

تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید در القاء مقاومت گندم به بیماری سپتوریای برگ (STB) با عامل *Zymoseptoria tritici*

آزاده قانع^۱، ناصر صفايي^{۱*}، رحيم مهرايي^۲، فروغ سنجران^۳

۱. دانشجوی دکتری و دانشیار گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲. دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

۳. استادیار پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۳/۳۰)

The effect of salicylic acid application on the reduction of wheat septoria leaf blotch (STB) symptoms causing by *Zymoseptoria tritici*

Azadeh Ghaneie¹, Naser Safaie^{1*}, Rahim Mehrabi², Forough Sanjarian³

1. Ph.D. Candidate of Plant Pathology and Associate Professor, respectively, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2. Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3. Assistant Professor, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (NIGEB), Tehran, Iran.

(Received: Mar. 12, 2017 - Accepted: Jun. 20, 2017)

Abstract

This study was carried out to evaluate the effect of salicylic acid on the reduction of disease severity of *septoria tritici* blotch (STB) in three tetraploid and three hexaploid wheat cultivars, under controlled conditions at seedling stage. The 10-day-old seedlings were initially treated with 0 (control), 1, 2 and 4 mM of salicylic acid with a handy sprayer. After 24 hrs, the seedlings were inoculated with fungal spore suspensions adjusted at 10^7 spores/ml. The disease progress was evaluated 21 days post inoculation based on visual estimation of the percentage of leaf area with necrotic lesions bearing pycnidia. The results showed that there were significant differences on the reduction of disease severity among different concentrations of applied salicylic acid as well as among cultivar/ concentration interactions. In addition, the results showed that application of salicylic acid reduced disease severity of both tetraploid and hexaploid wheat cultivars and 1 mM salicylic acid was the most effective concentration on the reduction of disease severity. Although, the disease severity was significantly reduced by application of 2 and 4 mM salicylic acid, the effectiveness of these concentrations was less than application of 1mM. Overall, these results revealed that activation of plant defense systems through application of salicylic acid could play a significant role in systemic acquired resistance against STB disease.

Keywords: *Zymoseptoria tritici*, salicylic acid, Septoria leaf blotch, systemic acquired resistance.

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید روی کاهش شدت بیماری سپتوریای برگ گندم (STB) در سه رقم تتراپلوئید و سه رقم هگزاپلوئید، در شرایط کنترل شده در مرحله گیاهچه‌ای انجام گرفت. گیاهچه‌های ۱۰ روزه گندم ابتدا با سالیسیلیک اسید به غلظت‌های صفر (شاهد)، یک، دو و چهار میلی‌مولار با مه‌پاش دستی تیمار شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، گیاهچه‌ها با استفاده از سوسپانسیون اسپور قارچ به غلظت 10^7 اسپور بر میلی‌لیتر مایه‌زنی شدند. ارزیابی بیماری ۲۱ روز پس از مایه‌زنی بر اساس تخمین درصد سطح برگ با لکه‌های بافت مرده حاوی پوشش پیکنیدی انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین سطوح مختلف سالیسیلیک اسید از نظر کاهش شدت بیماری و تأثیر متقابل غلظت- رقم اختلاف معنی‌دار وجود دارد. به طوری که سالیسیلیک اسید در کاهش شدت بیماری در هر دو گروه ارقام تتراپلوئید و هگزاپلوئید مؤثر بوده و تیمار یک میلی‌مولار بیشترین تأثیر در کاهش شدت بیماری را نشان داد. در غلظت‌های دو و چهار میلی‌مولار کاهش شدت بیماری معنی‌دار بود اما میزان اثربخشی سالیسیلیک اسید در القاء مقاومت کمتر از غلظت یک میلی‌مولار بود. در مجموع این نتایج نشان داد که فعال کردن سیستم‌های دفاعی گیاه میزبان با استفاده از سالیسیلیک اسید می‌تواند نقش قابل توجهی در القاء مقاومت اکتسابی سیستمیک علیه بیماری سپتوریای برگ گندم باشد.

واژه‌های کلیدی: *Zymoseptoria tritici* سالیسیلیک اسید، بیماری

سپتوریای برگ گندم، مقاومت اکتسابی سیستمیک.

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum*) و گندم دوروم (*Triticum durum*) مهمترین گیاهان زراعی دنیا هستند که غذای اصلی بیش از یک سوم مردم جهان را تشکیل می‌دهند. گندم گیاهی یک‌ساله، علفی، تک-لپه‌ای و از تیره گندمیان است (Arzani 2004). عامل بیماری سپتوریای برگی گندم قارچ *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg and Crous باشد. بیماری اولین بار در ایران توسط Petrak & Esfandiari (1941) گزارش شد. بر اساس گزارشات، بیماری در آن زمان پراکندگی محدود داشته اما با آغاز استفاده از ارقام مکزیکی این بیماری با شدت‌های متفاوت در مناطق گندم‌خیز کشور گسترش یافت (Dadrezaei *et al.*, 2004). شرایط محیطی، دمای معتدل و بارندگی در توسعه و پایداری بیماری مؤثر است (Gilbert *et al.*, 1998). داشتن اطلاعات لازم درباره مقدار، توزیع و سرعت تغییرپذیری در جمعیت بیماری برای تفسیر جریان ژنی؛ فشار انتخاب^۱ و یا تفسیر سیر تکاملی میزبان و پاتوژن و در نهایت برای کنترل مؤثر بیماری ضروری می‌باشد. ساختار ژنتیکی ۲۲۱ جدایه *Z. tritici* جمع‌آوری شده از پنج استان عمده کشت گندم در ایران با تکنیک AFLP مورد ارزیابی قرار گرفته است، که تمامی پنج جمعیت مورد بررسی در این تحقیق سطح پایینی از تنوع ژنتیکی را نشان دادند. سطوح پایین جریان ژنی و تفرق ژنتیکی بالا در میان جمعیت‌ها مشاهده شد و خوشه‌بندی‌های متفاوت پنج گروه مجزای ژنتیکی را بر اساس نواحی نمونه‌برداری نشان داد و نتایج این تحقیق نشان داد که ساختار ژنتیکی *Z. tritici* در ایران متفاوت از مطالعات ساختار جمعیتی این بیمارگر در سایر کشورهاست (Abrinbana *et al.*, 2010). از روش‌های مبارزه با بیماری، شخم عمیق مزارع و سوزاندن کاه و کلش است که در کاهش شدت بیماری

مناسب گزارش شده است (Brown & Rosielle, 1980). قارچ‌کش‌های شیمیایی یکی از راه‌های مبارزه با این بیماری می‌باشند. کاربرد قارچ‌کش‌ها همیشه بهترین گزینه نیست، زیرا به محیط زیست آسیب می‌زند، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست و پیدایش بیماری‌های مختلف را در انسان و حیوانات به دنبال دارد و به همین دلایل فشارهای زیادی از طرف گروه‌های دوستدار طبیعت بر استفاده نکردن از سموم شیمیایی اعمال می‌گردد (Loughman & Thomas, 1992). امروزه قوانین و برنامه‌های ملی و اتحادیه اروپا در خصوص کاهش مصرف سموم، موجب محدودیت کاربرد قارچ‌کش‌ها گردیده است (Freier & Boller, 2009).

استفاده از ارقام مقاوم به‌عنوان روشی مؤثر در مدیریت بیماری سپتوریای گندم می‌باشد (Brown *et al.*, 2015). در ایران مطالعات متعددی روی مقاومت ارقام گندم نسبت به بیماری سپتوریای برگی انجام شده است. ارزیابی میزان مقاومت ارقام و لاین‌های گندم نسبت به بیماری سپتوریای برگی در ایران غالباً با استفاده از مخلوط جدایه‌های قارچ عامل بیماری و یا در شرایط آلودگی طبیعی انجام گرفته است و نتایج نشان داده تفاوت معنی‌داری از نظر الگوی پرازاری در بین جدایه‌ها وجود دارد همچنین اکثر ارقام و لاین‌ها حساس به بیماری بوده و درصد کمی از ژنوتیپ‌های گندم به‌عنوان مقاوم یا نیمه مقاوم گزارش شده‌اند (Ghaneie *et al.*, 2012; Tahermazandarani *et al.*, 2014). همچنین در تحقیقی دیگر که بر روی برخی از ژنوتیپ‌های بومی انجام گرفت نشان داده شد، بین ژنوتیپ‌های بومی و اثر متقابل بین آن‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد که بیانگر وجود مقاومت اختصاصی در بین ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به جدایه‌ها می‌باشد (Makhdoumi *et al.*, 2014). سیستم ایمنی گیاه ترکیبی از ایمنی راه اندازی شده به

(سالیسیلیک اسید و مشتقات آن) با ارزش شده است. مهمترین نقش سالیسیلیک اسید، به‌عنوان یک مولکول انتقال پیام در واکنش‌های ایمنی گیاهان است (Vlot *et al.*, 2009).

برخلاف حیوانات، گیاهان فاقد مکانیسم ایمنی سیستمیک می‌باشند (Király *et al.*, 2013). هرچند هر سلول گیاهی توانایی درک حضور بیمارگر و راه-اندازی پاسخ‌های ایمنی را دارد. به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید هم در واکنش فوق حساسیت هم در مقاومت اکتسابی سیستمیک، نقش داشته باشد. سالیسیلیک اسید یک تنظیم‌کننده مهم و شناخته شده در رشد گیاهی است که با فعال کردن مسیر فنیل پروپانوئید، علاوه بر تأثیر روی رشد و نمو گیاه، نقش مهمی در القاء دفاع گیاه بر علیه استرس‌های زنده و غیر زنده از طریق مکانیسم‌های بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بر عهده دارد (Raskin *et al.*, 1990). این ترکیب در آوند آبکشی گیاهان بعد از مایه‌زنی با بیمارگر و قبل از وقوع مقاومت اکتسابی وجود دارد و افزایش غلظت آن موجب القاء شدن پروتئین‌های PR می‌شود. تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید (مثلاً محلول پاشی) منجر به فعال شدن و بیان همان مجموعه از ژن‌های SAR می‌شود که بر اثر القا توسط بیمارگرها القا و بیان می‌شود. تیمار سالیسیلیک اسید باعث فعال شدن محدوده وسیعی از پاسخ‌های دفاعی در گیاهان مختلف می‌شود. از طرف دیگر در شیره پرورده بسیاری گیاهانی که مورد حمله عوامل بیماری‌زا قرار گرفته‌اند میزان این هورمون به مقدار زیادی افزایش می‌یابد که این امر نشان‌دهنده نقش این ترکیب در انتقال علائم مقاومت القایی سیستمیک است. همچنین در تعدادی از گیاهان تغییر یافته ژنتیکی که مقدار زیادی سالیسیلات هیدروکسیلاز تولید می‌کنند به دلیل این که این آنزیم سالیسیلیک اسید را به کاتکول تبدیل می‌کند قدرت مقاومت

واسطه الگوهای مولکولی مرتبط با بیمارگر PAMP (PTI) و سپس ایمنی راه‌انداز شده به‌واسطه افکتور (ETI)^۴ (Jones & Dangl, 2006) می‌باشد. تفاوت عمده بین دو مسیر مربوط به ماهیت مولکول‌های مشتق شده از بیمارگر و شدت و قدرت واکنش‌های ایمنی می‌باشد. ایمنی راه‌اندازی شده به واسطه افکتور، مقاومت پایه‌ای در برابر عمده بیماری‌ها است که برای اصلاح مقاومت در برابر بسیاری از بیمارگرهای بیوتروف و نکروتروف مورد استفاده قرار می‌گیرد. (Tsuda & Katagiri, 2010; Thomma *et al.*, 2011; Jones & Dangl, 2006).

PTI شکلی از مقاومت در برابر بیماری‌هاست بدون در نظر گرفتن شیوه زندگی بیمارگر. فعال سازی PTI وابسته به تشخیص الگوهای مولکولی مرتبط به بیمارگر (PAMP) است که از مولکول‌های بیمارگر به‌وجود آمده‌اند (Boller & Felix, 2009). به دنبال یک آلودگی موضعی، گیاهان یک طیف مقاومتی گسترده‌ای در برابر بیمارگرهای گوناگون از جمله، قارچی، باکتریایی و ویروسی نشان می‌دهند. چون این مقاومت در کل گیاه تظاهر پیدا می‌کند، این فرم از مقاومت القایی، مقاومت سیستمیک اکتسابی نامیده می‌شود. شروع مقاومت سیستمیک اکتسابی با تجمع سالیسیلیک اسید، یک طیفی از mRNA های گسترده و پروتئین‌های کدشده از آنها، همراه است (Chen *et al.*, 2009). سالیسیلیک اسید یک هورمون گیاهی است و به‌عنوان مهمترین فاکتور در مقاومت اکتسابی سیستمیک در برابر بیمارگرها نقش دارد (Nie, 2006). از نظر شیمیایی این ترکیب متعلق به یک گروه از ترکیبات فنولی است و دارای حلقه آروماتیک که تولیدکننده یک گروه هیدروکسیلی است می‌باشد. از خیلی پیش‌تر نقش تنظیمی سالیسیلیک اسید در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نظر محققان را به خود جلب کرده و ویژگی‌های دارویی سالیسیلات‌ها

اجرا در آمد. گلدان‌های پلاستیکی، حاوی مخلوط پیت‌ماس و خاک به نسبت ۱:۱، کاشته شدند، به طوری که در هر گلدان حدود ۷-۵ بذر قرار گرفته و گلدان‌ها درون سینی‌هایی با مقدار معینی آب قرار گرفتند و سپس گلدان‌ها در شرایط اتاقک رشد در دمای ۲۰-۲۲ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت نوری در طول شبانه روز و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند.

تهیه زادمایه

جدایه‌ها شامل، دو جدایه از گندم‌های هگزاپلوئید از دو مزرعه در استان خوزستان و گلستان جمع‌آوری و جداسازی شده بودند و دو جدایه از جدایه‌های بیماری‌زا روی گندم‌های تتراپلوئید که از دانشگاه واخنینگین هلند ارسال شدند (جدول ۱). خالص‌سازی جدایه‌ها با کشت تک پرگنه انجام شد. پرگنه‌های رشد کرده سپس روی محیط کشت YMDA (عصاره مخمر ۴ گرم، عصاره جو ۴ گرم، دکستروز ۵ گرم و آگار ۱۵ گرم) برده شدند. سوسپانسیون قارچ به غلظت ۱۰ میلیون اسپور بر میلی‌لیتر تهیه و سه قطره توپین ۲۰ به ازای ۱۰۰ میلی‌لیتر سوسپانسیون زادمایه اضافه شد. مایه‌زنی با استفاده از مه‌پاش دستی گیاهچه‌ها انجام شد. بعد از مایه‌زنی گیاهچه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در شرایط رطوبتی اشباع قرار گرفته و سپس به زیر محفظه پلاستیکی منتقل و در شرایط ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. دمای گلخانه در طول روز حدود ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و در شب به‌طور میانگین 18 ± 2 درجه سانتی‌گراد تنظیم شد (Kema et al., 1996).

آزمون بیماری‌زایی جدایه‌ها

آزمون بیماری‌زایی جدایه‌ها با استفاده از چهار جدایه Z. *tritici* (جدول ۱) بر روی ارقام مذکور انجام شد. ارزیابی شدت بیماری ۲۱ روز بعد از مایه‌زنی بر روی برگ اول گیاهچه‌ها براساس درصد پوشش پیکنید انجام گردید (Kema et al., 1996).

سیتمیک را ندارند (Friedrich et al., 1995).

نتایج پژوهشی در گندم نشان داد که تیمار گندم با سالیسیلیک اسید موجب افزایش سطح تقسیم سلولی درون مریستم انتهایی ریشه و گیاهچه و در نهایت افزایش رشد گیاه از طریق تجمع آبسیزیک اسید و ایندول‌استیک اسید در نشای گندم می‌شود. همچنین این تیمار موجب کاهش خسارت ناشی از تنش شوری و خشکی روی رشد گیاهچه گندم شد (Sakhabutdinova et al., 2003). تحقیقی در مورد اثر سالیسیلیک اسید در مهار بیماری فوزاریوم خوشه گندم نشان داد، تأثیر سالیسیلیک اسید با افزایش غلظت آن، به‌طور مستقیم موجب مهار جوانه‌زنی کنیدی و رشد میسلیوم و کاهش تولید فیتوتوکسین داکسی‌نیوالینون می‌شود و با برانگیختن واکنش‌های دفاعی گیاه مانند بیان ژن‌های دفاعی به‌طور غیر مستقیم موجب کاهش علائم بیماری می‌شود و تأثیر بازدارندگی سالیسیلیک اسید در این پاتوسیستم نیازمند محیط اسیدی است و بیمارگر *Fusarium graminearum* در محیط بازی از این ماده به‌عنوان منبع کربن استفاده می‌کند (Qi et al., 2012). در این پژوهش، اهمیت کاربرد سالیسیلیک اسید، به‌عنوان یک ترکیب القاکننده سیستم دفاعی گیاه که خطرات زیست محیطی کمتری نسبت به سموم شیمیایی دارد، در کاهش شدت بیماری سپتوریایی برگ گندم در هر دو نوع گندم‌های هگزاپلوئید و تتراپلوئید در غلظت‌های مختلف بررسی شد.

مواد و روش‌ها

شرایط رشد

مواد گیاهی در این تحقیق شامل شش رقم دنا، کرخه و شتردندان از ارقام حساس تتراپلوئید و Is. 493 و Tadinia و HD-126 از ارقام حساس هگزاپلوئید انتخاب گردیدند. پژوهش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در برابر چهار جدایه و نیز پیش‌تیمار با سطوح مختلف سالیسیلیک اسید، به

ارزیابی بیماری در تقابل با سالیسیلیک اسید

در آزمون تأثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر روی علائم و شدت بیماری در ارقام مختلف، مقایسه میانگین‌هایی شامل اثرات متقابل سطوح مختلف سالیسیلیک اسید با شش رقم متفاوت مورد بررسی قرار گرفتند. گیاهچه‌های ده روزه گندم، با سالیسیلیک اسید به غلظت‌های صفر (شاهد)، یک، دو و چهار میلی‌مولار، یک روز قبل از مایه‌زنی با سوسپانسیون عامل بیماری با اسپری دستی تیمار شدند. به منظور تهیه غلظت‌های مختلف، ابتدا محلول یک مولار سالیسیلیک اسید با استفاده از حلال متانول تهیه شد. تیمارها در این آزمون شامل سه گروه بودند؛ گروه اول، گیاهچه‌هایی که فقط با آب مقطر و اتانول تیمار شدند (تیمار شاهد)، گروه دوم، گیاهچه‌هایی که فقط با جدایه‌های بیمارگر و گروه سوم گیاهچه‌هایی که تواما با جدایه و سالیسیلیک اسید (غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار) تیمار شده بودند.

جدول ۱. جدایه‌های مورد استفاده به منظور ارزیابی تأثیر تیمار سالیسیلیک اسید در کاهش شدت بیماری

شماره	نام جدایه	محل جمع‌آوری	میزبان
۱	AG49	ایران/هویزه	هگزاپلوئید
۲	AG159	ایران/گلستان	هگزاپلوئید
۳	IPO91009	تونس	تتراپلوئید
۴	IPO92042	الجزایر	تتراپلوئید

آنالیز آماری

داده‌های حاصل از این آزمون‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.0 مورد ارزیابی قرار گرفت و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

در این پژوهش تأثیر پیش تیمار با چهار سطح سالیسیلیک اسید بر روی شدت بروز علائم بیماری سپتوریای برگی گندم بر روی تعدادی ارقام حساس

گندم هگزاپلوئید و گندم تتراپلوئید، مورد بررسی قرار گرفت. علائم بیماری ۱۰ تا ۱۲ روز بعد از مایه‌زنی ابتدا به صورت لکه‌های زرد رنگ در روی برگ‌ها ظاهر گردید. میزان آلودگی ۲۱ روز پس از مایه‌زنی به حداکثر میزان خود رسید و پیکنیدیوم‌های قارچ عامل بیماری ظاهر شد و یادداشت‌برداری انجام گرفت. تجزیه واریانس صفت مورد بررسی در شرایط گلخانه (مرحله گیاهچه‌ای) برای ارقام هگزاپلوئید، نشان داد جدایه‌های مورد آزمایش از نظر درصد سطح بافت مردگی برگ و پوشش پیکنیدیومی در سطح احتمال ۱٪ باهم اختلاف معنی‌دار داشتند که بیانگر تفاوت در پرازایی این جدایه‌هاست (جدول‌های ۲ و ۳)، نتایج مشابهی در مورد جدایه‌های مربوط به گندم‌های تتراپلوئید از نظر شدت بروز علائم مشاهده شد مقایسه میانگین درصد پوشش پیکنید برگ در جدایه‌های مورد بررسی، آن‌ها را در گروه‌های مختلف قرار داد (شکل ۱). بیشترین شدت بیماریزایی بین جدایه‌های مربوط به گندم‌های هگزاپلوئید مربوط به جدایه AG49 و روی رقم Tadina، بین جدایه‌های مربوط به گندم‌های تتراپلوئید نیز جدایه IPO92042 با شدت بیماری‌زایی ۷۸/۳ درصد بر روی رقم دنا، بیشترین قدرت تهاجمی را دارا بود. نکته جالب توجه اینکه هیچ یک از جدایه‌های مربوط به گندم‌های تتراپلوئید بر روی ارقام هگزاپلوئید و هیچ یک از جدایه‌های مربوط به گندم‌های هگزاپلوئید بر روی ارقام تتراپلوئید بیماری ایجاد نکردند (شکل ۱).

براساس نتایج جدول‌های ۴ و ۵، مقایسه میانگین درصد پوشش پیکنید پس از تیمار با سالیسیلیک اسید، بین ارقام، بیانگر کاهش قابل توجه درصد پوشش پیکنیدی در سطح یک میلی‌مولار نسبت به سه سطح صفر، دو و چهار میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود. شدت علائم در بین ارقام افتراقی، رقم Is. 493 از ۲۸/۳۳ درصد به ۹ درصد، در رقم Tadina از ۶۱/۶ درصد به ۲۰ درصد و در رقم 3HD-126 از ۵۸/۳۳ درصد به ۱۸/۳ درصد کاهش یافت (شکل ۲). در میان جدایه‌ها کاهش درجه

سطوح مختلف سالیسیلیک اسید در بروز شدت علائم اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در این آزمون، در سطح ۱ میلی‌مولار، ارقام Is. 493 و کرخه به ترتیب با ۱۰/۶۶ و ۲۰/۰۰ درصد کمترین شدت بیماری را نشان دادند (شکل‌های ۲ و ۳).

بیماریزایی، در جدایه AG159 بیشتر محسوس بود. در غلظت ۲ و ۴ میلی‌مولار تفاوتی از نظر شدت بروز علائم مشاهده نشد و نسبت به غلظت یک میلی‌مولار افزایش در شدت بروز بیماری نشان داده شد. براساس نتایج این آزمون بین ارقام مختلف هگزاپلوئید و تتراپلوئید و نیز بین

جدول ۲. تجزیه واریانس درصد پوشش پیکنیدیومی سطح برگ ارقام گندم هگزاپلوئید نسبت به جدایه AG159

F	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (S.O.V)
**	1026.39	2052.7	1	جدایه قارچ
**	1012.50	1012.5	2	ارقام هگزاپلوئید
**	387.5	775	2	رقم × جدایه
	30.55	336.6	12	خطای آزمایش
		4206.8	17	کل

* به احتمال ۹۹ درصد ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار است.

C.V= ۹/۵

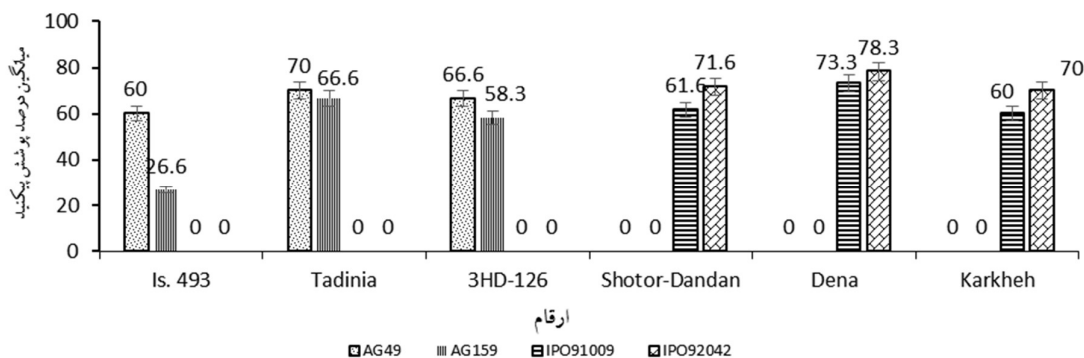
جدول ۳. تجزیه واریانس درصد پوشش پیکنیدیومی سطح برگ ارقام گندم تتراپلوئید نسبت به جدایه IPO92042

F	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (S.O.V)
**	68.05	68.05	1	جدایه قارچ
*	184.72	369.4	2	ارقام تتراپلوئید
*	18.05	36.11	2	رقم × جدایه
	550.0	550.0	12	خطای آزمایش
		1023.56	17	کل

** به احتمال ۹۵ درصد ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی‌دار است.

* به احتمال ۹۵ درصد ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی‌دار است.

C.V= ۹/۷۱



شکل ۱. مقایسه میانگین درصد پوشش پیکنید ناشی از جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* بر روی ارقام حساس گندم نان و دوروم

جدول ۴. تجزیه واریانس درصد پوشش پیکنیدیومی سطح برگ ارقام گندم هگزاپلوئید نسبت به جدایه AG159

پس از تیمار با سالیسیلیک اسید

F	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (S.O.V)
**	1320.1	2640.2	2	ارقام هگزاپلوئید
**	1972.1	5916.3	3	سطوح سالیسیلیک اسید
*	168.07	1008.4	6	رقم × سطوح سالیسیلیک اسید
	56.91	1366.0	24	خطای آزمایش
		4206.8	35	کل

** به احتمال ۹۹ درصد ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار است.* به احتمال ۹۵ درصد ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی‌دار است.

C.V=۲۲/۵

جدول ۵. تجزیه واریانس درصد پوشش پیکنیدیومی سطح برگ ارقام گندم تتراپلوئید نسبت به جدایه IPO92042

پس از تیمار با سالیسیلیک اسید

F	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (S.O.V)
*	300.69	601.38	2	ارقام تتراپلوئید
**	3819.21	11457.63	3	سطوح سالیسیلیک اسید
*	102.54	615.27	6	رقم × سطوح سالیسیلیک اسید
	99.30	2383.3	24	خطای آزمایش
		4206.8	35	کل

** به احتمال ۹۹ درصد ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار است.* به احتمال ۹۵ درصد ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی‌دار است.

C.V=۲۲/۹

نشان داد در سطوح دو و چهار میلی‌مولار، بیماری نسبت به سطح صفر اندکی کاهش نشان داد ولی این درجه کاهش به اندازه کاهش در سطح ۱ میلی‌مولار برآورد نشد. این موضوع نشان می‌دهد سطوح بالاتر سالیسیلیک اسید، گرچه شدت بیماری در این ارقام حساس را تا حدودی کاهش داد ولی این مقدار در مقایسه با سطح یک میلی‌مولار کمتر بود.

گیاهان به‌عنوان یک استراتژی برای مقابله با بیمارگرها و انطباق با شرایط نامساعد محیط، این توانایی را دارند که در پاسخ به سیگنال‌های گرفته شده از سیستم ایمنی، خود را به حات آماده باش درآورند. در این حالت به دلیل اینکه قبلاً در معرض این عوامل قرار گرفته‌اند، زمانی که مجدداً در معرض تنش‌های

روند شدت بیماری در سطح یک میلی‌مولار به طور کلی در همه ارقام نسبت به سه سطح دیگر کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان داده و بیانگر تأثیر این ماده در القای ژن‌های دفاعی است به‌طوری‌که در رقم حساس دنا زمانی که از غلظت صفر سالیسیلیک اسید استفاده می‌شود میانگین شدت بیماری ۷۰ درصد و بعد از تیمار با غلظت یک میلی‌مولار بیماری به ۳۳/۳۳ درصد کاهش یافته است.

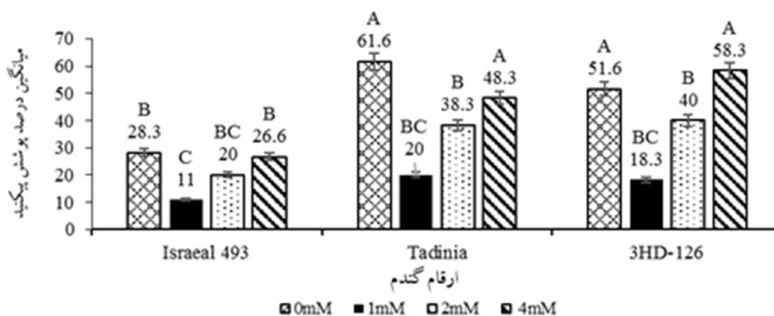
همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود کاهش شدت علائم بیماری در ارقام مورد استفاده در این تحقیق در سایر سطوح سالیسیلیک اسید نسبت به سطح صفر (نمونه شاهد) نشان‌دهنده مؤثر بودن پیش تیمار گیاهچه‌ها با سالیسیلیک اسید بود. همچنین نتایج

زیستی و یا غیر زیستی قرار بگیرند، با مقاومتی طولانی مدت، قوی‌تر و سریع‌تر از خود دفاع می‌کنند (Conrath *et al.*, 2006; Pastor *et al.*, 2013). بنابراین آماده باش به گیاهان اجازه می‌دهد تا سیستم ایمنی ذاتی خود را تقویت کنند و منجر به یک انطباق و سازگاری طولانی مدت با شرایط مساعد برای بیماری می‌شود.

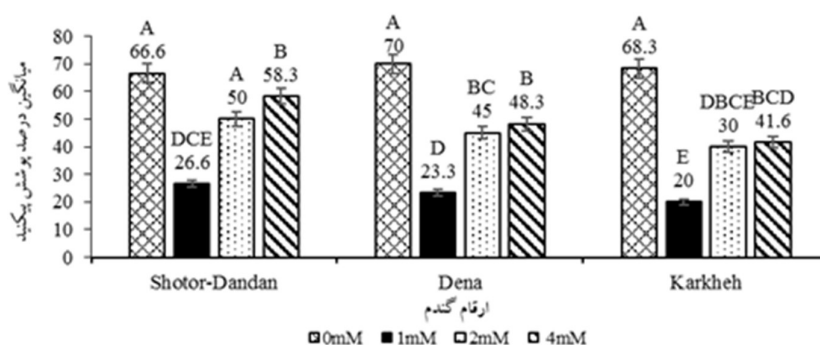
سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنولیک است که با راه‌اندازی مقاومت اکتسابی سیستمک (SAR) به‌طور عمده در برابر بیمارگرهای بیوتروف و همی‌بیوتروف در بسیاری از گیاهان از جمله گندم و *Arabidopsis thaliana* نقش دارد (Görlach *et al.*, 1996; De Vos *et al.*, 2005; Glazebrook, 2005; War *et al.*, 2011). پیش تیمار گیاه با ترکیبات شیمیایی مانند سالیسیلیک اسید، جازمونیک اسید و اتیلن، فرایندهای مولکولی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاه را مانند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تغییر می‌دهد (Fayez & Bazaid, 2014; War *et al.*, 2011) و می‌تواند وضعیت آماده باش را در گیاه به‌وجود آورد.

در ذرت سالیسیلیک اسید سبب تغییراتی در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در زمان حمله بیمارگر می‌شود. به‌طور کلی سالیسیلیک اسید از طریق جذب مواد غذایی و آب و نیز تنظیم بسته شدن منافذ روزه‌ها بر روی رشد گیاه تأثیر قابل توجهی دارد (Hayat *et*

2009). در این پژوهش از ترکیب شیمیایی سالیسیلیک اسید در چهار سطح متفاوت به‌عنوان عامل القا کننده مقاومت در گیاه گندم در برابر بیماری سپتریای برگی استفاده شد. در آزمون ارزیابی شدت بیماری در تیمار با سالیسیلیک اسید، نتایج نشان داد که مه‌پاشی سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار در مرحله یک برگی، موجب کاهش معنی‌دار تا حدود ۵۰ درصد در رقم دنا و Tadinia در مقایسه با شاهد شد. این کاهش بیماری را می‌توان به تأثیر سالیسیلیک اسید در ایجاد حالت آماده باش برای گیاه از طریق فعال شدن مسیرهای دفاعی گیاه نسبت داد. گیاهان برای کاهش اثرات سمی سالیسیلیک اسید با تغییراتی که در ساختار آن ایجاد می‌کنند مانند، گلوکوزیلاسیون، متیلاسیون، سولفوناسیون و اضافه کردن آمینواسید آن‌را به یک ترکیب غیر سمی تبدیل می‌کنند (Dempsey *et al.*, 2011)، بنابراین احتمالاً در غلظت‌های بالاتر این ماده، گیاه توانایی غیر سمی کردن آن را نداشته و موجب سمیت در گیاه می‌شود. نتایج یک پژوهش در بررسی تأثیر کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید در کاهش شدت بیماری رایزوکتونایی سیب‌زمینی (*Rizoctonia solani*) نشان داد غلظت بهینه برای کاهش شدت علائم، یک میلی‌مولار است و بیشتر از آن موجب افزایش شدت علائم در سیب‌زمینی می‌شود (Hadi & Balali, 2010).



شکل ۲. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید روی درصد شدت بروز پیکنید در ارقام هگزاپلوئید گندم ناشی از جدایه AG159



شکل ۳. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید روی درصد شدت بروز پیکنید در ارقام تتراپلوئید گندم ناشی از جدایه IPO92042

(Sakhabutdinova *et al.*, 2003).

همچنین، بذور نخود آغشته در محلول سالیسیلیک اسید، موجب کاهش ۶۳٪ در بیماری پژمردگی فوزاریومی شد (Sarwar *et al.*, 2010) و در درختچه‌های سیب، بنزوتیودیازول که از مشتقات سالیسیلیک اسید است، موجب القای بیان ژن‌های پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی در برابر آتشک سیب شده است (Maxson-Stein *et al.*, 2002). تجمع لکتین‌ها در گندم نیز به سالیسیلیک اسید نسبت داده می‌شود که تجمع این مواد خاصیت دور کننده آفات و خاصیت ضدقارچی دارد (Shakirova & Bezrukova, 1997).

در پژوهش Gholamnejad *et al.* (2013)، نتیجه تأثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۰۵، یک، دو و چهار میلی‌مولار) بر کاهش شدت بیماری به دو روش پاشش بر روی برگ‌های گیاه در مرحله دو برگگی و تیمار بذور قبل از کشت، نشان داد، با توجه به گیاهسوزی در غلظت دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و عدم کاهش شدت بیماری در غلظت ۰/۰۵ و تیمار شاهد، بهترین غلظت سالیسیلیک اسید در کاهش علائم، غلظت ۱ میلی‌مولار است. با توجه به مشاهدات Sarahinobar *et al.* (2015)، واکنش گیاهان گندمی که از بذور تیمار شده با سالیسیلیک اسید رویش یافته بودند بررسی نمودند و نشان دادند که این گیاهان مقاومت بیشتری در برابر بیماری بلایت سنبله گندم با عامل *Fusarium*

براساس نتایج Hekmati *et al.* (2014)، تأثیر

سالیسیلیک اسید در مدیریت بیماری بلاست برنج، سبب افزایش بیان ژن‌های مرتبط با سازو کار دفاعی شامل *PDR5*, *PAD4*, *PAD3*, *Thionin*, *NPR1*, *PRI* شده است. بنابراین مصرف سالیسیلیک اسید می‌تواند سبب افزایش بیان ژن‌های دفاعی و احتمالاً القای تحمل گیاه در برابر حمله پاتوژن‌ها شود.

در پاتوسیستم‌های دیگر نیز تأثیر سالیسیلیک اسید مورد ارزیابی قرار گرفته است. به‌طور مثال میزان فنل کل در گوجه‌فرنگی زمانی که گیاه با سالیسیلیک اسید تیمار شود افزایش می‌یابد و این افزایش موجب ایجاد مقاومت القایی بر علیه بیمارگر *Xanthomonas vasicatoriae* می‌شود. اکسیداسیون فنول ترکیبات دفاعی زیادی مانند هیدروژن پراکساید، سوپراکساید و رادیکال‌های آزاد تولید می‌کند که فیزیولوژی و متابولیسم گیاه را تغییر می‌دهد و موجب فعال شدن آنزیم‌های دفاعی گیاه شده و به این ترتیب به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم در برابر تنش‌های مختلف مقاومت ایجاد می‌کند (Usha Rani & Jyothsna, 2010). پیش تیمار گندم با سالیسیلیک اسید موجب افزایش سطح تقسیم سلولی درون مریستم انتهایی ریشه و گیاهچه و در نهایت افزایش رشد گیاه از طریق تجمع آبسزیک اسید و ایندول استیک اسید در نشای گندم می‌شود. همچنین این تیمار موجب کاهش خسارت ناشی از تنش شوری و خشکی روی رشد گیاهچه گندم شد

استفاده شد، بهترین غلظت پیشنهادی برای کنترل بیماری سپتوریایی برگی در هر دو نوع گندم هگزاپلوئید و تتراپلوئید، غلظت یک میلی‌مولار است. احتمالاً عدم تأثیر غلظت‌های بالاتر در کاهش بیماری مربوط به عدم توانایی گیاه در غیر سمی کردن این ترکیب و سرکوب بیان ژن‌های دفاعی می‌باشد. این یافته‌ها با نتایج کار Hadi & Balali (2010) و Gholamnejad *et al.* (2013) مطابقت دارد. بنابراین اینطور نتیجه گرفته می‌شود که سالیسیلیک اسید می‌تواند گیاه را به حالت آماده باش قرار دهد از این‌رو در مواجهه با بیمارگر، سیستم ایمنی گیاه سریع‌تر و قدرت بیشتری برانگیخته می‌شود.

سپاسگزاری

از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) بخاطر حمایت مالی از این پروژه (شماره: ۹۲۰۴۳۱۵۵) سپاسگزاری می‌گردد. از پروفیسور Gert Kema به‌خاطر ارسال جدایه‌های مورد استفاده در این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

- Arzani A, (2004) Evaluation of genetic diversity and crop features of Durum wheat. *Journal of Crop Production and Processing*. 7: 115-127.
- Abrinbana M, Mozafari J, Shams-bakhsh M, Mehrabi R (2010) Genetic structure of *Mycosphaerella graminicola* populations in Iran. *Plant Pathol.* 59: 829-838.
- Boller T, Felix G (2009) A renaissance of elicitors: perception of microbe-associated molecular patterns and danger signals by pattern-recognition receptors. *Annu. Rev. Plant Biol.* 60: 379-406.
- Brown A, Rosielle A (1980) Prospects for control of Septoria. *Journal of Agriculture* 21: 8-11.
- Brown JK, Chartrain, L, Lasserre-Zuber P, Saintenac C (2015) Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding. *Fungal Genet. Biol.* 79: 33-41.
- Chen Z, Zheng Z, Huang J, Lai Z, Fan B (2009) Biosynthesis of salicylic acid in plants. *Plant Signal. Behav.* 4: 493-496.
- Conrath U, Beckers GJ, Flors V, Garcia-Agustin P, Jakab G, Mauch F, Newman M-A, Pieterse CM, Poinssot B, Pozo MJ (2006) Priming: getting ready for battle. *Mol. Plant-Microbe In.* 19: 1062-1071.
- Dempsey DMA, Vlot AC, Wildermuth MC, Klessig DF (2011) Salicylic acid biosynthesis and metabolism. *The Arabidopsis Book*:e0156.
- De Vos M, Van Oosten VR, Van Poecke RM, Van Pelt JA, Pozo MJ, Mueller MJ, ... Dicke M (2005). Signal signature and transcriptome changes of

graminearum دارند و حضور این ماده موجب مهار رشد ریشه و جوانه‌زنی اسپوره‌های این بیمارگر شد. بر اساس نتایج این تحقیق خسارت مشاهده شده توسط *F. graminearum* و *F. pseudograminearum* در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید کمتر از گیاهان شاهد است و شدت بیماری ۱/۵ تا دو برابر در ارقام فلات و سومای‌تیری یافت. همچنین گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید افزایش معنی‌داری را در تولید H_2O_2 ، MDA، مقدار سالیسیلیک اسید و کالوز نشان دادند. در مطالعه Zamani *et al.* (2016) بر روی تأثیر تیمار بنور گندم با چند غلظت سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۷۵ و یک میلی‌مولار) و مقاومت گیاهچه‌ها در برابر جدایه‌های *Z. tritici*، غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در تعدادی از ارقام مورد استفاده شامل هیرمند و مروارید تأثیر بهتری در کاهش علائم بیماری نسبت به ارقام دیگری مانند توس، پیشگام و پارسی داشت. تمامی این مطالعات تأییدکننده نتایج تحقیق حاضر است، در این مطالعه که از چهار سطح سالیسیلیک اسید

- Arabidopsis during pathogen and insect attack. *Mol. Plant Microbe Interact.* 18: 923-937.
- Fayez KA, Bazaid SA (2014). Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *J. Saudi Soci. Agricultural Sci.* 13: 45-55.
- Freier B, Boller EF (2009) Integrated pest management in Europe—history, policy, achievements and implementation. In: *Integrated pest management: dissemination and impact.* Springer, Netherlands, pp 435-454.
- Friedrich L, Vernooij B, Gaffney T, Morse A, Ryals J (1995) Characterization of tobacco plants expressing a bacterial salicylate hydroxylase gene. *Plant mol. Bio.* 29: 959-968.
- Garcia C, Marshall D (1992) Observations on the ascogenous stage of *Septoria tritici* in Texas. *Mycol. Res.* 96: 65-70.
- Ghaneie A, Mehrabi R, Safaie N, Abrinbana M, Saidi A, Aghaee M (2012) Genetic variation for resistance to septoria tritici blotch in Iranian tetraploid wheat landraces. *Eur. J. plant path.* 132: 191-202.
- Gholamnejad J, Mohammadi-Goltapeh E, Sanjarian F, Safaie N, and Razavi K (2013) Study of Effect of salicylic acid on diseases symptom of *Septoria tritici* blotch (STB). *Research in Plant Pathology*, 2: 35-46. (in Farsi with English abstract).
- Gilbert J, Woods S, Tekauz A (1998) Relationship between environmental variables and the prevalence and isolation frequency of leaf-spotting pathogens in spring wheat. *Can. J. plant pathol.* 20: 158-164.
- Glazebrook J (2005) Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43: 205-227.
- Hadi M, Balali G (2010) The effect of salicylic acid on the reduction of *Rhizoctonia solani* damage in the tubers of marfona potato cultivar. *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 7: 492-496.
- Hekmati Zh, Aalami A, Sohani MM (2014) Effect of salicylic acid on expression of some defense-related genes in rice. *Iranian Genetic society* 9: 363-373. (in Farsi)
- Jones JD, Dangl JL (2006) The plant immune system. *Nature* 444: 323-329
- Király L, Künstler A, Bacsó R, Hafez Y, Király Z (2013) Similarities and differences in plant and animal immune systems-what is inhibiting pathogens? *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 48: 187-205.
- Kema G, Annone J, Sayoud R, Van Silfhout C, Van Ginkel M, De Bree J (1996) Genetic variation for virulence and resistance in the wheat-*Mycosphaerella graminicola* pathosystem. I: Interactions between pathogen isolates and host cultivars. *Phytopathol* 86: 200-212.
- Linde C, Zhan J, McDonald B (2002) Population structure of *Mycosphaerella graminicola*: from lesions to continents. *Phytopathol* 92: 946-955.
- Loughman R, Thomas G (1992) Fungicide and cultivar control of Septoria diseases of wheat. *Crop Prot.* 11: 349-354.
- Makhdoumi M, Mehrabi R, Arshad Y (2014) Identification of Resistance Sources to *Septoria tritici* Blotch in Iranian Wheat Landraces. *Seed and Plant Improvement Journal* 30: 561-572. (in Farsi)
- Maxson-Stein K, He S-Y, Hammerschmidt R, Jones AL (2002) Effect of treating apple trees with acibenzolar-S-methyl on fire blight and expression of pathogenesis-related protein genes. *Plant Dis.* 86: 785-790
- McDonald B, Pettway R, Chen R, Boeger J, Martinez J (1995) The population genetics of *Septoria tritici* (teleomorph *Mycosphaerella graminicola*). *Can. J. Bot.* 73: 292-301.
- Nie X (2006) Salicylic acid suppresses

- Potato Virus Y Isolate N: O-induced symptoms in tobacco plants. *Phytopathol.* 96: 255-263.
- Pastor V, Luna E, Mauch-Mani B, Ton J, Flors V (2013) Primed plants do not forget. *Environ. Ex. Bot.* 94: 46-56.
- Petrak F, Esfandiari E (1941) Contributions to the knowledge of the Iranian fungus flora. *Ann. Mycol.* 39: 204-228.
- Qi P-F, Johnston A, Balcerzak M, Rocheleau H, Harris LJ, Long X-Y, Wei Y-M, Zheng Y-L, Ouellet T (2012) Effect of salicylic acid on *Fusarium graminearum*, the major causal agent of fusarium head blight in wheat. *Fungal biology* 116: 413-426.
- Quaedvlieg W, Kema G, Groenewald J, Verkley G, Seifbarghi S, Razavi M, Gohari AM, Mehrabi R, Crous P (2011) *Zymoseptoria* gen. nov.: a new genus to accommodate Septoria-like species occurring on graminicolous hosts. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi* 26: 57-69.
- Raskin I, Skubatz H, Tang W, Meeuse BJ (1990) Salicylic acid levels in thermogenic and non-thermogenic plants. *Ann. Bot-London* 66: 369-373.
- Sakhabutdinova A, Fatkhutdinova D, Bezrukova M, Shakirova F (2003) Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulg. J. Plant Physiol.* 21: 314-319.
- Sanderson F (1972) A *Mycosphaerella* species as the Ascogenous state of *Septoria tritici* Rob. and Desm. *New Zeal. J. Bot.* 10: 707-709.
- Sarahinobar, M., Jahedi, A., Safaie, N., Niknam, V., Ebrahimzadeh, H. 2015. Dual functional role of Salicylic acid against Fusarium; long lasting priming and direct immediate effect. *Intl. J. Farm. And Alli. Sci.* 4: 442-447.
- Sarwar N, Ch Z, Hayat M, Haq I (2010) Seed treatments induced systemic resistance in chickpea against fusarium wilt in wilt sick field. *Pak. J. Bot.* 42: 3323-3326.
- Shakirova F, Bezrukova M (1997) Induction of Wheat Resistance against Environmental Salinization by Indolylacetic Acid. *Biology bulletin-Russian academy of sciences c/c of izvestiia-rossiiskoi akademii nauk seriia biologicheskaja* 24: 109-112.
- Sprague R (1950) Diseases of cereals and grasses in North America. *Diseases of cereals and grasses in North America.* The Ronald Press Company, New York, pp 80-324.
- Tahermazandarani F, Mehrabi R, Maleki M (2014) Effectiveness of *Septoria tritici* Blotch (Stb) Resistance Genes to *Mycosphaerella graminicola* Isolates Collected from Fars Province. *Seed and Plant Improvement Journal* 30: 669-682. (in Farsi)
- Thomma BP, Nürnberger T, Joosten MH (2011) of PAMPs and effectors: the blurred PTI-ETI dichotomy. *The Plant Cell* 23: 4-15.
- Tsuda K, Katagiri F (2010). Comparing signaling mechanisms engaged in pattern-triggered and effector-triggered immunity. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 13: 459-465.
- Vlot AC, Dempsey DMA, Klessig DF (2009) Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Ann. Rev. Phytopathol* 47: 177-206.
- Zamani E, Sanjarian F, Mohamadi-Goltapeh E, Safaei N (2016) Studying the resistance of wheat seedlings grown from treated seeds with salicylic acid against *Mycosphaerella graminicola*. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)* 39: 1-14. (in Farsi with English abstract)