

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

فرحناز توکلی<sup>۱\*</sup>، سعید وزان<sup>۲</sup>، کریم سرخه<sup>۳</sup> و احسان شاکری<sup>۴</sup>

(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 به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود. نتایج نشان داد که تنش شوری صفات فیزیولوژیک مانند محتوای نسبی، کلروفیل a و b، میزان سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، غلظت پروتئین‌های محلول برگ‌گی و در نهایت، اجزای عملکرد را در ارقام جو مورد مطالعه تحت تأثیر قرار داد. در بررسی الگوی الکتروفورزی ارقام مورد بررسی، به تدریج با افزایش سطح شوری، به شدت باندهای پروتئینی افزوده شد، به طوری که باندهای پروتئینی با وزن مولکولی متفاوت در سطوح مختلف شوری مشاهده گردید. همچنین نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که افزایش میزان پرولین در رقم حساس بیشتر از رقم مقاوم بود. به طور کلی می‌توان بیان داشت: غلظت بیشتر یون پتاسیم و نسبت کمتر سدیم به پتاسیم در اندام هوایی و میزان کمتر پرولین محلول برگ‌گی می‌تواند به عنوان معیاری در انتخاب ارقام متحمل گیاه جو جهت کشت در شرایط تنش شوری مورد توجه قرار گیرد. همچنین شناسایی 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: farahnavakoli@gmail.com

## 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 به نظر 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، در واقع 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، مشخص گردید 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 اودا (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. بذره‌های هر رقم بعد از ضدعفونی، در

برادفورد و با استفاده از اسپکتروفوتومتری و براساس روش اتصال ماده کوماسی بریلانت بلو 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 بریلانت 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 در حالی که 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 به طوری که 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 و همکاران (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

گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۱۴ و قطر ۲۰ سانتی‌متر، حاوی ماسه، کود برگی و خاک مزرعه با نسبت مساوی کشت شدند. گلدان‌ها در گلخانه با دمای حداکثر  $25 \pm 2$  و حداقل  $22 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد (روز/شب) با حداقل ۱۲ ساعت روشنایی و رطوبت نسبی  $5 \pm 60\%$  نگهداری شدند. دوره تنش به مدت 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 نسبی آب 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 اسپکتروفوتومتر 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 اسپکتروفوتومتر به ترتیب در دو طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای تعیین مقدار کمی پروتئین از روش

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

منابع تغییرات	میانگین مربعات											
	درجه آزادی	سدیم	پتاسیم	سدیم/پتاسیم	کلسیم	منیزیم	پروکلین	محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	پروتئین
بلوک	۲	۱۷/۲۰**	۸/۱۰*	۲/۱۷**	۵۳/۶۰**	۴/۰۴**	۱۰۶/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>
شوری	۴	۱۵۳/۹۷**	۳۴/۸**	۰/۲۰ <sup>ns</sup>	۱۴/۹۱*	۴/۰۹**	۶۶۹/۴۰**	۰/۰۳۰**	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۲/۵۵**
ژنوتیپ	۱	۱۰۳/۹۴**	۱۹/۹۶**	۱/۲۱**	۲۶/۱۶*	۴/۰۶*	۱۵۰۳/۲۲**	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۵۱*
ژنوتیپ × شوری	۴	۹/۹۶**	۱/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۱/۶۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۲۶۳/۷۶**	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۱۰ <sup>ns</sup>
خطا	۱۸	۲/۱۲	۱/۴۳	۰/۰۸۱	۴/۷۹	۰/۰۴۹	۳۶/۵۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۱۱

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns غیر معنی دار

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

رقم	سطوح شوری	سدیم (mg/g)		پتاسیم (mg/g)		کلسیم (mg/g)		منیزیم (mg/g)		پروکلین (mg/g)		محتوای نسبی آب (%)		کلروفیل a (mg/g)		کلروفیل b (mg/g)		کلروفیل کل (mg/g)		پروتئین (mg/g)	
		سدیم	پتاسیم	سدیم/پتاسیم	کلسیم	منیزیم	پروکلین	محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	پروتئین									
شاهد	۱/۰۸ <sup>d</sup>	۱۸/۵۲ <sup>a</sup>	۰/۴۴ <sup>b</sup>	۸/۹۹ <sup>a</sup>	۴/۳۱ <sup>c</sup>	۷۸/۵۸ <sup>a</sup>	۲/۲۷ <sup>a</sup>	۱/۵۲ <sup>a</sup>	۳/۷۹ <sup>a</sup>	۲/۲۷ <sup>a</sup>	۳/۳۱ <sup>c</sup>	۷۸/۵۸ <sup>a</sup>	۲/۲۷ <sup>a</sup>	۱/۵۲ <sup>a</sup>	۳/۷۹ <sup>a</sup>	۲/۲۷ <sup>a</sup>	۳/۳۱ <sup>c</sup>	۱/۴۹ <sup>d</sup>			
۱۰۰	۶/۴۴ <sup>c</sup>	۱۴/۳۷ <sup>b</sup>	۰/۴۷ <sup>b</sup>	۷/۹۹ <sup>ab</sup>	۴/۸۷ <sup>bc</sup>	۷۳/۲۰ <sup>ab</sup>	۲/۲۶ <sup>a</sup>	۱/۴۸ <sup>a</sup>	۳/۷۴ <sup>a</sup>	۲/۲۶ <sup>a</sup>	۳/۶۳ <sup>ab</sup>	۷۳/۲۰ <sup>ab</sup>	۲/۲۶ <sup>a</sup>	۱/۴۸ <sup>a</sup>	۳/۷۴ <sup>a</sup>	۲/۲۶ <sup>a</sup>	۳/۵۶ <sup>a</sup>	۱/۸۸ <sup>d</sup>			
۲۰۰	۸/۷۴ <sup>b</sup>	۱۳/۷۳ <sup>b</sup>	۰/۷۷ <sup>ab</sup>	۶/۵۶ <sup>abc</sup>	۵/۶۰ <sup>b</sup>	۶۶/۰۴ <sup>b</sup>	۲/۲۳ <sup>a</sup>	۱/۳۳ <sup>a</sup>	۳/۵۶ <sup>a</sup>	۲/۲۳ <sup>a</sup>	۳/۵۶ <sup>bc</sup>	۶۶/۰۴ <sup>b</sup>	۲/۲۳ <sup>a</sup>	۱/۳۳ <sup>a</sup>	۳/۵۶ <sup>a</sup>	۲/۲۳ <sup>a</sup>	۳/۳۷ <sup>d</sup>	۲/۲۶ <sup>c</sup>			
۳۰۰	۹/۹۰ <sup>b</sup>	۱۳/۱۰ <sup>b</sup>	۰/۷۵ <sup>ab</sup>	۵/۵۸ <sup>bc</sup>	۵/۹۹ <sup>ab</sup>	۵۷/۰۶ <sup>c</sup>	۲/۲۲ <sup>a</sup>	۱/۸۵ <sup>b</sup>	۳/۳۷ <sup>d</sup>	۲/۲۲ <sup>a</sup>	۳/۶۰ <sup>b</sup>	۵۷/۰۶ <sup>c</sup>	۲/۲۲ <sup>a</sup>	۱/۸۵ <sup>b</sup>	۳/۳۷ <sup>d</sup>	۲/۲۲ <sup>a</sup>	۳/۳۷ <sup>d</sup>	۲/۷۷ <sup>b</sup>			
۴۰۰	۱۴/۹۶ <sup>a</sup>	۱۱/۵۰ <sup>c</sup>	۰/۸۵ <sup>a</sup>	۵/۳۶ <sup>c</sup>	۶/۴۱ <sup>a</sup>	۳/۷۸ <sup>a</sup>	۲/۰۹ <sup>b</sup>	۱/۱۴ <sup>b</sup>	۳/۵۰ <sup>a</sup>	۲/۰۹ <sup>b</sup>	۳/۷۸ <sup>a</sup>	۵۳/۴۷ <sup>c</sup>	۲/۰۹ <sup>b</sup>	۱/۱۴ <sup>b</sup>	۳/۵۰ <sup>a</sup>	۲/۰۹ <sup>b</sup>	۳/۲۱ <sup>a</sup>	۳/۲۱ <sup>a</sup>			
افضل	۱۳/۵۴ <sup>b</sup>	۷/۸۲ <sup>a</sup>	۰/۴۶ <sup>b</sup>	۵/۰۰ <sup>b</sup>	۵/۰۱ <sup>b</sup>	۶/۳۷ <sup>b</sup>	۲/۲۴ <sup>a</sup>	۱/۳۴ <sup>a</sup>	۳/۵۸ <sup>a</sup>	۲/۲۴ <sup>a</sup>	۶/۳۷ <sup>b</sup>	۷۲/۷۵ <sup>a</sup>	۲/۲۴ <sup>a</sup>	۱/۳۴ <sup>a</sup>	۳/۵۸ <sup>a</sup>	۲/۲۴ <sup>a</sup>	۳/۲۱ <sup>a</sup>	۲/۳۸ <sup>a</sup>			
لیگه ۵۲۷	۱۴/۶۴ <sup>a</sup>	۵/۹۵ <sup>b</sup>	۰/۸۶ <sup>a</sup>	۵/۷۴ <sup>a</sup>	۵/۸۷ <sup>a</sup>	۱۰/۰۹ <sup>a</sup>	۲/۱۹ <sup>b</sup>	۱/۳۱ <sup>a</sup>	۳/۵۰ <sup>a</sup>	۲/۱۹ <sup>b</sup>	۱۰/۰۹ <sup>a</sup>	۵۸/۵۹ <sup>b</sup>	۲/۱۹ <sup>b</sup>	۱/۳۱ <sup>a</sup>	۳/۵۰ <sup>a</sup>	۲/۱۹ <sup>b</sup>	۲/۱۹ <sup>b</sup>	۲/۱۹ <sup>b</sup>			

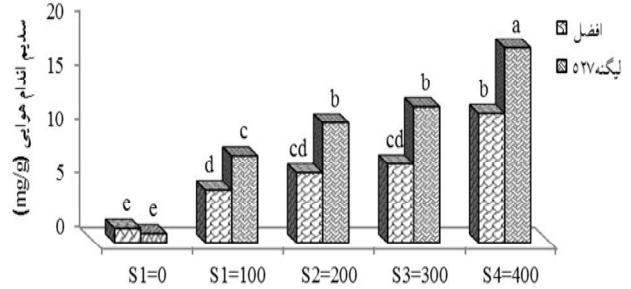
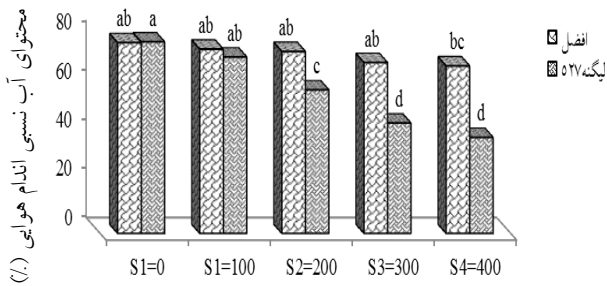
میانگین هایی که حروف مشترک دارند، بر اساس حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح پنج درصد اختلاف معنی دار ندارند.

صورت وجود غلظت مناسبی از کلسیم افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند به علت 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، به وجود 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 برگ‌گی 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 به دلیل 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 و اپستین (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 اسیدآمین 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.

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 کاهش می‌یابد (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



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

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

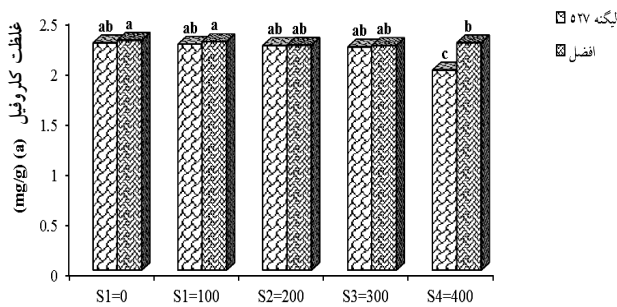
این کاهش در رقم حساس لیگنه ۵۲۷ بیش از افضل بود (شکل ۲). این کاهش می‌تواند ناشی از کاهش سرعت طویل شدن سلول‌ها و در نتیجه کاهش تورژسانس سلول‌ها و همچنین سخت و ضخیم شدن دیواره سلول‌ها باشد (۱۲).

### سطح برگ

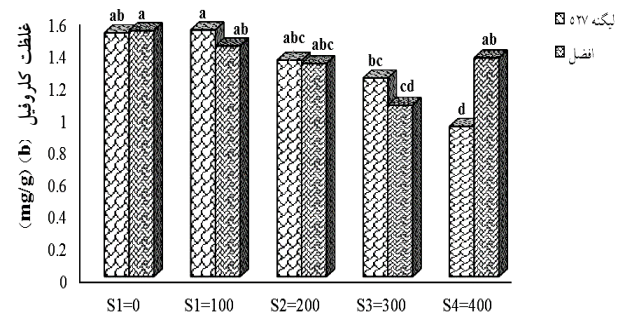
نتایج حاصل از پژوهش نشان داد اثر تنش شوری بر سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳)، هم‌چنین تنش شوری باعث کاهش سطح برگ شد (شکل ۲) که با نتایج وانگ و نیل (۵۲)، پاریدا و همکاران (۴۰) مطابقت دارد. میزان سطح برگ در ژنوتیپ افضل (متحمل) بیش از ژنوتیپ لیگنه ۵۲۷ (حساس) بود (جدول ۴). شوری به‌عنوان یک 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 آپوپلاست 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 محدود کردن گسترش سطح برگ گردید (۴۶).

### 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 نسبی آب 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 منجر به پژمردگی گیاه می‌شود (۱۰). به‌طور کلی محتوای آب نسبی ژنوتیپ‌های مورد بررسی با افزایش سطح شوری کاهش نشان داد که البته



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

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

## 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 به ذکر است که اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد تنها بین سطوح شوری ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی مولار بود که این موضوع می‌تواند به دلیل حساسیت یکسان کلروفیل a در هر دو رقم در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار باشد. نتونندو 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 به علت افزایش پرولین باشد که باعث می‌شود تا گلوتامات که پیش‌ماده سنتز کلروفیل است کمتر در سنتز آن نقش داشته باشد. همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است بیشترین کاهش مقدار کلروفیل a و b در هر دو رقم در سطح شوری ۴۰۰ میلی مولار به دست آمد، حتی در رقم افضل مقدار کلروفیل b در سطح تنش شوری ۴۰۰ میلی مولار نسبت به سطح ۳۰۰ میلی مولار 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 برگي در هر دو

تعداد دانه در سنبله در دو رقم مورد بررسی در سطوح تنش شاهد، ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار تفاوت معنی داری 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 به علت تنش اسمزی است و در تنش های بلندمدت به علت ورود نمک زیاد در گیاه تنش های دیگری نظیر سمیت و عدم تعادل یونی به تنش اسمزی اضافه می گردند (۳۳ و ۴۷).

### بررسی الگوی الکتروفورزی پروتئین ها

متداول ترین شیوه در مقایسه کیفی پروتئین ها مطالعه نوارهای الکتروفورزی به شمار می رود. 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 غلظت های ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی مولار تشکیل گردید. با افزایش سطح شوری از ۱۰۰ به ۴۰۰ میلی مولار، باند پروتئینی به وزن مولکولی ۲۰۷/۱ کیلودالتن با شدت بیشتری بیان گردید. لازم به ذکر است که در غلظت های مختلف نمک با افزایش سطح شوری باندهای پروتئینی با شدت بیشتری بیان گردید و تظاهر باندها در غلظت های بالاتر نمک در ژئوتیپ مقاوم افزایش یافت. تعداد زیاد پروتئین های مختلف تحت شرایط تنش می تواند پاسخ فیزیولوژیک در کنار تحمل به تجمع یونی، تعادل اسمزی، پایداری نسبت سدیم به پتاسیم و یا پیام های 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 پروتئین های اندام هوایی در گیاه نخود سبز شد. بیشتر ژن های کد کننده پروتئین های مورد مطالعه مربوط به گروهی هستند که تظاهر آنها به وسیله تنش افزایش می یابد. در واقع آنها mRNA را افزایش می دهند و سطح آن را بالا نگه می دارند تا تنش برطرف شود (۳۱).

جدید ناشی از بروز ژن های مقاومت به تنش و یا کاهش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده پروتئین می باشد. 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 سنبلك در سنبله مربوط به تیمار شاهد و کمترین تعداد سنبله مربوط به سطح شوری ۴۰۰ میلی مولار بود (جدول ۴). برطبق گزارش مس و گریو (۲۸) و راگها و پال (۴۳) در اثر تنش شوری تعداد کل سنبله و سنبلك 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 می شود. هم چنین مقایسه میانگین بین سطوح مختلف شوری حاکی از کاهش تعداد دانه در سنبله با افزایش تنش شوری است.

به طور کلی 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، به طوری که بیشترین میانگین مربوط به تیمار شاهد و کمترین میانگین مربوط به سطح شوری ۴۰۰ میلی مولار بود (جدول ۴). نتایج به دست آمده با نتایج آزمایشات الطهیر و همکاران (۲) مطابقت داشت. نبی زاده 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 به منظور مقابله با تنش شوری بیان کردند. فرانکوئیس و همکاران (۱۱) اظهار داشتند که شوری به دلیل 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 دانه ها وزن هزاردانه را کاهش می دهد.



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

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبلك در سنبله	سطح برگ		
۲/۷۲۶ <sup>ns</sup>	۲/۳۸۰ <sup>ns</sup>	۲/۵۳۳ <sup>ns</sup>	۱۸۷۷۳۰۰/۴۰ <sup>**</sup>	۲	بلوک
۵۸۷/۸۸۹ <sup>**</sup>	۷۳۰/۹۸۱ <sup>**</sup>	۶۱۲/۷۰۰ <sup>**</sup>	۳۴۹۰۴۲۳ <sup>**</sup>	۴	شوری
۳۷/۶۵۴ <sup>**</sup>	۲۴/۱۷۴ <sup>**</sup>	۱۲۸/۱۳۳ <sup>**</sup>	۸۷۳۷۲۰۲ <sup>**</sup>	۱	ژنوتیپ
۵/۵۴۷ <sup>**</sup>	۷/۵۳۳ <sup>**</sup>	۵/۱۳۳ <sup>ns</sup>	۱۵۲۴۳۹ <sup>ns</sup>	۴	ژنوتیپ × شوری
۰/۵۰۷۹	۰/۸۶۱	۲/۳۸۵	۸۶۳۳۱	۱۸	خطا

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی دار

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

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

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

### نتیجه گیری

مانند پرولین، به تنظیم تعادل یونی (نسبت سدیم به پتاسیم) وابسته است، البته انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه نیز ضروری به نظر 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.

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 برگ 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

## 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 (3<sup>rd</sup> 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  $\Delta^1$  pyrroline 5 carboxylate synthetase gene properties in three rice cultivars differing in salinity and drought to lernance. *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<sub>2</sub> assimilation of two Syrian barley landraces. *Environmental and Experimental Botany* 73:64-72.

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. Physiological 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 Study* 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. Kazempour and G. A. Mohamadi. 2003. Variation in salt tolerance of cultivated (*Hordeum vulgare* L.) and wild (*H. spontaneum* 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<sub>2</sub>. *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 Physiology* 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 acculation 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.