مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۵، شماره ۱، سال ۱۳۸۳ (۲۴۳-۲۳۵)

اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر غلظت و کل جذب عناصر در ذرت

مسعود رفیعی[۱]، حبیب اله نادیان[۲]، قربان نورمحمدی[۳]، مهدی کریمی[٤]
۱، استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان
۲، استاد یار مجتمع عالی کشاورزی ورامین- دانشگاه شهید چمران اهواز
۳، استاد واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی – تهران
٤، دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۷/۹

خلاصه

عملکرد دانه در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) که متأثر از سایر صفات زراعی می‌باشد، شدیدا تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. تنش خشکی و عناصر غذائی از مهمترین این عوامل می‌باشند. بدین منظور تحقیقی با سه سطح تنش خشکی از طریق دور آبیاری بر اساس ۷۰($I_{۷۰}$)، ۶۰ ($I_{۶۰}$) و۵۰ ($I_{۵۰}$) درصد FC ،بعنوان سطوح فاکتور اصلی و عناصر روی در سه سطح صفر ($Zn_{۰}$)، ۱۰($Zn_{۱۰}$) و۲۰ ($Zn_{۲۰}$) کیلو گرم در هکتار Zn از منبع سولفات روی و فسفر در دو سطح صفر($P_{۰}$) و۱۵۰($P_{۱۵۰}$) کیلوگرم در هکتار P_2O_5 در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی بصورت اسپلیت پلات- فاکتوریل در چهار تکرار و طی دو سال به اجرا گذاشته شد. صفات اندازه گیری شده شامل غلظت فسفر، روی، آهن، منگنز و مس در برگ پرچم و دانه و همچنین کل جذب عناصر در دانه بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش غلظت عناصر در برگ پرچم گردید، لیکن به دلیل افت شدید عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی، غلظت این عناصر در دانه افزایش و کل جذب عناصر در دانه کاهش یافت. مصرف بیش از حد فسفر موجب افزایش غلظت آن در برگ پرچم گردید، لیکن غلظت سایر عناصر را کاهش داد. کاربرد روی غلظت این عنصر در برگ پرچم و دانه ذرت را به طور معنی‌داری افزایش داد.

واژه های کلیدی: ذرت، تنش خشکی، فسفر، روی، آهن، منگنز، مس

مقدمه

اثر کمبود روی و دیگر عناصر کم مصرف در خاک، در کاهش تولیدات کشاورزی، مخصوصا در غلاتی همچون ذرت مشهود است. بی دلیل نیست که حدود ۴۰ درصد از مردم جهان که غلات غذای اصلی آنها را تشکیل می‌دهد، از کمبود عناصر ریز مغذی مخصوصا روی (گرسنگی پنهان) رنج می‌برند. گندم، برنج و ذرت، ۹۰ درصد غذای آنان را تشکیل می‌دهد(۸).

تنش عناصر غذائی زمانی رخ می‌دهد که میزان عناصر پائین‌تر یا بالاتر از حد مورد نیاز برای رشد باشد. این حالت ممکن است ناشی از کمبود یا زیاد بودن ذاتی یک عنصر در خاک، تحرک کم عناصرغذائی در خاک، یا شکل شیمیائی عنصر غذائی باشد. عناصر غذائی درون خاک تحت تأثیربرخی فاکتورها مانند جریان توده‌ای آب، ظرفیت جذب خاک و pH خاک می‌باشد (۹).

کمبود روی، آهن، مس و سایر عناصر ریزمغذی در محصولات کشاورزی گسترش جهانی دارد و در خاک‌های ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاک‌های زراعی،پ.هاش بالا، حضور بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری، مصرف فراوان و بیش از نیاز کودهای فسفاته و نهایتا عدم رواج کودهای محتوی روی و دیگر عناصر ریزمغذی عمومیت دارد. آهکی بودن خاکها

مکاتبه کننده: مسعود رفیعی

(pH بالا) در شرایط خشک و نیمه خشک ایران که دارای بارندگی کم است، موجب کاهش شدید در حلالیت عناصر ریزمغذی به ویژه روی می‌گردد و در نتیجه غلظت این عنصر در گیاهان کاهش می‌یابد. مصرف غیر متعادل کودهای پر مصرف به ویژه کودهای فسفاته باعث کاهش حلالیت روی بدلیل اثر متقابل منفی بین فسفر و روی می‌شود. زیادی بی‌کربنات در آبهای آبیاری کشور موجب افزایش غلظت بی کربنات در شیرهٔ سلولی و در نتیجه افزایش pH شیرهٔ سلولی و رسوب روی در آوندها می گردد(۳، ۶، ۱۰، ۱۵) مقدار روی قابل جذب در بسیاری از خاک‌های استان لرستان بدلیل وجود بی‌کربنات فراوان در آب آبیاری و آهکی بودن خاک‌ها کمتر از حد بحرانی است.

خواص خاک‌های آهکی به گونه ایست که قسمت اعظم روی بومی آنها غیر قابل استفاده گیاه می باشد. کودهای شیمیائی نیز اغلب بلافاصله پس از مصرف در این خاک‌ها به شکل کم محلول درآمده و فقط کسر کوچکی از آن توسط کشت نوبت اول قابل بازیابی است و در کشت‌های بعدی به تدریج آزاد و قابل استفاده برای گیاه می‌گردد. بازیابی کود روی در خاک‌های آهکی بسیار کم است که علت آن به تبدیل سریع روی محلول به روی بی‌کربناتی کم محلول نسبت داده شده است (۳، ۱۶).

استفاده زیاد از کودهای فسفره نه تنها باعث کاهش عملکرد ذرت میشود (۱۳) بلکه در خاک‌هایی که مقدار روی قابل استفاده کمی دارند باعث بروز کمبود تحمیلی روی در گیاه می‌شود. بروز این کمبود هم به خاک و هم به مسائل فیزیولوژیک گیاه بر می‌گردد. در خاک، روی با فسفر می‌تواند تشکیل ترکیبات کم محلول و مقاومی را بدهد که از مقدار روی قابل جذب توسط گیاه می‌کاهد. همچنین موجودی زیاد فسفر خاک باعث کاهش رشد ریشهٔ گیاه و حجم میکوریز آن شده که کاهش جذب روی توسط گیاه را به دنبال خواهد داشت. در داخل گیاه هم وجود غلظت‌های بالای فسفر باعث کاهش حلالیت روی و کاهش انتقال آن از ریشه‌ها به سایر قسمت‌های گیاه می‌شود (۴، ۱۴).

فسفر و روی علاوه بر اثر متقابل با یکدیگر، با دیگر مغذی‌های معدنی مانند آهن، منگنز و مس اثرات متقابل دارد. به گزارش لئون و کوشین (۱۹۹۱) تعدادی از محققین دریافته‌اند که مس و روی در جذب با هم رقابت داشته و سیستم جذب و انتقال آنها برای هر دو یکسان است. بین روی و آهن نیز اثر متقابل وجود دارد (۲). اوکی (۱۹۸۴) در آزمایشی تأثیر کمبود و سمیت منگنز را در رشد و ترکیب شیمیائی گندم بررسی نمود و مشاهده نمود که با افزایش غلظت منگنز در گیاه، میزان فسفر و آهن به صورت خطی کاهش یافت.

با استعمال مقدار کافی روی در خاک، مقدار روی مورد نیاز برای رشد مطلوب گیاه فراهم می‌گردد، حتی در مواقعی که روی موجود در گیاه به خاطر رشد زیاد گیاه و در اثر استعمال فسفر رقیق گردد. البته در شرایط عدم تعادل، به دلیل فراوانی عوامل محدود کننده رشد، تأثیر عناصر کم مصرف ناچیز خواهد بود (۶). کریمیان (۱۳۷۳) با مصرف سولفات روی در مزارع ذرت اکثر مناطق کشور دریافت که مصرف روی در اغلب خاک‌ها موجب افزایش وزن خشک گیاه و در همهٔ آنها باعث افزایش غلظت روی و جذب کل روی توسط ذرت گردید.

در این مقاله تأثیر تنش خشکی و کاربرد مقادیرمختلف روی و اثر مصرف بیش از حد فسفر بر غلظت فسفر و برخی عناصر ریزمغذی در دانه و برگ پرچم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های زراعی ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ در مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان واقع در خرم آباد (۲۹درجه و ۳۳ دقیقه شمالی، ۲۱ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و ۱۱۷۱ متر ارتفاع از سطح دریا) با استفاده از ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد.

آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی بصورت اسپلیت پلات – فاکتوریل و با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد مطالعه شامل تنش خشکی از طریق آبیاری بر اساس رسیدن رطوبت خاک به ۷۰ ($I_{۷۰}$)، ۶۰ ($I_{۶۰}$) و۵۰ ($I_{۵۰}$) درصد ظرفیت مزرعه (FC) در کرتهای اصلی و روی در سه میزان صفر ($Zn_{۰}$)، ۱۰($Zn_{۱۰}$) و۲۰ ($Zn_{۲۰}$) کیلو گرم در هکتار Zn از منبع سولفات روی آبدار (ZnSO4 7H2O) و فسفر در دو میزان صفر($P_{۰}$) و۱۵۰ ($P_{۱۵۰}$) کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع فسفات آمونیوم بصورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بود.

درصد رطوبت خاک در فواصل زمانی بین دو آبیاری در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری و زمان آبیاری براساس رسیدن رطوبت خاک به مقادیر مورد نظر تیمارهای آبیاری تعیین شد. میزان آب آبیاری با استفاده از درصد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه و درصد رطوبت خاک در زمان آبیاری و با توجه به حداکثر عمق نفوذ ریشه در خاک محاسبه گردید، و بدین ترتیب پس از هر بار آبیاری در کلیه تیمارها درصد رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسید. میزان آب داده شده به هر کرت بر اساس توزیع آب با راندمان ۸۵ درصد با استفاده از پمپ آب کنترل شد. اعمال تیمارهای تنش خشکی از مرحله سه برگی یعنی پس از استقرار گیاهان در مزرعه آغاز شد.

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم پائیزه، دیسک، تسطیح وتهیهٔ جوی و پشته اجرا گردید. هر کرت شامل ۸ ردیف ۶ متری با فاصله ۷۵ سانتی متر از یکدیگر بود. بر اساس نتایج تجزیه فیزیکوشیمیائی خاک قبل از اجرای آزمایش، مقدار نیتروژن مورد نیاز ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار توصیه شد و میزان فسفر و روی به ترتیب ۱۴/۵ و ۱/۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. تمام عناصر روی و فسفر و نیمی از اوره (۱۰۰ کیلو گرم در هکتار N) قبل از کاشت به خاک اضافه شد. بدین منظور کودهای مختلف با یکدیگر مخلوط و در وسط پشته در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری در خاک قرار داده شد(۶). بقیهٔ اوره در مرحله شش برگی به خاک اضافه گردید. کاشت بصورت کپه ای (سه بذر در هر چاله در عمق ۵ تا ۷ سانتی متری وسط پشته) با فاصله ۲۰ سانتی متر بین بوته های روی ردیف در دهۀ سوم اردیبهشت با دست انجام شد. در زمان تنک در مرحلهٔ ۴ تا ۶ برگی یک بوته سالم و قوی از هر کپه نگهداری و بقیهٔ بوته ها حذف گردید و بدین ترتیب بطور متوسط تراکم ۶/۷ بوته در متر مربع بدست آمد. وجین علفهای هرز در طول فصل رشد به صورت دستی انجام گرفت.

در مرحلهٔ گلدهی از ردیف های شمارهٔ ۲ و ۷ هر کرت و بطور تصادفی از برگ پرچم ۵ بوته، و در زمان رسیدگی از محصول دانه نمونه هائی جهت تجزیه تهیه گردید. نمونه ها پس از شستشو خشک، و با آسیاب برقی مخصوص پودر شد. در نهایت بر روی نمونه های پودر شده تجزیه های فیزیکوشیمیائی لازم شامل تعیین مقدار فسفر، روی، آهن، منگنز و مس انجام گردید. جهت تعیین درصد فسفر در نمونه های گیاهی از روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، و آب اکسیژنه استفاده گردید. پس از تهیه عصاره، با روش نورسنجی (رنگ زرد وانادات مولیبدات) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان فسفر گیاه اندازه گیری شد. به منظور تعیین عناصر غذائی کم مصرف در نمونه های گیاهی از روش هضم از طریق سوزاندن خشک و ترکیب H Cl استفاده گردید. پس از تهیه عصاره، عناصر روی، آهن، منگنز و مس با روش جذب اتمی شعله ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل G BCAventa, ver.1.31 اندازه گیری گردیدند. جذب کل عناصر توسط بذر از حاصل ضرب غلظت عناصر جذب شده توسط دانه در عملکرد دانه بدست آمد(۱).

صفات اندازه گیری شده فوق با استفاده از نرم افزارهای MINITAB ، SPSS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس چند متغیره

پس از آزمون بارتلت و اطمینان از صادق بودن فرضیات تجزیه واریانس مانند یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس صفات انجام گرفت. به منظور مطالعهٔ تأثیر تیمارها بر مجموع صفات اندازه گیری شده از تجزیه واریانس چند متغیره (MANOVA) استفاده شد. نتایج این آزمون به تفکیک دو سال آزمایش(جدول ۱) نشان داد که تأثیر تنش کمبود آب، روی، فسفر و اثر متقابل تنش خشکی × فسفر به روش Wilk's بر مجموعهٔ صفات مورد مطالعه معنی دار بود. تجزیه واریانس مرکب چند متغیره نیز حاکی از تأثیر معنی دار اثر سال بود. معنی دار بودن اثر سال نشان دهنده تغییر در جذب عناصر غذائی در سال های مختلف است، زیرا جذب عناصر توسط گیاه فرایندی است که تابع عوامل مختلف محیطی بویژه غلظت، درجه حرارت، رطوبت خاک، موجودی سایر عناصر در خاک قرار می گیرد(۲).

اثر تنش خشکی، فسفر و اثر متقابل تنش خشکی × فسفر نیز تأثیر معنی داری بر مجموعهٔ صفات اندازه گیری شده داشت. جریان توده ای آب در خاک از عوامل مؤثر بر فراهمی و جذب

جدول۱- تجزیه واریانس سالیانه و مرکب چند متغیره (MANOVA) بر روی غلظت عناصر در دانه و برگ پرچم به روش Wilk's

منبع تغییرات	میانگین مربعات
سال	۰/۰۱*
تنش کمبود آب	۰/۰۰۲**
سال× تنش کمبود آب	۰/۳۱۲ns
اشتباه	۰/۰۵۵
روی	۰/۳۰۶**
فسفر	۰/۰۲۱۴**
روی × فسفر	۰/۲۴۱ns
سال × روی	۰/۳۱۵ns
سال × فسفر	۰/۴۲۸ns
سال × روی × فسفر	۰/۱۱۱ns
تنش کمبود آب × روی	۰/۲۱۸ns
تنش کمبود آب × فسفر	۰/۰۲۲**
تنش کمبود آب × روی × فسفر	۰/۵۷۶ns
سال × تنش کمبود آب × روی	۰/۵۷۶ns
سال × تنش کمبود آب × فسفر	۰/۲۲۳ns
سال × تنش کمبود آب × روی × فسفر	۰/۵۷۶ns

منبع تغییرات	میانگین مربعات	
	۱۳۷۸	۱۳۷۹
تکرار	۰/۰۸۸**	۰/۱۶۱*
تنش کمبود آب	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۲**
اشتباه	۰/۰۳۹	۰/۰۲۴
روی	۰/۲۹۷*	۰/۱۹۰**
فسفر	۰/۰۸۹**	۰/۱۳۹**
روی × فسفر	۰/۵۷۶ns	۰/۵۱ns
تنش کمبود آب × روی	۰/۱۵۹ns	۰/۲۶۴ns
تنش کمبود آب × فسفر	۰/۰۹۳**	۰/۱۴۲**
تنش کمبود آب × روی × فسفر	۰/۳۱۶ns	۰/۲۵۴ns

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

عناصر می‌باشد(۹)، و همین امر موجب معنی دار شدن تأثیر تنش خشکی بر جذب مجموعه عناصر گردیده است. معنی دار شدن اثر فسفر و روی حاکی از تأثیر کاربرد این عناصر بر جذب آنها و دیگر عناصر بود، زیرا غلظت هر عنصر از یک طرف یکی از عوامل مهم و مؤثر بر جذب آن عنصر توسط گیاه می باشد و از طرف دیگر بر جذب سایر عناصر تأثیر می گذارد(۲).

در میان اثر متقابل دو گانه و سه گانه تنها اثر متقابل تنش خشکی × فسفر (جدول ۱) معنی دار گردید. چنین استنباط می شود که در شرایط متفاوت رطوبتی خاک تأثیر فسفر بر جذب یکسان نبوده است، زیرا از یک طرف جریان توده ای آب از عوامل مؤثر بر حرکت فسفر در خاک به سمت ریشه می باشد و از طرف دیگر غلظت فسفر در ناحیه توسعه ریشه بر جذب فسفر و دیگر عناصر توسط ریشه مؤثر است(۹).

تجزیه واریانس تک متغیره

با توجه به نتایج فوق و جهت بررسی عکس العمل تک تک صفات به تیمارهای آزمایشی، تجزیه واریانس ساده(ANOVA) مورد استفاده قرار گرفت. در جداول ۲ و ۳ نتایج تجزیه واریانس ساده دو سال آزمایش و در جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داده شده است.

تنش خشکی

کاهش جریان توده ای آب ناشی از تنش کمبود آب موجب اخلال در جذب عناصر توسط گیاه می گردد(۹). در این آزمایش تنش خشکی سبب کاهش غلظت عناصر اندازه گیری شده شامل فسفر، روی، آهن، منگنز و مس در برگ پرچم در زمان گلدهی شد. غلظت فسفر از ۰/۴۱ درصد در Iv. به ۰/۳۱ و ۰/۲۵ درصد به ترتیب در $I_{۶۰}$ و $I_{۵۰}$ کاهش یافت. غلظت روی از ۲۶/۸ به ۱۸/۱ و ۱۴/۹ میکروگرم بر گرم ماده خشک، غلظت آهن از ۷۶/۰ به ۷۲/۱ و ۶۹/۰ ، غلظت منگنز از ۹۶/۴ به ۸۰/۹ و ۷۸/۶ و بالاخره غلظت مس از ۶/۹ به ۶/۸ و ۶/۷ میکروگرم بر گرم ماده خشک برگ رسید(جدول ۵). این کاهش برای فسفر، روی، آهن و منگنز معنی دار، ولی برای مس معنی دار نبود(جدول ۴).

حد بحرانی عناصر در برگ ذرت برای فسفر ۰/۴-۰/۲۵ درصد، و برای روی ۷۰-۲۰ ، آهن ۱۲۰، منگنز ۷۰ و مس ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است (۷). همانگونه که ملاحظه می‌شود غلظت کلیهٔ عناصر (بجز آهن و

مس) در شرایط مطلوب رطوبتی در حد کفایت بوده است، ولی تنش خشکی موجب کاهش غلظت تمام عناصر ضروری فوق شده است.

علی رغم کاهش غلظت عناصر در برگ با تشدید تنش خشکی، غلظت عناصر در دانه افزایش یافت، ولی کل جذب عناصر توسط دانه کاهش نشان داد(جدول ۵). علت این امر کاهش شدید عملکرد دانه با افزایش شدت تنش خشکی است که موجب کوچک شدن مخزن فیزیولوژیک عناصر (دانه) و در نتیجه افزایش غلظت و کاهش کل جذب عناصر در دانه گردیده است. برای مثال غلظت روی از ۰/۲۲ در I_{v0} به ۰/۲۸ و ۰/۳۶ میکروگرم بر گرم ماده خشک دانه به ترتیب در I_{60} و I_{50} افزایش یافت، در حالیکه کل جذب روی از ۰/۱۳۶ به ۰/۰۹۲ و ۰/۰۵۳ کیلوگرم در هکتار رسید.

روی

کاربرد کود روی غلظت این عنصر در برگ پرچم و دانه ذرت را افزایش داد (جداول ۴ و ۵). غلظت روی از ۱۸/۹ در Zn_0 به ۲۰/۹۱ و ۲۰/۵۶ میکروگرم بر گرم ماده خشک برگ به ترتیب در Zn_{10} و Zn_{20} و از ۱۳/۹ در Zn_0 به ۱۴/۶۱ و ۱۴/۸۵ میکروگرم بر گرم ماده خشک دانه به ترتیب در Zn_{10} و Zn_{20} افزایش یافت. چنین استنباط می شود که مصرف روی باعث غنی سازی مواد غذائی همچون ذرت از نظر روی می شود. نتایج آزمایشات متعدد نیز نشان داده اند که مصرف کودهای محتوی روی در کشور باعث افزایش غلظت این عنصر در گیاه گردیده‌اند (۳، ۴). کل جذب روی در دانه تحت تأثیر کاربرد روی قرار نگرفت(جداول ۲، ۳ و ۴) که علت آن مربوط عدم تأثیر روی بر عملکرد دانه(جدول ۴) می باشد. مصرف روی تأثیری بر غلظت و کل جذب سایر عناصر نداشت، به عبارت دیگر مقادیر روی به کار رفته در این آزمایش نتوانسته است عامل بازدارنده ای برای جذب سایر عناصر باشد.

فسفر

مصرف بیش از حد فسفر مازاد بر حد بحرانی موجب افزایش غلظت این عنصر در برگ پرچم و دانه گردید، اما غلظت سایر عناصر در گیاه را کاهش داد. این اثر در برگ برای تمام عناصر بجز مس و در دانه برای فسفر، روی و آهن معنی دار بود(جدول ۴). مقایسه میانگین صفات نشان داد که کل جذب فسفر در دانه افزایش یافت ولی در مورد سایر عناصر کاهش نشان داد، هرچند این تغییرات بجز در مورد روی و آهن معنی‌دار نبود (جداول ۴ و ۵). بعبارت دیگر فسفر زیاد در جذب با سایر عناصر بویژه روی و آهن رقابت داشته و غلظت و کل جذب عناصر ریزمغذی در گیاه را کاهش داده است. صحت این نتایج با توجه به اظهارات لئون و کوشین(۱۹۹۱)، و اوکی(۱۹۸۴) مبنی بر وجود اثر متقابل میان فسفر با دیگر عناصر مورد تأئید است.

جدول۲- تجزیه واریانس ساده (ANOVA) بر روی غلظت عناصر در دانه و برگ پرچم در سال ۱۳۷۸.

منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت عناصر در برگ پرچم:					غلظت عناصر در دانه:					کل جذب عناصر در دانه:				
		P	Zn	Fe	Mn	Cu	P	Zn	Fe	Mn	Cu	P	Zn	Fe	Mn	Cu
		درصد	میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک				درصد	میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک				کیلوگرم بر هکتار ماده خشک				
تکرار	۳	۰/۰۲	۵/۳۱	۱۳/۴۱۳	۱/۷	۲/۹۳۸	۰/۰۰۱*	۱/۰۷۱	۴۱/۷۴	۱/۵۴	۲/۳۰	۰/۰۴	۶۶/۳۸	۱۳۴۵/۳	۱۴۲/۰۲	۶۵/۴۶
تنش کمبود آب	۲	۰/۱۴**	۱۰۶۱**	۳۸۸/۳**	۱۳۹۷/۱**	۰/۴۰۵	۰/۱۱۷**	۱۹/۴**	۸۰/۰۴	۱۱/۶۹	۰/۶۰	۳/۰۴**	۱۷۹/۲	۲۴۸۲/۳	۳۳۶/۵۶	۴۰/۷۸
اشتباه (۱)	۶	۰/۰۰۵	۱۴/۵۹	۶/۱۳۶	۲۷/۸۷	۰/۶۶	۰/۰۰۰۲	۰/۴۲۵	۲۷/۴۵	۴/۶۵	۰/۸۴	۰/۰۷۵	۹۵/۶۴	۱۳۱۵/۳	۲۶۰/۲۹	۳۸/۳۸
روی	۲	۰/۰۰۱	۲۱۰/۹۳*	۱۱/۷۸۸	۷/۱۷	۰/۷۲	۰/۰۰۰۲	۱۸/۵۵*	۱۶/۳۵	۲/۶۰۱	۰/۱۹۸	۰/۰۰۹	۹۳/۸۲	۶۴۱/۶	۱۱۱/۳۶	۱۲/۸
فسفر	۱	۰/۱۱**	۲۶۹/۵**	۱۶۷/۸**	۲۷۹/۳**	۱/۹۷	۰/۰۶۳**	۸۲/۶**	۷۰/۱۵	۰/۰۱	/۰۰۹	۲/۷۵۷**	۳۲۳۶**	۱۹۷۱/۵	۱/۱۴	۳/۲۲
روی × فسفر	۲	۰/۰۰۲	۳/۶۵	۷/۴۵	۱۴/۱۹	۰/۵۳۴	۰/۰۰۰۱	۰/۲۶۳	۴۲/۱	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۰۰۶	۱۰/۹۴	۱۸۶۷/۲	۲۱/۷۴	۱۵/۲۸
تنش × روی	۴	۰/۰۰۰۵	۳/۵۹	۷/۰۱	۰/۶۱	۰/۷۹۳	۰/۰۰۲	۱/۴۹۴	۱۵/۹۷	۱/۲۱	۰/۸۱	۰/۰۷۲	۷۱/۸۸	۷۰۵	۵۰/۳۶	۳۳/۸۸
تنش × فسفر	۲	۰/۰۱	۶۳/۷۴*	۱۶/۶۶۳	۲۴/۸۶	۰/۰۸۱	۰/۰۰۹*	۵/۸۵**	۷۸/۶۳*	۷/۶**	۰/۳۹	۰/۳۲*	۱۸۴/۳*	۳۰۲۵/۹*	۳۱۲/۶**	۱۵/۵۷
تنش× روی×فسفر	۴	۰/۰۰۲	۱/۲۸	۱۲/۳۷۶	۱۳/۱۲	۱/۰۹۲	۰/۰۰۰۲	۰/۹۹۴	۱۹/۴	۰/۳۷	۰/۱۴	۰/۰۰۸	۴۶/۶۲	۷۸۶/۶	۱۵/۵	۵/۶۶
اشتباه (۲)	۴۵	۰/۰۰۳	۱۶/۶۹	۵/۴۷۲	۲۰/۴۵	۰/۶۴۷	۰/۰۰۲۲	۱/۰۸۶	۱۷/۳۹	۰/۹۲	۰/۸۴	۰/۰۹۳	۴۳/۳۳	۷۹۹/۷	۴۰/۸۱	۳۷/۴۸

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

جدول۳- تجزیه واریانس ساده (ANOVA) بر روی غلظت عناصر در دانه و برگ پرچم در سال ۱۳۷۹

منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت عناصر در برگ پرچم:					غلظت عناصر در دانه:					جذب کل عناصر در دانه:				
		P	Zn	Fe	Mn	Cu	P	Zn	Fe	Mn	Cu	P	Zn	Fe	Mn	Cu
		درصد	میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک				درصد	میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک				کیلوگرم بر هکتار ماده خشک				
تکرار	۳	۰/۰۰۵	۱۹/۹۲	۶/۵۱	۷۸/۶۳	۲/۵**	۰/۰۰۴	۰/۰۹	۴۹/۲	۲/۰۹	۱/۱۵	۰/۱۴۵	۲۴۴	۲۲۰۳	۲۴۱/۱۸	۹۰/۳۶
تنش کمبود آب	۲	۰/۱۷**	۹۰۵**	۲۹۹**	۲۲۵۲**	۰/۳۱	۰/۱۱**	۲۶/۸**	۳۶۷*	۰/۸۲	۰/۳۲	۶/۱۶۸**	۷۲۷۶۹**	۱۱۵۲۶۱**	۹۵۸۴**	۵۰۰۷**
اشتباه (۱)	۶	۰/۰۰۲	۳۵/۹۴	۳/۴۵	۹۷/۸۸	۰/۱۹	۰/۰۰۵	۰/۱۴	۴۰/۹۸	۱/۹۶	۱/۱۸	۰/۰۹۵	۳۵۳/۸	۱۱۲۶	۱۲۸/۵*	۱۰۷/۴۹
روی	۲	۰/۰۰۲	۵۲/۴*	۲۶/۵*	۹/۴۱	۰/۷۷	۰/۰۰۲	۲/۵۳*	۱۹/۳۷	۲/۷۲	۰/۵۸	۰/۱۵۱	۲۳۸/۶	۴۳۶	۲۰۷/۳*	۱۸/۴۲
فسفر	۱	۰/۱۰**	۵۷۹/۱**	۱۱۷**	۴۰۲**	۲/۵۲	۰/۰۶*	۳۵/۹**	۱۴۹**	۰/۱۲	۰/۰۲	۱/۱۰**	۴۳۶۶**	۱۶۷۶۰**	۰/۹۵	۸۵/۸۱
روی × فسفر	۲	۰/۰۰۰۲	۱۷/۷۲	۱۷/۲۲	۰/۷۸	۰/۱۹	۰/۰۰۲	۰/۲۱	۴۷/۲۴	۰/۵۹	۰/۸۹	۰/۰۸۶	۸/۲	۲۶۷۱*	۷/۷۸	۱۹/۴۶
تنش × روی	۴	۰/۰۰۰۹	۳۳/۸	۴/۳۱	۲۲/۶۹	۰/۱۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲	۶/۶۸	۱/۱۶	۰/۳۴	۰/۰۶۷	۱۰/۵	۵۳۳	۵۵۵/۵**	۹/۱۲
تنش × فسفر	۲	۰/۰۲**	۶/۶۲	۹/۴۶	۵۴/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۰۲	۱/۴۸	۰/۶۸	۲/۲	۰/۶۱	۰/۱۲۵	۲۱/۶	۸۱	۴۱۴/۳**	۴۸/۰۱
تنش× روی×فسفر	۴	۰/۰۰۰۳	۵/۴۶	۶/۵۵	۶/۷۳	۰/۵۲	۰/۰۰۲	۰/۱۷	۱۴/۴۶	۳/۱۶	۰/۳۵	۰/۰۹	۰/۳	۷۳۲	۱۰۷/۰۸	۹/۲۱
اشتباه (۲)	۴۵	۰/۰۰۲	۱۳/۹۴	۶/۵۶	۴۳/۵۲	۰/۷۴	۰/۰۰۲	۰/۷۴	۱۸/۶۱	۰/۸۸	۰/۳۵	۰/۰۹۱	۱۰۵/۹	۷۹۶	۴۳/۶۸	۲۲/۲۱

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

جدول۴- تجزیه واریانس مرکب (ANOVA) بر روی غلظت عناصر در دانه و برگ پرچم

منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت عناصر در برگ پرچم:					غلظت عناصر در دانه:					جذب کل عناصر در دانه:				
		P	Zn	Fe	Mn	Cu	P	Zn	Fe	Mn	Cu	P	Zn	Fe	Mn	Cu
		درصد	میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک				درصد	میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک				کیلوگرم بر هکتار ماده خشک				
سال	۱	۰/۰۰۰۶	۳/۹	۱۵۷۹۴**	۱۲۰۵۴*	۲۳**	۰/۰۰۰۰۱	۲۵۸۸**	۱۷/۷۸	۶/۳	۳/۵**	۰/۱۳*	۱۲۳۹۳۸	۱۲۵۸	۹۶۲/۹	۳۶۹/۱۸
تنش کمبود آب	۲	۰/۳**	۱۹۶۱**	۶۸۴/۱**	۳۴۰۷/۲*	۰/۲	۰/۲۶**	۴۵/۱۲۲*	۳۹۳	۹/۳	۰/۴	۱۲/۱۳*	۸۲۵۰۷**	۲۶۷۵۹۰**	۱۴۶۰۶*	۸۹۵/۲**
سال× تنش	۲	۰/۰۰۱	۴/۳۶	۳/۲۸	۲۴۱/۴۱*	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۱/۰۱۸	۵۴/۰۹	۳/۲	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۸۸۹۵**	۱۹۸۳	۳۷۳/۷۲	۳۱/۷۹
اشتباه (۱)	۱۸	۰/۰۰۷	۲۱/۰۵	۶/۵۲	۵۵/۳	۱/۲۰۲	۰/۰۰۳	۰/۳۸۲	۳۷/۹۷	۲/۸	۱/۲۵	۰/۰۹۳	۱۸۴/۴	۲۰۷۴	۲۱۹/۲۵	۶۴/۸۳
روی	۲	۰/۰۰۲	۹۵/۰۹*	۲۷/۸۴	۱۵/۷۴	۱/۳۶۵	۰/۰۰۲	۴۰/۱۶*	۱۱/۳۱	۳/۷	۰/۷۳	۰/۱۹۳	۴۴	۳۴۹	۱۴۲/۲۱	۴۶/۳
فسفر	۱	۰/۲۰**	۸۱۹/۳۹*	۲۸۲/۵۲*	۶۷۵/۵۷*	۰/۰۱۷	۰/۱۲۶*	۱۱۳/۷۱۹*	۲۱۱/۵*	۰/۱	۰/۰۰۱	۱/۶۶	۸۹۸۰**	۲۲۷۲۳**	۶۵/۴۱	۹۱/۲۸
روی × فسفر	۲	۰/۰۰۱	۱۰/۷۵	۱۳/۶۲	۹/۹۲	۰/۲۷۹	۰/۰۰۱	۰/۳۹۶	۳۴/۹	۰/۲	۰/۱۲	۰/۰۲۷	۳/۱	۱۱۹۹	۵/۲۹	۰/۴۸
سال × روی	۲	۰/۰۰۰۷	۸/۲۳	۱۰/۴۶	۰/۸۳	۰/۱۲۴	۰/۰۰۰۵	۰/۳۷۲	۲۴/۴۲	۱/۶	۰/۰۶	۰/۰۵۳	۱/۹	۵۸۱	۱۲۷/۸*	۴/۹۹
سال × فسفر	۱	۰/۰۰۰	۲۹/۲۵	۲/۲۸	۵/۵۶	۴/۴۸*	۰/۰۰۰	۴/۷۷۹*	۲۹/۷	۰/۰۲۸	۰/۰۳	۰/۰۳۸	۱/۸	۱۰۴۶	۴۴/۹۷	۱۲/۵۷
سال× روی×فسفر	۲	۰/۰۰۱	۱۰/۶۲	۱/۰۵	۵/۰۵	۰/۴۴۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۷۹	۵۴/۴۴	۰/۸۱۷*	۱/۱۵	۰/۰۶۸	۹/۹	۲۵۶۱	۳۸/۳۳	۳۱/۳۳
تنش × روی	۴	۰/۰۰۱	۲۶/۷۸	۹/۱۹	۸/۰۹	۰/۷۳۹	۰/۰۰۱	۰/۶۸۵	۱۷/۵۹	۶/۴۵	۰/۱۹	۰/۰۸	۸۹/۸	۱۴۶۰*	۳۹۵/۷۵	۲۰/۶
تنش × فسفر	۲	۰/۰۳*	۱۵/۰۲	۱۹/۱۸*	۷۶/۰۲*	۰/۰۵۷	۰/۰۰۹	۶/۶۱	۳۷/۱۶	۱۳/۰	۰/۳۹	۰/۰۷۸	۱۹/۶	۴۳۳	۳۴۶/۵	۱۹/۵۳
تنش × روی × فسفر	۴	۰/۰۰۱	۴/۶۸	۳/۲	۱/۱۶	۰/۸۵۳	۰/۰۰۱	۰/۸۱۱	۱۷/۵۷	۲/۲۶	۰/۲۴	۰/۰۷	۲۱/۸	۶۱۵	۱۰۲/۰۶	۱۲/۰۹
سال× تنش× روی	۴	۰/۰۰۰۲	۱۰/۶۱	۲/۱۴	۱۵/۲	۰/۱۸۳	۰/۰۰۱	۰/۸۳۳	۵/۰۷	۳/۹۱	۰/۹۶	۰/۰۵۸	۵۷/۷	۱۰۵	۱۹۶/۳**	۳۴/۹
سال×تنش×فسفر	۲	۰/۰۰۰۴	۵۵/۳۵*	۶/۹۴	۲/۹۹	۰/۰۷۶	۰/۰۰۲	۰/۷۲۶	۴۲/۱۵	۴/۷۸	۰/۶۲	۰/۰۵	۴/۷	۸۴۸	۳۰۷/۵**	۵۷/۹۲
سال×تنش×روی×فسفر	۴	۰/۰۰۱	۲/۰۶	۵/۷۳	۱۸/۷	۰/۷۶۴	۰/۰۰۰۹	۰/۳۵۵	۱۶/۲۹	۱/۲۷	۰/۲۵	۰/۰۴	۲۴	۷۴۶	۲۹/۶۸	۲/۹۶
اشتباه (۲)	۹۰	۰/۰۰۳	۱۵/۳۱	۶/۰۲	۳۱/۹۸	۰/۶۹۲	۰/۰۰۲	۰/۹۱۲	۱۸	۰/۸۹	۰/۶	۰/۰۹	۷۳/۴	۸۷۸	۳۹/۹۲	۳۰/۹۹

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

جدول۵- مقایسه میانگین غلظت عناصر در گیاه به روش دانکن

تیمار	غلظت عناصر در برگ پرچم:					غلظت عناصر در دانه:					کل جذب عناصر در دانه:				
	P	Zn	Fe	Mn	Cu	P	Zn	Fe	Mn	Cu	P	Zn	Fe	Mn	Cu
	درصد	میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک				درصد	میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک				کیلوگرم بر هکتار ماده خشک				
$I_{۷۰}$	0.49a**	۲۷/۳a	۸۶/۷۲a	۸۵/۳۳a	۷/۳۱a	۰/۲۲c	۱۳/۴۷c	۲۵/۴۰c	۵/۹۶a	۴/۲۳a	۲۲/۱a	۰/۱۳۶a	۰/۲۵۵a	۰/۰۵۷a	۰/۰۴۳a
$I_{۶۰}$	0.41b	۱۸/۰b	۸۲/۶۴b	۷۴/۱۸b	۷/۱۷a	۰/۲۸b	۱۴/۴۷b	۲۹/۵۱b	۵/۸۹a	۴/۴۵a	۱۷/۷b	۰/۰۹۲b	۰/۱۸۸b	۰/۰۴۰b	۰/۰۲۸b
$I_{۵۰}$	0.30c	۱۵/۰c	۷۹/۱۸c	۶۸/۸۱c	۷/۰۷a	۰/۳۶a	۱۵/۴۱a	۳۰/۹۱a	۵/۶۶a	۴/۴۸a	۱۲/۰c	۰/۰۵۳c	۰/۱۰۶c	۰/۰۲۲c	۰/۰۱۵c
Zn.	0.40a	۱۸/۹b	۸۲/۷۷a	۷۶/۳۲a	۷/۱۷a	۰/۲۹a	۱۳/۱۰b	۲۹/۱۳a	۵/۹۲a	۴/۴۹a	۱۷/۰a	۰/۰۹۵a	۰/۱۸۶a	۰/۰۴۰a	۰/۰۲۹a
$Zn_{۱۰}$	0.39a	۲۰/۹a	۸۲/۸۰a	۷۵/۷۸a	۷/۱۸a	۰/۲۹a	۱۴/۹۱a	۲۸/۱۸a	۵/۹۴a	۴/۴۲a	۱۸/۰a	۰/۰۹۵a	۰/۱۸۱a	۰/۰۴۰a	۰/۰۲۹a
$Zn_{۲۰}$	0.41a	۲۰/۶a	۸۳/۱۱a	۷۶/۰۲a	۷/۱۶a	۰/۲۸a	۱۵/۳۵a	۲۸/۵۱a	۵/۶۴a	۴/۲۵a	۱۶/۸a	۰/۰۹۶a	۰/۱۸۲a	۰/۰۴۰a	۰/۰۲۹a
P.	0.29b	۲۲/۵a	۸۴/۲۵a	۷۸/۲۷a	۷/۲۰a	۰/۲۶b	۱۵/۳۴a	۲۹/۸۲a	۵/۸۷a	۴/۳۹a	۱۶/۲a	۰/۱۰۲a	۰/۱۹۵a	۰/۰۴۱a	۰/۰۲۹a
$P_{۱۵۰}$	0.52a	۱۷/۷b	۸۱/۴۴b	۷۳/۹۴b	۷/۱۸a	۰/۳۲a	۱۳/۵۶b	۲۷/۳۹b	۵/۸۰a	۴/۳۹a	۱۸/۳a	۰/۰۸۶b	۰/۱۷۰b	۰/۰۳۹b	۰/۰۲۸b

* $I_{۷۰}$، $I_{۶۰}$ و $I_{۵۰}$: آبیاری زمانی که درصد رطوبت خاک به ترتیب به۷۰ (شرایط مطلوب)، ۶۰ (تنش متوسط)و ۵۰ (تنش شدید) درصد ظرفیت مزرعه رسید؛ Zn.، $Zn_{۱۰}$ و $Zn_{۲۰}$: به ترتیب صفر، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم Zn در هکتار؛ P. و $P_{۱۵۰}$: به ترتیب صفر و ۱۵۰ کیلوگرم P2O5 در هکتار.

** در هر ستون تفاوت دو میانگین که حرف مشترک دارند در سطح احتمال ۵ ٪ معنی دار نیست.

اثرات متقابل

نتایج تجزیه مرکب (جدول ۴) نشان داد که در برگ اثر متقابل سال × فسفر برای مس و تنش خشکی × فسفر برای فسفر، آهن و منگنز معنی دار شد. بعبارت دیگر فسفر در جذب با سایر عناصر رقابت داشته و تنش کمبود آب این اثر را تشدید می نماید. در دانه اثر متقابل سال × فسفر برای روی معنی دار گردید. این نتیجه نشان می دهد که تأثیر منفی فسفر بر جذب روی در سال های مختلف متفاوت بوده است که دلیل آن تغییر شرایط آب و هوائی طی دو سال اجرای آزمایش می باشد که می تواند بر رشد و فعالیت ریشه و همچنین ارتباطات همزیستی میان ریشه با قارچ های میکوریز اثر گذارد. معنی دار بودن اثر متقابل تنش خشکی با سایر تیمارها بر کل جذب عناصر در دانه حاکی از تأثیر شدید تنش خشکی بر عملکرد و تشدید رقابت میان عناصر مختلف در جذب می باشد.

مراجع مورد استفاده REFERENCES

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۱۸۲. چاپ اول. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران.
۲. سالاردینی، ع. ا.، و م. مجتهدی. ۱۳۶۷. اصول تغذیه گیاه (ترجمه). جلد دوم. چاپ اول. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. تهران.
۳. کریمیان، ن. ۱۳۷۳. اثر باقیماندهٔ سولفات روی بر فرم های شیمیائی روی در خاک و رابطهٔ بین این فرم ها با جذب روی توسط گیاه. گزارش طرح پژوهشی معاونت ژوهشی دانشگاه شیراز. شمارهٔ ۸۱. شیراز.
۴. معافپوریان، غ. ۱۳۷۳. اثر منابع روی و اسید سولفوریک بر رشد و جذب روی در گیاه ذرت و شکل های شیمیائی روی در خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
۵. مقدم، م.، س. ا. محمدی شوطی. و م. آقائی سربرزه. ۱۳۷۳. آشنائی با روش های آماری چند متغیره (ترجمه). انتشارات پیشتاز علم. تهران.
۶. ملکوتی،م.ج. و م.آ.لطف اللهی.۱۳۷۸. نقش روی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و سلامت جامعه(روی عنصر فراموش شده).نشر آموزش کشاورزی.

۷. ملکوتی،م.ج. و م. م. طهرانی. ۱۳۷۷. نقش ریزمغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی «عناصر خرد با تأثیر کلان». انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

8. Cakmak, I., A. Yilmaz, M. Kalayci, H. Ekiz, B. Torun, B. Erenogla, & H. J. Braun. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central Anatolia. Plant and Soil. 180:165-172.
9. Graham, R. D. & M. J. Webb. 1991. Micronutrients and plant disease resistance and tolerance in plants. In micronutrients in agriculture, edited by J. J. Mortvedt, F. R. Cox, L. M. Shuman and R. M. Welch, pp. 329-370. Madison, WI: Soil Sience Sosiety of America Book Series No. 4.
10. Heggo, A. M. & F. N. Barakah. 1994. A mycorrhizal role on phosphorus-zinc intraction in calcareous soil cultivated with corn (*Zea mays L.*). Annuals of Agricultural Science Cairo. 39:2, 595-608; 26 ref.
11. Leon, V. & Kochain. 1991. Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plant. Pp. 229-285. In: Mortvelt, J. J., F. R. Cox, L. M. Shuman, and R. M. Welch (eds). Micronutrient in Agriculture. 2nd ed. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wl.
12. Ohki, K. 1984. Manganese deficiency and toxicity effects on growth, development, and nutrient composition in wheat. Agron J. 76:212-218.
13. Rehm, G. W., R. C. Sorensen, & R. A. Wiese. 1981. Application of phosphorus,potassium, and zinc to corn grown for grain or silage:Early growth and yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 523-528.
14. Sumner, R. E., & M. P. W. Farina. 1986. Phosphorus interactions with other nutrients and time in field croping systems. PP. 201-230. In: B. A. Stewart (ed.).
15. Tandon, H. L. S. 1995. Micronutrients in soil, crops, and fertilizers. Fertilizers Development and Consultation Organization. New Delhi. India.
16. Yasrebi, J., N. Karimian, M. Maftoun, A. Abtahi, & A. M. Sameni. 1994. Disteribution of zinc forms in highly calcareous soils as influenced by soil physical and chemical properties and application of zinc solphate. Common. Soil Sci. Plant Anal., 25(11&12), 2133-2145.

Iranian, J. Agric. Sci. Vol. 35, No. 1, 2004

Effects of Drought Stress, Phosphorous and Zinc Application on Concentration and Total Nutrient Uptake by Corn (*Zea mays* L.)

M. RAFIEE[1], H.A. NADIAN[2], G.NOUR-MOHAMMADI[3] AND M. KARIMI[4]

1, Research Assistant prof., Lorestan Agricultural and Natural Resources Research Center, 2, **Assistant prof., Shahid Chamran University, Ahvaz,** 3, **Prof., Dept. of Agronomy, Science and Research Unit. Islamic Azad University, Tehran, 4, Assoc. Prof., Isfahan University of Technology.**

Accepted Oct. 1, 2003

SUMMARY

Among differrent environmental factors, drought stress and nutrients have the most effect on corn (*Zea mays* L.) yield. This study was conducted as a split-factorial in Randomaized Complete Block Design with four replications for two years. Drought treatments were composed of irrigation after soil water reached 70% (no stress) , 60% (medium stress), and 50% (high stress) of FC as the main factor and Zn(0, 10 and 20 kg/ha ZnSO4,7H2O) and P (0 and 150 kg/ha P2O5) as factorial factors in this design. The concentration of P, Zn, Fe, Mn and Cu were measured in flag leaves as well as seeds, and total absorption of these nutrients were assessed. Drought stress caused the concentration of different nutrients decrease in flag leaf, but increased in seed, because of decrease in seed yield with increasing drought stress. Total absorption of nutrients in seed was decreased. The concentration of phosphorus and zinc in flag leaves which was significantly increased by P and Zn application, had different effects on the concentration of other nutrient elements in flag leaves. Concentration of P and Zn increased in seed, but total absorption of these nutrients by seed was decreased due to decrease in seed yield with increase in phosphorus application above critical limits.

Key words: Corn, Drough stress, Phosphorous, Zinc, Iron, Manganese, Copper