

اثر مصرف سایکوسل و محلولپاشی روی بر میزان پروتئین ذرت دانه ای و کارائی مصرف آب در شرایط کمبود آب

احسان عباسپور*، دانشجوی کارشناسی ارشدزراعت - دانشگاه آزاداسلامی واحد دامغان، ایران
جعفرمسعود سینکی، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاداسلامی واحد دامغان، ایران
زرین تاج علیپور، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاداسلامی واحد دامغان، ایران
سکینه سعیدی سار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاداسلامی واحد دامغان، ایران

چکیده

به منظور مطالعه اثرات وقوع تنش خشکی بر ذرت دانه ای این آزمایش به صورت کرت های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی شهرستان سمنان اجرا گردید. عامل اصلی شامل آبیاری در سه سطح، آبیاری کامل، قطع آب در مرحله ظهورگل نر و دانه بندی در کرت های اصلی و تیمار سایکوسل در سه سطح، بدون مصرف سایکوسل، مصرف سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در کرت های فرعی و تیمار سولفات روی در سه سطح بدون محلولپاشی، محلولپاشی سولفات روی با غلظت ۳ و ۵ در هزار به عنوان کرت های فرعی فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد تاثیر قطع آبیاری بر مقدار پروتئین دانه و میزان فسفر، پتاس، روی، مس و آهن در برگ و کارایی مصرف آب دارای تاثیر معنی دار بود. به طوری که با افزایش تنش، میزان پروتئین دانه و کارایی مصرف آب افزایش و مقدار غلظت عناصر فسفر، پتاس، روی، آهن و مس کاهش یافت. همچنین مصرف سایکوسل در شرایط تنش به جز پتاس و فسفر سایر شاخص به ویژه پروتئین دانه و کارائی مصرف آب را افزایش داد. محلول پاشی سولفات روی مقدار آهن برگ را کاهش و پروتئین دانه و کارائی مصرف آب و میزان غلظت عناصر فسفر، پتاس، روی و مس در برگ ذرت را در شرایط تنش افزایش داد.

واژه های کلیدی: تنش آبی، سایکوسل، پروتئین دانه، کارائی مصرف آب، ذرت دانه ای، عناصر اصلی

* نویسنده مسئول: E-mail: Ehabasy41@gmail.com

مقدمه

ذرت (*Zea mays L.*) گیاهی یکساله از تیره غلات است که به دامنه وسیعی از شرایط اکولوژیکی سازگار می باشد. ذرت همراه با گندم و برنج سه فراورده راهبردی (استراتژیک) کشاورزی جهان محسوب می شوند. این دانه ارزشمند علاوه بر مصرف خوراک دام و ماکیان، برای تولید روغن خوراکی، نشاسته و گلوکز و چند فراورده دیگر مورد استفاده قرار می گیرد (۱۱). سطح زیر کشت سال ۲۰۱۰-۲۰۰۹ آن بالغ بر ۲۱۴ میلیون هکتار و تولید آن ۷۹۲ میلیون تن بود که کشورهای آمریکا، چین، برزیل، مکزیک و هند بترتیب صاحب بیشترین تولید و فروش این محصول در دنیا هستند (۵).

پروتئین موجود در دانه به عوامل مختلفی از جمله محیط، نوع گیاه و شرایط کشت و زراعت بستگی دارد و بین ۸ تا ۱۵٪ متغیر است. پروتئین عمده ذرت زئین می باشد که دارای اسید آمینه تریپتوفان و لیسین است که نقش مهمی در تغذیه انسان ایفا می کنند. پروتئین ذرت گلوتن نداشته و نمی تواند حالت چسبنده به وجود آورد. بنابراین، نان حاصل از آن از خمیری تهیه می شود که ورنیامده است. میزان روغن دانه ذرت، ۴٪ بوده که بیشتر در گیاهک قرار دارد (۱۱). با توجه به شرایط ویژه کشور افزایش عملکرد محصولات زراعی از طریق بهبود بهره‌وری در واحد سطح از ضرورت هایی است که یکی از طرق آن افزایش تحمل گیاهان به عوامل نامساعد محیطی و افزایش مقاومت آنها در شرایط کم آبی و تنش خشکی است (۱۳). خشکی و تنش ناشی از آن مهمترین و رایج ترین تنش محیطی است که تولید گیاهان زراعی را در جهان به ویژه در مناطق نیمه خشک با محدودیت مواجه کرده است (۲۲).

ذرت از لحاظ کارایی مصرف آب در مقایسه با گیاهان زراعی چهار کربنه بیشترین حساسیت را به تنش های محیطی دارد (۹). با توجه به اینکه بیش از نیمی از اراضی قابل کشت در ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند و طی سالیان اخیر وقوع خشکسالی های پیاپی و کاهش نزولات در اکثر حوزه های جغرافیایی به دامنه این خشکی ها افزوده است. شناسایی و گزینش شیوه هایی که بتوان به کمک آنها تحمل به شرایط تنش را در مراحل رشد و گلدهی افزایش و حداقل تاثیر را بر عملکرد بگذارد، از اهمیت بالایی برخوردار است (۲). کاربرد بازدارنده های رشد و یا عناصر غذایی که بتواند در زنجیره تولید مواد کاهش دهنده فتوسنتز اختلال ایجاد و عملکرد اقتصادی را سبب شود، در شرایط نامساعد محیطی حائز اهمیت است (۲۵). تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه های مختلف رشد گیاه تاثیر دارد. مقدار این تاثیر به شدت و زمان وقوع تنش هم بستگی دارد (۴). بروز تنش خشکی در ذرت راندمان استفاده از آب را نسبت به شاهد افزایش داد. وقوع این تنش در مرحله رویشی بیشترین راندمان استفاده از آب را دارد. علت این امر می تواند تلفات ناشی از تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی بیشتر آب در آبیاری کامل باشد (۱).

بسیاری از محققان به افزایش میزان پروتئین ذرت در شرایط تنش در بررسی خود دست یافتند آنها در گزارش خود (۳) دلیل آن را تاثیر تنش بویژه در دوره پر شدن دانه و کاهش ذخیره نشاسته به دلیل کاهش فراوانی انزیم های سنتز نشاسته و به هم خوردن نسبت پروتئین به نشاسته دانستند که می تواند باعث افزایش میزان پروتئین در واحد حجم گردد (هم ۱۹).

متقی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند تنش خشکی در دوره پر شدن دانه در رقم حساس گندم موجب افزایش میزان پروتئین دانه گردید آنها دلیل این اتفاق را بهم خوردن تعادل نشاسته به پروتئین و افزایش پروتئین را وابسته به کاهش میزان نشاسته در اثر تنش خشکی قید کردند.

رفیعی (۱۳۸۱) در بررسی اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه ای در خرم آباد چنین گزارش می نماید که تنش کمبود آب موجب کاهش معنی داری در صفات مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک و همچنین غلظت فسفر، روی، آهن، منگنز و مس در برگ پرچم گردید. کاظم پور و تاجبخش (۱۳۸۱) در بررسی بعضی تاثیر مواد ضد تعرق بر اجزای عملکرد ذرت گزارش دادند که مصرف این مواد بر تعداد دانه در بلال و در نتیجه عملکرد تاثیر داشتند. مصرف مواد ضد تعرق کارایی مصرف آب را افزایش می دهد و این موضوع به خصوص در شرایط تنش خشکی بیشتر صادق است. مصرف سایکوسل در شرایط تنش باعث افزایش قطر ساقه، طول و قطر بلال، وزن چوب بلال، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت نسبت به عدم مصرف آن در ارقام ذرت می گردد (۶). یکی از وظایف روی در گیاه سنتز پروتئین است. در اثر کمبود روی تشکیل پروتئین ها از اسیدهای آمینه کاهش یافته و غلظت اسیدهای آمینه و آمیدی افزایش و پروتئین دانه کاهش می یابد. روی در سیستم های آنزیمی نقش کاتالیزوری، فعال کننده یا ساختمانی دارد (۲۰). زند و همکاران (۱۳۸۸) بیان داشتند مصرف توأم روی و اکسین موجب افزایش عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد پروتئین و روغن دانه ذرت گردید و همچنین کمبود آب در طی هر مرحله از نمو دانه موجب توقف رشد قبل از بلوغ دانه شد. زلاتیمیرا و دانچیوا (۲۰۰۲) در بررسی تاثیر محلول پاشی روی (Zn) بر جذب سایر عناصر در نخود دریافتند که افزایش غلظت مصرف روی بر افزایش غلظت کلسیم و ازت در ساقه و برگ کاهش غلظت کلسیم و فسفر و منیزیم در ریشه موثر بود. تنش آب یک اثر تحریک کنندگی بر مقادیر پرولین و پروتئین خام داشت. همچنین مشخص شد که محلول پاشی عناصر روی، پتاس و منیزیم اثر مثبتی بر روی پارامترهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد داشت اما اثرات عنصر پتاس مهمتر از دو عنصر دیگر بود (۲۶).

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی سمنان با موقعیت جغرافیایی طول ۵۳،۲۸،۴۰ و عرض ۳۵، ۳۵، ۵۵ و ارتفاع ۱۰۲۳ متر از سطح دریا انجام شد. قبل از کشت از خاک و آب

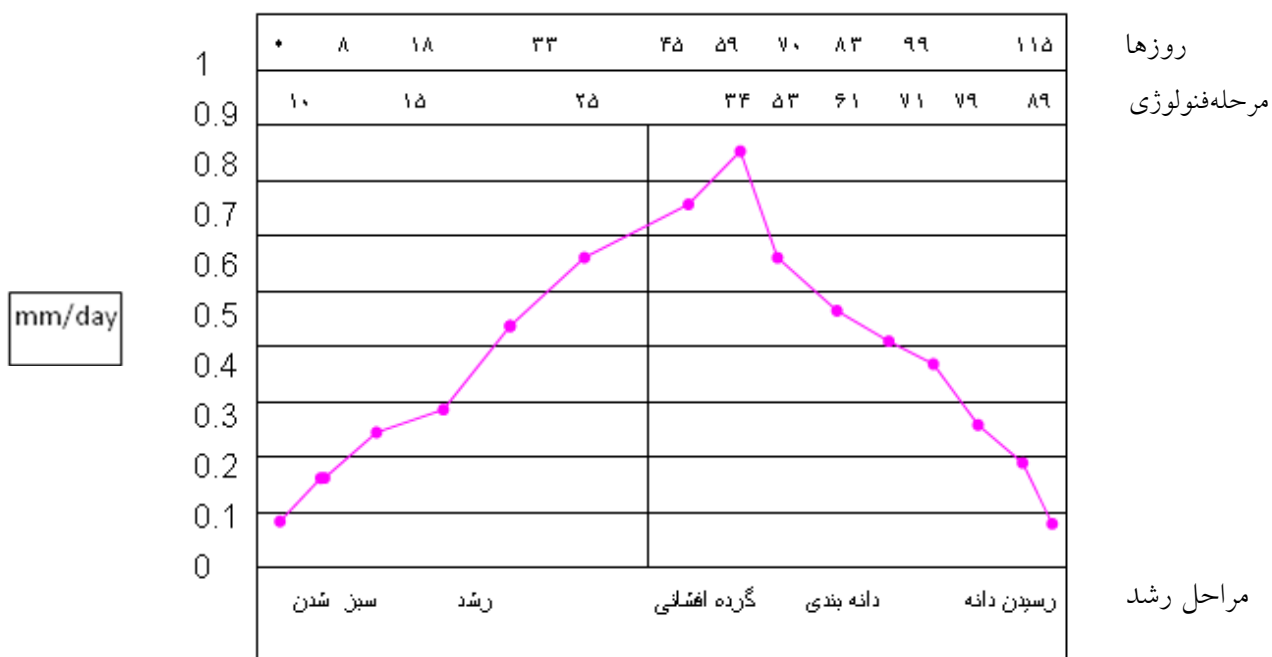
مزرعه نمونه برداری و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت (جدول های ۱ و ۲). با آماده سازی زمین، کشت ذرت هیبرید میانرس NS 540 در تاریخ ۲۵ تیرماه به صورت دستی و بر روی پشته فاروها انجام شد. طرح آزمایشی این مطالعه در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و آزمایش کرت های دوبارخردشده، با تیمار اصلی آبیاری و قطع آن در سه سطح آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله ظهور گل نر و قطع آبیاری در مرحله دانه بندی و مصرف تنظیم کننده رشد کلرموکوات کلراید (سایکوسل) در سه سطح، صفر و ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم به عنوان تیمار فرعی و محلول پاشی روی (ZN) از منبع سولفات روی در سه سطح و با غلظت های صفر، ۳ و ۵ در هزار به عنوان تیمار فرعی اجرا شد.

هر کرت شامل ۶ ردیف کشت (پشته) بافاصله ۷۰ سانتی مترو در مجموع ۴/۵ متر عرض و در طول ۵ متر و تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار کشت شد. زمان آبیاری با استفاده از طشت تبخیر کلاس A و ۷۰ میلی متر تبخیر از سطح آب، تعیین گردید. هنگامی که نخستین گل های نر در حال ظهور بود اولین قطع آبیاری در کرت های آزمایشی اعمال گردید. دومین قطع آبیاری در هشتمین مرحله آبیاری و ۸۳ روز پس از کشت و در مرحله شکل گیری دانه ها کرت ها اعمال شد (نمودار ۱ عملیات زراعی). در بقیه کرت ها آبیاری کامل در مرحله هشتم و نهم صورت گرفت.

برای آبیاری کرت ها، مقدار آب مورد نیاز با استفاده از اندازه گیری رطوبت خاک با دستگاه T.D.R و محاسبه میزان آب مورد نیاز گیاه در هر مرحله رشد از طریق نمودار نیاز آبی (نمودار ۱) صوت گرفت و آب هر کرت از طریق کنتور حجمی تامین شد (۲).

اندازه گیری پروتئین دانه به روش استاندارد بیوره انجام شد. برای اندازه گیری پتاسیم (K) از دستگاه فلیم فتومتر مدل Sherwood-410 استفاده شد که اساس کار این دستگاه بر اساس فرایند نشر اتمی می باشد (۹). برای تعیین درصد فسفر در نمونه گیاهی از روش هضم دربالن ژوژه با اسیدسولفوریک، اسیدسالیسیک، آب اکسیژنه استفاده شد (روش Kietson and Melbo-1944). پس از تهیه عصاره باروش نورسنجی (رنگ زردانادات مولیبدات) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل uv-120-01 میزان فسفر گیاه اندازه گیری شد. برای تعیین غلظت عناصر کم مصرف در برگ، با تهیه عصاره از نمونه های گیاهی، از روش هضم از طریق سوزاندن خشک و ترکیب HCl استفاده شد.

اندازه گیری عناصر روی، آهن و مس با روش جذب اتمی شعله ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل GBCA venta, var.1.31 انجام شد (۸). نتایج با استفاده از نرم افزار MSTAT-C وازمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



تاریخ آبیاری ۳۰ مهر ۱۸ مهر ۴ مهر ۱۶ شهریور ۲۷ مرداد ۱۲ مرداد ۲ مرداد ۲۵ تیر

شکل ۱- میزان مصرف روزانه آب در ذرت دانه ای (روز/ میلیمتر)

جدول ۱: خصوصیات خاک

عمق	کل اشباع <i>ph</i>	<i>EC ds/m</i>	شونده یا اسید	مواد خشتی	کربن آلی ۰.۰۵٪	بافت خاک	<i>N % total</i>	<i>p(avj) ppm</i>	<i>K ppm</i>	<i>Fe ppm</i>	<i>Zn ppm</i>	<i>Cu ppm</i>	<i>sand %</i>	<i>silt %</i>	<i>clay %</i>
۰-۳۰	۷/۷	۷/۰۵۸	۲۳/۸۸	۰/۴۱	<i>sandy loam</i>	۰/۰۴	۸/۴	۲۲۴/۶	۲۲/۶	۱/۶۸	۰/۴۸	۵/۹	۵۴	۲۸	۱۸

نتایج و بحث

پروتئین

تجزیه واریانس نشان می‌دهد مقدار پروتئین دانه در سطح ۱٪ تحت تاثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی سایکوسل و محلول‌پاشی روی هر یک بطور مستقل و نیز اثرات متقابل قطع آبیاری و محلول‌پاشی روی قرار گرفت (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی روی بر مقدار پروتئین دانه تیمار محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۵ در هزار در شرایط تنش شدید دارای

برتری بر بقیه تیمارها است. مصرف این مقدار روی در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید) با عملکرد ۹/۶۹٪ برترین تیمار بود. براساس جدول کمترین پروتئین از تیمار آبیاری کامل و عدم مصرف سولفات روی به دست آمد (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثرات متقابل مصرف سایکوسل و محلول پاشی روی بر محتویات پروتئین دانه نشان می دهد با افزایش غلظت مصرف هر دو ماده در شرایط تنش میزان پروتئین دانه افزایش یافت طوری که تیمار مصرف سایکوسل با غلظت ۳۰۰۰ قسمت در میلیون و محلول پاشی روی با غلظت ۵ در هزار با مقدار ۹/۸۶٪ دارای برتری نسبی نسبت به سایر تیمارها بود و کمترین مقدار در تیمار مصرف سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون و بدون محلول پاشی روی با مقدار ۷/۸۷٪ پروتئین بدست آمد. سنتز پروتئین یکی از اصلی ترین عوامل رشد سلولها محسوب می شود. تنش خشکی به میزان زیاد موجب نقصان سنتز پروتئین در گیاه می گردد. نتایج به دست آمده از این آزمایش با یافته های بلوم و همکاران (۲۰۰۶)، متقی و همکاران (۱۳۸۸) و زند و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد. بسیاری از این محققان به افزایش میزان پروتئین در شرایط تنش در بررسی خود دست یافتند آنها در گزارشات خود تاثیر تنش به ویژه در دوره پر شدن دانه، کاهش ذخیره نشاسته (به دلیل کاهش فراوانی انزیم های سنتز نشاسته) و به هم خوردن نسبت پروتئین به نشاسته را باعث افزایش میزان پروتئین در واحد حجم اعلام کردند (۳). همبستگی مثبت و معنی داری بین درصد پروتئین دانه و محتویات پتاسیم، روی و مس در برگ و اندام هوایی گیاه برقرار است.

جدول ۵ همبستگی ساده بین پروتئین دانه و محتویات پتاسیم برگ با مقدار $r = 0.552$ را نشان می دهد. این یافته نشانگر تاثیر افزایش پتاسیم برگ بر افزایش پروتئین دانه و نقش پتاسیم در سنتز پروتئین است.

فسفر

تجزیه واریانس مقدار فسفر برگ در آزمایش انجام شده تحت تاثیر قطع آبیاری و مصرف سایکوسل و محلول پاشی روی بطور جداگانه در سطح ۰/۵٪ قرار گرفت (جدول ۳). همچنین اثرات دو گانه و سه گانه نیز در سطح ۱٪ معنی دار شد. جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه قطع آبیاری در مصرف سایکوسل در محلول پاشی روی نشان می دهد که تیمار آبیاری کامل و بدون مصرف سایکوسل و محلول پاشی سولفات روی با غلظت ۳ در هزار با مقدار ۰/۴۶۱ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک برگ بر سایر تیمارها برتری دارد (جدول ۴). با قطع آبیاری و اعمال تنش از مقدار فسفر برگ کاسته شد. محلول پاشی سولفات روی و مصرف سایکوسل در شرایط تنش از کاستن فسفر برگ تا حدودی جلوگیری نمود ولی نتوانست به مقدار تجمع فسفر در برگ در شرایط آبیاری کامل برسد. کمترین مقدار تجمع فسفر برگ در تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه بندی و بدون مصرف سایکوسل و بدون محلول پاشی روی دیده می شود. تجمع فسفر در برگ ذرت با تنش خشکی ارتباط معکوس دارد و با شدت یافتن تنش از غلظت

فسفر در برگ کاسته می گردد. پژوهش (رفیعی، ۱۳۸۳) همین نتیجه را تأیید می کند. او علت کاهش تجمع فسفر در برگ را ناشی از تخصیص مواد بیشتر به دانه در شرایط تنش بیان می کند.

جدول ۳: تجزیه واریانس، میزان پروتئین و برخی عناصر مهم و کارایی مصرف آب در گیاه ذرت

مس	میانگین مربعات					پروتئین	۳ د ف ت ۳	منابع تغییرات
	آهن	روی	پتاسیم	فسفر	کارایی مصرف آب			
۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۷	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۸۲	۲	تکرار
**۰/۰۰۱	**۰/۲۶۳	*۰/۲۱	*۰/۴۳۴	*۰/۰۰۰۱	**۰/۲۰۵	۱/۳۵۹*	۲	آبیاری
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۵۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۴۱۶	۴	خطا
**۰/۰۰۱	**۰/۲۸۵	*۰/۱۰۷	۰/۰۴۱ ^{ns}	*۰/۰۰۲	**۰/۰۳۱	**۱۲/۳۵۷	۲	سایکوسل
**۰/۰۰۱	**۰/۲۱۰	**۰/۰۴۶	۰/۱۲۰ ^{ns}	*۰/۰۰۶	**۰/۰۳۷	۱/۹۶۷ ^{ns}	۴	آبیاری × سایکوسل
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۱۲۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۲۲۶	۱۲	خطا
*۰/۰۰۱	۰/۰۰۲ ^{ns}	**۰/۵۷۲	**۰/۱۵۸	**۰/۰۰۱	**۰/۰۲۱	**۹/۸۹۱	۲	روی
**۰/۰۰۱	**۰/۲۳۲	**۰/۰۳۶	۰/۰۶۰ ^{ns}	**۰/۰۰۱	**۰/۰۱۱	*۰/۳۹۶	۴	آبیاری × روی
**۰/۰۰۱	**۰/۱۵۶	**۰/۰۳۳	۰/۰۳۶ ^{ns}	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۶	*۰/۲۷۰	۴	روی × سایکوسل
**۰/۰۰۱	**۰/۳۹۶	**۰/۰۵۶	۰/۰۴۶ ^{ns}	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۲	۰/۲۸۷ ^{ns}	۸	روی × سایکوسل × آبیاری
۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲	۰/۰۴۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۱۳	۳۶	خطا
۱۱/۲۸	۷/۴۱۳	۷/۰۶	۸/۵۶	۷/۰۷	۴/۵۰	۵/۵۳		ضریب تغییرات (%)

**،* و ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

ضرایب همبستگی ساده بین محتویات فسفر در برگ ذرت و سایر عناصر ضروری نشانگر معنی دار بودن همبستگی این عنصر با محتویات پتاسیم برگ در بالاترین سطح $r = 0.567$ است (جدول ۵). این نتیجه گویای نقش پتاس در محتوی فسفر برگ در شرایط تنش است.

پتاسیم

تجزیه واریانس نشان می دهد که اثر قطع آبیاری در سطح ۵٪ و محلول پاشی روی در سطح ۱٪ به طور مستقل بر مقدار پتاس برگ معنی دار است. اما اثر مستقل مصرف سایکوسل و سایر اثرات دو گانه و سه گانه معنی دار نمی باشد (جدول ۳).

نتایج ثبت شده در جدول مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر غلظت پتاس برگ ذرت در این آزمایش نشان می دهد که غلظت پتاس برگ در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی یا تنش شدید با ۲/۷۶ گرم بر کیلوگرم ماده خشک دارای برتری بر سایر تیمارها است (جدول ۴). اما در نتایج بدست آمده از اثر محلول پاشی سولفات روی به طور جداگانه بر غلظت پتاسیم برگ تحت شرایط مصرف ۵ در هزار سولفات روی با غلظت ۲/۸۵۸ گرم بر کیلوگرم ماده خشک به دست آمد و این موضوع نشان دهنده تاثیر مصرف روی بر افزایش غلظت پتاس در برگ است. کمترین تاثیر در محلول پاشی ۳ در هزار سولفات روی با ۲/۵۰۶ ثبت

شد. تنش شدید موجب نگهداری بیشتر پتاس در برگ ذرت گردید. مقدار پتاسیم برگ تحت اثر تنش خشکی کاهش می یابد. محلول پاشی روی موجب جبران بخشی از این کمبود می شود ولی مصرف سایکوسل بر افزایش تجمع پتاس در برگ تاثیرگذار نبود. این یافته با نتایج محسنی و همکاران (۱۳۷۳) و تالوث و همکاران (۲۰۰۷) مطابق است. ضرایب همبستگی ساده بین محتویات پتاسیم برگ و سایر عناصر نشان می دهد که بیشترین همبستگی بین محتویات پتاس با محتویات فسفر در برگ با ضریب $0/567$ و پس از آن با محتویات پروتئین دانه با ضرایب $0/522$ برقرار است. این همبستگی نشان می دهد با افزایش یا کاهش غلظت فسفر در برگ مقدار پتاس نیز دچار تغییر می شود (جدول ۵).

روی (Zn)

تجزیه واریانس تاثیر تیمارهای مختلف بر محتوای غلظت روی (Zn) در برگ ذرت مثبت است و نشان می دهد که هر سه تیمار اعمال شده در کرت ها بطور مجزا و یا تاثیر دوگانه و سه گانه در سطح 1% معنی دار شد (جدول ۳). در بررسی و مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه قطع آبیاری در مصرف سایکوسل در محلول پاشی سولفات روی نیز براساس جدول تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید) و مصرف سایکوسل با غلظت 1500 قسمت در میلیون و محلول پاشی سولفات روی با غلظت 5 در هزار موجب تجمع غلظت روی در برگ شد که بر سایر تیمارها برتری داشت. تیمار تنش شدید (قطع آبیاری در مرحله گلدهی)، بدون مصرف سایکوسل و بدون محلول پاشی روی کمترین غلظت روی در برگ را نشان داد (جدول ۴).

این نتیجه با یافته های ملکوتی (۱۳۷۹)، زند و همکاران (۱۳۸۸) و خان و همکاران (۲۰۰۴) مشابه است. بدین ترتیب تنش شدید از میزان غلظت روی در برگ کاسته و مصرف سایکوسل توانست بخشی از این کاهش را در برگ جبران کند. این نقش سایکوسل به توان تاثیر این ماده کند کننده رشد با بستن روزنه ها بر میزان فتوسنتز مربوط است. همچنین این نتایج گویای آنست که با افزایش تنش و افزایش غلظت محلول پاشی سولفات روی مقدار غلظت روی در برگ افزایش یافت درحالی که مصرف سایکوسل در مقدار میانی خود قرار داشت. با توجه به اهمیت عنصر روی در متابولیت های گیاهی و تشکیل پروتئینها از اسیدهای آمینه مقدار غلظت آن در برگ در نهایت بر عملکرد تاثیرگذار خواهد بود. نتایج پژوهش نیز گویا است که مصرف روی در جو با افزایش پنجه بارور در واحد سطح و افزایش تعداد دانه در خوشه باعث افزایش عملکرد می شود (۹).

همبستگی ساده موجود بین محتویات روی در برگ با سایر عناصر و کارایی مصرف آب در سطح 1% معنی دار است (جدول ۵). مقدار روی در برگ ضریب همبستگی زیادی با مقدار پروتئین دانه دارد و کمترین همبستگی با محتویات آهن (Fe) است. این نتیجه بیانگر آنست که محتویات روی در اندام هوایی و برگ بر محتویات پروتئین در دانه تاثیرگذاری بالایی دارد.

مس (Cu)

تجزیه واریانس نشانگر آنست که تاثیر قطع آبیاری و مصرف سایکوسل بطور جداگانه بر محتویات مس در سطح ۱٪ و بر محلول پاشی روی در سطح ۵٪ معنی دار است. اما تاثیر دو گانه و سه گانه در کلیه منابع تغییرات در سطح ۱٪ معنی دار است (جدول ۳).

در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه قطع آبیاری و مصرف سایکوسل و محلول پاشی روی نتایج به دست آمده گویاست محتوی غلظت مس با مقدار ۰/۰۴۸ میلی گرم در کیلو وزن خشک که در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید) و مصرف سایکوسل با غلظت ۳۰۰۰ قسمت در میلیون و بدون محلول پاشی روی حاصل شده است بر سایر تیمارها برتری داشت و کمترین مقدار غلظت مس به تیمار آبیاری کامل با مصرف سایکوسل ۱۵۰۰ و بدون محلول پاشی روی است (جدول ۴). با افزایش تنش رطوبتی گیاه سعی در افزایش غلظت مس در برگ ها و تداوم اعمال حیاتی به خصوص فتوسنتز دارد. این نتایج با یافته های علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) و رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷) مشابهت دارد ولی رفیعی (۱۳۸۳) در یافته پژوهش خود به نتایج مغایر با این یافته دست یافت. ضرایب همبستگی ساده بین غلظت مس موجود در برگ ذرت با سایر عناصر نشان می دهد که کارائی مصرف آب و غلظت آهن در برگ با این عنصر همبستگی بالایی را نشان می دهند (جدول ۵). این نتیجه نقش آهن در جذب و تجمع مس در برگها در شرایط تنش را نشان می دهد.

آهن (Fe)

نتیج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر مقدار غلظت آهن موجود در برگ ذرت متفاوت بود به طوری که اثر مستقل تیمار قطع آبیاری و مصرف سایکوسل در سطح ۱٪ معنی دار ولی محلول پاشی روی معنی دار نبود. اثرات دو گانه و سه گانه نیز در سطح ۱٪ معنی دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه قطع آبیاری در مصرف سایکوسل در محلول پاشی روی حاکی از آن است که غلظت تجمعی آهن در برگ مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید) و مصرف سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون و بدون محلول پاشی سولفات روی با غلظت ۲/۰۵۸ میلی گرم در کیلوگرم دارای برتری نسبی بر سایر تیمارها می باشد (جدول ۵). افزایش غلظت روی مصرفی در شرایط تنش موجب کاهش غلظت آهن شد. کمترین مقدار آهن برگ ذرت هم از تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه بندی (تنش ملایم) و عدم مصرف سایکوسل و مصرف ۵ در هزار محلول پاشی سولفات روی به دست آمد.

رفیعی (۱۳۸۳) در بررسی اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه ای در خرم آباد چنین گزارش می نماید که غلظت فسفر، روی، آهن، منگنز و مس در برگ پرچم دچار تغییر گردید. ضرایب همبستگی ساده نشان می دهد که محتویات آهن برگ همبستگی

زیادی با محتویات روی و مس در برگ ذرت دارد. بیشترین این مقدار به همبستگی آهن و مس مربوط است (جدول ۵). براساس این نتیجه افزایش و کاهش مقادیر این عنصر بر محتویات آهن برگ اثرگذار خواهد بود.

کارایی مصرف آب (WUE)

نتایج تجزیه واریانس حاکیست که اثرات تمام تیمارهای مستقل و دو گانه و سه گانه بر کارایی مصرف آب در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و مصرف سایکوسل و محلول پاشی روی نتایج به دست آمده گویای افزایش کارایی مصرف با شدت گرفتن تنش و افزایش غلظت سایکوسل و مصرف مقدار متوسط روی است به طوری که تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید) و مصرف سایکوسل با غلظت ۳۰۰۰ قسمت در میلیون و محلول پاشی روی با غلظت ۳ در هزار بر بقیه تیمارها برتری نسبی داشت. (جدول ۴) کمترین کارایی مربوط است به تیمار قطع آبیاری مرحله گلدهی (تنش شدید) و بدون مصرف سایکوسل و عدم محلول پاشی روی مربوط است.

تیمارهای آبیاری کامل در تمامی غلظت های سایکوسل و روی مصرفی دارای کارایی کمتری نسبت به تیمارهای تنش بودند که بطور کلی گویای افزایش کارایی مصرف آب در شرایط تنش است. این یافته با تحقیقات پژوهشگران زیادی از جمله پاک نژاد و همکاران (۱۳۸۹) و علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) که افزایش بازده مصرف آب را در نتیجه اعمال تنش خشکی گزارش نمودند مشابه است. این نتیجه نیز گزارش امام و رنجبر (۱۳۷۹) و ژائو و همکاران (۲۰۰۲) و سارا شریف و همکاران (۱۳۸۵) را که اثر مصرف سایکوسل را در بهبود تحمل گیاه به شرایط تنش و عملکرد مناسب مثبت ارزیابی نمودند تأیید میکند. این نتیجه با نتایج خان و همکاران (۲۰۰۴) همخوانی دارد.

مصرف آب و کارایی مصرف آب توسط کمبود عنصر روی کاهش می یابد. هدایت روزنه ای در گیاهان دچار کمبود روی پائین تر است و در مجموع کمبود عنصر روی کارایی مصرف آب را که برای تولید بیوماس استفاده می شود را کاهش میدهد و ظرفیت گیاه را در جهت واکنش به تنش آب از طریق تعدیل اسمزی برقرار می نماید. این نتیجه نشانگر آن است که محلول پاشی روی و سایکوسل از طریق دخالت در فرایند بهبود عملکرد در شرایط تنش بهبود کارایی مصرف آب را سبب می گردد و تنش آبی نیز با کنترل روزنه ها و کاهش تبخیر و تعرق بر بهبود کارایی مصرف آب تأثیرگذار است.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل ۳ جانبه تنش خشکی × مصرف سایکوسل × مصرف سولفات روی بر میزان پروتئین،

برخی عناصر مهم و کارایی مصرف آب در ذرت

کارایی مصرف آب Kg.m ⁻³	مس (ml/kg)	آهن (ml/kg)	پروتئین %	پتاسیم (g/kg)	فسفر (g/kg)	روی (g/kg)	روی	سایکوسل	آبیاری
۰/۵۱۰ ghi	۰/۰۱۴ hij	۱/۱۶۷ ghi	۷/۴ abcd	۲/۳۴۳ bc	۰/۴۲۷ bc	۰/۵۱۳ ijkl	بدون روی	بدون مصرف	
۰/۵۳۶ HI	۰/۰۲۴ def	۱/۱۴۹ ghi	۸/۰ abc	۲/۵۲۳ ab	۰/۴۶۱ a	۰/۵۷۵ hi	۳درهزار	سایکوسل	
۰/۵۰۷ ij	۰/۰۰۹ j	۱/۴۴۸ cde	۸/۱۳۳ abc	۲/۶۰۷ ab	۰/۴۴۱ ab	۰/۷۱۲ ef	۵درهزار		
۰/۴۶۹ ij	۰/۰۰۸ j	۱/۰۰۳ ij	۷/۹ abcd	۲/۶۹۷ ab	۰/۳۴۲ ef	۰/۴۷۵ jklm	بدون روی	۱۵۰۰	آبیاری کامل
۰/۴۷۱ ij	۰/۰۱۱ ij	۱/۳۵۰ cdefg	۸/۴۶۷ abc	۲/۷۸۳ ab	۰/۳۹۱ cde	۰/۶۳۳ fgm	۳درهزار	قسمت	٪۱۰۰
۰/۴۷۲ ij	۰/۰۲۰ defg	۱/۴۶۶ cd	۸/۷۳۳ abc	۲/۹۰۷ a	۰/۴۱۷ bcd	۰/۶۷۷ fg	۵درهزار	درمیلیون	
۰/۴۶۳ ij	۰/۰۱۸ fgh	۱/۳۳۲ cdefgh	۷/۶۶۷ abcd	۲/۴۷۳ bc	۰/۴۰۸ cde	۰/۴۲۷ m	بدون روی	۳۰۰۰	
۰/۴۶۹ ij	۰/۰۲۲ def	۱/۲۲۳ fgh	۸/۲ abc	۲/۵۶۰ abc	۰/۴۱۷ bcd	۰/۴۸۷ jklm	۳درهزار	قسمت	
۰/۴۹۴ hi	۰/۰۲۲ def	۱/۲۲۲ fgh	۸/۶۶۵ abc	۲/۸۸۷ ab	۰/۴۱۲ bcd	۰/۷۷۴ cde	۵درهزار	درمیلیون	
۰/۵۴۱ fgh	۰/۰۲۵ d	۱/۱۶۱ ghk	۷/۸۳۳ abcd	۲/۰۹۰ abcd	۰/۳۱۰ f	۰/۵۲۷ ijk	بدون روی	بدون مصرف	
۰/۵۸۱ ef	۰/۰۲۳ def	۱/۱۲۵ efgh	۸/۴۶۷ abc	۲/۳۰۷ abc	۰/۴۲۴ bc	۰/۵۴۷ ij	۳درهزار	سایکوسل	
۰/۵۳۲ fgh	۰/۰۰۹ j	۱/۷۸۳ k	۸/۸ abc	۲/۵۰۷ ab	۰/۴۳۶ ab	۰/۶۵۰ fgh	۵درهزار		قطع آب
۰/۵۷۹ ef	۰/۰۱۵ ghi	۱/۲۴۸ efgh	۸/۰ abc	۲/۴۸۷ abc	۰/۳۲۹ ef	۰/۵۷۷ hi	بدون روی	۱۵۰۰	درمرحله دانه
۰/۵۶۹ fg	۰/۰۲۲ def	۱/۸۵۶ b	۸/۸ abc	۲/۶۵۷ ab	۰/۴۲۳ bc	۰/۷۶۱ de	۳درهزار	قسمت	بنادی
۰/۵۷۸ ef	۰/۰۲۳ def	۱/۷۳۳ b	۹/۲۶۷ ab	۲/۸۷۳ ab	۰/۴۴۴ ab	۰/۸۳۴ cd	۵درهزار	درمیلیون	(تنش ملایم)
۰/۵۸۸ ef	۰/۰۱۹ efgh	۱/۲۷۰ defgh	۸/۳۳۳ abc	۲/۵۸۰ ab	۰/۳۵۱ def	۰/۴۳۳ lm	بدون روی	۳۰۰۰	
۰/۶۲۸ de	۰/۰۲۲ def	۱/۰۰۹ ij	۹/۰۶۷ ab	۲/۵۳۰ ab	۰/۳۷۵ cde	۰/۵۸۹ ghi	۳درهزار	قسمت	
۰/۵۹۲ ef	۰/۰۳۴ c	۱/۵۲۵ c	۱۰/۳۳۳ a	۲/۹۶۳ a	۰/۴۴۴ ab	۰/۷۵۹ de	۵درهزار	درمیلیون	
۰/۴۳۰ j	۰/۰۲۵ de	۱/۱۳۱ hij	۸/۵ abcde	۲/۴۹۳ bc	۰/۳۱۱ ef	۰/۲۴۱ n	بدون روی	بدون مصرف	
۰/۶۷۳ cd	۰/۰۳۴ c	۱/۷ b	۸/۸۶۷ abcd	۲/۳۳۷ bc	۰/۳۳۳ def	۰/۴۵۸ klm	۳درهزار	سایکوسل	قطع آب
۰/۵۳۳ fgh	۰/۰۳۳ c	۱/۱۵۸ ghi	۹/۲ abcd	۲/۶۸۰ ab	۰/۳۹۰ cde	۰/۸۵۷ de	۵درهزار		
۰/۶۸۴ cd	۰/۰۲۶ d	۲/۰۵۸ a	۷/۷۳۳ abcd	۲/۶۳۰ ab	۰/۳۴۹ def	۰/۸۴۷ bc	بدون روی	۱۵۰۰	درمرحله
۰/۷۱۶ bc	۰/۰۲۵ d	۱/۹۴۶ jk	۸/۵۳۳ abc	۲/۶۸۷ ab	۰/۴۰۵ bcde	۰/۴۰۳ m	۳درهزار	قسمت	گلدھی
۰/۷۲۱ bc	۰/۰۴۱ b	۱/۴۲۳ cdef	۹/۲۶۷ ab	۲/۸۷۷ ab	۰/۴۳۵ abc	۰/۹۴۸ a	۵درهزار	درمیلیون	(تنش)
۰/۵۶۱ d	۰/۰۴۸ a	۱/۷۹۵ b	۸/۲۶۷ abc	۲/۶۷۳ ab	۰/۴۰۰ cde	۰/۴۰۸ m	بدون روی	۳۰۰۰	شدید)
۰/۷۷۹ a	۰/۰۲۳ def	۱/۵۲۲ c	۹/۷۳ ab	۳/۰۰۷ a	۰/۴۱۵ bcd	۰/۷۰۹ ef	۳درهزار	قسمت	
۰/۷۸۸ ab	۰/۰۲۵ d	۱/۳۴۴ cdefg	۱۰/۶ a	۳/۴۲۳ a	۰/۴۵۰ ab	۰/۹۱۵ ab	۵درهزار	درمیلیون	

در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

ضرایب همبستگی ساده بین کارایی مصرف آب، با محتویات عناصر ضروری در ذرت نشانگر همبستگی بالایی با محتویات پروتئین دانه و روی و آهن و مس در برگ است. اما بیشترین همبستگی به مقدار پروتئین دانه (۰/۴۷۶) و پس از آن محتویات مس در برگ (۰/۴۷۴) می باشد (جدول ۵). به طور کلی افزایش کارایی مصرف آب با مقادیر پروتئین در دانه و روی و مس در برگ ارتباط دارد.

جدول ۵: ضرایب همبستگی ساده بین محتویات پروتئین و برخی عناصر مهم و کارایی مصرف آب در ذرت

صفات	پروتئین دانه	پتاس برگ	فسفر	روی	آهن	مس	کارایی مصرف آب
پروتئین دانه	۱						
پتاس برگ	۰/۵۲۲**	۱					
فسفر	۰/۲۲۱*	۰/۵۶۷**	۱				
روی	۰/۴۸۶**	۰/۴۵۱**	۰/۳۶۷**	۱			
آهن	۰/۱۲۳ ^{ns}	۰/۱۳۲ ^{ns}	-۰/۱۱ ^{ns}	۰/۳۳۷**	۱		
مس	۰/۳۱۷**	۰/۱۳۷ ^{ns}	۰/۷۱ ^{ns}	۰/۱۰۹ ^{ns}	۰/۳۷۹**	۱	
کارایی مصرف آب	۰/۴۷۶**	۰/۲۴۶*	۰/۱۱۵ ^{ns}	۰/۳۵۶**	۰/۳۱۴**	۰/۴۷۴**	۱

منابع

- 1-Alizadeh, A., A. Majidi, H. Nadian, Noormohammadi, Q. and Ameryan, M. R. 2007. Effects of drought stress and fertilizer nitrogen at yield and yield components of corn seed. Journal of Agricultural Science (2) 13 :31-26.(In persian)
- 2- Basafa, M. and Taherian, M. 2009. Drought mitigation strategies in maize and sorghum. Khorasan Agriculture and Natural Resources Research Center. Technical Journal: 20 pp.(In persian).
- 3- Blum, A. 2005. Plant breeding for stress environment. CRC press, Boca Rotan, FL. 38-78.
- 4- Classen, M. M. and Shaw, R. H. 1970. Water deficit effects on corn II. Grain Component. Agron. J. 62: 625-655.
- 5-Food and Agriculture Organization (FAO). 2009. Crop production statistics, <http://www.fao.org/docrep/010/ah864e/ah864e00.htm>.
- 6- Hashem Zadeh, F. 2009. Cycocel effects of drought stress on yield and seed corn. Knowledge of modern agriculture. (5) 14 :75-70.(In persian)
- 7- Imam, y. and Niknejad, M. 1994. Introduction to the physiology of crop yield (translation). Shiraz University Press: 243 pp. .(In persian)
- 8- Imam, y. and Ranjbar, Gh. H. 2000. Effect of plant density and drought stress on vegetative growth stage on yield, yield components and water use efficiency in corn: Iranian Journal of Crop Science, Volume II (3) :61-51.(In persian)
- 9- Imami, A. 1996. Methods of plant analysis. Volume I, Technical Bulletin No. 982. ResearchInstitute of Water and soil.p 33.(In persian)
- 10- Kazem Pour, S. and Tajbakhsh, A. M. 2002. The effect of Some anti-transpiration on vegetative characteristics, and yield and its component on corn , under limited irrigation. Agricultural Sciences, Iran (2) 33 :210-205
- 11- Khodabandeh, N. 2000. Cereals. Tehran University Press, 537 pp. .(In persian)
- 12- Khan, V. 2004. Polyphenol oxide activity and browning of three Avocado varieties. Journal of Food Agriculture 26: 1319-1324
- 13- Koocheki, A. R. 1993. Agriculture in arid areas. MashhadUniversityPressJihad 353PP : 3 and 32 .(In persian)
- 14- Malakooti, M, j, and QHEIBI, M, N. 2000. The critical level of soil nutrients in order to increase performance and quality of strategic products. Publication of agricultural training, Agriculture, Karaj, Iran, p 92.(In persian)
- 15- Mohseni, H., A. Ghanbari, M. R. Ramezanpour, and Mohseni, M. 2006. Effect of zinc sulfate and boric acid values and methods,on yield and quality and nutrient absorption of two varieties of corn. Iranian Agricultural Sciences (1-37) 1: 31-38.(In persian)
- 16- Mottaghi, M. G., Najafi, M. and Bihamta, R. 2009. The effect of the last season of drought stress on yield and baking quality of wheat genotype. Journal of Agricultural Sciences, Iran, -11 (3) : 306-290.(In persian)
- 17- Ministry of Agriculture. Department of Planning and Budget, Office of Statistics 2000. Tables and garden crops. Agricultural Statistics Volume 2. (1999-2000) 165

- 18- **paknejad, F., Varzan, S., Ajly, J., Mir Akhori, M. and Nassiri, M. 2006.** Effect of drought stress and irrigation methods on yield and yield components of two maize hybrids. *Journal of Modern Agriculture*: (6)18.(In persian)
- 19- **Pierre, C. S., Peterson, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larson, M. and Hoefera, B. 2008.** White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. *J. Agron Sci.* 100: 414-420.
- 20- **Prasad, A. S. 1984.** Discovery and importance of zinc in human nutrition. *Feed Processing* 43: 2829-2834.
- 21- **Rahimi, M. M. and Mazaheri, D. 2008.** Morphology and yield response of corn to the chemical compounds of iron and copper. *Pajhohesh and sazandegi* 87: 1 (21) consecutive (78): 100-96.(In persian)
- 22- **Rajala, A., Karkkainen, J., Peltonen, J. and Peltonen-Sainio, P. 1998.** Foliar applications of alcohols failed to enhance growth and yield of C3 crops. *Industrial Crop Production* 7: 129-137.
- 23- **Rafiee, M., Nadian, H., Nourmohammadi, Q., and Karimi, M. 2004.** Effects of drought and the concentration of total phosphorus and zinc uptake in maize. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*: 35) 1) year 13. 243-235.(In persian)
- 24- **Ritchie, S. W. and Henry, A. S. 1990.** Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance *crop science* 30: 105- 111
- 25- **Sharif, S., Safari, M. and Imam, Y. 2006.** Effects of Cycocel and drought stress on yield and yield components of barley varieties Valfajr: *Vfnvn Agriculture Natural Resource Sciences* 10 (4) (b) .(In persian).
- 26- **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.
- 27- **Zand, B., Zadeh, A., Ghanaty, F. and Moradi, F. 2009.** The effect of Spraying zinc and a auxin growth regulators on yield and yield components of maize grain in the limited water. *Agronomy seeds and seedlings Journal* 2-52 (4): 448-431.(In persian).
- 28- **Zhao, G. C. 2002.** Effect of CCC treatment at different stages on growth and development and plant character of barley. *Journal of Hebi Agriculture University*.16:27-32.
- 29- **Zlatimira.S. and Doncheva, S. 2002.** The effect of zinc supply and succinate treatment of plant growth and mineral uptake in pea plant. *Braz.J. plant physiol.* 14(2) : 111-116

