Archive of SID

اثر تنش شوری بر برخی از صفات فیزیولوژیک و الگوی الکتروفورزی پروتئین‌های برگی دو رقم جو

فرحناز توکلی[۱*]، سعید وزان[۲]، کریم سرخه[۳] و احسان شاکری[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۱۵)

چکیده

این آزمایش بر روی دو رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) در سال ۱۳۹۱ - ۱۳۹۰ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد. تیمارها شامل ارقام افضل (متحمل به شوری) و لیگنه ۵۲۷ (حساس به شوری) و پنج سطح شوری شامل صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار و سه تکرار به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود. نتایج نشان داد که تنش شوری صفات فیزیولوژیک مانند محتوای نسبی، کلروفیل a وb، میزان سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، غلظت پروتئین‌های محلول برگی و در نهایت، اجزای عملکرد را در ارقام جو مورد مطالعه تحت تأثیر قرار داد. در بررسی الگوی الکتروفورزی ارقام مورد بررسی، به‌تدریج با افزایش سطح شوری، به‌شدت باندهای پروتئینی افزوده شد، به‌طوری‌که باندهای پروتئینی با وزن مولکولی متفاوت درسطوح مختلف شوری مشاهده گردید. هم‌چنین نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که افزایش میزان پرولین در رقم حساس بیشتر از رقم مقاوم بود. به‌طورکلی می‌توان بیان داشت؛ غلظت بیشتر یون پتاسیم و نسبت کمتر سدیم به پتاسیم در اندام هوایی و میزان کمتر پرولین محلول برگی می‌تواند به‌عنوان معیاری در انتخاب ارقام متحمل گیاه جو جهت کشت در شرایط تنش شوری مورد توجه قرار گیرد. هم‌چنین شناسائی و جداسازی ژن‌های مسئول پروتئین‌های مقاوم به شوری در گیاهانی مانند جو و انتقال آنها به ژنوتیپ‌های گیاهان زراعی حساس، می‌تواند راهبردی جهت تولید ارقام مقاوم به شوری و کاربرد آنها در برنامه‌های اصلاحی باشد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، غلظت پروتئین، نسبت سدیم به پتاسیم، محتوای آب نسبی

۱. کارشناس ارشد بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴. کارشناس ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: farahtavakoli@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان است و براساس اطلاعات موجود حدود یک سوم کشاورزی آبی جهان متأثر از این تنش محیطی است (۴۲ و ۴۹). از مهم‌ترین صدمات ناشی از تنش شوری می‌توان به برهم خوردن توازن یونی ناشی از کاهش جذب یون‌های ضروری و انباشتگی یون‌های مضر و کم‌آبی ناشی از کاهش جذب آب که با کاهش سنتز پروتئین، تعرق، انتقال یون و در نهایت کاهش عملکرد نهایی است، اشاره نمود (۱۹). در بین گیاهان زراعی، جو چهارمین گیاه مهم در جهان است و بنا به‌نظر بسیاری از پژوهشگران یکی از مقاوم‌ترین گیاهان زراعی به تنش شوری است (۹ و ۲۷) با این وجود تنش شوری تولید این گیاه را در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند (۲۷). یکی از مهم‌ترین واکنش‌های گیاهان به تنش شوری، تنظیم اسمزی محیط داخلی گیاه از طریق افزایش اسیدهای آمینه‌ای نظیر پرولین است که حتی در بعضی از موارد گزارش شده است که این مقدار می‌تواند ۲۰ – ۱۰ درصد وزن خشک گیاه را تشکیل دهد (۴). در همین زمینه نیز نتایج پژوهش‌های مشابهی نشان داد که با افزایش تنش شوری میزان پرولین در گیاه جو افزایش معنی‌داری یافت (۱۸، ۱۹ و ۳۸). اندازه‌گیری مقدار کلروفیل و فتوسنتز از روش‌های ارزشمند برای به‌دست‌آوردن اطلاعات کمی و کیفی واکنش گیاهان به شرایط تنش می‌باشد. در همین زمینه بگدی و همکاران (۵) کاهش میزان کلروفیل در گیاه جو را در اثر افزایش سطح شوری گزارش نمودند. یکی از اثرات مضر تنش شوری برهم خوردن تعادل یونی در گیاه است، درواقع به‌دلیل رقابت در جذب یون، افزایش جذب یون سدیم، موجب کاهش جذب پتاسیم خواهد شد. گیاه جو به‌دلیل دارا بودن سیستم جذب و انتقال انتخابی یون‌ها و کارآئی مطلوب در تبادل K^+/Na^+، به‌عنوان گیاهی متحمل به شوری ارزیابی می‌شود. به‌طوری‌که ارقام جو متحمل به شوری میزان پتاسیم بالاتری در مقایسه با سدیم در سلول‌های خود دارند (۳۳). کاهش مقدار کلسیم از اثرات شوری می‌باشد که موجب تظاهر علائم کمبود کلسیم می‌شود (۳۹). در آزمایشی که توسط امر (۳) در گیاه گندم و جو انجام شد، مشخص‌گردید که تحت تأثیر تنش شوری میزان Ca^{2+} کاهش و میزان Mg^{2+} افزایش یافت. گزارش شده است که تنش شوری باعث افزایش میزان پروتئین‌های محلول گیاه می‌شود. در این رابطه افزایش میزان پروتئین در گیاه گندم و تشکیل باندهای پروتئینی ۴۸ kDa توسط خان (۲۱) گزارش شده است. در مقایسه‌ای که توسط اُوداَ (۵۱) بین ارقام گیاه جو و برنج انجام شد، مشخص شد که تنش شوری باعث تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه جو گردید. به‌عنوان مثال میزان پتانسیل آب در برنج کاهش بیشتری نشان داد، هم‌چنین بروز ژن‌های جهش یافته ناشی از القای ژنی در جو مشاهده شد که این مکانیسم در برنج مشاهده نشد. تعیین پارامترهای حساس به شوری می‌تواند به بهبود فعالیت‌های مدیریتی و یافته‌های محققین درباره مکانیسم‌های مقاومت به شوری کمک کند. در همین زمینه نصیر (۳۶) طی آزمایشی نتیجه گرفت که شوری، عملکرد و اجزای عملکرد از جمله تعداد سنبلک در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه جو را کاهش داد. هم‌چنین الطهیر و همکاران (۲) به نتایج مشابهی در مورد گیاه جو دست یافتند. به‌طورکلی هدف از اجرای این آزمایش بررسی واکنش دو رقم متفاوت جو (از نظر حساسیت به تنش شوری) به سطوح مختلف شوری آب آبیاری با تأکید بر جنبه‌های فیزیولوژیکی در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱ – ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی و آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد به‌صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با پنج سطح شوری شامل: شاهد (صفر)، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار و دو رقم جو زراعی شامل: افضل (متحمل به شوری) و لیگنه ۵۲۷ (حساس به شوری) انجام شد. بذرهای هر رقم بعد از ضدعفونی، در

www.SID.ir

Archive of SID

گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۱۴ و قطر ۲۰سانتی‌متر، حاوی ماسه، کود برگی و خاک مزرعه با نسبت مساوی کشت شدند. گلدان‌ها در گلخانه با دمای حداکثر ۲ ± ۲۵ و حداقل ۲ ± ۲۲ درجه سانتی‌گراد (روز/شب) با حداقل ۱۲ ساعت روشنایی و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰٪ نگهداری شدند. دوره تنش به‌مدت ۳۰ روز ادامه یافت. به این ترتیب که ابتدا همه گیاهچه‌ها به‌جز گروه شاهد با محلول ۵۰ میلی‌مولار NaCl آبیاری و پس از آن جهت جلوگیری از شوک اسمزی در گیاهچه‌ها هر دو روز یک‌بار میزان شوری به اندازه ۵۰٪ افزایش یافت تا در هر سطح به مقدار نهایی خود رسید. در پایان دوره تنش صفات مورد بررسی شامل سطح برگ، محتوای اندام هوایی، میزان سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، نسبت سدیم به پتاسیم و مقدار پرولین در برگ‌ها بود. محتوای نسبی‌آب اندام هوایی از طریق فرمول رودریگز و همکاران (۴۵) محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری سطح برگ (مرحله ۳ و ۴ برگی از برگ‌های سوم و چهارم از بالای بوته) از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل AM200 portable استفاده گردید.

غلظت عناصر پس از آماده کردن عصاره برگ گیاه جو از طریق دستگاه ICP (Inductively Coupled Plasma) مدل GCB INTEGRA XL به‌صورت پدیده نشر القایی اندازه‌گیری شد. میزان پرولین براساس واکنش با معرف نین‌هیدرین و دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Deckmandu530 و در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید. پس از کامل شدن دوره تنش از برگ‌های سوم و چهارم جهت انجام آزمایش‌های فیزیولوژیک نمونه‌برداری و بوته‌های هر گلدان به مزرعه انتقال یافته و پس از رسیدن برداشت و به‌منظور بررسی تنش شوری بر اجزای عملکرد تا رسیدن کامل نگه‌داری شدند. غلظت کلروفیل a و b در هر تکرار و در هر سطح تیماری، پس از عبور از مرحله چهار برگی از برگ‌های سوم و چهارم با استفاده از نیتروژن مایع و محلول استون ۸۰ درصد و در شرایط تاریکی به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر به‌ترتیب در دو طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای تعیین مقدار کمی پروتئین از روش برادفورد و با استفاده ازاسپکتروفتومتری و براساس روش اتصال ماده کوماسی بریلیانت‌بلو به پروتئین در محیط اسیدی و تعیین جذب ماکزیمم در طول موج‌های ۴۶۵ تا ۵۹۵ نانومتر استفاده شد. جهت الکتروفورز پروتئین‌ها از تکنیک SDS-PAGE به روش لاملی (۲۵) استفاده گردید. جهت رنگ‌آمیزی ژل از روش رنگ‌آمیزی با کوماسی بریلیانت بلو (G-250) که نوارهای پروتئینی تا حداقل یک میکروگرم قابل تشخیص است، استفاده شد. در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

غلظت عناصر اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها در مورد اثر تیمارها بر غلظت عناصر در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. در مورد سدیم، در سطح شوری ۴۰۰ میلی‌مولار، رقم لیگنه ۵۲۷ دارای مقدار بیشتری از غلظت یون سدیم بود درحالی‌که در همین سطح شوری، غلظت این یون، در رقم افضل دارای غلظت کمتری بود (شکل ۱). با افزایش سطح شوری میزان پتاسیم کاهش چشم‌گیری داشت به‌طوری‌که میزان پتاسیم مربوط به سطح شوری ۴۰۰ میلی‌مولار کمترین و میزان پتاسیم تیمار شاهد بیشترین مقدار را نشان داد (جدول ۲). پاک‌نیت و همکاران (۳۹) نیز در بررسی واکنش ارقام جو وحشی و اهلی به نتایج مشابهی دست یافتند. افزایش غلظت سدیم اندام هوایی با افزایش نمک طعام توسط مانس وهمکاران (۳۳)، سانتاماریا و اپستین (۴۸) و لاسردا (۲۴) نیز گزارش شده است. گزارش شده است تجمع کمتر یون سدیم در اندام هوایی گیاه می‌تواند در تحمل شوری نقش داشته باشد (۲۴). میزان پتاسیم در تحمل به شوری گیاهان زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۴۴). به‌علت خاصیت آنتاگونیستی سدیم و پتاسیم با افزایش شوری میزان پتاسیم ریشه کاهش می‌یابد (۳۱). حیدری شریف‌آباد (۱۴) در گیاه مریم‌گلی و پاک‌نیت و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تنش شوری و رقم بر برخی صفات فیزیولوژیکی جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		سدیم	پتاسیم	سدیم/ پتاسیم	کلسیم	منیزیم	پرولین	محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل‌کل	پروتئین
بلوک	۲	۱۷/۲۰**	۸/۱۰*	۲/۱۷**	۵۳/۶۰**	۴/۰۴**	۴/۲۹**	۱۰۶/۴۲^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۹۶**	۰/۱۶^{ns}
شوری	۴	۱۵۳/۹۷**	۳۴/۸**	/۲۰^{ns}	۱۴/۹۱*	۴/۰۹**	۰/۲۳**	۶۶۹/۴۰**	۰/۰۳۰**	۰/۱۸**	۰/۰۷^{ns}	۲/۵۵**
ژنوتیپ	۱	۱۰۳/۹۴**	۱۹/۹۶**	۱/۲۱**	۲۶/۱۶*	۴/۰۶*	۱/۷۲**	۱۵۰۳/۲۲**	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۵۱*
ژنوتیپ × شوری	۴	۹/۹۶**	۱/۰۷^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۱/۶۳^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۲۶۳/۷۶**	۰/۰۱۱**	۰/۰۸*	۰/۰۲^{ns}	۰/۱۰^{ns}
خطا	۱۸	۲/۱۲	۱/۴۳	۰/۰۸۱	۴/۷۹	۰/۴۹	۰/۰۴	۳۶/۵۴	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۱۱

* و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns غیر معنی‌دار

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر ساده سطوح مختلف تنش شوری و رقم بر برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام جو

صفت / تیمار	سدیم (mg/g)	پتاسیم (mg/g)	سدیم/ پتاسیم	کلسیم (mg/g)	منیزیم (mg/g)	پرولین (mg/g)	محتوای‌نسبی‌آب (%)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کلروفیل‌کل (mg/g)	پروتئین (mg/g)
سطوح شوری											
شاهد	۱/۰۸^{d}	۱۸/۵۲^{a}	۰/۴۴^{b}	۸/۹۹^{a}	۴/۳۷^{c}	۳/۳۱^{c}	۷۸/۵۸^{a}	۲/۲۷^{a}	۱/۵۲^{a}	۳/۷۹^{a}	۱/۴۹^{d}
۱۰۰	۶/۴۴^{c}	۱۴/۳۷^{b}	۰/۴۷^{b}	۷/۹۹^{ab}	۴/۸۷^{bc}	۳/۶۳^{ab}	۷۳/۲۰^{ab}	۲/۲۶^{a}	۱/۴۸^{a}	۳/۷۴^{a}	۱/۸۸^{d}
۲۰۰	۸/۷۴^{b}	۱۳/۷۳^{b}	۰/۷۷^{ab}	۶/۵۶^{abc}	۵/۲۰^{b}	۳/۵۶^{bc}	۶۶/۰۴^{b}	۲/۲۳^{a}	۱/۳۳^{a}	۳/۵۶^{a}	۲/۲۶^{c}
۳۰۰	۹/۹۰^{b}	۱۳/۱۰^{b}	۰/۷۵^{ab}	۵/۵۸^{bc}	۵/۹۹^{ab}	۳/۶۰^{b}	۵۷/۰۶^{c}	۲/۲۲ ^{a}	۱/۱۵^{b}	۳/۳۷^{a}	۲/۷۷^{b}
۴۰۰	۱۴/۹۶^{a}	۱۱/۵۰^{c}	۰/۸۵^{a}	۵/۳۲^{c}	۶/۴۱^{a}	۳/۷۸^{a}	۵۳/۴۷^{c}	۲/۰۹^{b}	۱/۱۴^{b}	۳/۵۰^{a}	۳/۲۱^{a}
رقم											
افضل	۱۳/۵۴^{b}	۷/۸۲^{a}	/۴۶^{b}	۵/۰۰^{b}	۵/۰۱^{b}	۶/۳۷^{b}	۷۲/۷۵^{a}	۲/۲۴ ^{a}	۱/۳۴ ^{a}	۳/۵۸^{a}	۲/۳۸^{a}
لیگنه ۵۲۷	۱۴/۶۴^{a}	۵/۹۵^{b}	/۸۶^{a}	۵/۷۴^{a}	۵/۸۷^{a}	۱۰/۰۹^{a}	۵۸/۵۹^{b}	۲/۱۹^{b}	۱/۳۱^{a}	۳/۵۰^{a}	۲/۱۹^{b}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، براساس حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

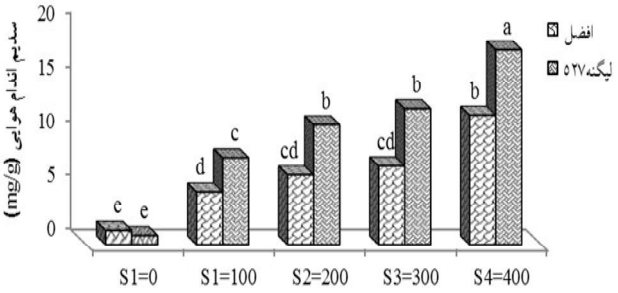
همکاران (۳۹) در گیاه جو نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. طبق مطالعات انجام شده در سطح بالای شوری، ژنوتیپ حساس در مقایسه با ژنوتیپ متحمل دارای غلظت سدیم بیشتر و کاهش غلظت پتاسیم شدیدتری می‌باشد (۲۹) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. با افزایش سطح شوری میزان جذب پتاسیم به‌علت بازدارندگی سدیم بر پتاسیم و در نتیجه افزایش سدیم در گیاه جو مختل می‌شود (۳۳ و ۳۴). لاسردا و همکاران (۲۴) کاهش پتاسیم را به تجمع یون‌های سمی (سدیم و کلر) نسبت دادند. نسبت سدیم به پتاسیم می‌تواند به‌عنوان شاخص ارزشمند در رابطه با اثرات متناقض سدیم و پتاسیم در گیاه مطرح باشد. این نسبت در بافت گیاه به‌عنوان شاخص سمیت سدیم به‌کار می‌رود، زیرا پژوهشگران معتقد هستند که حضور سدیم باعث اختلاف در فعالیت آنزیم‌های وابسته به یون پتاسیم می‌شود (۲۴). پاک‌نیت و همکاران (۳۹) اظهار داشتند که غلظت بیشتر k^+ و نسبت بیشتر K^+/Na^+ از ویژگی‌های ارقام متحمل به شوری در جو می‌باشد. هم‌چنین در این آزمایش ژنوتیپ افضل (متحمل) و ژنوتیپ لیگنه ۵۲۷ (حساس) به‌ترتیب دارای نسبت بیشتر و کمتر سدیم به پتاسیم بودند، که با نتایج سانتاماریا و اپستین (۴۸) مطابقت داشت. به‌طورکلی ژنوتیپ‌های متحمل با انتقال محدود سدیم به اندام هوایی، پذیرش بالاتری را برای یون پتاسیم نسبت به سدیم دارا می‌باشند (۳۳). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش سطوح شوری از صفر به ۴۰۰ میلی‌مولار، غلظت کلسیم کاهش‌می‌یابد (جدول ۲). خان (۲۲) و پاریدا و همکاران (۴۰) به نتایج مشابهی دست یافتند. پیشنهاد شده است که Na^+ اتصال کلسیم را به غشاء پلاسمایی کاهش داده و ورود کلسیم به سلول را کم می‌نماید، در نتیجه باعث خروج بیشتر کلسیم از گیاه می‌شود. کلسیم نقش مهمی را در مقاومت گیاهان به تنش شوری به علت ممانعت از تغییرات القاکننده Na^+ بر مقدار Ca^{2+} دارد (۴۴). کلسیم در این بررسی در رقم افضل (متحمل) کمترین و در رقم لیگنه ۵۲۷ (حساس) بیشترین میزان را نشان داد (جدول ۲). مقاومت بسیاری از گیاهان حساس به شوری در صورت وجود غلظت مناسبی از کلسیم افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند به‌علت خاصیت کلسیم جهت جلوگیری از تجمع سدیم در گیاه باشد (۶). بیشترین میزان منیزیم مربوط به سطح شوری ۴۰۰ میلی‌مولار و کمترین میزان منیزیم مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲) که با نتایج پاریدا و همکاران (۴۰) و خان (۲۲) مطابقت دارد. قسمت عمده سمیت منیزیم به واسطه اختلافی که در نسبت منیزیم به کلسیم است، به‌وجود می‌آید. سمیت منیزیم ممکن است در حضور مقادیر نسبتاً زیاد یون‌های کلسیم کاهش یابد (۳۱).

پرولین

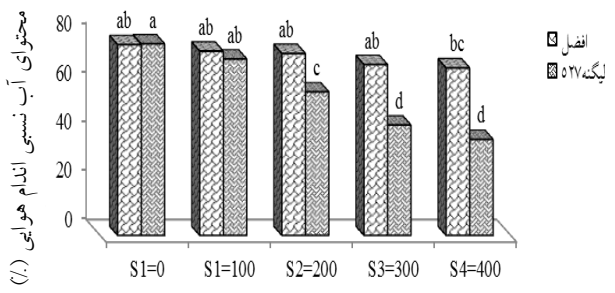
نتایج داده‌ها در مورد اثر تیمارها و مقایسه میانگین در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. با افزایش غلظت نمک در این آزمایش غلظت پرولین محلول برگی در هر دو رقم افزایش یافت و میزان این افزایش در رقم حساس بیشتر بود. هین و همکاران (۱۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. مشاهده شد که در تمام غلظت‌های نمک، میزان پرولین محلول در رقم لیگنه ۵۲۷، بیشتر از رقم افضل بود (نتایج نشان داده نشده‌اند). این امر می‌تواند به‌دلیل حساسیت بیشتر رقم لیگنه ۵۲۷، به تنش شوری باشد. پرولین جزء متابولیت‌های محافظ با وزن مولکولی پایین است که سبب افزایش مقاومت و جلوگیری از خسارت ناشی از تنش شوری می‌شود (۴۸). لائوچی واپستین (۲۶) گزارش نمودند که انباشت قندهای محلول و پرولین در جو، برنج و سورگوم بیانگر حساسیت نسبی رقم در برابر تنش شوری می‌باشد. تجمع پرولین، حاصل تغییر در سرعت بیوسنتز یا تجزیه این اسیدآمینه می‌باشد که در این زمینه میزان فعالیت آنزیم‌های مربوط، غلظت مؤثر پیش‌سازها و فرآورده‌های آن مهم می‌باشند. هم‌چنین تاکور و شارما (۵۰) گزارش نمودند که در جوانه‌های تحت تنش شوری گیاه سورگوم میزان پرولین افزایش یافت. به‌طورکلی براساس مطالب بیان شده می‌توان بیان داشت پرولین نقش فیزیولوژیکی مهمی را در تنش شوری ایفا می‌نماید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. مقدار سدیم اندام هوایی ارقام جو تحت اثر سطوح مختلف تنش شوری. حروف S در شکل بیانگر سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار) هستند. ستون‌های با حروف مشترک، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۲. محتوای آب نسبی اندام هوایی ارقام جو تحت اثر سطوح مختلف تنش شوری. حروف S در شکل بیانگر سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار) هستند. ستون‌های با حروف مشترک، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

محتوای آب نسبی اندام هوایی

میزان رطوبت نسبی به‌عنوان معیار قابل اعتمادی جهت اندازه‌گیری وضعیت آب در بافت‌های گیاهی مطرح است که تحت تأثیر شوری و ژنوتیپ قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اثر عوامل اصلی و متقابل تیمارهای مورد بررسی بر محتوای نسبی‌آب در سطح یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). هوشمند و همکاران (۱۶) با بررسی تنش شوری در گیاه گندم کاهش رطوبت نسبی را در اندام هوایی این گیاه گزارش نمودند. در این آزمایش با افزایش میزان شوری، میزان آب نسبی اندام هوایی کاهش یافت (جدول ۲) که با نتایج راسکیو و همکاران (۴۴) و مور و همکاران (۳۰) همخوانی دارد. رقم متحمل به شوری (افضل) از نظر میزان آب نسبی بیشتری نسبت به رقم لیگنه ۵۲۷ داشت (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که محتوای آب بیشتر در سلول‌ها باعث رقیق شدن سدیم موجود در سیتوسول و دیواره سلولی شده و خسارت به آنها را کاهش می‌دهد (۳۳). پاک‌نیت و همکاران (۳۹) و داداشی و همکاران (۸) در بررسی واکنش ارقام جو به تنش شوری نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. تنش اسمزی ناشی از تنش شوری، فشار آماس را کاهش داده و منجربه پژمردگی گیاه می‌شود (۱۰). به‌طورکلی محتوای آب نسبی ژنوتیپ‌های مورد بررسی با افزایش سطح شوری کاهش نشان داد که البته این کاهش در رقم حساس لیگنه ۵۲۷ بیش از افضل بود (شکل ۲). این کاهش می‌تواند ناشی از کاهش سرعت طویل شدن سلول‌ها و در نتیجه کاهش تورژسانس سلول‌ها و هم‌چنین سخت و ضخیم شدن دیواره سلول‌ها باشد (۱۲).

سطح برگ

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد اثر تنش شوری بر سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳)، هم‌چنین تنش شوری باعث کاهش سطح برگ شد (شکل ۲) که با نتایج وانگ و نیل (۵۲)، پاریدا و همکاران (۴۰) مطابقت دارد. میزان سطح برگ در ژنوتیپ افضل (متحمل) بیش از ژنوتیپ لیگنه ۵۲۷ (حساس) بود (جدول ۴). شوری به‌عنوان یک عامل بازدارنده، باعث کند شدن روند استقرار گیاهچه و کاهش سطح برگ می‌شود. هم‌چنین خسارت نمک به برگ‌های گونه‌های حساس ممکن است نتیجه غلظت‌های بیش از حد یون‌ها در آپولاست یا اثرات سمی یون روی فرآیندهای متابولیک در سیمپلاست باشد (۲۴). به بیان دیگر کاهش سطح برگ می‌تواند به‌علت کاهش پتانسیل آب و تورژسانس برگ همراه با پیری برگ‌ها و نکروزه شدن آنها در تنش شوری نیز باشد. گزارش شده است افزایش سطح شوری در گیاه سورگوم نیز باعث کاهش میزان فتوسنتز و محدودکردن گسترش سطح برگ گردید (۴۶).

www.SID.ir

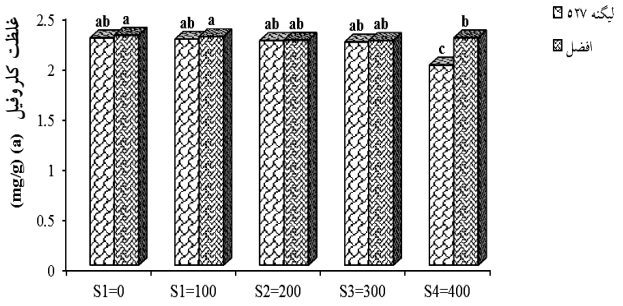
Archive of SID

غلظت کلروفیل

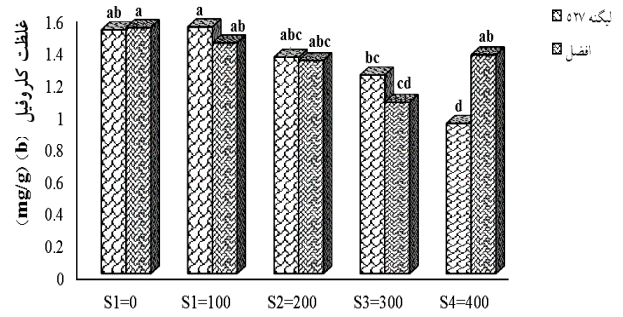
نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که شوری باعث کاهش میزان کلروفیل برگ شد. بیشترین میزان کلروفیل مربوط به گروه شاهد و کمترین میزان کلروفیل مربوط به سطح شوری ۴۰۰ میلی مولار بود (جدول ۲) که با نتایج آگاستین (۱)، وانگ و نیل (۵۲)، بگدی و همکاران (۵) و پاریدا و دس (۴۱) مطابقت دارد. لازم به‌ذکر است که اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد تنها بین سطوح شوری ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار بود که این موضوع می‌تواند به‌دلیل حساسیت یکسان کلروفیل a در هر دو رقم در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار باشد. نتوندو و همکاران (۳۷) گزارش نمودند که افزایش سطح شوری در گیاه سورگوم باعث کاهش میزان کلروفیل شد. مقدار کلروفیل در رقم لیگنه ۵۲۷ کمتر از رقم افضل بود (جدول ۲). کاهش کلروفیل در گیاه تحت تأثیر شوری می‌تواند به‌علت افزایش پرولین باشد که باعث می‌شود تا گلوتامات که پیش‌ماده سنتز کلروفیل است کمتر در سنتز آن نقش داشته باشد. همان‌طورکه در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است بیشترین کاهش مقدار کلروفیل a و b در هر دو رقم در سطح شوری ۴۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد، حتی در رقم افضل مقدار کلروفیل b در سطح تنش شوری ۴۰۰ میلی‌مولار نسبت به سطح ۳۰۰ میلی‌مولار افزایش معنی‌داری نیز یافت (شکل ۴) که این نتایج با نتایج کمال‌نژاد و همکاران (۱۹) که اثر تنش شوری بر مقدار کلروفیل جو رقم افضل را بررسی نمودند همخوانی دارد. آنها نیز گزارش کردند مقدار کلروفیل گیاه جو رقم افضل تحت اثر تنش شوری افزایش یافت که این افزایش نسبی می‌تواند یکی از دلایل متحمل بودن این رقم به تنش شوری باشد.

غلظت پروتئین

تغییرات کمی و کیفی پروتئین‌های تنظیم‌کننده مقاومت می‌تواند به شناسایی ژن‌های مسئول آنها که در فیزیولوژی مکانیسم مقاومت به شوری دخالت دارند، منجر شود (۷). در این بررسی مشاهده شد که غلظت پروتئین‌های محلول برگی در هر دو



شکل ۳. مقدار کلروفیل a ارقام جو تحت اثر سطوح مختلف تنش شوری حروف S در شکل بیانگر سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار) هستند. ستون‌های با حروف مشترک، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۴. مقدار کلروفیل b ارقام جو تحت اثر سطوح مختلف تنش شوری حروف S در شکل بیانگر سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار) هستند. ستون‌های با حروف مشترک، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

واریته با افزایش غلظت نمک (از شاهد تا ۴۰۰ میلی‌مولار) افزایش یافت. گروه شاهد کمترین و سطح شوری ۴۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان پروتئین محلول برگی را داشت (جدول ۲). میزان پروتئین محلول برگی در واریته افضل نسبت به واریته لیگنه ۵۲۷ بیشتر بود (جدول ۲). گزارش شده است که به احتمال زیاد تشکیل پروتئین به‌جهت تنظیم اسمزی و در نهایت ممانعت از کاهش آب گیاه باشد (۴۱). به بیان دیگر افزایش میزان پروتئین احتمالاً به‌علت افزایش سنتز پروتئین‌های

www.SID.ir

Archive of SID

جدید ناشی از بروز ژن‌های مقاومت به تنش و یا کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین می‌باشد. افزایش پروتئین در گیاه برنج در تنش شوری توسط کاوازاکی و همکاران (۲۰) و در گیاه جو توسط هورکمن و همکاران (۱۷) نیز گزارش شده است.

اجزای عملکرد

نتایج حاصل از آزمایش در مورد اثر تیمارهای مورد بررسی بر اجزای عملکرد در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین تعداد سنبلک در سنبله مربوط به تیمار شاهد و کمترین تعداد سنبله مربوط به سطح شوری ۴۰۰ میلی‌مولار بود (جدول ۴). برطبق گزارش مس و گریو (۲۸) و راگها و پال (۴۳) در اثر تنش شوری تعداد کل سنبله و سنبلک کاهش یافت. گرایو (۱۳) گزارش کرد که شوری با اثر منفی بر مریستم انتهایی ساقه جو و تعداد برگ و سنبله باعث کاهش اجزای عملکرد می‌شود. هم‌چنین مقایسه میانگین بین سطوح مختلف شوری حاکی از کاهش تعداد دانه در سنبله با افزایش تنش شوری است.

به‌طورکلی تمامی اجزای عملکرد در رقم افضل (متحمل) بیشتر از رقم لیگنه ۵۲۷ (حساس) بود (جدول ۴). نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که شوری باعث کاهش وزن دانه در گیاه جو تحت تنش شوری شد، به‌طوری‌که بیشترین میانگین مربوط به تیمار شاهد و کمترین میانگین مربوط به سطح شوری۴۰۰ میلی‌مولار بود (جدول ۴). نتایج به‌دست‌آمده با نتایج آزمایشات الطهیر و همکاران (۲) مطابقت داشت. نبی‌زاده مرودست و همکاران (۳۵) علت کاهش وزن دانه را تداخل در جذب عناصر غذایی و در نتیجه تغییر در مسیر مواد فتوسنتزی و مواد پرورده به‌منظور مقابله با تنش شوری بیان کردند. فرانکوئیس و همکاران (۱۱) اظهار داشتند که شوری به‌دلیل کاهش مواد فتوسنتزی در مرحله پر شدن دانه، کاهش شدت رشد در اثر پتانسیل اسمزی، کوتاه کردن دوره پر شدن دانه و در نهایت تسریع در بلوغ دانه‌ها وزن هزاردانه را کاهش می‌دهد.

تعداد دانه در سنبله در دو رقم مورد بررسی در سطوح تنش شاهد، ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری داشت که این نتایج مؤید نتایج داداشی و همکاران (۸) و کووال و کووال (۲۳) در جو است. گزارش شده است کاهش اجزای عملکرد و در نهایت رشد گیاه در اثر تنش شوری در کوتاه مدت به‌علت تنش اسمزی است و در تنش‌های بلندمدت به‌علت ورود نمک زیاد در گیاه تنش‌های دیگری نظیر سمیت و عدم تعادل یونی به تنش اسمزی اضافه می‌گردند (۳۳ و ۴۷).

بررسی الگوی الکتروفورزی پروتئین‌ها

متداول‌ترین شیوه در مقایسه کیفی پروتئین‌ها مطالعه نوارهای الکتروفورزی به‌شمار می‌رود. مقایسه الگوی پروتئین برگی رقم افضل و لیگنه ۵۲۷ نشان داد که نوارهای پروتئینی با وزن مولکولی ۸۰/۷ کیلودالتن و ۵۴/۱ کیلو دالتن در غلظت‌های ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار تشکیل گردید. با افزایش سطح شوری از ۱۰۰ به ۴۰۰ میلی‌مولار، باند پروتئینی به وزن مولکولی ۲۰۷/۱ کیلودالتن با شدت بیشتری بیان گردید. لازم به ذکر است که در غلظت‌های مختلف نمک با افزایش سطح شوری باندهای پروتئینی با شدت بیشتری بیان گردید و تظاهر باندها در غلظت‌های بالاتر نمک در ژنوتیپ مقاوم افزایش یافت. تعداد زیاد پروتئین‌های مختلف تحت شرایط تنش می‌تواند پاسخ فیزیولوژیک در کنار تحمل به تجمع یونی، تعادل اسمزی، پایداری نسبت سدیم به پتاسیم و یا پیام‌های واسطه انتقال کلسیم باشد (۳۲). تشکیل باندهای پروتئینی با وزن مولکولی ۶۱، ۵۱، ۳۹ و ۲۹ کیلودالتن توسط هورکمن (۱۷) در گیاه جو گزارش شده است. میسرا و همکاران (۳۲) مشاهده کردند که تنش شوری باعث تغییر الگوی الکتروفورزی پروتئین‌های اندام هوایی در گیاه نخود سبز شد. بیشتر ژن‌های کد کننده پروتئین‌های مورد مطالعه مربوط به گروهی هستند که تظاهر آنها به‌وسیله تنش افزایش می‌یابد. در واقع آنها mRNA را افزایش می‌دهند و سطح آن را بالا نگه می‌دارند تا تنش برطرف شود (۳۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تنش شوری و رقم بر سطح برگ و برخی از اجزای عملکرد جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سطح برگ	تعداد سنبلک در سنبله	تعداد دانه درسنبله	وزن هزار دانه
بلوک	۲	۱۸۷۷۳۰۰/۴۰**	۲/۵۳۳۳^{ns}	۲/۳۸۰^{ns}	۲/۷۲۶^{ns}
شوری	۴	۳۴۹۰۴۲۳**	۶۱۲/۷۰۰**	۷۳۰/۹۸۱**	۵۸۷/۸۸۹**
ژنوتیپ	۱	۸۷۳۷۲۰۳**	۱۲۸/۱۳۳**	۲۴/۱۷۴**	۳۷/۶۵۴**
ژنوتیپ × شوری	۴	۱۵۲۴۳۹ ^{ns}	۵/۱۳۳^{ns}	۷/۵۳۳**	۵/۵۴۷**
خطا	۱۸	۸۶۳۳۱	۲/۳۸۵	۰/۸۶۱	۰/۵۰۷۹

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ساده سطوح مختلف تنش شوری و رقم بر سطح برگ و برخی از اجزای عملکرد جو

صفت / تیمار	سطح برگ (mm^2)	تعداد سنبلک در سنبله	تعداد دانه درسنبله	وزن هزار دانه (gr)
سطوح شوری				
شاهد	۳۵۲۸/۸^{a}	۳۴/۲۵^{a}	۳۵/۱۶^{a}	۳۴/۱۱^{a}
۱۰۰	۳۲۱۶/۲^{ab}	۲۳/۶۴^{b}	۲۸/۶۶^{b}	۲۵/۵۲^{b}
۲۰۰	۳۰۶۰/۷^{b}	۱۶/۴۳^{c}	۲۲/۸۳^{c}	۱۶/۰۶^{c}
۳۰۰	۲۱۷۰/۳^{c}	۱۳/۱۱^{d}	۱۶/۷۳^{d}	۱۱/۸۰^{d}
۴۰۰	۱۷۱۵^{d}	۹/۱۵^{e}	۹/۱۶^{e}	۶/۵۰^{e}
رقم				
افضل	۳۲۷۷/۹^{a}	۲۴/۶۰^{a}	۱۹/۶۹^{a}	۲۰/۴۳^{a}
لیگنه ۵۲۷	۲۱۹۸/۵^{b}	۲۰/۴۶^{b}	۱۷/۹۰^{b}	۱۸/۱۹^{b}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر رقم افضل (متحمل به شوری) دارای غلظت بیشتر یون پتاسیم، نسبت کمتر سدیم به پتاسیم در اندام هوایی و میزان کمتر پرولین محلول برگی بود. هم‌چنین از نظر سطح برگ و اجزای عملکرد نیز در مقایسه با رقم لیگنه ۵۲۷ دارای مقادیر بیشتری بود. با توجه به این نتایج می‌توان بیان داشت به احتمال زیاد مکانیسم تحمل رقم افضل به تنش شوری بیش از تجمع اسمولیت‌های سازگاری مانند پرولین، به تنظیم تعادل یونی (نسبت سدیم به پتاسیم) وابسته است، البته انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه نیز ضروری به‌نظر می‌رسد. در کل ارزیابی صفات مختلف در ارقام متحمل به تنش شوری می‌تواند تا حد زیادی در مطالعه فرایندهای فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به این تنش و در نهایت انتقال این صفات به ارقام حساس جهت افزایش کارایی آنها در شرایط تنش شوری مفید باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

1. Agastian, P., S. J. Kingsley and M. Vivekananda. 2000. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characterize in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38:287-290.
2. Al-tahir, O. A., Y. A. Al-nabuli and A. M. Helalia.1997. Effects of water quality and frequency of irrigation on growth and yield of barley. *Agricultural Water Management* 34: 17-24.
3. Amer, A. F. 1999. Effect of salinity stress, increasing gradually and suddenly treatments on plant nutrient uptake and content of some carbohydrate fractions. *Soil Science* 39:111-128.
4. Babaeian Jelodar, N. and M. Zia Tabar Ahmadi. 2002. Plant Growth in Salt Lands (Translation). Mazandaran University Press. Mazandaran. (In Farsi)
5. Bagdi, D. L., B. S. Afria., K. C. Naga. 2003. Influence of salinity stress and cycocel on chlorophyll content and yield attributes of barley *(Hordeum vulgare* L.*)*. *Agricultural Science Digest* 23 (2):98-100.
6. Bayuelo-Jimenez**,** J. S. and D. G. Debouch. 2003. Growth, gas exchange, water relation and Ion composition of phaseolus species grown under saline conditions. *Field Crops Research* 80**:**207-222.
7. Boggini, G., M. A. Doust, P. Annichiarico and L. Pecetti. 1997. Yielding ability, yield stability and quality of exotic durum wheat germ plasm in salinity. *Plant Breeding* 116:541-545.
8. Dadashi M. R., L. Majidi Hervan, A. Solati, A. A. Noorinia. 2007. Evaluation of different genotypes of barley to salinity stress. *Journal of Agricultural Science* 181-190. (In Farsi)
9. Emam, Y. 2007. Cereal Production (3rd Edition). Shiraz University Press. Shiraz. (In Farsi)
10. Fricke, W. and W. S. Peters. 2002. The biophysics of leaf growth in salt-stressed. A study at the cell level. *Plant Physiology* 129: 374-388.
11. Francois, L. E., C. M. Grieve, E. V. Mass and S. M. Lesch. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Agronomy Journal* 86 (1): 100-107.
12. Garcia, D. E. L., L. F. Moral, J. M. Ramos and M. P. Jimenxtejada. 1999. Relationships between vegetative growth, grain yield and grain protein content in six winter barley cultivars. *Canadian Journal of Plant Science* 65:523-532.
13. Grive, G. E. 1993. Leaf and spikelet primordial protein synthesis in barley roots. *Plant Physiology* 183:517-524.
14. Heidari-Sharifabadi, H. and N. Mirzaie. 2006. Salinity-induced growth and some metabolic changes in three Salsola spices. *Journal of Arid Environments* 67:715-720.
15. Hein, D. T., M. Jacobs and G. Angenon. 2003. Proline accumulation and Δ^1 pyrroline 5 carboxylate synthetase gene properties in three rice cultivars differing in salinity and drought to lerance. *Plant Science* 165:1059-1068.
16. Houshmand, S., A. Arzani, S. A. Maibody and M. Feizii. 2005. Evaluation of salt tolerant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments. *Field Crops Research* 91:345-354.
17. Hurkman, W. J., H. Tao, C. K. Tanaka. 1991. Germin like polypeptides increase in barley roots during salt stress. *Plant Physiology* 97:366-374.
18. Jahanbin S. 2003. Effect of drought, temperature and salinity stress on physiological traits and yield of naked barley genotypes. PhD. Thesis, Tarbiat Modarres University, Iran. (In Farsi)
19. Kamalnejad, J., S. Farrahi-Aschtiani and F.Ghanati. 2006. The effects of salinity and potassium on growth and proline accumulation in two barley cultivars. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 13(1): 58-66. (In Farsi).
20. Kawasaki, S., C. Borchert, M. Beyholos, H. Wang, S. Brazille and K. Kawai. 2001. Geneexpression profiles during the initial phase of salt stress in rice. *Plant Cell* 13:889-905.
21. Khan, M. A., I. A. Ugar, A. M. Show Walter and H. D. Dewald. 1991. NaCl- induced accumulation of glycine betaine in four subtropical halophytes from Pakistan, *Physiologiae Plantarum* 102:487-492.
22. Khan, M. A. 2001. Experimental assessment of salinity tolerance of *ceriops tagal* seedlings and saplings from the Indus delta. *Aquatic Botany* 70 (3):259-268.
23. Koval, V. S. and S. F. Koval. 1996. Disorted segregation of marker genes in barley (*Hordeum vulgare*). *Doklady Akademii Nauk (Moscow)* 348: 279–281.
24. Lacerda, C. F., J. Cambraria, M. A. Olive, H. A. Ruiz and J. T. Prisco. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotype under salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 49:107-120.
25. Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227**:**680-685.
26. Lauchi, A. and E. Epesetin. 1984. Mechanism of salt tolerance in plants. *California Agriculture* 38:18-25.
27. Kalaji, M., H. Govindjee, K. Bosa, J. Koscielniak and K. Zuk-Golaszewska. 2011. Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO_2 assimilation of two Syrian barley landraces. . *Environmental and Experimental Botany* 73:64-72.

www.SID.ir

Archive of SID

28. Mass, E. V. and C. M. Grieve. 1990. Spike and leaf development in salt stressed wheat. *Crop Science* 30:1309-1313.
29. Meneguzzo, S., F. Navariizzo and R. Izzo. 2000. NaCl effects on water relations and accumulation of mineral nutrients in shoots, roots and cell sap of wheat seedling. *Plant Physiology* 156:711-716.
30. More, S. D., D. S. Hangarge, C. V. Raghavaiah and B. M. Joshi. 2004. Performance of different safflower, carthamus tinctorius L. genotypes with varied soil salinity levels. *Journal of Oilseeds Research* 21:196-197
31. Mirmohamadi Meibodi, S. A. M. and B. Ghareyazi. 2002. Phisiological and Breeding Aspects of Salinity Stress in Crops. Isfahan University of Technology Press. Isfahan. (In Farsi).
32. Misra, S., Y. Wu, G. Venkataraman, S. Sopory, N. Tuteja. 2007. Heterotrimeric G-protein complex and G-protein-coupled receptor from a legume (*Pisum sativum*): role in salinity and heat stress and cross-talk with phospholipase C. *Plant Journal* 51(4): 656-669.
33. Munns, R., R. A. Hare, R. A. James and G. J. Rebetzke. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 51:69-74.
34. Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole plant responses to salinity. *Plant Physiology* 13:143-160.
35. Nabizadeh Marvdasht, M. R., M. Kafi and M. H. Rashed Mohasel. 2003. Effect of salinity on growth, yield, collection of mineral and percentage of green cumin essence. *Journal of Iran Arable Stud*y 1: 53-59. (In Farsi)
36. Naseer, S. 2001. Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) at various growth stages to salt stress. *Journal of Biological Science* 1: 326-329.
37. Netondo, G. W., J. C. Onyango and E. Beck. 2004. Sorghum and Salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science* 44:806-811.
38. Rahimian., H. and M. Banayan. 1996. Physiological Principles of Plant Breeding (Translation). Jahad Daneshgahi Mashhad Press. Mashhad. (In Farsi).
39. Pakniat, H., A. Kazemipour and G. A. Mohamadi. 2003. Variation in salt tolerance of cultivated (*Hordeum vulgare* L.) and wild *(H. spontanum* C. Koch*)* barley genotypes from Iran. *Iran Agricultural Research* 22:45-62. (In Farsi)
40. Parida, A. K., A. B. Das, S. Yukika and M. Prasanna. 2004. Effects of salinity on biochemical components of the mangrove, Aegiceras corniculatum. *Aquatic Botany* 80:77-87
41. Parida, A. K. and A. B. Das. 2004. Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorous metabolism in a true mangrove bruguieva parviflora grown under hydroponics culture. *Plant Physiology* 161:921-928.
42. Perez-Lopez, U., A. Roberdo, M. Lacuesta, A. Mena-Petite and A. Munoz-Rueda. 2009. The impact of salt stress on the water status of barley plants in partially mitigated by elevated CO_2. *Environmental and Experimental Botany*. 66:463-470.
43. Raghav, C. S. and B. Pal.1994. Effects of saline water on growth, yield and yield contributory characters of various wheat *(Triticum aestivum* L.*)* cultivars. *Annals of Agricultural Research* 153:351-356.
44. Rascio, A., M. Russo, L. Mazzucco, C. Plantain, G. Nicastro and N. D. Fonz. 2001. Enhanced osmo tolerance of wheat selected for potassium accumulation. *Plant Science* 160:441-448.
45. Rodriguez, H. G., K. M. Roberts, W. R. Jordan and M. C. Drew. 1997. Growth, water relations and accumulation of organic and inorganic solutes in roots of maize seedlings during salt stress. *Plant Physiol*ogy 113:881–893.
46. Rozeff, N. 1995. Sugar cane and salinity, A review paper. *Sugar Cane* 5:8-18.
47. Sairam, R. K., K. V. Rao and G. C. Saivastava.2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress; antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science* 163: 1037-1046.
48. Santa Maria, G. E. and E. Epsetin.2001. Potassium sodium selectivity in wheat and amphiploid cross wheat xlophopym elongation. *Plant Science* 160:523-534.
49. Taghipour, F. and M. Salehi. 2008. The study of salt tolerance of Iranian barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in seedling growth stages. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 4(5): 525-529.
50. Takur, M. and A. D. Sharma. 2005. Induced proline accululation in germinating embryos: Evidence suggesting a role of proline in seed germination. 2005. *Journal of Arid Environments* 62:512-523.
51. Udea, A., A. Kathiresan, J. Bennett, T. Takabe. 2006. Comparative transcriptase analyses of barley and rice under salt stress. *Theoretical and Applied Genetics* 112:1286-1294.
52. Wang, Y. and N. Nil. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose bi phosphate carboxylase Oxygenase, Glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in amaranthus tricolor leaves during salt stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 75:623-627.

www.SID.ir