تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۰
۷۱۹-۷۲۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2243.1570

مقاله پژوهشی

تأثیر کلات آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و میزان عناصر غذایی دانه ذرت (*Zea mayz* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

خوشناز پاینده[1*]، مانی مجدم[2]
۱. گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۹

چکیده

در راستای کاهش آب آبیاری و صرفه‌جویی در منابع آب و از طرف دیگر نقش مثبت عناصر کم‌مصرف در کاهش اثرات منفی تنش خشکی این پژوهش انجام شد. این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با کرت‌های خردشده با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در منطقه حمیدیه در استان خوزستان در سال ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح (۶۰، ۹۵ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی کلات آهن و روی در سه سطح (عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی دو در هزار و محلول‌پاشی پنج در هزار) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر اجزای عملکرد، درصد روی، آهن و پروتئین، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه داشت. محلول‌پاشی آهن و روی به میزان پنج در هزار به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد، اجزای عملکرد دانه، غلظت آهن و روی دانه ذرت شد که با تیمار دو در هزار تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین عملکرد دانه (۶۴۰۰/۴۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۴۳۵ گرم در مترمربع) از آبیاری ۹۵ میلی‌متر تبخیر از تشت و محلول‌پاشی آهن و روی به میزان پنج در هزار حاصل شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، محلول‌پاشی آهن و روی به میزان پنج در هزار در شرایط رطوبتی ۹۵ میلی‌متر تبخیر از تشت سبب افزایش ۳۹ درصدی عملکرد دانه و درصد عناصر غذایی ذرت در منطقه حمیدیه شد که قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: **درصد پروتئین، روی دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه**

مقدمه

در بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه، میلیون‌ها انسان، نیاز پروتئین و انرژی خود را از ذرت تأمین می‌کنند. دانه ذرت ۱۵ تا ۵۶ درصد از کل انرژی روزانه موردنیاز انسان را در کشورهای درحال‌توسعه تأمین می‌کند (Razzaq et al., 2012). ذرت رتبه سوم را ازنظر سطح زیر کشت پس از گندم و برنج به خود اختصاص داده است و دارای عملکرد در واحد سطح بیشتری از سایر محصولات زراعی است (FAO, 2015). گیاهان در شرایط طبیعی با تنش‌های متعددی مواجه هستند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تنش کمبود آب است (Rosales et al., 2012). آب برای تمامی مراحل رشد گیاهان ضروری است. در این صورت ناکافی بودن آب یک عامل محدودکننده برای زمین و گیاه به شمار می‌رود. کمبود آب از طریق کاهش رشد برگ، غلظت کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و فعالیت‌های فتوسنتزی، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Beigzadeh et al., 2013). کامپوس و همکاران (Campos et al., 2012) با بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه ذرت گزارش نمودند تنش خشکی سبب کوتاه شدن دوره تمایز سنبلچه‌ها و درنتیجه کاهش تعداد سنبلچه در تاسل می‌شود، همچنین قدرت بقای گلچه‌ها را نیز شدیداً کاهش می‌دهد و درنتیجه سبب کاهش تعداد دانه در بلال می‌شود. همچنین می‌توان

* نگارنده پاسخگو: خوشناز پاینده. پست الکترونیک: payandeh426@gmail.com

مهم‌ترین دلیل کاهش وزن هزار دانه در شرایط رطوبتی را کاهش دوره پر شدن دانه دانست. قاسمی‌گلذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani et al., 2018) در ذرت گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه (۶۲۸ گرم در مترمربع)، عملکرد بیولوژیک (۱۹۵۱ گرم در مترمربع)، تعداد دانه در گیاه (۴۰۱)، وزن هزار دانه (۱۶۹ گرم) و شاخص برداشت (۳۶/۷۷ درصد) از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین این صفات از تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت حاصل شد. فرجزاده‌معماری‌تبریزی و همکاران (Farajzadeh Memari Tabrizi et al., 2015) در گیاه ذرت نشان دادند سطوح آبیاری پس از ۱۳۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به ترتیب ۲۳/۶ و ۴۹/۶ درصد از عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد کاست. خاک‌های ایران به دلیل pH زیاد جذب عناصری مانند، آهن و روی را با مشکل مواجه می‌کنند؛ بنابراین کودهای کلاته ضمن حفظ طولانی‌مدت عناصر، امکان آبشویی این عناصر را در خاک کاهش می‌دهند. کودهای کلاته موجب پایداری مواد در خاک و از بین نرفتن سریع آن‌ها می‌شود. به‌گونه‌ای که نوسانات دامنه pH از اسیدی تا قلیایی زیاد نمی‌تواند بر آن‌ها تأثیر منفی داشته باشند (Said-Alahl and Abeer, 2010). روی یکی از ریزمغذی‌های ضروری موردنیاز برای رشد مطلوب گیاه است. این عنصر نقش مهمی را در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی درون گیاه به عهده دارد. کمبود روی مهم‌ترین مشکل گیاهان سراسر دنیا ازنظر مواد غذایی ریزمغذی به‌ویژه در کشورهایی که خاک‌های آن‌ها دارای روی قابل‌دسترس کمی هستند، است (Alloway, 2008).

آهن یکی از عناصر ضروری اما کم‌مصرف در اکثر گیاهان است. نقش این عنصر در تثبیت ازت و فعالیت برخی آنزیم‌ها نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز به‌خوبی ثابت شده است (Ruiz et al., 2000). روی در تشکیل اسید ایندول اسیتیک دخالت داشته و رشد گیاه را تنظیم می‌کند. به‌علاوه روی سبب فعال شدن بسیاری از آنزیم‌ها می‌شود به‌طوری‌که برای سنتز کلروفیل و تشکیل کربوهیدرات‌ها لازم و ضروری است. چون روی عنصری است که در داخل گیاه قادر به انتقال مجدد نیست، لذا محلول‌پاشی آن مناسب‌تر است (Pandey et al., 2006). متاعی و همکاران (Motaei et al., 2015) در مطالعات خود بیان نمودند که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف می‌تواند نقش معنی‌داری را در بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین ذرت داشته باشد. به‌گونه‌ای که بیشترین عملکرد دانه (۶۶۷۹ کیلوگرم در هکتار) از تیمار محلول‌پاشی با کود میکرو و کمترین عملکرد دانه (۶۲۳۸ کیلوگرم در هکتار) به تیمار شاهد تعلق گرفت. سعیدی ابواسحاقی و یدوی (Saeedi Abooshaghi and Yadavi, 2016) گزارش نمودند که محلول‌پاشی آهن و روی غلظت این عناصر در دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین بیشترین میزان آهن دانه در تیمار محلول‌پاشی و کمترین میزان آهن در دانه در تیمار شاهد بود. شیخ‌بیگلو و همکاران (Sheykhbagloo et al., 2008) با بررسی تنش آبی و محلول‌پاشی عنصر کم‌مصرف روی بر گیاه ذرت گزارش کردند بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول-پاشی و عدم‌تنش خشکی حاصل شد.

بنابراین مطالعه صفات زراعی و میزان عناصر غذایی گیاه ذرت در منطقه حمیدیه برای شناخت مراحل حساس رشد که گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود و بررسی نقش کلات روی و آهن از ضرورت‌های انجام این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا واقع در شهرستان حمیدیه در استان خوزستان انجام شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با کرت‌های خردشده با سه تکرار در منطقه حمیدیه واقع در استان خوزستان در سال ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح (۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (شاهد)، ۹۵ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و محلول-پاشی کلات آهن و روی در سه سطح (عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی دو در هزار و محلول‌پاشی پنج در هزار برای آهن و روی) به کرت‌های فرعی تعلق گرفتند.

عملیات تهیه بستر شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و نهایتاً عملیات تسطیح با ماله بود. آزمایش از ۲۷ کرت تشکیل شده بود. هر کرت دارای شش ردیف کاشت به طول پنج‌متر بود که فاصله ردیف‌ها در آن ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود پایه بکار برده شده در مزرعه شامل کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیط در دو

مرحله (۵۰ درصد هم‌زمان با کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ساقه رفتن به‌صورت سرک) توزیع شد. ۹۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات-پتاسیم به‌عنوان کود پایه مصرف شد.

پس از آماده شدن خطوط کشت، کاشت به‌صورت دستی در عمق سه سانتی‌متری در تاریخ ششم اسفند ۱۳۹۷ انجام شد. هیبرید مورد کشت برای گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ بود که رقمی دیررس است. اولین آبیاری یک روز بعد از کشت انجام و تا مرحله چهار تا پنج‌برگی آبیاری‌ها بر اساس عرف منطقه (با آب‌لوله‌کشی و در حدود ۹۲۰۰ مترمکعب در هکتار) انجام شد. آبیاری‌های بعدی با توجه به میزان تبخیر از تشت تبخیر انجام شد. محلول‌پاشی کلات آهن و روی در مقادیر قیدشده در اوایل صبح که هوا خنک بود (ساعات ۸-۷ صبح) در مرحله هشت برگی در تاریخ یازدهم فروردین ۱۳۹۸ طی یک مرحله در مزرعه اعمال شد. کود مایع آهن و روی حاوی آهن کلاته (۵/۳٪)، روی کلاته (۱/۲٪)، اسیدهای آمینه، اسید فولویک و اسید هیومیک (۵٪) است. کود کلات روی و آهن (Green Drop) کاملاً پایدار در دامنه وسیعی از اسیدیته بوده و برای جبران کمبود عنصر روی و آهن در کلیه گیاهان زراعی کاربرد دارد. این کود از شرکت تولیدات سم و کود زرافشان تهیه و مورداستفاده قرار گرفت. کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد و در طول دوره رشد از سموم شیمیایی استفاده نشد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physicochemical properties of the soil at experiment location

عمق‌خاک Soil depth	بافت خاک Soil texture	رس Clay	لای Silt	شن Sand	اسیدیته در گل اشباع pH	قابلیت هدایت الکترونیکی EC	فسفر دانه P	روی دانه Z	آهن دانه Fe
cm	Clay	---------- % ----------				dS/m	----------ppm----------		
0-30	loam	42	37	21	7.2	4.8	9.4	0.63	1.9

جهت تعیین عملکرد بیولوژیکی پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، نمونه‌گیری از سطحی معادل دو مترمربع از خطوط سوم، چهارم و پنجم انجام و بعد از خشک شدن وزن آن‌ها محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در هر کرت آزمایشی پس از حذف ۰/۵ متر از دو انتهای خطوط، تمامی بلال‌های موجود در خطوط سوم، چهارم و پنجم از سطحی معادل دو مترمربع به‌صورت دستی در تاریخ دوم خرداد ۱۳۹۸ برداشت و پس از خرمن‌کوبی و بوجاری وزن شد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در ردیف، به‌طور تصادفی ده بلال از کل بلال‌های برداشت‌شده در هر کرت جدا و دانه‌های تمام ردیف آن‌ها شمارش و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد دانه در ردیف در نظر گرفته شد. به‌منظور محاسبه وزن هزار دانه، دو دسته ۵۰۰ تایی از بذور جداشده و اگر اختلاف آن‌ها کمتر از شش درصد بود، مجموع وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هزار دانه تعیین شد. در غیر این صورت از دو دسته دیگر ۵۰۰ تایی استفاده شد (Kordzangeneh and Marashi, 2018). با استفاده از رابطه ۶/۲۵ × درصد نیتروژن کل = درصد پروتئین خام، میزان درصد پروتئین خام دانه محاسبه شد (Keeney and Nelson, 1982). برای اندازه‌گیری مقدار عناصر آهن و روی، ابتدا نمونه به مدت ۶ تا ۱۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره قرار داده شد تا به خاکستر تبدیل شدند. سپس نمونه را بیرون آورده ابتدا چند قطره آب مقطر به آن اضافه و به مدت یک ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس‌ازآن نمونه را در بالن ۵۰ سی‌سی با آب مقطر به حجم رسانده و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Perkin 400) و نصب لامپ ویژه برای هر عنصر میزان جذب در طول‌موج‌های ۳/۲۴ نانومتر آهن و ۹/۲۱ نانومتر روی قرائت شد (Emami, 1996). تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS (Ver.8) انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد دانه در ردیف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی کلات روی و آهن و برهمکنش آن‌ها بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در ردیف به تیمار محلول‌پاشی آهن و روی به میزان ۵ در

هزار در شرایط آبیاری ۹۵ میلی‌متر تبخیر از تشت با میانگین ۳۱ دانه اختصاص یافت که با تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و محلول‌پاشی با غلظت ۲ و ۵ در هزار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

بروز تنش کم‌آبی، تعداد دانه در ردیف را به دلیل افزایش در تولید دانه‌های گرده عقیم که ناشی از کمبود مواد پرورده بود، کاهش داد و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به علت افزایش توان فتوسنتزی گیاه در شرایط تنش خشکی سبب افزایش تعداد دانه در ردیف شد (Zahedi and Alipour, 2018). توجه به نقش عناصر آهن و روی در آنزیم‌های دخیل در فرآیند فتوسنتزی گیاه، محلول‌پاشی این عناصر در غلظت ۵ در هزار سبب بهبود فعالیت فتوسنتزی گیاه شده و از طریق بهبود دسترسی اندام‌های زایشی گیاه به مواد فتوسنتزی تعداد دانه تشکیل شده در ردیف افزایش یافت که این نتایج با یافته‌های قطاوی و همکاران (Ghotavi et al., 2011) مطابقت داشت.

در این پژوهش آهن به دلیل تأمین عناصر غذایی کافی سبب افزایش تولید دانه در گیاه می‌شود و عنصر روی با تأثیر گذاشتن بر واکنش‌های انتقال الکترون در چرخه کربس و مشارکت در تقسیم سلولی بافت‌های مریستمی و با تأثیر بر فرایندهای زایشی سبب افزایش تعداد دانه در ردیف می‌شود (Graham and Webb, 1991). این نتایج با نتایج علوی‌فاضل و همکاران (Alavi Fazel et al., 2012) و مثنی و خلیلوندبهروزیار (Mosanna and Khalilvand Behrozyar, 2015) که اظهار داشتند محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در شرایط تنش کم‌آبی موجب افزایش تعداد دانه در ردیف می‌شود مطابقت داشت.

جدول ۲. میانگین مربعات صفات تحت تأثیر رژیم آبیاری و محلول‌پاشی روی و آهن

Table 2. Mean square of traits under irrigation regime and spraying zinc and iron

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی Df	تعداد دانه در ردیف No.seed per row	تعداد دانه در بلال No. seed per ear	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield
Irrigation regimes (I)	رژیم‌های آبیاری	2	257.32**	8854. 4**	980.43**	60054.1**
spraying zinc and iron (ZI)	محلول‌پاشی آهن و روی	3	300.17**	7000.01**	844. 03**	75418.3**
I × ZI	اثرات متقابل	6	158.19**	624.01**	20.42ns	12478**
C.V. (%)	ضریب تغییرات	-	*9.01*	*5.54*	*5.1*	*6.44*

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	درصد روی دانه Seed zinc percent	درصد آهن دانه Seed iron percent
Irrigation regimes (I)	رژیم‌های آبیاری	2	80055.2**	6.49*	587.4**	7005.5**
Spraying zinc and iron (ZI)	محلول‌پاشی آهن و روی	3	65140**	8.07*	615.63**	7841.04**
(I × ZI)	اثرات متقابل	6	11540.1**	0.08ns	0.74ns	12.73ns
C.V. (%)	ضریب تغییرات	-	*4.48*	*13.60*	*11.04*	*14.78*

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و ns عدم معنی‌داری

*, ** and ns are significant at 5% and 1% probability level and non significant, respectively

تعداد دانه در بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی روی و آهن و برهمکنش آن‌ها بر این صفت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در بلال به تیمار محلول‌پاشی آهن و روی به میزان ۵ در هزار در شرایط آبیاری ۹۵ میلی‌متر از تشت اختصاص یافت که نسبت به تیمار شاهد حدود ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). در این پژوهش به نظر می‌رسد اعمال تیمارهای تنش می‌تواند سبب تأخیر در ظهور کاکل‌ها شود، بدین ترتیب، کاکل‌ها وقتی ظاهر شدند که گرده‌افشانی انجام گرفته بود و گرده‌های زنده‌ای برای تلقیح گل‌های ماده وجود نداشت و یا به‌شدت کاهش یافته بود، لذا اکثر تخمک‌ها تلقیح نشدند و درنتیجه دانه‌ای تشکیل نگردید، بنابراین در کل بلال تعداد دانه‌های کمتری تشکیل شدند (Ghassemi-Golezani et al., 2018). محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف موجب کاهش خسارت ناشی از تنش بر تعداد دانه در بلال شد، اما محلول-پاشی عناصر کم‌مصرف به دلیل رفع کمبود و اثر تغذیه‌ای خود سبب افزایش تعادل در رشد، تنظیم فرآیندهای نمو در گیاه شد زیرا گیاه با افزایش جذب عناصر، مواد فتوسنتزی بیشتری تولیدشده و همین امر سبب افزایش تعداد دانه در بلال شد (Karimi et al., 2012). این نتایج با گزارش‌های مسکا و همکاران (Meseka et al., 2018) و پرزیوند و همکاران (Parzivand et al., 2011) مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی آهن و روی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب به تیمارهای آبیاری ۶۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تعلق داشت (جدول ۳). تنش آبی با اثر بر فرایند باز شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده و به‌طور مستقیم موجب کاهش وزن دانه‌ها (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) می‌شود (Yan et al., 2016). کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در تیمار تنش آبی در مرحله پر شدن دانه را می‌توان به تولید دانه‌های چروکیده با وزن کمتر نسبت داد. کوتاه شدن دوره رشد دانه و درنتیجه زودرسی در اثر تنش کم‌آبی یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای اعمال تنش آبی در مرحله پر شدن دانه است (Ribaut et al., 2012). محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در شرایط تنش کم‌آبی وزن هزار دانه به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی از خاک، افزایش فتوسنتز و درنتیجه، افزایش ذخایر غذایی در منابع ثانویه، افزایش یافت (Sohrabi and Ahmadi, 2012). بیشترین وزن هزار دانه از محلول‌پاشی آهن و روی به میزان ۵ در هزار حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۲/۵ درصد افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی با تأثیر در افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن سبب افزایش وزن هزار دانه می‌شوند. نتایج گزارش‌های صفیان و همکاران (Safyan et al., 2012) مؤید آن است که محلول‌پاشی عناصر غذایی کم‌مصرف، وزن دانه را افزایش داد. بیشترین افزایش مربوط به محلول‌پاشی توأم آهن و روی بود. سایر پژوهشگران نظیر موسوی فیض-آبادی و همکاران (Mosavifeyzabadi et al., 2013) و طارق و همکاران (Tariq et al., 2007) به نقش مثبت محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در افزایش وزن هزار دانه اشاره نموده‌اند.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی آهن و روی برای عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه به محلول-پاشی آهن و روی به میزان ۵ در هزار در شرایط آبیاری ۹۵ میلی‌متر تبخیر از تشت با میانگین ۶۴۰۰/۴۹ کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت که نسبت به تیمار شاهد ۳۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). در این پژوهش محلول‌پاشی آهن و روی موجب کاهش خسارت ناشی از تنش بر عملکرد دانه شد. به نظر می‌رسد که فراهمی عناصر غذایی و افزایش میزان رطوبت قابل‌دسترس خاک، سبب افزایش تعداد و وزن هزار دانه شد که این امر سبب افزایش عملکرد دانه در تیمارهای مزبور شد. هم‌چنین می‌توان اظهار داشت افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی با کاربرد عناصر کم‌مصرف به دلیل افزایش تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه بوده است که آن‌هم با جذب مواد مغذی بیشتر درنتیجه مصرف عناصر آهن و روی و قوی بودن بلال به‌عنوان مقصد اصلی مواد فتوسنتزی می‌تواند در ارتباط باشد (Sohrabi and Ahmadi, 2012). در همین راستا شیخ-بیگلو و همکاران (Sheykhbagloo et al., 2008) نشان دادند بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول‌پاشی و عدم تنش

خشکی حاصل شد. سایر پژوهشگران نظیر جان‌محمدی و همکاران (Janmohammadi et al., 2018) و ما و همکاران (Ma et al., 2017) به نقش مثبت محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در افزایش عملکرد گیاهان اشاره نموده‌اند که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات تحت اثر رژیم آبیاری

Table 3. Mean comparison of traits under irrigation regime

رژیم‌های آبیاری Iirrigation regimes		وزن هزار دانه 1000-seed weight	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	روی دانه Seed zinc	آهن دانه Seed iron
		g	%	----------mg/kg----------	
60 (mm)	۶۰ میلی‌متر تبخیر	180.65^{a}	6.7^{c}	39.52^{a}	174.15^{a}
95 (mm)	۹۵ میلی‌متر تبخیر	159.20^{b}	8.85^{b}	34.11^{b}	162.22^{b}
130 (mm)	۱۳۰ میلی‌متر تبخیر	140.36^{c}	11.02^{a}	27.58^{c}	151.30^{c}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل موردبررسی در سطح احتمال ۵٪ است.

The same letters in each column represent no significant differences between the levels of the agent are examined at a 5% probability level.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات تحت اثر محلول‌پاشی روی و آهن

Table 4. Mean comparison of traits under spraying zinc and iron

محلول‌پاشی آهن و روی Spraying zinc and iron		وزن هزار دانه 1000-seed weight	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	روی دانه Seed zinc	آهن دانه Seed iron
		g	%	----------mg/kg----------	
No spraying	عدم محلول‌پاشی	148.14^{b}	7.92 ^{b}	22.50^{b}	134.31^{b}
2 per a thousand	دو در هزار	162.68^{a}	8.43^{ab}	38.26^{a}	175.08^{a}
5 per a thousand	پنج در هزار	169.41^{a}	10.16 ^{a}	40.45^{a}	178.27^{a}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل موردبررسی در سطح احتمال ۵٪ است.

The same letters in each column represent no significant differences between the levels of the agent are examined at a 5% probability level.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی آهن و روی و برهمکنش آن‌ها برای این صفت در سطح احتمال یک درصد کاملاً معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک به محلول‌پاشی آهن و روی به میزان ۵ در هزار در شرایط آبیاری ۹۵ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین عملکرد بیولوژیک به عدم محلول‌پاشی آهن و روی در شرایط آبیاری ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اختصاص یافت (جدول ۵). می‌توان اظهار داشت در این پژوهش افزایش عملکرد زیستی با مصرف عناصر کم‌مصرف در شرایط کمبود آب ممکن است به دلیل تغذیه بهتر و افزایش فتوسنتز درنتیجه افزایش بیوماس در گیاه باشد؛ زیرا عناصر کم‌مصرف روی و آهن پیش‌ماده سازنده و فعال‌کننده بسیاری از آنزیم-های مؤثر بر رشد گیاه و عملکرد نهایی هستند و دسترسی به این عنصر می‌تواند موجب تسهیل واکنش‌های بیوشیمیایی و بهبود عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی شود (Jalil Sheshbahreh, 2012). همچنین محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در شرایط تنش کم‌آبی سبب افزایش توان فتوسنتزی گیاه می‌شود که نتیجه آن افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود. این نتایج در پژوهش‌های سلیمانی و همکاران (Soleymani and Shahrajabian, 2016) و قاسمی‌گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani et al., 2018) نیز گزارش شده است.

درصد پروتئین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی آهن و روی بر درصد پروتئین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود اما برهمکنش این تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). در این پژوهش در شرایط آبیاری ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بیشترین درصد پروتئین

دانه با متوسط ۱۱/۰۲ درصد به دست آمد که نسبت به تیمار ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت ۳۹٪ افزایش یافت (جدول ۳). زیادتر بودن درصد پروتئین در شرایط محدودیت آب نسبت به شرایط آبیاری کامل می‌تواند با کاهش طول دوره رشد و نمو در تیمارهای با محدودیت آب مرتبط باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات‌ها (به دلیل کاهش فراوانی آنزیم-های سنتز نشاسته) به پروتئین و درنتیجه افزایش درصد پروتئین در این تیمارها شده باشد. گزارش شده تنش آب به ایجاد اختلال در فرآیند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و سنتز پروتئین منجر می‌شود که جابه‌جایی متابولیت‌ها را به سمت دانه تحت تأثیر قرار می‌دهند (Thalooth et al., 2006). نتایج پژوهشگران نشان داد در هنگام تنش کمبود آب میزان پروتئین دانه در جهت کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول افزایش یافت (Ghotavi et al., 2011) که این نتایج یافته-های این پژوهش را تأیید نمودند. بیشترین میزان پروتئین دانه مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن و روی به میزان ۵ در هزار و کمترین میزان پروتئین دانه به تیمار عدم محلول‌پاشی (شاهد) اختصاص یافت (جدول ۴). اولین علائم احتمالی کمبود کم‌مصرف آهن و روی، کاهش زیاد در سطوح RNA و مقدار ریبوزوم سلول‌هاست. این کاهش در ساخته‌شدن RNA منجر به جلوگیری از تشکیل پروتئین می‌شود درصورتی‌که مقدار گلوکز، نیتروژن غیرپروتئینی و DNA نسبتاً افزایش می‌یابد. همچنین این عناصر در فعالیت‌های دهیدروژناز و پروتیناز دخالت دارد و بدین‌وسیله نقش کلیدی در تولید پروتئین ایفا می‌نماید (Marschner, 1995). بر اساس گزارش‌های جلیل‌شش‌بهره (Jalil Sheshbahreh, 2012) محلول‌پاشی آهن و روی پروتئین دانه را به‌طور معنی-داری افزایش داد. وی گزارش کرد عناصر آهن و روی از عناصری هستند که در ساختار آنزیم‌هایی نقش دارند که در سنتز آمینواسیدها درگیر هستند و آمینواسیدها اساس سنتز پروتئین‌ها می‌باشند. لذا مصرف این عناصر مقدار پروتئین دانه را افزایش داد که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات موردمطالعه در گیاه ذرت تحت تأثیر اثر متقابل رژیم آبیاری×محلول‌پاشی روی و آهن

Table 5. Comparison of the average on studied traits of corn influenced by the interaction of irrigation regime and spraying zinc and iron

رژیم آبیاری Irrigation Regime	محلول‌پاشی آهن و روی Spraying zinc and iron	تعداد دانه در ردیف No.seed per row	تعداد دانه در بلال Number of kernels	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Seed bioligical
		No.	No.	kg/ha	g/m^{-2}
۶۰ میلی‌متر تبخیر 60 (mm) Transpiration	عدم محلول‌پاشی No spraying	27^{b}	445.76^{b}	5000.13^{b}	1355.11^{b}
	دو در هزار 2 per a thousand	31.23^{a}	490.33^{a}	6410.52^{a}	1448.41^{a}
	پنج در هزار 5 per a thousand	32.12^{a}	501.43^{a}	6480.15^{a}	1460.20^{a}
۹۵ میلی‌متر تبخیر 95 (mm) Transpiration	عدم محلول‌پاشی No spraying	24^{c}	408.70^{c}	4500.45^{c}	1279.19^{c}
	دو در هزار 2 per a thousand	27.13^{b}	433.25^{b}	5100.23^{b}	1370.41^{b}
	پنج در هزار 5 per a thousand	31.02^{a}	483.65^{a}	6400.49^{a}	1435.02^{a}
۱۳۰ میلی‌متر تبخیر 130 (mm) Transpiration	عدم محلول‌پاشی No spraying	19.10^{d}	363.13^{d}	3900.33^{e}	1085.12^{e}
	دو در هزار 2 per a thousand	20.02^{d}	370.10^{d}	4000.57^{e}	1226.14^{d}
	پنج در هزار 5 per a thousand	22^{cd}	405.2^{c}	4290.09^{d}	1230.27^{d}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح عامل موردبررسی در سطح احتمال ۵٪ است.

The same letters in each column represent no significant differences between the levels of the agent are examined at a 5% probability level

غلظت روی دانه

نتایج این پژوهش نشان داد که تأثیر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی آهن و روی بر میزان روی دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار اما برهمکنش این دو عامل بر غلظت روی دانه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). می‌توان مشاهده نمود که در بین سطوح مختلف رژیم‌آبیاری بیشترین غلظت روی دانه به میزان ۳۹/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت حاصل شد که نسبت به تیمار ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت ۳۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). با افزایش شدت تنش خشکی این مؤلفه کاهش قابل‌ملاحظه‌ای نشان داد. دلیل آن را می‌توان کاهش در جذب مواد غذایی به‌وسیله ریشه و انتقال آن‌ها به ساقه در اثر تنش خشکی دانست (Arndt et al., 2001). در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش غلظت عنصر ضروری فوق شده است. در شرایط تنش کمبود آب به دلیل محدودیت جذب عنصر روی، میزان این عنصر در دانه کاهش می‌یابد (Rafiee et al., 2004). بیشترین غلظت روی دانه مربوط به تیمار محلول‌پاشی ۵ در هزار و کمترین غلظت روی دانه به تیمار عدم محلول‌پاشی (شاهد) اختصاص یافت (جدول ۴). قابلیت دسترسی گیاه به عناصر آهن و روی از طریق ریشه در خاک‌های با pH زیاد به‌ویژه در شرایط تنش بسیار کم است بنابراین تغذیه برگی گیاه با این عناصر یک راهکار مناسب جهت تأمین عناصر موردنیاز گیاه است و سبب افزایش غلظت عناصر در گیاه می‌شود. همچنین آهن نیز انتقال نسبتاً خوبی به دانه دارد (Jalil Sheshbahreh, 2012). از طرفی میزان عناصر کم‌مصرف در دانه بستگی به مقدار جذب این عناصر به‌وسیله ریشه در طی مرحله توسعه دانه و انتقال مجدد این عناصر از بافت گیاه به دانه از طریق آوند آبکش دارد و مقدار انتقال مجدد از این طریق بستگی زیادی به حرکت هر عنصر در آوند آبکش دارد (Garnett and Graham, 2005). بر اساس نتایج گزارش‌های سعیدی ابواسحاقی و یدوی (Saeedi Abooshaghi and Yadavi, 2016) محلول‌پاشی آهن و روی غلظت این عناصر در دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد.

غلظت آهن دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غلظت آهن دانه ازنظر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی آهن و روی در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود، اما برهمکنش این دو عامل بر غلظت آهن دانه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بیشترین غلظت آهن دانه به میزان ۱۷۴/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت حاصل شد، این در حالی بود که کمترین غلظت آهن دانه به میزان ۱۵۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به دست آمد (جدول ۳). می‌توان اظهار داشت در طی بروز تنش کمبود آب به دلیل افزایش غلظت املاح محلول در محیط ریشه و درنتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می‌شود. در صورت افزایش pH محلول خاک، جذب عناصر کم‌مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود (Grattan and Grieve, 1999). بر اساس نظر گریوز و وانگ (Greaves and Wang, 2017) هر چه مقدار رطوبت خاک افزایش یابد جذب عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی و فسفر بیشتر انجام می‌شود که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. همچنین بیشترین غلظت آهن دانه از تیمار محلول‌پاشی ۵ در هزار حاصل شد که نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی (شاهد) ۱۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به‌صورت ترکیبی، سبب افزایش میزان عنصر آهن در دانه شد (Riazi and Haghnia, 2008). بر طبق اظهارات محققین محلول‌پاشی آهن و روی غلظت این عناصر در دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. هم‌چنین بیشترین میزان آهن دانه در تیمار محلول‌پاشی و کمترین میزان آهن در دانه در تیمار شاهد بود (Saeedi Abooshaghi and Yadavi, 2016). نتایج تأثیر مثبت محلول‌پاشی آهن و روی بر جذب آهن دانه توسط سایر محققین موحدی‌دهنوی و همکاران (Movahhedi Dehnavi et al., 2004) و متاعی و همکاران (Motaei et al., 2015) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

درمجموع نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان بیان نمود که کمبود عناصر کم‌مصرف نظیر روی و آهن در خاک‌های مناطق جنوبی کشور بسیار محتمل است. لذا به‌منظور دست‌یابی به حداکثر عملکرد کمی و میزان عناصر غذایی، کشت گیاه ذرت با محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به میزان پنج در هزار در شرایط رطوبتی مناسب پیشنهاد می‌شود زیرا خاک‌های استان خوزستان به دلیل قلیایی بودن دارای کمبود عناصر کم‌مصرف هستند بنابراین محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در شرایط آبیاری مطلوب توانست کمبود این عناصر

را جبران نماید. گرچه همان‌طور که انتظار می‌رفت بیشترین عملکرد دانه در تیمار بدون محدودیت آبی با محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۳۹ درصد افزایش نشان داد. لیکن در شرایط محدودیت منابع آبی، تنش ملایم رطوبتی یعنی تیمار ۹۵ میلی‌متر تبخیر از تشت به همراه تیمار محلول‌پاشی آهن و روی با غلظت ۵ در هزار می‌تواند توصیه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود آزمایش در سال‌های آتی با توجه به متغیر بودن شرایط اقلیمی و محیطی جهت رسیدن به نتایج قطعی تکرار شود.

قدردانی

این مقاله از طرح پژوهشی درون دانشگاهی تحت عنوان «بررسی اثر کلات آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و میزان عناصر غذایی دانه ذرت بهاره تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در حمیدیه» استخراج‌شده و هزینه آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تأمین شده است که بدین‌وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

Alavi Fazel, M., Mousavi, H., Lack, SH., 2013. Analysis of correlation and stepwise regression between Grain Protein between grain protein yield and related traits of maize in conditions of drought stress and zinc sulfate spraying. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5, 2783-2788 .

Alloway, B.J., 2008. Zinc in Soil and Crop Nutrition. (2th edition). Brussels: International zinc association (IZA), 136p.

Arndt, S.K.K., Clifford, S.C., Wanek, W., Jones, H.G., Popp, M., 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree Ziziphus rotundifolia in response to progressive drought stress. Tree Physiology. 21, 705-715.

Beigzadeh, S., Fatahi, K., Sayedi, A., Fatahi, F., 2013. Study of the effects of late-season drought stress on yield and yield components of irrigated barley lines within Kermanshah province temperate regions. World Applied Programming. 3, 226-231.

Campos, H., Cooper, M., Habben, J.E., Edmeades, G.O., Schussler, J.R., 2012. Improving drought tolerance in maize. Field Crops Research. 90, 19–34.

Emami, A., 1996. Methods of plant analysis. Journal of Research Organ Education and Agricultural Extension. 982, 11-28.

FAO. 2015. FAO Food and Agricultural commodities production. Available online at: http://www.faostat.fao.org/site/339/default/aspex .

Farajzadeh Memari Tabrizi, E., Yarnia, M., Ahmadzadeh, V., Farajzadeh Memari Tabrizi, N., 2015. Effect of levels of drought tension and concentrations of potassium humate on two hybrids of hybrid corn 604 and 704. Crop Physiology Journal. 7, 105-118. [In Persian with English summary].

Garnett, T.P., Graham, R.D., 2005. Distribution and remobilization of iron and cupper in wheat. Annals of Botany. 95, 817-826.

Ghassemi-Golezani, K., Heydari, Sh., Dalil, B., 2018. Field performance of maize (*Zea mays* L.) cultivars under drought stress. Acta Agriculturae Slovenica. 111, 25-32.

Ghotavi, H., Moafporian, G.H., and Bahrani, A., 2011. Effect of zinc sulfate spraying and irrigation intervals on yield, yield components and corn protein content. Journal of Plant Ecophysiology. 4, 80-92. [In Persian with English Summary].

Graham, R.D., Webb, M.J., 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 .

Grattan, S.R., Grieve, C.M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Journal Science Horticulturae. 78, 127-157.

Greaves, G.E., Wang, Y., 2017. Yield response, water productivity, and seasonal water production functions for maize under deficit irrigation water management in southern Taiwan. Plant Production Science. 20, 353-365.

Jalil Sheshbahreh, M., 2012. Effect of foliar application of iron and zinc on quantitative and

qualitative yield of soybean under drought stress. Master's Thesis, Faculty of Agriculture, Yasouj University. 103 p. [In Persian].

Janmohammadi, M., Abdoli, H., Sabaghnia, N., Esmailpour, M., Aghaei, A., 2018. The effect of iron, zinc and organic fertilizer on yield of chickpea (*Cicer Artietinum* L.) in mediterranean climate. Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 66, 49-62.

Karimi, Z., Nasrollahzadeh Asl, A., Jalili, F., Valiolou, R., 2012. Effect of fertilizer phosphate fertilizer-2 and spraying of micronutrient elements on yield and yield components of corn grain 704. Journal of Agricultural Sciences. 4, 33-43. [In Persian with English Summary].

Keeney, D.R., Nelson, D.W., 1982. Nitrogen in organic forms. P 643-698. In: A. L. Page, Miller, R.H., and Keeney, D.R., (Eds.), Method of soil analysis. Part II.

Ma, D., Sun, D., Wang, C., Ding, H., Qin, H., Hou, J., Huang, X., Xie, Y., Guo, T., 2017. Physiological responses and yield of wheat plants in zinc-mediated alleviation of drought stress. Frontiers in Plant Science. 8, 860-868 .

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second edition, Academic Press Limited. Harcourt Brace and Company, Publishers, London, p. 347-364.

Meseka, S., Menkir, A., Bossey, B., Mengesha, W., 2018. Performance Assessment of Drought Tolerant Maize Hybrids under Combined Drought and Heat Stress. Agronomy. 8, 1-17.

Mosanna, R., Khalilvand Behrozyar, E., 2015. Morpho- physiological response of maize (*Zea mays* L.) to zinc nano-chelate foliar and soil application at different growth stages. Journal on New Biological Reports. 4, 46 – 50.

Mosavifeyzabadi, H., Vazin, F., Hassanzadehdelouei, M., 2013. Effects of nitrogen and zinc spray on yieldof corn (*Zea mays* L.) in drought stress. Cercetari Agronomice in Moldova. 3, 329-39.

Motaei, S., Amirinia, R., Tajbakhsh, M., Abdollahi Mandolkhani, B., 2015. Effect of iron, zinc and manganese and their method of application on phenology, yield and quality of sweet corn grain. Journal of Production and Processing of Crop and Gardening. 4, 230-240 .

Pandey, N., Pathak, G.C., Sharma, C.P., 2006. Zinc is critically required for pollen function and fertilization in cowpea. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 20, 89-96.

Parzivand, A., Ghushchi, F., Momayezi, M.R., Tohidi Moghaddam, H.R., 2011. Effect of zinc and nitrogen fertilizer on yield and some qualitative indicators of wheat grain under drought stress conditions. Journal of Crop Improvment. 3, 69-55. [In Persian with English Summary].

Rafiee, M., Nadian, H., Normohammadi, Gh., Karimi, M., 2004. Effects of drought stress and zinc and phosphorus on total concentration and concentration of elements in corn. Journal of Agricultural Science of Iran. 35, 235-243. [In Persian with English Summary].

Razzaq, M.R., Muhammad Anjum, F., Issa Khan, M., 2012. Effect of extruder variables on chemical characteristics of maize (*Zea mays* L.) extrudates. Pakistan Journal of Food Sciences. 22(2), 108-116.

Riazi, H., Haghnia, G.H., 2008. Principles and Views of Plant Nutrition, compiled by Emanuel Epstein. Isfahan University Press. 259 p. [In Persian].

Ribaut, J.M., Betran, J., Monneveux, P., Setter, T., 2012. Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J.L., Hake, S.C. (Eds.), Handbook of Maize: Its Biology. Springer, New York, pp. 11-34.

Rosales, M.A., Ocampo, E., Rodriguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J., Covarrubias, A.A., 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. Plant Physiology Biochemical. 56, 24-34.

Ruiz, J.M., Baghour, M., Romero, L., 2000 Efficiency of the different genotypes of tomato in relation to foliar content of Fe and the response of some bioindicators. Journal of Plant Nutrition. 23, 1777-1786.

Saeedi Abooshaghi, R.A., Yadavi, A.R., 2016. The effect of iron and zinc irrigation and irrigation levels on quantitative and qualitative characteristics of red bean. Journal of Iranian Cereals Research. 6, 54-65. [In Persian with English Summary].

Safyan, N., Naderidarbaghshahi, M.R., Bahari, B., 2012. The effect of microelements spraying on growth, qualitative and quantitative grain corn in Iran. International Research Journal of

Applied and Basic Sciences. 3, 2780-2784. [In Persian with English Summary].

Said-Alahl, H.A.H., Abeer, A., 2010. Effect of zinc and or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicuml*.) under salt stress. Ozean applied sciences. 3, 97-111.

Sheykhbagloo, N., Hassanzadeh Gorttapeh, A., Baghestani, M., Zand, B., 2008. Study the effect of Zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield of grain corn under water stress. Electronic Journal of Crop Production. 2, 59-74 .

Sohrabi, Y., Ahmadi, A., 2012. Effect of sulfur and zinc fertilizers application on yield, and yield component of corn (*Zea mays* L.) under different irrigation levels. Plant Production Technology. 12, 71-88.

Soleymani, A., Shahrajabian, M.H., 2016. The effects of Fe, Mn and Zn foliar application on yield, ash and protein percentage of forage sorghum in climatic condition of Esfahan. International Journal of Biology. 4, 92-97.

Tariq, M., Sharif, M., Shah, Z., Khan, R., 2007. Effect of foliar application of micronutrients on the yield and quality of sweet orange (*Citrus sinensis* L.). Pakistan Journal of Biological Science. 10, 1823- 1828.

Thalooth, A., Tawfik, M., Magda Mohamed, M.A., 2006. Comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences. 2, 37-46 .

Yan, W., Zhong, Y., Shangguan, Z., 2016. Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science. 66, 133-140.

Zahedi, H., Alipour, A., 2018. Effect of spraying of iron and manganese nano chelated on yield and yield component of barley (*Hordeum vulgare* L.) under water deficit stress at different growth stages. Environmental Stress in Cropp Sciencce. 11, 847-861.