فصلنامه علمی - پژوهشی گیاه و زیست بوم
سال ۹، ویژه نامه شماره ۱-۳۴، بهار ۱۳۹۲

تأثیر تنش شوری و کاربرد روی بر محتوای کلروفیل، پروتئین‌های محلول، رشد، عملکرد و مواد معدنی در گیاه سویا (*Glycine max* L.)

وریا ویسانی[۱]*، یوسف سهرابی[۲]، غلامرضا حیدری[۲]، عادل سی‌وسه‌مرده[۲]، حسن احمدی[۳]، هیمن عباسی[۴]

چکیده

شوری خاک یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که باعث کاهش شدید عملکرد و کیفیت محصول گیاهان زراعی می‌شود. در راستای بررسی اثرات تنش شوری بر عملکرد و کیفیت محصول گیاهان زراعی یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور، شامل شوری در چهار سطح (۰، ۳۳، ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار کلرید سدیم) و کاربرد کود روی در دو سطح (۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان اجرا شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تیمارهای آزمایشی، اثر معنی‌داری بر صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، عملکرد، محتوای کلروفیل، پروتئین‌های محلول برگ و ریشه، غلظت پتاسیم (K)، سدیم (Na) و فسفر (P) برگ داشتند. کاربرد کود روی تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر (P) و سدیم (Na) برگ گیاه سویا نداشت. شوری باعث کاهش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، عملکرد، پروتئین‌های محلول ریشه و برگ و محتوای کلروفیل در هر سه مرحله رشد (قبل از گلدهی، بعد از گلدهی و پرشدن دانه) شد، درحالی‌که کاربرد روی، این پارامترها را افزایش داد. تحت شرایط تنش شوری، غلظت پتاسیم و فسفر ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کردند، درحالی‌که غلظت سدیم برگ افزایش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین‌های محلول، رشد و عملکرد، روی، سویا، شوری، کلروفیل، مواد معدنی

۱- دانشگاه کردستان، گروه زراعت، سنندج، ایران
۲- دانشگاه کردستان، گروه زراعت و اصلاح نباتات، سنندج، ایران
۳- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، بخش اصلاح نهال و بذر، سنندج، ایران
۴- دانشگاه محقق اردبیلی اردبیل، گروه زراعت، اردبیل، ایران
* مکاتبه‌کننده: (weria.wisany@gmail.com)

تاریخ دریافت: پاییز ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: زمستان ۱۳۹۰

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

رشد و عملکرد گیاهان زراعی، تابعی از کلیه عوامل محیطی و اثرات متقابل آنها می‌باشد. مطالعات گسترده‌ای در مورد نقش عوامل محیطی مانند عوامل آب و هوایی (بارندگی، درجه حرارت، رطوبت، نور و باد)، عوامل غیراقلیمی (مواد غذایی، گازها، آفات و بیماری‌ها، رقابت با علف‌های هرز)، فاکتورهای مدیریت زراعی و میزان نهاده‌های کشاورزی در کاهش یا افزایش رشد و نمو گیاهان به انجام رسیده است (Levitt, 1980). Levitt (1980) تنش را نتیجه روند غیرعادی فرایندهای فیزیولوژیکی دانست که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود.

شوری خاک یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که اثرات نامطلوب زیادی بر عملکرد و کیفیت محصول گیاهان زراعی دارد (Zhu, 2001). شوری خاک می‌تواند ناشی از فرایندهای طبیعی یا آبیاری با آب‌های شور در مناطق کم‌باران ناشی شود. شوری زیاد به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، رشد و عملکرد گیاهان زراعی را به‌شدت کاهش می‌دهد (Greenway & Munns, 1980). حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار از اراضی کشور (معادل ۱۴/۲ درصد از زمین‌های کشور) دارای خاک‌های شور و سدیمی با درجات مختلف هستند و از این مقدار تنها حدود یک سوم آن قابل بهسازی است (محلوجی و همکاران، ۱۳۷۹).

از میان گیاهان روغنی، سویا ویژگی خاصی دارد و کاربرد این گیاه دارای طیف بسیار گسترده و متنوعی است. روغن این گیاه از اجزای اصلی بازار روغن خوراکی به حساب می‌آید و به‌عنوان خوراک انسان به صور مختلف از جمله مارگارین و روغن جامد مصرف می‌شود. کنجاله سویا به‌عنوان یک منبع پروتئین جهت اختلاط با سایر خوراک‌های دام و طیور متقاضی زیادی دارد. باتوجه به اهمیت زیاد این گیاه و نیاز کشور به تولید آن، باید تحقیقات بیشتری پیرامون بالابردن عملکرد، درصد روغن و پروتئین و بهبود سایر صفات زراعی، فیزیولوژیک و مرتبط با کیفیت این گیاه، به‌ویژه در خاک‌های شور ایران انجام گیرد. موضوع تغذیه صحیح در طول رشد گیاه زراعی و تأمین کلیه عناصر غذایی مورد نیاز آن جهت تولید محصول بیشتر و با کیفیت برتر یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد (الله فتحی، ۱۳۷۸). از بین عناصر کم‌مصرف، روی نقش برجسته‌تری در گیاه سویا دارد. در برخی از گزارش‌ها، از سویا به‌عنوان یک گیاه حساس به کمبود روی (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹) نام برده شده است.

یکی از عواملی که در شرایط تنش محیطی از جمله تنش شوری موجب آسیب‌رساندن به سلول‌های گیاهی و جلوگیری از رشد گیاهان می‌شود، تولید انواع مختلف اکسیژن‌های سمی و واکنش‌گر می‌باشد (Jiang & Zhang, 2001). رادیکال‌های آزاد اکسیژن به‌طور عمده در کلروپلاست و میتوکندری تولید می‌شوند و سپس با ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو بر چربی‌ها، پروتئین‌ها، سبب اختلال متابولیسم طبیعی سلول می‌گردند (Jiang & Zhang, 2001). یون‌های اصلی خاک‌های شور، شامل Na^+ و Cl^- است که در شرایط شوری از طریق اثرات متقابل رقابتی و یا نفوذپذیری انتخابی یون‌ها در غشای سلولی بر جذب مواد غذایی اثر می‌گذارند. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهند که در شرایط تنش شوری، میزان غلظت یون K^+ در گیاه به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند (Francisco *et al*., 2002; Grattan & Grieve, 1992). کاهش غلظت پتاسیم (K^+) در بافت‌های گیاه به دلیل فرآیند

Archive of SID

رقابتی آن با سدیم (Na^+) در جذب توسط ریشه گیاه به‌خوبی شناخته شده است (Mittal & Dubey, 1991).

تأمین نیاز گیاه به روی، در زمین‌هایی که دارای مشکل شوری هستند یک راهبرد اساسی برای حفظ گیاه در برابر اثرات مخرب ناشی از تنش شوری محسوب می‌شود. روی از طریق حفظ یکپارچگی ساختار غشای پلاسمای سلول، کنترل جذب سدیم (Na^+) و کنترل جذب سایر یون‌های سمی (برای گیاه) از محلول خاک، باعث بقاء و کمک به ادامه رشد گیاه می‌گردد (Cakmak & Marschner, 1988).

Bayuelo-Jimenez *et al* (2003) با بررسی واکنش‌پذیری گونه‌های لوبیا نسبت به غلظت‌های مختلف NaCl به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت شوری تا ۸۰ میلی‌مولار، میزان غلظت یون‌های کلر و سدیم در گیاه افزایش پیدا می‌کند. در تحقیقی که توسط Kao *et al* (2006) انجام شد، مشخص گردید که افزایش سطوح کلرید سدیم موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک بیوماس، فتوسنتز و شاخص سطح برگ در ارقام سویا می‌شود. Luo *et al* (2005) نشان دادند که تحت شرایط تنش شوری میزان سمیت یون کلر (Cl^-) روی گیاه سویا بیشتر از یون سدیم (Na^+) می‌باشد. آنها مشاهده کردند که تحت شرایط تنش شوری میزان حساسیت گیاهچه‌های سویای گونه *Glycine max* بیشتر از گونه *Glycine soja* است. تنش شوری غالباً، باعث کاهش محتوای کلروفیل و فتوسنتز گیاه می‌شود (Kao *et al*., 2006) در ارزیابی ارقامی از سورگوم علوفه‌ای *Sorghum bicolor* (L.) Moench در شرایط تنش شوری، کاهش محتوای کلروفیل کل و کلروفیل a و b در نمونه‌های مورد آزمایش گزارش گردید (یارنیا، ۱۳۸۶). Qu *et al* (2009) ملاحظه کردند که اعمال تنش شوری به میزان ۱۵۰ میلی‌مولار و به مدت ۶ روز، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدهای برگ ارقام مختلف سویا را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد.

Saleh & Maftoun (2008) در بررسی اثر متقابل سطوح شوری و کاربرد روی بر رشد و ترکیبات معدنی برنج گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری، وزن خشک ساقه، سطح برگ و غلظت کلروفیل کاهش می‌یابد، درحالی‌که استفاده از کود روی (Zn) موجب افزایش معنی‌دار این شاخص‌ها در گیاه زراعی برنج می‌گردد. Khoshgoftarmanesh *et al* (2002) نیز نشان دادند که روی، نقش مهمی در بهبود عملکرد و کیفیت گندم تحت شرایط تنش شوری دارد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و کاربرد کود روی بر وزن تر و خشک اندام هوایی، عملکرد، محتوای کلروفیل، غلظت پروتئین‌های محلول و غلظت مواد معدنی در گیاه سویا بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه تأثیر سطوح شوری و کاربرد کود روی بر وزن تر و خشک اندام هوایی، عملکرد، محتوای کلروفیل، غلظت پروتئین‌های محلول و غلظت مواد معدنی گیاه سویا (*Glycine max* L.)، یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور، شامل شوری در چهار سطح (۰، ۳۳، ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار کلرید سدیم) و کاربرد روی در دو سطح (۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان اجرا شد. برای اجرای طرح از رقم ویلیامز گیاه زراعی سویا استفاده شد. کشت بذور در گلدان‌های پلاستیکی حاوی ۵ کیلوگرم مخلوط

Archive of SID

خاک و ماسه با نسبت ۱:۲ انجام گرفت. برای هر تیمار آزمایشی، ۵ گلدان درنظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. در هر گلدان، ۸ عدد بذر سویا کاشته شد و بعد از استقرار کامل گیاه و در مرحله ۳ تا ۴ برگی عمل تنک‌کردن انجام گردید، به‌طوری‌که ۴ بوته در هر گلدان باقی ماند. در قالب یک برنامه منظم آبیاری از اواسط خرداد تا اوایل مهرماه سال ۱۳۸۸، گیاهچه‌های سویا بعد از سبزشدن و ظهور برگ‌های اصلی، تحت تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. سه هفته بعد از کاشت بذور و در زمان ظهور برگ‌های اصلی، هر چهار روز یکبار بوته‌های سویا تحت تیمارهای مختلف آبیاری با آب شور قرار گرفتند. به‌منظور اعمال تنش‌های شوری در سطوح ۳۳، ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار در هر بار آبیاری به‌ترتیب ۱/۹۲، ۳/۸۳ و ۵/۷۶ گرم از کلرید سدیم (NaCl) در یک لیتر آب کاملاً محلول و به گلدان‌های آزمایشی اضافه گردید. تیمار کود روی همزمان با اعمال تیمارهای شوری اعمال گردید. کود روی به میزان ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و از منبع سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$) تأمین شد. تیمارهای آزمایشی (شوری و کود روی) تا زمان رسیدگی کامل و برداشت محصول در قالب یک برنامه منظم اعمال گردیدند. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک در منطقه ریشه، در انتهای گلدان‌ها سوراخ‌های مناسب تعبیه گردید. جهت تعیین میزان هدایت الکتریکی نهایی خاک گلدان‌ها، در پایان آزمایش با استفاده از دستگاه EC متر (Inolab Model, Weilheim, Germany) میزان هدایت الکتریکی خاک گلدان‌ها آزمایشی اندازه‌گیری گردید. سطوح ۳۳، ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب دارای هدایت الکتریکی (EC) درحدود ۳ تا ۵ $dS\ m^{-1}$، ۶ تا ۸ $dS\ m^{-1}$ و ۸ تا ۱۰ $dS\ m^{-1}$ بودند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک گلدان های آزمایشی

بافت خاک	pH	ECe (dSm^{-1})	پتاسیم (K)	فسفر (P)	منیزیم (Mg)	روی (Zn)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	مس (Cu)
			($mg\ kg^{-1}soil$)						
شنی رسی‌لومی	۷/۸۲	۰/۰۳۸	۲۸۱	۱۷/۷۳	۱۹۱/۳	۰/۴۶۶	۶/۶۵۴	۷/۲۷	۰/۷۲

برای تعیین وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه، این اندام‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرار گرفتند. سپس با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی حساس بادقت ۰/۰۰۱ گرم، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه تعیین گردیدند. اندازه‌گیری غلظت کلروفیل، در سه مرحله رشدی (قبل از گلدهی، بعد از گلدهی و پرشدن دانه) توسط دستگاه کلروفیل متر SPAD-502 انجام گرفت. جهت کالیبره‌کردن دستگاه ابتدا یکبار بدون گذاشتن برگ صفحه آن باز و بسته گردید. به‌منظور اندازه‌گیری میزان SPAD کلروفیل، از هر واحد آزمایشی ۴ برگ کاملاً رشدیافته از قسمت میانی ساقه انتخاب و به مدت۲ ثانیه درون حفره دستگاه قرار داده شدند و پس از قرائت اعداد دستگاه، میانگین آنها یادداشت‌برداری گردید. قرائت دستگاه SPAD-502 براساس میزان کمی شدت نور جذب شده (۶۵۰ nm-infrared LED) به‌وسیله بافت نمونه گیاه انجام گرفت. البته پیک دوم (۹۴۰ nm-infrared LED) نیز به‌طور همزمان

Archive of SID

www

به‌منظور جبران ضخامت برگ به‌وسیله دستگاه منتشر می‌شود (Minolta, 1989).

در مرحله پرشدن دانه، ۰/۵ گرم از نمونه‌های پودر شده برگ در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به روش خشک سوزانی، خاکستر گردید. به‌منظور کاهش دمای نمونه‌ها، بعد از خارج‌کردن نمونه‌ها از کوره، در دمای محیط قرار داده شدند و پس از رسیدن دمای آنها به دمای محیط، به هرکدام از آنها ۲۰ میلی‌لیتر از محلول اسید کلریدریک یک نرمال اضافه گردید. جهت تبخیر اسید کلریدریک، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه بر روی حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس به هرکدام از نمونه‌ها آب مقطر دوبار تقطیرشده اضافه شد تا به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسیدند. در عصاره به‌دست‌آمده، غلظت سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتری (Williams & Twine, 1960) اندازه‌گیری شد. میزان فسفر نیز به روش رنگ‌سنجی (Watanabe & Olsen, 1965) تعیین گردید.

میزان پروتئین‌های محلول برگ و ریشه نیز برطبق روش Bradford (1976) تعیین شد. بدین منظور در مرحله گلدهی نمونه‌های برگی از قسمت‌های میانی ساقه برداشت شد و بلافاصله در تانک ازت مایع قرار داده شد. سپس به آزمایشگاه منتقل و نمونه‌های برگ و ریشه در فریزر و در دمای ۴۲- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. به‌منظور استخراج پروتئین بلافاصله بعد از خارج‌کردن نمونه‌ها از فریزر، ۰/۵ گرم از نمونه‌ها در هاون حاوی ۵ میلی‌لیتر بافر تریس- HCl ۰/۱ نرمال با pH ۷/۴ و ۱۰٪ گلیسرول در یک بستر یخی هموژن شد، سپس به لوله‌های سانتریفوژ منتقل گردید. این نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. پس از سانتریفوژشدن به‌منظور اندازه‌گیری غلظت پروتئین محلول روشناور مربوط به هر واحد آزمایشی به ۱۰ عدد ویال کوچک منتقل شده و در فریزر و دمای ۴۲- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس به ۰/۹۹ میلی‌لیتر از محلول روشناور نمونه‌های برگ و ریشه ۰/۰۱ میلی‌لیتر محلول برادفورد اضافه شد و پس از مخلوط‌شدن کامل، در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شد و جذب محلول در طول موج ۵۹۵ نانومتر ثبت گردید. غلظت پروتئین برحسب میلی‌گرم بر وزن تر با کمک منحنی استاندارد که با استفاده از آلبومین سرم گاوی به‌عنوان استاندارد تهیه شده بود، محاسبه شد. واحد به صورت میلی‌گرم پروتئین بر گرم وزن تر بیان می‌شود.

داده‌های به‌دست‌آمده برای هر متغیر در صورت نرمال‌نبودن با استفاده از تبدیل داده‌های جذری به‌صورت نرمال درآورده شدند. درنهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS، مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج

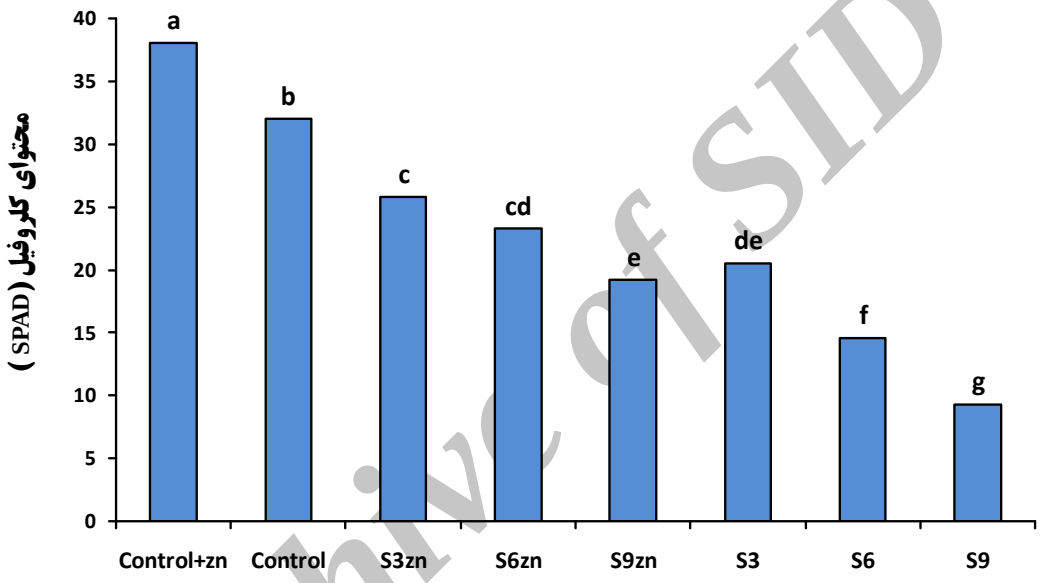
محتوای کلروفیل

همچنانکه در جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شده است تنش شوری و کاربرد کود روی تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل برگ‌های گیاه سویا داشته است (جدول ۲). همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) بیانگر معنی‌داربودن اثرات متقابل روی و شوری بر محتوای کلروفیل برگ‌های گیاه سویا در مرحله بعد از گلدهی است. به‌طوری‌که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، با اعمال تنش شوری، محتوای کلروفیل برگ‌های سویا در مرحله رشدی بعداز گلدهی در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری

Archive of SID

www

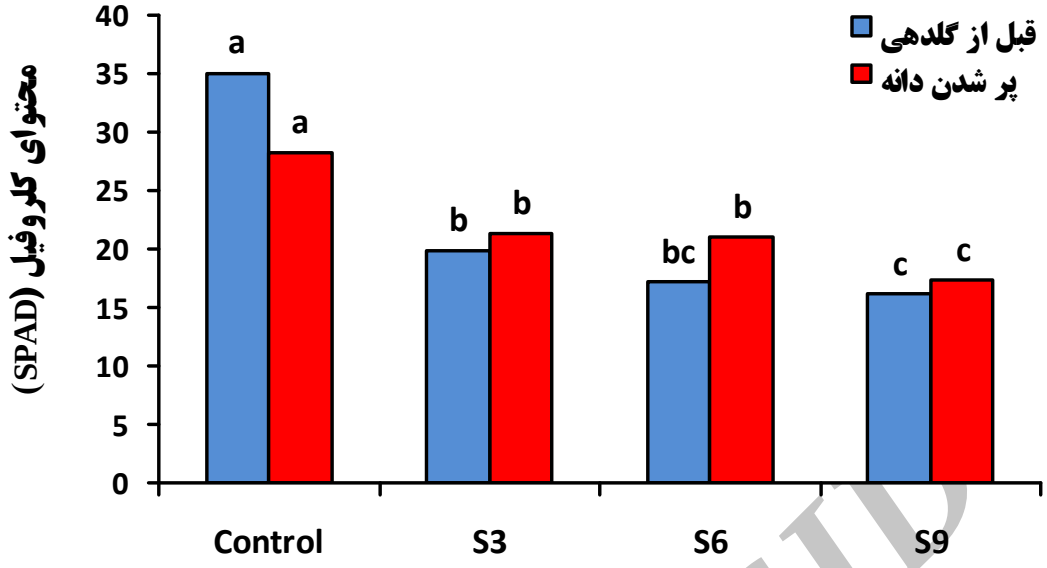
پیدا کرد. بیشترین کاهش محتوای کلروفیل به‌ترتیب در تیمارهای ۳۳، ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار کلرید سدیم و در شرایط بدون کاربرد کود روی مشاهده شد. کاربرد کود روی در مرحله بعد از گلدهی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ‌های سویا تحت شرایط تنش شوری گردید (شکل ۱). تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل برگ‌ها در مراحل قبل از گلدهی و پرشدن دانه شد (شکل ۲). کاربرد روی در شرایط عدم تنش شوری نیز باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ‌های سویا گردید، به‌طوری‌که در مرحله رشدی قبل از گلدهی و به‌هنگام پرشدن دانه کاربرد کود روی به میزان ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ‌های گیاه گردید (شکل ۳).



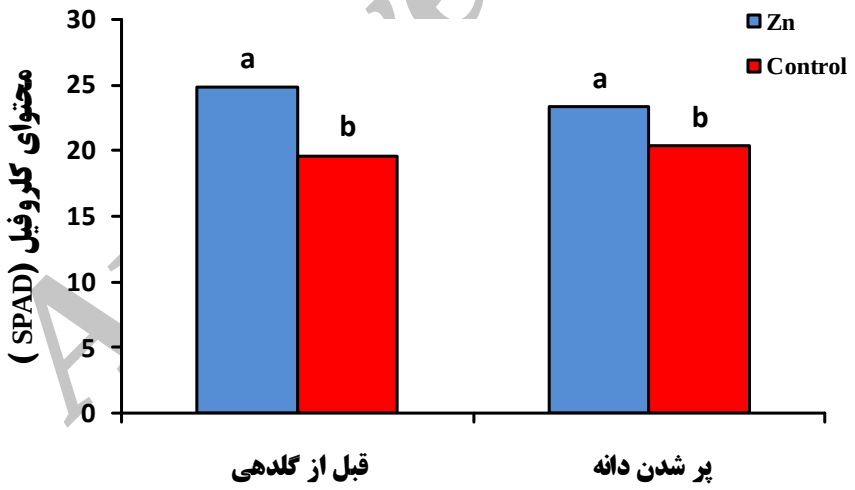
شکل ۱- تغییرات محتوای کلروفیل (SPAD) برگ گیاه سویا در مرحله رشدی بعداز گلدهی، تحت‌تأثیر اثرات متقابل کاربرد کود روی در سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control+zn)، تنش شوری ۳۳ میلی‌مولار (S3zn)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار (S6zn)، تنش شوری ۹۹ میلی‌مولار (S9zn)] و بدون کاربرد کود روی در سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control)، تنش شوری۳۳ میلی‌مولار (S3)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار (S6)، تنش شوری ۹۹ میلی‌مولار (S9)]. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Archive of SID

www



شکل ۲- تغییرات محتوای کلروفیل (SPAD) برگ گیاه سویا، تحت‌تأثیر سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control)، تنش شوری ۳۳ میلی‌مولار (S3)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار (S6)، تنش شوری ۹ میلی‌مولار (S9)]. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند. تغییرات محتوای کلروفیل در مراحل رشدی، قبل از گلدهی و پرشدن دانه در سطوح مختلف شوری به‌طور جداگانه مقایسه میانگین شده و حروف‌گذاری گردیدند.

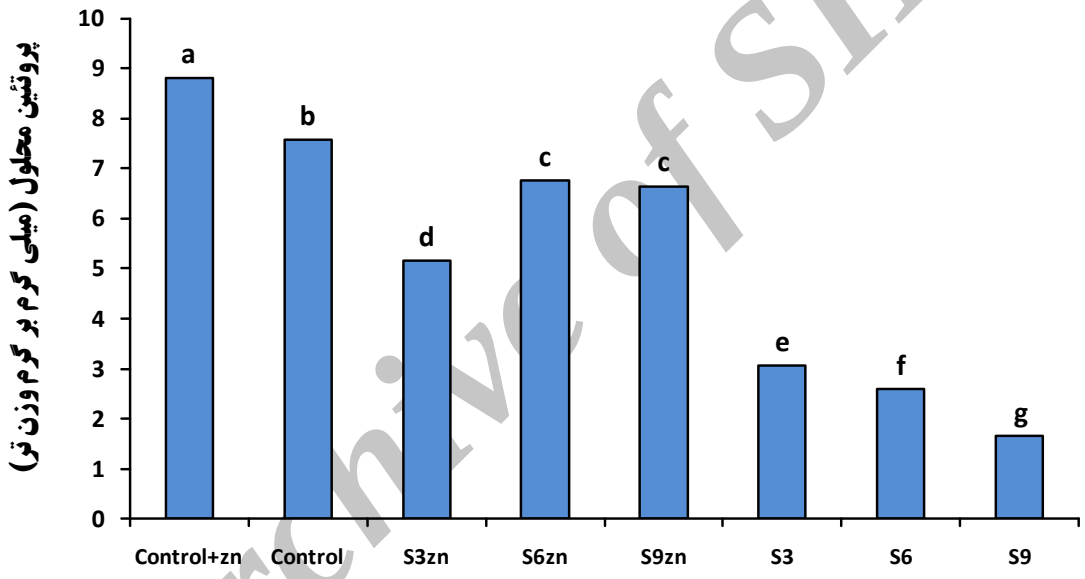


شکل ۳- تغییرات محتوای کلروفیل (SPAD) برگ گیاه سویا، تحت‌تأثیر سطوح مختلف کود روی [عدم کاربرد کود روی (Control)، کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کود روی (Zn)]. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

www

پروتئین‌های محلول

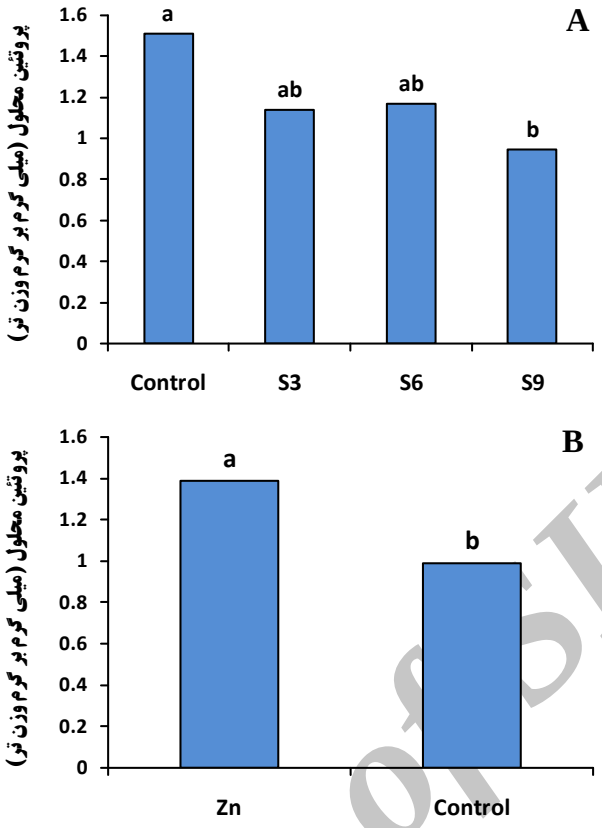
نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) حاکی از آن است که شوری، تأثیر معنی‌داری بر غلظت پروتئین ریشه و برگ به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد داشت. کاربرد کود روی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد بر غلظت پروتئین ریشه و برگ گیاه گذاشت. همچنین غلظت پروتئین‌های محلول برگ تحت‌تأثیر اثر متقابل شوری و کود روی قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش شوری به‌ویژه در سطوح ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار باعث کاهش غلظت پروتئین‌های محلول برگ گیاه گردید درحالی‌که، کاربرد کود روی در شرایط شاهد و تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار غلظت پروتئین‌های محلول برگ شد (شکل ۴). همچنین تنش شوری به‌ویژه در سطح ۹۹ میلی‌مولار باعث کاهش غلظت پروتئین‌های محلول ریشه گردید (شکل ۵ A). کاربرد کود روی باعث افزایش معنی‌دار غلظت پروتئین‌های محلول ریشه گیاه سویا شد (شکل ۵ B).



شکل ٤- تغییرات غلظت پروتئین‌های محلول برگ گیاه سویا در مرحله گلدهی، تحت‌تأثیر اثرات متقابل کاربرد کود روی در سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control+zn)، تنش شوری ۳۳ میلی‌مولار (S3zn)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار (S6zn)، تنش شوری ۹۹ میلی‌مولار (S9zn)] و بدون کاربرد کود روی در سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control)، تنش شوری۳۳ میلی‌مولار (S3)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار (S6)، تنش شوری ۹۹ میلی‌مولار (S9)]. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Archive of SID

www

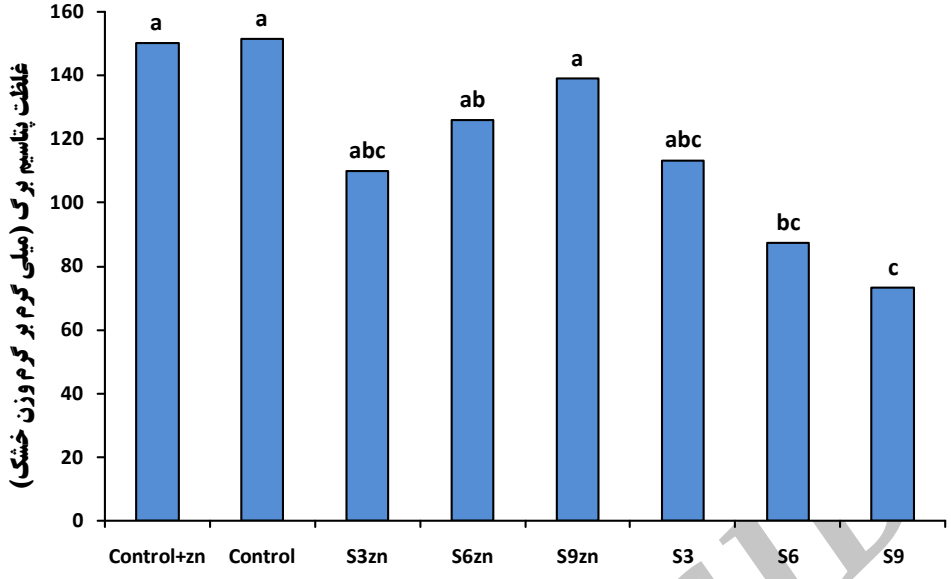


شکل ۵- تغییرات غلظت پروتئین‌های محلول ریشه گیاه سویا در مرحله گلدهی، تحت‌تأثیر سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control)، تنش شوری۳۳ میلی‌مولار (S3)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار(S6)، تنش شوری ۹ میلی‌مولار (S9)] (A) و سطوح مختلف کود روی [عدم کاربرد کود روی (Control)، کاربرد۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کود روی (Zn)] (B). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

غلظت عناصر معدنی

تأثیر کاربرد شوری و روی بر غلظت عناصر معدنی برگ در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص شده است غلظت عناصر فسفر (P)، پتاسیم (K) و سدیم (Na) تحت‌تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفت. درحالی‌که کاربرد کود روی تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر فسفر و سدیم نداشت. کاربرد کود روی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر غلظت پتاسیم گذاشت. همان طوری که ملاحظه می‌گردد غلظت پتاسیم (K) برگ تحت‌تأثیر اثر متقابل تنش شوری و کود روی قرار گرفت (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۶) حاکی از آن است که تنش شوری در مقایسه با شاهد، غلظت پتاسیم (K) برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. کاربرد روی در شرایط تنش شوری به‌ویژه سطح ۹۹ میلی‌مولار باعث افزایش غلظت پتاسیم برگ گردید. تنش شوری باعث کاهش غلظت فسفر برگ‌های گیاه گردید درحالی‌که میزان غلظت سدیم با افزایش شوری به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد (شکل ۷ A و B).

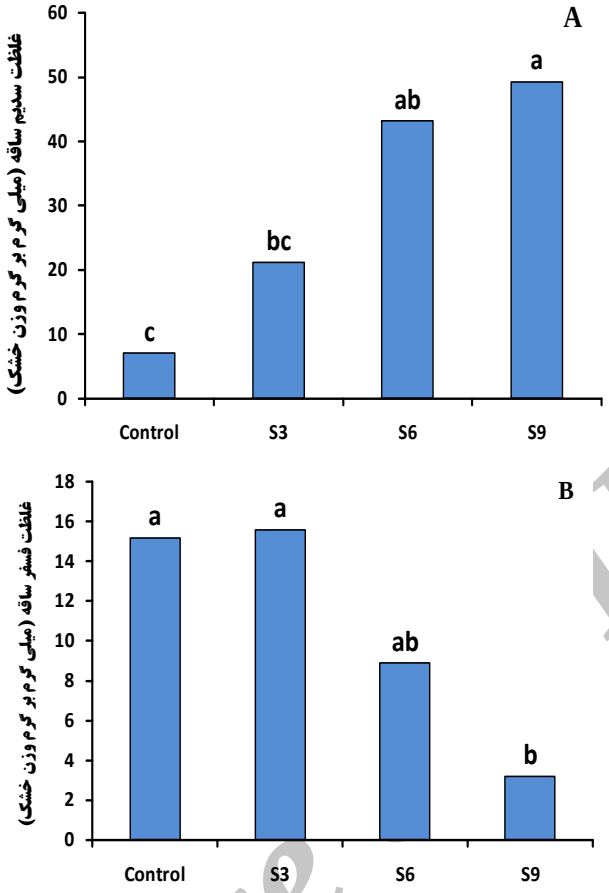
Archive of SID



شکل ٦- تغییرات غلظت پتاسیم برگ گیاه سویا، تحت‌تأثیر اثرات متقابل کاربرد کود روی در سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control+zn)، تنش شوری ۳۳ میلی‌مولار (S3zn)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار (S6zn)، تنش شوری ۹۹ میلی‌مولار (S9zn)] و بدون کاربرد کود روی در سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control)، تنش شوری۳۳ میلی‌مولار (S3)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار (S6)، تنش شوری ۹۹ میلی‌مولار (S9)]. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Archive of SID

www



شکل ۷- تغییرات غلظت سدیم (A) و فسفر (B) برگ گیاه سویا، تحت‌تأثیر سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control)، تنش شوری۳۳ میلی‌مولار (S3)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار(S6)، تنش شوری ۹ میلی‌مولار (S9)]. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

Archive of SID

www

جدول ۲- تجزیه واریانس مقادیر صفات محتوای کلروفیل در سه مرحله رشدی (قبل از گلدهی، بعد از گلدهی و پرشدن دانه)، پروتئین های محلول (برگ و ریشه) غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و سدیم، وزن تر و خشک اندام هوایی و عملکرد گیاه سویا تحت‌تأثیر سطوح مختلف تنش شوری و کود روی

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)									
		محتوای کلروفیل برگ			پروتئین‌های محلول		غلظت مواد معدنی			رشد	
		قبل از گلدهی	بعد از گلدهی	پرشدن دانه	ریشه	برگ	غلظت فسفر	غلظت پتاسیم	غلظت سدیم	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	عملکرد
تکرار	۲	۰/۰۸۶$^{n.s}$	۰/۰۲۶$^{n.s}$	۰/۲۶۸$^{n.s}$	۰/۱۸۲**	۰/۰۱۱$^{n.s}$	۰/۰۴۸$^{n.s}$	۰/۲۷$^{n.s}$	۰/۶۹$^{n.s}$	۰/۰۴۴$^{n.s}$	۰/۰۸۲$^{n.s}$	۱/۰۳**
شوری	۳	۴/۵۴**	۵/۲۰**	۱/۴۷**	۰/۰۹۲*	۱/۱۰۲**	۱/۸۵*	۵/۶۱*	۱۲/۱**	۱۶/۴۸**	۶/۱۴**	۴/۷۴**
کود روی	۱	۲/۲۳**	۴/۳۶**	۰/۶۴۶**	۰/۱۹۴*	۳/۴۴**	۱/۵۳$^{n.s}$	۸/۶۴*	۴/۴۳$^{n.s}$	۹/۹۵**	۶/۲۹**	۱/۲۹**
شوری*کود روی	۳	۰/۰۹۴$^{n.s}$	۰/۲۳۷*	۰/۲۲۴$^{n.s}$	۰/۰۱$^{n.s}$	۰/۳۵**	۱/۳۴$^{n.s}$	۳/۹۷*	۲/۰۸$^{n.s}$	۰/۴۰۸$^{n.s}$	۰/۵۲۲$^{n.s}$	۰/۱۵۶$^{n.s}$
خطای آزمایشی	۱۴	۰/۰۲۹	۰/۰۴۴	۰/۰۷۲	۰/۰۲۶	۰/۰۰۴۹	۰/۴۵۹	۱/۰۴	۱/۲۵	۰/۲۷	۰/۳۴۲	۰/۰۶۶
ضریب تغییرات (CV)٪		۳/۷۰	۴/۴۸	۵/۷۷	۱۵/۰۸	۳/۱۴	۱۹/۹	۹/۴۶	۲۳/۷	۸/۰۱	۱۵/۹	۱۰/۷

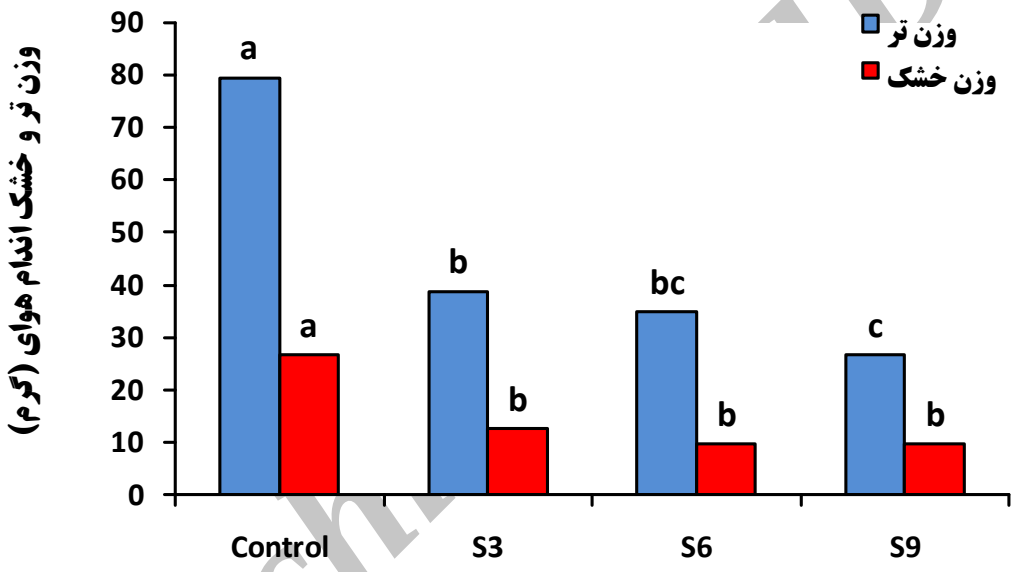
ns، * و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و۱٪

Archive of SID

www.SID.ir

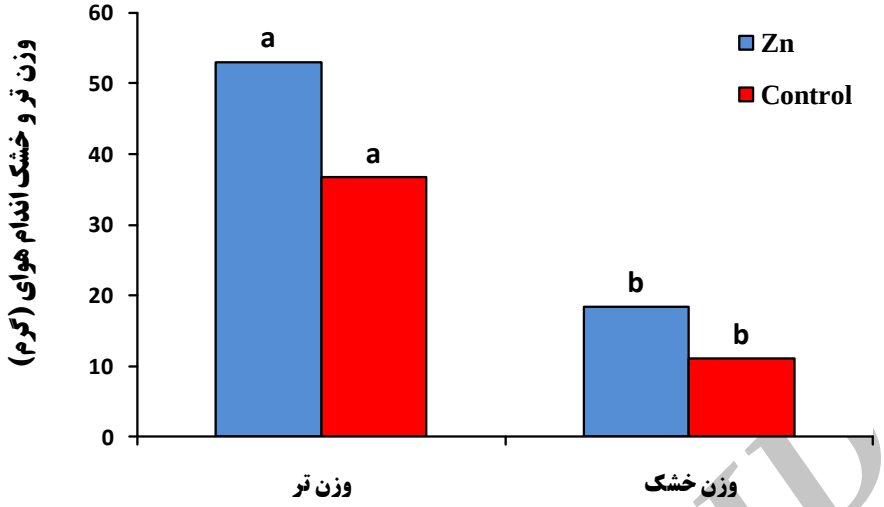
وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) بیانگر معنی‌داربودن تأثیر سطوح مختلف شوری و روی بر وزن تر و خشک اندام هوایی سویا است درحالی‌که برهمکنش این دو فاکتور تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه نداشت. با افزایش شدت تنش شوری، میزان وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه به‌طور معنی‌داری ($P<0.01$) کاهش پیدا کرد (شکل ۸). درحالی‌که تنش شوری باعث کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی گردید، مصرف کود روی (به میزان ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) باعث افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد (شکل ۹).



شکل ۸- تغییرات وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه سویا، تحت‌تأثیر سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control)، تنش شوری۳۳ میلی‌مولار (S3)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار(S6)، تنش شوری ۹ میلی‌مولار (S9)]. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند. تغییرات وزن تر و خشک اندام هوایی در سطوح مختلف شوری به‌طور جداگانه مقایسه میانگین شده و حروف‌گذاری گردیدند.

www.SID.ir



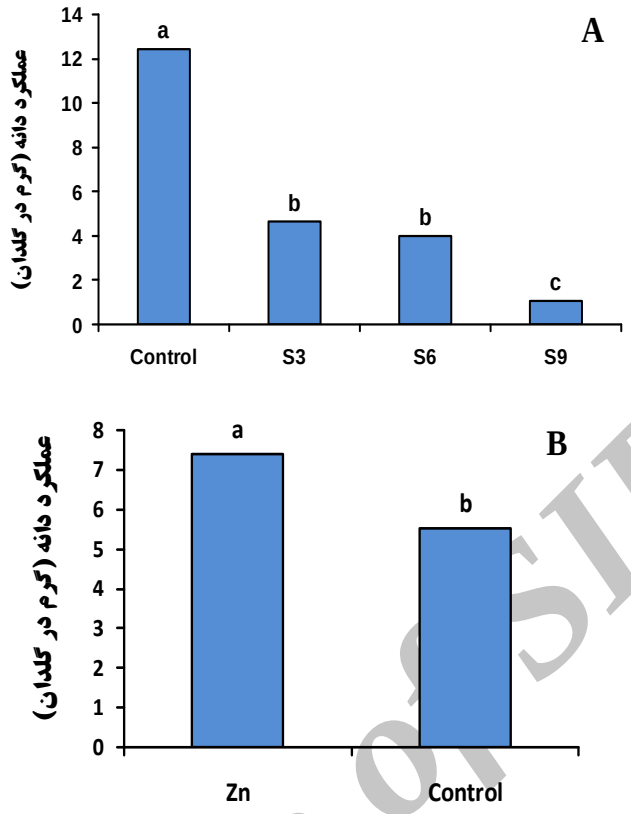
شکل ۹- تغییرات وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه سویا، تحت‌تأثیر سطوح مختلف کود روی [عدم کاربرد کود روی (Control)، کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کود روی (Zn)]. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد دانه نشان داد که سطوح مختلف شوری و سطوح کاربرد کود روی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند، اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار نگردید (جدول ۲). همان‌گونه که در شکل ۱۰ ملاحظه می‌گردد با افزایش شوری، عملکرد دانه به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرد (شکل ۱۰ A)، به‌طوری‌که بیشترین کاهش عملکرد، به تیمار تنش شوری ۹۹ میلی‌مولار تعلق داشت. کاربرد کود روی باعث افزایش عملکرد دانه سویا گردید (شکل ۱۰ B).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۰- تغییرات عملکرد دانه گیاه سویا، تحت‌تأثیر سطوح مختلف تنش شوری [بدون تنش شوری (Control)، تنش شوری۳۳ میلی‌مولار (S3)، تنش شوری ٦٦ میلی‌مولار (S6)، تنش شوری ۹ میلی‌مولار (S9)] (A) و سطوح مختلف کود روی [عدم کاربرد کود روی (Control)، کاربرد۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کود روی (Zn)] (B). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این آزمایش ملاحظه گردید که با اعمال تنش شوری، محتوای کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد و با افزایش شدت تنش شوری، تأثیر آن بر کلروفیل برگ به‌طور واضح‌تری نمایان گردید (شکل ۱ و ۲). تنش شوری، در بیشتر موارد باعث کاهش محتوای کلروفیل و فتوسنتز گیاه می‌شود (Lee *et al.*, 2004; Kao *et al.*, 2006). Qu *et al* (2009) نیز در بررسی تأثیر روی و نایفلومیک اسید بر فتوسنتز گیاهچه‌های ارقام سویای تحت شرایط تنش شوری ملاحظه کردند که اعمال تنش شوری به میزان ۱۵۰ میلی‌مولار به مدت ۶ روز، میزان کلروفیل a، b و کارتنوئیدهای برگ ارقام مختلف سویا را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. Radha Krishnan & Ranjitha (2008) Kumari نیز در سویا به نتایج مشابهی دست پیدا کردند. این نتایج در مورد گیاهان برنج (Pandey & Saxena, 1987) و گوجه‌فرنگی (Sinelnikova *et al.*, 1998) نیز گزارش شده است. در توجیه این تأثیرات می‌توان اظهار داشت که تنش شوری باعث کاهش جذب نیتروژن توسط ریشه گیاه می‌شود و باتوجه به اینکه نیتروژن از

Archive of SID
www.SID.ir

اجزای اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل است، این امر می‌تواند یکی از دلایل کاهش کلروفیل برگ در گیاهان تحت تنش شوری باشد (Parashar & Verma, 1993). همچنین نتایج نشان داده است که تحت شرایط تنش شوری، میزان فعالیت آنزیم کلروفیلاز (نقش آن تجزیه کلروفیل) افزایش پیدا می‌کند و این امر به کاهش محتوای کلروفیل برگ، منجر می‌گردد (Reddy & Vora, 1986).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ای نشان داد که تنش شوری به‌ویژه در سطوح ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار باعث کاهش غلظت پروتئین‌های محلول برگ گیاه گردید (شکل‌های ۴ و ۵). یکی از عواملی که در شرایط تنش محیطی از جمله تنش شوری موجب آسیب‌رساندن به سلول‌های گیاهی و جلوگیری از رشد گیاهان می‌شود، تولید انواع مختلف اکسیژن‌های سمی و واکنشگر می‌باشد (Jiang & Zhang, 2001). رادیکال‌های اکسیژن موجب اکسیداسیون پروتئین‌ها، تغییرات آمینواسیدی، شکسته‌شدن زنجیره‌های پپتیدی، تغییر بار الکتریکی و افزایش حساسیت به کافت پروتئین[1] (پروتئین کافتی) می‌شوند. کاهش در محتوای پروتئین در غلظت‌های بالا NaCl ممکن است به دلیل هیدرولز یا کاهش سنتز پروتئین‌ها باشد (Hall & Flowers, 1973).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تنش شوری در مقایسه با شاهد، غلظت پتاسیم (K) برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۶). همچنین نتایج تحقیق حاضر بیانگر آنست که تنش شوری باعث افزایش غلظت سدیم در گیاه می‌شود (شکل ۷ A). Tavallali *et al* (2009) نیز در بررسی واکنش گیاه پسته به تنش شوری و کود روی، گزارش کردند که تحت شرایط تنش شوری، میزان غلظت سدیم (Na) در اندام هوایی گیاه افزایش پیدا کرد. رضایی و همکاران (۱۳۸۳) اظهار داشتند که با افزایش تنش شوری، غلظت یون‌های کلر و سدیم در گیاه پنبه به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد. (Cha-um & Kirdmanee 2009) نیز در بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر گیاه نیشکر، نشان دادند که تحت شرایط تنش شوری، غلظت یون‌های سدیم و کلر در سلول‌های گیاه افزایش می‌یابد و درنتیجه، اثرات سمی این یون‌ها باعث افزایش تخریب غشای سلولی، رنگریزه‌ها و اندامک‌های سلولی می‌گردد. نتایج مشابهی در مورد گیاهانی همچون نیشکر (Errabii *et al*., 2007)، گندم دروم (Lutts *et al*., 2004) و تنباکو (Gangopadhyay *et al*., 1997) نیز گزارش شده است. در بسیاری از مطالعات وجود خاصیت آنتاگونیستی بین سدیم (Na) و پتاسیم (K) گزارش شده است به گونه‌ای که غلظت زیاد سدیم در محیط ریشه، روی جذب شدن پتاسیم توسط گیاه اثر آنتاگونیستی دارد (Greenway & Munns, 1980). زمانی که غلظت سدیم در محیط ریشه افزایش پیدا می‌کند، سدیم با پتاسیم برای جذب توسط ریشه رقابت می‌کند و باعث کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه گیاه می‌شود. در این حالت غلظت پتاسیم (K) کاهش و غلظت سدیم (Na) در اندام‌های هوایی گیاه افزایش پیدا می‌کند و باعث خسارت به سلول‌های گیاهی می‌شود. مطالعات بسیاری حاکی از کاهش غلظت

۱- Proteolysis

Archive of SID

www.SID.ir

یون پتاسیم (K) و افزایش یون سدیم (Na) در گیاه تحت شرایط تنش شوری می‌باشد (آرویـن و کاظمی‌پور، ۱۳۸۰؛ Francisco *et al*., 2002; Grattan & Grieve, 1992)، که با نتایج تحقیق حاضر کاملاً مطابقت دارد.

با افزایش تنش شوری غلظت فسفر (P) برگ‌های گیاه کاهش یافت (شکل ۷ B). شوری بالا از طریق افزایش جذب یون‌های کلر و سدیم توسط گیاه، موجب کاهش رشد (Garcia-Lidon *et al*., 1998)، کاهش جذب آب، کاهش پتانسیل آب برگ (Pupiky & Shainberg, 1979) عدم توازن در جذب سایر یون‌های مغذی (Lioyd *et al*., 1989)، و اثرات رقابتی یون‌ها (Griere & Walker, 1983) و درنتیجه کاهش جذب عناصر غذایی ضروری برای گیاه می‌شود. نتایج نشان داد که غلظت فسفر (P) برگ در سطح شوری ۹۹ میلی‌مولار به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرد (شکل ۷ B)، که با نتایج Saleh & Maftoun (2008) مطابقت دارد. Ramoliya *et al* (2004) نشان دادند که با افزایش تنش شوری، غلظت فسفر، کاهش و غلظت کلسیم برگ‌ها افزایش پیدا کرد.

نتایج نشان داد که با افزایش میزان تنش شوری، مقادیر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و عملکرد گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (شکل‌های ۸ و ۱۰). آزمایشات قبلی ما در مورد تأثیر تنش شوری بر فتوسنتز، تعرق و دی‌اکسیدکربن زیر روزنه‌ای نشان داد که با افزایش تنش شوری میزان پارامترهای فتوسنتزی فوق به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کردند (Weisany *et al*., 2011). باتوجه به اثرات تنش شوری که به‌صورت کاهش محتوای کلروفیل برگ‌ها، کاهش فتوسنتز، تخریب غشای سلولی و اندامک‌های سلولی، کاهش جذب آب، کاهش پتانسیل آب برگ، عدم توازن در جذب یون‌های غذایی و کاهش جذب عناصر غذایی، نمایان می‌شود، کاهش رشد و عملکرد گیاه دور از انتظار نخواهد بود. Aghaleh & Niknam (2009) نیز طی مطالعه اثر شوری بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی ارقام سویا، گزارش کردند که تنش شوری باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی سویا گردید. همچنین Lauchli & Wieneke (1979) اظهار داشتند که تنش شوری، رشد ژنوتیپ‌های مختلف سویا را کاهش داد. Grattan & Mass (1998) نیز در بررسی اثر شوری بر تجمع فسفر و خسارت به گیاه سویا، نشان دادند که با افزایش غلظت NaCl، وزن خشک اندام‌های هوایی کاهش پیدا کرد، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همان‌گونه که نتایج نشان داد (شکل‌های ۶ و ۷) تنش شوری باعث کاهش غلظت پتاسیم و فسفر در گیاه سویا گردید و این کاهش غلظت پتاسیم و فسفر می‌تواند یکی از دلایل کاهش رشد و عملکرد دانه گیاه باشد.

کاربرد کود روی در مرحله بعد از گلدهی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ‌های سویا تحت شرایط تنش شوری گردید (شکل ۱). یکی از اثرات مثبت روی در شرایط تنش شوری، تأثیر در کاهش جذب عناصر سنگین به‌ویژه کادمیم (Cd) توسط ریشه گیاه است (Aravind & Prasad, 2004). در تحقیقی که توسط Aravind & Prasa (2004) انجام گرفت، مشخص گردید که کاربرد روی، باعث کاهش خسارات ناشی از کادمیم بر روی کلروفیل برگ گردید. ویسانی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که با افزایش شوری، میزان حلالیت کادمیم (Cd)

Archive of SID

www.SID.ir

محلول خاک افزایش پیدا کرد و درنتیجه، میزان جذب آن توسط ریشه و انباشت آن در اندام‌های هوایی افزایش یافت. این پژوهشگران بیان کردند که با کاربرد کود روی، میزان غلظت کادمیم اندام‌های هوایی در سطح شوری ۳۳ میلی‌مولار، کاهش پیدا کرد. بنابراین می‌توان اظهار داشت که ممکن است روی از طریق کاهش جذب عنصر کادمیم توسط ریشه گیاه سویا، از تخریب کلروفیل جلوگیری به‌عمل آورده باشد. نتایج حاکی از آن است کاربرد روی در شرایط تنش شوری بخصوص سطح ۹۹ میلی‌مولار باعث افزایش غلظت پتاسیم برگ گردید (شکل ۶). Cakmak & Marschner (1988) نیز در این زمینه اظهار داشته‌اند که کمبود روی با افزایش خروج پتاسیم از ریشه گیاه در ارتباط است.

روی نقش مهمی در حذف گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و کاهش خسارات ناشی از آنها در سلول گیاهی ایفا می‌کند (Cakmak, 2000; Pinton *et al*., 1994). همچنین روی باعث کاهش فعالیت آنزیم NADPH اکسیداز در شرایط تنش می‌گردد (Pinton *et al*., 1994). باتوجه به نقش مهمی که روی در حفاظت از اجزاء اصلی سلول گیاهی در برابر اکسیژن‌های واکنشگر دارد، می‌توان نتیجه گرفت که روی در شرایط تنش شوری باعث کاهش تخریب ساختار کلروفیل می‌گردد و محتوای کلروفیل برگ را در شرایط تنش شوری بهبود می‌بخشد. همچنین روی ممکن است از طریق حفظ ساختارهای سولفیدریل[1] باعث ادامه سنتز کلروفیل در شرایط تنش گردد (Cakmak, 2000). شواهد حاکی از آن است که عنصر روی از طریق حفظ یکپارچگی ساختار غشای سلولی و همچنین از طریق کاهش نفوذ سدیم در سرتاسر غشای پلاسمایی سلول و به‌تبع آن کاهش سمیت یون سدیم، باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری ناشی از NaCl می‌گردد (Alpaslan *et al*., 1999). از طرف دیگر روی از طریق کاهش خروج پتاسیم از ریشه، حفظ ساختار کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم کربنیک آینهیدراز، باعث افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد و خسارت ناشی از تنش شوری بر وزن تر و خشک ساقه و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد، بنابراین کود روی تأثیر تنش شوری بر کاهش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه گیاه را تا حدودی تعدیل می‌کند.

از نتایج چنین استنباط می‌شود که تنش شوری از طریق کاهش تولید کلروفیل، تخریب رنگریزه‌های فتوسنتزی، تخریب غشای سلولی و اندامک‌های سلولی و کاهش توانایی گیاه در جذب آب و مواد غذایی باعث کاهش رشد گیاه سویا گردید. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد روی، تأثیر مثبتی در کاهش تنش شوری، و بهبود وضعیت گیاه تحت شرایط تنش شوری دارد. بنابراین استفاده از کود روی در مناطقی که کشت در خاک‌های به‌نسبه شور صورت می‌گیرد تا حدودی می‌تواند باعث تعدیل اثرات تنش شوری و بهبود عملکرد دانه گیاه گردد و کاربرد آن در چنین مناطقی می‌تواند قابل توصیه باشد.

۱- Sulphydryl

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

آروین،م.ج.، و ن.کاظمی‌پور. ۱۳۸۰. آثار تنش‌های شوری و خشکی بر رشد و ترکیب شیمیایی و بیوشیمیایی چهار رقم پیاز خوراکی (*Allium cepa*). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۵، شماره ۴، صفحات ۵۱ -۴۱

رضایی،م.ع.، ر.خاوری‌نژاد، و ح.فهیمی. ۱۳۸۳. پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه پنبه به شوری‌های مختلف خاک. پژوهش و سازندگی، جلد ۶۲، صفحات ۸۹-۸۱

الله فتحی،ق. ۱۳۷۸. رشد و تغذیه گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۳۷۲

محلوجی،م.، و د.افیونی. ۱۳۷۹. بررسی تحمل شوری ارقام و لاین‌های جو در آزمایش ارزیابی مشاهده‌ای. صفحه ۵۴۹. چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مازندران، مازندران

ملکوتی،م.، و م.غیبی. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. چاپ دوم. نشر آموزش کشاورزی، صفحه ۹۲

ویسانی،و.، ی.سهرابی، غ.حیدری، و ه.عباسی. ۱۳۸۹. اثر شوری آب آبیاری و کاربرد روی بر حلالیت عناصر سنگین در خاک و جذب آنها توسط گیاه سویا. چکیده مقالات اولین همایش تحقیقات منابع طبیعی ایران، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، ۲۸ و ۲۹ مهر ۱۳۸۹، صفحه ۲۷۲

یارنیا،م. ۱۳۸۶. ارزیابی تعدادی از شاخص‌های فیزیولوژیک ارقام سورگوم علوفه‌ای در شرایط شوری. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد تبریز شماره ۱

Aghaleh,M., and V.Niknam. 2009. Effect of salinity on some physiological and biochemical parameters in explants of two cultivars of soybean (*Glyicine max* L.). Journal of Phytology, 1(2): 86-94

Alpaslan,M., A.Inal, A.Gunes, Y.Cıkılı, and H.Ozcan. 1999. Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato (*Lycopersicum esculentum* (L.) Mill. cv. Lale) grown under salinity. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23:1-6

Aravind,P., and M.N.V.Prasad. 2004. Zinc protects chloroplasts and associated photochemical functions in cadmium exposed *Ceratophyllum demersum* L., a freshwater macrophyte. Plant Science, 166: 1321-1327

Bayuelo-Jimenez,S.A., D.G.Debouck, and J.P.Lynch. 2003. Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of Phaseolus species grown under saline conditions. Field Crop Research, 80: 207-222

Bradford,M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Biochemistry, 72: 248-254

Archive of SID

www.SID.ir

Cakmak,I., and H.Marschner. 1988. Enhanced superoxide radical production in roots of zinc deficient plants. Journal of Experimental Botany, 39:1449-1460

Cakmak,I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New physiology, 146:185-205

Cha-um,S., and C.Kirdmanee. 2009. Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress. Agricultural Sciences in China, 8(1): 51-58

Errabii,T., C.B.Gandonou, H.Essalmani, J.Abrini, M.Idaomar, and N.S.Senhaji. 2007. Effect of NaCl and mannitol induced stress on sugarcane (*Saccharum* sp.) callus cultures. Acta Physiologia Plantarum, 29:95-102

Francisco,G., L.Jhon, S.Jifon, C.Micaela, and P.S.James. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in 'sunburst' mandarin grafted on different root stocks. Plant Science, 35:314-320

Gangopadhyay,G., S.Basu, B.B.Mukherjee, and S,Gupta. 1997. Effects of salt and osmotic shocks on unadapted and adapted callus lines of tobacco. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 49: 45-52

Garcia-Lidon,J.M., J.M.Ortiz, M.F.Garcia-Leqaz, and A.Cerda. 1998. Role of root stock and scion on root and leaf ion accumulation in lemon trees grown under saline condition. Fruits, 53: 89-97

Grattan,S.R., and E.V.Mass. 1998. Effect of salinity on phosphate accumulation and injury in soybean: I. Influence of CaCl2/NaCl ratios. Plant and Soil, 105:25-32

Grattan,S.R., and C.M.Grieve. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plant grown in saline environment. Agriculture ecosystems & environment, 38: 275-300

Greenway,H., and R.Munns. 1980. Mechanism of salt tolerance of nonhalophytes. Annual Review Plant physiology, 31:194-190

Griere,C.M., and R.R.Walker. 1983. Uptake and distribution of chloride, sodium and pottasium ions in salt- treated citrus plants. Australian Journal of Agricultural Research, 34:133- 143

Hall,J.L., and T.J.Flowers. 1973. The effect of salt on protein synthesis in the halophyte Suaeda maritima. Planta, 110:361-368

Jiang,M., and J.Zhang. 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant and Cell Physiology, 42: 1265-1273

Kao,W.Y., T.T.Tsai, H.C.Tsai, and C.N.Shih. 2006. Response of three *Glycine* species to salt stress. Journal of Environmental and Experimental Botany, 56:120-125

Khoshgoftarmanesh,A.H., B.Jaafaeri, and H,Shriatmadari. 2002. Effect of salinity on Cd and Zn availability. 17th World Congress of Soil Science, Thailand.

Archive of SID

www.SID.ir

Lauchli,A., and J.Wieneke. 1979. Studies on growth and distribution of Na^+, K^+ and Cl^- in soybean varieties differing in salt tolerance. Z Pflanze Bondenk, 142: 3-13

Lee,G., R.N.Carrow, and R.R.Duncan. 2004. Photosynthetic responses to salinity stress of halophytic seashore paspalum ecotypes. Plant Science, 166:1417-1425

Levitt,J. 1980. Response of plants to environmental stress. Vol. 2. Water, radiation, salt and other stresses. Academic press. New York. pp 607

Lioyd,J., P.E.Kriedemann, and D.Aspinall. 1989. Comparative sensitivity of 'Prior lisbon' lemon and 'Valencia' orange trees to foliar sodium and chloride concentration. Plant Cell & Environment, 12: 520- 540

Luo,Q.Y., B.J.Yu, and Y.L.Liu. 2005. Differential sensitivity to chloride and sodium ions in seedlings of *Glycine max* and *Glycine soja* under NaCl stress. Journal of Plant Physiology, 162: 1003-1012

Lutts,S., M.Almansouri, and J.M.Kinet. 2004. Salinity and water stress have contrasting effects on the relationship between growth and cell viability during and after stress exposure in durum wheat callus. Plant Science, 167:9-18

Minolta Camera Co.Ltd. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. Radiometric Instruments Divisions, Osaka. Minolta. p. 22

Mittal,R., and R.S.Dubey. 1991. Behaviors of peroxidase in rice: Changes in enzymes activity and isoforms in relation to salt tolerance. Plant Physiology and Biochemistry, 19:31-40

Pandey,U.K., and H.K.Saxena. 1987. Effect of soil salinity on chlorophyll, photosynthesis, respiration and ionic composition at various growth stages in paddy. Indian Journal of Agricultural Chemistry, 20:149-155

Parashar,A., and S.K.Verma. 1993. Effect of gibberellic acid on chemical composition of wheat grown under different salinity levels. National Conference. Plant Physiology. NDUAT, Kumarganj, Faizabad, 22-25

Pinton,R., I.Cakmak, and H.Marschner. 1994. Zinc deficiency enhanced NAD(P)H-dependent superoxide radical production in plasma membrane vesicles isolated from roots of bean plants. Journal of Experimental Botany, 45:45-50

Pupiky,H., and I.Shainberg. 1979. Salt effects on the hydraulic conductance of a sandy soil, Soil Science Society of America Journal, 3:429-433

Qu,Y.N., Q.Zhou, and B.J.Yu. 2009. Effects of Zn^{2+} and niflumic acid on photosynthesis in *Glycine soja* and *Glycine max* seedlings under NaCl stress. Environmental and Experimental Botany, 65:304-309

Radha Krishnan,R., and B.D.Ranjitha Kumari. 2008. Effect of n-triacontanol on the growth of salt stressed soybean plants. Journal of Bioscience, 19(2): 53-62.

Archive of SID

www.SID.ir

Ramoliya,P.J., H.M.Patel, and A.N.Pandey. 2004. Effect of salinization of soil on growth and macro- and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Salvadora persica* (Salvadoraceae). Forest Ecology and Management, 202: 181-193

Reddy,M.P., and A.B.Vora. 1986. Changes in pigment composition, hill reaction activity and saccharides metabolism in Bajra leaves under NaCl salinity. Photosynthetica, 20:331-334

Saleh,J., and M.Maftoun. 2008. Interactive effects of NaCl levels and zinc sources and levels on the growth and mineral composition of rice. Journal of Agriculture Science Technology, 10: 325-336

Sinelnikova,V.N., I.A.Kosareva, and T.A.Bazhanov. 1998. Effect of chloride salinity on functional changes in the photosynthetic apparatus of tomato varieties. Genetikei Selektsii, 116:64-71

Tavallali,V., M.Rahemi, M.Maftoun, B.Panahi, S.Karimi, A.Ramezanian, and M.Vaezpour. 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Scientia Horticulturae, 123:272-279

Watanabe,F.S., and S.Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO extract for soil. Soil Science, 21: 677-678

Weisany,W., Y.Sohrabi, G.Heidari, A.Siosemardeh, and K.Ghassemi-Golezani. 2011. Physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) to zinc application under salinity stress. Australian Journal of Crop Science, 5(11): 1441-1447

Williams,S., and N.Twine. 1960. Flame photometric method for sodium, potassium and calcium in modern methods of plant analysis by Peach, K., and M.V.Tracey, Vol V, Springer, Verlag, Berline.

Zhu,J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6: 66-71

Archive of SID

www.SID.ir