نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۴۵۳-۴۴۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 3, Fall. 2014, p. 445-453

تاثیر محلول‌پاشی کلسیم، پتاسیم و منگنز بر برخی شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش شوری

محمود عطارزاده[1*] - اصغر رحیمی[2] - بنیامین ترابی[3] - حسین دشتی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۷

چکیده

به منظور بررسی تاثیر محلول پاشی کلسیم، پتاسیم و منگنز روی خصوصیات رویشی گلرنگ (رقم پدیده) در شرایط تنش شوری، آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل دو عاملی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه دانشگاه ولی عصر رفسنجان اجرا شد. عامل اول شوری در چهار سطح، شامل بدون شوری و شوری ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک بود و عامل دوم محلول‌پاشی در چهار سطح محلول‌پاشی آب مقطر و محلول‌پاشی نیترات کلسیم و پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات هر یک با غلظت ده میلی‌مولار و محلول‌پاشی سولفات منگنز به مقدار یک میلی‌مولار از دو هفته پس از سبز شدن، هر دو هفته یک‌بار اعمال شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری وزن خشک، سطح برگ و ارتفاع به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما تعداد برگ تحت تاثیر تیمار شوری و محلول‌پاشی قرار نگرفت. بیش‌ترین سطح برگ در محلول‌پاشی پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات و نیترات کلسیم و کم‌ترین آن در محلول‌پاشی سولفات منگنز بدست آمد. محلول‌پاشی پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات و نیترات کلسیم تا حدودی توانسته مانع از کاهش سرعت رشد گیاه در زمان ابتدایی رشد در شوری ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم گردد. تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم، به طور معنی‌داری مقدار نسبی کلروفیل و نسبت Fv/Fm را در برگ گلرنگ تحت تاثیر قرار داد و باعث کاهش معنی‌دار آن شد و محلول پاشی نیترات کلسیم، پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات و سولفات منگنز نیز باعث کاهش مقدار نسبی کلروفیل گردیده است.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد گیاه، سطح برگ، گلرنگ، وزن خشک

مقدمه

تنش شوری از جمله عوامل محدود کننده عملکرد محصولات در جهان به شمار می‌رود که به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، تنش شوری به عنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است (۲۲). در این میان، ایران با دارا بودن اقلیم گرم و خشک از این امر مستثنی نیست. به نحوی که بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت آن (در حدود ۲۷ میلیون هکتار) از خاک‌های شور و قلیا تشکیل شده است (۲۷). به‌نظر می‌رسد افزایش شوری در زمین‌های زراعی آثار مخرب جهانی را در پی داشته باشد. پیش‌بینی می‌شود که در ۲۵ سال آینده ۳۰ درصد و تا اواسط قرن ۲۱، حدود ۵۰ درصد زمین‌های زراعی جهان به‌دلیل افزایش شوری غیر قابل استفاده گردند (۱۸).

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 و بنابراین گیاهان باید توسط مکانیسم‌هایی با سمیت یون سدیم، خشکی فیزیولوژیکی و همچنین حفظ تعادل یونی داخل سلولی 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 (۲۶). روابط 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 به‌کار رفته و اندام گیاه نتایج متفاوت است. در مطالعات گسترده‌ای 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. اما شواهد زیادی وجود ندارد که ثابت کند در شرایط شور با اضافه کردن عناصر غذایی بیشتر از میزانی که برای هر عنصر در

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشیار، استادیار و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: Attarzadeh2012@yahoo.com)

شرایط غیرشور مناسب تشخیص داده شده، عملکرد گیاه افزایش یابد (۵).

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 محلول‌پاشی روی گیاه به دلیل افزایش کارایی جذب عناصر، روش مناسبی می‌باشد (۳۲). کاربرد برخی عناصر به صورت محلول‌پاشی سبب کم کردن اثرات منفی شوری می‌گردد. فیزیولوژیست‌ها و شیمیدان‌های زیادی بر اثرات مثبت عناصر بر کاهش اثرات شوری در گیاه تاکید دارند (۲۹). 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 را بهبود می‌بخشد (۲۴). پتاسیم یک عنصر سیتوپلاسمی ضروری است و به‌علت نقش آن در تنظیم اسمزی و نیز اثر رقابتی آن با سدیم غالبا به عنوان یک عنصر مهم در شرایط شوری در نظر گرفته می‌شود (۲۳). همچنین منگنز در بستن سطح بیرونی غشا تیلاکوئید در ساختمان کلروپلاست نقش دارد و به عنوان راه‌کاری در گیاهان جهت افزایش تحمل گیاه به تنش شوری استفاده می‌گردد (۳۲). نظر به اهمیت کشت دانه‌های روغنی از جمله گلرنگ[1] و اثرات مثبت عناصر تغذیه‌ای در کاهش اثرات تنش‌های محیطی از جمله شوری بر رشد گیاهان، و وجود مشکل تنش شوری در بسیاری از خاک‌های زیر کشت، و ضرورت استفاده از راه‌کارهایی برای مقابله با این تنش‌ها، انگیزه پژوهش حاضر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی، 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 بدون شوری و شوری ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک بود و عامل دوم محلول‌پاشی در چهار سطح شامل محلول‌پاشی آب مقطر و محلول‌پاشی نیترات کلسیم و پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات به مقدار ده میلی‌مولار و محلول‌پاشی سولفات منگنز به مقدار یک میلی‌مولار اعمال شد. شرایط مورد بررسی در گلخانه شامل دمای گلخانه در شب ۲۰ درجه و در روز ۲۶ درجه سانتی گراد و رطوبت محل بین ۵۰ تا ۵۵ درصد و نور گلخانه مشابه با شرایط محیط 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) در اسفند ماه سال ۱۳۸۹ کشت گردید. دو هفته پس از کاشت (مرحله دو برگی)، عمل تنک کردن گیاهچه‌ها صورت گرفت و تعداد پنج بوته در هر گلدان حفظ گردید. لازم به ذکر است با در نظر گرفتن وزن گلدان‌ها که محتوی شش کیلوگرم خاک بود، در سطح شوری اول، دوم و سوم به‌ترتیب، ۳۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۹۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم به‌صورت محلول با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به گلدان‌های هر تیمار اضافه شد، و در تیمار شاهد، نمک اضافه نگردید. به‌منظور جلوگیری از شوک اسمزی، تیمارهای شوری از روز بیستم در سه مرحله با فاصله زمانی پنج روز اعمال گردیدند. پس از اعمال تیمارهای شوری، به‌منظور جلوگیری از تغییر شوری خاک گلدان‌ها تا پایان دوره رشد با آب مقطر به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر آبیاری شدند. محلول‌پاشی کلسیم، پتاسیم و منگنز با غلظت مشخص دو هفته پس از اعمال اولین شوری، هر دو هفته یک‌بار و تا پایان دوره رشدی گیاه اعمال گردید. نمونه‌برداری‌ها جهت اندازه‌گیری وزن خشک کل بوته در حدود ۳۰ روز بعد از سبز شدن در فروردین ماه سال ۱۳۹۰، مصادف با مرحله پنج برگی (رشد روزت)، آغاز و به فاصله ۱۰ روز، در ۴ نوبت تکرار شد، اما سطح برگ، تعداد برگ و ارتفاع بوته در خرداد ماه سال ۱۳۹۰ برابر با اواخر مرحله رشد گیاه (گلدهی) اندازه‌گیری گردید. سطح برگ، پس از جدا شدن برگ‌ها از بوته به وسیله دستگاه سنجش سطح برگ و بر اساس واحد سانتی‌متر مربع مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی گیاه، ابتدا ریشه را حذف کرده و سپس اندام هوایی پس از شستشو با آب مقطر، کاملا خشک شد، در مرحله بعد اندام هوایی را در داخل پاکت قرار داده شد و سپس در درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن به وسیله ترازو، وزن خشک اندام هوایی تعیین شد. به‌منظور محاسبه سرعت رشد محصول[2] در زمان ابتدایی (مراحل رویشی) و انتهایی رشد (مراحل گلدهی) با استفاده از پارامتر وزن خشک کل، از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{سرعت رشد محصول} = (W_2-W_1) / (T_2-T_1)$$

$$CGR= (W_2-W_1) / (T_2-T_1)$$

W_1 و W_2 وزن خشک کل اولیه و ثانویه بوته و T_1 و T_2 فاصله زمانی بین دو نمونه برداری (روز) می‌باشد.

جهت اندازه‌گیری مقدار نسبی کلروفیل و کلروفیل فلورسانس در مرحله شروع گلدهی گلرنگ نمونه‌برداری انجام شد. برای اندازه‌گیری مقدار نسبی کلروفیل، از هر گلدان ۵ برگ انتخاب و میزان سبزینگی با دستگاه SPAD-502 قرائت شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل

1- *Carthamus tinctorius* L.

2- Crop Growth Rate

فلورسانس از دستگاه Chlorophyll Fluorimeter مدل Hansatech LTD Pocket PEA استفاده شد. به این منظور برگ‌های گیاهان به مدت ۱۵ دقیقه جهت سازگاری به تاریکی به وسیله گیره‌های مخصوص از تابش نور خورشید محافظت شدند. بعد از گذشت ۱۵ دقیقه سنسور دستگاه داخل گیره‌ها قرار داده شد و میزان فلورسانس کلروفیل برگ‌ها توسط دستگاه ثبت شد. عدد حاصل از این دستگاه نشان دهنده میزان بازدهی فتوسنتزی فتوسیستم دو یا همان نسبت Fv/Fm (نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر) می‌باشد که بر اساس درصد بیان می‌شود. محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از رویه Proc GLM نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

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

خصوصیت	مقدار
بافت	لوم رسی
ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	۱۴/۰
اسیدیته	۷/۵
قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۲/۰
ماده آلی (٪)	۰/۵۰

نتایج و بحث

وزن خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک نشان داد که اثر شوری بر وزن خشک معنی‌دار بود (جدول ۲). تغییرات وزن خشک گلرنگ با افزایش سطوح مختلف شوری روند کاهشی را نشان می‌دهد، بطوری‌که بیشترین میزان کاهش وزن خشک در شرایط شوری ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل ۱- الف). کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش ذخائر انرژی گیاه باشد که در نتیجه کاهش و اختلال فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی در گیاهان مختلف می‌باشد (۱۳). به علت اثرات منفی پتانسیل اسمزی بالای محلول خاک و جذب کم آب و عناصر غذایی و تاثیر سوء شوری بر فتوسنتز و فرآیندهای جانبی آن، انرژی لازم برای رشد مناسب ریشه و اندام هوایی در اختیار آن‌ها قرار نمی‌گیرد (۱۰).

از آنجا که تحت شرایط شوری گیاه با تنش مواجه می‌شود و با توجه به تنظیم اسمزی و مکانیسم‌های جانبی که گیاه در جهت کاهش اثرات شوری انجام می‌دهد مقدار زیادی از انرژی را که از اندام هوایی جهت رشد خود دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می‌نماید، این عمل باعث کاهش کارایی در تامین عناصر غذایی و آب برای اندام هوایی می‌شود و در نتیجه باعث کاهش رشد اندام هوایی می‌گردد (۱). کاهش وزن خشک اندام هوایی در تحقیقاتی بر روی زیره (*Cuminum cyminum*) (۷)، گندم (*Triticum aestivum*) (۱۴) و گلرنگ (۱۲) گزارش شده است.

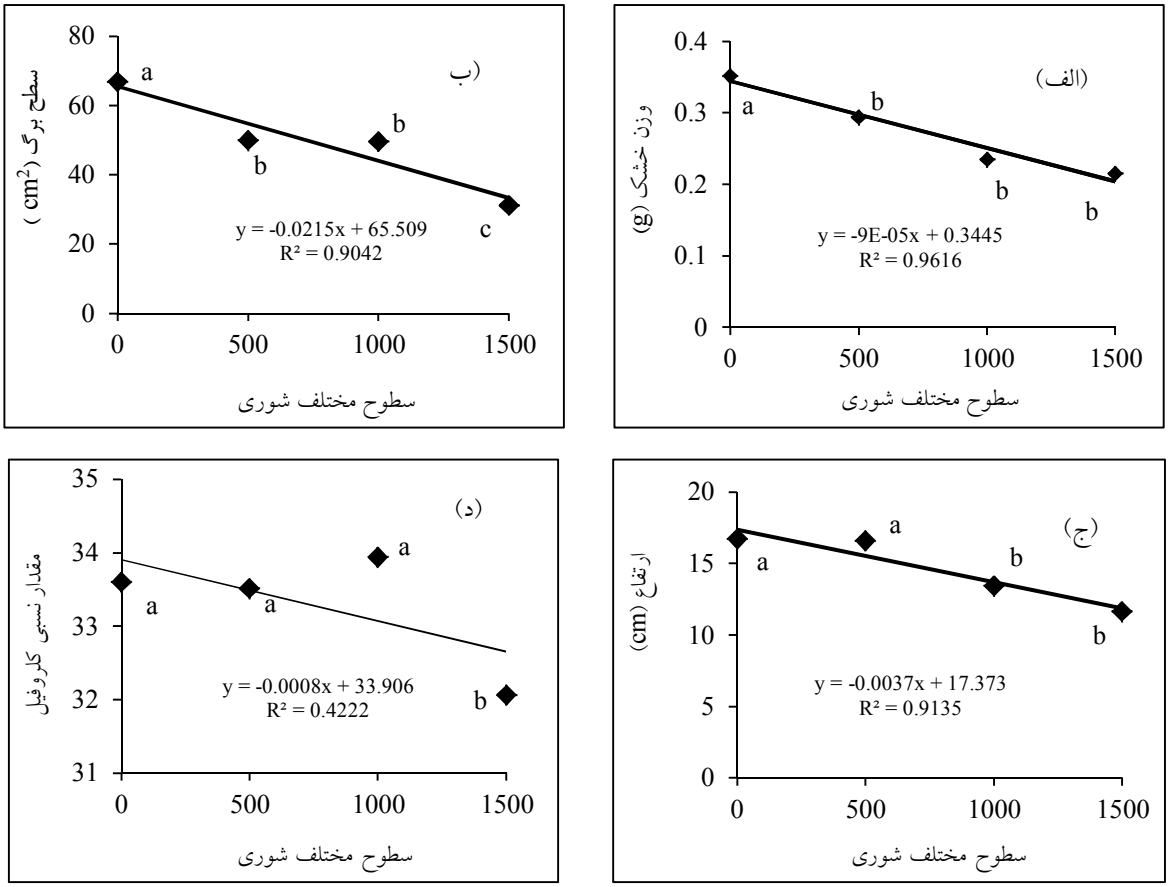
سطح برگ گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به سطح برگ گلرنگ نشان داد که اثر شوری و محلول‌پاشی بر سطح برگ معنی‌دار بود ($P<0/01$)، ولی اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۲). تغییرات سطح برگ گلرنگ با افزایش سطوح مختلف شوری روند کاهشی را نشان می‌دهد، بطوری‌که بیشترین سطح برگ در تیمار بدون شوری (۶۶/۹ سانتی‌متر مربع در بوته) و کمترین سطح برگ در تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم (۳۱/۱ سانتی‌متر مربع در بوته) بدست آمد. تیمارهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم سبب کاهش معنی‌داری در سطح برگ گیاه به‌ترتیب به میزان ۴۹/۸ و ۴۹/۵ سانتی‌متر مربع نسبت به تیمار شاهد شدند، اما بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱- ب). در واقع کاهش رشد بسیاری از گیاهان در شرایط شوری را می‌توان به کاهش سطح برگ آن‌ها نسبت داد (۲۴).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک، سطح برگ، ارتفاع و تعداد برگ تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و محلول‌پاشی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک	سطح برگ	ارتفاع	تعداد برگ
تکرار	۲	۰/۰۶۱ **	۱/۲۱ **	۱۲۳/۷۶ **	۱۳/۲۷ *
شوری	۳	۰/۰۳۹ **	۱/۰۹ **	۶۷/۵۵ **	۵/۴۸ ns
محلول‌پاشی	۳	۰/۰۱۰ ns	۰/۹۲۱ **	۱۱/۰۴ ns	۴/۸۵ ns
اثر متقابل	۹	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۷۰ ns	۶/۹۴ ns	۴/۷۳ ns
خطا	۳۰	۰/۰۰۶	۰/۱۰۰	۴/۲۸	۳/۲۸

*، **- به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۵ ، ۰/۰۱ و ns عدم تفاوت معنی دار



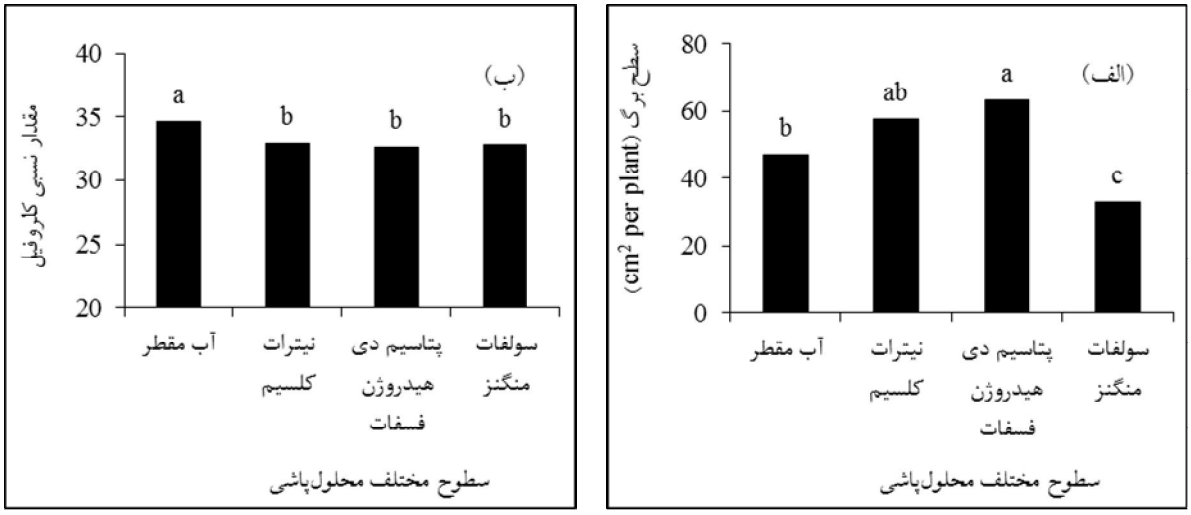
شکل ۱- تغییرات وزن خشک (الف)، سطح برگ (ب)، ارتفاع (ج) و مقدار نسبی کلروفیل برگ (د) در یک بوته گلرنگ تحت سطوح مختلف شوری (میلی‌گرم برکیلوگرم خاک کلرید سدیم)

محققان گزارش کردند که گیاهان تحت تنش شوری با کاهش دادن سطح برگ، مانع از دست رفتن آب می‌شوند و در نتیجه برگ‌های گیاهان در این گونه محیط‌ها کوچکتر و ضخیم‌تر می‌گردد. با افزایش غلظت نمک در محیط رشد، یک نوع خشکی فیزیولوژیکی در گیاه ایجاد می‌شود که خود عامل اصلی در جلوگیری از ایجاد فشار تورژسانس در سلول‌های گیاهی و جلوگیری از رشد و تقسیم سلولی است که در نهایت موجب کاهش سطح برگ در گیاه می‌گردد (۲۰). همچنین کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه در شرایط شوری بر اثر آبگیری سریع و خشکی زود هنگام برگ‌ها نیز اتفاق می‌افتد که این امر منجر به پیری زودرس برگ‌های مسن‌تر گیاه و حذف آن‌ها می‌گردد (۲۱). به‌طور کلی سریع‌ترین واکنش در مقابله با تنش شوری کاهش توسعه سطح برگ می‌باشد و به دنبال آن با افزایش شدت تنش، رشد و توسعه سطح برگ متوقف می‌شود، در صورت خفیف بودن شدت تنش رشد و توسعه برگ‌ها پس از رهایی از تنش دوباره آغاز می‌شود (۳۳). کاهش سطح برگ در گلرنگ تحت تنش شوری در تحقیقاتی دیگر توسط محققین گزارش شده است (۲۵).

همچنین نتایج نشان داد بیشترین سطح برگ در محلول‌پاشی پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات (۶۳/۲ سانتی‌متر مربع) و نیترات کلسیم (۵۷/۷ سانتی‌متر مربع) بدست آمد و بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما کمترین سطح برگ در محلول‌پاشی سولفات منگنز (۳۲/۷ سانتی‌متر مربع) بدست آمد. لازم به ذکر است در تیمار محلول‌پاشی آب مقطر در مقایسه با نیترات کلسیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲- الف). به نظر می‌رسد که غلظت یک میلی‌مولار سولفات منگنز سبب افزایش سمیت برای گیاه گلرنگ شده و در نتیجه سبب کاهش سطح برگ شده است. تحقیقات بدست آمده توسط محققان نشان داد که محلول‌پاشی کلسیم و پتاسیم نقش قابل توجهی در افزایش سطح برگ در برنج تحت تنش شوری دارد (۳۰).

ارتفاع

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع گیاه گلرنگ نشان داد که تیمار شوری بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲).



شکل ۲- تغییرات سطح برگ (الف) و مقدار نسبی کلروفیل (ب) گلرنگ تحت سطوح مختلف محلول‌پاشی

تغییرات سطح برگ گلرنگ با افزایش سطوح مختلف شوری روند کاهشی را نشان می‌دهد، بطوری‌که ارتفاع ساقه در شرایط بدون تنش و شوری ۵۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای شوری ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم بود (شکل ۱- ج). شوری احتمالا با کاهش تقسیم و طویل شدن سلولی نیز می‌تواند باعث کاهش ارتفاع گردد. این کاهش ارتفاع ممکن است به خاطر اثرات منفی پتانسیل اسمزی بالا باشد که جذب آب و عناصر غذایی را کاهش داده و در نهایت باعث کاهش رشد ساقه می‌شود. همچنین کاهش رشد در اثر شوری می‌تواند در اثر تغییر در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش ارتفاع و یا به دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها باشد (۴). کاهش ارتفاع در اثر تنش شوری در برنج (۱۷)، سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) (۲۸) گلرنگ (۲۵) نیز گزارش شده است.

تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد برگ گلرنگ نشان داد که اثر شوری، محلول‌پاشی و اثر متقابل آن‌ها نتوانست تعداد برگ این گیاه را تحت تاثیر قرار دهد (جدول ۲). مطالعات صورت گرفته توسط محققین حاکی از این است که اعمال تنش شوری بر روی پنج رقم چغندرقند (*Beta vulgaris*) سبب تغییر معنی‌داری در تعداد برگ نسبت به شاهد نگردید (۱۱). مطالعات دیگر صورت گرفته بر روی جو نشان داد که تعداد برگ در این گیاه با افزایش شوری کاهش یافت که علت این امر را ذخیره نمک اضافی در برگ‌ها و ریزش این برگ‌ها نسبت دادند که معمولا این برگ‌ها ریزش پیدا می‌کنند و برگ‌های جدید که دارای غلظت نمک پایین هستند جایگزین می‌شوند (۳۱). کاهش تعداد برگ در گلرنگ تحت تنش شوری در تحقیقاتی دیگر توسط محققین گزارش شده است (۲).

مقدار نسبی کلروفیل[1]

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به مقدار نسبی کلروفیل برگ گلرنگ نشان داد که اثر شوری و نوع محلول‌پاشی بر مقدار نسبی کلروفیل برگ گلرنگ معنی‌دار بود و اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی نتوانست این صفت را تحت تاثیر قرار دهد (جدول ۳). روند تغییرات مقدار نسبی کلروفیل برگ گلرنگ نشان داد که شوری ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم، مقدار نسبی کلروفیل برگ گلرنگ ۳۲ بود که نسبت به شرایط بدون تنش (۳۳/۶) و شوری ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم (به‌ترتیب ۳۳/۵ و ۳۳/۹) به‌طور معنی‌داری کمتر بود (شکل ۱- د). محققان در طی یک مطالعه‌ای بر روی گیاه *Raphanus sativus* در چهار سطح شوری (۰، ۴/۷، ۹/۴، ۱۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر) گزارش کردند با افزایش سطح شوری میزان کلروفیل کاهش نشان داد، به‌طوری‌که کمترین مقدار کلروفیل در سطح شوری ۱۴/۱ بوده است (۱۵). نتایج دیگر حاکی از این است که در شرایط محلول‌پاشی آب مقطر، مقدار نسبی کلروفیل به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای محلول‌پاشی بود و از طرفی بین سایر تیمارهای محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲- ب). به‌نظر می‌رسد نوع محلول‌پاشی در این آزمایش باعث کاهش مقدار نسبی کلروفیل گردیده است. کاهش مقدار نسبی کلروفیل در شرایط محلول‌پاشی احتمالا به علت افزایش سطح برگ در گلرنگ و در نتیجه نازکتر شدن برگ و پراکنده شدن کلروفیل در سطح برگ می‌باشد.

1- Spad

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مقدار نسبی کلروفیل، نسبت Fv/Fm و سرعت رشد گیاه در زمان ابتدایی و انتهایی رشد، تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و محلول‌پاشی

منابع تغییر	درجه آزادی	مقدار نسبی کلروفیل	نسبت Fv/Fm	سرعت رشد گیاه در زمان ابتدایی	سرعت رشد گیاه در زمان انتهایی
تکرار	۲	۱۵۴/۵۸ **	۰/۰۰۰۶ *	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۱۶ **
شوری	۳	۶/۷۶ *	۰/۰۰۰۶*	۰/۰۰۲۸ **	۰/۰۰۲ ^{ns}
محلول‌پاشی	۳	۹/۰۹ *	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۳۰ **	۰/۰۰۱ ^{ns}
اثر متقابل	۹	۵/۵۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۱۴ **	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطا	۳۰	۲/۷۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲

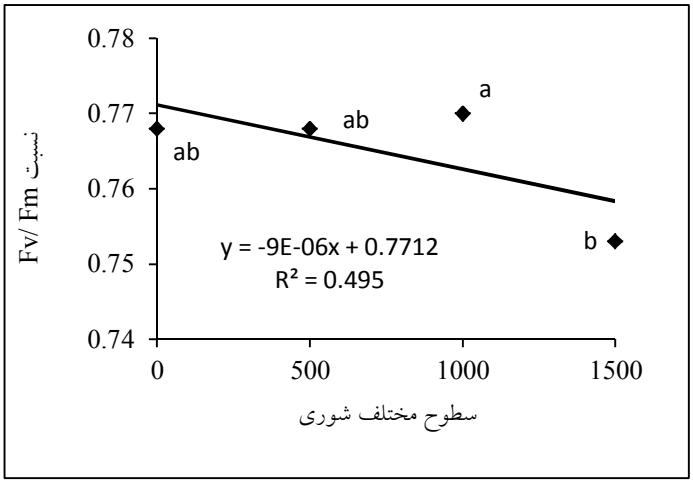
*، **- به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۵ ، ۰/۰۱ و ns عدم تفاوت معنی‌دار

نسبت Fv/Fm

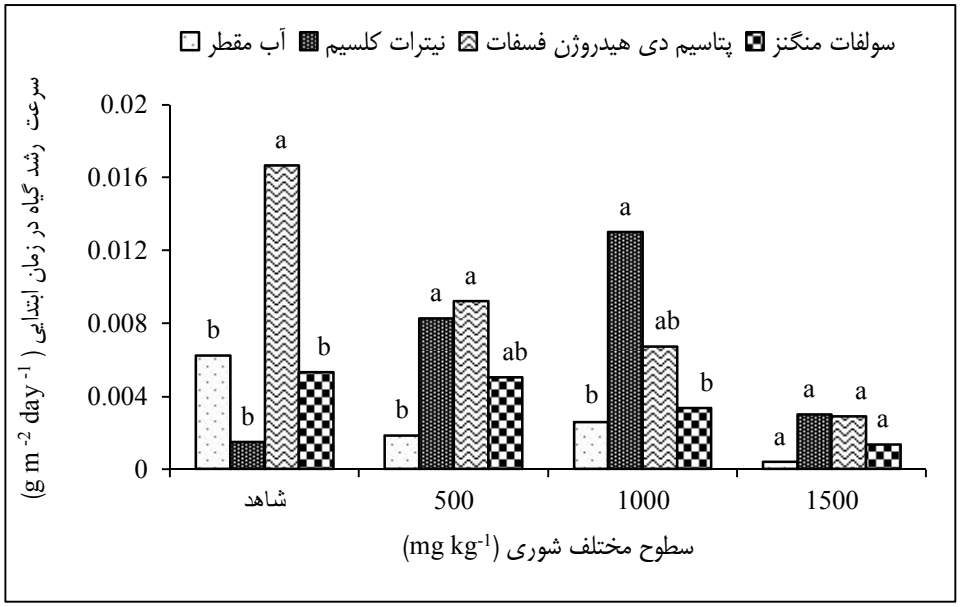
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نسبت Fv/Fm برگ گلرنگ نشان داد که تنها تیمار شوری تاثیر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر نسبت Fv/Fm گلرنگ داشته است و اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی نتوانست نسبت Fv/Fm برگ را تحت تاثیر قرار دهد (جدول ۳). روند تغییرات نسبت Fv/Fm نشان داد که در سطح شوری ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم به طور معنی‌داری نسبت به سطوح شوری و شاهد کمتر بود و از طرفی بین سایر سطوح شوری و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). جریان الکترون در فتوسیستم شاخصی برای میزان کلی فتوسنتز می‌باشد و اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل تخمینی از نحوه عمل فتوسنتز را برای ما امکان پذیر می‌سازد. در واقع بررسی وضعیت فتوسنتز یک معیار قابل قبول برای ارزیابی میزان سازگاری گیاهان نسبت به محیط اطرافشان می‌باشد. وقتی تنشی به دستگاه فتوسنتزی گیاه وارد شود، Fv (فلورسانس متغیر) کاهش می‌یابد. علت این کاهش، تخریب ساختمان کلروفیل گیاه می‌باشد و در نتیجه نسبت Fv/Fm کاهش می‌یابد (۱۹). به‌نظر می‌رسد کاهش نسبت Fv/Fm گلرنگ در تیمار شوری ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم، دلیلی منطقی بر تخریب ساختمان کلروفیل تحت تیمار شوری ذکر شده می‌باشد.

سرعت رشد گیاه در زمان ابتدایی و انتهایی رشد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به سرعت رشد گیاه در زمان ابتدایی رشد گلرنگ نشان داد که اثر شوری و محلول‌پاشی بر سرعت رشد گیاه در زمان ابتدایی گلرنگ معنی‌دار بود و اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی، سرعت رشد گیاه گلرنگ را به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۱) تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳).



شکل ۳- تغییرات نسبت Fv/Fm برگ گلرنگ تحت سطوح مختلف شوری ($mg\ kg^{-1}$)



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی بر سرعت رشد گیاه در زمان ابتدایی رشد گلرنگ.

مقایسات در هر سطح شوری به‌طور جداگانه انجام شده است.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط بدون تنش و محلول‌پاشی پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات، سرعت رشد گیاه (۰/۰۱۶ گرم در متر مربع در روز) نسبت به سایر محلول‌پاشی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در تیمار شوری ۵۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم، محلول‌پاشی پتاسیم‌دی‌هیدروژن فسفات و نیترات‌کلسیم سرعت رشد گیاه را به‌طور معنی‌داری نسبت به محلول‌پاشی آب مقطر افزایش داد اما در محلول‌پاشی سولفات منگنز اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد (شکل ۳). همچنین در شرایط شوری ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم، محلول‌پاشی نیترات‌کلسیم، سرعت رشد گیاه ۰/۰۱۳ گرم در متر مربع در روز بود که با محلول‌پاشی آب مقطر و سولفات منگنز (به‌ترتیب ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۳ گرم در متر مربع در روز) اختلاف معنی‌داری نشان داد، اما با محلول‌پاشی پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات (۰/۰۰۶ گرم در متر مربع در روز) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج دیگر حاکی از این است که در شرایط شوری ۱۵۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم اختلاف معنی‌داری بین ترکیبات مختلف محلول‌پاشی مشاهده نشد (شکل ۴). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات و نیترات‌کلسیم تا حدودی توانسته مانع از کاهش سرعت رشد گیاه در شرایط شوری گردد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به سرعت رشد گیاه در زمان انتهایی رشد گلرنگ نشان داد که تاثیر سطوح شوری، نوع محلول‌پاشی و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). سرعت رشد گیاه با شاخص سطح برگ رابطه مستقیمی دارد و در تنش‌هایی مثل تنش شوری، یکی از اولین پاسخ‌های گیاه کاهش سطح برگ است بنابراین کاهش سرعت رشد گیاه در شرایط تنش شوری، امری کاملا طبیعی به نظر می‌رسد (۶). استفاده از کلسیم و پتاسیم می‌تواند مانع از کاهش سرعت رشد در شرایط شوری گردد، که ناشی از نقش آن‌ها در پایداری آنزیم‌ها و پروتئین‌ها و کاهش اثرات سمیت مربوط به سدیم باشد (۹ و ۱۶).

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شوری باعث کاهش برخی از پارامترهای رشد در گلرنگ شده است و محلول‌پاشی ترکیبات نیترات کلسیم و پتاسیم‌دی‌هیدروژن فسفات تا حدودی توانست اثرات منفی شوری را تقلیل دهد. از طرف دیگر به نظر می‌رسد که غلظت یک میلی‌مولار سولفات منگنز سبب افزایش سمیت برای گیاه گلرنگ شده است.

منابع

۱- پوستینی، ک. ۱۳۷۴. واکنش‌های فیزیولوژیکی دو رقم گندم نسبت به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۹: ۱۱- ۱۶.

۲- حاج‌غنی، م.، م. صفاری و ع. ا. مقصودی‌مود. ۱۳۸۷. اثر سطوح مختلف شوری کلریدسدیم بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گلرنگ. مجله علوم و

فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۵): ۴۵۸-۴۴۹.
۳- حسیبی، پ.، ل. زندیه، ن. قائم‌مقامی، ن. رشیدی رضوان، ح. نجفی و ف. قائم‌مقامی. ۱۳۸۹. مطالعه برخی خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم گندم تحت تنش شوری از منابع کلریدسدیم و کلریدکلسیم. مجله فیزیولوژیکی گیاهان زراعی اهواز، ۲(۲): ۳-۲۴.
۴- حیدری‌شریف‌آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع تهران. ۱۹۰ ص.
۵- خوش‌گفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. انتشارات معاونت امور باغبانی کرج.
۶- سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۶. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۱۹ ص.
۷- طرزی، ع. م. ۱۳۷۴. بررسی اثر شوری بر ترکیبات سازنده اسانس زیره سبز در کشت بافت و گیاه کامل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
۸- کافی، م. و ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۵۲ ص.
۹- مظفری، ح. و خ. منوچهری کلانتری. ۱۳۸۳. نقش کلسیم درکاهش اثرات شوری در گیاه خاکشیر. مجله پژوهش و سازندگی، ۱۷: ۱۰۳-۹۲.
10- Ashraf, M. and M. R. Foolad. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Environmental and Experimental Botany. 59: 206-216.
11- Cherki, G., A. Foursy, and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany. 47: 39-50.
12- Demir Kaya, M. and A. Ipek. 2003. Effect of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27: 221-227.
13- Francois L. E., T. J. Donovan, K. Lorenz and E. V. Mass. 1989. Salinity effects on ray grain yield, quality, vegetative growth, and emergence. Agronomy Journal, 81: 707-712.
14- Heydari, M., A. A. M. Bakhshandeh, K. H. Aalami Saeid, H. A. Nadian and GH. A. Fathi. 2007. Effects of salinity and nitrogen rates on shoot/root ratio, sodium and potassium uptake in wheat. Journal of Agricultural Science, 13(3): 649-659.
15- Jamil, M., Sh. Rehman, K. J. Lee, J. Man Kim, H. S. E. Kim and Sh. Rhal. 2007. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. Science Agricultural, 64(2): 111-118.
16- Kramer, P. J. 1983. Water relation of plants. Journal of Agronomy and Crop Science, 70: 630-634.
17- Kumar, V., V. Shiram, N. Jawali and M. G. Shitole. 2007. Differential response of indica rice genotypes to NaCl stress in relation to physiological and biochemical parameters. Archives of Agronomy and Soil Science, 53(2): 581-592.
18- Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 44: 139-158.
19- Maxwell, K. and G. N. Johanson. 2000. Chlorophyll fluorescence a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659-668.
20- Mudrik, V., A. Kosobrukhov, I. Knyazeva and T. Pigulevskaya. 2002. Changes in the photosynthetic characteristics of Plantago major plants caused by soil drought stress. Plant Growth Regulation, 40: 1–6.
21- Munns, R. 1985. Na^+, K^+ and Cl^- in xylem sap flowing to shoots of NaCl treated barley. Journal of Experimental Botany, 36: 1032-1042.
22- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250.
23- Munns, R. and D. P. Schachtman. 1993. Plant responses to salinity significance in relation to time. Internationals Crop Science, 1: 741-745.
24- Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. Australian Journal of plant Physiology, 13: 143-160.
25- Neeta Patil, M. 2012. Adaptations in response to salinity in safflower cv. Bhima. Asian Journal of crop Science, 4(2): 50-62.
26- Niu, R., A. Bressan, P. M. Hasegawa and J. M. Pardo. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. Plant Physiology American Society of Plant Biologists, 109: 735-742.
27- Rezvani Moghaddam, P. and A. Koocheki. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects–Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.
28- Sadeghi Lotfabadi, S., M. Kafi and H. R. Khazaei. 2010. Effects of calcium, potassium and method of application on sorghum (*Sorghum bicolor* L.) morphological and physiological traits in the presence of salinity. Journal of Soil and Water Conservation, 24(2): 385-393.
29- Song, J. and Q. Fujiyama. 1996. Amelioration effect of potassium on rice and tomato subject to sodium salinization. Soil Science Plant Nutrient, 42: 493- 501.
30- Sultana, N., T. Ikeda and M. A. Kashem. 2001. Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater-stressed rice. Environmental and Experimental Botany, 46: 129–140.
31- Ungar, I. A. 1974. The effect of salinity and temperature on seed germination and growth of Hordeum jubatum.

Canadian Journal of Botany, 52: 1357-1362.
32- Zayed, B. A., A. K. M. Salem and H. M. El-Sharkawy. 2011. Effect of Different Micronutrient Treatments on Rice (*Oriza sativa* L.) Growth and Yield under Saline Soil Conditions. World Journal of Agricultural Sciences, 7(2): 179-184.
33- Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6: 66-71.