Archive of SID

مطالعه برخی خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش شوری از منابع کلرید سدیم و کلرید کلسیم

پیمان حسیبی[۱]، لژیا زندیه[۲]، ندا قائم مقامی[۳]، ندا رشیدی رضوان[۴]،حمید نجفی[۵] و فرزانه قائم مقامی[۶]

۱) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران
۲،۳،۴،۵و۶) دانشجویان کارشناسی مهندسی کشاورزی دانشگاه شهید چمران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۱۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۰۱**

چکیده

به منظور مطالعه برخی خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم گندم تحت تنش شوری این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی متعادل با سه تکرار در سال زراعی ۸۷-۸۸ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. فاکتور اول، رقم دارای دو سطح شامل ارقام استار و چمران و فاکتور دوم، آبیاری با آب شور دارای سه سطح آب معمولی، آب شور باغلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار از منابع شوری NaCl و $CaCl_2$ به نسبت مساوی بود. نتایج نشان داد بیشترین کاهش ماده خشک در سطح دوم تنش (۲۰۰ میلی مولار) در رقم استار بود. با افزایش سطح تنش کاهش هدایت روزنه ای در هر دو رقم مورد مطالعه بیشتر شد. بیشترین کاهش هدایت روزنه ای در سطح دوم تنش در رقم استار مشاهده شد. با افزایش شدت تنش میزان تجمع قندهای محلول در هر دو رقم افزایش یافت ولی بین ارقام تفاوتی مشاهده نشد. با اعمال تنش شوری میزان تجمع پرولین در هر دو رقم مورد مطالعه به طور معنی داری افزایش یافت. هر دو رقم توانایی نگهداری محتوای نسبی آب برگ (RWC) را در سطح بالایی به نمایش گذاشتند ولی با کاربرد سطح دوم میزان آن به طور معنی داری در هر دو رقم کاهش یافت. بیشترین میزان تجمع سدیم در سطح ۲۰۰ میلی مولار رقم چمران و کمترین مقدار سدیم در شرایط نرمال رقم چمران دیده شد. افزایش نسبت K/Na سبب افزایش معنی دار عدد SPAD شد، در حالی که کاهش RWC را به همراه داشت. در شرایط S_1 افزایش تجمع سدیم در برگ باعث کاهش شدید در نسبت K^+/Na^+ و عدد SPAD شد (۰/۸۲۸**- r^2=). در صورتی که با افزایش مقدار پتاسیم این نسبت افزایش یافت (۰/۹۳۷**= r^2). در شرایط نرمال افزایش پتاسیم سبب نقل و انتقال بهتر قندها در گیاه شد ولی در شرایط تنش شدید افزایش مقدار پتاسیم نتوانست سبب انتقال قندها شود که احتمالاً می توان این پدیده را به عدم کارایی مناسب پمپ های قند بواسطه خسارت ناشی از تنش شوری شدید (۲۰۰ میلی مولار) نسبت داد. در تنش شدید شوری، افزایش بیوسنتز پرولین و قندهای محلول برگ می تواند سبب بهبود هدایت روزنه ای و محتوای نسبی آب و در نتیجه کاهش کمتر ماده خشک گیاه گندم شود؛ لذا می توان از آنها برای غربال کردن ژنوتیپ های گندم تحت تنش شوری بهره جست.

واژه های کلیدی: پتاسیم، پرولین، تنش شوری، سدیم، کل قندهای محلول، گندم ، هدایت روزنه ای.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شوری خاک یکی از عوامل محیطی است که توزیع و قابلیت تولید بسیاری از گیاهان زراعی مهم را دچار محدودی می کند (Ashraf and Foolad, 2005). در شرایط تنش های محیطی نظیر کم آبی و شوری کاهش ماده خشک می تواند به دلیل کاهش سطح برگ گیاه، کاهش فشار آماس سلول و کاهش میزان فتوسنتز باشد. شوری باعث ایجاد تنش اسمزی در ریشه گیاه می شود. گیاهان نیاز دارند که پتانسیل آب درونی را پایین تر از محیط اطراف ریشه نگه دارند تا فشار و جذب آب برای رشد تداوم داشته باشد. بنابراین وقتی صدمه اسمزی به ریشه وارد می شود که افزایش در فشار اسمزی محلول اطراف ریشه بوجود آید و در نتیجه پتانسیل آب خارجی کاهش یابد. در این مورد اثر ناشی از تنش آب باعث می شود غلظت نمک محیط اطراف ریشه بیشتر از غلظت نمک درون ریشه شود و پژمردگی و نهایتاً کاهش شادابی و رشد را به دنبال دارد (Munns and James, 2003). مقدار کاهش رشد گیاه تحت شرایط شوری بسته به نوع نمک، غلظت نمک، مرحله فیریولوژیکی گیاه، مدت زمانی که در معرض شوری قرار می گیرد و هم چنین گونه گیاهی متفاوت است (کاظمی،۱۳۸۳). Kingsbury و Epstein (۱۹۸۴) در بررسی بر روی چند رقم گندم بهاره گزارش کردند که عملکرد بیولوژیکی در ارقام مقاوم و حساس به طور معنی داری با افزایش شوری کاهش یافت. Chauhan و Prasad (۱۹۸۰) دریافتند که با افزایش شوری از عملکرد بیولوژیکی در گندم به طور معنی داری کاسته می شود. از طرف دیگر همتی (۱۳۸۲) نشان داد که در ژنوتیپ های گندم نان شوری ۸/۱ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم کاهش معنی داری در عملکرد بیولوژیکی نشان نداد اما سطح شوری ۱۱/۵ دسی زیمنس باعث کاهش معنی دار آن شد. همچنین در ژنوتیپ های گندم دوروم افزایش شوری در هر دو سطح کاهش معنی داری را در عملکرد بیولوژیکی باعث گردید.

قندهای محلول نقش مهمی در تنظیم اسمزی سلول به عهده دارند (Bolarin *et al.,* 1995). تغییرات غلظت کربوهیدرات ها در القای سازوکارهای تحمل در برابر تنش بسیار مهم است؛ زیرا این ترکیبات به طور مستقیم با واکنش های فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی و تنفس در ارتباط هستند McKersie و Leshem (۱۹۹۴) و Ahmadi و Niazi Ardekani (۲۰۰۶) دریافتند که کربوهیدرات های محلول به عنوان واکنش میان مدت به خشکی شاخصی برای تنظیم اسمزی در شرایط تنش می باشد. متابولیسم قندها به شکل نامطلوبی در گیاهان تحت تنش شوری تحت تاثیر قرار می گیرد (Dubey, 1997). نتایج برخی مطالعات نشان داد که شوری موجب تجزیه نشاسته و تجمع قندها در گیاهچه های برنج می شود. این افزایش با فعالیت بیشتر آنزیم هایی نظیر نشاسته فسفریلاز، ساکارز فسفات سینتاز و کاهش فعالیت اینورتاز بوده است، به علاوه فعالیت این آنزیم ها در ارقام حساس و متحمل برنج تحت تنش شوری متفاوت بوده است (Dubey and Rani, 1999). Antholine و همکاران (۱۹۹۳) اعلام کردند که انباشت قندهای محلول واکنش سریعی

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به تغییرات میزان محتوای نسبی آب (RWC) و پتانسیل آب برگ ها مـی باشـد. افـزایش در غلظـت سـاکارز و سـطح قندهای محلول تحت شرایط تنش شوری احتمالاً در سازگاری و ایجاد تحمـل بـه شـوری نقـش دارد و از بـین ترکیبـات آلـی مختلف، قندها بیش از ۵۰٪ مجموع مواد متشکله پتانسیل اسمزی را تشکیل می دهند(Geholt *et al.,* 2005).

در زمان وقوع تنش، گیاه با افزایش زیست ساخت اسیدهای آمینه ای مثل پرولین باعث حفـظ فشـار آمـاس و ادامـه رشـد سلول می گردد (McKersie and Leshem, 1994). تجمع پرولین و قندهای محلول در ارتباط بـا تنظـیم اسـمزی فعـال طی تنش هایی مانند شوری می باشد (Guichard *et al.,* 1997). در شرایط تنش شوری میزان تولید پرولین بـرای ایجـاد مقاومت در گیاه و شرکت در فرآیند تنظیم اسمزی افزایش می یابد (Vendruscolo *et al.,* 2007). افزایش میزان پـرولین در شرایط تنش یکی از معیارهای ایجاد مقاومت در گیاه به شمار می رود و پرولین می تواند نقش حفاظتی را برای پروتئین هـا و آنزیم ها در شرایط وقوع تنش داشته باشد (Kuznetsov and Shevykova, 1999). تغییرات غلظت پرولین به عنـوان شاخص تنش شوری و آبی تلقی می شود (Nicolas *et al.,* 1993). هیچ مدرک مستندی وجود نـدارد بـرای اینکـه نشـان دهد پرولین در گیاهان مقاوم بیشتر از گیاهان حساس به شوری، تجمع می یابد. در حقیقت بیشتر داده های موجـود متنـاقض هستند و نقش پرولین در مقاومت گیاهان به شوری تاکنون خوبی شناخته نشده اسـت. Hurry و همکـاران (۱۹۹۵) بـه ایـن نتیجه رسید که به طور کلی پرولین صرفاً می تواند برای یک ژنوتیپ خاص به عنوان ملاک تحمل در برابر تنش محسوب شـود و عمومیت دادن کاربرد آن برای واریته های مختلف یک گیاه همیشه امکان پذیر نیست. تغییرات غلظت پرولین بعنوان شاخص تنش شوری و آبی تلقی می شود (Nicolas *et al.,* 1993). پرولین به عنوان یک ترکیب اسمزی سازگار در ایجاد تحمل بـه شوری نقش دارد (Delauney and Verma, 1993). بسیاری از مطالعات نشان داده است که نقـش سـازگاری پـرولین بـه ادامه بقای گیاه مربوط می شود نه نگهداری رشد (Aspinal and Paleg, 2000).

کنترل روزنه ای از دست دادن آب، به عنوان یک رویداد اولیه در واکنش گیاهـان بـه کمبـود محتـوای آب ناشـی از تـنش شناخته می شود که منجر به محدودیت جذب کربن بوسیله برگ ها می شود (Cornic and Massacci, 1996). بالا بودن میزان درصد RWC در ژنوتیپ های متحمل به تنش می تواند به دلیل وجود برخی عوامـل کـم کننـده تلفـات آب از طریـق بستن روزنه ها و یا جذب بیشتر آب از طریق گسترش ریشه باشد. کاهش در فتوسنتز بخاطر تنش شوری می توانـد بـه خـاطر هدایت روزنه ای پایین تر، کاهش در جذب کربن و متابولیسم، کاهش توانایی فتوشیمیایی یا ترکیبی از همه این فاکتورها باشد.

سدیم عنصری است که برخلاف بسیاری از عناصر دیگر در اثر شوری در بافت ها تجمع مـی یابـد. تجمـع سـدیم در بافـت گیاهی رابطه مستقیمی با میزان فعالیت یا غلظت سدیم محیط دارد (محلوجی و اکبری، ۱۳۸۰). Sairam و همکاران (۲۰۰۲) در آزمایشات خود بر روی گندم دریافتند که مقدار سدیم برگ با افزایش شوری افزایش مـی یابـد، امـا ایـن افـزایش در ارقـام

www.SID.ir

Archive of SID

متحمل غیر معنی دار ولی در ارقام حساس معنی دار بود. یکی از مشخصه های تحمل به شوری در گیاهان توانایی در حفظ نسبت ثابتی از Na^+ و K^+ درون سلولی می باشد. در مقادیر بالای شوری مقدار یون های پتاسیم کاهش یافته و با سدیم جایگزین شده که این عمل علاوه بر به هم زدن تعادل یونی باعث اختلال در متابولیسم سلولی نیز می شود (Blumwald, 2000).

وظایف پتاسیم در گیاه شامل اثر کلوئیدی، افزایش هیدراسیون، فعال کردن آنزیم های فتوسنتزی، تنظیم اسمزی و نقش آن در باز و بسته شدن روزنه هاست (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۳). یون های پتاسیم در سلول های روزنه تجمع می یابد و باعث باز شدن روزنه ها می شود. با خارج شدن پتاسیم از روزنه، روزنه ها بسته می شوند. این نقش پتاسیم به علت تغییر تورژسانس سلول های محافظ، ناشی از تغیر پتانسیل اسمزی در این سلول ها می باشد (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۳). در مرحله ی گیاهچه ای در ارقام مقاوم به شوری جو مشاهده شده است که غلظت K^+ به طور معنی داری بالا و غلظت Na^+ و نسبت Na^+/K^+ پایین بود. Chen و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایش خود گزارش کردند شوری باعث افزایش مقدار Na^+ در ریشه و اندام های هوایی شده و نسبت K^+/Na^+ را در آن ها کاهش داده است. به دلیل افزایش ورود سدیم از طریق آوند آبکشی و یا نا کافی بودن ورود سدیم به واکوئول ها ی سلول های برگ ممکن است مقدار سدیم در آپوپلاست افزایش یابد، سدیم زیاد ممکن است از ورود پتاسیم ممانعت کند و به این وسیله به طور غیر مستقیم مانع از بارگیری آوندهای آبکش گردد.

Jamil و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کرد که سطح برگ ومیزان عدد SPAD با تنش شوری کاهش یافت. Delfine و همکاران (۱۹۹۹) بیان نمود که کاهش فتوسنتز تحت تنش شوری می‌تواند به علت کاهش در میزان کلروفیل باشد. (Singh and Dubey, 1995) بیان نمودند که کلروفیلاز ساختار کلروپلاست را متلاشی کرده و باعث عدم ثبات کمپلکس پروتئین رنگدانه‌ها شد. Rao و Rao (۱۹۸۱) گزارش کردند که تنش شوری میزان کلروفیل کل گیاه را با افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز کاهش داد.

روند روز افزون خسارت ناشی از تنش شوری به محصولاتی نظیر گندم، لزوم شناخت پاسخ های فیزیولوژیک در شرایط تنش شوری را آشکار می نماید. لذا درصورت درک بهتر پارامتر های تاثیر گذار بر عملکرد محصول می توان نسبت به غربال کردن ژنوتیپ های متحمل و حساس اقدام نمود. هدف از اجرای این آزمایش مقایسه ی ارقام گندم چمران و استار از لحاظ برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و تعیین ملاک هایی مناسب جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری در گندم بود.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی متعادل با سه تکرار در سال زراعی ۸۷-۸۸ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اجرا شد. در این آزمایش دو فاکتور مورد بررسی قرار گرفت. فاکتور اول، رقم دارای دو سطح شامل ارقام استار و چمران و فاکتور دوم، آبیاری با آب شور دارای سه سطح شامل آب مقطر، آب شور با غلظت ۱۰۰ میلی مولار(۹/۱ دسی زیمنس بر متر) و ۲۰۰ میلی مولار (۲۰ دسی زیمنس بر متر) از منابع شوری NaCl و CaCl2 به نسبت مساوی بود. برای هر تیمار دو گلدان در نظر گرفته شده و هر تکرار شامل دوازده گلدان و در مجموع در این آزمایش ۳۶ گلدان در نظر گرفته شد. اعمال تنش بعد از مرحله ۴ برگی (پنجه زنی) به صورت پلکانی و با ۱۰۰ میلی مولار (S_1) شروع تا به ۲۰۰ میلی مولار (S_2) رسید. نمونه برداری در مرحله بوتینگ (آبستنی) صورت گرفت. در هر گلدان بعد از کود پاشی با توجه به نتایج آزمون خاک ،۱۳ عدد بذر بعد از ضد عفونی با الکل ۵۰٪ به مدت ۲۰ ثانیه و سپس با هیپوکلریت سدیم ۲/۵٪ به مدت ۱۵ دقیقه و قارچ کش بنومیل دو در هزار به مدت ۳۰ ثانیه، کشت گردید. میزان کل قندهای محلول و نشاسته برگ ها با استفاده از ماده خشک گیاهی و با روش اشلیگل (روش فنل – اسید سولفوریک) و قرائت در طول موج ۴۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر ،هدایت روزنه‌ای به وسیله دستگاه پرومتر مدل ELE ساخت کشور انگلستان، اندازه گیری غلظت کلروفیل در مزرعه با استفاده از کلروفیل متر دستی SPAD-502 (مارک Minolta ساخت ژاپن)، RWC% به روش Ritchie و همکاران (۱۹۹۰)، اندازه‌گیری پرولین از بافت تر گیاهی به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) و اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم (درصد) به‌وسیله دستگاه فلیم فتومتر به‌روش Hamada و همکاران (19941994) اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش از نرم افزارهای آماری MSTATC (تجزیه واریانس) و SPSS (همبستگی بین صفات) و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین ها پس از محاسبه انحراف معیار (Standard Deviation)، با استفاده از ترسیم نشانگرهای میله ای خطای استاندارد (Standard Error Bars) میانگین سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

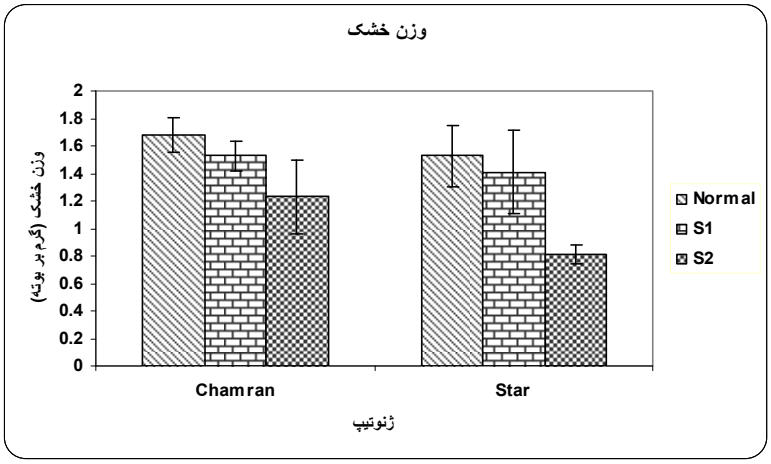
تاثیر تنش شوری بر ماده خشک کل

تجزیه واریانس داده های مربوط به کل ماده خشک جدول۱ نشان داد بین سطوح مختلف فاکتور اصلی (ارقام) تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت ولی میان تیمارهای مختلف شوری تفاوت آماری معنی داری در سطح ۱٪ مشاهده شد. با افزایش سطح تنش، میزان ماده خشک در ارقام مورد آزمایش کاهش یافت (شکل۱). مقایسه میانگین های ماده خشک ارقام در تیمارهای مختلف شوری نشان داد با افزایش سطح تنش در هر دو رقم مورد مطالعه میزان ماده خشک کاهش یافت. بیشترین

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش ماده خشک در سطح دوم تنش یا S_2 (۲۰۰ میلی مولار) در رقم استار مشاهده شد (شکل۱). در شرایط تنش شوری کاهش ماده خشک به سبب کاهش سطح برگ گیاه، کاهش فشار آماس سلول و کاهش میزان فتوسنتز رخ داد. نتایج به دست آمده با نتایج (Lawler and Cornic, 2002) و (Ashraf and Foolad, 2005) منطبق بود. احتمالاً تنش شوری باعث ایجاد یک تنش ثانویه اسمزی در ریشه گیاه شد. لذا به نظر می رسد که افزایش در فشار اسمزی محلول اطراف ریشه موجب کاهش پتانسیل آب در آن محیط و درنتیجه کاهش جذب آب توسط ریشه و در نهایت کاهش رشد و تجمع ماده خشک شده است. این نتایج با گزارش های (Munnes and James, 2003)، (Kingsbury and Epstein, 1984)، (Chauhan and Prasad, 1980) و همتی (۱۳۸۲) منطبق بود. کمترین میزان ماده خشک در رقم استار درسطح شوری S_2 و بیشترین میزان ماده خشک در سطح نرمال رقم چمران به دست آمد. در رقم چمران بین سطوح نرمال با S_1 (۱۰۰ میلی مولار) و همچنین S_1 و S_2 تفاوت معنی داری مشاهده نشد ولی بین سطح نرمال با S_2 تفاوت معنی دار بود (شکل۱). در رقم استار بین سطح نرمال با S_1 تفاوت معنی دار نبود ولی بین شرایط نرمال با S_2 و همچنین S_1 با S_2 تفاوت معنی داری وجود داشت . در بین سطوح نرمال دو رقم چمران و استار تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بین سطوح S_1 آنها نیز تفاوت معنی دار نبود ولی بین سطوح S_2در دو رقم تفاوت معنی دار بود (شکل۱).



شکل۱: مقایسه میانگین های وزن خشک ارقام

(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

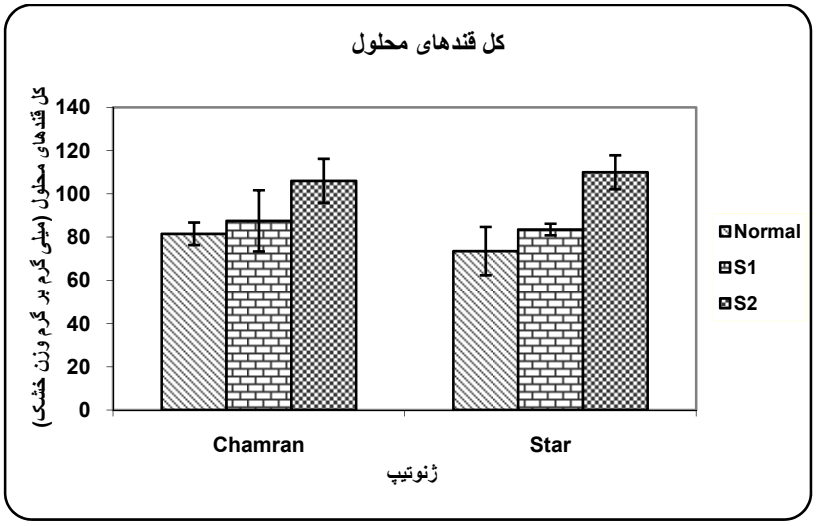
تاثیر تنش شوری بر مقدار کل قندهای محلول (TSS)

میان سطوح مختلف تنش از لحاظ کل قندهای محلول تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ مشاهده شد. ارقام از نظر این صفت فاقد تفاوت معنی دار بودند (جدول۱). با افزایش شدت تنش تجمع قندهای محلول در برگ نیز افزایش یافت (شکل۲). سطوح بالای شوری سبب افزایش تجمع کل قندهای محلول در هر دو رقم شد ولی بین ارقام تفاوتی مشاهده نشد. هر دو رقم توانایی

www.SID.ir

Archive of SID

یکسانی در افزایش تجمع این مواد محلول نشان دادند (شکل۲). ثابت شده است قندهای محلول نقش مهمی در تنظیم اسمزی سلول به عهده دارند (Bolarin *et al.,* 1995) و تغییرات غلظت این ترکیبات به طور مستقیم با واکنش های فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی و تنفس در ارتباط هستند (McKersie and Leshem, 1994). بیشترین مقدار قندهای محلول در سطح شوری S_2 در رقم استار و کمترین مقدار آن در سطح نرمال همان رقم به دست آمد. در رقم چمران بین سطح نرمال با S_1 تفاوت معنی دار نبود ولی بین نرمال با S_2 تفاوت معنی داری دیده شد. سطوح S_1 و S_2 نیز تفاوت معنی دار وجود نداشت. در رقم استار بین سطوح نرمال با S_1 تفاوت معنی دار نبود ولی بین شرایط نرمال با S_2 همچنین S_1 و S_2 تفاوت معنی دار وجود داشت (شکل۲). متابولیسم قندهای محلول در گیاهان تحت تنش شوری تحت تاثیر قرار گرفت، از طرفی تنش شوری موجب تجزیه نشاسته و تجمع قندها در گیاهچه های گندم شد. احتمالاً افزایش غلظت قندهای محلول به سبب فعالیت بیشتر آنزیم هایی نظیر نشاسته فسفریلاز، ساکارز فسفات سینتاز و کاهش فعالیت اینورتاز همراه بوده است. (Dubey and Rani, 1999) نتایج مشابهی را اعلام نمودند. این افزایش در غلظت قندهای محلول می تواند یک پاسخ نسبت به تغییرات میزان محتوای نسبی آب (RWC) و پتانسیل آب برگ ها ارزیابی شود زیرا افزایش در غلظت ساکارز و سطح قندهای محلول تحت شرایط تنش شوری به سبب بهبود وضعیت آب برگ در القای تحمل به شوری نقشی مهم بازی می نماید. این نتایج با آزمایش های (Geholt *et al.,* 2005) و (Antholine *et al.,* 1993) منطبق بود.



شکل۲: مقایسه میانگین های کل قندهای محلول ارقام

(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

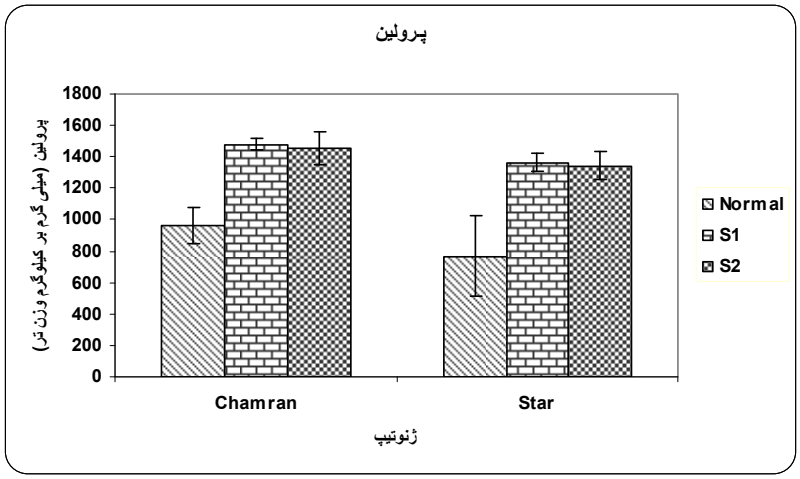
www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر شوری بر مقدار اسید آمینه پرولین

بین سطوح مختلف فاکتور رقم در سطح ۵٪ و میان سطوح مختلف شوری در سطح ۱٪ تفاوت آماری معنی داری از نظر تجمع اسید آمینه پرولین دیده شد. همچنین اثر متقابل رقم در تیمار تنش در سطح ۵٪ معنی دار شد (جدول۱). با اعمال تنش شوری میزان تجمع پرولین در هر دو رقم مورد مطالعه به طور معنی داری افزایش یافت (شکل۳). Guichard و همکاران (۱۹۹۷) گزارش های مشابهی منتشر کردند.

بیشترین میزان پرولین در سطح S_1 رقم چمران وکمترین میزان پرولین در سطح نرمال رقم استار مشاهده شد. در رقم چمران بین سطح نرمال با S_1 و نرمال با S_2 تفاوت معنی دار ولی بین S_1 با S_2 تفاوت معنی دار نبود. در رقم استار بین سطوح نرمال با S_1 و نرمال با S_2 تفاوت معنی دار ولی بین سطح S_1 با S_2 تفاوت معنی دار به دست نیامد (شکل۳). به نظر می رسد در گیاهان تحت تنش شوری، با افزایش زیست ساخت اسید آمینه پرولین باعث حفظ فشار آماس و ادامه رشد سلول گردیده است. البته نقش آنتی اکسیدانی پرولین در حفاظت از غشاهای بیولوژیک را نباید از نظر دور داشت. Patakas و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش مشابهی منتشر کردند. از طرفی تجمع پرولین و قندهای محلول در ارتباط با تنظیم اسمزی فعال طی تنش هایی مانند شوری ارزیابی می شود که با نتایج Guichard و همکاران (۱۹۹۷) منطبق بود. تغییرات غلظت پرولین به عنوان شاخص تنش شوری و آبی تلقی می شود (Nicolas *et al.*, 1993). پرولین به عنوان یک ترکیب اسمزی سازگار در ایجاد تحمل به شوری نقش دارد (Delauney and Verma, 1993). بسیاری از مطالعات نشان داده است که نقش سازگاری پرولین به ادامه بقای گیاه مربوط می شود نه نگهداری رشد (Aspinal and Paleg, 2000).



شکل۳: مقایسه میانگین های میزان پرولین ارقام

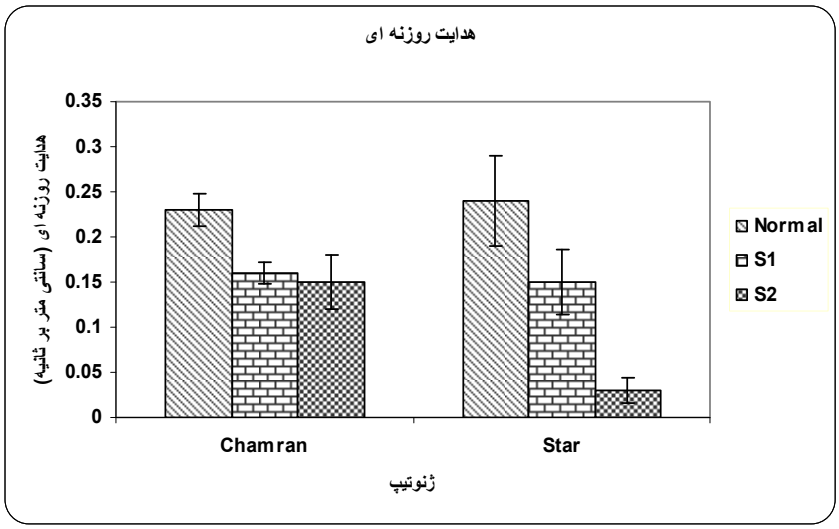
(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر شوری بر هدایت روزنه ای

ارقام مورد آزمایش از لحاظ هدایت روزنه ای دارای تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ بودند. همچنین میان سطوح مختلف تنش شوری تفاوت معنی دار هدایت روزنه ای در سطح ۱٪ مشاهده شد (جدول۱). اثر متقابل میان ارقام و تیمارهای شوری برای این صفت نیز در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری داشت (جدول۱). با افزایش سطح تنش کاهش هدایت روزنه ای در هر دو رقم مورد مطالعه بیشتر شد (شکل۴). مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین کاهش هدایت روزنه ای در سطح دوم تنش در رقم استار مشاهده شد (شکل۴). کنترل روزنه ای از دست دادن آب به عنوان یک رویداد اولیه در واکنش گیاهان به کمبود محتوای آب ناشی از تنش شناخته می شود که منجر به محدودیت جذب کربن بوسیله برگ ها می شود (Cornic and Massacci, 1996). بالا بودن میزان RWC در ژنوتیپ های متحمل به تنش می تواند به دلیل وجود برخی عوامل کم کننده تلفات آب از طریق بستن روزنه ها و یا جذب بیشتر آب از طریق گسترش ریشه باشد. کاهش در فتوسنتز به خاطر تنش شوری می تواند به دلیل هدایت روزنه ای پایین تر، کاهش در جذب کربن و متابولیسم، کاهش توانایی فتوشیمیایی یا ترکیبی از این فاکتورها باشد. بیشترین میزان هدایت روزنه ای در سطح نرمال رقم استار و کمترین آن در سطح S_2 رقم استار دیده شد. در رقم چمران سطح نرمال با هر کدام از سطوح S_1 و S_2 تفاوت معنی دار داشت، ولی S_1 با S_2 تفاوت نداشت. در رقم استار نیز بین سطوح نرمال با هر یک از دو سطح S_1 وS_2 تفاوت معنی دار مشاهده شد . همچنین S_1 با S_2 نیز تفاوت معنی دار نشان داد. در مقایسه دو رقم استار و چمران بین سطوح نرمال و S_1 تفاوت معنی داری مشاهده نشد ولی سطح S_2 آنها با یکدیگر تفاوت معنی دار داشت.



شکل۴: مقایسه میانگین های هدایت رورنه ای ارقام

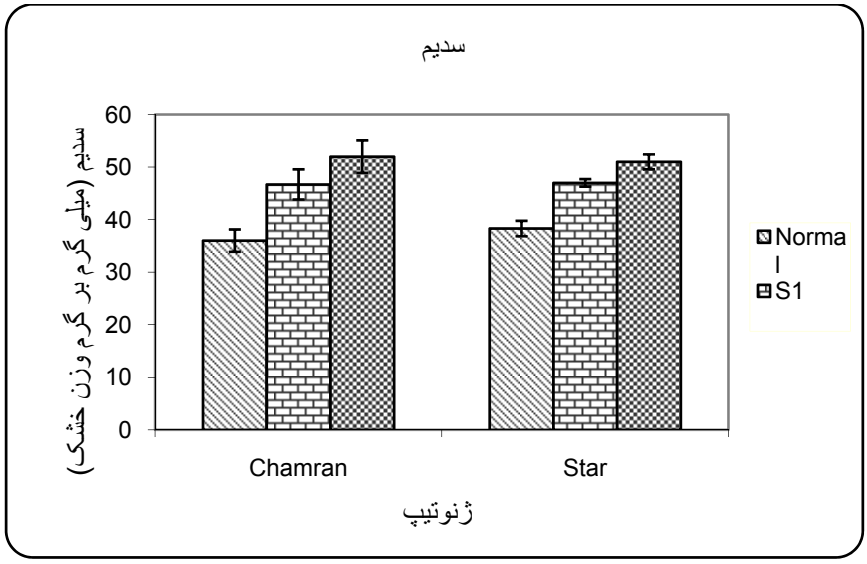
(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر تنش شوری بر مقدار سدیم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مقدار سدیم (جدول۲) اختلاف معنی داری بین ارقام و اثر متقابل رقم در سطوح شوری مشاهده نشد ولی در سطوح مختلف شوری در سطح ۱٪ تفاوت معنی دار دیده شد. بیشترین میزان سدیم در سطح S_2 رقم چمران و کمترین مقدار سدیم در سطح نرمال رقم چمران دیده شد. در رقم چمران بین سطح نرمال با دو سطح S_1 و S_2 تفاوت معنی دار وجود داشت ولی دو سطح S_1 و S_2 با یکدیگر تفاوت معنی دار نشان ندادند. در رقم استار تمام سطوح اعم از نرمال،S_1 و S_2 با یکدیگر تفاوت معنی دار نداشتند (شکل۵). تجمع سدیم در گیاهان گندم تحت تنش شوری رابطه مستقیمی با میزان غلظت سدیم در محیط ریشه داشت. در برخی آزمایش ها بر روی گندم مقدار سدیم برگ با افزایش شوری افزایش یافت، اما این افزایش در ارقام متحمل غیر معنی دار ولی در ارقام حساس معنی دار بود. محلوجی و اکبری (۱۳۸۰) و Sairam و همکاران (۲۰۰۲) گزارش های مشابهی داشتند. نباید از نظر دور داشت که یکی از مشخصه های تحمل به شوری در گیاهان توانایی در حفظ نسبت ثابتی از Na^+ و K^+ درون سلولی می باشد.



شکل۵: مقایسه میانگین های مقدار سدیم ارقام

(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

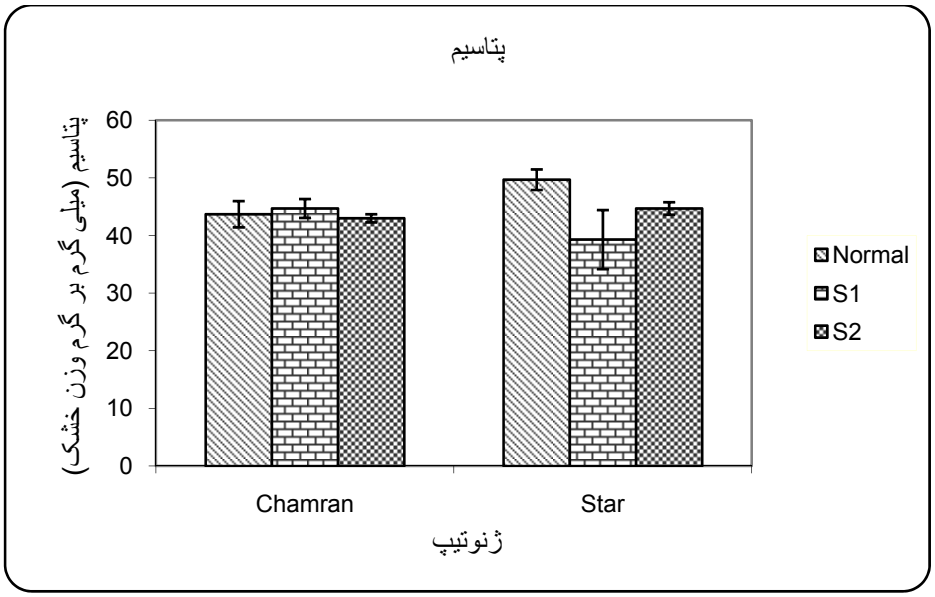
تاثیر تنش شوری بر مقدار پتاسیم

با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول۲ اختلاف معنی داری بین ارقام و سطوح مختلف شوری از لحاظ مقدار پتاسیم مشاهده نگردید ولی اثر متقابل رقم و سطوح مختلف شوری در سطح ۵٪ تفاوت داشت. بیشترین میزان پتاسیم در سطح نرمال رقم استار و کمترین مقدار پتاسیم در سطح S_1 همین رقم مشاهده گردید. در رقم چمران بین سطوح نرمال S_1 و S_2

www.SID.ir

Archive of SID

هیچ تفاوت معنی داری یافت نشد. در رقم استار بین سطح نرمال با S_1 تفاوت معنی دار وجود داشت ولی سطوح S_1 با S_2 و نرمال با S_2 تفاوت معنی داری نداشتند (شکل۶).



شکل۶: مقایسه میانگین های مقدار پتاسیم ارقام

(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

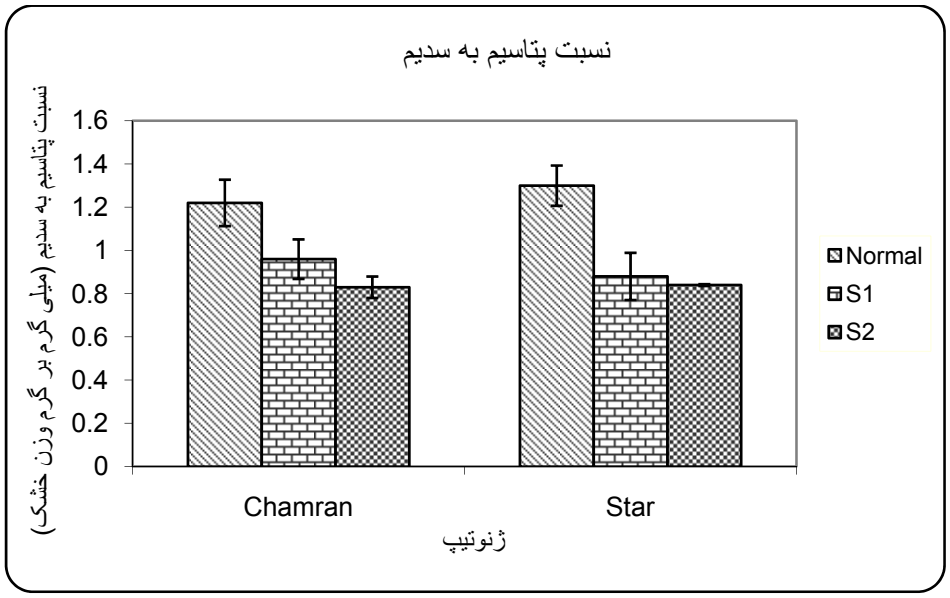
تاثیر تنش شوری بر مقدار نسبت K^+/Na^+

بر اساس نتایج تجزیه واریانس نسبت K^+/Na^+ (جدول۲) اختلاف معنی داری بین ارقام و اثر متقابل رقم در سطوح شوری مشاهده نشد. ولی در سطوح مختلف شوری در سطح ۱٪ تفاوت معنی دار دیده شد. بیشترین میزان K^+/Na^+ در سطح نرمال رقم استار و کمترین میزان در سطح S_2 رقم چمران بدست آمد. در رقم چمران بین سطح نرمال با S_1 و S_2 تفاوت معنی دار وجود داشت ولی S_1 با S_2 تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در رقم استار بین سطح نرمال با S_1 و S_2 تفاوت معنی دار بود، ولی S_1 با S_2 اختلاف معنی دار نداشت (شکل۷). نسبت های بالای K^+/Na^+ را می توان با دفع Na^+ به خارج از سلول و نیز مکان یابی آن در داخل سلول به ویژه در داخل واکوئل مرتبط دانست (Blumwald, 2004). در مرحله ی گیاهچه ای در ارقام مقاوم به شوری جو مشاهده شده است که غلظت K^+ به طور معنی داری بالا و غلظت Na^+ و نسبت Na^+/K^+ پایین بود (Tajbakhsh *et al.*, 2006). Chen و همکاران (۲۰۰۵) نیز در آزمایش خود گزارش کردند که شوری باعث افزایش مقدار Na^+ در ریشه و اندام های هوایی شده و نسبت K^+/Na^+ را در آن ها کاهش داد. مطالعات متعددی نشان دادند، زمانی که Na^+ یا Na^+/K^+ در محیط کشت افزایش یابد، کاهش شدیدی در جذب پتاسیم اتفاق افتاده و غلظت K^+ در بافت های گیاهی کاهش می یابد، این در حالی است که جذب سدیم در اندام هوایی افزایش یافت

www.SID.ir

Archive of SID

(Tardieu *et al.,* 1992). همچنین به وضوح ثابت شده است که ژنوتیپ های متحمل به شوری در گندم نسبت به ژنوتیپ های حساس به شوری جابجایی کندتر Na^+ از ریشه به اندام های هوایی را انجام می دهند (Schachtman and Munns, 1992). گیاهانی که تحمل شوری متوسطی دارند، توانایی بیشتری در دفع سدیم از ساقه و یا حداقل از پهنک برگ دارند و این وضعیت با نگهداری سطوح بالای پتاسیم مطابقت دارد، این همبستگی خصوصاً در گونه های گرامینه مشاهده شده است (Garcia *et al.,* 1997).



شکل۷: مقایسه میانگین های مقدار نسبت K/Na ارقام

(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

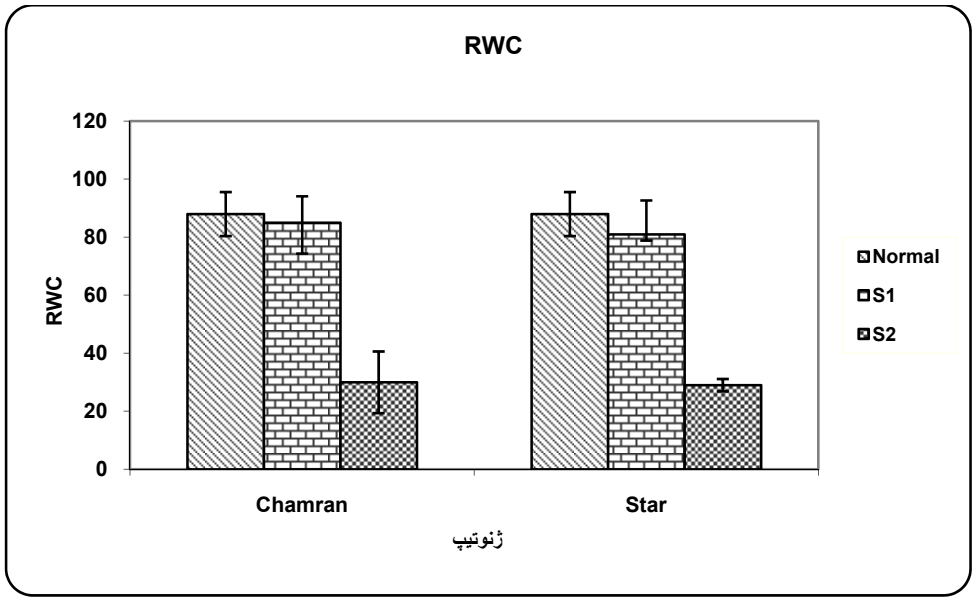
تاثیر شوری بر درصد محتوای نسبی آب برگ یا RWC

تجزیه واریانس داده های محتوای نسبی آب برگ (جدول۱) نشان داد میان سطوح مختلف تنش شوری تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ وجود داشت ولی ارقام از لحاظ این صفت فاقد اختلاف بودند (جدول۱). در سطح اول تنش (۱۰۰ میلی مولار) هر دو رقم توانایی نگهداری RWC % را در سطح بالایی به نمایش گذاشتند ولی با اعمال سطح دوم تنش مقاومت آنها شکسته شد و میزان مقاومت بطور معنی داری در هر دو رقم کاهش یافت. بین سطح اول تنش با شرایط نرمال تفاوت معنی داری دیده نشد (شکل۸). این نتایج با گزارش Jiang و Huang (۲۰۰۱) منطبق بود. بیشترین میزان RWC در سطح نرمال هر دو رقم و کمترین میزان RWC در سطح S_2 رقم استار مشاهده شد. در رقم چمران بین سطح نرمال با S_1 تفاوت معنی داری وجود نداشت ولی هر کدام از سطوح نرمال و S_1 با S_2 تفاوت معنی دار نشان دادند. در رقم استار نیز بین سطح نرمال با S_1 تفاوت معنی داری نبود، ولی هر کدام از این دو سطح با سطح S_2 تفاوت معنی دار داشتند (شکل۸). کمبود آب

www.SID.ir

Archive of SID

در گیاه می تواند با کاهش شادابی روزنه های برگ ها خود را نشان دهد، زیرا پتانسیل آبی خاک شور به وسیله پتانسیل اسمزی محلول های حل شده در سطح منفی تر قرار دارد. پتانسیل اسمزی داخل سلول از طریق افزایش مقدار مواد محلول کاهش منفی تر می یابد. در نبود چنین پاسخ هایی بافت گیاهی حالت شادابی خود را از دست داده و آب از دست می دهد. از این رو می توان گفت تنظیم اسمزی یک عکس العمل مستقل و مستقیم به کمبود آب نیست بلکه در نتیجه فاکتورهای دیگر نظیر کاهش نرخ رشد اتفاق افتاده است. به نظر می رسد جایگزینی یون سدیم به جای کلسیم در غشاء های سلول و اندامک های سلول نظیر کلروپلاست و واکوئل، انتخاب پذیری غشاء را دچار اختلال می نماید. علاوه بر وجود تغییرات ساختمانی و نفوذ پذیری غشاء ها، ترکیب شیمیائی آن ها نیز تحت تأثیر شوری قرار گرفته. همچنین احتمالاً میزان اشباع فسفولیپیدها با افزایش شوری زیاد شده، در نتیجه حالت سیالیت غشاء کاهش یافته و نهایتاً نشت آن افزایش پیدا کرده است. در این شرایط وظیفه غشاء های زیستی (از جمله تونوپلاست) مختل و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافته است.



شکل۸: مقایسه میانگین های% RWC ارقام

(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

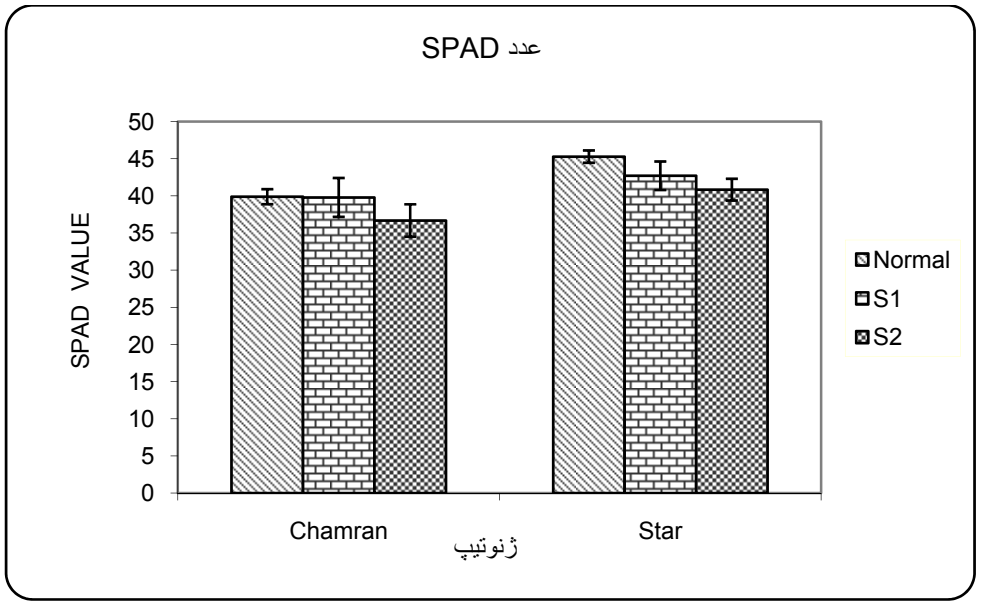
تاثیر شوری بر عدد SPAD

بر اساس نتایج تجزیه واریانس عدد SPAD جدول۲ در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری بین ارقام دیده شد ولی تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف شوری و اثر متقابل شوری و رقم یافت نشد. بیشترین میزان SPAD در سطح نرمال رقم استار و کمترین آن در سطح S_2 رقم چمران بدست آمد. در رقم چمران بین سطح نرمال با S_1 و S_1 با S_2 تفاوت معنی داری وجود نداشت، ولی بین سطح نرمال با S_2 تفاوت معنی دار بود. در رقم استار بین سطح نرمال با S_1 و سطح S_1 با S_2 تفاوت

www.SID.ir

Archive of SID

معنی دار نبود ولی سطح نرمال با S_2 تفاوت معنی داری داشت (شکل۹). نتایج بدست آمده با گزارش های Delfine و همکاران (۱۹۹۹)، Singh و Dubey (۱۹۹۵)، Rao و Rao (۱۹۸۱) مغایرت داشت. البته احتمالاً کاربرد همزمان کلرید کلسیم در این آزمایش تا حدودی نقش مخرب سدیم در برخی پارامتر های مورد ارزیابی را تعدیل نموده است.



شکل۹: مقایسه میانگین های مقدار عدد SPAD ارقام

(نشانگرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار است)

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات ماده خشک، کل قندهای محلول، پرولین، هدایت روزنه ای و RWC که در آن میانگین مربعات نشان داده شده است:

منابع تغییر	درجه آزادی	RWC%	هدایت روزنه ای	پرولین	کل قندهای محلول	وزن خشک
رقم	۱	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۷*	۸۸۴۸۰/۲ ns	۳۲ ns	۰/۰۲۶ ns
سطح شوری	۲	۰/۶۳۰**	۰/۰۳۱**	۵۹۲۷۳۶**	۱۵۰۰**	۰/۰۶۴**
رقم*سطح شوری	۲	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۸*	۳۶۸۳ ns	۵۶ ns	۰/۰۰۴ ns
اشتباه آزمایشی	۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲	۳۴۲۸۰/۳	۱۷۴/۵۴	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات		۱۲/۳۶	۱۵/۴	۱۵/۰۶	۱۴/۶۳	۱۵/۹۴

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns : فاقد اختلاف معنی دار.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات نشاسته، عدد SPAD، پتاسیم، سدیم و نسبت K/Na که در آن میانگین مربعات نشان داده شده است:

منابع تغییر	درجه آزادی	نشاسته	عدد SPAD	پتاسیم	سدیم	K/Na
Aفاکتور	۱	۱۷	۷۷/۵۰**	۲/۷۲	۱/۳۹	۰/۰۰۰۱
Bفاکتور	۲	۹۶۰/۸۵**	۱۴	۳۳/۱۷	۳۲۰/۷**	۰/۲۹۵**
A * B	۲	۷۳/۹۳	۱۰/۸	۴۹/۰۶*	۴/۲۲	۰/۰۱۹
اشتباه آزمایشی	۱۲	۷۹/۵	۶/۳۴	۱۲/۹۴	۸/۷۸	۰/۰۱۴
ضریب تغییرات		۲۵/۳۳	۶/۱۶	۸/۱۵	۶/۵۶	۱۱/۸۸

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns : فاقد اختلاف معنی دار.

همبستگی بین صفات در سطح اول تنش (۱۰۰ میلی مولار)

در سطح اول تنش (۱۰۰ میلی مولار) افزایش بیوسنتز پرولین سبب افزایش معنی دار ماده خشک کل(r^2= ۰/۷۹۶**) گردید (جدول۳). همچنین افزایش هدایت روزنه ای به واسطه تاثیر بر افزایش ورود دی اکسید کربن به بافت مزوفیل برگ، نقش موثری در افزایش ماده خشک داشت (r^2= ۰/۷۰۵**). افزایش کل قندهای محلول به طور معنی داری مقدار نشاسته را افزایش داد (جدول۳). در شرایط نرمال و بدون تنش شوری، به دلیل فعالیت نرمال آنزیم های درگیر در بیوسنتز نشاسته (ADP-گلوکز پیرو فسفریلاز و نشاسته سنتاز) و همچنین ادامه روند طبیعی نقل و انتقال قندها (ساکارز) از طریق فعالیت پمپ های آنتی پورتر سوکروز/ Pi، افزایش قندهای محلول موجب افزایش نشاسته گردید (حسیبی و همکاران، ۱۳۸۹). از طرفی تجمع زیاد سدیم در اندام هوایی سبب افزایش معنی دار قندهای محلول شد (r^2= ۰/۷۳۶**). با کاهش قندهای محلول و تجمع نشاسته، مقدار عدد SPAD افزایش یافت (r^2= -۰/۸۰۴**). زیرا مسیر بیوسنتزی کلروفیل وابسته به قندها بوده لذا در شرایط نرمال نشاسته با تبدیل به قند های محلول شرایط را برای افزایش کلروفیل فراهم کرده و در نتیجه کارآیی فتوسنتز را افزایش داد. به واسطه افزایش تجمع قندهای محلول مقدار محتوای نسبی آب (RWC) افزایش یافت. زیرا قندهای محلول با کاهش دادن پتانسیل اسمزی باعث بهبود وضعیت آبی در گیاه می شوند (جدول۳). با افزایش زیست ساخت پرولین، هدایت روزنه ای که دارای همبستگی بالایی با مقدار فتوسنتز می باشد افزایش نشان داد. افزایش تجمع سدیم در برگ باعث کاهش شدید در نسبت K/Na و عدد SPAD شد (r^2= -۰/۸۲۸**). در صورتی که با افزایش مقدار پتاسیم این نسبت افزایش یافت (r^2= ۰/۹۳۷**) و افزایش نسبت K/Na عدد SPAD را افزایش داد. همچنین بالا رفتن درصد RWC توانست بطور معنی

www.SID.ir

Archive of SID

داری در افزایش هدایت روزنه ای موثر باشد. مناسب بودن وضعیت آبی برگ (شرایط نرمال) سبب عدم وجود محدودیت در تعرق گیاه و فعالیت فتوسنتزی بیشتر می شود.

جدول ۳: همبستگی بین صفات در سطح اول تنش (۱۰۰ میلی مولار):

ردیف		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	ماده خشک	۱									
۲	قندهای محلول	-۰/۲۱۶	۱								
۳	نشاسته	۰/۱۱۸	۰/۵۹۳*	۱							
۴	پرولین	۰/۷۹۶**	-۰/۰۶۴	۰/۳۶۴	۱						
۵	سدیم	۰/۰۳۵	۰/۷۳۶**	۰/۴۴۷	۰/۱۰۰	۱					
۶	پتاسیم	۰/۰۶۵	-۰/۰۲۰	-۰/۴۲۰	۰/۲۷۰	-۰/۲۷۸	۱				
۷	هدایت روزنه ای	۰/۷۰۵**	-۰/۰۳۷۴	۰/۴۲۷	۰/۶۴۹*	-۰/۰۶۲	-۰/۴۶۴	۱			
۸	عدد SPAD	-۰/۳۵۷	-۰/۶۵۵*	-۰/۸۰۴**	-۰/۴۴۹	-۰/۸۲۸**	-۰/۴۰۶	-۰/۴۰۱	۱		
۹	RWC	-۰/۰۳۲	-۰/۵۴۶*	-۰/۱۴۳	۰/۰۱۸	-۰/۴۲۸	-۰/۴۸۰	۰/۵۰۶*	-۰/۰۳۲	۱	
۱۰	K/Na	۰/۰۵۸	-۰/۲۶۹	-۰/۴۸۷	۰/۲۰۷	-۰/۵۹۴*	/۹۳۷**	-۰/۳۵۲	۰/۶۲۲*	-۰/۲۲۸	۱

* و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

همبستگی بین صفات در سطح دوم تنش(۲۰۰ میلی مولار)

در سطح شوری ۲۰۰ میلی مولار، با افزایش مقدار قندهای محلول، پتاسیم و نسبت K^+/Na^+ و مقدار ماده خشک کل کاهش یافت (جدول۴). در صورتی که افزایش بیوسنتز پرولین، هدایت روزنه ای و RWC ، سبب افزایش معنی دار ماده خشک کل گردید. پرولین و قندهای محلول یک رابطه منفی و معنی دار با یکدیگر به نمایش گذاشتند، به گونه ای که افزایش یکی (پرولین) کاهش دیگری را (قندهای محلول) در پی داشت. با توجه به اینکه مسیر بیوسنتزی پرولین به شدت وابسته به قندها (گلوکز) می باشد لذا با افزایش بیوسنتز پرولین در تنش شدید شوری کاهش در میزان قندهای محلول قابل انتظار است. افزایش تجمع قندهای محلول بطور معنی داری مقدار سدیم را کاهش داد، همچنین مقدار RWC با افزایش تجمع قندها افزایش نشان داد (حسیبی و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش نسبت K/Na سبب تجمع زیاد قندهای محلول شد. از طرفی افزایش مقدار پتاسیم برگ مقدار نشاسته را افزایش داد. در شرایط نرمال افزایش پتاسیم سبب نقل و انتقال بهتر قندها در گیاه می شود ولی در شرایط تنش شدید افزایش مقدار پتاسیم نتوانست سبب انتقال قندها شود که احتمالاً می توان این پدیده را به عدم کارایی مناسب پمپ های قند به دلیل خسارت ناشی از تنش شوری شدید (۲۰۰ میلی مولار) دانست. افزایش تجمع نشاسته سبب کاهش هدایت روزنه ای (فتوسنتز) شد. احتمالاً به دلیل فشار مکانیکی وارد شده از سوی گرانول های درشت

www.SID.ir

Archive of SID

نشاسته به دستگاه فتوسنتزی، محدودیت در فعالیت فتوسنتزی گیاه حادث شد زیرا در شرایط تنش شدید شوری با مختل شدن فعالیت های آنزیمی و نقل و انتقال قندها، انباشت نشاسته در کلروپلاست می تواند سبب آسیب رساندن به دستگاه فتوسنتزی گردد. با افزایش تجمع سدیم، مقدار بیوسنتز پرولین افزایش یافت (r^2= ۰/۸۴۱**)، همچنین کاهش نسبت K/Na نیز مقدار این اسید آمینه را بالا برد (r^2= ۰/۸۲۶**). افزایش مقدار سدیم در برگ باعث کاهش نسبت K/Na شد (-۰/۸۶۱** =r^2). بالا رفتن مقدار پتاسیم در برگها، هدایت روزنه ای را کاهش داد، به نظر می رسد که پتاسیم با خروج از سلولهای محافظ روزنه و ورود به سیتوزول سلولهای مزوفیل برگ برای شرکت در فرایند تنظیم اسمزی، سبب بسته تر شدن روزنه ها گردیده است (جدول۴).

جدول ۴: همبستگی صفات در سطح دوم تنش (۲۰۰ میلی مولار):

ردیف		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	ماده خشک	۱									
۲	قندهای محلول	-۰/۵۸۲*	۱								
۳	نشاسته	-۰/۲۳۵	-۰/۱۸۱	۱							
۴	پرولین	۰/۶۴۱*	-۰/۵۷۶*	۰/۴۴۵	۱						
۵	سدیم	۰/۳۶۴	-۰/۵۷۴*	۰/۴۵۷	۰/۸۴۱**	۱					
۶	پتاسیم	-۰/۷۷۴**	۰/۱۷۴	۰/۷۴۶**	-۰/۰۳۶	۰/۱۹۸	۱				
۷	هدایت روزنه ای	۰/۸۰۲**	-۰/۲۱۹	-۰/۵۸۷*	۰/۰۳۴۶	-۰/۰۲۱	-۰/۸۳۴**	۱			
۸	عدد SPAD	-۰/۳۷۸	۰/۲۰۰	۰/۳۵۸	-۰/۲۱۲	۰/۱۶۳	۰/۳۷۲	-۰/۷۵۷**	۱		
۹	RWC	۰/۵۹۴*	-۰/۵۱۷*	۰/۲۹۱	۰/۳۹۶	-۰/۰۰۱	-۰/۳۲۲	۰/۳۲۷	-۰/۲۵۲	۱	
۱۰	K/Na	-۰/۷۵۱**	۰/۶۶۱*	-۰/۰۴۷	-۰/۸۲۶**	-۰/۸۶۱	۰/۳۲۷	-۰/۴۱۶	-۰/۰۵	-۰/۱۶۶	۱

* و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نتیجه گیری

با افزایش سطح تنش میزان ماده خشک در ارقام مورد آزمایش کاهش یافت. در سطح اول تنش افزایش بیوسنتز پرولین سبب افزایش معنی دار ماده خشک کل گردید. همچنین افزایش هدایت روزنه ای بواسطه تاثیر بر افزایش ورود دی اکسید کربن به بافت مزوفیل برگ، نقش موثری در افزایش ماده خشک داشت. در سطح شوری ۲۰۰ میلی مولار، با افزایش مقدار قندهای محلول، پتاسیم و نسبت K/Na و مقدار ماده خشک کل کاهش یافت. در صورتی که افزایش بیوسنتز پرولین، هدایت روزنه ای و RWC ،سبب افزایش معنی دار ماده خشک کل گردید. با افزایش شدت تنش تجمع قندهای محلول در برگ نیز افزایش یافت. هر دو رقم توانایی یکسانی در افزایش تجمع قندهای محلول نشان دادند. نتایج همبستگی بین صفات در شرایط نرمال نشان داد که افزایش قندهای محلول سبب کاهش معنی دار در مقدار سدیم برگ گردید. افزایش تجمع قندهای محلول

www.SID.ir

Archive of SID

بطور معنی داری مقدار سدیم را کاهش داد، همچنین مقدار RWC با افزایش تجمع قندها افزایش نشان داد. افزایش نسبت K/Na سبب تجمع زیاد قندهای محلول شد. از طرفی افزایش مقدار پتاسیم برگ مقدار نشاسته را افزایش داد. احتمالاً در شرایط نرمال و بدون تنش شوری، بواسطه فعالیت نرمال آنزیم های درگیر در بیوسنتز نشاسته (ADP-گلوکز پیرو فسفریلاز و نشاسته سنتاز) و همچنین ادامه روند طبیعی نقل و انتقال قندها (ساکارز) از طریق فعالیت پمپ های آنتی پورتر سوکروز/ Pi ، افزایش قندهای محلول موجب افزایش نشاسته گردید. با افزایش سطح تنش کاهش هدایت روزنه ای در هر دو رقم مورد مطالعه بیشتر شد. در سطح اول تنش با افزایش زیست ساخت پرولین، هدایت روزنه ای که دارای همبستگی بالایی با مقدار فتوسنتز می باشد افزایش نشان داد. در شرایط S_1 بالا رفتن درصد RWC توانست بطور معنی داری در افزایش هدایت روزنه ای موثر باشد. در شرایط نرمال با افزایش مقدار سدیم نسبت K/Na بطور معنی داری کاهش یافت. در شرایط نرمال افزایش پتاسیم سبب نقل و انتقال بهتر قندها در گیاه شد ولی در شرایط تنش شدید افزایش مقدار پتاسیم نتوانست سبب انتقال قندها شود که احتمالاً می توان این پدیده را به عدم کارایی مناسب پمپ های قند بواسطه خسارت ناشی از تنش شوری شدید(۲۰۰ میلی مولار) دانست. هر دو رقم توانایی نگهداری RWC % را در سطح بالایی به نمایش گذاشتند ولی با اعمال سطح دوم تنش مقاومت آنها شکسته شد و میزان آن بطور معنی داری در هر دو رقم کاهش یافت. بین سطح اول تنش با شرایط نرمال تفاوت معنی داری دیده نشد. بیشترین میزان RWC در سطح نرمال هر دو رقم و کمترین میزان RWC در سطح S_2 رقم استار مشاهده شد. بطور کلی می توان عنوان نمود که در تنش شدید شوری، افزایش بیوسنتز پرولین و قندهای محلول برگ می تواند سبب بهبود هدایت روزنه ای و محتوای نسبی آب و در نتیجه کاهش کمتر ماده خشک گیاه گندم شود؛ لذا می توان از آنها برای غربال کردن ژنوتیپ های گندم تحت تنش شوری بهره جست.

تشکر و قدر دانی

بدینوسیله از جناب آقای دکتر مختاری مدیر محترم مرکز رشد و فناوری خوزستان و همچنین جناب آقای دکتر غفوری معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران به دلیل حمایت های مالی جهت اجرای این پژوهش صمیمانه تشکر می گردد. همچنین از مدیریت محترم گروه و آزمایشگاه های فیزیولوژی و شیمی و تجزیه فرآورده های گیاهی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران بدلیل مساعدت هایشان قدردانی می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- **حسیبی، پ.، نبی پور، م. و مرادی، ف.، ۱۳۸۹.** بررسی نقش برخی محافظت کننده های سرمایی در القای تحمل تنش دمای پایین به گیاهچه های برنج. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد سوم، شماره اول، بهار ۱۳۸۹. صفحات ۳۹-۵۶.

- **کاظمی، ف.، ۱۳۸۳.** بررسی تاثیر سطوح مختلف شوری بر روند رشد،عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزای بهاره.پایان نامه کارشناسی ارشد. تولیدات گیاهی مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی کشاورزی رامین، دانشگاه شهید چمران اهواز. شماره ۹۶. صفحه ۱۸۵.

- **کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، ۱۳۷۳.** اکولوژی گیاهان زراعی، جلداول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۲۹۱.

- **محلوجی، م.، اکبری، م.، ۱۳۸۰.** اثر شوری آب بر عملکرد ارقام مختلف گندم در آبیاری بارانی. مجله نهال و بذر. جلد۱۷. شماره۲. صفحه ۱۸۲-۱۷۲.

- **همتی، ر.، ۱۳۸۲.** مقایسه شاخصهای تحمل در ژنوتیپهای گندم نان و دوروم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. صفحه ۲۰۵.

-Ahmadi, S.H. and Niazi Ardekani, J., 2006. The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight Canola (*Brassica napus*) cultivars. Irrig Sci 25: 11–20.

-Antholine, W.E., Hanna, P.M. and McMillin, D.R., 1993. Low frequency EPR of *Pseudomonas aeruginosa* Azurin. Biophys. J. 64:267-272.

-Ashraf, M. and Foolad, M.R., 2005. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223-271.

-Aspinall, D. and Paleg, L.G. 2000. Proline accumulation, physiological aspects. In: the physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic press .New York .pp:206-240.

-Bates, L.S., Waldern, R.P. and Tear, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant soil. 39:205-207.

-Blumwald, E., 2000. Sodium transport and salt tolerance in plants. Curr. Opin. Cell Biol. 12: 431-434.

www.SID.ir

Archive of SID

-Blumwald, E., 2004. Sodium transport and salt tolerance in plants. Department of Botany, University of Toronto, 25 Willcocks Street, Toronto, Ontario M5S 3B2, Canada; utoronto.ca. Current Opinion in Cell Biology, 12:431–434.

-Bolarin, N.C., Santa-Cruz, A., Cayuela, E. and Perez-Alfocea, F., 1995. Short-term solute changes in leaves and roots of cultivated and wild tomato seedlings under salinity. Journal of Plant Physiology. 147: 463–468.

-Chauhan, R.P.S. and Prasad, J., 1980. Salt tolrance of weat in relation to nature of salinity.department of agriculture chemistry.r.b.s.college,bichpuri,agra,india 283105.

-Chen, Z., Newman, I., Zhuo, M., Mendham, N., Zhang, G. and Shabala, S., 2005. Screening plants for salt tolerance by measuring K^+ flux:a case study for barely. Plant, Cell and Environment. 28, 1230-1246.

-Cornic, C. and Massacci, A., 1996. Leaf photosynthesis under drought stress. In: Photosynthesis and Environment. Ed. Baker, N.R. Kluwer Academic Publish. pp. 347–366.

-Delauney, A.J. and Verma, D.P.S., 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. Plant J. 4:215-223.

-Delfine, S., Alvino, A., Villana, M.C. and Loreto, F., 1999. Restriction to carbon dioxide and photosynthesis in spinach leaves recovering from salt stress. Plant Physiology,199: 1101-1106.

-Dubey, R.S., 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: Pessarakli, M. (ed): Handbook of photosynthesis. Marcel Dekker, New York. Pp. 857-875.

-Dubey, R.S. and Rani, M., 1999. Influence of NaCl salinity on growth and metabolic status of proteins and amino acids in rice seedling. J. of Agron. 162: 97-106.

-Garcia, A., Rizzo, C.A., UD-Din, J., Bartos S.L., Flowers, T.J. and Yeo, A.R., 1997. Sodium and potassium transpott to the xylem are inherited independentlyin rice, and the mechanisms of sodium:potassium selectivity differs between rice and wheat. Plant Cell and Environ. 20: 1167-1174.

-Geholt, H.S., Purohit, A. and Shekhawat, N.S., 2005. Metabolic changes and protein patterns associated with adaptation to salinity in *Sesamun indicum* cultivars. J. of Cell and Molecular Biol. 4: 31-39.

-Guichard, P., Peltier, J.P., Gout, E., Bligny, R. and Marigo, G., 1997. Osmotic adjustment in Fraxinus excelsior L: malate and mannitiol accumulation in leaves under: Drought conditions. Trees. 11:155– 161.

www.SID.ir

Archive of SID

-Hamada, A.M., and EL-enany, A.E., 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biologia Plantarum, 36: 75- 81.

-Hurry, V.M., Strand, A. and Tobiaeson, M., 1995. Cold hardening of spring and winter wheat and rape results in differential on growth, carbon metabolism and carbohydrate content. Plant Physiol. 109: 697-706.

-Jamil, M., Shafiq, U.R., Kui Jae, L., Jeong Man, K., Hyun-Soon, K. and Eui Shik, R., 2007. Salinity reduced growth PS_2 photochemistry and chlorophyll content in radish. Agriculture Science, 64(2): 111-118.

-Jiang, Y. and Huang, B., 2001. Osmotic adjustment and root growth associated with drought preconditioning- enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. Crop Science. 41: 1168-1173.

-Kingsbury, R.W. and Epstein, E., 1984. Selection of salt-resistant spring wheat. Crop Science. 24: 310- 314.

-Kuznetsov, V.I. and Shevykova, N.I., 1999. Proline Prolineunder stress: Biological role, metabolism, and regulation, Russian Journal of Plant Physiology. 46: 274-287.

-Lawlor, D.W. and Cornic, G., 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, cell and Environment. 25:275 – 294.

-McKersie, B.D. and Leshem, Y.Y., 1994. Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers, London.

-Munns, R. and James, R.A., 2003. Screening method for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant Soil 253, 201-218.

-Nicolas, M.E., Munns, R., Samarakoon, A.B. and Gifford, R.M., 1993. Elevated carbon dioxide improves the growth of wheat under salinity .Aust .J. Plant Physiol. 20 (3): 349- 360

-Patakas, A., Nikolaou, N., Zioziou, E., Radoglou, K. and Noitsakis, B., 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines, Plant Science. 163(2): 361.

-Rao, G.G. and Rao, G.R. 1981. Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus spreng*) and Gingelley (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. Indian Journal of Experimental Biology, 19:768-770.

www.SID.ir

Archive of SID

-Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Haloday, A.S., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111.

-Sairam, R.K., Veerabharda, K. and Srivastava, G.C., 2002. Differential response of wheat genotype to long term salinity stress in relation to oxidative stress. Ontioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163: 1037- 1046.

-Schachtman, D.P. and Muuns, R., 1992. Sodium accumulation in leave of Triticum species that differ in salt tolerance .Aust .J. Plant Physiol. 9: 331- 340.

-Singh, A.K. and Dubey, R.S., 1995. Changes in chlorophyll *a* and *b* contents and activities of photosystems 1 and 2 in rice seedlings induced by NaCl. Photosynthetica, 31: 489- 499.

-Tajbakhsh, M., Zhou, M.X., Chen, Z.H. and Mendham, N.J., 2006. Physiological and cytological response of salt-tolerant and non-tolerant barley to salinity during germination and early growth. Australian Journal of Experimental Agriculture. 46: 555–562.

-Tardieu, F., Zhang, J. and Davies, W.J., 1992. Wheat information in conveyed by an ABA signal from maize roots in drying soil. Plant, Cell and Environ. 15: 185- 191.

-Tester, M. and Davenport, R., 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Ann. Bot. 91: 503- 527.

-Vendruscolo, E.C.G., Schuster, I., Pilegg, M., Scapim, C.A., Molinari, H.B.C., Marur, C.J. and Vieira, L.G. E., 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. Journal of Plant Phys. 164(10): 1367-1376.

www.SID.ir