نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۱، ص. ۱۰۳-۹۵

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 1, Mar-Apr 2012, p. 95-103

بررسی اثر کاربرد گوگرد کشاورزی حاوی عناصر کم‌مصرف در یک خاک آهکی

صادق نجفی[۱*] – حسین میرسید حسینی[۲] – ابراهیم علایی[۳]

تاریخ دریافت:۸۹/۱۱/۲
تاریخ پذیرش:۹۰/۸/۲۹

چکیده

با توجه به تولید بیش از دو میلیون تن گوگرد در سال و به‌منظور ایجاد زمینه‌های کاربردی گوگرد در تغذیه گیاهان و اصلاح اراضی زراعی، پژوهشگاه صنعت نفت ایران گوگرد کشاورزی حاوی عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز را در مقیاس آزمایشگاهی تولید کرده که اطلاعات کمی از خصوصیات کیفی و واکنش این ترکیبات در خاک و افزایش گوگرد قابل استفاده گیاه وجود دارد. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی کیفی این کودها و رهاسازی گوگرد در خاک و تأثیر در تغییر میزان حلالیت عناصر کم‌مصرف و غلظت سولفات در یک خاک آهکی انجام گرفت. نمونه خاک از اطراف شهر کرج انتخاب شد و گوگرد کشاورزی در مقادیر صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس به طور یکنواخت با نمونه‌های یک کیلوگرمی از خاک مخلوط شد. نمونه‌ها در سه تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی در دمای ۲۵°C و رطوبت ظرفیت مزرعه، به مدت ۱۸۰ روز نگه‌داری شدند و در فواصل زمانی (۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روزه) از آنها نمونه‌گیری شد. مقدار سولفات، آهن، روی و منگنز در زیرنمونه‌های فرعی تیمارها اندازه-گیری شدند. بررسی روند تغییرات نشان داد که عامل زمان تأثیر معنی‌داری بر تغییرات سولفات و آهن، روی و منگنز قابل جذب داشت. افزایش میزان مصرف کود، صرف نظر از نوع کود، منجر به افزایش گوگرد، روی و منگنز قابل جذب شد. نوع کود تنها بر میزان روی تأثیر معنی‌داری داشت؛ به‌طور میانگین گوگرد کشاورزی حاوی روی، میزان روی قابل جذب خاک را تا ۳/۲ برابر افزایش داد.

واژه های کلیدی: کود گوگردی، گوگرد غنی‌شده، تغذیه گیاه، اصلاح خاک، عناصر کم‌مصرف

مقدمه

همزمان با افزایش تولید محصولات کشاورزی، نیاز به عرضه کلیه عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن و به میزان کمتر فسفر و پتاسیم، برای استفاده گیاه افزایش یافته است. گوگرد نیز در بین عناصر غذایی، به‌عنوان چهارمین عنصر غذایی اصلی شناخته شده است (۱۱). گوگرد عنصری به‌عنوان اصلاح کننده خاک، مصارف مختلفی دارد و اکسیداسیون و تبدیل آن به اسید سولفوریک (H_2SO_4)، به‌ویژه در خاک‌های آهکی برای کاهش pH، تأمین سولفات و افزایش فراهمی فسفر و عناصر غذایی کم‌مصرف و اصلاح خاک مفید است (۱۵). مصرف مستقیم گوگرد به‌منظور بهسازی و اصلاح اراضی شور و سدیمی به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس، از دیگر زمینه‌های افزایش کاربرد گوگرد در کشاورزی می‌باشد (۲).

گرایش جهانی به استفاده از گوگرد عنصری برای بالا بردن فراهمی فسفر و عناصر کم‌مصرف و اصلاح کمبود این عناصر در خاک‌های قلیایی و آهکی، بیشتر شده است. اثر کاربرد گوگرد در پایین آوردن pH و افزایش فراهمی عناصر کم‌مصرف در خاک‌های غیر آهکی نسبت به خاک آهکی قابل توجه است. مورسی (۱۳) نیز در بررسی های خود به این نتیجه رسید که میزان آهن، منگنز، روی و مس قابل عصاره‌گیری با EDTA در خاک‌های آهکی، به‌طور متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

اکسیداسیون گوگرد و تبدیل آن به سولفات به خاطر نقشی که گوگرد و نیتروژن در تشکیل پروتئین، روغن‌ها و بسیاری از ویتامین‌ها در گیاه دارند، اهمیت دارد. در صورت عدم فراهمی گوگرد، گیاه نمی-تواند از نیتروژن استفاده کند (۹). در فرآیند استفاده از کودهای گوگردی، اکسیداسیون این عنصر به سولفات، تحت تأثیر دمای خاک، رطوبت، تهویه و pH خاک قرار می‌گیرد. فاکتورهایی نظیر شخم، اندازه ذرات گوگرد و جایگذاری آن، که پراکندگی گرانول های گوگردی را بیشتر می‌کنند، اکسیداسیون را تسریع می‌کند. فرمولاسیون‌های گوگرد بنتونیتی ممکن است پراکندگی ذرات کودی

۱و۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: sadegh83sham@gmail.com)
۳- رئیس بخش کودهای شیمیایی و مواد معدنی پژوهشگاه صنعت نفت

را بیشتر کرده و اکسیداسیون و آزاد شدن گوگرد سولفاتی را افزایش دهد (۸). فاکتور فیزیکی مؤثر دیگری که بر میزان اکسیداسیون تأثیرگذار است، اندازه ذرات گوگرد عنصری مصرفی می‌باشد. ذرات با اندازه کوچکتر، سرعت اکسیداسیون را افزایش می‌دهد؛ چون سطح ویژه بیشتر ذرات گوگردی باعث دست‌یابی و تأثیر بیشتر جمعیت میکروبی روی آنها می‌شود. کاربرد گوگرد عنصری درشت، عملکرد محصولات یکساله را در مواقع کمبود افزایش نمی‌دهد، که به اکسیداسیون کم گوگرد به خاطر اندازه بزرگ ذرات آن نسبت داده می‌شود (۱۱).

پیش‌بینی می‌شود که در آینده نه چندان دور، با بهره‌برداری از تأسیسات بزرگ در حال ساخت صنایع نفت، گاز و پتروشیمی کشور، حجم تولید گوگرد از مرز ۴ میلیون تن هم فراتر رود. میزان تولید گوگرد کشور بر اساس آمار سال ۱۳۸۵ بالغ بر ۱/۸ میلیون تن می‌باشد. با در نظر گرفتن مازاد تولید گوگرد و مشتقات آن از جمله اسید سولفوریک در کشور، راهکارهای افزایش مصرف گوگرد در کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است (۱). در همین راستا پژوهشگاه صنعت نفت ایران گوگرد کشاورزی حاوی عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز را در مقیاس آزمایشگاهی تولید کرده که اطلاعات کمی از خصوصیات کیفی، از جمله سرعت تجزیه و به دنبال آن اکسیداسیون این ترکیب به سولفات، در دسترس است. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی و شناخت میزان تجزیه گوگرد در خاک از منابع مختلف و مقایسه این منابع بر مبنای تغییر میزان حلالیت عناصر کم‌مصرف و سولفات در یک خاک آهکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر سطح خاک و از منطقه بی‌بی سکینه، ۶۰ کیلومتری بزرگراه تهران- قزوین جمع‌آوری شده، هوا خشک شده و بعد از نرم کردن، از الک ۴ mm عبور داده شد. خصوصیات فیزیکو- شیمیایی نمونه خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه (FC) بر مبنای وزن خشک، اندازه‌گیری شد. بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتر مشخص شد. pH و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره‌ی اشباع نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. کربنات کلسیم معادل با استفاده از روش خنثی‌سازی با اسید و ماده آلی به‌روش اکسیداسیون با اسید کرومیک و تیتراسیون با فرو آمونیوم سولفات انجام شد. اندازه‌گیری نیتروژن کل با روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن، پتاسیم به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و مقادیر آهن، منگنز و روی قابل جذب به روش عصاره‌گیری با DTPA انجام گرفت (۱۷). گوگرد قابل جذب نیز به روش کدورت‌سنجی با استفاده از دستگاه اسپکروفتومتر اندازه‌گیری شد (۱۶).

به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری میزان تجزیه گوگرد کشاورزی در خاک مورد آزمایش، گرانول‌های گوگرد کشاورزی غنی شده با عناصر کم‌مصرف (S، S+Fe، S+Zn و S+Mn)، تولید شده در پژوهشگاه صنعت نفت، در سه تکرار به طور یکنواخت همراه با مایع تلقیح تیوباسیلوس (معادل ۱۰ درصد وزن کود مصرفی در هر تیمار) با ۱ کیلوگرم خاک در مقادیر معادل صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار مخلوط شده و به گلدان‌های پلاستیکی انتقال داده شدند و روی آنها با نایلون سوراخ‌دار پوشش داده شد. نمونه‌ها در دمای اتاق (۲۵°C) و رطوبت ظرفیت مزرعه نگه‌داری شدند و در فواصل زمانی ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز پس از انکوباسیون از آنها زیرنمونه گرفته شد. زیرنمونه‌ها هوا خشک شده، نرم شده، از الک ۲ mm عبور داده شدند و میزان سولفات با استفاده از عصاره‌گیر مونو کلسیم فسفات و آهن، روی و منگنز قابل جذب در آنها به روش عصاره‌گیری با DTPA اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده براساس طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات سولفات

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر سطح کود و زمان بر میزان سولفات خاک، در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. افزایش سطح کود، منجر به افزایش سولفات در خاک مورد آزمایش شد. میانگین سولفات برای سطوح کودی ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۳۱/۰۹ و ۴۵/۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. تفاوت بین این ارقام از نظر آماری معنی‌دار بود و در مقایسه با سولفات تیمار شاهد ($۲۷/۶ mg.kg^{-1}$)، میزان افزایش سولفات در خاک آزمایشی به ترتیب ۱۲ و ۶۵ درصد بود. در طول زمان میزان سولفات خاک در نتیجه اکسیداسیون کودهای گوگردی، به‌طور خطی افزایش یافت. در پایان آزمایش سطوح کودی ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با شاهد به‌ترتیب منجر به افزایش ۰/۶۵ و ۲/۴ برابری سولفات خاک شدند (شکل‌های ۱ و ۲). لارنس و جرمیدا (۱۰) گزارش کردند که اکسیداسیون گوگرد عنصری در ۲۸ نمونه خاک زراعی، با میزان جمعیت و فعالیت میکروبی همبستگی دارد و به‌طور خطی افزایش می‌یابد. مطالعات انجام شده نشان داده است که استفاده از گوگرد بنتونیتی غنی شده با عناصر کم‌مصرف، باعث آزاد شدن سولفات در طول فصل رشد شده و گیاه در صورت نیاز آن را جذب می‌کند (۹). مشاهده روند تغییرات میزان سولفات در خاک (شکل‌های ۱ و ۲) در هر دو سطح کودی ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار نشان می‌دهد که با گذشت زمان، میزان سولفات به‌طور خطی افزایش می‌یابد. مقایسه نمودارهای مربوط به نوع کودهای مصرفی نیز تأثیر معنی‌دار سطح

کود و زمان را بر میزان سولفات نشان می‌دهد. اثر نوع کود بـر میـزان سولفات خـاک معنـی‌دار نگردیـد کـه مـی‌تـوان آن را بـه اسـتفاده از فرآیندهای مشابه در تولید این کودها در پژوهشگاه صنعت نفت نسبت داد.

تغییرات آهن

با توجه بـه نتـایج تجزیـه واریـانس (جـدول ۲) تـأثیر کودهـای گوگردی در سطوح مختلف بر مقدار آهن قابـل جـذب در خـاک، اثـر زمان در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. بین دو سطح کودی اخـتلاف معنی‌داری مشاهده نگردیـد؛ ولـی در مقایـسه بـا تیمـار شـاهد دارای اختلاف معنی‌داری بودند. میزان افزایش آهـن در خـاک آزمایـشی، در سطوح ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۲/۲ و ۲/۳ برابر بود.

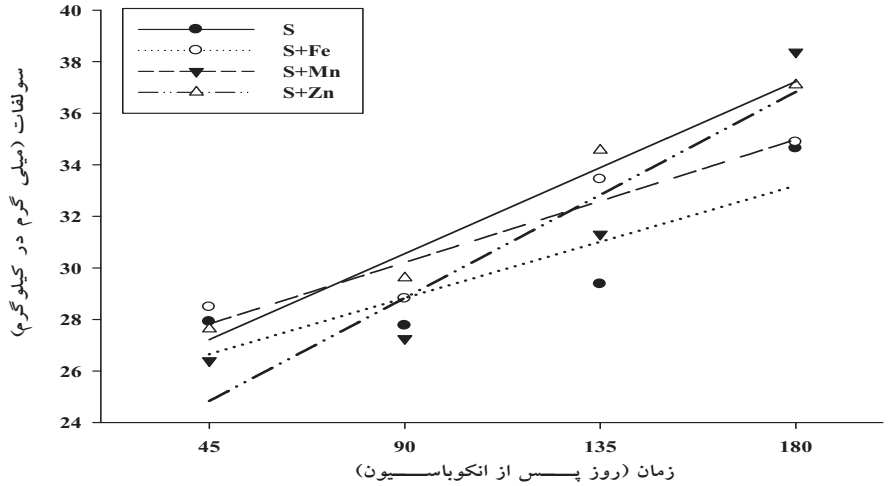
جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق

بافت	pH	O.M	CCE	FC	N	EC	P	K	S	Fe	Mn	Zn
		%				$dS.m^{-1}$	$mg.kg^{-1}$					
لوم شنی	۸/۲	۰/۹۷	۹/۶	۱۳	۰/۰۸	۱/۳	۲/۲	۴۷۰	۲۶	۲/۲	۱۸	۲/۱

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر کودهای گوگردی در سطوح مختلف بر مقادیر عناصر قابل استفاده در خاک

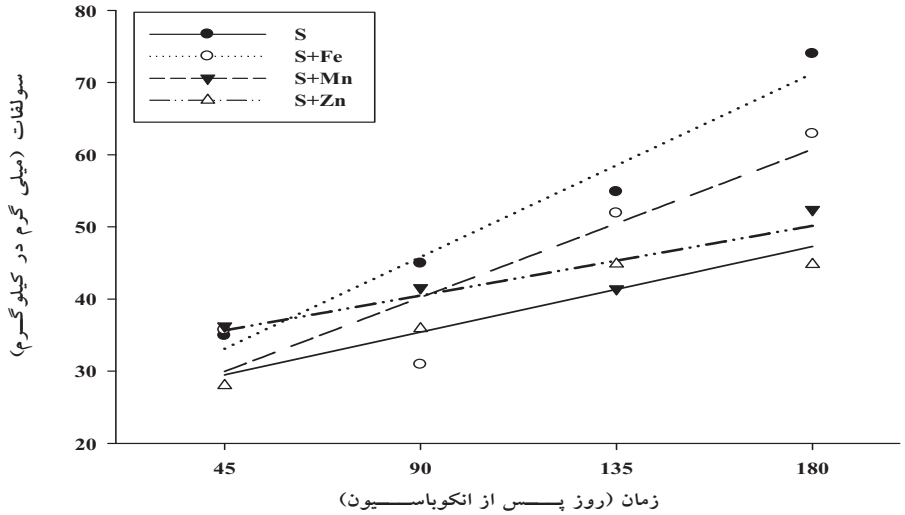
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		گوگرد	آهن	روی	منگنز
تکرار	۲	۲۷/۱۱	۰/۲۲	۰/۵۸	۱/۹۵
کود	۳	۸۶/۱۱^{ns}	۰/۰۹۸۲۰۶۹^{ns}	۳۸/۴۳**	۲۲/۶۱^{ns}
سطح	۱	۵۰۸۵/۱۳**	۰/۰۰۰۰۰۹۳۸^{ns}	۲/۲۲**	۲۷۱/۱۲**
زمان	۳	۱۴۹۱/۴۵**	۱۴/۴۳۱۷۰۵۹۳**	۴۰/۱۲**	۲۶۱۶/۷۸**
کود×سطح	۳	۱۷۳/۴۷^{ns}	۰/۱۷۱۶۹۴۳^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۳/۹۶^{ns}
کود×زمان	۹	۴۲/۵۲^{ns}	۰/۳۰۵۴۱۸۵۶^{ns}	۷/۱**	۶/۱۳^{ns}
سطح×زمان	۳	۳۶۷/۰۴**	۰/۰۳۸۰۰۳۶^{ns}	۰/۸۶^{ns}	۸۶/۵**
کود×سطح×زمان	۹	۶۲/۸۲^{ns}	۰/۱۱۷۳۸۰۸۹^{ns}	۰/۴۸^{ns}	۴/۷۸^{ns}
ضریب تغییرات		۱۲/۵۵	۱۲/۴۰	۱۴/۸۴	۹/۴۳

ns و ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ را نشان می دهد.



شکل ۱- تغییرات میزان سولفات در زمان‌های ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز پس از افزودن کود به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار

(S : گوگرد کشاورزی، S+Fe : گوگرد حاوی آهن، S+Mn : گوگرد حاوی منگنز، S+Zn : گوگرد حاوی روی)



شکل ۲- تغییرات میزان سولفات در زمان‌های ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز پس از افزودن کود به میزان ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار

(S : گوگرد کشاورزی، S+Fe : گوگرد حاوی آهن، S+Mn : گوگرد حاوی منگنز، S+Zn : گوگرد حاوی روی)

پروکوپیو و همکاران (۱۴) ثابت کردند که افزودن مقادیر بیشتر گوگرد، غلظت آهن لوبیا رشد یافته در خاک آهکی را افزایش داد و افزودن گوگرد به‌منظور خنثی‌سازی کل آهک در خاک، کمبود آهن را در سویا برطرف می‌کند که ناشی از افزایش حلالیت آهن در خاک است. به دنبال افزودن گوگرد به خاک، به‌دلیل افزایش اسیدیته خاک، افزایش معنی‌داری در مقدار آهن و منگنز و هم‌چنین میزان کل نمک‌های محلول در بیشتر خاک‌های مورد آزمایش در عربستان مشاهده گردید. نتایج مشابهی نیز پیشتر در خاک های مصر، عراق و اردن به‌دست آمد (۴). موداهیش و همکاران (۱۲) گزارش کردند که میزان افزایش P، Mn، Fe و Cu قابل عصاره‌گیری با DTPA، به دنبال افزودن گوگرد در خاک‌های دارای مقدار آهک کمتر، بیشتر است.

مشاهده روند تغییرات میزان آهن قابل جذب (شکل ۳) پس از افزودن کودهای گوگردی به خاک نشان می‌دهد که با گذشت زمان، میزان آهن قابل جذب در خاک بیشتر شده است. با توجه به این که بین نوع کودهای مصرفی اختلاف معنی‌داری از نظر میزان آهن قابل استفاده مشاهده نشد، می‌توان افزایش تدریجی آهن قابل جذب در خاک را به اکسیداسیون کودهای گوگردی اضافه شده به خاک نسبت داد. در پایان آزمایش به‌طور متوسط میزان pH محلول خاک در همه تیمارهای کودی در حدود ۰/۲ واحد کاهش نشان داد که این میزان در میکروسایت‌ها می تواند بیشتر باشد.

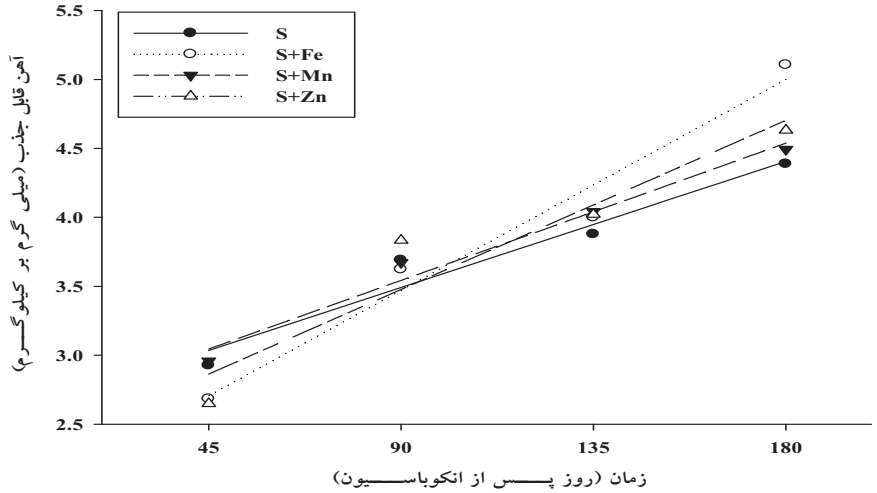
تغییرات روی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) تأثیر کودهای گوگردی در سطوح مختلف بر مقدار روی، در طول زمان نشان داد که تأثیر سطح کود، نوع کود و زمان بر میزان روی قابل جذب در خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. افزایش سطح کود منجر به افزایش روی قابل جذب در خاک مورد آزمایش شد. میانگین روی برای سطوح گوگردی ۳۰۰ و۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۳/۲۱ و ۳/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در مقایسه تیمار شاهد به‌ترتیب ۵۹/۷ و ۷۵/۱ درصد افزایش نشان داد. میانگین روی قابل جذب در کودهای S+Mn، S+Fe، S و S+Zn به‌ترتیب ۲/۶۳، ۲/۶۶، ۲/۹۳ و ۵/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۰/۶۱، ۰/۶۴، ۰/۹ و ۳/۲ برابر افزایش نشان داد. افزایش چشمگیر میزان روی قابل جذب در تیمار S+Zn، مربوط به آزادسازی روی از این منبع کودی است که سولفات فلزی تشکیل شده ناشی از تجزیه گوگرد، دارای حلالیت بالایی است. گوگرد بنتونیتی حامل عناصر کم‌مصرف توسط میکروارگانیسم‌ها اکسید می‌شود و باعث تولید اسید سولفوریک به عنوان فرآورده جانبی می‌شود. محیط اسیدی به‌عنوان یک مکانیسم، منجر به آزادسازی تدریجی عناصر کم‌مصرف می‌شود و باعث تأمین عناصر کم‌مصرف در طول فصل رشد می‌شود (۹).

برادی و ویل (۵) گزارش کردند که بر خلاف خاک‌های اسیدی، که فراهمی عناصر کم‌مصرف نظیر آهن، منگنز، روی و مس در آنها بالا است، در خاک‌های آهکی به دلیل حلالیت پایین این عناصر در pH بالا، فراهمی خیلی کمی دارند. عبدالفتاح و هلال (۳) گزارش کردند که میزان روی قابل عصاره‌گیری با DTPA با افزایش میزان مصرف گوگرد، افزایش می‌یابد. در آزمایش انجام گرفته توسط وانگ و همکاران (۱۸)، با کاربرد ۵۰ تن در هکتار گوگرد، ۳۱ روز پس از شروع انکوباسیون میزان روی قابل عصاره‌گیری از خاک به‌تدریج

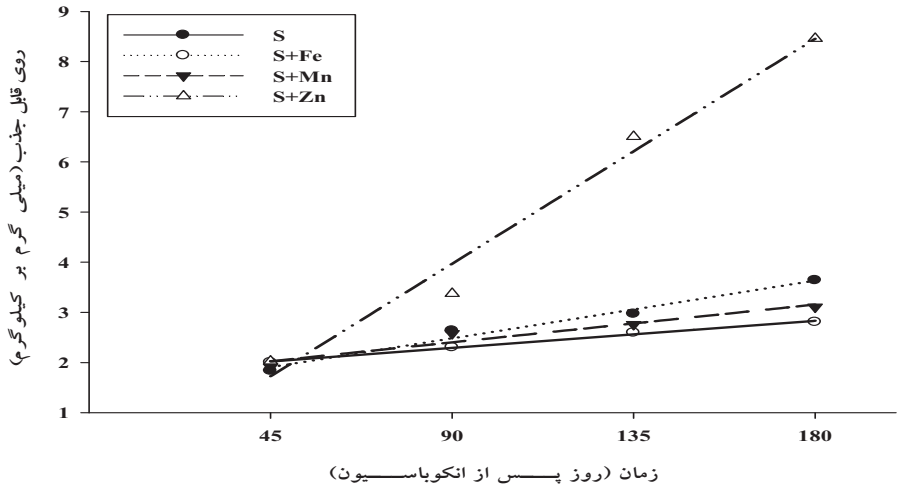
افزایش یافت. روی قابل جذب در خاک پس از ۶۱ روز انکوباسیون ۱۵۲/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که افزایشی ۱۶/۸ برابری، نسبت به روز اول انکوباسیون نشان داد.

مشاهده روند تغییرات میزان روی قابل جذب در خاک (شکل‌های ۴ و ۵) در سطوح ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار نشان می‌دهد که با گذشت زمان، با افزایش میزان اکسیداسیون کودهای گوگردی، حلالیت روی در خاک افزایش می‌یابد. در پایان آزمایش، میزان روی در تیمار کودی S+Zn به ۸/۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید؛ درحالی که بیشترین میزان روی قابل جذب در تیمارهای S، S+Fe و S+Mn به‌ترتیب به ۴/۹۲، ۴/۵۵ و ۳/۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.



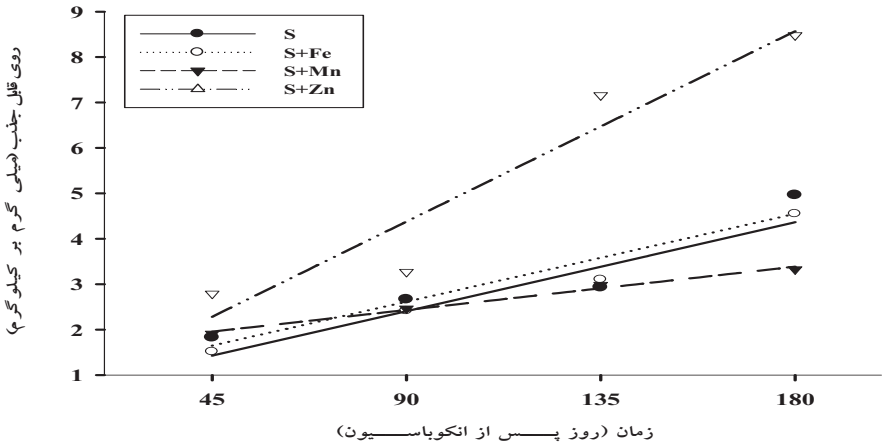
شکل ۳- تغییرات میزان آهن قابل جذب در تیمارهای کودی در زمان‌های ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز پس انکوباسیون

(S : گوگرد کشاورزی، S+Fe : گوگرد حاوی آهن، S+Mn : گوگرد حاوی منگنز، S+Zn : گوگرد حاوی روی)



شکل ٤- تغییرات میزان روی قابل جذب در زمان‌های ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز پس از افزودن کود به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار

(S : گوگرد کشاورزی، S+Fe : گوگرد حاوی آهن، S+Mn : گوگرد حاوی منگنز، S+Zn : گوگرد حاوی روی)



شکل ۵- تغییرات میزان روی قابل جذب در زمان‌های ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز پس از افزودن کود به میزان ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار

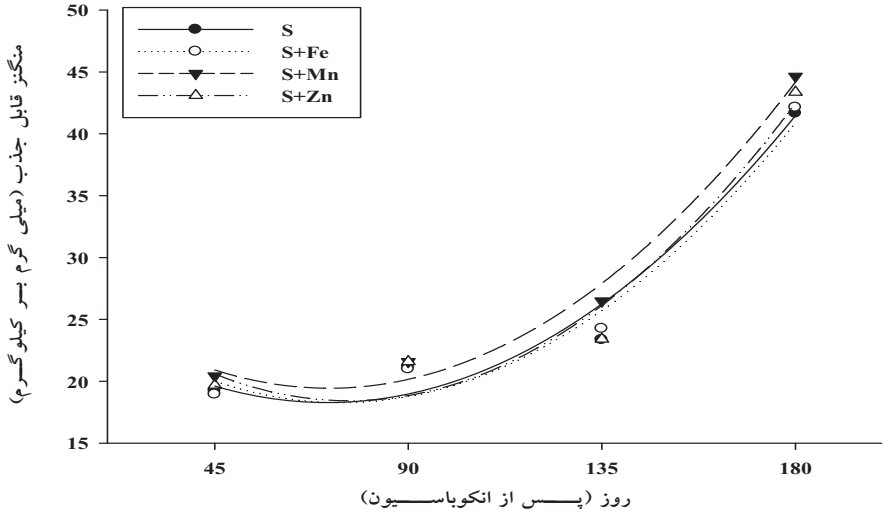
(S : گوگرد کشاورزی، S+Fe : گوگرد حاوی آهن، S+Mn : گوگرد حاوی منگنز، S+Zn : گوگرد حاوی روی)

تغییرات منگنز

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) منگنز قابل جذب خاک در سطوح مختلف کودی در طول دوره آزمایش، نشان داد که اثر سطح کود و زمان بر میزان منگنز قابل جذب در خاک، در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. افزایش سطح کود منجر به افزایش منگنز در خاک مورد آزمایش شد. میانگین منگنز قابل جذب برای سطوح کودی۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برابر با ۲۵/۱۷ و ۲۸/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. در مقایسه با منگنز تیمار شاهد ($19/04\ mg.kg^{-1}$) میزان افزایش در خاک، در سطوح ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۳۲/۲ و ۵۰ درصد بود. سیفوانتس و لیندمان (۶) بیان داشتند که گوگرد عنصری اصلاحی، به‌طور معنی‌داری در پایان آزمایش (پس از ۲۷۰ روز)، میزان منگنز قابل جذب را افزایش می‌دهد. اصلاح خاک با گوگرد، مقادیر آهن و منگنز در دسترس را افزایش می‌دهد و در مقایسه با این دو عنصر، گوگرد اثر کمتری بر مقدار روی و مس در خاک دارد. تأثیر گوگرد در خاک‌های با مقادیر پایین نمک‌های محلول و کربنات‌ها، بیشتر است (۴). داوود و همکاران (۷) گزارش کردند که در بین عناصر کم‌مصرف بررسی شده، منگنز بیشترین پاسخ را به افزودن گوگرد می‌دهد. محیط اسیدی ایجاد شده در میکروسایت‌های گوگردی، به بهبود فراهمی عناصر کم‌مصرف کمک می‌کند. ریشه-هایی که وارد این میکروسایت‌ها شوند، قادر خواهند بود این عناصر غذایی را به راحتی جذب کنند (۹). مشاهده روند تغییرات میزان منگنز در خاک (شکل ۶) در هر دو تیمار کودی ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، تأثیر معنی‌دار زمان بر میزان منگنز قابل جذب در خاک را نشان می‌دهد. با توجه به این که اثر نوع کود بر میزان منگنز قابل جذب معنی‌دار نگردید، افزایش میزان منگنز قابل جذب را می‌توان به اکسیداسیون گوگرد و کاهش pH محلول خاک نسبت داد. بعد از گذشت ۱۸۰ روز از انکوباسیون، میزان منگنز قابل جذب در تیمارهای کودی S، S+Fe، S+Zn و S+Mn به‌ترتیب ۴۱/۶۵، ۴۱/۶۳، ۴۵/۶۴ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نسبت به تیمار شاهد ($mg.kg^{-1}$ ۱۹/۰۴) افزایش ۱۰۰ درصدی را نشان دادند. بیشترین میزان منگنز قابل جذب مربوط به تیمار کودی حاوی منگنز (S+Mn) بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این بررسی نشان می‌دهد که کاربرد گوگرد کشاورزی غنی شده با عناصر کم‌مصرف همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس، میزان گوگرد و عناصر کم‌مصرف قابل جذب در خاک را افزایش می‌دهد. به‌طور کلی صرف نظر از نوع کود، میزان گوگرد و غلظت آهن، منگنز و روی قابل جذب در خاک آهکی مورد آزمایش، با افزایش میزان مصرف کود، افزایش یافت. تغییرات مقدار روی قابل جذب در خاک در اثر کاربرد گوگرد، در مقایسه با آهن و منگنز کمتر بوده است؛ اما گوگرد کشاورزی حاوی روی (S+Zn) نسبت به سایر تیمارهای مورد مقایسه (S، S+Fe و S+Mn)، از نظر تأثیر مستقیم بر افزایش روی قابل جذب در خاک عملکرد بهتری داشته است. نتایج این بررسی نشان داد که کودهای تولیدی، از نظر تأثیر در تغییرات گوگرد خاک تفاوت کیفی چندانی ندارند؛ اگرچه اظهار نظر دقیق‌تر نیاز به ارزیابی اثر کودها در شرایط کشت گیاه دارد.



شکل ٦- تغییرات میزان منگنز قابل جذب در زمان‌های ٤٥، ٩٠، ١٣٥ و ١٨٠ روز پس از انکوباسیون

(S : گوگرد کشاورزی، S+Fe : گوگرد حاوی آهن، S+Mn : گوگرد حاوی منگنز، S+Zn : گوگرد حاوی روی)

منابع

۱- علایی ا. ۱۳۸۶. ضرورت تبیین استراتژی‌های نوین در راستای تولید محصولات جدید گوگردی. نشریه کارکنان صنعت نفت، دوره جدید، شماره ۳۶۲، ص ۹.

۲- ملکوتی م.ج.، کشاورز پ. و کریمیان ن. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کودی برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

3- Abd-elfattah A.A., and Hilal M.H. 1985. Effect of S-application on some properties of Egyptian desert soils. p. 39-54. In proceeding Arab region conference on sulfur and its usage in Arab countries. 2-5 March. Riyadh, Saudi Arabia.

4- Alfahih A.M. 1996. Sulfur oxidation in Saudi Arabian agriculture soils. Qatar University Science Journal, 16:297-302.

5- Brady N.C., and Weil R.R. 1999. The nature and properties of soils (12th edition). Prentice Hall Inc, New Jercy.

6- Cifuentes F.R., Lindemann W.C. 1993. Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in a calcareous soil. Soil Science Society of America Journal, 57:727-731.

7- Dawood F., Al-Omari S.M., and Murtatha N. 1985. High levels of sulfur affecting availability of some micronutrients in calcareous soils. p. 55-68. In proceeding second region conference on sulfur and its usage in Arab countries. 2-5 March. Riyadh, Saudi Arabia.

8- Grant C.A., Clayton G.W., and Johnston A.M. 2003. Sulfur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the Black soil zone of western Canada. Canadian Journal of Plant Science, 83:745-758.

9- Ivan J. 2007. Micronutrient innovation. Potato Grower Magazine. Harris Publishing Inc. USA, 1:58-61.

10- Lawrence J.R., and Germida J.J. 1988. Relationship between microbial biomass and elemental sulfur oxidation in agricultural soils. Soil Science Society of America Journal, 52: 672-677.

11- Messick D.L., and De Brey C. 2002. Sulfur fertilizer - new products add to conventional sources to offer a wide range of options. International Fertilizer Industry Association,1:202-293.

12- Modaihish A.S., AL-Mustafa W.A., and Metwally A.I. 1989. Effect of elemental sulfur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. Plant and Soil, 116:95-101.

13- Morsey M.Y. 1985. Effect of sulfur on alluvial and calcareous soils. p. 185-200. In proceeding second region conference on sulfur and its usage in Arab countries. 2-5 March. Riyadh, Saudi Arabia.

14- Procopiou J., Wallace A., and Alexander G.V. 1976. Micronutrient composition of plants grown with high to low levels of sulfur applied to calcareous soil in glasshouse. Plant and Soil, 44:359-365.

15- Sameni M., and Kasraian A. 2004. Effect of agricultural sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry regions of Iran. I. Disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils.

Communications in Soil Science and Plant Analysis, 35:1219-1234.
16- Singh R., Bhumbla D.K., and Keefer R.F. 1984. Recommended soil sulfate-S tests.
17- Sparks D.L. 1996. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of American Inc. Madison, Wisconsin, USA.
18- Wang Y.P., Li Q.B., Huia W., Shia J.Y., Lina Q., Chena X.C., and Chena Y.X. 2008. Effect of sulfur on soil Cu/Zn availability and microbialy. Community composition. Journal of Hazardous Materials, 159:385−389.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 1, Mar-Apr 2012, p. 95-103

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۱، ص. ۱۰۳-۹۵

Study of the Effect of Micronutrient Enriched Sulfur Fertilizer Application In a Calcareous Soil

S. Najafi[1]*- H. Mirseyed Hosseini[2] - E. Alaee[3]

Received: 22-1-2011
Accepted: 20-11-2011

Abstract

Considering the production of more than 2 million tons of sulfur per year and in order to create a basis for application of agricultural sulfur in plant nutrition and farmland reclamation, the National Petrochemical Company of Iran, has produced an agricultural Sulfur enriched with iron (Fe), zinc (Zn) and manganese (Mn). There is little information available on the quality of these products and the reaction of these fertilizers in soil and available sulfur for plant. The present study was conducted to investigate oxidation potential and sulfur release in soil and influence on changes in rate of sulphate and available micronutrients in a calcareous soil. Soil sample was collected from vicinity of Karaj city and agricultural sulfur with Thiobacillus inuculant was throughly mixed with 1 kg of soil at the equivalent rates of 0, 300 and 600 $kg.ha^{-1}$. The samples as randomized complete design with three replications were incubated under 25°C and %80 of field capacity for 180 days, and in time periods (45, 90, 135 and 180 days after incubation) subsampled. Sulphate, iron, zinc and manganese concentrations were determined. The results showed that incubation time has a significant effect on changes in available sulfur, iron, zinc and manganese. In general, regardless of the type of agricultural sulfur, the different level of fertilizers increased sulphate, zinc and manganese concentrations. Type of fertilizer only had significant effect on zinc concentration. The mean increase of available Zn for agricultural sulfur containing zinc was 3.2 times.

Keywords: Sulfur fertilizer, Enriched sulfur, Plant nutrition, Soil reclamation, Micronutrients

1,2- MSc Student and Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
(*- Corresponding Author Email: sadegh83sham@gmail.com)
3- Head of Chemical Fertilizer and Minerals, Research Industry Petroleum Iran