تأثیر کاربرد کود نیتروژن بر برخی مکانیسم‌های افزایش تحمل به تنش شوری در دو رقم گندم در مرحله گرده‌افشانی

نفیسه هاشم‌پور[۱]، اعظم برزوئی[۲]*، نجات پیرولی بیرانوند[۲] و علی خراسانی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۳۰)

چکیده

آزمایشی با هدف بررسی تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دو رقم گندم به سطوح مختلف شوری و نیتروژن در مرحله گرده افشانی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی، هسته‌ای کرج در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل دو رقم گندم: تجن (حساس به شوری) و بم (متحمل به شوری)، پنج سطح شوری (۱/۳ (شاهد)، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و دو سطح کود نیتروژن (۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که در کلیه تیمارهای شوری، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، به طور کلی باعث افزایش محتوای نسبی آب، غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، میزان پروتئین‌های محلول برگ و فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز و کاهش مقدار مالون‌دآلدئید و همچنین عملکرد دانه در هر دو ژنوتیپ مورد بررسی شد. در نتیجه، وجود تفاوت‌های ژنوتیپی بین دو رقم، از نظر متحمل بودن به شوری و نیز از لحاظ کودپذیری در بین این دو ژنوتیپ منجر به تأثیر محسوس‌تر افزایش مصرف کود نیتروژن بر رقم بم نسبت به رقم حساس تجن شد.

کلمات کلیدی: آنزیم سوپراکسید دسموتاز، پروتئین‌های محلول، مالون‌دآلدئید، محتوای نسبی آب، تنوع ژنتیکی

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های محیطی عمده در دنیا، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، است که بازدهی محصولات زراعی را به شکل بارزی تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۵). پیش‌بینی می‌شود که شور شدن مناطق خشک و نیمه خشک جهان، منجر به کاهش ۳۰ درصدی اراضی در ۲۵ سال آینده و تا ۵۰ درصد تا سال ۲۰۵۰ شود (۳۸). استفاده از ارقام مقاوم به شوری، به همراه مدیریت زراعی مناسب، بهره‌برداری از اراضی شور را امکان پذیر می‌سازد و عملکردی مناسب را به دنبال خواهد داشت (۱۶). بررسی اثرهای تنش‌های محیطی در مقیاس درون‌سلولی نشان داده که شوری سبب تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کلروپلاست و دیگر اندامک‌های سلولی گیاه می‌شود.

---

[۱] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

[۲] پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده کشاورزی هسته ای، کرج

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: aborzouei@nrcam.org

این رادیکال‌های آزاد خسارات زیادی را از طریق اکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می‌کنند. در مقابل، گیاهان از طریق فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان طی بروز تنش شوری، اثر سوء تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند (۱۵). بدین ترتیب که ابتدا رادیکال‌های آزاد به وسیلهٔ آنزیم سوپراکسید دسموتاز (Superoxide Dismutase, SOD) تبدیل به پراکسید هیدروژن شده و سپس توسط آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در کلروپلاست تبدیل به آب می‌شوند. همچنین، آب‌اکسیژنه منتشر شده به قسمت بیرونی کلروپلاست به وسیلهٔ آنزیم کاتالاز در سلول‌های برگ پاک‌سازی می‌شود (۲۳). در زمان تنش، معمولاً فعالیت آنزیم‌هایی مانند سوپراکسید دسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز تحریک می‌شود (۲۸). سوپراکسید دسموتاز سریع‌ترین آنزیم شناخته شده است و اطلاعات و بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که در گیاهان، خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید با تنظیم فعالیت ایزومرهای مختلف SOD صورت می‌گیرد. فعالیت آنزیم SOD در سلول‌ها، در پاسخ به شرایط مختلف محیطی و تنش‌های غیر زیستی مانند پاراکوات، نور شدید، شوری و خشکی افزایش پیدا می‌کند. البته، جهت سمیت‌زدایی کامل انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن، به آنزیم‌ها و آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی دیگری که در بین اجزای مختلف سلولی یافت می‌شود، نیاز است (۲).

محتوای کلروفیل نیز به عنوان یکی از صفات تحمل به شوری جهت گزینش گیاهان در برنامه‌های اصلاحی گزارش شده است (۱۷ و ۲۴). نتایج بسیاری از مطالعات نشان داده که تأثیر تنش شوری بر میزان تجزیه و کاهش محتوای کلروفیل ارقام حساس و متحمل به شوری متفاوت است و میزان کاهش محتوای کلروفیل در ارقام حساس به شوری در مقایسه با ارقام متحمل بیشتر است. همچنین، تحمل طولانی‌مدت تنش شوری در ژنوتیپ‌های متحمل با محتوای کلروفیل بیشتر، ناشی از فعالیت و بروز بیشتر ایزوزایم‌های سوپراکسید دسموتاز در ژنوتیپ‌های متحمل در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس می‌باشد (۲۴ و ۳۱).

در گیاهان تحت تنش شوری، عدم تعادل عناصر غذایی از جهات گوناگون بروز می‌نماید. ممکن است شوری با تأثیر بر قابلیت استفاده از برخی عناصر، جذب، انتقال یا توزیع عناصر غذایی درون گیاه را دچار مشکل سازد و یا با غیر فعال نمودن نقش فیزیولوژیک عنصر غذایی مصرف شده، منجر به افزایش ذاتی نیاز غذایی گیاه شود (۱۱). از مهمترین عناصر غذایی که جذب آن در شرایط شوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد، نیتروژن است. کاهش جذب نیتروژن به وسیله شوری از عوامل مهم کاهش رشد گیاهان به شمار می‌رود (۱۹، به نقل از حیدری و همکاران، ۵). مطالعات برهمکنش شوری و نیتروژن (در خاک‌هایی که کمبود نیتروژن دارند) نشان داده که اضافه کردن نیتروژن، رشد و عملکرد تعداد زیادی از گیاهان مانند گندم، یونجه، جو، لوبیا، هویج، گوجه‌فرنگی، ذرت، شبدر، حبوبات، ارزن و برنج را هنگامی که درجه شوری خیلی شدید نبوده بهبود بخشیده است (به نقل از ۴). این محققان دریافتند که شوری در مقادیر زیاد، جذب نیتروژن را در گیاه گندم کاهش می‌دهد (۵). کشاورز (۸) گزارش کرده که با توجه به اینکه در شرایط شور از جذب نیتروژن به دلایل متعدد (از قبیل کاهش میزان تراوایی ریشه گیاه، کاهش فعالیت میکروبی خاک و به دنبال آن کاهش معدنی شدن ترکیبات آلی، کاهش جذب نیترات در اثر عرضه زیاد آنیون کلر در محیط رشد ریشه و بالاخره کاهش فعالیت نیتراتی شدن در خاک) کاسته می‌شود، مصرف بیشتر نیتروژن توانسته تا حدودی این مسئله را جبران نموده و سبب افزایش عملکرد گیاه گندم گردد. وی همچنین عنوان نموده که افزایش عملکرد گندم در شرایط شور، در اثر مصرف بیشتر کود نیتروژنه، می‌تواند ناشی از کاهش غلظت کلرور سدیم در گیاه باشد. با افزایش شوری، عملکرد و اجزای عملکرد گندم کاهش قابل توجهی می‌یابد، به طوری که با افزایش هر واحد شوری، ۴۱/۵ کیلوگرم در هکتار افت در عملکرد دانه مشاهده می‌شود (۸). روش‌های کاربرد نیتروژن در شرایط شوری خاک نیز تأثیر معنی‌داری بر تمامی اجزای عملکرد دارد (۷). نتایج مطالعات انجام شده توسط برزوئی و

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خاک	EC (dS/m)	pH	سیلت (٪)	رس (٪)	شن (٪)	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	پتاسیم قابل دسترس (mg/kg)	نیتروژن (٪)
لوم	۱/۰۱۴	۸/۴۸	۲۹	۲۲	۴۹	۴۰	۲۶۶۴	۰/۰۴۱

همکاران (۲) در رابطه با تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و شوری نشان داد که طی بروز تنش شوری، کاربرد دو سطح کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث تغییرات مطلوب و معنی‌داری در میزان پروتئین‌های محلول برگی، فعالیت آنزیم‌های SOD، CAT، APX و عملکرد دانه دو ژنوتیپ حساس و مقاوم به شوری گندم شده است. بدین جهت، هدف از انجام این آزمایش بررسی اثرهای حاصل از تنش شوری و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر برخی تغییرات فیزیولوژیک و ترکیبات بیوشیمیایی و بررسی رابطه بین میزان کود مصرف شده و ساخت و یا تجزیه این ترکیبات تحت تنش شوری با هدف دستیابی به افزایش تحمل به تنش شوری در مرحله گرده‌افشانی (به عنوان یکی از حساس‌ترین مراحل رشدی گندم به تنش شوری) است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار، در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج (دمای ۲±۲۸ درجه سلسیوس، شدت روشنایی ۴۵۰۰ لوکس، دوره روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل رقم گندم: تجن (حساس به شوری) و بم (متحمل به شوری) و پنج سطح شوری آب آبیاری (۱/۳ (شاهد)، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و دو سطح کود نیتروژن (۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بودند. لازم به ذکر است که سطوح کودی نیتروژن بر اساس مقدار خاک موجود در گلدان‌ها (۴ کیلوگرم) اعمال شد. ارقام گندم بر حسب ثبات عملکرد دانه در شرایط تنش شوری و عدم تنش به توصیه مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انتخاب شدند. سطوح شوری نیز با توجه به آستانه تحمل به شوری گندم (۴ دسی‌زیمنس بر متر در آب آبیاری و ۶ دسی‌زیمنس بر متر در عصاره اشباع خاک) در نظر گرفته شد. کوددهی نیتروژن به شکل سولفات آمونیوم و طی سه مرحله ابتدای کاشت، مرحله پنجه‌زنی و ساقه رفتن داده شد.

با توجه به اینکه انجام آزمایش شوری در گلخانه نیاز به بافت سبک خاک دارد تا امکان آبشویی فراهم گردیده و از تجمع نمک در محیط اطراف ریشه جلوگیری شود، با نمونه‌برداری از خاک چهار نقطه در مزرعه پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج، آزمایش‌های اولیه به منظور تعیین بافت خاک، EC، pH و نیتروژن کل خاک انجام شد. از ۴ نوع بافت خاک به دست آمده، نمونه‌ای که دارای بافت سبک‌تر بود، انتخاب شد تا از این طریق از تجمع نمک در محیط اطراف ریشه جلوگیری شود و سپس جهت تعیین علامت عناصر NPK و همچنین میزان رطوبت در حالت ظرفیت زراعی، به آزمایشگاه خاک‌شناسی مؤسسه خاک و آب منتقل گردید. نتایج تجزیه این خاک در جدول ۱ آورده شده است.

شش بذر از هر رقم در گلدان‌ها کاشته شده و در مرحله سه- چهار برگی به چهار بوته در گلدان تنک شدند. برای ایجاد زهکشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها، سه سوراخ در ته هر کدام از گلدان‌ها تعبیه و ته هر گلدان به ارتفاع ۳ سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد. سپس، با توجه به نسبت مولی ۱۰ به ۱ از دو نوع نمک کلرید سدیم وکلرید کلسیم (این نمک‌ها از اهمیت بیشتری در شوری زمین‌های زراعی برخوردارند و در حقیقت جزو مهمترین نمک‌های ایجاد کننده

شوری می‌باشند) جهت تهیه محلول‌های شوری با قابلیت هدایت الکتریکی ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر استفاده گردید. گلدان‌ها تا مرحله دو- سه برگی با آب معمولی آبیاری شدند و پس از آن اعمال تیمارهای شوری آغاز شد. بدین شکل که در نوبت اول آبیاری، کلیه گلدان‌ها، به‌جز سطح شاهد، با محلول ۶ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شد و در نوبت‌های بعدی این مقادیر افزایش یافته و در پایان، سطح شوری مورد نظر بعد از گذشت یک هفته کامل گشت. در طول اجرای آزمایش، مقدار آب آبیاری برای هر گلدان ۱۵٪ بیش از ظرفیت زراعی گیاه (سهم آبشویی) در نظر گرفته شد شوری عصاره اشباع خاک تا جایی که ممکن بود به شوری آب آبیاری نزدیک شود. کنترل وضعیت شوری با نمونه‌برداری از تانسیونیک‌هایی که بدین جهت در برخی از گلدان‌ها قرار گرفته بود، کنترل گردید. در مرحله گرده افشانی (زمانی که ۵۰٪ بساک‌ها از سنبله‌ها خارج شده‌اند) نمونه‌هایی از آخرین برگ توسعه یافته (برگ پرچمی) جهت آنالیزهای بیوشیمیایی تهیه شد.

میزان کلروفیل نمونه‌ها به روش سایرام و همکاران (۳۲) اندازه‌گیری گردید. در این روش، بعد از تهیه عصاره، میزان نور جذب شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شده و توسط فرمول‌های مربوطه، محتوای کلروفیل a، b و کل میزان کلروفیل برگ‌های پرچمی محاسبه شد:

$$Cht = 20.2(OD_{647}) + 8.02(OD_{663}) \qquad [۱]$$

$$Cha = 12.7(OD_{663}) - 2.69(OD_{647}) \qquad [۲]$$

$$Chb = 22.9(OD_{647}) - 4.68(OD_{663}) \qquad [۳]$$

که Cha کلروفیل a، Chb کلروفیل b، Cht کلروفیل کل و OD شدت نور است.

همچنین، میزان مالون‌دآلدئید (Malondialdyde, MDA)، که به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون چربی‌ها است، مطابق با روش ترکان و همکاران (۳۷) مورد بررسی قرار گرفت. فعالیت آنزیم SOD نیز با استناد به روش ریوس-گنزالز و همکاران (۳۰) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین غلظت پروتئین‌های محلول برگی از روش بردفورد (۱۸) استفاده شد. همچنین، اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (Relative water content, RWC) با انتخاب جوان‌ترین برگ توسعه یافته زیر برگ پرچمی، از هر یک از ارقام و در هر تکرار صورت گرفت. در این آزمایش، سری دوم از گلدان‌ها به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه سنبله اصلی آماده گردید. داده‌های جمع‌آوری شده توسط نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ انجام شد. نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL رسم شدند.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ارقام و سطوح شوری از نظر مقدار نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). اثرهای متقابل رقم× شوری، رقم× کود و شوری× کود نیز بر میزان RWC معنی‌دار نبود (جدول ۲). اما سطوح مختلف کودی تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر میزان RWC داشت (جدول ۲). به نحوی که با افزایش مقدار کود از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، RWC به میزان ۷/۹۶ درصد افزایش یافت (جدول ۳)، همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در رقم بم، بیشترین میزان RWC در سطح شاهد و مقدار کود ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین میانگین صفت مذکور در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و سطح کودی ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب شد که محتوای نسبی آب در رقم بم در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر افزایش نشان دهد که به لحاظ آماری با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۴). در رقم تجن نیز حداکثر میزان صفت مورد نظر در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد که تنها با سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در دو رقم گندم پس از اعمال تنش شوری در مرحله گرده‌افشانی

منبع تغییر	درجه آزادی	محتوای نسبی آب	کلروفیل a (mg/g Fw)	کلروفیل b (mg/g Fw)	کلروفیل کل (mg/g Fw)	مالون‌دآلدئید (nmol/g Fw)	پروتئین (mg/g Fw)	آنزیم SOD (unite/mg protein)	عملکرد دانه (گرم در گلدان)
رقم	۱	۷/۷۳^{ns}	۳۷۵۹۴/۷۰**	۸۵۹/۲۴**	۲۰۸۳۴/۴۵**	۱۶۴۹۵۰۴/۱۲**	۰/۱۱**	۳/۴۸**	۱۵۱۸/۵۵**
شوری	۴	۱۵۲/۴۳^{ns}	۲۳/۹۵^{ns}	۵۵/۲۸**	۴۰۰/۱۸^{ns}	۲۳۲۰۴۱/۵۲**	۰/۰۵۵**	۱/۳۴**	۴۷۰/۰۹**
رقم× شوری	۴	۱۱۱/۶۰^{ns}	۴۱۴/۵۹**	۷۷/۳۳**	۴۶۰/۳۷^{ns}	۳۸۱۸۹۲/۰۷**	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۸۸^{ns}	۵۸/۶۵*
کود	۱	۵۷۷/۲۲**	۴۵/۹۳^{ns}	۱۵/۸۸^{ns}	۴۷۱/۰۸^{ns}	۱۱۷۵۹۹۴/۳۲**	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۲۰۳/۲۴**
رقم× کود	۱	۰/۰۴^{ns}	۲۷/۸۹^{ns}	۳۸/۴۳^{ns}	۱۶۹/۳۹^{ns}	۱۵۶۰۹/۳۲^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۰/۳۵۷^{ns}	۵/۸۲^{ns}
شوری × کود	۴	۱۵۰/۳۹^{ns}	۲۵۶/۴۱**	۴۸/۴۸*	۴۴۹/۹۳^{ns}	۳۳۴۶۹۰/۲۲**	۰/۰۲۴**	۰/۳۳۶**	۸۲/۷۲**
شوری× کود× رقم	۴	۱۹۴/۶۰*	۲۵۶/۸۵**	۳۷/۸۸*	۵۸۷/۸۵^{ns}	۴۹۴۱۷۱/۳۳**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۶۱^{ns}	۵۹/۵۰*
خطا	۴۰	۶۹/۱۱	۶۸/۳۴	۱۲/۹۸	۴۰۹/۲۹	۵۰۶۲۲/۵۱	۰/۰۰۲	۰/۰۴۳	۱۷/۵۴
(٪) CV		۱۰/۲۶	۸/۶۴	۱۵/۳۷	۱۷/۳۶	۴/۸۹	۶/۳۰	۶/۳۹	۱۱/۵۹

**، * و ns به‌رتیب معنی‌دار در سطوح ٪۱ و ٪۵ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۳. اثرهای اصلی رقم، کود و شوری و اثرهای دوگانه رقم × شوری و شوری × کود بر محتوای نسبی آب، مقادیر کلروفیل (a، b، کل)، مالون‌دآلدئید، پروتئین و فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز دو رقم گندم در مرحله گرده‌افشانی

تیمار		محتوای نسبی آب (٪)	کلروفیل a (mg/g Fw)	کلروفیل b (mg/g Fw)	کلروفیل کل (mg/g Fw)	مالون‌دآلدئید (mmol/g Fw)	پروتئین (mg/g Fw)	آنزیم SOD (unite/mg protein)	عملکرد دانه (گرم در گلدان)
بم		۸۰/۶۳a	۷/۰۶b	۲/۷۲a	۹/۷۹b	۴۴۳۲/۲۵b	۰/۷۸۱a	۳/۴۸۶a	۴۱/۱۶a
تجن		۸۱/۳۵a	۱۲/۰۷a	۱/۹۶b	۱۳/۵۱a	۴۷۶۳/۸۷a	۰/۶۹۶b	۳/۰۰۵b	۳۱/۱۰b
N_{75}/kg		۷۷/۸۹b	۹/۶۶a	۲/۲۹a	۱۱/۳۷a	۴۷۳۸/۰۶a	۰/۷۳۸a	۳/۲۴۰a	۳۴/۲۹b
N_{150}/kg		۸۴/۰۹a	۹/۴a	۲/۳۹a	۱۱/۹۳a	۴۴۵۸/۰۶b	۰/۷۳۹a	۳/۲۵۱a	۳۷/۹۷a
۱/۳dS/m		۸۲/۹۸a	۹/۷۷a	۲/۷۱a	۱۲/۲۰a	۴۵۰۰/۰۰b	۰/۶۳۹c	۲/۸۳۱c	۳۹/۹۵a
۶dS/m		۸۳/۰۵a	۹/۶۰a	۲/۳۲ab	۱۱/۸۸a	۴۵۰۶/۴۵b	۰/۷۵۱ b	۳/۲۰۲b	۳۹/۲۹a
۸dS/m		۷۶/۰۸a	۹/۵۹a	۲/۳۰ab	۱۱/۶۹a	۴۵۱۶/۱۳b	۰/۷۳۱b	۳/۲۴۳b	۳۹/۰۰a
۱۰dS/m		۸۴/۴۳a	۹/۴۹a	۲/۱۹b	۱۱/۸۱a	۴۶۴۵/۱۶ab	۰/۷۴۳b	۳/۱۸۶b	۳۷/۳۳a
۱۲dS/m		۷۸/۴۰a	۹/۳۹a	۲/۱۷b	۱۰/۶۸a	۴۸۲۲/۵۷a	۰/۸۲۸a	۳/۷۶۵a	۲۵/۰۶b
بم	۱/۳dS/m	۸۷/۵۰a	۸/۲۶c	۳/۴۴a	۱۱/۰۸abc	۴۲۷۷/۴۲d	۰/۶۶۳de	۲/۵۷۷e	۴۷/۵۶a
	۶dS/m	۸۰/۹۳a	۶/۵۷d	۲/۸۱b	۸/۸۲c	۴۴۰۶/۴۵cd	۰/۸۲۰ab	۲/۸۳۳de	۴۵/۳۱a
	۸dS/m	۷۶/۸۲a	۶/۹۶d	۲/۶۲bc	۹/۵۹bc	۴۴۳۲/۲۵cd	۰/۷۷۲bc	۲/۹۵۷d	۴۲/۹۵a
	۱۰dS/m	۸۲/۳۰a	۶/۶۷d	۲/۴۷bcd	۱۰/۱۲bc	۴۴۴۵/۱۵cd	۰/۷۶۳bc	۳/۰۴۷cd	۴۱/۹۱ab
	۱۲dS/m	۷۵/۶۰a	۶/۸۷d	۲/۲۴bcde	۹/۳۴bc	۴۶۰۰/۰۰bcd	۰/۸۸۸a	۳/۶۱۰ab	۲۸/۰۷de
تجن	۱/۳dS/m	۷۸/۴۶a	۱۱/۲۸b	۲/۱۰cde	۱۲/۶۸ab	۴۴۰۰/۰۰cd	۰/۶۱۵e	۳/۰۸۵cd	۳۶/۱۰bc
	۶ dS/m	۸۵/۱۶a	۱۲/۶۳a	۲/۰۲cde	۱۲/۵۳ab	۴۶۰۶/۴۵bcd	۰/۶۸۲de	۳/۳۵۸bc	۳۴/۵۹cd
	۸dS/m	۷۵/۳۵a	۱۲/۲۲ab	۱/۹۷de	۱۴/۰۳a	۴۷۵۴/۸۴bc	۰/۶۹۰d	۳/۵۳۰b	۳۱/۷۲cd
	۱۰dS/m	۸۶/۵۶a	۱۲/۳۱a	۱/۹۲de	۱۴/۲۹a	۴۸۵۸/۰۶ab	۰/۷۲۳cd	۳/۵۳۸bc	۳۱/۰۲cd
	۱۲dS/m	۸۱/۲۱a	۱۱/۹۲ab	۱/۷۹e	۱۴/۰۳a	۵۲۰۰/۰۰a	۰/۷۶۸bc	۳/۹۲۰a	۲۲/۰۶e
۱/۳dS/m	N_{75}/kg	۸۲/۰۴a	۱۰/۵۰a	۲/۵۳ab	۱۲/۵۷a	۴۳۹۹/۹۹b	۰/۶۲۷e	۳/۰۵۳cd	۴۳/۲۷abcd
۶ dS/m		۸۳/۹۳a	۹/۰۴a	۲/۲۴b	۱۱/۱۹a	۴۴۹۰/۳۵b	۰/۶۵۲de	۳/۲۲۷cd	۵۲a
۸dS/m		۸۲/۹۰a	۱۰/۰۲a	۲/۲۳b	۹/۶۷a	۴۵۰۹/۶۷b	۰/۷۰۲cd	۳/۵۹۲b	۴۳/۵۲abcde
۱۰dS/m		۸۳/۲۰a	۹/۱۸a	۲/۱۱b	۱۱/۶۹a	۴۶۲۵/۸۰b	۰/۷۲۲cd	۳/۳۱۸bcd	۴۹/۶۵ab
۱۲dS/m		۶۷/۳۵b	۹/۳۱a	۲/۰۷b	۱۱/۵۰a	۵۲۴۵/۱۶a	۰/۸۰۰b	۳/۲۶۰bcd	۳۹/۳bcdefg
۱/۳dS/m	N_{150}/kg	۸۴/۸۲a	۹/۸۷ a	۲/۹۳a	۱۲/۱۲a	۴۴۰۶/۴۵b	۰/۷۲۰cd	۲/۶۶۸e	۴۶/۶abc
۶dS/m		۸۳/۱۵a	۹/۲۲ a	۲/۴۹ab	۱۱/۸۵a	۴۴۸۳/۸۷b	۰/۷۴۰bc	۲/۹۹۳d	۴۰/۳bcdef
۸dS/m		۸۵/۷۱a	۹/۷۵ a	۲/۴۴ab	۱۲/۵۵a	۴۵۰۹/۶۷b	۰/۷۵۸bc	۳/۰۰۸d	۴۰/۹۷bcde
۱۰dS/m		۷۴/۰۰ab	۹/۲۳ a	۲/۴۰ab	۱۱/۲۶a	۴۵۲۹/۰۳b	۰/۷۶۷bc	۳/۹۳۸a	۲۷/۱۶i
۱۲dS/m		۸۲/۸۱ a	۹/۵۶ a	۱/۹۵ b	۱۱/۵۱a	۴۷۸۰/۶۴b	۰/۸۹۸a	۳/۳۹۷bc	۲۸/۹۸ghi

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. اثر سه‌گانه رقم × شوری× کود بر محتوای نسبی آب، کلروفیل a و b، میزان مالون‌دآلدئید و عملکرد دانه دو رقم گندم در مرحله گرده‌افشانی

تیمار			محتوای نسبی آب (٪)	کلروفیل a (mg/g Fw)	کلروفیل b (mg/g Fw)	مالون‌دآلدئید (mmol/g Fw)	عملکرد دانه (گرم در گلدان)
رقم بم	۱/۳dS/m	N_{75}/kg	۸۳/۵۴ abc	۹/۵۷ c	۳/۲۱ ab	۴۶۴۵ bcd	۴۳/۲۷ abcd
		N_{150}/kg	۱۹/۴۷ a	۶/۹۵ d	۲/۴۲ bcde	۴۲۱۹ cde	۵۲ a
	۶dS/m	N_{75}/kg	۸۴/۰۶ abc	۶/۴۱ d	۲/۱۱ cde	۴۶۰۶ bcd	۴۳/۵۲ abcde
		N_{150}/kg	۷۷/۸۱ abc	۶/۷۳ d	۲/۳۸ bcde	۴۲۰۶ de	۴۹/۶۵ ab
	۸dS/m	N_{75}/kg	۷۰/۷۵ abc	۶/۸۱ d	۲/۵۳ bcde	۴۶۰۶ bcd	۳۹/۳ bcdefg
		N_{150}/kg	۸۲/۸۹ abc	۷/۱۲ d	۲/۷ bcd	۳۹۸۴ e	۴۶/۶ abc
	۱۰ dS/m	N_{75}/kg	۸۳/۵۸ abc	۶/۳۸ d	۳/۱۵ ab	۴۶۳۲ bcd	۴۰/۳ bcdef
		N_{150}/kg	۸۱/۰۲ abc	۶/۹۶ d	۳/۷۳ a	۴۲۵۸ cde	۴۰/۹۷ bcde
	۱۲dS/m	N_{75}/kg	۶۵/۶ bc	۶/۲۶ d	۱/۹۳ de	۴۷۸۴ bcd	۲۷/۱۶ i
		N_{150}/kg	۸۵/۶۱ abc	۷/۴۷ d	۳/۰۱ abc	۴۴۵۱ bcde	۲۸/۹۸ ghi
رقم تجن	۱/۳dS/m	N_{75}/kg	۸۰/۵۴ abc	۱۱/۴۴ bc	۱/۸۶ de	۴۹۱۶ b	۳۸/۲۷ cdefgh
		N_{150}/kg	۷۶/۳۹ abc	۱۱/۱۳ bc	۱/۷۳ e	۴۸۰۰ bc	۴۱/۲۶ bcde
	۶ dS/m	N_{75}/kg	۸۱/۷۴ abc	۱۳/۶۴ a	۲/۳۷ bcde	۴۷۶۱ bcd	۳۰/۲۲ fghi
		N_{150}/kg	۸۸/۵۹ a	۱۱/۶۳ ab	۱/۸۳ de	۴۴۵۱ bcde	۳۳/ ۹۲ defgh
	۸dS/m	N_{75}/kg	۶۳/۹۴ c	۱۱/۸۱ ab	۱/۹۴ de	۴۸۶۴ b	۳۱/۰۵ efghi
		N_{150}/kg	۸۶/۷۵ ab	۱۲/۶۳ ab	۲/۱ cde	۴۶۴۵ bcd	۳۳/۳۳ defghi
	۱۰dS/m	N_{75}/kg	۸۲/۷۴ abc	۱۲/۰۷ ab	۱/۸۲ de	۴۵۶۷ bcd	۲۷/۹۱ hi
		N_{150}/kg	۹۰/۴ a	۱۲/۵۶ ab	۲/۱۲ cde	۴۲۳۲ cde	۳۱ efghi
	۱۲dS/m	N_{75}/kg	۸۲/۴۱ abc	۱۲/۱۹ ab	۱/۹۶ de	۵۸۵۸ a	۱۷/۲۷ j
		N_{150}/kg	۸۰/۰۱ abc	۱۱/۶۵ ab	۱/۸۸ de	۴۵۴۱ bcd	۲۶/۸۵ i

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

اختلاف معنی‌داری داشت و به لحاظ آماری با تیمار شاهد و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). با توجه به اینکه در هر دو رقم، بیشترین مقادیر این صفت در شوری‌های گزارش شده، در سطح دوم کود نیتروژن بود، شاید بتوان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که نیتروژن توانسته با افزایش و استحکام ترکیبات متشکل از نیتروژن در غشا، در حفظ آب و جلوگیری از نشت محلول سیتوپلاسمی به آپوپلاست اثر داشته و باعث حفظ تعادل اسمزی و افزایش RWC شود (۱).

کلروفیل a

بین دو رقم گندم مورد مطالعه از لحاظ میزان کلروفیل a تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۱) وجود داشت (جدول ۲). میزان کلروفیل a در رقم تجن، ۷۰/۹ درصد بیشتر از رقم بم بود (جدول ۳). سطوح مختلف شوری، مقادیر مختلف کود و اثر متقابل رقم× کود بر میزان کلروفیل a معنی‌دار نبود. ولی تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر رقم× شوری، شوری× کود و اثر سه‌گانه شوری× کود× رقم بر میانگین این صفت معنی‌دار (P <۰/۰۱) شد (جدول ۲). بررسی واکنش دو رقم بم و تجن به افزایش

سطوح شوری نشان داد که در رقم بم، با افزایش شوری آب آبیاری، میزان کلروفیل a کاهش یافت و بیشترین میانگین این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). در رقم تجن، با افزایش سطوح مختلف شوری، میزان کلروفیل a افزایش یافت، در حالی که با اعمال شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، افزایشی معنی‌دار نسبت به شاهد در مقدار کلروفیل a ایجاد شده بود. این روند افزایشی نسبت به شاهد تا شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر ادامه یافت، اما در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مجدداً کاهش ایجاد شد که البته در قیاس با شاهد تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳). گزارش شده که در شرایط تنش، کلروفیل با جذب نور خورشید می‌تواند یک منبع بالقوه برای تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد و افزایش محتوای کلروفیل در این شرایط باعث افزایش خسارت به سیستم فتوسنتزی به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. به عبارتی، افزایش کلروفیل در شرایط تنش ممکن است یک جنبه عدم سازگاری داشته باشد. زیرا غلظت زیاد کلروفیل برگ یک منبع بالقوه برای تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد (۶). بررسی برهمکنش سه عامل کود× شوری×رقم حاکی از آن است که در رقم بم، به‌جز تیمار شاهد، در سایر سطوح شوری با افزایش رژیم‌های کودی از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان کلروفیل a دچار تغییر معنی‌داری نشده است. در رقم حساس تجن، بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر و با کاربرد ۱۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۴).

کارایی نیتروژن در کم کردن اثرهای مضر تنش شوری در گیاهان، به اثرهای بهبود دهنده این عنصر بر پتانسیل اولیه رشد، فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و کربونیک آنهیدراز، نفوذپذیری غشا و کارایی مصرف نیتروژن نسبت داده می‌شود (۳۴). در این آزمایش، مشخص شد که کاربرد بیشتر نیتروژن در هر دو رقم توانسته از فتواکسیداسیون کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن و در نتیجه کاهش فتوسنتز در نتیجه تیمار شوری جلوگیری کند. همچنین، به نظر می‌رسد بیشتر بودن محتوای کلروفیل برگ در رقم حساس به شوری تجن و در کلیه تیمارهای مورد مطالعه، به دلیل افزایش شدت تأثیر تنش بر رقم مذکور باشد. در این آزمایش نیز می‌توان اینگونه بیان کرد که رقم حساس به شوری تجن با استفاده از مکانیزم‌های اجتناب از تنش همانند کاهش سطح برگ، حفظ محتوای نسبی آب و همچنین افزایش محتوای کلروفیل به مقابله با خشکی ناشی از تنش شوری پرداخته است (۱). در حقیقت، افزایش میزان کلروفیل به نوعی حاکی از سازوکارهای فیزیولوژیک مقابله با تنش‌های شوری و خشکی (کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ‌ها) است.

کلروفیل b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین دو رقم گندم مورد بررسی و تیمارهای مختلف شوری، اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۱) از لحاظ میزان کلروفیل b وجود داشت (جدول ۲)، به نحوی که مقدار کلروفیل b در رقم بم حدود ۳۹٪ بیشتر از رقم تجن بود. همچنین، بیشترین میزان کلروفیل b در سطح شاهد و کمترین آن در سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۳). تنش شوری و خشکی می‌توانند غلظت کلروفیل را از طریق جلوگیری از ساخت کلروفیل و یا تسریع در تجزیه آن توسط افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، فتواکسیداسیون کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن، انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها به دانه و همچنین تغییر فعالیت آنزیم‌های دخیل در متابولیسم نیتروژن مانند نیترات ردوکتاز کاهش دهند (۶). جدول آنالیز واریانس نشان داد که اثر متقابل کود× شوری×رقم بر مقدار کلروفیل b معنی‌دار (P <۰/۰۵) است (جدول ۲). با توجه به جدول ۴، میزان کلروفیل b در رقم بم در سطوح مختلف شوری (به‌جز در سطح شاهد) با افزایش کاربرد کود از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش یافت و در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر این افزایش معنی‌دار بود. در رقم بم، حداکثر میزان کلروفیل b در سطح شوری ۱۰

دسی‌زیمنس بر متر و رژیم کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میانگین صفت مذکور در رقم بم به سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت که به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد از خود نشان داد (جدول ۴). اما در رقم تجن، افزایش مصرف کود در هیچیک از سطوح شوری، افزایش یا کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل b ایجاد نکرد. نتایج نشان داد که مقدار کلروفیل b در رقم تجن در کلیه تیمارهای شوری و کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت و بر عکس میزان کلروفیل a، غلظت این رنگیزه (کلروفیل b) در رقم بم بیشتر از رقم تجن بود (جدول ۴). گزارش شده که کلروفیل a و b به طور یکسان تحت تأثیر شوری قرار نمی‌گیرند و معمولاً کلروفیل b به تنش شوری حساس‌تر است (۲ و ۱۵). در این آزمایش نیز مشخص گردید که غلظت کلروفیل b در رقم تجن بیشتر از رقم بم تحت تأثیر شوری قرار گرفته که این امر به حساس بودن رقم مذکور مربوط می‌شود. لازم به ذکر است که نیتروژن در ساختار کلروفیل نقش مهمی دارد و بنابراین با تأثیری که بر فعالیت نیترات ردوکتاز و در نتیجه متابولیسم نیتروژن دارد، می‌تواند بر حفظ میزان کلروفیل در شرایط تنش مؤثر باشد (۵).

کلروفیل کل

بین دو رقم گندم مورد بررسی، از نظر میزان کلروفیل کل، اختلاف معنی‌داری (P <۰/۰۱) وجود داشت (جدول ۲). مقدار کلروفیل کل در رقم تجن ۳۸٪ بیشتر از رقم بم بود. در رقم بم، علی‌رغم اینکه شوری تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل نداشت ولی باعث کاهش میزان کلروفیل کل نسبت به شاهد شد. در رقم تجن نیز میزان این کلروفیل در تمام سطوح شوری در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). گزارش‌های متفاوتی در مورد تأثیر تنش شوری و خشکی بر این صفت با توجه به نوع محصول، مرحله رشد، مدت و شدت تنش وجود دارد (۴). همچنین، لازم به ذکر است که شوری بر میزان کلروفیل کل تأثیر معنی‌داری نداشت و اثر ساده مقادیر مختلف کود و اثر متقابل رقم× شوری، رقم× کود، شوری× کود و نیز اثر کود و شوری در دو رقم مذکور بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار نبود (جدول ۲).

مالون‌دآلدئید

میزان MDA تحت تأثیر ارقام گندم، سطوح شوری و مقادیر مختلف کود نیتروژن (P <۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۲). میزان مالون‌دآلدئید در رقم تجن ۷/۴۸ درصد بیشتر از رقم بم بود که این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار شد. افزایش شوری آب آبیاری، میزان پراکسیداسیون چربی‌ها و به دنبال آن میزان MDA را در مقایسه با سطح شاهد، افزایش داد و در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به حداکثر مقدار خود رسید (جدول ۲). نتایج حاصل از تحقیقات سایر محققان نشان می‌دهد که تحت شرایط تنش خشکی و شوری، پراکسیداسیون لیپیدهای غشائی افزایش پیدا کرده و باعث تولید آلدئیدهایی مانند مالون‌دآلدئید و محصولاتی همچون اتیلن می‌گردد (۳۷). سایرام و سریواستاوا (۳۱) نیز گزارش کردند که در شرایط تنش شوری، غلظت MDA افزایش یافته و موجب کاهش شاخص پایداری غشاء سلول می‌شود. اثر متقابل رقم× شوری بر میزان MDA از نظر آماری معنی‌دار (P <۰/۰۱) بود (جدول ۲). جدول ۳ نشان می‌دهد که در رقم بم، میزان MDA در سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. ضمن اینکه با افزایش شوری آب آبیاری از سطح شاهد به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، روندی افزایشی در میزان پراکسیداسیون چربی‌ها مشاهد شد. اما در رقم حساس تجن، ملاحظه می‌شود که در شوری‌های ۱۰ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، میزان MDA در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری یافته و در سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به حداکثر مقدارخود رسیده است (جدول ۳). شوری، با ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تخریب اسیدهای چرب غشایی از طریق آنها، باعث تولید بیشتر مالون‌دآلدئید می‌شود که در

شوری‌های بیشتر میزان آنها بیشتر می‌گردد و رقم بم به دلیل داشتن سیستم بهینه در جهت پاک‌سازی این رادیکال‌ها دارای مقادیر کمتری از این نوع آلدئید می‌باشد (۳۱). در شرایط تنش شوری، مالون‌دآلدئید به عنوان یک تولید ثانویه از اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع و شاخصی مهم و قابل توجه از پراکسیداسیون چربی است که نشان دهنده میزان تحمل به تنش‌های زیستی و غیر زیستی از جمله تنش شوری است (۲۰ و ۳۳). با افزایش سطوح کودی نیتروژن، مقدار مالون‌دآلدئید به میزان ۶/۲۸ درصد کاهش یافت، در حالی که اثر متقابل رقم×کود بر میزان مالدندآلدئید معنی‌دار نبود (جدول ۳). افزودن نیتروژن در شرایط شور می‌تواند با بهبود حاصلخیزی خاک، مقاومت نسبی گیاهان به شوری را افزایش دهد (۱۲) و همانطور که بیان شد با مصرف بیشتر نیتروژن این مقاومت نیز بیشتر شده و به تبع میزان پراکسیداسیون چربی‌های آن نیز به طور قابل توجهی کاهش خواهد داشت. در برگ‌های جو، با مصرف نیتروژن، بیشترین محتوای MDA مشاهده شد (۲۵). اعمال سطوح KNO_3 (به عنوان ماده مغذی) بر گیاه تحت تنش‌های شوری (۱۰۰ میلی مول NaCl)، روند کاهشی بر میزان آسیب‌های تنش در هر دو رقم (مقاوم و حساس) نشان داد (۴۰). برهمکنش سطوح مختلف شوری و میزان نیتروژن در دو رقم مذکور، میزان MDA را از نظر آماری تحت تأثیر (۰/۰۱> P) قرار داده بود (جدول ۲). همانطور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، در رقم بم، در تمام تیمارهای شوری، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب کاهش محتوای MDA گردیده وکمترین مقدار آن نیز در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که به لحاظ آماری با تیمار شاهد در همان سطح کودی در یک گروه آماری قرار داشتند. در رقم تجن نیز این روند مشاهده شد. با این تفاوت که در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و سطح کودی ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش معنی‌داری در میزان مالون‌دآلدئید در مقایسه با شاهد مشاهده شد (جدول ۴). این امر مؤید حساس‌تر بودن رقم تجن به شوری در مقایسه با رقم بم می‌باشد. به نحوی که در رقم بم، در تیمار مذکور (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) افزایش معنی‌داری در میزان MDA درمقایسه با شاهد دیده نشد (جدول ۴). مقادیر بیشتر نیتروژن با تأثیر مثبتی که بر انسجام غشای سلول و ترکیبات متشکله آن مثل پروتئین و لیپیدهای آن دارد و همچنین با اثری که روی سنتز بیشتر آنزیم ها دارد می‌تواند از اثرهای مضر و تخریبی شوری و تولید MDA بیشتر ممانعت به عمل آورد (۳۴).

پروتئین محلول

از نظر میزان پروتئین‌های محلول بین دو رقم گندم مورد بررسی و سطوح شوری اختلاف معنی‌داری (P <۰/۰۱) مشاهده شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین میزان پروتئین‌های محلول (۰/۷۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به رقم بم اختصاص یافت (جدول ۳). در مورد تأثیر شوری، بیشترین میزان از پروتئین‌های محلول مربوط به شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۳). بین شوری‌های ۶، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). با توجه به تأثیر شوری مبنی بر افزایش دسته کوچکی از پروتئین‌های مخصوص تنش که در روند تحمل به تنش اکسیداتیو مؤثر بوده و منتج به اثری تنظیمی روی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌گردند، این افزایش در میزان پروتئین‌های محلول قابل توجیه است (۳۹). به اعتقاد زابوناگی و همکاران (۳۶) نیز شوری، ساخت پروتئین را در برگ گندم افزایش می‌دهد. میقانی و ابراهیم زاده (۱۳) گزارش کردند که ساخت پروتئین‌ها در پاسخ به تنش‌های محیطی نظیر شوک گرمایی، تنش سرما، تنش خشکی و شوری تغییر می‌کند. این پژوهشگران معتقدند که اثر اصلی شوری، کاهش ساخت پروتئین است. لذا، نتایج مطالعه حاضر در هماهنگی با گزارش سایر محققان (۱۳ و ۳۶) مبنی بر افزایش میزان پروتئین‌های محلول در پاسخ به تنش شوری می‌باشد. اثر متقابل رقم×شوری و همچنین اثر ساده کود و اثر متقابل رقم×کود و

شوری×کود×رقم بر میزان این صفت معنی‌دار نبوده‌اند (جدول ۲). اما بررسی برهمکنش دو عامل کود و شوری نشان داد که در تمام سطوح شوری، اعمال ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میانگین این صفت را بیش از سطح کودی اول افزایش داده است، به طوری که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب شد که در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان پروتئین‌های محلول به بیشترین مقدار خود افزایش یابد (جدول ۳). نیتروژن از عناصر اصلی ساختمان پروتئین است. افزایش مقدار مصرف این عنصر باعث بیشتر شدن ساخت پروتئین‌های محلول شده است. همچنین، گزارش شده که با افزایش کاربرد کود سولفات آمونیوم در شرایط مزرعه، مقادیر پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری در گندم زمستانه افزایش یافته است (۲).

سوپراکسید دسموتاز

از نظر فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز (SOD) تفاوت معنی‌داری ($P < ۰/۰۱$) بین دو رقم گندم (بم و تجن) و نیز میان سطوح مختلف شوری، مشاهده شد (جدول ۲). ولی مقادیر کود نیتروژن و اثر متقابل رقم× شوری بر میزان این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که فعالیت SOD در رقم بم بیشتر از رقم حساس تجن بود. تأثیر غلظت‌های مختلف نمک نیز بر میزان فعالیت آنزیم مذکور افزایشی بود، به نحوی که حداکثر فعالیت آنزیم در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر وحداقل میزان آن نیز در سطح شاهد بود و بین این دو سطح شوری اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). تنش شوری، سطح سوپراکسید را در سلول افزایش می‌دهد و اگر این رادیکال به‌وسیله SOD پاک‌سازی نشود، این ماده مولکول‌های زیستی حیاتی را تخریب می‌کند (۲۹). گوست و همکاران (۲۲) گزارش کرده‌اند که در پنبه، تنش شوری، فعالیت آنزیم SOD را افزایش می‌دهد. فعالیت SOD در هر دو رقم گندم، با اعمال شوری، افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین میزان SOD در تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار این صفت هم با اختلاف معنی‌دار در سطح شاهد به‌دست آمد. اثر کود و اثر متقابل رقم× کود بر مقدار فعالیت SOD معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) نبود، اما اثر متقابل شوری× کود معنی‌دار شد (جدول ۲). روند تغییرات فعالیت آنزیم SOD بر اساس شوری آب آبیاری در سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که در هر دو تیمار کودی (یعنی ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، فعالیت آنزیم مذکور، با زیاد شدن شوری، افزایش یافت. اما در اولین رژیم کودی، افزایش فعالیت آنزیم تنها در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت و در شوری‌های ۱۰ و ۱۲ افزایش فعالیت SOD به ترتیب ۸/۷ و ۶/۷ درصد در مقایسه با شاهد بود. ولی در سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش فعالیت آنزیم در کلیه تیمارهای شوری در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود و در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به حداکثر مقدار خود رسید (جدول ۳). این موضوع می‌تواند بیانگر نقش مثبت کود نیتروژن در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت تنش شوری و به خصوص در شوری‌های کم تا متوسط باشد. به نظر می‌رسد که در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، نیتروژن نتوانسته همانند شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در افزایش فعالیت SOD مؤثر باشد، چرا که در شوری‌های بیشتر، افزایش مصرف کود خود عاملی جهت افزایش پتانسیل اسمزی و کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای گیاه است. برزوئی (۱) با بررسی تأثیر سه سطح کود سولفات آمونیوم (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در شرایط تنش شوری بر دو رقم گندم گزارش کرده که جذب بیشتر نیتروژن در گیاه رابطه مثبت و معنی‌داری با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، افزایش اسموپروتکتانت‌ها و کاهش میزان پراکسیداسیون چربی‌ها دارد. اثر برهمکنش شوری و کود و تأثیر آنها بر فعالیت آنزیم دو رقم گندم معنی‌دار نبود (جدول ۳).

عملکرد دانه

اثر ارقام و تیمار شوری بر عملکرد دانه معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$)

بود (جدول ۲)، به‌طوری که میانگین این صفت با افزایش شوری آب آبیاری کاهش یافت. کمترین و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و سطح شاهد به‌دست آمد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه گیاهان با افزایش شوری آب آبیاری از ۸ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۰/۶۴ و ۰/۷۴ درصد بود، در حالی که این کاهش با افزایش شوری از ۱۰ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۴/۶۹ و ۴/۴۷ درصد رسید (جدول ۳). بنابراین، اثر منفی شوری‌های بیش از ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بر عملکرد دانه ارقام مورد مطالعه شدیدتر از شوری‌های کمتر از این تیمار بوده است. با افزایش شوری، از عملکرد اقتصادی کاسته می‌شود. آزمایش‌ها نشان داده که با افزایش هر واحد شوری آب آبیاری، عملکرد دانه کاسته می‌شود (۷).

مشعوف و همکاران (۱۰) نیز در بررسی اثر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان گندم و جو مشاهده کردند که افزایش شوری در گندم سبب کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه شد. نتایج تحقیقات فرانکوئیس و همکاران (۲۱) نشان داد که بیشترین تأثیر شوری بر عملکرد دانه گندم از طریق تغییر در وزن سنبله و وزن دانه است.

اثر متقابل دو عامل شوری و رقم بر این صفت معنی‌دار ($P <$ ۰/۰۵) بود (جدول ۲). همانگونه که ملاحظه می‌گردد، عملکرد دانه رقم بم تا شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری نداشت. ولی تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب ۳۴/۵ و ۳۲/۸۶ درصد کاهش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد در این رقم گردید. این امر در حالی است که در رقم تجن نیز همچون رقم بم، تنها در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار میانگین صفت مذکور گردید. لازم به ذکر است که کاهش عملکرد دانه تا شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تغییر محسوسی نداشته است. اما همانطور که در جدول ۳ نیز مشخص شده، از این سطح شوری به بعد، کاهش عملکرد دانه قابل ملاحظه بود. بررسی نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که در کلیه تیمارهای شوری مورد بررسی، عملکرد کمتر به رقم حساس تجن اختصاص داشت. به نظر می‌رسد که اعمال تیمارهای مختلف شوری سبب نابارور شدن سنبلچه‌ها و همچنین کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده است. بدین لحاظ، عملکرد دانه این ارقام در شرایط تنش کاهش نشان داده است، که این حالت در رقم تجن به دلیل حساسیت بیشتر به شوری، شدت یافته است. ماشی و همکاران (۹) بیان کرده‌اند که شوری، اجزای عملکرد را بسته به اینکه تنش در چه زمانی بر گیاه وارد شده باشد، تحت تأثیر قرار می‌دهد. محلوجی و فانی (۲۷) کاهش عملکرد گندم را در شرایط شور به دلیل کاهش هر سه جزء تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه ذکر کردند. گزارش شده که کاهش وزن دانه در شرایط شور با کاهش طول دوره پر شدن دانه قابل توجیه می‌باشد (۳). عملکرد و رشد محصول ارقام گندم دبریا (مقاوم به شوری) و وادیل نیل (حساس به شوری) با افزایش کاربرد نیتروژن، افزایش یافت (۱۴). افزایش عملکرد دانه در اثر استفاده از نیتروژن به علت افزایش در وزن دانه است (۱۳). اثر مقادیر کودی و اثر متقابل شوری×کود ($P <$ ۰/۰۱) و شوری×کود×رقم ($P<$ ۰/۰۵) بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش نیتروژن مصرفی، بر عملکرد دانه افزوده شد. بیشترین میانگین عملکرد دانه در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳).

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین ارقام در تیمارهای مختلف نیتروژن، عملکرد دانه هر دو رقم مورد مطالعه در سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت و در رقم تجن تفاوت معنی‌داری بین دو سطح کودی مشاهده شد (جدول ۳).

اثر متقابل کود و شوری نشان داد که در سطح اول کود (۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) با افزایش شوری، میزان عملکرد دانه روند کاهشی نسبت به شاهد داشت. از شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر این کاهش نسبت به شاهد معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین میزان این دو صفت در این سطح کودی به ترتیب در تیمار شاهد و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بوده

است که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. در رژیم کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز با افزایش شوری، روند کاهشی در میزان عملکرد دانه وجود داشته که البته مقادیر این صفت در تمام سطوح شوری در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۳).

با توجه به جدول ۴، در رقم بم و تجن، با افزایش مصرف نیتروژن در تمام سطوح شوری، عملکرد دانه افزایش می‌یابد که این افزایش‌ها، به‌جز در رقم بم و سطح شاهد (در صفت وزن دانه) و در رقم تجن در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، معنی‌دار نبوده‌اند. بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه در هر دو رقم به ترتیب به سطح شاهد و رژیم کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت. نتایج تحقیقات سایر محققین (۵ و ۳۴) و نتیجه این آزمایش بیان می‌کنند که دستیابی به عملکرد زیاد در گندم، با کاربرد نیتروژن بیشتر ممکن است. افزایش عملکرد دانه با مصرف نیتروژن می‌تواند به‌واسطه تأثیر نیتروژن بر فرایندهای رشد و نمو گیاه باشد که در نهایت این امر منجر به تأثیر مثبت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌شود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج نشان داد که در کلیه تیمارهای شوری، کاربرد مقدار کود ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، باعث افزایش محتوای نسبی آب، غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، میزان پروتئین‌های محلول برگ و فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز و کاهش مقدار مالون‌دآلدئید در هردو ژنوتیپ گندم مورد بررسی شده است. همچنین، سطوح مختلف شوری تأثیر محسوسی بر کاهش عملکرد دانه داشتند که این اثر منفی نه تنها با کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن تقلیل یافتف بلکه منجر به افزایش قابل توجه عملکرد دانه نیز شد.

منابع مورد استفاده

۱. برزوئی، ا. ۱۳۸۹. مطالعه اثرات سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و راندمان مصرف کود ارقام گندم با استفاده از ردیاب ایزوتوپی N^{15}. رساله دکتری رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲. برزوئی، ا.، م. کافی، م. ا. موسوی شلمانی و ع. خراسانی. ۱۳۹۱. تأثیر شوری و کود نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف کود در گندم با استفاده از ایزوتوپ پایدارN^{15} .مجله پژوهش آب در کشاورزی ۲۶(۴): ۵۰۱-۵۱۷.

۳. پوستینی، ک. ۱۳۸۱. ارزیابی ۳۰ رقم گندم از نظر واکنش به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی ایران ۱: ۵۷-۶۴.

۴. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

۵. حیدری، م.، ع. بخشنده، ح. نادیان، ق. فتحی و خ. عالمی سعید. ۱۳۸۵. تأثیر سطوح مختلف شوری بر عملکرد دانه گندم. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۷(۳): ۵۰۱-۵۱۳.

۶. راهنما، ا. ۱۳۸۸. بررسی برخی مکانیزم‌های فیزیولوژیکی تحمل به شوری در هفت رقم گندم. رساله دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، پردیس کرج، دانشگاه تهران.

۷. فرشید، ر.، غ. زمانی، م. ع. بهدانی، و ا. صحرایی. ۱۳۹۱. اثر شوری و کاربردهای نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۱(۱): ۱۸-۲۴.

۸. کشاورز، پ. ۱۳۸۰. اثر منابع و مقادیر ازت بر رشد و غلظت کلرور سدیم در گندم تحت شرایط شور. مجله علوم خاک و آب ۱۵: ۲۳۲-۲۴۲.

۹. ماشی، ا.، س. گالشی، ا. زینلی و ع. نوری‌نیا. ۱۳۸۷. اثر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار ژنوتیپ جو بدون پوشینه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۴(۵): ۸۶-۹۸.

۱۰. مشعوف، م. م.، م.ع. اسماعیلی آزادگله، ن.ع. بابائیان جلودار و م. کافی. ۱۳۸۲. واکنش فتوسنتزی و هدایت روزنه ای دو رقم گندم و دو رقم جو تحت تنش شوری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۱(۱): ۴۳-۵۲.

۱۱. ملکوتی، م. ج. و م. همائی، ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک: مشکلات و راه‌حل‌ها. دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس.

۱۲. ملکوتی، م. ج.، ن. کریمیان، و پ. کشاورز. ۱۳۸۴. روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس با همکاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

۱۳. میقانی، ف. و ح. ابراهیم زاده. ۱۳۸۲. پاسخ پروتئین‌های برگ دو رقم گندم به تنش شوری. مجله رستنی‌ها ۴(۱-۲): ۲۷-۳۶.

14. Abdelgadir, E.M., E.M. Fadul, E.A. Fageer and E.A. Ali. 2010. Response of wheat to nitrogen fertilizer at reclaimed high terrace salt-affected soils in Sudan. J. Agric. Soc. Sci. 6: 43-47.
15. Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotech. Adv. 27: 84-93.
16. Ashraf, M. and W. O'leary. 1996. Response of some newly developed salt tolerant genotypes of spring wheat to salt stress. I. Yield components and ion distribution. J. Agron. Crop Sci. 76: 91-101.
17. Asish Kumar, P. and A. Bandhu Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotox. Environ. Safe. 60: 324-349.
18. Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities in utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 284-254.
19. Durey, R.S. and M. Pessarakli. 1995. Physiological mechanism of nitrogen absorption and assimilation in plants under stress conditions. PP. 605- 625. *In:* Pessarakli, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Physiology, Marcel Dekker Inc., New York.
20. Farooq, Sh. and F. Azam. 2006. The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. J. Plant Physiol. 163: 629-637.
21. Francois, E.L. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. Agron. J. 86: 233-237.
22. Gossett, D.R., E.P. Millhollon and M.C. Lucas. 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt tolerant and salt sensitive cultivars of cotton. Crop Sci. 34: 706-714.
23. Hausladen, A. and R.G. Alscher. 1993. Glutathione. PP. 1-30. *In:* Alscher, R.G. and J.L. Hess (Eds.), Antioxidants in Higher Plants, CRC Press, Boca Raton, FL.
24. Hernandez, J.A., E. Olmos, F.J. Corpas, F. Sevilla and L.A. Del Rio. 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. Plant Sci. 105: 151-167.
25. Li, Q.Y., H.B. Niu, J. Yin, M.B. Wang, H.B. Shao, D.Z. Deng, X.X. Chen, J.P. Ren and Y.C. Li. 2008. Protective role of exogenous nitric oxide against oxidative-stress induced by salt stress in barley (*Hordeum vulgare*). J. Colloids Surfaces B: Biointerfaces 65: 220-225.
26. Machado, S. and G.M. Paulsen. 2001. Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. Plant Soil 223: 179-187.
27. Mahluji, M. and E.D. Fani, D. 2002. Assessment of potential genotypes of bread wheat under stress in Isfahan region. 7th Congress of Iran Agriculture and Plant Modificantion Sciences, Book of Abstrcts, Institute of Modification and Production of Seedling and Seed, Karaj, 773 p.
28. Mishra, N.P., R.K. Mishra and G.S. Singhal. 1995. Changes in the activities of antioxidant enzymes during exposure of intact wheat leaves to strong visual light at different temperatures in the prescence of protein synthesis inhibitors. Plant Physiol. 102: 903-910.

29. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 7: 405-410.
30. Rios-Gonzalez K., L. Erdei and S.H. Lips. 2002. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources. Plant Sci. 162: 923-930.
31. Sairam, R.K. and G.C. Srivastava. 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. Plant Sci. 162: 897-904.
32. Sairam, R.K., K. Veerabhadra Rao and G.C. Srivastava. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. 163: 1037-1046.
33. Siddiqui, M.H., F. Mohammad, M.N. Khan and M.M.A. Khan. 2008. Cumulative effect of soil and foliar application of nitrogen, phosphorus, and sulfur on growth, physico-biochemical parameters, yield attributes, and fatty acid composition in oil of erucic acid-free rapeseed-mustard genotypes. J. Plant Nutr. 31: 1284-1298.
34. Siddiqui, M.H., F. Mohammad, M. Nasir Khan, M.H. Al-Whaibi and A.H.B. Bahkali. 2010. Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salt stress. J. Agric. Sci. China 9(5): 671-680.
35. Speer, M., A. Brune and W.M. Kaiser. 1994. Replacement of nitrate by ammonium as the nitrogen sources increases the salt sensitivity of pea plants. I. Ion concentrations in roots and leaves. Plant Cell Environ. 17: 1215-1221.
36. Szabo-Nagy, A., G. Galiba and L. Erdei. 1992. Induction of soluble phosphatases under ionic and non-ionic stresses in wheat. J. Plant Physiol. 140: 629-633.
37. Turkan, I., M. Bor, F. Ozdemir and H. Koca. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Sci. 168: 223-231.
38. Wang, R., M. Okamoto, X. Xing and Crawford, N.M. 2003. Microarray analysis of the nitrate response in Arabidopsis roots and shoots reveals over 1000 rapidly responding genes and new linkages to glucose, trehalose-6-phosphate, ion, and sulfate metabolism. Plant Physiol. 132: 556-567.
39. Yan, S., Z. Tang, W. Su and W. Sun. 2005. Proteomic analysis of salt stress-responsive proteins in rice root. Proteomics 5: 235-244.
40. Zheng, Y., A. Jia, T. Ning, J. Xu, Z. Li and G. Jiang. 2008. Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. J. Plant Physiol. 165: 1455-1465.