Arshive of SID

بررسی اثر شوری بر صفات زراعی و بیوشیمیایی ارقام مختلف برنج تحت شرایط مزرعه

فرزین سعیدزاده*[۱]، رضا تقی‌زاده[۲]و الشاد قربان‌اف[۳]

۱و۲) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران.
۳) گروه زیست‌شناسی گیاهی، دانشگاه دولتی باکو، باکو، جمهوری آذربایجان.

*** نویسنده مسئول: f.saeidzadeh@iau-astara.ac.ir**

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۴ **تاریخ پذیرش:** ۹۶/۰۸/۰۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر شوری بر صفات زراعی و بیوشیمیایی ارقام برنج آزمایشی دوساله به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه غرب گیلان، آستارا طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. در این آزمایش ارقام برنج (درفک، تابش، آمل ۳، غریب سیاه، حسن‌سرایی آتشگاه، طارم پا کوتاه، دم سپید، طارم امیری، هاشمی و IR 29) به‌عنوان کرت فرعی و شوری (کشت در خاک شور و کشت در خاک نرمال) به‌عنوان کرت اصلی در نظر گرفته شد. نتایج آزمایش نشان داد که شوری قند محلول برگ، کلروفیل a و کلروفیل کل را در همه ارقام کاهش داد و بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل در شرایط تنش شوری از رقم طارم پاکوتاه به‌دست آمد. شوری فعالیت آنزیم پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز را در همه ارقام در هر دوسال آزمایش نسبت به شرایط نرمال افزایش داد و رقم غریب سیاه بیش‌ترین و رقم هاشمی کم‌ترین، فعالیت آنزیمی را نشان دادند. بین ارقام برنج از نظر تعداد پنجه، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک هم در شرایط تنش شوری و هم در شرایط نرمال، تفاوت معنی‌دار وجود داشت. هم‌چنین شوری عملکرد دانه را در همه ارقام از ۳۲/۳ تا ۷۲/۲ درصد کاهش داد که بیش‌ترین کاهش در رقم تابش و کم‌ترین آن در رقم هاشمی مشاهده شد. بیش‌ترین عملکرد دانه در شرایط نرمال از رقم غریب سیاه و در شرایط تنش شوری از رقم هاشمی به‌دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست آمده برای زراعت برنج در شرایطی که امکان بروز تنش شوری وجود دارد رقم هاشمی تحمل بیش‌تری نسبت به سایر ارقام داشته و قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز، قند محلول و کلروفیل.

www.SID.ir

Arshive of SID

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان بوده و تولید جهانی این غله در دهه‌های اخیر در برابر افزایش تقاضا زیاد شده است (Kaur *et al*., 2016). کشت برنج در ایران جایگاه ویژه‌ای دارد و سطح زیر کشت این گیاه در ایران حدود ۶۴۰ هزار هکتار است که ۴۶۰ هزار هکتار آن در استان‌های مازندران، گلستان و گیلان و مابقی آن در سایر استان‌های کشور پراکنده است. از نظر سطح زیر کشت، استان گیلان با دارا بودن ۳۲/۷۵ درصد اراضی برنج‌کاری، در جایگاه دوم قرار دارد. مقدار تولید شلتوک کشور، حدود ۲/۸۴ میلیون تن برآورد شده است که ۲۷/۴۹ درصد آن توسط شالیکاران گیلانی تولید می‌شود (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶). شوری یکی از عوامل تنش‌زای محیطی است که نه تنها رشد و نمو گیاهان را تهدید می‌کند بلکه محدوده توزیع و پراکندگی گیاهان را در اکوسیستم‌های مختلف تعیین می‌نماید (Ismail and Horie, 2017). هم اکنون نیمی از اراضی قابل کشت ایران (۹/۵ میلیون هکتار) متاثر از شوری است که اثر عمده‌ای در کاهش سطح زیر کشت و عملکرد محصولات زراعی دارند (Nabiollahi *et al*., 2017). در بین عوامل متعدد محدود کننده عملکرد، شوری از دیرباز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و نمو برنج در جهان محسوب می‌شود (McWilliam., 1986؛ Ponnamperuma and Bandyopadhya., 1979). این گیاه به شوری حساس بوده و بیش‌ترین حساسیت آن در مرحله گیاهچه‌ای و گل‌دهی گزارش شده است (Hosseini *et al*., 2012). تبخیر و تعرق زیاد نیز در فصل کشت برنج سبب افزایش خسارت شوری می‌شود (Zhang *et al*., 2010). اجزای عملکرد در برنج، به‌شدت تحت اثر شوری واقع می‌شوند. طول خوشه، تعداد گل‌چه‌های هر خوشه و وزن دانه، وزن دانه هر بوته، وزن دانه‌های هر خوشه، تعداد خوشه، باروری، شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت اثر شوری قرار می‌گیرند (Rahman *et al*., 2016). گزارشات متفاوتی نیز حکایت از اثر شوری برافزایش تجمع آمونیوم و کاهش کلروفیل برگ دارد (Hoai *et al*., 2005). از سوی دیگر گزارش‌ها بیان می‌کند که اگرچه شوری باعث تجمع نمک در بافت گیاه می‌شود ولی در عوض به‌دلیل کاهش بیوماس در مجموع باعث کاهش جذب نیتروژن می‌شود (ایزد دوست و همکاران، ۱۳۹۲؛ سلحشور دلیوند و همکاران، ۱۳۹۲). شوری قبل از ظهور خوشه بر تعداد پنجه و در دوره میان سه برگی تا آبستنی بر تعداد خوشه‌چه و وزن هر خوشه اثر دارد (Zeng *et al*., 2003) ولی بر درصد باروری و وزن ساقه و وزن دانه سفید اثر ندارد (Gay *et al*., 2010). هم‌چنین Castillo و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند اثر تنش اسمزی بردرصد باروری خوشه، وزن صد دانه و در نتیجه عملکرد در مرحله زایشی در مقایسه با مرحله رویشی، بسیار بیش‌تر می‌باشد. بیابانی و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش کردند که شوری آب و یا خاک باعث توقف رشد نشاء برنج، کاهش عملکرد، تعداد خوشه در مترمربع، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و شاخص برداشت و افزایش تعداد پنجه می‌شود. از جمله آسیب‌های فیزیولوژیک شوری به گیاه تنش اکسیدانی است

www.SID.ir

Arshive of SID

(Zhang *et al*., 2010). تنش اکسایشی یک پدیده فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیچیده است که‌حاصل تولید بیش از اندازه و تجمع انواع فعال اکسیژن می‌باشد ودر گیاهان عالی، تحت تنش‌های زیستی و غیر زیستی رخ می‌دهد (Ismail and Horie, 2017). انواع فعال اکسیژن علاوه بر آسیبی که به یاخته می‌رسانند، تحت شرایط تنش به‌عنوان پیک ثانویه عمل کرده و نقش مهمی در انتقال پیام‌های تنش ایفا می‌کنند (Khaliq *et al*., 2015). به‌منظور کم کردن آسیب‌های ناشی از تنش‌های اکسیداتیو، گیاهان مجهز به‌سازگان دفاعی آنتی‌اکسیدانی هستند که شامل ترکیب‌های غیر آنزیمی مانند کاروتنوئید، توکوفرول، فلاوونوئیدها و هم‌چنین ترکیب‌های آنزیمی مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) پراکسیداز (POX)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و پلی‌فنل اکسیداز (PPO) هستند. گیاهان با سطح بالای آنتی‌اکسیدان‌ها دارای مقاومت بالایی به‌آسیب اکسیداتیو می‌باشند (Kibria *et al*., 2017). به هرحال به‌نظر می‌رسد یک سازوکار مفید برای تحمل شوری در گیاهان بایستی بر اساس اطلاع از سازوکارهای بیوشیمیایی درگیر در شوری باشد. درصورت شناخت اساس فیزیولوژیکی تحمل به تنش شوری، محققان به‌نژادی می‌توانند از این صفات به‌منظور یک شاخص گزینشی استفاده کنند. در ایران صرف‌نظر از اراضی مرغوب در جلگه‌های استان گیلان، مازندران و بسیاری از مناطق برنج‌خیز، برخی از مناطق کم‌بازده ساحلی و بخشی از اراضی گیلان متاثر از شوری املاح موجود در خاک می‌باشند که این امر برای ارقام حساس و غیر متحمل به‌شرایط شوری مشکلاتی را ایجاد می‌نماید و پتانسیل عملکرد بسیاری از ارقام برنج با افزایش شوری خاک به‌شدت کاهش می‌یابد. شوری یکی از مشکلاتی است که‌گریبان‌گیر زمین‌های زراعی موجود، به‌خصوص مزارع تحت آبیاری‌های نامتعارف شده است (اسدی و همکاران، ۱۳۸۳؛ رضایی، ۱۳۸۷). پیش‌روی آب دریای خزر و هم‌چنین شور بودن آب بعضی از رودخانه-های فصلی و دائم، تهدید جدی برای شور شدن شالیزارهای استان‌های ساحلی خزر محسوب می‌شوند. تلاش برای کاهش شوری خاک با استفاده از روش های مکانیکی و اصول به‌زراعی مانند آبیاری، زهکشی و اصلاح خاک معمولاً پرهزینه بوده و کاربردی نمی‌باشد. از این رو برای تداوم زراعت برنج در این نواحی به‌ارقام مقاوم با توانایی بیش‌تر در برابر تنش‌شوری نیاز می‌باشد (نوابیان و آقاجانی، ۱۳۹۱). لذا از آن‌جا که بیش‌تر آزمایش‌های مربوط به‌تنش‌شوری در شرایط آبیاری با آب شور انجام شده و هیچ گزارشی در مورد اثر شوری خاک بر برنج در ایران وجود ندارد، آزمایش حاضر با هدف ارزیابی اثر شوری خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ارقام برنج در منطقه آستارا در دو سال متوالی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه عملکرد، اجزای عملکرد دانه و برخی صفات بیوشیمیایی در ارقام مختلف برنج تحت تنش‌شوری در شرایط مزرعه، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی اطراف شهرستان آستارا (در ارتفاع ۲۱/۱ متر پایین‌تر از سطح دریا و با طول جغرافیایی ۴۸درجه و ۵۲دقیقه شرقی و عرض

www.SID.ir

Arshive of SID

جغرافیایی ۳۸درجه و ۲۲دقیقه شمالی) در دوسال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ و ۱۳۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. میانگین دما و بارندگی از ایستگاه هواشناسی آستارا در مدت دو سال آزمایش، در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: میانگین، حداکثر و حداقل دما و بارندگی ماهانه منطقه آستارا در طول دوره رشد گیاه در دوسال آزمایش

سال	ماه	دما (°C)			بارندگی(mm)	مجموع ساعات آفتابی ماهانه (ساعت)
		میانگین	حداقل	حداکثر		
سال اول	اردیبهشت	۲۳/۳۵	۲۰/۱	۲۶/۶	۲۹/۴	۱۵۲/۴
سال اول	خرداد	۲۶/۵۹	۲۲/۸	۳۰/۳۰	۱۱۶	۲۰۵
سال اول	تیر	۲۸/۷۵	۲۵/۶	۳۱/۹	۹۸/۳	۲۳۷/۵
سال اول	مرداد	۲۵/۱۵	۲۲	۲۸/۳	۶۴	۲۴۵/۲
سال دوم	اردیبهشت	۲۲/۱۵	۱۹/۴	۲۴/۹	۴۵/۴	۱۷۹/۳
سال دوم	خرداد	۲۳/۷	۲۰/۳	۲۷/۱	۷۶/۵	۲۷۰/۷
سال دوم	تیر	۲۵/۲	۲۱/۸	۲۸/۶	۶۹/۱	۲۶۴/۲
سال دوم	مرداد	۲۳/۸۵	۲۰/۳	۲۷/۴	۷۲/۲	۲۹۲/۲

در این آزمایش ارقام برنج (درفک، تابش، آمل ۳، غریب سیاه ریحانی، حسن سرایی آتشگاه، طارم پا کوتاه ، دم سپید، طارم امیری، هاشمی و IR 29) به‌عنوان کرت فرعی و شوری خاک (کشت در خاک شور و کشت در خاک نرمال) به‌عنوان کرت اصلی در نظر گرفته‌شد. مزرعه‌های آزمایشی هفت ماه قبل از کشت با گاوآهن برگردان‌دار شخم‌زده شد. در فروردین ماه عملیات آماده‌سازی خزانه و کاشت بذور جوانه‌دار در خزانه انجام شد. خزانه به‌صورت جوی و پشته‌ای و در داخل مزرعه بدون شوری احداث شد. یک‌هفته قبل از انتقال نشا به‌زمین اصلی، از نقاط مختلف دو مزرعه آزمایشی، نمونه‌های مرکب خاک تهیه و سپس یک نمونه ۲ کیلوگرمی از هر مزرعه به‌صورت بسته‌بندی و اتیکت‌گذاری شده به‌آزمایشگاه آنالیز خاک انتقال یافت. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج آنالیز خاک (خاک شور و نرمال)

خاک	عمق	هدایت الکتریکی $dS\ m^{-1}$	pH	عصاره اشباع (٪)	کربن آلی (٪)	درصد نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب $mg\ kg^{-1}$	پتاسیم قابل جذب $mg\ kg^{-1}$	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)
شور	۰-۳۰	۴/۷۷	۶/۸۶	۷۹	۱/۴۲	۰/۱۹	۲۶	۱۵۶	۱۱	۵۱	۳۸
نرمال	۰-۳۰	۰/۳۶	۶/۴۹	۷۶	۱/۳۷	۰/۲۷	۱۷	۱۴۲	۱۳	۵۳	۳۴

هر کرت شامل ۱۰ ردیف کشت به طول ۱۰ متر بود که‌فاصله ردیف‌ها۳۰ سانتی‌متر و فاصله کپه‌ها روی ردیف ۶ سانتی‌متر با تعداد ۳ نشا در هرکپه و فاصله کرت‌ها و تکرارها نیز از هم ۰/۵ متر در نظر گرفته‌شد. مساحت هر مزرعه ۹۳۰ مترمربع و به‌صورت دو طرح جداگانه در دو شرایط محیطی (شور و بدون شوری) طی دو سال زراعی بر روی زمین پیاده شدند. نشاکاری در اردیبهشت با دست انجام و سپس، مزرعه آبیاری شد، طوری‌که به‌طور متوسط حدود ۵ سانتی‌متر آب، در تمام طول مدت رشد برنج و تا ۱۵ روز قبل از برداشت محصول در کرت‌ها وجود داشت. شایان ذکر است مزرعه نرمال با آب

www.SID.ir

Arshive of SID

چاه (EC=۰/۷۲) و مزرعه شور با آب رودخانه (EC=۱/۹۸) آبیاری شد. وجین اول، ۲۰ روز بعد از نشا و وجین دوم به‌فاصله ۱۵ روز نسبت به وجین اول انجام شد. جهت بررسی تغییرات مقدار محتوای کلروفیل و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در تیمارهای مختلف از هر کرت تعداد سه عدد برگ‌پرچم در مرحله ظهور خوشه انتخاب و سپس به‌آزمایشگاه منتقل شد. استخراج کلروفیل برگ‌پرچم با استفاده از استون و اندازه‌گیری آن با استفاده از روش تغییریافته Arnon (۱۹۴۹) انجام شد. اندازه‌گیری قندهای محلول برگ نیز با استفاده محلول آنترون به‌روش Yoshida و همکاران (۱۹۷۶) انجام شد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) از طریق اندازه‌گیری توانایی آن در جلوگیری از احیای نوری نیترو بلو تترازولیوم کلراید (NBT) به‌روش Dhindsa و همکاران (۱۹۸۱) صورت گرفت. فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD) براساس میزان اکسید شدن گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی $mM^{-1}\ cm^{-1}$ ۲۶/۶ به‌روش Hemeda و Kelin (۱۹۹۰) تعیین شد. برداشت محصول از یک متر مربع در هر کرت در تاریخ‌های متفاوت برحسب رسیدن ارقام مختلف برنج بعد از حذف اثر حاشیه انجام شد. برای این‌منظور در هر کرت خطوط شماره ۱، ۲، ۳، ۸، ۹ و ۱۰ به‌عنوان اثر حاشیه حذف و خطوط کاشت ۴، ۵، ۶ و ۷ به‌عنوان خطوط نمونه‌برداری منظور شدند. یادداشت‌برداری بر اساس سیستم ارزیابی استاندارد برنج (IRRI, 2002) انجام گرفت. صفات مورد بررسی در شرایط مزرعه ای عبارت بودند از: ارتفاع بوته که‌درهر تکرار و هر کوپه از سطح‌زمین (طوقه) تا نوک پانیکول با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد، تعداد پنجه در بوته که‌تعداد کل پنجه در هر کپه شمارش شد، وزن هزار دانه، تعداد دانه در پانیکول، عملکرد بیولوژیک که برای این منظور بوته‌های برداشت شده به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد و سپس توزین شد و عملکرد شلتوک که‌وزن شلتوک برداشت شده در واحد کرت با ترازویی حساس اندازه‌گیری شده و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. پس از بررسی یک‌نواختی اشتباهات آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن ژنوتیپ‌ها و محیط کشت و تصادفی بودن سال‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. برای مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه از آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد استفاده شد و در صفاتی که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار بود با استفاده از روش LSmeans مقایسه شدند. ضمن آن‌که رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال × رقم و شوری × رقم بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سال × رقم نشان داد که‌ارتفاع بوته اغلب ارقام در سال دوم افزایش یافت و در سال اول رقم حسن‌سرایی و در سال دوم رقم طارم امیری بیش‌ترین ارتفاع بوته را نشان دادند،

www.SID.ir

Arshive of SID

هر چند در سال دوم بین رقم طارم امیری با برخی از ارقام به لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۵). علت افزایش ارتفاع بوته را درسال دوم نسبت به سال اول را می‌توان به کاهش ساعات آفتابی که منتهی به افزایش ارتفاع بوته می‌شود تعمیم داد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۸۹). مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم نیز نشان داد که تنش شوری ارتفاع همه ارقام را کاهش داد که کم‌ترین کاهش ارتفاع مربوط به‌رقم آمل ۳ (که‌یک رقم پاکوتاه نیز می‌باشد) بود. هم‌چنین در شرایط نرمال رقم طارم امیری و هاشمی و در شرایط تنش شوری رقم حسن‌سرایی بیش‌ترین ارتفاع را نشان‌دادند (جدول ۴). کاهش ارتفاع بوته برنج با افزایش شوری توسط Chunthaburee و همکاران (۲۰۱۶) گزارش شده است. Moradi و Islam (۲۰۰۷) علت کاهش ارتفاع را به‌دلیل رشد پایین ناشی از تنش اسمزی ایجاد شده از طریق غلظت بالای نمک در منطقه ریشه دانست. تحقیقات Abidmahmood و Arifkhan (۲۰۰۹) نشان دادند که با افزایش سطح شوری ارتفاع همه ارقام مورد مطالعه کاهش یافت و بین ارقام تفاوت معنی‌دار وجود داشت. افزایش بیش از حد ارتفاع بوته در برنج، ممکن است گیاه را با خطر ورس مواجه نموده و برداشت محصول را با مشکل مواجه سازد، اما اگر رشد مطلوبی داشته باشد و منجر به ورس نشود، نقش موثری در انتقال مجدد مواد به دانه دارد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۸۹).

تعداد پنجه در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل شوری × رقم بر تعداد پنجه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم نشان داد که‌شوری در برخی از ارقام مانند تابش، طارم پاکوتاه، دم‌سپید و هاشمی منجر به‌کاهش تعداد پنجه شد ولی در برخی دیگر مانند آمل ۳، غریب سیاه ریحانی، حسن-سرایی و طارم امیری منجر به افزایش تعداد پنجه شد. بیش‌ترین تعداد پنجه در شرایط نرمال در ارقام تابش و درفک و در شرایط تنش‌شوری در ارقام آمل ۳، غریب سیاه ریحانی، حسن‌سرایی آتش‌گاه مشاهده شد (جدول ۴). بیابانی و همکاران (۱۳۹۱) اختلاف معنی‌دار بین ارقام مورد مطالعه از لحاظ صفت تعداد پنجه را گزارش کردند. یکی از اجزای مهم عملکرد دانه، تعداد پنجه در گیاه می‌باشد زیرا در برگیرنده تعداد پانیکول می‌باشد (Tanveer *et al*., 2009). کاهش تعداد پنجه تحت تنش‌شوری توسط نوابیان و آقاجانی (۱۳۹۱) و بیابانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش شده‌است. اما بنا به گزارش Hasamuzzaman و همکاران (۲۰۰۹) حساسیت تعداد پنجه برخی از ارقام برنج به شوری پایین است. Islam و همکاران (۲۰۰۷) به این نتیجه رسیدند که توسعه بیش‌تر پنجه‌ها می‌تواند به‌عنوان مکانیزم مقاومت به نمک در گیاهان مطرح باشد. بنابراین در آزمایش ما نیز عدم تغییر تعداد پنجه در برخی از ارقام در شرایط تنش شوری را می‌توان به این موضوع تعمیم داد.

www.SID.ir

Arshive of SID

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل شوری × رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که شوری در همه ارقام منجر به‌کاهش وزن دانه‌ها شد به‌طوری‌که تنش شوری وزن هزار دانه ارقام را ۱۰ تا ۳۷ درصد کاهش داد. کم‌ترین کاهش مربوط به رقم غریب سیاه و بیش‌ترین کاهش مربوط به‌رقم دم سپید بود. هم‌چنین رقم درفک در شرایط نرمال و رقم غریب سیاه در شرایط تنش شوری، بیش‌ترین وزن هزار دانه را نشان دادند (جدول ۴). نتایج به‌دست آمده با نتیجه آزمایش Motamed و همکاران (۲۰۰۸) که گزارش نمودند شوری اثر منفی بر وزن هزار دانه دارد و Touhidulislam و Seraj (۲۰۰۹) که‌مشاهده نمودند بین ارقام و سطوح شوری مختلف از لحاظ صفت وزن هزار دانه اختلاف معنی‌دار وجود دارد، مطابقت می‌نماید. Hasamuzzaman و همکاران (۲۰۰۹) کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش‌شوری را به تجمع کم‌تر کربوهیدارت و سایر مواد غذایی نسبت دادند.

جدول ۳: تجزیه واریانس مرکب اثر شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج در سال‌های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد پنجه در بوته	وزن هزاردانه	تعداد دانه در پانیکول	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۱۰/۸^{ns}	۱۶/۸**	۲۵/۵**	۲۵/۳^{ns}	۴۴۰^{ns}	۲۴۵۴۹**
سال (تکرار)	۴	۱۳/۱۲^{ns}	۱۱/۳**	۱/۶۳^{ns}	۹/۸^{ns}	۵۳۵^{ns}	۱۹۰۷^{ns}
شوری (S)	۱	۲۵۷۶**	۲۳/۴**	۸۶/۵**	۳۶۹۰۷**	۹۳۸۶۳۷۱**	۱۲۴۷۹۸**
S × Y	۱	۹/۶۳^{ns}	۰/۰۷۵^{ns}	۲/۷۴^{ns}	۲۳/۴^{ns}	۱۰۶۵۵۵^{ns}	۱۵۷۹۸*
اشتباه ۱	۸	۳۸/۷	۲/۴۶	۱۱/۱	۱۵/۳	۱۹۹۲۳۳	۵۷۴۱
رقم (C)	۹	۱۳۷۸**	۲۴/۷**	۲۱/۲**	۲۲۵۹**	۱۵۱۴۰۶۸**	۲۴۷۲۵۱**
S × C	۹	۲۳۹**	۲۴/۹**	۲۲/۵**	۱۱۶۱**	۶۳۹۵۸۹۰**	۸۰۲۲۶۴**
Y × C	۹	۵۴/۴*	۲/۸۷^{ns}	۱/۳۵^{ns}	۵۵/۳**	۲۹۱۸۱۳*	۲۸۴۵^{ns}
S × Y × C	۹	۲۹/۸^{ns}	۳/۵۱^{ns}	۱/۸۴^{ns}	۳۳/۶^{ns}	۱۶۴۰۵۳^{ns}	۳۳۸۹^{ns}
اشتباه ۲	۶۸	۲۰/۹	۱/۷۷	۲/۰۲	۱۴/۵	۱۲۴۴۲۰	۳۳۷۷
ضریب تغییرات (٪)		۴/۰۴	۶/۶۲	۷/۰۴	۴/۶۱	۴/۷۹	۲/۰۹

تعداد دانه در پانیکول

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل شوری × رقم بر تعداد دانه در پانیکول معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که اگرچه شوری در همه ارقام تعداد دانه را کاهش داد اما این کاهش در رقم IR29 قابل ملاحظه (۹۳ درصد) بود و در رقم هاشمی کم‌ترین کاهش (۱/۳ درصد) مشاهده شد. بیش‌ترین تعداد دانه در پانیکول در شرایط نرمال در رقم غریب سیاه و در شرایط تنش‌شوری در رقم هاشمی مشاهده شد و رقم غریب سیاه در مرتبه بعدی قرار داشت (جدول ۴). Zeng و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که‌تنوع ژنتیکی بالایی برای صفت تعداد دانه در پانیکول وجود دارد. محمدزاده و همکاران (۱۳۸۹) گزارش نمودند که‌شوری از طریق کاهش قابلیت زنده ماندن گرده‌ها، تعداد دانه را کاهش می‌دهد. مومنی و همکاران (۱۳۸۸) مشاهده نمودند که‌تحت شرایط شوری بین ارقام مورد مطالعه از نظر تعداد دانه در

www.SID.ir

Arshive of SID

پانیکول اختلاف معنی‌دار وجود داشت. Zhang و همکاران (۲۰۱۰)، Zaibunnisa و همکاران (۲۰۰۲) و Hasamuzzaman و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که شوری خاک به‌طور معنی‌دار تعداد دانه پر را کاهش داده و درصد پوکی را افزایش می‌دهد. Abidmahmood و Arifkhan (۲۰۰۹) در این خصوص گزارش نمودند که‌ژنوتیپ‌هایی که‌توانایی بیش‌تری به خروج سدیم از اندام‌های هوایی خود داشتند، به لحاظ مقاومت به‌شوری با حفظ تعداد بیش‌تر دانه در پانیکول به عملکرد دانه بالایی دست یافتند. Islam و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که‌تعداد دانه‌های پر درپانیکول با افزایش سطوح شوری در مقایسه با کنترل کاهش می‌یابد که با نتیجه این آزمایش مطابقت می‌نماید.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و رقم بر اجزای عملکرد ارقام برنج

شرایط خاک	ارقام برنج	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد پنجه در بوته	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در پانیکول
نرمال	درفک	۱۰۸^{fg}	۲۱/۱^{ab}	۲۶/۸^{a}	۱۱۴^{b}
	تابش	۱۰۶^{gh}	۲۱/۶^{ab}	۲۴/۸^{b}	۹۶/۴^{e}
	آمل ۳	۱۰۳^{h}	۲۰/۰^{bcd}	۲۲/۷^{cde}	۹۶/۵^{e}
	غریب سیاه ریحانی	۱۱۸^{cde}	۲۱/۰^{abc}	۲۳/۱^{cd}	۱۲۴^{a}
	حسن سرایی آتش گاه	۱۲۷^{ab}	۲۱/۳^{abc}	۲۴/۰^{bc}	۱۰۷^{c}
	طارم پا کوتاه	۱۲۲^{bc}	۲۱/۰^{abc}	۲۳/۰^{cd}	۱۰۱^{d}
	دم سپید	۱۲۶^{ab}	۲۱/۱^{abc}	۲۱/۴^{ef}	۹۴/۰^{ef}
	طارم امیری	۱۳۱^{a}	۲۰/۵^{bcd}	۲۰/۸^{fg}	۸۹/۸^{fg}
	هاشمی	۱۲۹^{a}	۲۰/۰^{bcd}	۲۲/۱^{def}	۹۳/۷^{efg}
	IR29	۱۰۳^{gh}	۱۷/۶ ^{ef}	۱۹/۵^{g}	۸۵/۷^{gh}
شوری	درفک	۱۰۵^{gh}	۲۱/۱^{ab}	۱۶/۰ ^{jk}	۵۴/۸^{j}
	تابش	۱۰۱^{h}	۱۶/۵^{fg}	۱۶/۲^{ijk}	۴۶/۸ ^{k}
	آمل ۳	۱۰۲^{h}	۲۲/۱^{a}	۱۸/۱^{h}	۵۲/۱^{j}
	غریب سیاه ریحانی	۱۱۷^{cde}	۲۲/۱^{a}	۲۰/۹^{fg}	۸۸/۱^{gh}
	حسن سرایی آتش گاه	۱۱۸^{cde}	۲۲/۱^{a}	۱۷/۸^{h}	۷۴/۵^{i}
	طارم پا کوتاه	۱۱۲^{ef}	۱۵/۶^{g}	۱۷/۱^{chij}	۸۴/۰^{h}
	دم سپید	۱۱۶^{cde}	۱۶/۸f^{g}	۱۵/۶^{k}	۵۲/۰^{j}
	طارم امیری	۱۱۶^{cde}	۲۱/۱^{ab}	۱۷/۵^{hi}	۷۷/۶^{i}
	هاشمی	۱۰۹^{fg}	۱۶/۵^{fg}	۱۹/۶^{g}	۸۹/۵ ^{fg}
	IR29	۷۸/۸^{i}	۲۲/۱^{a}	۱۵/۹ ^{jk}	۷۹/۵^{gh}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون LSD می‌باشند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال × رقم و شوری × رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سال × رقم نشان داد که‌در برخی از ارقام در سال اول نسبت به سال دوم افزایش و در برخی کاهش عملکرد بیولوژیک مشاهده شد. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در هر دو سال مربوط به‌رقم غریب سیاه بود (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم نیز نشان داد که شوری عملکرد بیولوژیک را در همه ارقام از ۳۰ تا ۷۲/۸ درصد کاهش داد که بیش‌ترین و کم‌ترین کاهش به‌ترتیب مربوط به‌رقم تابش و رقم هاشمی بود. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در شرایط نرمال در ارقام غریب‌سیاه و حسن‌سرایی مشاهده شده و در شرایط تنش شوری رقم هاشمی بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را نشان داد و ارقام غریب‌سیاه ریحانی و طارم پاکوتاه در مرتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۶).

www.SID.ir

Arshive of SID

تفاوت ارقام برنج از نظر عملکرد بیولوژیک تحت تنش‌شوری در آزمایش Zhang و همکاران (۲۰۱۰) و محمدزاده و همکاران (۱۳۸۹) گزارش شده است. Mishra و همکاران (۲۰۱۳) کاهش عملکرد بیولوژیک ارقام برنج را از ۲۳ تا ۸۹ درصد در خاک شور نسبت به‌خاک غیرشور گزارش کردند. تجمع ماده خشک حاصل میزان فتوسنتز در واحد سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌باشد و تنش‌شوری با اثر بر این پارامتر، به‌طور مستقیم باعث کاهش ماده خشک می‌شود و گونه‌های متحمل، توانایی حفظ بالای این پارامتر را دارا می‌باشند (Hassibi *et al.*, 2010). گزارش شده است که‌شوری سرعت رشد گیاه را کم می‌کند و این بازدارندگی معمولاً به‌صورت کاهش در طول، سطح و حجم اندام‌های مختلف گیاهی، کاهش در تجمع ماده خشک و یا به صورت افت رشد نسبی گیاه ظاهر می‌شود (Krishnamurthy *et al.*, 2016). Farahmandfar و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که با افزایش شدت شوری، وزن کل زیست توده (عملکرد بیولوژیک) در بسیاری از گیاهان به‌ویژه برنج کاهش می‌یابد و اثر منفی شوری بر روی گیاهان، برانگیزنده پتانسیل اسمزی در محیط کشت می‌باشد. بنابراین سلول‌های ریشه نمی‌توانند آب مورد نیاز را از محیط کشت دریافت و به‌سمت اندام هوایی انتقال دهند. به‌هر روی، در گیاه جذب بسیاری از عناصر معدنی حل شده در آب از طریق شوری محدودکننده است (Khaliq *et al.*, 2015). رشد و توسعه گیاهان در محیط شور به‌دلیل ایجاد اختلال در فرآیندهای متابولیسمی کاهش یافته، این امر در نهایت منجر به‌کاهش تولید کل وزن خشک می‌شود. Moradi و Islam (۲۰۰۷) ضمن به‌دست آوردن نتایج مشابه اظهار داشت کرد که‌یکی از دلایل کاهش رشد تحت شرایط تنش شوری، کاهش فشار تورژسانس در اثر ایجاد تنش اسمزی می‌باشد.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان‌داد که اثر متقابل شوری × رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم نیز نشان داد که‌شوری عملکرد دانه را در همه ارقام از ۳۲/۳ تا ۷۲/۲ درصد کاهش داد که بیش‌ترین کاهش در رقم تابش و کم‌ترین آن در رقم هاشمی بود. بیش‌ترین عملکرد دانه در شرایط نرمال در رقم غریب‌سیاه مشاهده شد اما در در شرایط تنش رقم هاشمی بیش‌ترین عملکرد را نشان داد و رقم طارم امیری در مرتبه بعدی قرار داشت (جدول ۶). نکته مورد توجه این است که‌اگرچه رقم غریب‌سیاه و حسن‌سرایی در شرایط نرمال بیش‌ترین عملکرد دانه را نشان دادند اما در شرایط تنش‌شوری کاهش عملکرد زیادی داشتند ولی رقم هاشمی که در شرایط نرمال عملکرد پایین‌تری نسبت به‌اغلب ارقام برنج داشت ضمن اینکه کم‌ترین افت عملکرد را در شرایط شور در مقایسه با شرایط نرمال نشان داد، در بین ارقام مورد ارزیابی در شرایط تنش‌شوری بیش‌ترین عملکرد دانه را نشان داد. عملکرد نهایی دانه تحت اثر نمک موجود در محیط ریشه قرار می‌گیرد (مومنی و همکاران، ۱۳۸۸). Krishnamurthy و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمودند که‌یکی از نشانه‌های ناشی از آسیب‌های وارده توسط نمک، کاهش عملکرد دانه می‌باشد.

www.SID.ir

Arshive of SID

Hasamuzzaman و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده نمود که با افزایش سطح شوری، عملکرد ارقام برنج کاهش می‌یابد و در مقابل سطوح مختلف شوری، ارقام مختلف برنج اختلاف معنی‌داری با هم داشته و با افزایش سطح شوری، رشد اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد. کاهش عملکرد دانه ارقام برنج تحت شرایط شوری توسط جعفری‌راد و همکاران (۱۳۹۴)، Gain و همکاران (۲۰۰۴) و بیابانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش شده است. Singh و Sarkar (۲۰۱۴) گزارش نمودند که‌یکی از عوامل کاهش عملکرد، جذب سدیم توسط ریشه و انتقال و توزیع آن در قسمت‌های هوایی گیاه مخصوصاً در برگ‌های پیر قبل از دوره گل‌دهی بوده که منجر به مرگ برگ و کاهش نقاط رشد و در نهایت کاهش انتقال مواد پرورده به نقاط ذخیره‌ای از جمله دانه می‌باشد. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش به علت کاهش قدرت مخزن و منبع است. کاهش سطوح فتوسنتز کننده و میزان فتوسنتز، ضمن کاهش قدرت منبع، منجر به‌کاهش میزان تولید ماده خشک شد. چون وزن نهایی دانه از طریق دوره و سرعت پر شدن دانه تعیین می شود لذا تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری با ایجاد محدودیت در منبع، باعث کاهش وزن دانه می‌شوند که علاوه‌بر آن، محدودیت مخزن نیز می‌تواند در کاهش وزن نهایی دانه اثرگذار باشد (Yang *et al*., 2005). شوری مکان‌های مرتبط با عملکرد مخزن (خوشه‌چه‌های خوشه، تعداد دانه‌های خوشه‌چه و غیره) را کاهش می‌دهد (Zeng *et al*., 2003). محمدزاده و همکاران (۱۳۸۹) کاهش عملکرد دانه را با ایجاد خسارت به ظرفیت فتوسنتزی به علت شوری بر روی نمو یا طول عمر برگ، اثرات بر روی نمو خوشه و یا به‌دلیل کاهش باروری ناشی از اثرات تنش‌شوری بر زیست پذیری دانه‌های گرده و یا قدرت پذیرندگی کلاله مادگی مربوط دانسته‌اند.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل سال × رقم بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در پانیکول و عملکرد بیولوژیک ارقام برنج

ارقام برنج	ارتفاع بوته (سانتیمتر)		تعداد دانه در پانیکول		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
درفک	۱۰۵^{de}	۱۰۸^{d}	۸۳/۲^{d}	۸۶/۵^{cd}	۹۶۱۶^{cd}	۷۹۳۳^{bc}
تابش	۱۰۱^{e}	۱۰۷^{de}	۷۴/۱^{ef}	۶۹/۱^{g}	۶۳۳۱^{f}	۶۲۷۱^{fg}
آمل ۳	۱۰۵^{de}	۱۰۶^{c}	۷۴/۴^{ef}	۷۴/۲^{ef}	۷۱۲۹^{de}	۶۷۶۹^{ef}
غریب سیاه ریحانی	۱۲۰^{abc}	۱۱۵^{c}	۱۰۴^{a}	۱۰۸^{a}	۹۲۲۰^{a}	۹۲۸۵^{a}
حسن سرایی آتش گاه	۱۲۶^{a}	۱۱۹^{bc}	۸۹/۷^{bc}	۹۲/۵^{b}	۸۴۰۸^{b}	۸۰۶۱^{bc}
طارم پا کوتاه	۱۱۷^{c}	۱۱۷^{c}	۹۲^{b}	۹۲/۸^{b}	۸۰۱۷^{bc}	۸۴۶۲^{b}
دم سپید	۱۲۱^{abc}	۱۲۲^{abc}	۷۶/۷^{e}	۷۰/۲^{fg}	۷۱۵۵^{de}	۶۸۸۶^{def}
طارم امیری	۱۲۴^{ab}	۱۲۳^{ab}	۸۳/۳^{dc}	۸۴/۰^{d}	۷۹۱۹^{bc}	۷۹۵۰^{bc}
هاشمی	۱۱۹^{bc}	۱۱۹^{bc}	۸۹/۳^{bc}	۸۹/۶^{bc}	۸۰۶۱^{bc}	۸۴۴۷^{b}
IR29	۸۷/۶^{g}	۹۴/۵^{f}	۶۱/۹^{h}	۵۳/۳^{i}	۵۵۴۳^{gh}	۵۲۶۷^{h}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون LSD می‌باشند.

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم بر عملکرد دانه و بیولوژیک ارقام برنج

ارقام برنج	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)		درصد کاهش	عملکرد هکتاری (کیلوگرم در هکتار)		درصد کاهش
	نرمال	شوری		نرمال	شوری	
درفک	۱۰۹۷۴^{b}	۴۵۷۳^{g}	۵۸/۳	۳۹۸۲^{b}	۱۶۱۲^{h}	۵۹/۵
تابش	۹۹۰۶^{c}	۲۶۹۴^{h}	۷۲/۸	۳۹۰۱^{c}	۱۰۸۳^{k}	۷۲/۲
آمل ۳	۱۰۰۲۹^{c}	۳۸۶۸^{g}	۶۱/۴	۳۸۱۶^{d}	۱۵۴۲^{i}	۵۹/۶
غریب سیاه ریحانی	۱۲۰۳۰^{a}	۶۴۷۴^{ef}	۴۶/۲	۴۱۳۷^{a}	۲۲۵۶^{g}	۴۵/۵
حسن سرایی آتش گاه	۱۱۸۸۱^{a}	۴۵۸۷^{g}	۶۱/۴	۴۰۲۷^{b}	۱۵۲۳^{i}	۶۲/۲
طارم پا کوتاه	۱۰۲۹۶^{bc}	۶۱۸۲^{ef}	۴۰/۰	۳۹۶۸^{b}	۲۳۰۴^{fg}	۴۱/۹
دم سپید	۱۰۱۸۷^{c}	۳۸۵۴^{g}	۶۲/۲	۳۸۳۳^{b}	۱۴۳۰^{j}	۶۲/۷
طارم امیری	۹۹۱۶^{c}	۵۹۵۲^{f}	۴۰/۰	۳۸۰۷^{d}	۲۳۳۸^{f}	۳۸/۶
هاشمی	۹۷۲۶^{c}	۶۸۰۸^{e}	۳۰/۰	۳۷۸۹^{d}	۲۶۲۰^{e}	۳۲/۳
IR29	۸۳۹۶^{d}	۲۴۱۳^{h}	۷۱/۳	۲۶۱۷^{e}	۷۷۵^{l}	۷۰/۴

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون LSD می‌باشند.

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان‌داد که اثر متقابل شوری × رقم × سال بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم × سال بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نشان داد که‌تنش شوری در هر دو سال فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز را در همه ارقام برنج و در هر دو سال افزایش داد. بیش‌ترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در هر دو سال در شرایط نرمال در رقم طارم پا کوتاه و در شرایط تنش‌شوری در سال اول در ارقام غریب سیاه و آمل ۳ و در سال دوم در ارقام حسن‌سرایی و غریب‌سیاه مشاهده شد در حالی‌که کم‌ترین مقدار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در شرایط تنش شوری در سال اول از رقم هاشمی و در سال دوم از ارقام طارم امیری و هاشمی به‌دست آمد. بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در شرایط نرمال در سال اول در رقم تابش و در سال دوم در رقم IR29 مشاهده شد. اما در شرایط تنش شوری رقم غریب سیاه در سال اول و رقم طارم پاکوتاه در سال دوم بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را نشان دادند (جدول ۸). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در واکنش به تنش‌شوری توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (Kibria *et al*., 2017; Chunthaburee *et al*., 2016). آنزیم‌ها طی واکنش آنزیمی با زدودن انواع فعال اکسیژن و جلوگیری از تخریب غشاء سلولی به بقاء گیاه کمک می‌نماید (Pullen and Saeed, 2012). از آن‌جا که‌برخی محققان معتقدند که سنتز پروتئین‌ها در اثر تنش‌های شدید شوری کاهش می‌یابد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نیز در تنش‌های شدید شوری ممکن

www.SID.ir

Arshive of SID

است کاهش یابد (Khanna-Chopra and Selote, 2007). Islam و Horie (۲۰۱۷) گزارش کردند که ارقامی که حساسیت کم‌تری به تنش شوری داشتند فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان کم‌تری نشان دادند. در این آزمایش نیز رقم هاشمی که نسبت به اغلب ارقام که حساسیت کم‌تری به تنش شوری نشان داد، کم‌ترین مقادیر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز را دارا بود. Arora و همکاران (۲۰۰۲) به این نتیجه رسیدند که‌تنش در گیاهان منجر به تولید برخی از متابولیت‌های ثانویه می‌شود که هزینه تولید این متابولیت‌ها برای گیاه بالاست و به جای این‌که مواد فتوسنتزی را به تولید دانه و رشد اختصاص دهد به تولید این مواد اختصاص داده که در نتیجه آن از رشد و عملکرد گیاه کاسته می‌شود. Mishra و همکاران (۲۰۱۳) ضمن به‌دست آوردن نتایج مشابه گزارش کردند که‌ارقام متحمل‌تر به شوری فعالیت آنزیم کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز کم‌تری نشان دادند. همسو با نتایج این آزمایش، نتایج Kaur و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که فعالیت این آنزیم‌ها در برگ‌های ارقام حساس و متحمل به شوری برنج افزایش می‌یابد.

محتوای کلروفیل برگ

کلروفیل a و کلروفیل کل تحت اثر برهمکنش شوری × رقم قرار گرفتند در حالی‌که‌کلروفیل b فقط تحت اثر شوری قرار گرفت (جدول ۷). مقایسه میانگین نشان داد که شوری در همه ارقام کلروفیل a و کلروفیل کل را کاهش‌داد و بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل و a در شرایط نرمال از رقم طارم امیری و در شرایط تنش شوری از ارقام IR29 و طارم پاکوتاه به‌دست آمد، هرچند در شرایط تنش شوری بین ارقام به لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۹). هم‌چنین شوری به‌طور معنی‌داری مقدار کلروفیل b را نیز کاهش‌داد (شکل ۱). کاهش کلروفیل برگ ارقام برنج ناشی از تنش‌شوری توسط Rachoski و همکاران (۲۰۱۵) و Singh و Sarkar (۲۰۱۴) گزارش شده است. کاهش محتوای کلروفیل ارقام برنج تحت تنش شوری ممکن است به علت اختلال در غشای تیلاکوئیدها، تخریب مولکول‌های کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم کلروفیلاز و عدم ثبات کمپلکس پروتئین-رنگدانه و در نتیجه تخریب کلروپلاست‌ها در اثر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم، کلر و افزایش سطح گونه‌های اکسیژن فعال ناشی از باشد (Hosseini *et al*., 2012). نتایج حاصله با گزارش Jamil و همکاران (۲۰۰۷) و Doganlar و همکاران (۲۰۱۰) منطبق بود. به‌علاوه شوری نقش بازدارندگی روی بیوسنتز کلروفیل دارد (Le-Dily *et al*., 1993). کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم اثرگذار در ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد. افزایش درجه شوری موجب ناکارآمدی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید صدمات ناشی از تنش می‌شود. بنابراین شوری نه‌تنها از طریق کاهش تعداد و سطح برگ سبب کاهش کل ظرفیت فتوسنتزی در گیاهان شد بلکه از طریق کاهش مقدار کلروفیل در برگ‌ها سبب اختلال در سنتز مواد فتوسنتزی جهت رشد گیاه شد. Shamsoddin Saied و Farahbakhsh (۲۰۰۹) کاهش وزن خشک گیاه تحت اثر شوری به موازات کاهش مقدار کلروفیل برگ‌ها را گزارش کردند.

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۷: تجزیه واریانس مرکب اثر شوری بر خصوصیات بیوشیمیایی ارقام برنج در سال‌های مختلف

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	آنزیم پراکسیداز	آنزیم سوپراکسید دیسموتاز	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	قند محلول
سال (Y)	۱	۱/۳۹*	۹۵۸۷**	۰/۱۵۴^{ns}	۰/۴۶۵^{ns}	۱/۱۵^{ns}	۰/۰۱۹^{ns}
سال (تکرار)	۴	۰/۰۸۶^{ns}	۱۷۱^{ns}	۰/۳۳۱^{ns}	۰/۱۶۳^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۳/۴**
شوری (S)	۱	۴۱۶**	۳۱۷۰۲۵**	۲۵۴**	۱۸/۶**	۴۱۰**	۶/۲۰۳**
S × Y	۱	۰/۱۷۷^{ns}	۲۵۶۱**	۰/۷۷۱^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۹۷۲^{ns}	۰/۰۱۰۴^{ns}
اشتباه ۱	۸	۰/۳۰۲	۲۳۵	۰/۳۲۴	۰/۳۱۲	۰/۶۹۸	۰/۱۵۹
رقم (C)	۹	۰/۰۷۹^{ns}	۲۸۷^{ns}	۱/۹۷**	۰/۲۳۰^{ns}	۲/۸۸**	۴/۰۵۳**
S × C	۹	۰/۵۶۵*	۱۶۳^{ns}	۱/۹۴**	۰/۲۹۰^{ns}	۲/۹۰**	۰/۱۶۴^{ns}
Y × C	۹	۰/۱۷۲^{ns}	۱۸۴^{ns}	۰/۷۳۰^{ns}	۰/۰۶۲^{ns}	۰/۷۹۳^{ns}	۰/۰۸۹^{ns}
S × Y × C	۹	۰/۶۳۳**	۶۲۲**	۰/۴۱۰^{ns}	۰/۲۵۰^{ns}	۰/۶۱۲^{ns}	۰/۱۱۸^{ns}
اشتباه ۲	۶۸	۰/۲۲۵	۲۰۶	۰/۳۱۸	۰/۲۹۸	۰/۶۹۳	۰/۱۳۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۸۳	۱۲/۸	۲۲/۱۶	۳۶/۹	۲۰/۶	۳۰/۳

، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز

ارقام برنج	آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه)		آنزیم پراکسیداز (میکرو مول بر وزن تر در دقیقه)	
	سال اول		سال اول	
	نرمال	شوری	نرمال	شوری
درفک	۳۶/۶^{no}	۱۴۷/۵^{d}	۱/۳۰۰^{hi}	۵/۴۴^{bc}
تابش	۳۹/۰^{n}	۱۳۲/۰^{e}	۲/۰۱۶^{f}	۵/۳۷^{bc}
آمل ۳	۳۴/۶^{o}	۱۶۹/۳^{a}	۱/۱۰۰^{hij}	۵/۴۴^{bc}
غریب سیاه	۳۹/۰^{n}	۱۷۰/۰^{a}	۰/۹۲۰^{j}	۵/۸۲^{a}
حسن سرایی	۵۳/۴^{l}	۱۵۱/۳^{c}	۱/۱۵۰^{hij}	۵/۷۳^{ab}
طارم پا کوتاه	۶۱/^{1j}	۹۴/۳^{h}	۱/۴۵۶^{gh}	۴/۹۶^{de}
دم سپید	۵۷/۳^{k}	۱۱۴^{g}	۱/۹۰۳^{f}	۵/۱۵^{cd}
طارم امیری	۵۰/۱^{l}	۱۵۸/۶^{b}	۰/۹۸۶^{ij}	۴/۹۶^{de}
هاشمی	۵۲/۱^{l}	۸۹/۲^{i}	۱/۶۹۳^{fg}	۴/۶۲^{e}
IR29	۴۳/۵^{m}	۱۱۹^{f}	۱/۷۴۳^{fg}	۴/۷۶^{e}
	سال دوم		سال دوم	
	نرمال	شوری	نرمال	شوری
درفک	۶۳/۶^{h}	۱۵۱^{cd}	۱/۹۶^{cd}	۵/۲۲^{b}
تابش	۸۵/۴^{fg}	۱۶۴^{ab}	۲/۰۴^{cd}	۵/۲۷^{b}
آمل ۳	۷۹/۱^{g}	۱۶۵^{ab}	۱/۷۴^{de}	۵/۲۹^{b}
غریب سیاه	۹۱/۸^{f}	۱۷۰^{a}	۱/۴۱^{efg}	۵/۵۰^{b}
حسن سرایی	۸۱/۵^{g}	۱۶۶^{a}	۱/۳۶^{fg}	۵/۴۶^{b}
طارم پا کوتاه	۹۹/۴^{e}	۱۵۸^{abc}	۱/۱۷^{g}	۵/۸۷^{a}
دم سپید	۶۶/۳^{h}	۱۶۴^{ab}	۱/۶۸^{def}	۵/۳۷^{b}
طارم امیری	۶۴/۰^{h}	۱۴۵^{d}	۱/۵۴^{ef}	۵/۲۸^{b}
هاشمی	۵۲/۱^{i}	۱۴۸^{d}	۱/۹۹^{cd}	۵/۱۸^{b}
IR29	۵۴/۶^{i}	۱۵۲^{cd}	۲/۲۸^{c}	۵/۲۱^{b}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون LSD می‌باشند.

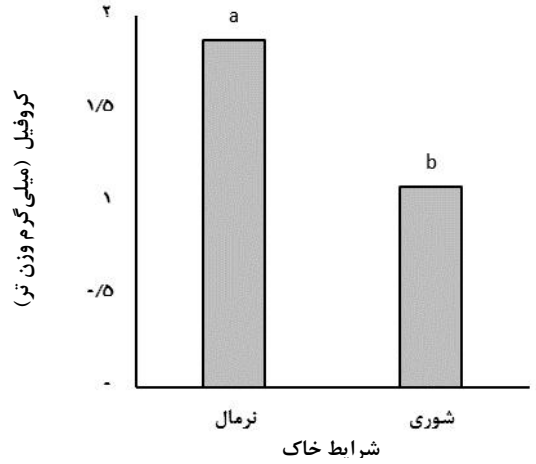
www.SID.ir

Arshive of SID

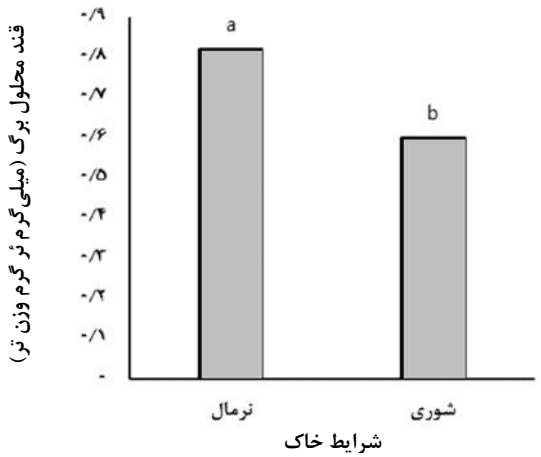
جدول ۹ : مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم بر کلروفیل a و کلروفیل کل برگ

ارقام برنج	کلروفیلa (میلی گرم بر گرم وزن تر گیاه)		کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر گیاه)	
	نرمال	شوری	نرمال	شوری
درفک	۳/۶۴^{c}	۰/۹۱۸^{e}	۵/۸۱^{bcd}	۱/۸۹^{g}
تابش	۳/۴۲^{cd}	۱/۱۱^{e}	۵/۳۵^{def}	۲/۱۶^{g}
آمل ۳	۳/۰۶^{d}	۱/۰۵^{e}	۴/۷۵^{f}	۲/۱۱^{g}
غریب سیاه ریحانی	۳/۴۴^{cd}	۱/۰۵^{e}	۴/۸۰^{f}	۲/۰۵^{g}
حسن سرایی آتش گاه	۳/۹۰^{bc}	۰/۹۰۰^{e}	۶/۰۹^{bc}	۱/۹۱^{g}
طارم پا کوتاه	۳/۹۴^{bc}	۱/۲۴^{e}	۵/۶۴^{cde}	۲/۴۲^{g}
دم سپید	۵/۲۲^{a}	۱/۰۱^{e}	۷/۲۵^{a}	۲/۰۷^{g}
طارم امیری	۵/۴۸^{a}	۱/۱۳^{e}	۷/۴۹^{a}	۲/۲۷^{g}
هاشمی	۴/۳۶^{b}	۱/۲۰^{e}	۶/۴۷^{b}	۲/۳۷^{g}
IR29	۳/۵۲^{cd}	۱/۲۷^{e}	۵/۰۶^{ef}	۲/۴۸^{g}

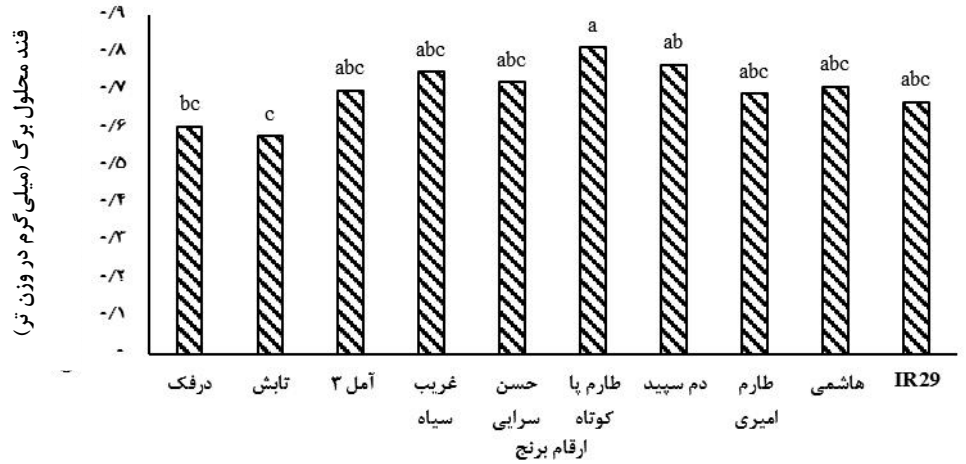
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون LSD می‌باشند.



شکل۱: مقایسه میانگین اثر اصلی شوری بر مقدار کلروفیل b



شکل۲: مقایسه میانگین اثر اصلی شوری بر قند محلول برگ



شکل۳: مقایسه میانگین اثر اصلی رقم بر قند محلول برگ

www.SID.ir

Arshive of SID

مقدار قند محلول برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی شوری و رقم بر مقدار قند محلول برگ معنی‌دار بود (جدول۷). مقایسه میانگین نشان داد که شوری به‌طور معنی‌داری مقدار قند محلول را کاهش‌داد (شکل ۲). هم‌چنین در بین ارقام برنج مورد ارزیابی رقم طارم پاکوتاه بیش‌ترین و رقم تابش کم‌ترین میانگین قند محلول را دارا بودند (شکل ۳). به نظر می‌رسد کاهش قند برگ تحت تنش شوری به‌دلیل کاهش تبدیل نشاسته در کلروپلاست‌ها به تریوز فسفات (قند سه ۱۱-کربنه) و خروج آن از کلروپلاست به سیتوزول به سبب کاهش فراهمی (Pi فسفات غیرآلی) و یا اختلال در کارآیی ناقل‌های تریوز فسفات باشد (Hassibi *et al*., 2010). کاهش تجمع نشاسته در سطوح بالای تنش ناشی از اختلال در کارآیی آنزیم‌های درگیر در سنتز نشاسته مانند نشاسته سنتاز و ADP- گلوکز پیروفسفریلاز است (Hassibi *et al*., 2010). Li و همکاران (۲۰۱۱) و Zhang و همکاران (۲۰۱۰) بر این عقیده هستند که عدم بیوسنتز قند در برگ که ممکن است ناشی از اختلال در فعالیت‌های آنزیمی درگیر در تولید قند توسط یون سدیم و کلر باشد، منجر به‌کاهش قند برگ تحت تنش‌شوری می‌شود.

نتیجه گیری

نتایج آزمایش نشان‌داد که در هر دو سال آزمایش، شوری خاک منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش کلروفیل، عملکرد و اجزای عملکرد همه ارقام برنج در مقایسه با شرایط نرمال شد، ولی این کاهش در برخی از ارقام زیاد و در برخی کم بود به‌طوری‌که میانگین دوساله عملکرد دانه نشان داد که بیش‌ترین کاهش عملکرد در رقم تابش (۷۲ درصد) و کم‌ترین آن در رقم هاشمی (۳۲ درصد) مشاهده شد. از طرف دیگر ارقام غریب‌سیاه و حسن‌سرایی نیز که در شرایط نرمال بیش‌ترین عملکرد دانه را نشان دادند در شرایط تنش‌شوری افت عملکرد قابل ملاحظه‌ای داشتند (غریب‌سیاه ۴۵ درصد و حسن‌سرایی ۶۲ درصد) در حالی که‌رقم هاشمی که در شرایط نرمال عملکرد پایین‌تری نسبت به ارقام غریب سیاه و حسن-سرایی داشت کم‌ترین افت عملکرد را در شرایط تنش‌شوری در مقایسه با شرایط نرمال نشان داد. ضمن اینکه بیش‌ترین عملکرد را نیز در این شرایط دارا بود. هم‌چنین رقم غریب سیاه و حسن‌سرایی در شرایط تنش‌شوری، در مقایسه با اغلب ارقام مقادیر بالایی از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را نشان دادند. با توجه به نتایج به‌دست آمده برای زراعت برنج در شرایطی که امکان بروز تنش‌شوری وجود دارد رقم هاشمی تحمل بیش‌تری نسبت به سایر ارقام داشته و قابل توصیه می‌باشد. ولی در شرایطی که‌خاک مزرعه شور نیست کشت ارقام غریب سیاه و حسن‌سرایی مقرون به‌صرفه می‌باشد. از آن‌جا که این آزمایش در شرایط مزرعه و در دو سال انجام شد نتایج مستدل‌تری برای محققان و کشاورزان فراهم می‌نماید و برای آزمایش‌های

www.SID.ir

Arshive of SID

بعدی نیز توصیه می‌شود که‌در صورت امکان آبیاری با سطوح مختلف شوری انجام شود و آستانه تحمل ارقام برنج نیز ارزیابی شد.

منابع

اسدی، ر.، م، رضایی و م، ک، معتمد. ۱۳۸۳. راه حل ساده برای مقابله با خشکسالی‌ها در شالیزارهای مازندران. خشکی و خشکسالی کشاورزی شماره ۴، جلد ۴. ص ۸۷- ۹۰.

ایزد دوست، ه.، سمیع‌زاده، ه.، ربیعی، ب. و عبدالهی، ش. ۱۳۹۲. ارزیابی تحمل به شوری در ارقام و لاین‌های برنج با تأکید بر شاخص‌های تحمل به تنش. تحقیقات غلات شماره ۳، جلد ۳، ص ۱۸۰-۱۶۷.

بیابانی، ع.، صبوری، ح. و نخزری مقدم، ع. ۱۳۹۱. مطالعه اجزا عملکرد ارقام برنج تحت تنش شوری. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. شماره ۱۹، جلد ۴، ص ۱۸۶-۱۷۳.

جعفری‌راد، س.، زواره، م.، خالدیان، م.ر. و رضایی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی تحمل ژنوتیپ های مختلف برنج به شوری آب آبیاری. تولید فرآوری محصولات زراعی و باغی جلد ۱۷، شماره ۵، ص: ۱۲-۱.

رضایی، م. ۱۳۸۷. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی اثر روشهای مختلف مدیریت آبیاری بر کارایی مصرف آب و عملکرد برنج (ارقام بینام و حسنی). مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور، رشت.

سلحشور دلیوند، ف.، صدرالدینی، ع. ا.، ناظمی، ا.ح.، دواتگر، ن. و نیشابوری، م.ر. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی اثر همزمان تنش‌های شوری و خشکی بر عملکرد دانه برنج رقم هاشمی. مجله علوم زراعی ایران شماره ۱۵، جلد ۳، ص ۳۳۶-۳۲۰.

محمدزاده، م.، پیغمبری، س. ع.، نبی‌پور، ع. و نوروزی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی عملکرد و صفات مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به شوری در برنج. مجله زارعت و اصلاح نباتات جلد ۶، شماره ۴، ص ۷۱-۶۱.

مومنی، ع.، محمدیان، م. و نوری، م. ز. ۱۳۸۸. ارزیابی مزرعه‌ای ژنوتیپ های برنج جهت تحمل به تنش شوری در مازندران. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۲، شماره ۲، ص ۱۴۳-۱۲۹.

نوابیان، م. و آقاجانی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی اثر مدیریت آبیاری شور و شیرین بر عملکرد برنج رقم هاشمی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک شماره ۶۰، جلد ۶، ص ۵۵-۴۵.

Abidmahmood, T. L., and Arifkhan, M. 2009. Effect of salinity on growth, yield and yield components in basmati rice germplasm. Pakistan Journal Botany, 41(6): 3035-3045.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxide in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24: 1-15.

www.SID.ir

Arshive of SID

Arora, A., Sairam, R. K. and Sriuastava, G. C. 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. Annual Review of Current Science, 82: 1227–1238.

Castillo, E. G., Toung, T. O., Phuc, A. M., Ismail, M. and Inubushim, K. 2007. Response to salinity in rice: comparative effects of osmotic and Ionic stress. Plant Production Science, 10(2): 159-170.

Chunthaburee, S., Dongsansuk, A., Sanitchon, J., Pattanagul, W. and Theerakulpisut, P. 2016. Physiological and biochemical parameters for evaluation and clustering of rice cultivars differing in salt tolerance at seedling stage. Saudi Journal of Biological Sciences, 23(4): 467-477.

Dhindsa, R. A., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe, T. A. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental of Botany, 126: 93-101.

Doganlar, Z. B., Demir, K., Basak, H. and Gul, I. 2010. Effects of salt stress on pigment and total soluble protein contents of three different tomato cultivars. African Journal of Agricultural Research, 5: 2056-2065.

Farahmandfar, A., Poustini, K., Fallah, A., Tavakol Afshari, R. and Moradi, S. 2009. Study the effect salinity stress on the germination and seedling growth some of genotypes and Iranian rice cultivars. Journal of Crop Sciences, 40(3): 71-94.

Gain, P., Mannan, M. A., Pal, P. S., Maheb Hossain, M. and Parvin, S. 2004. Effect of salinity on some yield attributes of rice. Pakistan Journal of Biological Science, 7(5): 760-762.

Gay, F., Maraval, I., Roques, S., Gunata, Z., Boulanger, R., Audebert, A. and Mestres, C. 2010. Effect of salinity on yield and 2-acetyl-1-pyrroline content in the grains of three fragrant rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in Camargue (France). Field Crops Research, 117: 154-160.

Hasamuzzaman, M., Fujita, M., Islam, M. N., Ahamed, K. U. and Nahar, K. 2009. Performance of four irrigated rice varieties under different levels of salinity stress. International Journal of Integrative Biology, 6(2): 117.

Hassibi, P., Nabipoor, M. and Moradi, F. 2010. Study of some cryoprotectives role to induce low temperature tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Electronic Journal of Crop Production, 3 (1): 39-56.

Hemeda, H. M. and Kelin, B. P. 1990. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. Journal of Food Science, 55: 184-185.

Hoai, T. T. N., Shinm, I. S., Kobayashi, I. S. and Usui, K. 2005. Regulation of ammonium accumulation during salt stress in rice (*Oryza sativa* L.) seedling. Plant Production Science, 8(4): 397-404.

Hosseini, S. J., Tahmasebi, Z. and Pirdashti, H. 2012. Screening of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for NaCl tolerance at early seedling stage. International Journal of Agronomy and Plant

www.SID.ir

Arshive of SID

Production, 3(8): 274-283.

IRRI. 2002. Standard evaluation system for Rice. (SES). Manila Philippines. International Rice Research Institute.

Islam, M. Z., Baset Mia, M. A., Islam, M. R. and Akter, A. 2007. Effect of different saline levels on growth and yield attributes of mutant rice. Journal of Soil Nature, 1(2): 18-22.

Ismail, A. M. and Horie, T. 2017. Genomics, Physiology, and Molecular Breeding Approaches for Improving Salt Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, *68*, 405-434.

Jamil, M., Rehman, S. H. and Rha, E. S. 2007. Salinity effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica Oleracea* capitata L.). Pakistan Journal of Botany, 39: 753-760.

Kaur, N., Dhawan, M., Sharma, I., and Pati, P.K. 2016. Interdependency of Reactive Oxygen Species generating and scavenging system in salt sensitive and salt tolerant cultivars of rice. *BMC plant biology*, *16*(1), 131.

Khaliq, A., Zia-ul-Haq, M., Ali, F., Aslam, F., Matloob, A., Navab, A. and Hussain, S. 2015. Salinity tolerance in wheat cultivars is related to enhanced activities of enzymatic antioxidants and reduced lipid peroxidation, Clean-Soil, Air, Water, 43 (8):1248-1258.

Khanna-Chopra, R. and Selote, D. S. 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than -susceptible wheat cultivar under field conditions. Environmental Experimental Botany, 60: 276–283.

Kibria, M. G., Hossain, M., Murata, Y. and Hoque, M. A. 2017. Antioxidant Defense Mechanisms of Salinity Tolerance in Rice Genotypes. *Rice Science*, *24*(3), 155-162.

Krishnamurthy, S. L., Gautam, R. K., Sharma, P. C. and Sharma, D. K. 2016. Effect of different salt stresses on agro-morphological traits and utilisation of salt stress indices for reproductive stage salt tolerance in rice. Field Crops Research, 190:26-33.

Le-Dily, F., Billard, J. P., Le-Saos, J. and Huault, C. 1993. Effects of NaCl and gabaculine on chlorophyll and proline levels during growth of radish cotyledons. Plant Physiology and Biochemistry, 31: 303-310.

Li. X.J., Yang, M. F., Zhu, Y., Liang, Y. and Shen, S. H. 2011. Proteomic analysis of salt stress responses in rice shoot. Journal of Plant Biotechnology, 54: 384-395.

Mc William, J.R. 1986. The national and international drought and salinity effects on agricultural production. Austarlian Journal of Plant Physiology, (13): 1-13.

Mishra, P., Bhoomika, K. and Dubey, R. S. 2013. Differential responses of antioxidative defense system to prolonged salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive Indica rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Protoplasma, 250(1): 3-19.

Moradi, F. and Ismail, A. M. 2007. Response of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and

www.SID.ir

Arshive of SID

ROS-scavenging system to salt stress during seedling and reproductive stage in rice. Annuals Botany, (99): 1161-1173.

Motamed, M. K., Asadi, R., Rezaei, M. and Amiri, E. 2008. Response of high yielding rice varieties to NaCl salinity in greenhouse circumstances. African Journal of Biotechnology, 7(21): 3866-3873.

Nabiollahi, K., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R. and Moradian, S. 2017. Assessment of soil quality indices for salt-affected agricultural land in Kurdistan Province, Iran. Ecological Indicators, 83: 482-494.

Ponnamperuma, F. N. and Bandyopadhya, A. K. 1979. Soil salinity as a constraint on food production in the humid tropics. In N.C. Brady, L.D. Swindale, R. Dudal edits. Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna. Pp: 203-216.

Pullen, J., and Saeed, K. 2012. An overview of biodiesel oxidation stability. Renew Sustainable Energy, 16: 5924-5950.

Rachoski, M., Gazquez, A., Calzadilla, P., Bezus, R., Rodriguez, A., Ruiz, O. and Maiale, S. 2015. Chlorophyll fluorescence and lipid peroxidation changes in rice somaclonal lines subjected to salt stress. Acta Physiologiae Plantarum, 37(6): 117-128.

Rahman, M. A., Thomson, M. J., Shah-E-Alam, M., de Ocampo, M., Egdane, J. and Ismail, A. M. 2016. Exploring novel genetic sources of salinity tolerance in rice through molecular and ph ysiological characterization. Annals of botany, 117(6):1083-1097.

Shamsoddin Saied, M. and Farahbakhsh, H. 2009. Salt stress effect on yield and some agronomic and physiologic traits of two corn hybrid at Kerman region. The plant production, 32(1): 13-24.

Singh, D. P. and Sarkar, R. K. 2014. Distinction and characterisation of salinity tolerant and sensitive rice cultivars as probed by the chlorophyll fluorescence characteristics and growth parameters. Functional plant biology, 41(7): 727-736.

Tanveer, U. H., Javaid, A., Shafaqat, N. and Ahmad, A. 2009. Morpho-physiological response of rice (*Oryza sativa* L.) varieties to salinity stress. Pakistan Journal of Botany, 41(6): 2943-2956.

Touhidulislam, S. M. and Seraj, Z. I. 2009. Vacuolar Na^+/H^+ antiporter expression and salt tolerance conferred by Actin1D and CaMV35S are similar in transgenic binnatoa Rice. Plant Tissue Culture and Biotechnology, 19(2):257-262.

Yang, J., Zhange, J., Wang, Z., XU, G. and Zhu, Q. 2005. Activities of key enzymes in Sucrose to starch convertion in wheat grains subjected to water deficit during grain filling. Plant Physiology. (135): 1621-1629.

Yoshida, S., Forno, D., Cock, J. and Comez, K. 1976. Determination of sugar and starch in

www.SID.ir

Arshive of SID

plant tissue. In S Yoshida, ed, Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. The International Rice Research Institute, Los Banos, the Philippines. 46–49.

Zaibunnisa, A., Khan, M. A., Flowers, T. J., Ahmad, R. and K. A. Malik. 2002. Causes of sterility in rice under salinity stress. Prospects for Saline Agriculture. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 177-187.

Zeng, L., Lesch Scott, M. and Grieve Catherine, M. 2003. Rice growth and yield respond to changes in water depth and salinity stress. Agricultural Water Management, 59: 67-75.

Zhang, Z. H., Liu, Q., Song, H. X., Rong, X. M. and Abdelbagi, M. I. 2010. Responses of different rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to salt stress and relation to carbohydrate metabolism and chlorophyll content. African Journal of Agricultural Research 7 (1): 19-27.

www.SID.ir