Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 49, No 1, Spring 2018 (1-10)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.141641.654029

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۷ (ص ۱۰-۱)

بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی یونجه

زهره دیانت مهارلویی[۱] و کاظم پوستینی[۲*]
۱و ۲ . دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۱/۱٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/٦/۲۰)

چکیده

شوری خاک از جمله عامل‌های محدودکنندهٔ عملکرد گیاهان زراعی در جهان و ایران به شمار می‌رود. به‌منظور ارزیابی تأثیر غلظت‌های مختلف شوری (شاهد و ۱۲ دسی زیمنس بر متر) بر ویژگی‌های ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) و فیزیولوژیک ده رقم یونجه، آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. نتایج نشان داد، تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن گیاه، غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم رقم‌های مختلف یونجه شد و این کاهش در سطوح بالاتر تنش شوری، شدیدتر بود. میزان سدیم گیاه در نتیجه تنش شوری افزایش یافت. افزون بر این رقم‌های متحمل در مقایسه با رقم‌های حساس با بالا نگه‌داشتن نسبت پتاسیم به سدیم در شاخساره و ریشه عملکرد مناسب‌تری را در شرایط تنش شوری از خود نشان دادند. رقم‌های متحمل به شوری سدیم کمتری را به بافت‌های بالایی خود انتقال می‌دهند. غلظت یون پتاسیم اندام‌های هوایی همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۷٦۲) با مادهٔ خشک کل بوته داشت و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین مادهٔ خشک کل بوته و غلظت یون سدیم ریشه و اندام‌های هوایی (۰/۸۳۱-) وجود داشت و نسبت پتاسیم و سدیم اندام‌های هوایی در بین صفات مورد بررسی همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۸۳۵) را مادهٔ خشک کل بوته رقم‌ها نشان داد. با توجه به همبستگی منفی و معنی‌داری بین غلظت سدیم و سبزینه (کلروفیل) می‌توان گفت سوخت‌وساز (متابولیسم) گیاه تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های نورساختی، شوری، نسبت پتاسیم به سدیم، یونجه.

The effect of salinity on some physiological and biochemical characteristics of alfalfa

Zohreh Dianat Maharluei[1] and Kazem Poustini[2*]
1, 2. M.Sc. Student, Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Feb. 3, 2016 - Accepted: Sep. 10, 2016)

ABSTRACT

To evaluate the effects of different concentrations of salinity (control and 12 dS m^{-1}) on morphological and physiological aspects of 10 alfalfa cultivars, an experiment was conducted using a randomized complete block design with factorial treatments in three replications.The results showed that salinity stress significantly reduced dry matter, K^+/Na^+ ratio and shoot and root K^+ concentrations. The sodium concentration of the plants increased with salinity stress, and the salt tolerant cultivars showed lesser sodium transfer into their tissues resulting in a higher shoot and root K^+/Na^+ ratio compared to susceptible cultivars. K^+ concentration in shoot as well as shoot K^+/Na^+ ratio had significant positive correlations with shoot dry matter of 0.762^{**} and 0.835^{**} respectively. On the other hand there was a significant negative correlation between shoot dry matter and shoot Na^+ concentration (-0.831), showed the highest significant correlation with shoot dry matter. Therefore, it seems that among the traits studied, the Na^+ concentration in the shoot may be considered as an appropriate indicator for selection of salt tolerant alfalfa cultivars. The observed negative correlation between sodium concentration and the chlorophyll content (-0.551) indicate that the plant metabolism has been adversely affected by salinity stress.

Keywords: Alfalfa, Salinity, K/Na ratio, Photosynthetic pigments.

* Corresponding author E-mail: kpostini@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تجمع یون‌هایی مانند سدیم، پتاسیم، سولفات و کلر در محیط فراریشه (ریزوسفر)، به‌گونه‌ای که رشد و نمو طبیعی گیاه را مختل سازد را تنش شوری گویند (Ashraf & McNeilly, 2004). آب‌وخاک شور از مهم‌ترین عامل‌های محدودکنندهٔ تولید محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آیند (Homaee *et al*., 2002). شوری خاک چالشی است که حدود ۶ درصد از اراضی سطح جهان را تحت تأثیر قرار داده است. همچنین شوری ثانویهٔ ایجادشده توسط آبیاری با آب‌شور، حدود ۲۰ درصد از اراضی آبی جهان را شامل می‌شود (Munns, 2011; Chinnusamy, 2005). از مجموع ۲۳۰ میلیون هکتار از اراضی فاریاب حدود ۴۵ میلیون هکتار (۲۰ درصد) تحت تأثیر شوری هستند (FAO, 2005). شوری در ایران و بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، به‌عنوان یک چالش اساسی و عامل محدودکنندهٔ رشد، کیفیت و عملکرد گیاهان زراعی به‌شمار می‌آید (Sayyari & Mahmoodi, 2002). در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، افزایش تحمل به شوری به‌منظور تولید پایدار محصول امری حیاتی و ضروری است و می‌تواند منجر به ثبات عملکرد در خاک‌های شور شود (Munns *et al*., 2006). از میان تنش‌های محیطی خشکی و شوری گستردگی زیادی در اقلیم‌های مختلف زراعی دارند. گیاهان برای سازگاری از سازوکارهای متفاوتی مانند پدیدشناختی (فنولوژیک)، ساختاری (آناتومیک)، ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) و فیزیولوژیکی استفاده می‌کنند (Davenport *et al*., 2005; Moradi *et al*., 2003). محدودیت پتانسیل اسمزی ریشه که نتیجهٔ آن دسترسی نیافتن ریشه به آب کافی است، توانایی گیاه را برای جذب عنصرهای غذایی از محیط ریشه کاهش می‌دهد. افزون بر این اثر اسمزی، سمیت خاص ایجادشدهٔ ناشی از حضور نمک در خاک نیز می‌تواند به گیاه آسیب وارد کند (Greenway & Munns, 1980). ویژگی‌های فیزیولوژیکی متفاوت مانند جذب پتاسیم (K^+)، دفع و یا کده‌بندی یون‌های Na^+ و CL^- و تنظیم اسمزی از راه تجمع ترکیب‌های آلی با سازوکار تحمل به شوری در گیاهان زراعی به‌کلی مرتبط است (Zahid *et al*., 2002). نسبت بالای یون پتاسیم به سدیم و انتخاب پتاسیم در مقابل سدیم در شرایط تنش شوری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معیارهای انتخاب برای تحمل به شوری است (Ashraf & Ali, 2008). رقم‌ها و رگه (لاین)های متحمل به شوری، میزان سدیم و کلر کمتری در اندام‌های خود ذخیره کردند (Hibei *et al*., 2010).

یونجه (*Medicago sativa* L.) در بین گیاهان علوفه‌ای به دلیل کیفیت خوش‌خوراکی و غنی بودن از مواد پروتئینی و کانی به‌عنوان مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای جهان به شمار می‌آید (Yarnia *et al*., 2005). از وسعت پراکندگی یونجه می‌توان نتیجه گرفت که این گیاه قابلیت محصول‌دهی بالا را در دامنهٔ گسترده‌ای از نظر خاک و شرایط اقلیمی دارد و حتی در شرایط سخت آب و هوایی می‌تواند علوفه‌ای با کیفیت بالا تولید کند. حضور غلظت‌های بالای نمک در محلول خاک، یکی از مهم‌ترین موانع رشد گیاهان زراعی در سراسر جهان بود (Guilermo *et al*., 2000).

نیاز روز افزون تقاضای جهانی به غذا با افزایش جمعیت در جهان باعث شده است که متخصصان در جهت پیدا کردن روش‌هایی برای کاهش اثرگذاری‌های زیانبار شوری روی رشد و عملکرد گیاهان زراعی برآیند. راه‌های مناسب رویارویی با شوری در استفاده از روش‌های بهزراعی و بهنژادی منطقه است (Abrol *et al*., 1988). لذا به‌منظور افزایش یا حفظ تولید کشاورزی می‌بایست سازوکارهای تحمل به تنش‌ها شناخته شود تا با استفاده از آن‌ها تغییرپذیری ژنتیکی لازم برای افزایش تحمل در گیاهان زراعی اعمال شود و گیاهانی با سازگاری بالا به شرایط محیطی تولید و کشت شوند. شوری، هم تنش اسمزی و هم تنش‌های یونی را روی گیاهان ایجاد می‌کند (Munns *et al*., 2006). بنابراین با توجه به تأثیر زیانبار شوری و افزایش جمعیت و نیاز به غذا، هدف از انجام این آزمایش بررسی صفات ریخت‌شناختی و فیزیولوژیک و معرفی رقم‌های یونجهٔ متحمل تحت تنش شوری است.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار طراحی شد. تیمارهای آزمایش شامل ده ژنوتیپ یونجهٔ چندساله (قره‌یونجه، مهاجر، مراغه، نیک‌شهری، k16، k17، شیرازی، بمی، آباده، یزدی) و دو سطح شوری شاهد (آب معمولی با EC=۱/۵)، و ۱۲ دسی زیمنس بر متر بودند. گلدان‌های ۵ کیلوگرمی به‌طور یکسان با خاک رس و شن و کود حیوانی به ترتیب به نسبت ۲:۲:۱ پر شدند. کاشت با قرار دادن ده بذر در هر گلدان و در عمق ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متری خاک صورت گرفت. پس از سبز شدن در مرحلهٔ ۳ تا ۴ برگی تنک شده و در هر گلدان پنج گیاهچه نگه‌داشته شد. پس از کشت بذرها در گلدان‌ها، آبیاری گلدان‌ها با آب معمولی صورت گرفت و ۲۱ روز پس از کاشت و در مرحلهٔ رویشی اولیه (طول ساقهٔ بیشینه ۱۵ سانتی‌متر، بدون جوانه و گل) (Anderson *et al.*, 1997) با توجه به مراحل رشدی یونجه آبیاری با محلول کلرید سدیم انجام شد. برای حفظ شرایط عادی رشد و جلوگیری از اعمال ناگهانی تنش، گیاهان به‌تدریج در معرض تیمار محلول نمک قرار گرفتند. تا آخر آزمایش هر پنج روز یک‌بار به‌منظور اطمینان از دستیابی به شوری موردنظر در گلدان‌ها، از یک چند گلدان‌های اضافی برای کنترل هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک استفاده شد. به‌این‌ترتیب تیمار شوری یعنی ۱۲ دسی زیمنس بر متر از راه آبیاری با آب‌شور روی رقم‌های یونجه اعمال شدند (Shanon, 1984). در مرحلهٔ ۱۰درصد گلدهی چین اول، بوته‌ها پس از برداشت از محل طوقه قطع‌شده و بوته به دو قسمت ریشه و اندام‌های هوایی تقسیم و در آب مقطر شسته شدند و سپس به آون ۷۰ درجهٔ سلسیوس منتقل و به مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین شد. میزان یون‌های سدیم و پتاسیم در اندام‌های هوایی و ریشهٔ گیاه به روش Cuin *et al.* (2009) و غلظت پرولین از بافت تر گیاه به روش Bates *et al.* (1973) و محتوای سبزینهٔ (کلروفیل) a برگ‌ها در طول‌موج ۶۶۳ نانومتر به روش Meidner (1984) از بافت تر گیاه اندازه‌گیری شد. برای تجزیهٔ واریانس و تجزیهٔ داده‌ها از نرم‌افزار SAS و SPSS استفاده شد. آزمون مقایسهٔ میانگین به روش آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

مادهٔ خشک کل بوته

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد، سطوح مختلف شوری، رقم‌های مختلف، اثر متقابل شوری و رقم بر وزن خشک‌ریشه و شاخساره در سطح ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). تنش شوری روی وزن خشک‌ریشه و شاخساره تأثیر منفی گذاشته و این کاهش، در رقم حساس بیشتر بوده است. بیشترین وزن خشک شاخساره در رقم بمی در تیمار شاهد و کمترین در رقم قره یونجه با شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک در تیمار شوری در رقم‌های بمی، شیرازی، یزدی مشاهده شد (جدول ۲). که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در تجمع وزن خشک بافت‌های گیاهی و کاهش آن در شرایط شوری به‌احتمال‌زیاد، تفاوت در هزینهٔ انرژی سوخت‌وسازی (متابولیکی) و کاهش جذب کربن خالص را نشان می‌دهد که خود مرتبط با سازگاری ژنوتیپ‌ها با تنش شوری است (James *et al.*, 2002; Netondo *et al.*, 2004).

با در نظر گرفتن پاسخ رقم‌های مختلف به تنش با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که رقم مراغه کمترین تغییر در دو تیمار شاهد و شوری را دارد. بنابراین می‌توان این رقم را در زمرهٔ رقم‌های باتحمل نسبی قرار داد. و رقم‌های بمی و شیرازی بیشترین عملکرد در تیمار شوری و شاهد را داشتند و این رقم‌ها را می‌توان در زمرهٔ تحمل مطلق قرار داد (Shannon, 1984). تنش شوری روی وزن خشک‌ریشه و شاخساره تأثیر منفی گذاشته و این کاهش، در رقم حساس بیشتر بوده است (Mohamadi *et al.*, 2008). این نتایج با نتایج بررسی‌هایی که Khan *et al.* (1994) و Mohamadi *et al.* (2008) روی یونجه انجام دادند، تأیید شد. درنهایت شوری می‌تواند رشد ریشه را به‌سرعت متوقف کرده و بدین طریق ظرفیت جذب و

Archive of SID

www.SID.ir

انتقال آب و عنصرهای غذایی از خاک به‌سوی شاخساره را کاهش دهد. Smith *et al*. (2002) در نتایج بررسی‌های خود گزارش دادند، شوری سبب افزایش رشد و وزن خشک‌ریشهٔ یونجه می‌شود و انشعاب‌زنی ریشه‌ها نیز همبستگی بالایی با افزایش عملکرد نشان داد. درصورتی‌که کاهش رشد ریشه در شرایط شوری در گیاه گندم گزارش شده است. همچنین Asish & Bandhu (2005) با تحقیق روی توتون عنوان کردند، با افزایش سطح شوری کاهش معنی‌داری در زیست‌تودهٔ (بیوماس) برگ، ریشه و ساقه و افزایش نسبت ریشه به ساقه مشاهده شد. در این تحقیق نیز شوری باعث کاهش رشد ریشه شده است. نبود هماهنگی نتایج تحقیقات می‌تواند به علت رقم‌های مختلف و یا سطوح مختلف شوری باشد و این نیاز به بررسی بیشتری دارد.

توزیع یون سدیم

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ آماری غلظت یون سدیم در ریشه و شاخساره، نشان می‌دهد، بین سطح شاهد و شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و نیز بین رقم‌های مختلف در سطح ۱درصد، تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود (جدول۱). افزایش کلرید سدیم به محیط رشد موجب افزایش تجمع سدیم در اندام‌های هوایی و ریشه شد و این تجمع هم از لحاظ غلظت و محتوی در اندام‌های هوایی بیشتر از ریشه بود. رقم K17 نسبت به دیگر رقم‌ها بیشترین میزان سدیم در ریشه و اندام‌های هوایی در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس را داشت. البته میزان سدیم رقم‌های مهاجر و قره یونجه نیز شایان توجه بود (جدول ۲). یون سدیم باعث آسیب به غشا و ساختارهای یاخته، تخریب یا از کار افتادن پروتئین‌ها، اختلال در انتقال مواد نورساختی (فتوسنتزی) می‌شود (Munns & Tester, 2008). از دلایل اصلی سمیت یون سدیم درون‌یاخته، رقابت آن با یون پتاسیم بر سر محل‌های اصلی اتصال در فرآیندهای کلیدی سوخت‌وسازی مانند فعالیت‌های آنزیمی، ساخت (سنتز) پروتئین و فعالیت ریبوزوم‌ها است (Flowers, 2004). درصورتی‌که رقم‌های مقاوم به تنش شوری با کنترل تعادل در جذب سدیم از ریشه، تنظیم جریان آن درون‌یاخته و کنترل انتقال طولانی مسیر آن و همچنین کده‌بندی آن در یاخته و بافت‌ها، آسیب ناشی از تنش شوری کاهش می‌دهند (Flowers *et al*., 2008). بنابراین رقم‌های بمی، شیرازی و یزدی در شرایط تنش با دور نگه‌داشتن یاخته و فرآیندهای آن از یون سدیم از اثرگذاری زیانبار کاهش رشد سدیم جلوگیری کردند. تجمع بیشتر یون سدیم در ریشه نسبت به ساقه و برگ بوم‌جور (اکوتیپ)های یونجه در شرایط شوری، در بررسی‌های دیگر روی یونجه نیز گزارش شده است (Esechie & Rudriguez, 1998). با توجه به ارتباط منفی و معنی‌دار تجمع سدیم (۷۹/-) با تحمل به شوری رقم‌های می‌توان نتیجه گرفت که رقم‌های بمی و شیرازی که از ورود و انتقال سدیم به اندام‌های خود جلوگیری می‌کنند، توانسته‌اند وزن خشک بیشتری در ریشه و اندام‌های هوایی خود تجمع دهند، که این نتیجه در محتوای سدیم هم مشاهده شد (جدول ۲). در این آزمایش همبستگی منفی و معنی‌داری بین مادهٔ خشک کل و سدیم اندام‌های هوایی (۰/۸۱۳-) مشاهده می‌شود (جدول۳). نتایج مطالعات Mohamadi *et al*. (2008) و Rogers (2001) در بررسی تأثیر تنش شوری در یونجه و (Ashraf & Neilly, 2004) در کلزا (Cavalanti *et al*., 2007) در گیاه نخود گاوی، El-hendawy *et al*. (2005) با نتایج این آزمایش همخوانی داشت.

شوری و توزیع یون پتاسیم

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ آماری غلظت یون پتاسیم در ریشه و شاخساره، نشان داد که بین سطوح شوری و رقم‌های مختلف مورد استفاده در سطح ۱ درصد، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول۱). افزایش شوری محیط موجب کاهش غلظت یون پتاسیم در ریشه، ساقه و برگ گیاه یونجه می‌شود (جدول ۲) در نتایج یک بررسی که روی تأثیر تنش شوری بر رشد یونجه یا گونه‌های دیگر انجام شد نشان داده شد، غلظت پتاسیم در نتیجهٔ شوری کاهش یافته است (Esechie *et al*., 1998). در مورد محتوای یون پتاسیم جالب توجه است که محتوای پتاسیم شاخسارهٔ رقم

Archive of SID

www.SID.ir

متحمل به شوری شیرازی در بالاترین حد (۳۵/۲۱ گرم بر بوته) و مقایسهٔ آن با رقم حساس قره یونجه (۱۹/۱۲ گرم بر بوته) نشان می‌دهد، پتاسیم می‌تواند سهم شایان توجهی در تحمل به تنش شوری داشته باشد (جدول ۲). پتاسیم از اجزای تشکیل‌دهندهٔ شمار زیادی از ترکیب‌های مهم سوخت‌وسازی بوده و در بین مواد کانی، پتاسیم، عامل مهمی در کمک به بقای گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی که نقش مهمی در عملکرد فیزیولوژیکی گیاه بر عهده دارند، است (Siddiqui *et al*., 2010; Marschner, 2011). توانایی تجمع یون پتاسیم در اندام‌های گیاه، سبب افزایش تحمل به خشکی و شوری می‌شود، زیرا پتاسیم جزء مواد فعال اسمزی است که به جذب آب در یاخته‌ها و سراسر گیاه کمک می‌کند. فراوانی سدیم در خاک باعث آسیب به جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود (Turan *et al*., 2009). در نتایج دیگر بررسی‌ها نیز گزارش‌شده که پتاسیم به‌طور معنی‌داری موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط شوری می‌شود (Heidari & Jamshidi, 2010). ازآنجاکه پتاسیم از عنصرهای اصلی در تغذیهٔ گیاه بوده و در باز و بسته شدن روزنه‌ها سهیم است، بنابراین کمبود پتاسیم در گیاه می‌تواند نورساخت را محدود کند. بدیهی است که کاهش نورساخت، کاهش تولید مادهٔ خشک توسط گیاه را به دنبال خواهد داشت. در نتایج بررسی‌های پیشین نیز گزارش شده است که افزایش شوری محیط موجب کاهش غلظت یون پتاسیم در ریشه، ساقه و برگ گیاه یونجه می‌شود (Esechie *et al*., 1999).

شوری و نسبت K^+/Na^+

با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که رقم‌هایی که نسبت K^+/Na^+ بالاتری را دارند در شرایط شوری عملکرد بالاتری را از خود نشان دادند. شاخص نسبت پتاسیم به سدیم می‌تواند به‌عنوان معیار گزینشی استفاده شود گزارش شده که گیاهان دامنهٔ گسترده‌ای از رقم (واریته)های مختلف با نسبت‌های پتاسیم به سدیم را دارند. مشخص‌شده که این صفت توارث‌پذیری بالایی دارد. انتخاب‌پذیری پتاسیم به سدیم می‌تواند به‌عنوان یک شاخص قابل اطمینان برای تحمل شوری استفاده شود (Poustini & Siosemardeh, 2004).

بررسی‌های پیشین رقم‌های متحمل را رقمی معرفی کرده بودند که بتوانند دفع سدیمی بالا در شوری از خود نشان دهند، نسبت پتاسیم به سدیم را در بخش‌های مختلف خود به‌خوبی در حد شایان پذیرشی نگه دارند و از تجمع یون سدیم در بافت‌های جوان‌تر جلوگیری کرده آن را به بخش‌های پیرتر و غلاف‌ها انتقال دهند (Munns & James, 2003; Poustini & Siosemardeh, 2004; Zhu, 2001). بنابراین چنین به نظر می‌رسد، رقم‌های بمی، شیرازی و یزدی دراین‌بین ظرفیت بالایی دارند. درحالی‌که رقم‌هایی چون مهاجر و مراغه و قره یونجه چندان به شرایط شوری تحمل نشان ندادند. رقم متحمل که بالاترین میزان K^+/Na^+ را در اندام‌های هوایی داشت، وزن خشک بالاتری در اندام‌های هوایی داشت، که نشان می‌دهد، صفت نسبت پتاسیم به سدیم در شناسایی رقم‌های متحمل از حساس می‌تواند مؤثر باشد. این نتیجه با نتایج Mohamadi *et al*. (2008) و Ashraf & Ahmad (2000) در پنبه، و Poustini & Siosemardeh (2004) در گندم همخوانی دارد.

شوری و رنگدانه‌های نورساختی

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد، تیمار رقم، شوری و اثر متقابل شوری × رقم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد روی سبزینهٔ a داشت (جدول ۱). مشاهده شد که با افزایش سطوح شوری، سبزینهٔ a روند کاهشی داشت (جدول۲)، به‌طوری‌که بیشترین میزان سبزینهٔ a مربوط به رقم بمی، شیرازی و نیک شهری و یزدی و کمترین غلظت آن نیز مربوط به رقم k17 بوده است (جدول ۲). می‌توان چنین گفت، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز در واکنش به تنش شوری منجر به کاهش این رنگیزه‌ها شده و از سوی دیگر هورمون‌های بازدارندهٔ رشد مانند هورمون آبسزیک اسید و اتیلن که در شرایط تنش شوری افزایش می‌یابند، در افزایش فعالیت این آنزیم نقش داشته و موجب تخریب بیشتر سبزینه می‌شود. حضور سبزینه در یاخته‌ها و بافت‌های گیاهی نشانهٔ سوخت‌وساز است و میزان آن سطح سوخت‌وسازی

Archive of SID

www.SID.ir

یاخته را نشان می‌دهد (Viera Santos, 2004). کاهش کمتر سبزینه در رقم‌های متحمل نشان می‌دهد که تحمل به شوری در یونجه در سوخت‌وساز بالاتر یاخته‌های این رقم‌ها در مقایسه با رقم‌های شاهد را دارد (جدول۲). کاهش در میزان سبزینهٔ a در شرایط تنش شوری توسط محققان دیگر نیز در نتایج بررسی‌های آنان گزارش شده است (Mohamadi *et al*., 2008; Ashraf & Harris, 2004; Sudhir).

شوری و اسیدآمینهٔ پرولین

غلظت پرولین در همهٔ اندام‌های اندازه‌گیری‌شده در این بررسی تحت تأثیر رقم، شوری و اثر متقابل رقم×شوری قرار گرفت (جدول ۱). این نتایج از دو نظر شامل تأمل است نخست اینکه شوری موجب افزایش میزان پرولین‌شده و غلظت پرولین در شاخسارهٔ رقم‌های مختلف تحت شوری افزایش نشان داد. نتایج از این نظر یافته‌های بسیاری از تحقیقات پیشین را تأیید می‌کند. به‌عنوان مثال Ashraf (1989) نیز نشان داد، تجمع پرولین با مقاومت به شوری در *Vigna mungo* همبستگی منفی دارد. Mohammadi *et al*. (2008) با افزایش شوری غلظت پرولین برگ رقم‌های گندم افزایش یافت. جنبهٔ دوم واکنش به شوری اینکه در این آزمایش رقم‌های شناخته‌شده به‌عنوان متحمل به شوری غلظت بیشتری از پرولین در برگ‌ها را نشان دادند، به‌طوری‌که تحت تنش شوری بیشترین غلظت پرولین در رقم بمی و شیرازی و کمترین آن مربوط به رقم مهاجر، مراغه، قره یونجه و k17 بود (جدول۲) و نتایج از این نظر، نتایج شماری از تحقیقات پیشین را تأیید نمی‌کند به‌عنوان مثال Moftah & Michel (1987) نشان دادند، در سویا نمی‌توان از محتوای پرولین به‌عنوان یک شاخص مقاومت استفاده کرد. همچنین Tal & Shannon (1983) در نتایج بررسی‌های خود گزارش دادند، رقم‌های حساس گوجه‌فرنگی میزان بیشتری پرولین را در خود تجمع می‌دهند. لازم به یادآوری است که تجمع پرولین همواره نشانه‌ای از آسیب بافت نیست. در این تحقیق بین تجمع پرولین و غلظت یون سدیم همبستگی مثبت بالایی وجود داشت (۰/۹۴۱) و همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پرولین و عملکرد (۰/۵۰۰) مشاهده شد، این رابطه در نتایج بررسی‌های پیشین نیز دیده شد (Siddiqui *et al*., 2012). در بررسی‌های انجام‌شده توسط محققان تجمع پرولین در حضور نمک‌های K_2SO_4 یا KCl افزایش نیافت درحالی‌که، NaCl موجب افزایش پرولین شد، بنابراین آنان حدس زدند که تجمع پرولین باید به دلیل تجمع Na^+ باشد تا Cl^- یا K^+. عمده بررسی‌های انجام‌شده، افزایش تجمع پرولین را همراه با افزایش غلظت سدیم در بافت‌ها گزارش داده‌اند (Goudarzi & Pakniyat, 2009; Wang & Han, 2009). Misra & Saxena (2009) نشان دادند، غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl موجب افزایش خطی غلظت پرولین می‌شود. در حالت کلی تجمع اسیدآمینهٔ پرولین، یکی از ویژگی‌های معمول در بسیاری از گیاهان در شرایط تنش است که از آن می‌توان به‌عنوان یک نشانگر بیوشیمیایی در گزینش رقم‌های مقاوم در این شرایط استفاده کرد (Ashraf & Harris, 2005). تجمع پرولین در گیاهان مختلف در شرایط شوری در بسیاری از گزارش‌ها دیده‌شده که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به Gupta & Srivastava (1990) و Ashraf & McNeilly (2004) اشاره کرد که با نتایج این تحقیق در مورد پرولین برگ همخوانی دارد، اگرچه افزایشی در غلظت پرولین در جو پیدا نکردند.

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس اثر شوری، بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و ریخت‌شناختی رقم‌های یونجهٔ چندساله

Table 1. Analysis of variance effects of salinity on the physiological and morphological characteristics of perennial cultivars

SOV	df	Total dry matter	Shoot/root	K root	Na root	K/Na root	K shoot	Na shoot
Replication	2	0.01^{ns}	0.30^{ns}	7.02^{**}	0.81^{*}	0.04^{**}	28.40^{**}	1.51^{*}
Salinity	1	3.39^{**}	15.23^{**}	525.70^{**}	97.67^{**}	3.34^{**}	632.97^{**}	356.34^{**}
Cultivar	9	0.71^{**}	7.47^{**}	197.71^{**}	20.28^{**}	1.03^{**}	278.39^{**}	42.07^{**}
Sal:*Cult:	9	0.04^{**}	0.97^{**}	1.92^{**}	2.38^{**}	0.02^{**}	2.32^{**}	1.65^{**}
Error	38	0.03	0.13	0.33	0.24	0.01	0.25	0.30
C.V		5.49	8.33	1.98	2.43	3.99	.99	2.14

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: as insignificant, significantly difference at 1 and 5% probability level, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

ادامهٔ جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس اثرگذاری شوری، بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و ریخت‌شناختی رقم‌های یونجهٔ چندساله

Continued Table 1. Analysis of variance effects of salinity on the physiological and morphological characteristics of perennial cultivars

SOV	df	K/Na shoot	K root content	Na root content	K shoot content	Na shoot content	Chla	proline
Replication	2	0.10**	535.12**	28.16**	6003.01**	130.46**	0.04**	0.01
Salinity	1	6.10**	13.31	0.02	202.04	35.41	51.24**	231.01**
Cultivar	9	1.29**	485.13**	35.37**	3880.18**	242.90**	6.44**	0.97**
Sal:*Cult:	9	0.01**	1.03	0.31	39.35	10.24	0.32**	0.83**
Error	38	0.01	5.01	1.58	103.87	21.59	0.01	0.01
C.V		2.58	10.91	9.60	7.43	6.91	.31	1.26

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: as insignificant, significantly difference at 1 and 5% probability level, respectively.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین برخی صفات رقم‌های یونجه

Table 2. Compares the average traits of alfalfa cultivars

	Total dry matter (g/plant)			Shoot/root			Root K (mg/g DM)			Root Na (mg/g DM)			Root $K^+.Na^+$			Root K content (g/plant)			Root Na content (g/plant)		
	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C
Ghare yonje	3.23d	2.41d	-25.24**	4.61a	6.09b	-32.15**	29.88e	23.80e	20.35**	19.72b	23.59a	-19.64**	1.52e	1.01e	33.44**	116.03bc	109.57c	5.57ns	10.40cd	9.90cd	4.81
Mohajer	3.28d	2.85c	-12.99**	4.61a	6.98a	-51.59**	26.04f	19.00f	27.04**	19.72b	23.92a	-21.28**	1.32f	0.79f	39.87**	121.15bc	122.14c	-0.82^{ns}	10.48a	10.32a	1.53
Maraghe	3.20d	2.98c	-7.01**	4.53a	5.99b	-32.27**	23.16h	19.00f	17.96**	20.68a	23.92a	-15.63**	1.12g	0.79f	29.14**	107.99c	109.43c	-1.33^{ns}	11.96ab	11.88bc	0.64
K16	3.55cd	3.07bc	-13.48**	4.13a	5.32c	-28.79**	30.84d	24.76d	19.71**	18.75c	21.65b	-15.46**	1.65d	1.14d	30.53**	133.51b	126.57e	5.19 ns	11.55cd	11.95cde	-3.48
Nik shahri	3.39d	2.90c	-14.29**	3.47b	3.25ef	-6.34**	32.76c	28.28c	13.68**	17.78d	19.72c	-10.89ns	1.84c	1.44c	22.15**	123.35bc	121.73c	1.31 ns	13.03de	13.33de	-2.34
Yazdi	3.84abc	3.54a	-7.61**	3.08b	3.80de	-23.21**	35.64b	28.60c	19.75ns	17.14de	19.40cd	-13.21ns	2.08b	1.47c	29.13**	163.38a	161.42ab	1.20 ns	14.79cd	14.59bcd	1.31
Shirazi	3.98ab	3.46a	-13.14**	2.82b	3.06f	-8.71**	42.36a	35.32a	16.62^{ns}	16.81e	18.75d	-11.54ns	2.52a	1.88a	25.30**	175.11a	175.94a	-0.47 ns	15.52e	15.90e	-2.46
Abade	3.80bc	3.36ab	-11.60**	2.94b	3.15f	-7.37**	36.60b	31.48b	13.99^{ns}	17.78d	19.40cd	-9.09ns	2.06b	1.62b	21.24**	158.80a	147.46b	7.14 ns	16.23de	15.39de	5.20
K17	3.34d	2.87c	-14.02**	4.50a	6.30b	-40.15**	25.08g	19.96f	20.41**	20.68a	24.24a	-17.20*	1.21g	0.82f	32.16**	115.07bc	115.35c	-0.24^{ns}	10.39bc	10.99ab	-5.83
Bami	4.13a	3.53a	-14.58**	3.17b	3.98d	-25.38**	35.64b	28.60c	19.75**	18.75c	18.75c	-0.01^{ns}	1.90c	1.53bc	19.76**	175.78a	163.85ab	6.78 ns	16.61cd	16.32bc	1.75

میانگین‌های با حرف‌های همسان در هر ستون برای هر تیمار بر پایهٔ روش دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Within columns means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, according to Duncan's Multiple Range Test.

ادامهٔ جدول ۲. مقایسهٔ میانگین برخی صفات ژنوتیپ‌های یونجه

Continued Table 2. Compares the average traits of alfalfa

	Shoot K (mg/g DM)			Shoot Na (mg/g DM)			Shoot $K^+.Na^+$			Shoot K content (g/plant)			Shoot Na content (g/plant)			Shoot Chl a(mg/gDF)			Shoot Proline (mg/g DF)		
	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C	Control	Salinized	%C
Ghare yonje	50.40e	42.40g	15.87**	24.56c	30.37b	23.66**	2.05f	1.40e	31.96**	13.85^{ns}	12.19e	11.94^{ns}	64.23bcd	65.03de	-1.25^{ns}	11.70f	9.37f	19.86**	0.74bcd	3.95f	-434.23**
Mohajer	49.76e	42.72g	14.15**	25.20bc	30.37b	20.52**	1.97f	1.41e	28.74**	11.66f	11.13e	4.54^{ns}	70.61abc	74.37abc	-5.33^{ns}	11.56g	9.25g	19.95**	0.78abc	3.89f	-399.15**
Maraghe	44.00g	37.60h	14.55**	26.49a	31.98a	20.71**	1.66h	1.18f	29.16**	11.52f	11.31e	1.85^{ns}	73.28a	78.72a	-7.43^{ns}	11.33h	9.13h	19.39**	0.72cd	3.93f	-442.86**
K16	50.08e	44.00f	12.14**	22.62d	28.43c	25.68**	2.21e	1.55d	30.09**	16.70e	16.36d	2.07^{ns}	68.30abcd	69.49bcd	-1.74^{ns}	12.27e	9.75e	20.56**	0.75abcd	4.16e	-454.22**
Nik shahri	54.24d	46.88e	13.57*	22.30d	25.52d	14.45**	2.44d	1.84c	24.60**	22.24d	21.20c	4.70^{ns}	54.59e	58.08e	-6.39^{ns}	13.24a	11.67a	11.84**	0.81a	5.25c	-551.24**
Yazdi	59.68b	53.60c	10.19**	21.01e	25.52d	21.50**	2.84b	2.10b	26.08**	26.63c	25.62b	3.80^{ns}	64.97abcd	66.94cde	-3.04^{ns}	13.14bc	11.35c	13.60**	0.79ab	5.45b	-589.87**
Shirazi	64.48a	58.08a	9.93*	20.68e	24.88d	20.29**	3.12a	2.34a	25.12**	35.54a	35.21a	0.94^{ns}	62.15cde	63.30de	-1.85^{ns}	13.18b	11.63a	11.78**	0.80ab	5.58a	-597.08**
Abade	59.04b	54.56b	7.59**	21.01e	25.52d	21.50**	2.81b	2.14b	23.98*	30.87b	28.90b	6.38^{ns}	61.77de	59.41e	3.81^{ns}	12.81d	11.27d	12.02**	0.79ab	5.17d	-556.78**
K17	46.56f	38.24h	17.87**	25.85ab	32.30a	24.98**	1.80g	1.18f	34.26**	11.22f	11.30e	-0.72^{ns}	73.62a	76.43ab	3.81^{ns}	10.42i	9.32f	10.52**	0.71d	3.93f	-456.60**
Bami	57.12c	52.32d	8.40**	21.01e	24.56d	16.92**	2.72c	2.13b	21.63**	29.62bc	27.22b	8.08^{ns}	70.88ab	67.98cd	-4.09^{ns}	13.12c	11.53b	12.12**	0.80ab	5.62a	-599.59**

میانگین‌های با حرف‌های همسان در هر ستون برای هر تیمار بر پایهٔ روش دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Within columns means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, according to Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۳. همبستگی صفات ژنوتیپ یونجهٔ چندساله در شرایط شوری

Table 3. Correlation alfalfa cultivars in salinity

Traits	Total DM	Shoot/root	K root	Na root	K/Na root	\K content root	Na content root	K shoot	Na shoot	K/Na shoot	K content shoot	Na content shoot	Chl a	proline
Total DM	1													
Shoot/root	-0.691**	1												
K root	0.762**	-0.864**	1											
Na root	-0.790**	0.883**	-0.900**	1										
K/Na root	0.789**	-0.859**	0.991**	-0.930**	1									
K content root	0.609**	-0.725**	0.791**	-0.683**	0.779**	1								
Na content root	0.588**	-0.688**	0.645**	-0.591**	0.642**	0.908**	1							
K shoot	0.789**	-0.846**	0.958**	-0.904**	0.958**	0.828**	0.694**	1						
Na shoot	-0.813**	0.857**	-0.900**	0.956**	-0.919**	-0.633**	-0.548**	-0.894**	1					
K/Na shoot	0.835**	-0.844**	0.963**	-0.927**	0.976**	0.763**	0.649**	0.971**	-0.954**	1				
K content shoot	0.696**	-0.576**	0.677**	-0.597**	0.669**	0.877**	0.799**	0.754**	-0.572**	0.693**	1			
Na content shoot	-0.095	0.605**	-0.574**	0.543**	-0.559**	-0.556**	-0.416**	-0.553**	0.511**	-0.516**	-0.244	1		
Chl a	0.782**	-0.860**	0.886**	-0.938**	0.907**	0.617**	0.551**	0.869**	-0.963**	0.930**	0.533**	-0.521**	1	
proline	-0.407**	0.191	-0.316*	0.364**	-0.351**	0.102	0.139	-0.270*	0.514**	-0.428**	0.068	-0.012	-0.508**	-0.407**

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: as insignificant, significantly difference at 1 and 5% probability level, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی مشخص شد رقم‌هایی که نسبت K^+/Na^+ را بالاتر نگه داشتند عملکرد بیشتری را از خود نشان دادند. با توجه به اینکه پتاسیم از راه رقابت با سدیم برای جذب و انتقال در گیاه، سبب کاهش اثرگذاری نامطلوب تجمع سدیم در گیاه شده و از راه تعدیل پتانسیل اسمزی و بهبود هدایت روزنه‌ای سبب حفظ نورساخت در شرایط تنش شوری می‌شود، ولی بدین ترتیب موجب کاهش تأثیر تنش شوری بر عملکرد نیز می‌شود، که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان مشاهده کرد رقم‌های بمی و شیرازی که بالاترین تحمل نسبت به تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نشان دادند، بالاترین عملکرد را به خودشان اختصاص دادند. از سوی دیگر رقم‌های مهاجر، مراغه و k17 حساس‌ترین رقم‌ها هستند و رقم‌های دیگر مورد بررسی (آباده، یزدی، نیک‌شهری، K16) رقم‌های بینابین هستند. شایان توجه است که وضعیت یونی این رقم‌ها نیز سطح تحمل عملکرد آن‌ها را توجیه می‌کند. به‌طوری‌که بالاترین نسبت K^+/Na^+ به دو رقم متحمل بمی و شیرازی تعلق داشته و کمترین آن به رقم‌های حساس تعلق داشته است. بنابراین نسبت K^+/Na^+ می‌تواند یک شاخص برای شناسایی رقم‌های یونجه به کار گرفته شود و در برنامه‌های بهنژادی برای بهبود تحمل به شوری استفاده شود.

REFERENCES

1. Abrol, I. P., Yadav, J. S. P. & Massoud, F. I. (1988). *Crops in Saline Soils in: Salt-Affected Soils and Theirmanagement*. Fao Soils Bulletin. 39.
2. Ashraf, M. (1989). The effect of NaCl on water relations, chlorophyll, and protein and proline contents of two cultivars of blackgram (*Vigna mungo* L.). *Plant and Soil*, 119(2), 205-210.
3. Brown, J. W. & Hayward, H. E. (1956). Salt tolerance of alfalfa varieties. *Agronomy Journal*, 48, 18-20.
4. Cavalanti, F. R., Lima, J. P., Silva, S. L., FViegas, R. A. & Silveira, J. A. (2007). Roots and Leaves Display Contrasting Oxidative Response during Salt Stress and Recovery in Cowpea. *Journal of Plant Physiology*, 164, 591- 600.
5. Cuin, T. A., Tian, Y., Betts, S. A., Chalmandrier, R., Shabala, S. (2009). Ionic relations and osmotic adjustment in durum and bread wheat under saline conditions. *Functional Plant Biology*, 36(12), 1110-1119.
6. Esechie, H. A. & Rodriguez, V. (1998). Does Salinity Inhibit Alfalfa Leaf Growth by Reducing Tissue Coccentration of Essential Mineral Nutrition?. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 182, 237- 278.
7. Chinnusamy, V., Jagendorf, A. & Zhu, J. K. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*, 45, 437-448.
8. Davenport, R., James, R. A., Plogander, A. Z., Tester, M. & Munns, R. (2005). Control of Sodium Transport in Durum Wheat. *Plant Physiology*, 137, 807-818.
9. FAO. (2005). *Food and agriculture organization of the United Nations*. Quarterly bulletin of statistics. Rome, Italy.
10. Guillermo, E., Maria, S. & Epstein, E. (2000). Potassium.sodium selectivity in wheat and the amphiploid cross wheat × Lophopyrom elongatum. *Plant Science*, 160, 523-534.
11. Flowers, T. J. (2004). Improving Crop Salt Tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55, 307-319.
12. Ali, Y. Z., Aslam, M. Y., Ashraf, M. & Tahir, G. R. (2004). Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield component of rice genotypes grown under saline environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1(3), 221-225.
13. Goudarzi, M. & Pakniyat, H. (2009). Salinity Causes Increase in Proline and Protein Contents and Peroxidase Activity in Wheat Cultivars. *Journal of Applied Sciences*, 9(2), 348-353.
14. Greenway, H. & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Biology*, 31, 141-190.
15. Gupta, S. & Srivastava, J. (1990). Effect of Salt Stress on Morpho Physiological Parameters in Wheat. *Indian Journal of Plant Physiology*, 32, 162-171.
16. Heidari, M. & Jamshid, P. (2010). Interaction between salinity and potassium on grian yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 5, 39-46.
17. Homaee, M., Feddes, R. A. & Dirksen, C. (2002). A macroscopic water extraction model for non uniform transient salinity and water strees. *American Journal of Soil Science Society*, 66, 1764-1772.

Archive of SID

www.SID.ir

18. Asch, F., Dingkuhn, M. & Droffling, K. (2000). Salinity increases CO_2 assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. *Plant and Soil*, 218, 1-10.
19. Khan, M. A., Shirazi, M. U., Khan, M. A., Mujtaba, S. M., Islam, E., Mumtaz, S., Shereen, A., Ansari, R. U. & Ashraf, M. Y. (2009). Role of proline, K^+/Na^+ ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 41(2), 633-638.
20. Marschner, P. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
21. Meidner, H. (1984). *Class experiment in plant physiology*. Georg & Allen Union. London.
22. Misra, N. & Saxena, P. (2009). Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. *Plant Science*, 177(3), 181-189.
23. Mohammadi, H., Poustini, K. & Ahmadi, A. (2008). Root Nitrogen Remobilization and Ion Status of Two Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Cultivars in Response to Salinity Stress. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 931- 2250.
24. Ashraf, M. & Harris, P. J. (2004). Potential Biochemical Indicators on Salinity Tolerance in Plants. *Plant Science*, 166, 4-16.
25. Munns, R., James, R. A. & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1025-1043.
26. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Reviewof Plant Biology*, 59, 651-681.
27. Munns, R. & Passioura, J. B. (1984). Effect of prolonged exposure to NaCl on the osmstic pressure of leaf xylem sap from intact, transpiring barley plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11, 497-507.
28. Munns, R. & James, R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*, 253(1), 201-218.
29. Moftah, A. E. & Michel, B. E. (1987). The effect of sodium chloride on solute potential and proline accumulation in soybean leaves. *Plant Physiology*, 83(2), 238.
30. Mohammadi, H., Poustini, K. & Ahmadi, A. (2008). Root Nitrogen Remobilization and Ion Status of Two Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Cultivars in Response to Salinity Stress. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 931-2250.
31. Munns, R. & James, R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*, 253(1), 201-218.
32. Poustini, K. & Siosemardeh, A. (2004). Ion Distribution in Wheat Cultivars in Response to Salinity Stress. *Field Crops Research*, 55, 125-133.
33. Ashraf, M. & McNeilly, T. (2004). Salinity tolerance in Brassica oilseeds Critical Review. *Plant Science*, 23, 157- 174.
34. Shannon, M. (1984). Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance.
35. Shannon, M. C. (1984). *Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance*. In: Staples, R. C., Toenniessen GH: Salinity Tolerance in Plants. 231-254.
36. Siddiqui, M. H. (2010). Nitrogen in Relation to Photosynthetic Capacity and Accumulation of Osmoprotectant and Nutrients in Brassica Genotypes Grown Under Salt Stress. *Agricultural Sciences in China*, 9(5), 671-680.
37. Siddiqui, M. H. (2012). *Cumulative effect of nitrogen and sulphur on Brassica juncea L. genotypes under NaCl stress*. Protoplasma. 1-15.
38. Sudhir, P. & Murthy, S. D. (2004). Effect of Salt Stress on Basic Processes of Photosynthesis. *Photosynthetica*, 42(4), 481-486.
39. Summart, J., Thanonkeo, P., Panichajakul, S., Prathepha, P. & Mc Manse, M. T. (2010). Effect of salt sress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Kaho Dawk Mail 105, Callus Culture. *African Journal of Biotechnology*, 9(2), 145- 152.
40. Tal, M. & Shannon, M. (1983). Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: Responses of *Lycopersicon esculentum*, *L. cheesmanii*, *L. peruvianum*, *Solanum pennellii* and F1 hybrids to high salinity. *Functional Plant Biology*, 10(1), 109-117.
41. Turan, M. A., Elkiram, A. H. A., Taban, N. & Tban, S. (2009). Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations in maize plant. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9), 893-897.
42. Viera Santos, C. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*, 103(1), 93-99.
43. Asish Kumar, P. & Bandhu Das, A. (2005). Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
44. Wang, X. S. & Han, J. G. (2009). Changes of proline content, activity, and active isoforms of antioxidative enzymes in two alfalfa cultivars under salt stress. *Agricultural Sciences in China*, 8(4), 431-440.

Archive of SID

www.SID.ir

45. Wang, Y., Yang, Z. M., Zhang, Q. F. & Li, J. L. (2009). Enhanced chilling tolerance in Zoysia matrella by pre-treatment with salicylic acid, calcium chloride, hydrogen peroxide or 6-benzylaminopurine. *Biologia Plantarum*, 53, 179-182
46. Yarnia, M., Heydari, H., Sharif Abad, F. & Rahim Zadeh Khui. (2005). Effect of carbonat calcium on tolerance to salinity in alfalfa figures. *Agroecological Journal (Journal in Agriculture Knowledge)*, 2, 9-21. (in Farsi)
47. Zahid, P., Afzal, M. & Ancheny, Y. (2002). Selection Criteria for Salt Tolerance in Wheat Cultivars at Seeding Stage. *Asian Journal of Plant Science*, 2, 85-87.
48. Rogers, M. E. (2001). The effect of saline irrigation on lucerne production: shoot and root growth, ion relations and flowering incidence in six cultivars grown in northern Victoria, Australia. *Irrigation Science*, 20(2), 55-64.
49. Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66-71.

Archive of SID

www.SID.ir