اثر سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و شاخص‌های فیزیولوژی در نخل زینتی تحت تنش شوری

محمدرضا صالحی سلمی[1*]، سرور عیسی سلامی[2]، بابک پاکدامن سردرود[3]

[1]استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

[2]کارشناس‌ارشد گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

[3]استادیار گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۷

چکیده

گیاهان در مراحل مختلف زندگی با شرایط تنشی گوناگونی مواجه هستند. شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محسوب می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش رشد و تولید انواع اکسیژن‌های واکنش‌گر گردد. سالسیلیک اسید یک هورمون گیاهی برای کاهش اثرات مضر بسیاری از تنش‌ها شناخته‌شده است. در تحقیق حاضر اثر پیش تیمار بذر با سالسیلیک اسید به مدت ٢٤ ساعت در غلظت‌های صفر، ۰/۵ ، ۱ و ۲ میلی‌مولار بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه نخل زینتی تحت شرایط تنش شوری در سطوح صفر، ۱۰۰ ، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مطالعه شد. نتایج مبین کاهش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در اثر حضور کلرید سدیم بود. به‌طوری‌که طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در غلظت ٤۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کمترین مقدار را نشان داد. در مقابل، سالسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را در شرایط تنش شوری و غیر تنش افزایش داد. سنجش فعالیت آنزیمی نشان داد که فعالیت آنزیم‌ها در شرایط تنش شوری افزایش‌یافته و سالسیلیک اسید سبب کاهش فعالیت این آنزیم‌ها یا به عبارتی کاهش اثر تنش شوری می‌شود. درمجموع نتایج این پژوهش نشان داد با استفاده از غلظت مناسب سالیسیلیک اسید (۱ میلی‌مولار) به‌صورت پیش تیمار بذر، می‌توان اثرات منفی تنش شوری بر پارامترهای مرتبط با جوانه‌زنی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدانت، جوانه‌زنی، نمک، *Phoenix canariensis*.

مقدمه

نخل زینتی (*Phoenix canariensis*) از خانواده پالماسه (Palmaceae)، به‌عنوان درختی زینتی در فضای سبز مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کاشته می‌شوند. این گیاه بومی مناطق گرمسیری، نظیر کشور گواتمالا، برزیل، سواحل مدیترانه و جزایر قناری می‌باشد. این گیاه همیشه‌سبز و به‌صورت درخت می‌باشد (Burnie et al., 2006). این نخل رشد بسیار آهسته داشته و پس از آن که قطر تنه به رشد نهایی رسید، رشد عمودی آن افزایش می‌یابد. روش تکثیر این گیاه با بذر و پاجوش می‌باشد و به اغلب خاک‌هایی با زهکشی خوب، سازگار است (Nehdi et al., 2010). این گیاه در قسمت‌های جنوبی ایران، به‌ویژه در استان خوزستان رشد خوبی دارد. با این وجود نسبت به درخت خرما مقاومت کمتری به تنش‌های محیطی دارد.

*نویسنده مسئول: mrsalehisalmi@gmail.com

بخشی از سطح خشکی‌های زمین، تقریباً شش درصد، تحت تأثیر شوری قرار دارد و سالانه حدود دو میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی به زمین‌های شور تبدیل می‌شوند، که فاقد کارآیی برای تولید محصول شده و یا تولید در آن‌ها کاهش می‌یابد. شوری یک فاکتور محیطی است که تمام مراحل رشد و نمو گیاه از جوانه‌زنی تا تولید زیست‌توده و دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته پاسخ گیاهان به شوری بسته به نوع گیاه، مراحل نموی گیاه، شدت و مدت تنش متفاوت است (Ashraf and Orooj, 2006; Manchanda and Garg, 2008). بر اساس آمار موجود، بالغبر ۶/۱۰ میلیارد مترمکعب از آب‌های سطحی در کشور ایران شامل آب‌های شور و لب‌شور می‌باشد گیاهان مکانیسم‌های پیچیده‌ای برای سازگار شدن با تنش اسمزی و سمیت یون‌ها به کار می‌برند، که بسته به نوع گیاه و میزان حساسیت آن‌ها به شوری متفاوت است. مثلاً در گیاهان مقاوم به شوری یون‌های سدیم و کلسیم در واکوئل و در ارقام حساس در سیتوپلاسم سلول تجمع پیدا می‌کنند (Gholam et al., 2002). کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است (Zhu, 2001). اثر زیان‌بار شوری زیاد بر گیاهان را می‌توان در سطح کل گیاه، مثل مرگ گیاه و یا کاهش محصول مشاهده نمود (Kumar and Bandhu, 2005). اگرچه تنش شوری در تمام مراحل رشدی گیاه می‌تواند رخ دهد، اما با توجه به اینکه استقرار اولیه گیاه در عملکرد نهایی تأثیر زیادی دارد، در مرحله گیاهچه‌ای برای گیاه می‌تواند بسیار مضر باشد (Rauf et al., 2007). جوانه‌زنی تعیین‌کننده شروع رشد گیاهچه می‌باشد و به دنبال آن استقرار گیاهچه مهم‌ترین مرحله در چرخه زندگی گیاه است، یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده موفقیت و یا عدم موفقیت در استقرار گیاهچه شوری خاک می‌باشد (Delesalle and Blum, 1994). دمیر و اوزتورک (Demir and Ozturak, 2003) در بررسی سطوح مختلف شوری آب و خاک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سه رقم گلرنگ، مشاهده کردند که طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش سطوح شوری کاهش می‌یابد.

هورمون سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد، که به‌عنوان یک مولکول مهم برای تعدیل پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی شناخته شده است (Afzali et al., 2006; El-tayeb, 2005; Khodary, 2004). سالیسیلیک اسید با تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت نظیر سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز موجب افزایش موقت و جزئی در مقدار H_2O_2 گردیده که منجر به القای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول می‌گردد، نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی بر عهده دارد، بایستی در زمره هورمون‌های گیاهی دسته‌بندی شود (Ben Hamed et al., 2007). گزارش‌شده است سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچه‌های گندم و مقاومت به کمبود آب می‌گردد. کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید سبب ایجاد تحمل به گرما، سرمازدگی و تنش شوری در دولپه‌ای‌ها نیز می‌گردد (Shakirova and Bwzrukova, 1997). در پژوهشی تأثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، رشد، فعالیت آنزیمی اکسیدانی و میزان اکسیداسیون لیپیدهای غشائی گیاهچه‌های گندم در شرایط تنش شوری موردبررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج درصد جوانه‌زنی بذر گندم به‌طور معنی‌داری در اثر تنش شوری کاهش‌یافته و پیش تیمار بذرها با ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، سبب افزایش درصد جوانه‌زنی شد (Doulatabadian et al., 2009). نتایج بررسی اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی اسطوخودوس در شرایط تنش شوری و خشکی، نشان داد که با افزایش تنش شوری و خشکی به‌طور معنی‌داری از درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقچه و بنیه بذر کاسته شد. همچنین در زمان عدم تنش شوری و خشکی، پیش تیمار با سالیسیلیک اسید منجر به افزایش معنی‌دار در صفات موردبررسی در مقایسه با شاهد نشد و درمجموع نتایج نشان داد که پیش تیمار بذر توسط سالیسیلیک اسید در مناطق شور و خشک می‌تواند باعث مقاومت بذر گیاه دارویی

اسطوخودوس در مرحله جوانه‌زنی شود (Sangin-abadi and Khorasani nejad, 2015). در پژوهشی تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر بهبود ویژگی جوانه‌زنی گیاه توت روباه (*Sanguisorba minor* L.) در شرایط رویارویی آن با تنش شوری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری کلیه صفات موردبررسی کاهش یافت، بااین‌وجود سرعت جوانه‌زنی بذور تیمار شده با سالیسیلیک اسید بهبود معنی‌داری داشت (Zare et al., 2010).

جوانه‌زنی و رشد و نمو دانه رست‌ها مراحل مهمی از زندگی گیاه کامل و همچنین حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه نسبت به تغییرات محیط پیرامون هستند. بنابراین مطالعه چگونگی مهار این مراحل در گیاهانی که در معرض تنش قرارگرفته‌اند راه مناسبی برای درک اثرات سمی آن‌ها بر گیاهان محسوب می‌شود. هدف از تحقیق حاضر بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرهای نخل زینتی به تنش شوری و امکان بهبود جوانه‌زنی در شرایط تنش با کاربرد سالسیلیک اسید و یافتن غلظت مناسب این هورمون جهت تعدیل تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر شوری و سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و ویژگی‌های فیزیولوژی نخل زینتی، پژوهشی در آزمایشگاه فیزیولوژی گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل تنش شوری در چهار سطح به ترتیب صفر (آب مقطر)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و چهار سطح سالیسیلیک اسید صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) بود.

بذرها از درخت نخل زینتی موجود در محوطه دانشگاه تهیه شد، پس از جداسازی گوشت میوه بوسیله دست، تا شروع پژوهش، بذرها در پاکت کاغذی و در شرایط آزمایشگاهی و محیط تاریک نگهداری شدند. در شروع آزمایش بذرها به‌مدت ٢٤ ساعت در محلول‌های سالیسیلیک اسید به‌طور جداگانه خیسانده شد. پس از آن تعداد ۱۰۰ عدد بذر خیس‌خورده به ظروف یک‌بار مصرف پوشش‌دار حاوی کاغذ صافی انتقال یافت. برای ایجاد سطوم مختلف تنش شوری از محلول کلرید سدیم و به میزان ۱۰ میلی‌لیتر در هر ظرف استفاده شد. سپس بذرها برای جوانه‌زنی در دستگاه ژرمیناتور و دمای ۲۵ درجه سلسیوس در شرایط تاریکی قرار گرفتند. شمارش بذور جوانه‌زده به‌صورت روزانه و در ساعات معینی از روز انجام شد. بذوری جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل ۲ میلی‌متر بود. بعد از گذشت سه ماه صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه چه اندازه‌گیری شد. سپس از برگ‌ها برای اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیکی استفاده شد، که عبارت‌اند از:

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز: برای اندازه‌گیری میزان فعالیت این آنزیم از روش Chance و Maehly (۱۹۹۵) با اندکی تغییرات استفاده شد. اندازه‌گیری بر اساس میزان اکسید شدن گوایکول توسط این آنزیم انجام گرفت. در این روش ۳۳ میکرولیتر از عصاره استخراج را با ۱ میلی‌لیتر از محلول پراکسیداز و به مدت یک دقیقه با فواصل ۱۰ ثانیه در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر جذب آن قرائت گردید. فعالیت آنزیم با توجه به میزان تتراگایاکول تشکیل شده اندازه‌گیری شد و با استفاده از ضریب خاموشی ۲٦/٦ $cm^{-1}mM^{-1}$ محاسبه گردید.

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: برای اندازه‌گیری میزان فعالیت این آنزیم از روش Beauchamp و Fridovich (۱۹۷۱) استفاده شد. بر اساس این روش ۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج را با یک میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری سوپراکسید دیسموتاز که شامل ۵۰ میلی مول بافر فسفات پتاسیم (pH=۷/۸)، ۷۵ میکرومولار NBT (Nitro

(Blue Tetrazolium)، ۱۳ میلی مولار ال- متیونین، ۰/۱ میلی مولار EDTA (Ethylene Diamine Tetra Aceticacid) و ۲ میکرومولار ریبوفلاوین است مخلوط گردید. جهت انجام واکنش این مخلوط به‌مدت ۱۵ دقیقه در اتاقک نور قرار گرفت. سپس محلول حاصل را در دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل AE-S60-4U، ساخت کشور چین) قرار داده و میزان جذب نوری آن در طول‌موج ٥٦٠ نانومتر قرائت شد.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز: برای اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم از روش ارائه‌شده توسط Aebi (1984) با کمی تغییر استفاده شد. ۰/۵ گرم از برگ کاملاً پودر شده و ۵ میلی‌لیتر بافر ۵۰ میلی‌مولار فسفات پتاسیم pH=۷ به آن اضافه گردید. پس از سانتریفیوژ در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه، سوسپانسیون حاصل در دمای ٤ درجه سلسیوس، رو شناور برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز برداشت شد. مخلوط واکنش اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز شامل ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج‌شده و ۱۲/۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن بود. بی‌درنگ کاهش جذب در طول‌موج ۲٤۰ نانومتر به مدت ٦۰ ثانیه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بررسی و قرائت شد. درنهایت میزان پراکسید هیدروژن تجزیه شده با استفاده از ضریب خاموشی (ضریب خاموشی $۳۹/٤\ mM^{-1}cm^{-1}$) محاسبه گردید.

سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز: سنجش فعالیت این آنزیم بر اساس روش Ghanati و همکاران (۲۰۰۲) تعیین گردید. ۰/۲ گرم از برگ در نیتروژن مایع و در بافر پتاسیم فسفات ۰/۰۲ مولار، ۸/٦ =pH سائیده و عصاره‌گیری شد، سپس همگن حاصل سانتریفیوژ و محلول رویی جهت اندازه‌گیری مورداستفاده قرار گرفت. مخلوط واکنش شامل ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، ۵۰۰ میکرولیتر آب‌اکسیژنه ۵ میلی‌مولار و ۵۰۰ میکرولیتر متیل‌کاتکول ۰/۰۲ مولار در ۱۹۰۰ میکرولیتر بافر پتاسیم فسفات با ٦/۱ =pH بود. افزایش در جذب در طول‌موج ٤۱۰ نانومتر محاسبه و فعالیت آنزیمی به ازای تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بیان شد.

سنجش میزان مالون‌دی‌آلدئید: میزان مالون‌دی‌آلدئید تولیدشده، با استفاده از روش Heath و Packe (۱۹٦۸) اندازه‌گیری شد. بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم برگ توسط ۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۱٪ (تری‌کلرو استیک‌اسید) استخراج شد. سپس عصاره به‌دست‌آمده به‌مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. سپس ۱میلی‌لیتر از محلول حاصل از سانتریفیوژ ٤ میلی‌لیتر محلول ۲۰٪ تری‌کلرو استیک‌اسید حاوی ۰/۵٪ تیوباربیتوریک اسید اضافه شد. سپس مخلوط حاصل را به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس حمام آب گرم حرارت داده و سپس نمونه‌ها را به‌سرعت سرد شد. بعدازاین مراحل مخلوط حاصل را به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط و دور ۱۰۰۰۰rpm سانتریفیوژ گردید. در پایان جذب محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول‌موج ۵۳۲ نانومتر (طول‌موج اختصاصی) و ٦۰۰ نانومتر (طول‌موج غیراختصاصی) خوانده شد.

سنجش پروتئین: میزان پروتئین برگ‌های گیاهچه نیز طبق روش Bradford (۱۹۷٦) تعیین شد. بدین‌منظور ۱ میلی‌لیتر از محلول برادفورد به همراه ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی پس از مخلوط شدن کامل، در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفت و جذب محلول در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر ثبت شد. غلظت پروتئین برحسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد. از نرم‌افزار SAS 9.4 برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده و با مشاهده تفاوت معنی‌دار در آنالیز واریانس (ANOVA) مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ($P<۰/۰۵$) صورت گرفت.

نتایج

تنش شوری سبب کاهش چشمگیر درصد جوانه‌زنی بذرهای تنش دیده‌ای شد که به‌وسیله سالسیلیک اسید تیمار نشده بودند. با افزایش غلظت NaCl درصد جوانه‌زنی بذر کاهش یافت، درحالی‌که سالسیلیک اسید سبب افزایش جوانه‌زنی در تیمارهای شوری شد. بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار ۱ میلی‌مولار سالسیلیک اسید و بدون تنش شوری مشاهده شد. پیش تیمار بذر با سالسیلیک اسید سبب کاهش اثر مضر تنش شد و جوانه‌زنی را افزایش داد. همچنین مشاهده شد که افزایش غلظت سالسیلیک اسید به ۲ میلی‌مولار اثر بازدارنده بر جوانه‌زنی تمام تیمارها داشت. سالسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی و کاهش اثر مخرب تنش شوری نشان داد (جدول). با افزایش غلظت نمک وزن خشک گیاهچه‌ها نیز کاهش یافت. بالاترین وزن خشک گیاهچه در تیمارهای ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بدون تنش شوری و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در حضور غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد، اما بین تیمارهای فوق ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بدیهی است که افزایش وزن خشک ناشی از افزایش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه است. در شوری ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار، پیش تیمار بذرها با غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید نسبت به تیمار شاهد (صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) تفاوت نداشتند و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول). مصرف سالسیلیک اسید در مقایسه با عدم مصرف آن سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمارهای بدون تنش شد. اما در گیاهچه‌های تنش دیده غلظت ۱ میلی‌مولار سالسیلیک اسید نسبت به سایر سطوح سالیسیلیک اسید بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه اثر گذاشته و آن‌ها را افزایش داد (جدول).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به‌شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت. فعالیت آنزیم کاتالاز به‌طور معنی‌داری در بالاترین غلظت نمک و بدون پیش تیمار سالسیلیک اسید در مقایسه با شاهد افزایش یافت. سالسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار سبب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمارهای تحت تنش شوری گرفت. در شوری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار، افزایش غلظت سالسیلیک اسید به ۲ میلی‌مولار خود سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز شد (جدول). از سوی دیگر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در اثر تنش شوری افزایش‌یافته به‌طوری‌که میزان فعالیت آن با افزایش غلظت نمک رابطه مستقیم داشت. بذرهای تیمار شده با ۱ میلی‌مولار سالسیلیک اسید زمانی که در شرایط تنش قرار گرفتند میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در آن‌ها نسبت به شاهدشان کاهش یافت. اما بالاترین فعالیت این آنزیم در غلظت ۲ میلی‌مولار سالسیلیک اسید و شوری ٤۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول). نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز افزایش یافت، بطوری که این آنزیم بیشترین فعالیت را در تنش شوری ٤۰۰ میلی‌مولار و بدون کاربرد سالسیلیک اسید دارا بود. کاهش شدید فعالیت پلی‌فنول اکسیداز در اثر مصرف سالسیلیک اسید، در غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار و در شرایط تنش ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد (جدول). همانند آنزیم‌های فوق فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز تحت تأثیر افزایش غلظت نمک افزایش یافت و بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در تیماری مشاهده می‌شود که بیشترین غلظت نمک را داشت و تحت تأثیر پیش تیمار سالسیلیک قرار نگرفته بود. پیش تیمار بذر با ۱ میلی‌مولار سالسیلیک سبب کاهش در میزان فعالیت پراکسیداز شد (جدول). سنجش میزان مالون دی آلدهید به‌عنوان فراورده نهائی پراکسیداسیون لیپیدی غشاء نشان داد که خیساندن بذر در محلول ۱ و ۲ میلی‌مولار سالسیلیک اسید، سبب بروز کاهش معنی‌داری در پراکسیداسیون لیپیدی غشاء در تنش شوری ٤۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم شد (جدول). تنش شوری و سالسیلیک اسید محتوای پروتئین محلول را در تیمارهای بدون تنش و تنش شوری ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاهش داد (جدول ۱).

جدول ۱: اثر سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، ویژگی‌های موفولوژیک و فیزیولوژیک در نخل زینتی تحت تنش شوری

سالیسیلیک اسید (mM)	کلرید سدیم (mM)	جوانه‌زنی (%)	وزن خشک (g)	طول ساقه چه (cm)	طول ریشه چه (cm)	پراکسیداز (µM/min/mg protein)	سوپراکسید دیسموتاز (µM/min/mg protein)	آنزیم کاتالاز (µM/min/mg protein)	پلی فنول اکسیداز (µM/min/mg protein)	مالون دی آلدهید (µM/g F.W.)	پروتئین (µg/mg F.W)
۰	۰	۴۸/۵۷ e	۳/۷ e	۶/۶۶ ef	۸/۵۶ e	۱۷۹/۲ cd	۶۹۷/۵ f	۸/۰۹ f	۴/۶۰ h	۰/۱۷ d	۰/۶۱۶ a
	۱۰۰	۲۲/۸۶ g	۲/۷ f	۷/۰۱ de	۶/۴۶ f	۱۸۱/۵ cd	۷۰۰/۱ f	۸/۳۵ f	۶/۲۶ f	۰/۲۵ cd	۰/۶۰۲ b
	۲۰۰	۱۱/۹۰ hi	۲/۳ g	۶/۴۶ f	۶/۶۰ f	۲۳۴/۶ b	۷۴۹/۰ cd	۱۸/۷۲ d	۹/۸۳ c	۰/۳۲ bc	۰/۵۹۸ bc
	۴۰۰	۸/۵۷ i	۱/۸ h	۴/۲۴ i	۶/۲۲ f	۲۹۳/۵ a	۷۸۹/۶ b	۳۱/۵۱ a	۲۴/۶۳ a	۰/۵۳ a	۰/۴۸۸ g
۰/۵	۰	۷۲/۸۶ b	۷/۳ a	۷/۲۴ d	۱۲/۲۶ c	۸۳/۷ i	۶۸۱/۴ g	۷/۴۵ g	۵/۰۵ h	۰/۱۹ d	۰/۶۱۱ ab
	۱۰۰	۶۵/۲۳ c	۵/۹ c	۷/۳۶ d	۱۳/۰۳ c	۱۲۲/۴ g	۶۹۳/۱ fg	۷/۹۵ fg	۶/۳۷ ef	۰/۲۲ cd	۰/۵۹۵ bc
	۲۰۰	۴۵/۷۱ e	۳/۶ e	۶/۹۱ e	۸/۶۷ e	۱۹۲/۵ c	۷۲۱/۴ e	۱۲/۶۱ e	۸/۳۱ d	۰/۲۷ cd	۰/۵۸۴ cd
	۴۰۰	۳۴/۲۸ f	۲/۳ g	۴/۳۳ hi	۷/۷۴ ef	۲۴۱/۳ b	۷۵۳/۸ c	۲۶/۷۴ b	۱۸/۹۰ b	۰/۴۱ b	۰/۴۹۰ g
۱	۰	۸۲/۴۶ a	۷/۴ a	۹/۰۳ a	۱۶/۰۸ a	۴۲/۴ j	۶۷۷/۱ g	۷/۰۷ gh	۵/۴۹ g	۰/۲۱ d	۰/۶۰۵ b
	۱۰۰	۶۹/۴۴ bc	۷/۴ a	۸/۰۳ c	۱۵/۳۰ b	۶۸/۶ i	۵۷۸/۳ h	۶/۳۴ h	۶/۶۸ e	۰/۲۱ d	۰/۵۹۲c
	۲۰۰	۵۶/۶۱ d	۶/۴ b	۸/۳۴ b	۱۲/۲۵ c	۱۰۳/۱ h	۶۷۲/۹ g	۸/۹۱ f	۷/۸۰ de	۰/۲۳ cd	۰/۵۷۷ d
	۴۰۰	۳۷/۲۲ f	۲/۹ f	۴/۶۶ h	۱۰/۰۸ d	۱۷۸/۱ cd	۷۳۹/۲ d	۱۲/۲۱ e	۱۰/۱۲ c	۰/۳۳ bc	۰/۴۸۵ g
۲	۰	۳۵/۸۱ f	۵/۹ c	۹/۹۲ a	۱۶/۰۶ a	۱۶۶/۱ e	۷۲۸/۳ d	۹/۴۸ f	۵/۴۸ g	۰/۲۵ cd	۰/۵۴۸ f
	۱۰۰	۱۳/۳۳ h	۴/۵ d	۸/۱۹ bc	۶/۵۳ f	۱۶۹/۶ de	۷۰۷/۳ e	۱۸/۸ d	۵/۶۹ g	۰/۳۰ c	۰/۵۶۱ e
	۲۰۰	۱۲/۳۸ h	۲/۲ g	۴/۹۶ g	۶/۸۰ f	۱۶۱/۴ ef	۷۳۵/۸ d	۲۳/۲۲ c	۶/۸۴ e	/۳۰c	۰/۵۶۶ e
	۴۰۰	۱۰/۹۵ hi	۱/۸ h	۴/۱۱ i	۴/۸۶ g	۱۴۴/۷ f	۸۲۷/۵ a	۲۶/۱۱ b	۷/۰۴ e	۰/۳۲ bc	۰/۴۸۷ g
میانگین مربعات برهمکنش		۳۲۲/۸۱**	۰/۷۱*	۰/۷۰**	۰/۱*	۶۸/۵**	۱۶/۰۱**	۱۸/۳۰*	۱۴/۳۰*	۱/۵۴**	۰/۵۵*
ضریب تغییرات (٪)		۸/۶۲	۹/۱۶	۸/۴۹	۱۴/۴۲	۸/۷۷	۴/۳۰	۴/۳۶	۱۶/۱۲	۹/۶	۱۳/۴

در هر ستون، داده‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* و ** به‌ترتیب نشانگر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

نتایج و بحث

طبق نتایج به‌دست‌آمده درصد جوانه‌زنی بذر نخل زینتی به‌طور معنی‌داری در اثر تنش شوری کاهش‌یافته و پیش تیمار بذرها با ۱ میلی‌مولار سالسیلیک اسید سبب افزایش درصد جوانه‌زنی شد. مصرف خارجی سالسیلیک اسید بر محدوده وسیعی از فرآیندها ازجمله جوانه‌زنی بذر (Cutt and Klessig, 1992)، جذب و انتقال یون‌ها (Harper and Balke, 1981) نفوذپذیری غشاء (Barkosky and Einhellig,1993) تأثیرگذار است. همچنین تصور می‌شود که سالسیلیک اسید جذب یون به‌وسیله ریشه‌ها و هدایت روزنه‌ای را تنظیم می‌کند. هورمون‌های مختلفی مانند سالسیلیک اسید، آبسیزیک اسید، جاسمونیک اسید و اتیلن نقش‌های تعیین‌کننده‌ای را در مورفولوژی گیاهان در پاسخ به تنش بازی می‌کنند. در بذر باریک برگان تولید آنزیم آلفا آمیلاز از لایه آلورون به‌وسیله هورمون جیبرلین و آبسیزیک اسید کنترل می‌شود. این دو هورمون با یکدیگر اثر آنتاگونیستی دارند (Sun and Gubler, 2004). سالسیلیک اسید اثری مشابه آبسیزیک اسید داشته و بازدارنده جیبرلین است. پیش تیمار بذرها با سالسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار سبب کاهش جوانه‌زنی گردید. درحالی‌که غلظت ۱ میلی‌مولار آن جوانه‌زنی را افزایش داد. این داده‌ها با نتایج Rajasekaran و همکاران (۲۰۰۲) مربوط به افزایش درصد جوانه‌زنی مطابقت دارد. چنین به نظر می‌رسد که سالسیلیک 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 به‌شدت با افزایش غلظت نمک کاهش می‌یابد که این نتایج مطابق با نتایج Ghoulam و همکاران (۲۰۰۱) می‌باشد. آن‌ها نیز نشان دادند که تنش شوری سبب کاهش رشد اندام هوائی و ریشه می‌شود. همچنین گزارش‌شده است که مصرف سالسیلیک اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم می‌شود. سالسیلیک اسید سبب افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های ذرت در شرایط تنش شوری شده است (Khodary, 2004). سازوکاری که سالسیلیک اسید رشد ریشه و بخش هوائی را در گیاهان افزایش می‌دهد به‌خوبی شناخته‌نشده است، اما احتمال داده می‌شود که سالسیلیک اسید طویل شدن و تقسیم سلولی را به‌همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم نماید. تیمار گیاه گندم با سالسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه را که منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند را زیاد کرد (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). از طرفی سالسیلیک اسید از اکسیداسیون اکسین جلوگیری می‌کند (Fariduddin et al., 2003). که به نظر می‌رسد افزایش وزن خشک گیاهچه در ارتباط با افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر سالسیلیک 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 (Liu et al., 2004). سالسیلیک اسید در سنتز پروتئین‌های خاصی به‌نام 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 به‌وجود می‌آید (Bray, 1997). به‌علاوه در اثر تنش‌های محیطی مانند تنش شوری، تنش‌های اکسیداتیو حاصل از تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، به‌وجود می‌آیند، که به رشد گیاهان در این شرایط آسیب می‌رساند (Smirnoff, 1993). در این آزمایش تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز شد، درحالی‌که پیش تیمار بذر با ۱ میلی‌مولار سالسیلیک اسید یک اثر بازدارنده نشان داد و فعالیت این آنزیم را کاهش داد. سالسیلیک اسید یک ترکیب فنلی شبه هورمون می‌باشد که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده داخلی نقش مهمی را در مکانیسم‌های دفاع در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده بازی می‌کند (Szalai et al., 2000). سالسیلیک اسید، بازدارنده

فعالیت آنزیم کاتالاز که یک آنزیم پاک‌سازی کننده پراکسید هیدروژن است، بوده و درنتیجه با کاهش فعالیت این آنزیم سبب افزایش این ماده در گیاه می‌شود (Horváth et al., 2002). اگرچه پراکسیدهیدروژن در غلظت‌های بالا سمی است و به‌وسیله آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز چرخه آنتی‌اکسیدانی 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 (Foyer et al., 1997). همچنین گزارش‌هایی مبنی بر تغییر در الگوی فعالیتی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش عناصر سنگین و دیگر تنش‌های غیرزنده، تحت تیمارهای سالسیلیک اسید و بدون آن داده‌شده است (Matewally et al., 2003)، که نشان می‌دهد که سالسیلیک با باند شدن به آنزیم کاتالاز، سبب کاهش فعالیت آن در توتون (Chen et al., 1993) می‌شود.

آنیون‌های سوپراکسید به‌وسیله تنش شوری در سلول تولید می‌شود، زیرا مهم‌ترین تأثیر تنش شوری اخلال در وضعیت آب سلولی است که درنتیجه آن رشد کاهش می‌یابد همچنین افزایش تنفس در این شرایط سبب تولید این یون‌های مخرب در میتوکندری سلول می‌شود. در چنین شرایطی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان یک آنزیم از بین برنده یون سوپراکسید، مشابه نتایج به‌دست‌آمده، افزایش می‌یابد. نتایج حاصل نشان داد که پیش تیمار بذرها با سالسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار فعالیت سوپراکسید دیسموتاز را کاهش داد و با افزایش غلظت به ۲ میلی‌مولار فعالیت این آنزیم زیاد می‌شود. با افزایش فعالیت این آنزیم سمیت‌زدایی یون سوپراکسید افزایش و آسیب‌های حاصله از آن در گیاه کاهش می‌یابد چون کاربرد خارجی سالسیلیک اسید مقاومت به تنش شوری و خشکی را در گیاهان افزایش می‌دهد (Tari et al., 2002). بنابراین سالسیلیک اسید با افزایش دادن مقاومت گیاهچه‌ها به شوری از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌ها برای مقابله با تنش عمل می‌کند. تأثیر سالسیلیک اسید در تعدیل پاسخ گیاه و کاهش فعالیت آنزیم‌ها در محدوده وسیعی از تنش‌های اکسیداتیو گزارش‌شده است (Shirasu et al., 1997). به‌طورکلی تنش اکسیداتیو حاصل افزایش سطح رادیکال‌های آزاد اکسیژن درون‌سلولی است. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ممکن است راهی برای تحمل گیاه به تنش‌های محیطی باشد و از آنجائی که مصرف ۱ میلی‌مولار سالسیلیک اسید سبب کاهش فعالیت آنزیم سوپراکسید نسبت به عدم مصرف آن می‌گردد، می‌توان نتیجه گرفت که ممکن است این ماده به‌طور مستقیم در از بین بردن رادیکال‌های آزاد نقش داشته و با پاک‌سازی این‌گونه‌های فعال، از افزایش فعالیت آنزیم جلوگیری کند. طبق نتایج به‌دست‌آمده تنش شوری فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز را نیز افزایش می‌دهد و پیش تیمار بذرها با سالسیلیک اسید سبب کاهش آن گردید. پراکسیدازها ازجمله آنزیم‌هایی بشمار می‌روند که نقش بسیار مهمی را در پاسخ به تنش‌های غیرزنده مانند شوری دارند. پراکسیدازها مسئول حذف مقادیر اضافی پراکسید هیدروژن می‌باشند. اسید سالسیلیک به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را فعال می‌کند. اسید سالسیلیک می‌تواند به‌عنوان یک سوبسترای دهنده الکترون برای کاتالاز و پراکسیداز عمل نماید. در بیشتر موارد مشاهده‌شده این بررسی، افزایش غلظت سالسیلیک اسید به ۲ میلی‌مولار، فعالیت آنزیم‌ها را نسبت به غلظت ۱ میلی‌مولار آن‌که مسبب کاهش فعالیت آنزیم‌هاست، افزایش داده است. چنین به نظر می‌رسد که این افزایش غلظت خود به‌صورت یک تنش در گیاه عمل نموده و بالا رفتن فعالیت آنزیمی مشاهده‌شده را سبب شود. در ذرت نیز پیش تیمار بذر با سالسیلیک اسید سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده است (Janda et al., 1999). بنابراین نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سالسیلیک اسید تا حدی موجب برطرف 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 به‌طوری‌که با افزایش غلظت نمک محتوای مالون‌دی‌آلدهید افزایش معنی‌داری داشت. غلظت ۱ میلی‌مولار سبب کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدهید در بذرهای تنش دیده شد. افزایش تولید مالون‌دی‌آلدهید و کاهش آن در اثر مصرف سالسیلیک اسید تحت تنش شوری در عدسک آبی نیز مشاهده شده است (Panda and Upadhyay, 2004). تیمار نمک و تنش شوری سبب کاهش یکپارچگی غشاء سلولی و آزاد شدن الکترولیت‌ها و مواد درون سلول می‌شود. این نتایج با نتایج Bor و همکاران (۲۰۰۳) که نشان دادند تنش شوری سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدی برگ‌های چغندرقند می‌شود همسویی دارد. 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 سالسیلیک اسید که با افزایش وزن خشک گیاهچه‌های تنش دیده همراه است می‌تواند نمایانگر مسئله القاء سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی به‌وسیله سالسیلیک اسید، با از بین بردن رادیکال‌های آزاد به‌طور مستقیم و یا توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باشد، که خسارت ناشی ازاین‌گونه‌های فعال را کاهش دهد و در نتیجه پراکسیداسیون لیپیدی غشاء کاهش‌یافته است. این‌گونه به نظر می‌رسد که سالسیلیک اسید با پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد، از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری نموده و مانع افزایش مالون‌دی‌آلدهید شود. همچنین این رادیکال‌های آزاد می‌توانند به ساختار پروتئین‌ها آسیب‌زده و کاهش محتوای پروتئین‌ها را در پی داشته باشد (Noctor and Foyer, 1998). محتوای پروتئین به میزان اختلاف بین سنتز و تجزیه آن بستگی دارد. پژوهشگران متعددی کاهش مقدار پروتئین و افزایش نیترات، آمونیوم و اسیدهای آمینه آزاد را تحت شرایط شور گزارش گرده‌اند (Yonis et al., 1993). کاهش در محتوای پروتئین همچنین می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز، گلوتامین سنتتاز و گلوتامین ۲-اگزالوگلوتارات آمینو ترانسفراز در اثر تنش شوری باشد (Noctor and Foyer, 1998).

نتیجه‌گیری نهایی

در پژوهش حاضر پیش تیمار سالیسیلیک اسید با بهبود قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، موجب کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود شاخص پایداری غشاء و افزایش قدرت گیاه گردید که نتیجه آن در بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی رشد نخل زینتی مشاهده گردید. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد با استفاده از غلظت مناسب سالیسیلیک اسید (۱ میلی‌مولار) به‌صورت پیش تیمار بذر، می‌توان اثرات منفی تنش شوری بر پارامترهای مرتبط با جوانه‌زنی را کاهش داد.

Reference

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology, 105, 121-123.

Afzali, I., Basra, S.M.A., Faroog, M. and Nawaz, A., 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. Journal of Agricultural Biology. 1, 23-28.

Ashraf, M. and Orooj, A., 2006. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* [L.] Sprague). Journal of Arid Environments. 64, 209-220.

Bajji, M., Kinet, J.M. and Lutts, S., 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). Canadian Journal of Botany. 80, 297-304.

Barkosky, R.R. and Einhellig, F.A. 1993. Effects of salicylic acid on plant–water relationships. Journal of Chemical Ecology. 19, 237–247.

Beauchamp, C. and Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutases: improved assays and an assay predictable to acrylamide gels. Annual Biochemistry. 44, 276–287.

Ben Hamed, K., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A. and Abdelly, C., 2007. Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. Plant Growth Regulators. 53, 185-194.

Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, 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 Science. 164, 77–84.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein dye binding. Annual Biochemistry. 72, 248-254.

Bray, E.A., 1997. Plant responses to water deficit. Trends Plant Science. 2, 48–54.

Burnie, G., Forrester, S., Greig, D., and Guest, S. 2006. Botanica-Encyclopédie de botanique et d'horticulture, 1st ed. Place Des victoires Eds, Paris.

Chance, B., and Maehly, A.C. 1995. Assay of catalase and peroxidase. PP. 764-765 In: S.P. Culowic, and N.O. Kaplan (eds). Methods in enzymology Vol. 2. Academic Press. Inc. New York.

Chen, Z., Ricigliano, J.R., and Klessig, D.F. 1993. Purification and characterization of a soluble salicylic acid binding protein from tobacco. Proceedings of the National Academy of Sciences. 90, 9533-9537.

Cutt, J.R., and Klessig, D.F. 1992. Salicylic acid in plants: A changing perspective. Pharmaceutical Development and Technology. 16, 25–34.

Delesalle, V., and Blum, S. 1994. Variation in germination and survival among families of *Sagittaria latifolia* in response to salinity and temperature. International Journal of Plant Sciences. 155, 187-195.

Demir, M., and Ozturk, A. 2003. Effect of different soil salinity levels on germination and seedling growth of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 27, 224-227.

Doulatabadian, A., Modarres Sanavy, S.A.M., and Etemadi, F. 2009. Effect of Pretreatment of Salicylic acid on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed Germination under Salt Stress. Iranian Journal of Biology. 21, 692-702.

El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulators. 42, 215-224.

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

Foyer, C.H., Lopez-Delgado, H., Dat, J.F., and Scott, I.M. 1997. Hydrogen peroxide- and glutathioneassociated mechanisms of acclamatory stress tolerance and signaling. Plant Physiology. 100, 241–254.

Ghanati, F., Morita, A., and Yokota, H. 2002. Induction of suberin and increase of lignin content by excess Boron in Tobacco cell. Soil Science. 48, 357-364.

Gholam, C., Foursy, A., and Fares, K. 2002. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany. 47, 39-50.

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. Environmental and Experimental Botany. 47, 139–150.

Harper, J.P., and Balke, N.E. 1981. Characterization of the inhibition of K^+ absorption in oat roots by salicylic acid. Plant Physiology. 68, 1349–1353.

Heath, R.L., and Packer, L. 1968. Photoperoxidarion in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics. 125, 189-198.

Horváth, E, Janda, T., Szalai, G., and 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 Science. 163, 1129-1135.

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.

Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agricultural Biology. 6, 5-8.

Kumar, P.A., and Bandhu, D.A. 2005. Tolerance salt and salinity effects on plants: a review Ecotoxicology and Environmental Safety. 60, 324-349.

Liu, D., Jiang, W., and Gao, X. 2004. Effect of cadmium on root growth, cell division and nucleoli in root tip cells of garlic. Biologia Plantarum. 47, 79-83.

Manchanda, G., and Garg, N. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiologiae Plantarum. 30, 595-618.

Matewally, A., Finkemeir, I., Georgi, M., and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates cadmium toxicity in barley seedlings, Plant Physiology. 132, 278-281.

Nehdi, I., Omri, S., Khalil, M.I., and Al-Resayes, S.I. 2010. Characteristics and chemical composition of date palm (*Phoenix canariensis*) seeds and seed oil. Industrial Crops and Products. 32, 360-365.

Noctor, G., and Foyer, C.H. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. Annual review of plant physiology and plant molecular biology. 49, 249-279.

Panda, S.K., and Upadhyay, R.K. 2004. Salt stress induces oxidative alterations and antioxidative defense in the roots of *Lemna minor*. Biology of Plant. 48, 249-253.

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. Canadian Journal of Plant Science. 82, 443-450.

Rauf, M., Munir, M., Hassan, M.U., Ahmad, M., and Afzal, M. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. African Journal of Biotechnology. 6, 971-975.

Sangin-abadi, H., and Khorasani Nejad, S. 2015. Effect of Salt and Drought Stresses and Pretreatment of Salicylic acid on Seed Germination Characteristics of Lavender. Journal of Horticultural Science. 30, 423-430.

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

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

Shirasu, K, Nakajima, H., Rajashekar, K., Dixon. R.A., and 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.

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

Sun, T.P., and Gubler, F. 2004. Molecular mechanism of gibberellin signaling in plants. Annual review of plant physiology and plant molecular biology. 55, 197–223.

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

Tari, I., Csiszár, J., Szalai, G., Horváth, F., Pécsváradi, A., Kiss, G., Szepesi, Á., Szabó, M., and Erdei, L. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. Acta Biologica Szegediensis. 46, 55-56.

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

Zare, S., Tavili, A., Shahbazi, A., and Riyahi, A. 2010. The Effect of Different Salicylic Acid Concentrations on Improved Germination Characteristics of Sanguisorba minor L. Under Salt and Drought Stress. Range & Watershed Management. 63, 29-40.

Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 6, 66-71.

Journal of Seed Research, Vol. 8, No. 3, Autumn 2018

Effect of salicylic acid on germination and physiological indices in ornamental palm under salt stress

Salehi Salmi, M.[1*], Eisa-Salam, S.[2], Pakdaman Sardrood, M.[3]

[1]Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Khuzestan Iran.

[2]M.Sc. Department of Horticultural Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Khuzestan Iran.

[3]Assistant Professor, Department of Plant Protection, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Khuzestan Iran

Abstract

Soil salinity is one of the most important problems in crop production. Improvement in salt tolerance in major food crops is an important way for the economic utilization of saline area.The effects of pretreatment of salicylic acid on *phoenix canariensis* seed germination, lipids peroxidation, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), polyphenol oxidase (PPO) peroxidase (POX) activity in salt stress condition were investigated. Treatments of *Phoenix canariensis* seedlings with different concentrations of salicylic acid (SA) for seedling growth were: (0, 0.5, 1 and 2 mM). Salt stress was inducted by NaCl solution (0, 100, 200 and 200 mM). After three mounths, number of germinated seed, radical length, seedling length and dry weight were recorded. Antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation were analysed too. The results showed that high concentration of NaCl (400mM) decreased germination to 8.57 % than control. Influence of SA was significant and increased percent of germination in stressed and control treatments. Enzymes assay showed enzyme activity increased in salt stress conditions and SA reduced activity of antioxidant enzyme. In general, SA treatment reduced damage of salinity on seedling growth and accelerated the restoration of growth processes.

***Keywords*:** Antioxidant, germination, *phoenix canariensis*, salt.

*Corresponding author; mrsalehisalmi@gmail.com