Archive of SID

اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ذرت دانه ای

مسعود رفیعی[۱]، مهدی کریمی[۲] قربان نورمحمدی[۳]، حبیب اله نادیان[۴]

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان
۲- دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۴- دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

چکیده

عملکرد دانه در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) که برآیند اجزاء عملکرد می باشد همانند دیگر صفات زراعی شدیداً تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می گیرد. تنش خشکی و عناصر غذائی از مهمترین این عوامل می باشند. بدین منظور تحقیقی با سه میزان تنش خشکی از طریق دور آبیاری بر اساس ۷۰ (I_{70})، ۶۰ (I_{60}) و ۵۰ (I_{50}) درصد ظرفیت زراعی، بعنوان سطوح فاکتور اصلی و عناصر روی در سه مقدار صفر (Zn_0)، ۱۰ (Zn_{10}) و ۲۰ (Zn_{20}) کیلوگرم Zn در هکتار و فسفر در دو مقدار صفر (P_0) و ۱۵۰ (P_{150}) کیلوگرم P_2O_5 در هکتار در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی بصورت اسپلیت پلات- فاکتوریل در چهار تکرار و طی دو سال در مرکز تحقیقات کشاورزی خرم آباد به اجرا گذاشته شد. صفات اندازه گیری شده شامل عملکرد، اجزاء عملکرد، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ و محتوی نسبی آب برگ پرچم بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی دار تمامی صفات اندازه گیری شده گردید، بطوریکه عملکرد دانه از ۱۰/۱ (I_{70}) به ۶/۳ و ۳/۴ تن در هکتار (به ترتیب در I_{60} و I_{50}) کاهش یافت. مصرف بیش از حد فسفر تأثیری مشابه خشکی ولی با شدت کمتر بر برخی از صفات داشت. معنی دار بودن اثرمتقابل تنش خشکی × فسفر نشان داد که هرگاه تنش خشکی و زیادی فسفر توأماً حادث شود، اثر تشدید کنندگی داشته و موجب افت شدیدتری در رشد و نمو و عملکرد گیاه می شود. کاربرد روی تأثیر معنی داری بر هیچ یک از صفات نداشت.

واژه های کلیدی: *تنش خشکی، فسفر، روی، عملکرد، ذرت.*

مقدمه

کاهش عملکرد در ذرت در شرایط تنش خشکی بستگی به فاکتورهای متعددی مانند مرحلهٔ نمو گیاهی، شدت و طول مدت کمبود آب و حساسیت هیبریدها دارد (۱۳). به گزارش کوستا و همکاران (۹) عملکرد دانه ذرت با ۱۸۰، ۲۴۱/۴، ۳۱۴/۵، ۳۷۷/۶، ۴۲۵ و ۵۲۰/۶ میلیمتر آب آبیاری در طول فصل رشد به ترتیب برابر با ۱، ۲/۷، ۴/۷، ۵/۵، ۵/۸ و ۶/۳ تن در هکتار بود. عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال و شاخص برداشت در تیمار ۲۴۱/۴ نسبت به ۱۸۰ میلیمتر آبیاری بطور معنی داری کاهش یافتند.

کوسکولئولا و فکت(۸) مشاهده کردند که با افزایش تنش کمبود آب، پتانسیل آب برگ در ذرت بطور فزاینده ای منفی شد و عملکرد دانه وماده خشک به ترتیب از ۱۰/۳ و ۱۵/۵ تن در هکتار با ۵۹۲ میلیمتر آبیاری به ۰/۷۱ و۳/۴۹ تن در هکتار در شرایط بدون آبیاری کاهش یافت. شاخص برداشت نیز از ۵۷/۵ به ۱۶/۹ درصد کاهش نشان داد. خاکپور(۲) دلیل کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص برداشت ناشی از تنش خشکی را به افت عملکرد دانه مربوط دانست و دلایل کاهش عملکرد دانه را کاهش سطح برگ، طول و وزن بلال، تعداد بلال و عملکرد بیولوژیکی برشمرد.

مطالعات مختلف نشان داده اند که تنش کمبود آب طی تشکیل ابریشم و مراحل اولیهٔ پر شدن دانه منجر به حداکثر کاهش تعداد دانه می گردد، درصد سقط جنین را افزایش داده و می تواند تشکیل بذر در ذرت را کاملا متوقف سازد، لیکن تنش پس از دو تا سه هفته بعد از گرده افشانی وزن دانه را کاهش داده اما اثری بر تعداد دانه در گیاه ندارد(۷، ۱۲ و ۲۰).

طبق گزارش کاکس و جولیف(۱۰) مادهٔ خشک تولیدی با کاهش آب مصرفی، نقصان یافته ولی افت عملکرد دانه ناشی از کمبود آب بیش از کاهش مادهٔ خشک تولیدی است. نسمیت(۱۸) نشان داد که بیوماس تجمعی اندام های هوائی در تمام مراحل رشد کمتر تحت تأثیر کمبود آب قرار گرفته و بیشتر تحت تأثیر کاهش سطح برگ بوده است. به عبارت دیگر بیوماس تجمعی اندام هوائی در نتیجهٔ پیری زودرس سطح سبز برگ کاهش می یابد.

تنش عناصر غذائی زمانی رخ می دهد که میزان عناصر پائین تر یا بالاتر از حد مورد نیاز برای رشد باشد. این حالت ممکن است ناشی از کمبود یا زیادی ذاتی یک عنصر در خاک، تحرک کم عناصرغذائی در خاک، یا شکل شیمیائی عنصر غذائی باشد. عناصر غذائی درون خاک تحت تأثیر برخی فاکتورها مانند جریان توده ای آب، ظرفیت جذب خاک و پ.هاش خاک می باشد(۱۸). فراهم بودن یک یون تحت تأثیر مقدار رطوبت خاک و سایر یونهای موجود در محلول خاک قرار میگیرد(۱۶). استفاده بیش از حد کودهای فسفره نه تنها باعث کاهش عملکرد ذرت میشود (۱۹)، بلکه تا حد زیادی میتواند جذب روی و سایر عناصر ریزمغذی توسط ذرت را کاهش دهد (۲۲). در شرایط عدم تعادل، به دلیل فراوانی عوامل محدود کننده رشد، تأثیر عناصر کم مصرف ناچیز خواهد بود(۵).

اهداف این تحقیق عبارت بودند از اینکه اولاً تنش خشکی چه تأثیری بر صفات مختلف مورفوفیزیولوژیکی ذرت دارد؟ دوماً باتوجه به مصرف بیش از حد کودهای فسفره در خاک که توسط کشاورزان منطقه و دیگر نقاط کشور صورت می گیرد و ضمن تحمیل هزینه اضافی بر تولید اثرات منفی زیست محیطی در پی دارد، زیادی فسفر در خاک مازاد بر حد بحرانی چه تأثیر سوئی بر عملکرد و سایر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ذرت دارد؟ سوماً با توجه به کاهش جذب عناصر ریزمغذی مانند روی در شرایط نامطلوب مانند تنش خشکی و زیادی فسفر در خاک، آیا مصرف بیشتر روی بالاتر از حد بحرانی می تواند در شرایط نامناسب موجب افزایش عملکرد گردد؟ و نهایتاً اینکه آیا میان تیمارهای فوق اثرات متقابل وجود دارد؟

مواد و روشها

این تحقیق در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان واقع در خرم آباد (۲۹درجه و ۳۳ دقیقه شمالی، ۲۱ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی با آب و هوای معتدل و ۱۱۷۱ متر ارتفاع از سطح دریا) با استفاده از ذرت دانه ای هیبرید ۷۰۴ SC انجام شد. اقلیم منطقه معتدل با متوسط بارندگی ۴۵۰ میلیمتر در سال می باشد. خاک محل اجرای آزمایش سیلتی رسی لومی با پ. هاش حدود ۷,۷ طی دو سال اجرای آزمایش بود.

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_{70})، ۶۰ (I_{60}) و ۵۰ (I_{50}) درصد ظرفیت مزرعه (FC) در کرتهای اصلی و روی در سه میزان صفر (Zn_0)، ۱۰(Zn_{10}) و ۲۰ (Zn_{20}) کیلو گرم در هکتار Zn از منبع سولفات روی آبدار (7H2O و ZnSO4) و فسفر در دو میزان صفر(P_0) و ۱۵۰ (P_{150}) کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع فسفات آمونیوم بصورت فاکتوریل در کرت های فرعی بود .

درصد رطوبت خاک در فواصل زمانی بین دو آبیاری در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر اندازه گیری 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

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس توزیع آب با راندمان ۸۵ درصد با استفاده از پمپ آب کفکش که از دبی خروجی مشخصی در واحد زمان برخوردار بود کنترل شد. اعمال تیمارهای تنش خشکی از مرحله شش 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 بـه خـاک اضـافه شـد. بـدین منظـور کودهـای مختلف با یکدیگر مخلوط و در وسط پشته در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری در خاک قرار داده شد(۵). 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 دههٔ 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 متـر مربـع بدسـت آمد. وجین علفهای هرز در طول فصل رشد به صورت دستی انجام گرفت.

در زمان گرده افشانی شاخص سطح برگ که در مرحله گلدهی حداکثر می باشد، محتوی نسبی آب برگ پـرچم، و ارتفـاع گیاه از سطح زمین تا آخرین گره زیر گل تاجی روی پنج بوته از ردیف هفتم هر کرت مورد اندازه گیری قرار گرفتند. به منظور تعیین محتوی نسبی آب برگ

(RWC)، برگ پرچم بوته های انتخابی در ساعت ۱۲ تا ۲ بعد از ظهر برداشت و بلافاصله توزین گردید (وزن تـازه)، پـس از آن نمونه ها به درون ظروفی حاوی حاوی ۱ لیتر آب به مدت ۵ ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد تا رسیدن به حالت اشباع کامل منتقل شدند، سپس سطح برگ ها را خشک نموده، و مجدداً وزن شدند (وزن اشباع). آنگاه نمونه هـا در آون بـا دمـای $72^{\circ}c$ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفته و وزن خشک آنها به دست آمد (۲۱). RWC با اسـتفاده از رابطـهٔ زیـر محاسبه شد:

$$RWC\ (\%) = (\text{وزن تازه} - \text{وزن خشک}) / (\text{وزن اشباع} - \text{وزن خشک}) \times ۱۰۰$$

در زمان برداشت تعداد بوته ها و بلال های ردیف های دوم تا پنجم هر کرت با حذف نیم متر حاشیه از دو طرف شـمارش و عملکرد بیولوژیکی، عملکرد بلال بدون غلاف و عملکرد چوب بلال نیز اندازه گیـری، و شـاخص برداشـت و عملکـرد دانـه بـر اساس ۱۴٪ رطوبت محاسبه گردید. سپس صفاتی همچون تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال، طـول بلال و وزن صد دانه بر روی ده بلال از هر کرت بطور تصادفی اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس چند متغیره

پس از آزمون بارتلت تجزیه واریانس صفات انجام گرفت. به منظور مطالعهٔ تأثیر تیمارها بر مجموع صفات اندازه گیری شـده از تجزیه واریانس چند متغیره (MANOVA) استفاده شد. در این روش بدون توجه به عکـس العمـل جداگانـه صـفات، تـأثیر پذیری توأم کلیه صفات از تیمارهای اعمـال شـده مـورد بررسـی قـرار میگیـرد (۴). نتـایج ایـن آزمـون بـه تفکیـک دو سـال آزمایش(جدول۱) نشان داد که تأثیر تنش خشکی، فسفر و اثر متقابل تنش خشکی × فـسفر بـه روش Wilk's بـر مجموعـهٔ صفات مورد مطالعه معنی دار بود. تجزیه واریانس مرکب چند متغیره نیز حاکی از تأثیر معنی دار اثر سال، تنش خشکی، فسفر و اثر متقابل تنش خشکی × فسفر بر مجموعهٔ صفات اندازه گیری شده بود.

معنی دار بودن اثر سال بیانگر آن است که گیاه ذرت با شرایط محیطی متفاوتی طی دو سال اجرای آزمایش مواجه بـوده است و لذا مجموعه صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندازه گیری شده عکس العمل متفاوتی از سالی به سال دیگر نشان داده اند. تأثیر معنی دار تنش کمبود آب و فسفر نشان می دهد که جنبه هـای مختلـف رشـد و نمـو ذرت شـدیداً متـأثر از مقـدار

www.SID.ir

Archive of SID

رطوبت و فسفر خاک قرار گرفته اند. در میان فاکتور های مورد مطالعه کاربرد روی تأثیر معنی داری بر مجموعه صفات نداشت، زیرا به گزارش ملکوتی و لطف الهی(۵) نقش عناصر ریزمغذی در شرایط عدم تعادل ناچیز می باشد.

از معنی دار بودن اثر متقابل تنش خشکی × فسفر (جدول ۱) چنین استنباط می شود که در شرایط متفاوت رطوبتی خاک تأثیر فسفر بر مجموعه صفات یکسان نبوده است. علت این امر می تواند مربوط به سرعت انتشار فسفر تحت تأثیر رطوبت خاک باشد که نهایتاً بر میزان جذب فسفر توسط گیاه اثر دارد. هرچه میزان رطوبت خاک بیشتر شود سرعت انتشار فسفر در خاک بیشتر است و بالعکس و از طرف دیگر غلظت فسفر در ناحیه توسعه ریشه بر جذب آن توسط ریشه مؤثر است(۵ و ۱۶).

تجزیه واریانس تک متغیره

تنش خشکی

با توجه به نتایج فوق و به منظور بررسی عکس العمل تک تک صفات به تیمارهای آزمایشی، تجزیه واریانس ساده مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تجزیه مرکب حاکی از معنی دار بودن اثر تنش خشکی بر کلیه صفات اندازه گیری شده بود(جدول ۲).

تنش خشکی از طریق کاهش پتانسیل آب در گیاه موجب کاهش رشد و نمو می گردد(۸)، و در این بررسی محتوی نسبی آب برگ پرچم در زمان گلدهی را بطور معنی داری کاهش داد. محتوی نسبی آب، مقدار آب موجود در بافت را نسبت به حالت اشباع آن می سنجد و لذا در مقایسه با درصد رطوبت، معیار دقیق تری از وضعیت آب در گیاه می باشد. کاهش محتوای نسبی آب نشان دهندهٔ کاهش فشار تورژسانس در سلول های گیاهی با افزایش شدت تنش خشکی بوده و موجب کاهش رشد می گردد (۶ و ۱۱). در این آزمایش میانگینمحتوای نسبی آب از ۹۱/۳ درصد در شرایط مطلوب(I_{70}) به ۸۳/۱ و ۷۶/۲ درصد به ترتیب در تنش متوسط(I_{60}) و شدید(I_{50}) خشکی رسید. کوسکولئولا و فکت(۸) نیز مشاهده کردند که با افزایش تنش خشکی، پتانسیل آب برگ در ذرت بطور فزاینده ای منفی شد و عملکرد دانه و ماده خشک کاهش یافت. کاهش ارتفاع گیاه از ۲۲۰/۵ سانتیمتر در شرایط مطلوب به ۱۵۹/۹ و ۱۳۱/۳ سانتیمتر به ترتیب در تنش متوسط و شدید خشکی و نیز کاهش حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گلدهی از ۴/۵ به ۳/۶ و ۲/۷ ، مؤید بروز تنش در گیاه است که با اظهارات گو و همکاران(۱۴) و ولدآبادی (۶) مطابقت دارد.

تنش خشکی با تأثیر منفی بر رشد و نمو اندامک های زایشی موجب کاهش اجزاء عملکرد شامل تعداد بلال در واحد سطح، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه و در نهایت عملکرد دانه شد، بطوریکه عملکرد دانه از ۱۰/۱ (I_{70}) به ۶/۳ و ۳/۴ تن در هکتار (به ترتیب در I_{60} و I_{50}) رسید که این کاهش مشابه نتایج بدست آمده توسط شوسلر و وستگیت(۲۰) و خاکپور (۲) می باشد. ولدآبادی (۶) در تیمارهای آبیاری بر اساس محتوی نسبی آب برگ پرچم ۹۵٪ < ، ۸۵-۸۰٪ و ۷۰-۶۰٪ به ترتیب ۸/۸، ۵/۸ و ۳/۸ تن در هکتار عملکرد دانه از ذرت دانه ای رقم ۷۰۴ بدست آورد. طول بلال، عملکرد چوب بلال، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت نیز با افزایش شدت تنش خشکی بطور معنی داری کاهش نشان دادند. برای مثال عملکرد بیولوژیکی از ۲۲ تن در هکتار در I_{70} به ۱۸ و ۱۵ تن در هکتار به ترتیب در I_{60} و I_{50}، و شاخص برداشت از ۴۵/۷ به ۳۵/۳ و ۲۲/۷ کاهش یافت(جدول ۳). صحت این نتایج بر اساس مطالعات متعدد انجام شده(۲، ۹ و ۱۴) مورد تأئید است.

روی

مصرف سولفات روی در مزارع ذرت اکثر نقاط کشور منجر به افزایش تولید ذرت گردیده است (۳ و ۵)، ولی در این آزمایش تأثیر معنی داری بر هیچ یک از صفات اندازه گیری شده طی دو سال اجرای تحقیق نداشت(جداول ۲). علت را می توان چنین توجیه نمود که حد بحرانی روی در اغلب خاک ها حدود ۱ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است(۵) که با توجه

www.SID.ir

Archive of SID

به نتایج تجزیه شیمیائی خاک، موجودی اولیه روی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی متر در سال های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ (به ترتیب ۱/۶ و ۱/۹ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) بوده و توانسته است نیاز گیاه به روی را تأمین نماید.

از طرف دیگر ممکن است روی مصرفی با توجه به آهکی بودن خاک محل اجرای آزمایش، در سال اول سریعاً به شکل های کم محلول تبدیل شده و تأثیر مثبتی بر رشد و نمو نداشته باشد(۲۱) و در سال های آتی به تدریج آزاد گردد.

فسفر

با توجه به نتایج تجزیه مرکب (جدول ۲) ملاحظه می شود که فسفر بر تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن یکصد دانه، شاخص سطح برگ، عملکرد کاه و عملکرد دانه تأثیر معنی داری داشته است. مصرف زیاد از حد فسفر موجب اخلال در جذب سایر عناصر مانند روی و بر هم زدن تعادل عناصر در گیاه و در نتیجه کاهش رشد و عملکرد می شود(۱۹). در این آزمایش فسفر زیاد تنشی مشابه تنش خشکی ولی با شدت کمتر بر صفات یاد شده بر جای گذاشت و موجب کاهش آنها شد، بطوری که تعداد دانه در ردیف از ۲۸/۶ در تیمار شاهد (P0) به ۲۷/۵ در تیمار زیادبود فسفر (P150)، متوسط ارتفاع گیاه از ۱۶۸/۷ به ۱۵۹/۲ سانتیمتر و متوسط عملکرد دانه از ۶/۸ به ۶/۴ تن در هکتار کاهش یافت (جدول۳).

اثرات متقابل میان تیمارها

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲)، اثر متقابل تنش خشکی × فسفر برای صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد کاه معنی دار بود. این بدان معنی است که هرگاه تنش خشکی و زیادبود فسفر توأماً حادث شود، اثر تشدید کنندگی داشته و موجب کاهش شدیدتری در رشد و نمو و عملکرد گیاه می شود. برای مثال تعداد دانه در ردیف از ۳۳/۹ در $I_{70}P_0$ به ۲۰/۵ در $I_{50}P_{150}$ ، عملکرد بیولوژیکی از ۲۲/۲ به ۱۴/۱ تن در هکتار و عملکرد کاه از ۱۲ به ۱۰/۹ تن در هکتار کاهش یافت(جدول ۳). می توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش خشکی و کاربرد بیش از حد فسفر، نقش غلظت فسفر در ناحیه ریشه بیش از کاهش جریان توده ای آب جهت حرکت فسفر به سمت ریشه بوده و لذا دو فاکتور فوق اثر سینرژیست منفی بر رشد ذرت داشته اند.

نتیجه گیری نهایی

بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش حداکثر عملکرد ذرت در محدوده بین آبیاری تا رسیدن درصد رطوبت خاک به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی یعنی شرایط مناسب رطوبتی حادث می شود و درصورت کاهش بیشتر میزان آب در خاک، گیاه با تنش رطوبتی و در نتیجه کاهش عملکرد مواجه می شود. بنابراین در صورت کمبود آب و یا نیاز به تخصیص آب برای سایر مصارف می توان در صورت داشتن توجیه اقتصادی اقدام به کاشت ذرت نمود. مصرف بیش از حد فسفر مازاد بر حد بحرانی آن در خاک علاوه بر تحمیل هزینه اضافی بر تولید و جنبه های سوء زیست محیطی، اثراتی مشابه تنش خشکی ولی با شدت کمتر بر رشد و نمو گیاه داشت. وقوع توأم تنش خشکی و زیادی فسفر اثر تشدید کنندگی داشته و با کاهش شدیدتر رشد و عملکرد نمود پیدا کرد. مصرف مقادیر بیشتر روی مازاد بر حد بحرانی روی در خاک تأثیر معنی داری بر رشد ذرت نداشت. چنین استنباط می شود که موجودی روی در خاک برای رشد و نمو مناسب گیاه کافی بوده است و مصرف بیشتر آن در شرایط تنش با توجه به ریزمغذی بودن این عنصر بی تأثیر بوده است.

منابع

۱- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۱۸۲. چاپ اول. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ۳۱۱ صفحه.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- خاکپور، ر. ۱۳۷۵.تعیین میزان آبیاری، مطالعه شاخص های رشد، عملکرد، اجزاء عملکرد و راندمان مصرف آب دو رقم ذرت زودرس در اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۰ صفحه.

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 پژوهشی دانشگاه شیراز. شمارهٔ ۸۱. شیراز. ۱۴ صفحه.

۴- مقدم، م.، س. ا. محمدی شوطی، و م. آقائی سربرزه. ۱۳۷۳. آشنائی با روش های آماری چند متغیره (ترجمه). انتشارات پیشتاز علم. تهران. ۲۰۹ صفحه.

۵- ملکوتی،م.م. 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. ۱۹۴ صفحه.

۶- ولد آبادی، س. ع. ر.، د. مظاهری، ق. نورمحمدی، س. ا. هاشمی دزفولی. ۱۳۷۹. بررسی اثر تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی و شاخص های رشد ذرت، سورگم و ارزن. مجله علوم زراعی ایران. ص۴۷-۳۹.

7. BOYLE, M. G., J. S. BOYER, and P. W. MORGAN. 1991. Stam infusion of liquid culture medium pervents reproductive failure of maize at low water potential. Crop Sci. 31:1246-1252.

8. COSCULLEOLA, F., and J. M. FACT. 1992. Determination of the maize (Zea mays L.) yield function in respect to water using a line source sprinkler. Field Crop Abst., Sep. 93, 5611.

9. COSTA, J. O., L. G. R. FERREIRA, and F. D. E. SOUZA. 1998. Yield of maize under different levels of water stress. Field Crop Abs. June. 91, 183.

10. COX, W. J., and G. D. JULLIF. 1988. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agron. J. 78: 226-230.

11. DAL, R. and A. DAILES. 1995. A weather-soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield. Agron. J. 87:1115-1121.

12. ECK, H. V. 1986. Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn. Agron J. 78:1035-1040.

13. FREDRICK, J. R., J. O. HESKETH, D. B. PETERS, and F. E. BELOW. 1989. Yield and reproductive trait responses of maize hybrides to drouhgt stress. Field Crop Abst., Oct. 1990, 4834.

14. GU, W. L., J. Y. SHEN, and X. Y. WANG. 1989. Drought resistance of maize at different growth stage. Field Crop Abs. Sep. 1990: 3052.

15. HEGGO, A. M. and 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.

16. MENGELL, K., and E. A. KIRKBY. 1982. Principles of Plant Nutrition3d. Bern: International Potash Institute.

17. MEYER, S. J., K. G. HUBBARD, and D. A. WILHITE. 1993. A crop-specific drought index for corn: II. Application in drought monitoring and assessment. Agron J. 85: 396-399.

18. NESMITH, D. S. 1991. Growth responses of corn(Zea mays L.) to intermittent soil water deficits. Field Crops Abs. Nov. 1991. 7924.

19. REHM, G. W., R. C. SORENSEN, and 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.

20. SCHUSSLER, J. R., and M. E. WESTGATE. 1991b. Maize kernel set at low water potential: I. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. Crop Sci. 31:1196-1203.

www.SID.ir

Archive of SID

21. SILVA, M., L. C. PURCELL and C. A. KING. 1996. Soybean petiole urede response to water deficits and decreased transpiration. Crop Sci. 36:611-616.
22. YASREBI, J., N. KARIMIAN, M. MAFTOUN, A. ABTAHI, and A. M. SAMENI. 1994. Disteribution of zinc forms in highly calcareous soils as influenced by soil physical and chemical properties and application of zinc sulphate. Commun. Soil Sci.
Plant Anal., 25(11&12), 2133-2145

جدول۱- تجزیه واریانس سالیانه و مرکب چند متغیره (MANOVA) بر روی مجموعه صفات اندازه گیری شده به روش Wilk's

منبع تغییرات		TEST STATISTIC	منبع تغییرات		TEST STATISTIC	
					سال اول	سال دوم
Y	سال	60909**/0	R	تکرار	0/04198**	0/03748**
I	تنش کمبود آب	00018**/0	I	تنش کمبود آب	00013**/0	0/00016**
Y*I	سال× تنش کمبود آب	68102/0	E(a)	اشتباه	00825/0	0/00411
R(Y*I)	خطا (۱)	65797/0	Zn	روی	68845/0	0/7028
Zn	روی	79336/0	P	فسفر	25888**/0	0/35764**
P	فسفر	33591**/0	Zn*P		68685/0	0/74234
Zn*P		78905/0	I*Zn		4308/0	0/54094
Y*Zn		89907/0	I*P		2315**/0	0/37487*
Y*P		94978/0	I*Zn*P		5811/0	0/62813
Y*Zn*P		59187/0				
I*Zn		35132/0				
I*P		89217*/0				
I*Zn*P		90996/0				
Y*I*Zn		93933/0				
Y*I*P		74328/0				
Y*I*Zn*P		85278/0				

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- تجزیه واریانس مرکب (ANOVA) بر روی صفات اندازه گیری شده

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد بلال در کرت	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	طول بلال (سانتیمتر)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر)	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار)	شاخص برداشت	عملکرد چوب بلال (تن در هکتار)	شاخص سطح برگ	عملکرد کاه (تن در هکتار)	محتوی نسبی آب (٪)	عملکرد دانه (تن در هکتار)
Yسال	1	0/16*	10/08*	0/008	2208*	0/622	0/006	366/7*	13/02*	0/35	0/001	0/005	5/243	25/33	1/739*
Iکمبود آب	2	12/5**	1808**	72/67**	70397**	661**	384/7**	58002**	586/6**	6394**	2/19*	38/9**	3/429*	6504**	532/6**
Y*I	2	0/007	0/272	0/018	80	0/314	0/132	19/2	0/431	1/12	0/001	0/151	0/5115	36/88	0/027
R(Y*I)خطا	18	0/707	0/320	0/406	425	0/422	0/742	46/8	0/828	17/3	0/035	0/149	0/8048	12/26	0/785
Znروی	2	0/006	0/595	0/084	349	0/687	0/687	32/5	0/661	1/14	0/016	0/009	0/3137	3/53	0/331
Pفسفر	1	0/005	44/1**	0/276	10301*	17/51*	7/863	327/7	38/34	6/91	0/148	9/574*	15/02*	2/76	5/364*
Zn*P	2	0/001	0/040	0/081	107	0/175	0/035	5/5	0/023	0/36	0/04	0/023	0/0099	0/99	0/012
Y*Zn	2	0/0003	0/351	0/015	47	0/037	0/109	57/4	0/066	0/25	0/021	0/070	0/0237	3/13	0/017
Y*P	1	0/0001	0/008	0/031	49	0/008	0/083	9/1	0/258	0/09	0/024	0/233	0/1901	0/03	0/005
Y*Zn*P	2	0/0003	0/225	0/057	90	0/020	0/103	39/1	0/023	0/67	0/004	0/019	0/02	1/9	0/021
I*Zn	4	0/013	0/093	0/187	127	0/166	0/225	44/4	0/133	0/39	0/002	0/035	0/1241	0/93	0/029
I*P	2	0/012	4/829*	0/758*	2040*	0/699	0/110	59/5	5/75*	0/08	0/002	0/044	4/224*	0/93	0/119
I*Zn*P	4	0/004	0/152	0/242*	259	0/025	0/375	13/7	0/927*	0/12	0/020*	0/006	0/5666	1/62	0/046
Y*I*Zn	4	0/002	0/006	0/036	34	0/105	0/134	11/8	0/370	0/53	0/003	0/033	0/2641	1/7	0/017
Y*I*P	2	0/001	0/119	0/025	37	0/119	0/282	36/8	0/242	0/33	0/001	0/020	0/1483	1/02	0/029
Y*I*Zn*P	4	0/001	0/130	0/026	65	0/390	0/335	13/4	0/128	0/74	0/003	0/023	0/0488	0/67	0/044
Error	90	0/011	0/797	0/404	442	0/274	0/390	49/4	0/674	4/26	0/039	0/093	0/636	8/37	0/122

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- مقایسه میانگین صفات با آزمون دانکن در سطح ۵٪

تیمار	تعداد بلال در کرت	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	طول بلال (سانتیمتر)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر)	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار)	شاخص برداشت	عملکرد چوب بلال (تن در هکتار)	شاخص سطح برگ	عملکرد کاه (تن در هکتار)	محتوی نسبی آب (٪)	عملکرد دانه (تن در هکتار)
I70†	6/8a††	33/5a	15/7a	524/1a	28/2a	18/3a	200/5a	21/973a	45/7a	1/358a	4/5a	11/926a	91/3a	10/047a
I60	6/2b	29/4b	14/4b	423/3b	24/2b	16/2b	159/9b	18/000b	35/3b	0/875b	3/6b	11/656b	83/1b	6/344b
I50	5/8c	21/4c	13/2c	283/0c	20/8c	12/7c	131/4c	15/004c	22/7c	0/536c	2/7c	11/604c	76/2c	3/400c
P0	6/2a	28/6a	14/5a	418/6a	24/7a	16/0a	168/7a	18/842a	34/8a	0/955a	4/0a	12/052a	83/8a	7/008a
P150	6/3a	27/5b	14/4a	401/6b	24/0b	15/5a	159/2a	17/810b	34/3a	0/891b	3/1b	11/406b	83/3a	6/196b
I70P0	6/8	33/9a	15/6a	528/2a	28/4	18/6	204/7	22/213a	45/9	1/397	4/6	12/015a	91/7	10/197
I70P150	6/8	33/1a	15/7a	520/0a	27/9	18/0	196/3	21/733a	45/5	1/318	4/4	11/836ab	90/9	9/897
I60P0	6/2	29/7b	14/4b	428/6b	24/7	16/5	164/0	18/404b	35/5	0/901	3/8	11/878ab	83/4	6/526
I60P150	6/2	29/0b	14/4b	417/9b	23/8	16/0	155/9	17/596bc	35/1	0/848	3/5	11/434ab	82/8	6/162
I50P0	5/8	22/3c	13/4c	298/9c	21/1	12/ 9	137/4	15/908cd	22/9	0/565	2/8	12/261a	76/4	3/647
I50P150	5/8	20/5c	13/0c	267/0c	20/4	12/5	125/3	14/100d	22/4	0/505	2/6	10/948b	76/0	3/152

†I70، I60 و I50: آبیاری زمانی که درصد رطوبت خاک به ترتیب به۷۰ (شرایط مطلوب)، ۶۰ (تنش متوسط)و ۵۰ (تنش شدید) درصد ظرفیت مزرعه رسید؛P0 و P150 : 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.

www.SID.ir