

## اثر محلول‌پاشی عنصر روی و تنظیم‌کننده رشد اکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دانه‌ای در شرایط کمبود آب

### Effect of Zinc and Auxin Foliar Application on Grain Yield and Its Components of Grain Maize Under Water Deficit Conditions

بهنام زند<sup>۱</sup>، علی سروش‌زاده<sup>۲</sup>، فائزه قناتی<sup>۳</sup> و فواد مرادی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی، دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار، دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس

۴- استادیار، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۱۲

#### چکیده

زند، ب، سروش‌زاده، ع، قناتی، ف، و مرادی، ف. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی عنصر روی و تنظیم‌کننده رشد اکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دانه‌ای در شرایط کمبود آب. مجله به‌زراعی نهال و بدر ۲-۲۵ (۴): ۴۴۸-۴۳۱.

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عنصر روی و تنظیم‌کننده رشد اکسین در شرایط کمبود آب خاک این تحقیق در سال در ۱۳۸۵ مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین اجرا گردید. در این تحقیق عامل کمبود آب (آبیاری در مرحله ۵۰، ۶۰ و ۷۰٪ تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) به عنوان عامل اصلی و اثر متقابل محلول‌پاشی عنصر روی با غلظت ۵ گرم در ۱۰۰۰ لیتر (سولفات روی، کلات روی، محلول‌پاشی با آب معمولی و بدون محلول‌پاشی) و محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد اکسین با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (با محلول‌پاشی، بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با آب) به عنوان عامل فرعی، بصورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در میان کلیه تیمارها تنها اثر متقابل کمبود آب و محلول‌پاشی اکسین بر عملکرد دانه غیرمعنی‌دار بود و دو صفت درصد پروتئین و روغن دانه تحت تاثیر کلیه تیمارها و اثر متقابل آنها قرار گرفتند. در این میان اثر متقابل محلول‌پاشی با سولفات و کلات روی به همراه اکسین در دو سطح ۵۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده به ترتیب با ۱۲۴۱۰ و ۱۱۸۴۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین میانگین عملکرد دانه را داشتند. اثر محلول‌پاشی ترکیبات روی و اکسین در سطوح مختلف رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه نیز متفاوت بود ولی در مجموع اثر محلول‌پاشی عنصر روی و اکسین بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه در سطوح رطوبتی یکسان اثر سودمندی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ذرت دانه‌ای، کمبود آب، عنصر روی، اکسین، عملکرد دانه و اجزای عملکرد.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: a\_soroosh@modares.ac.ir

این مقاله قسمتی از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

## مقدمه

کم آبی از جمله مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. کشور ایران با میانگین نزولات جوی ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره این مناطق طبقه‌بندی می‌گردد. ذرت از لحاظ کارایی مصرف آب در مقایسه با گیاهان زراعی چهار کربنه بیشترین حساسیت را به تنش‌های محیطی دارد (Emam and Niknejhad, 1994). الگوهای بارش نامنظم در نواحی خشک دنیا محصولات را در معرض شدت‌های مختلف تنش خشکی با شرایط کمبود آب قرار می‌دهد.

اغلب اوقات دمای بالا و وضعیت تغذیه‌ای نامناسب نیز اثر تنش خشکی و کمبود آب را پیچیده‌تر می‌نماید. تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش بسزایی دارد و در این میان عنصر روی (Zn) یکی از ۷ عنصر کم مصرف و ضروری در تغذیه گیاهی می‌باشد. از جمله نقش‌های اساسی عنصر روی مشارکت آن در ساختمان ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین است و کمبود آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتازها، الکل دی‌هیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز و پلیمراز DNA و RNA را کاهش می‌دهد (Prasad, 1984). از دیگر نقش‌های عنصر روی، نقش آن در ایجاد یک سیستم دفاعی سلولی در برابر گونه‌های واکنش‌دهنده با اکسیژن (Reactive Oxygen Species) یا به

اختصار ROS ها می‌باشد. به نحوی که در شرایط کمبود عنصر روی بروز این خسارت‌های اکسیداتیو ناشی از تهاجم رادیکال‌های آزاد مانند ROS ها با ایجاد اختلال در عملکرد غشاهای سلولی و تولید رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپراکسیداز به سلول خسارت وارد می‌نمایند (Murray, 1989). کمبود روی در گیاهان و خاک در طیف گسترده‌ای مشاهده می‌گردد و در این رابطه خاک‌های با واکنش قلیایی (به خاطر فراهمی کم عنصر روی)، خاک‌های شنی و در خاک‌های شدیداً آبشویی یافته شیوع بیشتری دارد (Welch et al., 1991).

در ایران کمبود عنصر روی در خاک عمدتاً ناشی از آهکی بودن خاک‌های زراعی، pH بالا، حضور بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری، مصرف فراوان و بیش از نیاز کودهای فسفاته و در نهایت عدم رواج مصرف کودهای محتوی عنصر روی است (Malakouti, 2001). غلظت بحرانی روی در حدود ۱۵ تا ۲۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم وزن خشک برگ است (Marschner, 1995) که با توجه به شرایط فیزیکی و خواص شیمیایی حاکم بر اکثر خاک‌های کشور ما که به آنها اشاره شد تأمین این عنصر ضروری می‌باشد. ذرت در کنار گیاهانی مانند برنج، سویا، حبوبات، سورگوم، مرکبات، درختان میوه و به ویژه انگور بیشترین حساسیت و در مقابل هویج، گیاهان علوفه‌ای و جو بیشترین مقاومت را نسبت به کمبود عنصر

روی دارد (Marschner, 1995).

سنتز پروتئین‌ها یکی از اصلی‌ترین عوامل در رشد سلول‌ها محسوب می‌گردد. هر عاملی که از سنتز پروتئین‌ها جلوگیری کند موجب نقصان رشد نیز می‌گردد و بنابراین تنش خشکی که موجب توقف سنتز پروتئین‌ها می‌گردد باعث کاهش رشد نیز خواهد شد. در این رابطه کاهش دو تا سه اتمسفری پتانسیل آب در برگ‌های در حال رشد ذرت، موجب نقصان قابل توجهی در پلی‌ریبوزوم‌ها و مونوریبوزوم‌ها شده است که این مسئله بازگوکننده کاهش سنتز پروتئین‌ها می‌باشد (Bradford and Hsiao, 1982). رشید و ریان (Rashid and Ryan, 2004) چنین بیان می‌کند که بالا بودن pH، آهکی بودن و پایین بودن ماده آلی در خاک مشکل اساسی کشاورزی مناطق مدیترانه‌ای می‌باشد و به کمبود شدید دو عنصر ریزمغذی روی و آهن در گیاهان زراعی و درختان میوه آبدار اشاره و مصرف خاکی یا محلول پاشی با سولفات آهن و سولفات روی به میزان ۵ در هزار در چند مرحله راه حل آن می‌داند.

نورود (Norwood, 2000) گزارش نمود که مدیریت آبیاری، کود و تراکم گیاهی بطور پایداری موجب افزایش عملکرد ذرت خواهد شد. ممنوعی و همکاران (Mamnouie et al., 2006) در بررسی اثر کمبود آب بر روی عملکرد و صفات فیزیولوژیکی ارقام جو نشان دادند که بروز تنش

کمبود آب موجب کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد شد و کمبود آب موجب افزایش درجه حرارت داخل سایه‌انداز و کاهش میزان کلروفیل شده و اثر آبیاری بر روی کارایی فتوشیمیایی معنی‌دار بود. تالوث و همکاران (Thalooth et al., 2005) نشان دادند که محلول پاشی عنصر روی اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان داشت. درویش و همکاران (Darwish et al., 2002) چنین بیان نمودند که کاربرد ۴۸ کیلوگرم اکسید پتاسیم خالص در ترکیب با محلول پاشی عنصر روی (۱۰۰۰ قسمت در میلیون سولفات روی) بالاترین عملکرد دانه و عملکرد روغن و درصد پروتئین بدست آمد. علی و موافی (Ali and Mowafy, 2003) به این نتیجه رسیدند که کاربرد محلول پاشی عنصر روی ۲٪ موجب افزایش عملکرد بادام‌زمینی و صفات کیفی آن شد.

اکسین‌ها گروه کوچکی از هورمون‌های گیاهی هستند که نقش محوری در تنظیم رشد و نمو گیاه ایفا می‌کنند (Sitbone and Parrot-Rechenmann, 1997) و با توجه به اینکه رشد و نمو ریشه تحت تاثیر هورمونی است و رشد طولی محور اصلی و آغاز رویش ریشه‌های فرعی در درجه نخست بوسیله اکسین سرچشمه گرفته از بخش هوایی گیاه تحریک می‌گردد، که با تأمین این هورمون رشد و توسعه ریشه در گیاه و بویژه رشد ریشه‌های فرعی توسط اکسین بخش هوایی گیاه

عنصر روی را با مصرف ترکیبات مختلف این عنصر تأمین نمود. پایین بودن میزان اکسین در گیاهانی که کمبود عنصر روی دارند ممکن است در نتیجه فعالیت زیاد آنزیم IAA - اکسیداز باشد.

گادالا (Gadallah, 2000) در بررسی اثر ایندول استیک اسید (IAA) و عنصر روی (Zn) بر تغییرات پتانسیل اسمزی و کربن و نیتروژن محلول گیاه سویای در حال رشد تحت شرایط کمبود آب چنین نتیجه‌گیری کرد که بدون توجه به تیمارهای IAA و Zn خشک شدن خاک اثر اصلی را بر روی میزان ماده خشک اندام هوایی و ریشه داشت، به طوری که طویل شدن بخش هوایی و تجمع ماده خشک ریشه را کاهش داد و در گیاهان شاهد یعنی بدون محلول پاشی IAA و Zn طول ساقه بیش از طول ریشه متاثر شد و در مقابل میزان ماده خشک ریشه بیش از میزان ماده خشک بخش هوایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. نسبت ریشه به بخش هوایی به همراه خشکی خاک افزایش یافت، اما نسبت‌های محاسبه شده بر اساس میزان ماده خشک هیچ‌گونه افزایش معنی‌داری را نشان نداد. میزان کلروفیل a و b با افزایش تنش آبی کاهش یافت و میزان آنها در گیاهان تیمار شده با IAA و Zn کمتر تحت تنش رطوبتی قرار گرفت. آنها همچنین گزارش نمودند که اثر دو محلول IAA و Zn بصورت افزایشی بود.

بطور کلی عنصر روی و گروه اکسین‌ها به

تحریک خواهد شد (Marschner, 1995). از این رو با توسعه نظام ریشه، گیاه قادر خواهد بود نسبت به جذب بهینه عنصر روی که در شرایط کمبود رطوبت با کاهش تحرک روبرو بوده اقدام نماید و از سوی دیگر به ذخایر بیشتر رطوبتی خاک دسترسی داشته باشد. از جمله آثار دیگر ناشی از کاهش جذب عنصر روی ایجاد تأخیر رشد ریشه در خاک‌های سرد بویژه در اوایل فصل رویشی در بهار است (Hamantaranjan, 1996). حد بحرانی عنصر روی در خاک‌های زراعی در سه سطح کم، متوسط و زیاد به ترتیب کمتر از ۰/۵، ۳-۱/۱ و بیش از ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است (Malakouti, 2001).

غالباً در محلولپاشی عنصر روی از دو ترکیب رایج یعنی سولفات روی ( $ZnSO_4$ ) و کلات روی (Zn EDTA) استفاده می‌شود که در این بین سولفات روی به علت ارزان‌تر بودن از اولویت بیشتری برخوردار است. هاسلت و همکاران (Haslett *et al.*, 2001) نشان دادند که بین اثر این دو منبع روی تفاوت معنی‌داری در گندم مشاهده نشد و بنابراین می‌توان از سولفات روی ارزان‌تر به جای کلات روی استفاده کرد. عنصر روی جهت ساختن اکسین (IAA) از اسید آمینه تریپتوفان و از راه تریپتامین مورد نیاز است و از سویی میزان تریپتوفان در گیاهانی که دچار کمبود عنصر روی باشند در حد پائینی قرار دارد که در گیاهان مختلف و از جمله ذرت می‌توان نشانه‌های کمبود ملایم

بررسی قرار گرفتند. عوامل مورد بررسی شامل تیمار کمبود آب در خاک در سه سطح: ۵۰٪، ۶۰٪ و ۷۰٪ تخلیه آب قابل استفاده و محلول پاشی عنصر روی در چهار سطح: محلول پاشی با سولفات روی ( $ZnSO_4$ )، محلول پاشی با کلات روی ( $Zn\ EDTA$ )، محلول پاشی با آب معمولی و بدون محلول پاشی و سطوح تنظیم کننده رشد اکسین نیز در سه سطح شامل محلول پاشی با اکسین، محلول پاشی با آب و بدون محلول پاشی بودند.

محلول پاشی دو عامل عنصر روی و تنظیم کننده رشد اکسین به ترتیب با غلظت ۵ در هزار و ۱۰ میلی گرم در لیتر صورت گرفت (Gadallah, 2000). به منظور جلوگیری از اختلال در جذب ترکیبات عنصر روی و تنظیم کننده رشد اکسین با فاصله زمانی ۲۴ ساعت محلول پاشی گردیدند تا هیچیک از محلول پاشی‌ها تحت تأثیر دیگری قرار نگیرد و به منظور حفظ پایداری بیشتر ترکیبات فوق بر روی بوته‌های محلول پاشی شده از ماده توین ۲۰ (Tween 20) که به عنوان یک سورفکتانت عمل می‌کند با غلظت ۰/۵ درصد حجمی استفاده شد. گیاهان در مرحله ۳/۵ از مراحل فنولوژیکی گیاه ذرت بر اساس تقسیم‌بندی هانوی (Hanway, 1971) یعنی در آستانه ظهور گل‌های تاجی در سه نوبت با فاصله زمانی ۲-۳ روز محلول پاشی شدند.

تیمارهای آبی از آستانه ظهور گل‌های تاجی اعمال شد، بدین ترتیب که در ابتدا از اعماق

عنوان تحریک کننده رشد ریشه در گیاهان مطرح می‌باشند و هنگامی که گیاه در شرایط تنش و از جمله خشکی قرار می‌گیرد می‌توانند با حفظ تعادل رطوبتی موجب بهبود عملکرد دانه گردد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین با اقلیم خشک بیابانی همراه با تابستان خیلی خشک و با میانگین نزولات جوی سالانه حدود ۱۰۰ میلی متر در سال ۱۳۸۵ به مورد اجرا درآمد. در این بررسی اثر محلول پاشی عنصر کم مصرف روی (Zn) و تنظیم کننده رشد اکسین (ایندول بوتریک اسید IBA) بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و برخی صفات ذرت دانه‌ای (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴) از گروه دیررس در شرایط کمبود آب خاک مورد مطالعه قرار گرفتند و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش به شرح جداول ۲ و ۳ می‌باشد.

عملیات تهیه زمین بر اساس روش معمول در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ورامین از پائیز سال ۱۳۸۴ آغاز و در بهار ۱۳۸۵ بصورت تکمیلی صورت گرفت. در این مطالعه عامل کمبود آب خاک به عنوان عامل اصلی و ترکیب محلول پاشی عنصر روی و تنظیم کننده رشد اکسین (IBA) بعنوان عامل فرعی به صورت اسپلیت پلات-فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد

جدول ۱ - آمار هواشناسی برای مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین در شش ماه از سال ۱۳۸۵  
Table 1. Meteorological data for Varamin Agriculture Research Center for April to September 2006

ماه	بارندگی (میلیمتر)	میانگین دمای حداقل (سانتی‌گراد)	میانگین دمای حداکثر (سانتی‌گراد)
Month	Rainfall (mm)	Mean Min. Temp (°C)	Mean Max. Temp (°C)
April	21.5	15.3	30.5
May	0.5	18.0	35.0
June	2.9	22.3	39.4
July	0.0	22.3	39.3
August	0.0	17.7	35.2
September	9.8	14.5	30.1

اساس ۸۰ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد. سرانجام با توجه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه و تشکیل لایه سیاه، میزان عملکرد و اجزاء عملکرد دانه شامل تعداد ردیف‌های دانه در بلال، تعداد دانه در هر ردیف، وزن هزار دانه، درصد پروتئین و روغن دانه با برداشت بوته‌های دو ردیف میانی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (با توجه به اینکه تعداد بلال برداشتی در هر بوته یک عدد بود بنابراین تعداد بلال در هر بوته مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار نگرفت). به منظور اندازه‌گیری درصد پروتئین و درصد روغن دانه ابتدا از محصول دانه برداشت شده هر یک از تیمارها نمونه‌ای تصادفی تهیه آسیاب و سپس توسط دستگاه اینفرماتیک (Inframatic 8620) سنجش انجام شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری عمق خاک نمونه‌برداری صورت گرفت و مقادیر رطوبت آنها به روش وزنی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و درصد رطوبت خاک در فواصل زمانی بین دو آبیاری در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری و زمان آبیاری بر اساس رسیدن رطوبت خاک به سطح تیمارهای موردنظر تعیین گردید. بدین ترتیب که با اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی (Alizadeh, 2004) در فواصل زمانی مشخص در روزهای قبل و پس از آبیاری و تبدیل رطوبت وزنی به رطوبت حجمی و محاسبه تفاوت میزان درصد رطوبت در زمان ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم (PWP) زمان اعمال تیمارهای آبیاری تعیین گردید. اعمال تیمارهای آبیاری تا زمان رسیدگی فیزیولوژیکی گیاهان یعنی ایجاد لایه سیاه در محل اتصال بذر به محور بلال ادامه یافت. هر یک از کرت‌های آزمایشی شامل ۶ خط کاشت به طول ۶ متر با فواصل ردیف‌های ۷۵ سانتی‌متر و فواصل بوته در هر ردیف ۱۷ سانتی‌متر و تراکم گیاهی بر

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک  
Table 2. Chemical properties of soil

عمق	pH کل اشباع	هدایت	مواد خنثی شونده با اسید	کربن آلی	بافت	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
Soil depth		Conductivity ds.m <sup>-1</sup>	T.N.V.	Organic carbon%	Soil texture	P (mgkg <sup>-1</sup> )	K (mgkg <sup>-1</sup> )	Fe (mgkg <sup>-1</sup> )	Mn (mgkg <sup>-1</sup> )	Zn (mgkg <sup>-1</sup> )	Cu (mgkg <sup>-1</sup> )
0-30	7.6	3	17	0.72	Loam-clay	10.6	300	4.4	11.5	0.42	0.5

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی لایه‌های مختلف خاک  
Table 3. Physical properties of different layers of soil

عمق خاک Soil depth (cm)	درصد ذرات در بافت خاک % Particles in soil texture			بافت خاک Soil texture	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	درصد وزنی رطوبت خاک % Soil moisture as percentage of dry weight		آب قابل استفاده در عمق خاک (سانتی‌متر به ازای ۱ متر عمق خاک) Available water in soil profile (cm per meter)
	شن Sand %	سیلت Silt %	رس Clay %			نقطه پژمردگی Wilting point	ظرفیت زراعی Field capacity	
0-30	12	54	34	Silty-Loam	1.47	10.60	22.25	17.12
30-60	26	48	26	Clay-Loam	1.46	10.80	22.75	17.44
60-90	40	40	20	Loam	1.42	9.90	22.50	17.89

## نتایج و بحث

با توجه به جداول تجزیه واریانس (جدول ۴) و مقایسات میانگین چنین مشاهده می‌گردد که اثر متقابل کمبود آب و محلول‌پاشی عنصر روی بر روی کلیه صفات اثر معنی‌داری داشتند و در این میان محلول‌پاشی سولفات و کلات روی در هر دو سطح ۵۰ و ۶۰ درصد به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۱۰۹۳۰، ۱۰۷۵۰، ۱۰۵۱۰ و ۱۰۴۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها برتری داشت که نشان‌دهنده اثر مثبت این عنصر در عملکرد دانه می‌باشد.

محلول‌پاشی با عنصر روی بطور چشمگیری رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داد و در این خصوص دولین و ویتان (Devlin and Withan, 1983) نیز چنین اظهار داشته‌اند که با توجه به نقش اساسی این عنصر در گیاه که بطور مستقیم در بیوسنتز مواد رشد همانند اکسین دخالت دارند. بنابراین می‌توانند سلول‌های گیاهی بیشتری و در نتیجه مواد خشک بیشتری را تولید و در دانه‌ها به عنوان مخزن ذخیره نماید. بنابراین موجب افزایش عملکرد بیش از حدود انتظار می‌گردد که این وضعیت را در پژوهش حاضر با استفاده از ترکیبات مختلف عنصر روی قابل مشاهده شد.

مشابه این نتایج در خصوص نقش محلول‌پاشی عنصر روی در افزایش تعداد سلول‌های گیاهی و به دنبال آن نقش افزایش نیاز مخزن و بنابراین مواد خشک بیشتر توسط درویش و همکاران (Darwish et al., 2002)،

تومار و همکاران (Tomar et al., 1990)، مالوار و همکاران (Malewar et al., 1993)، تریپاتی و همکاران (Tripathy et al., 1999) و نیز بدست آمد. ابعاد کمبود آب بر روی گیاه گسترده بوده و اصولاً تنش آبی از بزرگ شدن سلول بیش از تقسیمات سلولی جلوگیری می‌نماید و در واقع رشد گیاه را از طریق بازداری مراحل مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فتوسنتز، تنفس، انتقال، جذب یونی، کربوهیدرات‌ها، متابولیسم عناصر غذایی و هورمون‌ها محدود می‌سازد (Kramer, 1983; Bjorkman and Powles, 1984; Chaves, 1991; Cornic and Briantais, 1991; Lawlor, 1995). به عبارت دیگر یکی از حساس‌ترین مراحل فیزیولوژیکی حساس به خشکی رشد سلول و توسعه آن است که علت آن کاهش فشار تورگور است. توسعه سلول می‌تواند تنها در زمانی که فشار تورگور بیش از آستانه دیواره سلولی است رخ دهد. تنش آبی توسعه سلولی و رشد گیاه را به علت فشار پائین تورگور متوقف می‌سازد (Makersie and Leshem, 1994). بنابراین با توجه به آثار ناشی از تنش آبی و شرایط کمبود آب چنین احتمالی وجود دارد که انجام محلول‌پاشی عنصر روی و تنظیم‌کننده رشد اکسین توانست با تحریک رشد و تقسیم سلولی دانه را به یک مخزن قوی مبدل ساخته و در نتیجه با پذیرفتن مواد فتوسنتزی بیشتر مقادیر



جدول ۴- خلاصه تجزیه واریانس برای عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد پروتئین و روغن دانه ذرت تحت تاثیر محلولپاشی با سطوح مختلف عنصر روی و تنظیم کننده رشد اکسین در شرایط کمبود آب

Table 4. Summary of analysis of variance for grain yield, yield components, grain protein and oil content in maize as affected by foliar application of different levels of Zn and Auxin in water deficit conditions

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	M.S. میانگین مربعات					
			عملکرد دانه Grain yield	تعداد ردیف دانه در بلال No. of grain/row	تعداد دانه در ردیف No. of grain row/cob	وزن هزار دانه 1000 grain weight	درصد پروتئین دانه Grain protein (%)	درصد روغن دانه Grain oil content (%)
Replication	تکرار	2	28522538.1**	14.37 <sup>ns</sup>	7.00 <sup>ns</sup>	217.98 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>
Soil water deficit (SW)	کمبود آب در خاک	2	94273475.2**	3.59 <sup>ns</sup>	4.79 <sup>ns</sup>	1224.4 <sup>ns</sup>	1.86**	5.52**
Error (a)	خطای (الف)	4	998467.2	7.37	5.44	213.2	0.041	0.088
Zinc spraying (Zn)	محلول پاشی عنصر روی	3	15584556.3**	10.81**	145.7**	2041.1**	0.85**	1.07**
SW × Zn	کمبود آب خاک × محلول پاشی عنصر روی	6	1733657.3**	5.37**	10.75**	563.8**	0.40**	1.08**
Auxin spraying (A)	محلول پاشی اکسین	2	13633454.9**	87.81**	349.8**	16073.2**	0.201*	0.19*
SW × A	کمبود آب خاک × محلول پاشی اکسین	4	465904.7 <sup>ns</sup>	3.48*	5.56*	442.3 <sup>ns</sup>	0.56**	1.11**
Zn × A	محلول پاشی عنصر روی × محلول پاشی اکسین	6	3950224.8**	4.7**	38.9**	494.1**	0.48**	0.43**
SW × Zn × A	کمبود آب خاک × محلول پاشی عنصر روی × محلول پاشی اکسین	12	573661.5 <sup>ns</sup>	0.81 <sup>ns</sup>	4.72*	206.0**	0.37**	0.97**
Error (b)	خطای (ب)	66	278021.1	1.06	2.003	27.92	0.043	0.05
C.V. (%)	ضریب تغییرات (%)		5.91	7.95	3.77	1.19	3.06	4.27

\* and \*\*: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ns: Non-significant

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: غیر معنی دار

تنش است. از سوی دیگر در شرایط کم آبی تشکیل مولکول‌های ساده‌تر خود به خود افزایش می‌یابد. بدین ترتیب تبدیل مواد فتوسنتزی عمدتاً به سوی ساخت پروتئین پیش می‌رود.

بدیهی است شدت و نحوه تأثیر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی بسیار نزدیکی با مرحله بروز این تنش دارد به نحوی که مواجه شدن گیاه با شرایط تنش در مرحله رویشی و در آستانه ظهور گل‌تاجی و کاکل‌دهی غالباً تعداد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر اساس جدول ۴ چنین مشاهده می‌گردد که اثر محلول‌پاشی عنصر روی و اثر متقابل محلول‌پاشی عنصر روی و کمبود آب در خاک برای کلیه صفات معنی‌دار بود. مطالعات متعددی نشان دادند که کمبود آب در زمان گرده‌افشانی درصد سقط‌جنین را افزایش داده و می‌تواند حتی تشکیل بذر در ذرت را کاملاً متوقف سازد (Westgate and Boyer, 1986; Schussler and Westgate, 1991; Boyle *et al.*, 1991). شوسلر و وستگیت (Schussler and Westgate, 1991) نیز نشان دادند که ممانعت از فتوسنتز در گیاهانی که طی یک دوره ۶ روزه در زمان گرده‌افشانی با کمبود آب مواجه بودند تشکیل دانه را بطور کامل متوقف ساخت. با توجه به نتایج این مطالعات چنین انتظار می‌رود که در سطوح کمبود آب، گیاه به سبب مواجه شدن با پتانسیل آب پایین در

ماده خشک بیشتری در آن ذخیره گردد. در رابطه با وزن هزار دانه نیز تیمارهای محلول‌پاشی سولفات و کلرات روی در ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده به ترتیب با میانگین ۲۹۷/۲ و ۲۹۴/۵ گرم میانگین بالایی را نشان دادند. با توجه به گزارش‌های متعدد عامل اصلی در جهت کاهش عملکرد دانه در ذرت به طور عمده ناشی از کاهش تعداد دانه در بلال است و وزن هزار دانه کمتر تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار می‌گیرد (Nesmith, 1991; Schussler and Westgate, 1991; Nesmith and Ritchie, 1992) که در این مطالعه نیز مشاهده گردید که اجزای عملکرد تحت تأثیر کمبود آب قرار نرفتند.

در خصوص دو صفت درصد پروتئین و درصد روغن دانه کلیه تیمارهای اعمال شده موثر بود. در این رابطه غیسی (Gheisi, 1988) اثر دوره‌های مختلف آبیاری را بر صفات کیفی ذرت دانه‌ای را غیر معنی‌دار گزارش نمود، اما از سوی دیگر علی و موافی (Ali and Mowafy, 2003) چنین گزارش نمودند که محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد و صفات کیفی گیاه بادام زمینی اثر مثبت داشتند. اصولاً تنش رطوبتی بطور کلی تعادل بین روغن و پروتئین و حتی هیدرات کربن (قند) را تغییر می‌دهد. در غلات، تنش آبی درصد پروتئین را افزایش و میزان روغن را کاهش می‌دهد که این پدیده به دلیل کاهش پتانسیل آب در شیره سلولی به منظور مقابله با

کلات نسبت به محلول پاشی با آب و عدم محلول پاشی در سطوح رطوبتی مربوطه خود گویای اثر مثبت آنها می باشد که ناشی از عدم محدودیت گیاه جهت سنتز و یا انتقال مواد فتوسنتزی به مقصد دانه است. واکنش درصد پروتئین دانه و درصد روغن دانه به عنوان دو صفت کیفی نسبت به اعمال تیمارهای محلول پاشی و در سطوح مختلف رطوبتی واکنشهای متفاوتی را نشان دادند، که در رابطه با بروز این تغییرات کیفی نسبت به شرایط کمبود آب در خاک پالسن (Paulsen, 1991) نیز به نتایج مشابهی دست یافت. پارديا و همکاران (Pardia et al., 2007) در بررسی برخی صفات کیفی و از جمله پروتئین در گیاه پنبه کاهش سطح این عوامل را در واکنش به یک دوره کوتاه مدت تنش خشکی گزارش کرد. هر چند واکنش ژنوتیپ های متحمل و حساس به کمبود آب در این رابطه بسیار متفاوت و متغیر بود.

اثر متقابل سطوح کمبود آب × محلول پاشی اکسین عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار نداد ولی بر روی اجزای عملکرد موثر بود و بیشتر وزن هزار دانه را تحت تاثیر قرار داد، ولی میزان تغییرات اجزای عملکرد به اندازه ای نبود که موجب تغییرات معنی دار عملکرد دانه گردد (جدول ۶). در رابطه با این تیمار نکته قابل ذکر اثر متفاوت آن بر روی درصد پروتئین و روغن دانه است، که در این خصوص تیمار محلول پاشی با آب در

خود قادر نباشد به پتانسیل واقعی تشکیل دانه در بلال دست یابد که این وضعیت در تیمار عدم محلول پاشی مشاهده شد (جدول ۵). اما محلول پاشی با سولفات روی و کلات روی توانست مانع افت تعداد دانه در بلال گردد که این مسئله احتمالاً ناشی از دستیابی بهینه گیاه به منابع آبی خاک و آن هم از طریق تقویت نظام ریشه ای گیاه بوده که اثر کمبود آب خاک را در گیاه تعدیل نمود.

کلیه صفات نسبت به اثر متقابل سطوح کمبود آب × محلول پاشی عنصر روی واکنش معنی داری نشان دادند، که در خصوص عملکرد دانه اثر مثبت محلول پاشی سولفات و کلات روی در دو سطح رطوبتی ۵۰ و ۶۰ درصد قابل مشاهده بود، لیکن در سطح رطوبتی ۷۰ درصد چنین وضعیتی وجود ندارد. اجزای عملکرد دانه نیز نسبت به این تیمار واکنش تقریباً مشابهی را نشان دادند. البته روند تغییرات درصد پروتئین و روغن دانه در تیمار سطوح کمبود آب × محلول پاشی عنصر روی تا حدودی متفاوت بوده و بویژه در رابطه با درصد روغن دانه اختلاف بین تیمارها را بیشتر نمودار ساخت که این نکته با یافته های غیسی (Gheisi, 1988) تا حدود زیادی مطابقت دارد. وی چنین بیان نمود که در غلات، تنش آبی، درصد پروتئین را غالباً افزایش و میزان روغن را کاهش میدهد که این پدیده به دلیل کاهش پتانسیل آب در شیره سلولی به منظور مقابله با تنش است. محلول پاشی عنصر روی به هر دو شکل سولفات و

جدول ۵- مقایسه میانگین برای برخی از صفات ذرت تحت اثر متقابل کمبود آب × محلول پاشی عنصر روی

Table 5. Mean comparison for some characteristics of maize as affected by water deficit × zinc spraying

سطوح کمبود آب در خاک	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در هر ردیف	وزن هزار دانه (گرم)	پروتئین دانه (%)	روغن دانه (%)		
Water deficit levels	Grain yield (kg/ha)	No. of Grain Row Per Cob	No. of Grain per Row	1000 Grain weight (g)	Grain protein content (%)	Grain oil content (%)		
50%	Zinc Sulphate	سولفات روی	10930a	14.22ab	40.89a	297.2a	7.25a	6.22a
	Zinc EDTA	کلات روی	10750a	13.33abc	38.22cd	294.5a	6.87bc	5.14fg
	Water Spraying	آب	9762b	12.22cd	37.56d	266.2de	7.06b	5.51bcd
	No. Spraying	بدون محلول پاشی	9100c	11.56d	35.11e	276.6c	6.72cde	5.18efg
60%	Zinc Sulphate	سولفات روی	10510a	14.22a	40.44ab	286.0b	7.02b	5.70bc
	Zinc EDTA	کلات روی	10450a	13.78ab	40.0abc	284.2b	6.88bc	5.81b
	Water Spraying	آب	8987c	13.11abc	35.11e	264.4e	6.56de	5.44cde
	No. Spraying	بدون محلول پاشی	8215d	12.0cd	34.44e	267.4de	6.65cde	5.34def
70%	Zinc Sulphate	سولفات روی	7298e	12.44bcd	38.89bcd	272.6cd	6.59de	4.68h
	Zinc EDTA	کلات روی	7271e	12.44bcd	38.0d	271.0cde	6.51de	4.99g
	Water Spraying	آب	7149e	12.89bcd	37.11d	269.4cde	6.79bcd	5.16efg
	No. Spraying	بدون محلول پاشی	6615e	12.89bcd	34.89e	276.3c	6.47e	4.65h

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۶- مقایسه میانگین برخی از صفات ذرت تحت اثر متقابل کمبود آب × محلول پاشی اکسین (IBA)

Table 6. Mean comparison of some characteristics in maize as affected by water deficit × auxin spraying

سطوح کمبود آب در خاک			تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در هر ردیف	وزن هزار دانه	پروتئین دانه (%)	روغن دانه (%)
Water deficit levels		اکسین	No. of grain Row Per Cob	No. of grain per Row	1000 grain weight (g)	Grain protein content (%)	Grain oil content (%)
		Auxin					
50%	Auxin Spraying	محلول پاشی اکسین	15.00a	40.83a	304.7a	6.798bc	5.276c
	No auxin Spraying	عدم محلول پاشی	11.67c	37.83b	291.9bc	7.026b	5.457bc
	Water spraying	محلول پاشی با آب	11.83c	35.17c	254.3f	7.302a	5.801a
60%	Auxin Spraying	محلول پاشی اکسین	15.33a	41.33a	295.0b	6.679c	5.396bc
	No auxin Spraying	عدم محلول پاشی	12.33c	37.5b	279.7d	6.964b	5.577ab
	Water spraying	محلول پاشی با آب	12.17c	33.67d	251.8f	6.694c	5.745a
70%	Auxin Spraying	محلول پاشی اکسین	13.83b	40.17a	288.3c	6.702c	5.225c
	No auxin Spraying	عدم محلول پاشی	11.67c	36.67b	271.9e	6.638cd	4.729d
	Water spraying	محلول پاشی با آب	12.50c	34.83c	256.8f	6.427d	4.643d

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۷- مقایسه میانگین برخی از صفات ذرت تحت اثر متقابل محلولپاشی عنصر روی × اکسین  
Table 7. Mean comparison of some characteristics in maize as affected by zinc × auxin spraying

Zinc	روی	Auxin	اکسین	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)	تعداد ردیف دانه در بلال No. of grain Row Per Cob	تعداد دانه در هر ردیف No. of grain per Row	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	پروتئین دانه (%) Grain protein content (%)	روغن دانه (%) Grain oil content (%)
Zinc Sulphate	سولفات روی	Auxin Spraying	محلول پاشی اکسین	10650a	16.00a	44.44a	309.8a	7.34a	5.68a
		No auxin Spraying	عدم محلول پاشی	9805b	12.67bcd	41.33b	292.4b	6.93bc	5.53ab
		Water spraying	محلول پاشی با آب	8280de	12.22cde	34.44ef	253.6e	6.85bcd	5.39ab
Zinc EDTA	کلات روی	Auxin Spraying	محلول پاشی اکسین	10300ab	15.56a	42.89ab	306.5a	6.85d	5.26bc
		No auxin Spraying	عدم محلول پاشی	9880b	12.22cde	38.67c	286.7b	6.59bcd	5.23bc
		Water spraying	محلول پاشی با آب	8290de	11.78de	34.67ef	256.5e	6.82bcd	5.43ab
Water spraying	محلول پاشی با آب	Auxin Spraying	محلول پاشی اکسین	9095c	14.00b	39.11c	279.6c	6.67cd	5.21bc
		No auxin Spraying	عدم محلول پاشی	8504cd	11.78de	36.22de	266.8d	6.98b	5.53ab
		Water spraying	محلول پاشی با آب	8299de	12.44cd	34.44ef	253.7e	6.77bcd	5.38ab
No. Spraying	بدون محلول پاشی	Auxin Spraying	محلول پاشی اکسین	8004de	13.33bc	36.67d	288.1b	6.31e	5.05c
		No auxin Spraying	عدم محلول پاشی	7660e	10.89e	33.11f	278.7c	6.74bcd	4.73d
		Water spraying	محلول پاشی با آب	8267de	12.22cde	34.67ef	253.5e	6.78bcd	5.38ab

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

اولیه نمو دانه، ظرفیت مخزن دانه را با کاهش تعداد سلول‌های اندوسپرم و آمیلوپلاست‌های تشکیل شده مواجه می‌سازد. البته عوامل کنترل‌کننده این آثار به خوبی مشخص نشده‌اند هرچند ممکن است هورمون‌ها در آن دخیل باشند. کمبود آب در طی هر مرحله از نمو دانه موجب توقف رشد قبل از بلوغ دانه شد.

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که محلول پاشی سولفات و کلات روی بویژه در دوسطح ۵۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک نتایج سودمندی داشت. ولی اثر محلول پاشی تنظیم‌کننده اکسین در شرایط مختلف رطوبتی بسیار متغیر بود. با بررسی جداگانه اثر محلول پاشی عنصر روی و اکسین در هر یک از سطوح رطوبتی عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم محلول پاشی افزایش یافت. اثر مثبت محلول پاشی در سطح ۶۰ درصد تخلیه رطوبت خاک (کمبود آب متوسط) درمقایسه با ۵۰ درصد مشهود بود، ولی در سطح کمبود آب شدید ۷۰ درصد افت عملکرد دانه جبران نگردید.

#### References

- Ali, A. A. G., and Mowafy, S. A. E. 2003. Effect of different levels of potassium and phosphorus fertilizers with foliar application of zinc and boron on peanut in sandy soils. Zagazig Journal of Agricultural Research 30: 335-358.
- Alizadeh, A. 2004. Soil, Water, Plant Relationship. Emam Reza University. 470 pp.
- Bjorkman, O., and Powles, S. B. 1984. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: interaction with light level. Planta 161: 490-504.
- Boyle. M. G., Boyer, J. S., and Morgan, P. W. 1991. Stem infusion of liquid culture

سطح ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی برای درصد پروتئین و روغن دانه به ترتیب با ۷/۳۰ و ۵/۸۰ درصد بالاترین میانگین را داشت. به عبارت دیگر اعمال محلول پاشی اکسین به نوعی اثر نسبتاً منفی بر روی افزایش این دو صفت کیفی داشت.

اثر متقابل سطوح محلول پاشی روی  $\times$  اکسین بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بطوریکه مصرف توأم روی و اکسین موجب افزایش عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد پروتئین و روغن دانه گردید (جدول ۷)

در خصوص درصد پروتئین و روغن دانه نیز تغییرات از روند کاملاً مشخص و یکسانی پیروی نکرد که این نتایج با یافته‌های غیثی (Gheisi, 1988) مطابقت دارد. وی افزایش درصد پروتئین و کاهش درصد روغن را گزارش کرد و نشان داد که بروز شرایط کمبود آب تعادل بین این صفات کیفی و حتی هیدرات کربن (قند) را دچار تغییر می‌سازد. ساینی و وستگیت (Saini and Westgate, 2001) چنین بیان نمودند که تنش رطوبتی در طی مراحل

medium prevents reproductive failure of maize at low water potential. *Crop Science* 31: 1246-1252.

- Bradford, K. J. and Hsiao, T. C. 1982.** Physiological response to moderate water stress. In: *Physiological Plant Ecology. II. Water relations and carbon assimilation.* Pp. 263-324. *Encyclopedia Plant Physiques*, Vol. 12.3. Lang O. L., Nobel, P. S., Osmond, C. B and Zeigler, Z. (eds.) Springer Verlag, Berlin and New-York.
- Chaves, M. M. 1991.** Effect of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany* 42: 1-16.
- Cornic, G., and Briantais, J. M. 1991.** Partitioning of photosynthetic electron flow between Co<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> reduction in a C<sub>3</sub> leaf (*phaseolus vulgaris*) at different Co<sub>2</sub> concentrations and during drought stress. *Planta* 183: 178-184.
- Darwish, D. S., El – Gharreib, M., El- Hawary, A., and Rafft, O. A. 2002.** Effect of some macro and micronutrients application on peanut production in a saline soil in El-Fayium governorate. *Egyptian Journal of Agronomy* 17: 17-32.
- Devlin, R. M., and Withan, F. H. 1983.** *Plant physiology.* 4<sup>th</sup> Ed. Wadsworth Publishing Company. A division of wadsworth. Inc. Belmont, California.
- Hay, R. K. M. and Walker, A. J. 1989.** *An introduction to the physiology of crop yield.* Longman Sciencetific and Technical.
- Gadallah , M. A. A. 2000.** Effect of indole-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. *Journal of Arid Environment* 44: 451-467.
- Gheisi, J. 1988.** A summary of research results on maize in Fars area. Technical report . Soil and Water Research Institute, Iran. No. 757 . 35 pp. (in Farsi )
- Hamantaranjan, A. 1996.** Physiology of biochemical significance of zinc in plants. In: *Advancement in Micronutrient Research.* Hemantaranjan, A. (ed.). Pp. 151-178.
- Hanway, J. J. 1971.** How a corn plant develops. Iowa Cooperation and Extension Services Special Report 48. Scientific Publishers, Joudhpur, Rajasthan, India.
- Haslett, B. S. , Reid, R. J. and Rengel, Z. 2001.** Zinc mobility in wheat : Uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. *Annals of Botany* 87: 379-386.
- Kramer, P. J. 1983.** *Plant water relations.* Academic Press, New York.
- Lawlor, D. W. 1995.** The effects of water deficits on photosynthesis. In: N. Smirnoff (ed.). *Environment and plant metabolism: flexibility and acclimation.* BIOS



Scientific Publishers Limited. Oxford, UK.

- Malakouti, M. J. and Tehrani, M. M. 2001.** Effects of micronutrients on the yield and quality of agricultural products. Micro- nutrients with macro- nutrients. (2<sup>nd</sup> edition). Tarbiat Modarres University Press 43. 299 pp.
- Malakouti, M. J. 1997.** Sustainable agriculture and yield increasing with fertilizer optimizing in Iran. Nashr-e-Amozesh Keshavarzi, Karaj, Iran.
- Malewar, G. U., Indulkar, B. S., and Talankhar, V. G. 1993.** Root characteristics and yield attributes as influenced by Zinc levels and groundnut varieties, Annals of Agricultural Research 14: 478-481.
- Mamnouie, E., Fotohi Ghazvini, R., Esfahany, M., and Nakhoda, B. 2006.** The effects of water deficit on crop yield and the physiological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L. ) varieties. Journal of Agricultural Science and Technology 8: 211- 219
- Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press. 889 pp.
- Mckersie, B. D., and Leshem, Y. Y. 1994.** Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Murray, D. R. 1989.** Biology of food irradiation . Research Studies Press , U.K.
- Nesmith, D. S. 1991.** Growth responses of corn (*Zea mays* L.) to intermittent soil water deficits . Field Crops Abstracts.
- Nesmith, D. S., and Ritchie, J. T. 1992.** Short and long term response of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal 84 : 107-113
- Norwood, C. A. 2000.** Water use and yield of limited – irrigated and dryland corn. Soil Science Society of America Journal 64 : 365 – 370.
- Pardia, A. K, Dagaonkar, V. S., Phalak, M. S., Umalkar, S. V., and Aurangabadkar, L. P. 2007.** Alteration in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short – term drought stress followed by recovery. Plant Biotechnol Report 1: 37-48.
- Paulsen, J. 1991.** Relationship among maize quality factors. Cereal Chemistry 68 (6): 602-605
- Prasad, A. S. 1984.** Discovery and importance of zinc in human nutrition. Feed Processing 43: 2829-2834.

- Quattar, S., Jones, R. J., and Crookston, P. K. 1987.** Effect of water deficit during grain filling on pattern of maize kernel growth and development. *Crop Science* 27: 726-730.
- Rashid, A., and Ryan, J. 2004.** Micronutrient constraints to crop production in soils with mediterranean- type characteristics : Review of *Journal of Plant Nutrition* 27 (6): 959-975.
- Saini, H. S., and Westgate, M. E. 2001.** Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy* 68: 60-95
- Salvador, R. J., and Pearce, R. B. 1995.** Proposed standard system of nomenclature for maize grain filling events and concepts. *Maydica* 40: 141-146.
- Schussler, J. R., and M. E. Westgate. 1991.** Maize kernel set at low water potential : I. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. *Crop Science* 31: 1196-1203.
- Sitbone, F., and Parrot-Rechenmann, C. 1997.** Expression of auxin-regulated genes. *Physiologia Plantarum* 100: 443-455.
- Thalooth, A. T., Badr, N. M., and Mohamed, M. H. 2005.** Effect of foliar spraying with Zn and different levels of phosphatic fertilizer on growth and yield of sunflower plants grown under saline conditions. *Egyptian Journal of Agronomy* 27: 11-22.
- Tomar, R. A. S., Kushwaha, H. S., and Tomar, S. P. S. 1990.** Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties to phosphorus and zinc under rainfed conditions. *Indian Journal of Agronomy* 35: 391-394.
- Tripathy, S. K., Patra, A. K., and Samu, S. C. 1999.** Effect of micro-nutrients on nodulation, growth, yield and nutrient uptake by groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Indian Journal of Plant Physiology* 4: 207-209.
- Welch, R. M., Allaway, W. M., House, W. A., and Kubota, J. 1991.** Geographic distribution of trace elements problems. Pp. 31-57. In: Mortvedet J. J. (ed.) *Micronutrients in Agriculture*. 2<sup>nd</sup> ed. Soil Science Society of America, Wisconsin, USA.
- Westgate, M. E., and Boyer, J. S. 1986.** Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Science* 26: 951-956.