اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت شیرین (Sweet corn) در شرایط تنش شوری.

Effect of pretreatment salicylic acid on germination and seedling growth in sweet corn (*Zea mays* L.) under salt stress conditions

پریسا سجودی[۱*]، میثم اویسی[۲]، فرشاد قوشچی[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین، ایران.

*نویسنده مسوول مکاتبات: p_sojoodi6788@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، گیاهچه ذرت شیرین در تنش شوری، آزمایشی در آزمایشگاه فیزیولوژیکی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد ورامین– پیشوا طراحی شد. بذرهای ذرت شیرین، رقم *Saccharata* پس از خیساندن در محلول‌های(صفر، ۰/۵ و یک میلی‌مولار) سالیسیلیک اسید به‌مدت ۲۴ ساعت، جهت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری، به کاغذهای رولری آغشته به‌محلول NaCl با غلظت‌های(صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) منتقل شده و در محیط کشت قرار گرفت. پس از جوانه‌زنی درصد جوانه‌زنی، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و وزن خشک گیاهچه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد تنش شوری باعث کاهش درصد جوانه‌زنی در بذرهای ذرت شیرین شده، به‌طوری‌که غلظت ۲۰۰میلی‌مولار نمک سبب کاهش ۵۸/۳۳ درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد می‌شود. همچنین مشاهده شد که سالیسیلیک اسید تاثیر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته و هم در شاهد و هم در تیمارهای تنش دیده سبب افزایش جوانه‌زنی می‌شود. استفاده از سالیسیلیک اسید موجب افزایش وزن خشک گیاهچه می‌گردد. سنجش فعالیت آنزیمی نشان داد که فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در شرایط تنش شوری کاهش یافته و سالیسیلیک اسید سبب افزایش فعالیت این آنزیم یا به‌عبارتی کاهش اثر تنش شوری می‌شود. با توجه به‌نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که پیش تیمار بذر ذرت شیرین با سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار اثر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته و با تاثیر بر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه سبب افزایش تحمل گیاهچه‌های ذرت شیرین تحت تنش شوری می‌گردد.

واژگان کلیدی: سالیسیلیک اسید، جوانه‌زنی، آنزیم آلفا آمیلاز، تنش شوری، ذرت شیرین

مقدمه

ذرت شیرین (*Zea mays var Saccharata*) با انجام جهش ژنتیکی در لوکوس SU از کروموزوم شماره ۴ ذرت معمولی حاصل شده است. این تغییر ژنتیکی باعث تجمع قندها و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه می‌گردد (Kaukis and Davis., 1986). ذرت شیرین عمدتاً به‌منظور استفاده از میوه آن (بلال) کاشت می‌شود و در میان دسته‌ای از گیاهان زراعی که به‌عنوان سبزیجات طبقه‌بندی شده‌اند، از نظر ارزش زراعی برای صنایع تبدیلی (کنسروسازی و منجمد کردن) مقام دوم و برای مصارف تازه، مقام چهارم را دارا می‌باشد (Kalloo and Bergh., 1993). در طبیعت گیاهان در برابر نوسانات محیطی مختلفی از جمله خشکی و شوری قرار دارند که رشد آنها را محدود می‌کند (Bohner *et al*., 1995).

گیاهان برای حفظ بقای خود، سازوکارهای مختلفی برای سازش با این تغییرات محیطی دارند که از آن جمله می‌توان به سازوکارهای مورفولوژیک، فیزیولوژیک و تغییرات مولکولی اشاره کرد (Bohner *et al*., 1995) تنش شوری می‌تواند بر فرآیندهای فیزیولوژیک، از جوانه‌زنی تا تکوین گیاه تأثیرگذار باشد. فتوسنتز که یک مسیر کلیدی در فیزیولوژی گیاهان است به‌شدت تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد. آبسیزیک اسید تولید شده در واکنش به‌شوری سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و ورود دی‌اکسید کربن را به گیاه محدود می‌کند (Leung *et al*., 1994).

تنش شوری باعث تجمع انواع اکسیژن فعال در سلول و آسیب رساندن به لیپیدهای غشای، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Noktor and Foyer., 1998). مواد آنتی‌اکسیدان موجود در گیاهان سبب خنثی‌سازی این رادیکال‌های آزاد می‌گردند که از مهم‌ترین آنها می‌توان آسکوربیک اسید، توکوفرول و گلوتاتیون را نام برد (Zhang and Kirkham., 1996). همچنین سالیسیلیک اسید نقش مهمی، در ایجاد تحمل به تنش‌های محیطی بر عهده دارد (Raskin, 1992). بر طبق نظرات راسکین (Raskin, 1992) سالیسیلیک اسید باید در زمره هورمون‌های گیاهی دسته‌بندی شود. سالیسیلیک اسید یا اورتوهیدروکسی بنزوئیک اسید، یک تنظیم کننده‌ی رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه نقش دارد. القای گل‌دهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم سالیسیلیک اسید به‌شمار می‌رود (Raskin, 1992). به‌عنوان مثال، در سوسن سفید (*Lilium spp*) هنگام گل‌دهی گرما تولید می‌شود که در جذب یون‌ها از ریشه و ضریب هدایت روزنه‌ها نقش دارد (Raskin, 1992). سالیسیلیک اسید در تنظیم و ایجاد علامت‌هائی برای تجلی ژن‌ها در زمان پیری در گیاه مدل آرابیدوبسیس (*Arabidopsis thaliana*) دخالت دارد (Morris *et al*., 2000).

علاوه بر این مانع رسیدگی میوه‌ها می‌شود (Srivastava and Dwivedi., 2000). سالیسیلیک اسید در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند نقش حفاظتی دارد. سالیسیلیک اسید سبب افزایش تحمل به‌شوری در گیاهچه‌های گندم و تحمل به کمبود آب می‌گردد (Bezrukova *et al*., 2001) این ماده در گوجه فرنگی و لوبیا نیز سبب افزایش تحمل به درجه حرارت‌های پائین و بالا شده (Senaratna, 2000) و باعث کاهش آسیب عناصر سنگین در برنج می‌گردد (Mishra, 1995). تولید پروتئین‌های شوک گرمائی در توتون *Nicotiana tabacum* تجمع لکتین‌ها در گندم نیز به سالیسیلیک اسید نسبت داده می‌شود (Shakirova, 1997). کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید سبب ایجاد تحمل به گرما، سرمازدگی و تنش شوری در دولپه‌ای‌ها نیز می‌گردد (Borsani *et al*., 2001) همچنین در ذرت سالیسیلیک اسید سبب تغییراتی در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در زمان سرمازدگی می‌شود (Janda *et al*., 1998). به‌طورکلی

سالیسیلیک اسید اثرات کلیدی در گیاهان از جمله تأثیر در جذب عناصر غذائی، پایداری غشای، روابط آبی، عملکرد روزنه‌ها، بازدارندگی سنتز اتیلن و افزایش رشد دارد (Rajasekaran, 1999). 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 به‌وسیلهٔ 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 به‌وسیله آنزیم کاتالاز در سلول‌های برگ پاکسازی می‌شود (Harper and Balke., 1981) در این پژوهش تأثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز گیاهچه‌های ذرت شیرین درشرایط تنش شوری مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز گیاهچه‌های ذرت شیرین در شرایط تنش شوری، آزمایشی در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد ورامین- پیشوا به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی جمعا با ۱۵ تیمار و چهار تکرار انجام گرفت. بذرهای ذرت شیرین پس از ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم به‌مدت پنج دقیقه و اتانول ۹۶ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه، به‌خوبی با آب، مقطر شسته و ۲۴ ساعت در محلول‌هایی با غلظت‌های (صفر، ۰/۵ و یک میلی‌مولار) سالیسیلیک اسید به‌طور جداگانه خیسانده شد. پس از آن، بذرهای خیس خورده در محلول سالیسیلیک اسید، به کاغذهای رولری آغشته به‌محلول NaCl با غلظت‌های (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) منتقل شده و سریعا به محیط کشت انتقال داده شد. محیط کشت برای جوانه‌زنی (ژرمیناتور) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و هشت روز بعد، تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش، درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه‌ها محاسبه شد. برای خشک کردن نمونه‌ها، اندام‌های فوق ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد .جهت سنجش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز گیاهچه‌ها در نیتروژن مایع فریز و تا زمان انجام آنالیزهای بیوشیمیائی در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

سنجش میزان درصد جوانه‌زنی:

۱۰۰ × (تعداد کل بذرها / تعداد بذر جوانه‌زنی)

سنجش فعالیت آنزیمی

سنجش آنزیم آلفا آمیلاز

بر اساس متد کالری‌متری Bergmayer انجام شد. نیم میلی‌لیتر سوبسترا (نشاسته سوکسینیل شده) با محلول حاوی فسفات سدیم (۱۰ میلی‌مول)، سدیم کلرید (سه میلی‌مول)، با PH ۵/۵ در ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. در پایان زمان استاندارد واکنش با اضافه کردن ماده رنگ‌زا ۳ و۵- دی‌نیتروسالسیلیک اسید (۱۰ ml.mg) در محلول هیدروکسید سدیم (چهار میلی‌مول) دارای سدیم پتاسیم تارتارات (۰/۳ ml.g) کامل شده و پس از قرارگرفتن در آب جوش متوقف می‌شود. جذب آن در ۵۴۶ نانومتر قرائت و بر اساس منحنی استاندارد، مقدار فعالیت آنزیم ارزیابی می‌گردد (Bergmayer, 1983).

داده‌های به‌دست آمده حاصل از سنجش پارامترها از طریق طرح کاملا تصادفی و آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تحلیل آماری قرار گرفتند، نمودارهای با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

الف) درصد جوانه‌زنی

نتایج جدول یک تجزیه واریانس اثر تنش شوری و پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه‌زنی گیاهچه ذرت شیرین نشان می‌دهد که عامل تنش شوری اثر معنی‌داری در سطح یک‌درصد بر درصد جوانه‌زنی ذرت شیرین داشته است و نیز تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نیز توانسته تاثیر

معنی‌داری بر جوانه‌زنی این گیاه بگذارد. این در حالی است که اثر متقابل تنش شوری و اسید سالیسیلیک معنی‌دار نشد. مهم‌ترین مرحله رویشی گیاه که در تنش شوری تحت تاثیر قرار می‌گیرد، جوانه‌زنی است، که بستگی به‌گونه گیاهی دارد. در این پژوهش شوری در غلظت بالا باعث کاهش درصد جوانه‌زنی گردید. شاید علت کاهش درصد جوانه‌زنی در تنش شوری، کندشدن جذب آب توسط دانه‌ها باشد. در نتیجه یون‌های سدیم به دانه وارد شده، سمیت سدیم و کلر باعث اختلال در جذب آب توسط بذر شده، ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها را تغییر می‌دهد. همچنین شوری فعالیت مالات دهیدروژنازوگلوکز۶- فسفات دهیدروژناز، که نقش اساسی در رویش دانه دارد را کاهش می‌دهد (رجبی و پوستینی، ۱۳۸۴). گزارش شده که در خاکشیر (مظفری، ۱۳۸۳)، درصد جوانه‌زنی بذر در غلظت پایین شوری افزایش، در غلظت بالای آن کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. افزایش غلظت شوری منجر به کاهش درصد و افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی در بذر خربزه (Maffei *et al*., 1999) گلرنگ (چاوشی، ۱۳۸۵) و گندم (نژادعلیمرادی، ۱۳۸۶) شده است. همچنین کاهش جوانه‌زنی در خاک‌های شور باعث کاهش تولید گیاهچه‌ها شده و در نهایت کاهش محصول می‌شود. همچنین در مورد گیاه *Phaseolus mungo* گزارش شده است، که درصد جوانه‌زنی با افزایش میزان شوری کاهش می‌یابد (Dash and Panda, 2001). نیز در مورد گیاه برنج خان و همکاران (Khan and Panda, 2000) گزارش کرده‌اند، که درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های مختلف شوری کاهش تدریجی داشته است. در این پژوهش نیز درصد جوانه‌زنی در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به گروه شاهد کاهش داشت. احتمالا دلیل آن سمیت سدیم و کلر جذب شده توسط بذر است، زیرا این یون‌ها تعادل هورمونی این گیاه را برهم زده، و در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی مثل مالات دهیدروژناز و گلوکز۶- فسفات دهیدروژناز که از آنزیم‌های اصلی جوانه‌زنی هستند، کاهش می‌یابد. منطقی است که این اثر در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بیش‌تر بوده و جوانه‌زنی ذرت شیرین در شوری بالاتر به‌میزان ۵۸/۳۳ درصد کم‌تر شود. از سالیسیلات‌هایی مثل استیل سالیسیلیک اسید، برای تحریک جوانه‌زنی در دمای پنج درجه سانتی‌گراد استفاده می‌شود، اما خیلی اثر تشدیدکنندگی ندارند (Rajasekaran *et al*., 2002). گزارش شده است، که سالیسیلیک اسید نقش مهمی در تعیین حساسیت گیاهان به انواع تنش‌ها دارد. در مورد گیاه گوجه‌فرنگی هم تیمار سالیسیلیک اسید، منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی شده است (Hanan and Deef, 2007) .در گزارش دیگری که در مورد اثر سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید بر جوانه‌زنی گیاه گندم آمده است، بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در غلظت بالای این دو ترکیب مشاهده شده است (Afzal *et al*., 2006). در این پژوهش سالیسیلیک اسید در مقایسه با گروه شاهد، تاثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی این گیاه نداشته است. پژوهشگران گزارش کرده‌اند، که کاربرد اگزوژن سالیسیلیک اسید پروسه جوانه‌زنی را در گیاه جو تغییر داده، و منجر به افزایش جوانه‌زنی در تیمار سالیسیلیک اسید و شوری نسبت به دانه‌های غیر تیمار شده است (Borsani *et al*., 2001). در گزارشی که در مورد گیاه گندم و جو تحت تیمار سالیسیلیک اسید و شوری آمده است، درصد جوانه‌زنی افزایش یافته و این نشانه نقش سالیسیلیک اسید در بهبود شرایط تنش در گیاهان است (Hanan and Deef, 2007).

در مورد اثر محافظتی سالیسیلیک اسید در سایر تنش‌ها هم گزارشاتی دارد، مثلا در تنش گرما در خردل (Data, 1998)، تنش سرما در گیاهان مختلف (Tasgines *et al*., 2003 ؛Janda *et al*., 1999) و خشکی در گندم (Singh and Usha, 2003) وجود دارد. سالیسیلیک اسید در تمام موارد فوق، باعث کاهش اثرات منفی تنش درجوانه‌زنی این گیاهان شده است (Kang *et al*., 2003). اما دراین پژوهش سالیسیلیک اسید توانست در شوری کم جوانه‌زنی را به‌میزان ۶۶/۵۰ درصد افزایش داده، و در شوری بالا تاثیر بیش‌تری بر جوانه‌زنی ذرت شیرین داشته باشد.

که دلیل آن را می‌توان احتمالا افزایش سازش گیاه به شوری در این مرحله از رشد دانست.

ب) آنزیم آلفا آمیلاز

مطالعات جدول یک تجزیه واریانس، اثر تیمار تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بر روی گیاهچه ذرت شیرین بیانگر آن است که اثر عامل شوری بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در سطح یک‌درصد معنی‌دار شده است و همچنین تاثیر سالیسیلیک هم بر فعالیت این آنزیم کاملا معنی‌دار بود. آنزیم‌هایی از قبیل آمیلاز، پروتئاز و در برخی موارد لیپاز، نقش حیاتی و مهمی را در رشد و نمو اولیه‌ی جنین ایفا می‌کنند. هر گونه افزایشی در فعالیت این آنزیم‌ها ممکن است منجر به‌رشد اولیه‌ی پر قدرت و تولید محصولی خوب گردد (Perata *et al*., 1997). مشخص شده است که سالیسیلیک اسید بر فعالیت این آنزیم در جوانه‌زنی بذر این گونه گیاهی تأثیر می‌گذارد. آلفا آمیلاز برای جوانه‌زنی بذر به‌طور قابل ملاحظه‌ای ضروری است (Perata *et al*., 1997). زیرا این آنزیم تجزیه نشاسته را در آندوسپرم و لپه‌ها راه‌اندازی می‌کند و بذر می‌تواند از محصول حاصل از تجزیه نشاسته برای جوانه‌زنی و رشد استفاده کند (Vartapetian and Jackson, 1997). علت تسریع جوانه‌زنی در بذرهای پرایم شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مثل آلفا آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقا عملکرد میتوکندری‌ها باشد (Afzal *et al*., 2002). در بذرهای پرایم شده پاره‌ای تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی به نفع جوانه‌زنی تحقق می‌یابد. برای مثال در این بذرها بخشی از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند. این مساله می‌تواند توجیهی برای تسریع جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی باشد (Bitencourt *et al*., 2004). فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذرهای پرایم شده برنج در راستای جوانه‌زنی بهبود یافت و این امر به‌ویژه در مورد بذرهای پیر شده مشهودتر بود (Lee and Kim, 2000). افزایش درصد جوانه‌زنی را می‌توان به افزایش فعالیت آنزیمی در اثر پرایمینگ نسبت داد. در خربزه (*Cucumis melo*)، بذر اسموپرایم شده با پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰، ضمن افزایش فعالیت آمیلاز، جوانه‌زنی آن را بهبود بخشید (Singh *et al*., 1999).

تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده از سنجش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نشان داد که فعالیت این آنزیم بعد از گذشت ۴۸ ساعت از آزمون جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش شوری و پیش تیمار سالیسیلیک اسید قرار گرفت، به‌طوری‌که با افزایش تنش شوری اعمال شده بر بذرهای ذرت شیرین فعالیت این آنزیم در بذرهای حاصل کاهش یافت (نمودار یک)، بدین صورت که بیش‌ترین فعالیت در بذرهای حاصل از بالاترین سطح سالیسیلیک اسید به‌میزان (۲۹/۶۶ واحد بر گرم وزن تازه) به‌دست آمد و کم‌ترین فعالیت در بذرهای حاصل از تنش شدید با میزان (۱۰/۵۴ واحد بر گرم وزن تازه) مشاهده شد. بیش‌ترین فعالیت در بررسی تأثیر فعالیت این آنزیم در تیمار (غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید+ بدون اعمال تنش) با میزان (۳۹/۴۷ واحد بر گرم وزن تازه) مشاهده شد که با توجه به نتایج جوانه‌زنی این افزایش مورد انتظار بود و کم‌ترین فعالیت آنزیم در بذرهای پرایم شده (غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار شوری) مشاهده شد که از کاهش جوانه‌زنی بذرها را توجیه می‌کند. مشخص شده است که پیش‌تیمار اسمزی بر فعالیت آنزیم‌ها در جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف گیاهی تأثیر می‌گذارد. بر پایه گزارش لی و کیم (Lee and Kim, 2000) فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذرهای پرایم شده برنج در راستای جوانه‌زنی بهبود یافت. همچنین در خربزه (*Cucumis melo*)، بذر اسموپرایم شده با پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰، افزایش

فعالیت دهیدروژناز و آمیلاز را نشان داده و جوانه‌زنی آن را بهبود بخشید (Singh *et al*., 1999).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات درصد جوانه‌زنی، آنزیم آلفا آمیلاز، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، وزن خشک گیاهچه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه

Table 1. Analysis of variance mean squares germination, enzymes, alpha-amylase, germination rate, mean daily germination, Seedling dry weight, During the shoot, Root length

		M.S	میانگین مربعات		
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	درصد جوانه زنی Germination	آنزیم آلفا آمیلاز Alpha mylase	وزن خشک گیاهچه DrySeedling
Repeat	تکرار	3	1.88^{ns}	1.60^{ns}	1.26^{ns}
Salinity	شوری	4	75.47^{**}	771.64^{**}	38.59^{**}
Salicylic acid	سالیسیک اسید	2	11.64^{*}	312.44^{**}	15.57^{**}
Salinity× Salicylic acid	شوری×سالیسیلیک اسید	8	0.91^{ns}	19.16^{**}	1.67^{ns}
Experimental error	اشتباه آزمایشی	30	94.72	1.71	0.00010
Coefficient of variation (%)	ضریب تغییرات (٪)		23.06	5.21	28.54

ns بدون معنی،* در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار،** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار

ns not significant, * significant at the 0.05 level, ** significant at 0.01

ج) وزن خشک گیاهچه

نتایج آنالیز واریانس داده‌های حاصل از اثر سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه ذرت شیرین، نشان داد که تیمار با شوری در غلظت بالا، باعث کاهش بیش‌تری نسبت به شوری با غلظت پایین شد. گزارش شده است که مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم می‌شود (Singh and Usha, 2003). تحقیقات نسبتا زیادی که بر روی جوانه‌زنی گیاهان زراعی مختلف انجام شده بیانگر این واقعیت است که با افزایش شوری وزن خشک گیاهچه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Alebrahim *et al*., 2004). تیمار سالیسیلیک اسید به‌تنهایی بر این گیاهان با غلظت (صفر ، ۰/۵ و ۱میلی مولار) معنی‌دار شد، و باعث افزایش وزن خشک گیاهچه گردید. در پیش تیمار سالیسیلیک اسید در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری مشاهده شد. در تیمار همراه در شوری بالا سالیسیلیک اسید اثر افزایشی داشت، ولی در شوری بالا اثر سالیسیلیک اسید بر کاهش وزن خشک گیاهچه کم‌تر بود ولی در اثر متقابل معنی‌دار نشد (جدول یک). درکل بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه مربوط به تیمارسالیسیلیک اسید در غلظت یک میلی‌مولار با میزان ۰/۰۷۴میلی‌گرم وکم‌ترین وزن خشک گیاهچه مربوط به‌تیمار همراه شوری ۲۰۰ میلی‌مولار وسالیسیلیک اسید با غلظت صفر میلی‌مولار با میزان ۰/۰۱۷ میلی‌گرم بود (جدول دو).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که پیش تیمار بذر ذرت شیرین با سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار اثر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته و با تاثیر بر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه سبب افزایش تحمل گیاهچه‌های ذرت شیرین تحت تنش شوری می‌گردد.

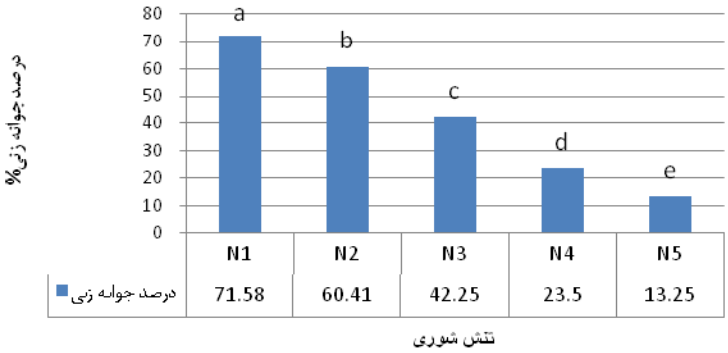
جدول ۲- مقایسات میانگین اثرمتقابل تنش شوری و پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر روی صفات درصد جوانه‌زنی، آنزیم آلفا آمیلاز، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متـوسط جوانه‌زنی روزانه، وزن خشک گیاهچه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه

Table 2. interaction mean comparisons of salinity and salicylic acid pretreatment on germination characteristics of the germination, enzymes, alpha-amylase, germination rate, mean daily germination, Seedling dry weight, shoot length, Root length.

Salicylic acid soil × treatment interaction	تیمار اثر متقابل شوری× سالیسیلیک اسید	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	آنزیم آلفا آمیلاز Alpha Amylase (gr.fWt)	وزن خشک گیاه‌چه Seedling dryweight (gr)	طول ساقه‌چه Shoot length (mm)	طول ریشه‌چه Root length (mm)
zero mM salinity*Zero mM of salicylic acid	صفر میلی‌مولار تنش شوری * صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	60.50^{c}	31.82^{c}	0.044^{c}	9.05^{e}	13.93^{bc}
zero mM salinity* 0.5 mM salicylic acid	صفر میلی‌مولار تنش شوری* ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	71.25^{b}	38.87^{ab}	0.064^{b}	12.17^{bc}	15.86^{b}
zero mM salinity* 1 mM salicylic acid	صفر میلی‌مولار تنش شوری* ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	83.00^{a}	39.47^{a}	0.074^{a}	15.27^{a}	18.69^{a}
25 mM salinity* Zero mM salicylic acid	۲۵ میلی‌مولار تنش شوری* صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید.	50.50^{c}	26.97^{cd}	0.034^{d}	8.23^{e}	11.24^{d}
25 mM salinity* 0.5 mM salicylic acid	۲۵ میلی‌مولار تنش شوری* ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	64.25^{bc}	31.60^{c}	0.048^{c}	11.54^{c}	13.34^{c}
25 mM salinity* 1 mM salicylic acid	۲۵ میلی‌مولار تنش شوری* ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	66.50 ^{bc}	38.12^{ab}	0.059^{b}	14.30^{a}	15.59^{b}
50 mM salinity* Zero mM salicylic acid	۵۰ میلی‌مولار تنش شوری* صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	32.50^{e}	17.82^{e}	0.021^{e}	4.33^{g}	8.52^{e}
50 mM salinity* 0.5 mM salicylic acid	۵۰ میلی‌مولار تنش شوری* ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	41.50^{d}	25.10^{d}	0.033^{d}	7.11^{f}	9.62^{d}
50 mM salinity* 1 mM salicylic acid	۵۰ میلی‌مولار تنش شوری* ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	52.75c	32.97^{abc}	0.048^{c}	12.87^{b}	11.94^{c}
100 mM salt stress* Zero mM salicylic acid	۱۰۰ میلی مولار تنش شوری* صفر میلی مولار سالیسیلیک اسید	17.50^{fg}	10.60^{ef}	0.012^{e}	1.98^{h}	5.71^{f}
100 mM salt stress* 0.5 mM salicylic acid	۱۰۰ میلی مولار تنش شوری* ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید	21.00^{f}	18.85^{de}	0.019^{e}	4.67^{g}	6.75^{ef}
100 mM salt stress* 1 mM salicylic acid	۱۰۰ میلی‌مولار تنش شوری* ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	32.00^{de}	25.87^{d}	0.024^{de}	8.90^{d}	7.34^{e}
200 mM salt stress* ZeromM salicylic acid	۲۰۰ میلی‌مولار تنش شوری* صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	12.75^{g}	9.37^{f}	0.017^{e}	2.02^{h}	1.94^{f}
200 mM salt stress* 0.5 mM salicylic acid	۲۰۰ میلی‌مولار تنش شوری* ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	13.25^{fg}	10.40^{ef}	0.019^{e}	2.05^{h}	2.01^{f}
200 mM salt stress* 1 mM salicylic acid	۲۰۰ میلی‌مولار تنش شوری* ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید	13.75^{fg}	11.85^{ef}	0.019^{e}	2.07^{h}	2.36^{f}

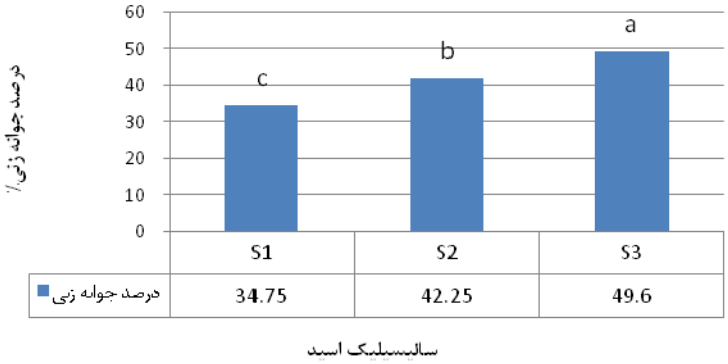
میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT



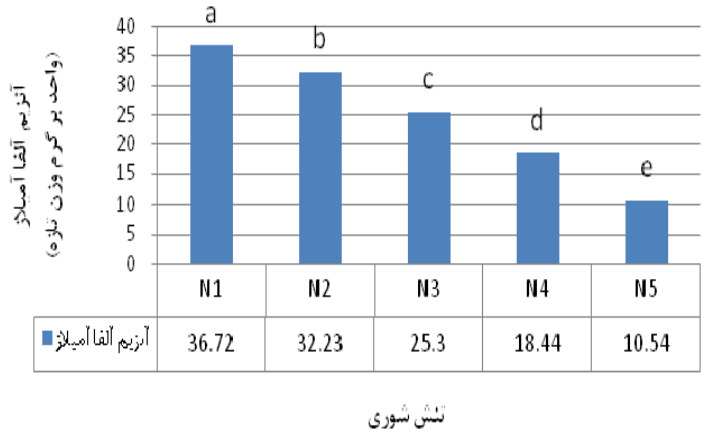
نمودار ۱- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی گیاهچه ذرت شیرین

Fig 1. The effect of different concentrations of salt stress on germination of sweet corn seedling



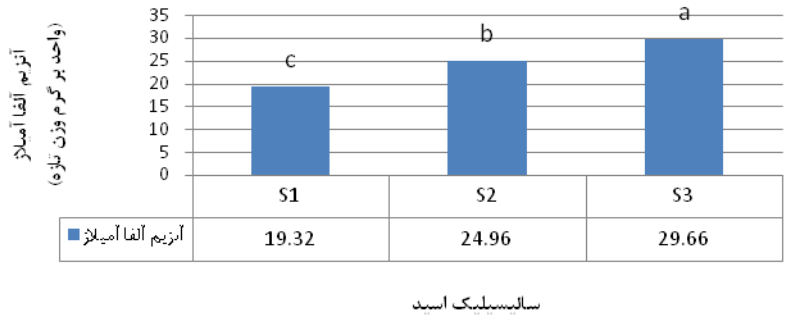
نمودار ۲- اثر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه‌زنی گیاهچه ذرت شیرین

Fig 2. The effect of different concentrations of salicylic acid on germination of sweet corn seedlings



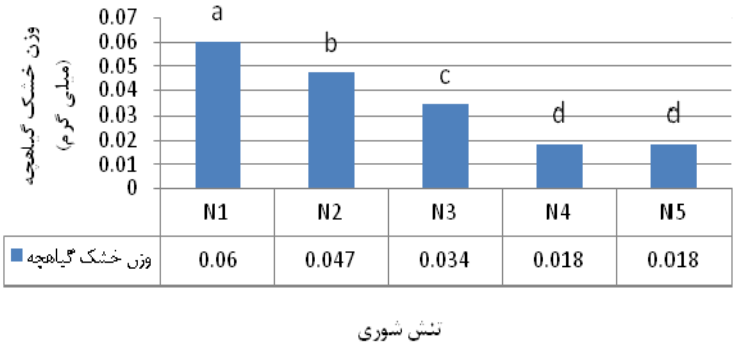
نمودار ۳- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری بر میزان آنزیم آلفا آمیلاز گیاهچه ذرت شیرین

Fig 3. The effect of different concentrations of salt stress on the enzymes alpha-amylase of sweet corn seedlings



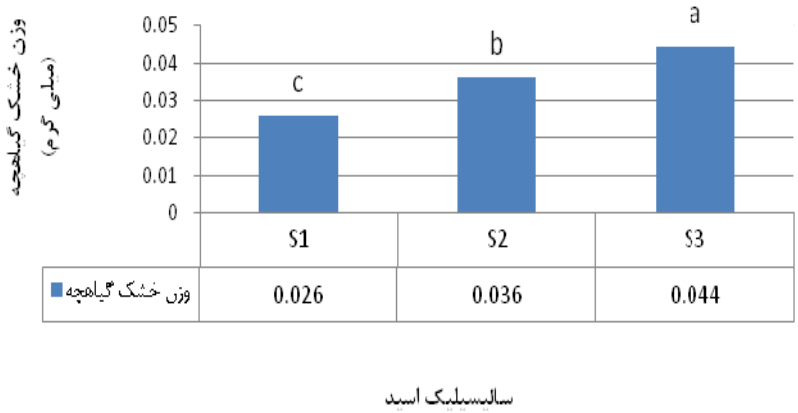
نمودار ۴- اثر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر میزان آنزیم آلفا آمیلاز گیاهچه ذرت شیرین

Fig 4. The effect of different concentrations of salicylic acid, alpha-amylase enzyme concentration of sweet corn seedlings



نمودار ۵- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری بر میزان وزن خشک گیاهچه ذرت شیرین

Fig 5. The effect of different concentrations of salt stress on seedling dry weight of sweet corn



نمودار ۶- اثر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر میزان وزن خشک گیاهچه ذرت شیرین

Fig 6. The effect of different concentrations of salicylic acid in sweet corn seedling dry weight concentration

منابع **References**

چاوشی، م. ۱۳۸۵. مطالعه اثرمتیل جاسمونات بربرخی پارامترهای رشد شیمیایی و بیوشیمیایی در رقم‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) تحت تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش زیست‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص: ۵۲-۹۹.

رجبی، ر.، پستینی، ک. ۱۳۸۴. اثرات نمک کلرید سدیم بر جوانه‌زنی بذر سی رقم گندم نان. مجله کشاورزی. ۲۸ (۱): ۲۹ – ۴۳.

مظفری، ح. ۱۳۸۳. بررسی نقش کلسیم در تحمل گیاه خاکشیر (*Descurainia Sophia*) به تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش زیست‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان و مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی (ICST) ص: ۹۲ – ۱۰۴.

نژادعلیمرادی، ح. ۱۳۸۶. بررسی اثرات اشعه ماورا بنفش (C-UV) در مقاوم‌سازی دو رقم گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) به تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش زیست‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص: ۳۷ – ۸۳..

Afzal, I., Nazir, A., Ferhat, M., Amjad, H., Saadia, I., and Gulzar, A. 2004. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. Santa Cruz Do Sul. 16(1): 19-34.

Alebrahim, M.T., Sabaghnia, N., Ebadi, A., and Mohebodini, M. 2004. Investigation the effect of salt and drought stress on seed germination of thyme medicinal plant (*Thymus vulgaris*).J. Research in Agricultural Science.1:13-20.

Afzal, I., Basra, S.M.A., Faroog, M., Nawaz, A. 2006. Alleviation of salinity stress in *spring wheat* by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid .Int J Agr Biol 1 :23-28.

Borsani, O., Valpuesta, V., 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.

Bittencourt, M.L.C., Dias, D.C.F.S., Dias, L.A.S., and Araujo, E.F. 2004. Effects of priming on asparagus seed germination and vigor under water and temperature stress. Seed Science & Technology. 32: 607-616.

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

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.

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.

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

Bergmayer, H.U., Grassl, M., Walter, H.E. 1983. A-Amylase. In: Bergmeyer HU, editor. Methods of enzymatic analysis. 3rd ed., Vol. 2A, Wheinheim W. Germany Deerfield Beach FL: VCH:151–152.

Data, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H., Scott, I.M. 1998. .Parallel changes in H_2O_2 and catalase during thermo tolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in *mustard* seedlings .Plant Physiol 116 :1351-1537.

Dash, M., Panda, S.K. 2001. Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germination *Phaseolus mungo* seeds .Biol Plant 44,4 :(587-589).

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

Vartapetian, B.B., and Jackson, M.B. 1997. Plant adaptations to anaerobic stress. Annals of botany. 79: 3-20.

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

Hanan, E., Deef, A. 2007. Influence of salicylic acid on stress Tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. Advances in Biol Research 1(1-2) :40-48

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

Kang, G.Z., Wang, C.H., Sun, G.C., Wang, Z.X. 2003. Salicylic acid changes activities of H_2O_2 -metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of *banana* seedlings .Environ Exp Bot 50:9-15

Khan, M.H., Panda, S.K. 2002. Induction of Oxidative stress in roots of *Oryza sativa L* .In response to salt stress .Biologia plantarrum 45(4) :625-627.

Kalloo, G., Bergh, B.D. 1993. Sweet Corn Breeding. In: Breeding vegetable crops. Ed. By M.J. Bassett, AVI pub. Westport. Conn.p.777.

Kaukis, K., Davis, D.W. 1986. Sweet Corn breeding. In: Breeding vegetable Crop. Ed.BYM. J. Bassett. AVI pub. Westport, Conn. P. 475-519.

Lee, S.S., Kim, J.H., Hong, S.B., Yuu, S.H., and Park, E.H. 1998. Priming effect of rice seeds on seedling establishment under adverse soil conditions. Korean Journal of Crop Science. 43: 194- 198.

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

Maffei, M., Bertea, C.M., Garneri, F., Scannerini, S. 1999. Effect of benzoic acid hydroxyl -and methoxy -ring substituents during aucumber (*Cucumis sativus L*).Germination .I .Iscitratelyase and activity .Plant Science 141 :139-147.

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

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

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

Perata, P., Guglielminetti, L., Alpi, A. 1997. Mobilization of endosperm reserves in cereal seeds under anoxia. Annals of Botany. 79: 49-56.

Rajasekaran, L.R., Blake, T.J. 1999. New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings. J Plant Growth Regul 18:175–181.

Rajasekaran, L.R., Stiles, A., Surette, M.A., Sturz, A.V., Blake, T.J., Caldwell, C., 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 J of Plant Sci 82 :443-450

Srivastava, M.K., Wivedi, U.N.D. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Sci, 158, 87–96.

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.

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

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

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

Singh, G., Gill, S., and Sandhu, K. 1999. Improved performance of muskmelon (*Cucumis melo*) seeds with osmoconditioning. Acta Agrobotany. 52: 121-126.

Tasgin, E., Atici, Q., Nalbantogle, B. 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter *wheat* leves .Plant Growth Regul 41: 231-236

Torres, R.M., Vieira, R.D., Panobic, M. 2004. Accelerated aging and seedling field emergence in soybean. Agriculture Research. 61: 476-480.

Zhang, J., 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.