یافته های نوین کشاورزی
سال هشتم- شماره۲- زمستان ۹۲

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 واحددامغان ، ایران
زرین تاج علیپور، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاداسلامی واحددامغان ، ایران
سکینه سعیدی سار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاداسلامی واحددامغان ، ایران

چکیده

به منظور مطالعه اثرات وقوع تنش خشکی برذرت 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 غلظت۱۵۰۰ و۳۰۰۰ قسمت در میلیون در کرت های فرعی و تیمار سولفات روی در سه سطح بدون محلولپاشی، محلولپاشی سولفات روی با غلظت ۳ و۵ 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 به‌جز 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 وکارائی مصرف آب ومیزان غلظت عناصرفسفر، 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

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۸/۲۰

مقدمه

ذرت (*Zea mays L.*) گیاهی یکساله از تیره غلات است که به دامنه وسیعی از شرایط اکولوژیکی سازگار می‌باشد. ذرت همراه با گندم و برنج سه فراورده راهبردی (استراتژیک) کشاورزی جهان محسوب می‌شوند. این دانه ارزشمند علاوه بر مصرف خوراک دام و ماکیان، برای تولید روغن خوراکی، نشاسته و گلوکز و چند فراورده دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۱). سطح زیر کشت سال ۲۰۱۰- ۲۰۰۹ آن بالغ بر ۲۱٤ 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، ٤٪ 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 رایج‌ترین تنش محیطی است که تولید گیاهان زراعی را در جهان به‌ویژه در مناطق نیمه خشک با محدودیت مواجه کرده‌است (۲۲).

ذرت از لحاظ کارایی مصرف آب در مقایسه با گیاهان زراعی چهار کربنه بیشترین حساسیت را به تنش‌های 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 خشکسالی‌های پیاپی و کاهش نزولات در اکثر حوزه‌های جغرافیایی به دامنه این خشکی‌ها افزوده است. شناسائی و گزینش شیوه‌هایی که بتوان به کمک آنها تحمل به شرایط تنش را در مراحل رشد و گلدهی افزایش و حداقل تاثیر را برعملکرد بگذارد، از اهمیت بالایی برخوردار است (۲). کاربرد بازدارنده‌های 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، مرفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تاثیر دارد. مقدار این تاثیر به شدت و زمان وقوع تنش هم بستگی دارد (٤). 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 می‌تواند 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 به‌دلیل 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. کاظم‌پور 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 می‌دهد و این موضوع به‌خصوص 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 می‌گردد (٦). 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 می‌یابد. روی در سیستم‌های 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 محلول‌پاشی 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 (٢٦).

مواد و روش‌ها

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

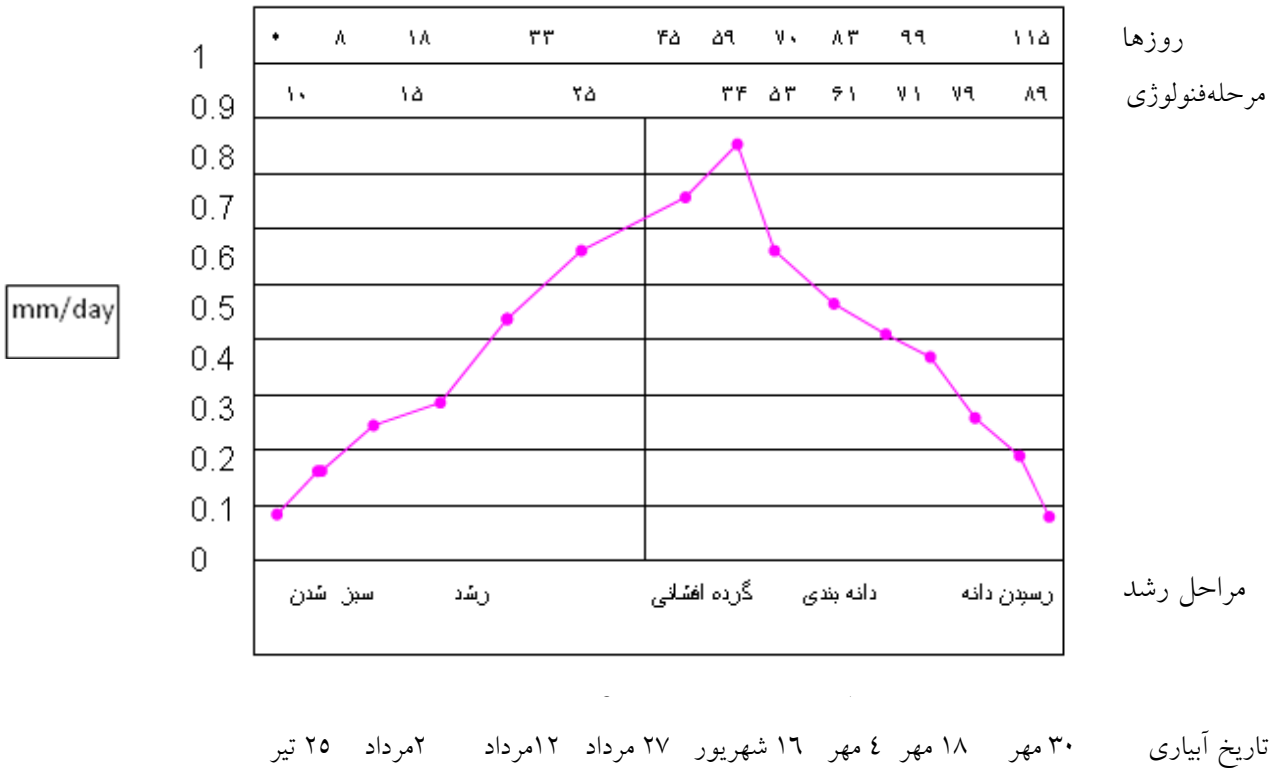
مزرعه نمونه برداری و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت (جدول های ۱ و۲). با آماده سازی زمین، کشت ذرت هیبرید میانرس NS 540 در تاریخ ۲۵ تیرماه به صورت دستی وبر روی پشته فاروها انجام شد. طرح آزمایشی این مطالعه در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و ازمایش کرت های دوبارخردشده، با تیمار اصلی آبیاری و قطع آن در سه سطح آبیاری کامل، قطع آبیاری درمرحله ظهور گل نر و قطع آبیاری در مرحله دانه بندی و مصرف تنظیم کننده رشد کلرموکوات کلراید (سایکوسل) در سه سطح، صفر و۱۵۰۰ و۳۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم به عنوان تیمار فرعی و محلول پاشی روی (ZN) از منبع سولفات روی در سه سطح وبا غلظت های صفر، ۳و۵ در هزار به عنوان تیمار فرعی فرعی اجرا شد.

هر کرت شامل ٦ ردیف کشت (پشته) بافاصله ۷۰سانتی مترو در مجموع ٤/٥ متر عرض و در طول ٥ 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 کرت‌های آزمایشی اعمال گردید. دومین قطع ابیاری در هشتمین مرحله آبیاری و ۸۳ روز پس از کشت و در مرحله شکل‌گیری دانه‌ها کرت‌ها اعمال شد (نمودار ۱ عملیات زراعی). در بقیه کرت‌ها آبیاری کامل در مرحله هشتم و نهم صورت گرفت.

برای آبیاری کرت‌ها، مقدار آب مورد نیاز با استفاده از اندازه‌گیری رطوبت خاک با دستگاه T.D.R و محاسبه میزان آب مورد نیاز گیاه در هر مرحله رشد از طریق نمودار نیاز آبی(نمودار۱) 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 بااسیدسولفوریک، اسیدسالسلیک، آب اکسیژنه استفاده شد (روشKietson and Melbo-1944). پس ازتهیه عصاره باروش نورسنجی(رنگ زردوانادات مولیبدات)وبا استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل uv-120-01 میزان فسفر گیاه اندازه گیری شد. برای تعیین غلظت عناصرکم مصرف در برگ،با تهیه عصاره از نمونه های گیاهی،از روش هضم ازطریق سوزاندن خشک و ترکیب HCl استفاده شد.

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



شکل۱- میزان مصرف روزانه آب در ذرت دانه ای (روز/ میلیمتر)

جدول۱: خصوصیات خاک

عمق	کل اشباع ph	EC ds/m	مواد خنثی شونده بااسید	کربن آلی o.c٪	بافت خاک	N % total	p(avj) ppm	K ppm	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	sand %	silt %	clay%
۰-۳۰	۷/۷	۷/۰۵۸	۲۳/۸۸	۰/٤۱	sandy .loam	۰/۰٤	۸/٤	۲۲٤/٦	۱/٦۸	۰/٤۸	۵/۹	٥٤	۲۸	۱۸

نتایج و بحث

پروتئین

تجزیه واریانس نشان میدهد مقدار پروتئین دانه در سطح ۱٪ تحت تاثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی سایکوسل و محلوپاشی روی هر یک بطور مستقل و نیز اثرات متقابل قطع آبیاری و محلول پاشی 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 تیمار ها است. مصرف این مقدار روی در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید) با عملکرد ۹/٦۹٪ برترین تیمار بود. براساس جدول کمترین پروتئین از تیمار آبیاری کامل و عدم مصرف سولفات روی به‌دست آمد (جدول٤).

مقایسه میانگین اثرات متقابل مصرف سایکوسل و محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی روی با غلظت ۵در هزار با مقدار ۹/۸٦ ٪دارای برتری نسبی نسبت به سایر تیمارها بود و کمترین مقدار در تیمار مصرف سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون و بدون محلول‌پاشی روی با مقدار ۷/۸۷ ٪ پروتئین بدست آمد. سنتز پروتئین یکی از اصلی ترین عوامل رشد سلول ها محسوب می‌شود. تنش خشکی به میزان زیاد موجب نقصان سنتز پروتئین در گیاه می‌گردد. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با یافته های بلوم و همکاران (۲۰۰٦)، 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 معنی‌داری بین درصد پروتئین دانه و محتویات پتاسیم، روی و مس در برگ و اندام هوائی 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 برافزایش پروتئین دانه و نقش پتاسیم درسنتز پروتئین است.

فسفر

تجزیه واریانس مقدار فسفر برگ در آزمایش انجام شده تحت تاثیر قطع آبیاری و مصرف سایکوسل و محلول‌پاشی روی بطور جداگانه در سطح۵٪ قرار گرفت (جدول۳). همچنین اثرات دو گانه و سه گانه نیز در سطح۱٪ معنی دار شد.جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه قطع ابیاری در مصرف سایکوسل در محلول پاشی روی نشان میدهد که تیمار ابیاری کامل و بدون مصرف سایکوسل ومحلول پاشی سولفات روی با غلظت ۳ در هزار بامقدار ۰/٤٦۱ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک برگ بر سایر تیمار ها برتری دارد (جدول٤). با قطع ابیاری و اعمال تیمار تنش از مقدار فسفر برگ کاسته شد. محلول پاشی سولفات روی ومصرف 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 ابیاری 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 تائید می کند. او علت کاهش تجمع فسفر در برگ را ناشی از تخصیص مواد بیشتربه دانه در شرایط تنش بیان می کند.

جدول۳: تجزیه واریانس ، میزان پروتئین و برخی عناصر مهم وکارایی مصرف آب درگیاه ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		پروتئین	کارایی مصرف آب	فسفر	پتاسیم	روی	آهن	مس
تکرار	۲	۰/۱۸۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۱
آبیاری	۲	۱/۳۵۹*	۰/۲۰۵**	۰/۰۰۰۱*	۰/٤۳٤*	۰/۲۱*	۰/۲٦۳**	۰/۰۰۱**
خطا	٤	۰/٤۱٦	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰٥٥	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱
سایکوسل	۲	۱۲/۳٥۷**	۰/۰۳۱**	۰/۰۰۲*	۰/۰٤۱^{ns}	۰/۱۰۷*	۰/۲۸٥**	۰/۰۰۱**
آبیاری × سایکوسل	٤	۱/۹٦۷^{ns}	۰/۰۳۷**	۰/۰۰٦*	۰/۱۲۰^{ns}	۰/۰٤٦**	۰/۲۱۰**	۰/۰۰۱**
خطا	۱۲	۰/۲۲٦	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۱۲۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰٦	۰/۰۰۰۱
روی	۲	۹/۸۹۱**	۰/۰۲۱**	۰/۰۰۱**	۰/۱٥۸**	۰/٥۷۲**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۱*
آبیاری × روی	٤	۰/۳۹٦*	۰/۰۱۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰٦۰^{ns}	۰/۰۳٦**	۰/۲۳۲**	۰/۰۰۱**
روی × سایکوسل	٤	۰/۲۷۰*	۰/۰۰٦**	۰/۰۰۱**	۰/۰۳٦^{ns}	۰/۰۳۳**	۰/۱٥٦**	۰/۰۰۱**
روی × سایکوسل × آبیاری	۸	۰/۲۸۷^{ns}	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰٤٦^{ns}	۰/۰٥٦**	۰/۳۹٦**	۰/۰۰۱**
خطا	۳٦	۰/۲۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰٤۸	۰/۰۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)		٥/٥۳	٤/٥۰	۷/۰۷	۸/٥٦	۷/۰٦	۷/٤۱۳	۱۱/۲۸

**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ٥٪ و غیر معنی‌دار

ضرایب همبستگی ساده بین محتویات فسفر در برگ ذرت و سایر عناصر ضروری نشانگر معنی‌دار بودن همبستگی این عنصر با محتویات پتاسیم برگ در بالاترین سطح r= 0.567 است (جدول ٥). این نتیجه گویای نقش پتاس در محتوی فسفر برگ در شرایط تنش است.

پتاسیم

تجزیه واریانس نشان می دهد که اثر قطع آبیاری در سطح٥٪ و محلول‌پاشی روی در سطح ۱٪ به‌طور مستقل بر مقدار پتاس برگ معنی داراست. 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 می‌دهدکه غلظت پتاس برگ در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی یا تنش شدید با ۲/۷٦گرم بر کیلوگرم ماده خشک دارای برتری بر سایر تیمارها است (جدول٤). اما در نتایج بدست آمده از اثر محلول‌پاشی سولفات روی به طور جداگانه بر غلظت پتاسیم برگ تحت شرایط مصرف ٥ درهزار سولفات روی با غلظت ۲/۸٥۸ گرم بر کیلوگرم ماده خشک به‌دست آمد و این موضوع نشان دهنده تاثیر مصرف روی بر افزایش غلظت پتاس در برگ است.کمترین تاثیر در محلول‌پاشی ۳ درهزار سولفات روی با ۲/٥۰٦ 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 ازاین 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 می‌دهد که بیشترین همبستگی بین محتویات پتاس با محتویات فسفر در برگ با ضریب ۰/۵٦۷ و پس از آن با محتویات پروتئین دانه با ضرایب ۰/۵۲۲ 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 می‌دهد که هر سه تیمار اعمال شده در کرت‌ها بطور مجزا و یا تاثیر دوگانه و سه گانه در سطح ۱٪ معنی دار شد (جدول ۳). در بررسی و مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه قطع آبیاری در مصرف سایکوسل در محلول‌پاشی سولفات روی نیز براساس جدولتیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی(تنش شدید) و مصرف سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون و محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۵ 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 محلول‌پاشی روی کمترین غلظت روی در برگ را نشان داد (جدول ٤).

این نتیجه با یافته‌های ملکوتی (۱۳۷۹)، زند و همکاران (۱۳۸۸) و خان و همکاران (۲۰۰٤) 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 محلول‌پاشی سولفات روی مقدار غلظت روی در برگ افزایش یافت درحالی‌که مصرف سایکوسل در مقدار میانی خود قرار داشت. با توجه به اهمیت عنصر روی در متابولیت‌های گیاهی و تشکیل پروتئینها از اسیدهای آمینه مقدار غلظت آن در برگ در نهایت بر عملکرد تاثیرگذار خواهد بود. نتایج پژوهش نیزگویا است که مصرف روی در جو با افزایش پنجه بارور در واحد سطح و افزایش تعداد دانه در خوشه باعث افزایش عملکرد می‌شود (۹).

همبستگی ساده موجود بین محتویات روی در برگ با سایر عناصر و کارایی مصرف آب در سطح ۱٪ معنی‌دار است (جدول۵). 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 محلول‌پاشی روی در سطح ۵٪ معنی‌دار است . اما تاثیر دو گانه وسه گانه در کلیه منابع تغییرات در سطح ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۳).

در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه قطع آبیاری و مصرف سایکوسل و محلول‌پاشی روی نتایج به دست آمده گویاست محتوی غلظت مس با مقدار ۰/۰٤۸ میلی‌گرم 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 محلول‌پاشی روی حاصل شده‌است بر سایر تیمارها برتری داشت و کمترین مقدار غلظت مس به تیمار آبیاری کامل با مصرف سایکوسل ۱۵۰۰ و بدون محلول‌پاشی روی است (جدول٤). با افزایش تنش رطوبتی گیاه سعی در افزایش غلظت مس در برگ ها وتداوم اعمال حیاتی به خصوص فتوسنتز دارد. این نتایج با یافته‌های علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) و رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷) مشابهت دارد ولی رفیعی (۱۳۸۳) در یافته پژو هش خود به نتایج مغایر با این یافته دست یافت. ضرایب همبستگی ساده بین غلظت مس موجود در برگ ذرت با سایر عناصر نشان می‌دهد که کارائی مصرف آب و غلظت آهن در برگ با این عنصر همبستگی بالایی را نشان می‌دهند (جدول ۵). این نتیجه نقش اهن در جذب و تجمع مس در برگها در شرایط تنش را نشان می دهد.

آهن (Fe)

نتلیج 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٪ معنی‌دار 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 درمصرف سایکوسل در محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۲/۰۵۸ میلی-گرم در کیلوگرم دارای برتری نسبی بر سایر تیمار ها می‌باشد (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) وعدم مصرف سایکوسل و مصرف ۵ در هزار محلول‌پاشی سولفات روی به‌دست 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 می‌دهد 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 سطح۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و مصرف سایکوسل و محلول‌پاشی روی نتایج به‌دست آمده گویای افزایش کارایی مصرف با شدت گرفتن تنش و افزایش غلظت سایکوسل و مصرف مقدار متوسط روی است به‌طوریکه تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید) و مصرف سایکوسل با غلظت ۳۰۰۰ قسمت در میلیون و محلول‌پاشی روی با غلظت ۳ در هزار بر بقیه تیمارها برتری نسبی داشت. (جدول٤) کمترین کارایی مربوط است به تیمار قطع آبیاری مرحله گلدهی (تنش شدید) و بدون مصرف سایکوسل وعدم محلول‌پاشی روی مربوط است.

تیمارهای آبیاری کامل در تمامی غلظت‌های 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 نژادوهمکاران (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 تائید میکند. این نتیجه با نتایج خان و همکاران (۲۰۰٤) 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 محلول‌پاشی روی و سایکوسل از طریق دخالت در فرایند بهبود عملکرد در شرایط تنش بهبود کارایی مصرف آب را سبب می‌گردد و تنش آبی نیز با کنترل روزنه‌ها و کاهش تبخیر و تعرق بر بهبود کارایی مصرف آب تاثیرگذار است.

جدول٤: مقایسه میانگین اثرات متقابل ۳ جانبه تنش خشکی× مصرف سایکوسل× مصرف سولفات روی برمیزان پروتئین، برخی عناصر مهم و کارایی مصرف آب در **ذرت**

آبیاری	سایکوسل	روی	روی (g/kg)	فسفر (g/kg)	پتاسیم (g/kg)	پروتئین ٪	آهن (ml/kg)	مس (ml/kg)	کارایی مصرف آب $Kg.m^{-3}$
آبیاری کامل ٪۱۰۰	بدون مصرف سایکوسل	بدون روی	۰/۵۱۳ ijkl	۰/٤۲۷ bc	۲/۳٤۳ bc	۷/٤ abcd	۱/۱٦۷ ghi	۰/۰۱٤ hij	۰/۵۱۰ ghi
		۳درهزار	۰/۵۷۵ hi	۰/٤٦۱ a	۲/۵۲۳ ab	۸/۰ abc	۱/۱٤۹ ghi	۰/۰۲٤ def	۰/۵۳٦ HI
		۵درهزار	۰/۷۱۲ ef	۰/٤٤۱ ab	۲/٦۰۷ ab	۸/۱۳۳ abc	۱/٤٤۸ cde	۰/۰۰۹ j	۰/۵۰۷ ij
	۱۵۰۰ قسمت درمیلیون	بدون روی	۰/٤۷۵ jklm	۰/۳٤۲ ef	۲/٦۹۷ ab	۷/۹ abcd	۱/۰۰۳ ij	۰/۰۰۸ j	۰/٤٦۹ ij
		۳درهزار	۰/٦۳۳ fgm	۰/۳۹۱ cde	۲/۷۸۳ ab	۸/٤٦۷ abc	۱/۳۵۰ cdefg	۰/۰۱۱ ij	۰/٤۷۱ ij
		۵در هزار	۰/٦۷۷ fg	۰/٤۱۷ bcd	۲/۹۰۷ a	۸/۷۳۳ abc	۱/٤٦٦ cd	۰/۰۲۰ defg	۰/٤۷۲ ij
	۳۰۰۰ قسمت درمیلیون	بدون روی	۰/٤۲۷ m	۰/٤۰۸ cde	۲/٤۷۳ bc	۷/٦٦۷ abcd	۱/۳۳۲ cdefgh	۰/۰۱۸ fgh	۰/٤٦۳ ij
		۳درهزار	۰/٤۸۷jklm	۰/٤۱۷ bcd	۲/۵٦۰ abc	۸/۲ abc	۱/۲۲۳ fgh	۰/۰۲۲ def	۰/٤٦۹ ij
		۵در هزار	۰/۷۷٤ cde	۰/٤۱۲ bcd	۲/۸۸۷ ab	۸/٦٦۵ abc	۱/۲۲۲ fgh	۰/۰۲۲ def	۰/٤۹٤ hi
قطع آب درمرحله دانه بندی (تنش ملایم)	بدون مصرف سایکوسل	بدون روی	۰/۵۲۷ ijk	۰/۳۱۰ f	۲/۰۹۰ abcd	۷/۸۳۳ abcd	۱/۱٦۱ ghk	۰/۰۲۵d	۰/۵٤۱ fgh
		۳درهزار	۰/۵٤۷ ij	۰/٤۲٤ bc	۲/۳۰۷ abc	۸/٤٦۷ abc	۱/۱۲۵ efgh	۰/۰۲۳ def	۰/۵۸۱ ef
		۵در هزار	۰/٦۵۰ fgh	۰/٤۳٦ ab	۲/۵۰۷ ab	۸/۸ abc	۱/۷۸۳ k	۰/۰۰۹ j	۰/۵۳۲ fgh
	۱۵۰۰ قسمت درمیلیون	بدون روی	۰/۵۷۷ hi	۰/۳۲۹ ef	۲/٤۸۷ abc	۸/۰ abc	۱/۲٤۸ efgh	۰/۰۱۵ ghi	۰/۵۷۹ ef
		۳درهزار	۰/۷٦۱ de	۰/٤۲۳ bc	۲/٦۵۷ ab	۸/۸ abc	۱/۸۵٦ b	۰/۰۲۲ def	۰/۵٦۹ fg
		۵در هزار	۰/۸۳٤ cd	۰/٤٤٤ ab	۲/۸۷۳ ab	۹/۲٦۷ ab	۱/۷۳۳ b	۰/۰۲۳ def	۰/۵۷۸ ef
	۳۰۰۰ قسمت درمیلیون	بدون روی	۰/٤۳۳ lm	۰/۳۵۱ def	۲/۵۸۰ ab	۸/۳۳۳ abc	۱/۲۷۰ defgh	۰/۰۱۹ efgh	۰/۵۸۸ ef
		۳درهزار	۰/۵۸۹ ghi	۰/۳۷۵ cde	۲/۵۳۰ ab	۹/۰٦۷ ab	۱/۰۰۹ ij	۰/۰۲۲ def	۰/٦۲۸ de
		۵در هزار	۰/۷۵۹ de	۰/٤٤٤ ab	۲/۹٦۳ a	۱۰/۳۳۳ a	۱/۵۲۵ c	۰/۰۳٤ c	۰/۵۹۲ ef
قطع آب درمرحله گلدهی (تنش شدید)	بدون مصرف سایکوسل	بدون روی	۰/۲٤۱ n	۰/۳۱۱ ef	۲/٤۹۳ bc	۸/۵ abcde	۱/۱۳۱ hij	۰/۰۲۵ de	۰/٤۳۰ j
		۳درهزار	۰/٤۵۸ klm	۰/۳۳۳ def	۲/۳۳۷ bc	۸/۸٦۷ abcd	۱/۷ b	۰/۰۳٤ c	۰/٦۷۳ cd
		۵در هزار	۰/۸۵۷ de	۰/۳۹۰ cde	۲/٦۸۰ ab	۹/۲ abcd	۱/۱۵۸ ghi	۰/۰۳۳ c	۰/۵۳۳ fgh
	۱۵۰۰ قسمت درمیلیون	بدون روی	۰/۸٤۷ bc	۰/۳٤۹ def	۲/٦۳۰ ab	۷/۷۳۳ abcd	۲/۰۵۸ a	۰/۰۲٦ d	۰/٦۸٤ cd
		۳درهزار	۰/٤۰۳ m	۰/٤۰۵ bcde	۲/٦۸۷ ab	۸/۵۳۳ abc	۱/۹٤٦ jk	۰/۰۲۵ d	۰/۷۱٦ bc
		۵در هزار	۰/۹٤۸ a	۰/٤۳۵ abc	۲/۸۷۷ ab	۹/۲٦۷ ab	۱/٤۲۳ cdef	۰/۰٤۱ b	۰/۷۲۱ bc
	۳۰۰۰ قسمت درمیلیون	بدون روی	۰/٤۰۸ m	۰/٤۰۰ cde	۲/۷٦۳ ab	۸/۲٦۷ abc	۱/۷۹۵ b	۰/۰٤۸ a	۰/۵٦۱ d
		۳درهزار	۰/۷۰۹ ef	۰/٤۱۵ bcd	۳/۰۰۷ a	۹/۷۳ ab	۱/۵۲۲ c	۰/۰۲۳ def	۰/۷۷۹ a
		۵درهزار	۰/۹۱۵ ab	۰/٤۵۰ ab	۳/٤۲۳ a	۱۰/٦ a	۱/۳٤٤ cdefg	۰/۰۲۵ d	۰/۷٦۸ ab

در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 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 (۰/٤۷٦) و پس از آن محتویات مس در برگ (۰/٤۷٤) می‌باشد (جدول ۵). به‌طورکلی 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 "	۰/٤۸٦**	۰/٤٥۱**	۰/۳٦۷**	۱			
آهن "	۰/۱۲۳ ns	۰/۱۳۲ns	-۰/۱۱ ns	۰/۳۳۷**	۱		
مس "	۰/۳۱۷**	۰/۱۳۷ ns	۰/۷۱ ns	۰/۱۰۹ ns	۰/۳۷۹**	۱	
کارایی مصرف آب	۰/٤۷٦**	۰/۲٤٦*	۰/ ۱۱٥ ns	۰/۳٥٦**	۰/۳۱٤**	۰/٤۷٤**	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 stressand irrigation methods on yield and yield components of two maize hybrids. Journal of Modern Agriculture: (6)18.(In persian)

19- Pierre, C. S., Petersona, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larsona, 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 differingin drought resistance crop science 30: 105- 111

25- Sharif, S., Safari, M. and Imam, Y. 2006. Effects 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