نشریه زراعت شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

تأثیر اسیدی شدن شدید خاک بر قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و رشد ذرت (*Zea mays* L.)

- الهیار خادم، دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه شهرکرد (نویسنده مسئول)
- احمد گلچین، استاد خاکشناسی- دانشگاه زنجان
- اصغر مشهدی جعفرلو، کارشناس ارشد خاکشناسی
- اسماعیل زارع، کارشناس ارشد خاکشناسی
- الهام ناصری، کارشناس ارشد خاکشناسی

تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: تیر ماه ۱۳۹۳

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۳۴۱۸۰۲۴

پست الکترونیک نویسنده مسئول: akhadem1361@gmail.com

چکیده

به منظور ارزیابی اثر کاهش شدید pH خاک بر میزان عناصر غذایی قابل جذب خاک و میزان جذب عناصر توسط ذرت (*Zea mays* L.) آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت گلدانی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. برای اسیدی کردن خاک از گوگرد عنصری درسه سطح صفر، ۷/۵ و ۱۵ تن در هکتار استفاده شد. متغیرهای اندازه گیری شده شامل pH خاک، میزان شوری خاک، میزان فسفر و عناصر کم مصرف قابل جذب، وزن خشک گیاه و میزان جذب عناصر فسفر، آهن، روی، مس و منگنز بوسیله گیاه ذرت بود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد سطوح گوگرد مصرفی اثر معنی داری بر تمام خصوصیات اندازه گیری شده دارد. در اثر افزودن گوگرد به خاک، شوری خاک افزایش یافت. همچنین با افزودن گوگرد، فسفر قابل جذب کاهش یافت و pH خاک نیز از ۵/۵ به حدود ۳ تنزل یافت. در اثر کاهش pH میزان عناصر کم مصرف آهن و منگنز قابل جذب خاک به شدت افزایش یافت، در حالی که میزان روی و مس با افزودن ۷/۵ تن در هکتار گوگرد افزایش یافت و با افزودن ۱۵تن در هکتار گوگرد میزان این دو عنصر به شدت کاهش یافت. وزن خشک گیاه نیز با افزایش سطوح گوگرد به شدت کاهش یافت و با کاهش وزن خشک گیاه، میزان جذب تمام عناصر غذایی نیز کاهش معنی داری نشان داد.

کلمات کلیدی: گوگرد، فسفر، عناصر کم مصرف، ذرت

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 1-7

Effect of Highly Acidified Soil on Soil Nutrient Availability and Corn (*Zea mays* L.) Growth

By:

- *A. khadem, (Corresponding Author; Tel: 09173418024), Ph.D student of shahrekord university*
- *A. Golchin, soil sience Ph.D. zanjan university*
- *A. Mashhadi Jafarloo, Soil Science M.Sc*
- *E. Zaree, Soil Science M.S*
- *E. Naseri, Soil Science M.Sc*

Received: November 2013 Accepted: May 2014

To evaluate the effect of highly decreased soil pH on soil nutrients availability and as well as corn (*Zea* mays L.) nutrients uptake, a pot experiment was conducted based on a completely randomized design with three replicates under greenhouse conditions. For soil acidification elemental sulfur was applied at 0, 7.5 and 15 ton ha^{-1}. The determined variables were soil pH and salinity, phosphorous and micronutrients availability, plant dry matter and Fe, Zn, Cu and Mn uptake by Corn. The results showed that sulfur levels had significant effects on all determined characteristics. Soil salinity increased by addition of sulfur. phosphorous availability and soil pH decreased (from 5.5 to 3) as well. The amount of Iron (Fe) and manganese were highly increased by the reducing soil pH. In the case of Cupper and Zinc , their availability increased by application of 7.5 ton ha-1 and decreased by application of 15 ton ha-1 sulfur. Plant dry matter decreased by increasing sulfur rate and hence plant uptake of all nutrients were significantly decreased.

key Words: Sulfur, Phosphorous, Micronutrients, Corn

مقدمه

اسیدی شدن خاک یک فرایند طبیعی است که در طول زمان در خاک انجام می شود. اسیدیته خاکها بر اساس نوع سنگ مادری و شرایط آب و هوایی محل و طول مدت زمانی که این سنگها در معرض هوازدگی قرار داشته اند، متغیر است. (Hollier and Rutherglen. 2005). در نتیجه بعضی خاکها می توانند خیلی اسیدی و بعضی دیگر به شدت قلیایی باشند. یک خاک را هنگامی می توان اسیدی در نظر گرفت که در بخش قابل توجهی از ظرفیت تبادل کاتیونی آن، آلومینیوم و هیدروژن بجای یونهای بازی کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم قرار گرفته باشند (Schumann, 1999). آلومینیوم و هیدروژن جایگزین یونها در محل های تبادلی شده و این یونها به اعماق پروفیل خاک شسته می شوند. خاکهای اسیدی pH کمتر از ۵/۶ و بطور معمول کمتر از ۵ دارند (Cregan, 2006). واکنش پایین خاک با شماری از خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی نامطلوب همراه است که باعث ایجاد مشکلاتی برای رشد گیاهان می شوند. تغییرات شیمیایی وابسته به pH خاک، قابلیت دسترسی عناصر ضروری را محدود نموده و موجب افزایش قابلیت دسترسی فلزات سمی مثل آلومینیوم و منگنز می گردد (Hollier and Rutherglen, 2005). در pH برابر با ۵/۵، غلظت آلومینیوم در محلول خاک کم است. با کاهش pH غلظت آلومینیوم افزایش می یابد. اشباع شدن ظرفیت تبادل کاتیونی از آلومینیوم، با غلظت آن در محلول خاک ارتباط مستقیمی دارد (Duncan, 1999) pH پایین برای احیاء Mn^{+3} به Mn^{+2} مطلوب است.

در pH برابر با ۴/۶ و پایین تر، سمیت منگنز یک مشکل دائمی خواهد بود (Cregan, 2006).

امروزه گوگرد متداولترین و اقتصادی ترین ماده ای است که برای اسیدی کردن خاک به کار می رود (رشیدی و کریمیان، ۱۳۷۸). در شرایط هوازی گوگرد موجود در خاک به وسیله باکتریهای شیمیولیتوتروف به SO_4^{-2} اکسید می شود. تأثیر مصرف گوگرد در آزادسازی عناصر غذایی تثبیت شده در خاک منوط به اکسایش آن و تولید اسید سولفوریک می باشد (Tabatabai, 1986). اکسایش گوگرد در خاک عمدتاً به صورت بیولوژیک و توسط باکتریهای تیوباسیلوس صورت می گیرد (بشارتی و همکاران، ۱۳۷۹). این باکتریها با اکسیدکردن گوگرد ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، با کاهش pH خاک در اطراف ریشه ها بطور غیر مستقیم نیز باعث افزایش جذب عناصری چون فسفر، روی، آهن و دیگر عناصر غذایی کم مصرف شده و موجب افزایش کمّی و کیفی محصول می شوند (Prueger *et al*, 1995). گوگرد به چندین راه می تواند به خاکها وارد شده و با اسیدی کردن شدید خاک مشکلاتی بوجود آورد. از راههای ورود گوگرد به این خاکها می توان به مصرف گوگرد توسط کشاورزان برای رفع کمبود گوگرد، وجود کانیهای گوگرد دار مثل پیریت در خاکهای اسیدسولفات که در شرایط زهکشی، گوگرد موجود در آنها اکسید می شود و گوگرد افزوده شده در اثر افزودن مواد آلی اشاره کرد. از آنجا که ورورد گوگرد در خاکهای اسیدی باعث ایجاد مشکلاتی در رشد گیاه می شود لذا پژوهش زیر با هدف ۱- بررسی اثر ورود گوگرد بر قابلیت جذب عناصر غذایی خاک ۲- اثر گوگرد بر رشد و تولید وزن خشک ذرت و میزان جذب عناصر غذایی، انجام گردید.

مواد و روشها

به منظور کاهش pH خاک و بررسی روند تغییر قابلیت دسترسی عناصر در شرایط کاهش pH، یک آزمایش گلخانه ای در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار، با هدف بررسی اثر سه سطح ۰، ۷/۵، ۱۵ تن در هکتار گوگرد عنصری (S)، بر میزان فسفر و عناصر کم مصرف قابل جذب خاک و همچنین میزان جذب عناصر توسط گیاه ذرت بررسی شد. خاک اولیه جهت اجرای طرح، از مزارع چای در لاهیجان (اینسپتی سول) جمع آوری و هوا خشک و سپس خرد شده و از الک ۲ میلیمتری گذرانده شده و در کیسه های ۲ کیلوگرمی ریخته شد. نتایج تجزیه اولیه خاک در جدول ۱ آورده شده است. برای تهیه تیمارهای گوگرد، میزان گوگرد لازم برای تهیه سطوح ۰/۲۵٪ و ۰/۵٪ (به ترتیب معادل ۷/۵ و ۱۵ تن در هکتار) را محاسبه و به میزان لازم گوگرد عنصری به خاکها افزوده شد(سولفات اولیه خاک ۲ میلی گرم در کیلوگرم بود). سپس نمونه های خاک حاوی گوگرد به مدت سه ماه در شرایط گلخانه ای و در رطوبت حد ظرفیت زراعی خوابانیده (انکوباسیون) شدند. در فواصل یک ماهه از گلدانها نمونه برداری شده و میزان فسفر قابل جذب با روش اولسن، شوری با دستگاه هدایت سنج و واکنش خاک با دستگاه pH متر اندازه گیری شد. پس از گذشت سه ماه از شروع انکوباسیون، میزان عناصر کم مصرف قابل جذب خاک با استفاده از روش عصاره گیری با DTPA اندازه گیری و تعداد ۳ عدد بذر سالم ذرت هیبرید رقم ۷۰۴ در گلدانها کشت شد. پس از گذشت ۴۵ روز از تاریخ کشت، گیاهان کشت شده برداشت شده و وزن خشک و غلظت عناصر کم مصرف در بافت گیاه با استفاده از دستگاه جذب اتمی و میزان فسفر جذب شده با استفاده از روش کالریمتری(آمونیوم مولیبدات- وانادات) مورد اندازه گیری قرار گرفت.

نتایج و بحث

اثر سطوح گوگرد بر میزان فسفر، شوری و واکنش خاک

نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بین سطوح گوگردی از نظر تأثیر بر میزان فسفر قابل جذب خاک تفاوت معنی داری وجود دارد ($p<0.01$). با افزایش سطوح گوگرد، فسفر قابل جذب خاک کاهش یافت. بالاترین میزان فسفر قابل جذب (۷۵/۷ میلی گرم در کیلوگرم) از تیمار شاهد و کمترین آن از سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد (۶۴/۲ میلی گرم در کیلوگرم) بدست آمد. سطح ۷/۵ تن در هکتار گوگرد بین شاهد و سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد قرار داشت (شکل ۱). با ورود گوگرد در خاک این ماده اکسید شده و با تولید اسیدسولفوریک باعث کاهش pH خاک می گردد. کاهش pH خاک موجب افزایش حلالیت یونهای آهن ، منگنز و آلومینیوم شده (به ازاء هر واحد کاهش pH قابلیت جذب آهن هزار برابر افزایش می یابد) و با افزایش حلالیت این عناصر موجب واکنش بیشتر آنها با فسفر و در نتیجه تثبیت فسفر شده و لذا از میزان فسفر قابل جذب کاسته می شود (Johnson, 1975). اکسیداسیون گوگرد در شرایط اسیدی بهتر انجام می شود (ملکوتی و رضایی، ۱۳۸۰).

اثر سطوح گوگرد بر کاهش واکنش خاک معنی دار بود. تیمار ۱۵ تن در هکتار گوگرد کمترین میزان pH خاک و تیمار شاهد بالاترین میزان pH خاک را داشت (شکل ۲). تیمار ۷/۵ تن در هکتار گوگرد نیز بین شاهد و سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد قرار داشت. با توجه به خاصیت بافری ضعیف خاکهای اسیدی، مقاومت این خاکها در مقابل تغییرات pH کم بوده و افزودن گوگرد موجب تغییر سریع و کاهش pH این خاکها می گردد. میزان کاهش واکنش خاک با زمان و شدت اکسیداسیون گوگرد در خاک رابطه مستقیم دارد (بشارتی و همکاران، ۱۳۷۹) و با افزایش سطوح گوگردی میزان واکنش خاک بیشتر کاهش می یابد. بیشترین میزان کاهش واکنش خاک نیز در تیمار ۱۵ تن در هکتار گوگرد و در زمان سه ماه انکوباسیون مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که سطوح گوگرد اثر معنی داری بر افزایش شوری خاک دارد ($p<0.01$) و با افزایش میزان گوگرد، شوری خاک به شدت افزایش یافت، به نحوی که تیمار ۱۵ تن در هکتار گوگرد بیشترین شوری (dS/m۵۲۴/۴) و تیمار شاهد کمترین میزان شوری (dS/m۵۴۱/۱) را داشت (نمودار ۳). دلیل این امر اکسیداسیون گوگرد و تولید یون سولفات می باشد که از یک طرف ورود این یون در محلول خاک بطور مستقیم موجب شور شدن خاک شده و بطور غیر مستقیم با کاهش واکنش خاک و انحلال ترکیبات آهن و آلومینیوم بر شوری خاک می افزاید (جعفرلو، ۱۳۸۵).

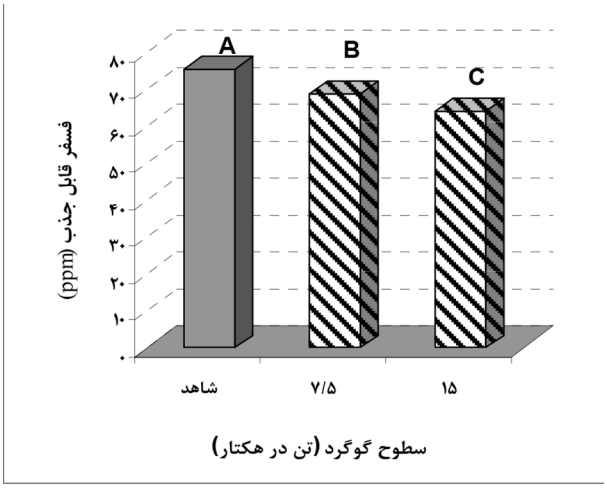
اثرات سطوح گوگرد بر میزان عناصرکم مصرف خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که سطوح گوگرد تأثیر معنی داری بر میزان آهن خاک دارد ($p<0.01$). با افزایش سطوح گوگرد، مقدار آهن به شدت افزایش یافت. در اثر افزودن گوگرد به خاک و اکسیداسیون این عنصر، pH خاک کاهش یافته و چون با ازاء هر واحد کاهش pH، غلظت یون آهن در محلول خاک هزار برابر می شود (گودرزی، ۱۳۸۳)، لذا در اثر افزودن گوگرد به خاکهای اسیدی، غلظت آهن به شدت افزایش می یابد (شکل ۴). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که سطوح گوگرد تأثیر معنی داری بر میزان روی قابل جذب خاک دارد. میزان روی خاک با افزودن ۷/۵ تن در هکتار گوگرد افزایش یافته و با افزودن مقادیر بیشتر گوگرد (۱۵ تن در هکتار)، به شدت کاهش می یابد.

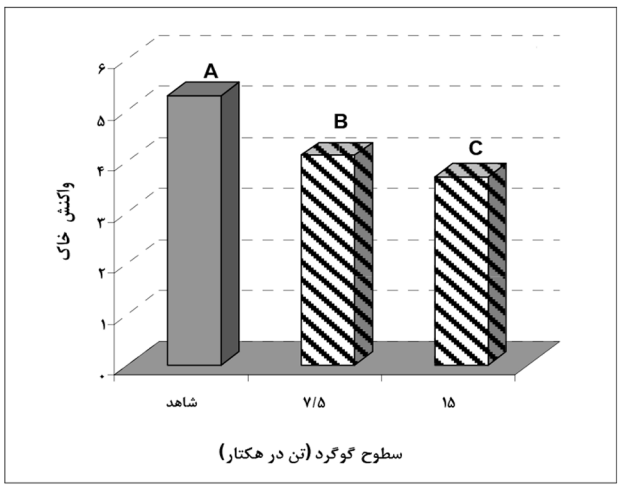
به نظر می رسد کاهش اندک واکنش خاک موجب افزایش قابلیت دسترسی روی شده و در صورت کاهش زیاد واکنش خاک مجدداً قابلیت دسترسی روی کاهش یابد، به نحوی که در تیمار ۱۵ تن در هکتار گوگرد، میزان روی قابل دسترس از تیمار شاهد نیز کمتر شد (شکل ۵). در خاک مورد مطالعه واکنش خاک در اثر افزودن ۱۵ تن در هکتار گوگرد از ۵/۵ به ۳/۲ تنزل یافته و این کاهش pH خاک به دلیل کاهش تدریجی قابلیت جذب روی در pH های کمتر از ۴ موجب کاهش میزان

جدول ۱ - برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

نوع خاک	بافت	pH	EC	رطوبت FC	TNV	SO_4^{-2}	فسفر	آهن	روی	مس	منگنز
		-	(dS/m)	(%)	(%)	ppm	(ppm)				
اسیدی	loam	۵/۷۵	۰/۳۲	۲۸/۵	۰	۲	۶۰/۵	۵۵/۶۷	۲/۳۳	۲/۳	۱۲/۷



شکل ۱ : نمودار اثر سطوح گوگرد بر فسفر قابل جذب خاک ($p<0.01$)



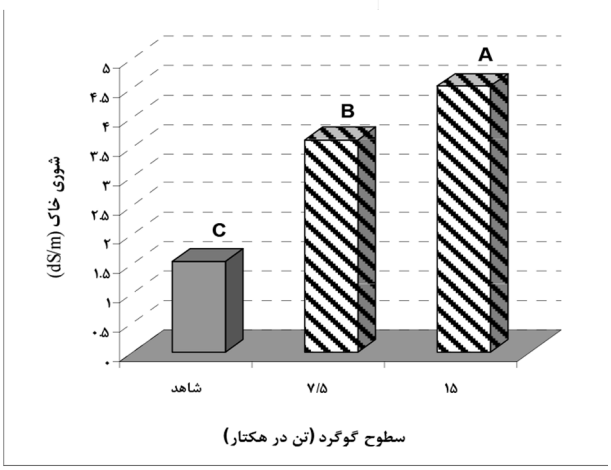
شکل ۲ : نمودار اثر سطوح گوگرد بر pH خاک ($p<0.01$)

جدول ۲ - اثر سطوح گوگرد بر وزن خشک گیاه و فسفر جذب شده

تیمار	متغیر		
	غلظت فسفر در گیاه (٪)	وزن خشک گیاه (گرم)	فسفر جذب شده (میلی گرم)
S_0	۰/۶۷۵۴ D	۰/۲۶۶۶ A	۱/۸۶ A
$S_{7.5}$	۰/۳۶۴۱ C	۰/۲۱۸ B	۰/۸۲۲ B
S_{15}	۰/۱۹۲۸ B	۰/۱۳۳۳ C	۰/۳۰۳ C

میانگین‌هایی که حرف مشترک ندارند، بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌داری هستند.

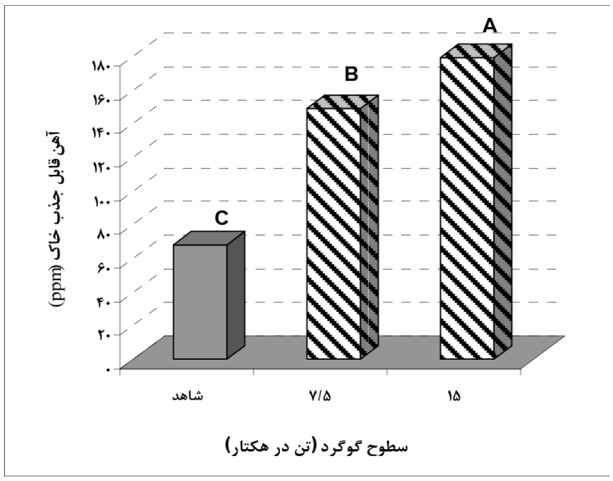
روی قابل جذب می گردد (۱۹۸۵) Lopes *et al* سطوح گوگرد اثر معنی داری بر مس قابل جذب خاک داشت. قابلیت دسترسی مس نیز همانند روی با تغییر اندک واکنش خاک افزایش و با تغییر زیاد آن، کاهش می یابد. بالاترین میزان مس قابل جذب در تیمار ۷/۵ تن در هکتار گوگرد و کمترین آن در تیمار شاهد اندازه گیری شد(شکل۶). سطوح گوگرد دارای تأثیر معنی داری بر میزان منگنز خاک بود. رفتار منگنز نیز بسیار مشابه به آهن می باشد. با افزودن سطوح مختلف گوگردی، میزان منگنز در خاک به شدت افزایش یافته و این افزایش در مقایسه با آهن بسیار بیشتر بود (شکل ۷). شکل ۸ اثرات واکنش خاک بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی را نشان می دهد (Douglas, 1995). همانطور که در این شکل نیز مشخص است، در اثر کاهش شدید واکنش خاک، قابلیت دسترسی روی و مس کاهش و قابلیت دسترسی آهن و منگنز به شدت افزایش می یابد. (Acquaye *et al* ۱۹۷۲) خصوصیات خاکهای اسیدی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که آهن عنصر غالب موجود در این خاکها است و بقیه عناصر روند زیر را دنبال می نمایند: Fe>Mn>Zn>Cu. همچنین (Lopes *et al* ۱۹۸۵) بیان کردند که آهن و منگنز در خاکهای اسیدی حالت سمیت پیدا می کنند در حالی که روی و مس به مقدار کافی وجود نخواهند داشت و کمبود آنها مشاهده می شود.



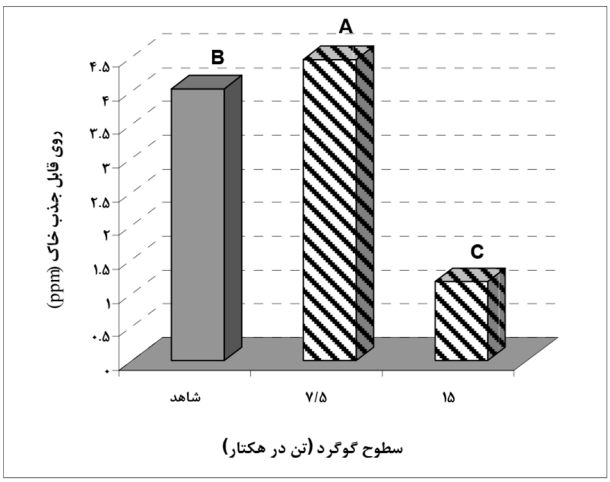
شکل ۳ : نمودار اثر سطوح گوگرد بر شوری خاک ($p<0.01$)

اثرات سطوح گوگرد بر وزن خشک و میزان فسفر جذب شده

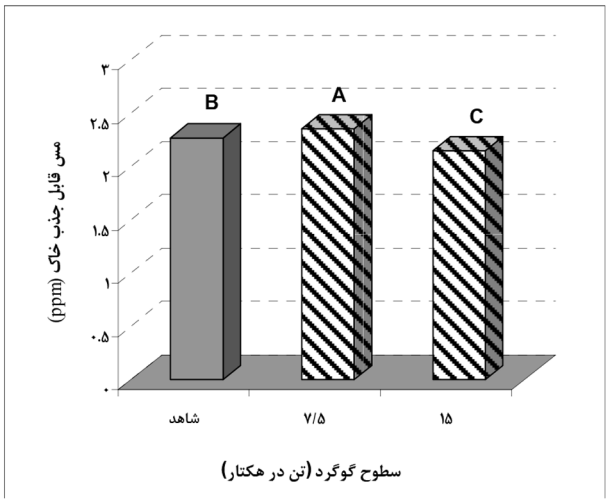
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که سطوح گوگرد اثر معنی داری بر میزان وزن خشک گیاه داشت ($p<0.01$). با افزایش سطوح گوگردی از وزن خشک گیاه کاسته شد، به طوری که بیشترین میزان وزن خشک در سطح صفر و کمترین آن در تیمار ۱۵ تن در هکتار گوگرد اندازه گیری شد. استفاده از گوگرد در خاکهای اسیدی موجب کاهش شدید pH خاک و در نتیجه مسموم شدن گیاه با آهن و آلومینیوم شده و در نتیجه رشد و تولید ماده خشک گیاه به شدت کاهش می یابد. با اکسیداسیون گوگرد در خاکهای اسیدی و تولید اسید سولفوریک، pH خاک دچار تغییر شدیدی شده و به شدت کاهش می یابد. این کاهش در pH خاک به دلایل ایجاد زخم در روی ریشه و ممانعت از جذب عناصر موجب کاهش میزان ماده خشک می شود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که سطوح گوگرد اثرات



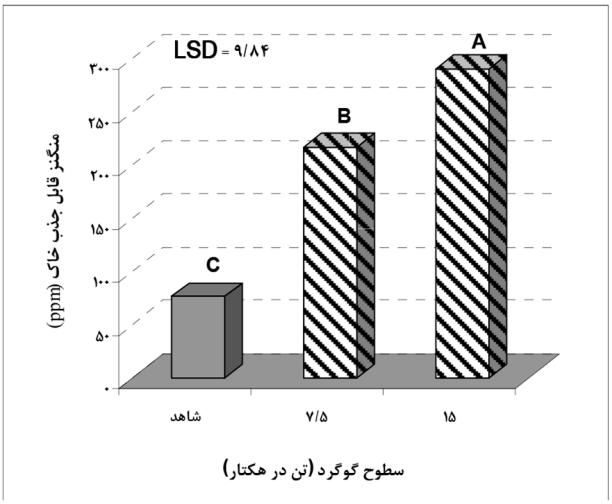
شکل ۴ : نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان آهن قابل جذب خاک



شکل ۵: نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان روی قابل جذب خاک



شکل ۶ : نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان مس قابل جذب خاک



شکل ۷ : نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان منگنز قابل جذب خاک

معنی داری بر غلظت فسفر موجود در بافتهای گیاه داشت. با افزایش سطوح گوگرد از میزان غلظت فسفر در بافت گیاه کاسته شد (جدول ۲).

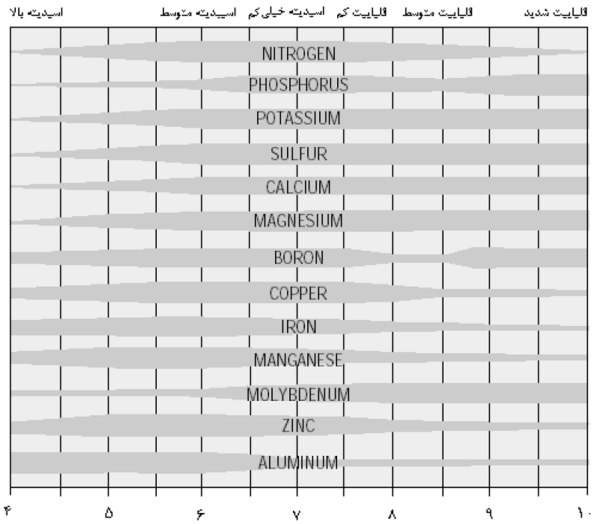
افزودن گوگرد در خاکهای اسیدی موجب: ۱- حلالیت اکسیدهای آهن و آلومینیوم و در نتیجه تثبیت فسفر و کاهش میزان فسفر قابل جذب خاک می گردد۲- زخم شدن ریشه و کاهش رشد گیاه می شود و در نتیجه فسفر جذب شده به شدت کاهش می یابد. با افزودن گوگرد به خاک و اکسیداسیون آن، اسید سولفوریک تولید می شود که از یک طرف باعث تثبیت بیشتر فسفر و از طرف دیگر باعث زخم شدن ریشه و ممانعت از جذب عناصر غذایی می شود. افزودن گوگرد به خاک طبق معادله زیر موجب تولید دو یون هیدروژن می شود:

$$^{+}CO_2 + S0 + \frac{1}{2}O_2 + 2H_2O \rightarrow CH_2O + SO_4^{-2} + 2H$$

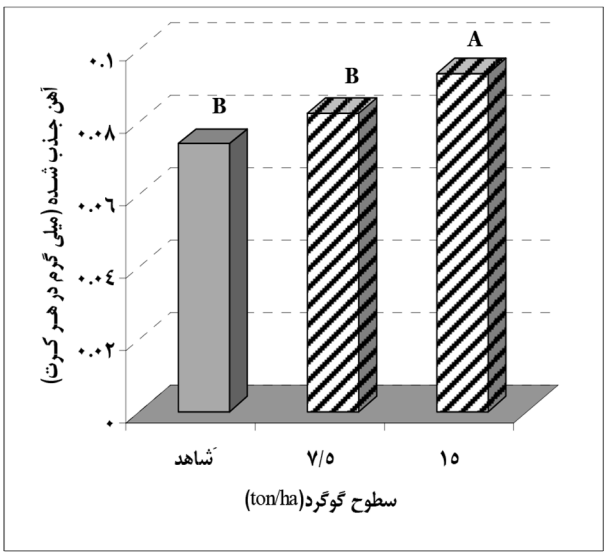
ورود یونهای هیدروژن آزاد شده در محلول خاک موجب تغییر شدید pH خاک و صدمه به ریشه گیاه می گردد (Mullen et al, 2007).

اثرات سطوح گوگرد بر جذب عناصر کم مصرف

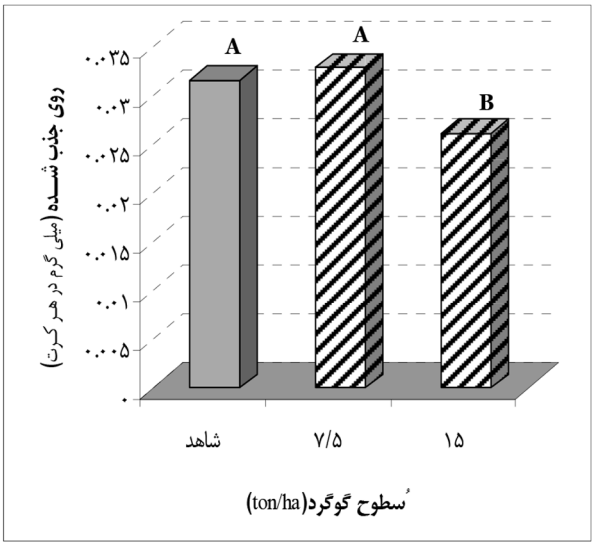
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که سطوح گوگرد اثر معنی داری بر آهن جذب شده داشت($p<0.01$). بالاترین میزان آهن جذب شده از سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد و کمترین میزان آن در سطح صفر گوگرد اندازه گیری شد (شکل ۹). با افزودن گوگرد به خاکهای اسیدی pH این خاکها کاهش یافته و در نتیجه آهن و آلومینیوم در غلظتهای مسموم کننده وجود داشته و باعث مسمومیت گیاه می شوند. با افزودن گوگرد به خاکهای اسیدی و کاهش واکنش خاک، گیاه کمتر رشد نموده و از طرفی غلظت آهن قابل دسترس با کاهش هر واحد واکنش خاک هزار برابر شده و در نتیجه غلظت آهن در بافت گیاه افزایش می یابد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که اثر سطوح گوگرد بر جذب روی معنی دار نیست (شکل ۱۰). میزان روی جذب شده با افزودن ۷/۵ تن در هکتار گوگرد



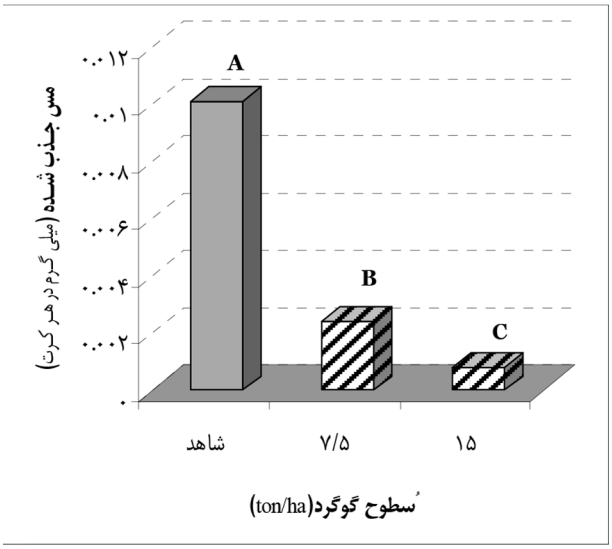
شکل ۸: قابلیت جذب عناصر غذایی در pH های مختلف



شکل ۹: نمودار اثر سطوح گوگرد بر آهن جذب شده



شکل ۱۰: نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان روی جذب شده



شکل ۱۱: نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان مس جذب شده

افزایش و با افزایش سطح گوگرد به ۱۵ تن در هکتار کاهش یافت. با افزودن ۷/۵ تن در هکتار گوگرد pH خاک به میزان کمی کاهش یافته که این امر افزایش میزان روی قابل جذب و در نتیجه جذب بیشتر روی را در بر دارد، ولی افزایش بیشتر سطح گوگرد موجب تغییر شدید pH خاک، کاهش قابلیت دسترسی روی و عدم رشد گیاه شده و روی جذب شده کاهش می یابد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که سطوح گوگرد اثر معنی داری بر میزان مس جذب شده توسط ذرت دارد. میزان مس جذب شده با افزایش سطوح گوگرد کاهش یافت و این کاهش معنی دار بود. به نظر می رسد حداکثر جذب مس در pH های اسیدی بالاتر از ۴/۵ اتفاق افتاده و کاهش بیشتر pH از طریق ایجاد مسمومیت و کاهش رشد گیاه منجر به کاهش جذب مس می شود (شکل ۱۱).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که سطوح گوگرد اثر معنی داری بر میزان منگنز جذب شده دارد. جذب منگنز نیز روندی مشابه با جذب آهن داشت و با افزایش سطوح گوگرد بر میزان جذب این عنصر افزوده شد. با کاهش pH قابلیت دسترسی و جذب آهن و منگنز افزایش می یابد و این افزایش در مورد منگنز بسیار شدیدتر از آهن است (شکل ۷). با افزودن گوگرد به خاکهای اسیدی، منگنز به میزان زیادی حل شده و برای گیاه ایجاد مسمومیت می نماید، بطوریکه در خاک اسیدی مورد آزمایش سمیت منگنز به وضوح دیده شد. در pH های خیلی پایین میزان رشد گیاه کاهش و گیاه با مسمومیت آهن و آلومینیوم و منگنز روبرو می شود.

نتیجه گیری کلی

با توجه به داده های حاصل از این تحقیق چنین نتیجه گیری می شود که ورود گوگرد در خاکهای اسیدی موجب کاهش واکنش و در نتیجه کاهش قابلیت کشت این خاکها می گردد. لذا باید از ورود گوگرد در این خاکها تا حد امکان جلوگیری بعمل آورد. همچنین برای رفع نیاز سولفات گیاه در این خاکها از روشهای دیگر استفاده نمود.

منابع مورد استفاده

۱. بشارتی، ح. آ، کریمی نیا، ن، صالح راستین، ب، یخچالی، ک، خاورزی و م، ج، ملکوتی. ۱۳۷۹. شناسایی تیوباسیلوس بومی ایران و ارزیابی تأثیر آنها در کاهش پ هاش خاک، مجله خاک و آب، ویژه نامه بیولوژی جلد ۱۲، شماره ۷.

۲. جعفرلو، ا. ۱۳۸۵. تأثیر دور آبیاری و سطوح مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد سیر. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.

۳. رشیدی، ن. و ن، ع. کریمیان. ۱۳۷۸. تأثیر گوگرد و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت در یک خاک آهکی. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، مشهد، ایران.

۴. گودرزی، ک. ۱۳۸۳. بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. روشهای نوین تغذیه گندم(مجموعه مقالات). دفتر طرح خودکفایی گندم- وزارت جهاد کشاورزی.

۵. ملکوتی، م. ج و ح، رضایی. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی. ۱۸۱ص. تهران، ایران.

6. Acquaye, D. K., A. B, Ankoma and I, Kanabo. 1972. Estimation of available Cu, Fe, Zn, and Mn in soils using cation exchange resin. J. Sci. Fd Agric. 23, 1035-1044.
7. Cregan, P. 2006. The Acid Soil Problem Defined. New South Wales Department of Agriculture.
8. Douglas, B. 1995. Soil acidity and aglime. Agronomy Facts 3. College of Agricultural Sciences. The Pennsylvania State University.
9. Duncan, M. 1999. Pastures and Acid Soils. New South Wales Acid Soil Action Program.
10. Johnson, G. V. 1975. Cause and Effects of Soil Acidity. Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets. F-2239.
11. Hollier. C, and M. R, Rutherglen. 2005. Acid soils. Agricultural Notes, AG 1182.
12. Lopes, A. S., T. J, Smyth and N, Curi. 1985. The need for a soil fertility reference base and nutrient dynamics studies. In management of acid tropical soils for sustainable agriculture. IBSRAM Proceedings No.2, pp 147-177.
13. Muir, J. P., S. R. Stokes, and E. P. Prostko. 2001. The affect of dairy compost on summer annual dicots grown as alternative silages. Prof. Anim.Sci. 17:95-100
14. Mullen, R., E. Lentz., and M. Watson. 2007. Soil Acidification: How to Lower Soil pH. Extension Fact Sheet. School of Environment and Natural Resources, 2021 Coffey Road, Columbus, Ohio 43210.
15. Prueger. J. H., J. L. Hatfield, J. K. Aase, and J. L. Pikul. 1995. Bowen- Ratio comparisons with Iysimeter vapor transpiration. Agron. J., 89: 730- 736.
16. Schumann, B. 1999. The causes of soil acidity. New South Wales Acid Soil Action Program.
17. Tabatabai, M .A. 1986 .sulfur in Agriculture. Am. soc. of Agronomy Inc. Madison. WI .USA.