

بهبود عملکرد کمی و کیفی سویا با محلول پاشی عناصر روی و آهن در شرایط تنش خشکی

مرضیه جلیل شش بهره^۱، محسن موحدی دهنوی^{۲*} و سید مجتبی هاشمی جزئی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج

۲- نویسنده مسؤول: استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج (Movahhedi1354@mail.yu.ac.ir)

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهر کرد

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۳

تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۱۳

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی عناصر روی و آهن بر عملکرد کمی و کیفی سویا در شرایط تنش خشکی، این تحقیق به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. سطوح عامل اصلی شامل آبیاری پس از ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و عامل فرعی شامل محلول پاشی با آب آبیاری، سولفات روی، سولفات آهن و ترکیب سولفات روی و آهن بود. نتایج نشان داد اثر متقابل محلول پاشی و تنش بر تعداد دانه در غلاف، غلاف در شاخه جانبی، عملکرد بیولوژیک و دانه معنی‌دار شد. بیشترین تعداد غلاف در گره ساقه اصلی و وزن هزار دانه به آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و محلول پاشی روی و آهن مربوط بود. محلول پاشی روی و توام روی و آهن افزایش معنی‌دار را بر عملکرد دانه، بیولوژیک، شاخص برداشت، پروتیین و روغن داشت، همچنین اثر محلول پاشی بر غلظت روی و آهن در دانه و برگ معنی‌دار بود.

کلید واژه‌ها: سویا، تنش، خشکی، عملکرد، محلول پاشی

مقدمه

در کره زمین است، جزء مناطق خشک محسوب می‌شود.

تنش خشکی هنگامی ایجاد می‌شود که پتانسیل آب گیاه و فشار تورژسانس کاهش یابد به حدی که فعالیت طبیعی گیاه دچار اختلال گردد (کالیسکان و همکاران^۱، ۲۰۰۸). خشکی مهمترین تنش غیر زیستی است که نقش مهمی در کاهش تولید گیاهان زراعی در جهان دارد. لئو و همکاران^۳ (۲۰۰۳) اثر تنش رطوبت را بر سویا بررسی کردند، نتایج نشان داد که تنش در مرحله غلاف‌دهی سبب افزایش عقیمی غلاف‌ها و کاهش معنی‌دار عملکرد در سویا گردید، کاهش میزان فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها از جمله دلایل سقط و ریزش غلاف

سویا با نام علمی (*Glycine max* (L) Merrill)

گیاهی، دیپلوئید (2n=24)، یک ساله از تیره نخوداست. دانه سویا دارای ۴۰-۳۶ درصد پروتیین و ۱۹-۲۲ درصد روغن می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۸۵). روغن سویا اولین منبع روغن خوراکی در جهان می‌باشد (فائو، ۲۰۰۶). تنش‌های مختلف محیطی سبب کاهش عملکرد کمی و کیفی سویا می‌شوند. خشکی و تنش ناشی از آن از شایع‌ترین تنش‌های محیطی است که تقریباً ۲۵ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان را محدود می‌کند (کریستینس و لویس^۱، ۱۹۸۲). ایران نیز با میانگین بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر، که کمتر از یک سوم میانگین بارش

2 - Caliskan et al.

3 -Liu et al.

1 - Christiansen & Levis

گیاه مطرح می‌گردد (کاکمک^۵، ۲۰۰۸). روی در فرآیندهای حیاتی گیاه از جمله سنتز اکسین‌ها، کلروفیل، فعالیت آنزیمها، متابولیسم پروتیین و تقسیمات سلولی نقش دارد (آلووی^۶، ۲۰۰۴). کمبود این عنصر سبب کوچکی برگ، عقیمی دانه‌گرده و کوتاه شدن فاصله میانگره گیاه می‌شود (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۸). رز و همکاران^۷ (۲۰۰۲) بیان داشتند که محلول‌پاشی روی، باعث افزایش عملکرد و درصد پروتیین دانه در سویا شد. محلول‌پاشی روی در گلرنگ تحت شرایط تنش موجب افزایش عملکرد و غلظت این عنصر در دانه گلرنگ شد (موحدی، ۱۳۸۳). بنکس^۸ (۲۰۰۴) بیان داشت، محلول-پاشی روی در سویا باعث افزایش عملکرد دانه، میزان پروتیین و میزان روغن دانه شد. آهن در خاک به صورت یون Fe^{++} در کانی‌هایی مثل همتایت، گوتیت و پیریت وجود دارد و در گیاه، در ساختمان سیتوکروم‌ها به عنوان ناقل در سیستم‌های فتوسنتزی و واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء و ساخت کلروفیل دخالت دارد. بنابراین کمبود این عنصر با رنگ پریدگی گیاه همراه است (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۸). همچنین کمبود آهن اثر منفی بر فعالیت نیتروژناز و تثبیت نیتروژن در سویا دارد (کالیسکان و همکاران، ۲۰۰۸). گوس و جانسون^۹ (۲۰۰۰) با بررسی سه روش کاربرد خاکی، تیمار بذر و محلول‌پاشی آهن در سویا به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی آهن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد در همه ارقام مورد بررسی گردید. از عوامل اصلی کاهش عملکرد سویا در خاکهای آهکی کمبود آهن است (تالوث و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۶). جوشی و همکاران (۲۰۱۰) با محلول‌پاشی آهن در گندم غلظت این عنصر را در دانه گندم افزایش دادند. محلول‌پاشی سولفات آهن در کلزا باعث افزایش غلظت این عنصر در برگ این گیاه شد (بایوردی و

است. کمالی و طهماسبی سروسناتی (۱۳۸۱) نیز با بررسی عملکرد سویا در شرایط تنش، عنوان نمودند که ارقام سویا با توجه به عادت رشد ساقه و رسیدگی، رفتار متفاوتی نسبت به تنش رطوبت در مراحل زایشی نشان دادند. سینکلر و همکاران^۱ (۲۰۱۰) نیز معتقد هستند برخی از ارقام سویا در پاسخ به تنش خشکی ملایم افزایش عملکرد را نشان می‌دهد. تحت تنش خشکی جذب مواد غذایی از طریق ریشه، به دلیل کاهش حجم آب خاک و همچنین کاهش توزیع مواد غذایی در بافت خاک کاهش می‌یابد. علاوه بر این انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به بخش هوایی نیز کاهش می‌یابد؛ بنابراین کمبود مواد غذایی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد تحت تنش خشکی است (حاجی بلند و امیرزاد^۲، ۲۰۱۰؛ خان و همکاران^۳، ۲۰۰۳).

کمبود روی و آهن در محصولات کشاورزی گسترش جهانی دارد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد ۴۰ درصد از مردم جهان از کمبود ریزمغذی‌ها رنج می‌برند و بیشترین کمبود مربوط به عناصر روی و آهن می‌باشد (جوشی و همکاران^۴، ۲۰۱۰). خاکهای ایران نیز که در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده، به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاک ها، pH بالای خاک و مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته، کمبود عناصر ریز مغذی به ویژه این دو عنصر بسیار مشهود است. از طرف دیگر مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، مانند جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به وسیله پدیده اسمز، همگی تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و میزان توسعه ریشه است. در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی به شدت کاهش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی و کمبود آب که فراهم کردن مواد غذایی از طریق ریشه محدود است، محلول‌پاشی یک روش مناسب برای تغذیه

5- Cakmak

6- Alloway

7- Rose *et al.*

8- Banks

9- Goos & Johnson

10- Thaloath *et al.*1 - Sinclair *et al.*

2- Hajiboland & Amirzad

3- Khan *et al.*4- Joshi *et al.*

روز از هم انجام شد. نوبت اول محلول پاشی در مرحله رویشی V₄ و نوبت دوم با شروع گلدهی انجام شد. رقم مورد استفاده در این تحقیق رقم Mg که رقم سازگار به منطقه بود، انتخاب شد.

هر کرت از چهار خط کاشت به طول ده متر و به فاصله‌ی خطوط ۵۰ سانتی متر تشکیل و فاصله بوته روی خط چهار سانتی متر شد. فاصله‌ی کرت‌ها از همدیگر یک متر و همچنین فاصله‌ی بین تکرارها از یکدیگر دو متر در نظر گرفته شد. به منظور تأمین فسفر، نیتروژن و پتاس مورد نیاز گیاه، قبل از کاشت، براساس آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم (۴۸ درصد اکسید فسفر و ۱۸ درصد نیتروژن خالص) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۱۸/۶ درصد گوگرد و ۵۱ درصد پتاسیم) بطور یکنواخت روی زمین پخش شد و به کمک دیسک با خاک مخلوط گردید. کاشت بذر در تاریخ هفت خرداد با دست بر روی پشته و به صورت ردیفی با فاصله‌ی بین بوته‌ها چهار سانتی متر و عمق سه تا چهار سانتی متر و به روش خشکه کاری انجام شد. عملیات برداشت نهایی برای کلیه تیمارها زمانی صورت گرفت که کلیه برگهای روی ساقه ریزش کرده و غلاف‌ها قهوه‌ای شده بودند. بدین منظور پس از حذف دو ردیف حاشیه هر کرت و ۵۰ سانتی متر از هر طرف کرت، سطحی معادل دو متر مربع جهت مقایسه عملکرد برداشت گردید. صفات تعداد غلاف در هر گره، تعداد غلاف در شاخه جانبی، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه در هکتار و شاخص برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور تعیین عناصر روی و آهن در نمونه گیاهی از روش هضم از طریق سوزاندن خشک و ترکیب اسید کلریدریک استفاده گردید. پس از تهیه عصاره عناصر روی و آهن با روش جذب اتمی شعله‌ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Perkin 400 بر حسب میلی گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری گردیدند. اعداد قرائت شده بوسیله مقایسه با نمودار حاصل از نمونه‌های

ممدوو^۱ (۲۰۱۰). نتایج زیادی حاکی از آن است که مصرف کودهای ریزمغذی می‌تواند تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی همچون خشکی و شوری را افزایش دهد (بایوردی، ۱۳۸۴). عملکرد و کیفیت گیاهانی که تحت شرایط تنشهای محیطی قرار گرفته‌اند، با تغذیه عناصر معدنی و تنظیم‌کننده‌های رشد بهبود خواهد یافت (نباتی و همکاران^۲، ۲۰۰۸). عناصر روی و آهن دو عنصر غذایی هستند که تاثیر مثبت و معنی‌داری در سلامتی انسان دارند. با توجه به اهمیت تنش خشکی و نیاز کشور به دانه‌های روغنی گیاه سویا و تنش خشکی این تحقیق با هدف بررسی اثر محلول پاشی روی و آهن بر ویژگی‌های کمی و کیفی سویا اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد در سال ۱۳۸۸ انجام شد. محل آزمایش دارای ارتفاع ۲۰۷۰ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارش سالانه ۳۱۹ میلی‌متر و خاک محل آزمایش رسی لومی می‌باشد. مشخصات شیمیایی خاک و آب محل آزمایش در جداول ۱ و ۲ ارائه شد.

این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل تنش خشکی در چهار سطح آبیاری پس از ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس آ بود. پس از رسیدن به سطح تبخیر مورد نظر آبیاری کرتها با مقدار ثابت آب آبیاری شد. اعمال تنش همزمان با شروع مرحله غلاف‌دهی (R₃) انجام شد. کرت‌های فرعی شامل محلول پاشی عناصر بود. محلول-پاشی در چهار سطح، محلول پاشی آب آبیاری، محلول-پاشی سولفات روی، محلول پاشی سولفات آهن و محلول پاشی توأم سولفات روی و آهن انتخاب شدند. محلول پاشی به میزان سه در هزار در دو نوبت به فاصله ده

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک در عمق نمونه برداری ۰-۳۰ سانتی متر

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	بافت خاک	کربن (درصد)	مواد خنثی کننده (درصد)	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	آهن	روی	منگنز	مس
۷/۹۱	۰/۷۴۵	لومی شنی	۱/۰۶	۲۰/۱	۰/۴۵۶	۳۲/۹	۱/۲۵	۰/۶۳	۵/۶۵	۰/۷۱

جدول ۲- نتایج آزمایش آب آبیاری مورد استفاده

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	آهن	روی	منیزیم	پتاسیم	کلسیم	HCO ₃	CO ₃	Cl
۷/۵۹	۰/۵۳۷	۰	۰	۲/۵	۰/۷۵۰	۴/۱	۶	۰	۱/۱

غلاف را در دو تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک موجب شد که تفاوت معنی داری با محلول پاشی آهن و روی به تنهایی نداشت و کمترین اثر محلول پاشی بر این صفت، از محلول پاشی آب بدست آمد. به طور در مقایسات کلی (علایم درون پرانتز) مشخص شده که بیشترین تعداد دانه در غلاف از محلول پاشی روی و توام روی و آهن در تیمار بدون تنش و محلول پاشی روی در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک بدست آمد (جدول ۵). تعداد دانه در غلاف بستگی تا حد زیادی به میزان فتوسنتز طی دوره گلدهی و غلاف دهی بستگی دارد. وجود عوامل محدود کننده فتوسنتز در این دوره باعث کاهش تعداد دانه در غلاف می شود (سینکلر و همکاران، ۲۰۱۰). بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آنها منجر به کاهش منبع فتوسنتز گیاه و افت فعالیت آنزیم های موثر بر این فرآیند می گردد. از طرف دیگر تنش خشکی طول دوره غلاف دهی را کوتاه کرده و از تعداد دانه می کاهد. عنصر روی و آهن از طریق افزایش کارایی سیستم فتوسنتزی باعث افزایش تعداد دانه در غلاف می شود. محلول پاشی عناصر موجب افزایش تعداد غلاف در شاخه جانبی در تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی - متر تبخیر از تشتک، شده اما اثر محلول پاشی عناصر تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشت. بیشترین تعداد غلاف در شاخه جانبی در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی -

استاندارد تعدیل شدند و در نهایت غلظت عناصر در برگ و دانه بر حسب میلی گرم در کیلوگرم بدست آمد. میزان درصد پروتیین دانه پس از آسیاب نمونه ها یک گرم از نمونه آسیاب شده هر تیمار را توزین و طی مراحل مختلف تحقیق توسط دستگاه کج لداال مقدار نیتروژن نمونه ها به صورت درصد تعیین شد و از رابطه زیر درصد پروتیین نمونه محاسبه گردید (امامی، ۱۳۷۵):

$$\frac{6}{25} \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتیین دانه}$$

داده ها با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تنش و محلول پاشی برای صفات تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در شاخه جانبی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن معنی دار شد (جداول ۳ و ۴) حروف درون پرانتز در جدول مقایسات کلی و حرف بیرون پرانتز مقایسه میانگین ها در سطح تنش را نشان می دهد. در تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک محلول پاشی اثر معنی داری بر تعداد دانه در غلاف نداشت. در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک حداکثر تعداد دانه در غلاف از محلول پاشی توأم روی و آهن و کمترین تعداد از محلول پاشی آب حاصل شد. محلول پاشی توأم روی و آهن بیشترین تعداد دانه در

دانه محدودیت منابع غذایی را جهت پر شدن دانه ایجاد کرده و موجب کاهش وزن هزار دانه می‌شود.

مقایسه میانگین برهمکنش تنش و محلول‌پاشی نشان داد، محلول‌پاشی ترکیب عناصر روی و آهن در سطح تنش اول بهترین اثر خود را نسبت به سایر سطوح تنش بر عملکرد بیولوژیک داشت به طوری که محلول‌پاشی توأم روی و آهن موجب افزایش ۳۹ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به محلول‌پاشی آب شد؛ همچنین در تیمارهای آبیاری پس از ۱۰۰ (۵۵۰۰) کیلو گرم در هکتار) و ۱۲۰ (۴۷۶۶) کیلو گرم در هکتار) میلی‌متر تبخیر از تشتک بیشترین میزان عملکرد از محلول‌پاشی توأم روی و آهن بدست آمد (جدول ۳). در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت.

مقایسات کلی نشان داد محلول‌پاشی توأم روی و آهن بیشترین عملکرد بیولوژیک را در تیمار بدون تنش در پی داشت (جدول ۵). آهن در ساختار کلروفیل نقش دارد و محلول‌پاشی این عنصر به ویژه در شرایط کمبود این عنصر، باعث افزایش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی گیاه، و در نتیجه افزایش وزن خشک گیاه می‌شود. روی نیز عنصری است که در فرآیند فتوسنتز و آنزیم‌های موجود در مسیرهای متابولیکی اثر مثبت گذاشته و باعث افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود به طور کلی محلول‌پاشی عناصر توانسته از طریق افزایش تجمع هیدروکربن‌ها در گیاه باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شود.

تنش آب و محلول‌پاشی و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۳). تنش رطوبتی در سطوح بالا باعث کاهش عملکرد دانه شد و محلول‌پاشی عملکرد دانه را بهبود بخشید. محلول‌پاشی توأم روی و آهن و روی به تنهایی در تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بیشترین عملکرد دانه در هکتار را موجب شد. در تیمارهای آبیاری پس از ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک محلول‌پاشی روی و آهن بر این

متر تبخیر از تشتک از محلول‌پاشی توأم روی و آهن بدست آمد و محلول‌پاشی روی نیز در این تیمار آبیاری تعداد غلاف را در شاخه جانبی نسبت به دو محلول‌پاشی دیگر در این تیمار افزایش داده است. بیشترین تعداد غلاف در شاخه جانبی در تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از محلول‌پاشی روی و توأم روی و آهن بدست آمد. در این سطح از آبیاری محلول‌پاشی آهن و آب اثر مشابهی داشتند. همچنین در بالاترین سطح تنش (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) محلول‌پاشی آهن کمترین اثر را نسبت به سایر محلول‌پاشی‌ها بر این صفت داشت و اثر سایر محلول‌پاشی‌ها تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نداشتند. به طور کلی محلول‌پاشی توأم روی و آهن در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بیشترین تعداد غلاف در شاخه جانبی را به همراه داشت (جدول ۵). تنش در مرحله غلاف‌دهی باعث افزایش سقط غلاف و کاهش شدید تعداد غلاف می‌شود. عناصر از طریق افزایش کارایی در تجمع هیدروکربن‌ها به ویژه در شرایط تنش خشکی موجب افزایش رشد شاخه جانبی و تعداد غلاف در شاخه جانبی شدند.

نتایج بدست آمده نشان داد که تنش خشکی و محلول‌پاشی بر تعداد غلاف در گره ساقه اصلی و وزن هزار دانه اثر معنی‌دار داشت (جدول ۳). به طوریکه با افزایش شدت تنش تعداد غلاف در هر گره کاهش یافت و محلول‌پاشی توأم روی و آهن بیشترین میزان (۱/۷۳) غلاف در هر گره ساقه را در پی داشت (جدول ۶). همچنین بیشترین وزن هزار دانه از تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (۱۳۸/۳۸ گرم) و کمترین مقدار از تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (۱۱۶/۹۰ گرم) حاصل گردید، محلول‌پاشی عناصر نیز نسبت به شاهد باعث افزایش وزن هزار دانه گردید (جدول ۷). هرچند بین تیمارهای مختلف توأم روی و آهن، روی و آهن تفاوت معنی‌دار از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۷). تنش در مرحله پر شدن

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به برخی صفات مورد ارزیابی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد		وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	شاخص برداشت
		تعداد غلاف در شاخه جانبی	تعداد غلاف در هر گره ساقه اصلی				
تکرار	۲	۰/۰۳۸۵ ^{ns}	۰/۱۰۲ ^{ns}	۳۴/۹۳ ^{ns}	۰/۱۷۴ ^{ns}	۲۳۷۸۷۶۹/۲ ^{**}	۷/۵۰ ^{ns}
آبیاری	۳	۱/۲۳۰ ^{ns}	۵/۵۹ ^{ns}	۱۱۲۵/۷۷ ^{**}	۳ ^{ns}	۷۵۳۹۸۵۳ ^{ns}	۲۳۱/۸ ^{**}
خطای عامل اصلی	۶	۰/۰۲۵۱	۰/۱۲۸	۳۴/۲۵	۰/۰۳۶	۲۲۷۳۸۹/۹۸	۸/۰۴
محلول پاشی	۳	۰/۷۹۰ ^{ns}	۱/۴۷ ^{ns}	۲۰۰/۱۶ ^{**}	۰/۴۲ ^{ns}	۲۶۴۹۴۷۹/۴ ^{**}	۶۱/۱۶ ^{ns}
آبیاری × محلول پاشی	۹	۰/۱۳۶ ^{**}	۰/۴۲ ^{ns}	۲۹/۶۹ ^{ns}	۰/۰۳۷ ^{ns}	۳۷۶۲۸۸/۶۵ ^{ns}	۲۲/۵۲ ^{ns}
خطای عامل فرعی	۲۴	۰/۰۳۳	۰/۱۱۳	۲۹/۲۴	۰/۰۵۴	۱۵۶۴۶۱/۸۵	۱۰/۳۳
ضرب تغییرات (%)		۸/۶	۱۳/۵	۴/۲	۱۵/۷	۷/۵	۷/۸

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی دار بودن در سطح ۵ و ۱٪ می‌باشد، و ns معنی دار نمی‌باشد.

جدول ۴- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به برخی صفات مورد ارزیابی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد پروتئین		عملکرد روغن	روزی در برگ	میزان روی در دانه	میزان آهن در برگ	میزان آهن در دانه
		عملکرد پروتئین	عملکرد روغن					
تکرار	۲	۳۶۶۷۳/۶۶ ^{**}	۸۷۱۲/۲۹ ^{ns}	۴/۵۸ ^{ns}	۲۶/۲۷ ^{ns}	۹۹/۹۱ ^{ns}	۸۳/۸۳۱ ^{ns}	
آبیاری	۳	۱۸۳۲۰۸/۵۵ ^{**}	۱۴۹۸۵۰/۷۱ ^{**}	۲۱/۲۲ ^{ns}	۱۱۳۷/۲۷۴ ^{**}	۱۱۹/۳۴ ^{ns}	۲۲۶۸/۴۱۳ ^{**}	
خطای عامل اصلی	۶	۱۱۹۷۳/۶۷	۳۱۹۴/۴۶	۲۸/۳۲	۴۱/۹۳۳	۴۷۴/۸۷	۸۸/۷۱۲	
محلول پاشی	۳	۴۷۱۵۵۷/۳۲ ^{**}	۱۴۶۱۲۵/۳۹ ^{**}	۱۷۰۰۴/۶۵ ^{**}	۷۵۰/۹۲۸ ^{**}	۴۸۰۰۱/۵۵ ^{**}	۹۲۳/۶۲۷ ^{**}	
آبیاری × محلول پاشی	۹	۸۳۳۷/۵۴ ^{ns}	۱۱۳۰۰/۳۴ ^{**}	۲۶/۸۸ ^{ns}	۹۴/۸۳۱ ^{**}	۱۱۲/۵۱ ^{ns}	۷۰/۱۶۰ ^{ns}	
خطای عامل فرعی	۲۴	۵۶۳۴/۵۳	۲۶۵۱/۷۱	۲۱/۸۶	۲۶	۲۶۹/۲۱	۴۳/۹۱	
ضرب تغییرات (%)		۸/۴	۱۲/۵	۶/۵	۹/۱	۶/۷	۷/۶	

ns, **, * به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ می‌باشند.

زایشی از دلایل احتمالی کاهش تعداد غلاف در گیاه می‌باشد. در این تحقیق آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر موجب افزایش عملکرد شد. همچنین تالوث و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند محلول پاشی روی در شرایط تنش آبی باعث افزایش عملکرد گیاه شد. افزایش عملکرد ناشی از محلول پاشی عناصر می‌تواند به دلیل بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و نقش مثبت این عناصر در فتوسنتز و عملکرد سیستم‌های نوری باشد.

صفت موثرتر واقع شد، البته محلول پاشی روی در این دو تیمار تفاوت معنی دار با اثر توأم روی و آهن نداشت. در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین عملکرد از محلول پاشی روی و آهن بدست آمد (جدول ۵). به طور کلی بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از محلول پاشی توأم روی و آهن بدست آمد؛ کمترین مقدار این صفت مربوط به تیمار تنش آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و محلول پاشی آب بود (جدول ۵). کاهش عملکرد دانه عمدتاً به واسطه کاهش تعداد دانه در غلاف، غلاف در بوته و کاهش وزن هزار دانه بود. تشکیل تعداد کمتر غلاف و ریزش شدید آنها در شرایط تنش در مرحله

جدول ۵- مقایسه میانگین بر همکنش تنش و محلول پاشی برای برخی صفات به روش دانکن

تنش	محلول پاشی	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در شاخه جانبی	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم بر هکتار)	میزان روی در دانه (میلی گرم بر کیلوگرم)
۶۰ میلی متر تبخیر	آبیاری پس از ۳۰	۲/۲ a (bc)	۱/۹ b (de)	۵۲۰۴ c (def)	۱۸۷۵ c (d)	۳۰۴ c (de)	۶۱/ b (cb)
	محلول پاشی سولفات روی	۲/۰ a (bcd)	۲/۲ a (de)	۶۲۱۶ b (b)	۲۸۰۷ a (ab)	۶۶۱a (a)	۷۸/۲a (a)
	محلول پاشی سولفات آهن	۲/۰ a (bcd)	۲/۳ a (cd)	۵۴۵۰ c (cde)	۲۳۳۳ b (c)	۴۹۱ b (b)	۴۹/۲c (def)
	محلول پاشی توام آهن و روی	۲/۴ a (b)	۲/۱ a (cd)	۷۲۶۷a (a)	۲۸۶۷ a (ab)	۶۵۰ a (a)	۷۷/۹a (a)
۸۰ میلی متر تبخیر	آبیاری پس از ۳۰	۲/۲ b (bc)	۲/۲ d (c)	۵۴۶۷ a (cde)	۲۲۸۳ c (c)	۳۶۶ c (cd)	۵۸/۲bc (cbd)
	محلول پاشی سولفات روی	۲/۸ a (a)	۲/۹ b (b)	۶۰۲۵ a (cd)	۲۸۸۳ ab (ab)	۴۳۷ b (cb)	۷۲/۰a (a)
	محلول پاشی سولفات آهن	۲/۲ b (bc)	۲/۷ c (c)	۵۸۸۳ a (bcd)	۲۷۴۰ b (b)	۴۷۰ b (b)	۵۱/۱c (def)
	محلول پاشی توام آهن و روی	۳/۰ a (a)	۴/۰ a (a)	۵۸۷۵ a (bcd)	۳۰۸۷ a (a)	۶۵۳ a (a)	۶۲/۸b (b)
۱۰۰ میلی متر تبخیر	آبیاری پس از ۳۰	۱/۴ b (e)	۱/۹ b (de)	۴۴۰۰ b (ghi)	۱۵۸۳ c (fe)	۲۳۹ c (ef)	۴۲/۶b (fg)
	محلول پاشی سولفات روی	۲/۲ a (bcd)	۲/۰ a (de)	۵۰۵۰ ab (efg)	۲۰۵۰ ab (cd)	۴۳۶ a (cb)	۵۴/۷a (bcde)
	محلول پاشی سولفات آهن	۱/۹ a (cd)	۱/۹ b (de)	۴۶۵۰ b (fghi)	۱۹۰۰ b (d)	۳۱۴b (de)	۴۴/۷b (fg)
	محلول پاشی توام آهن و روی	۲/۲ a (bc)	۲ a (cde)	۵۵۰۰ a (bcde)	۲۲۵۳ a (c)	۴۶۵ a (b)	۵۴/۱ a (bcde)
۱۲۰ میلی متر تبخیر	آبیاری پس از ۳۰	۱/۵ b (e)	۱/۷ a (ef)	۳۹۶۶/۶۶ b (i)	۱۴۶۶/۶۶ c (f)	۲۰۵ b (f)	۳۹/۱a (g)
	محلول پاشی سولفات روی	۲/۰ a (bcd)	۱/۷ a (de)	۴۳۵۰ ab (gi)	۱۵۱۶/۶۶bc(f)	۳۱۶ a (de)	۵۲/۱a (cdef)
	محلول پاشی سولفات آهن	۱/۸ a (d)	۱/۳ b (f)	۴۲۶۶/۶۶ ab (hi)	۱۵۳۳/۳۳bc(f)	۲۳۱ b (ef)	۴۶/۷a (efg)
	محلول پاشی توام آهن و روی	۲ a (cd)	۱/۷ a (cde)	۴۷۶۶/۶۶ a (efgh)	۱۸۳۳/۳۳a(de)	۳۶۴ a (cd)	۴۶/۸a (efg)

اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند. حروف داخل و خارج پرانتز به ترتیب مقایسه میانگین اثر متقابل کلی و به روش برش دهی را نشان می دهند.

جدول ۶- مقایسه اثرهای اصلی سطوح مختلف تنش خشکی برای برخی صفات به روش دانکن

آبیاری	تعداد غلاف در هر گره ساقه اصلی	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (%)	عملکرد پروتیین (کیلوگرم بر هکتار)	برگ (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن در برگ (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن در دانه (میلی گرم بر کیلوگرم)
آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر	۲/۰۱ a	۱۳۸/۴ a	۴۱/۰۱ b	۸۳۸/۳۹ b	۷۳/۱۵a	۲۴۷/۵۸a	۱۰۴/۷۸ a
آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر	۱/۸۰ b	۱۲۹/۹ b	۴۷/۱۷ a	۱۰۶۴/۰۵ a	۷۳/۲۲a	۲۴۰/۷۰a	۹۲/۵۲ b
آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر	۱/۰۱ c	۱۲۲/۱ c	۳۹/۶۹ b	۵۹/۰۴۸ b	۷۰/۲۵a	۲۴۲/۱۷a	۶۶/۷۸ c
آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر	۱/۰۲ c	۱۱۶/۰ d	۳۶/۷۳ c	۷۸۵/۸ b	۷۲/۵۴a	۲۴۵/۹۰a	۷۴/۶۵ c

اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۷- مقایسه اثرات اصلی سطوح مختلف محلول پاشی برای برخی صفات به روش دانکن

محلول پاشی	تعداد غلاف در هر گره ساقه اصلی	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (%)	عملکرد		
				بروتین (کیلوگرم بر هکتار)	روی در برگ (میلی گرم بر کیلو گرم)	آهن در برگ (میلی گرم بر کیلو گرم)
آب آبیاری	۱/۲۸ c	۱۲۱/۱۴ b	۳۷/۸۵ c	۶۷۶/۵۳d	۴۲/۳۰ c	۱۹۳/۴۸ c
روی	۱/۵۰ b	۱۲۸/۶ a	۴۲/۲۳ a	۹۴۳/۲۲b	۱۲۴/۴۰ a	۲۰۵/۴۱ c
آهن	۱/۴۳ bc	۱۳۰/۶۱ a	۴۱/۶۵ a	۷۹۴/۷۱c	۴۷/۲۰ c	۳۳۳/۲۰ a
توام روی و آهن	۱/۷ a	۱۲۶/۱ a	۴۲/۸ a	۱۱۳۵/۸a	۷۵/۰۸ b	۲۴۴/۵۱ b

اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

تولید پروتیین ایفا می نماید. روی سنتز پروتیین را افزایش می دهد و باعث کاهش تجمع اسیدهای آمینه می شود، که علت آن انتقال اسیدهای آمینه و همچنین کاهش تجزیه و تخریب RNA است (بنکس، ۲۰۰۴).

بیشترین عملکرد روغن مربوط به تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر و محلول پاشی روی بود. در سایر تیمارها نیز محلول پاشی توأم روی و آهن بیشترین اثر را داشت. مقایسات کلی نشان داد حداکثر عملکرد روغن در تیمار بدون تنش و محلول پاشی روی و توأم روی و آهن بدست آمد (جدول ۵). مرشدی و همکاران (۱۳۷۹) نیز با محلول پاشی روی و آهن در گیاه کلزا به نتایج مشابهی دست یافتند. اصولاً تنش رطوبتی تعادل بین پروتیین و روغن و حتی هیدرات های کربن را تغییر می دهد. معمولاً تنش آبی میزان پروتیین را افزایش و میزان روغن را کاهش می دهد، در شرایط تنش آبی تشکیل مولکول های ساده تر خود به خود افزایش می یابد، بدین ترتیب تبدیل مواد فتوسنتزی بیشتر به سوی ساخت پروتیین پیش می رود (روتاندو و وستگیت، ۲۰۰۹). از آنجایی که عملکرد روغن دانه تابع عملکرد دانه و درصد روغن است در شرایط تنش حداکثر درصد روغن در شرایط آبیاری معمولی بدست آمد، تنش اثری بر میزان روی و آهن در برگ نداشت، اما محلول پاشی اثری بسیار معنی دار بر این صفات داشت (جدول ۴).

خاک محل انجام تحقیق دارای pH بالا بود (۷/۹ = pH). اصولاً تحت چنین شرایطی انتظار می رود کمبود عناصر غذایی خصوصاً عناصر کم مصرف وجود داشته باشد. زیاد بودن فسفر خاک (۳۲/۹ میلی گرم در کیلوگرم) مزید بر علت شده لذا کمبود روی و آهن حتمی است (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۸). در این حالت عمدتاً آهن رسوب نموده و روی هم بواسطه زیادی فسفر جذب و یا منتقل نمی شود. متوسط عملکرد دانه تیمارهای آزمایش نشان می دهد کاربرد عناصر آهن، روی و توأم روی و آهن باعث افزایش عملکرد گیاه نسبت به تیمار شاهد گردید. بیشترین شاخص برداشت به تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر تعلق دارد (جدول ۶).

دلیل کاهش شاخص برداشت در تیمار شاهد اختصاص بیشتر مواد غذایی به عملکرد بیولوژیکی است. همچنین محلول پاشی عناصر نسبت به شاهد باعث افزایش شاخص برداشت گردید (جدول ۷) این نتیجه به دلیل نقشی است که عناصر بر افزایش عملکرد داشتند. بالاترین میزان عملکرد پروتیین بین تیمارهای آبیاری مربوط به تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر، با عملکرد ۱۰۶۴ کیلوگرم و بین تیمارهای محلول پاشی، محلول پاشی ترکیب روی و آهن به میزان ۱۱۳۶ کیلوگرم بود (جدول ۶ و ۷). روی در فعالیتهای دهیدروژناز - پروتیناز دخالت دارد و نقش کلیدی در

حاصل از این تحقیق با افزایش غلظت عناصر روی و آهن در برگها به واسطه محلول پاشی، انتقال آنها به دانه نیز افزون می گردد. نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج کاظمی پشت مساوی و همکاران^۱ (۲۰۰۸) در لوبیا همخوانی دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که آهن و روی نقش مثبتی در عملکرد و کیفیت پروتئین و روغن سویا به ویژه در شرایط تنش کمبود آب دارند. همچنین با توجه به محدودیت جذب عناصر روی و آهن در خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک محلول پاشی این عناصر جهت بالا بردن میزان عناصر در گیاهان یک روش منطقی کاربرد کود می باشد.

محلول پاشی روی بیشترین تاثیر را در میزان روی در برگ داشت. محلول پاشی توام روی و آهن میزان روی در برگ را بهبود بخشید (جدول ۷). بیشترین میزان آهن در برگ مربوط به تیمار محلول پاشی آهن بود. بایوردی و ممدو (۲۰۱۰) با محلول پاشی عناصر روی و آهن در گیاه کلزا به نتایج مشابهی دست یافتند. اثر متقابل تنش کمبود آب و محلول پاشی بر صفت میزان روی در دانه معنی دار شد (جدول ۴). در تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی-متر تبخیر، محلول پاشی روی و توأم روی و آهن بیشترین اثر را بر میزان روی در دانه داشت. در تیمارهای آبیاری پس از ۸۰ و ۱۰۰ میلی متر تبخیر نیز بیشترین میزان روی در دانه از محلول پاشی روی و توأم روی و آهن سبب شدند. (جدول ۵). بیشترین میزان آهن در دانه در بین تیمارهای آبیاری از تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر و در بین محلول پاشی ها از محلول پاشی آهن و محلول پاشی توأم روی و آهن بدست آمد (جدول ۶ و ۷). روی و آهن در فرایند جذب از ریشه با هم رقابت می کنند و ممکن است در محلول پاشی این رقابت وجود نداشته باشد. افزایش غلظت آهن در دانه همراه با افزایش میزان آبیاری را می توان اینگونه توجیه کرد که آبیاری موجب افزایش تهویه خاک و کاهش غلظت دی اکسید کربن و بی کربنات می شود. کاهش میزان دی اکسید و بی کربنات در خاک موجب افزایش دسترسی گیاه به آهن می شود (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۸). مقدار عناصر کم - مصرف در دانه بستگی به مقدار جذب این عناصر به وسیله ریشه طی مرحله توسعه دانه و انتقال مجدد این عناصر از بافت های گیاهی به دانه از طریق آوند آبکش دارد.

قابلیت دسترسی گیاه به عناصر روی و آهن از طریق ریشه در خاک های با pH بالا بویژه در شرایط تنش بسیار کم است بنابراین تغذیه برگی گیاه با این عناصر یک راهکار مناسب جهت تأمین عناصر مورد نیاز گیاه است و افزایش غلظت عناصر در گیاه می شود. همچنین آهن نیز انتقال نسبتاً خوبی به دانه دارد. با توجه به نتایج

1 - Kazemi Poshtmasari *et al.*

منابع

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، (۹۸۲): ۱۲۸ ص.
۲. بایبوردی، ا. ۱۳۸۴. اثر روی، آهن، منگنز و مس بر کمیت و کیفیت گندم در شرایط تنش شوری. مجله آب و خاک، ۱۷: ۱۴۰-۱۵۰.
۳. خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان. ۵۸۰ ص.
۴. کمالی، م. ش. و ز، طهماسبی. ۱۳۸۱. ارزیابی عملکرد سویا در کشت دوم در شرایط تنش رطوبت. چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۲۵۵ ص.
۵. مرشدی، ا.، ملکوتی، م. ج.، نقیبی، ح. و رضایی، ح. ۱۳۷۹. تاثیر محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غنی‌سازی دانه‌های کلزا در بردسیر کرمان. مجله خاک و آب ویژه نامه کلزا. ویژه‌نامه کلزا، ۱۲: ۵۶-۶۸.
۶. ملکوتی، م. و طهرانی، م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی در عناصر خرد با تاثیر کلان. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۳۰۰ ص.
۷. موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، ع. م. و سروش‌زاده، ع. ۱۳۸۳. اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی در منطقه اصفهان. رساله دکتری در رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۱۱ ص.
8. Alloway, B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association Communications. 114p. IZA publications, Brussels, Belgium, 135p.
9. Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 22: 116. 226- 231.
10. Baybordi, A., and Mamedov. G. 2010. Evaluation of application methods of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae, 2(1): 94-103.
11. Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic bio fortification?, Plant and Soil, 302:1-17.
12. Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M.E., and Arsalan, M. 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean – type soil. Field Crop Research, 108:126- 132.
13. Chaves, M.M., Maroco, J.P., and Periera, S. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. Functional Plant Biology, 30: 239- 264.

14. Christiansen, M.N., and Levis, C.F. 1982. Breeding plant for less favorable environments. Thon wielyd and Sons Press, New York, 459p.
15. Food and Agriculture Organization. 2006. biodiversity: agricultural biodiversity in FAO. Retrieved. December, 2006. from <http://www.fao.org/biodiversity>
16. Goos, R.J., and Johnson, B.E. 2000. A comparison of three methods for reducing iron- deficiency chlorosis in soybean. *Agronomy Journal*, 92: 1135- 1139.
17. Hajiboland, and R., Amirazad, F. 2010. Growth, photosynthesis and antioxidant defense system in zn-deficient red cabbage plants. *Plant Soil Environment*, 5: 209-217.
18. Hu, Y., Burucs, Z., VonTucher, S., and Schmidhalter, U. 2007. Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves maize seedlings. *Environment and Experiment Botany*, 60: 268- 275.
19. Joshi, A.K., Crossa, J., Arun, B., Chand, R., Trethowah R., Vargas, M., and Ortiz- Monasterio, I. 2010. Genotype ×environment interaction for zinc and iron concentration of wheat grain in eastern Gangetic plain of India. *Field Crops Research*, 116: 268-277.
20. Kazemi Poshtmasari, H., Bahmanyari, M.A., Pirdashti, H., and Ahmadishad, M. A. 2008. Effects of rates and application forms on protein and some micronutrients accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pakistan Journal of Biology Science*, 11(7): 1042- 1046
21. Khan, H.R., McDonald, G.K., and Rengel. Z. 2003. Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea. *Plant Soil*, 249: 389- 400.
22. Lauer, J. 2003. What happens within the corn plant when drought occurs. University of Wisconsin Extension. Available from: <http://www.uwex.edu/ces/ag/issues/drougt2003/corneffect.html>.
23. Liu, F., Anderson, M.N., and Jensen, C.R. 2003. Loss of pod set caused by drought stress is associated with water status and ABA content of reproductive structures in soybean. *Funct. Plant Biology*, 30, 271-280.
24. Nabati, D.A., Schmidt, R.E., Khaleghi, E.S., and Parrish, D.J. 2008. Assessment of drought stress on physiology growth of *Agrostis palustris* Huds. as affected by plant bio regulators and nutrients. *Asian Journal of Plant Science*, 7(8): 717-723.
25. Rose, L.A., Felton, W.L., and Banks, L.W. 2002. Responses of four soybean variations to foliar zinc fertilizer. *Australian Journal at Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 21:236-240.
26. Rotundo, J.L., and Westgate, M.E. 2009. Meta- analysis of environmental effects on soybean seed composition. *Field Crops Research*, 110: 147- 156.

27. Sinclair, T.R., Messina, C.D., Beatty, A., and Samples, M. 2010. Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. *Agronomy Journal*, 102: 475-482(2010).
28. Sinhg, G. 2010. Soybean production. In: *The soybean botany, production and uses*. (ed.), singh, G. CAB International, 494 p.
29. Thalooh, M., Tawfik, M., and Magda Mohamed, H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc potassium and magnesium on growth yield and some chemical constitues on Mungbean plant growth under water stress conditions. *World Journal of Agriculture Science*, 2:37-46
30. Wiersma, J.V. 2005. High rates of Fe-EDDHA and seed iron concentration suggest partial solutions to iron deficiency in soybean. *Agronomy Journal*, 97:924-964.