نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۲، ص. ۴۵۳-۴۴۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No. 3, Fall. 2013, p. 446-453

تأثیر عنصر روی بر رشد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای در شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

عزیز کرملاچعب[۱*] - محمد حسین قرینه[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر عنصر روی و شوری ناشی از کلرید سدیم بر رشد و برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۸۹ انجام گردید. در این آزمایش شوری خاک در سه سطح صفر (بدون اعمال تنش شوری و با هدایت الکتریکی ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر)، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و سه سطح روی شامل صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک بود. نتایج نشان داد تنش شوری تمام صفات مورد بررسی را به جز غلظت روی در اندام هوایی تحت تأثیر خود قرار داده و باعث کاهش معنی‌دار تمام پارامترهای فنولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد بررسی گردید؛ به‌جز دو پارامتر غلظت پرولین و سدیم در اندام هوایی که با افزایش معنی‌دار مواجه شدند. استفاده از روی در شرایط بدون تنش شوری تأثیری معنی‌داری بر صفات، طول بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، پرولین و غلظت یون سدیم نسبت به تیمار شاهد نداشت، ولی باعث افزایش ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی، درصد محتوای نسبی آب برگ و غلظت یون‌های روی و پتاسیم در اندام هوایی شد. کاربرد روی در شرایط تنش شوری باعث بهبود صفات رشد و اجزای عملکرد و کاهش معنی‌دار غلظت سدیم و پرولین، و افزایش معنی‌دار غلظت‌های روی و پتاسیم در اندام هوایی گیاه شده است. همچنین تأثیر مثبت آن بر رشد گیاهی در شرایطی که گیاه تحت تنش شوری قرار داشت بسیار بیشتر از زمانی بود که گیاه در شرایط بدون تنش رشد کرده است.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تنش شوری، ذرت دانه‌ای، کاربرد عنصر روی

مقدمه

ذرت یکی از محصولات مهم و درعین حال پر توقع می‌باشد؛ و تنش‌های محیطی از جمله عواملی هستند که ما را در استفاده از حداکثر پتانسیل آب، خاک و گیاه در جهت حداکثر تولید محدود می‌کنند. تنش شوری به عنوان عمده‌ترین عامل محدود کنندهٔ رشد و تولید در مناطق خشک و نیمه خشک جهان مطرح است (۱۳ و ۲۶). یکی از اثرات اولیه تنش شوری کاهش مقدار آب بافت‌های گیاهی می‌باشد، به عبارتی، شوری میزان انرژی لازم برای حفظ حالت طبیعی سلول را افزایش داده و در نتیجه انرژی کمتری برای نیازهای رشدی باقی می‌ماند (۲۶). همچنین تنش شوری با افزایش غلظت سدیم، سبب توقف تبادلات گازی برگ و فعالیت فتوشیمیایی PSII و در نتیجه توقف رشد و توسعه گیاه می‌شود (۲۲). دهقان و نادری (۲) در ارزیابی تحمل به شوری ارقام ذرت گزارش نمودند که با افزایش شوری از ۲ به ۸ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد باروری بلال و درصد بوته‌های دارای بلال کاهش یافت.

روی از جمله عناصر ضروری کم مصرف برای گیاهان، حیوانات و انسان است، که به‌صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شود. این عنصر نقش اساسی در سنتز پروتئین‌ها،DNA و RNA ایفا می‌کند (۳۲). اگر چه نیاز گیاهان به روی اندک است، ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد؛ گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج خواهند برد (۱). کمبود روی فعالیت چندین آنزیم از جمله فسفاتاز، الکل دی هیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز و همچنین DNA و RNA را کاهش می‌دهد (۲۹).

بنسال و همکاران (۱۴) گزارش دادند که کمبود روی در گیاهان گسترش جهانی دارد. شرایط حاکم بر خاک‌های ایران از جمله آهکی بودن، pH بالا و همچنین مصرف بی‌رویه و زیاد از حد کودهای فسفره، موجب کاهش فراهمی روی در این خاک‌ها شده است.

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
(*- نویسنده مسؤل: Email: aziz66k13@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

تحقیقات زیادی در رابطه با نقش مؤثر روی در افزایش عملکرد ذرت انجام شده است (۵ و ۷). پارکر و همکاران (۲۷) گزارش نمودند که نفوذپذیری غشاء سلولی ریشه تحت شرایط کمبود روی افزایش می‌یابد و این موضوع با نقش روی در غشاهای سلولی مرتبط است. کمبود ناشی از روی سبب اختلال در متابولیسم بافت سلولی می‌گردد و مسئول خسارت به پروتئین‌های غشاء، کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم‌ها و ایندول استیک اسید می‌باشد، بنابراین سبب ممانعت از رشد گیاه می‌شود (۱۸). گزارش شده که در یوگسلاوی کاربرد روی می‌تواند عملکرد ذرت را به اندازه ۵۰٪ افزایش دهد (۲۵). تاندون (۳۱) افزایش عملکرد گندم بر اثر مصرف روی، را در مقایسه با عدم مصرف آن ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کرده است. افزایش غلظت روی احتمالاً می‌تواند اثر منفی NaCl را با محدود نمودن جذب سدیم و کلر و یا انتقال آن در گیاه را تخفیف دهد (۱۲). محسنی و همکاران (۱۰) اعلام نمودند مصرف اسید بوریک و سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر میانگین عملکرد دانه در واحد سطح و عملکرد بلال داشت. خوشگفتارمنش و همکاران (۲۳) گزارش دادند که روی نقش مهمی در بهبود عملکرد و کیفیت گندم در شرایط شور دارد. خاک‌های شور در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک جهان عمومیت داشته، و با توجه به حساسیت ذرت به شوری و اهمیت کشت این گیاه زراعی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کاربرد روی بر کاهش اثرات تنش شوری در گیاه ذرت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان و پاییز سال ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. گلدان‌ها از جنس پلی اتیلن با عمق ۳۰ و قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر بودند. خاک مورد استفاده از منطقه تحقیقاتی گلخانه کشاورزی که مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ آمده است.

مقدار ۸ کیلوگرم از خاک الک شده، با الک ۵ میلی متری به همراه ۶۰، ۱۲۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب نیتروژن، فسفر و پتاسیم به عنوان کود پایه مخلوط و در هر گلدان قرار گرفت. همچنین کود سرک در دو مرحله، ۷-۵ برگی و ۱۴-۱۲ و هر نوبت ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۳۰ کیلوگرم اوره) مصرف شد. در هر گلدان سه عدد بذر ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ ضدعفونی شده با هیپوکلرید سدیم یک درصد و دو بار شستشو با آب مقطر، کاشته شده و رطوبت آن را به حد ظرفیت زراعی رسانده شد. تا ۲۰ روز پس از جوانه زنی به این حالت باقی مانده و هیچ تیماری اعمال نگردید. درجه حرارت به‌طور متوسط در روز ۳۰ و در شب ۲۴ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. پس از استقرار کامل، گیاهان تنک شده و تنها یک گیاه در هر گلدان باقی گذاشته شد. سپس تیمارها به تدریج اعمال گردید. به‌طوری کاربرد تیمارهای مورد آزمایش به صورت پله‌ای انجام گرفت، بدین ترتیب که سطوح پایین تیمارهای شوری (۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر) اعمال شد و یک هفته بعد هم‌زمان با آبیاری دوم این سطوح ارتقاء پیدا کردند تا به سطوح مورد نظر رسیدند. این کار به این دلیل انجام گرفت که اگر گیاهچه‌ها به یکباره با شرایط شدید تنش شوری روبرو می‌شوند از بین رفته و جهت انجام آزمایش غیرقابل استفاده می‌شدند به این دلیل و به منظور جلوگیری از مرگ گیاهچه‌ها، جهت کاربرد تیمارها از روش پلکانی استفاده شد. جهت تنظیم سطوح شوری خاک، پس از هر مرحله آبیاری، هدایت الکتریکی زه آب گلدان‌ها اندازه‌گیری و بر اساس آن شوری آب آبیاری بعدی تنظیم می‌شد. همچنین مقادیر روی در سه مرحله و هر مرحله یک سوم مقدار مورد نظر به فاصله زمانی ۱۰ روز اعمال گردید تا در تمام خاک گلدان نفوذ کند و در دسترس گیاه قرار بگیرد. تیمارها شامل سه سطح تنش شوری ناشی از کلرید سدیم (بدون اعمال تنش شوری و با هدایت الکتریکی ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر، تنش ملایم۴ و تنش شدید ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح روی (Zn) که شامل صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم روی خالص در کیلوگرم خاک از منبع سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$) می‌باشد.

پارامترهای فنولوژیکی: پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، ارتفاع گیاهان از سطح خاک اندازه‌گیری شد و صفات طول بلال، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال اندازه‌گیری و عملکرد دانه نیز تعیین گردید؛ جهت تعیین وزن خشک، نمونه‌ها را در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت نگه‌داری و توزین گردیدند.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	نیتروژن (٪)	روی قابل جذب (ppm)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	واکنش خاک
۳۷	۳۵	۲۸	۸/۳	۱۲۶/۷	۰/۰۸۱	۰/۲۸	۱/۸۸	۷/۶

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد بررسی در گیاه ذرت

شوری ($dS.m^{-1}$)	ارتفاع بوته (cm)	طول بلال (cm)	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (gr)	وزن خشک اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)	محتوای نسبی آب (٪)	مقدار پرولین ($mmol.g^{-1}$ FW)	سدیم در اندام هوایی ($mg.kg^{-1}$ DW)	پتاسیم در اندام هوایی ($mg.kg^{-1}$ DW)
۰	۱۹۶/۸ a	۲۳/۶ a	۴۶۸/۴ a	۲۶۳/۲ a	۱۵۸/۱ a	۸۴/۲ a	۱۶/۵ c	۲۵/۶ b	۲۴/۸ a
۴	۱۸۹/۳ a	۲۲/۲ b	۴۵۳/۸ b	۲۵۰/۸ b	۱۵۴/۷ ab	۸۲/۵ b	۲۱/۳ b	۳۱/۳ a	۲۴/۲ ab
۸	۱۸۴/۶ b	۲۱/۳ c	۴۴۱/۲ c	۲۴۱/۱ c	۱۴۹/۳ b	۸۱/۸ b	۲۷/۲ a	۳۵/۴ a	۲۳/۰ b

*- حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر عنصر روی و تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در گیاه ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	وزن خشک اندام هوایی	محتوای نسبی آب برگ‌ها	مقدار پرولین	غلظت روی در اندام هوایی	غلظت سدیم در اندام هوایی	غلظت پتاسیم در اندام هوایی
						میانگین مربعات					
تکرار	۳	۲۴/۲۸ ns	۰/۶۵ ns	۱۴/۸۷ ns	۴۳/۷۵ ns	۳۴۲/۴۵ *	۰/۶۸ ns	۰/۰۸ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۵ ns	۰/۶۷ ns
شوری	۲	۹۴۷/۶ *	۷۵۴/۸ **	۴۳۸۷/۵ **	۱۵۴۸/۱ **	۲۴۳۷/۳ **	۹۷۸/۲ **	۷۶۸/۳ **	۱/۳۴ ns	۱۶۸۴/۶ **	۱۰۳۶/۸ **
روی	۲	۵۴۸/۷ *	۹/۵۶ ns	۷۸۲/۷ *	۱۲/۴۵ ns	۳۷۵/۶۵ *	۱۷۸/۵۶ *	۰/۵۴ ns	۷۶۱/۴۵ **	۰/۵۶ ns	۱۰۳/۵۳ *
شوری × روی	۴	۴۰۵/۴۸ *	۶۰۲/۴۳ **	۶۳۸/۵۶ *	۶۰۷/۶۸ *	۳۲۷/۳ *	۱۰۹/۷۶ *	۸۷/۵۶ *	۷۰۴/۱۶ **	۷۸۷/۵۶ **	۹۳/۲۲ *
اشتباه آزمایشی	۲۷	۷۶/۰۸	۰/۸۴	۱۵۴/۱۲	۷/۷۳	۱۶۵/۳۴	۰/۸۴	۰/۵۱	۳۲/۷۶	۱/۶۳	۱۲/۴۳
درصد ضریب تغییرات	-	۱۳/۷۱	۶/۰۹	۱۶/۵۴	۵/۶۷	۱۷/۶۸	۸/۱۲	۲۴/۳۴	۳/۴۸	۹/۱۲	۱۵/۳۴

ns ، * و ** - به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد آزمون دانکن

Archive of SID

www.SID.ir

رطوبت نسبی برگ‌ها[1] (RWC): برای این منظور از برگ‌های جوان توسعه یافته، ۶-۴ نمونه یا دیسک تهیه و بعد از اندازه‌گیری وزن‌تر[2] (FW)، به مدت ۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شدند. پس از گرفتن رطوبت سطحی آن‌ها، وزن اشباع[3] (TW) آن‌ها اندازه گیری شد. نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری وزن خشک[4] (DW)، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند، و رطوبت نسبی برگ‌ها از رابطه زیر محاسبه شد (۱۵).

$$RWC\% = (FW\text{-}DW/TW\text{-}DW) \times 100$$

آنالیز شیمیایی: مقدار پرولین برگ‌های تازه از طریق روش باتس و همکاران (۱۶) در زمان ظهور بلال اندازه‌گیری شد. همچنین میزان غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم به روش چاپمن و همکاران (۱۹) و روی به روش کوتنی و همکاران (۲۱) در اندام‌های هوایی گیاه در نمونه‌های تهیه شده مورد سنجش قرار گرفت.

تجزیه آماری: تیمارهای شوری و کاربرد روی در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار MSTAT-C و رسم شکل و نمودارها توسط نرم افزار Excel و مقایسه بین میانگین تیمارهای مختلف از طریق آزمون دانکن با احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمام صفات مورد بررسی، به‌جز غلظت روی در اندام هوایی، تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفتند. تنش شوری ارتفاع بوته را در سطح پنج درصد و بقیه صفات را در سطح یک درصد تحت تأثیر خود قرار داده است. کاربرد عنصر روی صفات، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن خشک اندام هوایی، درصد رطوبت نسبی برگ‌ها و غلظت پتاسیم در اندام هوایی را در سطح پنج درصد و غلظت روی در اندام هوایی را در سطح یک درصد تحت تأثیر خود قرار داده و اثر معنی‌داری بر بقیه صفات نداشته است. بررسی اثرات متقابل تیمارها نشان داد که کاربرد روی در شرایط تنش شوری تمام صفات مورد بررسی را تحت تأثیر قرار داده که در بین آن‌ها، طول بلال، غلظت روی و سدیم در اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثرات ساده تنش شوری در جدول ۳ نشان داد که تنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت، اما تنش شدید باعث کاهش ۶/۲ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار بدون تنش شده است. همچنین صفات مرفولوژیکی طول بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و وزن خشک اندام هوایی تحت تأثیر تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۹/۷، ۵/۸، ۸/۴ و ۵/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافتند. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت شوری باعث کاهش رشد و توسعه سلول‌ها، خصوصاً در ساقه گردید و به همین دلیل اولین اثر محسوس شوری، ارتفاع کم‌تر گیاهان و کاهش اجزای عملکرد می‌باشد. کاهش طول ساقه، اجزای عملکرد و وزن کل گیاه در اثر شوری در گیاهان مختلفی مانند ذرت (۲۰)، سورگوم (۲۴) و گندم (۸) گزارش شده است. دهقان و نادری (۲)، این موضوع را تأیید کردند که با تشدید تنش شوری، اندازه بوته‌ها و بلال‌ها کوچک‌تر شده و در نتیجه تعداد و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. یکی از روش‌های مشخص کننده وضعیت آب گیاهان در شرایط تنش شوری، اندازه‌گیری RWC برگ آن‌هاست. در این آزمایش اعمال تنش شوری ملایم و شدید باعث کاهش معنی‌دار RWC به یک اندازه نسبت به شاهد شده است.

نتایج تجزیه پرولین نشان می‌دهد که با افزایش شدت شوری، مقدار پرولین در برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. پرولین در زمان تنش شوری علاوه بر اینکه باعث افزایش رادیکال‌های آزاد می‌شود، موجب ثبات غشاهای فسفولیپیدی هم خواهد شد (۶). با افزایش سطح شوری در محیط اطراف ریشه، میزان یون سدیم در اندام هوایی گیاه به میزان ۲۷/۷ درصد در تنش شدید افزایش یافته است. همچنین یون پتاسیم در اندام هوایی تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و به میزان ۷/۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است. افزایش غلظت نمک NaCl در محیط ریشه گیاه، غلظت یون سدیم را افزایش و یون پتاسیم را کاهش می‌دهد و با ایجاد مسمومیّت یونی در این محیط و همچنین تنش اسمزی، منجر به بر هم خوردن تعادل یونی سلول‌های گیاه شده و رشد گیاه آن را دچار اختلال می‌کند. همچنین ناقلینی که تمایل زیادی برای جابجایی یون پتاسیم به محیط سیتوپلاسمی دارند، برای جابجایی یون سدیم تمایل پایینی دارند و در شرایط افزایش غلظت یون سدیم، این ناقلین، کار جابجایی و در نتیجه وارد شدن یون سدیم به ریشه را انجام می‌دهند (۶).

مقایسه میانگین اثرات ساده عنصر روی در جدول ۴ نشان داد که حضور این عنصر برخی از صفات فیزیولوژیکی را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است. کاربرد ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال و وزن خشک اندام هوایی به ترتیب ۱/۸، ۱/۹ و ۲/۶ درصد نسبت به شاهد شده است. شیخ بگلو و همکاران (۴) گزارش دادند که محلول‌پاشی روی با سولفات روی اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشته، اما باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بلال نسبت به شاهد و شرایط تنش گردید. رونقی و همکاران (۳) اعلام نمودند که مصرف پنج میکروگرم روی در گرم خاک باعث افزایش معنی‌دار میانگین وزن خشک ذرت نسبت به شاهد گردید. کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک تأثیر معنی‌داری بر RWC

1- Relative Water Content
2- Fresh Water
3- Turgid Weight
4- Dry Weight

Archive of SID

www.SID.ir

نداشته لیکن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک باعث افزایش ۲/۸ درصد نسبت به شاهد شده است. همچنین بیشترین مقدار کاربرد روی باعث افزایش روی و پتاسیم در اندام هوایی گیاه به ترتیب ۲۷/۷ و ۵ درصد نسبت به حالت عدم کاربرد روی شده است. به نظر می‌رسد کاربرد روی از طریق افزایش غلظت یون‌های روی و پتاسیم در اندام هوایی، باعث افزایش RWC گردید. از جمله ملاک‌های تحمل به شوری حفظ سطوح بالای پتاسیم می‌باشد که این موضوع در تیمار روی اتفاق افتاد. رونقی و همکاران (۳) در آزمایش خود یافتند که کاربرد ۵ و ۱۰ میکرو گرم روی در گرم خاک باعث افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم در اندام هوایی ذرت و همچنین غلظت روی در اندام هوایی را به ترتیب ۶۱ و ۶۸ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف روی افزایش داده است.

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها در جدول ۵ نشان می‌دهد که با افزایش تنش شوری بدون کاربرد روی، ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌داری (۲۲/۲ درصد) کاهش یافته است. همچنین کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک در شرایط بدون تنش شوری باعث افزایش ۶/۵ درصد ارتفاع نسبت به تیمار شاهد شده و با نتیجه باکویک و همکاران (۱۷) مطابقت دارد. مصرف ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک در شرایط تنش شوری شدید باعث افزایش ۸/۱ و ۱۲/۱ درصدی ارتفاع بوته شده است. بیشترین و کم‌ترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمارهای کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک بدون تنش شوری (۲۲۵/۴ سانتی‌متر) و تنش شوری شدید بدون روی (۱۶۳/۸ سانتی‌متر) می‌باشد. نتایج این آزمایش با نتایج ضیائیان (۵) که بیان نموده کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک باعث افزایش ۱۱/۷ درصدی ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش نسبت به تیمار شاهد شده، مطابقت دارد. مصرف روی در شرایط بدون تنش شوری تأثیری بر صفت طول بلال نداشته، و تنش شوری ملایم و شدید بدون کاربرد روی باعث کاهش به ترتیب ۲۳/۲ و ۳۹/۶ درصد طول بلال نسبت به تیمار شاهد شده، و حضور روی در شرایط تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار طول بلال گردید. تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف روی در شرایط بدون تنش خشکی از نظر طول بلال مشاهده نشده است. گزارش شده که کاربرد روی در شرایط بدون تنش باعث افزایش معنی‌دار طول بلال و عملکرد علوفه ذرت نسبت به تیمار بدون روی شده است (۵).

با توجه به جدول ۵، در شرایط تنش شوری تعداد دانه در بلال به شدت کاهش یافته و بیشترین کاهش ناشی از بیشترین سطح شوری مشاهده شد، حضور ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک باعث افزایش تعداد دانه در بلال به ترتیب ۵ و ۵/۶ درصد در شوری ملایم و شدید نسبت به تیمارهای شوری ملایم و شدید بدون روی شده، اما مصرف ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک در این شرایط، تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بلال نداشته است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای شاهد و کاربرد روی، و کم‌ترین وزن هزار دانه در شرایط تنش شوری شدید و به میزان ۲۰۸/۴ گرم بود، که ۳۱/۴ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است. بین سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک در حالت بدون تنش و تنش ملایم و شدید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. شیخ بگلو و همکاران (۴) گزارش کردند که کاربرد روی در شرایط تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه نسبت به شاهد می‌شود. این نتایج با نتیجه پتارزیکی و گرزبیسز (۲۸) که بیان نمودند روی باعث افزایش معنی‌دار صفت وزن هزار دانه می‌شود، مطابقت دارد. وزن خشک اندام هوایی با افزایش مصرف روی به‌طور معنی‌دار ($P<0/05$) زیاد گردید، که مشابه نتایج آزمایش عادل اقلو و همکاران (۱۱) بوده است، در حالی که تنش شوری شدید موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت به میزان ۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. مصرف ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک، وزن خشک اندام هوایی را در شرایط بدون تنش شوری به ترتیب ۶/۲ و ۲/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین در شرایط تنش شوری شدید، روی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی گیاه شد. مصرف ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک در شرایط تنش شوری شدید باعث افزایش ۹/۴ درصدی وزن خشک اندام هوایی شده است. آلپسلان و همکاران (۱۲) نشان دادند که شوری موجب کاهش وزن خشک و تر در گوجه‌فرنگی می‌شود، ولی با افزایش مصرف روی از اثر شوری به‌طور معنی‌داری کاسته می‌گردد.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات ساده عنصر روی بر صفات مرفوفیزیولوژیکی مورد بررسی در گیاه ذرت

مقدارروی ($mg.kg^{-1}$)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد دانه در بلال	وزن خشک اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)	محتواب نسبی آب (٪)	غلظت روی ($mg.kg^{-1}$ DW)	غلظت پتاسیم ($mg.kg^{-1}$ DW)
۰	۱۸۸/۹ [b]	۴۵۱/۴ [c]	۱۵۲/۳ [b]	۸۲/۲ [b]	۲۴/۲ [c]	۲۳/۳ [b]
۱۰	۱۹۰/۱ [a]	۴۵۶/۶ [b]	۱۵۳/۷ [b]	۸۳/۰ [b]	۲۷/۶ [b]	۲۴/۶ [a]
۲۰	۱۹۲/۴ [a]	۴۶۰/۲ [a]	۱۵۶/۴ [a]	۸۴/۶ [a]	۳۳/۵ [a]	۲۴/۵ [a]

*- حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل روی و شوری ناشی از کلرید سدیم بر صفات فنولوژیکی مورد بررسی در گیاه ذرت

شوری ($dS.m^{-1}$)	مقدار روی ($mg.kg^{-1}$)	ارتفاع بوته (cm)	طول بلال (cm)	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (gr)	وزن خشک اندام هوایی ($g.plant^{-1}$)
۰	۰	۲۱۰/۶ b	۲۵/۵ a	۵۱۸/۵ a	۳۰۳/۵ a	۱۷۷/۸۲ b
	۱۰	۲۲۵/۴ a	۲۶/۶ a	۵۲۹/۱ a	۳۰۵/۱ a	۱۸۹/۴۷ a
	۲۰	۲۱۱/۷ b	۲۶/۰ a	۵۰۳/۶ ab	۳۰۱/۸ a	۱۸۲/۵۵ ab
۴	۰	۱۷۹/۲ d	۱۹/۶ c	۴۵۵/۳ c	۲۵۸/۶ c	۱۵۱/۴۱ d
	۱۰	۱۸۸/۱ cd	۲۱/۷ bc	۴۶۸/۷ bc	۲۸۰/۲ b	۱۵۶/۸۷ d
	۲۰	۱۹۴/۳ c	۲۲/۴ b	۴۷۹/۳ b	۲۸۳/۷ b	۱۶۶/۳۴ c
۸	۰	۱۶۳/۸ e	۱۵/۴ e	۴۰۵/۶ e	۲۰۸/۴ e	۱۲۲/۶۷ f
	۱۰	۱۷۸/۲ d	۱۷/۶ d	۴۲۰/۸ de	۲۲۲/۳ d	۱۳۰/۱۳ f
	۲۰	۱۸۶/۳ cd	۱۸/۰ d	۴۲۹/۴ d	۲۲۶/۴ d	۱۳۵/۳۷ e

*- حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشد.

ایجاد مسمومیّت توسط برخی یون‌های سمی نظیر سدیم و کلر همراه با عدم تعادل تغذیه‌ای می‌تواند مسئول کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه همراه با بالا رفتن شوری باشد (۹). به‌طور کلی از بین پارامترهای فنولوژیکی مورد بررسی، ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش شوری، بیشترین پاسخ به کاربرد روی را نشان داد و در حضور ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک، به میزان ۶/۶ درصد افزایش یافته است (جدول ۵).

محتوای نسبی آب برگ‌های تازه (در زمان ظهور بلال) با اعمال تنش شوری شدید کاهش معنی‌داری یافتند. کاربرد روی در شرایط بدون تنش و تنش شدید باعث افزایش RWC برگ‌ها شد (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد که حضور روی از طریق افزایش غلظت داخل سلول به واسطه افزایش یون پتاسیم و روی باعث افزایش RWC می‌شود. در گیاهان با وقوع تنش شوری، تطابق اسمزی رخ خواهد داد یعنی در اثر تجمع یون‌هایی چون سدیم و کلر و نیز مواد آلی، محتوای مواد محلول در سلول‌های برگ افزایش می‌یابد. این بالا بودن محتوای مواد محلول باعث می‌شود که وقتی برگ گیاه در آب مقطر غوطه‌ور می‌شود (برای اندازه‌گیری RWC)، مواد سیتوپلاسمی به محیط آپوپلاستی نشت می‌کند و آبگیری بیشتری در مقایسه با برگ شاهد داشته و در نتیجه محتوای آب برگ در گیاه تنش دیده پایین می‌باشد. در حضور عنصر روی در تنش شوری غلظت سدیم و کلر در تعادل با پتاسیم و روی خواهند بود و سلول قدرت حفظ ساختار خود را پیدا کرده و نشت مواد کم‌تر صورت می‌گیرد و در نتیجه RWC آن افزایش می‌یابد (۶).

بیشترین مقدار پرولین در شرایط تنش شوری شدید بدون کاربرد روی به میزان ۴۷/۶۰ میلی‌مول در گرم وزن‌تر برگ و کم‌ترین مقدار آن در شاهد و کاربرد روی بدون تنش مشاهد شد. تنش شوری ملایم و شدید بدون کاربرد روی باعث افزایش به ترتیب ۲/۸ و ۴/۵ برابری مقدار پرولین نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۶). نتیجه این آزمایش با نتایج آزمایش رودس و هانسون (۳۰) که بیان داشتند گیاهان برای مقابله با اثرات نمک، املاح سازگار مانند پرولین و ترکیبات آمونیومی را به منظور تنظیم اسمزی در سلول تجمع می‌دهند مطابقت دارد. حضور روی در شرایط تنش شوری باعث کاهش مقدار پرولین شده است. کاربرد ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک باعث کاهش ۴۲/۴ و ۳۸/۷ درصد پرولین به ترتیب در شرایط تنش شوری ملایم و شدید شده است. پرولین صرفاً به عنوان یک اعلام کننده آسیب از تنش است و خود به تنهایی نقشی در ایجاد مقاومت و تحمل به شوری در گیاه تنش دیده بازی نمی‌کند (۶). با توجه به اینکه پرولین بیشتر به منظور حفظ بقاء گیاه تا حفظ جریان رشد آن می‌باشد، به‌نظر می‌رسد که حضور روی در شرایط تنش شوری از طریق افزایش غلظت داخل سلول و افزایش تحمل گیاه به تنش، باعث کاهش پرولین می‌شود.

در شرایط تنش شوری غلظت یون‌های روی و پتاسیم در اندام هوایی گیاه کاهش و یون سدیم افزایش یافته است. در شرایط بدون تنش شوری مصرف ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک باعث افزایش به ترتیب ۶۹/۴ و ۷۵/۳ درصدی غلظت روی در اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد شد و با نتایج باکویک و همکاران (۱۷) مطابقت داشته، و در شرایط تنش شوری بدون کاربرد روی، تأثیر معنی‌دار در غلظت روی در اندام هوایی مشاهده نشده است. غلظت یون سدیم در اندام هوایی با افزایش تنش شوری افزایش بسیار زیادی پیدا کرده، به‌طوری که در تنش شوری شدید غلظت آن سه برابر تیمار شاهد گردید. حضور روی در شرایط بدون تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر غلظت یون سدیم در اندام هوایی نداشته، همچنین بین سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک از نظر میزان یون سدیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. غلظت پتاسیم در اندام هوایی نیز تحت تأثیر مصرف روی قرار گرفت. به‌طوری که در شرایط بدون تنش شوری کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی‌دار یون پتاسیم شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل روی و شوری ناشی از کلرید سدیم بر صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی در گیاه ذرت

شوری ($dS.m^{-1}$)	مقدار روی ($mg.kg^{-1}$)	محتوای نسبی آب (٪)	مقدار پرولین ($mmol.g^{-1}FW$)	غلظت روی ($mg.kg^{-1}DW$)	غلظت سدیم ($mg.g^{-1}$ DW)	غلظت پتاسیم ($mg.g^{-1}$ DW)
۰	۰	۸۷/۴۷ b	۱۰/۶۴ e	۱۶/۴۱ ef	۱۶/۷۶ e	۲۵/۴۳ b
	۱۰	۹۲/۵۴ a	۸/۹۲ e	۵۳/۵۹ b	۱۵/۶۴ e	۲۷/۷۱ a
	۲۰	۹۰/۳۵ ab	۹/۸۷ e	۶۶/۴۳ a	۱۵/۲۱ e	۲۵/۶۴ b
۴	۰	۷۹/۱۴ d	۲۹/۳۴ c	۱۳/۳۵ f	۳۱/۷۲ c	۲۲/۲۶ d
	۱۰	۸۳/۱۳ cd	۲۰/۷۸ d	۳۱/۴۵ d	۲۸/۶۳ cd	۲۴/۵۳ cd
	۲۰	۸۵/۰۶ c	۱۶/۸۳ de	۴۲/۸۲ c	۲۵/۷۵ d	۲۴/۳۹ cd
۸	۰	۷۲/۳۶ f	۴۷/۶۰ a	۱۲/۱۵ f	۴۹/۵۸ a	۱۸/۱۸ f
	۱۰	۷۳/۸۷ ef	۳۸/۵۴ b	۲۳/۷۱ e	۴۲/۱۲ b	۲۱/۴۷ e
	۲۰	۷۵/۶۴ e	۲۹/۲۰ c	۳۴/۲۴ cd	۴۰/۶۶ b	۲۲/۶۳ d

*- حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشد.

سطوح مختلف تنش شوری، غلظت پتاسیم در اندام هوایی را به شدت کاهش داد. در تنش شوری ملایم و شدید غلظت پتاسیم به ترتیب ۱۲/۵ و ۲۸/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است. لیکن حضور عنصر روی در این شرایط مشابه گزارش عادل اقلو و همکاران (۱۱) منتج به افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم در اندام هوایی از طریق جذب بیشتر به واسطه فعال سازی پمپ جذب کننده پتاسیم ATP_{ase} در ریشه ذرت شده است. همچنین تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف روی بر غلظت پتاسیم در تنش شوری ملایم در اندام هوایی ایجاد نشده است (جدول ۶).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش شوری در هر دو سطح، سبب کاهش صفات مورد بررسی شده، و مصرف روی باعث بهبود این صفات شد، و اثرات منفی حاصل از تنش شوری را کاهش داد. مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که کاربرد روی در شرایط بدون تنش شوری باعث افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، RWC و غلظت یون‌های روی و پتاسیم و بر سایر صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشت. به‌نظر می‌رسد حضور روی در شرایط تنش شوری از طریق جذب بیشتر روی و تحریک پمپ ATP_{ase} و به دنبال آن جذب بیشتر پتاسیم باعث افزایش غلظت داخل سلول می‌شود. افزایش غلظت داخل سلول، باعث تحمل شرایط تنش زا شده، و سبب تداوم فشار تورگر و ادامه رشد گیاه می‌شود. همچنین از طریق کاهش پرولین در تیمارهای تنش و روی، می‌توان نتیجه گرفت که سلول بخشی از افزایش غلظت داخلی را به روی اختصاص داده است. به علاوه نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد روی در شرایط تنش شوری باعث افزایش اجزای عملکرد شده، بنابراین می‌توان بیان نمود که روی باعث افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش شوری می‌گردد.

منابع

۱- بایبوردی، ا. ۱۳۸۵. روی در خاک و عناصر غذایی گیاه. نشر پریور. ویرایش اول ۱۷۹ صفحه.

۲- دهقان، ا. و ا. نادری. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به شوری در سه رقم ذرت دانه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱: ۲۸۳-۲۷۵.

۳- رونقی، ع.، ا. ادهمی، و ن. ع. کریمیان. ۱۳۸۱. تأثیر فسفر و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶: ۱۱۸-۱۰۵.

۴- شیخ‌بگلو، ن.، ع. زاده قورت تپه، م. ع. باغستانی، و ز. بهنام. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر محلول پاشی عنصر روی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش آب. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲: ۷۴-۵۹.

۵- ضیائیان، ع. ۱۳۸۵. اثات کاربرد پتاسیم و روی در زراعت ذرت. مجله علوم آب و خاک ۲۰: ۴۲-۳۵.

۶- عبدشاهیان، م.، م. نبی پور، و م. مسکرباشی. ۱۳۹۰. تعیین حساس‌ترین مرحله رشدی ارقام گندم به تنش شوری. پایان نامه دکتری زراعت. دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۲۰ صفحه.

۷- فتحی، ق. ۱۳۸۴. تأثیر سولفات روی و سولفات پتاسیم بر رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. جلد

Archive of SID

www.SID.ir

اول. انتشارات نشر آبخیز ص ۱۴۰-۱۳۶.
۸- کامکار، ب.، م. کافی، و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۳. تعیین حساس‌ترین مرحله نموی گندم به تنش شوری. چهارمین کنگره بین المللی علوم گیاهی. ص ۶-۱.
۹- کشاورز، پ. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. اثر روی و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و بافت آوندی گندم. مجله علوم آب و خاک ۱۹: ۱۳۰-۱۲۱.
۱۰- محسنی، س. ه.، ا. قنبری م. ر. رمضانپور، و م. محسنی. ۱۳۸۵. مطالعه اثر مقدار و مصرف سولفات روی و بوریک اسید بر عملکرد، کیفیت و جذب عناصر در دو هیبرید ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ۴: ۳۸-۳۱.
11- Adiloglu, A, and S. Adiloglu. 2006. The Effect of Boron (B) Application on the growth and nutrient contents of maize in zinc (Zn) deficient soils. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 2:1-4.
12- Alpaslan, M., A. Inal, A. Gunes, Y. Cikili, and H. Ozcan. 1999. Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato*(LycopersiconesculentumL.Mill. c.v.lale)* grown under salinity. Turkish Journal of Botany. 23:1-6.
13- Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advances. 27:84-93.
14- Bansal, R. L., P. N. Taklear, A. l. Bhandari, and D. S. Rana. 1990. Critical levels of DTPA extractable Zn for wheat in alkaline soils of semiarid region of Punjab, India, Fertilizer Research. 21:163-166.
15- Barr, H. D, and P. E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Australian Journal of Biological Science. 15:413–428.
16- Bates, L. S., R. P. Waldren, and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205–207.
17- Bukvic, G., M. Antunovic, S. Popovic, and M. Rastija. 2003. Effect of P and Zn fertilization on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). Plant Soil Environment. 49:505-510.
18- Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage byreactive oxygen species. New Phytologist. 146:185–205.
19- Chapman, H. D, and P. F. Pratt. 1982. Methods of plant analysis. In: I. Methods of Analysis for Soils, Plants and Water. Chapman Publishers, Riverside, CA.
20- Cicek, N, and H. Cakirlar. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. BULG. Journal Plant Physiology. 28:66-74.
21- Cottenie, A., M. Verloo, L. Kickens, G. Velghe, and R. Camerlynck. 1982. Chemical Analysis for Plant and Soils. Laboratory of Analytical and Agrochemistry. State University of Ghent, Belgium.
22- Dionisio, S., M. L. Sakd, and S. Tobita. 2000. Effect of salinity on sodium content and photosynthetic response of rice seedling differing in salinity tolerance. Journal of Plant Physiology. 157:54-58.
23- Khoshgoftarmanesh, A. H., B. Jaaferi, and H. Shriatmadari. 2002. Effect of salinity on Cd and Zn availability. 17th World Congress of Soil Science, Thailand.
24- Lacerda, C. F. D., J. Cambraia, M. A. Oliva, H. A. Ruiz, and J. T. Prisco. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 49:107-120.
25- Manojlovis, S. 1983. Possibilities of increasing the production of corn in thechernozem zone of Yugoslavia (Vojodina) by zinc, application. Efficient use offertilizers in agriculture. PP: 331-350.
26- Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist. 167:645-663.
27- Parker, D. R., J. J. Aguilera, and D. N. Thompson. 1992. Zinc-phosphorus interactions in two cultivars of tomato *(Lycopersiconesculentum L.,)* grown in chelator-buffered nutrient solutions. Plant Soil. 143:163-177.
28- Potarzycki, J, and M. Grzebisz. 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. Plant Soil Environment. 55:519-527.
29- Prasad, A. S. 1984. Discovery and importance of zinc in human nutrition. Federation Proceedings. 43:2829–2834.
30- Rhodes, D, and A. D. Hanson. 1993. Quaternary ammonium and tertiary sulfonium Compounds in higher-plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 44:357-384.
31- Tandon, H. L. S. 1995. Micronutrients in soils, crops and fertilizers. A source book–cum–Directory. Fertilizer Development and consumption Organization, India.
32- Welch, R. M. 2001. Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a worldwide scale. Plant Nutrition-Food Security and Dordrecht, Netherlands. PP: 258-284.

Archive of SID

www.SID.ir