شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: شیمی خاک

تاثیر شرایط مختلف رطوبتی و حرارتی بر سرعت اکسایش گوگرد و قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک شالیزار

نصرت اله منتجبی*

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده

به منظور بررسی اثر رطوبت، دما و مدت آنکوباسیون خاک بر مقدار و سرعت اکسایش گوگرد و قابلیت جذب عناصر غذایی خاک، تحقیقی به صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات در زمان در قالب بلوکهای کامل تصادفی شامل دو سطح رطوبتی ۶۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و چهار سطح گوگرد عنصری ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو دمای ۲۵ و ۳۶ درجه سانتیگراد بر روی یک خاک شالیزاری اجرا شد. در یک آزمایش خاک‌ها در دمای ۲۵°C نگهداری شدند و در ۶ دوره ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰و۲۷۰ روز نمونه‌برداری شد. در آزمایش دوم دمای آنکوباسیون ۳۶°C بود و در ۳ دوره ۱۴، ۲۸ و ۴۲ روز نمونه‌برداری شد. در هر نمونه pH، EC، فسفر، آهن، منگنز و روی قابل جذب، سولفات محلول و سرعت اکسایش گوگرد اندازه گیری شد. نتایج نشان داد اثر اصلی گوگرد و اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر فسفر قابل جذب و سرعت اکسایش گوگرد و اثر متقابل رطوبت و مدت آنکوباسیون بر منگنز قابل جذب خاک معنی‌دار نبود ولی بقیه اثرات اصلی و متقابل رطوبت، مدت آنکوباسیون و سطوح گوگرد بر تمام صفات اندازه گیری شده اختلاف معنی‌دار داشت. مقادیر EC، SO_4^{2-} محلول، P، Fe و Zn قابل جذب در رطوبت ۹۰ ٪ و سرعت اکسایش گوگرد، pH و Mn قابل جذب در رطوبت ۶۰ ٪ بیشتر بود. مصرف گوگرد pH را کاهش و EC، Fe، Zn، Mn و SO_4^{2-} را افزایش داد ولی بر فسفر قابل جذب اثر معنی‌دار نداشت. بیشترین میزان آهن و منگنز قابل جذب در دوره ۶۰ روز و روی و فسفر در دوره ۹۰ روز و در دمای آنکوباسیون ۲۵°C حاصل شد و بیشترین سولفات محلول در دوره آنکوباسیون ۴۲ روز و دمای ۳۶°Cحاصل شد. بالاترین سرعت اکسایش گوگرد در دمای ۳۶°C و در دوره آنکوباسیون ۱۴ روز اتفاق افتاد. بطور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که گوگرد و رطوبت، موجب کاهش pH و افزایش EC، Fe، Zn، Mn ، SO_4^{2-} شده است.

کلمات کلیدی: آهن، پهاش، روی، سولفات، مدت آنکوباسیون

مقدمه

در خاکهای قلیایی و آهکی به سبب pH بالا و غلظت زیاد یون Ca، جذب بعضی عناصر غذایی از قبیل فسفر، آهن و روی که قابلیت دسترسی آنها به pH وابسته است، کم شده است (Heidarzadeh و همکاران، ۲۰۱۲). پهاش، هدایت الکتریکی و عناصر غذایی از ویژگی‌های مهم خاک هستند که بر رشد گیاه و کیفیت محصول موثرند. اکسایش گوگرد باعث کاهش pH محیط ریشه شده و قابلیت جذب عناصر غذایی را افزایش می دهد. درجه حرارت و رطوبت دو عامل مهم موثر بر اکسیداسیون گوگرد هستند و اثر درجه حرارت بیشتر از رطوبت است. پتانسیل رطوبتی بهینه برای اکسیداسیون گوگرد با نوع خاک متفاوت است که ناشی از اختلاف درجه تهویه در بافت‌های مختلف است و مقدار اکسیداسیون گوگرد با پتانسیل رطوبتی دارای یک رابطه سهمی مانند است (Janzen و Bettany، ۱۹۸۷). درجه حرارت ۳۶°C و رطوبت۶۰ درصد منافذ خاک برای اکسیداسیون گوگرد عنصری در خاک‌های اسیدی، خنثی و قلیائی شمال غرب هند پیشنهاد شد (Aulakh و همکاران، ۲۰۰۲ ؛ Jaggi و همکاران، ۲۰۰۴). مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک حاصل از اکسایش آن، باعث کاهش pH خاک و افزایش تامین سولفات، فسفر و عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه، عملکرد، مقدار کلروفیل و تشکیل گره در ریشه‌ها می‌شود (EL-Kholy و همکاران، ۲۰۱۳؛ Ansori و Gholami ، ۲۰۱۵).

بررسی اثر سطوح ۰، ۱ و ۲ تن در هکتار گوگرد از دو منبع گوگرد عنصری و جیپسوم در یک خاک رسی با ۰/۳ در صد کربنات کلسیم در رطوبت ظرفیت زراعی و دمای ۲۵°C به مدت ۸ هفته نشان داد که اثرات اصلی و متقابل زمان آنکوباسیون، منابع گوگرد و سطوح گوگرد بر pH و EC معنی‌دار بود. با مصرف گوگرد عنصری بطور مستمر pH کاهش و EC و Mn قابل جذب افزایش داشت. با مصرف ۲ تن در هکتار گوگرد، سولفات محلول ۲۰ برابر شاهد شد و با زمان یک افزایش خطی داشت (Turanو همکاران، ۲۰۱۳). با افزایش مصرف گوگرد، کاهش pH بیشتر شد و گوگرد مصرفی تا gS/kg ۰/۲۵Soil بر غلظت آهن، روی و آلومینیم قابل جذب اثر معنی‌دار نداشت. مصرف ۱gS/kg Soil با کاهش pH از ۷/۳ به ۴/۸۶ مقدار آهن و منگنز قابل جذب را افزایش داد (با افزایش مصرف گوگرد، کاهش pH بیشتر شد و گوگرد مصرفی تا ۰/۲۵ gS/kg Soil بر غلظت آهن، روی و آلومینیم قابل جذب اثر معنی‌دار نداشت. مصرف ۱gS/kg Soil با کاهش pH از ۷/۳ به ۴/۸۶ مقدار آهن و منگنز قابل جذب را افزایش داد (Karimizarchi و همکاران، ۲۰۱۴).

* nmontajabi@yahoo.com

مطالعه اثر دو سطح ۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم گوگرد عنصری بر کیلوگرم خاک در سه رژیم رطوبتی ۴۰، ۶۰ و ۱۲۰ درصد فضای منافذ خاک و سه دمای ۱۲، ۲۴ و ۳۶°C در خاک‌های اسیدی، خنثی و قلیائی با ۰/۷، ۱/۶ و ۳/۸ درصد آهک در دوره‌های آنکوباسیون ۰، ۱۴، ۲۸ و ۴۲ روز نشان داد که مصرف گوگرد در تمام رژیم‌های رطوبتی تغییری در روند پ‌هاش خاک‌های اسیدی و خنثی نداد اما در خاک‌های قلیائی در شرایط هوازی پ‌هاش خاک کاهش یافت. در شرایط غرقابی و دمای ۳۶°C ، تجمع فسفر قابل جذب حداکثر بود (Jaggi و همکاران، ۲۰۰۴). در تحقیقی دلایل کاهش سرعت اکسایش گوگرد با افزایش زمان آنکوباسیون، خصوصیات خاک، دما و اندازه ذرات گوگرد اعلام شد (Slaton و همکاران، ۲۰۰۱).

با توجه به وجود مقادیر قابل توجه خاکهای آهکی با ویژگیهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی متفاوت در کشور، انجام این تحقیق با هدف مطالعه هم زمان اثر رطوبت و دما و مدت آنکوباسیون بر سرعت و مقدار اکسایش گوگرد و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک ضرورت دارد.

مواد و روش‌ها

یک نمونه خاک غیر آهکی از افق A شالیزارهای گیلان از عمق ۲۰ سانتیمتری سطح خاک تهیه و معادل ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به آن اضافه شد. سپس برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک با روش های استاندارد مورد استفاده موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین شد. این پژوهش شامل دو آزمایش بود که به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو سطح رطوبتی ۶۰ درصد (M_1) و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (M_2) و چهار سطح گوگرد (S_0=۰، S_1=۵۰۰، S_2= ۱۰۰۰ و S_3= ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سه تکرار در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. گوگرد آسیاب شده از الک ۰/۱cm و باقیمانده آن از الک ۰/۰۵cm عبور داده شد.

در یک آزمایش، دو رژیم رطوبتی ۶۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و چهار سطح گوگرد (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سه تکرار تیمار شد. خاک به چهار قسمت تقسیم شد و به هر قسمت یکی از سطوح گوگرد و ۲ در صد وزن گوگرد، باکتری *Thiobacillus neapolitanous* اضافه و با گوگرد مخلوط شد. مایه باکتری از موسسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد و در هر گرم آن10^8 CFU/g باکتری وجود داشت. از خاک دارای هر سطح گوگرد تعداد ۶ ویال ۷۰۰ گرمی تهیه شد. رطوبت ۳ ویال ۶۰ درصد و سه ویال دیگر برابر۹۰ درصد ظرفیت زراعی تنظیم شد. سپس خاک داخل ظرف‌ها فشرده شد تا وزن مخصوص ۱/۵ گرم بر سانتی مکعب ایجاد گردد. خاک‌ها داخل آون ۲۵°C نگهداری شدند و در ۶ نوبت (T1=۳۰، T2=۶۰، T3=۹۰، T4=۱۲۰، T5=۱۸۰ و T6=۲۷۰ روز) از خاک داخل هر ظرف نمونه‌برداری شد. در آزمایش دوم، تمام عملیات آزمایش اول تکرار شد ولی خاک‌ها در دمای ۳۶°C اینکوبات شدند و در ۳ زمان (T7=۱۴، T8=۲۸ و T9=۴۲ روز) از خاک‌ها نمونه‌گیری شد. هر دو تا سه روز، رطوبت خاک‌ها به روش وزنی کنترل و کمبود رطوبت آنها تامین می شد. در هر نوبت نمونه گیری، ۱۱۰ گرم خاک از هر ویال برداشت شد. از هر نمونه، ۱۰ گرم خاک مرطوب داخل یک لوله پلاستیکی ریخته شد و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد(نسبت خاک به آب ۱ به ۲/۵). با دستگاه شیکر، تکان داده شده و سپس سانتریفیوژ شد. در محلول رویی، pH و EC اندازه‌گیری شد. بقیه خاک را خشک کرده و غلظت عناصر فسفر، آهن، منگنز و روی قابل جذب و سولفات محلول آن اندازه‌گیری شد. در دمای آنکوباسیون ۲۵°C، pH و EC خاک‌های نمونه‌گیری شده در هر ۶ نوبت اندازه‌گیری شد

ولی مقادیر فسفر، آهن، روی، و منگنز قابل جذب و سولفات محلول در نمونه‌های تهیه شده در چهار دوره آنکوباسیون ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز اندازه‌گیری شد و سرعت اکسایش گوگرد محاسبه شد. تعداد باکتری‌های تیوباسیلوس در تیمارهای با رطوبت ۹۰ در صد ظرفیت‌زراعی و سطح گوگرد ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در همه نمونه‌گیری‌ها به روش پلیت کانت شمارش شد.

میزان اکسیداسیون گوگرد عنصری در طی زمان‌های مختلف آنکوباسیون بوسیله معادله زیر محاسبه شد (Janzen and Bettay ,1987a).

$$K= (1-(1-m/m_o)^{1/3} z\ Do/2t)$$

K میزان اکسیداسیون ($\mu g\ S^{\circ}\ Cm^{-2}\ day^{-1}$)، m جرم گوگرد اکسید شده (µg) (از طریق افزایش غلظت گوگرد قابل عصاره‌گیری با ٪۱۵ کلرور کلسیم در خاک تیمار شده نسبت به تیمار نشده در همان زمان محاسبه می‌شود). m_o، جرم گوگرد عنصری (µg) در زمان اولیه هر دوره آنکوباسیون، Z دانستیه گوگرد(μgCm^{-3} ۲/۰۷ × 10^6)، t زمان آنکوباسیون (day) و D_o قطر ذرات گوگرد (Cm) در شروع هر دوره آنکوباسیون که در این آزمایش ۰/۰۷۵ Cm است. تجزیه و تحلیل های آماری با نرم افزار SAS، و مقایسه میانگین ها به روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جداول (۱) و (۲) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی غیر آهکی با ماده آلی مناسب و بافت سنگین بود. این خاک از شالیزارهای فومن در استان گیلان تهیه شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت	SO_4^{2-}	Zn	Mn	Fe	P	OC	TNV	PWP	FC	EC	pH
			$mgkg^{-1}$				٪			$\mu S\ cm^{-1}$	
رسی سیلتی	۸۴۷	۱/۰	۱۵/۲	۴۷/۵	۲۲/۸	۱/۹	۱	۲۴/۹۸	۳۶/۵	۱۲۸۰	۷/۲۷

جدول۲. برخی خصوصیات بیولوژیکی خاک مورد مطالعه قبل از آزمایش

جمعیت باکتریهای هتروتروف (تعداد در گرم خاک)	جمعیت باکتریهای اتوتروف (تعداد در گرم خاک)	مقدار کربن آلی میکروبی (میکروگرم بر گرم خاک)
$۱/۶\times۱۰^{۴}$	۰	۱۹۶

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر اصلی گوگرد و اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر سرعت اکسایش گوگرد و فسفر قابل جذب خاک و همچنین اثر متقابل رطوبت و مدت آنکوباسیون بر منگنز قابل جذب خاک معنی‌دار نبود ولی بقیه اثرات اصلی و متقابل رطوبت، مدت آنکوباسیون و سطوح گوگرد بر تمام صفات اندازه گیری شده اختلاف معنی‌دار داشت. در رطوبت ۹۰ در صد ظرفیت زراعی خاک مقادیر EC، SO_4^{2-} محلول، P، Fe و Zn قابل جذب و سرعت اکسایش گوگرد بیشتر بود و در رطوبت ۶۰ در صد ، pH و Mn قابل جذب بیشتر بود. مصرف گوگرد pH را کاهش و EC، Fe، Zn، Mn و SO_4^{2-} را افزایش داد ولی بر فسفر قابل جذب اثر معنی‌دار نداشت. بیشترین میزان آهن و منگنز قابل جذب در دوره ۶۰ روز و روی و فسفر در دوره ۹۰ روز و در دمای آنکوباسیون ۲۵°C حاصل شد و بیشترین سولفات محلول در دوره آنکوباسیون ۴۲ روز و دمای ۳۶°C حاصل شد. بالاترین سرعت اکسایش گوگرد در دمای ۳۶°C و در دوره آنکوباسیون ۱۴ روز اتفاق افتاد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح رطوبت و گوگرد بر صفات اندازه گیری شده خاک

متغیر		pH	EC	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}	سرعت اکسایش گوگرد(K)
			$\mu S\ cm^{-1}$			mg/kg			$\mu gCm^{-2}\ day^{-1}$
سطح	٪ ۶۰FC	۷/۸۹a	۵۸۳b	۲۳/۹۷b	۵۴/۴۷b	۳/۶۳b	۱۹/۵۶a	۱۲۹۳b	۱۹/۰۹a
رطوبت	٪ ۹۰FC	۷/۸۴b	۶۲۴a	۲۴/۷۲a	۶۵/۷۲a	۴/۰۱a	۱۸/۸۲b	۱۵۳۷a	۱۸/۰۰b
	S_0	۸/۰۱a	۵۱۴d	۲۴/۲۵a	۵۹/۰۶b	۳/۴۶b	۱۷/۷۸c	۶۹۱d	-
سطح	S_1	۷/۸۹b	۵۶۷c	۲۴/۲۰a	۶۲/۲۵a	۴/۱۸a	۱۹/۵۵ab	۱۰۸۶c	۱۸/۰۹a
گوگرد	S_2	۷/۸۵c	۶۰۵b	۲۴/۲۷a	۶۲/۳۳a	۴/۴۰a	۲۰/۳۶a	۱۵۳۷b	۱۹/۱۸a
	S_3	۷/۷۱d	۷۲۹a	۲۴/۶۴a	۵۶/۵۲c	۳/۲۳b	۱۹/۰۷b	۲۳۶۸a	۱۸/۳۷a

در هر ستون میانگین های هر متغیر با داشتن حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ در صد به روش دانکن می باشند

گزارش‌ها نشان می‌دهد که با تامین رطوبت فعالیت میکرو ارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد زیاد شده و با افزایش گوگرد مصرفی اکسایش آن زیادتر شده و با تولید اسید سولفوریک باعث کاهش بیشتر pH محلول خاک شده است (Karimi و همکاران، ۲۰۱۲؛ Turan و همکاران، ۲۰۱۳).

در طی اکسایش گوگرد، اسید سولفوریک تولیدی با کربنات کلسیم خاک آهکی واکنش می‌دهد و گچ تولید می‌شود که محلولتر از کربنات کلسیم است و EC را زیاد می‌کند(Slaton، ۱۹۹۸).

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده خاک تحت تاثیر دما و مدت آنکوباسیون

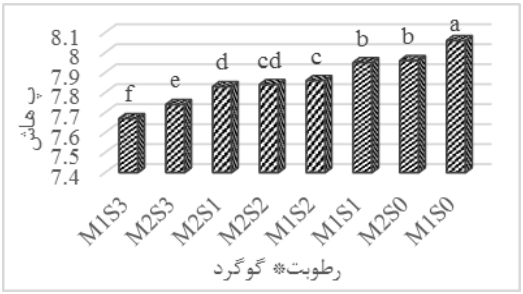
دما	صفت مدت(روز)	pH	EC	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}	سرعت اکسیداسیون (K)
			$\mu S\ cm^{-1}$		$mgkg^{-1}$				$\mu g\ cm^{-2}\ day^{-1}$
۲۵°C	T1	۸/۳۳a	۳۴۶i	۳۰/۱۷c	۷۵/۲۴b	۱/۳۶d	۲۱/۷۷a	۰۸۳e	۲۹/۷۴b
	T2	۸/۰۷b	۴۵۴h	۲۹/۸۷c	۹۰/۰۴a	۲/۹۸c	۲۱/۰۵ab	۸۰۶f	۱۰/۶۴de
	T3	۷/۷۴e	۴۹۶g	۳۲/۹۱a	۵۲/۷۳d	۶/۱۳a	۱۷/۱۴d	۰۲۶e	۹/۹۱e
	T4	۷/۵۹g	۵۴۳f	۳۰/۸۸b	۶۰/۰۹c	۴/۴۹b	۱۸/۸۹c	۲۵۷d	۸/۶۷e
	T5	۷/۶۴f	۵۶۷e	–	–	–	–	–	-
	T6	۷/۸۱d	۷۴۶c	–	–	–	–	–	-
۳۶°C	T7	۷/۸۲d	۶۴۹d	۱۵/۳۴e	۴۵/۸e	۱/۷۶d	۱۷/۰۵d	۵۹۸c	۴۱/۶۰a
	T8	۷/۸۹c	۷۸۰b	۱۴/۸۲e	۴۵/۶۸e	۵/۷۶a	۲۰/۳۷b	۸۲۸b	۱۶/۸۱c
	T9	۷/۸۷c	۸۵۲a	۱۶/۰۳d	۵۰/۲۶d	۴/۱۷b	۱۷/۹۷cd	۳۵۸a	۱۲/۴۴d

در هر ستون میانگین های هر متغیر با داشتن حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ در صد به روش دانکن می باشند

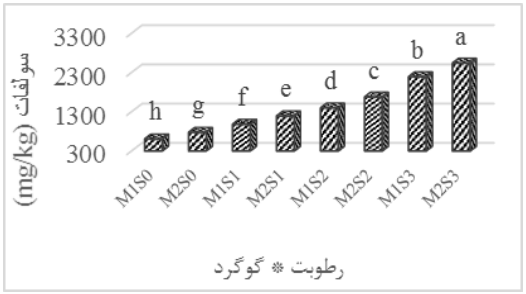
جدول ۵ . مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده تیمارهای اثر متقابل رطوبت و مدت آنکوباسیون خاک

صفت تیمار	pH	EC	P	Fe	Zn	Mn	SO_4^{2-}	سرعت اکسیداسیون گوگرد
		µS Cm-1			mgkg-1			µgCm-2 day -1
M1T1	۸/۳۷a	۳۵۶j	۲۹/۵۲d	۶۲/۷۰d	۱/۲۰g	۲۱/۸۶a	۷۸۵j	۲۲/۹۹ c
M1T2	۸/۱۵c	۴۶۵h	۲۹/۶۶d	۶۶/۷۱c	۲/۶۲f	۲۰/۶۵a	۶۳۱k	۸/۵۳ f
M1T3	۷/۸۱gh	۴۹۸g	۳۳/۲۱a	۵۲/۸۲e	۶/۱۴a	۱۷/۵۶a	۸۸۱i	۸/۴۵ f
M1T4	۷/۵۶ k	۵۳۳f	۳۰/۰۱cd	۶۰/۴۱d	۳/۹۰de	۲۰/۱۶a	۱۲۲۲g	۸/۳۴ f
M1T5	۷/۶۸ i	۵۱۲g	–	-	–	–	-	–
M1T6	۷/۸۵ fg	۷۰۶d	–	-	-	–	-	–
M1T7	۷/۸۵ fg	۵۶۹f	۱۵/۳۷e	۴۳/۸۴ij	۱/۸۲g	۱۷/۵۷a	۱۵۵۳e	۵۶/۰۶ a
M1T8	۷/۹۱ e	۷۲۶d	۱۴/۰۱f	۴۴/۳۹hij	۵/۴۸ab	۲۰/۴۳a	۱۶۶۴d	۱۲/۵۵ e
M1T9	۷/۷۹ h	۸۸۵a	۱۶/۰۰e	۵۰/۴۳ef	۳/۹۶de	۱۸/۶۷a	۲۳۱۹b	۱۲/۷۴ e
M2T1	۸/۳۰ b	۳۳۶j	۳۰/۸۲c	۸۷/۷۹b	۱/۵۳g	۲۱/۶۷a	۱۲۹۱f	۳۲/۴۹ b
M2T2	۷/۹۹ d	۴۴۳i	۳۰/۰۷cd	۱۱۳/۳۶a	۳/۳۴ef	۲۱/۴۵a	۹۸۰h	۱۲/۷۶ e
M2T3	۷/۶۸ i	۴۹۴gh	۳۲/۶۲a	۵۲/۶۳e	۵/۸۱a	۱۶/۷۲a	۱۱۷۱g	۱۱/۳۶ e
M2T4	۷/۶۳ j	۵۵۳f	۳۱/۷۴b	۵۹/۷۷d	۵/۰۸bc	۱۷/۶۲a	۱۲۹۲f	۹/۰۰ f
M2T5	۷/۶۱ j	۶۲۱e	–	-	–	–	–	–
M2T6	۷/۷۷ h	۷۸۶c	–	-	–	–	–	–
M2T7	۷/۷۹ h	۷۲۹d	۱۵/۳۳e	۴۷/۹۵fgh	۱/۷۰g	۱۶/۶۰a	۱۷۰۰d	۲۷/۱۴ c
M2T8	۷/۸۶ f	۸۳۴b	۱۵/۶۴e	۴۶/۹۷fghi	۶/۰۵a	۲۰/۳۰a	۱۹۹۳c	۲۱/۰۸ d
M2T9	۷/۹۶ d	۸۱۹b	۱۶/۰۵e	۵۰/۰۸efg	۴/۳۸bcd	۱۷/۲۷a	۲۳۹۶a	۱۲/۱۳ e
LSD	۰/۰۵	۳۲/۰۸	۰/۸۶	۳/۹۷	۰/۷۱	–	۶۴/۳۷	۲/۸۶

در هر ستون میانگین های هر متغیر با داشتن حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ در صد به روش دانکن می باشند

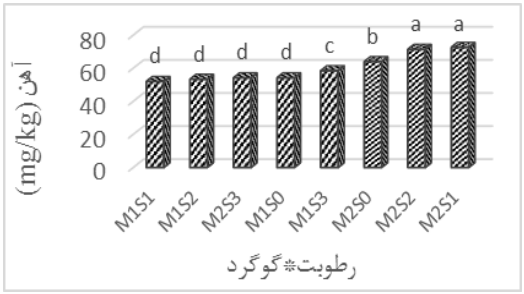


شکل ۱- اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر pH

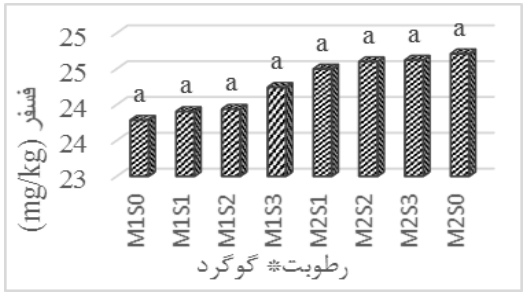


شکل ۲- اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر سولفات محلول

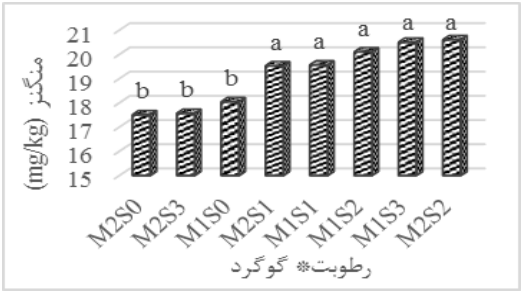
تیمار M2S3 بیشترین و تیمار M1S0 کمترین سولفات را داشت (شکل ۲). بین میانگین تیمارهای اثر متقابل رطوبت و زمان آنکوباسیون تفاوت معنی دار وجود داشت. غلظت سولفات محلول خاک نسبت به مقدار اولیه بسیار بیشتر شد که نشان دهنده اثر درجه حرارت و رطوبت بر اکسایش گوگرد است (Janzen و Bettany، ۱۹۸۷b). تیمار M2T9 (رطوبت ۹۰٪ ظرفیت زراعی و مدت آنکوباسیون ۴۲ روز در دمای ۳۶°C) بیشترین سولفات را داشت (جدول ۵) که نشان می دهد در این خاک اکسایش گوگرد در دمای ۳۶°C بیشتر از دمای ۲۵°C است.



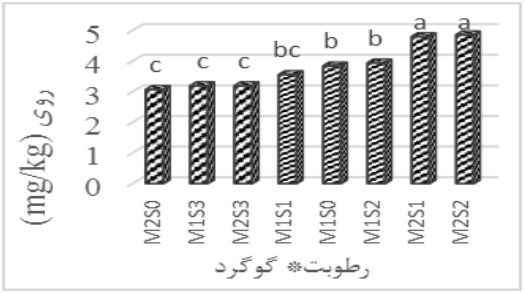
شکل ۳- اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر آهن قابل قابل جذب



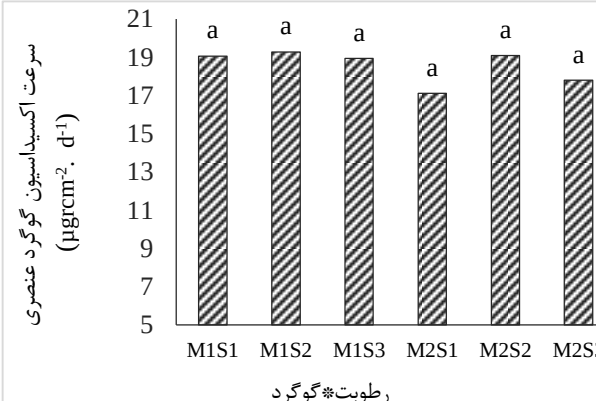
شکل ۴- اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر فسفر قابل جذب



شکل ۵- اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر روی قابل جذب



شکل۶- اثر متقابل رطوبت و گوگرد برمنگنز قابل جذب



شکل ۷- اثر متقابل رطوبت و گوگرد بر سرعت اکسیداسیون گوگرد

مقدار آهن قابل جذب در سطح رطوبت (M2) بیشتر از (M1) بود. با افزایش رطوبت، شرایط در میکرو پورها احیایی شده و پتانسیل اکسید و احیایی کم شده و آهن به فرم Fe^{2+} بیشتر شده و در نتیجه غلظت آهن محلول ۱۱mg/Kg Soilبیشتر شده است. در شرایط احیایی آهن به فرم Fe2+ تبدیل می‌شود و به ازای هر واحد کاهش پتانسیل، حلالیت آن ۱۰ برابر می‌شود. همچنین حلالیت آهن شدیدا به pH بستگی دارد و با کاهش هر واحد pH، حلالیت Fe^{2+}، ۱۰۰ برابر می‌شود (Linsay، ۱۹۷۹). در خاک غیر آهکی میانگین آهن قابل جذب در اثر مصرف گوگرد افزایش نشان داد که نشان می دهد افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی خاک به مصرف مقدار معینی گوگرد و کاهش معینی در pH بستگی دارد و با نوع عنصر و شرایط خاک تغییر می‌کند (Karimizarchi و همکاران، ۲۰۱۴).

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که با افزایش رطوبت، pH و Mn قابل جذب و سرعت اکسایش گوگرد کاهش پیدا کرد ولی $SO4^{2-}$ محلول و P، Fe و Zn قابل جذب افزایش داشت. زیرا وضعیت احیایی ایجاد شده و فرم احیایی آهن، روی و منگنز تولید می‌شوند که حلالیت بیشتری دارند ولی در مورد منگنز چون مقدار فسفر قابل جذب خاک زیاد است، با منگنز ترکیب کم محلول فسفات منگنز ایجاد می‌شود و منگنز قابل جذب کاهش می‌یابد. مقدار اکسایش گوگرد در پتانسیل رطوبتی نزدیک به ظرفیت زراعی به سرعت افزایش می‌یابد و ماکزیمم است ولی این خاک دارای بافت خیلی سنگین است و در نیجه میزان رطوبت خاک در رطوبت ۹۰ در صد ظرفیت زراعی زیاد است و در نتیجه مقدار اکسیژن خاک کم شده و سرعت اکسایش گوگرد نسبت به رطوبت ۶۰ در صد ظرفیت زراعی کاهش یافت. نتایج نشان داد که درجه حرارت و رطوبت دو عامل مهم موثر بر اکسایش گوگرد بودند و اثر درجه حرارت بیشتر از رطوبت بود و احتمالا ناشی از بیشتر بودن فعالیت باکتری‌ها و سرعت واکنش‌های شیمیایی در دمای ۳۶ درجه نسبت به ۲۵ درجه است. مصرف گوگرد باعث کاهش pH و افزایش عناصر غذایی قابل جذب خاک از جمله SO_4^{2-} شد. اکسایش گوگرد باعث کاهش pH خاک و افزایش قابلیت جذب P و دیگر عناصر غذایی کم مصرف می شود (بشارتی، ۱۳۷۷). افزایش مصرف گوگرد تا۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین غلظت SO_4^{2-} و کمترین pH را داشت. با افزایش گوگرد از ۱ تن به ۲ تن در هکتار، مقدار عناصر Fe، Mn و Zn کاهش یافت. افزایش دوره آنکوباسیون باعث افزایش عناصر غذایی قابل جذب نسبت به مقدار اولیه شد و بیشترین مقدار قابل جذب عناصر Mn، Fe، Zn، P و SO_4^{2-} به ترتیب پس از مدت اینکوبات ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۹۰ و ۱۲۰روز حاصل شد و کمترین میزان pH مربوط به مدت زمان خوابانیدن ۱۲۰ روز بود. تیمارهای ترکیبی M2S1 و M2S2 حداکثر فسفر، آهن، روی و منگنز قابل جذب را داشتند و بین آنها تفاوت معنی دار وجود نداشت که نشان می‌دهد رطوبت موجب افزایش مقدار عناصر قابل جذب شده است. ماکزیمم سولفات محلول را تیمار S3T4 داشت. بنابرین تیمار M2S2 (۱تن در هکتار گوگرد و رطوبت ۹۰ درصد ظرفیت زراعی) بهترین تیمار قابل توصیه است. بررسی اثر متقابل گوگرد مصرفی و مدت آنکوباسیون نشان داد که در مجموع تیمار S_2T_3 (۱ تن در هکتار گوگرد و مدت خواباندن ۹۰ روز) بیشترین مقدار عناصر قابل جذب خاک را دارد. بنابرین برای تاثیر گذاری بیشتر گوگرد عنصری مصرفی، تامین رطوبت و ماده آلی و اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم های خاک اهمیت بسزایی دارد و لازم است تهویه و رطوبت مناسب برای فعالیت میکروارگانیسمهای اکسید کننده گوگرد خاک مهیا شود و میتوان با دقت در زمان مصرف گوگرد عنصری، به مقدار زیادی در مصرف کودهای شیمیایی صرفه جویی کرد.

منابع:

Ansori A. and Gholami A.2015. Improved nutrient uptake and growth of maize in response to inoculation with thiobacillus and mycorrhiza on an alkaline soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46, 2111-2126.

Aulakh M.S., Jaggi R.C. and Sharma R. 2002. Mineralization-immobilization of soil organic Sulfur and oxidation of elemental Sulfur in subtropical soils under flooded and nonflooded conditions. Biology and Fertility of Soils, 35:197–203.

El-Kholy A., Ali O., El-Sikhry E. and Mohamed A. 2013. Effect of sulphur application on the availability of some nutrients in Egyptian soils. Egyptian Journal of Soil Science, 53(3): 361-377.

Heydarnezhad F., Shahinrokhsar P., Shokri Vahed H. and Besharati H. 2012. Influence of elemental sulfur and sulfur oxidizing bacteria on Some nutrient deficiency in calcareous soils. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4-12: 735-739.

Jaggi, R. C., Aulakh, M. S., and Sharma, R. 2004. Impacts of elemental S applied under various temperature and moisture regimes on pH and available P in acidic, neutral and alkaline soils. Biology and Fertility of soils. 41, 52-58.

Janzen, H., and Bettany, J. 1987a. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil science. 144, 81-89.

Janzen H. H. and Bettany J. R. 1987b. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil Science, 144: 81–89.

Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M.Y. and Radziah, O. (2014a). Incorporation and transformations of elemental Sulphur in high pH Soils of Malaysia. International Journal of Soil Science. 9(3): 133-141.

Slaton N.A., Norman R.J. and Gilmour J. T. (2001). Oxidation rates of commercial elemental Sulfur products applied to an alkaline silt loam from Arkansas. Soil Science of American Journal. 65:239-243.

Turan M. A., Taban S., Katkat A. V. and Kucukyumuk Z. (2013). The evaluation of the elemental Sulfur and Gypsum effect on Soil pH, EC , SO4- S and available Mn content. Journal of food, Agriculture & Environment. 11(1): 572-575.

Topic for submission: Soil Chemistry

Effect of various temperature and moisture conditions on Sulfur Oxidation rate and nutrients availability in Paddy Soil

Nosratolah Montajabi*

Assistant Prof., Soil and water Research Department, Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension organization, Esfahan, Iran.

Abstract

In order to Investigation of the moisture, temperature and Soil incubation period on quantity and rate of Sulfur Oxidation and nutrients availability, was conducted a factorial splite plot experiment with statistical compelately randomized Blocks design. Effect of two moisture levels [%60FC(M1) and %90FC(M2)], two temperature levels (25°C and 36°C), incubation period and four sulfur levels (S0=0, S1=500, S2=1000 and S3=2000kg/ha) were investigated on a paddy soil of Gilan. In the first experiment, Soils were incubated at 25°C for 6 periods (30, 60, 90, 120, 180 and 270 days) and in the second, soils were incubated at 36°C for 3 periods (14, 28 and 42 days). pH, EC, available P, Fe, zn, Mn, soluble SO_4^{2-} and Sulfur Oxidation rate were measured. The main effect of sulfur amounts and their interaction with moisture was not significant on available P and Sulfur Oxidation rate. Also moisture and incubation period interaction was not significant on Mn but main and interaction effects of variables were significant on the others measured attributes. Increasing of moisture, increased the amounts of EC, solution SO_4^{2-}, P, Fe, Zn and decreased pH and available Mn. Sulfur application increased EC, solution SO_4^{2-}, the availability of Fe, Zn and Mn and caused by decrement in pH but did not have significant effect on available Phosphure. Maximum concentration of Fe, Mn and Zn observed by application of 1000 kg/ha which maximum amount of SO_4^{2-} accrued with 2000 kg/ha sulfu. Maximum of available Fe and Mn were occurred on 60 incubation days, P and Zn on 90 incubation days. Maximum Sulfur Oxidatin rate was occured after 14 incubation days in 36°C. Totally, Sulfur application and moisture decreased pH and caused increasing in EC, SO_4^{2-} and available Fe, Zn and Mn.

Keywords: Incubation Period, Iron, pH, Sulfate, Zinc

* Corresponding author, Email: nmontajabi@yahoo.com