

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره سوم، خرداد ماه ۱۴۰۲ (۶۱-۴۹)

مقایسه تاثیر گوگرد بر عملکرد و جذب عناصر کم مصرف در دانه های روغنی و

گیاهان علوفه ای

ریحانه دهقان^۱

علی اکبر کریمیان^۲

سمیه قاسمی^۳

ملیحه امینی^{۴*}

amini.malihe@ujioft.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: امروزه به دلیل قیمت بالا و اثرات مخرب مصرف بی رویه کودهای شیمیایی بر محیط زیست و همچنین کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، استفاده از گوگرد به عنوان یک عنصر غذایی و عامل اسیدی کننده خاک بسیار مهم و ضروری است. **روش بررسی:** به منظور بررسی و مقایسه تاثیر کاربرد گوگرد بر عملکرد و قابلیت جذب عناصر غذایی توسط دانه های روغنی گلرنگ، کلزا، ذرت و گیاهان علوفه ای تاج خروس و سورگوم در یک خاک آهکی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پودر گوگرد در دو سطح بدون مصرف گوگرد و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. **یافته ها:** نتایج پژوهش نشان داد کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی دار وزن تر و خشک در همه گونه های گیاهی گردید و بیشترین افزایش در گونه های ذرت و سورگوم مشاهده شد. کاربرد گوگرد سبب معنی دار شدن جذب آهن و روی در ریشه و اندام هوایی تمامی گونه های گیاهی نیز گردید. **بحث و نتیجه گیری:** در بین دانه های روغنی، تاثیر کاربرد گوگرد بر ذرت و کلزا بیش از گلرنگ بود و گونه علوفه ای سورگوم نیز نسبت به تاج خروس عملکرد بهتری داشت.

واژه های کلیدی: گوگرد، دانه های روغنی، گیاهان علوفه ای، خاک قلیایی، عناصر غذایی کم مصرف.

- ۱- دانشجوی دکتری تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی.
- ۲- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه یزد.
- ۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه یزد.
- ۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت. * (مسوول مکاتبات)

Comparison the effect of sulfur on yield and micro elements uptake in oilseed crops and forage plants

Reyhane Dehghan¹

Ali Akbar Karimian²

Somaye Ghasemi³

Malihe Amini^{4*}

amini.malihe@ujioft.ac.ir

Admission Date: June 11, 2019

Date Received: December 9, 2018

Abstract

Background and Objective: Today, due to high prices and destructive effects of uncontrolled use of chemical fertilizers on the environment and the quantity and quality of agricultural products, use of sulfur as a micro element and also acidifying agent in soil is too important and necessary.

Material and Methodology: In order to evaluate and compare the effect of sulfur on yield and the ability to micro elements absorption with oilseed safflower, canola, corn and fodder plants sorghum and pigweed in a calcareous soil a factorial experiment was conducted based on randomized complete blocks design with three replications. The experimental factors were contain sulfur fertilizer in two levels (without application and consumed 500 kilograms per hectare).

Findings: Results showed that the use of sulfur caused a significant increase in wet and dry weight in all plant species and the maximum increase was observed in corn and sorghum species. The use of sulfur causes significant increase absorption of iron and zinc in roots and shoots of all species of plant.

Discussion and Conclusion: Among the oilseeds, the effect of sulfur application on corn and canola was higher than safflower and the sorghum forage had better performance than the pigweed.

Key words: sulfur, oilseeds, forage plants, alkaline soil, micro elements.

1- p.H. D student, Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2- Associate Prof of Pasture and Watershed Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Yazd University, Yazd, Iran.

3- Associate Prof of Soil Science Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Yazd University, Yazd, Iran.

4- Associate Prof of Environmental Science and Engineering Department, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran. *(Correspondence Author)

مقدمه

گیاهان، کمبود این عنصر در خاک‌های زراعی جهان رو به افزایش است (۱۰ و ۱۱).

گوگرد پس از اکسایش در خاک علاوه بر نقش تغذیه‌ای مستقیم، می‌تواند بدلیل تولید اسیدسولفتریک، باعث کاهش موضعی pH خاک در منطقه ریزوسفر گردد و لذا به طور غیر مستقیم نیز بر افزایش جذب عناصر غذایی کم مصرف موثر خواهد بود (۱۲). مطالعات مصطفوی‌راد و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که کاربرد گوگرد، غلظت و جذب عناصر پر مصرف و کم مصرف را افزایش می‌دهد (۱۳). Erdem و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که کاربرد گوگرد بر اساس ویژگی‌های خاک به خصوص مقدار سولفات قابل جذب، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. بنابراین خاک‌هایی که مقدار سولفات قابل جذب کمتری داشتند، اثر گوگرد مصرفی بر رشد و عملکرد گندم در آن‌ها بیشتر مشهود بود (۱۴). نتایج پژوهش Ansori و Gholami، ۲۰۱۵ نشان داد گوگرد باعث کاهش pH خاک و افزایش عملکرد، مقدار روغن و غلظت فسفر و آهن در دانه ذرت می‌شود (۱۵).

با توجه به نقش گوگرد در تغذیه گیاهان خصوصا دانه‌های روغنی و تاثیری که گوگرد در خاک‌های قلیایی بر جذب عناصر کم مصرف دارد، این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه تاثیر گوگرد بر قابلیت جذب عناصر غذایی کم مصرف و کاهش مصرف کودهای شیمیایی و ارائه راه حل منطقی و همسو با حفظ محیط زیست در دانه‌های روغنی کلزا، گلرنگ و ذرت و گیاهان علوفه ای سورگوم و تاج خروس انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر کاربرد گوگرد بر عملکرد و قابلیت جذب عناصر غذایی، در گلرنگ، کلزا، ذرت، تاج خروس و شبدر در یک خاک آهکی، آزمایشات به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های تصادفی و در سه تکرار انجام شد. آزمایشات شامل شاهد بدون مصرف گوگرد و مصرف گوگرد به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. خاک مورد نظر از عمق صفر تا ۲۰

در خاک‌های آهکی، تولید محصول، با مشکلاتی مواجه است که عمدتاً ناشی از بالا بودن pH و پایین بودن ماده آلی خاک می‌باشد. به دلیل وابستگی قابلیت جذب برخی از عناصر کم مصرف به فاکتور pH، معمولاً در چنین خاک‌هایی، این عناصر تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می‌شوند (۱). افزودن اصلاح کننده‌های اسیدی از روش‌های رایج در خاک‌هایی با pH بالا، برای افزایش حلالیت عناصر غذایی و بهبود عملکرد گیاهان می‌باشد (۲). امروزه به دلیل قیمت بالا و اثرات مخرب مصرف بی رویه کودهای شیمیایی بر محیط زیست و ویژگی‌های محصولات تولیدی، استفاده از گوگرد به عنوان یک عنصر غذایی و اسیدی کننده خاک، مورد توجه زیادی قرار گرفته‌است (۳). گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد استفاده برای گیاهان می‌باشد که بیش از ۱۷۰ سال است به عنوان عنصر غذایی پر مصرف برای گیاهان شناخته شده و در ردیف پنجم پس از نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم قرار می‌گیرد (۴). کمبود این عنصر در گیاه عملکرد را در نتیجه تغذیه نامناسب کاهش می‌دهد و از ارزش کیفی محصولات مانند درصد پروتئین و روغن نیز می‌کاهد (۵) و همچنین تغذیه ناکافی گوگرد، باعث کاهش رشد و قدرت گیاه و کاهش تحمل به استرس‌های زنده و غیرزنده می‌شود (۶).

دانه‌های روغنی نیاز بالایی به گوگرد دارند زیرا گوگرد جزئی از ساختمان اسیدهای آمینه متیونین و سیستئین بوده و بنابراین در ساختمان پروتئین دخالت می‌کند. همچنین در تشکیل ویتامین‌ها، گلوکوزیدها و فعال کردن آنزیم‌ها شرکت دارد. علاوه بر این گوگرد جزئی از ساختمان فسفو لیپیدها نیز هست بنابراین در ساخته شدن چربی به طور مستقیم دخالت دارد (۷). نتایج پژوهش Ahmadi (۲۰۱۰) نشان داد که افزایش تیمار گوگرد به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش روغن دانه در کانولا شد (۸). Mirzashahi و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که مصرف گوگرد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن در کلزا می‌گردد (۹). امروزه به دلیل افزایش کاربرد کودهای بدون گوگرد و نیازهای بالای

در دمای ۵۵۰ درجه سیلیسیوس در کوره خاکستر گردیده و پس از آن عصاره‌گیری با استفاده از اسیدکلریدریک دو نرمال انجام شد (۱۷). به منظور اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از آزمون اسمیرنوف کلموگروف در نرم افزار SPSS Version 18 استفاده شد. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از تجزیه واریانس دو طرفه و آزمون مقایسه میانگین LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. رسم نمودارها نیز در نرم‌افزار Microsoft Excel 2007 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تجزیه خاک و بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت شده برای کاشت گونه‌های گیاهی (عمق ۰-۳۰) در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت شده برای کاشت گونه‌های گیاهی (عمق ۰-۳۰)

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil harvested for planting plant species (0-30 depth)

ویژگی	بافت	pH	EC	آهک	کربن آلی	نیتروژن کل	غلظت آهن	غلظت روی
واحد	-	-	Ds/m	(%)	(%)	(%)	Mgkg ⁻¹	Mgkg ⁻¹
مقدار	رسی لومی	۷/۳	۷	۳۲	۰/۸۷	۰/۰۳	۱۰	۳

کلرنگ و تاج خروس نداشت اما سبب افزایش معنی‌دار وزن تر ریشه کلزا گردید. (شکل a ۱).

براساس نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها کاربرد گوگرد اثر معنی‌داری بر وزن تر اندام هوایی در سطح پنج درصد داشت. همچنین تاثیر نوع گونه گیاهی و اثر متقابل آن با گوگرد بر وزن تر اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). گونه‌های گیاهی کلزا و گلرنگ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن تر اندام هوایی بودند. بر اساس مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل تیمارها تاثیر کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی‌دار وزن تر اندام هوایی کلزا نسبت به تیمار شاهد گردید ولی بر گونه‌های تاج خروس و گلرنگ تاثیر معنی‌داری نداشت (شکل b ۱). (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری

سانتی‌متری خاک معدن آهن بافق واقع در فاصله ۱۳۳ کیلومتری جنوب شرقی استان یزد و ۱۳ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بافق برداشت شد. قبل از شروع آزمایش خاک مورد نظر از الک دو میلیمتری عبور داده‌شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک از جمله مقدار کربن آلی، روی، آهن، مس و منگنز و همچنین مقادیر pH، قابلیت هدایت الکتریکی، مقدار آهک و بافت خاک براساس روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین شد (۱۶). در نهایت خاک مورد نظر در گلدان‌های ۴ کیلوگرمی قرار داده‌شد. در ادامه گوگرد به خاک گلدان‌ها اضافه و به خوبی مخلوط گردید و بذرها، گلرنگ، کلزا، ذرت، سورگوم و تاج خروس در عمق دو سانتیمتری خاک گلدان‌ها کاشته شد. پس از گذشت سه ماه از دوره رویش گیاه و قبل از رسیدن به دوره گلدهی، گیاهان برداشت شدند. پس از برداشت گیاهان به منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی آهن و مس، نمونه‌های گیاهی پودر شده

تأثیر نوع گونه گیاهی و اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان روغنی و علوفه ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر نوع گونه گیاهی و اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر وزن تر ریشه به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار است؛ اما کاربرد گوگرد تاثیر معنی‌داری بر وزن تر ریشه نداشت (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین وزن تر ریشه مربوط به گونه گیاهی سورگوم و کمترین وزن تر ریشه مربوط به گونه گیاهی کلزا بود. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که تاثیر گوگرد بر وزن تر ریشه بسته به نوع گونه گیاهی متفاوت است به طوری که کاربرد گوگرد تاثیر معنی‌داری بر وزن تر ریشه سورگوم،

وزن تر و خشک ذرت در سطح یک درصد معنی دار بود و سطوح گوگرد در مقایسه با شاهد، وزن تر و خشک ذرت را افزایش داد (۱۹) که تایید کننده نتایج به دست آمده در کار حاضر نیز می باشد.

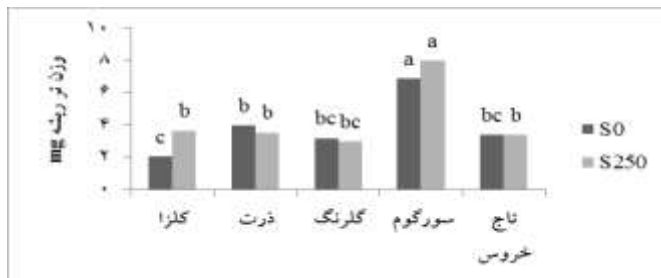
ندارند). کود گوگرد با اکسید شدن و تولید اسید سولفریک می تواند شرایط لازم را برای کاهش pH خاک منطقه ریزوسفر و افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد محصولات فراهم نماید (۱۸). مطالعات بشارتی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که اثر گوگرد و فسفر و برهمکنش آن ها بر

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس واریانس تاثیر گوگرد و نوع گونه گیاهی بر وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی

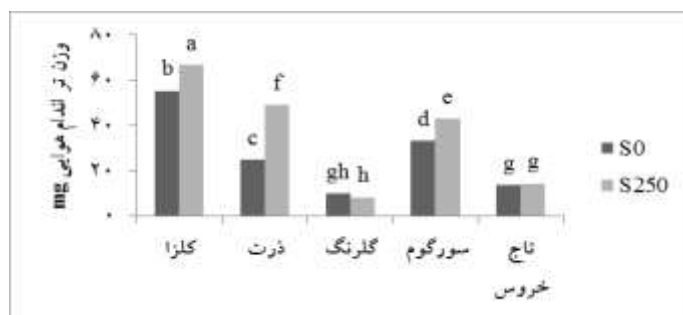
Table 2- The results of the analysis of variance of the effect of sulfur and the type of plant species on the fresh and dry weight of roots and shoots

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه		
۰/۸۵*	۱۵۶/۶۸*	۰/۲۷*	۰/۲۱ ^{NS}	۱	گوگرد
۴۸/۲۰**	۲۶۵۱/۹۲**	۰/۹۳*	۲۲/۵۴**	۴	گونه گیاهی
۹/۸۱**	۲۶۲/۷۸**	۰/۰۲ ^{NS}	۵/۴۷*	۴	گوگرد × گونه گیاهی
۱/۳	۷/۵۰	۰/۱۱	۰/۶۴	۲۰	خطای آزمایش

*, **, و NS به ترتیب معنی دار بودن در سطح پنج درصد، یک درصد و معنی دار نبودن است.



(a)



(b)

شکل ۱- اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر وزن تر ریشه (a)، اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر وزن تر اندام هوایی (b)

Figure 1. The interaction effect of sulfur and plant species on root wet weight (a), the interaction effect of sulfur and plant species on shoot wet weight (b)

نیز اشاره شد، کود گوگردی با اکسید شدن و تولید اسید سولفوریک می‌تواند شرایط لازم را برای کاهش pH خاک منطقه ریزوسفر و افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد محصولات را فراهم نماید (۱۸). جلیلی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که با افزایش گوگرد و کود دامی عملکرد و توانایی رشد گیاه گندم افزایش یافتند (۲۱). همچنین نتایج بررسی های مومن و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان داد که افزایش میزان گوگرد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ گندم می‌گردد (۲۲).

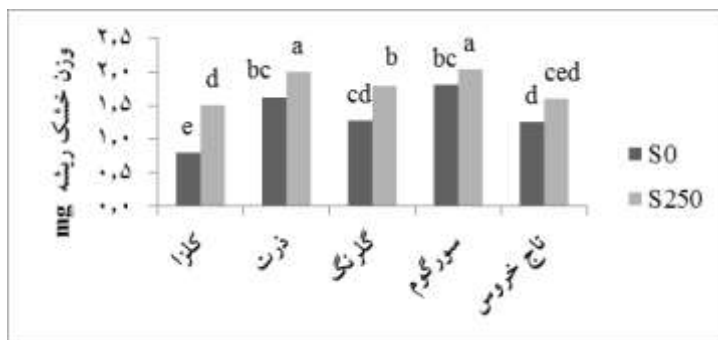
تأثیر نوع گونه گیاهی و اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر غلظت آهن ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان روغنی و علوفه ای

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت آهن ریشه نشان داد که تاثیر گوگرد و نوع گونه گیاهی در سطح یک درصد و اثر متقابل این تیمارها در سطح پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد کاربرد گوگرد بر غلظت آهن موجود در ریشه تمامی گونه‌های گیاهی تاثیر مثبتی داشته و بیشترین تاثیر مربوط به گونه گیاهی سورگوم و کمترین تاثیر مربوط به گونه گلرنگ بود (شکل a ۳). (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند).

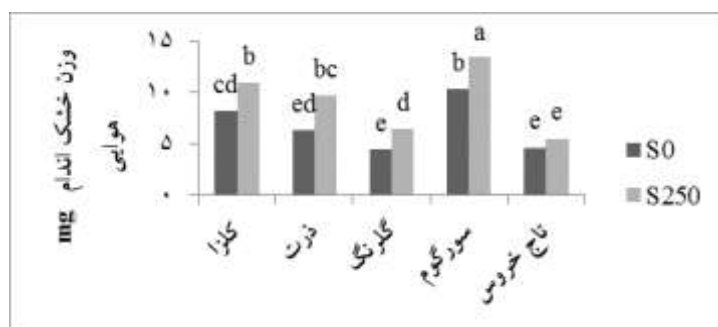
تأثیر نوع گونه گیاهی و اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان روغنی و علوفه ای

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تاثیر نوع گونه گیاهی، کاربرد گوگرد و اثر متقابل تیمارها بر وزن خشک ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر متقابل گوگرد و نوع گونه گیاهی نیز بیشترین تاثیر کاربرد گوگرد را در گونه گیاهی سورگوم و ذرت و کمترین تاثیر را در گونه گیاهی کلزا نشان داد (شکل a ۲). (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر گوگرد، نوع گونه گیاهی و اثر متقابل آن با گوگرد در سطح پنج درصد بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار گردید (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین اثر گوگرد بر افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی مربوط به گونه گیاهی سورگوم بود ولی کاربرد گوگرد در گونه گیاهی تاج خروس تاثیر معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نداشت (شکل b ۲). (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند).

تاثیر مثبت گوگرد بر عملکرد گیاه می‌تواند به نقش مستقیم گوگرد در تغذیه گیاه از یک طرف و انحلال عناصر تثبیت شده در خاک‌های آهکی و در نهایت افزایش جذب عناصر توسط گیاه از طرف دیگر مربوط باشد (۲۰). همان طور که در بخش قبلی



(a)



(b)

شکل ۲- اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر وزن خشک ریشه (a)، اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر وزن خشک اندام

هوایی (b)

Figure 2. The interaction effect of sulfur and plant species on root dry weight (a), the interaction effect of sulfur and plant species on shoot dry weight (b)

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر گوگرد و نوع گونه گیاهی بر غلظت آهن و روی ریشه و اندام هوایی

Table 3. Results of analysis of variance of the effect of sulfur and plant species on iron and zinc concentrations in roots and shoots

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
روی اندام هوایی	روی ریشه	آهن اندام هوایی	آهن ریشه		
۶۳۹/۴**	۲۳۸۵/۲**	۴۲۴۳۵۴/۱۳**	۴۳۱۳۷۷۹/۰۲**	۱	گوگرد
۴۵۵/۳**	۲۰۵۹/۸**	۱۰۰۱۳۸۹/۱۶**	۷۹۹۷۴۲۸/۹۲**	۴	گونه گیاهی
۱۱۶/۲**	۱۰۶۱/۲**	۵۲۷۲۳/۶۳**	۴۶۸۵۴۹/۲۸*	۴	گوگرد × گونه گیاهی
۸/۸	۲۵/۷۹	۳۴۷۹/۸۶	۵۳۶۰۴/۹۳	۲۰	خطای آزمایش

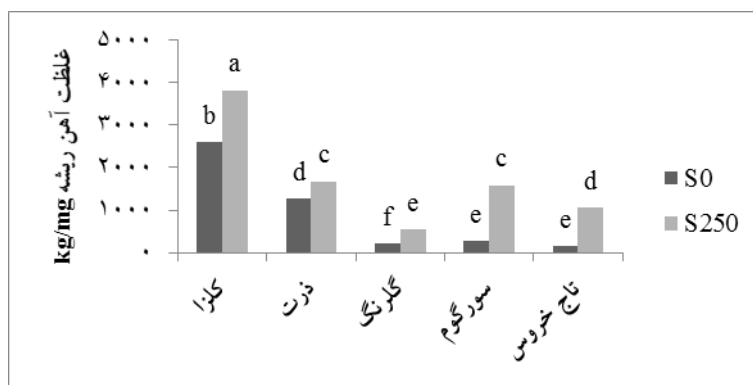
* و ** به ترتیب معنی دار بودن در سطح پنج درصد و یک درصد است.

شاهد سبب افزایش غلظت آهن اندام هوایی گردید و بیشترین غلظت آهن اندام هوایی مربوط به گونه گیاهی سورگوم و کمترین آن مربوط به گلرنگ بود (شکل b ۳). (میانگین های

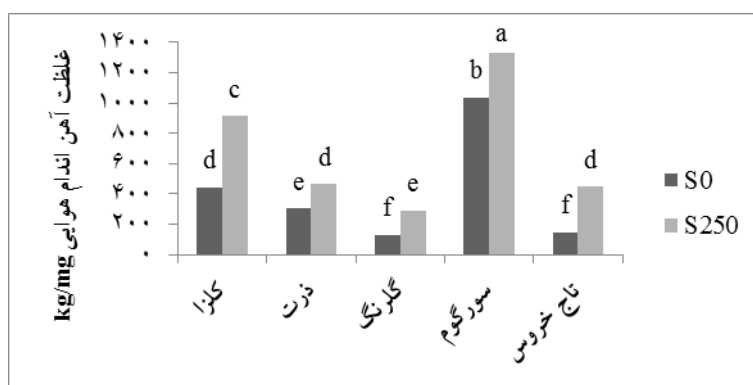
نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیر گوگرد و نوع گونه گیاهی و اثر متقابل آنها بر غلظت آهن اندام هوایی در سطح یک درصد معنی دار است (جدول ۳). استفاده از گوگرد در مقایسه با تیمار

(۲۵). بابایی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تاثیر کود میکروبی-گوگردی بر جذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه پرداختند. نتایج نشان داد گوگرد اثر معنی داری بر افزایش غلظت آهن، منگنز، روی و مس در برگ گیاه سویا دارد و بیشترین غلظت این عناصر از مصرف سه تن گوگرد در هکتار به دست آمد (۲۶). رحیمیان (۱۳۹۰) اثر گوگرد و تیوباسیلوس به همراه مواد آلی بر صفات کمی و کیفی کلزا را بررسی و گزارش کرد که بیشترین میزان آهن در کلش و دانه به ترتیب ۱۰۳/۳۳ و ۵/۶۷ میلی گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار مصرف همزمان گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس می باشد (۲۷).

دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند). با افزودن گوگرد به خاک، ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد با اکسایش آن به اسید سولفوریک، pH خاک را به طور موضعی کاهش داده و حلالیت ترکیبات آهن را افزایش می دهند و در نهایت موجب جذب بیشتر آن، توسط گیاه می شوند (۲۳). از طرفی به ازای هر یک واحد کاهش در pH فعالیت Fe^{3+} هزار برابر افزایش می یابد که این افزایش سبب می شود تا آهن بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته شده و توسط گیاه جذب شود (۲۴). گودرزی (۱۳۸۳) نیز گزارش کرد کاربرد گوگرد در خاک های شدیداً آهکی موجب افزایش ۳۹ درصدی غلظت آهن در بافت گندم خواهد شد



(a)



(b)

شکل ۳- اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر غلظت آهن ریشه (a)، اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر غلظت آهن اندام

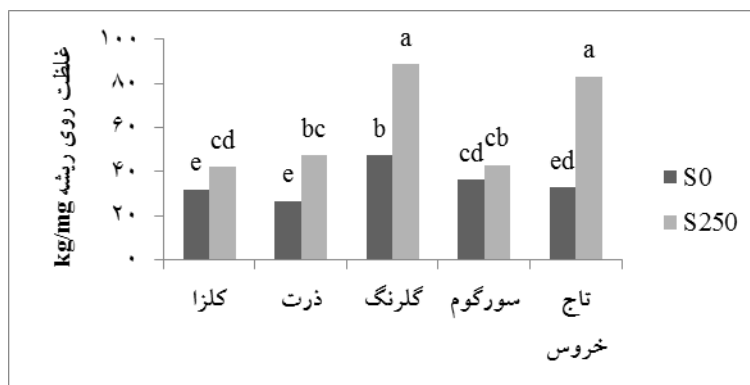
هوایی (b)

Figure 3. Interaction effect of sulfur and plant species on root iron concentration (a), interaction effect of sulfur and plant species on shoot iron concentration (b)

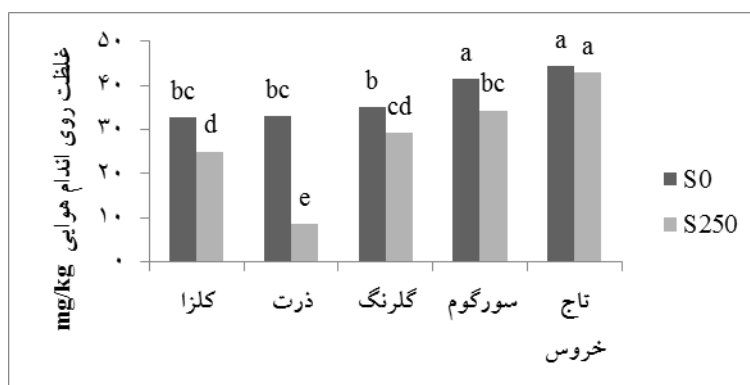
به تاج خروس و کمترین آن مربوط به گلرنگ بود (شکل b ۴). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. در صورت مخلوط شدن گوگرد با خاک و اکسید شدن آن نقاط اسیدی به وجود آمده و محیط مناسبی برای انحلال و جذب بیشتر و سریعتر آهن، روی، مس و منگنز فراهم می‌نماید. (۲۵ و ۲۸). به طور کلی افزایش غلظت عناصر غذایی در گیاهان با مصرف گوگرد در نتیجه افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک و کاهش موضعی pH خاک می‌باشد. بر همین اساس مطالعات McDonald و Mousavvi (۲۰۰۹) نشان داد که مصرف گوگرد، سبب افزایش ۳۰ غلظت روی و ۴۰ درصدی غلظت آهن در دانه گندم گردید (۲۹). Ansori و Gholami (۲۰۱۵) نیز مشاهده نمودند گوگرد، باعث کاهش pH خاک و افزایش عملکرد، مقدار روغن و غلظت فسفر و آهن در دانه ذرت می‌گردد (۱۵). همچنین Orman و Hüseyin (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که با کاربرد گوگرد، غلظت روی و آهن در دانه گندم به ترتیب ۱۸/۷۶ و ۳۸/۴۷ درصد افزایش خواهد یافت (۳۰).

تأثیر نوع گونه گیاهی و اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر غلظت روی ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان روغنی و علوفه ای

بر اساس نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، تاثیر گوگرد و نوع گونه گیاهی و اثر متقابل این تیمارها بر غلظت روی ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد گوگرد سبب افزایش غلظت روی ریشه شد. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل این تیمارها نشان داد کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی‌دار روی در ریشه همه گونه‌های گیاهی گردید. گونه‌های گیاهی گلرنگ و ذرت به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت روی ریشه را دارا بودند (شکل a ۴). (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند). نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت روی اندام‌های هوایی نشان داد، تاثیر گوگرد و نوع گونه گیاهی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل این تیمارها نیز نشان داد افزودن گوگرد سبب افزایش غلظت روی اندام‌های هوایی گردیده و بیشترین تاثیر گوگرد بر روی اندام‌های هوایی مربوط



(a)



(b)

شکل ۴- اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر غلظت روی ریشه (a)، اثر متقابل گوگرد و گونه گیاهی بر غلظت روی اندام هوایی (b)

Figure 4. Interaction effect of sulfur and plant species on zinc concentration in roots (a), interaction effect of sulfur and plant species on zinc concentration in shoots (b)

نتیجه گیری

داشتند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر با اینکه کاربرد گوگرد در دانه‌های روغنی تاثیرات مثبتی داشت اما در بیشتر موارد تاثیر گوگرد بر گونه‌های علفی بیش از دانه‌های روغنی بود و گونه گلرنگ در بین دانه‌های روغنی کمترین تاثیر مثبت را دریافت کرد. بنابراین کاربرد گوگرد نقش بسیار مثبتی در افزایش عناصر مغذی در گیاهان دارد و این تاثیر مثبت به خصوص در دانه‌های روغنی سبب جذب بهتر عناصر مفیدی چون آهن و روی می‌گردد که نقش بسیار مهمی در تغذیه و سلامت نیز دارا هستند. از سوی دیگر با توجه به نقشی که گوگرد در تصحیح خاک‌های قلیایی دارد می‌تواند به گسترش کشت این گیاهان در خاک‌های ایران بخصوص خاک‌های مناطق گرم و خشک کمک کرده و گامی بزرگ در جهت خودکفایی ایران برای تولید روغن در کشور باشد.

کاربرد گوگرد علاوه بر افزایش عملکرد در دانه‌های روغنی کلزا، گلرنگ و ذرت، بر افزایش عملکرد گونه‌های گیاهی سورگوم و تاج خروس نیز تاثیر مثبتی داشت. تاثیری که گوگرد بر عملکرد سورگوم داشت بیشتر از دانه‌های روغنی بود اما در بین دانه‌های روغنی کلزا و ذرت عملکرد بهتری نسبت به گلرنگ داشتند. در جذب عناصر مغذی آهن و روی نیز دانه روغنی کلزا مقدار قابل توجهی آهن در ریشه خود در حضور گوگرد جذب کرد اما سورگوم بیشترین جذب آهن در اندام هوایی را داشت. بیشترین تاثیر گوگرد بر دانه روغنی گلرنگ در جذب روی ریشه بود که سبب انباشت روی قابل توجهی در ریشه این گیاه گردید اما بیشترین تجمع روی اندام هوایی در تاج خروس مشاهده گردید. به طور کلی دانه‌های روغنی کلزا و ذرت بیشتر از گلرنگ تحت تاثیر کاربرد گوگرد قرار گرفته و عملکرد و جذب بهتری

- (*Brassica napus* L.). World Applied Sciences Journal. Vol. 10, No 3, pp.298-303.
9. Mirzashahi, K., Pishdarfaradaneh, M., Nourgholipour, F., 2010. Effects different rates of nitrogen and sulphur application on canola yield in north of Khuzestan. Research Agriculture Science. Vol. 6. No 2, pp 107- 112.
 10. Hawkesford, M. J., De Kok, L. J., 2007. Sulfur in plants an ecological perspective. Springer, UK.
 11. Vidyalakshmi, R., Paranthaman, R., Bhagyaraj, R., 2009. Sulphur Oxidizing Bacteria and Pulse Nutrition - A Review. Agricultural Sciences. Vol. 5, pp 270-278.
 12. Rashidi, N., Karimian, N., 1999. Effect of Sulfur and Zinc on Growth and Corn Chemical Composition in a Calcareous Soil, Abstract Sixth Iranian Soil Science Congress, Mashhad. (In Persian)
 13. Mostafavi rad, M., Tahmasebi sarvestani, S. M., Modarse sanavi, V., Ghalavand, A., 2012. Evaluation of Some Agronomic Traits of Rapeseed (*Brassica napus* L.) as Affected by Different Sulphur Application Rates. Journal of Field Crops Research, Vol. 10. No3, pp 495-502. (In Persian)
 14. Erdem, H., Torun, M. B., Erdem, N., Yazıcı, A., Tolay, I., Gunal, E., Özkutlu, F., 2016. Effects of different forms and doses of sulfur application on wheat. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. Vol. 4, No. 11, pp 957-961.
 15. Ansori., A., Gholami., A., 2015. Improved nutrient uptake and growth of maize in response to inoculation with *Thiobacillus* and Mycorrhiza on

References

1. Malekuti, M. J., 2000. Sustainable agriculture and increasing yield by optimizing fertilizer in Iran. Agricultural education publication. Karaj. Iran. (In Persian)
2. Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M. Y., Radziah, O., 2014. Elemental sulfur application effects on nutrient availability and sweet maize response (*Zea mays* L.) in a high pH soil of Malaysia. Malaysian Journal of Soil Science. Vol. 18, pp75-86.
3. Erdale, I., Tarakçıolu, C., 2000. Effect of different organic materials on growth and mineral composition of corn plant (*Zea mays* L.). Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture. Journal of Agriculture Sciences. Vol. 15, No. 2, pp 80-85.
4. Salardini, AS., 1987. Soil Fertility. Tehran University Press. (In Persian)
5. Ghorbani Nasrabadi, R., Saleh Rastin, N., AliKhani Hossein, A., 2002. Effect of sulfur consumption with inoculum of *Thiobacillus* and Brady rhizobium on nitrogen fixation and growth parameters of soybean, Soil and Water Sciences, Vol. 16 , No 2; pp 170 - 178. (In Persian)
6. Schueneman, T. J., 2001. Characterization of sulfur sources in the EAA. Soil and Crop Science Society of Florida. Vol. 60, pp 49-52.
7. Hocking, P. J., Steer, B. T., 1983. Distribution of nitrogen during growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Annals of Botany. Vol. 51, No 26, pp 787-799.
8. Ahmadi, M., 2010. Effect of zinc and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of oilseed rape

22. Momen, A. ., Pazaki, A., Audit, M. R., 2011. Investigating the effects of granular sulfur (bentonite) and compost on quantitative characteristics of Bam wheat in Semnan region, *Physiology of Crops*, Vol 3, No 9; pp 31 - 46. (In Persian)
23. Deluca, T. H., Skogley, E. O., Engle, R. E., 1989. Band-applied elemental sulfur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkaline calcareous soils. *International Journal of Biology Fertilier.Soils*. Vol, 7, pp 346-350.
24. Ziaian, A. S., 2003. The use of micronutrients in agriculture, agricultural education publishing. (In Persian)
25. Goodarzi, K., 2004. Effects of sulfur and compost on increasing the absorption of soil nutrients and wheat yield. *New ways of feeding wheat. Researches. Wheat Self-Suawareness Project - Ministry of Agriculture Jihad. Tehran Iran.* (In Persian)
26. Babaei, P., Golchin, A., Besharati, H. ., Afzali, M., 2012. Effect of sulfur microbial fertilizer on nutrient uptake and soybean yield in field, *Soil Research (Soil and Water Science)*, Vol. 26, No, 2A, pp 145 - 151. (In Persian)
27. Rahimiyan, Z., 2012. Effect of Sulfur and *Thiobacillus* With Organic Matter on quantitative and qualitative Traits of Canola. *Crop Physiology*. Vol 3. No 12, pp 19-27. (In Persian)
28. Moosavi, A. A., Mansouri, S., Zahedifar, M. 2015. Effect of soil water stress and nickel application on micronutrient status of canola grown on two calcareous soils .*Journal of Plant Production Science*. Vol, 18, pp 377-387.
- an alkaline soil. *Journal of Communication in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 46, No 17, pp 2111-2126.
16. Ehyayie, M., Behbahani Zadeh, A. S., 1993. Descriptions of methods for chemical analysis of soil. first volume. *Journal of Soil and Water Research Institute. Agricultural Research and Education Organization, Ministry of Agriculture, Tehran.* (In Persian)
17. Westerman, R. E. L., 1990. *Soil testing and plant analysis*. SSSA, Madison Wisconsin, USA.
18. Irshad, A. H., Fayaz-Ahmad, S., Sultan, P., 2011. Effect of Sulfur dioxide on the biochemical parameters of spinach (*Spinacea oleracia*). *Journal of Sciences*. Vol. 9, No 1. pp 24-27.
19. Besharati, H., Khosravi, H., Mostashari, M., Mirzashahi, K., Ghaderi, J., Zabihi, H. R., 2016, Evaluation of Effects of *Thiobacillus*, Sulfur and Phosphorous on Corn (*Zea mays* L.) Growth Indices in some Regions of Iran, *Applied Soil Research*, Vol. 4, No 1, pp 103-113. (In Persian)
20. Rosa, M. C., Muchovej, J. J., Alvarez, V. H., 1989. Temporal relations of phosphorus fractions in an oxisoil amended with phosphate and *Thiobacillus thiooxidatons*. *Journal of Society of Agronomy*. Vol . 53, pp 1096-1100.
21. Choghzardi, H. R., Mohammadi, G. H., Beheshti Al Agha, A., 2013. Evaluation of Sulfur and Manure Effect on Corn Growth Characteristics (Crossed Cross 704) and Soil Acidity, *Crop Researches*, Vol 11, No 1 ; pp 162 – 170 . (In Persian)

30. Orman, S., Hüseyin, O., 2012. Effects of sulfur and zinc applications on growth and nutrition of bread wheat in calcareous clay loam soil. African Journal of Biotechnology, Vol 1, No 13, pp 3080-3086.

29. McDonald, G. K., Mousavvi Nik, M., 2009. Increasing the supply of sulfur increases the grain zinc concentration in bread and durum wheat. UC Davis: The proceedings of the international plant nutrition colloquium XVI.