

## تأثیر تنفس شوری و سالیسیلیک اسید بر پارامترهای جوانه زنی بذر و رشد گیاهان ذرت

### (*Zea mays L.*) در شرایط مزرعه

فاطمه دانشمند<sup>۱\*</sup>، محمد جواد آروین<sup>۲</sup>، بتول کرامت<sup>۳</sup> و نعمه مومنی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، به ترتیب گروه علوم باگبانی و گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، و گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده:

برای بررسی اثرات تنفس شوری و سالیسیلیک اسید بر جوانه زنی بذر و رشد گیاهان ذرت در مزرعه، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ در شهرستان کرمان انجام شد. در آزمایش جوانه زنی تیمار سالیسیلیک اسید شامل شاهد خشک، خیساندن بذر در آب، خیساندن بذر در محلول ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید برای ۲۴ ساعت و تنفس شوری در سه سطح (صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم) بود. در صد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، متوسط زمان جوانه زنی، ضریب یکنواختی جوانه زنی، طول ساقه چه و ریشه چه و وزن خشک گیاهچه تحت تأثیر شوری قرار گرفتند. تیمارهای سالیسیلیک اسید به خصوص غلظت ۱/۰ میلی مولار باعث افزایش معنی داری در کلیه صفات جوانه زنی و کاهش متوسط زمان جوانه زنی گردید. آزمایش مزرعه ای با خیساندن بذر در غلظت ۱/۰ میلی مولار سالیسیلیک اسید انجام شد. در شرایط مزرعه ای با شوری خاک در حد ۴۰ میلی مولار نمک، سالیسیلیک اسید موجب افزایش طول بلال، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن تر و خشک علوفه، مقدار کلروفیل، محتوای نسبی آب، کارایی مصرف آب، شاخص پایداری غشا و مقدار پتابسیم و کاهش مقدار سدیم گردید. نتایج نشان داد که پیش تیمار با سالیسیلیک اسید می تواند به صورت تجاری برای بهبود پارامترهای جوانه زنی، رشد و تولید محصول علوفه و دانه در شرایط تنفس شوری در گیاه ذرت مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: تنفس شوری، جوانه زنی بذر، ذرت، سالیسیلیک اسید

مکانیسم های درونی یک بذر جوانه زنی آن را تحت

شرایط خاص تعیین می کند (Baalbaki *et al*, 1990).

شوری یک فاکتور محیطی است که تمام مراحل رشد و نمو گیاه از جوانه زنی تا تولید زیست توده و دانه و میوه را کم و بیش تحت تأثیر خود قرار می دهد. محیط های شور با دو خصوصیت اصلی یعنی پتانسیل اسمزی کم و غلظت بالای املاح مشخص می شوند. در بررسی عکس العمل بین شوری و جوانه زنی برخی از محققین از اثرات

مقدمه:

جوانه زنی بذر اهمیت زیادی در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارد به طوری که تراکم کافی بوته در واحد سطح زمانی به دست می آید که بذرها کاشته شده به طور کامل و با سرعت کافی جوانه بزند. نوسانات جوانه زنی که تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می گیرد از نظر اکولوژیکی و از دیدگاه مدیریت زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است. اثرات متقابل بین عوامل محیطی و

بر جوانه‌زنی بذر و رشد و نمو گیاهان در شرایط تنش و  
غیر تنش تاثیر دارند (El-Hayate and Ahmad 2007, El-Tayeb 2005, Senaranta *et al.*, 2000, Shakirova *et al.* 2003).

با توجه به این مطلب که، عملکرد از نظر کمی و کیفی به میزان درصد سبز شدن بذر و همچنین یکنواختی آن بستگی دارد، مرحله جوانه‌زنی مرحله‌ای حساس و با اهمیت است، به طوری که می‌توان با استقرار مطلوب گیاهچه‌ها در فرآیند تولید نقش مهمی بازی کرد. اما تنش‌های محیطی باعث کاهش جوانه‌زنی و در نتیجه کاهش تراکم بوته و کاهش رشد و تولید محصول می‌گردد. با توجه به اهمیت و حساسیت مرحله جوانه‌زنی در مراحل رشد و نموی گیاه نسبت به تنش‌های محیطی و با توجه به کمبود منابع آب شیرین و استفاده از آب‌های سور یا با کیفیت پایین در کشاورزی و شور شدن تدریجی خاک‌ها، استفاده از ترکیباتی که بتواند موجب بهبود جوانه‌زنی و رشد و تولید محصول در شرایط تنش شوری گردد، ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از این مطالعه ابتدا بررسی نقش پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر پارامترهای مرتبط با جوانه‌زنی و رشد گیاهک در بذرهای گیاه ذرت تحت تنش شوری می‌باشد و سپس نقش سالیسیلیک اسید در بهبود رشد و افزایش تولید محصول و کاهش تنش شوری در شرایط مزرعه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### مواد و روش‌ها:

##### آزمایش مربوط به جوانه‌زنی:

بذر مورد استفاده رقم ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (KCSC704) بود که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی کرمان تهیه گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار در ظروف پتروی شیشه‌ای اجرا گردید، در هر ظرف پتری ۲۵ عدد بذر ذرت کشت گردید. فاکتور اول شامل تیمارهای شاهد خشک،

اسمزی به عنوان یک فاکتور موثر نام می‌برند ولی برخی دیگر سمیت یون‌ها را به عنوان عامل بازدارنده جوانه‌زنی می‌دانند. هر گیاه که بتواند در مرحله جوانه‌زنی مقاومت بیشتری نشان دهد می‌تواند دوره اول رویش را موفق تر طی کند. محققان به دنبال افزایش استقرار گیاهچه‌ها در Orcutt and Nilsen 2000, (Katergi *et al.* 1994).

روطوبت یکی از عوامل اصلی فعال کننده جوانه‌زنی است و قابلیت دسترسی بذر به آب با کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل ماتریک کاهش می‌یابد. پدیده اسمز اثر بازدارنده‌گی قوی بر آبگیری جنین، لپه و اندوسپرم دارد (Wahid *et al.* 1998). به طور کلی تنش شوری با ایجاد تنش یونی، تنش اسمزی و تنش اکسیداتیو موجب تغییرات مورفولوژیک، آناتومیک، فیزیولوژیک و شیمیابی متعادلی در گیاهان می‌شود و رشد، فتوستز، سنترپروتئین، متابولیسم لیپید، تنفس و تولید انرژی را تحت تاثیر خود (Parida and Das, 2005).

حساسیت گیاهان به شوری بسته به نوع گیاه، مراحل نموی گیاه، شدت و مدت تنش دارد (Manchanda and Garg, 2008; Jithesh *et al.*, 2006). جوانه‌زنی بذر یکی از مراحل حساس به تنش شوری است به طوری که یکی از عوامل کاهش محصول در تنش شوری کاهش جوانه‌زنی و صدمه به گیاه در مرحله ظهور گیاهچه می‌باشد که باعث کاهش تعداد بوته در واحد سطح می‌شود. سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید (SA) متعلق به گروه ترکیبات فنلی می‌باشد. سالیسیلیک اسید متعلقی متعادلی را در گیاه ایفا می‌کند و اینکه به عنوان یک تنظیم کننده رشد و نمو شناخته می‌شود که در رشد و نمو گیاهان، جذب یون‌ها و فتوستز نقش دارد. سالیسیلیک اسید یک ملکول علامتی مهم برای میانجی‌گری پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است. گزارشاتی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد سالیسیلیک اسید و ترکیبات وابسته به آن

$$CUG = \sum n / \sum [(t - t')^2 \times n]$$

طول ساقه چه و ریشه چه و وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهان در گروههای تیماری مختلف اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در فویل آلومنیومی پیچیده شده و به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و سپس وزن گردید.

#### آزمایش مزرعه‌ای:

آزمایش در سال ۸۹ در شهرستان کرمان به مرحله اجرا در آمد. منطقه محل اجرای آزمایش دارای موقعیت جغرافیایی به شرح ذیل بود: این منطقه بین ۵۶ درجه و ۵۸ طول شرقی و ۳۰ درجه عرض شمالی با ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا قرار داشت. شهرستان کرمان از شرق به شهرستان بم، از غرب به شهرستانهای بردسیرو و سیرجان، از شمال به شهرستانهای راور و رفسنجان و از جنوب به شهرستانهای بافت و جیرفت محدود می‌شود. زمین انتخابی در سال زراعی قبل آیش بود. جهت آماده سازی زمین، ابتدا زمین به خوبی شخم زده شد و سپس ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پاتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، براساس آزمون خاک به زمین داده شد، بطوریکه کودهای فسفره و پتاسه به همراه یک سوم کود اوره قبل از کاشت به صورت دستپاش به زمین داده شد و به کمک دیسک با خاک کاملاً مخلوط گردید و سپس با فارو ردیفهای ۷۵ سانتی‌متری جهت کشت فراهم شد. با اندازه‌گیری EC خاک مزرعه، شوری خاک مزرعه در حدود ۴۰ میلی مولار بود. و کاشت بذر در تاریخ ۸۹/۲/۲۵ با دست صورت گرفت. در هر حفره (عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر) ۳ عدد بذر سالم ضدعفونی شده با سم کاربوکسین تیرام و خیساندن شده در آب یا محلول

خیساندن بذر در آب، خیساندن بذر در محلول سالیسیلیک اسید ۰/۱ میلی مولار و خیساندن بذر در محلول سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی مولار و فاکتور دوم تنش شوری در سه سطح (صفر، ۴۰ میلی مولار و ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم) بود. بذرهای ذرت پس از ضد عفونی با هیپوکلریت سدیم به مدت ۵ دقیقه و اتانول ۹۶ درصد به مدت ۳۰ ثانیه، بخوبی با آب مقطر شسته و به سه گروه تقسیم شدند. گروه اول به مدت ۲۴ ساعت در آب، گروه دوم به مدت ۰/۲ ۲۴ ساعت در محلولهای سالیسیلیک اسید (۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار) خیسانده شدند. برای ایجاد تنش شوری از محلول NaCl با غلظت‌های (صفر، ۴۰، و ۸۰ میلی مولار) در هر ظرف پتري استفاده شد. آزمایش جوانه زنی در شرایط آزمایشگاهی و در داخل انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۴۵ درصد در تاریکی انجام گرفت. بذرها به مدت ۷ روز مورد شمارش قرار گرفتند و خروج ریشه چه به اندازه ۲ میلی متر معیار جوانه زنی قرار گرفت (Ellis and Robert, 1981) و درصد جوانه زنی و سایر پارامترهای زیر مورد اندازه گیری قرار گرفت: Robert متوسط زمان جوانه زنی بر طبق معادله Ellis و (1981) به شرح ذیر محاسبه شد، که  $n$  تعداد بذور جوانه زده در هر روز و  $D$  تعداد روزهای محاسبه شده از زمان جوانه زنی است.

$$MEG = \sum n / \sum D_n$$

سرعت جوانه زنی با معکوس کردن فرمول متوسط زمان جوانه زنی محاسبه گردید.

ضریب یکنواختی جوانه زنی (Corfficient of Uniformity of Germination: CUG) بر طبق (Black و Bewley 1985) به شرح زیر محاسبه گردید، که  $n$  تعداد بذور جوانه زده در هر روز و  $\sum [(t - t')^2 \times n]$

سپس وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و RWC با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Turkan *et al.*, 2005)

$$RWC (\%) = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس}} \times 100$$

برای سنجش شاخص پایداری غشا، مقدار نشت یونی محاسبه شد و سپس مقدار نشت یونی از عدد ۱۰۰ کم گردید. میزان آسیب به غشا، یا میزان نشت یونی از روش Ben Hamed و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شد. ۰/۲ گرم از بافت سالم و تازه اندام هوایی گیاه را بعد از شستشو با آب مقطر برای شستشوی یون‌های احتمالی از سطح گیاه درون لوله‌ی آزمایش در پیچ دار قرار داده و ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیز به آن اضافه گردید. سپس لوله‌های آزمایش را به مدت ۲ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۳۲ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده و میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها (Ec<sub>1</sub>) با استفاده از Ec متر اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو گردیده و بعد از خنک شدن لوله‌ها تا ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها (Ec<sub>2</sub>) مجدداً اندازه گیری گردید و با فرمول زیر درصد نشت یونی محاسبه گردید و سپس شاخص پایداری غشا محاسبه گردید.

$$\frac{Ec_1}{Ec_2} \times 100 = \text{درصد نشت یونی}$$

برگهای گیاهان بعد از برداشت به دقت شسته شدند و برای بدست آوردن ماده خشک در آون در دمای ۷۰ درجه خشک شدند. برای اندازه گیری مواد معدنی، نمونه‌های گیاهی در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت خاکستر شدند، و سپس در ۵ میلی‌لیتر محلول نیتریک اسید ۲ مولار حل شدند و در نهایت حجم

سالیسیلیک اسید ۰/۱ میلی مولار به مدت ۲۴ ساعت، کاشته شد. بعد از ظهور گیاهچه در مرحله ۳ تا ۴ برگی گیاهان تنک شدند. عمل وجین علفهای هرز با دست و در زمان مورد لزوم انجام شد. یک سوم کود اوره بصورت سرک در مرحله ۶ تا ۷ برگی و یک سوم باقی مانده آن قبل از ظهور گل نر به خاک داده شد و بالا فاصله مزرعه آبیاری گردید. جهت اندازه گیری عملکرد و اجزای عملکرد، پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه و پایین آمدن رطوبت دانه‌ها، بوته‌ها در تاریخ ۱۵/۶/۸۹ برداشت شدند و صفات طول بلال، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن تر و خشک علوفه، مقدار کلروفیل، محتوای نسبی آب، کارآبی مصرف آب، شاخص پایداری غشا و مقدار بون سدیم و پتانسیم در اندام هوایی اندازه گیری شد. طرح مورد استفاده بلوکهای کامل تصادفی با ۱۰ تکرار بود.

وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهان در گروههای تیماری مختلف اندازه گیری گردید. برای اندازه گیری وزن خشک، نمونه‌ها در فویل آلومینیومی پیچیده شده و به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. وزن خشک نمونه‌ها اندازه گیری شد.

اندازه گیری مقدار کلروفیل با استفاده از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) انجام پذیرفت. ۰/۲ گرم از برگ‌های فریز شده انتهای گیاه با ۱۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده شده و پس از صاف کردن جذب آن‌ها با ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و غلظت کلروفیل بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید برای محاسبه محتوای نسبی آب بافت، وزن تر اندام هوایی گیاهان اندازه گیری گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۵ ساعت در آب دیونیز قرار گرفته و وزن حالت آماس آن‌ها نیز اندازه گیری گردید. بعد نمونه‌ها در فویل آلومینیومی پیچیده شده و به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد.

شاهد کاهش داد. پیش تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید نیز بر پارامترهای جوانه زنی تاثیر گذاشت و موجب بهبود این پارامترها گردید که نتایج در جدول ۱ آمده است. سالیسیلیک اسید به ویژه در غلظت ۱۰ میلی مولار خود موجب افزایش معنی‌دار درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، ضریب یکنواختی جوانه زنی، طول ساقه چه و ریشه چه و وزن تر و خشک گیاهچه و کاهش متوسط زمان جوانه زنی گردید.

نتایج آزمایش مزرعه‌ای در جدول ۲ آمده است. در شرایط مزرعه‌ای (شوری خاک ۴۰ میلی مولار)، سالیسیلیک اسید موجب افزایش طول بالا (۲۷ درصد)، عملکرد دانه (۳۵ درصد)، وزن هزار دانه (۲۴ درصد)، وزن تر و خشک علوفه (به ترتیب ۲۵ و ۳۰ درصد)، مقدار کلروفیل (۲۰ درصد)، محتوای نسبی آب (۸ درصد)، کارآبی مصرف آب (۳۸ درصد)، شاخص پایداری غشا (۲۸ درصد) و مقدار پاتاسیم در اندام هوایی (۸ درصد) و کاهش مقدار سدیم (۳۵ درصد) گردید.

#### بحث:

نتایج نهایی تحقیق بر روی جوانه زنی نشان داد که، کلیه صفات مورد بررسی از جمله درصد جوانه زنی، متوسط زمان جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، ضریب یکنواختی جوانه زنی، طول ساقه چه و ریشه چه و وزن تر و خشک گیاهچه تحت تاثیر سطوح تنش شوری قرار گرفتند.

مشابه با نتایج این آزمایش تنش‌های محیط پارامترهای جوانه زنی را در جو تحت تنش شوری (El-Taybe, Lopez *et al.*, 2005) اکالیپتوس تحت تنش خشکی (Farooq *et al.*, 1999) و ذرت تحت تنش سرما (Farooq *et al.*, 2008) تحت تاثیر قرار دادند.

جوانه زنی عبارت است از فعال شدن متابولیکی بذر و بیرون آمدن ریشه چه و ساقه چه که در نهایت منجر به

محلول با آب دوبار تقطیر به ۲۵ میلی لیتر رسانده شدند و با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردیدند. سدیم و پاتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر (Jenway PFP7; ELE instrument Co. Ltd.) به منظور آنالیز آماری از نرم افزار SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵٪ و با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام گرفت.

#### نتایج:

نتایج حاصل از آزمایش جوانه زنی در جدول ۱ آورده شده است. غلظت‌های ۴۰ و ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم بر همه پارامترهای اندازه گیری شده تاثیر داشت و تاثیر غلظت ۸۰ میلی مولار نمک شدیدتر بود. درصد جوانه زنی بطور معنی دار تحت تاثیر تیمارهای ۴۰ و ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم قرارگرفت و به ترتیب ۳۲ و ۳۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. اثر تیمارهای شوری، روی متوسط زمان جوانه زنی معنی دار بود و آنرا به ترتیب حدود ۱۹ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. تیمارهای شوری بر سرعت جوانه زنی اثر معنی دار داشت، بطوریکه آنرا بترتیب حدود ۱۵ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. ضریب یکنواختی جوانه زنی بطور معنی دار تحت تاثیر تیمارهای کلرید سدیم قرارگرفت و به ترتیب در حدود ۱۶ و ۴۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. اثر تیمارهای شوری، بر روی ساقه چه معنی دار بود و آنرا به ترتیب حدود ۳۰ و ۵۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. تیمارهای شوری بر طول ریشه چه اثر معنی‌داری داشت و آنرا به ترتیب حدود ۱۸ و ۴۱ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. وزن تر گیاهچه بطور معنی دار تحت تاثیر تیمارهای کلرید سدیم قرارگرفت و به ترتیب در حدود ۱۶ و ۴۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. اثر تیمارهای شوری، روی وزن خشک گیاهچه نیز معنی دار بود و آن را به ترتیب حدود ۳۰ و ۵۵ درصد نسبت به



منفی گذاشته و ورود و خروج یون‌ها به سلول را مختل می‌کند (Orcutt and Nilsen, 2000). سبب سخت شدن دیواره سلولی شده و موجب کاهش هدایت آب از غشا پلاسمایی می‌گردد. اثر کلرید سدیم بر غشا و دیواره سلولی ممکن است پتانسیل آب سلول را تحت تاثیر خود قرار دهد و جوانه زنی بذر را دستخوش تغییر نماید. تنش سوری بر جذب و انتقال کلسیم نیز تاثیر می‌گذارد. کلسیم در فرآیند انتقال انتخابی مواد از غشا نقش دارد. در تنش سوری یون‌هایی از قبیل سدیم جایگزین کلسیم در غشا و دیواره می‌شوند و نفوذپذیری غشا و قابلیت ارتفاعی دیواره را تغییر می‌دهند. به علاوه تنش سوری به خصوص یون سدیم، موجب بر هم زدن جذب و انتقال سایر عناصر از جمله پتانسیم در گیاه می‌گردد (Orcutt and Nilsen, 2000). سوری قادر است با غیر فعال کردن برخی هورمون‌ها و همچنین تاثیر بر نفوذ پذیری غشاء سلول موجب کاهش قوه نامیه شود. همچنین تنش‌های شدید شوری موجب القاء خواب در بسیاری از بذور شده و بدون اینکه صدمات فیزیولوژیک به بذراها وارد کنند، مانع از جوانه زنی می‌شود. سوری از طریق تاثیر بر پمپ‌های پرتوپلاسم و اختلال در آن‌ها سبب کاهش رشد سلول Katergi et al., 1994, Parida and Das, 2005 می‌شود (Katergi et al., 1994, Parida and Das, 2005).

بنابراین بقا و موفقیت گیاهان تحت شرایط شوری، مستلزم انتقال بهتر آب از طریق ریشه و سیستم آوندی مناسب و دارا بودن سازوکارهای ترشح و انتقال عناصر غذایی به قسمت‌های هوایی گیاه و همچنین تحمل به پساییدگی می‌باشد. وقوع تنش سوری در مرحله جوانه زنی و رشد گیاهچه می‌تواند مانع از جوانه زنی و سبز شدن یکنواخت و در نهایت مانع از تطابق رشد زایشی گردد (Katergi et al., 1994, Parida and Das, 2005). فقدان آب در خاک طی فرآیند جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی را از طریق تنش آب کاهش می‌دهد. تنش

تولید گیاهچه می‌شود. جوانه‌زنی بذر با جذب آب و فعال شدن متابولیسم در بافت‌های جنینی شروع می‌شود. در مراحل اولیه، انرژی از طریق فرآیند گلیکولیز تأمین می‌گردد و متابولیت‌های مورد نیاز برای سنتز مواد جدید به وسیله چرخه پتروز فسفات تولید می‌شود. بسیاری از هورمون‌ها موجب ایجاد سیگنال‌هایی برای سنتز آنزیم‌های جدید شده و این آنزیم‌ها باعث متابولیزه شدن مواد ذخیره شده در آندوسپرم می‌شوند (مثلاً تولید آلفا-امیالز توسط جیبرلین). این مرحله به وسیله هورمون‌های تحریک کننده تقسیم و طویل شدن سلولی (سیتوکینین و اکسین) کترل می‌شود. در ضمن اجزاء پرتوپلاسم مجدداً سازماندهی می‌شوند، تنفس میتوکندری و سنتز پروتئین‌ها شدت می‌گیرد و بالاخره فرآیندهای رشد ادامه می‌یابد و منجر به ظهور ریشه‌چه می‌گردد (Larcher, 2001). عوامل درونی بذر و عوامل محیطی تعیین کننده شروع و پیشرفت جوانه زنی بذراها هستند. عواملی مثل کترل ژنی، اندازه و پوست دانه، کشت و کار عمیق، رطوبت خاک، غلظت اکسیژن و دما، جوانه زنی و ظهور گیاهچه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Llusia et al., 2005). همچنین درجه حرارت پائین خاک، رطوبت پائین و پوسته عواملی هستند که جوانه زنی، ظهور و توان گیاهچه‌ها را کاهش می‌دهند (Llusia et al., 2005). تنش سوری و خشکی باعث کاهش متابولیسم نشاسته در لپه‌ها و کاهش انتقال ساکاروز از لپه‌ها به محور جنینی می‌شود. این کاهش رشد ناشی از تغییر فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده ساکاروز می‌باشد (Inze and Montgu, 2000). و بالاخره اینکه تنش خشکی و سوری با اثر بر روی تنظیم کننده‌هایی مثل جیبرلیک اسید، اکسین، آبسیزیک اسید و تغییر در فعالیت آنزیم‌های متابولیسم کربوهیدرات‌ها جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kaur et al., 2002). سوری بر کارایی و نفوذپذیری غشا پلاسمایی و دیواره سلولی تاثیر

هیدروکسی بنزوئیک اسید موجب تحریک جوانه زنی (دماه محدود کننده ۵°C) گردید.

با توجه به گزارش Rajasekaran و همکاران (۲۰۰۲) سالیسیلیک اسید باعث تحریک جوانه زنی گیاه هویج در دماهای پائین می‌شود؛ در دماهای پائین تر کیبات ترمومژن مثل استیل سالیسیلیک اسید (ASA)، سالیسیلیک اسید و ۲-دی هیدروکسی بنزوئیک اسید باعث تحریک جوانه زنی می‌شود. این امکان وجود دارد که این ترکیبات با اثر بر روی بیوستتر جیرلین بر جوانه زنی اثر گذاشته و به عنوان القاء کنندگان ترمومژن عمل می‌نمایند (Rajasekaran et al., 2002).

در این مطالعه پیش تیمار بذر با SA سبب افزایش مقدار کلروفیل (به عنوان یکی از اجزای اصلی فتوستراتی و تاثیر گذار بر وزن خشک) گردید که نشان دهنده توانایی سالیسیلیک اسید در برای بهبود رشد می‌باشد. مشابه با نتایج این آزمایش، سالیسیلیک اسید در گیاهان جو (Agarawal et al., 2005)، گندم (El-Tayeb, 2005) اسفناج (Ghai et al., 2008)، کلزا (Eraslan et al., 2008)، گوجه فرنگی (Tari et al., 2002) و نخود (Popova et al., 2009) مقدار کلروفیل را افزایش داده است.

کاهش مقدار پتابیم و افزایش مقدار سدیم یکی از بارزترین اثرات تنش شوری می‌باشد که در بسیاری از گزارش‌ها به آن اشاره شده است. انتقال سدیم به قسمت های مختلف گیاه و برگ‌ها موجب جایگزینی آن‌ها با کلسیم در فضای آپوپلاستی شده که منجر به دپلاریزاسیون غشا شده و در نتیجه توانایی غشاها برای جذب انتخابی برخی از یون‌ها دچار اختلال شده و عدم تعادل یونی غیر قابل اجتناب خواهد بود (Molassiotis et al., 2006, Blumvald et al., 2000).

از آنجا که پتابیم عنصر ضروری برای گیاهان می‌باشد و دارای نقش کلیدی در فرآیندهای فیزیولوژیک و رشد

شوری موجب می‌شود که بذر نتواند رطوبت مورد نیاز خود را به میزان کافی جذب نماید و با ایجاد خشکی فیزیولوژیک میزان جوانه زنی بذر و سرعت آن را کاهش می‌دهد. در تنش شوری به علت کاهش پتانسیل آب محیط اطراف بذر، مدت بیشتری طول می‌کشد تا بذر بتواند آب مورد نیاز خود را به مقدار کافی به دست آورد، بنابراین زمان جوانه زنی را طولانی تر می‌سازد. کمبود رطوبت خاک جوانه زنی را کاهش می‌دهد و جذب آب را به تاخیر می‌اندازد و طویل شدن و رشد ریشه‌چه وساقه‌چه را مهار می‌کند (Baalbaki et al., 1990, Rajasekaran et al., 2002).

در مقایسه با شاهد، تیمارهای سالیسیلیک اسید باعث بهبود کلیه صفات جوانه زنی شدند. از بین دو سطح تیمار سالیسیلیک اسید مورد مطالعه، تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید ۱۰ میلی مولار در هر دو شرایط شور و غیر شور بیشتر بود.

در مورد اثر سالیسیلیک اسید بر جوانه زنی گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد. از جمله Wu و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کرد که برخی از ترکیبات فنلی بر جوانه زنی اثری ندارند. ولی Andarwulan و همکاران (۱۹۹۹) بیان کرد که سالیسیلیک اسید در تکامل گیاه دخالت دارد. از طرف دیگر Maffei و همکاران (۱۹۹۹) عنوان کرد که ترکیبات فنلی حاوی حلقه متصل به گروه OH- جوانه زنی را افزایش و حلقة دارای گروه OCH<sub>3</sub>- جوانه زنی را کاهش می‌دهد. اثرات مثبت سالیسیلیک اسید بر کلیه صفات جوانه زنی در گیاهان گندم (Shakirova et al., 2003) جو (Farooq et al., 2005) و ذرت (El-Taybe, 2005) ۲۰۰۸ نیز در شرایط تنش گزارش شده است. Rajasekaran و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که سالیسیلات‌ها بر جوانه زنی اثر تشدیدی ندارند ولی در دماهای پائین پیش تیمار با سالیسیلات‌هایی مثل استیل سالیسیلیک اسید، سالیسیلیک اسید و ۲-دی

و افزایش تولید وزن خشک موثر است ( El-Tayeb, 2005) و بالاخره Eraslan و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند تاثیر سالیسیلیک اسید بر جذب و انتقال یون در گیاهان منجر به پاسخی خاص برای هر گونه می‌گردد. گونه‌های فعال اکسیژن منجر به پراکسیداسیون لبیدهای غشا و تغییر در نفوذ پذیری غشا (نشت یونی) و خسارت به سلول می‌گردد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که پیش تیمار با سالیسیلیک اسید موجب کاهش تنش اکسیداتیو حاصل از تنش شوری بهبود شاخص پایداری غشا در گیاه ذرت گردید که نتیجه آن در بهبود پارامترهای رشد مشخص است.

تاثیر مثبت SA بر کاهش میزان نشت یونی گیاهان تحت تاثیر تنش‌های مختلف گزارش شده است برای مثال این ماده باعث کاهش معنی دار نشت یونی در گیاهان ذرت (El-Gunes et al., 2007; Tuna et al., 2007)، جو (Stivens et al., 2006)، گوجه فرنگی (Taybe, 2005)، خردل (Syeed et al., 2008)، تحت تنش شوری و در گیاهان خیار (Shi et al., 2006، Lei et al., 2010) و (Farooq et al., 2008، Feng et al., 2003)، ذرت (Janda et al., 1999) تحت تنش سرما گردیده است. کاهش در محتوای نسبی آب در گیاهان تحت تنش هایی نظیر شوری ممکن است اشاره به دلیل از دست رفتن فشار تورگر (تورژسانس) که در نتیجه محدود شدن دسترسی آب برای سلول باشد (Karimi et al., 2005).

برای مثال در گندم (Mandhania et al., 2006) و ذرت (El-Khallas et al., 2009) تحت تاثیر تنش شوری محتوی نسبی آب کاهش پیدا کرده است. محتوی آب نسبی منعکس کننده وضعیت آب در گیاهان است این یک فاکتور مهم در رشد گیاه و مقاومت به تنش است.

افزایش محتوی آب نسبی توسط SA و مشتقات آن می‌توان به نقش سالیسیلیک اسید در افزایش قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش تنش اکسیداتیو و افزایش

گیاه، سنتز پروتئین و نشاسته، انتقال قندها و فعال شدن بسیاری از آنزیم‌ها از جمله آنزیم‌های کلیدی در فتوسترات و تنفس و حفظ یکپارچگی سیستم فتوستراتی، سنتز ATP، تنظیم اسمزی، باز و بسته شدن روزنه، خشی کردن بارهای منفی پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌باشد، جایگزین شدن آن توسط سدیم می‌تواند موجب آسیب به گیاه شود زیرا سدیم قادر به انجام نقش‌های پتانسیم نمی‌باشد. تجمع سدیم و تغییر نسبت  $K^+/Na^+$  در سیتوپلاسم می‌تواند روی فرآیندهای بیوانرژتیک تاثیر بگذارد. جایگزینی سدیم به جای پتانسیم می‌تواند آنزیم‌ها را غیرفعال کند و کاهش رشد و یا حتی مرگ سلول یا گیاه را به همراه داشته باشد (Wu et al., 2008). در این مطالعه در شرایط مزرعه‌ای، سالیسیلیک اسید موجب افزایش پتانسیم و کاهش مقدار سدیم در اندام هوایی گیاه گردید.

در مطالعات مختلف گزارش‌های متناقضی در مورد تاثیر سالیسیلیک اسید بر جذب یون‌ها وجود دارد. کاربرد سالیسیلیک اسید هیچ تاثیری بر مقدار سدیم در هویج (Eraslan et al., 2007) و اسفناج (Eraslan et al., 2007) نداشت. کاربرد استیل سالیسیلیک اسید نیز تاثیری بر عناصر معدنی در گیاهان کدوی تحت تنش خشکی نداشته است (Korkmaz et al., 2007). اما Gunes و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۰۵) گزارش نمودند که سالیسیلیک اسید موجب کاهش غلظت سدیم و کلر و افزایش کاتیون‌ها از جمله پتانسیم در گیاهان ذرت در تنش‌های مختلف گردیده است. در گیاهان گوجه فرنگی تحت تنش شوری، پیش تیمار آسپرین موجب افزایش مقدار سدیم در برگ‌ها گردید، در این گزارش جذب بیشتر سدیم، یک پاسخ مفید در افزایش توان گیاه برای تنظیم اسمزی ذکر شده است (Tari et al., 2002). کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه جو در تنش شوری موجب کاهش سدیم و افزایش میزان پتانسیم در گیاهان جو گردید که در این گزارش بیان شده است، کاهش جذب سدیم در کاهش آسیب به غشا

سلول سبب کاهش اثرات مخرب تنش شوری از جمله تنش اکسیداتیو می‌گردد (Hayat and Ahmad, 2007). سالیسیلیک اسید رشد و تقسیم سلولی را با تاثیر بر هورمون‌های دیگر نظیر اکسین، سیتوکینین، چیرلین و آبسیزیک اسید تنظیم می‌کند. گزارش شده است که این ماده همچنین میزان تقسیم سلولی مریستم راسی ریشه‌های اولیه را افزایش داده و در نهایت منجر به افزایش رشد طولی ریشه می‌گردد (Shakirova et al., 2003) هنگامی که سالیسیلیک اسید در غلظت و زمان مناسب به کار برد می‌شود موجب یک تنش اکسیداتیو موقت و گذرا در سلول‌های گیاهی شده که به عنوان یک فرآیند مقاوم سازی (hardening) عمل می‌نماید و موجب افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی سلول می‌گردد (Hayat and Ahmad, 2007). سالیسیلیک اسید با تغییر فعالیت آنزیم‌هایی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز یا NAD(P)H اکسیداز متصل به غشاء سیتوپلاسمی (آنزیم‌های دخیل در تولید یا تجزیه  $H_2O_2$ ) موجب افزایش موقت و جزیی در مقدار  $H_2O_2$  (به عنوان پیامبر ثانویه) گردیده که منجر به القای ظرفیت آنتی اکسیدانی سلول و سایر پاسخ‌های کاهش دهنده اثرات منفی تنش می‌گردد. برای القای فعالیت آنتی اکسیدانی و کاهش دهنده تنش، غلظت‌های بسیار کمی از  $H_2O_2$  مورد نیاز است و در غلظت‌های بالا، خود به عنوان عامل ایجاد کننده تنش اکسیداتیو محسوب می‌شود. از دلایل دیگر بهبود پارامترهای رشد تحت تاثیر تیمار SA را می‌توان تاثیر سالیسیلیک اسید بر دستگاه فتوستزی و حفاظت از دستگاه فتوستزی، مقدار فتوستزی، فعالیت آنزیم روپیسکو، مقدار رنگیزه‌های فتوستزی، هدایت روزنه‌ای، سیستم دفاع آنتی اکسیدانی، کاهش تنش اکسیداتیو و نشت یونی، افزایش همبستگی غشاها زیستی و تغذیه معدنی گیاه را نام برد که در مطالعه‌های مختلف

همبستگی و پایداری غشا و تعديل و تنظیم اسمزی از طرق افزایش مقدار پتانسیم به عنوان یون بسیار مهم در حفظ فشار تورژسانس سلولی نسبت داد. (Bandurska and stroinski, 2005; Korkmaz et al., 2007) تاثیر مثبت SA روی محتوى آب نسبی تحت تنشهای مختلف در گیاهان جو (El-Taybe, 2005) (El-Khallal et al., 2009), Tuna et al., 2007, گندم (Agrawel et al., 2005) تحت تاثیر تنش شوری و همچنین در خیار (Lei et al., 2010) و ذرت (Farooq et al., 2008) تحت تاثیر سرما گزارش شده است.

نتایج آزمایش مزرعه‌ای نقش پیش تیمار سالیسیلیک اسید را در بهبود رشد و تولید محصول در گیاهان ذرت نشان داد. در تائید نتایج این آزمایش، گزارشاتی نیز در مورد اثر مثبت سالیسیلیک اسید در افزایش عملکرد و اجزا عملکرد در گیاهان گندم (Shakirova et al., 2003) و ماش سبز (Singh and Kaur, 1980) وجود دارد. گزارشات زیادی از اثر تیمارهای SA بر کاهش اثرات تنشهای محیطی بر روی رشد وجود دارد. برای مثال گیاهان تحت تاثیر تنش شوری در لوپیا (Palma et al., 2009) آفتابگردان (Noreen and Ashraf, 2009)، و تحت تاثیر تنش سرما در ذرت (Farooq et al., 2008) و تحت تاثیر تنش خشکی در گندم (Singh and Usha, 2003) تحت تاثیر تنش گرمای در خردل (Hayat et al., 2009) و گیاهان تحت تاثیر تنش کادمیوم در جو (Metwally et al., 2003) گزارش شده است.

در مورد مکانیسم تاثیر مثبت سالیسیلیک اسید بر کاهش تنش و بهبود پارامترهای رشد گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. سالیسیلیک اسید بر محلوده وسیعی از فرایندها از جمله جذب و انتقال یونها، نفوذ پذیری غشا و هدایت روزنایی تاثیرگذار است. همچنین سالیسیلیک اسید در غلظت‌های مناسب با افزایش توان سیستم آنتی اکسیدانی

- 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 Regulation* 53: 185-194.
- Bewley, J. d. and Black, M. (1985) Seeds Physiology of Development and Germination. Plenum Press, New York.
- Blumwald, E., Aharon, G. S. and Apse, M. P. (2000) Sodium transport in plant cells. *Biochemistry and Biophysics Acta* 1465: 140-151.
- Ellis, R. A., and E. H. Robert (1981) The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science Technology* 9:373-409
- El-Khallal, S.M, Hathout T. A, Ashour A. A. Kerrit A. A. (2009) Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical activities and productivity of maize plants grown under salt stress. *Journal of Agriculture and Biological Science* 5: 380- 390.
- El-Tayeb, M.A. (2005) Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 42: 215-224.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M. (2007) Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae* 113: 120-128.
- Eraslan, F., Inal, A., Pilbeam, D.J. and Gunes, A. (2008) Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. CV. Matador) grown under boron toxicity and salinity. *Plant Growth Regulation* 55: 207-219.
- Farooq, M., Aziz, T., Basra, S. M. A., Cheema, M. A. and Rahman, H. (2008) Chilling tolerance in hybrid maize induced by priming whit salicylic acid. *Agronomy and Crop Science* 194: 161-168.
- Feng, Z., Guo, A., and feng, Z. (2003) Amelioration of chilling stress by triadimefon in cucumber seedlings. *Plant Growth Regulation* 39: 277-283.

به آنها اشاره شده است (Popova *et al.*, 2009, Steven .(et al., 2006, El-Tayeb, 2005, Kormkaz *et al.*, 2007

#### نتیجه‌گیری:

در مطالعه حاضر پیش تیمار سالیسیلیک اسید با کاهش مقدار سدیم در برگ، و افزایش مقدار پتاسیم و بهبود قدرت سیستم دفاع آنتی اکسیدانی (داده‌ها در این مقاله آورده نشده است). موجب کاهش تنفس اکسیداتیو و بهبود شاخص پایداری غشا و افزایش قدرت گیاه در حفظ آب و افزایش رنگیزه‌های فتوستتری (به عنوان یکی از اجزای تاثیرگذار بر تولید زیست توده) گردید که نتیجه آن در بهبود پارامترهای رشد و افزایش تولید محصول مشاهده گردید. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد با استفاده از غلظت‌های مناسب سالیسیلیک اسید به صورت پیش تیمار بذر، می‌توان اثرات منفی تنفس شوری بر پارامترهای مرتبط با جوانهزنی را در ذرت کاهش داد و به علاوه موجب بهبود رشد و تولید محصول علوفه و دانه در شرایط تنفس شوری در گیاه ذرت گردید.

#### منابع:

- Agarawal, S., Sairam, R. K., Srivasta, G. C. and Meena, R. C. (2005) Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum* 49: 541-550.
- Andarwulan, N. and Shetty, k. (1999). Improvement of pea (*Pisum sativum*) seed vigour response by fish protein hydrolysates in combination with acetyl salicylic acid. *Process Biochemistry* 35: 159–165.
- Baalbaki, R. Z., Zurayk, R. A., Bleik, S. N., Talhuk, A. (1990). Germination and seedling development of drought susceptible wheat under moisture stress. *Seed Science Technology* 17: 291-302.
- Bandurska H, Stroinski A. (2005) The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. *Acta Physiogy Plant* 27: 379-386.

- water stress early seedling growth of sunflower and maize. *Agriculture and Water Management* 26: 81-91.
- Kaur, S., Gupta, A. K. and Kaur, N. (2002). Effect of osmo- and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. *Plant Growth Regulation* 37: 17-22.
- Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkiran, A.R. (2007) Treatment with acetylsalicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologia Plantarum* 29: 503-508.
- Larcher, W. (2001). *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. Germany. 505.
- Lei, T., Feng, H., Sun, X., Dai, Q., Zhang, F., Liang, H., and Lin, H. (2010). The alternative path win cucumber seedlings under low temperature stress was enhanced by salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 60:35-42.
- Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148: 350-382.
- Llusia, J., Penuelas, J. and Munne-Bosch, S. (2005) Sustained accumulation of methyl salicylate alters antioxidant protection and reduces tolerance of holm oak to heat stress. *Physiologia Plantarum* 124: 353-361.
- Lopez, M., Humara, J. M., Casares, A. and Majada, J. (1999) The effect of temperature and water stress on laboratory germination of *Eucalyptus globulus* Labill. seeds of different sizes. *Annals of Forest Science* 57: 245-250.
- Maffei, M., Bertea, C. M., Garneri, F. and Scannerini, S. (1999). Effect of benzoic acid hydroxyl- and methoxy- ring substituents during cucumber (*Cucumis sativus L.*) germination. I. Isocitrate lyase and activity. *Plant Science* 141: 139-147.
- Manchanda, G. and Garg, N. (2008) Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologia Plantarum* 30:595-618.
- Mandhania, S., Madan, S., and Sawhney, V. (2006) Antioxidant defence mechanisms under salt stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum* 50: 227-231.
- Ghai, N., Setia, R. C. and Setia, N. (2002) Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus L.* (cv. GSL-1). *Phytomorphology* 52: 83-87.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F. and Guzelorda, T. (2005) effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays L.*) *Archives of Agronomy and Soil Science* 51: 687-695.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E. and Cicek, N. (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays L.*) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology* 164: 728-736.
- Hayat, S. and Ahmad, A. (2007) Salicylic acid: a plant hormone. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 18: 137- 145.
- Hayat, S., Masood, A., Yusef, M., Fariduddin, Q. and Ahmad, A. (2009) Growth of Indian mustard (*Brassica juncea L.*) in response to salicylic acid under hight-temperature stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 21: 187- 195.
- Inze, D. and Montagu, M. V. (2000) Oxidative stress in plants. TJ International Ltd, Padstow, Cornwall. Great Britain.
- 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.
- Jithesh, M. N., Prashanth, S. R., Sivaprakash, K.R. and Parida, A.K. (2006) Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defense. *Journal of Genetics* 85: 237-254.
- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavarinejad, R.A., and Assareh, M.H. (2005) The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biologia Plantarum* 49: 301-304.
- Katergi, N. Van Horn, J. W., Hamdy, A., Karan, F., and Mastrotilli. M. (1994). Effect of salinity on emergence and on

- (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Journal of Plant Growth Regulation* 30: 157-161
- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bozrutkova, M. V., Fatkhutdinova, R.A., Fatkhutdinova, D.R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164: 317-322.
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. (2006) Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Regulation* 48: 127-135.
- Singh, B. and Usha, K. (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation* 39: 137-141.
- Singh, G. and Kaur, M. (1980). Effect of growth regulators on padding and yield of mung bean (*Vigna radiate* L.) Wilczek. *Indiana Journal of Plant Physiology* 23: 366-370.
- Stevens, J., Senaratna, T. and Sivasithamparam, K. (2006) Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. *Plant Growth Regulation* 49: 77-83.
- Syeed, S., Anjum, N. A., Nazar, R., Iqbal, N., Masood, A., and Khan, N. A. (2008) Salicylic acid-mediated changes photosynthesis, nutrients content and antioxidant metabolism in two mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Acta Physiologia Plantarum*: 7-14.
- Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepsi, A., Szabo, M. and Erdei, L. (2002) Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. *Acta Biologica Szegediensis* 46: 55-56.
- Tuna, L. A., Kaya, C., Dikilitas, M., Yokas, I., Burun, B., Altulu, H. (2007) Comparative effects of various salicylic acid derivatives Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K. J. (2003) Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology* 132: 272-281.
- Molassiotis, A. N., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Kofidis, G., Diamantidis, G. and Therios, I. (2006) Antioxidant and anatomical responses in shoot culture of the apple rootstock MM 106 treated with NaCl, KCl , manniitol or sorbitol. *Biologia Plantarum* 50: 61-68.
- Noreen, S. and Ashraf, M. (2008) Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pakistan Journal of Botany* 40:1657-63.
- Orcutt, D. M. and Nilsen, E. T. (2000) The physiology of plants under stress, soil and biotic factors. John Wiley and Sons, New York. pp: 177-235.
- Palma, F., Liuch, C., Iribarne, C., Garcia-Garrido, J. M. and Garcia, N. A. T. (2009) Combined effect of salicylic acid and salinity on some antioxidant activities, oxidative stress and metabolite accumulation in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Growth Regulation* 58: 307-316.
- Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 324-349.
- Popova, L.P., Maslenkova, L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G. and Janda, T. (2009) Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 47:224-231.
- Rajasekaran, L. R., Stiles, A., Surette, M. A., Sturz, A. V., Blake, T. J., Caldwell, C. and Nowak, J. (2002). Stand Establishment Technologies for 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.
- Senaranta, T., Teuchela, D., Bumm, E. and Dixon, K. (2000) Acetylene salicylic acid

- physiological parameters. *Journal of Plant Science* 139: 223-232.
- Wu, L., Guo, X. and Harivandi, M. A. (1998) Allelopathic effects of phenolic acids detected in buffalograss (*Buchloe dactyloides*) clippings on growth of annual bluegrass (*Poa annua*) and buffalograss seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 39: 159–167.
- Wu, Y., Hu, Y. and Xu, G. (2008) Interactive effects of potassium and sodium on root growth and expression of K/Na transporter genes in rice. *Plant Growth Regulation* 57: 271-280.
- on growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize plants. *Pakistan Journal of Botany* 39: 787-798.
- Turkan I, Bor M, Ozdemir F, Koca H (2005) Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolia* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science* 168: 223-231.
- Wahid, A., Jared, I. U. L., Ali, I. and Rasul, E. (1998) Short term incubation of sorghum caryopsis in sodium chloride levels: change in some pre and post germination

## Interactive effects of salt stress and salicylic acid on germination and plant growth parameters of maize (*Zea mays L.*) under field conditions

Fatemeh Daneshmand<sup>1\*</sup>, Mohammad Javad Arvin<sup>2</sup>, Batool Keramat<sup>3</sup> and Naghme Momeni<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran. <sup>2</sup>Department of Horticulture,

<sup>4</sup>Department of agronomy and plant breeding, College of Agriculture, and <sup>3</sup>Department of

Biology, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman

\*Corresponding author: f.daneshmand@yahoo.com

### Abstract:

Two experiments were conducted to study the impact of salt stress and salicylic acid (SA) on seed germination and plant growth of maize (SC704) under field conditions in the city of Kerman in 2010. For germination experiment, SA seed pretreatments included; control, water soaked, SA soaked in 0.1 and 0.2 mM for 24 hours and salt treatment included; control, 40 and 80 mM NaCl. All seed germination parameters including germination percentage, mean germination time, germination uniformity, radicle and root length and seedling dry weight were adversely affected by salt stress. SA especially at 0.1 mM improved all parameters significantly, especially under salt treatment. Under field conditions (40 mM salinity), 0.1 mM SA improved chlorophyll, relative water content, membrane permeability, fresh and dry weight of forage, comb length, grain yield, 1000 seed weight, water use efficiency and K<sup>+</sup> in leaf. However, leaf Na<sup>+</sup> content was significantly lower when SA was used. Thus, it was concluded that seed pretreatment with SA could be used commercially to improve plant performance and yield in maize under salt stress conditions.

**Key words:** Maize, Salicylic acid, Salt stress, Seed germination.