مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۲، ۱۳۹۱ (۲۵۵-۲۴۳)

تأثیر سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر فاکتورهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی دو رقم حساس و متحمل به شوری گندم نان

اعظم برزوئی[1*]، محمد کافی[2]، حمید رضا خزاعی[3] و نجات پیرولی بیرانوند[4]
۱، ۴، استادیاران پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی کرج
۲، ۳، استاد و دانشیار، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد
(تاریخ دریافت؛۹۰/۴/۷- تاریخ تصویب؛ ۹۱/۱/۳۰)

چکیده

به منظور مطالعه اثرات سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر مکانیسم های بیوشیمیائی و عملکرد گندم، آزمایشی در دو سال زراعی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸ در مزرعه تحقیقات شوری، قطب علمی گیاهان زراعی ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. این مطالعه به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل و در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار طراحی گردید. تیمارهای مورد بررسی عبارت بودند از سه سطح شوری شاهد، (آب آبیاری و بدون افزایش نمک با هدایت الکتریکی ۱/۳دسی زیمنس بر متر)، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به عنوان فاکتور اصلی، سه سطح کود نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و دو رقم گندم حساس(طوس) و متحمل به شوری (بم) که به صورت فاکتوریل به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. کود نیتروژنه نیز به شکل سولفات آمونیوم و در سه مرحله تقسیط گردید. نتایج نشان داد، در طی بروز تنش شوری، کاربرد مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تغییرات مفید و معنی داری در میزان پروتئین های محلول برگی، فعالیت آنزیمهای SOD، CAT، APX و عملکرد دانه هر دو ژنوتیپ ایجاد کرد. بیشترین و کمترین میانگین مالوندآلدئید نیز به ترتیب در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و رژیم های کودی ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. در شرایط شور ارقام بم و طوس به ترتیب در سطوح کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بهترین واکنش را در صفات مورد مطالعه از خود نشان دادند. در این شرایط این نتایج نشان داد که نیتروژن می تواند به عنوان یک راهکار فیزیولوژیکی تحمل در برابر صدمات مضر شوری در گندم باشد.

واژه های کلیدی: **شوری، نیتروژن، آنزیم هایSOD، CAT،APX، پروتئین، مالوندآلدئید، گندم**

مقدمه

ارزیابی وضعیت آینده غلات و به ویژه گندم به دلیل اهمیت آن در تغذیه مردم جهان، توجه بسیاری از محققین و برنامه ریزان بخش کشاورزی را به خود معطوف کرده است. برآورد ها نشان می دهند که در مقیاس جهانی برای تأمین نیاز گندم تا سال ۲۰۲۰ میلادی، لازم است تولید این محصول نسبت به سال ۲۰۰۰ به میزان ۴۴ درصد افزایش یابد (Nassiri Koocheki & Mahallati، 2009). شوری آب و خاک یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق

* نویسنده مسئول: اعظم برزوئی تلفن: ۰۲۶۳۴۴۶۴۰۴۶ E-mail:aborzouei@gmail.com

خشک و نیمه خشک است و شور شدن تدریجی خاک از مسائل مهم در بسیاری از مناطق جهان به خصوص در کشور ما می‌باشد. در این مناطق شوری خاک و کمبود آب به عنوان عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد دانه به شمار می‌رود، از این رو استفاده از آب های شور جهت تولید گیاهان زراعی غیر قابل اجتناب است. در چنین شرایطی برای دستیابی به عملکرد مطلوب، پس از شناخت ویژگیهای آب و خاک، اطلاع از رفتار گیاهان مختلف و واکنش آنها به شوری امری حیاتی است (Homaee, 2002).

گزارشات فروانی نشان داده‌اند که شوری از طریق تنش ثانویه در گیاه، می‌تواند منجر به تجمع ترکیبات سمی چون گونه‌های فعال اکسیژن (ROS[1]) شود. از جمله این ترکیبات پراکسیدها، سوپراکسیدها و رادیکال‌های هیدروکسیل هستند. این ترکیبات خسارات زیادی را از طریق اکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می‌کنند. در مقابل گیاهان از طریق القاء فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در طی بروز تنش شوری، اثرات سوء تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند. از این آنزیم‌ها می‌توان به کاتالاز (CAT)، اسکوربات پراکسیداز (APX)، سوپراکسیددسموتاز (SOD)، گلوتاتیون ردوکتاز (GR) و گایاکول پراکسیداز (GPX) اشاره کرد. این آنزیم ها نقش مهمی در غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول‌های گیاهان دارند (Asish Kumar, & Ashraf & Harris. 2004 Bandhu Das, 2005). بیان بیش از حد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت یا افزایش سطوح متابولیت‌های غیر آنزیمی جزئی از سازوکارهای تحمل به شوری در اغلب گیاهان است (Ashraf, 2009; Sairam, & Srivastava, 2002) همچنین در خاک های شور به دلیل وجود بیش از حد یک یا چند عنصر غذائی در محلول خاک، تعادل تغذیه ای گیاه بهم خورده و این امر بررسی واکنش گیاه به کود ها را دشوار می سازد (Esmaili et al., 2005). پژوهش ها نشان می دهند که واکنش گیاه به کودهای مصرفی به مقدار تنش ایجاد شده در محیط ریشه بستگی دارد. در شوری های کم کمبود عناصر غذائی می تواند عامل اصلی محدود کننده رشد گیاه باشد و در شوری های متوسط و زیاد، اثر محدود کنندگی شوری، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد (Homaee, 2002).

بررسی اثرات متقابل شوری و نیتروژن نشان می دهد که علاوه بر کاهش جذب نیتروژن در خاکهای شور، نیتروژن جذب شده در گیاه نیز به نسبت کمتری از گیاهانی که در خاکهای غیر شور کشت شده‌اند، به پروتئین تبدیل می‌شود (Heidari-Sharifabad, 2001). نیتروژن یکی از عناصر مهم و موردنیاز گیاه می‌باشد که به عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده اسید های نوکلئیک، اسید های آمینه، پروتئینها، پپتیدها، کلروفیل و آلکالوئیدها شناخته شده است (Siddiqui et al., 2010). لذا کمبود آن موضوع بسیار مهمی برای گیاه محسوب می‌شود، چون درشرایط کمبود آن سنتز کلروپلاست و کلروفیل و بسیاری از آنزیم‌های فرایندهای مختلف متابولیکی مختل می‌شود (Majd & Ardakani, 2003).

اخیراً بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود سولفات آمونیوم و شوری بر روی برخی از ترکیبات بیوشیمیائی که در پاسخ به تنش های زیستی و غیر زیستی تولید می شوند، نشان می دهد که آمونیوم یا یکی از تولیدات اسیمیلاسیون آن (از جمله گلوتامین یا گلوتامات) ممکن است به عنوان یک سیگنال تنش عمل نموده و مسیر های متابولیکی را به راه اندازند که رادیکالهای بیشتری از گونه های فعال اکسیژن تولید می کنند. افزایش تولید ROS ها نیز زنگ خطری برای گیاه محسوب شده و افزایش فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت رابه دنبال دارد (Siddiqui et al., 2010; Mansour, 2000).

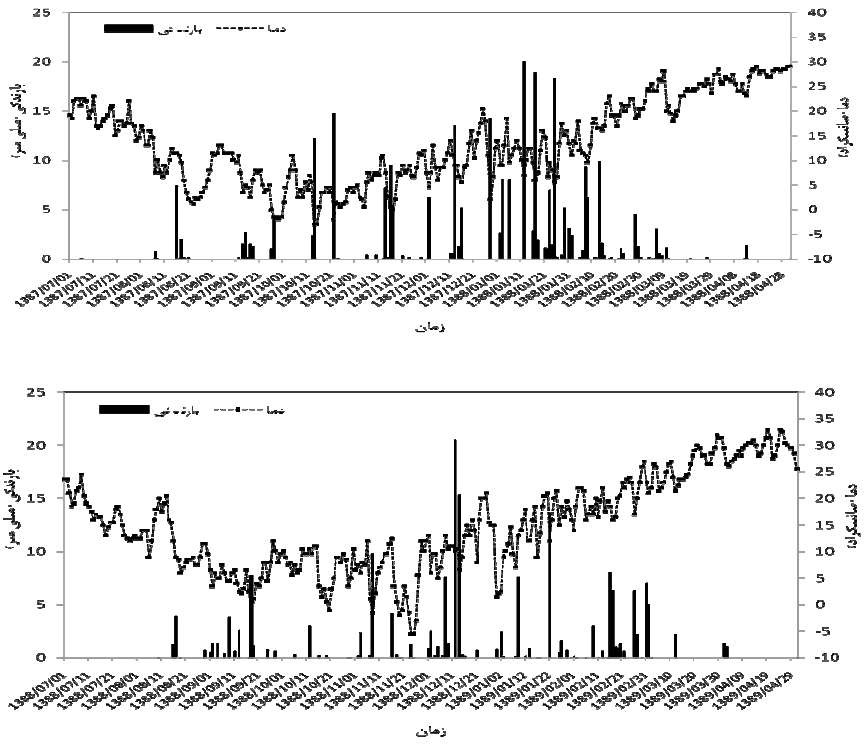
لذا این آزمایش به منظور مطالعه اثرات ترکیبی شوری و نیتروژن بر متغیرهای بیوشیمیائی و خصوصیات فیزیولوژیکی گندم از جهت تعیین نقش این عنصر در سازوکارهای درون سلولی از طریق اندازه‌گیری ترکیبات پروتئینی و بررسی رابطه همبستگی بین میزان کود جذب شده توسط گیاه و سنتز این ترکیبات جهت تشخیص مقدار صحیح کاربرد کود در شرایط شور و دستیابی به افزایش تحمل به تنش شوری انجام شد.

1. Reactive oxygen species

مواد و روش

این آزمایش در دو سال زراعی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸ در ایستگاه تحقیقات شوری، قطب علمی گیاهان ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد مزرعه شوری در ۱۵ کیلومتری شرق مشهد، با عرض جغرافیائی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. بر اساس گزارش Bannayan et al., (2010) متوسط بارندگی سالانه در مشهد، ۲۵۶/۵ میلی متر و حداکثر و حداقل دمای سالانه آن نیز به ترتیب ۲۱/۶ و۸/۳ درجه سانتی گراد می باشد. همچنین میزان بارندگی و متوسط دمای روزانه در طی دو فصل زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ و ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در شکل۱ نشان داده شده است. خاک مزرعه از نوع سیلتی لوم با هدایت الکتریکی ۸ دسی زیمنس بر متر و هدایت الکتریکی آب مزرعه ۵/۵ دسی زیمنس بر متر بود. این مطالعه به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل و در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل سه سطح شوری [(شاهد، آب معمولی EC=۱/۳)، آب آبیاری تامین شده از منابع آب زیرزمینی دشت مشهد دارای هدایت الکتریکی۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر(dS/m)] به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح کود نیتروژن (۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) با دو رقم گندم[یک رقم حساس (طوس) و یک رقم متحمل به شوری (بم)] بودند که به صورت فاکتوریل به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. رقم بم، حاصل دو رگه گیری بین گندم بومی ایرانی و خارجی است و این اولین واریته ای است که از راه هاپلوئیدی به دست آمده است (Vahabzadeh et al., 2009). این گندم در برابر ریزش دانه مقاوم بوده و در برابر شرایط محیطی دارای تنش های غیرزنده مثل شوری، گرما و خشکی، اهمیت زیادی دارد؛ همچنین عملکرد این رقم گندم در شورهای بالا، بویژه در مناطقی چون طبس، به ۲/۹ تن در هکتار می رسد و حدود ۱۵ درصد افزایش عملکرد را نشان می دهد. عملکرد حدود ۸ تن در هکتار در شرایط شوری کم نیز از حسن های دیگر این رقم محسوب می شود(Vahabzadeh et al., 2009). رقم طوس (Spn//Mcd/Camda/3/Nzr) نیز جزء ارقام انتخابی از آزمایش بین المللی خزانه دو رگ گیری گندم نان (ICARDA/CIMMYT) است. این گندم در سال ۱۳۶۶ از مرکز تحقیقات بین المللی ایکاردا دریافت شد. گندم طوس دارای تیپ رشدی بینابین است. ارتفاع آن به حدود ۱۱۰ سانتی متر می سد. وزن هزار دانه آن ۴۰ گرم و دارای دانه سخت با رنگ روشن، مقاوم به خوابیدگی و ریزش دانه است. تا کنون گزارشی در رابطه با آستانه تحمل به شوری این رقم گزارش نشده است اما بنا بر پیشنهاد ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد- طرق این رقم به عنوان رقم حساس به شوری معرفی گردید و برای کشت درمناطق سردسیر مناسب است. دو رقم مذکور از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد- طرق تهیه شدند. برای اعمال تیمارهای آبیاری با آب شور از تانکرهای ذخیره آب استفاده شد که آب شیرین و آب شور با ۱۰dS/m =EC از چاه های نزدیک به مزرعه به تانکرها انتقال یافت و سپس با EC متر هدایت الکتریکی آب مورد نظر کنترل گردید. ضمناً آب شور با۵ dS/m =EC در محل مزرعه موجود بود. کود نیتروژن نیز به شکل سولفات آمونیوم و در سه مرحله به طور مساوی (۱/۳ قبل از کاشت، ۲/۳ باقیمانده در مراحل پنجه زنی و ساقه رفتن) تقسیط شد. با توجه به شرایط آب و هوائی کشت گیاهان در سال اول و دوم به ترتیب در تاریخ های۸۷/۸/۱۵ و۸۸/۷/۲۶ صورت گرفت. ابعاد هر کرت ۲×۳ متر در نظر گرفته شد و هرکرت شامل ۴ پشته به طول ۳ متر و با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. در روی هر پشته دو شیار ایجاد شد و بذرها با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع در طرفین پشته کشت شدند. فاصله کرتها از هم دو ردیف نکاشت و فاصله بلوکها نیز از یکدیگر سه متر در نظر گرفته شد. انتهای کرتها به منظور اجتناب از اختلاط کود ها بسته شد و بین بلوکها جوی آبیاری ایجاد گردید. در طی فصل رشد وجین علفهای هرز بصورت دستی در دو نوبت صورت گرفت. همچنین در سال دوم سمپاشی علیه شته سبز با سم متاسیستوکس و به نسبت یک در هزار انجام گرفت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خاکِ نمونه‌گیری شده تا عمق ۳۰ سانتی‌متر، قبل از کاشت از کود سوپر فسفات ساده (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۰۰

کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. برای اعمال تیمارهای آبیاری با آب شور از تانکرهای ذخیره آب استفاده شد که آب شیرین و آب شور با EC= ۱۰dS/m از چاه های نزدیک به مزرعه به تانکرها انتقال یافت و سپس با EC متر هدایت الکتریکی آب مورد نظر کنترل گردید. ضمناً آب شور با EC= ۵ dS/m در محل مزرعه موجود بود. آبیاری گیاهان در هر دو سال به صورت نشتی انجام شد. در هر دو سال آزمایش در مرحله گلدهی به منظور بررسی میزان ، پروتئین های محلول برگی (به روش Bradford,1976)، و آنزیمهای آنتی اکسیدانت کاتالاز (به روش Liu, & Huang, 2000)، آسکوربات پراکسیداز(به روش Liu, & Huang, 2000) و سوپر اکسید دسموتاز (Sairam & Srivastava, 2002) نیز نمونه‌هائی از برگ پرچم تهیه شده و بلافاصله جهت اندازه گیری صفات مذکور به آزمایشگاه منتقل شدند. میزان مالوندآلدئید (به روش Heath, & Packer, 1968.) نیز که به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون چربی‌ها است،اندازه گیری گردید در انتهای فصل رشد، پس از حذف دو ردیف از طرفین هر کرت و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای کرتها به عنوان حاشیه، سطح باقیمانده (۴ متر مربع) به منظور اندازه گیری عملکرد دانه برداشت شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح معنی‌داری ۵٪ صورت گرفت.



شکل۱- میزان بارندگی و متوسط دمای روزانه در طی فصل رشد گیاه گندم در سالهای زراعی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸

نتایج و بحث

میزان مالوندآلدئید (MDA)

تأثیر سال بر میزان مالوندآلدئید ارقام گندم معنی دار بود (جدول ۱). مالوندآلدئید که شاخصی از پراکسیداسیون چربیها است در سال دوم آزمایش ۴۰/۱ درصد بیشتر از سال اول بود (جدول۲). به نظر می رسد، آبیاری پی در پی در دو سال زراعی با آب شور (شوری های ۱/۳، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر) سبب افزایش بیش از اندازه نمک های قابل حل و عناصر معدنی در محیط رشد ریشه می شود و این امر توانائی گیاه را به منظور جذب آب از محیط ریشه کاهش می دهد و افزایش صدمات ناشی از سمیت را به دنبال دارد.

از آنجائیکه یکی از اثرات بارز تنش شوری، صدمات اکسیداتیو ناشی از رادیکال های آزاد و تخریب غشاهای سلولی است، لذا نتایج بدست آمده در این آزمایش (افزایش ۴۰ درصدی در میزان مالوندآلدئید در سال دوم در مقایسه با سال اول) درستی این امر را به وضوح مشخص می‌کند (جدول۲).

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات عملکرد دانه، مالوندآلدئید، پروتئین و آنزیمهای CAT،SOD و APX در دو رقم گندم

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	مالوندآلدئید	پروتئین های محلول	آنزیم SOD	آنزیم CAT	آنزیم APX
سال	۱	۱۳۳۳۹۶۲/۳۰ **	۱۰۸۴۳۹۱۴۸/۵ **	۱/۱۰۴ **	۸/۱۳۵ **	۰/۹۰۸ **	۰/۹۰۷ **
سال در تکرار	۴	۲۰۰۶/۳۲	۱۲۱۸۳۴۵۰/۹۴	۰/۰۰۱	۰/۲۶۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲
شوری	۲	۱۷۱۰۱/۹۰ **	۵۲۰۰۰/۱ ns	۰/۰۱ *	۰/۲۵۶ ns	۱/۰۵۸ **	۰/۵۰۲ **
سال × شوری	۲	۱۹۰۰/۲۰ ns	۱۱۷۸۱۹۰/۶ ns	۰/۰۵۳ **	۲/۵۵۸ **	۰/۰۵۲ *	۰/۰۵۲ **
خطا	۸	۱۲۸۲/۰۸	۳۸۱۰۷۰/۱	۰/۰۰۲	۰/۱۴۹	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶
کود	۲	۲۳۳۵۴/۰۳ **	۸۸۹۹۲۵/۴ ns	۰/۰۱۱ *	۲/۲۸۸ **	۰/۱۳۹ **	۰/۰۶ **
کود × سال	۲	۲۵۹۴/۹۰ ns	۱۵۹۳۷۲/۲ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۶ **	۰/۰ ns	۰/۰ ns
کود × شوری	۴	۶۱۹۱/۷۷ ns	۲۳۹۹۶۵۶/۳ *	۰/۰۳۴ **	۱/۴۰۲ **	۰/۱۷۱ **	۰/۲۴۰ **
کود× شوری × سال	۴	۶۸۷/۹۸ ns	۳۵۰۶۲۳/۱ ns	۰/۰۱۳ **	۰/۳۰۱ **	۰/۰ ns	۰/۰ ns
رقم	۱	۴۲۴۷۳/۴۹ **	۱۱۱۸۷۹۴۸۸/۶ **	۰/۰۰۸ ns	۰/۱۶۰ ns	۰/۰۲۰ ns	۰/۰۴۴ *
سال × رقم	۱	۴۷۱۹/۲۸ ns	۹۹۲۲۳۲۶/۱ **	۰/۰۱۲ *	۰/۰۱ ns	۰/۰ ns	۰/۰ ns
شوری× رقم	۲	۸۵۲۱/۸۸ ns	۱۷۵۳۳۸/۲ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۱۳۲ ns	۰/۲۶۹ **	۰/۴۲۸ **
سال× شوری× رقم	۲	۹۴۶/۸۸ ns	۴۰۰۱۱۸/۰ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۳۶۷ **	۰/۰ ns	۰/۰ ns
رقم× کود	۲	۴۱۱۳/۷۰ ns	۸۸۲۸۵۴/۵ ns	۰/۰۲۸ **	۴/۱۸۵ **	۰/۳۶۴ **	۰/۳۳۲ **
سال× کود× رقم	۲	۴۵۷/۰۸ ns	۱۱۲۶۷۹/۰ ns	۰/۰۰۲ ns	۲/۹۷۵ **	۰/۰ ns	۰/۰ ns
شوری× کود× رقم	۴	۵۴۲۵/۰۱ ns	۷۸۸۷۳۰/۰ ns	۰/۰۱۴ **	۰/۴۸۵ **	۰/۴۹۳ **	۰/۲۷۶ **
شوری× کود× رقم× سال	۴	۶۰۲/۷۸	۵۷۵۱۶۸/۷ ns	۰/۰۲۶ **	۰/۶۷ **	۰/۰ ns	۰/۰ ns
خطا	۶۰	۳۲۸۷/۹۴	۷۷۹۹۷۴/۳	۰/۰۰۳	۰/۰۶۷	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸

ns: عدم اختلاف معنی دار، *: معنی دار در سطح ۰/۰۵ ، **: معنی دار در سطح ۰/۰۱

سطوح مختلف شوری و میزان نیتروژن هیچ یک به تنهائی میزان MDA را تحت تأثیر قرار ندادند اما اثر متقابل شوری×کود بر میانگین صفت مورد مطالعه معنی دار شد (جدول ۱). در تیمارهای ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر افزایش مصرف نیتروژن، کم شدن میزان مالوندآلدئید و به دنبال آن کاهش پراکسیداسیون چربیها را در پی داشت. بیشترین و کمترین میانگین مالوندآلدئید به ترتیب در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر

متر و رژیم های کودی ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتـروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۲).

جدول۲- اثرات سال، رقم، شوری، کود، سال×شوری،رقم× شوری و رقم× کود و شوری×کود بر میانگین صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه گندم

تیمار		عملکرد دانه (g/m^{-2})	مالوندآلدئید (nmol/g Fw)	پروتئین (mg/g Fw)	آنزیم SOD (unite/mg protein)	آنزیم CAT ($\Delta_{240}.min^{-1}.mg\ protein^{-1}$)	آنزیم APX ($\Delta_{290}.min^{-1}.mg\ protein^{-1}$)
سال اول		۵۵۱/۲۱	۵۰۰۱/۶۷	۰/۶۸	۳/۴۳	۰/۳۵	۰/۲۸
سال دوم		۳۴۶/۴۶	۷۰۰۵/۷۳	۰/۴۸	۳/۹۷	۰/۵۴	۰/۴۵
بم		۴۵۳/۲۳	۴۹۸۵/۸۹	۰/۵۹۴	۳/۷۵	۰/۴۵	۰/۳۸
طوس		۴۱۳/۵۷	۷۰۲۱/۵۱	۰/۵۷۶	۳/۶۷	۰/۴۳	۰/۳۵
۱/۳ دسی زیمنس بر متر		۴۷۶/۳۹	۵۹۵۹/۸۵	۰/۵۸	۳/۶۰	۰/۲۶	۰/۳۱
۵ دسی زیمنس بر متر		۴۴۹/۶۰	۶۰۲۴/۰۱	۰/۵۹	۳/۷۶	۰/۴۸	۰/۳۰
۱۰دسی زیمنس بر متر		۴۲۰/۰۸	۶۰۲۷/۲۳	۰/۵۷	۳/۷۴	۰/۶۰	۰/۵۱
LSD (۰/۰۵)		۱۹/۵۰	۳۳۵/۵	۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۰۳
N_{50}/kg		۴۰۴/۰۱	۵۹۰۳/۹۴	۰/۵۷	۳/۴۱	۰/۳۸	۰/۳۲
N_{100}/kg		۴۴۷/۸۴	۵۹۲۲/۲۲	۰/۵۸	۳/۸۵	۰/۴۹	۰/۳۷
N_{150}/kg		۴۴۸/۳۹	۶۱۸۴/۹۴	۰/۶۰	۳/۸۵	۰/۴۸	۰/۴۰
LSD (۰/۰۵)		۲۷/۰۳	۴۱۶/۴	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۳
رقم بم	۱/۳ dS/m	۴۶۲/۱۵	۴۹۸۹/۲۵	۰/۵۷۵	۳/۶۸	۰/۱۵	۰/۲۵
	۵ dS/m	۴۴۶/۹۳	۵۰۸۳/۸۶	۰/۶۰۰	۳/۷۰	۰/۶۵	۰/۲۶
	۱۰ dS/m	۴۲۲/۱۷	۴۸۸۴/۵۹	۰/۵۵۴	۳/۸۲	۰/۵۱	۰/۶۴
رقم طوس	۱/۳ dS/m	۴۲۶/۴۶	۷۰۶۵/۲۲	۰/۶۰۹	۳/۵۳	۰/۳۵	۰/۳۳
	۵ dS/m	۴۱۷/۰۴	۶۹۶۴/۱۶	۰/۵۹۵	۳/۷۱	۰/۵۴	۰/۳۵
	۱۰ dS/m	۳۷۶/۴۵	۷۰۳۵/۱۳	۰/۵۷۷	۳/۷۶	۰/۴۸	۰/۳۵
LSD (۰/۰۵)		۳۸/۲۳	۴۷۴/۵۰	۰/۰۳	۰/۳۰	۰/۰۶	۰/۰۹
رقم بم	N_{50}/kg	۴۳۴/۶۹	۴۷۲۴/۰۲	۰/۵۹۳	۳/۵۰	۰/۳۲	۰/۳۳
	N_{100}/kg	۴۶۷/۳۴	۴۹۱۶/۱۳	۰/۶۳	۴/۱۰	۰/۶۰	۰/۵۴
	N_{150}/kg	۴۵۷/۷۰	۵۳۱۷/۵۵	۰/۵۵	۳/۴۲	۰/۳۸	۰/۲۹
رقم طوس	N_{50}/kg	۳۷۳/۳۱	۷۰۸۳/۸۶	۰/۵۴۱	۳/۳۵	۰/۳۹	۰/۳۲
	N_{100}/kg	۴۲۸/۳۴	۶۹۲۸/۳۲	۰/۵۸	۳/۶۱	۰/۴۳	۰/۳۰
	N_{150}/kg	۴۳۹/۰۸	۷۰۵۲/۳۲	۰/۶۱	۴/۳۰	۰/۵۷	۰/۴۲
LSD (۰/۰۵)		۳۸/۲۳	۵۸۸/۹۰	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۶
۱/۳ dS/m	N_{50}/kg	۴۲۰/۷۰	۶۳۴۶/۲۳	۰/۵۵	۳/۱۳	۰/۱۶	۰/۲۵
	N_{100}/kg	۴۷۰/۱۴	۵۸۱۲/۹۰	۰/۵۷	۴/۱۲	۰/۲۷	۰/۳۸
	N_{150}/kg	۴۸۴/۷۶	۵۹۲۲/۵۸	۰/۶۴	۳/۵۸	۰/۳۲	۰/۲۵
۵ dS/m	N_{50}/kg	۴۰۷/۹۰	۶۱۶۷/۷۴	۰/۶۰	۳/۶۰	۰/۵۵	۰/۲۷
	N_{100}/kg	۴۱۳/۷۹	۵۸۲۰/۴۳	۰/۵۷	۳/۹۱	۰/۷۵	۰/۳۶
	N_{150}/kg	۴۴۴/۵۹	۵۶۲۱/۵۰	۰/۶۱	۳/۷۸	۰/۴۸	۰/۲۵
۱۰۰ dS/m	N_{50}/kg	۴۱۵/۷۹	۶۶۳۰/۱۰	۰/۵۶	۳/۵۰	۰/۳۷	۰/۴۴
	N_{100}/kg	۴۵۹/۶۱	۶۱۳۳/۳۳	۰/۶۳	۳/۵۲	۰/۵۵	۰/۳۵
	N_{150}/kg	۳۸۳/۶۱	۵۵۷۸/۴۹	۰/۵۰	۴/۲۰	۰/۵۶	۰/۷۱
LSD (۰/۰۵)		۴۶/۸۲	۷۲۱/۲	۰/۰۴	۰/۲	۰/ ۱۳	۰/۰۶

لازم به ذکر است که درکلیه تیمارهای به کار رفتـه در آزمـایش، رقـم طـوس از مالوندآلدئیـد بـالاتری در مقایسه با رقم بم برخوردار بود که معنی دار بودن تـأثیر رقم از لحاظ صفت نامبرده موید مطلب فـوق مـی باشـد

(جدول ۱). میزان میزان MDA در رقم بم ۳۰ درصد کمتر از رقم طوس بود (جدول۲). در شرایط تنش شوری، مالوندآلدئید به عنوان یک تولید ثانویه از اکسیداسیون اسید های چرب غیر اشباع، شاخصی مهم و قابل توجه از پراکسیداسیون چربی است که نشان دهنده میزان تحمل به تنشهای غیر زیستی از جمله تنش شوری است (Farooq, & Farooqe, 2005). گزارش شده غلظت MDA در گیاهانی که در معرض تنش قرار گرفته اند، به بیشترین مقدار خود می رسد(Siddiqui et al., 2008). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گیاهان تغذیه شده با نیتروژن تجمع کمتر مالوندآلدئید را در شرایط تنش شوری از خود نشان دادند (جدول۲). این امر احتمالاً به دلیل تجمع ترکیبات حاوی نیتروژن از جمله پرولین و گلایسین بتائین است که دارای اثرات سازگار کنندگی بوده و قادرند ساختار های درون سلولی از جمله غشاء سلولی و پروتئینها را پایدار نگهدارند. همچنین این ترکیبات به عنوان پاک کننده های رادیکالهای آزاد و تنظیم کننده های پتانسیل احیاء درون سلولی نیز در شرایط تنش ایفای نقش می نمایند (Khan et al., 2007; Ashraf, & Foolad, 2007). Siddiqui et al (2010) پیشنهاد کردند که متابولیسم پرولین، تأثیر معنی داری بر روی پتانسیل ردوکس درون سلولی دارد که ممکن است در فرایند های انتقال پیام مرتبط با تحمل به تنش شوری و همچنین صفات عمومی تحمل به تنش شوری موثر باشد. پرولین به عنوان یک اسمولیت و آنتی اکسیدانت و نیز به عنوان منبعی برای کربن و نیتروژن جهت ترمیم اثرات تنش و تعدیل پتانسیل اکسیداسیون و احیاء سلول در شرایط تنش معرفی شده است، همچنین این اسمولیت آلی در بیان ژن تنظیم کننده های اسمزی نیز نقش دارد. تجمع گلایسین بتائین و پرولین سبب انسجام غشاء پلاسمائی و تیلاکوئیدی پس از اعمال تنشهای شوری، یخ زدگی و دمای بالا می شود و آنها ساختارهای چهارگانه پروتئینهای مرکب مانند پروتئینهای فتوسیتم II را تثبیت می کنند (Siddiqui et al., 2010). لازم به ذکر است، در این آزمایش با اندازه گیری میزان پرولین، افزایش این اسمولیت به دنبال کاربرد مقادیر بیشتر کود نیتروژن در شرایط تنش شوری مشاهده شد که نتایج آن در پژوهش حاضر ارائه نگردیده است.

میزان پروتئین های محلول برگی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که تفاوت بین سال های آزمایش در رابطه با میزان پروتئین های محلول برگی معنی دار است (جدول۱). بیشترین میزان پروتئین های محلول (۰/۶۸ میلی گرم در گرم وزن تر) به سال اول آزمایش اختصاص یافت (جدول ۲). جدول ۲ نشان می دهد که سطوح مختلف شوری تأثیر معنی داری بر میزان پروتئین های محلول داشته است. کمترین میانگین این صفت مربوط به شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر بوده و اختلاف معنی داری بین شاهد و شوری ۵ دسی زیمنس بر متر مشاهده نشد (جدول۲).

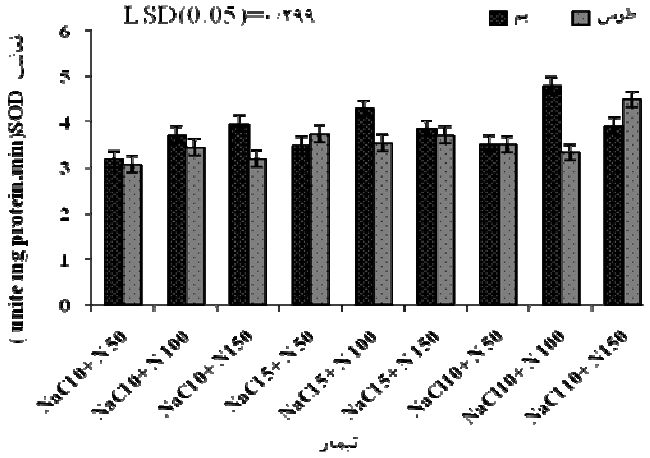
تغییر مقدار کاربرد نیتروژن در خاک تأثیر معنی داری بر پروتئین های محلول برگی داشت. رژیم کودی ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با اختلاف معنی دار به ترتیب پائین ترین و بالاترین میزان پروتئین های محلول برگی را به خود اختصاص دادند (جدول۲). بررسی برهمکنش کود وشوری نشان داد که در هر سطح شوری به کار رفته در آزمایش تأثیر مقادیر مختلف کود متفاوت بود. در تیمار شاهد مشابه آنچه در مورد اثر اصلی کود نیتروژن گفته شد، بیشترین میزان پروتئین در سطح کودی سوم بدست آمد، در حالیکه در سطوح شوری ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب در رژیمهای کودی ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین میانگین صفت مذکور مشاهده گردید. در تیمار دوم شوری بین مقادیر کودی اختلاف معنی داری مشاهده نشد. اما میزان پروتئین در سومین سطح شوری و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی داری با سایر رژیمهای کودی داشت (جدول ۲). بررسی واکنش دو رقم مورد مطالعه به سطوح مختلف کودی حاکی از آن است که بالاترین میزان پروتئین در رقم طوس در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد، اما در رابطه با رقم مقاوم بم در رژیمهای کودی ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان پروتئین های محلول به بالاترین مقدار خود رسید، هر چند از نظر آماری اختلاف معنی داری بین دو تیمار مذکور مشاهده نشد (جدول

۲). گزارش شده (Jarvan et al., 2008) سنتز پروتئین ها در پاسخ به تنش های محیطی نظیر شوک گرمائی، تنش سرما، تنش خشکی و شوری تغییر می نماید. چنین تنش هائی سبب افزایش سنتز برخی از پروتئین ها و کاهش سنتز تعدادی دیگر از آنها می شود. این پژوهشگران معتقدند اثر اصلی شوری کاهش سنتز پروتئین است. این اثرات منفی شامل تخریب مکانیسم های رونویسی و ترجمه می باشد. لذا نتایج مطالعه حاضر در رابطه با کاهش میزان پروتئین ها به دنبال افزایش شوری موید مطلب فوق می باشد. همچنین گزارش شده، با افزایش کاربرد کود سولفات آمونیوم در شرایط مزرعه مقادیر پروتئین و اسید های آمینه ضروری در گندم زمستانه افزایش یافت (Jarvan et al., 2008). اما نتایج حاصل از اثر متقابل دو عامل کود و شوری حاکی از آن است که در سطح شوری متوسط (۱۰ دسی زیمنس بر متر) افزایش کاربرد کود، سبب تشدید اثرات شوری گشته و میزان پروتئین های محلول با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن نه تنها افزایش نیافته بلکه نسبت به تیمار شاهد دچار کاهش معنی داری شده است.Homaee (2002) نیز گزارش نموده، معمولاً واکنش مثبت گیاه به مصرف کود در خاک‌های شور منحصر به شوری های کم تا متوسط (معمولاً تا حدود ۱۰dS/m) است.

فعالیت آنزیم های سوپر اکسید دسموتاز (SOD)، کاتالاز(CAT) و آسکوربات پراکسیداز (APX)

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز به عنوان اولین سد دفاعی در مقابل صدمات اکسیداتیو دارای تفاوت معنی داری بین دو سال انجام آزمایش بود (جدول ۱). فعالیت این آنزیم در سال دوم با ۱۴/۷ درصد افزایش از ۳/۴ به ۴ واحد در دقیقه به ازاء یک میلی گرم پروتئین محلول رسید (جدول ۲). آبیاری زمین با آب شور در طی دو فصل زراعی، سبب افزایش شوری خاک و در نتیجه افزایش صدمات اکسیداتیو به عنوان اثرات ثانویه ناشی از تنش شوری گردیده که این موضوع افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت از جمله سوپر اکسید دسموتاز را به دنبال دارد. تأثیر سطوح مختلف شوری بر صفت مورد مطالعه حاکی از آن بود که ، افزایش شوری آب آبیاری فعالیت آنزیم را بطور معنی داری افزایش داد (جدول ۲). نتایج مربوط به اثر رژیمهای مختلف کودی بیانگر افزایش معنی دار فعالیت SOD به دنبال افزایش کاربرد نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. لازم به ذکر است بین دومین و سومین سطح کودی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). روند تغییرات فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز بر اساس شوری آب آبیاری در سطوح مختلف کودی نشان داد که در تیمار شاهد وشوری ۵ دسی زیمنس بر متر بالاترین فعالیت SOD به رژیم کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت، در حالیکه در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر مصرف بالاترین میزان کود نیتروژن، ۲۰ درصد فعالیت آنزیم را در مقایسه با اولین و دومین رژیم کودی افزایش داده است (جدول ۲).جدول ۲ نشان می دهد که در رقم بم کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار فعالیت آنزیم SOD را به نحو معنی داری افزایش داده است. در حالی که در مورد رقم طوس این افزایش در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. برهمکنش شوری و کود و تأثیر آن بر فعالیت آنزیم دو رقم نشان داد، رقم بم در تیمار شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم طوس در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و رژیم کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با اختلاف معنی دار نسبت به سایر تیمار ها، از بالاترین فعالیت آنزیم برخوردار بودند. درصد افزایش این صفت در تیمارهای مذکور در هر کدام از دو رقم بم و طوس نسبت به شاهد به ترتیب ۳۸/۷ و ۴۱ درصد بود (شکل۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده ها نشان داد که فعالیت آنزیم کاتالاز در سال دوم آزمایش ۵۱/۷ درصد بیشتر از سال اول بود (جدول۲). افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز با افزایش تیمار شوری نیز مشاهده گردید. به نحوی‌که کمترین و بیشترین میزان فعالیت آنزیم به ترتیب در تیمار شاهد و شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۲). تیمارکودی تأثیر معنی داری بر فعالیت آنزیم CAT داشت و میانگین صفت مورد مطالعه با افزایش مصرف کود نیتروژن به بیش از ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش معنی داری یافت (جدول۲). اثر متقابل شوری و کود سبب شد که فعالیت آنزیم با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شوری های

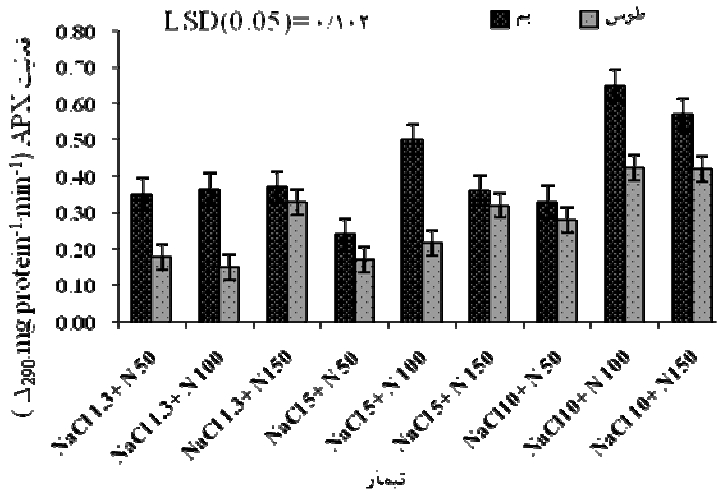
۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر افـزایش معنـی داری یابـد (جدول ۲). ارقـام بـم و طـوس از لحـاظ فعالیـت آنـزیم کاتالاز تفاوت معنی دار بـا یکـدیگر نداشـتند، امـا نتـایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر وجود اختلاف معنـی دار در پاسخ ارقام گندم به تنش شوری است (جداول۱ و ۲).



شکل۲-برهمکنش سطوح مختلف کود و شوری بر میزان فعالیت آنزیم SOD ارقام گندم در مرحله گرده افشانی
خطوط عمودی در هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد می باشند

اعمال تیمـار هـای ۵ و ۱۰ دسـی زیمـنس بـر متـر میانگین این صفت را در رقـم بـم بـه ترتیـب ۴/۴ و ۳/۳ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در حالیکه شوری های ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر میانگین فعالیت آنزیم را در رقم طوس حدود ۱/۴ برابر افزایش داد (جـدول ۲). بررسی صفت مورد مطالعه در ارقام مختلـف گنـدم و در شرایطی که رژیمهای مختلف کودی مصرف شده بودنـد، نـشان دادکـه تیمـار ۱۰۰ کیلـوگرم نیتـروژن در هکتـار افزایش قابـل توجـه و معنـی داری را در فعالیـت آنـزیم کاتالاز رقم بم ایجادکرد، بطوریکه میانگین فعالیت آنـزیم در رقم مذکور ۸۳/۵ درصـد نـسبت بـه شـرایط حـداقل میزان مصرف کود نیتروژنه افزایش داشـت. درصـورتیکه این رونـد افـزایش در خـصوص رقـم طـوس بـا افـزایش مصرف کود از۵۰ بـه ۱۵۰ کیلـوگرم نیتـروژن در هکتـار حاصل شد و درصد افزایش نیز۴۵/۶ درصد بـود (جـدول ۲). تأثیر سال بر روی میـزان فعالیـت آنـزیم اسـکوربات پراکسیداز معنی داری بود (جدول ۱). فعالیـت آنـزیم در سال دوم ۶۵/۴ درصد در مقایـسه بـا سـال اول افـزایش داشـت (جـدول ۲). شـوری تـأثیر معنـی داری بـر فعالیتAPX گذاشت و در تیمار ۱۰ دسـی زیمـنس بـر متر بالاترین فعالیت این آنزیم بدست آمد و در بین سایر تیمارهـای شـوری اخـتلاف معنـی داری مـشاهده نـشد (جدول ۲). رژیمهای کودی نیز با داشتن تأثیر معنی دار بر این صفت سبب افزایش فعالیت آنزیم شـدند، بـه ایـن ترتیب که حداکثر میـانگین ایـن صـفت در تیمـار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. ضمن اینکه بـین دو تیمار اول اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول۱ و۲). همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می شود اخـتلاف دو رقم بم و طـوس از لحـاظ فعالیـت آنـزیم اسـکوربات پراکسیداز معنی دار بود و در رقم بم فعالیت بیـشتری از این آنزیم دیده شد. بررسی فعالیت APX در دو رقم بـم و طوس در تیمارهای مختلف شوری نشان داد که شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متـر افـزایش قابـل توجـه و معنـی داری را در فعالیتAPX رقم بـم ایجـاد کـرد، بطوریکـه میانگین این صفت در رقم و شوری مذکور بیش از ۹۸/۵ درصد نسبت به شوری ۵ دسی زیمنس بر متـر افـزایش یافت، در صورتیکه این روند در خصوص رقم طوس کمتر از ۳۴ درصد بـود. لازم بـه ذکـر اسـت، افـزایش فعالیـت APX در رقم طوس در هیچ‌کدام از شوری هـای ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بـه لحـاظ آمـاری معنـی دار نبـود

(جدول ۲). بررسی اثر متقابل کود× رقم در جدول ۲ نشان می دهد،ارقام طوس و بم به ترتیب در سطوح ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از بالاترین فعالیت آنزیم APX برخوردار بودند، ضمن اینکه در هر یک از ارقام، اختلاف بین دو تیمار کودی دیگر معنی دار نشد. تأثیر برهمکنش کود و شوری نیز بر فعالیت آنزیم دو رقم مورد بررسی معنی دار بود. رقم طوس در هر سه سطح شوری با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش معنی داری در فعالیت آنزیم ایجاد کرد، به نحوی که بیشترین میانگین این صفت در رقم طوس مربوط به تیمار کودی ۱۵۰ و شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر بود. این روند در رابطه با رقم بم اینگونه بودکه در تیمار شاهد، افزایش مصرف کود، فعالیت آنزیم را زیاد نکرد ولی در شوری های ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بین هر سه رژیم کودی اختلاف معنی داری مشاهده شد. بطوریکه بیشترین فعالیت آنزیم در رقم بم در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر بدست آمد (شکل ۳).



شکل۳- برهمکنش سطوح مختلف کود و شوری بر میزان فعالیت آنزیم APX ارقام گندم در مرحله گرده افشانی
خطوط عمودی در هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد می باشند

گیاهان متحمل به شوری علاوه بر توانائی در تنظیم اسمزی، اغلب دارای یک سیستم آنتی اکسیدانت به جهت حذف موثر گونه های فعال اکسیژن بوسیله فعالیت پیاپی و پشت سرهم تعدادی از آنزیمها از جمله گلوتاتیون ریداکتاز، سوپر اکسید دسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز هستند. تغییرات زیادی در فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت در گیاهان تحت تنش شوری مشخص شده است. افزایش فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت در شرایط شور در گیاهان پنبه، برنج، خیار، انجیر، بخش هوائی گندم و نخود گزارش شده است (به نقل از Siddiqui et al., 2010). اما کاهش فعالیت آنزیمها در ریشه گندم و یا تحت تأثیر قرار نگرفتن آنزیم SOD در خیار نیز مشاهده شده است. شوری فرایندی پیچیده است که اثرات آن بسته به نوع نمک، غلظت نمک، ژنوتیپ گیاه، مرحله رشدی و شرایط محیطی متغیر خواهد بود. تا کنون مکانیسم تأثیر شوری بر روی پاسخ آنزیمهای آنتی اکسیدانت کاملاً شناخته نشده است، این مکانیسم ممکن است با توجه به یکی از دلایل اثرات سمیت کلر بر روی فتوسیستم II و یا تغییر انسجام غشاء سلولی بدلیل نسبت بالای سدیم به پتاسیم باشد (Jacoby, 1999) . فعالیت کاتالاز، اسکوربات پراکسیداز و سوپر اکسید دسموتاز در شرایط تنش در هر دو ژنوتیپ افزایش یافت (جدول۲). به نظر می رسد این آنزیمها به سلولهای گیاهی کمک می کنند تا در برابر پراکسیداسیون چربی ناشی از اثرات کلرور سدیم، واکنش مناسبی نشان دهند. Rios-Gonzalez et al. (2002) گزارش کردند فعالیت آنزیمهای گلوتاتیون ریداکتاز، کاتالاز و گلوتاتیون ترانسفراز در گیاهچه های

ذرت و آفتابگردان تغذیه شده با آمونیوم افزایش یافته است. این امر میزان بالاتری از تولید گونه های فعال اکسیژن را در شرایط کاربرد آمونیوم نشان می دهد. در آزمایش ایشان فعالیت آنزیم SOD تفاوت معنی داری را در برگها نشان نداد و در ریشه گیاهان تیمار شده با آمونیوم نیز کاهش یافت. سوپر اکسید دسموتاز پراکسید هیدروژن تولید می کند که این رادیکال بوسیله آنزیم کاتالاز و یا گلوتاتیون ردوکتاز حذف می گردد. این محققین بیان داشتند که احتمالاً SOD نقش کلیدی در فرایند آنتی اکسیدانی گیاهان تغذیه شده با آمونیوم ندارد. یافته های حاصل از تحقیقات مختلف حاکی از آن است که منابع نیتروژنی ممکن است بر تحمل به تنش شوری تأثیر گذار باشند، به نحوی که کاربرد آمونیوم در شرایط تنش شوری، فعالیت آنزیمهای آلدهید اکسیداز و گزانتین دهیدروژناز که در پاسخهای اولیه گیاه به تنش شرکت دارند، افزایش می دهد (Siddique et al., 2010; Misraa & Guptab, 2006). نتایج حاصل از مطالعه حاضر که نشان دهنده افزایش فعالیت آنزیمهای کاتالاز و اسکوربات پراکسیداز در شرایط کاربرد میزان مطلوبی از یون آمونیوم (۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در هکتار) است، تأیید کننده مطلب فوق می باشد (جدول۲). Misraa & Guptab (2006) نیز با انجام آزمایشی بر روی گیاهچه های *Catharanthus roseus* فعالیت بالاتر کاتالاز و گلوتاتیون ریداکتاز را در گیاهان تیمار شده با آمونیوم در شرایط شور گزارش کردند. ایشان همچنین اظهار نمودند، ممکن است یون آمونیوم به عنوان یک سیگنال تنش باشد که آنزیمهای مسئول برای تعدادی از مکانیسمهای سازگاری به تنش را فعال می سازد. لذا نتایج حاصل از این آزمایش که گویای افزایش فعالیت آنزیم های SOD، APX و CAT در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در هکتار است، با گزارشات محققین فوق مطابقت دارد.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس نتایج دو ساله آزمایش در جدول ۱ نشان می دهد که اثر سال، شوری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه معنی داری بود. عملکرد دانه در سال اول و دوم به ترتیب معادل ۵۵۱/۲، ۳۴۶/۴ گرم در متر مربع بود. همانطور که داده های هواشناسی دو سال آزمایش (شکل ۱) نشان می دهد کاهش میزان بارندگی در سال دوم و به دنبال آن پر رنگ تر شدن اثرات ناشی از تنش شوری موجب شده، عملکرد دانه در سال دوم ۳۱/۴ درصد کمتر از سال اول آزمایش باشد. همچنین مقایسه میانگین داده ها نشان داد که با افزایش شوری از سطح شاهد به ۱۰ دسی زیمنس بر متر از عملکرد نهائی دانه کاسته شد (جدول ۲).

برخلاف کاهش عملکرد دانه در اثر شوری، با بالا رفتن نیتروژن مصرفی از ۵۰ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد دانه افزوده شد (جدول ۲). نتیجه دیگر محققان (Siddique et al., Heidari et al., 2007 ; 2010) و نتیجه این آزمایش بیان می کند که دستیابی به عملکرد بالا در گندم با کاربرد نیتروژن بیشتر ممکن است، بطوری که بیشترین عملکرد دانه در هر دو سال به ترتیب با میانگین ۴۴۷/۷ گرم در متر مربع در بالاترین سطح کودی (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بدست آمد. بالا رفتن عملکرد دانه با مصرف نیتروژن می تواند بواسطه تأثیر نیتروژن بر فرایندهای رشد و نمو گیاه باشد، به علاوه گزارشات موجود نشان می دهد که تحمل به نمک گیاهان زراعی با سطح حاصلخیزی خاک تغییر می نماید. گیاهان در سطح حاصلخیزی پائین با دریافت کود کافی در برابر نمک تحمل نشان می دهند(Heidari et al., 2006) .اختلاف بین ارقام از نظر عملکرد دانه به لحاظ آماری معنی دار بود (جدول۲)، بطوریکه عملکرد دانه رقم بم بیشتر از رقم طوس بود (جدول۲). مقایسه میانگین ارقام در سطوح مختلف شوری نشان داد که در شرایط شاهد بالاترین عملکرد دانه به رقم بم اختصاص داشت. میانگین این صفت در شوری ۵ دسی زیمنس بر متر در هیچ یک از ارقام کاهش معنی داری را در مقایسه با شاهد نشان نداد ولی با افزایش شوری در سطح ۱۰ دسی زیمنس بر متر عملکرد هر دو رقم مورد بررسی تحت تأثیر شوری قرار گرفت، به گونه ای که در این سطح شوری عملکرد دانه رقم حساس طوس دارای کاهش بیشتری در مقایسه با رقم متحمل بم بود. درصد کاهش عملکرد دانه در ارقام بم و طوس در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب ۷ و ۱۰ درصد بود(جدول۲).

نتیجه گیری کلی

نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شرایط تنش شوری، به درجات مختلف سبب تغییر رشد و فرایند های فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی ناشی از تنش شوری در هر دو ژنوتیپ مورد بررسی گردید، بطوریکه فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی کاتالاز، اسکوربات پراکسیداز و سوپر اکسید دسموتاز در شوری ۱۰ دسی زیمنس و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به بالاترین میزان خود رسید (جدول۲). خاکهای شور معمولاً از نظر میزان نیتروژن فقیر هستند (Siddique et al 2010 ;Amonkar & Karmarkar,1995). بنابراین با اضافه نمودن نیتروژن به محیط رشد گیاه، می توان تنشهای ناشی از مشکل شوری را به حداقل ممکن رساند. علاوه بر این با افزایش مصرف آب شور در کشاورزی مصرف کود و انتخاب ارقام مقاوم به شوری مورد توجه قرار می گیرد. همانطور که نتایج این آزمایش نیز نشان می دهد، فعالیت بیشتر آنزیم های آنتی اکسیدانت و پراکسیداسیون پائین تر چربیها در رقم مقاوم بم سبب تحمل بهتر شرایط تنش و در نهایت بیشتر شدن عملکرد دانه در این رقم گردید.

REFERENCES

1. Amonkar, D. V.,& Karmarkar, S. M. (1995). Nitrogen uptake and assimilation in halophytes. In:Srivastava H S, Singh R P, eds, *Nitrogen Nutrition in Higher Plants.* Associated Publ.Co, New Delhi. pp. 431-445.
2. Ashraf, M. & Harris P. J. C. (2004). Potential biochemical indicators on salinity tolerance in plants. *Plant science, 166:3-16.*
3. Ashraf, M. (2009). Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advance, 27: 84–93.*
4. Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental Experimental Botany, 59: 206-216.*
5. Asish Kumar, P. & Bandhu Das, A. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 60:324–349.*
6. Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Sadeghi Lotfabadi,S. and Mohamadian, A. (2010). Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research 118, 105–114.*
7. Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities in utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry, 72:284-254.*
8. Esmaili, E., Homaee, M & Malakouti, M. J. (2005). Interactive effect of salinity and nitrogen fertilizers on growth and composition of sorghum. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences, 19(1), 131-144*. (In Farsi).
9. Farooq, Sh., & Farooqe, A. (2005). The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. *Journal of Plant Physiology, 163: 629-637.*
10. Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stochiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics 125:189-198.*
11. Heidari, M., Bakhshandeh, A., Nadeyan, H. Fathi G. & Alemisaeid, Kh. (2006). Effects of salinity and nitrogen rates on seed yield, osmotic adjustment and sodium and potassium uptake in Chamran wheat cultivar. *Iranian Journal of Agriculture Science, 37-1(3): 513-501.* (In Farsi).
12. Heidari, M., Nadeyan, H., Bakhshandeh, A. Alemisaeid Kh. & Fathi, G. (2007). Effects of salinity and nitrogen rates on osmotic adjustment and accumulation of mineral nutrients in wheat. *Journal of Crop Production and Processing. (40):193-211*. (In Farsi).
13. Heidari-Sharifabad, H. (2001). *Plant and salinity*. Research Institute of Forests and Rangelands (In Farsi).
14. Homaee, M. (2002). *Plants response to salinity*. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID). (In Farsi)
15. Jacoby, B. (1999). Mechanism involved in salt tolerance of plants In: Pessarakli M, Ed, *Handbook of Plant and Crop Stress* (2nd Ed.) Marcel Dekker, New York. pp. 97-123.
16. Jarvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Lukme, L & Akk, A. (2008). The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. *Agronomy research, 6:459-469*.

17. Khan, M. N., Siddiqui, M. H., Mohammad Khan, F. M. A., & Naeem, M. (2007). Salinity induced changes in growth, enzyme activities, photosynthesis, proline accumulation and yield in linseed genotypes. *World Journal of Agricultural Sciences, 3:685-695.*
18. Liu, X. & Huang, B. (2000). Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping bentgrass. *Crop Science,* 40:503-510.
19. Mansour, M. M. F. (2000). Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biologia Plantarum*, 43:491-500.
20. Majd, F. & Ardakani, M.R. (2003). *Nuclear techniques in agricultural sciences.* Tehran University Press. (In Farsi)
21. Misraa, N., & Guptab A. K. (2006). Effect of salinity and different nitrogen sources on the activity of antioxidant enzymes and indole alkaloid content in *Catharanthus roseus* seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 163:11—18.
22. Nassiri Mahallati, M. & Koocheki, A. (2009). Agroecological Zoning of Wheat in Khorasan Province, potential determination and yield gap. *Journal of Iranian Field Crop Research,* 7 (2):695-711. (In Farsi).
23. Rios-Gonzalez, K., Erdei L. & Lips, S. H. (2002). The activity of antioxidant enzymes in maze and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources. *Plant Science, 162:923-930.*
24. Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. (2002). Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science, 162:897-904.*
25. Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Nasir Khan, M., HAl-Whaibi, M. & Bahkali, A. H. A. (2010). Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salt stress. *Agricultural Sciences in China, 5: 671-680.*
26. Siddiqui, M.H., Mohammad, F., Khan, M. N., & Khan, M. M. A. (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. *Journal of Plant Nutrition,* 31: 1284-1298.
27. Vahabzadeh, M. & et al., (2009). Bam, a new bread wheat cultivar for moderate climate zones with salinity of soil and water. *Seed and Plant Improvement Journal,* 25-1 (1): 223-226. (In Farsi).