اثرات اسید سالیسیلیک روی شاخص‌های رشدی و برخی از نشانگرهای بیوشیمیایی گیاهچه‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش شوری

الهام قافیه سنج[1*]، کمال الدین دیلمقانی[2] و حسن حکمت شعار[2]

چکیده

به منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر پارامترهای رشد (وزن تر اندام هوایی و ریشه)، پرولین، پروتئین محلول و مالون دی آلدهید در دانه‌رست‌های گندم رقم زرین تحت تنش شوری کلرید سدیم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و برای هر ترکیب تیماری در ۲۷ واحد آزمایشی انجام گرفت. فاکتور اول شوری در سه سطح (۰، ۷۵، ۱۵۰ میلی‌مولار) و فاکتور دوم اسید سالیسیلیک در سه غلظت ۰، ۲۰۰، ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بودند. هشت روز پس از کشت در مرحله دو برگی کامل، گیاهان تیمار NaCl ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم را دریافت کردند. شوری ۷۵ میلی‌مولار طی دو نوبت با غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار طی چهار نوبت با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار به فاصله یک هفته از یکدیگر اعمال شد. هفت روز پس از اعمال تیمار شوری، گیاهان تیمار اسید سالیسیلیک ۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم برلیتر را در سه تکرار، طی دو نوبت و به فاصله شش روز از یکدیگر به صورت افشانه برگی دریافت کردند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، مقادیر پروتئین، وزن تر اندام هوایی و ریشه کاهش، ولی مقادیر پرولین و مالون دی آلدهید افزایش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک برونزا مقادیر پروتئین، وزن‌تر اندام هوایی و ریشه را افزایش داد، ولی مقدار پرولین و مالون دی‌آلدهید در حضور شوری کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک برونزا در نبود شوری بر میزان پرولین و مالون دی آلدهید تاثیری نداشت.

واژه‌های کلیدی: شوری، اسید سالیسیلیک، شاخص‌های رشد، پرولین، مالون دی آلدهید، پروتئین.

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۲۸

۱- کارشناس ارشد علوم گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند، مرند، ایران. ghafiyehsanjelham@yahoo.com

۲- به‌ترتیب استادیار و دانشیار گروه علوم گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند، مرند، ایران.

و یا از طریق اعطاء مقاومت به خشکی برای سلول‌های گیاهی کاهش می‌دهد (Khodary, 2004; Gunes *et al*., 2007). کاهش سمیت کلرید سدیم و پراکسیداسیون لیپیدها به وسیله اسید سالیسیلیک با کاهش‌هایی در مقادیر سدیم و افزایش‌هایی در مقادیر منیزیم و پتاسیم در اندام‌های هوایی و ریشه‌ها و افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی گزارش شده است (HE and ZHU, 2008).

این تحقیق به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های رشدی و بعضی از شاخص‌های بیوشیمیایی دانه رست‌های گندم تحت تنش شوری انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شوری کلرید سدیم و اسید سالیسیلیک به ترتیب در سه سطح با غلظت‌های ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار و ۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با سه تکرار و برای هر ترکیب تیماری در ۲۷ واحد آزمایشی انجام گرفت. دانه‌های گندم رقم زرین تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی تبریز، پس از ضد عفونی به مدت ۱۰ دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪ و شستشو با آب مقطر، در ماسه کشت داده شدند. دانه رست‌ها روزانه با آب مقطر و ۵ روز یکبار (به دلیل وجود عناصر کم مصرف در محلول غذایی و ایجاد اثرات منفی در صورت جذب روزانه آن‌ها توسط گیاهچه‌ها) با محلول غذایی هوگلند آبیاری شدند. دانه‌رست‌ها تحت شرایط دمایی حداکثر (۳ ± ۳۴/۵ °C) و حداقل (۳ ± ۲۳/۵ °C)، شدت نور ۱۳۰۰۰ لوکس و تحت دوره روشنایی و تاریکی به ترتیب، ۱۶ : ۸ ساعت رشد یافتند. هشت روز پس از کشت یا در مرحله دو برگی کامل، ۲۷ واحد آزمایشی به سه گروه تقسیم شدند. دانه رست‌های گروه اول با شوری ۰ میلی‌مولار، گروه دوم با شوری ۷۵ میلی‌مولار (طی دو نوبت با غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار به فاصله یک هفته از یکدیگر) وگروه سوم با شوری ۱۵۰ میلی‌مولار (طی چهار نوبت با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار به فاصله یک هفته از یکدیگر) تیمار شدند. هفت روز پس از اعمال تیمار شوری هر سه گروه از گیاهان ، اسید سالیسیلیک را در سه سطح با غلظت‌های ۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر طی دو نوبت، در سه تکرار، به فاصله شش روز از یکدیگر و به صورت افشانه برگی دریافت کردند. یک هفته بعد از اعمال تیمار اسید سالیسیلیک دانه رست‌ها برداشت شده و پس از

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های اصلی در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد که اثرات نامطلوبی در گیاهان در سطوح مختلف فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی داشته و نیز موجب محدودیت در میزان تولید محصول می‌شود (Munns, 2002). شوری خاک باعث ایجاد تنش اسمزی، کاهش دسترسی به آب، تنش یونی و تغییرات در تعادل یونی سلولی می‌شود (Kirst, 1989). در اثر تنش شوری گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)، مانند رادیکال های سوپر اکسید ($O_2^{-\circ}$)، پر اکسید هیدروژن (H_2O_2) و هیدروکسیل ($OH^{-\circ}$)، ایجاد می‌شود که موجب تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند (Mittler, 2002). در سطح سلولی تنش اسمزی موجب تغییراتی در ترکیب و ویژگی‌های لیپیدهای غشایی می‌شود. ثابت شده است که بخشی از تراوش غشایی القاء شده از طریق پراکسیداسیون لیپید نتیجه می‌شود (Rodriquez-Rosales *et al*., 1999). مالون دی آلدهید (MDA) فرآورده پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع در فسفولیپیدها می‌باشد و به عنوان شاخص آسیب رادیکال آزاد به غشاهای سلولی تحت شرایط‌های تنشی استفاده می‌شود (Azooz *et al*., 2009).

گیاهان تحت تنش شوری پتانسیل اسمزی را از طریق انباشتگی اسیدهای آمینه، یون‌ها، مواد حل شونده مانند پرولین، گلیسین- بتائین، پروتئین و کربوهیدرات‌های محلول پایین می‌آورند (Salama *et al*., 1994). این اسمولیت‌ها ممکن است فشار اسمزی سیتوپلاسم و جریان آب را درون اندام‌ها و بافت‌های گیاهی گوناگون افزایش دهند (Gunes *et al*., 2007).

اسید سالیسیلیک (o – هیدروکسی بنزوئیک اسید) تنظیم‌کننده رشد درون زا با ماهیت فنلی می‌باشد که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان، مانند رشد، فتوسنتز، متابولیسم نیترات، تولید اتیلن، تولید گرما و گل‌دهی و تراوایی غشایی شرکت می‌کند و تصور می‌شود که جذب یون از طریق ریشه و هدایت روزنه‌ای را در گستره‌ای از گیاهان تنظیم می‌کند (Raskin, 1992). شیراسو و همکاران (Shirasu *et al*., 1997) نقش اسید سالیسیلیک را در تنظیم پاسخ‌های گیاهان به گستره وسیعی از تنش‌های اکسیداتیو و شرایط های محیطی نامساعد نشان دادند. این نشان می‌دهد که اسید سالیسیلیک احتمال دارد تنش شوری اعمال شده را یا از طریق تنظیم اسمزی

جذب یون‌های سدیم و کلر و افزایش جذب عناصر منیزیم، آهن، منگنز، نیتروژن و مس می‌باشد.

پرولین

شوری و اسید سالیسیلیک مقدار پرولین اندام هوایی را به طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار دادند. به علاوه، اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک روی مقدار پرولین اندام هوایی دانه رست‌های گندم معنی‌دار بود (جدول ۱). شوری افزایش چشمگیری روی مقدار پرولین داشت. مقدار پرولین دانه رست‌های تیمار شده با ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به ترتیب افزایش ۱۳۶ و ۲۳۶ درصدی در مقایسه با دانه رست‌های شاهد نشان داد (شکل ۳). در مطالعه روی گیاه *Phaseolus mungo* دیده شده است که به موازات افزایش غلظت نمک و طول دوره تنش، مقدار پرولین در گیاه افزایش می‌یابد (Dash and Panda, 2001). انباشتگی پرولین در گیاهان مواجه شده با تنش شوری به سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌باشد (Sudhakar, 2001).

هم‌چنین گزارش شده است که افزایش پرولین تحت شرایط شوری به دلیل عدم وجود گلوتامات برای بیوسنتز کلروفیل می‌باشد، زیرا گلوتامات پیش ساز مشترک بیوسنتز کلروفیل و پرولین می‌باشد و شوری منجر به فعالیت بیشتر مسیر سنتز پرولین می‌شود (Nazarbeygi *et al.*, 2011). در این مطالعه، در دانه رست‌های تیمار شده با کلرید سدیم کاربرد اسید سالیسیلیک فقط در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب کاهش معنی‌دار مقدار پرولین اندام هوایی شد، در حالی که در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تغییر معنی‌داری دیده نشد (در مقایسه باگیاهان فقط تحت تنش شوری) (شکل ۵).

کاربرد سطوح اسید سالیسیلیک برون‌زا در گیاهان تیمار نشده با کلرید سدیم موجب افزایش مقدار پرولین شد (شکل ۵). در این دانه رست‌ها بیش‌ترین افزایش در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک دیده شد که ۶۳٪ نسبت به گیاهان شاهد افزایش نشان دادند (شکل ۳). تغییرات مشابه توسط دف (Deef, 2007) روی گیاهان گندم و جو گزارش شده است. هم‌چنین، هاره و همکاران (Hare *et al.*, 1998) بیان کردند که مقدار پرولین هنگامی که آسیبی در بافت گیاهی وجود دارد افزایش می‌یابد. تصور می‌شود که احتمالا در دانه رست‌های تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و مواجه

توزین، پارامترهای رشدی از قبیل وزن تر ریشه و اندام هوایی به همراه شاخص‌های بیوشیمیایی شامل پرولین (Bates *et al.*, 1973)، پروتئین (Lowry *et al.*, 1951) و مالون دی آلدهید (Heath and Packer, 1968) اندازه‌گیری شدند. به دلیل کاهش وزن تر اندام‌های هوایی ریشه‌های تحت تنش شوری و احتمال بالا بودن میزان آب‌دهی این اندام‌ها، از اندازه‌گیری میزان وزن خشک آن‌ها صرف نظر شد.

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری SPSS و MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن تر اندام هوایی و ریشه

تنش شوری وزن تر اندام هوایی و ریشه و هم‌چنین اسید سالیسیلیک وزن تر اندام هوایی و ریشه را به طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار دادند، ولی اثر متقابل این دو تیمار بر وزن تر اندام هوایی غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). وزن تر اندام هوایی و ریشه با افزایش شوری کاهش یافت، به طوری که در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار وزن تر اندام هوایی و ریشه نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی‌دار نشان داد، ولی در سطح ۷۵ میلی‌مولار کاهش غیر معنی‌دار بود (شکل ۱ و ۳). در تحقیقی غلام و فارس (Ghoulam and Fares, 2001) نیز نشان دادند که شوری موجب کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد (وزن تر و خشک) ریشه و اندام هوایی چغندر قند می شود. کاهش رشد به واسطه شوری به طور عمده به کمبود آب به سبب کاهش پتانسیل آب در ناحیه ریشه، عدم تعادل مواد غذایی و سمیت ویژه یون ناشی از غلظت بالای Na^+ و Cl^- نسبت داده می‌شود (Khan and Ashraf, 1988).

با کاربرد اسید سالیسیلیک برون زا وزن تر اندام هوایی و ریشه افزایش یافت، به طوری که افزایش معنی دار در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد دیده شد (شکل۲ و ۴). گوتیرز و خداری (Gutierrez-coronada, 1998 ; Khodary, 2004) نیز افزایش رشد ریشه و اندام هوایی گیاهان سویا و ذرت را در پاسخ به تیمار اسید سالیسیلیک گزارش نموده‌اند. گانز و همکاران (Gunes *et al.*, 2007) بیان کردند که کاربرد برون‌زای اسید سالیسیلیک رشد گیاه را هم در شرایط تنش شوری و هم در شرایط غیر تنش، به شکل قابل توجهی افزایش می‌دهد که احتمالاً مرتبط با اثرات بازدارندگی آن روی

بود (جدول ۱). شوری موجب افزایش میزان مالون دی‌آلدهید شد. بیشترین اثر شوری بر میزان مالون دی‌آلدهید در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار و بدون تیمار اسید سالیسیلیک بود که در مقایسه با دانه رست‌های شاهد ۱۳۵٪ افزایش داشت (شکل ۸). این نتایج مشابه با نتایج بور و همکاران (Bor *et al.*, 2003) می‌باشد که اعلام کردند تنش شوری میزان پراکسیداسیون لیپیدها را در برگ‌های دو گونه چغندر افزایش می‌دهد. افزایش میزان مالون دی آلدهید گیاهان تحت تنش شوری احتمالا ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال تولید شده در حضور تنش اکسیداتیو و کاهش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌باشد (Don *et al.*, 2010).

کاربرد اسید سالیسیلیک برونزا همراه با شوری موجب کاهش معنی‌دار میزان مالون دی آلدهید، به استثنای ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک شد (در مقایسه با دانه رست‌های تیمار شده با شوری) (شکل ۸). کاربرد اسید سالیسیلیک برونزا در نبود شوری در مقایسه با شاهد اثر متقابل اثر قابل توجه‌ای روی میزان مالون دی‌آلدهید نداشت (شکل ۸). هم‌چنین، پوپووا و همکاران (Popova *et al.*, 1997) نیز نشان دادند که پیش تیمار اسید سالیسیلیک، سطح پراکسیداسیون لیپیدهای ایجاد شده از طریق تنش اکسیداتیو را در گیاهان جو کاهش می‌دهد. کاهش آسیب غشایی گیاهان مواجه شده با تنش‌های غیر زیستی، از جمله شوری، در پاسخ به اسید سالیسیلیک برونزا در رابطه با القاء پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی که گیاهان را از آسیب اکسیداتیو حفاظت می‌کند گزارش شده است (El-Tayeb, 2005). در این مطالعه تیمار دانه رست‌ها با اسید سالیسیلیک تحت شرایط بدون تنش شوری تغییرات معنی‌داری را از نظر میزان مالون دی آلدهید نشان نداد. مطالعه روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicucm*) نیز نشان داد که تیمار اسید سالیسیلیک فقط در گیاهان تحت تنش شوری موجب کاهش میزان مالون دی آلدهید می‌شود (Delavri *et al.*, 2010). در این مطالعه احتمالاً در شرایط غیرتنش آسیب اکسیداتیو کمتر و رشد گیاه بهتر بوده و بنابراین اثری اسید سالیسیلیک برونزا تاثیری روی میزان مالون دی آلدهید دانه‌رست‌های گندم نداشت.

در مجموع شوری کلرید سدیم با انباشتگی یون‌های سدیم و کلر، افزایش پتانسیل اسمزی و ایجاد تنش اکسیداتیو موجب اثرات نامطلوب روی ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دانه رست‌های گندم شد، ولی کاربرد اسید سالیسیلیک برونزا شده با تنش شوری رشد دانه رست بیشتر و آسیب کمتر بوده در نتیجه سطح پرولین کاهش یافت (شکل ۳).

پروتیین اندام هوایی

شوری و اسید سالیسیلیک مقدار پروتیین اندام هوایی دانه رست‌های گندم را به طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار دادند، ولی اثر متقابل آن‌ها روی این پارامتر غیر معنی‌دار بود (جدول ۱). در این دانه رست‌ها افزایش شوری موجب کاهش معنی‌دار مقدار پروتیین اندام هوایی شد، به‌طوری‌که به این صورت که کاهش ۲۱ درصدی در سطح ۷۵ میلی‌مولار و کاهش ۴۲ درصدی در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در مقایسه با سطح شاهد دیده شد (شکل ۶). نتایج حاصل هم سو با نتایج العغباری (Al- aghabary, 2005) می‌باشد که کاهش مقدار پروتئین محلول گیاهان گوجه فرنگی را تحت تنش شوری مشاهده کرد. به نظر می‌رسد که کاهش پروتئین محلول کل در طول تنش شوری به سبب کاهش جدی فتوسنتز می‌باشد، فتوسنتز در شرایط شوری کاهش می‌یابد و مواد ضروری برای سنتز پروتئین تأمین نمی‌شوند، بنابراین سنتز پروتئین به طور چشمگیری کاهش می‌یابد یا کاملاً متوقف می‌شود (Lee *et al.*, 2004). به علاوه، دلیل کاهش پروتئین در شرایط شوری، بازداری از فعالیت نیترات ردوکتاز می‌باشد (Shahba *et al.*, 2010).

در تحقیق حاضر افزایش اسید سالیسیلیک برونزا فقط تا سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش معنی‌دار مقدار پروتئین اندام هوایی شد، در حالی که اختلاف چشمگیری در سطح ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد دیده نشد (شکل ۷). این نشان می‌دهد که احتمالا اسید سالیسیلیک در غلظت‌های بالاتر روی بعضی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان تاثیر منفی دارد (Najafian *et al.*, 2009). تغییرات مشابه توسط شهبا و همکاران (Shahba *et al.*, 2010) در گیاه گوجه فرنگی دیده شده است. افزایش پروتئین محلول از طریق اسید سالیسیلیک به سبب افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز می‌باشد که به اثر این ماده در برابر بازدارنده‌های ویژه نیترات بستگی دارد (Ahmad *et al.*, 2003).

پراکسیداسیون لیپید

پر اکسیداسیون لیپیدها با اندازه‌گیری میزان مالون دی آلدهید (MDA) بررسی می‌گردد (Azooz *et al.*, 2009). شوری و اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری روی میزان مالون دی آلدهید داشتند. هم‌چنین، اثر متقابل آن‌ها روی میزان پراکسیداسیون لیپیدها معنی‌دار

سپاسگزاری

با تقدیر و تشکر فراوان از جناب آقای خسروشاهی مسئول محترم آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی واحد که در انجام مراحل آزمایشی اینجانب را یاری کردند.

با افزایش رشد، افزایش پروتئین محلول و کاهش میزان مالون دی آلدهید و پرولین اثرات نامطلوب شوری را کاهش داد و بردباری دانه‌رست‌ها را در برابر تنش شوری افزایش داد. در این مطالعه بیش‌ترین اثر اسید سالیسیلیک در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود، اما اثرات منفی آن در این غلظت روی مقدار پروتئین محلول دانه رست‌های گندم دیده شد.

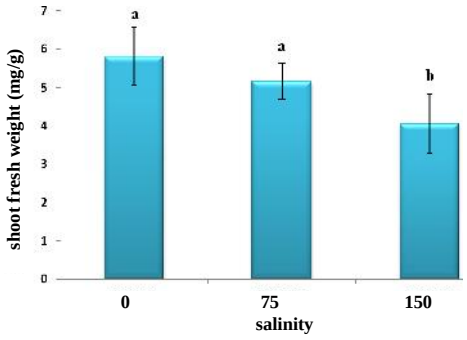
جدول۱- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده در دانه‌رست‌های گندم در غلظت‌های مختلف شوری و اسید سالیسیلیک.

Table 1. Variance analysis of the measured parameters in wheat seedlings in different concentrations of salinity and salicylic acid.

S.O.V.	D.F.	shoot fresh weight	root fresh weight	proline	protein	MDA
NaCl	2	7.183^{**}	1.156^{**}	0.528^{**}	$10^{-4**}\times1.353$	$10^{-6**}\times8.957$
Salicylic acid (SA)	2	2.272^{**}	0.804^{*}	0.030^{**}	$10^{-5**}\times1.996$	$10^{-6**}\times1.665$
NaCl × SA	4	0.229^{ns}	0.037^{ns}	0.018^{*}	$10^{-6\ ns}\times2.586$	$10^{-7**}\times6.050$
Error	18	0.319	0.173	0.005	1.150×10^{-3}	1.558×10^{-7}

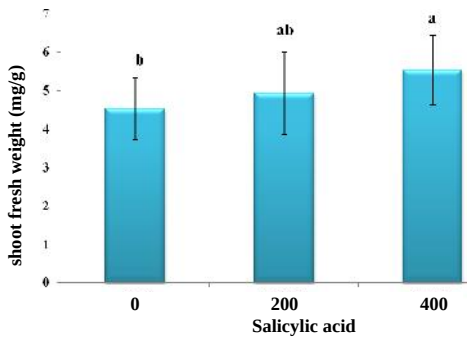
^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.



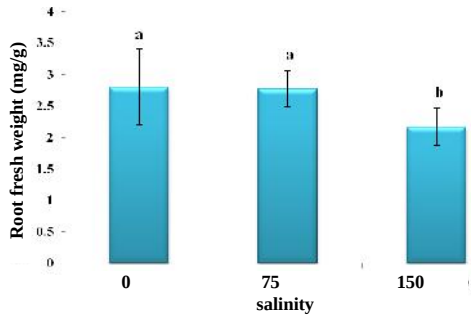
شکل۱- اثر شوری کلرید سدیم بر وزن‌تر اندام هوایی دانه‌رست‌های گندم

Figure 1. The effect of salinity on the amount of shoot fresh weight in wheat seedlings



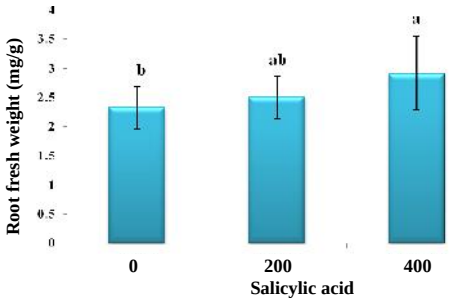
شکل۲- اثر اسید سالیسلیک بر وزن‌تر اندام هوایی دانه‌رست‌های گندم

Figure 2. The effect of salicylic acid levels on the amount of root fresh weight in wheat seedlings



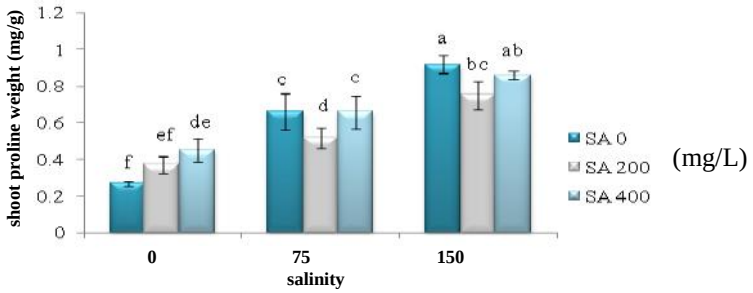
شکل۳- اثر شوری کلرید سدیم بر وزن‌تر ریشه دانه‌رست‌های گندم

Figure 3. The effect of NaCl salinity on the amount of root fresh weight in wheat seedlings



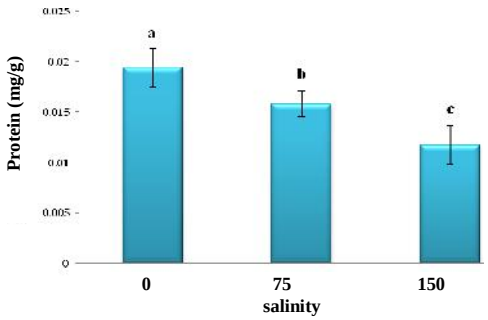
شکل۴- اثر اسید سالیسلیک بر وزن‌تر ریشه دانه‌رست‌های گندم

Figure 4. The effect of salicylic acid levels on the amount of shoot fresh weight in wheat seedlings



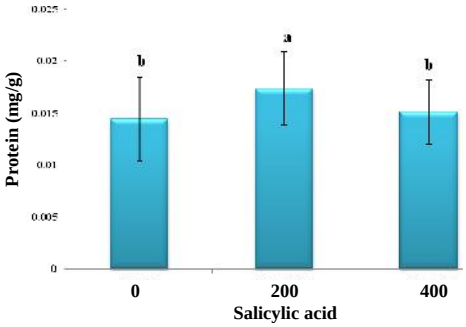
شکل۵- اثر اسید سالیسیلیک بر میزان پرولین اندام هوایی دانه رست‌های گندم تحت تنش شوری

Figure 5. The effect of salicylic acid on the amount of shoot prolne in wheat seedling under salt stress.



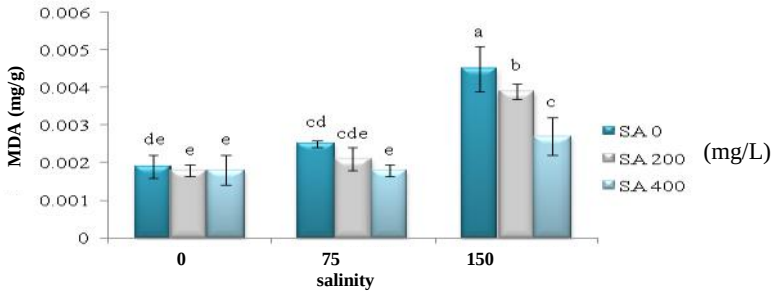
شکل۶- اثر شوری کلرید سدیم بر میزان پروتئین دانه‌رست‌های گندم

Figure 6. The effect of NaCl salinity on the amount of protein weight in wheat seedlings



شکل۷- اثر اسید سالیسلیک بر میزان پروتئین دانه‌رست‌های گندم

Figure 7. The effect of salicylic acid levels on the amount of protein in wheat seedlings



شکل۸- اثر اسید سالیسیلیک بر میزان مالون دی آلدهید دانه رست‌های گندم تحت تنش شوری

Figure 8. The effect of salicylic acid on the amount of malondialdehyde in wheat seedling under salt stress.

References

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

Alaghabary K, Zhu Z, Shi Q (2005) Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. Journal of Plants Nutrition 21: 2101-2115.

Azooz MM, Ismail AM, Abouelhamd MF (2009) Growth, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activites as a selection criterion for the salt tolerance of maize cultivars grown under salinity stress. International Journal of Agriculture and Biology 11: 21 – 26.

Bates LS, Waldren RP, Tears ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bor M, Ozdemir F, Turkan, I (2003) The effect of salt stress on lipid peroxidation and a ntioxidants in leaves of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and wild beet (*Beta maritime* L.). Plant Science 164: 77-84.

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

Deef HE (2007) Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. Advances in Biological Research 1: 40 – 48.

Delavari PM, Baghizadeh A, Enteshari Sh, Kalantari KHM, Yazdanpanah A, Mousavi EA (2010) The effects of salicylic acid on some biochemical and morphological characteristic of *Ocimum basilicum* under salinity stress. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 10: 4832-4845.

Don G, Xia Y, Zhu Z, Vindhya BM, Chalinda K (2010) Effects of exogenous salicylic acid on antioxidative enzyme activities and physiological characteristics in gerbera (*Gerbera jamesnoii* L.) grown under NaCl stress. Agriculture and Life Sciences 6: 561-601.

El-Tayeb MA (2005) Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215–224.

Ghoulam C, Fares K (2001) Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Seed Science and Technology 29: 357-364.

Gunes A, Anal A, Alpaslan M, Eraslan F, Bagci EG, Cick N (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutration in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal of Plant Physiology 164: 728–736.

Gutierrez-coronada MA, Trejo-Lopez C, Larque-Saavedra A (1998) Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiology and Biochemistry 36: 653-665.

Hare PD, Cress WA, Vanstaden J (1998) Dissecting the role of osmolyte accumulation during stress. Plant Cell and Environment. 21: 535-553.

HE Y, ZHU ZJ (2008) Exogenous salicylic acid alleviates NaCl toxicity and increases antioxidative enzyme activity in *Lycopersicon esculentum.* Biology Plantarum 4: 792-795.

Heath RL, Packer L (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts: kinetics and stiochiometry of fatty acid peroxidation. Archives Biochemistry and Biophysics 125: 189–198.

Khan AH, Ashraf MY (1988) Effect of sodium chloride on growth and mineral composition of sorghum. Acta Plant Physiology 10: 259-264.

Khodary SEA (2004) Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 6: 5–8.

Kirst GO (1989) Salinity tolerance of eu-karyotic marine algae. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 40: 21-53.

Lee G, Carrow RN, Duncan RR (2004) Photosynthetic responses to salinity stress of halophytic seashore paspalum ecotypes. Plant Science 166: 1417-1425.

Lowry OH, Rosebrough N, Randal R (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry 193: 205-275.

Mittler R (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Plant Science 7: 405-10.

Munns R (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment 25: 239-50.

Najafian SH, Khoshkhui M, Tavallali V, Saharkhiz MJ (2009) Effect of salicylic acid and salinity in thyme (*Thymus vulgaris* L.): Investigation on changes in gas exchange, water relations, and membrane stabilization and biomass accumulation. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3: 2620-2626.

Nazarbeygi E, Yazdi H, Naseri R, Soleimani R (2011) The effects of different levels of salinity on proline and A, B- chlorophylls in Canola. American – Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science 1: 70 – 74.

Popova L, Pancheva T, Uzunova A (1997) Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. Bulg Journal of Plant Physiology 23: 85-93.

Raskin L (1992) Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 43: 439- 46.

Rodriquez-Rosales MP, Kerkeb L, Bueno B, Donaire JP (1999) Changes induced by NaCl in lipid content and composition, lipoxygenase, plasma membrane H^+- ATPase and antioxidant enzyme activities of tomato (*Lycopersicum esculantum* Mill) calli. Plant Science 143: 143-150.

Salama S, Trivedi S, Busheva M, Arafa AA, Garab G, Erdei L (1994) Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology 144: 241–247.

Shahba Z, Baghizadeh A, Vakili SM, Yazdanpanah A, Yosefi M (2010) The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) sugar, protein and proline contents under salinity stress. Journal of Biophysics and Structural Biology 3: 35 – 41.

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

Sudhakar C (2001) Change in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. Plant Science 161: 613-619.