری نتایج بر اساس آزمون دانکن در سطح $P \leq 0/05$ با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام گرفت. معنی دار بودن تفاوت میانگین ها در تیمارها،



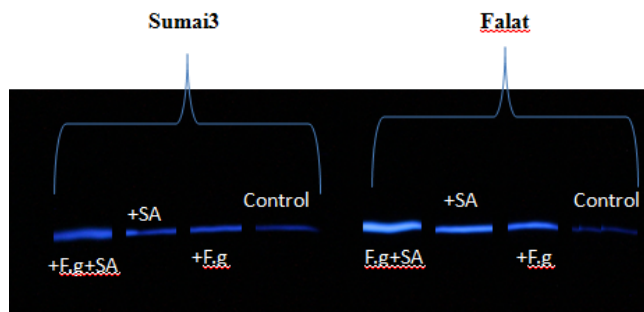
شکل ۱- نمودار میزان بیماری زایی فوزاریوم گرمیناروم در دانه رست های گندم و ایجاد سوختگی فوزاریومی دانه رست در حالت های تیمار شده و تیمار نشده با سالیسیلیک اسید. تیمار با سالیسیلیک اسید مقاومت را در هر دو رقم مورد مطالعه افزایش می دهد. شدت بیماری زایی به صورت ۰: بدون علائم، ۱: ۱-۲۰٪ قهوه ای شدگی، ۲: ۲۱-۴۰٪ قهوه ای شدگی، ۳: ۴۱-۶۰٪ قهوه ای شدگی، ۴: ۶۱-۸۰٪ قهوه ای شدگی، ۵: ۸۱-۱۰۰٪ و ۶: بوته میری

شاهد افزایش داد. سطح افزایش در رقم فلات پیش تیمار شده با سالیسیلیک اسید (در حدود ۵ برابر)، بیشتر از رقم سومایی تری تیمار شده با سالیسیلیک اسید (حدود ۱ برابر) بود. همچنین بیان ژن کیتیناز در هر دو رقم در تیمار سالیسیلیک اسید قارچ (F.g.+SA) به صورت معنی‌داری افزایش نشان داد. مقایسه بیان ژن کیتیناز در نمونه‌های F.g.+SA با F.g.، نشان داد تیمار توام قارچ و سالیسیلیک اسید بیان ژن کیتیناز را در رقم فلات ۷/۴۴ برابر و در رقم سومایی تری ۲/۳ افزایش داد.

بررسی بیان ژن کیتیناز در دانه رست‌های گندم: الگوی تغییرات کمی بیان ژن کیتیناز در دو رقم حساس و مقاوم گندم در شکل ۲ نشان داده شده است. ژن کیتیناز الگوی بیانی متفاوتی را در دو رقم سومایی تری و فلات گندم، در پاسخ به *Fusarium graminearum* نشان داد. در رقم سومایی تری پس از تیمار با قارچ (F.g.)، کاهش ۱/۸۶ برابری بیان ژن کیتیناز را نسبت به نمونه شاهد نشان داد؛ در حالی که تیمار با قارچ در رقم فلات منجر به افزایش ۳/۶۲ برابری ژن کیتیناز نسبت به شاهد گردید. تیمار سالیسیلیک اسید در هر دو رقم بیان ژن کیتیناز را نسبت به



شکل ۲- بررسی تغییرات میزان بیان ژن کیتیناز (CHI) در گیاهچه‌های تحت تیمار قارچ و سالیسیلیک اسید رقم (فلات و سومای تری). اعداد میانگین سه بار تکرار می‌باشند. ستاره نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و تیمار شده می‌باشد ($P \leq 0.05$). F.g. (گیاهان تحت تیمار با سوسپانسیون قارچ فوزاریوم)، SA (گیاهان پیش تیمار شده با ۲ میلی مولار سدیم سالیسیلات)، F.g.+SA (گیاهان پیش تیمار شده با ۲ میلی مولار سدیم سالیسیلات و آلوده شده با فوزاریوم گرمیناروم).



شکل ۳- وسترن بلات پروتئین کیتیناز در گیاهچه‌های دو رقم سومای تری و فلات گندم تحت تیمارهای مختلف.

از فوزاریوم در دانه رست های گیاه جو با پیش تیمار بذره‌های گیاه با سالیسیلیک اسید توسط Wisniewska و همکاران (۱۹۹۹) گزارش شده است. Sarwar و همکاران (۲۰۱۰) همچنین نشان داده اند که پیش تیمار بذره‌های گیاه نخود با سالیسیلیک اسید منجر به کاهش علائم بیماری ناشی از قارچ *Fusarium wilt* شده است. در مطالعه دیگر، Sorahinobar و همکاران (۲۰۱۵) نشان داده اند که آبیاری گیاهان گندم دو رقم فلات و سومایی تری با سالیسیلیک اسید یک روز قبل از تلقیح با فوزاریوم گرمیاریوم باعث کاهش معنی دار بیماری شده است. که این نتایج همگی در توافق با نتایج به دست آمده در این تحقیق می باشد.

کیتینازها توسط تعدادی از میکروارگانیسم ها شامل باکتری ها و قارچ های مختلف ترشح شده و در بسیاری از موارد ظاهرا در کنترل زیستی قارچ های بیمارگر دخالت دارند. یکی از نقش هایی که به کیتینازها نسبت داده می شود، دخالت در سازوکارهای دفاعی گیاهان عالی در برابر حمله بیمارگرها به ویژه قارچ ها است، زیرا بیان کیتینازها پس از آلودگی به صورت معنی داری افزایش می یابد (۲۱، ۱). افزایش بیان سریع کیتیناز می تواند باعث تجزیه سریع کیتین دیواره سلولی قارچ ها شده و از طریق جلوگیری از رشد بیمارگر و ایجاد الیگومرهای کیتین به عنوان محرک سازوکارهای دفاعی از قبیل بیان ژن های مرتبط با دفاع عمل کند (۲۳). همچنین برخی از کیتینازها فعالیت لیزوزیمی داشته و می توانند پپتیدوگلیکان های دیواره یاخته باکتری ها را هیدرولیز نمایند (۱۵) و برخی نیز دارای فعالیت آگزو هیدرولایتیک می باشند (۱۷). کیتینازها تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله آلودگی به ویروس ها، سالیسیلیک اسید، اجزای دیواره سلولی قارچ ها و پلی ساکاریدهای پکتینی و زخم های مکانیکی القا می شوند. Jongedijk و همکاران (۱۹۹۵) گزارش داده اند که فعالیت سینترژیستی کیتینازها در گوجه فرنگی تراخت موجب افزایش مقاومت به فوزاریوم شده است. Toyota و همکاران (۱۹۹۴) نشان داده اند که تزریق مستقیم کیتیناز به

بررسی وسترن بلات برای پروتئین کیتیناز در گیاهچه های گندم تحت تیمار هورمون و قارچ فوزاریوم: برای بررسی این که آیا مقدار این پروتئین تحت تاثیر تیمارهای مختلف در دو رقم مورد مطالعه قرار گرفته است یا خیر و همچنین آیا ارتباطی بین تغییرات در سطح بیان ژن این آنزیم با بیان پروتئین آن تحت تیمارهای مورد مطالعه وجود دارد یا خیر از روش وسترن بلات استفاده شد. تیمار با قارچ سبب افزایش مقدار پروتئین کیتیناز در هر دو رقم شد (شکل ۳). لازم به ذکر است این افزایش محتوا در رقم فلات نسبت به سومایی تری بیشتر بود. علاوه بر این تیمار با SA نیز بیان این پروتئین را افزایش داد به طوری که با مقایسه محتوای این پروتئین در رقم فلات تحت F.g. با رقم فلات F.g.+SA نشان داد محتوای این پروتئین تحت اثر SA افزایش بیان بیشتری نسبت به سومایی تری نشان داد.

بحث

القای سازوکارهای دفاعی گیاهان توسط پیش تیمار گیاه با یک القا کننده زیستی یا بیوشیمیایی به عنوان یک استراتژی جدید و تازه حفاظت گیاهی مورد توجه قرار گرفته است. سالیسیلیک اسید در ایجاد تحمل به تنش های محیطی نقش کلیدی دارد، به طوری که در فرایند تحمل به بیماری ها بیشترین تاثیر در گیاهان مربوط به این هورمون است (۱۱). در این پژوهش از پیش تیمار سالیسیلیک اسید به عنوان القا کننده مقاومت در گیاه گندم علیه فوزاریوم، منجر به افزایش سطح زنده مانی دانه رست‌ها در حضور بیمارگر گردید. در پاتوسیستم های دیگر نیز تاثیر سالیسیلیک اسید مورد ارزیابی قرار گرفته است. به طور مثال القای مقاومت القایی علیه باکتری بیمارگر *Xanthomonas vasicatoria* در گیاه گوجه فرنگی گزارش شده است (۷). کاهش علائم بیماری سوختگی برگ گندم تحت تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید توسط زمانی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش شده است. همچنین کاهش علائم بیماری سوختگی دانه رست ناشی

تیمار با سالیسیلیک اسید و همچنین آلودگی با قارچ عامل سوختگی برگ‌گی سپتوریایی بیان این ژن را در گیاه گندم افزایش داده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق به نظر می‌رسد که کیتیناز هم در سطح بیان ژن و هم در سطح بیان پروتئین می‌تواند در مقاومت به سوختگی دانه رست حاصل از فوزاریوم گرامیناروم در گیاه گندم نقش داشته باشد و همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید می‌تواند با القای افزایش بیان تولید این آنزیم باعث القای مقاومت میزبانی شود.

سپاسگزاری

از دانشگاه تربیت مدرس و همچنین دانشگاه تهران برای فراهم آوردن امکانات این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

داخل سلول‌های اپیدرمی بر روی توسعه هوستوریم‌های درون سلولی قارچ اثر بازدارندگی داشته است. Nitzsche (۱۹۸۳)، کیتیناز را به عنوان یک عامل احتمالی مقاومت به بیماری زنگ زرد در گندم معرفی نمود. همچنین با بررسی فرآیندهای مختلف در جریان آلودگی به زنگ دریافتند که لوله تندشی بیماری‌زا مولد زنگ نسبت به فعالیت کیتیناز حساس می‌باشد. همه این داده‌ها با نتایج به دست آمده در این پژوهش انطباق دارد. نتایج در هر دو رقم تاثیر معنی‌دار القایی سالیسیلیک اسید را در بیان ژن و پروتئین کیتیناز نشان داد. بیان ژن کیتیناز با پاسخ‌های مقاومت سیستمیک (SAR) در گیاهانی مانند خیار و تنباکو ارتباط داده شده است (۱۲، ۱۸، ۲۴). بررسی تیمار سالیسیلیک اسید در گیاه پنبه نشان داد که این ترکیب می‌تواند با القای تجمع کیتیناز باعث مقاومت به توکسین در تعامل با قارچ *V.dahlia* می‌شود (۱۳). زمانی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داده‌اند که

منابع

- ۱- آهنگر، ل، بابایی زاد، غلامعلی، ر، زرینی، ح و بیابانی، ع. ۱۳۹۴. الگوی بیان ژن‌های دفاعی ارقام حساس و مقاوم گندم در پاسخ به آلودگی به سفیدک سطحی. مجله ژنتیک نوین. ۳۳-۴۶
- ۲- زمانی، ا، سنجریان، ف، محمدی گل تپه، ا و صفایی، ن. ۱۳۹۵. بررسی بیان ژن‌های کیتیناز و گلوکاناز در گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک و باکتری *Pseudomonas fluorescense* در spreading and focal adhesion assembly. European Journal of Cell Biology. 85(3):219-224.
- ۳- شکاری، ف، بالجانی، ر، صبا، ج و افضحی، ک. ۱۳۸۹. تاثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر خصوصیات رشد گیاهچه گاوزبان (*Boragi officinalis*). مجله دانش نوین کشاورزی. ۱۸، ۵۳-۴۷.
- 4- Bai, G. Shaner, G. 2004. Management and resistance in wheat and barley to Fusarium head blight 1. Annual Review of Phytopathology. 42:135-161.
- 5- Bozac, P. Dorica, B. Sorina, P. B. Oana, C. and Ersilia, A. 2014. Distribution of Fusarium species in Timis County (Western Romania) in relation with environmental conditions. Journal of Horticulture Forestry and Biotechnology. 18(2):137-140.
- 6- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72(1-2):248-254..
- 7- Cavalcanti-Adam, E. A. Micoulet, A. Blümmel, J. Auernheimer, J. Kessler, H. and Spatz J. P. 2006. Lateral spacing of integrin ligands influences cell
- 8- Dong, X. 2004. NPR1, all things considered. Current Opinion in Plant Biology. 7(5):547-552.8-
- 9- Grey, W. and Mathre, D. 1984. Reaction of spring barleys to common root rot and its effect on yield components. Canadian journal of plant science. 64(2):245-253.
- 10- Jongedijk, E. Tigelaar, H. Van Roekel, J. S. Bres-Vloemans, S. A. Dekker, I. van den Elzen, P. J. Cornelissen, B. J. and Melchers, L. S. 1995. Synergistic activity of chitinases and β -1, 3-glucanases enhances fungal resistance in transgenic tomato plants. Euphytica 85(1-3):173-180..

- 11- Kogel, K. H. & Langen G. 2005. Induced disease resistance and gene expression in cereals. *Cellular Microbiology*. 7(11):1555-1564.
- 12- Lawton, K. A. Beck, J. Potter, S. Ward, E. and Ryals, J. 1994. Regulation of cucumber class III chitinase gene expression. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 7(1):48-57.8-48
- 13- Li, Y. z. Zheng, X. h. Tang, H. l. Zhu, J. w. and Yang, J. M. 2003. Increase of β -1, 3-glucanase and chitinase activities in cotton callus cells treated by salicylic acid and toxin of *Verticillium dahliae*. *Acta Botanica Sinica*. 45(7):802-808.
- 14- Livak, J. and Thomas, D. Schmittgen. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method. *methods* 25: 402-408.
- 15- Majeau, N. Trudel, J. and Asselin, A. 1990. Diversity of cucumber chitinase isoforms and characterization of one seed basic chitinase with lysozyme activity. *Plant Science*. 68(1):9-16.
- 16- Makandar, R. Essig, J.S. Schapaugh, M.A. Trick, H.N. Shah, J. 2006. Genetically engineered resistance to *Fusarium* head blight in wheat by expression of *Arabidopsis* NPR1. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 19:123-129.
- 17- Mauch, F. Mauch-Mani, B. Boller, T. 1988. Antifungal hydrolases in pea tissue II. Inhibition of fungal growth by combinations of chitinase and β -1, 3-glucanase. *Plant Physiology*. 88(3):936-942.
- 18- Metraux, J. Burkhart, W. Moyer, M. Dincher, S. Middlesteadt, W. Williams, S. Payne, G. Carnes, M. and Ryals, J. 1989. Isolation of a complementary DNA encoding a chitinase with structural homology to a bifunctional lysozyme/chitinase. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 86(3):896-900.
- 19- Nitzsche, W. 1983. Chitinase as a possible resistance factor for higher plants. *Theoretical and Applied Genetics*. 65(2):171-172..
- 20- Pieterse, C. M. and Van Loon L. 2004. NPR1: the spider in the web of induced resistance signaling pathways. *Current Opinion in Plant Biology*. 7(4):456-464.
- 21- Punja, Z.K. and Zhang, Y.Y. 1993. Plant chitinases and their roles in resistance to fungal diseases. *Journal of Nematology*. 25(4):526.
- 22- Sarwar, N. Ch, Z. Hayat, M. and Haq, I. 2010. Seed treatments induced systemic resistance in chickpea against *Fusarium* wilt in wilt sick field. *Pakistan Journal of Botany*. 42(5):3323-3326.
- 23- Sharma, N. Singh, N. Singh, O. Pandey, V. and Verma, P. 2011. Oxidative stress and antioxidant status during transition period in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 24(4):479-484.
- 24- Shinshi, H. Neuhaus, J.M. Ryals, J. and Meins, F. 1990. Structure of a tobacco endochitinase gene: evidence that different chitinase genes can arise by transposition of sequences encoding a cysteine-rich domain. *Plant Molecular Biology*. 14(3):357-368.
- 25- Sorahinobar, M. Niknam, V. Ebrahimzadeh, H. Soltanloo, H. Behmanesh, M. and Enferadi, S. 2016. Central Role of Salicylic Acid in Resistance of Wheat Against *Fusarium graminearum*. *Journal of Plant Growth Regulation*. 35(2):477-491.
- 26- Toyota, K. Miyashita, K. and Kimura, M. 1994. Introduction of a chitinase gene into *Pseudomonas stutzeri* A18 isolated from the surface of chlamydo spores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Soil Biology and Biochemistry*. 26(3):413-416.
- 27- Wiśniewska, H. and Chełkowski, J. 1999. Influence of exogenous salicylic acid on *Fusarium* seedling blight reduction in barley. *Acta Physiologiae Plantarum*. 21(1):63-66.
- 28- Yedidia, I. Benhamou, N. Kapulnik, Y. Chet, I. 2000. Induction and accumulation of PR proteins activity during early stages of root colonization by the mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203. *Plant Physiology and Biochemistry*. 38: 863-873.

Control of wheat seedling blight caused by *F.graminearum* through seeds priming with salicylic acid

Sorahinobar M.^{1,2}, Jahedi A.³, Niknam V.², Moradi B.⁴, Safaei N.³, Ebrahimzadeh H.², Behmanesh M.⁵

¹ Dept. of Plant Science, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, I.R. of Iran

² Dept. of Plant Biology, and Center of Excellence in Phylogeny of Living Organisms in Iran, School of Biology, College of Science, University of Tehran, Tehran, I.R. of Iran

³ Dept. of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. of Iran

⁴ Dept. of Plant Biology, School of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. of Iran

⁵ Dept. of Genetic, School of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

Fusarium seedling blight is a disease of cereal crops caused by a group of tricothecene producing *Fusarium* species such as *Fusarium graminearum*. Control of seedling blight has received less attention than control of Fusarium head blight. Application of chemicals which activate plant defense mechanisms before pathogen attack without environmental side effects of protective chemical agents have stimulated great deal of researches in this area. Hence in this study, the effect of seed priming with salicylic acid on Fusarium seedling blight incidence and severity was investigated. According to our results seed priming with salicylic acid improved wheat defense against Fusarium seedling blight in both cultivars. Salicylic acid treatment induced chitinase gene expression in both cultivars as compared to their controls; however, this increase was much higher in salicylic acid treated Falat than salicylic acid treated Sumai3. Based on the results, increase in gene and protein expression of chitinase could induce host resistance against Fusarium seedling blight caused by *F.graminearum*.

Key words: wheat, Fusarium seedling blight, salicylic acid, *Fusarium graminearum*, priming