در
پژوهش و سازندگی
زراعت و باغبانی شماره ۷۶، پاییز ۱۳۸۶

بررسی اثرات مصرف عناصر آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی و تعیین حد بحرانی آن‌ها در خاکهای دشت ورامین

• محسن سیلسپور
عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین
تاریخ دریافت : مردادماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۵
Email: seilsep@yahoo.com

چکیده

زیر کشت بردن توام و پی در پی اراضی ، کشت واریته‌های پرمحصول با نیاز غذائی بالا و مصرف بی رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی، خصوصا کودهای ازته و فسفره از عواملی هستند که باعث بروز علائم کمبود ریزمغذی‌ها و کاهش عملکرد ناشی از این کمبود شده‌اند. مصرف متعادل کودها ی اصلی و ریزمغذی‌ها، نتنها باعث افزایش تولیدات کشاورزی با کیفیت بالا می‌گردد، بلکه سلامتی جامعه مصرف کننده را نیز تضمین می‌کند. به منظور بررسی اثرات تغذیه‌ای روی و آهن در گندم و تعیین حدود بحرانی این عناصر ، یک آزمایش مزرعه‌ای با چهار تیمار و سه تکرار در ۳۰ مزرعه در سطح دشت ورامین به مرحله اجرا در آمد. مزارع انتخابی در نواحی عمده کشت گندم آبی و بر اساس مطالعات خاک‌شناسی درسری غالب خاک منطقه قرار داشتند.به ازای هر ۸۰۰ هکتار تقریباً یک مزرعه انتخاب و نمونه خاک مرکب تهیه و جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی به آزمایشگاه ارسال شد.در هر یک از مزارع انتخاب شده چهار تیمار شاهد بدون مصرف عناصر کم مصرف آهن و روی، تیمار مصرف آهن (Fe)، تیمار مصرف روی (Zn) و تیمار مصرف توام آهن و روی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد.آهن از منبع سکوسترین به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار و روی از منبع سولفات روی به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد.نتایج بدست آمده نشان داد که عکس العمل گیاه نسبت به مصرف کودهای آهن و روی به میزان قابل جذب این عناصر در خاک بستگی دارد بطوریکه در مورد آهن در خاک‌هایی که میزان آهن قابل جذب آن‌ها بیش‌تر از ۴/۷ و در مورد روی در خاک‌هایی که میزان روی قابل جذب آن‌ها بیش‌تر از ۰/۸ میلی گرم در کیلوگرم است ، افزودن عناصر فوق الذکر تاثیری در عملکرد دانه گندم ندارد. بیشترین عملکرد دانه گندم در اثر مصرف آهن به میزان ۱۱۰۰ کیلوگرم درهکتار در خاکی بود که ۲ میلی گرم در کیلوگرم آهن قابل جذب داشت و در مورد روی نیز بیشترین افزایش عملکرد به میزان ۱۲۰۰ کیلو گرم در هکتار در خاکی بود که ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم روی قابل جذب داشت.افزایش عملکرد دانه گندم در اثر مصرف روی و آهن با مقادیر قابل جذب این عناصر در خاک همبستگی معنی دار داشت و از مدل لگاریتمی پیروی می‌کرد.بطور متوسط در مزارع مورد بررسی در اثر مصرف آهن و روی به ترتیب۳۱۷و۳۳۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه گندم افزایش یافت.در اثر مصرف توام آهن و روی عملکرد دانه گندم ۸۶۸ کیلوگرم در هکتار افزایش پیدا کرد.با در نظر گرفتن حد بحرانی برای آهن و روی به ترتیب ۴/۷ و ۰/۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک، ۵۴ درصد خاکهای گندمکاری منطقه دچار کمبود آهن و ۴۶ درصد خاک‌های منطقه دچار کمبود روی تشخیص داده شدند.بنابراین در چنین خاک‌هایی جهت حصول به حداکثر عملکرد گندم مصرف آهن و روی ضروری است.

کلمات کلیدی: گندم، حدبحرانی، آهن، روی

Pajouhesh & Sazandegi No 76 pp: 123-133

The study of fe and zn effects on quantitative and qualitative parameters of winter wheat and determination of critical levels of theseelements in Varamin plain soils

By: M. Seilsepour, Member of Scientific Board of Varamin Agricultural Research Center

Intensive and multiple cropping, cultivations of crop varieties with heavy nutrient requirement and unbalanced use of chemical fertilizers especially nitrogen and phosphorus fertilizers caused reduction of yields and appearing of micronutrient deficiency in crops. While balanced fertilization and micronutrients application will increase yield and quality of crops and will insure people health in society. In order to study the effects of zinc and iron on wheat and to find out the critical levels of these elements in soils, an experiment was conducted in 30 difference fields in Varamin plain. One field per 800 hectares was selected, soil samples were selected and analyzed. Experimental fields were selected based on soil test results. In each sites, the experiment was conducted with RCBD design and four treatments and three replications. Treatments included as follow: 1-Control without use of micronutrients 2-Use of Zn as Znso4 (40 kg.ha-1) 3-Use of Fe as Fe-chelat (10 kg.ha-1) 4-Use of Fe and Zn.Data showed that grain yield is dependent to available-Fe and available-Zn in soil. So use of Fe and Zn had not any effects in soils which had available-Fe and ava-Zn more than 4.7 and 0.8 mg.kg-1 respectively. Maximum increasing of grain yield by Fe application was 1100 kg.ha-1in soils which contain 2 mg.kg-1 available Fe and by Zn application, grain yield increase received to 1200 kg.ha-1 in soils which contain 0.5 mg.kg-1 available Zn.There was a positive correlation between grain yield and available soil Fe or available soil Zn.These correlation were fitted to a logarithmic models with a significant R2.The average grain yield increase by using of Fe and Zn were 317 and 330 kg.ha-1 respectively. yield increased 868 kg.ha-1by using of Fe and Zn.So the critical levels of Fe and Zn in soils was determined 4.7 and 0.8 mg.kg-1 respectivly.By this way,%54 and %46 of soils under wheat cultivation had deficient to Fe and Zn respectivly.So use of Zn and Fe fertilizers highly recommended for yield increasing in these soils.

Keyword: Wheat, Critical level,Fe,Zn

مقدمه

دشت ورامین با وسعت ۱۱۷ هزار هکتار در موقعیت ۵۱/۳۰ تا ۵۱/۵۵ درجه طول شرقی و ۳۵/۰۵ تا ۳۵/۲۸ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و یکی از حاصلخیزترین دشت های رسوبی می‌باشد. وسعت اراضی قابل کشت این دشت ۶۰ هزار هکتار می‌باشد که سالانه ۲۰ هزار هکتار آن تحت کشت گندم می‌باشد. گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهمترین محصول کشور به شمار رفته و افزایش عملکرد آن در واحد سطح از مهمترین اولویت های تحقیقاتی و اجرایی کشور می‌باشد.

عناصر کم مصرف با وجود اینکه به مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشند، ولی نقش‌های برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان به عهده دارند که از آن جمله نقش آن‌ها در فعالیت آنزیمی، رشد، تمایز سلولی، تشکیل گل، میوه و بهبود کیفیت محصول را می‌توان ذکر کرد. همچنین نقش اساسی این عناصر به خصوص منگنز، مس، روی و بور در تشکیل جدار سلولی و مقاومت گیاهان به آفات و امراض در خور اهمیت است (۹).

روی به عنوان یکی از عناصر و ترکیبات حیاتی و الزامی برای گندم شناخته شده است.این عنصر در چندین آنزیم، منجمله کربنیک آنهیدراز، دهیدروژناز، پروتئیناز و پپتیداز وجود دارد. روی در گندم باعث کاهش محتویات کربوهیدرات در برگ و ساقه هنگام شکل‌گیری خوشه می‌شود که ظاهرا باعث تسهیل جریان کربوهیدرات‌ها به دانه و در نهایت باعث بالا رفتن کیفیت دانه می‌شود. از طرف دیگر روی باعث انتقال بهتر پروتئین به دانه گندم می‌شود که این مسئله منجر به بالا رفتن کیفیت محصول می‌شود. نشان داده شده است که روی در ساختمان آنزیم‌هایی که در ساخت CRNAوDNA مشارکت دارند، وجوددارد. (۱۲).

کشت توام و پی در پی اراضی، کشت واریته‌های پر محصول با نیاز غذائی بالا، مصرف بی رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی خصوصاً کودهای ازته و فسفره از عواملی هستند که باعث بروز علائم کمبود ریزمغذی‌ها و کاهش عملکرد ناشی از این کمبود شده‌اند (۸).

طبق تحقیقات انجام شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب در ایران کمبود ریزمغذی‌ها، خصوصاً آهن و روی در مزارع و باغها شیوع عمومی دارد که علت این مسئله را می‌بایست در وجود یون‌های کربنات و بی کربنات در آب‌های آبیاری و مصرف بالا و بی رویه فسفر جستجو نمود. (۹). نتایج مطالعات ملکوتی (۱۰)، بلالی و همکاران (۲) نشان می‌دهد که ۳۸ درصد خاک‌های تحت کشت گندم در کشور با کمبود روی مواجهند. تحقیقات انجام شده توسط Graham و Welch (۲۳) نشان می‌دهد که ۴۰ درصد از جمعیت جهان دچار کمبود ریزمغذی‌ها هستند

برخی مطالعات داخلی نشان می‌دهد ۴۳ درصد افراد جامعه با کمبود

روی مواجهند (۱۳).

حتی در برخی منابع خارجی درصد کمبود را بیش از ۹۰ درصد گزارش کرده اند (۳۲). از آنجائی که نان نقش مهم و به سزائی در تغذیه به عهده دارد و آمارها حاکی از آن دارد که ۷۰ درصد پروتئین و ۴۰ درصد کالری مورد نیاز مردم کشور از نان تامین می‌شود ، لذا هر گونه کمبود در این ماده غذایی مهم به جمعیت وسیعی از جامعه انتقال می‌یابد. از طرف دیگر می توان با غنی سازی آرد از طریق تغذیه متعادل گندم و مصرف عناصری مثل روی نسبت به سلامتی جامعه اقدام نمود. از طرف دیگر نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn)یکی از شاخص‌های کیفی دانه گندم می‌باشد که متاسفانه در خاکهای آهکی کشور به دلیل عدم جذب روی بدلیل بالا بودن فسفر و عدم مصرف کودهای حاوی روی این نسبت بیشتر از ۴۰ می‌باشد (۱۰)، درصورتی که Gibson (۲۱) و سازمان بهداشت جهانی (۳۱) نسبت اسید فیتیک به روی را در جیره غذایی انسان برابر ۱۲ ذکر کرده اند.چنانچه این نسبت بالاتر از حد معمول باشد، جذب عناصری مثل آهن و روی در بدن مصرف کننده شدیدا کاهش می یابد. نتایج تحقیقات انجام شده توسط ملکوتی (۱۰) نشان می‌دهد که با مصرف سولفات روی و مصرف کودهای فسفاته بر اساس آزمون خاک، میزان اسید فیتیک در دانه گندم کاهش و غلظت روی افزایش و نسبت اسید فیتیک به روی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.بنابراین در آزمایش فوق درصد پروتئین دانه و میزان روی دانه به عنوان پارامترهای کیفی دانه اندازه گیری شدند.

طی سالیان گذشته، آزمایشات زیادی در رابطه با اثرات عنصر روی بر محصول گندم در نقاط مختلف دنیا انجام شده است و ضرورت مصرف کود روی برای افزایش عملکرد گندم به اثبات رسیده است.Bansal و همکاران (۱۶) ، Sharma و Lal (۲۸) ، Gill و همکاران(۲۲) ، ملکوتی و لطف الهی (۱۱).

نتایج تحقیقات Yilmas و همکاران (۳۳) در ترکیه نشان می‌دهد در مزارعی که غلظت روی در خاک کمتر از ۰/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم بوده است، با مصرف سولفات روی عملکرد افزایش یافته و کیفیت دانه نیز بهتر شده است مجیدی و ملکوتی (۷) و سدری و ملکوتی (۴) حد بحرانی روی را در خاک‌های کردستان به ترتیب ۱ و ۱/۲ میلی گرم در کیلوگرم با روش DTPA تعیین کردند. نتایج تحقیقات این پژوهش نشان داد که در اراضی آبی، با مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، عملکرد دانه ۱۲ درصد و غلظت روی در دانه ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات مصرف ریزمغذی‌ها در استانهای مختلف کشور (ملکوتی ۱۳۷۷) (۸) نشان داد که با مصرف سولفات روی، علاوه بر افزایش قابل توجه عملکرد (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، غلظت روی در دانه و کلش گندم بیش از دو برابر افزایش می‌یابد. بلالی و همکاران (۱۳۷۹) (۱) در آزمایشات خود در ۱۰ استان کشور به این نتیجه رسیدند که با مصرف سکوسترون آهن به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار ، عملکرد محصول گندم ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.Sharma و Lal (۲۸) اثر سولفات روی را در ۲۰ مزرعه مستقل از یکدیگر مطالعه نمودند و دریافتند که عکس العمل گندم نسبت به مصرف سولفات روی همبستگی مثبت با میزان روی قابل جذب خاک دارد. در مزارعی که غلظت روی بیش‌تر از ۱ میلی گرم در کیلوگرم بوده است مصرف سولفات روی تاثیری در عملکرد محصول نداشته است.Tandon (۳۰) عقیده دارد که ۱۱ درصد از خاک‌های هندوستان مبتلا به کمبود آهن هستند. نامبرده افزایش عملکرد گندم ناشی از مصرف آهن در هند را بطور متوسط ۷۸۰ کیلوگرم در هکتار و حد بحرانی آن را در خاک برای گندم ۴/۴ میلی گرم در کیلوگرم گزارش کرده است. Agrawal و همکاران (۱۴) ضمن تعیین نیاز گندم به عناصر کم مصرف ، حد بحرانی آهن در خاک را با عصاره‌گیری DTPA پنج میلی گرم در کیلوگرم تعیین نمودند. Linsay و Norvel (۲۶) حد بحرانی آهن در خاک را با روش DAPA ۵/۲ تا ۴/۵ میلی گرم در کیلوگرم گزارش نمودند.

مواد و روش‌ها

ابتدا منطقه مورد مطالعه به وسعت تقریبی ۲۰ هزار هکتار که تحت کشت گندم آبی می‌باشد مورد بازبینی صحرایی قرار گرفت و مزارعی که در سری غالب خاک منطقه(سری ورامین) قرار داشتند با استفاده از نقشه‌های خاک شناسی مشخص شدند و به ازای هر ۸۰۰ هکتار یک مزرعه آزمایشی در نظر گرفته شد. مشخصات دقیق محل یادداشت و نمونه برداری از مزرعه به صورت مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی متری انجام شد. نمونه‌ها ابتدا در آزمایشگاه هوا خشک شدند، سپس از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند و جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی طبق روش‌های توصیه شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب (۶) مورد تجزیه قرار گرفتند.میزان ریزمغذی های خاک نیز مطابق روش Linsay و Norvel (۲۶) توسط عصاره‌گیری با DTPA[1] و تعیین غلظت توسط دستگاه جذب انجام پذیرفت. سپس در هر مزرعه یک آزمایش کودی با طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار روی محصول گندم اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از:۱-شاهد بدون مصرف آهن و روی۲- مصرف آهن۳- مصرف روی۴- مصرف آهن و روی.آهن از منبع سکوسترین به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار و روی از منبع سولفات روی به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.در کلیه قطعات اجرای طرح مدیریت یکسان زراعی اعمال شد. عملیات کاشت در نیمه دوم آبان ماه صورت پذیرفت. کلیه کودهای فسفره و پتاسیمی قبل از کاشت طبق مدل کامپیوتری توصیه کودی (۱) به خاک محل اجرای آزمایش اضافه شدند. کود ازته از منبع اوره بر اساس توصیه‌های علمی به صورت سه بار تقسیط (یک سوم هنگام کاشت، یک سوم هنگام پنجه زنی و یک سوم هنگام ساقه دهی) مصرف شد. رقم کاشت نیز رقم مهدوی بود. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به فواصل ۶۰ سانتی متر و طول ۶ متر بود. سطح برداشت در کرت‌های آزمایشی محدود به چهار خط وسط هر کرت بود. عملیات برداشت از بالای سطح خاک به صورت کف بر صورت گرفت و پس از برداشت عملیات جداسازی دانه از خوشه توسط خرمنکوب آزمایشی صورت پذیرفت و محصول به تفکیک دانه و کاه توزین شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. حد بحرانی آهن و روی در خاک با استفاده از روش ترسیمی Cate و Nelson (۱۹) برای عملکرد نسبی کمتر از ۱۰۰ درصد مشخص گردید. در این روش نتایج تجزیه خاک عنصر مورد نظر در محور xها و در صد عملکرد نسبی در محورyها یادداشت و صفحه مختصات به چهار بخش تقسیم می‌شود. در این آزمایش عملکرد نسبی برای آهن از رابطه ۱۰۰(عملکرد کرت آهن/عملکرد کرت شاهد) و برای روی از رابطه ۱۰۰(عملکرد کرت روی/عملکرد کرت شاهد) محاسبه گردید. در روش ترسیمی Cate و Nelson قطعات آزمایشی به دو گروه تقسیم می‌شوند، قطعاتی که پاسخ بالا نسبت به کود دارند و آن گروه

که پاسخ اندک نسبت به سطوح مختلف کودی از خود نشان می‌دهند. میانگین عددی حاصل از تجزیه خاک که این دو گروه را از یکدیگر جدا می‌کند به عنوان نقطه بحرانی عنصر مورد نظر محاسبه می‌شود. در عمل پس از پلات کردن اعداد عملکرد نسبی متناظر با سطح عنصر مورد مطالعه در خاک، توسط خطی که موازی محور xها از نقطه ۱۰۰ درصد عملکرد نسبی کشیده شد، نقاط بالای این خط که در واقع قطعاتی بودند که واکنش منفی نسبت به مصرف کود داشته‌اند از محاسبات حذف شدند. بین نقاط باقی مانده توسط خط عمودی موازی محور y ها، نقطه‌ای را روی محور xها انتخاب شد، طوری که بیشترین تعداد نقاط پلات شده در ربع اول و سوم محور مختصات قرار گیرند. نقطه تلاقی خط عمودی با محور x ها، نقطه بحرانی عنصر مورد مطالعه در خاک در نظر گرفته شد. (نمودارهای شماره ۱ و شماره ۲).نهایتاً در هر یک از قطعات آزمایش، افزایش عملکرد حاصل از مصرف آهن و روی نسبت به کرت شاهد محاسبه شد. با استفاده از روابط رگرسیون، معادلات واکنش افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد، افزایش غلظت روی در دانه نسبت به شاهد ، افزایش درصد پروتئین دانه گندم نسبت به شاهد با متغیرهای مختلف محاسبه و به صورت نمودار ترسیم شد.

نتایج

جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع مختلف اجرای طرح، از خاک محل اجرای آزمایش نمونه‌گیری مرکب به عمل آمد که نتایج تجزیه فیزیکوشیمیائی نمونه‌ها در جدول شماره ۱ درج شده است.پس از برداشت محصول، میانگین عملکرد دانه تیمارهای مختلف آزمایش محاسبه و نتایج آن در جدول شماره ۲ درج گردید.درصد پروتئین دانه و غلظت روی در دانه تیمارهای مختلف به عنوان پارامترهای کیفی درنظر گرفته شدندکه نتایج آن در جدول ۳ درج شده است.

بحث

الف-حد بحرانی عناصر غذایی آهن و روی

حد بحرانی عناصر غذایی آهن و روی با استفاده از روش تصویری Cate وNelson (۱۹) تعیین گردید.شکل‌های شماره ۱و۲ حد بحرانی آهن و روی را نشان می‌دهند.همانگونه که از این شکل‌ها مشخص است حد بحرانی برای آهن ۴/۸ و برای روی ۰/۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. به عبارت دیگر در سطح منطقه مورد مطالعه ، افزودن آهن به خاک‌هائی که بیشتر از ۴/۸ میلی گرم در کیلوگرم آهن قابل جذب و بیشتر از ۰/۸ میلی گرم در کیلوگرم روی قابل جذب دارند، تفاوت معنی‌داری را در عملکرد دانه گندم باعث نمی‌شود.تحقیقات برخی محققان نتایج فوق را تائید و نتایج برخی محققان با نتایج فوق مطابقت ندارد.مجیدی و ملکوتی (۷) نیز حد بحرانی روی را در خاکهای کردستان ۰/۸ میلیگرم در کیلوگرم گزارش کرده‌اند. Linsay و Norvel (۲۶) نیز حد بحرانی آهن در خاک را ۴/۵ میلیگرم در کیلوگرم گزارش کرده اند.Tandon (۳) نیز حد بحرانی آهن در خاک‌های هند را برای محصول گندم ۴/۴ میلیگرم در کیلوگرم گزارش کرده است Agrawala (۱۴) نیز اثر مثبت روی را بر عملکرد گندم گزارش کرده و حد بحرانی روی را ۰/۸ میلیگرم در کیلوگرم گزارش کرده است. سدری و ملکوتی (۴) حد بحرانی روی و آهن را در خاک‌های کردستان به ترتیب ۱/۱و۵/۹ میلی گرم در کیلوگرم گزارش کرده‌اند. Agrawala (۱۴) حد بحرانی آهن در خاک را ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آورد.Singh (۲۹)حد بحرانی روی را ۰/۶۵ میلی گرم در خاک گزارش نمود.Amir (۱۵)گزارش می‌کند که حد بحرانی روی برای مزارع گندم وابسته به مقدار مواد آلی و از ۰/۵ تا ۰/۸ میلی گرم در کیلوگرم برای خاک‌هائی که دارای کمتر از ۰/۱ تا ۱/۷ درصد ماده آلی هستند تغییر می‌کند.حد بحرانی آهن در استانهای مختلف کشور از ۲ میلی گرم در کیلوگرم (استان آذربایجان غربی) تا ۸ میلی گرم در کیلوگرم (استان خوزستان) گزارش شده است. هم چنین حد بحرانی روی در استان‌های مختلف کشور از ۰/۴ میلی گرم در کیلوگرم (استان خوزستان) تا ۰/۹۵ (استان کرمان) گزارش شده است (۲). بنابراین چنین استنباط می‌شود که حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک وابسته به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک می باشد و برای هر منطقه می بایست مجزا تحقیق و بدست آورده شود.

شکل شماره ۵ و شکل شماره ۶ درصد خاک‌های منطقه را از نظر حدود کفایت و کمبود عناصر آهن و روی نشان می‌دهد.هماهنگونه که از این اشکال مشخص است با در نظر گرفتن حدود بحرانی آهن و روی در خاک‌های منطقه، ۵۴ درصد خاک‌های منطقه مورد مطالعه دچار کمبود آهن و ۴۶ درصد خاک‌های منقطه مورد مطالعه با کمبود روی مواجهند که برای حصول به حداکثر محصول با کیفیت بالا، مصرف کودهای حاوی آهن و روی در این خاک‌ها ضروری است.بلالی و همکاران نیز (۲) گزارش می‌دهند که ۳۸ درصد خاک‌های تحت کشت گندم در کشور با کمبود روی مواجهند.

ب-پاسخ عملکرد دانه به مصرف آهن و روی

هماهنگونه که ازاطلاعات جدول شماره ۲ مشخص است در اکثر نقاط اجرای طرح ، مصرف آهن وروی و مصرف توام این عناصر افزایش عملکرد را باعث شده‌اند. نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جدول شماره ۲ با استفاده از آزمون t نشان داد که میانگین عملکرد تیمار آهن ۵۹۶۱ کیلو گرم در هکتار، میانگین عملکرد تیمار روی ۵۷۲۰ کیلو گرم در هکتار و میانگین عملکرد تیمار آهن و روی (۶۳۱۳ کیلوگرم در هکتار) با میانگین عملکرد تیمار شاهد ۵۳۸۸ تفاوت آماری معنی دار در سطح یک در صد دارند. (شکل شماره ۷) میانگین عملکردکرت‌های کودی نشان داد که مصرف آهن و روی ، به ترتیب بطور متوسط ۳۱۷ و ۳۳۰ کیلوگرم افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد باعث خواهند شد. میانگین محصول کرت‌های مصرف آهن و روی نشان می‌دهد که مصرف توام این عناصر، بطور متوسط ۸۶۷ کیلوگرم افزایش عملکرد دانه رابه دنبال خواهد داشت که تاکیدی است بر تغذیه متعادل گیاه.

Hemantaranjan و Gray (۲۴) گزارش کردند که کاربرد عناصر آهن و روی در زراعت گندم، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه درخوشه، طول خوشه و تعداد خوشه در واحد سطح را بطور معنی‌داری افزایش می‌دهند. این محققان اضافه کردند که علت افزایش عملکرد و اجزای آن در اثر کاربرد آهن و روی ، تأثیر این دو عنصر بر مقدار کلروفیل برگ و غلظت ایندول استیک اسید(IAa) می‌باشد. افزایش میزان کلروفیل از طریق افزایش فتوسنتز ، عملکرد ماده خشک گیاه را افزایش می‌دهد. Brown و همکاران (۱۷) اذعان می‌دارند که در اثر مصرف آهن و روی، مقدار کل

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیائی نمونه خاک مزارع

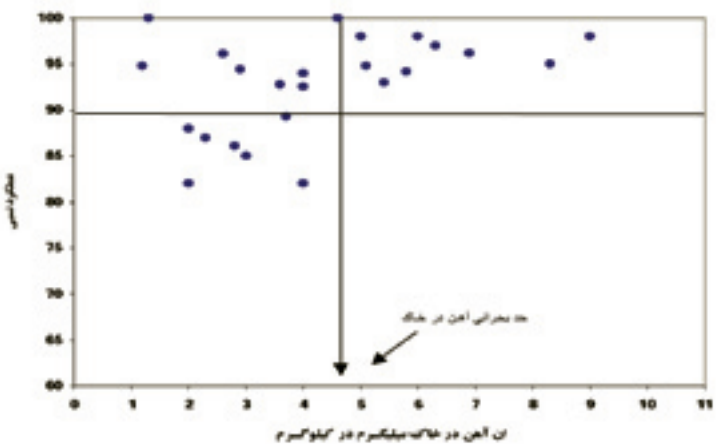
مزرعه	pH	AVA Zn mg.kg-۱	AVA Fe mg.kg-۱	AVA.P mg.kg-۱	AVA.K mg.kg-۱	٪TNV	٪O.C	بافت
۱	۵/۷	۰/۶۴	۵	۹	۲۸۰	۱۷	۰/۳۵	C-L
۲	۷/۶	۱/۱	۸/۳	۸	۳۰۰	۱۵	۰/۵۴	C-L
۳	۷/۸	۰/۷۵	۳/۷	۷	۲۵۰	۱۴	۰/۶۸	L
۴	۷/۶	۰/۶۳	۵/۹	۱۱	۳۱۰	۱۸	۰/۵۲	C-L
۵	۷/۶	۱/۲	۵	۱۰	۳۵۰	۱۷	۰/۶۱	C-L
۶	۷/۴	۰/۹	۶/۳	۱۴	۲۶۰	۱۶	۰/۳۵	C-L
۷	۷/۹	۰/۹	۶/۳	۱۰	۲۴۰	۱۵	۰/۷۳	L
۸	۷/۱	۱	۴/۶	۹	۳۵۰	۱۴	۰/۶۲	C-L
۹	۷/۲	۰/۴۵	۴	۱۲	۲۸۰	۲۲	۰/۷۹	L
۱۰	۷/۲	۰/۵۸	۴/۷	۱۶	۲۱۰	۱۸	۰/۳۵	L
۱۱	۷/۸	۱/۲	۹/۷	۱۲	۲۵۰	۱۷	۰/۶۳	L
۱۲	۷/۶	۰/۵	۲/۸	۱۱	۳۰۰	۱۵	۰/۵۶	C-L
۱۳	۷/۵	۲	۵/۸	۱۳	۳۶۰	۲۱	۰/۶۸	C-L
۱۴	۷/۴	۰/۵۹	۲/۶	۱۰	۲۸۰	۱۷	۰/۳۵	L
۱۵	۷/۳	۰/۹۸	۶/۹	۹	۲۸۰	۱۸	۰/۶۹	L
۱۶	۷/۳	۱/۱	۲/۹	۱۲	۲۴۰	۲۱	۰/۵۸	L
۱۷	۷/۶	۱/۵	۳/۶	۱۳	۲۳۰	۱۷	۰/۸۱	L
۱۸	۷/۶	۱/۶	۵/۴	۱۱	۲۷۰	۲۰	۰/۷۵	C
۱۹	۷/۴	۰/۴۲	۱/۲	۹	۳۱۰	۱۹	۰/۳۴	C-L
۲۰	۷/۸	۸./۰	۵/۱	۸	۲۵۰	۲۱	۰/۵۹	L
۲۱	۷/۵	۱/۵	۱/۳	۹	۳۰۰	۱۸	۰/۶۵	C-L
۲۲	۷/۶	۰/۳	۴	۱۲	۲۶۰	۱۷	۰/۳۲	L
۲۳	۷/۶	۱	۵	۱۱	۴۵۰	۱۴	۰/۶۶	C-L
۲۴	۷/۸	۰/۴	۹	۱۰	۳۰۰	۱۸	۰/۶۶	C-L
۲۵	۷/۶	۰/۹	۲/۳	۹	۲۵۰	۱۹	۰/۵۶	L
۲۶	۷/۴	۰/۶	۶	۸	۱۶۰	۲۲	۰/۶۴	L
۲۷	۷/۶	۱/۲	۲	۱۵	۲۴۰	۲۴	۰/۵۳	C-L
۲۸	۷/۵	۰/۲	۳	۱۳	۳۰۰	۱۷	۰/۵۹	L
۲۹	۷/۶	۰/۴	۲	۱۰	۳۵۰	۱۸	۰/۶۵	L
۳۰	۷/۸	۰/۶	۴	۱۴	۲۸۰	۱۷	۰/۵۳	L

کربوهیدرات.نشاسته و پروتئین دانه بالا می‌رود که نهایتاً افزایش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. نقش روی به عنوان بخش فلزی یا به عنوان فعال کننده بعضی از آنزی مها مطرح است.در شرایط کمبود روی فعالیت آنزیم الکل دی هیدروآناز کاهش می‌یابد که این کاهش فعالیت باعث تغییرات سوخت سازی عمده خواهد شد. هم چنین روی در فعال کردن آنزیم‌هایی مثل دی هیدروزناز، RNA پلیمراز وDNA پلی مراز نقش اساسی دارد. بنابراین نقش آن در سوخت و ساز گیاه کاملاً مشخص است.

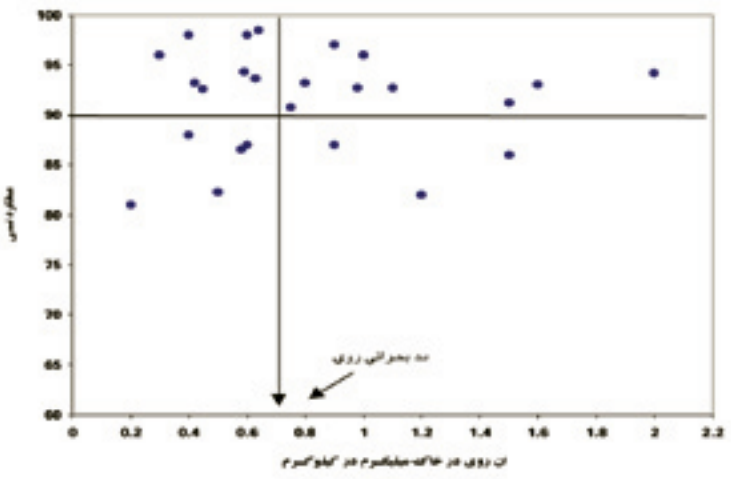
مجیدی و ملکوتی(۷) گزارش می‌کنند که در اثر مصرف سولفات روی در اراضی گندمکاری استان کردستان، عملکرد دانه گندم ۱۲ درصد افزایش داشته است. سدری و ملکوتی(۴) گزارش می‌کنند که در اثر مصرف سولفات روی در اراضی گندمکاری استان کردستان، عملکرد دانه گندم ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با شاهد افزایش داشته است. بلالی و ملکوتی(۲) گزارش می‌کنند که در اثر مصرف سکوسترین آهن در اراضی گندمکاری، عملکرد دانه گندم ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. Tandon (۳۰) افزایش ناشی از مصرف آهن در هند را ۷۸۰ کیلوگرم در هکتار گزارش میکند. شکل ۸ میانگین عملکرد تیمار مصرف توام آهن و روی را در مقایسه با عملکرد شاهد در نقاط اجرای طرح نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش عملکرد دانه گندم در اثر مصرف آهن و مصرف روی در خاک‌های مختلف که دارای آهن و روی قابل جذب متفاوت می‌باشد ، یکسان نیست و وابستگی شدید به میزان آهن و روی قابل جذب خاک دارد. بطوریکه هر چه آهن و روی قابل جذب خاک کم‌تر باشد، افزایش عملکرد مربوط به افزودن آهن و افزودن روی شدیدتر خواهد بود.

ب-۱- همبستگی افزایش عملکرد دانه گندم در اثر مصرف روی با سطوح مختلف روی قابل جذب خاک

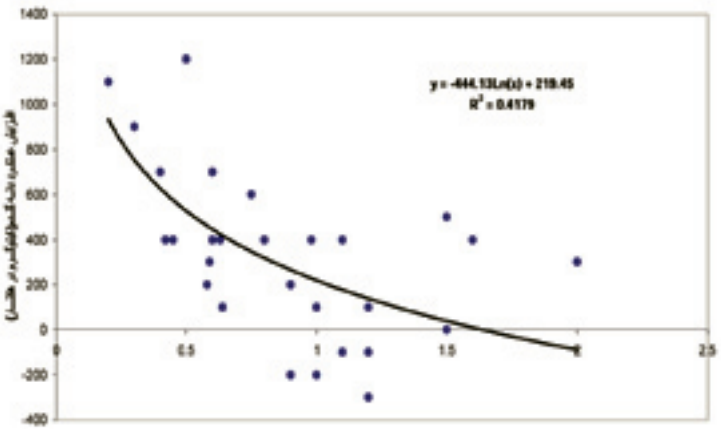
نتایج تجزیه و تحلیل این همبستگی نشان داد که این همبستگی با داشتن ضریب همبستگی R^2=۰/۴۹ کاملا معنی دار است و از مدل Lnx+۲۱۹/۴ Y=- ۱/۴۴۴ پیروی می‌کند(Y,X به ترتیب روی قابل جذب خاک و افزایش عملکرد دانه می‌باشند). Bansal و همکاران (۱۶) گزارش می‌کنند که همبستگی معنی‌داری بین مقدار روی خاک با عملکرد دانه و مقدار روی موجود در دانه



شکل۱-تعیین حد بحرانی آهن در خاک



شکل۲-تعیین حد بحرانی روی در خاک



شکل ۳-همبستگی افزایش عملکرد گندم در اثر مصرف روی با میزان روی قابل جذب خاک

جود دارد.شکل ۳ در این خصوص عرضه شده است.

ب-۲- همبستگی افزایش عملکرد دانه گندم در اثر مصرف آهن با سطوح مختلف آهن قابل جذب خاک

نتایج این همبستگی نشان داد که این همبستگی با داشتن ضریب همبستگی R^2=۰/۳۹ کاملاً معنی دار است و از مدل Lnx ۳/۴۶۵-=Y+۹۸۲/۰ پیروی می‌کند. (Y,X به ترتیب آهن قابل جذب خاک و افزایش عملکرد دانه می‌باشند) شکل شماره ۴ در این خصوص ارایه شده است.

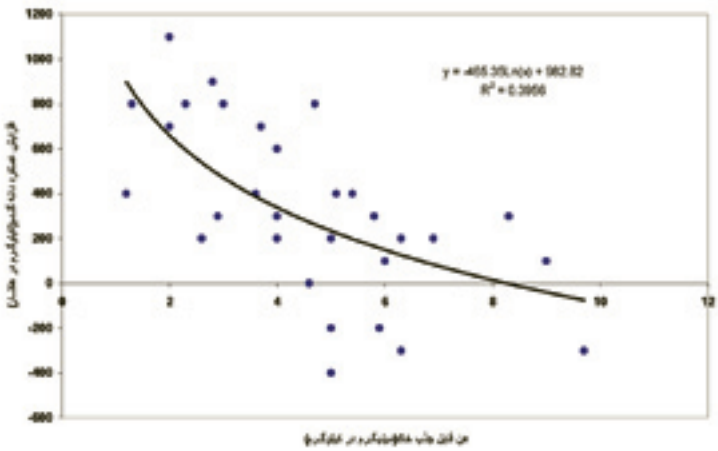
ج-اثر مصرف آهن و روی در میزان پروتئین دانه

در آزمایش فوق ، درصد پروتئین دانه نیز تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت. میانگین درصد پروتئین دانه در تیمارهای مصرف آهن (۱۰/۸) ، مصرف روی (۱۱/۹) و مصرف توام آهن و روی (۱۲/۴) با متوسط درصد پروتئین در تیمار شاهد (۱۰) با استفاده از آزمون t مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل آماری درصد پروتئین دانه تیمارهای مختلف در سطح مناطق اجرای طرح نشان داد که درصد پروتئین تیمارهای کودی با درصد پروتئین تیمار شاهد تفاوت آماری معنی دار در سطح یک درصد دارند. در این خصوص بالاترین درصد پروتئین دانه از تیمار مصرف توام آهن و روی میزان ۱۲/۴ درصد حاصل شد که همانند عملکرد دانه، بر تغذیه متعادل گیاه دلالت می‌کند. Marshner (۲۷) اعلام میدارد که در اثر کمبود روی، فعالیت آنزیم RNA پلیمراز، انتقال اسیدهای آمینه با کاهش مواجه شده و از طرف دیگر، تجزیه و تخریب RNA شدت میابد و در نتیجه سنتز پروتئین شدیداً کاهش می‌یابد.بنابراین می‌توان انتظار داشت که در صورت فراهمی روی برای گندم، درصد پروتئین دانه افزایش یابد.

نتایج تحقیقات ثواقبی و ملکوتی (۳) نشان می‌دهد که در اثرمصرف سولفات روی در صد پروتئین دانه از ۱۱/۸ به ۱۴/۲ رسیده است و افزایش ۲۰ درصدی داشته است.ملکوتی(۹) گزارش می‌دهد که با مصرف سولفات روی به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار، در صد پروتئین دانه از ۱۰/۶ به ۱۴ درصد میرسد.شکل ۸ در این خصوص عرضه شده است. نتایج نشان دادند که میزان پروتئین دانه گندم در نقاط اجرای طرح با میزان آهن و روی قابل جذب خاک همبستگی دارد. در این خصوص مطالب ذیل حائز اهمیت می‌باشد.

ج-۱- همبستگی پروتئین دانه تیمار مصرف آهن با آهن قابل جذب خاک

نتایج این همبستگی نشان داد که ضریب همبستگی (۰/۴۲ =R^2) در این خصوص کاملاً معنی دار است و همبستگی از مدل Lnx ۵/۱-=Y+۱۳ پیروی می‌کند. (Y,X به ترتیب آهن قابل جذب خاک و درصد پروتئین دانه میباشند) نکته حائز اهمیت در این مسئله این بود که افزایش درصد پروتیئن در خاک‌هائی که کمتر از ۵ میلی گرم در کیلوگرم آهن قابل جذب داشته‌اند شدیدتر بوده است.



شکل ۴-همبستگی افزایش عملکرد گندم
در اثر مصرف آهن با میزان آهن قابل جذب خاک

ج-۲- همبستگی پروتئین دانه تیمار مصرف روی با روی قابل جذب خاک

نتایج این همبستگی نشان می‌دهد که ضریب همبستگی ۱۱/ ۰=R^2 در این خصوص در سطح ۵ در صد معنی دار است و همبستگی از مدل ۱۱/۳ +Y= -۵/۰Lnx پیروی می‌کند. (Y، X به ترتیب روی قابل جذب خاک و درصد پروتئین دانه می‌باشند) همانند قسمت الف، افزایش درصد پروتئین در خاک‌هائی که کمتر از ۰/۸ میلی‌گرم روی قابل جذب داشته‌اند شدیدتر بوده است.

ج-۳- همبستگی پروتئین دانه تیمار مصرف توام آهن و روی با روی قابل جذب خاک

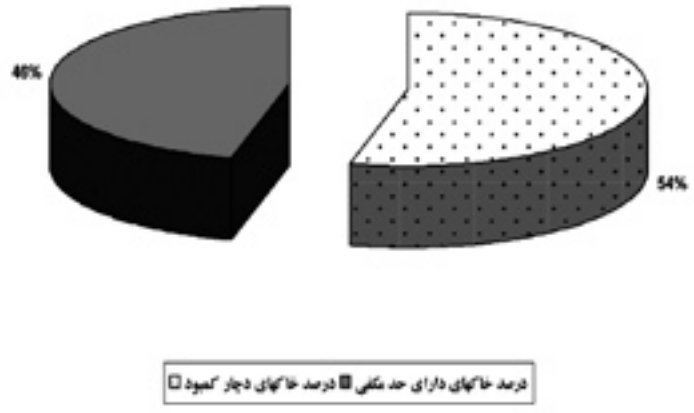
همانگونه که در قسمت نتایج آورده شد ، بالاترین میز ان پروتئین دانه به میزان ۱۲/۴ درصد از این تیمار بدست آمد. نتایج همبستگی درصد پروتئین این تیمار با روی قابل جذب خاک با داشتن ضریب همبستگی(۰/۳۱ =R^2)کاملا معنی دار بود و از مدل ۱۲+Y= -۱/۱ lnx پیروی می‌کرد. (Y,X به ترتیب روی قابل جذب خاک و درصد پروتئین دانه می‌باشند).

د- اثر مصرف آهن و روی در میزان روی دانه

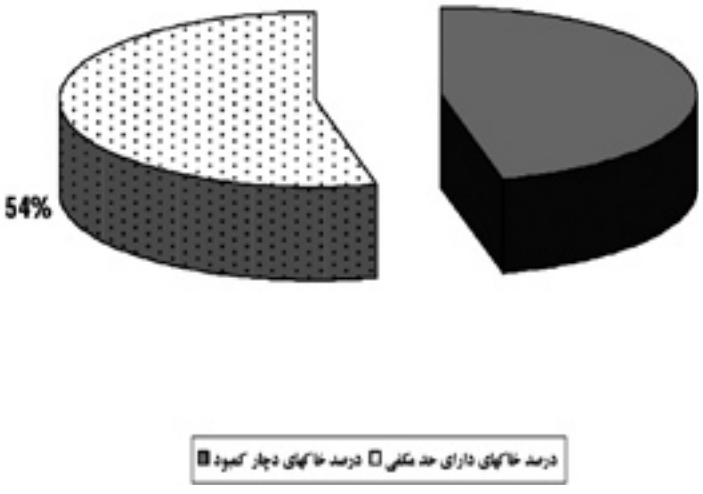
همانگونه که از نتایج جدول شماره ۳مشخص است، مصرف روی باعث افزایش غلظت روی در دانه گندم شده است.بطوریکه غلظت روی را از ۲۷/۸ میلیگرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۳۶/۳ میلیگرم در کیلوگرم رسیده است.مصرف آهن تاثیری در میزان روی دانه نداشته است.در این آزمایش حداکثر میزان روی دانه به میزان ۳۸/۸ میلیگرم در کیلوگرم از تیمار مصرف توام آهن و روی بدست آمد.نتایج تحقیقات گلخانه‌ای ضیائیان و ملکوتی(۵) نشان می‌دهد که با کاربرد روی، غلظت روی از ۲۵به ۳۹/۸ میلیگرم در کیلوگرم میرسدکاشی راد (۲۵) با انجام آزمایش روی خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس نتیجه گرفته است که با مصرف سولفات روی، غلظت روی در دانه گندم به طور چشمگیری افزایش میابد.سدری و ملکوتی(۳) نیز گزارش می کنند که در اثر مصرف سولفات روی ، غلظت روی در دانه افزایش میابد. Hemantaranjan و Grey (۲۴)گزارش می کنند که با کاربرد آهن و روی، غلظت آهن و روی به میزان معنی‌داری در دانه گندم افزایش میابد.نتایج تحقیقات Cakmak و همکاران (۱۸)، Yilmas و همکاران (۳۳) و Ekiz و همکاران (۲۰) موکد این موضوع می‌باشد.

ه- بررسی اثر غلظت روی و درصد پروتئین دانه

مطالعه در این خصوص نشان داد که بین میزان روی دانه و درصد پروتئین، همبستگی معنی دار وجود دارد و از



شکل۵-توزیع خاکهای منطقه از نظر آهن قابل جذب خاک



شکل۶-توزیع خاکهای منطقه از نظر روی قابل جذب خاک

جدول ۲-مقادیر عملکرد نسبی همراه با سایر اطلاعات جهت تعیین حد بحرانی آهن و روی

ردیف	افزایش عملکرد آهن و روی	افزایش عملکرد روی	افزایش عملکرد آهن	عملکرد کرت شاهد	عملکرد کرت روی	عملکرد کرت آهن	عملکرد کرت آهن و روی	عملکرد نسبی روی	عملکرد نسبی آهن
۱	۳۰۰	۱۰۰	-۴۰۰	۶۸۰۰	۶۹۰۰	۶۴۰۰	۷۱۰۰	۹۸/۵	۱۰۶/۳
۲	۰	-۱۰۰	۳۰۰	۵۶۰۰	۵۵۰۰	۵۹۰۰	۵۶۰۰	۱۰۱	۹۵
۳	۱۵۰	۶۰۰	۷۰۰	۵۹۰۰	۶۵۰۰	۶۶۰۰	۷۴۰۰	۸/۹۰	۳/۸۹
۴	۵۰۰	۴۰۰	-۲۰۰	۵۹۰۰	۶۳۰۰	۵۷۰۰	۶۴۰۰	۶/۹۳	۵/۱۰۳
۵	۰	-۳۰۰	-۲۰۰	۶۴۰۰	۶۱۰۰	۶۲۰۰	۶۴۰۰	۹/۱۰۴	۲/۱۰۳
۶	۳۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۶۵۰۰	۶۷۰۰	۶۷۰۰	۶۸۰۰	۹۷	۹۷
۷	۲۰۰	-۲۰۰	-۳۰۰	۵۹۰۰	۵۷۰۰	۵۶۰۰	۶۱۰۰	۵/۱۰۳	۳/۱۰۵
۸	۱۰۰	-۲۰۰	۰	۶۷۰۰	۶۵۰۰	۶۷۰۰	۶۸۰۰	۱۰۳	۱۰۰
۹	۱۶۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۶۳۰۰	۶۸۰۰	۶۸۰۰	۷۹۰۰	۶/۹۲	۶/۹۲
۱۰	۸۰۰	۲۰۰	۸۰۰	۵۱۰۰	۵۳۰۰	۵۹۰۰	۷۹۰۰	۵/۸۶	۱۰۴
۱۱	۰	-۱۰۰	-۳۰۰	۷۳۰۰	۷۲۰۰	۷۰۰۰	۷۳۰۰	۴/۱۰۱	۳/۱۰۴
۱۲	۲۱۰۰	۱۲۰۰	۹۰۰	۵۶۰۰	۶۸۰۰	۶۵۰۰	۷۸۰۰	۳/۸۲	۸۶/۱
۱۳	۵۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۴۹۰۰	۵۲۰۰	۵۲۰۰	۵۴۰۰	۲/۹۴	۲/۹۴
۱۴	۸۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۵۰۰۰	۵۳۰۰	۵۲۰۰	۵۸۰۰	۳/۹۴	۹۶/۱
۱۵	۳۰۰	۴۰۰	۲۰۰	۵۱۰۰	۵۵۰۰	۵۳۰۰	۵۴۰۰	۷/۹۲	۲/۹۶
۱۶	۱۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۵۱۰۰	۵۵۰۰	۵۴۰۰	۶۱۰۰	۷/۹۲	۴/۹۴
۱۷	۸۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۵۲۰۰	۵۷۰۰	۵۶۰۰	۶۰۰۰	۲/۹۱	۸/۹۲
۱۸	۱۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۵۳۰۰	۵۷۰۰	۵۷۰۰	۵۴۰۰	۹۳	۹۳
۱۹	۱۹۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۵۵۰۰	۵۹۰۰	۵۷۰۰	۷۴۰۰	۲/۹۳	۸/۹۴
۲۰	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۵۵۰۰	۵۹۰۰	۵۸۰۰	۵۸۰۰	۲/۹۳	۸/۹۴
۲۱	۱۰۰۰	۰	۸۰۰	۵۱۰۰	۵۱۰۰	۵۹۰۰	۶۱۰۰	۸۶	۱۰۰
۲۲	۲۰۰۰	۹۰۰	۲۰۰	۵۲۰۰	۶۱۰۰	۵۴۰۰	۷۲۰۰	۹۶	۸۲
۲۳	۳۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۹۰۰	۵۰۰۰	۵۱۰۰	۵۲۰۰	۹۶	۹۸
۲۴	۱۰۰۰	۷۰۰	۱۰۰	۵۳۰۰	۶۰۰۰	۵۴۰۰	۷۰۰۰	۹۸	۹۸
۲۵	۱۳۰۰	۲۰۰	۸۰۰	۵۴۰۰	۵۶۰۰	۶۲۰۰	۶۹۰۰	۸۷	۸۷
۲۶	۱۰۰۰	۴۰۰	۱۰۰	۵۱۰۰	۵۵۰۰	۵۲۰۰	۶۵۰۰	۹۸	۹۸
۲۷	۱۸۰۰	۱۰۰	۱۱۰۰	۵۲۰۰	۵۳۰۰	۶۳۰۰	۷۱۰۰	۸۲	۸۲
۲۸	۲۰۰۰	۱۱۰۰	۸۰۰	۴۸۰۰	۵۹۰۰	۵۶۰۰	۶۸۰۰	۸۱	۸۵
۲۹	۱۹۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۵۴۰۰	۶۱۰۰	۶۱۰۰	۷۳۰۰	۸۸	۸۸
۳۰	۱۵۰۰	۷۰۰	۳۰۰	۵۰۰۰	۵۷۰۰	۵۳۰۰	۶۸۰۰	۸۷	۹۴
حداقل	۰	-	-	۴۸۰۰	۵۰۰۰	۵۱۰۰	۵۲۰۰	-	-
حداکثر	۲۱۰۰	۱۲۰۰	۱۱۰۰	۶۸۰۰	۷۲۰۰	۶۸۰۰	۷۸۰۰	-	-
میانگین	۸۶۸	۳۳۰	۳۱۷	۵۳۸۸	۵۷۲۰	۵۶۹۱	۶۳۱۳	-	-

-اعداد مربوط به عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار میباشند.

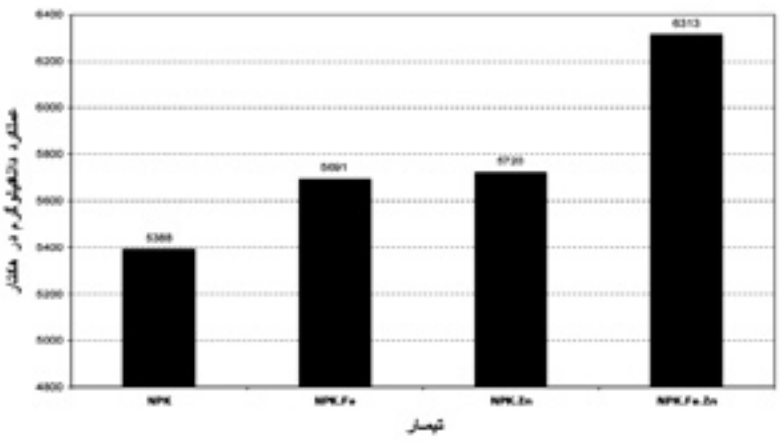
مدل آماری Y+۸/۳ X =۰/۰۹ با ضریب همبستگی معنی دار پیروی می‌کرد. نتایج این همبستگی نشان می‌دهد که هر چه میزان روی دانه بیشتر باشد، درصد پروتئین دانه نیز بیشتر خواهد بود.ملکوتی (۸)گزارش می‌دهد که با مصرف سولفات روی به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت روی و پروتئین دانه افزایش می‌یابد.Marshner (۲۷) اعلام می‌دارد که در اثر کمبود روی، فعالیت آنزیم پلیمراز، انتقال اسیدهای آمینه با کاهش مواجه شده و از طرف دیگر، تجزیه و تخریب شدت می‌یابدو در نتیجه سنتز پروتئین شدیداً کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که در صورت فراهمی روی برای گندم، درصد پروتئین دانه افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

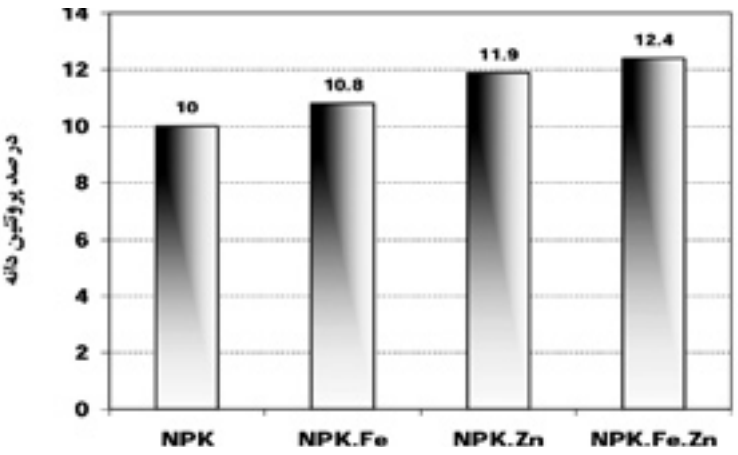
مصرف آهن و روی یکی از روش‌های مدیریتی جهت دستیابی به عملکردهای بالا و ارتقای کیفی دانه گندم می‌باشد.نتایج این تحقیق نشان داد که با مصرف توام این عناصر، ضمن افزایش چشمگیر عملکرد، خصوصیات کیفی دانه شامل درصد پروتئین و میزان روی دانه نیز افزایش می‌یابد که موجب تضمین سلامت جامعه مصرف کننده خواهد بود.

پاورقی

۱ - دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید



شکل۷- مقایسه میانگین عملکرد تیمارهای کودی با تیمار شاهد



شکل۸- مقایسه عملکرد تیمار مصرف آهن و روی با تیمار شاهد در مناطق اجرای طرح

منابع مورد استفاده

۱ - بلالی، م.ر.، پ.مهاجر میلانی.، ز.خادمی.، م.س.درودی.، ح.ح.مشایخی و م.ج.ملکوتی.۱۳۷۹؛مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی در راستای تولیدات کشاورزی پایدار(گندم)، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران

۲ - بلالی، م.م ج ملکوتی.ح ح مشایخی و ز خادمی.۱۳۷۸؛ اثر عناصر ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آن‌ها در خاک‌های تحت کشت گندم ابی ایران نشریه علمی پژوهشی خاک و آب. جلد ۱۲ شماره ۶. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.

۳ - ثواقبی، غ و م. ج ملکوتی. ۱۳۷۹؛ بررسی اثرات روی و کادمیوم بر غلظت عناصر و ترکیب شیمیائی دانه گندم. نشریه علمی پژوهشی خاک و آب. جلد ۱۲. شماره ۹، تهران، ایران.

۴ - سدری، م و م.ج ملکوتی، ۱۳۷۷؛ تعیین حد بحرانی عناصر ریزمغذی در مزارع گندم کردستان، نشریه علمی پژوهشی خاک و آب. جلد ۱۲ شماره ۴. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.

۵ - ضیائیان، ع و م.ج.ملکوتی.۱۳۷۸؛ تاثیر مصرف سولفات روی بر رشد و عملکرد گندم در تعدادی از خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس. مجله علمی پژوهشی خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۶، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۶ -علی احیائی، مریم. ۱۳۷۳؛ شرح روش‌های تجزیه شیمیائی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.

۷ - مجیدی، ع و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۷؛ اثر مقادیر و منابع و منابع مختلف روی بر عملکرد و جذب روی در گندم آبی. نشریه علمی پژوهشی خاک و آب. جلد ۱۲. شماره ۴.

۸ - ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۷؛ افزایش تولید گندم و بهبود سلامتی مردم از طریق مصرف سولفات روی در مزارع گندم. نشریه علمی پژوهشی خاک و آب. جلد ۱۲ شماره ۱. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.

۹ - ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۷؛ نقش ریزمغذی‌ها در افزایش تولید محصولات کشاورزی. مجله زیتون. ویژه نامه کاهش مصرف سموم واستفاده بهینه از کودها. وزارت کشاورزی. تهران ایران.

۱۰ - ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹؛ تغذیه متعادل گندم، راهی به سوی خودکفایی کشور و تامین سلامت جامعه(مجموعه مقالات)، شورایعالی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، معاونت تات وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۱۱ - ملکوتی، م. ج و م.آقالطف الهی.۱۳۷۸؛ نقش روی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و بهبود سلامت جامعه، نشر آموزش کشاورزی، کشاورزی، معاونت تات وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۱۲ - ملکوتی، م. ج و م.ح.داوودی.۱۳۸۱؛ روی عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه، انسان و دام.انتشارات سنا، تهران، ایران.

۱۳ - ملکوتی، م.ج.م.ر.بلالی و ف.شیخ الاسلام، ۱۳۸۳.نگرشی سیستمی بر تغییرات غلظت روی در خاک، گندم، نان و انسان.مجموعه مقالات مصرف بهینه کود، راهی برای پایداری تولیدات کشاورزی.

14- Agrawal,S.C.,P.C.Sharma and B.K.Sinha.1992; Soil and plant relationship with reference to trace elements in Usar soils(alkaline) of India.J.Indian.Soc .Soil.Sci.12:343-354.

15- Amer, F.M.1995; Soil test modifiers for coarse textured calcareous soils. Soil Science Plant Analy.26:2555-2568.

16- Bansal,R.L.,S.P.Singh and V.K.Nayyar.1990;The critical Zinc deficiency level and response to Zinc application of Wheat on typic ustochrepts.Exprimental agriculture.26(3):303-306.

17- Brown.P.H. I.Cakmak and Q.Zang.1993; Form

جدول۳-مقادیر درصد پروتئین و غلظت روی(میلیگرم در کیلوگرم) در دانه تیمارهای مختلف درمناطق اجرای طرح

ردیف	درصد پروتئین تیمار شاهد	درصد پروتئین تیمارآهن	درصد پروتئین تیمار روی	درصد پروتئین تیمار آهن و روی	غلظت روی در تیمار شاهد	غلظت روی در تیمار آهن	غلظت روی در تیمار روی	غلظت روی در تیمارآهن و روی
۱	۱۰	۹/۵	۱۲	۱۳	۲۵	۲۲	۴۳	۴۵
۲	۹/۵	۹/۳	۱۲/۵	۱۲/۹	۲۹	۳۱	۳۴	۳۶
۳	۱۰/۲	۱۱	۱۲/۶	۱۳/۲	۲۶	۲۴	۴۴	۴۳
۴	۱۰/۱	۱۰/۳	۱۲/۳	۱۲/۹	۲۸	۲۷	۳۸	۴۴
۵	۱۱	۱۰/۹	۱۱/۵	۱۲/۱	۲۹	۳۶	۳۲	۳۶
۶	۱۰	۹/۸	۱۰/۳	۱۰/۴	۳۳	۲۹	۳۴	۳۸
۷	۱۱	۱۱/۲	۱۱/۶	۱۱/۹	۳۴	۳۱	۳۶	۳۶
۸	۹/۵	۱۰/۵	۱۰	۱۰/۲	۳۷	۳۵	۳۷	۴۱
۹	۹	۱۰	۱۱	۱۲/۶	۳۰	۲۸	۴۲	۴۴
۱۰	۹/۲	۹/۴	۱۲/۳	۱۳/۳	۲۲	۲۴	۳۹	۴۲
۱۱	۱۱	۱۱	۱۱/۳	۱۱/۳	۴۲	۳۲	۴۴	۴۴
۱۲	۸/۵	۱۰/۵	۱۱/۶	۱۲/۹	۲۵	۲۰	۳۹	۴۳
۱۳	۱۲	۱۱/۵	۱۲/۶	۱۲/۸	۴۲	۴۰	۴۴	۴۳
۱۴	۱۰/۵	۱۲	۱۲/۸	۱۳/۴	۲۱	۱۹	۲۹	۳۶
۱۵	۱۱	۱۱	۱۲/۳	۱۲/۲	۳۳	۴۴	۳۳	۳۶
۱۶	۱۲	۱۲/۶	۱۲/۳	۱۲/۴	۳۶	۳۰	۳۸	۴۱
۱۷	۸/۵	۱۰	۱۲/۱	۱۲/۶	۲۵	۲۹	۲۶	۳۲
۱۸	۱۱	۱۱/۲	۱۱/۲	۱۱	۴۱	۴۴	۴۳	۴۲
۱۹	۸/۲	۱۲	۱۲/۹	۱۳/۴	۱۴	۱۸	۴۰	۴۳
۲۰	۸	۸/۵	۱۲	۱۲/۹	۲۳	۲۳	۳۹	۴۱
۲۱	۱۰/۲	۱۲/۸	۱۱/۳	۱۱/۶	۲۹	۳۰	۳۱	۳۶
۲۲	۱۰/۱	۱۰/۵	۱۲/۳	۱۲/۹	۱۵	۱۲	۲۹	۳۶
۲۳	۱۱	۱۱/۱	۱۲	۱۱/۵	۳۵	۳۰	۳۶	۳۹
۲۴	۹/۳	۹	۱۲/۳	۱۳/۳	۱۵	۱۲	۳۵	۳۸
۲۵	۱۰	۱۲/۶	۱۰/۳	۱۰/۴	۲۶	۲۸	۲۸	۲۶
۲۶	۹/۲	۹/۵	۱۲/۳	۱۳/۱	۱۶	۲۰	۲۹	۳۳
۲۷	۹/۵	۱۲/۶	۱۰/۵	۱۰/۵	۳۶	۳۲	۳۴	۳۲
۲۸	۱۲	۱۲/۹	۱۲/۱	۱۳/۴	۱۶	۱۸	۴۱	۴۴
۲۹	۱۰	۱۲	۱۲/۹	۱۳/۳	۲۶	۲۲	۳۶	۳۹
۳۰	۹	۱۰	۱۳	۱۳/۸	۲۵	۲۹	۳۶	۳۶
حداقل	۸	۱۱	۱۰	۱۰/۷	۱۵	۱۲	۲۸	۲۶
حداکثر	۱۱	۱۲/۹	۱۳	۱۳/۸	۴۲	۴۴	۴۴	۴۵
میانگین	۱۰	۱۰/۸	۱۱/۹	۱۲/۴	۲۷,۸	۲۷,۳	۳۶,۳	۳۸,۸

and function of zinc in plant.Kluwer Academic publishers.Dord recht.Netherlands.

18- Cakmak, I., N, Sari. H.Marscner.,M.Yilmaz and Y.Gulut.1996; Dry matter production and distribution of zinc in bread and durum Wheat genotypes differing in Zinc deficiency. Plant and Soil.180: 173-181.

19- Cate, R.B., and L.A.Nelson.1971; A sample statistical procedure for partitioning soil test calibration data into two classes. Soil Sci.Am.Proc.33:658-660.

20- Ekiz, h., S.A.Bagei., A.S.Kiral.1998; Effects of Zinc fertilization and irrigation on grain yield and Zinc concentration of various cereals grown in zinc deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition.21:2245-2256.

21- Gibson, R.1998; Inadequate intakes of zinc in developing countries. Practical household strategies to reduce risk of deficiency.www.zinc.word.org.health.

22- Gill,M.S.,S.Tarlok.,D.S.Rana.,A.Bhandari and T.Singh.1994; Response of maize and wheat to different levels of fertilization.Indian.J.Agronomy.39:168-170.

23- Graham, R. D and R. M. Welch, 1994; Breeding for staple food crops with high micronutrient density: Long term sustainable agricultural so lotion to hidden hungry in

developing countries. In IFPRI workshop on food policy and agricultural technology to improve diet quality and nutrition Annapolis. Maryland, January, 10-12 (in press).

24- Hemantaranjan A. and O. K. Gray. 1988; Iron and Zinc fertilization with reference to the grain quality triticum aestivum. L. J. Plant. Nutr. 11-1439-1450.

25- Kashirad,A.1970; Effects of nitrogen and phosphorus on Zinc nutrition of corn in an calcareous soil.J.Plant Nutr.18(10): 2261-2271

26- Linsay.W.L and W.A.Norvel.1978; Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Sic Soc Am J.42:421-428

27- Marshner, H.1986; Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London

28- Sharma's and F.Lal.1993; Estimation of critical limit of DTPA-Zinc for wheat in pellusterts of southern Ragastan.J.Indian Soc.Soil Sci.41(1):197-198

29- Singh,K.1992; Critical soil level of zinc for wheat grown in alkaline soils.Fer.Res.31:253-256

30-Tandon, H.L.S.1995; Micronutrients in soils, crops and fertilizers source book directory. Fertilizers Development and Consultation Organization, New Delhi, India.

31-WHO.1996; Trace elements intakes in human nutrition and health. Word health organization.Geneva.Switzerland.

32-Wuehler, S.E.2000; Estimation of the global prevalence of zinc deficiency using national food balance data. Zinc and Human Health.

33-Yilmas, A., H. Ekiz. , B. Torun. , I. Gultekin. , S. A. Bagei and I. Cakmac. 1997; Effect of different Zinc application methods on grain yield and Zinc concentration in wheat cultivars grown on Zinc defficient calcareous soils. J. plant. Nut. 20 (445): 461- 471.