مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۱، شماره ۴، ۱۳۸۹ (۸۱۹-۸۱۱)

اثر تنش شوری بر تجمع ماده خشک و الگوی توزیع یونی در پنج ژنوتیپ گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

سامان شیدائی[۱]، مرتضی زاهدی[۲]* و سیدعلی محمد میرمحمدی میبدی[۳]
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
(تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۷ - تاریخ تصویب: ۸۹/۶/۳۱)

چکیده

جهت بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر ژنوتیپ‌های گلرنگ آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بصورت آبکشت انجام گردید. پنج ژنوتیپ گلرنگ شامل اراک۲۸۱۱، نبراسکا۱۰، SOD۲۵، CA۱۱۶ و CA۱۲۸ به‌عنوان فاکتور اول و ۴ سطح شوری شامل تیمار بدون نمک به عنوان شاهد و محلول‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک طعام به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. در این آزمایش ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوائی و ریشه، غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ و ریشه و همچنین غلظت پرولین در برگ‌ها اندازه‌گیری شد. شوری باعث کاهش ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، و همچنین کاهش غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ و ریشه شد. از طرف دیگر شوری باعث افزایش غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در برگ و ریشه گیاه گردید. برهمکنش بین شوری و ژنوتیپ بر وزن خشک اندام هوائی معنی‌دار شد. بر این اساس ژنوتیپ CA۱۲۸ با دارا بودن کمترین کاهش در وزن خشک اندام هوائی در کلیه سطوح شوری مقاوم‌ترین ژنوتیپ به شوری بود. تأثیر شوری بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر میزان کاهش وزن خشک گیاه در اثر شوری برای اندام هوایی و ریشه مشابه بود. غلظت پرولین در برگ در تیمارهای شور نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت ولی اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و همچنین اثر متقابل بین شوری و ژنوتیپ بر غلظت پرولین معنی‌دار نشد. نسبت غلظت سدیم به پتاسیم در برگ و ریشه با افزایش سطح شوری افزایش یافت. تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر نسبت سدیم به پتاسیم در برگ معنی‌دار ولی برای ریشه معنی‌دار نگردید، در برگ، این نسبت برای ژنوتیپ نبراسکا۱۰ بالاترین بود. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر این نسبت در برگ و ریشه معنی‌دار نشد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که شوری می‌تواند تأثیر منفی بر رشد گیاه گلرنگ داشته و واکنش ژنوتیپ های مختلف گلرنگ به شوری از نظر تجمع ماده خشک و نسبت یون‌ها در گیاه متفاوت است.

واژه های کلیدی: گلرنگ، شوری، ماده خشک، عناصر، ژنوتیپ.

مقدمه

از جمله مشکلات عمده اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک شور و قلیا بودن خاک این مناطق است. شوری باعث کاهش پتانسیل آب خاک و ایجاد خشکی فیزیولوژیک در محیط ریشه و همچنین باعث ایجاد سمیت و به هم خوردن تعادل یون‌ها می‌شود

* نویسنده مسئول: مرتضی زاهدی تلفن: ۰۹۱۳-۳۶۹۳۷۸۱ E-mail: mzahedi@cc.iut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

(Mirmohammady & Ghareyazie, 2002). اثرات اسمزی و سمی‌شوری می‌تواند موجب کاهش آماس سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌ها، جلوگیری از فتوسنتز، عدم تعادل یونی در اثر انتقال ناکافی یون‌ها یا ساز و کارهای انتخابی آنها و یا باعث افزایش استفاده از انرژی متابولیکی در فرآیندهای غیررشدی مرتبط با ساز و کار تحمل گیاه گردند (Postini, 1995; Hamada, 1996 Janzen, 1988). میزان تأثیر شوری بر گیاه به فاکتورهای متعددی از جمله نوع گونه و ژنوتیپ، مرحله رشد گیاه، ترکیب نمک و عوامل محیطی بستگی دارد (Greenway & Munns, 1980).

اصلاح زمین‌های شور، به‌کارگیری روش‌های مناسب آبیاری و کشت گیاهان مقاوم و یا اصلاح گیاهان برای ایجاد مقاومت به شوری از جمله روش‌های مقابله با شوری می‌باشند (Blum, 1988). با توجه به اینکه توسعه سطح زیرکشت محصولات زراعی و اصلاح اراضی شور محدود می‌باشد، به نظر می‌رسد برای دستیابی به عملکرد مناسب در خاک‌های شور شناسایی و تولید گیاهان زراعی متحمل به شوری امری اجتناب ناپذیر باشد (Mc William, 1986).

گیاهان ممکن است از طریق اجتناب از شوری به وسیله تنظیم نمک و یا تحمل نمک و فائق آمدن سلول‌های گیاه بر غلظت‌های بالای یونی نسبت به محیط شور مقاومت نشان دهند (Mirmohammady & Ghareyazie, 2002). گیاهانی که بتوانند با وجود نمک جذب فعال خود را برای عناصر حفظ کنند، گیاهان مقاومی محسوب می‌شوند. به‌طوری که معمولاً گیاهان مقاوم، نسبت پتاسیم به سدیم بالایی در بخش‌های مختلف گیاهی خود دارند (Greenway & Munns, 1980). همچنین گیاهان مقاوم با تولید ترکیبات اسمزی سازگار همچون مانیتول، گلایسین بتائین و پرولین و قندها قادرند تورژسانس سلولی خود را حفظ کنند (Ashraf & Harris, 2004). معمولاً در گیاهانی که در معرض تنش خشکی و شوری قرار گرفته‌اند، پرولین تجمع نموده و افزایش غلظت آن در گیاه در چنین شرایطی می‌تواند در تنظیم پتانسیل اسمزی و حفظ فعالیت آنزیم‌ها مؤثر باشد (Greenway & Munns, 1980). تغییرات در محتوای یون‌ها و نسبت آنها در گیاهان در تنش شوری توسط بسیاری از پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهشگران بسیاری گزارش کرده اند که افزایش شوری باعث افزایش سدیم در قسمت‌های هوایی و ریشه‌ها و کاهش پتاسیم در اندام‌های مختلف گیاه شده است (Ashraf & Oleary, 1996; Shahlaby et al., 1993).

یکی از سازوکارهای تحمل گیاه به شوری نسبت بالای پتاسیم به سدیم در ریشه و اندام هوایی در شرایط شوری است که از طریق توانایی گیاه در جذب فعال پتاسیم و جلوگیری از ورود سدیم به ریشه حاصل می‌شود، به گونه‌ای که نسبت پتاسیم به سدیم در ارقام مقاوم به شوری در مقایسه با ارقام حساس بالاتر است (Khan et al., 1992).

گلرنگ یک گیاه بومی و سازگار به شرایط اقلیمی ایران است. این گیاه ضمن دارا بودن روغن با کیفیت بالا نسبت به شرایط نامساعد محیطی از جمله تنش‌های شوری و خشکی متحمل می‌باشد (Khajepoor 2004). با این حال شوری بیش از حد تحمل گیاه می‌تواند عملکرد این گیاه را کاهش دهد. تحمل ارقام مختلف گیاه گلرنگ به تنش شوری یکسان نیست (Knowles, 1989). کاهش ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه (Demir Kaya & Ipek, 2003)، کاهش پتانسیل آب در گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه (Bassil & Kaffka, 2002) کاهش طول دوره رشد گیاهان، تعداد طبق در هر بوته و تعداد دانه در طبق (Irving et al., 1998) و کاهش روغن دانه (Beke & Volkmar, 1995) برای گلرنگ در شرایط شور گزارش شده است.

به دلیل ویژگی‌های مطلوب این گیاه دانه روغنی، در طی سال‌های اخیر برخی پژوهش‌های به‌زراعی و به نژادی بخصوص در شرایط آب و هوایی اصفهان بر روی گیاه گلرنگ انجام گرفته است (Khajepoor, 2004). با توجه به اینکه کشت گلرنگ در مناطق خشک و نیمه خشک انجام می‌گیرد، و این اراضی در بسیاری از موارد با مشکل شوری مواجه می‌باشند، شناسائی ارقام متحمل و همچنین ارزیابی سازوکارهای تحمل این گیاه به شوری ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق به منظور بررسی اثرات شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گلرنگ و مقایسه واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به روش کشت هیدروپونیک در آبان‌ماه سال ۱۳۸۳ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجراء گردید. در این آزمایش چهار سطح شوری صفر، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد کلرور سدیم به عنوان یک فاکتور و پنج ژنوتیپ گلرنگ شامل ژنوتیپ های اراک۲۸۱۱، نبراسکا۱۰، SOD۲۵، CA۱۱۶ و CA۱۲۸ به‌عنوان فاکتور دیگر در نظر گرفته شدند.

برای اجرای آزمایش ابتدا بذرها در سینی‌های حاوی ماسه شسته شده کشت شدند. بعد از حدود ۲۰ روز پس از کاشت هنگامی‌که گیاهچه‌ها به مرحله دو برگی رسیدند به سطل‌های حاوی محلول غذایی جانسون (Johnson et al., 1957) منتقل شدند. هر واحد آزمایشی یک سطل پلاستیکی ۴ لیتری بود که روی درب آن ۶ سوراخ تعبیه شده بود. چهار گیاهچه در سوراخ‌های این سطل قرار گرفتند و دو سوراخ برای ورود لوله هوادهی و تهویه در نظر گرفته شد. حدود یک هفته پس از شروع آزمایش یکی از گیاهچه ها حذف شدند و در هر سطل ۳ گیاهچه باقی گذاشته شد. برای جلوگیری از شوک اسمزی به گیاهان مقدار نمک در نظر گرفته شده برای تیمارهای شوری به‌صورت تدریجی در چند مرحله به محلول غذایی اضافه شد. به منظور حفظ غلظت‌های نمک و مواد غذایی، در یک ماهه اول، هر دو هفته یکبار و بعد از آن هر هفته محلول غذایی تعویض شد.

گیاهان در زمان شروع گلدهی برداشت و ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوائی و ریشه در هر بوته، غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اندام هوائی و ریشه و همچنین غلظت پرولین در برگ‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های گیاه پس از برداشت ابتدا نمونه‌های مربوط به اندام هوایی و ریشه هر یک از واحدهای آزمایشی به طور مجزا در داخل پاکت قرار داده شدند و در آون به مدت ۷۲ ساعت در حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر میزان ۰/۵ گرم از هر نمونه آسیاب شده در داخل کروزه چینی در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت تبدیل به خاکستر شدند. سپس نمونه‌ها در اسید کلریدریک ۲ نرمال به میزان ۵ میلی لیتر حل شده و محلول به دست آمده پس از عبور از کاغذ صافی واتمن عصاره گیری شدند (Ryan et al., 2001). برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر (Corning 410UK) و برای اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم از دستگاه جذب اتمی (Perkin Elmer model 3030) استفاده شد. میزان پرولین آزاد در برگ با استفاده از روش Bates (1973) اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مختلف از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

تأثیر شوری بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱). ارتفاع گیاهان در تیمارهای شور حاوی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک نسبت به شاهد به ترتیب برابر ۱۶، ۲۵ و ۳۶ درصد کاهش یافت. کاهش ارتفاع گلرنگ در اثر شوری توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Francois & Bernstein, 1964; Demir Kaya & Ipek, 2003). شوری از طریق کاهش تعداد و اندازه سلول‌ها باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Mirmohammady & Ghareyazie, 2002). اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از این نظر معنی‌دار بود (جدول ۱). ارتفاع گیاه در ژنوتیپ SOD۲۵ بیشترین (۸۱/۵ سانتی‌متر) و در رقم نبراسکا۱۰ کمترین (۶۳/۵ سانتی‌متر) بود. برهمکنش سطوح شوری و ژنوتیپ بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نشد.

وزن خشک گیاه

تأثیر شوری بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه معنی‌دار بود (جدول۱). وزن خشک اندام هوایی در تیمارهای شور حاوی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک نسبت به شاهد به ترتیب برابر ۵۳، ۶۵ و ۸۰ درصد کاهش یافت. کاهش وزن خشک گیاه در اثر شوری توسط دیگر پژوهشگران نیز برای گیاه گلرنگ (Demir Kaya & Ipek, 2003)، سویا (Najafi & Mirmasoomi, 1999) و

Archive of SID

www.SID.ir

جو (Janzen 1988) گزارش شده است. شوری با ایجاد تنش اسمزی و سمیت یون‌ها رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد(Mirmohammady & Ghareyazie, 2002). به‌طور کلی در گیاهان غیرهالوفیت شوری از طریق کمبود آب در بافت‌های در حال توسعه و بوسیله سمیت یونی در بافت‌های توسعه یافته باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (Greenway & Munns, 1980).

برهمکنش سطوح شوری و ژنوتیپ معنی‌دار شد (جدول۱). به عبارت دیگر واکنش ژنوتیپ‌های مختلف از این نظر یکسان نبود. میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی برای تیمار ۰/۳ درصد نمک نسبت به شاهد در ژنوتیپ‌های اراک۲۸۱۱، نبراسکا۱۰، SOD۲۵، CA۱۱۶ و CA۱۲۸ به ترتیب برابر ۷۲، ۵۱، ۴۴، ۴۷ و ۴۳ و برای تیمار ۰/۵ درصد نمک برابر ۷۲، ۶۲، ۶۵، ۷۲ و ۴۹ و برای تیمار ۰/۷ درصد نمک برابر ۷۹، ۸۵، ۸۲، ۷۸ و ۷۲ درصد بود (جدول ۳). بر این اساس رقم اراک۲۸۱۱ در پائین‌ترین سطح شوری حساس‌ترین ژنوتیپ بود. در حالی که با افزایش سطح شوری اختلاف این رقم با دیگر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. ژنوتیپ CA۱۲۸ با دارا بودن کمترین کاهش در وزن خشک خود در کلیه سطوح شوری مقاوم‌ترین ژنوتیپ بود. وزن خشک ریشه در تیمارهای ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک نسبت به تیمار شاهد به ترتیب برابر ۵۱، ۶۷ و ۷۷ درصد کاهش یافت (جدول۱). اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و برهمکنش سطوح شوری و ژنوتیپ بر وزن خشک ریشه معنی‌دار نبود.

تأثیر شوری بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد که میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه در اثر شوری مشابه بوده است. در حالی که در آزمایش دیگری توسط Demir Kaya & Ipek (2003) شوری باعث افزایش این نسبت در گلرنگ گردید. آنان دلیل حصول این نتیجه را به حساسیت بیشتر ریشه گلرنگ به شوری مربوط دانستند. در نقطه مقابل در آزمایش Janzen (1998) درصد کاهش وزن خشک در گیاه جو در اثر شوری در بخش هوایی بیشتر از ریشه بود. هرچند به طور عمومی رشد ریشه نسبت به اندام هوایی به میزان بیشتری تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد ولی این عکس‌العمل گیاه به ژنوتیپ، سطح شوری و ترکیبات

جدول ۱- نتایج تجزیِه واریانس و مقایسه میانگین اثرات عوامل آزمایشی بر ارتفاع (سانتی‌متر)، وزن خشک (گرم در بوته) و غلظت پرولین (میکرو گرم بر گرم برگ تازه) در گیاه گلرنگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه	غلظت پرولین
شوری	۳	۲۷۵۱/۰۰**	۱۲۶/۴۳**	۳/۷۵**	۳/۵۶ns	۲۱۶۳۳۴۴۴**
ژنوتیپ	۴	۵۳۲/۷۱**	۲/۱۰ ns	۰/۰۴ ns	۴/۵۹ ns	۹۲۹۰۳۹ns
شوری *ژنوتیپ	۱۲	۳۰/۳۱ ns	۲/۶۴**	۰/۰۵ ns	۲/۵۵ ns	۴۹۴۵۶۹ns
خطا	۳۹	۳۷/۰۳	۰/۹۳	۰/۰۵	۱/۸۹	۴۵۵۴۵۰
سطوح شوری		مقایسه میانگین‌ها				
شاهد		۹۱/۷a	۸/۴۱a	۱/۴۶a	۵/۹۵a	۷۲۳d
درصد نمک 3/0		۷۷/۹b	۳/۹۷b	۰/۷۲b	۵/۶۲a	۱۴۱۹c
5/0		۶۸/۵c	۲/۹۴c	۰/۴۸c	۶/۳۵a	۲۵۱۵b
7/0		۵۸/۹d	۱/۷۱d	۰/۳۴c	۵/۲۱a	۳۴۴۸a
رقم						
اراک۲۸۱۱		۷۲/۸b	۴/۰۸a	۰/۷۵a	۵/۹۱a	۱۹۹۱a
نبراسکا۱۰		۶۳/۵c	۳/۶۹a	۰/۷۵a	۴/۸۴a	۲۳۱۹a
SOD۲۵		۸۱/۵a	۴/۷۱a	۰/۷۷a	۶/۱۳a	۲۳۰۳a
CA۱۱۶		۷۷/۵ab	۴/۳۴a	۰/۷۹a	۵/۵۴a	۱۷۲۰a
CA۱۲۸		۷۶/۸Ab	۴/۰۹a	۰/۶۶a	۶/۴۵a	۱۷۹۷a

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار.

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند معنی‌دار نمی‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

محلول غذایی بستگی دارد (Koocheki et al., 1991). لذا نتایج متفاوت به دست آمده در آزمایشات مختلف می‌تواند به تفاوت یک و یا چند عامل به کار رفته در این آزمایشات مربوط باشد. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و برهمکنش سطوح شوری و ژنوتیپ بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه معنی‌دار نشد (جدول ۱).

غلظت عناصر در گیاه

تأثیر سطوح مختلف شوری بر غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ (جدول ۳) و ریشه (جدول ۴) معنی‌دار بود. غلظت سدیم در تیمارهای حاوی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک نسبت به تیمار شاهد برای برگ (جدول۳) به ترتیب ۱۶، ۲۲ و ۲۶ برابر و برای ریشه (جدول ۴) به ترتیب ۱.۵، ۴.۹ و ۵.۵ برابر افزایش یافت. افزایش غلظت سدیم در گیاه در مواجه با تنش شوری توسط دیگر پژوهشگران نیز برای گیاهان گلرنگ (Francois & Bernstein, 1964; Gadallah, 1996)، سویا (Najafi & Mirmasoomi, 1999) و همچنین گندم (Kafi & Stewart 1998) گزارش شده است. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت سدیم در برگ (جدول ۳) معنی‌دار ولی برای غلظت سدیم در ریشه (جدول ۴) معنی‌دار نبود. غلظت سدیم در برگ در ژنوتیپ‌های نبراسکا۱۰ بیشترین و در ژنوتیپ CA۱۲۸ کمترین بود (جدول ۳). برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت سدیم در برگ (جدول ۳) و ریشه (جدول ۴) معنی‌دار نشد. به عبارت دیگر واکنش ژنوتیپ‌ها در رابطه با تأثیر شوری بر غلظت سدیم در گیاه مشابه بود. گرچه در برخی آزمایشات ارقام مقاوم به شوری نسبت به ارقام حساس سدیم کمتری را در بافت‌های خود تجمع داده‌اند (Ashraf & Oleary, 1996). با این حال نتایج آزمایشات دیگر نشان می‌دهد که این یک روند کلی نیست. چنانچه در آزمایشی توسط Munns et al. (1995) سرعت تجمع سدیم در ژنوتیپ‌های مقاوم گندم به شوری کمتر بود، ولی در یک ژنوتیپ حساس حداکثر غلظت سدیم کمتر از دیگر ژنوتیپ‌ها بود. آنها پیشنهاد کردند که دو سازوکار مسئول ایجاد مقاومت به نمک هستند. اولین مکانیسم، سرعت کمتر در تجمع سدیم است که به وسیله فرآیندهای ریشه‌ای کنترل می‌شود، و مکانیسم دوم، نحوه تخصیص یون درون برگ‌هاست که گیاه را قادر به تحمل غلظت‌های زیاد سدیم می‌نماید. Gorham et al. (1990) نیز اظهار داشتند که گونه‌های جو علی‌رغم دارا بودن مقاومت بیشتر به شوری در مقایسه با چاودار و گندم غلظت سدیم برگی بیشتری داشتند. آنها اظهار داشتند که ممکن است تخصیص بهتر سدیم در بافت‌های مختلف برگ یا اجزاء مختلف درون سلول عامل این مقاومت باشد. بنابراین غلظت سدیم در گیاه بدون توجه به چگونگی تخصیص این یون درون اجزا سلولی نمی‌تواند به‌عنوان معیار مناسبی برای تفکیک ارقام حساس و مقاوم به نمک مورد استفاده قرار گیرد.

غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ (جدول ۳) و ریشه (جدول ۴) در تیمارهای شور نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. گرچه تفاوت بین سطوح مختلف شوری از نظر غلظت کلسیم و منیزیم معنی‌دار نبود. میزان کاهش غلظت پتاسیم در تیمارهای حاوی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک نسبت به تیمار شاهد در برگ به ترتیب برابر ۳۷، ۵۰ و ۵۳ درصد و در ریشه برابر ۲۵، ۶۱ و ۶۸ درصد بود. به‌طور کلی تنش شوری از طریق اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم به‌وسیله ریشه، باعث کاهش غلظت پتاسیم اندام‌های گیاه می‌شود (Ashraf & Oleary, 1996 Chipa & Lal, 1995). از آنجایی که پتاسیم به‌عنوان کوآنزیم در فعال کردن بیش از ۴۰ آنزیم دخالت دارد، هرگونه تغییر در غلظت آن اثر قابل توجه بر رشد و نمو گیاه دارد. از سویی دیگر غلظت زیاد سدیم تحت شرایط تنش شوری از یک طرف مکانیسم جذب پتاسیم را مختل می‌کند و از طرف دیگر با ورود به گیاه اثر منفی بر فعالیت این آنزیم‌ها دارد. میزان کافی پتاسیم در گیاه باعث تنظیم پتانسیل اسمزی و بهبود جذب آب شده و از این طریق یکی از اثرات تنش شوری یعنی خشکی فیزیولوژیک را تعدیل می‌نماید (Stuciffe & Baker, 1981).

میزان کاهش غلظت کلسیم در تیمارهای حاوی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک نسبت به تیمار شاهد برای برگ (جدول ۳) برابر ۲۷، ۳۸ و ۴۴ درصد و برای ریشه (جدول ۴) برابر ۶۸، ۷۳ و ۷۸ درصد بود. کاهش غلظت کلسیم در گیاه در محیط‌های شور توسط پژوهشگران دیگر برای گیاهان گلرنگ (Gorji, 2008) و نیشکر (Dang et al., 1999) نیز گزارش شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر وزن خشک اندام هوائی (گرم در بوته) گلرنگ

	اراک۲۸۱۱	نبراسکا۱۰	SOD۲۵	CA۱۱۶	CA۱۲۸
سطوح شوری					
شاهد	۱۰/۰۰ a	۷/۳۴ bc	۹/ ۰۰ab	۸/۵۸ abc	۶/۹۴ c
(درصد نمک)3/0	۲/۸۱ efgh	۳/۵۸ defg	۵/۰۸ d	۴/۵۱ de	۳/۹۶ def
5/0	۲/۸۱ efgh	۲/۷۷ efgh	۳/۱۸ defg	۲/۴۲ fgh	۳/۵۱ defg
7/0	۲/۰۹fgh	۱/۰۷ h	۱/۵۸ gh	۱/۸۶ gh	۱/۹۵ gh

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرات عوامل آزمایشی بر غلظت عناصر در برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) گلرنگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سدیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم	کلسیم	منیزیم
شوری	۳	۱۸۶۰۲/۰۱**	۳۸۹۵/۹۱**	۲۰/۶۱**	۱۸۳/۱۱**	۱۰/۳۱**
ژنوتیپ	۴	۸۱۵/۶۸**	۷۰/۹۹ ^{ns}	۰/۸۵*	۸/۴۰ ^{ns}	۲/۴۲**
شوری * ژنوتیپ	۱۲	۲۷۳/۸۹ ^{ns}	۳۷/۶۱ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۲/۷۲ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}
خطا	۳۹	۱۷۷/۸۹	۴۷/۱۴	۰/۲۵	۴/۲۰	۰/۲۹
سطوح شوری		مقایسه میانگین‌ها				
شاهد		۳/۲۶d	۶۸/۶۸a	۰/۰۵d	۱۸/۲۷a	۴/۶۰a
(درصد نمک)3/0		۵۰/۷۳c	۴۳/۳۵b	۱/۱۵c	۱۳/۲۸b	۳/۱۸b
5/0		۷۱/۵۷b	۳۴/۳۱c	۲/۱۵b	۱۱/۲۶c	۲/۹۶b
7/0		۸۴/۶۳a	۳۲/۴۳c	۲/۷۱a	۱۰/۲۵c	۲/۷۹b
رقم						
اراک۲۸۱۱		۴۸/۷۹bc	۴۶/۸۹a	۱/۲۹b	۱۲/۵۴a	۲/۹۰b
نبراسکا۱۰		۶۱/۳۱a	۴۲/۳۹a	۱/۹۲a	۱۲/۹۶a	۲/۹۴b
SOD۲۵		۴۹/۷۴abc	۴۷/۵۸a	۱/۳۶b	۱۳/۱۱a	۳/۵۹a
CA۱۱۶		۵۶/۳۹ab	۴۵/۵۱a	۱/۶۵ab	۱۴/۱۳a	۳/۶۹a
۱۲۸CA		۴۱/۳۹c	۴۰/۸۱a	۱/۳۴b	۱۴/۵۸a	۳/۷۸a

* و **؛ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار.

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرات عوامل آزمایشی بر غلظت عناصر در ریشه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک‌ریشه) گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سدیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم	کلسیم	منیزیم
شوری	۳	۸۴۶/۰۸**	۱۲۵۰/۲۲**	۱۳/۱۱**	۲۹۶۰/۸۳**	۳/۷۶**
ژنوتیپ	۴	۱۷/۶۴^{ns}	۱۰۴/۷۹^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۱۶۳/۰۲^{ns}	۰/۱۲^{ns}
شوری * ژنوتیپ	۱۲	۴۲/۰۱^{ns}	۵۲/۴۰^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۹۷/۰۱^{ns}	۰/۱۵۲ ^{ns}
خطا	۳۹	۳۹/۱۲	۶۶/۶۹	۰/۳۲	۲۱۶/۴۲	۰/۳۳.
سطوح شوری		مقایسه میانگین ها				
شاهد		۳/۸۲c	۳۰/۵۵a	۰/۱۶d	۳۸/۵۴a	۲/۴۰a
درصد نمک 3/0		۵/۸۰b	۲۲/۸۲b	۰/۸۶c	۱۲/۳۶b	۱/۴۴b
5/0		۱۸/۹۹ab	۱۲/۰۰c	۱/۴۵b	۱۰/۳۶b	۱/۳۷b
7/0		۲۰/۹۹a	۹/۷۳c	۲/۳۷a	۸/۶۷b	۱/۱۳b
رقم						
اراک۲۸۱۱		۱۵/۹۷a	۱۴/۰۳a	۱/۴۹a	۲۰/۰۵a	۱/۶۶a
نبراسکا۱۰		۱۴/۱۲a	۱۸/۸۰a	۱/۳۴a	۱۶/۲۵a	۱/۵۵a
SOD۲۵		۱۳/۰۱a	۲۱/۸۵a	۱/۱۲a	۲۱/۱۵a	۱/۶۷a
CA۱۱۶		۱۳/۷۲a	۱۹/۱۰a	۰/۸۹a	۱۹/۳۲a	۱/۷۰a
CA۱۲۸		۱۵/۹۴a	۲۳/۱۸a	۱/۲۰a	۱۱/۵۲a	۱/۳۹a

* و **؛ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند معنی‌دار نمی‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مطالعات نشان می‌دهد که افزایش غلظت کلسیم در محیط شور می‌تواند تولید ماده خشک، محتوای رطوبت و محتوای پتاسیم را در گیاه افزایش و محتوای سدیم را کاهش دهد (Hawkins & Lewis, 1993). بنابراین به نظر می‌رسد که با افزایش کلسیم در محیط شور می‌توان اثرات نامطلوب شوری را بر رشد گیاه کاهش داد (Gorji, 2008).

میزان کاهش غلظت منیزیم در تیمارهای حاوی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک نسبت به تیمار شاهد برای برگ (جدول ۳) برابر ۳۱، ۳۶ و ۳۹ درصد و برای ریشه (جدول ۴) برابر ۴۰.۰، ۴۲.۸ و ۵۲.۹ درصد بود. در آزمایش Gorji (2008) نیز با افزایش شوری غلظت منیزیم در اندام هوائی و ریشه گلرنگ کاهش یافت. با افزایش شوری تا حد ۰/۳ درصد نمک میزان جذب منیزیم در اثر شوری کاهش یافت. ولی با افزایش سطح شوری میزان منیزیم جذب شده توسط ریشه در گیاهان گلرنگ ثابت نگه داشته شد و کاهشی در میزان منیزیم ریشه مشاهده نشد. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت منیزیم در برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). غلظت منیزیم در برگ در ژنوتیپ‌های CA۱۲۸ و CA۱۱۶ و ۲۵SOD نسبت به دو ژنوتیپ دیگر بیشتر بود. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت پتاسیم و کلسیم در برگ معنی‌داری نبود. اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در برگ معنی‌دار نشد. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و همچنین برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در ریشه معنی‌داری نگردید (جدول۴). به عبارت دیگر در این آزمایش واکنش کلیه ژنوتیپ‌ها در رابطه با تأثیر شوری بر غلظت عناصر مورد اندازه‌گیری مشابه بود.

نسبت سدیم به پتاسیم

تأثیر شوری بر نسبت غلظت سدیم به پتاسیم در برگ (جدول۳) و ریشه (جدول۴) معنی‌دار بود. با افزایش شوری این نسبت در برگ و ریشه افزایش یافت. اختلاف بین کلیه سطوح شوری معنی‌دار و بالاترین آن در تیمار ۰/۷ درصد نمک به دست آمد (جدول۳-۲۰). Gadallah (1996) نیز گزارش کرد که شوری نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه گلرنگ را افزایش می‌دهد. در آزمایش Lacerda et al. (2004) شوری نسبت سدیم به پتاسیم را در برگ‌های سورگوم به‌ویژه در ژنوتیپ‌های حساس افزایش داد. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر نسبت سدیم به پتاسیم در برگ (جدول ۳) معنی‌دار ولی برای ریشه (جدول ۴) معنی‌دار نبود. در برگ این نسبت برای ژنوتیپ نبراسکا۱۰ بالاترین بود (جدول ۳). برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر این نسبت در برگ (جدول ۳) و ریشه (جدول ۴) معنی‌دار نشد. بنابراین، می‌توان گفت واکنش کلیه ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این مورد مشابه بود. یکی از مکانیسم‌های مؤثر در مقاومت به شوری نسبت سدیم به پتاسیم پایین در اندام‌های گیاه تحت تیمار شوری می‌باشد که از طریق توانایی گیاهچه در جذب فعال پتاسیم و جلوگیری از ورود سدیم به ریشه حاصل می‌شود. به گونه‌ای که ارقام مقاوم به شوری در مقایسه با ارقام حساس به شوری نسبت سدیم به پتاسیم پایین‌تری دارند (Khan et al., 1992). چنانچه Stuciffe & Baker (1981) ارتباط نسبت پتاسیم به سدیم بافت‌ها با مقاومت به نمک را به‌عنوان یکی از قوی‌ترین شاخص‌ها برای اصلاح مقاومت به نمک دانسته‌اند. Gill & Dutt (1987) نشان دادند که ارقام جو نسبت به گندم نان تحت استرس شوری، می‌توانند نسبت سدیم به پتاسیم بیشتری را در ریشه نسبت به قسمت‌های هوایی داشته باشند، و بدین وسیله سدیم کمتری را به قسمت‌های هوایی انتقال دهند. در حالی‌که در گندم سدیم بیشتری به قسمت‌های هوایی انتقال می‌یابد و در نتیجه اثرات زیان‌آور سدیم به پتاسیم در گندم نسبت به جو بیشتر بود.

غلظت پرولین در برگ‌ها

تأثیر شوری بر غلظت اسیدآمینه پرولین در برگ معنی‌دار بود (جدول۱). غلظت پرولین در برگ در تیمارهای حاوی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد نمک نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱/۹۶، ۳/۴۸ و ۴/۷۷ برابر افزایش یافت. افزایش میزان تجمع اسیدآمینه پرولین در گیاه در مواجه با تنش شوری برای گیاهان مختلف از جمله سویا (Najafi & Mirmasoomi, 1999) و چغندرقند (Ranji et al., 1996) نیز گزارش شده است. اگر پتانسیل اسمزی محلول کشت کمتر از پتانسیل اسمزی سلول‌های گیاه باشد، گیاه قادر به جذب آب از خاک نمی‌باشد. تحت چنین شرایطی گیاه برای بقای خود باید

Archive of SID

www.SID.ir

پتانسیل اسمزی خود را کاهش دهد. بهترین واکنش بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی به استرس اسمزی، تجمع مواد متابولیکی آلی به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی است که معمول‌ترین آنها پرولین، بتائین و ساکارز است (Greenway & Munns, 1980). مطالعات نشان می‌دهند که پرولین یک عامل محافظت‌کننده از آنزیم‌ها و ساختمان‌های درون سلولی، از بین برنده رادیکال‌های آزاد و یا یک ترکیب ذخیره‌ای از کربن و نیتروژن برای بازیافت سریع در شرایط استرس می‌باشد (Lutts et al., 1996).

اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و همچنین برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت اسیدآمینه پرولین در برگ معنی‌دار نشد (جدول۱). به عبارت دیگر در این آزمایش بین ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس تفاوت معنی‌داری از نظر تجمع پرولین در شرایط شور وجود نداشت. Shahbazi & Doust (1996) گزارش کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای پرولین در گیاه با تحمل نسبی به تنش شوری در گندم وجود دارد. در حالی که Ashraf & Harris (2004) نشان دادند که رابطه مستقیم بین میزان پرولین و مقاومت به شوری برای کلیه گیاهان زراعی صادق نیست. Ranji et al. (1996) از بررسی روند تجمع پرولین در برگ نتاج متحمل و حساس به شوری چغندرقند نتیجه گرفتند که تجمع پرولین در آستانه تحمل به شوری در گیاهان حساس بیش از متحمل بوده و با افزایش سطح شوری واکنش آنها تغییر کرده به طوریکه مقدار پرولین در لاین متحمل بیش از حساس شده است. عدم معنی‌دار شدن برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت اسیدآمینه پرولین در این آزمایش می‌تواند بیانگر این واقعیت باشد که افزایش پرولین در این گیاه نشان‌دهنده وارد شدن آسیب به گیاه در اثر تنش است تا نشان‌دهنده مقاومت گیاه به تنش و این نتیجه‌گیری حداقل برای ژنوتیپ‌هائی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌تواند قابل تعمیم باشد.

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق شوری باعث کاهش ارتفاع، وزن خشک، غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاهان گلرنگ گردید. میزان کاهش وزن خشک در اثر شوری در اندام هوایی و ریشه مشابه بود. ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از نظر تجمع ماده خشک و نسبت یون‌ها در گیاه واکنش متفاوتی نسبت به تنش شوری نشان دادند. ژنوتیپ CA۱۲۸ با دارا بودن کمترین کاهش در وزن خشک اندام هوائی در کلیه سطوح شوری در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش مقاوم‌ترین بود.

REFERENCES

1. Ashraf, M. & Harris, P. J. C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166, 3–16.
2. Ashraf, M. & Oleary, W. (1996). Response of some newly developed salt tolerant genotypes of spring wheat to salt stress, I. Yield components and ion distribution. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 176, 91-101.
3. Bassil, E. S. & Kaffka, S. R. (2002). Response of safflower to saline soils and irrigation: II. Crop response to salinity. *Agricultural Water Management*, 54, 81-92.
4. Bates, L. (1973). Rapid determination of free proline for water stress stadies. *Plant & Soil*, 39, 205-207.
5. Beke, G. J. & Volkmar, K. M. (1995). Mineral composition of flax (*Linum usitatissimum* L.) and safflower (*Carthamus tinctorius* L.) on a saline soil high in sulfate salts. *Canadian Journal of Plant Science*, 75, 399-404.
6. Blum, A. (1988). *Plant breeding for stress environment*. Florida: CRC Press.
7. Chipa, B. R. & Lal, P. (1995). Na^+/K^+ ratios as the basis of salt tolerance in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research,* 46, 533-539.
8. Dang, Y. P., Mehla, A. S., Chhabra, R. & Kumar, S. (1999). Sodicity induced yield losses and changes in minerals concentration of sugarcane genotypes. In: Proceedings of *International Sugar Cane technology*, 22-26 Feb., New Delhi, India, PP. 89-97.
9. Demir Kaya, M. & Ipek, A. (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.
10. Francois, L. E. & Bernstein, L. (1964). Salt tolerance of safflower. *Agronomy Journal,* 56, 38-40.
11. Gadallah, M. A. A. (1996). Abscisic acid, temperature and salinity interactions on growth and some

Archive of SID

www.SID.ir

mineral elements in carthamus plants. *Plant Growth Regulation*, 20, 225-236.
12. Gill, K. S. & Dutt, S. K. (1987). Physiological aspects of salt tolerance in barley and wheat grown in pots in coastal saline conditions. *Indian Journal of Agricultural Science*, 57, 409-415.
13. Gorham, J. A., Bristol, E. M., Young, R. G., Jonesh, W. & Kashour, G. (1990). Salt tolerance in the Triticeae: K/Na discrimination in barley. *Journal of Experimental Botany*, 41, 1095-1101.
14. Gorji, M. (2008). *Effects of the concentration of calcium and potassium in hydroponic nutrient solution on the response of safflower to salinity*. M. Sc. thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi).
15. Greenway, H. & Munns, R. (1980). Mechanism of salt tolerance of nonhalophytes. *Plant Physiology*, 31, 149-190.
16. Hamada, A. M. (1996). Effect of NaCl, water stress or both on gass exchange and growth of wheat. *Biologia Plantarum,* 38, 405-412.
17. Hawkins, H. J. & Lewis, O. A. M. (1993). Combination effect of sodium chloride salinity, nitrogen form and calcium concentration on the growth, ionic content and gaseous exchange properties of *triticum aestivum*. *New Phytologist,* 124, 167-170.
18. Irving, D. W., Shannon, M. C., Breda, V. A. & Makey, B. E. (1988). Salinity effects on yield and oil quality of high-linoleate and high-oleate cultivars of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 36, 37-42.
19. Janzen, H. H. (1988). Comparison of barley growth in naturally and artificially salinized soil. *Canadian Journal of Soil Science*, 68, 795-798.
20. Johnson, C. M., Stout, P. R., Broyer, T. C. & Carlton, A. B. (1957). Comparative Chlorine requirements of different plant species. *Plant and Soil*, 8, 337-353.
21. Kafi, M. & Stewart, W. S. (1998). The effect of salinity on ion accumulation in shoot and roots of sensitive and tolerant wheat cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*, 2, 9-21. (In Farsi).
22. Khajepoor, 2004. Industerial crops. Isfahan: IUT university, Jahad Daneshghahi press. (In Farsi).
23. Khan, M. Y., Rauf, A., Makhdoom, I., Ahmad, A. & Shah, S. M. (1992). Effect of saline sodic soils on mineral composition of eight wheats under field conditions. *Sarhad Journal of Agriculture*, 8, 477-486.
24. Knowles, P. F. (1989). Safflower. In: Robbelen, G., Downey, R. K. & Ashri, A. (Eds.), *Oil Crops of the World*. (pp. 363-374). New York: McGraw-Hill.
25. Koocheki, A., Rashed Mohassel, M. H., Nassiri Mahallati, M. & Nasrabadi, R. (1991) *Physiological basis of crop growth and development* (Translation). Mashad: Astan Quds Razavi press. (In Farsi).
26. Lacerda, C. F., Cambraria, J., Oliva, M. A. & Ruiz, H. A. (2004). Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 54, 69-76.
27. Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1996). Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regulation*, 19, 207-218.
28. Mc William, J. R. (1986). The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13, 1-13.
29. Mirmohammady, S. A. M. & Ghareyazie, B. (2002). *Physiological aspects and breeding for salinity stress in plants*. Isfahan: Isfahan University of Technology press. (In Farsi).
30. Munns, S. R., Schachtman, D. P. & Condon A. G. (1995). The signification of a two phase growth response to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22, 561-569.
31. Najafi, H. & Mirmasoomi, M. (1999). The evaluation of physiological response of soybean to salt stress. *Journal of Agricultural Sciences & Technology*, 1, 34-39. (In Farsi).
32. Postini, K. (1995). Physiological response of two wheat cultivars to salinity. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 26, 57-64. (In Farsi).
33. Ryan, J., Estefan, G. & Rashid, A. (2001). *Soil and plant analysis laboratory manual*. (2nd ed.). ICARDA, Syria, Scientefic publishers.
34. Shahbazi, M. & Doust, Z. (1996). Organic and inorganic accumulation in salt stressed wheat cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 27, 69-78. (In Farsi).
35. Ranji, Z., Majidi harvan, A., Hashemi Dezfooly, A. & Ghalavand, A. (1996). The evaluation of proline accumulation in the leaves of sensitive and tolerant lines of sugarbeet under saline condition. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 21, 25–43. (In Farsi).
36. Shahlaby, E. E., Epstein, E. & Qualset, C. O. (1993). Variation in salt tolerance among some wheat and triticale genotypes. *Crop Science*, 17, 298-304.
37. Stuciffe, J. & Baker, D. A. (1981). *Plants and mineral salts*. Southampton: Edward Arnold publisher.

Archive of SID

www.SID.ir