



کاهش اثرات سوء تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک گندم از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک

مجتبی شعاع^۱ و *حمیدرضا میری^۲

^۱دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان، آستادیار گروه زراعت

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد خارجی هورمون اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گندم (رقم شیراز) در شرایط شوری خاک و آب، آزمایشی در شهرستان نیریز در سال زراعی ۸۸-۸۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل پرایمینگ با هورمون اسید سالیسیلیک در سه سطح (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار در لیتر) و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در مرحله پنجه‌زنی در چهار سطح (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی مولار در لیتر) اجرا شد. نتایج نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت پرایمینگ و هم محلول پاشی موجب بهبود سطح برگ، میزان کلروفیل a و b، عملکرد و اجزاء عملکرد شد و کاراترین اثر تیماری مربوط به ترکیب توام پرایمینگ و محلول پاشی با غلظت ۰/۵ میلی مولار بود که موجب افزایش ۴۲/۹ درصدی تعداد سنبله در متر مربع، ۹/۶۷ درصدی وزن هزاردانه و ۲۱/۲۷ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد و در غلظت ۱ میلی مولار، به دلیل تغییر فیزیولوژی گیاه، اثر کاهشی نسبت به تیمار ۰/۵ میلی مولار مشاهده شد. نتایج بیانگر آن است که کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار در لیتر در کاهش عوارض تنش شوری موثر بود و در شرایط آب و خاک مشابه کاربرد آن در گندم به صورت پرایمینگ و یا محلول پاشی توصیه می گردد.

واژه‌های کلیدی: تحمل تنش، پرولین، هورمون‌های گیاهی، پرایمینگ، محلول پاشی

* مسئول مکاتبه: hmiri2000@yahoo.com

مقدمه

افزایش جمعیت جهان با افزایش تقاضا برای آب همراه است و منابع آب جهان در اثر پدیده‌هایی چون گرم شدن زمین، خشکسالی‌ها و دلایل مختلف دیگر رو به کاهش است (راج پار و همکاران، ۲۰۱۱). از طرف دیگر سالانه حدود ۱۰ میلیون هکتار از زمین‌های تحت کشاورزی جهان در اثر شوری حاصل از آبیاری از چرخه تولید خارج می‌شوند (میری، ۲۰۰۹). از این رو فائق آمدن بر این دو چالش عمده در تولید محصولات کشاورزی نیازمند کوشش‌های گسترده‌تر در بهره‌برداری هرچه بیشتر از منابع آب و خاک با کیفیت پایین می‌باشد. وقوع پیاپی خشکسالی‌ها در ایران و به‌ویژه جنوب غرب آن موجب خشک شدن دریاچه‌ها و تالاب‌ها به‌ویژه خشک شدن کامل دریاچه بختگان (استان فارس نزدیک به شهرستان نیریز) گردیده که موجب شور شدن آب چاه‌های کشاورزی شده است. تبدیل این دریاچه به نمک زار باعث گردیده تا با وزش باد نمک به‌طور مستقیم بر روی زمین‌های زراعی ریخته شده، با شور شدن خاک‌های زراعی موجب افت عملکرد محصولات کشاورزی و به‌ویژه گندم شود.

طی سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای بر نقش اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک ملکول پیام رسان مهم در واکنش گیاه به عوامل بیماری‌زا انجام شده است (وایسن تی و پلاسین سیا، ۲۰۱۱). سالیسیلیک قابل حل در آب بوده و یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی و از جمله هورمون‌های گیاهی است (زاکای و راد وان، ۲۰۱۱) که نقش مهمی در پاسخ گیاه به تنش‌های غیر زنده مانند خشکی، سرما، فلزات سنگین سمی، گرما و تنش اسمزی دارد. به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک همان‌گونه که در پستانداران عامل موثر در درمان است در گیاهان مواجه با تنش‌های زنده و غیر زنده نیز نقش عمده‌ای در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در طی حیات گیاه داشته باشد (وایسن تی و پلاسین سیا، ۲۰۱۱).

اغلب در مواجهه با تنش‌های خشکی و شوری در گندم میزان تولید ماده خشک، میزان کلروفیل، مقدار آب نسبی کاهش یافته و میزان پرولین افزایش می‌یابد (زاکای و راد وان، ۲۰۱۱). اسید سالیسیلیک موجب القا تجمع پرولین در گیاهچه‌های گندم تحت تنش می‌شود (ساختابودینو و همکاران ۲۰۰۳) و پرولین نقش کلیدی در ثبات پروتئین‌ها و غشاء سلولی در زمان وقوع تنش‌های اسمزی دارد (زاکای و راد وان، ۲۰۱۱). اسید سالیسیلیک همچنین بازدارنده فعالیت آنزیم کاتالاز (یک آنزیم پاک‌سازی کننده پراکسید هیدروژن) بوده در نتیجه با کاهش فعالیت این آنزیم، پراکسید

هیدورژن در گیاه افزایش می‌یابد (یوسف و همکاران، ۲۰۰۸). در اثر تنش شوری در گیاه آنیون‌های سوپر اکسید در سلول تولید شده و همچنین در این شرایط تنفس افزایش می‌یابد که سبب تولید این یون‌ها در میتوکندری می‌شود (سزالی و همکاران، ۲۰۰۰).

اوربای و همکاران (۲۰۱۰) اعلام نمودند کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش ماده خشک تولیدی گیاه خیار می‌گردد. همچنین یومبیز و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نموده‌اند که تیمار کردن گوجه فرنگی و تاج خروس با اسید سالیسیلیک در مراحل مختلف رشد در طی تنش خشکی از کاهش ماده خشک تولیدی گیاه جلوگیری می‌کند. در پژوهشی که خان و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی دریافتند کاربرد اسید سالیسیلیک موجب بهبود فتوسنتز و عملکرد، کاهش محتوای سدیم، کلر و افزایش نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم ذخیره شده در بافت گیاه تحت تنش شوری می‌گردد.

پرایمینگ بذر راهکاری است که به‌واسطه آن بذور پس از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط محیطی به لحاظ فیزیولوژیک و زیست-شیمیایی آمادگی جوانه زنی را به‌دست می‌آورند (ابرو و همکاران، ۲۰۰۹). حمید و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که پیش تیمار (پرایم کردن) بذور گندم با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری، موجب گیاهچه‌های قوی‌تر و بزرگ‌تری شده و میزان کلروفیل، محتوای قندهای محلول و پروتئین‌ها را گیاه افزایش داد. ال کلال و همکاران (۲۰۰۹) در آزمایشی نشان دادند که کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت پیش تیمار بذور و محلول پاشی در ذرت تحت تنش شوری موجب افزایش طول بلال و تعداد دانه در بلال می‌گردد. البته نتایج متناقضی نیز وجود دارد، از جمله کایدان و یاگیمور (۲۰۰۶) اظهار نموده‌اند که کاربرد اسید سالیسیلیک اثری بر طول سنبله گندم نداشت. با توجه به گسترش شوری آب و زمین‌های زراعی در جنوب استان فارس و به‌ویژه شهرستان نی ریز و به‌منظور آگاهی از میزان اثر بخشی کاربرد خارجی هورمون اسید سالیسیلیک در تخفیف اثرات مخرب تنش شوری بر گندم این پژوهش طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ در پنج کیلومتری غرب شهرستان نی‌ریز (در جنوب شرقی استان فارس با عرض جغرافیا ۱۲' ۲۹°، طول جغرافیا ۲۰' ۵۴° و ارتفاع ۱۶۳۲ متری از سطح دریا) در شرایط مزرعه‌ای اجرا شد. میزان بارندگی منطقه محل آزمایش در طی سال اجرا آزمایش ۱۲۰ میلی‌متر

بود. نتایج به دست آمده از تجزیه شیمیای خاک آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. آب مورد استفاده برای آبیاری نیز داری $pH = 7/82$ و $EC = 2/85$ بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

درصد اشیاع	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	درصد کربن آلی	درصد نیتروژن کل	فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)	pH	بافت خاک
۳۶	۷/۳۶	۰/۴۸	۰/۰۵	۷/۵	۷/۵۱	لومی

زمین محل آزمایش در سال قبل به صورت آیش بوده و میزان ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات آمونیم و ۶۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به صورت پایه و ۴۰۰ کیلوگرم اوره، یک سوم آن در هنگام تهیه بستر و بقیه در دو مرحله پنجه زنی و شروع ساقه رفتن به صورت سرک، در مزرعه استفاده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی شامل ۴ تکرار و ۱۲ تیمار با دو عامل پرایمینگ شامل سه غلظت صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار و عامل محلول پاشی برگی در مرحله پنجه زنی شامل چهار غلظت صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی مولار از هورمون اسید سالیسیلیک (۲- اسید هیدروکسی بنزوئیک با جرم مولکولی ۱۳۸/۱۲ و چگالی ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب) بود. در این آزمایش از گندم رقم شیراز (جدول ۲) که رقم غالب منطقه است استفاده شد. به منظور پرایمینگ، بذور به مدت ۱۰ ساعت در محلول های آب مقطر حاوی اسید سالیسیلیک با غلظت های صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار در سه سطل پلاستیکی نگهداری شدند و پس از خشک شدن سطحی بذور در هوای آزاد به مزرعه آزمایشی جهت کاشت منتقل و کاشت بذر با دست و به صورت خطی انجام شد. در زمان گل دهی صفات میزان کلروفیل و پرولین اندازه گیری شد.

جدول ۲- خصوصیات رقم مورد استفاده

سال معرفی	مبدأ	تیپ رشد	ارتفاع	وزن هزار دانه	رسیدگی	میانگین عملکرد دانه
۱۳۸۱	مرکز تحقیقات کشاورزی فارس	بهاره	۱۰۱ سانتی متر	۴۰ گرم	متوسط رس	۷/۲۹ تن در هکتار

مقدار پرولین بر اساس روش روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) ۵۰ میلی گرم برگ پرچم خشک برای مدت ۴۸ ساعت در ۱۰ سی سی اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد قرار داده شد. سپس با کاغذ

صافی واتمن شماره ۲ صاف و به یک میلی‌لیتر آن یک میلی لیتر اسیداستیک و یک میلی‌لیتر از محلول ناین هیدرین اضافه گردید، لوله‌های آزمایش را به مدت ۶۰ دقیقه در داخل بن ماری قرار داده شد سپس لوله‌ها داخل حمام یخ قرار گرفتند و سپس به هر لوله آزمایش ۲ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و به مدت ۲۰ ثانیه نمونه‌ها در دستگاه هم‌زن قرار گرفت تا ماده رنگی در تولوئن حل شد، دو فاز درون لوله‌ها تشکیل شد. که از فاز بالایی نمونه تهیه و غلظت پرولین نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل شیماتزو ۱۰۰ ساخت ژاپن) در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت صورت گرفت و مقدار پرولین هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد (در غلظت‌های ۳۱/۲۵، ۶۲/۵، ۱۲۵ و ۲۵۰ میکرومول بر لیتر) تعیین گردید و با استفاده از رابطه زیر بر حسب میلی‌مول بر کیلوگرم وزن خشک بیان شد.

$$\text{Mmol/kgDW} = (\mu\text{mol prolin/lit}) \times 173 / \text{DW}(\text{mg}) \quad (۱)$$

جهت اندازه‌گیری مقدار کلروفیل در این روش نمونه‌های تر برگ پرچم به وزن ۵ میلی‌گرم تهیه و در هاون چینی به همراه استون ۸۰ درصد سائیده شدند. بعد از آن نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف گردید و حجم محلول به دست آمده با استون به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای کالیبره کردن دستگاه اسپکتروفتومتر از استون ۸۰ درصد استفاده شد. میزان جذب نمونه‌های حاصل با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر ثبت شده و غلظت کلروفیل a و b آن‌ها بر اساس روابط زیر بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد.

$$a = 12.7(663) - 2.69(645) \times v/1000 \times w \quad (۲)$$

$$b = 22.9(645) - 4.69(663) \times v/1000 \times w \quad (۳)$$

وزن تر نمونه = w حجم نمونه استخراج شده = v

برداشت نهایی گندم در موقع رسیدگی فیزیولوژیک گیاه و از مساحت یک متر مربع هر کرت و با کف‌بر کردن بوته‌ها با دست صورت گرفت. در این مرحله صفات عملکرد دانه، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای MSTATC و SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

صفات فیزیولوژیک

میزان پرولین: بین تیمارهای مختلف از نظر میزان پرولین اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۳). تیمار P1S3 و POS0 به ترتیب با میزان ۱۸/۰۰۳ و ۴/۲۴۸ میلی مول برکیلوگرم وزن خشک برگ پرچم بیشترین و کمترین تجمع پرولین را نشان دادند. در تمامی تیمارها بدون استثناء میزان پرولین افزایش یافت، گرچه این افزایش در ۶ تیمار از دوازده تیمار معنی دار نبود. با بررسی روند تیمارها (جدول ۴) مشاهده می شود که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، میزان پرولین نیز افزایش یافته و این دو با یکدیگر رابطه خطی مثبت دارند. گزارش شده در شرایط تنش شوری پرولین نقش مهمی در افزایش تحمل گیاه دارا می باشد (میری، ۲۰۰۹). بتیز (۱۹۷۳) بیان داشت که مؤثرترین ماده تنظیم کننده فشار اسمزی گیاهان عالی در تنش شوری و خشکی پرولین می باشد. پرولین احتمالاً در سلول های تحت تنش، نقش آنتی اکسیدانی دارد و با تجمع در سیتوپلاسم سلول ها از طریق کاهش پتانسیل اسمزی درون سلولی تجمع نمک در واکوئل را تنظیم می کند (اکاچ و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	میزان پرولین	میزان کلروفیل b	میزان کلروفیل a	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۳	۳/۸۶۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۳	۱۵۹/۷۴۳	۲/۲۴۴	۰/۳۰۹	۲۳۷۴۰۴/۴۵
محلول پاشی	۳	۱۸۷/۵۸۵**	۰/۰۵۴۹**	۰/۱۱۸**	۶۸۷۴/۶۳۲**	۱۶/۶۴۹**	۷/۹۳۳**	۱۰۸۶۷۲۱/۰۸**
پرایمینگ	۲	۱۵۷/۶۷۳**	۰/۰۱۳*	۰/۰۲۸**	۷۸۸۴**	۱۷/۰۱۵**	۵/۹۳۷*	۷۷۹۴۶۱/۹۲*
پرایمینگ در محلول پاشی	۶	۴۸/۷۳۹**	۰/۰۱۱۶**	۰/۰۲۲**	۴۱۱۱/۹۴۴*	۱۶/۰۷۱**	۳/۲۲*	۵۸۵۹۹۲/۴۹*
خطا	۳۳	۱/۷۴۱	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۵	۱۴۲۸/۰۴۶	۱/۵۹	۱/۲۸۳	۱۸۰۱۷۵/۸۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۳۹	۷/۴۵	۷/۲۵	۸/۱۵	۱۱/۷۶	۳/۱۳	۸/۳۹

جدول ۴- اثرات دو عامل پرایمینگ و محلول پاشی بر میزان پرولین (میلی مول بر کیلوگرم وزن خشک) کلروفیل **a** (میلی گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل **b** (میلی گرم بر گرم وزن تر).

کلروفیل b	کلروفیل a	پرولین	پرایمینگ †	محلول پاشی †
۰/۶۲fg	۰/۸۴cd	۴/۲۴۸e*	P ₀	S ₀
۰/۶۹def	۰/۹۵bc	۵/۵۸۳e	P ₁	
۰/۷۱cde	۰/۹۵bc	۵/۱۷۵e	P ₂	
۰/۶۷۲	۰/۹۱	۵/۰۰۲	میانگین	
۰/۷۵ad	۱/۰۲ab	۴/۶۴e	P ₀	S ₁
۰/۸ab	۱/۱۱a	۱۰/۳۶۵bc	P ₁	
۰/۷۳bcd	۱/۰۱ab	۴/۹۵۸e	P ₂	
۰/۷۵۷	۱/۰۴۴	۶/۶۵۴	میانگین	
۰/۷۹abc	۱/۰۹a	۹/۰۷۸d	P ₀	S ₂
۰/۸۲a	۱/۱۱a	۱۲/۰۰۳c	P ₁	
۰/۶۵fg	۰/۸۹cd	۱۴/۳۰۵b	P ₂	
۰/۷۵۰	۱/۰۳۱	۱۱/۷۹۵	میانگین	
۰/۶۴efg	۰/۸۸cd	۴/۴۳۳e	P ₀	S ₃
۰/۶۱fg	۰/۸۲d	۱۸/۰۰۳a	P ₁	
۰/۶g	۰/۸۲d	۱۷/۲۸a	P ₂	
۰/۶۱۵	۰/۸۳۸	۱۳/۲۳۸	میانگین	
۱/۰۵۳۰	۰/۰۷۲۱	۱/۳۴۵	LSD	

† تیمارهای محلول پاشی عبارتند از: S₀ آب (شاهد)، S₁ اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۲۵، S₂ اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و S₃ اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر. ‡ تیمارهای پرایمینگ عبارتند از: P₀ آب (شاهد)، P₁ اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و P₂ اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر. * حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵ درصد.

در شرایط تنش شوری غلظت پرولین افزایش می یابد. برای مثال سامارت و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که تنش شوری در گیاهچه های برنج موجب افزایش میزان پرولین نسبت به شاهد می شود. تحت تنش شوری ارقام متحمل تر مقادیر بالاتری از پرولین را در برگ های خود تجمع می دهند. اسید سالیسیلیک نیز می تواند باعث القا تجمع پرولین در گیاهچه های گندم می شود که با دخالت اسید آبسزیک حمایت می شود. در نتیجه موجب کاهش تأثیرات زیان آور تنش شوری و کم آبی بر گیاهچه ها می شود (ساختابودینوا، ۲۰۰۳).

طبق نتایج به دست آمده از آزمایش حاضر انتظار می رود در تیمارهایی که میزان پرولین بیشتری در برگ پرچم خود تجمع داده اند، عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشته باشیم، اما میزان عملکرد دانه طبق (جدول ۸) این چنین نیست و در تیمارهای افزایش متوسط پرولین عملکرد بیشتر دیده می شود.

در تنش آبی افزایش غلظت پرولین در اثر تجزیه پروتئین و افزایش سنتز پرولین صورت می گیرد (جوهری و همکاران، ۲۰۱۰) و میزان بیش از حد تجمع پرولین نشان از تجزیه گسترده پروتئین ها دارد. **میزان کلروفیل a:** نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف از نظر میزان کلروفیل a اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۳). بیشترین اثر بخشی مثبت مربوط به تیمارهای S_1P_1 و S_2P_1 است که در مقایسه با تیمار S_0P_0 افزایش ۲۴/۳۲ درصدی نشان می دهد (جدول ۴). بین کمترین میزان یعنی تیمارهای S_3P_2 و S_3P_1 و S_0P_0 کاهش ۲/۳۸ درصدی وجود دارد. در سطح پرایمینگ ۱ میلی مولار با افزایش محلول پاشی میزان کلروفیل کاهش یافت. غلظت ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک چه به صورت جدا و یا توام پرایم و محلول پاشی اثر مثبتی بر میزان کلروفیل a داشت. به طور کلی کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان کلروفیل شد اما در سطوح بالا روند کاهشی کلروفیل مشاهده شد. این امر نشان می دهد که اثرات سالیسیلیک به شدت وابسته به غلظت مصرفی است.

گزارش شده است که در شرایط تنش میزان کلروفیل نسبت به شرایط بدون تنش کاهش می یابد (امین و همکاران، ۲۰۰۸). کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم مؤثر در میزان ظرفیت فتوسنتزی گیاه به شمار می رود و افزایش درجه شوری موجب کارایی ضعیف برگ ها در انجام فتوسنتز و تشدید صدمات تنش می شود. بنابراین کاهش صفات رویشی را می توان به کاهش میزان مواد فتوسنتزی برای تامین رشد سبزینه ای نسبت داد (عبدل بکی و همکاران، ۲۰۰۸).

میزان کلروفیل b: بین تیمارهای مختلف از نظر میزان کلروفیل b اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۳). با افزایش میزان غلظت محلول پاشی میزان کلروفیل افزایش یافت اما در سطوح ۱ میلی مولار کاهش یافت. به طوری که بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار ۰/۲۵ و ۰/۵ و کمترین آن در تیمار ۱ میلی مولار مشاهده شد. همچنین در بین سطوح پرایمینگ بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار ۰/۵ میلی مولار و کمترین آن مربوط به تیمار ۱ میلی مولار بود (جدول ۴).

در رابطه با اثرات متقابل نیز مشاهده گردید که در کلیه سطوح پرایمینگ با افزایش غلظت محلول پاشی میزان کلروفیل b تا سطح $0/5$ میلی مولار افزایش و پس از آن کاهش یافت. بیشترین تأثیر مثبت در دو تیمار S_1P_1 و S_2P_1 مشاهده شد که در مقایسه با تیمار S_1P_1 ، افزایش $24/32$ درصدی نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از میزان کلروفیل b (جدول ۴) نشان می‌دهد که با کاربرد اسیدسالیسیلیک میزان کلروفیل b افزایش می‌یابد اما در سطح پرایمینگ 1 میلی میلی مولار، کاربرد اسیدسالیسیلیک به صورت محلول پاشی موجب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل b در مقایسه با شاهد می‌گردد. کاربرد اسید سالیسیلیک در ذرت (ال کللال و همکاران، 2009) موجب افزایش میزان کلروفیل a و b می‌گردد که با نتایج این آزمایش تطابق دارد. اوربای و همکاران (2010) در آزمایشی روی خیار اعلام نمودند کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش کلروفیل می‌شود اما بین دو تیمار 2 میلی مول و 4 میلی مول محلول پاشی با اسید سالیسیلیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها، در اثر تخریب آن‌ها به وسیله اکسیژن فعال می‌باشد. از طرف دیگر رقابت و پیشی گرفتن آنزیم گلوتامیل کیناز به هنگام تنش شوری از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات بیشتر به مصرف اسید آمینه‌ها به‌ویژه پرولین برسد، بنابراین بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می‌شود (گیبون و همکاران، 2000). از سوی دیگر تنش شوری منجر به افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسزیک و اتیلن می‌شود که تحریک کننده آنزیم کلروفیلاز هستند و به این ترتیب کلروفیل‌ها تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شوند (اوربی و همکاران، 2010). از آن‌جا که سالیسیلیک بازدارنده سنتز اتیلن (جیمز و همکاران، 2008) بوده و در بهبود بخشی فرایندهای ساخت کلروفیل نقش دارد، بر میزان کلروفیل موثر است که با نتایج آزمایش مطابقت دارد.

اجزا عملکرد

تعداد سنبله در متر مربع: بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد سنبله در متر مربع اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد سنبله مربوط به تیمار S_2P_1 و کم‌ترین تعداد مربوط به تیمارهای S_0P_0 و S_3P_1 بود که تفاوتی به میزان $20/09$ درصد بین آن‌ها وجود دارد. انجام محلول پاشی و پرایمینگ به‌طور جداگانه (اثرات ساده) و به صورت توأم (اثرات متقابل) در افزایش تعداد سنبله موثر بوده است. در تیمار بدون پرایمینگ (P_0) و تیمار P_1 با افزایش غلظت محلول پاشی تعداد سنبله افزایش یافت. در حالی که در سطح پرایمینگ 1 میلی مولار افزایش غلظت محلول پاشی موجب

کاهش در تعداد سنبله شد به طوری که بیشترین تعداد سنبله در تیمار شاهد و پس از آن غلظت ۰/۲۵ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۵). این امر نشان می‌دهد که در سطوح بالا اسیدسالیسیلیک اثرات مفید مثبت حاصل از کاربرد آن مشاهده نمی‌گردد.

خان و همکاران (۲۰۱۰) در محلول پاشی اسید سالیسیلیک در باقلا تحت تنش شوری متوجه شدند اسید سالیسیلیک تعداد غلاف افزایش می‌دهد و در بین تیمارهای صفر ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی مولار، ۰/۵ میلی مولار موثرتر بود و در تیمار ۱ میلی مولار موجب کاهش در تعداد غلاف می‌گردد. مصرف خارجی اسید سالیسیلیک بر محدوده وسیعی از فرایندها از جمله جوانه‌زنی بذر (سایار و همکاران، ۲۰۱۰) جذب و انتقال یون‌ها (جوسفا و همکاران، ۲۰۱۰) و نفوذپذیری غشا اثر می‌گذارد. در بذر غلات تولید آنزیم آلفا آمیلاز از لایه آلورون به وسیله هورمون جیبرلین و آبسزیک اسید کنترل می‌شود. این دو هورمون با یکدیگر اثر ناهمسازی دارند اسید سالیسیلیک اثری مشابه اسید آبسزیک داشته و بازدارنده جیبرلین است (سان و گوپلر، ۲۰۰۴) و می‌توان کاهش تعداد سنبله را در غلظت‌های بالا به آن نسبت داد.

جدول ۵- اثرات دو عامل پرایمینگ و محلول پاشی بر تعداد سنبله در متر مربع گندم

میانگین	پرایمینگ †			محلول پاشی ‡
	P ₂	P ₁	P ₀	
۴۶۷/۴۲	۴۷۸ad	۵۰۸ab	۴۱۶/۲۵d	S ₀
۴۷۷/۵۸	۴۷۰/۵ad	۵۱۲ad	۴۵۰/۲۵bcd	S ₁
۴۸۰/۹۲	۴۴۰cd	۵۲۰/۷۵a	۴۸۲bcd	S ₂
۴۲۸/۸۳	۴۲۴/۲۵cd	۴۱۶d	۴۴۶/۲۵cd	S ₃
	۴۵۳/۱۹	۴۸۹/۱۹	۴۴۸/۶۹	میانگین
			۳۸/۵۴	LSD

† تیمارهای پرایمینگ عبارتند از: P₀ آب (شاهد)، P₁ سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ و P₂ سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر.

‡ تیمارهای محلول پاشی عبارتند از: S₀ آب (شاهد)، S₁ سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۲۵، S₂ سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ و S₃ سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر.

تعداد دانه در سنبله: بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد سنبله در متر مربع اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه مربوط به تیمار S_2P_1 و کمترین مربوط به تیمار S_0P_0 بود که تفاوتی به میزان ۴۲/۹ درصد بین آن‌ها وجود داشت. در سطوح مختلف پرایمینگ و محلول‌پاشی با افزایش غلظت، تعداد دانه در سنبله افزایش یافت و با رسیدن به غلظت به ۱ میلی مولار روند کاهش تعداد دانه در سنبله مشاهده شد (جدول ۶). در پژوهشی خان و همکاران (۲۰۱۰) اعلام نمودند که محلول‌پاشی باقلا تحت تنش شوری با اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد دانه را در غلاف می‌شود و در بین تیمارهای مختلف، سطح ۰/۵ میلی مول موثرتر است. کایدان و یاگمیور (۲۰۰۶) گزارش نموده‌اند که در غلظت بهینه کاربرد اسیدسالیسیلیک تعداد دانه در سنبله افزایش معنی داری یافت.

جدول ۶- اثرات دو عامل پرایمینگ و محلول پاشی بر تعداد دانه در سنبله گندم

میانگین	پرایمینگ †			محلول پاشی ‡
	P_2	P_1	P_0	
۱۰/۴۴	۱۱/۰۶bc	۱۲/۲۴bc	۸/۰۱f	S_0
۱۱/۰۶	۱۰/۶bcd	۱۲/۴۸ab	۱۰/۱cde	S_1
۱۲/۱	۸/۵ef	۱۴/۰۳a	۱۳/۷۸a	S_2
۹/۲۸	۹/۳۸cf	۸/۷۵def	۹/۷۳cf	S_3
	۹/۸۸	۱۱/۸۷	۱۰/۴	میانگین
			۱/۲۸۶	LSD

† تیمارهای پرایمینگ عبارتند از: P_0 آب (شاهد)، P_1 اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و P_2 اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر.

‡ تیمارهای محلول پاشی عبارتند از: S_0 آب (شاهد)، S_1 اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۲۵، S_2 اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و S_3 اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر.

وزن هزار دانه: بین تیمارهای مختلف از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۳). بیشترین میزان وزن هزار دانه مربوط به تیمار S_2P_1 و کمترین آن مربوط به تیمار S_0P_0 بود که تفاوت آن‌ها ۹/۶۷ درصد است. در رابطه با اثرات ساده با افزایش غلظت پرایمینگ وزن دانه افزایش یافت، اما بین غلظت ۱ میلی مولار و شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت. همچنین با افزایش غلظت محلول‌پاشی وزن دانه ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت، به طوری که کمترین وزن دانه در تیمار

۱ میلی مولار محلول پاشی مشاهده شد (جدول ۷). از جمله اثرات شوری در گندم کاهش وزن هزار دانه است (مرجودی و افیونی، ۲۰۰۴). حیدری و همکاران (۲۰۰۷) رابطه مثبتی را بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه گزارش نموده‌اند. چون در شرایط تنش رابطه جبرانی بین وزن و تعداد دانه غلات وجود دارد، کاهش وزن هزار دانه در این شرایط بیشتر مربوط به تسریع رسیدگی و کاهش طول دوره پر شدن دانه است (ماشی و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول ۷- اثرات متقابل دو عامل پرایمینگ و محلول پاشی بر وزن هزار دانه (گرم) گندم

میانگین	پرایمینگ †			محلول پاشی ‡
	P ₂	P ₁	P ₀	
۳۵/۵۳	۳۶/۳۲abc	۳۶/۰۹ad	۳۴/۱۸e	S ₀
۳۶/۳۷	۳۶/۵۳abc	۳۷/۲۳ab	۳۵/۳۴cde	S ₁
۳۶/۴۶	۳۵/۴۴be	۳۷/۸۴a	۳۶/۱۲ad	S ₂
۳۴/۷۲	۳۴/۶۶cde	۳۴/۴۴de	۳۵/۰۶cde	S ₃
	۳۵/۷۴	۳۶/۴	۳۵/۱۸	میانگین
			۱/۱۵۵	LSD

† تیمارهای پرایمینگ عبارتند از: P₀ آب (شاهد)، P₁ اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و P₂ اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر.

‡ تیمارهای محلول پاشی عبارتند از: S₀ آب (شاهد)، S₁ اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۲۵، S₂ اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و S₃ اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر.

عملکرد دانه: بین تیمارهای مختلف از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۳). با توجه به جدول ۱۱، تیمار دوم پرایمینگ یعنی P₁ بیشترین عملکرد را داشته و با دو تیمار دیگر تفاوت معنی داری را نشان می‌دهد که افزایش آن نسبت به تیمار شاهد ۷/۷۶ درصد می‌باشد و از نظر آماری تفاوت معنی داری بین P₀ و P₁ وجود نداشت و هر دو در یک سطح آماری قرار گرفتند. کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار S₃ بود و این تیمار با سایر تیمارهای محلول پاشی تفاوت معنی داری از لحاظ آماری داشت. این تفاوت با تیمار S₀ حدود ۸/۵۹ درصد بود. از نظر آماری تفاوت معنی داری بین تیمارهای S₀، S₁ و S₂ وجود نداشت (جدول ۸).

میانگین اثرات متقابل محلول پاشی و پرایمینگ از برتری توام تیمارهای S_1P_1 و S_2P_1 نسبت به سایر تیمارها حکایت دارد، این درحالی است که تیمارهای S_0P_0 و S_3P_2 به ترتیب کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده اند، که تفاوتی به میزان ۲۱/۹۷ درصد بین بیشترین و کمترین تیمار وجود دارد. تاثیر مثبت تیمار P_1 کاملاً مشهود است، به طوری که در کلیه تیمارهای اثرات متقابل به جز تیمار P_1S_3 بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داده است. براساس آزمایش های گلخانه ای به منظور بررسی اثرات تنش شوری بر عملکرد گندم نتیجه گرفته شده است که با افزایش شوری، اجزا عملکرد از جمله تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه کاهش می یابد (رگوا و پال، ۱۹۹۴).

جدول ۸- اثرات دو عامل پرایمینگ و محلول پاشی بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) گندم

میانگین	پرایمینگ †			محلول پاشی ‡
	P_2	P_1	P_0	
۵۰۷۲ (۱۰)	۵۳۱۰abc (۱۴)	۵۳۷۸ab (۱۶)*	۴۵۲۸d	S_0
۵۲۲۴/۴ (۱۴)	۵۱۴۹/۳ad (۱۳)	۵۶۱۲a (۱۹)	۴۹۱۲bcd (۸)	S_1
۵۳۱۵ (۱۵)	۴۸۰۰bcd (۶)	۵۸۰۳a (۲۲)	۵۳۴۲ab (۱۶)	S_2
۴۶۳۶/۳ (۲)	۴۶۲۷cd (۲)	۴۴۶۱d (-۲)	۴۸۲۱bcd (۷)	S_3
	۴۹۷۱/۶ (۹)	۵۳۱۳/۵ (۱۵)	۴۹۰۰/۸ (۷)	میانگین
			۴۳۲/۹	LSD

† تیمارهای پرایمینگ عبارتند از: P_0 آب (شاهد)، P_1 سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ و P_2 سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر.

‡ تیمارهای محلول پاشی عبارتند از: S_0 آب (شاهد)، S_1 سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۲۵، S_2 سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ و سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی مولار در لیتر

* اعداد موجود در پرانتز، درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد را نشان می دهد.

کاهش وزن دانه در شرایط شور با کاهش طول دوره پر شدن دانه قابل توجیه است. همبستگی معنی دار مشاهده شده بین وزن خشک دانه و طول دوره پر شدن دانه گندم را در شرایط شور، بیانگر

نقش موثر دوام این دوره در تحمل به شوری به شمار آورد علت دیگر کاهش وزن دانه را تغییر در مسیر مواد فتوسنتزی و مواد پرورده جهت مقابله با اثرات تنش شوری است (مرجودی و افیونی، ۲۰۰۴). تیمار با اسید سالیسیلیک باعث ذخیره آبسازیک اسید و اکسین در گیاهچه‌های گندم شده ولی بر افزایش مقدار سیتوکنین تاثیر چندانی نداشته است (محمد و همکاران، ۲۰۱۰) افزایش محتوای آبسازیک در گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک باعث توسعه فرایندهای ضد تنش و از سرگیری فرایند رشد پس از رفع عامل تنشی می‌گردد (ساختابودینوا و همکاران، ۲۰۰۳). این امر در ارتباط با افزایش پرولین است (جوهری و همکاران، ۲۰۱۰). هنگام تنش شوری و خشکی در گیاهچه‌های گندم، اسید سالیسیلیک باعث القا تجمع پرولین می‌شود (محمد و همکاران، ۲۰۱۰) که با دخالت اسید آبسازیک حمایت می‌شود و در نتیجه کاهش تاثیرات زیان‌آور تنش شوری و کم آبی روی رشد گیاهچه‌ها صورت می‌گیرد (افضل و همکاران، ۲۰۰۶) و از کاهش میزان اکسین و سیتوکنین تحت تنش شوری و خشکی که باعث کاهش رشد گیاه می‌شود جلوگیری می‌کند (ساختابودینوا و همکاران، ۲۰۰۳).

نتیجه‌گیری

کاربرد هورمون گیاهی اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، افزایش میزان کلروفیل a و b و عملکرد دانه گندم در شرایط شوری خاک و آب محیط آزمایشی گردید و با توجه به نتایج به دست آمده از این بررسی پرایمینگ بذور با غلظت ۰/۵ میلی مولار، محلول پاشی در اواسط مرحله پنجه‌زنی با غلظت ۰/۵ میلی مولار در لیتر و کاربرد توام پرایمینگ (با غلظت ۰/۵ میلی مولار) و محلول پاشی (با غلظت ۰/۵ میلی مولار) هورمون سالیسیلیک اسید در گندم موجب افزایش عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۱۵/۸۰، ۱۵/۲۳ و ۲۱/۹۸ درصد شد که با توجه به شوری خاک و آب منطقه آزمایش پیشنهاد می‌گردد در این منطقه و در شرایط با خصوصیات آب و خاک مشابه منطقه آزمایش محلول پاشی یا پرایمینگ بذر گندم با غلظت‌های گفته شده به منظور کاهش اثرات تنش شوری صورت گیرد. لازم به ذکر غلظت‌های بالاتر از مقادیر ذکر شده از هورمون سالیسیلیک اسید نمی‌تواند چنین اثراتی داشته باشد و ممکن است باعث کاهش رشد و عملکرد گردد.

منابع

- Abd El-Baky, H.M., Hussein, M., and El-Baroty, G. 2008. Algal extracts improve antioxidant defense abilities and salt tolerance of wheat plant irrigated with sea water. *Afr. J. Biochem.* 2: 151 –164.
- Abro, S.A.M.A., Abdul Razak, R., and Mirbaha, A.A. 2009. Improving yield performance of landrace wheat under salinity stress using on farm seed priming. *Pak. J. Bot.* 41: 2209-2216.
- Afzal, I., Basra, S.M., Farooq, A.M., and Nawaz, A. 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA., salicylic acid and ascorbic acid. *Int. J. Agric. Biol.* 8: 23-28.
- Akhkha, A., Boutra, T., and Alhejely, A. 2011. The rates of photosynthesis, chlorophyll content, dark respiration, proline and abscisic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions. *Int. J. Agric. Biol.* 13: 215- 221.
- Amani, A.L. 2008. Cadmium induced changes in pigment content, ion uptake, proline content and phosphoenolpyruvate carboxylase activity in *Triticum aestivum* seedlings. *Aust. J. Basic. Appl. Sci.* 2: 57-62
- Bates, I.S., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil.* 39: 205-207
- El-Khallal, S.M., Hathout, T., Ashour, A.R., and Kerrit, A.A. 2009. Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical activities and productivity of maize plants grown under salt stress. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 5: 380-390.
- Gemes, K., Poor, Z., Sulyok, A., Szepesi, M., Szabo, P., and Tari, I. 2008. Role of salicylic acid pre-treatment on the photosynthetic performance of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill. L. cv. Rio Fuego) under salt stress. *Acta Biol. Szeged.* 52: 161-162.
- Gibon, Y., Sulpice, R., and Larher, F. 2000. Proline accumulation in canola leaf discs subjected to osmotic related to stress is the loss of chlorophylls and to the decrease of mitochondrial activity. *Plant Physiol.* 110: 469-476.
- Hamid, H., Rehman, K., and Ashraf, Y. 2010. Salicylic acid–induced growth and biochemical changes in salt-stressed wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 41:373-389.
- Heydari, B.G., Saeidi, A., and Tabatabaei, B.I. 2007. Factor analysis for quantitative traits and path coefficient analysis for grain yield in wheat. *J. Agric. Nat. Res. Sci. Techn.* 11: 135-143. (In Persian)
- Johari Pireivatlou, M. 2010. Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines. *Afr. J. Biotech.* 9: 036 - 040
- Joseph, B., Jini, D., and Sujatha, S. 2010. Insight into the role of exogenous salicylic acid on plants grown under salt environment. *Asian J. Crop. Sci.* 2:226- 235.

- Kaydan, D., and Yagmur, M. 2006. Effects of different salicylic acid doses and treatments on wheat (*Triticum aestivum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) yield and yield components. *Agronomy College, Ankara Univ.* 12: 285-293.
- Khan, N.A., Shabian, S., Masood, A., Nazar, A., and Iqbal, N. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *Int. J. Plant Biol.* 1:1-8.
- Marjovvi, A., and Afioni, D. 2004. Effects of different irrigation water salinity on quantitative and qualitative characteristics of some wheat cultivars. Approved No: 103-12-15-79-15. Isfahan Agricultural and Natural Research Center. 25p. (In Persian)
- Mashi, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Noorinia, A. 2008. Salinity effect on seed yield and yield components in four Hull-less barley. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 14. 1-10. (In Persian)
- 22.Miri, H.R. 2009. *Plant Stress Physiology*. Kermanshah Islamic Azad University Press. 472p. (In Persian)
- Mohamed, A. Tayeb, E.L., and Naglaa, A. 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. *Am-Euras. J. Agron.* 3: 01-07.
- Orabi, S.A., Salman, S.R., and Shalaby, A.F. 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. *World J. Agric. Sci.* 6: 252-259.
- Raghav, C.S., and Pal, B. 1994. Effects of saline water on growth, yield and yield contributory characters of various wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Ann. Agric. Res.* 15: 351-356.
- Rajpar, I., Jandan, I., hassan, Z., Jamro, G.M., and Shah, A.N. 2011. Enhanced fodder yield of maize genotypes under saline irrigation is a function of their increased K accumulation and better K/Na ratio. *Afr. J. Biotech.* 10: 1559-1565.
- Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R., Bezrukova, M.V., and Shakirova, F.M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulg. Plant Physiol. (Special Issue)*: 314-319.
- Summart, J., Thanonkeo, P., Panichajakul, S., Prathepha, P., and McManus, M.T. 2010. Effect of salt stress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Khao Dawk Mali 105, callus culture. *Afr. J. Biotech.* 9: 145-152.
- Sun, T.P., and Gubler, F. 2004. Molecular mechanism of gibberellin signaling in plants. *Annu. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol* 55: 197-223.
- Szalai, G., Tari, I., Janda, T., Pestenacz, A., and Paldi, E. 2000. Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. *Biol. Plant.* 43: 637-640.
- Umebese, C.E., Olatimilehin, T.O., and Ogunsusi, T.A. 2009. Salicylic acid protects nitrate reductase activity, growth and proline in amaranth and tomato plants during water deficit. *Amr. J. Agric. Biol. Sci.* 4: 224-229.

- Vicente, M.R., and Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *J. Exp. Bot.* 62: 1–18.
- Yusuf, M.S., Hasan, S., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q., and Ahmad, A. 2008. Effect of salicylic acid on salinity-induced changes in *Brassica juncea*. *J. Integ. Plant Biol.* 50: 1096–1102.
- Zaki, R.N., and Radwan, T.E. 2011. Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. *J. Appl. Sci. Res.* 7: 42-55.



Reducing detrimental effects of salt stress on morphophysiological characteristics of wheat by application of salicylic acid

M. Shoa¹ and *H.R. Miri²

¹M.Sc. Student of Agronomy, Islamic Azad University, Arsanjan Branch,

²Assistant Prof. of Islamic Azad University, Arsanjan Branch

Received: 2011-05-06; Accepted: 2012-03-08

Abstract

In order to study effects of exogenous application salicylic acid on morphological and physiological characteristics of wheat (Shiraz cultivar) under soil and water salinity in the Neyriz city, an experiment was conducted in year 2009-2010 by factorial experiment in a completely randomized blocks design with four replications. Treatment consisted of three levels of priming with salicylic acid (0, 0.5 and 1 mMl⁻¹) and spraying with four levels (0, 0.25, 0.5 and 1 mMl⁻¹) at tillering stage. The results showed that salicylic acid used as priming and sprayed improved leaf area, chlorophyll a and b, yield and yield components. The most efficient treatment was combined treatment of priming and spraying with level of 0.5 and 1 mMl⁻¹ concentrations which resulted in 42.9, 9.67 and 21.7% increase in ear number, seed weight and grain yield, respectively in comparison to control treatment. The concentration 1 mMl⁻¹ caused a reduction compared to 0.5 mMl⁻¹. The results suggest that salicylic acid is effective in reducing symptoms of salinity and in similar soil and water conditions application of 0.5 mMl⁻¹ as priming and spraying can be recommended for wheat production.

Keywords: Stress tolerance; Proline; Plant hormones; Priming; Spraying

*Corresponding author; Email: hmiri2000@yahoo.com