

تأثیر محلول پاشی نترات کلسیم، پتاسیم دی هیدروژن فسفات و سولفات منگنز بر تجمع یونی و ویژگی های فیزیولوژیک گلرنگ در شرایط تنش شوری

- محمود عطارزاده، دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه ولی عصر رفسنجان (نویسنده مسئول)
- اصغر رحیمی، دانشیار گروه زراعت دانشگاه ولی عصر رفسنجان
- بنیامین ترابی، استادیار گروه زراعت دانشگاه ولی عصر رفسنجان
- حسین دشتی، دانشیار گروه زراعت دانشگاه ولی عصر رفسنجان

تاریخ دریافت: خرداد ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۱۳۹۲
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۰۷۰۳۰۸۲۲
پست الکترونیک نویسنده مسئول: Attarzadeh2012@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی عناصر کلسیم، پتاسیم و منگنز بر خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ رقم پدیده در شرایط تنش شوری، آزمایشی گلدانی در گلخانه دانشگاه ولی عصر رفسنجان اجراء شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول شوری در چهار سطح بدون شوری و شوری ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک بود و عامل دوم محلول پاشی در چهار سطح با محلول پاشی آب مقطر، محلول پاشی نترات کلسیم و پتاسیم دی هیدروژن فسفات هر یک با غلظت ۱۰ میلی مولار و محلول پاشی سولفات منگنز با غلظت ۱ میلی مولار بود. محلول پاشی از دو هفته پس از سبز شدن و هر دو هفته یک بار اعمال شد. نتایج نشان داد که محلول پاشی پتاسیم دی هیدروژن فسفات و سولفات منگنز سبب جلوگیری از افزایش نشت یون ها در تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم گردید. محلول پاشی نترات کلسیم سبب افزایش محتوای قند محلول اندام هوایی در شرایط بدون شوری گردید. محلول پاشی نترات کلسیم، پتاسیم دی هیدروژن فسفات و سولفات منگنز باعث افزایش معنی دار محتوای کلسیم و پتاسیم اندام هوایی در شرایط شوری ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم گردید. تیمارهای شوری و محلول پاشی نتوانست محتوای منیزیم را تحت تأثیر قرار دهد. افزایش شوری منجر به افزایش محتوای سدیم گردید و در تیمار ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محتوای پرولین برگ در شرایط محلول پاشی نترات کلسیم و پتاسیم دی هیدروژن فسفات افزایش معنی داری داشت.

کلیمات کلیدی: تنش شوری، تجمع یونی، گلرنگ، محلول پاشی

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 133-142

Effect of Ca(NO₃)₂, KH₂PO₄, and MnSO₄ foliar application on ion accumulation and physiological traits of safflower under salt stress

By:

- M. Attarzadeh, (Corresponding Author; Tel: 09107030822), Msc Student of Vali-E-Asr University of Rafsanjan
- A. Rahimi, Associated Professor of Vali-E-Asr University of Rafsanjan
- B. Torabi, Assistant Professor of Vali-E-Asr University of Rafsanjan
- H. Dashti, Associated Professor of Vali-E-Asr University of Rafsanjan

Received: June 2013

Accepted: March 2014

In order to study the effect of Ca, K, and Mn foliar application on physiological traits of safflower Padideh cultivar under salt stress, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in Vali-asr university of Rafsanjan greenhouse. Factors included salinity with four levels of 0, 500, 1000, and 1500 mg NaCl kg⁻¹, and foliar application with four level representing distilled water, Ca(NO₃)₂, KH₂PO₄ (10 mM) and MnSO₄ (1 mM), sprayed two weeks after emergence, Every fortnight. The results showed that foliar application of KH₂PO₄ and MnSO₄ inhibited ions leaching in 1000 mg NaCl. Ca(NO₃)₂ foliar application increased soluble sugar content (no salinity control) while Ca(NO₃)₂, KH₂PO₄, and MnSO₄ foliar application somewhat increased Ca and K content in 1000 and 1500 mg NaCl treatments. Salinity and foliar application treatments didn't affect Mg content. Increasing salinity increased Na content and Proline content significantly increased in 1500 mg NaCl under Ca(NO₃)₂ and KH₂PO₄ foliar application.

key Words: Salt Stress, Ion Accumulation, Safflower, Foliar Application

مقدمه

بین شوری و عناصر غذایی در گیاهان بسیار پیچیده است و بسته به شرایط آزمایش، محیط آزمایش (خاک یا محلول غذایی)، مدت آزمایش، نوع و ترکیب نمک به کار رفته و اندام گیاه، نتایج متفاوت است. در مطالعات گسترده پیرامون شوری و تغذیه گیاهی، این مسئله به اثبات رسیده است که شوری موجب بروز ناهنجاری‌های گوناگون تغذیه‌ای در گیاه می‌شود که علت آن ممکن است مربوط به اثرات منفی شوری بر قابلیت جذب عناصر غذایی بوده و یا مربوط به اثر شوری در ایجاد رقابت بین یون‌ها برای جذب، انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه باشد (Khoshgoftarmanesh and Siadat, 2002).

تحت تنش شوری، استفاده از عناصر مغذی همراه با آبیاری، سبب کاهش کارایی آن‌ها به دلیل قلیایی بودن بیش از حد خاک‌ها و عدم قابلیت استفاده از آن‌ها به دلیل تثبیت در خاک می‌گردد، اما استفاده از این عناصر به صورت محلول پاشی گیاه به دلیل افزایش کارایی جذب عناصر، روش مناسبی می‌باشد (Zayed, Salem and El- 2011). کاربرد برخی عناصر به صورت محلول پاشی، سبب کم کردن اثرات منفی شوری می‌گردد. فیزیولوژیست‌های زیادی بر اثرات مثبت عناصر بر کاهش اثرات شوری در گیاه تاکید دارند (Song and Fujiyama, 1996). از جمله این عناصر، یون کلسیم می‌باشد که اثرات قابل توجهی در فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان داشته و صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاهانی که تحت تنش شوری قرار گرفته‌اند

افزایش تقاضا برای روغن نباتی در بازارهای جهانی، فشار ناشی از هزینه خرید روغن و واردات در کشورهای مصرف‌کننده و روند افزایش مصرف سرانه روغن نباتی، از جمله عواملی هستند که اهمیت توسعه کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های علمی تحقیقاتی را در این زمینه بیش از پیش مشخص می‌سازد (Omidi Tabrizi and Ahmadi, 2001). یکی از این گیاهان دانه روغنی که کمتر مورد توجه قرار گرفته است، گلرنگ می‌باشد. در سال‌های اخیر گلرنگ به دلیل سازگاری با اقلیم‌های گوناگون و مقاومت به شوری و شرایط سخت، به عنوان یکی از گیاهان دانه روغنی مهم برای دنیا از جمله ایران مورد توجه قرار گرفته است (Damodaram and Hegde, 2002).

تنش شوری از جمله عوامل محدود کننده عملکرد محصولات در جهان به شمار می‌رود و به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک به عنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است (Munns, 2002). تنش شوری همراه با اسیدیته بالای خاک، می‌تواند مانع از جذب یون‌های معدنی در خاک به علت اثر منفی یون سدیم و به هم خوردن تعادل یونی گردد. بنابراین، گیاهان باید برای حفظ تعادل یونی داخل سلولی، با سازوکارهایی با سمیت یون سدیم و خشکی فیزیولوژیک مقابله کنند. هنگامی که گیاه در شرایط شوری قرار می‌گیرد، جریان متعادل انتقال یون‌های سدیم، کلر و دیگر یون‌ها مانند پتاسیم و کلسیم به هم می‌خورد (Niu, Bressan, Hasegawa and Pardo, 1995). روابط

بیستم در ۳ مرحله با فاصله زمانی ۵ روز اعمال گردیدند. پس از اعمال تیمارهای شوری، به منظور جلوگیری از تغییر شوری خاک، گلدان‌ها تا پایان دوره رشد با آب مقطر به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر آبیاری شدند. محلول پاشی کلسیم و پتاسیم با غلظت ۱۰ میلی‌مولار و منگنز با غلظت ۱ میلی‌مولار از نمک آن‌ها دو هفته پس از سبز شدن، هر دو هفته یک‌بار و تا پایان دوره رشدی گیاه در ۴ مرحله اعمال گردید. نمونه برداری‌ها برای اندازه‌گیری نشت یونی، قند محلول، محتوای کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم و محتوای پرولین، ۵۰ روز بعد از اعمال تنش شوری (مرحله شروع تولید شاخه فرعی) صورت گرفت. برای سنجش میزان نشت یونی (پایداری غشاء) از روش سایرام^۱ و همکاران (۲۰۰۹) استفاده شد. بر اساس این روش دو گروه نمونه آماده شد. در هر گروه ۰/۱ گرم از بافت سالم و تازه برگ گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر قرار داده شد. لوله‌های آزمایش گروه اول به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس میزان هدایت الکتریکی نمونه اندازه‌گیری و با C_1 نشان داده شد و گروه دوم به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری و با C_2 نشان داده شد. درجه شاخص پایداری غشاء بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{اندازه‌گیری قند محلول با استفاده از روش ایریگوین}^2 = (1 - (C_2 / C_1)) \times 100$$

اندازه‌گیری قند محلول با استفاده از روش ایریگوین^۲ و همکاران (۱۹۹۲) با استفاده از ۰/۵ گرم نمونه تازه برگ توسعه یافته انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوای یونی، ۰/۲ گرم ماده خشک اندام هوایی گلرنگ در هر تیمار در بوته چینی سائیده شده و به مدت نیم ساعت در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و سپس به مدت دو ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت و خنک شدن کوره، نمونه‌ها خارج شدند. به نمونه حاصل، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه شده و پس از عبور از کاغذ صافی، عصاره حاصل با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در عصاره بدست آمده، غلظت‌های یون‌های سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر (Model PFP7, Germany) و محتوای کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمی (Model GBC-Avanta-PM, Australia) تعیین شد. محتوای پرولین برگ با استفاده از روش پاکنین و لچسر^۳ (۱۹۷۹) و با استفاده از نیم گرم نمونه تازه برگ توسعه یافته انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین اثرات متقابل به روش برش‌دهی (انجام مقایسات در هر سطح شوری به‌طور جداگانه) و از طریق آزمون دانکن انجام شد و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Excel نسبت به رسم نمودارها اقدام گردید.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

مقدار	خصوصیت
لوم رسی	بافت
۷/۵	اسیدیته
۲/۰	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۲۹	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۲۷/۸	منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

را بهبود می‌بخشد (Munns and Termaat, 1986). پتاسیم یک عنصر سیتوپلاسمی ضروری است و به علت نقش آن در تنظیم اسمزی و نیز اثر رقابتی آن با سدیم، غالباً به عنوان یک عنصر مهم در شرایط شوری در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل، تصور می‌شود که غلظت اندک سدیم و به عبارت بهتر نسبت کم سدیم به پتاسیم در برگ‌ها رابطه نزدیک با مقاومت به شوری داشته باشد (Munns and Schachtman, 1993). همچنین منگنز در حفاظت سطح بیرونی غشاء تیلاکوئید در ساختمان کلروپلاست نقش دارد و به عنوان راه‌کاری در گیاهان جهت افزایش تحمل گیاه به تنش شوری استفاده می‌گردد (Zayed et al., 2011). در پژوهش‌های انجام شده روی برنج، با افزایش شوری باعث تأثیر منفی بر خصوصیات رویشی، فیزیولوژیکی و در نهایت کاهش عملکرد گردید، در شرایط دیگر با فراهم کردن ترکیباتی از کلسیم، پتاسیم و منگنز بصورت محلول پاشی که بر روی برگ‌ها در سیکل‌های مختلف رشدی صورت گرفت سبب کاهش اثرات مضر شوری گردید (Sultana, Ikeda and Kashem, 2001). وجود مشکل تنش شوری در بسیاری از خاک‌های زیر کشت و ضرورت استفاده از راهکارهایی برای مقابله با این تنش‌ها و اثرات مثبت عناصر غذایی در کاهش اثرات تنش‌های محیطی و از جمله شوری بر رشد گیاهان و از طرف دیگر توان گلرنگ برای رشد در خاک‌های شور و لزوم توسعه سطح زیر کشت آن در این خاک‌ها برای تولید هر چه افزون‌تر روغن گیاهی به عنوان اهداف این پژوهش طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

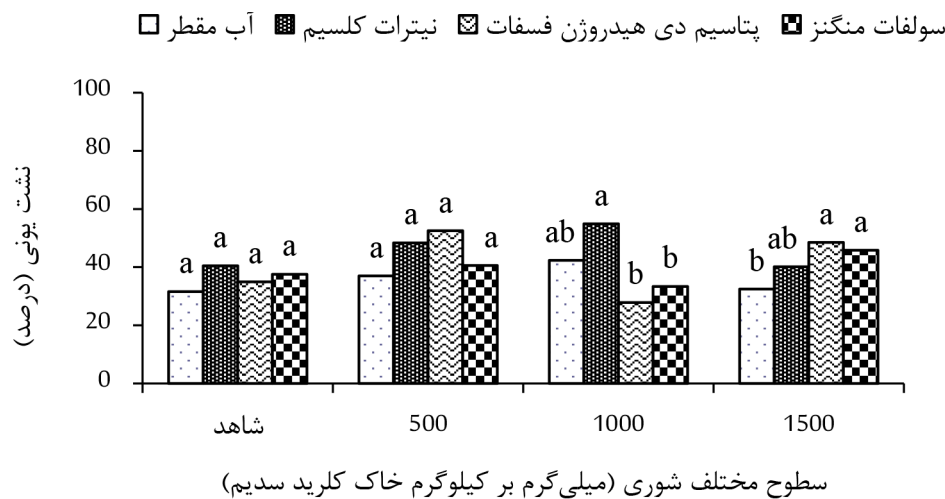
این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. عامل اول شوری در چهار سطح، شامل شاهد (بدون شوری) و سه سطح شوری ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک و عامل دوم محلول پاشی در چهار سطح شامل محلول پاشی آب مقطر، محلول پاشی نیترات کلسیم و پتاسیم‌دی‌هیدروژن فسفات به مقدار ۱۰ میلی‌مولار و محلول پاشی سولفات منگنز به مقدار ۱ میلی‌مولار بود. بستر کشت شامل خاک در گلدان‌هایی به ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر، با وزن یکسان (۶ کیلوگرم) ریخته شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش، دارای مشخصات به شرح جدول (۱) می‌باشد. در هر گلدان، تعداد ۱۰ بذر گلرنگ رقم پدیده کشت گردید. لازم به ذکر است که رقم پدیده دارای تیپ رشد پاییزه است و وزن هزار دانه آن ۳۵-۳۰ گرم و ارتفاع آن حدود ۱۵۰ تا ۱۷۰ سانتی‌متر است. تاریخ مناسب کاشت آن در مناطق سرد و معتدل کشور اواسط شهریور ماه تا اوایل مهر ماه است (Omidi, Shahsavari, Al-). (hani and Eslam, 2008) دو هفته پس از کاشت (مرحله ۲ برگی)، عمل تنک کردن گیاهچه‌ها صورت گرفت و تعداد ۵ بوته در هر گلدان حفظ گردید. لازم به ذکر است با در نظر گرفتن وزن گلدان‌ها که محتوی ۶ کیلوگرم خاک بود، در سطح شوری اول، دوم و سوم به ترتیب، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم به‌صورت محلول با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به گلدان‌های هر تیمار اضافه شد و در تیمار شاهد، نمک اضافه نگردید. به منظور جلوگیری از شوک اسمزی، تیمارهای شوری از روز

نتایج و بحث

نشت یونی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل شوری و محلول پاشی، نشت یونی برگ گلرنگ را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط شوری ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، در محلول پاشی نیترات کلسیم، نشت یونی ۵۴/۹ درصد بود که نسبت به شرایط محلول پاشی پتاسیم دی هیدروژن فسفات و سولفات منگنز (به ترتیب به میزان ۲۷/۸ و ۳۳/۳ درصد) اختلاف معنی داری نشان داد، اما نسبت به تیمار محلول پاشی آب مقطر (۴۲/۳ درصد) اختلاف معنی داری مشاهده نگردید (شکل ۱). همچنین در شرایط شوری ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم و محلول پاشی پتاسیم دی هیدروژن فسفات و سولفات منگنز، نشت یونی برگ نسبت به شرایط محلول پاشی آب مقطر افزایش معنی داری نشان داد، اما نسبت به تیمار محلول پاشی نیترات کلسیم اختلاف معنی داری مشاهده نشد. نتایج بدست آمده دیگر حاکی از این است که تغییرات قابل توجهی در محتوای نشت یونی در شرایط بدون تنش و شوری ۵۰۰ میلی گرم

کلرید سدیم تیمارهای مختلف محلول پاشی صورت نگرفته است (شکل ۱). به نظر می‌رسد که در شرایط شوری ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محلول پاشی پتاسیم دی هیدروژن فسفات و سولفات منگنز تا حدودی توانسته باعث پایداری غشاء گلرنگ گردد، اما در سطح شوری ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محلول پاشی این ترکیبات اثر عکس داشته و باعث اختلال در مکانیسم‌های گیاه گردیده و کاهش پایداری غشاء و نشت مواد سیتوپلاسمی برگ گلرنگ را به دنبال داشته است. محققان اظهار داشتند که پایداری غشاء در بین گونه‌های گیاهان متفاوت است، به عنوان مثال برنج در تنش شوری هیچ گونه افزایشی در میزان نشت یونی نشان نداد (Lin and Kao, 2000). نتایج بدست آمده دیگر نشان می‌دهد که در شرایط شوری، نمک سدیم به طور آزادانه وارد گیاه شده و سبب نشت یونی می‌شود، اما با کاربرد میزان مناسب یون پتاسیم و کلسیم می‌تواند تا حدودی از ورود اضافی یون سدیم به گیاه ممانعت کند. احتمالاً بهبود اثرات شوری در گیاهان توسط غلظت اضافی کلسیم و پتاسیم به علت ممانعت از تغییرات القاء کننده سدیم بر کلسیم و پتاسیم است (Tawfik and Noga, 2001).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر نشت یونی گلرنگ. مقایسات در هر سطح شوری به طور جداگانه انجام شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نشت یونی، قند محلول و کلسیم تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و محلول پاشی

منابع تغییر	درجه آزادی	نشت یونی	قند محلول	کلسیم
تکرار	۲	۷۳۵/۰۳ **	۹۱۶۸۸ ns	۰/۰۴۸ ns
شوری	۳	۱۵۲/۴۸ ns	۱۸۱۷۹۷ **	۰/۶۵۷ **
محلول پاشی	۳	۲۱۲/۲۵ ns	۶۷۶۷۳ ns	۰/۰۷۰ ns
شوری * محلول پاشی	۹	۱۸۳/۷۳ *	۱۴۲۴۰۶ **	۰/۵۵۱ **
خطا	۳۰	۸۱/۴۱	۴۴۱۶۱	۰/۰۵۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۲/۲	۱۹/۴	۱۸/۳

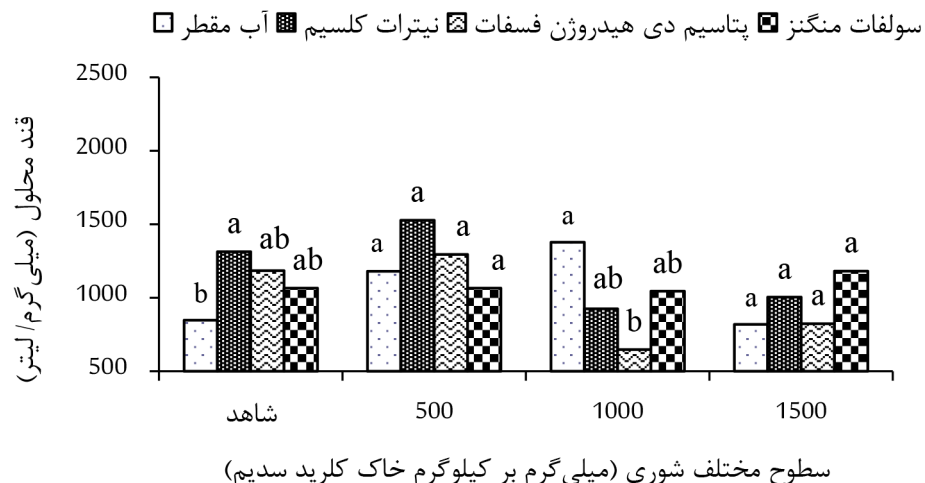
ns، *، ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و ns عدم تفاوت معنی دار.

محتوای قند محلول اندام هوایی

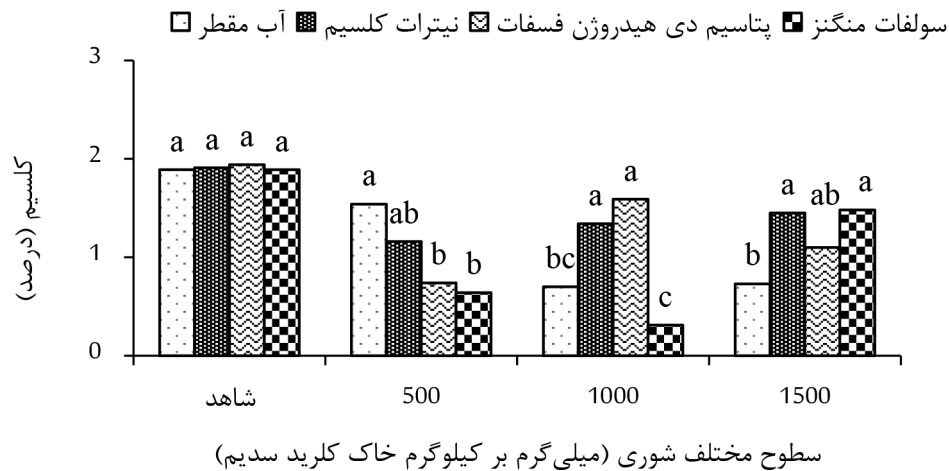
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای قند محلول اندام هوایی گلرنگ نشان داد که تنش شوری و اثر متقابل شوری و محتوای پاشی، محتوای قند محلول اندام هوایی گلرنگ را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط بدون شوری، بیشترین قند محلول در محلول پاشی نیترات کلسیم و کمترین در شرایط شاهد به دست آمد، اما بین نوع محلول پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در سطح شوری ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محلول پاشی پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، باعث کاهش محتوای قند محلول در مقایسه با شرایط محلول پاشی نیترات کلسیم، سولفات منگنز و آب مقطر گردید. نتایج دیگر حاکی از این است که محتوای قند محلول گیاه در شوری ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم تحت تاثیر نوع محلول پاشی قرار نگرفته است (شکل ۲). به نظر می‌رسد محلول پاشی ترکیبات در شرایط شوری نتوانسته سبب افزایش محتوای قند محلول، جهت مقاومت به تنش شوری گلرنگ گردد، که به علت تاثیر منفی شوری می‌باشد که از سنتز کربوهیدرات‌های محلول گیاه گلرنگ جلوگیری می‌کند و سدیم عاملی برای کاهش محتوای قند محلول می‌باشد. اما در شرایط بدون تنش، محلول پاشی تا حدودی سبب افزایش قند محلول گلرنگ گردیده است. بنا به گزارش بعضی از محققان قندهای تجمع یافته در اندام‌های رویشی در گیاهی مانند گندم در شرایط تنش کاهش می‌یابد (Ehdaie and Shakiba, 1996). اما نتایج بدست آمده دیگر حاکی از این است که افزایش میزان شوری، در گیاهان میزان فعالیت آنزیم ساکارز سنتتاز افزایش می‌یابد (Papakošta and Gagianas, 1991) و در نتیجه جهت مقاومت به تنش شوری، قندهای الکلی ساده و مرکب به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی و محلول‌های سازگار تولید می‌شود (Singh and Pal, 2000). عمل فیزیولوژیک این قندها، ممانعت از اتصال بین غشاهای مجاور هم در طول دوره تنش از طریق نگهداری لیپیدها در حالت سیالیت می‌باشد (Ho, Chao, 2001; Tong, and Yu).

محتوای کلسیم اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای کلسیم اندام هوایی گلرنگ نشان داد که اثر شوری و اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر محتوای کلسیم معنی‌دار (P=۰/۰۱) بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط شوری ۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، در تیمار محلول پاشی آب مقطر، محتوای کلسیم ۱/۵۴ درصد بود که با تیمارهای پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات (۰/۷۴ درصد) و سولفات منگنز (۰/۶۴ درصد) اختلاف معنی‌داری داشت، اما با تیمار محلول پاشی نیترات کلسیم (۱/۱۶ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳). در شرایط شوری ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محلول پاشی نیترات کلسیم و پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات منجر به افزایش محتوای کلسیم تا حد ۱/۳۴ و ۱/۵۹ درصد در مقایسه با تیمارهای محلول پاشی آب مقطر و سولفات منگنز (به ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۳۱ درصد) گردید. همچنین در شرایط شوری ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محلول پاشی نیترات کلسیم و سولفات منگنز محتوای کلسیم را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار محلول پاشی آب مقطر (۰/۷۳ درصد) افزایش داد، اما با تیمار محلول پاشی پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات (۱/۱ درصد) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. لازم به ذکر است که در شرایط بدون تنش، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف محلول پاشی وجود نداشت (شکل ۳). به نظر می‌رسد محلول پاشی ترکیبات ذکر شده در شرایط شوری ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم می‌تواند جذب مواد غذایی را تحت تاثیر قرار دهد و باعث بهبود جذب کلسیم مورد نیاز گیاه گردد، اما در سطوح شوری پایین مانع از انباشتگی و تجمع یونی در گلرنگ می‌گردد. از طرف دیگر، محتوای کلسیم گلرنگ تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفته است. در اثر شوری اعمال شده در این آزمایش، یون سدیم به دلیل اثر رقابتی که با یون کلسیم دارد، باعث کاهش این یون شده است. بنابراین، اثرات سمیت سدیم ممکن است تنها به دلیل اثرات مستقیم یون سدیم نبوده، بلکه به علت کاهش مقدار عناصر مغذی ضروری پتاسیم و کلسیم در گیاه باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر محتوای قند محلول گلرنگ. مقایسات در هر سطح شوری به‌طور جداگانه انجام شده است.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر محتوای کلسیم گلرنگ. مقایسات در هر سطح شوری به‌طور جداگانه انجام شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و پرولین اندام هوایی گلرنگ تحت تأثیر سطوح مختلف شوری و محلول پاشی

منابع تغییر	درجه آزادی	منیزیم	سدیم	پتاسیم	پرولین
تکرار	۲	۰/۰۱۶ ns	۰/۰۹۰ ns	۱/۴۱ **	۵/۶۶ ns
شوری	۳	۰/۰۱۰ ns	۱۲/۶۱ **	۰/۹۸۹ **	۸۷/۴۶ **
محلول پاشی	۳	۰/۰۰۶ ns	۱/۵۱ **	۰/۰۸۸ ns	۳۳/۲۹ *
شوری* محلول پاشی	۹	۰/۰۱۰ ns	۲/۸۴ **	۰/۶۱۸ **	۱۰۷/۷۱ **
خطا	۳۰	۰/۰۰۵	۰/۱۲۰	۰/۰۸۱	۸/۶۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۷/۱	۱۷/۲	۱۸/۳	۲۲/۴

ns، *، ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و ns عدم تفاوت معنی‌دار.

تنش شوری تأثیر خاصی بر غلظت یون منیزیم در برگ‌های سورگوم نیز نداشته است (Netondo, Onyango and Beck, 2004). در حالی که محققان دیگر کاهش غلظت منیزیم را در اثر تنش شوری در سورگوم گزارش کردند (Boursier, Lynch, Labuchli and Epstein, 1987).

محتوای سدیم اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای سدیم گلرنگ نشان داد که تنش شوری، نوع محلول پاشی و همچنین اثر متقابل شوری و محلول پاشی، محتوای سدیم اندام هوایی گلرنگ را به‌طور معنی‌داری ($P < 0.01$) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط شوری ۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم، هر سه نوع محلول پاشی کلسیم، پتاسیم و منگنز به‌طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای سدیم اندام هوایی گلرنگ گردید. از طرف دیگر در شرایط شوری ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم عکس این اتفاق مشاهده شد، به طوری که با محلول پاشی نیترات کلسیم، پتاسیم‌دی‌هیدروژن فسفات و سولفات منگنز، محتوای سدیم به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (شکل ۴). در شرایط شوری ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم، افزایش محتوای سدیم در محلول پاشی نیترات کلسیم و پتاسیم‌دی‌هیدروژن فسفات به ترتیب به میزان ۰/۴۶ و ۰/۵۵ درصد نسبت به شرایط محلول پاشی سولفات منگنز و شاهد (به ترتیب به میزان ۰/۲۲ و ۰/۱۷ درصد) مشاهده گردید. نتایج دیگر حاکی از این است که

اما محتوای بالای کلسیم می‌تواند قابلیت نفوذ غشاء پلاسمایی برای سدیم را کاهش دهد و منجر به افزایش جذب کلسیم شود. تنش شوری سبب اختلال در جذب مواد غذایی مورد نیاز رشد می‌شود. گیاهان در یک محیط شور، مقدار زیادی یون سدیم را به جای یون‌هایی مثل کلسیم جذب می‌کنند (Chen *et al.*, 2005). جایگزینی سدیم به‌جای کلسیم در غشای سلول سبب کاهش خاصیت نیمه تراوایی غشاء و خروج پتاسیم می‌شود. به همین دلیل در شرایط شوری، افزایش کلسیم در سلول سبب حفظ یکپارچگی و خاصیت نیمه تراوایی می‌گردد، در نتیجه خروج مواد درون سلول کاهش می‌یابد (Achorro, Ortiz and 1994). (Cerdea).

محتوای منیزیم اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای منیزیم اندام هوایی گلرنگ نشان داد که اثر شوری، نوع محلول پاشی و اثر متقابل شوری و محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر محتوای منیزیم این گیاه نداشت (جدول ۳). با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان دلیل معنی‌دار نشدن میزان محتوای منیزیم در بافت گیاهی گلرنگ را بالا بودن میزان منیزیم در خاک و یا نبودن اثر آنتاگونیسمی بین سدیم جذب شده توسط این گیاه و منیزیم دانست و در جذب این یون توسط سدیم تداخل ایجاد نشده است و از طرف دیگر محلول پاشی کلسیم، پتاسیم و منگنز در میزان محتوای منیزیم گلرنگ تغییری ایجاد نکرده است.

محلول پاشی نیترات کلسیم محتوای پتاسیم اندام هوایی گلرنگ ۰/۵۸۶ درصد بود که با محلول پاشی آب مقطر و پتاسیم دی هیدروژن فسفات (به ترتیب ۰/۲۵۳ و ۰/۲۸۸ درصد) اختلاف معنی داری نشان داد، اما با محلول پاشی سولفات منگنز (۰/۴۶۱ درصد) اختلاف معنی داری نشان نداد. در شرایط شوری ۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، اختلاف معنی داری بین نوع محلول پاشی مشاهده نشد (شکل ۵). محلول پاشی ترکیبات ذکر شده تا حدودی توانسته باعث افزایش محتوای پتاسیم در سطوح شوری ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم گردد. به نظر می رسد محلول پاشی کلسیم و پتاسیم می تواند از طریق واکنش های رقابتی با تاثیر بر انتخابی بودن غشاء برای یون ها، جذب مواد غذایی را تحت تاثیر قرار دهد و باعث بهبود جذب پتاسیم مورد نیاز گلرنگ گردد. با افزایش مقدار سدیم در محیط ریشه، غلظت پتاسیم در بافت های گیاهی کاهش می یابد، اما افزایش غلظت پتاسیم، سبب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی گیاه می گردد (Zheng *et al.*, 2008). کاهش پتاسیم تحت شرایط تنش می تواند به دلیل رقابت سدیم بر سر مکان های اتصال به ناقل ها در غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء باشد (Ferreira-Silva, Silveira, Voigt, Soares and Viegas, 2008).

پرویلین

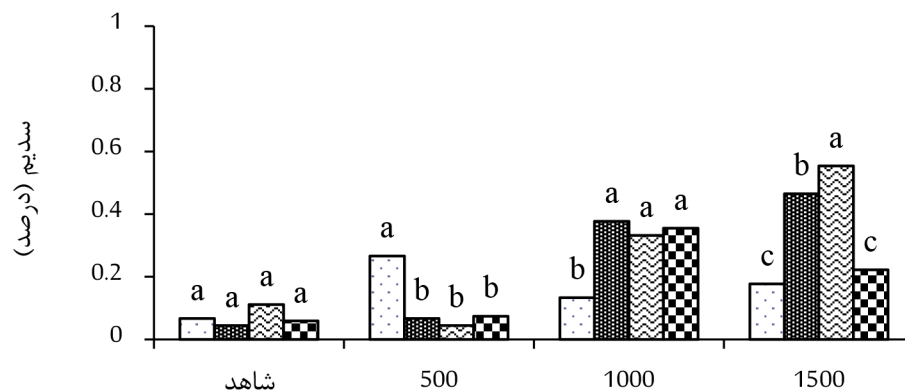
اثر تیمارهای شوری، محلول پاشی و همچنین اثر متقابل شوری و محلول پاشی به طور معنی داری پرویلین برگ گلرنگ را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که در شرایط بدون شوری، محلول پاشی سولفات منگنز باعث کاهش محتوای پرویلین گلرنگ (۳۱/۵۸ میلی گرم بر گرم) در مقایسه با محلول پاشی آب مقطر (۲۴۳/۶ میلی گرم/گرم) گردید. در شوری ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محتوای پرویلین گلرنگ در شرایط محلول پاشی آب مقطر و سولفات منگنز به ترتیب ۸۷/۶ و ۱۵ میلی گرم/گرم بود که با محلول پاشی نیترات کلسیم و پتاسیم دی هیدروژن فسفات (به ترتیب ۲۸۱ و ۲۸۷/۶ میلی گرم/گرم) به طور معنی داری افزایش نشان داد. در شرایط شوری ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، اختلاف معنی داری بین ترکیبات مختلف محلول پاشی مشاهده نشد (شکل ۶).

در شرایط بدون شوری، نوع محلول پاشی اختلاف معنی داری در محتوای سدیم ایجاد نکرد (شکل ۴). نتایج به دست آمده در این آزمایش حاکی از این است که افزایش شوری منجر به افزایش محتوای سدیم گردیده است و تنها در شرایط شوری ۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محلول پاشی ترکیبات توانسته مانع از افزایش سدیم در اندام هوایی گلرنگ شود. به نظر می رسد، سطوح بالاتر از ۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، باعث به هم زدن تعادل کاتیونی گلرنگ شده است و امکان جذب بیشتر سدیم توسط گلرنگ را فراهم نموده است. نتایج بدست آمده توسط محققان حاکی از این است که تنش شوری سبب اختلال در جذب مواد غذایی مورد نیاز رشد می شود، و گیاهان در یک محیط شور، مقدار زیادی یون سدیم جذب می کنند (Muhammad, Akbar and Neue, 1987). پژوهش های مختلف روی گندم دوروم (Hadi, Khoush Kholgh, Khavarinezhad, Khayam and Nekouei, 2008) و یونجه (Darvishi, Poustini and Ta-vakol Afshari, 2009) نشان داد که شوری سبب افزایش معنی داری در غلظت یون سدیم در برگ های این گیاهان شده است. نتایج بدست آمده دیگر توسط محققان نشان می دهد که در شرایط شوری، نمک سدیم به طور آزادانه وارد گیاه شده و سبب افزایش محتوای سدیم می شود، اما با کاربرد میزان مناسب یون کلسیم می تواند تا حدودی از ورود اضافی یون سدیم به گیاه ممانعت کند (Achorro *et al* 1994).

محتوای پتاسیم اندام هوایی

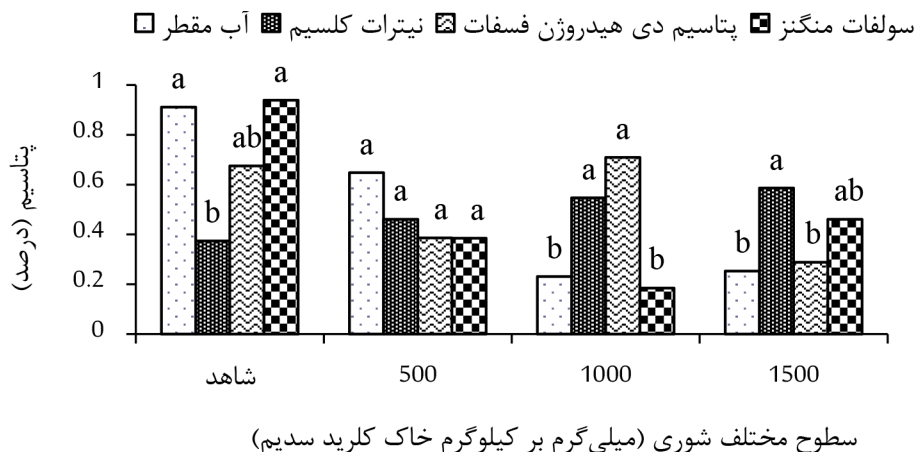
محتوای پتاسیم اندام هوایی گلرنگ به طور معنی داری تحت تاثیر تیمار شوری و اثر متقابل تیمار شوری و محلول پاشی قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که در شرایط بدون شوری، محلول پاشی نیترات کلسیم، محتوای پتاسیم اندام هوایی گلرنگ را به طور معنی داری نسبت به تیمارهای محلول پاشی آب مقطر و سولفات منگنز کاهش داد، اما با تیمار محلول پاشی پتاسیم دی هیدروژن فسفات اختلاف معنی داری نشان نداد (شکل ۵). در شرایط شوری ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محلول پاشی نیترات کلسیم و پتاسیم دی هیدروژن فسفات سبب افزایش محتوای پتاسیم نسبت به تیمار محلول پاشی آب مقطر و سولفات منگنز گردید. در شرایط شوری ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم با

سولفات منگنز □ پتاسیم دی هیدروژن فسفات ▣ نیترات کلسیم ■ آب مقطر □



سطوح مختلف شوری (میلی گرم بر کیلوگرم خاک کلرید سدیم)

شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر محتوای سدیم گلرنگ. مقایسات در هر سطح شوری به طور جداگانه انجام شده است.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر محتوای پتاسیم گلرنگ. مقایسات در هر سطح شوری به طور جداگانه انجام شده است.

در شرایط تنش شوری در آفتابگردان (Mutlu and Bozcuk, 2005) و ارقام مقاوم برنج (Kumar, Shiram, Jawali and Shitole, 2007) گزارش شده است.

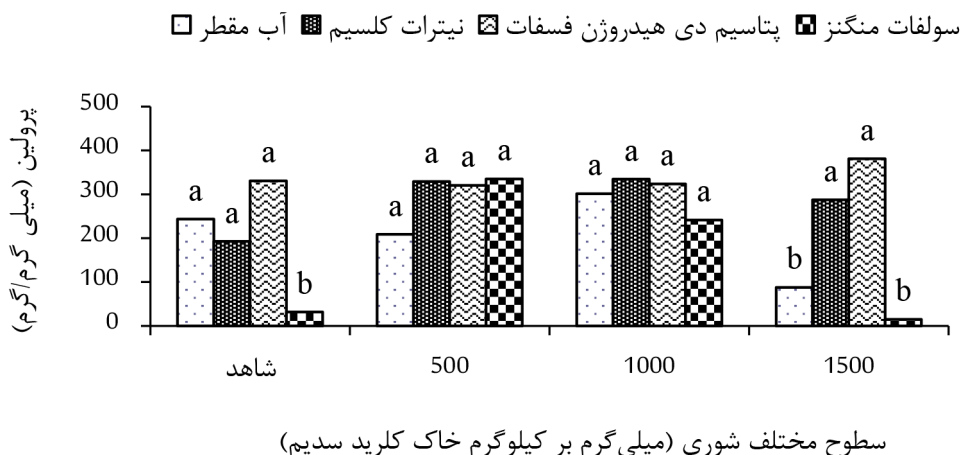
نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شوری باعث تأثیر منفی بر برخی از صفات فیزیولوژیک در گلرنگ شده است و محلول پاشی ترکیبات نیترات کلسیم، پتاسیم دی هیدروژن فسفات و سولفات منگنز تا حدودی می‌تواند این خسارات را جبران کند و اثرات نامطلوب شوری را بهبود بخشد. استفاده از این ترکیبات، سبب جلوگیری از افزایش نشت یون‌ها در تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم و همچنین مانع از افزایش تجمع سدیم در شوری ۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در اندام هوایی گلرنگ گردید، به نظر می‌رسد با استفاده از این نوع ترکیبات، توانایی گیاه در دفع یا کاهش جذب سدیم و در نتیجه کاهش سمیت سدیم بالا می‌رود، در نتیجه تعادل یونی در سلول حفظ می‌شود.

پاورقی ها

1. Sairam
2. Irigoyen

به نظر می‌رسد در شرایط شوری ۱۵۰۰ میلی گرم کلرید سدیم، محلول پاشی نیترات کلسیم و پتاسیم دی هیدروژن فسفات توانسته است سبب افزایش پرولین برگ گلرنگ در مقایسه با شرایط محلول پاشی آب مقطر گردد. این در حالی است که نتایج به دست آمده از کاربرد پتاسیم روی ارزن مرواریدی نشان داد که محتوای پرولین توسط شوری افزایش یافت، اما کاربرد پتاسیم اثری روی افزایش پرولین در سطح شوری بالا نداشت (Heidari and Jamshidi, 2011) در بسیاری از گیاهان تنش شوری منجر به افزایش پرولین در گیاه می‌شود. تغییر در میزان پرولین یکی از غالب‌ترین پدیده‌های گزارش شده می‌باشد که طی تنش شوری در گیاهان القاء می‌شود و پذیرفته شده است که در سازوکارهای بردباری به تنش دخیل است، گرچه نقش دقیق آن هنوز یک موضوع بحث برانگیز است (Lutts, Majerus and Kinet, 1999). تجمع زیاد پرولین گیاه را قادر می‌سازد تعادل اسمزی بافت‌های خود را تحت شرایط تنش حفظ کند. وقتی که گیاه در شرایط تنش رشد می‌کند، پرولین به‌عنوان ذخیره‌ای برای انرژی و نیتروژن برای استفاده در خلال تنش به کار می‌رود (Sudhakar, Reddy and Veerajanyula, 1993). تجمع پرولین



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول پاشی بر محتوای پرولین گلرنگ. مقایسات در هر سطح شوری به طور جداگانه انجام شده است.

منابع مورد استفاده

- Achorro, P., Ortiz, A. and Cerda, A. (1994) Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L to salinity. *Plant and Soil* 212 :159 ..
- Boursier, P., Lynch, J., Labuchli, A. and Epstein, E. (1987). Chloride partitioning in leaves of salt stressed sorghum, maize, wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 463-473 :14 ..
- 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 barley. *Plant, Cell and Environment* 1230-1246 :28 ..
- Damodaram, T. and Hegde D. M (2002). *Oilseeds situation: a statistical compendium. Directorate of Oilseeds Research, Rajendranagar, Hyderabad India, 486 p.*
- Darvishi, B., Pouštini, K. and Tavakol Afshari, R. (2009). Ion distribution pattern in various alfalfa (*Medicago sativa* L.) organs respect to phytomass under saline conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 31-43 :(2)40 ..
- Ehdaie, B. and Shakiba, M. R (1996.). Relationship of internode- specific weight and water soluble carbohydrates in wheat. *Cereal Research Communications*, 24(1): 61-67.
- Ferreira-Silva, S. L., Silveira, J., Voigt, E., Soares, L. and Viegas, R. (2008). Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 51-59 :(1)20 ..
- Hadi, M. R., Khoush Kholgh, S., Khavarinezhad, N. A., Khayam, R. A. and Nekouei, S. M. (2008). The effect of elements accumulation on salinity tolerance in seven genotype durum wheat (*Triticum turgidum* L.) collected from the of middle east. *Iranian Journal of Biology* 326-340 :(2)21 ..
- Heidari, M. and Jamshidi, P. (2011). Effect of salinity and potassium application on antioxidant enzyme activities and physiological parameters in pearl millet. *Agricultural Science in China* 228-237 :(2)10 ..
- Ho, S., Chao, Y., Tong, W. and Yu, S. (2001). Sugar coordinately and differentially regulates growth-and stress-related gene expression via a complex signal transduction network and multiple control mechanisms. *Plant Physiology*:125 . 877-890.
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*). *Plant Physiology* 55-60 :84 ..
- Khoshgoftarmanesh, A. H. and Siadat, H. (2002). *Mineral nutrition of vegetables and horticultural plants in saline conditions*. Agricultural Ministry of Iran 86 . p
- Kumar, V., Shiram, V., Jawali, N. and Shitole, M. G. (2007). Differential response of indica rice genotypes to NaCl stress in relation to physiological and biochemical parameters. *Archives of Agronomy and Soil Science* 581- : (2)53 . 592.
- Lin, C. C. and Kao, C. H. (2000). Effect of NaCl on H₂O₂ metabolism in rice leaves. *Plant Growth Regulation*:30 . 155-151.
- Lutts, S., Majerus, V. and Kinet, J. M. (1999). NaCl effect on proline metabolism in rice seedlings. *Plant Physiology*. 450-458 :105.
- Muhammad, S., Akbar, M. and Neue, H. U. (1987). Effect of NaCl and Na/K relation in saline culture solution in the growth and mineral nutrition of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Soil* 57-62 :104 ..
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 239-250 :25 ..
- Munns, R. and Schachtman, D. P. (1993). Plant responses to salinity significance in relation to time. *Internationals Crop Science* 741-745 :1 ..
- Munns, R. and Termaat, A. (1986). Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 143- :13 . 160.
- Mutlu, F. and Bozcuk, S. (2005). Effects of salinity on the contents of polyamines and some other compounds in sunflower plants differing in salt tolerance. *Russian Journal of Plant Physiology* 29-34 :52 ..
- Netondo, G. W., Onyango, J. C. and Beck, E. (2004). Sorghum and salinity: II, Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science*:44 . 806-811.
- Niu, R., Bressan, A., Hasegawa, P. M. and Pardo, J. M. (1995). Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology American Society of Plant Biologists* 735- :109 . 742
- Omidi Tabrizi, A. H. and Ahmadi, M. R. (2001). review of research, breeding and agronomic of safflower in the world and Iran. *Zeytoon Journal*. 12: 14-18
- Omidi, A. H., Shahsavari, M. R., Alhani, A., Eslam, B. P. (2008). Padideh, a new safflower cultivar. *Seed and Plant*. 24(1): 215-219.
- Papakošta, D. K. and Gagianas, A. A. (1991). Nitrogen and dry matter accumulation remobilization and losses for Mediterranean's wheat during grain filling. *Agronomy Jour-*

- nal864-870 :83 ..
26. Paquin, R. and Lechasseur, P. (1979). Observations sure one method de dosage de la proline libber dens les extra its de plants. *Canadian Journal of Botany*1851-1854 :57 ..
 27. Sairam, R. K., Dharmar, K., Chinnusamy, V. and Meena, R. C. (2009). Water logging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mug bean (*Vigna radiata*). *Journal Plant Physiology*602-616 :6 ..
 28. Singh, L. and Pal, B. (2000). Effect for water salinity and fertility levels on yield attributing characters of blonde psyllium. *Research on Crops*85-90 :1 ..
 29. Song, J. and Fujiyama, Q. (1996). Amelioration effect of potassium on rice and tomato subject to sodium salinization. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science*493- :42 501.
 30. Sudhakar, C., Reddy, P. S. and Veerajaneyula, K. (1993). Effect of salt stress on the enzymes of proline synthesis and oxidation in green gram seedling. *Journal of Plant Physiology*621-623 :141 ..
 31. Sultana, N., Ikeda, T. and Kashem, M. A. (2001). Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater-stressed rice. *Environmental and Experimental Botany*140-129 :46 ..
 32. Tawfik, A. and Noga, A. (2001). Priming of Cumin seeds and its effects of germination, emergence and storability. *Journal Applied Botany*. 75: 216-220.
 33. Zayed, B. A., Salem, A. K. M. and El-Sharkawy, H. M. (2011). Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*179- :(2)7 . 184.
 34. Zheng, Y., Aijun, J., Tangyuan, N., Xud, J., Zengjia, L. and Gaoming, J. (2008). Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 165: 1455-1465.
 35. .
 36. .