اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش شوری

آریا دولت آبادیان، سید علی محمد مدرس ثانوی* و فاطمه اعتمادی

دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

تاریخ دریافت: ۸٦/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸٦/۱۱/۲۳

چکیده

بمنظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، فعالیت آنزیمهای آنتی‌اکسیدان و میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشای گیاهچه گندم در تنش شوری، آزمایشی در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس طراحی شد. بذرهای گندم، رقم روشن پس از خیساندن در محلولهای (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) سالیسیلیک اسید بمدت ۲٤ ساعت، جهت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری، به پتری‌دیشهای حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محلول NaCl با غلظتهای (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) منتقل شد، پس از جوانه‌زنی درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، و وزن خشک گیاهچه، فعالیت آنزیمهای کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، پلی‌فنول اکسیداز و میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش درصد جوانه‌زنی در بذرهای گندم شده، بطوریکه غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار نمک سبب کاهش ۱۷/٦٤ درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد می شود. همچنین مشاهده شد که سالیسیلیک اسید تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته و هم در شاهد و هم در تیمارهای تنش دیده سبب افزایش جوانه‌زنی می شود. استفاده از سالیسیلیک اسید موجب افزایش رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه می گردد. کاربرد سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار اثر بازدارندگی بر جوانه‌زنی و رشد دارد. سنجش فعالیت آنزیمی نشان داد که فعالیت آنزیمها در شرایط تنش شوری افزایش یافته و سالیسیلیک اسید سبب کاهش فعالیت این آنزیمها یا بعبارتی کاهش اثر تنش شوری می شود.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، جوانه‌زنی، آنزیمهای آنتی‌اکسیدان، تنش شوری، گندم

* نویسنده مسئول، تلفن تماس: ، پست الکترونیک:modaresa@modares.ac.ir

مقدمه

در طبیعت گیاهان در برابر نوسانات محیطی مختلفی از جمله خشکی و شوری قرار دارند که رشد آنها را محدود می‌کند (۵). گیاهان برای حفظ بقای خود، مکانیسمهای مختلفی برای سازش با این تغییرات محیطی دارند که از آن جمله می‌توان به مکانیسمهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و تغییرات مولکولی اشاره کرد (۵). تنش شوری می‌تواند بر فرآیندهای فیزیولوژیکی، از جوانه‌زنی تا تکوین گیاه مؤثر گذار باشد. فتوسنتز که یک مسیر کلیدی در فیزیولوژی گیاهان است بشدت تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد. آبسیزیک اسید تولید شده در واکنش به شوری سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و ورود دی‌اکسید کربن را به گیاه محدود می‌کند (۳۰). تنش شوری باعث تجمع انواع اکسیژن فعال در سلول و آسیب رساندن به لیپیدهای غشا، پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (۳٦). مواد آنتی-اکسیدان موجود در گیاهان سبب خنثی‌سازی این رادیکالهای آزاد می‌گردند که از مهمترین آنها می‌توان آسکوربیک اسید، توکوفرول و گلوتاتیون را نام برد (٥٤). همچنین سالیسیلیک اسید نقش مهمی، در ایجاد مقاومت

Archive of SID

www.SID.ir

به تنشهای محیطی بر عهده دارد (٤٠). بر طبق نظرات راسکین (٤٠) سالیسیلیک اسید باید در زمره هورمونهای گیاهای دسته بندی شود. سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید، یک تنظیم کننده‌ی رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد. القای گل‌دهی، رشد و نمو، سنتز اتیلین، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از نقشهای مهم سالیسیلیک اسید بشمار می‌رود (٤٠). بعنوان مثال، در سوسن سفید(*Lilium spp*) هنگام گل‌دهی گرما تولید می شود که در جذب یونها از ریشه و ضریب هدایت روزنه‌ها نقش دارد (٤٠). سالیسیلیک اسید در تنظیم و ایجاد علامتهائی برای تجلی ژنها در زمان پیری در گیاه مدل آرابیدوبسیس(*Arabidopsis thaliana*) دخالت دارد (۳۵). علاوه بر این مانع رسیدگی میوه‌ها (٤٩) می‌شود. سالیسیلیک اسید در گیاهانی که تحت تنشهای محیطی قرار دارند نقش حفاظتی دارد. سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچه‌های گندم (٤٣) و مقاومت به کمبود آب می‌گردد (٤). این ماده در گوجه-فرنگی و لوبیا نیز سبب افزایش مقاومت به درجه حرارتهای پائین و بالا شده (٤٢) و باعث کاهش آسیب عناصر سنگین در برنج می‌گردد (٣٤). تولید پروتئینهای شوک گرمائی در توتون(*Nicotiana tabacum*) (۱۰) و تجمع لکتینها در گندم (٤٣) نیز به سالیسیلیک اسید نسبت داده می‌شود. کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید سبب ایجاد تحمل به گرما (۱۵) سرما زدگی (۲۷) و تنش شوری در دولپه‌ای‌ها نیز می‌گردد (۷). همچنین در ذرت سالیسیلیک اسید سبب تغییراتی در فعالیت آنزیمهای آنتی‌اکسیدان در زمان سرمازدگی می‌شود (۲۷). بطور کلی سالیسیلیک اسید اثرات کلیدی در گیاهان از جمله تأثیر در جذب عناصر غذائی (۲۳)، پایداری غشا (۲۲)، روابط آبی (۲)، عملکرد روزنه‌ها (۱)، بازدارندگی سنتز اتیلن (٤٩) و افزایش رشد (۳۸) دارد. همانطور که ذکر شد تنشهای محیطی سبب تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن در کلروپلاست و دیگر اندامکهای سلولی گیاه می‌شود. این رادیکالهای آزاد اکسیژن ممکن است بوسیلهٔ آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تبدیل به پراکسید هیدروژن شده و سپس توسط آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در کلروپلاست تبدیل به آب شود. همچنین آب اکسیژنه منتشر شده به قسمت بیرونی کلروپلاست بوسیلهٔ آنزیم کاتالاز در سلولهای برگ پاکسازی می‌شود (۲۵). آنزیم کاتالاز در پاکسازی گونه‌های اکسیژن فعال تولید شده در اثر تنش شوری در برنج نقش دارد (٤٥). در زمان تنش، معمولا فعالیت آنزیمهائی مانند سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز تحریک می-شود (۳۳). در این پژوهش تأثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، رشد، فعالیت آنزیمهای آنتی‌اکسیدان و میزان اکسیداسیون لیپیدهای غشائی گیاهچه‌های گندم در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

بمنظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه-زنی، رشد، فعالیت آنزیمهای آنتی‌اکسیدان و میزان اکسیداسیون لیپیدهای غشای گیاهچه‌های گندم در شرایط تنش شوری، آزمایشی در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس بصورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی جمعا با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار انجام گرفت. بذرهای گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم روشن پس از ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم بمدت ۵ دقیقه و اتانول ۹٦ درصد بمدت ۳۰ ثانیه، بخوبی با آب مقطر شسته و ۲٤ ساعت در محلولهائی با غلظتهای (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) سالیسیلیک اسید بطور جداگانه خیسانده شد. پس از آن، بذرهای خیس خورده در محلول سالیسیلیک اسید، به پتری‌دیشهای استریل حاوی کاغذ صافی شماره ۱ انتقال یافت. برای ایجاد تنش شوری از محلول NaCl با غلظتهای (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و بمیزان ۱۰ میلی‌لیتر در هر پتری‌دیش استفاده شد سپس

Archive of SID

www.SID.ir

درب پتری‌دیشها را با پارافیلم کاملا بسته و برای جوانه‌زنی در ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. ۸ روز بعد، تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش، و طول ریشه-چه، ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه‌ها محاسبه شد. برای خشک کردن نمونه‌ها، اندامهای فوق ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک شد. جهت سنجش فعالیت آنزیمها و تعیین میزان پراکسیداسیون لیپیدی، گیاهچه‌ها در نیتروژن مایع فریز و تا زمان انجام آنالیزهای بیوشیمیائی در فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد.

سنجش آنزیمی

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز: سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز بر طبق روش قناتی و همکاران (۱۹) انجام شد.۰/۲ گرم از بافت تازه منجمد شده در نیتروژن مایع در بافر پتاسیم فسفات ۰/۰۲ مولار، pH = ٦/٨ در دمای ٤-۰ درجه سانتی گراد سائیده و عصاره گیری شد و سپس همگن حاصل در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ٤-۲ درجه سانتی گراد بمدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ و محلول روئی جهت اندازه‌گیری فعالیت پراکسیداز مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت آنزیمی با افزودن مقادیر مناسب از عصارهٔ آنزیمی، بافر، گایاکول با غلظت نهائی ۲۸ میلی‌مولار و پراکسید هیدروژن با غلظت نهائی ۵ میلی‌مولار در طول موج ٤۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Cintra 6 GBC) خوانده، و فعالیت آنزیمی به ازای تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بیان شد.

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: بر طبق روش گیانوپولیتیز و ریز (۲۱) ۰/۲ گرم نمونهٔ منجمد در ۳ میلی‌لیتر بافر HEPES-KOH با pH ۷/۸ حاوی EDTA ۰/۱ میلی‌مولار عصاره‌گیری شد. همگنهای حاصل در دور ۱۵۰۰۰ در دقیقه بمدت ۱۵ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ و بخش روئی برای سنجش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز مورد استفاده قرار گرفت. مخلوط واکنش شامل، بافر HEPES-KOH ۵۰ میلی‌مولار با pH ۷/۸ حاوی EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، کربنات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با pH ۱۰/۲، L-methionine ۱۲ میلی‌مولار، نیتروبلوتترازولیوم۷۵ میکرومولار، ریبوفلاوین ۱ میکرومولار و ۲۰۰ ماکرولیتر عصارهٔ آنزیمی می باشد. نمونه‌ها بمدت ۱۵ دقیقه در معرض نور قرار گرفت و پس از این مدت جذب آنها در طول موج ٥٦۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. همچنین از یک لولهٔ آزمایش حاوی مخلوط واکنش بجزء عصارهٔ آنزیمی بعنوان شاهد (بلانک) استفاده شد. یک واحد فعالیت سوپراکسید دیسموتاز بعنوان مقدار آنزیمی در نظر گرفته می‌شود که منجر به مهار ۵۰ درصد احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم می‌گردد.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز: سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش ککمک و هورست (۱۱) انجام شد. ۰/۲ گرم نمونهٔ منجمد در ۳ میلی‌لیتر بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی‌مولار با pH ٦/٨ عصاره‌گیری شد. همگن حاصل در دور ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه، بمدت ۱۵ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ و محلول روئی برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز استفاده شد. تجزیه آب اکسیژنه با کاهش جذب در طول موج ۲٤۰ نانومتر پیگیری و به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در عصارهٔ آنزیمی بیان شد.

سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز: سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز بر طبق روش قناتی و همکاران (۱۹) تعیین گردید.۰/۲ گرم از بافت تازه در نیتروژن مایع و در بافر پتاسیم فسفات ۰/۰۲ مولار، pH = ٦/٨ در دمای ٤-۰ درجه سانتی گراد سائیده و عصاره‌گیری شد، سپس همگن حاصل در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ٤-۲ درجه سانتی گراد بمدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ و محلول روئی جهت اندازه‌گیری فعالیت پراکسیداز مورد استفاده قرار گرفت. مخلوط واکنش شامل ۱۰۰ میکرولیتر از عصارهٔ آنزیمی، ۵۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار و ۵۰۰ میکرولیتر متیل‌کاتکول ۰/۰۲ مولار در ۱۹۰۰ میکرولیتر بافر پتاسیم

Archive of SID

www.SID.ir

فسفات با pH ٦/١ است. افزایش در جذب در طول موج ٤١٠ نانومتر محاسبه و فعالیت آنزیمی به ازای تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بیان شد.

پروتئین: میزان پروتئین گیاهچه‌ها نیز طبق روش برادفورد (٨) تعیین شد. بدین منظور ١ میلی‌لیتر از محلول برادفورد بهمراه ١٠٠ میکرولیتر عصارهٔ آنزیمی پس از مخلوط شدن کامل، در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفت و جذب محلول در طول موج ٥٩٥ نانومتر ثبت شد. غلظت پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد.

تعیین پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء: بر اساس روش دوس (١٦) و با استفاده از اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید بعنوان فرآوردهٔ نهائی پراکسیداسیون لیپیدی غشاء انجام گرفت. نمونه‌های منجمد شده بمیزان ٠/٣ گرم در ٣ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید١٠درصد (وزن به حجم) عصاره‌گیری شد. سپس به ١ میلی‌لیتر از سوسپانسیون صاف شده، ١ میلی‌لیتر تیوباربی‌توریک اسید٥/ ٠درصد (وزنی به حجمی) به هر کدام از نمونه‌ها اضافه شد و در حمام آب گرم ١٠٠ درجه سانتی گراد بمدت ٣٠ دقیقه قرار گرفت. بعد از گذشت ٣٠ دقیقه، لوله‌ها از حمام خارج و پس از سرد شدن مالون‌دی‌آلدهید با اندازه‌گیری جذب در طول موجهای ٥٣٢ و ٦٠٠ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی (ε=١٥٥ $\mu M^{-1}cm$) محاسبه شد.

از نرم افزار SAS برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده و با مشاهده تفاوت معنی دار در آنالیز واریانس (ANOVA) مقایسه میانگینها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ($P<$٠/٠٥) صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس نشان داد (جدول١) که تنش شوری بطور معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی تأثیر گذاشته و تیمار سالیسیلیک اسید نیز سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف می شود. تنش شوری سبب کاهش چشمگیری در درصد جوانه‌زنی بذرهای تنش دیده-ای می شود که بوسیلهٔ سالیسیلیک اسید تیمار نشده باشد. با افزایش غلظت نمک درصد جوانه‌زنی بذر کاهش یافته در حالیکه سالیسیلیک اسید سبب افزایش جوانه‌زنی در تیمارهای شوری می شود. بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار ٠/٥ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و بدون تنش شوری و تنش ٥٠ میلی‌مولار مشاهده شد. پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید ٠/٥ میلی‌مولار در تنش شوری ٥٠ میلی-مولار سبب کاهش اثر مضر تنش شده و جوانه‌زنی را افزایش داد. همچنین مشاهده شد که افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به ١ میلی‌مولار اثر بازدارنده بر جوانه‌زنی تمام تیمارها دارد. سالیسیلیک اسید با غلظت ٠/٥ میلی-مولار تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی و کاهش اثر مخرب تنش شوری نشان می دهد. با افزایش غلظت نمک وزن خشک گیاهچه‌ها نیز کاهش می یابد. بالاترین وزن خشک گیاهچه در تیمارهای ٠/٥ و ١٠٠ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و بدون تنش شوری، ٠/٥ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در ٥٠ میلی‌مولار نمک و ٠/٥ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در ١٠٠ میلی‌مولار نمک مشاهده شد، اما بین تیمارهای فوق از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بدیهی است که افزایش وزن خشک ناشی از افزایش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه است. در تنش ٢٠٠ میلی‌مولار نسبت به سطوح پائین‌تر تنش، پیش تیمار بذر با ٠/٥ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید چندان سبب افزایش وزن خشک نمی شود اما در مقایسه با عدم مصرف آن در غلظت ٢٠٠ میلی‌مولار نمک وزن خشک را افزایش می دهد. بذرهای پیش تیمار شده با ١ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در تنش ٢٠٠ میلی‌مولار نمک کمترین وزن خشک را بخود اختصاص می دهند. مصرف سالیسیلیک اسید در مقایسه با عدم مصرف آن سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمارهای بدون تنش می شود. اما در گیاهچه‌های تنش دیده غلظت ٠/٥ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تنها در تیمار ١٠٠ میلی‌مولار

Archive of SID

www.SID.ir

نمک بر طول ساقه‌چه اثر گذاشته و آنها را افزایش می دهد. همچنین کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، سبب افزایش طول ریشه‌چه در تمام تیمارهای تنش دیده در مقایسه با تیمارهای تنش دیده و بدون مصرف سالیسیلیک اسید می شود.

فعالیت آنزیمهای آنتی‌اکسیدان بشدت تحت تأثیر تنش شوری قرار می گیرد. فعالیت آنزیم کاتالاز بطور معنی‌داری در بالاترین غلظت نمک و بدون پیش تیمار سالیسیلیک اسید در مقایسه با شاهد افزایش می یابد. سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سبب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نمک شد اما در تیمار۵۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌دار نیست. افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به ۱ میلی‌مولار خود سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز می شود. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در اثر تنش شوری افزایش یافته بطوریکه میزان فعالیت آن با افزایش غلظت نمک رابطهٔ مستقیم دارد. بذرهای تیمار شده با ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید زمانی که در شرایط تنش قرار گیرند میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در آنها نسبت به شاهد شان کاهش می یابد. غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید فعالیت این آنزیم را تحریک نمود. نتایج نشان می دهد که آنزیم پلی‌فنل اکسیداز بیشترین فعالیت را در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و بدون کاربرد سالیسیلیک اسید دارا می‌باشد. همچنین با افزایش سطح شوری میزان فعالیت این آنزیم نیز افزایش می یابد. کاهش فعالیت پلی‌فنول اکسیداز در اثر مصرف سالیسیلیک اسید، تنها در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و در شرایط تنش ۱۰۰ و. ۲۰۰ میلی‌مولار نمک مشاهده می شود. همچنین پیش تیمار بذرها با ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و تنش ۲۰۰ میلی‌مولار سبب کاهش در فعالیت این آنزیم شده و در دیگر سطوح تنش مؤثر نمی باشد. همانند آنزیمهای فوق فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز تحت تأثیر افزایش غلظت نمک افزایش یافته، و بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در تیماری مشاهده می شود که بیشترین غلظت نمک را داشته و تحت تأثیر پیش تیمار سالیسیلیک قرار نگرفته باشد. پیش تیمار بذر گندم با ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک سبب کاهش در میزان فعالیت پراکسیداز می شود. سنجش میزان مالون-دی‌آلدهید بعنوان فراورده نهائی پراکسیداسیون لیپیدی غشاء نشان می دهد که خیساندن بذر در محلول ۰/۵ و ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید، سبب بروز کاهش معنی‌داری در پراکسیداسیون لیپیدی غشاء در تنش شوری ۲۰۰ میلی-مولار شده، و غلظت ۰/۵ میلی مولار آن سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در تنش ۲۰۰ میلی مولار نمک می شود. تنش شوری و سالیسیلیک اسید محتوای پروتئین محلول را در تیمارهای بدون تنش و تنش شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش می دهند.

بحث

طبق نتایج بدست آمده درصد جوانه زنی بذر گندم بطور معنی‌داری در اثر تنش شوری کاهش یافته و پیش تیمار بذرها با ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید سبب افزایش درصد جوانه‌زنی می شود. مصرف خارجی سالیسیلیک اسید بر محدودهٔ وسیعی از فرآیندها از جمله جوانه‌زنی بذر (١٤) جذب و انتقال یون‌ها (٢٤) نفوذ پذیری غشا (۲) تأثیر گذار است. همچنین تصور می‌شود که سالیسیلیک اسید جذب یون بوسیله ریشه‌ها و هدایت روزنه‌ای را تنظیم می‌کند. هورمون‌های مختلفی مانند سالیسیلیک اسید، آبسیزیک اسید، ژاسمونیک اسید و اتیلن نقشهای تعیین کننده‌ای را در مورفولوژی گیاهان در پاسخ به تنش بازی می‌کنند. در بذر غلات تولید آنزیم آلفا آمیلاز از لایهٔ آلورون بوسیلهٔ هورمون ژیبرلین و آبسیزیک اسید کنترل می‌شود. این دو هورمون با یکدیگر اثر آنتاگونیستی دارند (۵۰) سالیسیلیک اسید اثری مشابه آبسیزیک اسید داشته و بازدارندهٔ جیبرلین است. پیش تیمار بذرها با سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار سبب کاهش جوانه‌زنی می شود. در حالی که غلظت ۰/۵ میلی مولار آن جوانه‌زنی را افزایش می دهد. این داده ها با نتایج Rajasekaran و همکاران در

Archive of SID

www.SID.ir

سال ۲۰۰۲ و Shakirova در سال ۱۹۹۷ (۳۹، ٤٤) مربوط به افزایش درصد جوانه‌زنی مطابقت دارد. چنین بنظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر در سیستم آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش اثر سمی و مخرب تنش شوری شده و جوانه‌زنی را افزایش داده است.

وزن خشک گیاهچه‌ها بشدت با افزایش غلظت نمک کاهش می یابد که این نتایج مطابق با نتایج Ghoulam و همکاران در سال ۲۰۰۲ می‌باشد(۲۰). آنها نیز نشان دادند که تنش شوری سبب کاهش رشد اندام هوائی و ریشه می‌شود. همچنین گزارش شده است که مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم می‌شود (٤٧). سالیسیلیک سبب افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های ذرت در شرایط تنش شوری شده است (۲۹). ساز و کاری که اسید سالیسیلیک رشد ریشه و بخش هوائی را در برخی گیاهان افزایش می دهد بخوبی شناخته نشده است اما احتمال داده می‌شود که اسید سالیسیلیک طویل شدن و تقسیم سلولی را بهمراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم نماید (٤٤). تیمار گیاه گندم با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه را که منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند را زیاد می کند (٤٤). از طرفی سالیسیلیک اسید از اکسیداسیون اکسین جلوگیری می‌کند (۱۷) که بنظر می‌رسد افزایش وزن خشک گیاهچه در ارتباط با افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر سالیسیلیک اسید باشد. زیرا تنش شوری سبب کاهش تقسیم سلولی می‌شود. عناصری مانند کادمیوم و سدیم از طریق تأثیر بر پمپهای پروتونی و اختلال در آنها سبب کاهش رشد ناشی از کاهش تقسیم سلولی و طویل شدن سلول می‌شوند (۳۱). سالیسیلیک اسید در سنتز پروتئینهای خاصی بنام پروتئین کیناز نقش دارد این پروتئینها نقش مهمی در تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زائی سلول بازی می‌کنند.

تغییرات متابولیسمی مانند تغییر فعالیت آنزیمها در پاسخ به تنشهای اسمزی و نامتعادل شدن یونها در اثر تنش شوری بوجود می‌آید. (۹). بعلاوه در اثر تنش‌های محیطی مانند تنش شوری، تنشهای اکسیداتیو حاصل از تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن، بوجود می‌آیند، که به رشد گیاهان در این شرایط آسیب می‌رساند (٤٨). در این آزمایش تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز شد در حالیکه پیش تیمار بذر با ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید یک اثر بازدارنده نشان داد و فعالیت این آنزیم را کاهش داد. سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی شبه هورمون می‌باشد که بعنوان یک تنظیم کنندهٔ داخلی نقش مهمی را در مکانیسمهای دفاع در برابر تنشهای زنده و غیر زنده بازی می‌کند (۵۱). سالیسیلیک اسید، بازدارنده فعالیت آنزیم کاتالاز که یک آنزیم پاکسازی کننده پراکسید هیدروژن است، بوده و در نتیجه با کاهش فعالیت این آنزیم سبب افزایش این ماده در گیاه می‌شود (۲٦). اگر چه پراکسید هیدروژن در غلظتهای بالا سمی است و بوسیلهٔ آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز چرخهٔ آنتی اکسیدانی آسکوربات گلوتاتیون از بین می‌رود اما در غلظتهای پائین می‌تواند نقش پیام را در فرآیندهای انتقال پیام بازی کند و ژنهای وابسته به مقاومت را در گیاه، فعال کند (۱۸). همچنین گزارشاتی مبنی بر تغییر در الگوی فعالیتی آنزیمهای آنتی اکسیدان در شرایط تنش عناصر سنگین و دیگر تنشهای غیر زنده، تحت تیمارهای سالیسیلیک اسید و بدون آن داده شده است (۳۲). که نشان می دهد که سالیسیلیک با باند شدن به آنزیم کاتالاز، سبب کاهش فعالیت آن در توتون (۱۲) و چندین گونهٔ دیگر گیاهی (٤١) می‌شود.

آنیونهای سوپر اکسید بوسیله تنش شوری در سلول تولید می‌شود زیرا مهمترین تأثیر تنش شوری اخلال در وضعیت آب سلولی است که در نتیجهٔ آن رشد کاهش می یابد همچنین افزایش تنفس در این شرایط سبب تولید این یونهای مخرب در میتوکندری سلول می‌شود. در چنین

Archive of SID

www.SID.ir

شرایطی فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز بعنوان یک آنزیم از بین برنده یون سوپر اکسید، مشابه نتایج بدست آمده افزایش می‌یابد. نتایج حاصل نشان داد که پیش تیمار بذرها با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی مولار فعالیت را کاهش داد و با افزایش غلظت به ۱ میلی مولار فعالیت این آنزیم زیاد می شود. با افزایش فعالیت این آنزیم سمیت‌زدایی یون سوپراکسید افزایش و آسیبهای حاصله از آن در گیاه کاهش می‌یابد چون کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید مقاومت به تنش شوری و خشکی را در گیاهان افزایش می‌دهد (۵۲). بنابراین سالیسیلیک اسید با افزایش دادن مقاومت گیاهچه‌ها به شوری از طریق افزایش فعالیت آنزیمها برای مقابله با تنش عمل می کند. تأثیر سالیسیلیک اسید در تعدیل پاسخ گیاه و کاهش فعالیت آنزیمها در محدوده وسیعی از تنشهای اکسیداتیو گزارش شده است (٤٦). بطور کلی تنش اکسیداتیو حاصل افزایش سطح رادیکالهای آزاد اکسیژن درون سلولی است. افزایش فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدان ممکن است راهی برای تحمل گیاه به تنشهای محیطی باشد و از آنجائیکه مصرف ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید سبب کاهش فعالیت آنزیم سوپر اکسید نسبت به عدم مصرف آن می گردد می‌توان نتیجه گرفت که ممکن است این ماده بطور مستقیم در از بین بردن رادیکالهای آزاد نقش داشته و با پاکسازی این گونه-های فعال، از افزایش فعالیت آنزیم جلوگیری کند. طبق نتایج بدست آمده تنش شوری فعالیت آنزیمهای پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز را نیز افزایش می دهد و پیش تیمار بذرها با سالیسیلیک اسید سبب کاهش آن گردید پراکسیدازها از جمله آنزیمهائی بشمار می‌روند که نقش بسیار مهمی را در پاسخ به تنشهای غیر زیستی مانند شوری دارند. پراکسیدازها مسئول حذف مقادیر اضافی پراکسید هیدروژن می‌باشند. اسید سالیسیلیک بطور مستقیم یا غیر مستقیم آنزیمهای آنتی اکسیدان را فعال می‌کند. اسید سالیسیلیک می‌تواند بعنوان یک سوبسترای دهنده الکترون برای کاتالاز و پراکسیداز عمل نماید. در بیشتر موارد مشاهده شده این بررسی، افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به ۱ میلی‌مولار، فعالیت آنزیمها را نسبت به غلظت ۰/۵ میلی‌مولار آن که مسبب کاهش فعالیت، افزایش داده است. چنین بنظر می‌رسد که این افزایش غلظت خود بصورت یک تنش در گیاه عمل نموده و بالا رفتن فعالیت آنزیمی مشاهده شده را سبب شود. در ذرت نیز پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید سبب افزایش فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدان شده است (۲۷). بنابراین نتایج نشان می دهد که کاربرد سالیسیلیک اسید تا حدی موجب بر طرف شدن برخی اثرات سمی و مخرب تنش ناشی از کلرور سدیم در گیاه می‌گردد.

تحت تیمار شوری مقدار مالون‌دی‌آلدهید حاصل از تنش اکسیداتیو در گیاهچه‌ها افزایش یافت بطوریکه با افزایش غلظت نمک محتوای مالون‌دی‌آلدهید افزایش معنی داری یافت. غلظت ۰/۵ میلی مولار سبب کاهش محتوای مالون-دی‌آلدهید در بذرهای تنش دیده شد. افزایش تولید مالون-دی‌آلدهید و کاهش آن در اثر مصرف سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری در عدسک آبی نیز مشاهده شده است (۳۷). تیمار نمک و تنش شوری سبب کاهش یکپارچگی غشاء سلولی و آزاد شدن الکترولیتها و مواد درون سلول می‌شود. این نتایج با نتایج بور و همکاران (۲۰۰۳) که نشان دادند تنش شوری سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدی برگهای چغندر قند(*Beta vulgaris*) می‌شود مطابقت دارد (٦). افزایش مالون‌دی‌آلدهید در بذرهایی که تحت پیش تیماری قرار نگرفتند بیشتر و با افزایش غلظت نمک غلظت مالون‌دی‌آلدهید زیاد شد. کاهش آسیب غشاء سلولی در پاسخ به تیمار سالیسیلیک اسید که با افزایش وزن خشک گیاهچه های تنش دیده همراه است می تواند نمایانگر مسئله القاء سیستم دفاع آنتی اکسیدانی بوسیله اسید سالیسیلیک، با از بین بردن رادیکالهای آزاد بطور مستقیم و یا توسط آنزیمهای آنتی‌اکسیدان باشد، که خسارت ناشی از این گونه‌های فعال را کاهش دهد و در نتیجه پراکسیداسیون لیپیدی غشاء کاهش یافته است. این گونه

Archive of SID

www.SID.ir

بنظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید با پاکسازی رادیکالهای آزاد، از اکسیداسیون چربیها جلوگیری نموده و مانع افزایش مالوندی‌آلدهید شود. همچنین این رادیکالهای آزاد می‌توانند به ساختار پروتئینها آسیب زده و کاهش محتوای پروتئینها را در پی داشته باشد (۳٦). محتوای پروتئین به میزان اختلاف بین سنتز و تجزیه آن بستگی دارد. پژوهشگران متعددی کاهش مقدار پروتئین و افزایش نیترات، آمونیوم و اسید های آمینه آزاد را تحت شرایط شور گزارش گرده اند (۵۳). کاهش در محتوای پروتئین همچنین می‌تواند بدلیل کاهش فعالیت آنزیمهای نیترات ردوکتاز، گلوتامین سنتتاز و گلوتامین ۲ – اگزالوگلوتارات آمینو ترانسفراز در اثر تنش شوری باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که پیش تیمار بذر گندم با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار اثر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته و با تأثیر بر سیستم دفاع آنتی اکسیدانی گیاه سبب افزایش مقاومت گیاهچه‌های گندم تحت تنش شوری می‌گردد.

جدول۱: تجزیهٔ واریانس صفات مختلف جوانه‌زنی، فعالیت آنزیمی، محتوی مالوندی‌آلدهید و غلظت پروتئین گیاهچه‌های گندم در شرایط تنش شوری و مصرف سالیسیلیک اسید. ** و * بترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد است.

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	در صد جوانه زنی بذر	وزن خشک گیاهچه	طول‌ساقه‌چه	طول‌ریشه‌چه	فعالیت کاتالاز	فعالیت سوپراکسید دیسموتاز	فعالیت پلی‌فنول اکسیداز	فعالیت پراکسیداز	غلظت مالوندی‌آلدهید	غلظت پروتئین
تنش	۳	۱٤۷۵/۷۳**	۰/۱۸۱**	۳۵/۱۸	۱٦/٤۱**	۳۹۹/۱۷**	۱۰٤۹۱/۷۱**	۱۳۷/۱۳**	۱۰۹۲٦/٤۸**	۰/۰۵۲**	۰/۰۰۱۵۲**
سالیسیلیک	۲	۵٤۲٦/٤۳**	۰/۵۱**	٦/۳۳**	۲۷/۲۵**	۳۷٦/۱۵**	۲۳۲٤٦/۱۳**	۸۳/٤٦**	٤۵۱۹۷/۲٦**	۰/۰۱٦	۰/۰۰۰۷۱**
تنش×سالیسیلیک	٦	۲٤۵/۲۷**	۰/۰۲۸**	٤/٦٤**	۳/۱۹**	۷۳/٤٦**	۸۵۰۷/۲**	٦۳/۲۰**	٤۵۷۲/۷۹**	۰/۰۱٤**	۰/۰۰٦۱۸**
خطای آزمایشی	۲٤	۲۰/۲٦	۰/۰۰۰۳	۰/۸۸	۰/۲۲	٤/٤۰	٦۱٦/۹۱	۱/۳۷	٤/۳۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۰٤

جدول۲: مقایسه میانگین صفات مختلف جوانه‌زنی، فعالیت آنزیمی، محتوی مالوندی‌آلدهید و غلظت پروتئین گیاهچه‌های گندم به روش دانکن تحت تنش شوری و مصرف سالیسیلیک اسید.

تیمار	درصد جوانه زنی بذر	وزن خشک گیاهچه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	فعالیت کاتالاز	فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز	فعالیت پلی‌فنول‌اکسیداز	فعالیت پراکسیداز	غلظت مالون‌دی‌آلدهید	غلظت پروتئین
N_1S_1	٤۸/۵۷b	۰/۳۷c	٦/٦٦cd	٤/۵٦cd	۸/۰۹e	٦۹۷/۵de	٤/٦e	۱۷۲/۹e	۰/۱۷c	۰/٦۱٦a
N_1S_2	۷۲/۸٦a	۰/۷۳a	۹/۰۳ab	۸/۰٦a	۷/۰۷e	٦۷۷/۱e	۵/٤۹de	٤۲/۲k	۰/۲۱bc	۰/٦۰۵ab
N_1S_3	۱۹/۵۲de	۰/۷٤a	۹/۹۲a	۸/۰٦a	۹/٤۸de	۷۲۸/۳cd	۵/٤۸de	۱٦٤/۱g	۰/۲۵bc	۰/۵٤۸f
N_2S_1	۲۲/۸٦d	۰/۲۷d	۷/۰۱cd	۳/٦٤ef	۸/۳۵e	۷۰۰/۱de	٦/۲٦cde	۱۸۱/۷c	۰/۲۵bc	۰/٦۰۲bc
N_2S_2	٦۵/۲۳a	۰/۷٤a	۸/۰۳bcd	۷/۳a	٦/۳٤e	۵۷۸/۳f	٦/٦۸cde	٦۸/٤j	۰/۲۱bc	۰/۵۹۲c
N_2S_3	۱۳/۳۳ef	۰/۲۷d	۸/۱۹bcd	۳/۵۳ef	۱۸/۸c	۷۰۷/۳cde	۵/٦۹cde	۱٦۹/٤f	۰/۳۰bc	۰/۵٦۱e
N_3S_1	۱۱/۹ef	۰/۲۳e	٦/٤٦de	۳/٦ef	۱۸/۷۲c	۷٤۹bc	۹/۸۳b	۲۳٤/٦b	۰/۳۲b	۰/۵۹۸bc
N_3S_2	٤۵/۷۱b	۰/۷۱a	۸/۳٤bc	٦/۲۵b	۸/۹۱de	٦۷۲/۹e	۷/۸c	۱۰۳/۱i	۰/۲۳bc	۰/۵۷۷d
N_3S_3	۱۲/۳۸ef	۰/۲۲e	٤/۹٦ef	۳/۸de	۲۳/۲۲b	۷۳۵/۸cd	٦/۸٤cde	۱٦۱/٤g	۰/۳۰bc	۰/۵٦٦de
N_4S_1	۸/۵۷f	۰/۱۸f	۳/۲۲ef	۳۱/۵۱a	۷۸۹/٦ab	۲٤/٦۳a	۲۹۳/۵a	۰/۵۳a	۰/٤۸۸g	
N_4S_2	۳٤/۲۸c	۰/۲۹d	٤/٦٦fg	۵/۰۸c	۱۲/۲۱d	۷۳۹/۲cd	۱۰/۱۲b	۱۷۸/۱d	۰/۳۳b	۰/٤۸۵g
N_4S_3	۱۰/۹۵f	۰/۰۸g	٤/۱۱g	۲/۸٦f	۲٦/۱۱b	۸۲۷/۵a	۷/۰٤cd	۱٤٤/۷h	۰/۳۲b	۰/٤۸۷g

در هر صفت و گروه مقایسه شده، تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری ندارند. N نمک و S سالیسیلیک اسید می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1-Aldesuquy, HS., Mankarios AT., Awad HA (1998). Effect of some antitranspirants on growth, metabolism and productivity of saline-treated wheat plants. Induction of stomatal closure, inhibition of transpiration and improvement of leaf turgidity. Acta Bot Hungarica 41:1–10.

2-Barkosky, RR., Einhellig FA (1993). Effects of salicylic acid on plant–water relationships. J Chem Ecol 19:237–247.

3-Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teave, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil.39:205-207.

4-Bezrukova, M., Sakhabutdinova, V. Fatkhutdinova, R, Kyldiarova, R.A. Shakirova, I, Sakhabutdinova, F.A.R. (2001).The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ), 2, 51–54.

5-Bohnert, H.J., Nelson, D.E., and Jensen, R.G. (1995). Adaptation to environmental stresses. Plant Cell 7, 1099–1111.

6-Bor, M.,O¨ zdemir F. and Tu¨ rkan I. (2003). The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Sci. 164: 77–84.

7-Borsani, O., Valpuesta, V.and Botella, M.A. (2001). Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiol. 126:1024–1030.

8-Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annu. Rev. Biochem.72:248-254.

9-Bray, E.A. (1997). Plant responses to water deficit. Trends Plant Sci. 2, 48–54.

10-rkhanova, E. A., Fedina A. B., Kulaeva O. N., (1999). Effect of salicylic acid and (2′-5′)-oligoadenylates on protein synthesis in tobacco leaves under heat shock conditions: A comparative study. Russ. J. of Plant Physiol., 46, 16–22.

11-Cakmak, I. and Horst, W. (1991). Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysin max*). Plant Phisiol.83:463-468.

12-Chen, Z, Ricigliano JR, Klessig DF. (1993a). Purification and characterization of a soluble salicylic acid binding protein from tobacco. Proc Natl. Acad. Sci. USA 90: 9533-9537.

13-Chen, Z, Iyer S, Caplan A, Klessig DF, Fan B. (1997). Differential accumulation of salicylic acid and salicylic acid-sensitive catalase in different rice tissues. Plant Physiol 114: 193–201.

١٤-Cutt, J.R. and Klessig D.F. (1992). Salicylic acid in plants: A changing perspective. Pharmaceu. Technol. 16: 25–34.

15-Dat, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H and Scott, I.M (1998). Parallel changes in H2O2 and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant Physiol. 116:1351-1357.

16-De Vos, C. Schat, H. De Waal, M. Vooijs, R and Ernst, W. (1991). Increased to copper-induced damage of the root plasma membrane in copper tolerant silene cucubalus, Plant Physiol.82:523-528.

17-Fariduddin, Q., Hayat S., Ahmad A. (2003). Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica. 41 (2): 281-284.

18-Foyer, CH, Lopez-Delgado H, Dat JF, Scott IM. (1997). Hydrogen peroxide- and glutathione-associated mechanisms of acclamatory stress tolerance and signalling. Plant Physiol 100: 241–254.

19-Ghanati, F. Morita, A and Yokota, H. (2002). Induction of suberin and increase of liginin content by exess Boron in Tabacco cell. Soil Science. Plant Nutrition.48:3:357-364.

20-Ghoulam, C.F., Ahmed F and Khalid F. (2001). Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environ. Exp. Bot. 47: 139–150.

21-Giannopolitis, C and Ries, S. (1997). Superoxid desmutase. I.Occurence in higher plant. Plant Physiol.59:309-314.

22-Glass, ADM, Dunlop J. (1974). Influence of phenolic acids on ion uptake. IV Depolarization of membrane potentials. Plant Physiol 54:855–858.

Archive of SID

www.SID.ir

23-Glass, ADM. (1975). Inhibition of phosphate uptake in barley roots by hydroxy-benzoic acids. Phytochem. 14:2127–2130.

24-Harper, J.P. and Balke N.E. (1981). Characterization of the inhibition of K+ absorption in oat roots by salicylic acid. Plant Physiol. 68: 1349–1353.

25-Hausladen, A and Alscher R.G. (1993). Glutathione-active oxygen in plants. In: Alscher R.G. and Hess J.L. (eds), Antioxidants in Higher Plants. CRC Press, Boca Raton, pp. 12–15.

26-Horváth, E, Janda T, Szalai G, Páldi E (2002). *In vitro* salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between the isoenzymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. Plant Sci 163:1129-1135.

27-Janda, T., Szalai, G. Tari, I and Paldi, E. (1999). Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta 208:175-180.

28-Kawano, T., Muto, S. (2000). Mechanism of peroxidase actions for salicylic acid-induced generation of active oxygen species and an increase in cytosolic calcium in tobacco cell suspension culture. – J. exp. Bot. 51: 685-693.

29-Khodary, S.E.A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. Int. J. Agri. Biol. 6: 5–8.

30-Leung, J, Bouvier-Durand M, Morris PC, Guerrier D, Chedfor F, Giraudat J (1994) Arabidopsis ABA-response gene ABI1: features of a calcium-modulated protein phosphatase. Plant Sci. 264: 1448–1452.

31-Liu, D., Jiang W, and Gao, X. (2003/4). Effect of cadmium on root growth, cell division and nucleoli in root tip cells of garlic. Biol. Plant., 47(1), 79-83.

32-Matewally, A., I. Finkemeir, M. Georgi, K –j. Dietz, (2003). Salicylic acid alleviates cadmium toxicity in barley seedlings, Plant Physiol. 132, 272-281.

33-Mishra, N.P., Mishra R.K. and Singhal G.S. (1995). Changes in the activities of anti-oxidant enzymes during exposure of intact wheat leaves to strong visual light at different temperatures in the prescence of protein synthesis inhibitors. Plant Physiol. 102: 903–910.

34-Mishra, A., Choudhuri M. A., (1999). Effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. Biol. Plant, 42, 409–415.

35-Morris, K., S. A.-H. Mackerness, T. Page et al., (2000). Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. Plant J., 23, 677–685.

36-Noctor, and Foyer CH. (1998). Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 49, 249-279.

37-Panda, S.K., Upadhyay, R.K (2004). Salt stress induces oxidative alterations and antioxidative defense in the roots of Lemna minor. Biol. Plant., 48(2), 249-253.

38-Rajasekaran, LR, Blake TJ (1999). New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings. J Plant Growth Regul 18:175–181.

39-Rajasekaran, L.R., Stiles A and Caldwell C.D. (2002). Stand establishment in processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Can. J. Plant Sci. 82: 443–450.

40-Raskin, I, (1992). Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol.,43, 439–463.

41-Sanchez-Casas, P, Klessig DF (1994). A salicylic acid-binding activity and a salicylic acid-inhibitable catalase activity is present in a variety of plant species. Plant Physiol 106: 1675-1679.

42-Senaratna, T., Touchell, D., Bunn E., Dixon K., (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regul, 30, 157–161.

43-Shakirova, F.M., Bezrukova M.V., (1997). Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biology Bulletin, 24, 109–112.

44-Shakirova, F.M., Sahabutdinova D.R (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic aicd and salinity. Plant Sci. 164: 317-322.

45-Shim, I.S., Naruse Y., Kim Y.H., Kobayashi K. and Usui K. 1999. Scavenging activity of NaCl-induced activated oxygen in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salt tolerance. Jpa. J. Trop. Agr. 43: 32–41.

46-Shirasu, K, Nakajima H, Rajashekar K, Dixon RA, Lamb C (1997). Salicylic acid potentiates an agonist-dependent gain control that amplifies pathogen signal in the activation of defense mechanisms. Plant Cell 9: 261–270.

Archive of SID

www.SID.ir

47-Singh, B and Usha K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul. 39: 137–141.

48-Smirnoff, N (1993). The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. New Phytol 125: 27-58.

49-Srivastava, M.K., Dwivedi U.N., (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Sci, 158, 87–96.

50-Sun, TP, Gubler F (2004). Molecular mechanism of gibberellin signaling in plants. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 55:197–223.

51-Szalai, G, Tari I, Janda T, Pestenácz A, Páldi E (2000). Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. Biol Plant 43:637-640.

52-Tari, I, Csiszár J, Szalai G, Horváth F, Pécsváradi A, Kiss G, Szepesi Á, Szabó M, Erdei L (2002). Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. Acta Biol Szeged 46(3-4):55-56.

53-Yonis, M.E., Abbas M.A., Shukry W.M. (1993). Effect of salinity of growth and metabolism of Phaseolus vulgaris. Biologia Plantarum. 35(3): 417-424.

54-Zhang, J., and Kirkham M.B. (1996). Lipid peroxidation in sorghum and sunflower seedlings as affected by ascorbic acid, benzoic acid, acid and propyl gallate. J. Plant Physiol. 149:489–493.

Effect of Pretreatment of Salicylic acid on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed Germination under Salt Stress

Doulatabadian A., Modarres Sanavy S.A.M. and Etemadi F.

Agronomy Dept., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. of IRAN

Abstract

The effects of pretreatment of Salicylic acid on wheat seed germination (*Triticum aestivum* L. cvs. Roshan), lipids peroxidation, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), polyphenol oxidase (PPO) peroxidase (POX) activity in salt stress condition was investigated. Treatments of wheat seedlings with different concentrations of salicylic acid (SA) for seedling growth (0, 0.5, 1mM) have been used. Salt stress was inducted by NaCl solution (0, 50 100, 200 mM). For this purpose after surface sterilization of seeds, they were soaked in SA solutions for 24 h and then dried by sterile paper then transferred in to sterile petri dishes and added 10 ml NaCl solution with different concentrations. After one week number of germinated seed, radical length, seedling length and dry weight were recorded. Antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation were assayed too. The results showed salinity decreased seed germination. Thus, high concentration of NaCl (200mM) decreased germination 17/6% than control treatment. Influence of SA was significant and increased percent of germination in stressed and control treatments. SA increased the level of cell division of seedlings and roots which caused an increase in plant growth. Enzymes assay showed, enzyme activity was increased in salt stress conditions and SA reduced activity of antioxidant enzyme. In brief, the SA treatment reduced the damaging action of salinity on seedling growth and accelerated a restoration of growth processes.

Keywords: Salicylic acid, Germination, Antioxidant enzymes, Salt stress, Wheat

Archive of SID

www.SID.ir