اثر بیوگوگرد و محلول‌پاشی روی بر خصوصیات رشد و تولید عملکرد گندم رقم بهاران

Effect of biosulfur and Zn foliar application on growth and yield of baharan new wheat variety.

جواد حسن پور[۱]، منصوره خلعتبری[۲]، لاله دهقان[۳]

۱ – عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران.
۲- پژوهشگر کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، ورامین – تهران، ایران.
۳- کارشناس ارشد و محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران .

***نویسنده مسوول مکاتبات:** dr.hasanpourj@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۶

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی روی و سطوح مختلف کود گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم بهاران در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران واقع در شهرستان ورامین انجام شد. قالب آماری طرح به صورت فاکتوریل در پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. عوامل طرح شامل کود گوگرد در سه سطح (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع بیوگوگرد یا کود حاوی تیوباسیلوس) و محلول‌پاشی عنصر روی از منبع سولفات روی ($ZnSo_4$, $2H_2o$) در سه سطح (محلول‌پاشی با آب خالص، محلول‌پاشی روی با غلظت ۰/۵ درصد و محلول‌پاشی روی با غلظت ۱ درصد) بود. سولفات روی مصرفی حاوی ۳۴٪ روی خالص بود. نتایج نشان داد که مصرف بیوگوگرد اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای کمی رشد گندم داشت. همچنین اثر مصرف این عنصر بر میزان گلوتن، پروتئین و میزان روی دانه معنی‌دار بود. محلول‌پاشی عنصر روی نیز بر صفات وزن هزار دانه، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص سطح برگ اثر معنی‌دار داشت. همچنین کلیه صفات کیفی دانه تحت تاثیر معنی‌دار این عنصر قرارگرفت. بیشترین عملکرد دانه از تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد به همراه محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد و به‌میزان ۶۷۸۹ کیلو گرم در هکتار به‌دست آمد. کاربرد توام بیوگوگرد و روی سبب افزایش ۳۶ درصدی عملکرد دانه گندم گردید. بیش‌ترین وزن هزار دانه از مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد و به‌میزان ۴۹/۶ گرم به‌دست آمد. حداکثر گلوتن دانه به‌ترتیب از مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود بیوگوگرد و محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد حاصل شد. در شرایط مصرف گوگرد اثر مثبت محلول‌پاشی روی بر این صفت افزایش یافت. مصرف روی سبب افزایش درصد پروتئین به‌میزان ۱۰/۳ و ۱۷/۷ درصد به‌ترتیب برای دو غلظت ۰/۵ درصد و یک درصد محلول‌پاشی گردید. بیش‌ترین درصد پروتئین در تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بیوگوگرد حاصل شد. بیش‌ترین مقدار روی دانه از تیمار مصرف گوگرد به‌میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌همراه محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد و به میزان ۶۳/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ثبت شد. افزایش شاخص سطح برگ برای مصرف هر دو عنصر گوگرد و روی در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود.

واژگان کلیدی: گندم، گوگرد، محلول پاشی روی، گلوتن، عملکرد گندم.

مقدمه

گیاهان برای رشد مناسب، به تعدادی عناصر نیازمندند که این ترکیب‌ها به مقادیر قابل توجهی در گیاهان وجود دارد و عناصر سازنده خود گیاه را تشکیل می‌دهد. غنی‌سازی، به مفهوم افزایش مقدار عناصر غذایی در دانه، موجب شد تا بذرهای با قدرت جوانه‌زنی بالا و رشد اولیه زیاد تولید شود. در بسیاری از گیاهان، عناصر نیتروژن، فسفر، گوگرد و مولیبدن در دانه‌ها ذخیره می‌شود، درحالی که برگ‌ها و ساقه‌ها حاوی پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی، آهن، منگنز، بور و مس می‌باشند. در ابتدا جذب مواد غذایی سریع‌تر از رشد گیاه است، برای مثال زمانی‌که یک گیاه به۴۰ درصد وزن خشک نهایی خود برسد ۶۰ تا ۷۵ درصد کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه ذخیره می‌گردد. بنابراین مصرف این کودها و سایر عناصر ریزمغذی، باید با مراحل رشد رویشی گیاهان مطابقت داشته باشد (Sady *et al*., 2008). اثرات متقابل عناصر غذایی، نقش مهمی در توصیه و مصرف بهینه و مدیریت استفاده از عناصر غذایی را به عهده دارد و با ایجاد تعادل، در مصرف این عناصر علاوه بر بالابردن کارآیی مصرف کود، باعث افزایش عملکرد نیز می‌گردد. واضح است که در خاک‌های آهکی در مقایسه با خاک‌های اسیدی، و در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش، کمبود عناصر کم مصرف بیشتر مطرح است، ولی متاسفانه این عناصر نیز مثل مـــواد آلی و کودهای پتاسیمی به فراموشی ســـپرده شده است (Behera *et al*., 2016). عنصر روی در اکثر فعالیت‌های گیاه مانند تشکیل هورمون‌ها درکلروپلاست، فعالیت‌های تنظیم آب و نشاسته در غلات و تشکیل نوکلئوتید و بسیاری از فعالیت‌های دیگر گیاه نقش مهمی دارد و میزان آن در دانه بیشتر از اندام‌های هوایی، کاه و کلش و ریشه است (Cakmak *et al*., 2010[a]). عنصر روی در خاک‌های اسیدی در مقایسه با خاک‌های قلیایی، برای گیاهان قابل جذب‌تراست. کمبود روی به هیچ وجه در خاک‌های قلیایی رخ نمی‌دهد، اما جذب آن به‌وسیله گیاه نشان داد که قابلیت جذب آن تابعی از قدرت اسیدی خاک است. حداکثر جذب روی، چه بومی خاک و چه اضافه شده به خاک، در پایین‌ترین اسیدیته‌های خاک می‌باشد (Alloway, 2008). کمبود روی بیش از همه، در مناطقی که گیاهان در معرض نور شدید خورشید هستند، یا نیاز زیادی به این عنصر دارند و همچنین در خاک‌هایی که تحرک روی درآنجا به‌علت افزایش اسیدیته کاهش حاصل نموده و نیزدر موارد خارج شدن این عنصر از مزرعه توسط برداشت مقدار زیادی محصول، پیش می‌آید. به‌دلیل آهکی بودن و وجود کربنات‌های کلسیم و منیزیم، عنصر روی جذب سطحی این کربنات‌ها شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. چون اسیدیته خاک مناطق کم آب و دیم تا حدی قلیایی است، تحرک و قابلیت جذب آن نیز بسیار پایین می‌باشد. از طرفی وجود کربنات‌ها درآب های مناطق دیم مانع تحرک و جابجایی عنصر روی می‌شوند (Thalooth *et al*., 2006). گندم از گیاهانی است که نسبت به کمبود روی حساس بوده و به‌خصوص گندم دوروم حساسیت خیلی بیشتری به کمبود آن نشان می‌دهد. یکی از دلایل پایین بودن کیفیت ماکارونی داخلی نسبت به نوع خارجی آن عدم استفاده زارعان گندم دوروم از کودهای ریز مغذی می‌باشد. لازم به ذکر است که در هیچ منبعی جدولی از مقادیر ریز مغذی‌ها در مزارع ایران وجود ندارد (سدری و ملکوتی، ۱۳۷۷). توانایی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در جذب عنصر غذایی روی از خاک و نیز از طریق محلول‌پاشی برگ‌ها متفاوت است. گزارش شده است که سیستم زراعی کشت متوالی غلات (گندم-ذرت) موجب کاهش میزان روی قابل تبادل در خاک می‌شود (بخشنده، ۲۰۰۱). اهمیت گوگرد در فرآیند فتوسنتز و افزایش مقاومت گیاه در فصل سرما شناخته شده است. حضور گوگرد در حبوبات برای جذب نیتروژن به مقدار کافی، ضروری است. حضور گوگرد در طی فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز که در آن نیتروژن نیتراته به آمینو اسید تبدیل می‌شود، از اهمیت خاصی برخوردار است (عبادی، ۱۳۸۸).گوگرد موجود در خاک به صورت ترکیبات آلی و معدنی وجود دارد. بیشتر گوگرد در خاک به‌صورت ترکیبات آلی است که نمی‌تواند توسط گیاه جذب شود. گوگرد موجود تنها در صورتی می‌تواند جذب شود که طی فرآیند معدنی شدن به فرم سولفات تبدیل شود (Dilmaghani *et al*., 2012). سولفات در خاک متحرک بوده و مانند نیترات به راحتی توسط آب شسته شده و با آبیاری و یا بارش سنگین باران از منطقه فعال ریشه خارج می‌شود. با تبخیر آب، سولفات می‌تواند مجددا به سطح خاک منتقل شود. تحرک‌پذیری سولفات در خاک تعیین نیاز خاک به کـودهای گوگردی را مشکل می‌نماید (Blake-Kalff *et al*., 2001). تحقیقات متعددی در ارتباط

با نقش عنصر ریز مغذی روی در گیاه و اثرات کمبود آن بر عملکرد نهایی گیاه انجام شده است. گزارش گردید که برای تولید ۱/۵ تا دو تن دانه گندم در هر هکتار، مصرف ۱۰ کیلوگرم روی از منبع سولفات روی به همراه سایر کودهای ازته و فسفره به‌صورت خاکی در موقع کشت و در شروع فصل زراعی توصیه می‌شود (عزت احمدی و همکاران، ۱۳۷۷). بررسی اثر مقدار روی مشخص کرد که کمبود روی در خاک این منطقه باعث افت ۱۰ تا ۲۰ درصدی کل محصول گندم شد که با اضافه کردن کود مرغی در یک دوره ۱۵-۱۰ساله این کمبود به‌طور کلی بر طرف گردید (Genc *et al*., 2006). سالار دینی و همکاران (۱۳۷۶) در بررسی وضعیت خاک‌های ایران گزارش کردند که به‌دلیل اسیدیته قلیایی خاک‌های ایران مصرف خاکی روی باعث می‌گردد که این عنصر با مواد آلی خاک ترکیب شده وکمپلکس‌هایی از روی را تشکیل دهد که ممکن است برخی از آنها غیر قابل انحلال باشند. لیو و همکاران (Liu *et al* ., 2000) در مطالعه‌ای بر روی ذرت گزارش کردند که کمبود روی می‌تواند سبب ایجاد غلظت فسفر در گیاه ذرت در حد سمیت شود. نیتروژن بیشتر باعث افزایش عنصر روی در گندم می‌شود و تحرک این عنصر در برگ‌های پیر بیشتر است (Pederson *et al*., 2005).

جذب روی درگیاه گندم بیشتر به‌صورت جذب فعال می باشد و به این دلیل تحت تاثیر فعالیت‌های متابولیکی ریشه و خاک است (ملکوتی، ۱۳۷۷). طی تحقیقی مشخص شد که با کاربرد گوگرد و کمپوست، عملکرد، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ گندم به‌طور معنی‌داری افزایش و بیش‌ترین مقدار این صفات با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۲۰ تن در هکتار کمپوست بود (مومن و همکاران، ۱۳۹۲). پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش گوگرد وکود دامی عملکرد و اجزای عملکرد گندم افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه با ۵۲۴۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به مصرف ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با ۲۰ تن در هکتار کمپوست بود که نسبت به تیمار شاهد، ۱۶۲۵ کیلوگرم افزایش نشان داد (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیقی به منظور بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص‌های رشد ذرت در برخی از مناطق ایران به این نتیجه رسیدند که اثر گوگرد و فسفر و برهمکنش آنها بر وزن تر و خشک ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود و سطوح گوگرد در مقایسه با شاهد وزن تر و خشک ذرت را افزایش داد وکاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس در مزارع ذرت پیشنهاد شد (بشارتی و همکاران ۱۳۹۵).

تحقیق حاضر، به بررسی اثرات متقابل محلول‌پاشی عنصر روی و سطوح مختلف مصرف کود گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و خصوصیات کیفی دانه گندم در منطقه ورامین صورت پذیرفت..

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران انجام شد. قالب آماری طرح به‌صورت فاکتوریل در پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. عوامل طرح شامل کود گوگرد در سه سطح (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع بیوگوگرد یا کود حاوی تیوباسیلوس و محلول‌پاشی عنصر روی از منبع سولفات روی ($ZnSo_4, 2H_2o$) در سه سطح (آب خالص، محلول‌پاشی روی با غلظت ۰/۵ درصد و محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد) بود. سولفات روی مصرفی حاوی ۳۴ درصد روی خالص بود. رقم مورد بررسی در این مطالعه رقم اصلاح شده بهاران بود. این رقم دارای کیفیت نانوایی خیلی خوب و زود رس بوده و در سال ۱۳۹۵ برای کاشت در شرایط تنش رطوبتی آخر فصل در مناطق معتدل کشور معرفی گردید. مهم‌ترین ویژگی‌های این رقم پتانسیل عملکرد بالا، مقاوم تا نیمه مقاوم به بیماری زنگ زرد و نیز مقاوم تا نیمه حساس به زنگ قهوه ای می باشد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1. Soil physical and chemical properties

عمق نمونه	هدایت الکتریکی	اسیدیته	ازت کل	فسفر	پتاسیم	روی	شن	رس	سیلت
Depth (cm)	Ec (µm/cm)	pH	N	P(ppm)	K(ppm)	Zn (mg.kg)	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)
0-30	1.10	8	0.079	20.2	180.4	0.42	32	22.7	45.7

اعمال تیمار کود گوگرد از منبع بیوگوگرد بر پایه سطوح مورد نظر (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هـــکتار) در کرت‌ها انجام گرفت. با توجه به میزان فسفر موجود خاک (جدول یک)، کود فسفر مصرف نشد. مصرف کود نیتروژن‌دار به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره بود که یک سوم پیش از کاشت و مابقی در دو قسط در دو مرحله رشد سریع گیاه (ابتدای ساقه‌دهی و ابتدای خوشه‌دهی) به زمین داده شد. کود پتاسه از منبع کلروپتاس (Kcl - حاوی ۶۰ درصد پتاسیم) مصرف گردید و از آنجا که این کود حلالیت بالایی دارد به‌صورت سرک به همراه آب آبیاری در دو نوبت پنجه‌دهی و ظهور ساقه مصرف گردید. با توجه به جدول یک میزان عنصر روی در خاک ۰/۴۲ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک بود و با در نظر گرفتن آستانه کفایت این عنصر که یک میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک بود در شرایط کمبود قرار داشته و بنابراین بایستی این کمبود جبران گردد. هم‌زمان با ساقه‌دهی گندم، اولین نوبت محلول‌پاشی عنصر ریزمغذی روی با غلظت‌های مورد نظر اجرا شد. محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش پشتی-موتوری به حجم مخزن ۱۲ لیتر انجام شد. محلول‌پاشی روی با غلظت‌های مشخص از منبع سولفات-روی در ساعات اولیه صبح انجام شد. در همین زمان اولین نوبت مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز با استفاده از سموم گرانستار (برای مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ) و پوما سوپر (برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ) نیز انجام گردید. مبارزه با آفت سن گندم در نیمه دوم فروردین ماه با استفاده از سم دسیس با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار انجام شد. در نهایت عملکرد و اجزای عملکرد، درصد و عملکرد گلوتن دانه، درصد و عملکرد پروتئین دانه و میزان عنصر روی در دانه نیز محاسبه گردید. به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای آن از روش پیشنهادی سایری (Sayre, 2009) استفاده گردید بر این اساس عملکرد و اجزای آن به شرح زیر تعیین گردید. دانه‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه فرستاده شدند و پس ازقرارگرفتن در آون به مدت ۲۴ ساعت با دمای ۸۵ درجه خشک شدند و آسیاب گشتند و سپس با استفاده از دستگاه Gluten index 2018 (زایس آلمان) میزان گلوتن دانه اندازه‌گیری شد. میزان روی در دانه از طریق دستگاه اسپکتروفتومتر و درصد پروتیئن دانه از روش کجدال در آزمایشگاه محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌هـــای آزمایش با استفاده از نرم‌افزار M-STAT-c و مقایسه میانگین آنها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج درصدانجام گرفت. نمودارهای مربوطه با کمک نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج

وزن هزار دانه: هر عاملی که بر عملکرد نهایی دانه تاثیر بگذارد می‌توان به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر وزن هزار دانه نیز به‌عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد دانه، موثر باشد. در آزمایش اخیر محلول‌پاشی عنصر روی سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گندم گردید. همچنین مصرف گوگرد نیز اثر مثبت و معنی‌داری بر وزن هزار دانه گندم داشت. از سوی دیگر اثر متقابل گوگرد و روی نیز در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول دو).

جدول ۲ -تجزیه واریانس صفات مورد بررسی.

Table 2. Analysis of variance of the studied traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S						
		وزن هزار دانه T.K.W	تعداد پنجه بارور NO.FT	عملکرد دانه Grain Yield	گلوتن دانه Grain gloten	پروتئین دانه Grain Protein	روی در دانه Zn of Grain	شاخص سطح برگ LAI
تکرار(Rep)	2	0.481 ns	0.540 ns	73040.1 ns	0.58 ns	1.60 ns	28.70 ns	0.002 ns
روی (Zn)	2	28.59*	1.86**	766998.9**	4.54**	7.67**	1397.5**	0.10*
گوگرد (S)	2	164.03**	1.09**	3827099.4**	3.07**	7.42**	206.2**	0.113*
اثر متقابل Zn*S	4	6.09**	0.03**	29191.1**	0.48**	0.31ns	25.63*	0.031 ns
خطا (Er.)	16	12.19	0.08	85975.5	0.085	0.19	8.27	0.012
ضریب تغییرات C.V		6.7	7.6	15.0	11.1	7.3	6.4	6.1

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری

*, ** and ns, significant at 5%, 1% and non significant, respectively

بیش‌ترین میانگین وزن هزار دانه از تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌همراه محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد و به میزان ۴۹/۶ گرم به‌دست آمد. کم‌ترین وزن هزار دانه گندم از تیمار Z_0S_0 و با متوسط ۳۸ گرم حاصل شد (جدول دو). اگرچه محلول‌پاشی روی سبب بهبود وزن هزار دانه گندم گردید، با این حال حتی در غلظت بالای محلول‌پاشی نیز اثر مثبت آن ناچیز بود به‌طوری‌که در شرایط عدم مصرف گوگرد تاثیر روی بر میانگین وزن هزار دانه از هر دو سطح مصرف بیوگوگرد کمتر بود. به‌نظر می‌رسد که با مصرف گوگرد دسترسی گیاه به عنصر روی و نقش مثبت این عنصر در بهبود شرایط پر شدن دانه بیشتر شد و اثر افزاینده گوگرد و روی، سبب دستیابی به بالاترین میانگین وزن هزار دانه گردید. به عبارت دیگر برای دستیابی به بهترین اثر از محلول‌پاشی روی، مصرف گوگرد به شکل قابل جذب برای گیاه ضروری به نظر می‌رسد. در آزمایش اخیر وزن هزار دانه بالا تنها در حضور بیوگوگرد به‌دست آمد. محققان نشان دادند که با مصرف روی میزان پروتئین دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه افزایش معنی‌داری داشت (Yusuf *et al*, 2000). شیخ بگلو و همکاران (۱۳۸۸) تاثیرات محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای را گزارش کردند که بیش‌ترین وزن هزار دانه از محلول‌پاشی با سولفات روی به‌میزان ۲۹۲ گرم و کم‌ترین میزان از محلول‌پاشی با آب خالص با ۲۶۶ گرم به دست آمد. یافته‌ها نشان داد کمبود گوگرد، عملکرد دانه را از طریق تأثیر بر رشد گیاه در دوره پر شدن دانه کاهش می‌دهد. آنها دریافتند که کمبود گوگرد در اواخر دوره رشد ممکن است نتیجه تحرک بالای سولفات در خاک و پویایی مجدد اندک آن در گیاه بود (Boem *et al*., 2007). همچنین گزارش گردید که در اثر کمبود روی تشکیل اندام‌های نر و دانه گرده آسیب دیده، عمل گرده افشانی مختل و در نتیجه عملکرد به‌شدت پایین آمد. روی، شدت پر شدن در روز را افزایش می‌دهد و با طولانی نمودن دوره پر شدن دانه، وزن دانه‌ها افزایش می‌یابد (Alloway *et al*., 2008).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی.

Table 3- Mean comparison of the studied traits

Treatment	تیمار	وزن هزار دانه TKW (gr)	پنجه بارور NO. F.T	عملکرد دانه G.Y(kg.ha)	عملکرد گلوتن Glu.Y .(kg.ha)	پروتئین دانه G. Protein(%)	روی در دانه G.Zn(mg.kg)	شاخص سطح برگ LAI
Bio Sulfur	**بیوگوگرد**							
S_0	صفر	40.8^{b}	3.8^{b}	5235.0^{c}	1415.0 ^{c}	10.8 ^{b}	34.1^{c}	25.3^{c}
S_1	(Kg.ha)۲۵۰	48.3^{a}	4.2^{a}	5874.0^{b}	1531.0 ^{b}	12.0 ^{a}	41.9^{b}	26.0^{b}
S_2	(Kg.ha)۵۰۰	48.0^{a}	3.8^{b}	6539.0^{a}	1646.0 ^{a}	12.8 ^{a}	58.5^{a}	26.5^{a}
Foliar Zinc	محلول پاشی **روی**							
Zn_0	آب خالص	44.0^{b}	3.7^{b}	5602.0^{b}	1328.0 ^{c}	10.7^{c}	39.8^{c}	24.4^{c}
Zn_1	۰/۵ درصد	45.6^{ab}	4.2^{a}	5862.0^{b}	1528.0 ^{b}	11.8^{b}	45.4^{b}	26.1^{b}
Zn_2	یک درصد	47.6^{a}	4.5^{a}	6184.0^{a}	1734.0 ^{a}	12.6^{a}	49.4^{a}	26.8^{a}
Zn*S	**اثرات متقابل**							
Z_0 S_0	صفر* آب خالص	38.0^{c}	3.3^{d}	4902.0^{f}	1189.0 ^{f}	10.1^{g}	31.7^{e}	24.3^{e}
Z_0 S_1	صفر* ۰/۵ درصد	40.0^{bc}	3.7^{cd}	5674.0^{de}	1423.0 ^{de}	10.6^{fg}	31.8^{e}	25.1^{d}
Z_0 S_2	صفر* یک درصد	44.3^{b}	4.0^{bc}	6229.0 ^{bc}	1632.0 ^{bc}	11.6^{ed}	38.7^{d}	26.2^{c}
Z_1 S_0	۲۵۰* آب خالص	47.7^{a}	4.0^{bc}	5157.0 ^{ef}	1334.0 ^{e}	10.9^{ef}	37.5^{d}	25.9^{c}
Z_1 S_1	۰/۵*۲۵۰ درصد	48.7^{a}	4.4^{ab}	5830.0^{cd}	1520.0 ^{cd}	12.1^{cd}	42.4^{cd}	26.1^{c}
Z_1 S_2	۲۵۰* یک درصد	48.7^{a}	4.5^{ab}	6600.0 ^{ab}	1738.0 ^{ab}	12.6^{bc}	46.0^{bc}	26.3^{bc}
Z_2 S_0	۵۰۰* آب خالص	46.3^{a}	4.0^{bc}	5647.0 ^{de}	1463.0 ^{de}	11.3^{efd}	50.3^{b}	25.9^{c}
Z_2 S_1	۰/۵*۵۰۰ درصد	48.0^{a}	4.6^{a}	6118.0^{bcd}	1642.0 ^{bc}	13.1^{ab}	61.9^{a}	26.8^{ab}
Z_2 S_2	۵۰۰* یک درصد	49.6^{a}	4.9^{a}	6789.0 ^{a}	1832.0 ^{a}	13.5^{a}	63.3^{a}	27.0^{a}

اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون ، فاقد اختلاف معنی دار در سطح آماری پنج درصد آزمون دانکن هستند.

Similar letters in each column show non-significant differences according to Duncan's Multiple Range Test.

تعداد پنجه بارور: اثرات اصلی مصرف کود بیوگوگرد و محلول‌پاشی روی و همچنین اثر متقابل آنها بر میانگین تعداد پنجه بارور در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول دو). بیش‌ترین تعداد پنجه بارور از تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم بیوگوگرد با محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد حاصل شد. در شرایط عدم مصرف گوگرد انجام محلول‌پاشی روی تاثیر مثبت کمی بر تعداد پنجه بارور گندم داشت و نیز اختلاف بین دو سطح محلول‌پاشی روی ناچیز بود. از سوی دیگر مصرف بیوگوگرد در شرایط عدم انجام محلول‌پاشی، اگرچه در مقایسه با تیمار عدم مصرف هر دو عنصر (Z_0S_0) سبب بهبود میانگین تعداد پنجه بارور گندم گردید؛ اما این تاثیر با مصرف روی به مراتب بیشتر بود. همچنین مصرف بیوگوگرد به وضوح سبب افزایش تاثیر مثبت محلول‌پاشی روی بر میانگین تعداد پنجه بارور گردید. مقایسه دو تیمار مصرف جداگانه هر عنـــصر (تیمارهای Z_0S_2 و Z_2S_0) نشان می‌دهد که در هر دو تیمار، میانگین تعداد پنجه بارور تقریبا مشابه و در هر دو در گروه آماری نسبتا پایینی (bc) قرارگرفتند در حالی که مصرف توام آنها در هر دو سطح کم و زیاد سبب بهبود تعداد پنجه بارور در مقایسه با مصرف جداگانه آنهاگردید. بابایی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تاثیر کود میکروبی گوگردی بر جذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه، گزارش کردند که اثرگوگرد بر تعداد غلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان تعداد غلاف از سطح سه تن در هکتار گوگرد به‌میزان ۶۰/۷ عدد و کمترین آن در سطح شاهد بدون گوگرد به میزان ۵۶/۹ عدد به‌دست آمد.

در بررسی اثر سطوح مصرف گوگرد در آفتابگردان گزارش شد که تنش گوگرد در طی مرحله پر شدن دانه اثر منفی بر تعداد کل طبق و نیز بر وزن دانه‌ها دارد (Wani *et al.*, 2001). در تحقیقی دوساله در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ در مورد اثر متقابل گوگرد و روی در بادام زمینی گزارش شد که مصرف توأم گوگرد به‌میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار به همراه پنج کیلوگرم روی در هکتار از منبع کلات باعث افزایش معنی‌دار در عملکرد غلاف بادام زمینی گردید (Singh and Mannj, 2007).

عملکرد دانه: بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه از تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم بیوگوگرد با محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد با متوسط ۶۷۸۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. براین اساس کاربرد توام دو عنصر گوگرد و روی سبب افزایش ۳۶ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد گندم گردید. نکته مهم در آزمایش اخیر آن است که در هیچ یک از سطوح برگ پاشی عنصر روی، در شرایط عدم مصرف بیوگوگرد عملکرد بالاتر از شش تن در هکتار ثبت نشد، درحالی‌که با حضور گوگرد حاویتیوباسیلوس در خاک به‌همراه محلول‌پاشی روی، عملکرد دانه به بیش از ۶/۵ تن افزایش یافت که می‌تواند ناشی از بهبود دسترسی گیاه به عنصر روی و نیز سایر عناصر غذایی در حضور گوگرد فعال در خاک باشد. محلول‌پاشی روی خصوصاً در مراحل رشد رویشی باعث افزایش عملکرد دانه در سویا (Berglund, 2002) و ماش (Thalooth, 2006) شد؛ اما تأثیر معنی‌داری بر میانگین عملکرد دانه در واحد سطح و عملکرد بلال ذرت نداشت (Mohseni *et al*., 2006). تحقیقات نشان داد محلول‌پاشی روی باعث افزایش عملکرد دانه، میزان پروتئین و میزان روغن دانه سویا گردید (Banks, 2004). کمی نزولات آسمانی و وجود مواد مادری آهکی سبب پیدایش و تحول خاک‌های با میزان آهک بالا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک گردید. در خاک‌های مذکور به‌علت اسیدیته بالا و غلظت زیاد یون کلسیم، برخی از عناصر غذایی مانند فسفر، آهن و روی تثبیت شده و از دسترس گیاهان خارج می‌شود. رویاندن گیاه و تولید محصول در خاک‌های دارای pH بالا، همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. بخش مهمی از این مشکلات از آنجا ناشی می‌شود که در این خاک‌ها عناصر غذایی که قابلیت جذب آنها وابسته به pH است، همچنین برخی از عناصر کم مصرف، تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. در بین موادی که برای اسیدی کردن خاک به‌کار میرود گوگرد متداول‌ترین، بهترین و مقرون به‌صرفه‌ترین آنها می‌باشد (Garcia de La Fuente *et al*., 2007). در مطالعه دیگری مشخص شد که با کاربرد گوگرد، غلظت روی در ریشه و اندام هوایی ذرت به‌ترتیب ۴/۵ و ۲/۳ برابر در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Cui *et al*., 2004).

عملکرد گلوتن دانه: اثرات اصلی مصرف بیوگوگرد و محلول‌پاشی روی و همچنین اثرات متقابل بین آنها در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول یک). بیش‌ترین میانگین گلوتن دانه از تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود بیوگوگرد به‌همراه محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد (Zn_2S_2) به‌میزان ۱۸۳۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار (Zn_1S_2) نداشت و هر دو تیمار در یک کلاس آماری جای گرفتند (جدول سه). کمترین درصد گلوتن دانه گندم از تیمار شاهد عدم مصرف بیوگوگرد و روی (Zn_0S_0) حاصل شد. در شرایط عدم مصرف گوگرد، اگرچه انجام محلول‌پاشی روی سبب افزایش میزان گلوتن دانه گردید، اما در شرایط مصرف گوگرد، اثر مثبت محلول‌پاشی روی بر میزان گلوتن دانه افزایش یافت، به‌طوریکه در تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد حداکثر درصد و عملکرد گلوتن دانه حاصل شد. این وضعیت برای شرایط مصرف گوگرد بدون انجام محلول‌پاشی روی نیز مشاهده شد با افزایش مصرف گوگرد حتی در شرایط عدم محلول‌پاشی روی نیز درصد و عملکرد گلوتن دانه افزایش یافتف اما نتایج نشان داد که اثر افزاینده مصرف روی و گوگرد بر یکدیگر سبب دستیابی به حداکثر گلوتن دانه گردید. افزایش گلوتن ناشی از اثر معنی‌دار مصرف کود گوگرد و روی بر پروتئین دانه گندم بود. سطوح بالاتر پروتئین، عمدتا سبب افزایش کیفیت نانوایی می‌شود، و از خوب بودن کیفیت گلوتن حکایت دارد. بسیاری از محققان نیز در بررسی بر روی گیاهان مختلف نشان دادند که کاربرد باکتری‌های اکسید کننده گوگرد (*Thiobacillus spp*.) موجب افزایش پروتئین و روغن دانه کنجد (EL *et* Habbasha-*al*., 2007) و پروتئین دانه گندم (Shinde *et al*., 2004) گردید. همچنین استفاده از کود گوگردی تأثیر مثبتی بر درصد پروتئین و جذب گوگرد در دانه کلزا داشت (Ahmad and Abdin, 2006). افزایش گلوتن ناشی از مصرف دو عنصر ریزمغذی روی و گوگرد به‌دلیل تاثیر مثبت آنها بر میزان پروتئین دانه می‌باشد (Malhi and Gill, 2006). سطوح بالاتر پروتئین عمدتا سبب افزایش کیفیت نانوایی می‌شود، و از خوب بودن کیفیت گلوتن حکایت دارد. گلوتن گندم علاوه بر این که منبع پروتئینی مناسبی به شمار می‌رود، منبع مناسبی از اسیدآمینه‌ها،

مخصوصاً اسیدآمینه‌های گوگرددار و گوگرد معدنی نیز است.

میزان روی دانه: اثرات ساده محلول‌پاشی روی و مصرف گوگرد در سطح آماری یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح آماری پنج درصد بر میزان عنصر روی دانه معنی‌دار بود. بیش‌ترین مقدار روی دانه از تیمار مصرف گوگرد به‌میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به همراه محلول‌پاشی روی با غلظت یک درصد (Z_2S_2) و به میزان ۶۳/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ثبت شد، اما اختلاف آن با تیمار (Z_2S_1) معنی دار نبود. گزارش‌های متعددی در ارتباط با نقش مثبت مصرف عناصر ریزمغذی بر افزایش غلظت آنها در دانه گندم ارایه شد. از جمله در مقایسه روش‌های مختلف کاربرد عناصر کم‌مصرف بر عملکرد کمی و کیفی گندم آبی در استان‌های مختلف کشور مشاهده گردید که محلول‌پاشی سولفات روی به تنهایی و به‌صورت توام با روش‌های دیگر توانست غلظت روی در دانه و جذب روی را در مقایسه با کاربرد خاکی و یا آغشته‌کردن بالا ببرد (بلالی و همکاران، ۱۳۸۰). در بررسی تاثیر کاربرد روی، منگنز و آهن بر عملکرد و جذب عناصر غذایی گندم اظهار گردید که عنصر روی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر جذب روی توسط دانه داشت، بیش‌ترین مقدار جذب روی در آزمایش مذکور در تیمار محلول‌پاشی روی بود که نسبت به تیمار شاهد ۱۰۶ درصد افزایش نشان داد (پهلوان راد و همکاران، ۱۳۸۷). گزارش شد که کاربرد کودهای آلی جامد همراه با کودهای کم‌مصرف در خاک‌هایی که مقدار روی آنها کم بوده است، باعث افزایش غلظت روی و مس در دانه گندم گردید. در این تحقیق مشاهده شد که کاربرد کودهای آلی جامد همراه با کود‌های کم مصرف در خاک‌هایی که مقدار روی آنها کم بود ، باعث افزایش غلظت روی و مس در دانه گندم گردید. (Weggler-Beaton *et al*., 2003). محققان انتقال روی و منگنز به دانه گندم را مورد مطالعه قرار دادند و اعلان نمودند روی انتقال مجدد خوبی از برگ‌ها به دانه دارد در‌حالی‌که انتقال مجدد منگنز کم است (Garnett and Graham, 2005).

شاخص سطح برگ: اثر ساده محلول‌پاشی روی و نیز اثر ساده مصرف کود گوگرد بر شاخص سطح برگ گندم در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول دو). کود گوگرد سبب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ از ۲۵/۳ واحد به ۲۶ و ۲۶/۵ واحد به ترتیب برای مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد گردید که هر دو در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود (جدول دو و سه). اثر متقابل روی و گوگرد بر شاخص سطح برگ گندم معنی دار نبود بود (جدول دو). افزایش سطح برگ از نظر میزان تولید هر سنبله بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا مقدار زیادی از عملکرد دانه در هر سنبله تحت تاثیر سطح برگ مجاور آن است و از آنجا که مصرف روی سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ گردید نقش موثر آن در عملکرد تک تک خوشه‌ها در بوته مشخص بود. در بررسی اثر مصرف کود سولفات روی بر عملکرد و شاخص های‌رشد گندم گزارش شد که مصرف مقادیر ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ گندم گردید (Khan *et al*., 2008). تاثیر مثبت روی بر افزایش شاخص سطح برگ به نقش آن در پروتئین سازی نسبت داده شده است (Bybordy et al., 2007). سایر مطالعات نیز نشان دادند که محلول پاشی روی، در مرحله هشت برگی با افزایش سطح برگ و وزن خشک و طول دوره گلدهی باعث افزایش تعداد دانه در غلاف می‌شود (Banks, 2004 ؛Rose *et al*., 2002). در مطالعه‌ای بر روی تاثیر گوگرد بر صفات کانوپی گندم اظهار شد که مصرف گوگرد باعث افزایش ۱۳ درصدی شاخص سطح برگ نهایی نسبت به شاهد گردید (Miralles and Salvagiotti, 2008). در مطالعه اثرات کاربرد گوگرد بر روی کلزا در هندوستان گزارش شد که کاربرد منابع مختلف گوگرد در مرحله قبل از گلدهی سبب افزایش میانگین سطح برگ، عملکرد دانه و درصد روغن شد (Sharma *et al*, 1991). اصفهانی و همکاران (۱۳۷۸) اظهار داشتند مصرف گوگرد به‌طور چشمگیری باعث افزایش شاخص سطح برگ در گیاه بادام زمینی شد.

نتیجه گیری کلی

دو عنصرگوگرد و روی با بهبود اجزای عملکرد و نیز ارتقای ویژگی‌های کیفی دانه موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی دانه شدند. افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گندم ناشی از اثر مثبت و معنی‌دار مصرف کود گوگرد از منبع بیوگوگرد بر اجزای اصلی عملکرد و توسعه سطح برگ‌ها و

در نهایت شاخص سطح برگ عامل مهمی در افزایش شدت و میزان انتقال عناصر غذایی به دانه‌ها بود. همچنین نقش بارز مصرف گوگرد را در افزایش توان گیاه در مصرف و جذب روی مورد تایید قرار داد. به نظر می‌رسد که مصرف کود گوگرد از منبع بیوگوگرد زمینه را برای رشد مناسب گندم از طریق جذب بهتر سایر عناصر غذایی به‌ویژه فسفر فراهم نمود. با توجه به تاثیر عنصر روی در افزایش فرآیند فتوسنتز، همراهی این عنصر با تیمار گوگردی باعث افزایش بیشتر شاخص سطح برگ شد که این عامل می‌تواند باعث افزایش توان گیاه در طی فاز گلدهی و پر شدن دانه گیاه و افزایش مدت زمان گردد. همچنین در سطوح بالاتر گوگرد و روی، بروز شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تر برای گندم سبب افزایش وزن خشک گیاه و سرعت رشد گیاه گردید که این امر سبب انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به خوشه‌های در حال رشد گردید. افزایش وزن و تعداد خوشه‌ها در آزمایش اخیر موید همین موضوع بود. از سوی دیگر این تحقیق نشان داد که از طریق محلول‌پاشی عنصر روی می‌توان سبب افزایش غلظت این عنصر در دانه و غنی سازی بذر شد، به نظر می‌رسد با کشت چنین بذوری حتی در اراضی که از لحاظ روی در وضعیت مناسبی نیستند بتوان از کاهش عملکرد تا حد نسبتا زیادی جلوگیری نمود.

منابع مورد استفاده **References**

اصفهانی، م.، حسین زاده گشتی، ج.، صغرزاده ویشکایی، م. و ربیعی ب. ۱۳۷۸. تاثیر مصرف کودهای گوگرددار بر شاخص‌های رشد و عملکرد بادام زمینی. مجله علوم آب و خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳ : ۲۷ تا ۴۱.

بابایی، پ؛ گلچین، الف؛ بشارتی، ح. و افضلی م. ۱۳۹۱. تأثیرکود میکروبی گوگردی برجذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک وآب)جلد ۲۶. شماره ۲. صفحه ۱۵۱-۱۴۵.

بشارتی، ح.، خسروی، ه.، مستشاری، م.، میرزاشاهی، ک.، قادری، ج. و ذبیحی، ح. ۱۳۹۵. بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص‌های رشد ذرت در برخی از مناطق ایران. مجله علمی و پژوهشی تحقیقات کاربردی خاک. انتشارات دانشگاه ارومیه. جلد ۴. شماره ۱، ص۱۱۲-۱۰۳.

بلالی، م.، ملکوتی، م ج.، ضیائیان، ع.، خوگر، ز.، فرج نیا، ا.، کلهر، م.، لطف‌الهی، م. ا.، گلچین، ا.، مجیدی، ع.، قادری، ج. و کاظمی طلاچی، م. ۱۳۸۰. مقایسه روش‌های مختلف کاربرد عناصر کم مصرف بر عملکرد کمی و کیفی گندم آبی در استان‌های مختلف کشور. مجله علوم خاک و آب. جلد۱۵. شماره۲. صفحات ۱۴۰ تا ۱۵۳.

پهلوان‌راد م.ر.، کیخا، غ.ع. و نارویی‌راد، م. ر. ۱۳۸۶. تاثیر کاربرد روی، آهن و منگنز بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت و جذب عناصر غذایی دانه گندم. مجله پژوهش و سازندگی (زراعت و باغبانی). شماره ۷۹. صفحه ۱۵۱-۱۴۳.

جلیلی، ف.، نصر الله زاده، ع.، و لیلو، ر. ۱۳۹۲. اثر گوگرد و کود دامی بر عملکرد و پروتئین گندم زرین. مجله پژوهش درعلوم زراعی. جلد ۱۸ص۷۱-۸۴.

سالاردینی، ع. و مجتهدی، م. ۱۳۷۶. اصول تغذیه گیاه. جلد دوم. مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۱۰۵ ص.

سدری م.ح. و محمد جعفر ملکوتی. ۱۳۷۷. بررسی آهن، روی و مس در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی، مجله خاک و آب (شماره ۵). انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب.

شیخ بگلو، ن، حسن زاده قورت تپه، ع.، باغستانی، م.ع. و زند، ب. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش آب. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلددوم، شماره دوم، صفحات ۵۹ تا ۷۴.

عبادی، ع. ۱۳۸۸. گوگرد و مصارف آن در کشاورزی. جهاد دانشگاهی تهران.

عزت احمدی م،ح.، ناظمی، م.، شکیبا، م.ر. و ولی زاده، م. ۱۳۷۷. تاثیر سطوح و زمان‌های مصرف کود ازته بر رشد، نمو و عملکرد گندم قدس در کشت بهاره. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۲ شماره ۲. صفحه ۶۲ تا ۷۳.

ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۷. نقش ریز مغذی روی درافزایش تولید و محصولات کشاورزی. مجله زیتون (ویژه نامه شماره ۶). انتشارات وزارت کشاورزی، تهران.

مومن، ا.، پازوکی، ا.، ممیزی، ح.ر. ۱۳۹۲. اثر گوگرد گرانوله و کمپوست بر ویژگی‌های گندم بم منطقه سمنان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۳. شماره ۹. ص۴۶-۳۵.

Ahmad, A., and Abdin, M.Z. 2006. Interactive effect of sulphur and nitrogen on the oil and protein contents and on the fatty acid profiles of oil in the seeds of rapeseed (*Brassica compestris* (and mustar) *Brassica juncea* L .czern and coss. genotypes. Journal of Agronomy Crop Science. 54-185:40.

Alloway, B.J. 2008. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association, Brussels, Belgium. pp. 1-135.

Alloway, B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association (IZA), IFA, Second Edition, Brussels, Belgium, 136p.

Bakhshandeh, A. 2001. Effects of water stress on the development of the inflorescence in two spring wheat. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart, 2001.

Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 22: 116. 226-231.

Beheraa S.K. 2016. Lime and zinc application influence soil zinc availability, dry 1matter yield and zinc uptake by maize grown on Alfisols. SOIL Discuss., doi:10.5194/soil-2016-41, 2016

Berglund, D.R. 2002. Soybean Production Field Guide for North Dakota and Northwestern Minnesota. Published in cooperative and with support from the North Dakota Soybean Council, 136p.

Blake-Kalff, M.M.A., Zhao, F.J., Hawkesford, M.J. and Mc Grath, S.P. 2001. Using plant analysis to predict yield losses caused by sulphur deficiency. Ann. Appl. Biol., 138: 123–– 127.

Boem, G.F.H., Prysupa P., and Ferraris, G. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. Journal Plant Nutrition. 30(1): 93-104.

Bybordy, A., Passeban Eslam B., and Zargaripour, P. 2007. The study effect of different amounts of sulfur and zinc on two oilseed rape cultivars. West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center Tabriz (Iran). 22 P. Abstract: 26969.

Cakmak, I., Kalayci, M., Kaya, Y., Torun, A.A., Aydin, N., Wang, Y., Arisoy, Z., Erdem, H., Yazici, A., Gokmen, O.L.O., and Horst, W.J. 2010. Bio fortification and localization of zinc in wheat grain. J 354Agric Food Chem. 58: 9092–9102.

Cui, Y., Dong, Y., Li, H., and Wang, Q. 2004. Effect of elemental sulfur on solubility of soil heavy metals and their uptake by maize. J. Environ. International 30(3): 323-328.

Dilmaghani, M.R., Hemmatyand, S., and Lotfali, N. 2012. Effects of Sulfur Application on Soil pH and Uptake of Phosphorus, Iron and Zinc in Apple Trees. Journal of Plant Physiology and Breeding 2012, 2(1): 1-10

EL-Habbasha, S.F., Abdel salam, M.S., and Kabesh, M.O. 2007. Response of two sesame varieties (sesame indicum L.) to partial replacement of chemical fertilizers by bio-organic fertilizers. Research Journal of Agriculture and Biology Sciences 3: 563-571.

Garcia de, La., Fuente, R., Carrion, C., Botella, S., Fornes, F., Noguera, V., and M. Abad. 2007. Biological oxidation of elemental sulfur added to three composts from different feed stocks to reduce their pH for horticultural purposes. Bio resource Technology 98: 3561-3569.

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

Genc Y., Verbyla, A.P., Torun, A.A., Cakmak, I., Willsmore, K., Wallwork H., and McDonald, G.K. 2006. Quantitative trait loci analysis of zinc efficiency and grain zinc concentration in wheat using whole genome average interval mapping

Gonzalez, D., Obrador, A., Lopez-Valdivia, L.M., and Alvarez, J.M. 2008. Effect of zinc source applied to soils on its availability to navy bean. Soil SciSoc Am J 72:641–649.

Khan, M.A., Fullerand, M.P., and Baluch, F.S. 2008. Effect of Soil Applied Zinc Sulphate on Wheat (Triticum aestivum L.) Grown on a Calcareous Soil in Pakistan. Cereal Research Communications 36(4), pp. 571–582.

Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R. I., Ma, B.L., and Smith, D.L. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn, and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. Mycorrhiza 9: 331-336.

Malhi, S.S., and Gill, K.S. 2006. Cultivar and fertilizer state interaction effects on canola yield, seed quality and S uptake. Canadian Journal of Plant Science 86: 91-98.

Mohseni, S.H., Ghanbari, A., Ramazanpor, M.R., and Mohseni, M. 2006. Study effect quantity and methods consumer zinc sulfate and boric acid on yield, qualitative and nutrient absorption in two variety of grain corn. Journal Agriculture Science. 31-38.

Pederson, G., Geoffery, A., Brink, E., and Timothy, E.F. 2005. Nutrient uptake. Agriculture and agri-food Canada. org–Soil fertility and management.

Rose, L.A., Feltion, W.L., and Banks, L.W. 2002. Responses of four soybean variations to foliar zinc fertilizer. Australian Journal at Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 21: 236-240.

Sady, W., Rozek, S., Domagała Swiatkiewicz, I., Wojciechowska, R., Kołton, A. 2008. Effect of nitrogen fertilization on yield, nh4 + and no3 - content of white cabbage. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 7(2) 2008, 41-51

Salvagiotti, F., and Miralles, D.J. 2008. Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. European Journal of Agronomy, 28: 282–290.

Sharma, D.N., Khadar, V.K., Sharma, R.A., and Singh, D.1991. Effect of different doses and sources of sulphur on the quality and yield of mustard (*Brassica juncea* L.). Journal of Indian Society of Soil Science, 39: 197-200.

Shinde, D.B., Kadam, R.M., and Jadhav, A.C. 2004. Effect of sulfur oxidizing micro- organism on growth of soybean. Journal of Maharashtra Agriculture University 29:305-307.

Singh, Y.P., and Mannj, S. 2007. Interaction effect of sulphur and zinc in groundnut (Arachis hypogaea) and their availability in tonk district of Rajasthan. Indian Journal of Agronomy.

Thalooth, A.T., Tawfik, M.M., and Magda Mohamed, H.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 (1): 37-46.

Thalooth, M., Tawfik, M., and Magda Mohamed, H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of Zinc, Potassium and Magnesium on growth, yield and some chemical constituents of Mung bean plants growth under Water stress conditions. World J Agric Sci. 2: 37-46.

Wani, P.A., Khan, M.S., and Zaidi, A. 2007. Chromium reduction, plant growth promoting potentials and metal solubilization by Bacillus sp. isolated from alluvial soil. Curr. Microbiol 54:237–243.

Weggler-Beaton, R., Graham, D., and Melaugin, M.J. 2003. The influence of low rates of arid-dried on yield and phosphorus and zinc nutrition of wheat (*Triticum durum*) and barley (*Hordeum Vulgar*). Australian Journal of Soil Research. 41:293-308.

Yusuf, G., Glenn, K.M., Donald, D., Robin D., and Graham, D. 2000. Effect of seed zinc content on early growth of barley (Hordeum vulgar L.) under low and adequate soil zinc supply. Aust. J. Agric. Res. 51: 37-45.