Archive of SID

ارزیابی توان اکسایش گوگرد توسط میکروارگانیسمهای هتروتروف در خاکهای مختلف

آرمین کریمی نیا، محمود شعبانپور شهرستانی[1*]

چکیده

در اکثر خاکهای ایران پ هاش بالا ، مانع جذب کافی برخی عناصر غذایی بوسیله گیاهان می شود. افزایش گوگرد به خاک و اکسیداسیون آن می تواند باعث کاهش پ هاش و رفع مشکل فوق گردد. به طور معمول اکسیداسیون گوگرد در خاک بسیار کند است. فعالیت میکروارگانیسمهای اکسید کننده گوگرد باعث تسریع اکسیداسیون گوگرد و کاهش پ هاش خاک می شود. طیف وسیعی از میکروارگانیسمها قادر به اکسیداسیون گوگرد در محیط هستند. برخی محققین بر این عقیده‌اند که نقش گونه های هتروتروف در اکسایش گوگرد اضافه شده به خاک از انواع اتوتروف مهمتر است. هدف از این آزمایش ارزیابی پتانسیل میکروارگانیسمهای هتروتروف در اکسایش گوگرد عنصری و کاهش pH چند نوع خاک با ویژگیهای متفاوت است . به این منظورخاکهای با مقادیر مختلف مواد خنثی کننده و موادآلی از زمینهای کشاورزی استان گیلان جمع آوری و پس از عبور از الک دو میلیمتری در ظرفهای یک کیلوگرمی ریخته شدند. در طول آزمایش، رطوبت خاکها درحدود ٦٠ درصد ظرفیت مزرعه و درجه حرارت بین ۳۰-۲۰ درجهٔ سانتیگراد نگاه داشته شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل گوگرد، ماده آلی(گلوکز)، نوع خاک و زمان بود. گوگرد در سه سطح S_0 (بدون گوگرد)، S_1 (۰/۲ درصد) و S_2 (۰/٤ درصد) و گلوکز در دو سطح G_0 (بدون گلوکز) و G_1 (۱/۵ درصد) به کار رفت. آزمایش روی پنج نوع خاک مختلف انجام شد ، اندازه گیری پ هاش خاک در چهار مرحله زمانی و هدایت الکتریکی خاک در دو مرحله صورت گرفت. نتایج نشان داد که افزایش گوگرد عنصری بدون گلوکز در مدت ۸۰ روز ، باعث کاهش پ هاش برخی خاکهای مورد آزمایش تا ۰/۲ واحد شده است. افزایش گلوکز همراه گوگرد به خاکهای ۳ و ٤ باعث کاهش معنی دار پ هاش نسبت به تیمارهای مشابه بدون گلوکز گردیده است، در حالیکه در خاکهای ۵، ۲ و ۱ تأثیری بر کاهش پ هاش نداشته است. در تمام خاکها، تیمارهای حاوی گوگرد در مقایسه با تیمارهای حاوی گوگرد و گلوکز، هدایت الکتریکی بیشتری داشتند. این تحقیق نشان داد که در برخی خاکها با افزودن گوگرد عنصری به میزان ۰/۲ درصد پ هاش خاک کاهش مییابد ؛ در حالیکه برخی دیگر علاوه بر آن به مواد آلی نیز نیاز دارند.

واژه‌های کلیدی: گوگرد، pH، اکسیداسیون

مقدمه

گوگرد یکی از عناصر ضروری تمام شکلهای حیات است و به صورتهای جامد، محلول، و گاز در سطح وسیعی از کره زمین یافت می‌شود. پوستهٔ زمین دارای ۰/۰٦ درصد گوگرد است که بیشتر به صورت کانیهای گوگردی فلزات مختلف می‌باشد. از نظر مقدار درطبیعت،گوگرد در ردیف ششم عناصر موجود در پوستهٔ زمین قرار می‌گیرد (Forester، ۱۹۹۵؛ Killham، ۱۹۸٤؛ Trudinger، ۱۹۸٦).

در خاک، گوگرد عنصری، سولفیدها و تعداد دیگری از ترکیبات معدنی گوگرد، به وسیله فرآیندهای

---

[1] – به ترتیب مربی و استادیار دانشگاه گیلان

* – وصول: ۸۰/۹/۱٤ و تصویب: ۸۱/۳/۲۳

www.SID.ir

Archive of SID

شیمیایی به مقدار جزیی، اکسیده میشوند. Nor و Tabatabai، (۱۹۷۷) گزارش کردند که اکسایش گوگرد در خاکهای اتوکلاو شده هم به وقوع می‌پیوندد، ولی این فرآیند شیمیایی نسبت به اکسایش گوگرد توسط میکروبها اهمیت کمتری دارد. مهمترین عامل کنترل کننده اکسایش گوگرد در خاک، میزان و فعالیت بیوماس میکروبی میباشد (Lawrence و germida، ۱۹۸۸). همه شکلهای گوگرد، حتی گوگرد عنصری که حلالیت آن بسیار کم است، توسط میکروارگانیسمها اکسیده میشوند (Watkinson و همکاران، ۱۹۸۷). طیف وسیعی از میکروارگانیسمها قادر به اکسایش گوگرد در خاک هستند که شامل باکتریهای گوگردی بی‌رنگ[1]، هتروتروفها و باکتریهای فتوسنتز کننده گوگردی میباشند (Wainwright، ۱۹۸٤) باکتریهای گوگردی بیرنگ از گروه باکتریهای شیمیولیتوتروف هوازی هستند. از خصوصیات مهم این باکتریها این است که در آنها هیچ گونه رنگدانه فتوسنتزی دیده نمی شود و از نیترات یا اکسیژن به عنوان پذیرنده نهایی الکترون استفاده می کنند (Holt و همکاران، ۱۹۹٤). به عنوان مهمترین انواع این باکتریها میتوان *تیوباسیلوس*ها[2] را نام برد (Kuenen، ۱۹۷۵ و ۱۹۸۹). *تیوباسیلوس*ها باکتریهای شیمیواوتوتروف اجباری[3] و یا اختیاری[4] هستند که در اکوسیستم خاک پراکنش وسیعی دارند (Tate، ۱۹۹۵). تاکنون بیست گونه از این جنس تشخیص داده شده است (کریمی نیا، ۱۳۷٦؛ Drobner و همکاران، ۱۹۹۲؛ Hallberg و Lindstrom، ۱۹۹٤). اکسیداسیون گوگرد خاک به وسیله *تیوباسیلوس*ها توسط مجموعه‌ای از گونه‌های این جنس انجام میشود که محصول عمل هرگونه ، ممکن است سوبسترای گونهٔ دیگری باشد (Killham، ۱۹۸٤). بعلاوه هر گونه ای از این جنس می‌تواند طیف خاصی از مواد گوگردی را اکسیده نماید. برای مثال همه گونه ها و یا سویه های درون یک گونه معین قادر به اکسایش گوگرد عنصری نمی باشند (Tate، ۱۹۹۵). دلایل اصلی برای نسبت دادن نقش غالب اکسایش گوگرد به *تیوباسیلوس* ها عبارت است از: الف ـ این باکتریها ترکیبات احیا شده گوگرد را اکسیده می کنند و این مسیر تنها راه (و گاهی راه ترجیحی) کسب انرژی آنها است. ب ـ گر چه تعداد آنها در خاک کم است ولی با افزودن گوگرد تعداد آنها افزایش می یابد و این افزایش با ازدیاد تولید سولفات مطابقت دارد. ج ـ تلقیح خاک با *تیوباسیلوس* ،باعث افزایش این موجودات و در نتیجه افزایش اکسایش گوگرد می شود(Wainwright، ۱۹۸٤).

تعداد زیادی از میکروارگانیسمهای هتروتروف در اکسایش گوگرد نقش دارند(Kuenen، ۱۹۸۹؛ Lawrence و Germida، ۱۹۸۸؛ Pepper و Miller، ۱۹۷۸؛ Tate، ۱۹۹۵) برای مثال *آسپرژیلوس نیژر*[5]، *موکور فلاووس*[6]، *تریکودرما هارزیانوم*[7]، *فوزاریم سولانی*[8] (Wainwright و Killham، ۱۹۸۰)، گونه های جنس *استرپتومیسس* (Yagi و همکاران، ۱۹۷۱) و *اورئوبازیدیوم پولولانس*[9] (Killham و همکاران، ۱۹۸۱) این قدرت را دارند. از آنجائیکه میکروارگانیسمهای هتروتروف از کربن آلی به عنوان منبع کربن و انرژی استفاده می‌کنند و از طرف دیگر معمولاً ترکیبات اکسیده شده گوگرد پس از رشد فعال سلول، درون آن تجمع می‌یابند، نقش هتروتروفها در اکسایش گوگرد موجود در اکوسیستم خاک زیر سؤال است (Tate، ۱۹۹۵). البته شواهد غیر مستقیم نشان می‌دهد که هتروتروفها در اکسایش گوگرد نقش دارند. مثلاً در خاکی که *تیوباسیلوس* از آن جدا نشده بود، اکسایش گوگرد مشاهده شد. به هر حال ممکن است تحت شرایط خاصی نقش هتروتروفها مهمتر از شیمیواتوتروفها باشد (Konopka و همکاران، ۱۹۸٦). باکتریهای فتوتروف در اکسیداسیون ترکیبات احیا شده گوگردی تحت شرایط بی هوازی دریاها، دریاچه‌ها، حوضچه ها، استخرها و رسوبات موجود در کف استخرها نقش قابل توجهی دارند ولی نقش آنها در اکسیداسیون گوگرد عنصری در خاک قابل توجه نیست (Brune، ۱۹۸۹). به طور کلی در خاکهای غیر اشباع، باکتریهای جنس *تیوباسیلوس* و میکروارگانیسمهای هتروتروف و در خاکهای زراعی غرقاب میکروارگانیسمهای آبزی مثل *بژیاتوا* نقش مهمتری در اکسایش گوگرد دارند (Tate، ۱۹۹۵).

به نظر می‌رسد که میکروارگانیسمها در اکسایش گوگرد با یکدیگر همکاری متقابلی داشته باشند. ویتولین و ساوبی (۱۹٦۹) پیشنهاد کردند که در فرآیند این اکسایش، میکروارگانیسمها به صورت متوالی نقش دارند، بدین ترتیب که در پ هاش ٦ تا ۷/۵ هتروتروفها نقش اساسی دارند، در پ هاش ۵ تا ٦ ، *تیوباسیلوس* های خنثی دوست

---

[1] Colorless Sulfur Bacteria
[2] Thiobacillus
[3] Obligately Chemoautotroph
[4] Facultative Chemoautotroph
[5] Aspergillus niger
[6] Mucor flavous
[7] Trichoderma harzianum
[8] Fusarium solani
[9] Aureobasidium pullulans

www.SID.ir

Archive of SID

مانند *تیوباسیلوس تیوپاروس*[1] و در پ هاش کمتر از ۵ تیوباسیلوس های اسید دوست مانند *تیوباسیلوس تیواکسیدانس*[2] نقش اساسی دارند. از طرف دیگر رشد شیمیولیتوتروفهای اکسید کننده گوگرد، تولید فرآورده هایی مانند استات و پیروات می کند که برای خود این موجودات مضر است، این فرآورده ها توسط هتروتروفها مصرف می شوند. چنین حالت سینرژیسم یا همکاری[3] بین اکسید کننده های گوگرد در محیط کشت جامد نیز گزارش شده است (Wainwringht، ۱۹۸٤). شواهد مربوط به این امر که با افزودن مواد آلی به خاک میزان اکسایش گوگرد افزایش می یابد، متناقض است (Lawrence و Germida، ۱۹۹۱؛ Pepper و Miller، ۱۹۷۸؛ Tate، ۱۹۹۵؛ Wainwright، ۱۹۸٤؛ Wainwright و همکاران، ۱۹۸٦).

میزان کم مواد آلی در اکثر خاکها و نیاز هتروتروفهای اکسید کننده گوگرد به این مواد، به عنوان منبع کربن و انرژی موجب شده است که اضافه کردن مواد آلی همراه با گوگرد، برای افزایش اکسایش گوگرد و کاهش بیشتر پ هاش توصیه شود. هدف این تحقیق، مشخص نمودن توان میکروارگانیسمهای هتروتروف در کمک به تسریع فرایند اکسایش گوگرد و کاهش pH خاک است. به این منظور از گلوکز به عنوان قابل استفاده ترین منبع کربن و انرژی برای انواع هتروتروف ،استفاده شده است. بعلاوه، از آنجاکه نوع و جمعیت این میکروارگانیسمها در خاکهای مختلف، بسیار متفاوت است، ارزیابی توان آنها در پنج نوع خاک با ویژگیهای مختلف صورت گرفته است.

مواد و روشها

برای انجام این بررسی خاکهای مختلف با این هدف که مقدار مواد آلی و درصد مواد خنثی کننده (کربنات کلسیم معادل) آنها متفاوت باشد از نقاط مختلف استان گیلان و از عمق ۲۰-۰ سانتیمتری جمع آوری شدند. پنج نمونه خاک که دارای خصوصیات مورد نظر بودند، انتخاب و مشخصات فیزیکوشیمیایی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه خاکها در جدول ۱ نشان داده شده است.

بعد از انتخاب خاکها، اقدام به نمونه برداری مجدد از آنها شد تا بتوان از خاکهای تازه (و نه از خاکهای هواخشک) جهت آزمایش استفاده کرد. با این عمل از کاهش تعداد میکروارگانیسمهای خاک به علت هواخشک شدن نمونه‌ها جلوگیری می شود. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خاکها از الک دو میلیمتری عبور داده شدند و با محاسبه میزان رطوبت خاک، معادل مقدار ۳۰۰ گرم خاک خشک در ظروف پلاستیکی یک کیلوگرمی درب دار ریخته شد. در طول آزمایش، درب ظروف روی آنها قرار می‌گرفت تا علاوه بر جلوگیری از افت رطوبت، از ورود میکروارگانیسمهای موجود در هوا، به داخل ظرف پیشگیری شود. از طرف دیگر دربها تا حدی بسته می‌شدند که مانع تهویه نگردند.

بررسی در شرایط آزمایشگاهی به صورت فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل گوگرد، ماده آلی، نوع خاک و زمان بود؛ گوگرد در سه سطح S_0 (بدون گوگرد)، S_1 (۰/۲ درصد) و S_2 (۰/٤ درصد) و گلوکز در دو سطح G_0 (بدون گلوکز) و G_1 (۱/۵ درصد) به کار رفت. آزمایش روی پنج نوع خاک مختلف انجام شد. از گل گوگرد[4] (با قطر ذرات کمتر از ۰/۱ میلی متر) به عنوان منبع گوگرد استفاده شد. بعد از افزودن گوگرد و گلوکز به ظرفها، این مواد کاملاً با خاک مخلوط شدند. در طول آزمایش مقدار رطوبت تمام نمونه‌ها در حدود ٦۰ درصد ظرفیت مزرعه و درجه حرارت بین ۳۰-۲۰ درجه سانتیگراد نگه داشته شد. رطوبت هر ظرف سه بار در هفته کنترل میشد؛ بدین ترتیب که با توزین ظروف، رطوبت لازم برای رسیدن به ٦۰ درصد ظرفیت مزرعه ، به نمونه افزوده می‌شد. بعد از افزودن مقدار آب مقطر لازم، نمونه خاک با قاشق استریل به طور یکنواخت مخلوط می‌گردید.

پ هاش خاکها در نسبت ۲:۱ خاک و کلرورکلسیم ۰/۰۱ مولار در چهار مرحله زمانی (۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ روز پس از شروع آزمایش) و هدایت الکتریکی آن در نسبت ۲:۱ آب به خاک در دو مرحلهٔ زمانی (۲۰ روز و انتهای آزمایش) اندازه گیری گردید. مقایسه میانگینها به روش دانکن و در سطح معنی داری ۵ درصد صورت گرفت. محاسبات آماری شامل آنالیز واریانس و مقایسه میانگینها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس پ هاش در جدول ۲ و نمودار تغییرات pH در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، تأثیر نوع خاک (فاکتور A) بر پ هاش بسیار معنی دار است که نشانگر تفاوت رفتار خاکها می‌باشد. مقایسه میانگین اثرات اصلی نوع خاک نیز موید پاسخ متفاوت خاکها است (جدول۳- ب). تأثیر

[1] Thiobacillus thioparus

[2] Thiobacillus thiooxidans

[3] Synergism

[4] Sulfur Flower

www.SID.ir

Archive of SID

زمان (فاکتور B) بـر تغییـرات پ هـاش معنـی دار نبـوده است. مقایسه میانگینهای پ هاش خاک در مجمـوع چهـار زمان اندازه‌گیری نیز تفاوت معنی‌داری را نـشان نمـی‌دهـد (جـدول۳- الـف). گـوگرد (فـاکتور C) تـأثیر بـسیار معنی‌داری بر تغییرات پ هاش خاکها داشته است. مقایـسه میانگینها نشان مـی‌دهـد کـه میـانگین پ هـاش خـاک در سطوح مختلف گوگرد با هم متفاوت است (جدول۳- ت) و این تفاوت حتی در در سـطح ۱ درصـد معنـی‌دار اسـت (جدول ۲). Rupela و Taura (۱۹۷۳). مـشاهده کردنـد در خاکی که پ‌هـاش اولیـه آن ۸/٦ بـود، بـا افـزودن یـک درصد گوگرد عنصری و گذشت ۵۰ روز پ هـاش آن بـه ۵/٦ ، کاهش یافته است. آنها علت ایـن کـاهش را فعالیـت باکتریهـای جـنس تیوباسـیلوس عنـوان نمودنـد. برخـی گزارشها بیانگر آن است که افزایش گوگرد عنصری، تـأثیر چندانی بر تولید سولفات قابل جذب گیاهان ندارد که علت آن احتمـالاً کـم بـودن فعالیـت میکروبـی خـاک اسـت (Nicolson، ۱۹۷۰). افزودن ۲ g s^{O}/ m^{3} به یک خاک لومی شنی با پ هاش ٦/۲ در طی ۵۲ هفته باعـث کـاهش پ هاش به اندازه ۲/۵ واحد شد (Wainwright، ۱۹۸٤). البته اکسایش گوگرد در خاک ممکن است به علت ظرفیت بافری بالای خاکهای آهکی به آهستگی صورت گیرد. ایـن امر حتی با افزودن ۲/۵ درصد گوگرد به خاک نیـز مـشهود بـوده اسـت (Lawrence و Germida، ۱۹۸۸). گـوگرد در مقادیر کمتر از ۵ درصد وزنی را مـی‌تـوان بـه خاکهـای آهکی محتوی ۳۰ درصد وزنی کربنات کلسیم اضافه کـرد، بـدون اینکـه تـأثیر سـوئی بـر رشـد گیـاه داشـته باشد(Wainwright، ۱۹۸٤). مقدار گوگردی که معمـولاً برای اصلاح خاکها به کار می‌رود ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلـوگرم در هکتار است (Wainwright، ۱۹۸٤).

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاکهای مورد آزمایش

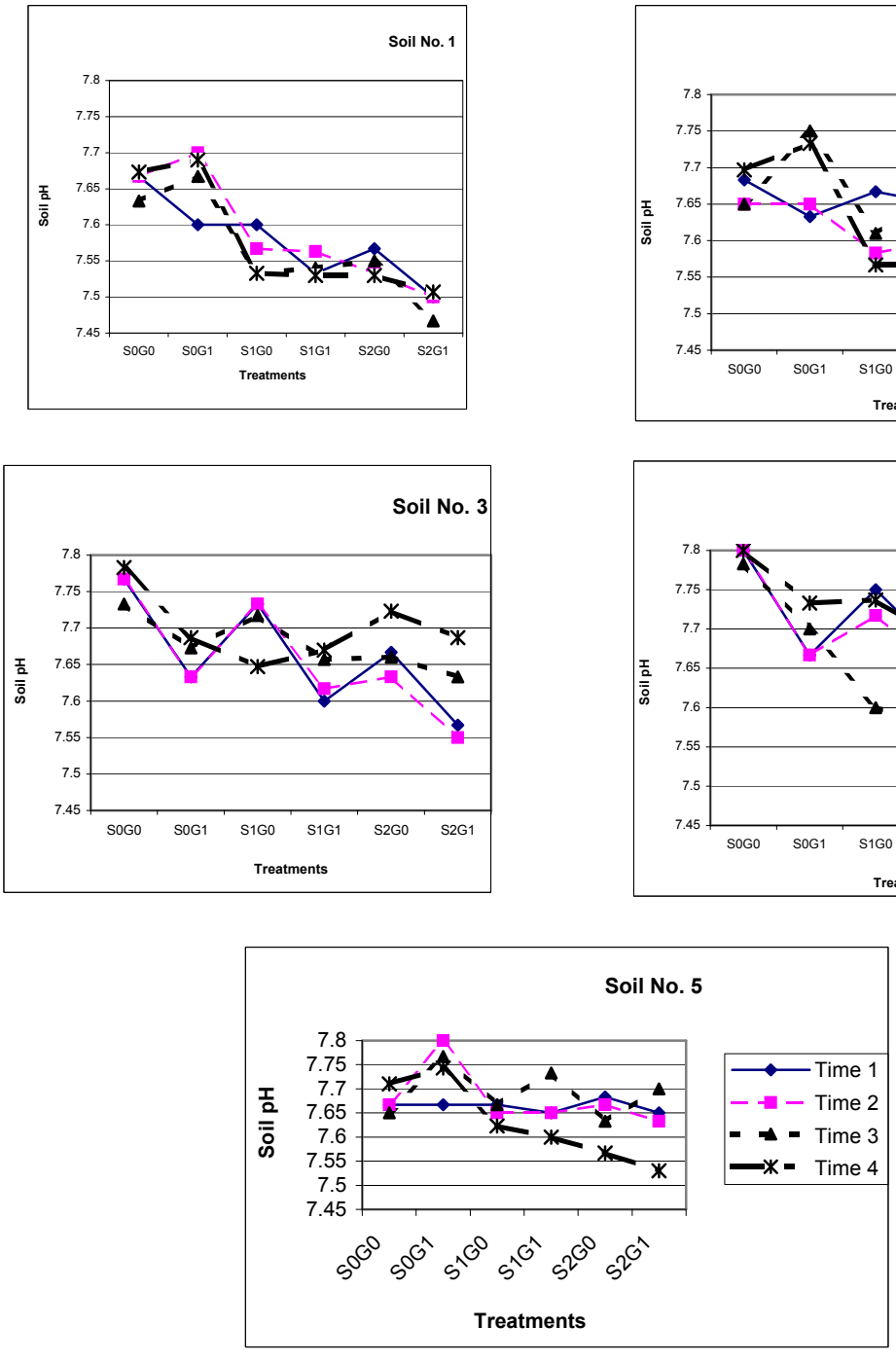
محل نمونه برداری	CEC Cmol(+)/kg	EC dS/m	PH_s	TNV %	OC %	N %	P $mg.kg^{-1}$	K $mg.kg^{-1}$	بافت خاک	FC %
۱ روبروی شهرک صنعتی لوشان	۲٤/۹٦	۲/۰۲	۷/۸	۱٤/۷۵	۱/۵	۰/۱۰٤	۰/٦۷	٤۰۱	لوم رسی	۲۷/۸٦
۲ شیر کوه ـ رحمت آباد	۳۷/۳۲	۰/٤۳	۷/۹	٤/۵	۰/۵۸	۰/۰۷۳	۰/۳۹	۱۷۲	لوم	۲۹/٤۲
۳ رستم آباد ـ پشته	۳۷/۹٦	۰/۷۳	۷/۷	۱٤/۷۵	۰/۷۲	۰/۰۷۹	۰/٦۹	۳۲۱	لوم رسی	۲۹/۳
٤ رستم آباد ـ جوبن	٤۱/۵٦	۰/۸۳	۸/۱	۱۱/۵	۰/۳۳	۰/۰۳۹	۰/٤	۲۰۸	لوم	۲۷/۷٦
۵ کیاشهر ـ جایگاه کاج جنگلی	٤۸/٦	۰/٦٤	۷/۹	۱۱/۳	۰/٦٦	۰/۰٦۸	۰/٦	۲۰۸	لوم سیلتی	۲۲/۳

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس پ هاش خاکها

ردیف	منبع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F	Prob.
۱	نوع خاک (A)	٤	۰/۵۰۱	۰/۱۲۵	۱۲/۳٦۸۱	۰/۰۰۰۰
۲	زمان(B)	۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰٤	۰/۳۷۹۳	
۳	AB	۱۲	۰/۱۷۸	۰/۰۱۵	۱/٤٦۲۸	۰/۱۳۹۰
٤	گوگرد(c)	۲	۰/۵۹۵	۰/۲۹۷	۲۹/۳۷۳۵	۰/۰۰۰۰
۵	AC	۸	۰/۰۸٤	۰/۰۱۱	۱/۰٤۱۳	۰/٤۰۵٦
٦	BC	٦	۰/۰۸۸	۰/۰۱۵	۱/٤٤۷۱	۰/۱۹۷٤
۷	ABC	۲٤	۰/۱٦٤	۰/۰۰۷	۰/٦۷٦٤	
۸	گلوکز (D)	۱	۰/۰۵٦	۰/۰۵٦	۵/۵۳۲۹	۰/۰۱۹۵
۹	AD	٤	۰/۱۳۸	۰/۰۳۵	۳/٤۱۸۵	۰/۰۰۹۷
۱۰	BD	۳	۰/۰۵۸	۰/۰۱۹	۱/۹۰۰۸	۰/۱۳۰۱
۱۱	ABD	۱۲	۰/۰۳٦	۰/۰۰۳	۰/۲۹۵۰	
۱۲	CD	۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱٦۲	
۱۳	ACD	۸	۰/۰٦۲	۰/۰۰۸	۰/۷۷۱۵	
۱٤	BCD	٦	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۱٤۸۰	
۱۵	ABCD	۲٤	۰/۰۲۷	۰/۰۰۱	۰/۱۱۰٤	
۱٦	خطا	۲٤۰	۲/٤۲۹	۰/۰۱۰		
	جمع	۳۵۹	٤/٤۳۷			
			CV=٪۱/۳۲			

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نمودار تغییرات pH در پنج نمونه خاک تحت تاثیر تیمارها در چهار زمان مختلف

بر اساس جدول تجزیه واریانس ۲، اثر متقابل AC معنی‌دار نیست. یعنی در مجموع ، افزایش گوگرد در خاکهای مختلف تأثیر مشابهی در کاهش پ هاش داشته است.در عین حال، جدول مقایسه میانگینها اثرات متقابل AC در مورد هر یک از خاکها را نشان می‌دهد که در خاکهای ۱، ۲ و ٤ با افزایش گوگرد در سطح اول نسبت به شاهد، میانگین پ هاش کاهش داشته اما افزایش گوگرد در سطح دوم نسبت به سطح اول، تأثیر معنی داری بر پ هاش نداشته است (جدول ۳ – ج). کریمی نیا (۱۳۷٦) در آزمایشی روی دو خاک حاوی ۱۲ و ٤ درصد آهک نتیجه گرفت که افزایش گوگرد به خاک ،به میزان ۰/۵ و ۱ درصد تأثیر مشابهی بر کاهش پ هاش خاک دارد. نتایج آزمایشهای دیگر، نشان می‌دهد که در یک فصل زراعی با افزایش گوگرد به خاک، جمعیت میکروارگانیسمهای اکسیدکننده گوگرد، افزایش می‌یابد و این افزایش باعث افزایش اکسیداسیون گوگرد در فصول بعد می‌شود

www.SID.ir

Archive of SID

(Lawrence و همکـاران، ۱۹۸۸). در خـاک شـماره ۳، سطح اول گوگرد نسبت به شـاهد و سـطح دوم نـسبت بـه سطح اول تغییر معنی‌داری نداشته است اما بـین سـطح دوم گوگرد و شاهد، کاهش معنی‌دار میانگین پ هاش مـشاهده می‌شود.

از آنجاکه دو خاک ۱ و ۳ دارای مواد خنثی کننده یکسانی هستند، این امرمـی توانـد بـه بیـشتر بـودن CEC خاک سوم نسبت به خاک اول مربوط باشد. اثـرات متقابـل BC و ABC معنی دار نیست (جدول ۲) که نشان می‌دهد در کل تیمارها، تغییـر میـانگین پ هـاش در اثـر افـزایش گوگرد تحت تأثیر زمان یا نوع خـاک نمـی باشـد. مقایـسه میانگینها بین سطوح گوگرد و زمان،نشانگر این است که در زمان اول، سطوح مختلف گوگرد تأثیر معنی داری بر تغییـر پ‌هاش نداشته است. در زمانهـای بعـدی افـزایش گـوگرد نسبت به شاهد، باعث کاهش معنـی‌دار میـانگین پ هـاش گردیده است (جدول ۳ – ث).

افزودن گلوکز (فاکتور D) تـأثیر معنـی داری (در سطح ۵ درصد) بر تغییر پ هاش داشته است (جـدول ۲). مقایسه میانگین کلیه تیمارها نیز نشان می‌دهد کـه افـزایش این ماده، میانگین پ هاش رابطور معنی داری، کاهش داده است (جـدول ۳ – پ). اثـر متقابـل AD نیـز در سـطح ۱ درصد معنی دار است (جدول ۲) که نـشان مـی‌دهـد تـأثیر گلوکز بر پ هاش خاک تابع نوع خاک است در این رابطـه احتمالاً مهمترین خصوصیت خاک جمعیـت هتروتروفهـای اکسیدکننده گوگرد، مقدار ماده آلی خاک، CEC و درصـد مواد خنثی کننده خاک است. با مقایسه میانگینها (جـدول – ح)، مشاهده می‌شود که افزایش ماده آلی در خاکهـای ۱، ۲ و ۵ تـأثیر معنـی‌داری بـر پ هـاش نداشـته اسـت؛ امـا در خاکهای ۳ و ٤ میانگین پ هاش، با کاربرد ماده آلی کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد. کاهش پ هاش خاک ٤، بر اثر افزایش گلوکز به دلیل اینکه این خاک کمترین مقـدار مـاده آلی را دارد منطقی به نظر می‌رسد. همـانطور کـه مـشاهده می‌شود، افزایش مـاده آلـی بـه خـاک، اثـرات مختلفـی بـر پ‌هاش داشته است. برخی مشاهدات نـشان مـی‌دهـد کـه افزودن مـاده آلـی بـه خـاک، باعـث افـزایش اکـسیداسیون گوگرد می‌شـود (Janzen و Bettany، ۱۹۸۷). لیـپمن و همکاران، دریافتند که اکسایش گوگرد ، در خاکهای غنی از مواد آلی بیشتر است. براون و کلوگ متوجه شدند که مـواد آلی، کود دامی و کـود سـبز، باعـث افـزایش اکـسیداسیون گـوگرد مـی‌شود (Kanopka و همکـاران، ۱۹۸٦). اثـر متقابل BD معنی دار نیست که نشان می‌دهد اثر مـاده آلـی بر تغییر پ هاش تحت تأثیر زمان قرار نمـی‌گیـرد. در ایـن رابطه، مقایسه میانگینها نشان می‌دهد که فقط در زمـان اول افزایش مواد آلی، باعث کـاهش معنـی‌دار پ هـاش خـاک شده است و در دیگـر زمانهـا افـزایش مـاده آلـی یـا عـدم افزایش آن تأثیر معنی‌داری بـر میـانگین پ هـاش نداشـته است (جدول ۳ – چ). اثر متقابل CD معنی دار نیست، که بیانگر این موضوع است که تأثیر گلوکز در تغییر پ هـاش رابطه‌ای با مقدار گوگرد اضافه شده به خاک ندارد (جـدول ۳ – خ) نتیجه اینکه ، هر چند گلوکز بـه عنـوان مـاده آلـی محرک رشد میکرو ارگانیسمهای هتروتروف می‌تواند بطور موقت موجب کاهش پ هاش خاک شود ولی با توجـه بـه اثرات متقابل آن با سطوح مختلف گوگرد، اثر معنی‌داری بر اکسایش گوگرد ایجاد نمی‌کند.

نتایج تجزیه واریانس EC در تیمارهای مختلـف در جدول ٤ و نمودار تغییر EC در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، افزایش گلـوکز، تـأثیر معنی داری برEC خاک ندارد. نوع خاک، زمـان و افـزایش گوگرد تأثیر معنـی داری بـر تغییـر EC خـاک دارد و اثـر متقابل بین همه فاکتورها نیز، در سـطح ۱ درصـد معنـی‌دار است. مقایسه میانگینهـا نـشان مـی‌دهـد کـه میـانگین EC نمونه‌های خاک با هم متفاوت است. خاک ۱ بیشترین EC را دارد و پس از آن به ترتیـب خاکهـای ۵، ٤، ۲ و ۳ قـرار دارند (جدول ۵ – الف). مقایـسه میـانگین EC در ابتـدا و انتهای آزمایش نشانگر افزایش ECخاک در پایان آزمـایش است. دربارهٔ اثر متقابل AC مقایسه میانگینها نشان می‌دهد که در همه خاکها با افزایش سـطوح گـوگرد، EC افـزایش می یابد (جدول ۵ – پ). همچنین مقایسه میانگینها دربـارهٔ اثر متقابل BC نـشانگر ایـن موضـوع اسـت کـه در اولـین اندازه‌گیری افزایش گوگرد در سطح اول نـسبت بـه شـاهد تغییر معنـی‌داری در میـانگین EC خـاک نـداده اسـت امـا افزایش گوگرد در سطح دوم باعث تغییر معنی دار میـانگین EC شده است. در پایان آزمایش سطح اول گوگرد نـسبت به شاهد و سطح دوم گوگرد نـسبت بـه سـطح اول باعـث تغییر معنی دار میـانگین EC شـده انـد (جـدول ۵ – ب). درباره اثر متقابل BD مقایسه میانگینهـا نـشان میدهـد کـه افزایش ماده آلی (نسبت به تیمارهای مشابه ولی بدون ماده آلی) در اولین زمان اندازه گیری باعـث افـزایش EC و در پایان آزمایش باعث کاهش EC شـده اسـت (جـدول ۵ – ت). به هر حال در پایان آزمایش تیمارهای حاوی گـوگرد در مقایسه با تیمارهای حاوی گوگرد و مـاده آلـی هـدایت الکتریکی بیشتری داشتند. همچنین افـزایش EC در سـطح دوم گوگرد نسبت به دو سطح دیگر بیشتر بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات فاکتورهای مورد بررسی بر پ هاش خاک در سطح ۵ درصد.

B1	7.654	A	ب- اثر زمان	B1	7.654	A	الف – اثر زمان
B2	7.648	A		B2	7.648	A	
B3	7.641	A		B3	7.641	A	
B4	7.640	A		B4	7.640	A	
C1	7.701	A		D1	7.658	A	
C2	7.633	B		D2	7.633	B	
C3	7.604	C					
A1C1	7.662	BCD		B1C1	7.678	ABC	
A1C2	7.550	E		B1C2	7.652	BCD	
A1C3	7.519	E		B1C3	7.632	CDE	
A2C1	7.681	BC		B2C2	7.700	AB	
A2C2	7.612	D	ت – اثر تیمار	B2C2	7.633	CDE	
A2C3	7.615	CD	گوگردی	B2C3	7.612	DE	پ – اثر گلوکز
A3C1	7.710	AB		B3C1	7.701	AB	
A3C2	7.672	BCD		B3C2	7.930	CDE	
A3C3	7.640	CD		B3C3	7.593	E	
A4C1	7.744	A		B4C1	7.725	A	
A4C2	7.674	BCD		B4C2	7.616	DE	
A4C3	7.613	D		B4C3	7.580	E	
A5C1	7.709	AB					
A5C2	7.655	BCD					
A5C3	7.633	CD					
A1D1	7.588	CD		B1D1	7.684	A	
A1D2	7.566	D		B1D2	7.624	B	
A2D1	7.631	BC		B2D1	7.664	AB	
A2D2	7.642	B		B2D2	7.632	B	ج – اثرات متقابل زمان و سطح گلوکز
A3D1	7.714	A		B3D1	7.637	B	
A3D2	7.634	BC		B3D2	7.646	AB	
A4D1	7.706	A		B4D1	7.648	AB	
A4D2	7.648	B	ح – اثرات متقابل	B4D1	7.648	AB	
A5D1	7.654	B	نوع خاک و سطح	B4D2	7.632	B	
A5D2	7.677	AB	گلوکز				
				C1D1	7.712	A	
				C1D2	7.690	A	خ – اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد و گلوکز
				C2D1	7.645	B	
				C2D2	7.620	BC	
				C3D1	7.618	BC	
				C3D2	7.590	C	

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- نتایج آنالیز واریانس هدایت الکتریکی خاکها

ردیف	منبع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	F	Prob.
۱	نوع خاک (A)	٤	۸/۷٦۹	۲/۱۹۲	۵۰۱/۵۱۵۱	۰/۰۰۰۰
۲	زمان(B)	۱	۰/۷۳۲	۰/۷۳۲	۱٦۷/۵۰۱۸	۰/۰۰۰۰
۳	AB	٤	۰/۸۷٦	۰/۲۱۹	۵۰/۰۸۲۵	۰/۰۰۰۰
٤	گوگرد(c)	۲	۷/۲۱۳	۳/٦۰۷	۸۲۵/۰۸۲٤	۰/۰۰۰۰
۵	Ac	۸	۰/۷۰۳	۰/۰۸۸	۲۰/۱۱٤۵	۰/۰۰۰۰
٦	BC	۲	٤/۵٤۲	۲/۲۷۱	۵۱۹/۵۲٦۷	۰/۰۰۰۰
۷	ABC	۸	۰/۳٤۳	۰/۰٤۳	۹/۸۲۰٦	۰/۰۰۰۰
۸	گلوکز(D)	۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۲/۳۵۰۸	۰/۱۲۷۹
۹	AD	٤	۰/۷۵۲	۰/۱۸۸	٤۳/۰۱۱۱	۰/۰۰۰۰
۱۰	BD	۱	۱/۱٤۹	۱/۱٤۹	۲٦۲/۸۱۷۰	۰/۰۰۰۰
۱۱	ABD	٤	۰/۵۰۹	۰/۱۲۷	۲۹/۱۱٤۰	۰/۰۰۰۰
۱۲	CD	۲	۰/۲۰٤	۰/۱۰۲	۲۳/۳۲۹٤	۰/۰۰۰۰
۱۳	ACD	۸	۰/۱۱۹	۰/۰۱۵	۳/٤۱٦۸	۰/۰۰۱٤
۱٤	BCD	۲	۰/۱٦۵	۰/۰۸۲	۱۸/۸۳٦۳	۰/۰۰۰۰
۱۵	ABCD	۸	۰/۱۰۳	۰/۰۱۳	۲/۹۵۰۷	۰/۰۰٤۸
۱٦	خطا	۱۲۰	۰/۵۲۵	۰/۰۰٤		
	جمع	۱۷۹	۲٦/۷۱٤			
	CV=٪۹/۷۲					

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات فاکتورهای مورد بررسی بر هدایت الکتریکی خاک (بر حسب dS/m) در سطح ۵ درصد.

الف – نوع خاک

A1	1.079	A
A2	0.529	D
A3	0.436	E
A4	0.647	C
A5	0.710	B

ب – زمان و میزان گوگرد

B1C1	0.576	D
B1C2	0.596	D
B1C3	0.678	C
B2C1	0.296	E
B2C2	0.762	B
B2C3	1.174	A

پ – نوع خاک و میزان گوگرد

A1C1	0.822	D
A1C2	1.090	B
A1C3	1.326	A
A2C1	0.357	J
A2C2	0.523	H
A2C3	0.708	E
A3C1	0.263	K
A3C2	0.454	I
A3C3	0.591	G
A4C1	0.381	J
A4C2	0.653	F
A4C3	0.907	C
A5C1	0.357	J
A5C2	0.673	EF
A5C3	1.101	B

ت – زمان و گلوکز

B1D1	0.544	D
B1D2	0.689	B
B2D1	0.832	A
B2D2	0.657	C

از آنجاکه افـزایش گلـوکز در خاکهـای ۱، ۲ و ۵ تأثیر معنی داری بر پ هاش خاک نداشته است (جـدول ۳ – ح)، احتمالاً میکروارگانیسمهای شـیمیولیتوتروف اکـسید کننده گوگرد مهمترین موجودات اکـسید کننـده گـوگرد در این خاکها مـی‌باشـند. در خاکهـای ۳ و ٤ افـزایش گلـوکز باعث کاهش پ هاش خاک شده است که ایـن مـی توانـد حاکی از اهمیـت نـسبی نقـش هتروتروفهـای اکـسیدکننده گوگرد در این دو خاک باشد. شواهد مربوط به این امر کـه با افزودن مواد آلی میزان اکسایش گوگرد، افزایش می‌یابـد، متناقض است. Wainwright و همکـاران (۱۹۸٦) نـشان دادند که افزودن مواد آلی به خاک تیمـار شـده بـا گـوگرد، باعث افزایش اکسیداسیون گوگرد و کاهش پ هاش خـاک

www.SID.ir

Archive of SID

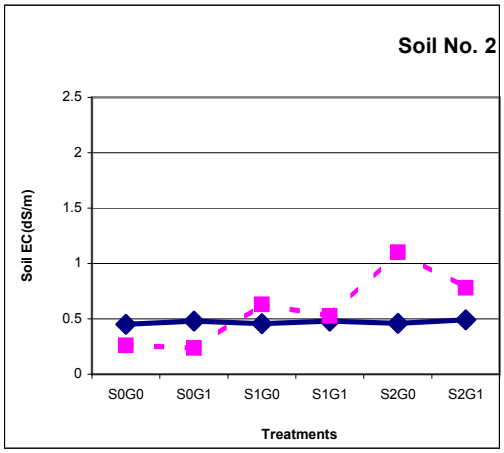
می‌شود. ویتولین و ساوبی اثر افزودن مواد آلی بر اکسیداسیون گوگرد را بررسی کردند، و گزارش نمودند که در برخی موارد، افزودن ماده آلی، موجب افزایش اکسیداسیون گوگرد می‌گردد، در حالیکه در مواردی هم سبب توقف اکسیداسیون گوگرد می‌شود. این محققین همچنین بیان نموده‌اند که در بیشتر موارد افزایش ماده آلی، تأثیری بر اکسایش گوگرد ندارد(Wainwright، ۱۹۸٤).

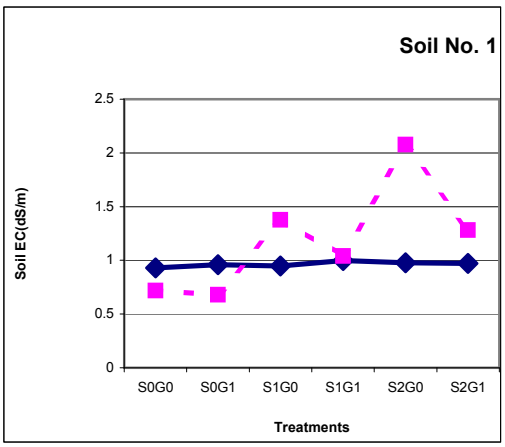
اکثر هتروتروفهای اکسید کننده گوگرد، پس از اتمام مواد آلی خاک، توانایی تولید سولفات را از دست میدهند. هتروتروفهای اکسید کننده گوگرد در خاکهای سراسر دنیا یافت می‌شوند و تعداد آنها نیز غالباً بیشتر از باکتریهای شیمیولیتوتروف اکسیدکننده گوگرد است اما بازده اکسایش گوگرد به وسیله آنها کمتر است. به هر حال می‌توان گفت که تعداد زیاد هتروتروفها، پایین بودن بازده اکسایش آنها را جبران می‌کند (Kanopka و همکاران، ۱۹۸٦).

افزودن گلوکز باعث افزایش فعالیت میکروبی خاک و کاهش شدید پ‌هاش خاک می شود. بین پ‌هاش خاک و مقدار گلوکز اضافه شده به خاک رابطه خطی وجود دارد (Larence و Germida، ۱۹۹۱؛ Wainwright و همکاران، ۱۹۸٦)؛ Pepper و Miller، (۱۹۷۸)

دریافتند که اگر گلوکز به خاک استریل تلقیح شده با اکسید کننده های مختلف گوگرد اضافه شود، اکسایش گوگرد توسط هتروتروفها افزایش می‌یابد، ولی اکسیداسیون شیمیولیتوتروفها متوقف می شود که این امر به علت ساخته شدن پیروات است. از طرف دیگر جلوگیری از فعالیت هتروتروفها، اکسایش گوگرد را کاهش می‌دهد (Tate، ۱۹۹۵).

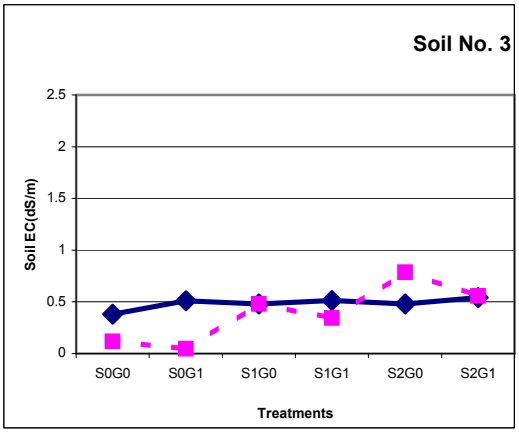
مقایسه اثر بافت خاک بر اکسایش گوگرد و کاهش پ‌هاش نشان می دهد که احتمالاً به علت متفاوت بودن جمعیت میکروارگانیسمهای اکسید کننده گوگرد، مواد آلی و CEC، بافت خاک به تنهایی اثری بر میزان کاهش پ‌هاش خاک ندارد. در حالیکه بافت خاکهای ۱ و۳، لوم رسی است و میزان مواد خنثی کننده یکسانی دارند، ولی با افزایش گوگرد در سطح اول(۰/۲ درصد)، میانگین پ‌هاش خاک شماره یک نسبت به شاهد کاهش داشته اما افزایش گوگرد در سطح دوم (۰/٤ درصد) نسبت به سطح اول، تأثیر معنی‌داری بر تغییر پ هاش این خاک، نداشته است. در حالیکه در خاک ۳، فقط بین سطح دوم و شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود. Mc Caskill و Blair (۱۹۸۷) به خاکهایی با مقدار متفاوت رس، باکتریهای اکسید کننده گوگرد تلقیح کردند و دریافتند که تغییرات رس از ۹ تا ۵۲ درصد، تأثیری بر میزان اکسایش گوگرد ندارد (Rehm و Caldwell، ۱۹٦۹). Rehm و Caldwell، (۱۹٦۹) به ۵۲ خاک با بافت مختلف، گوگرد اضافه کردند و در یک دوره سه ماهه میزان اکسایش گوگرد را بررسی نمودند. تحقیق آنها نشان داد که بافت خاک تأثیری بر اکسیداسیون گوگرد ندارد. از طرف دیگر Janzan و Bettany (۱۹۸۷) با تحقیق روی ٤۰ خاک دریافتند که با افزایش رس خاک، اکسایش گوگرد عنصری کاهش می‌یابد.

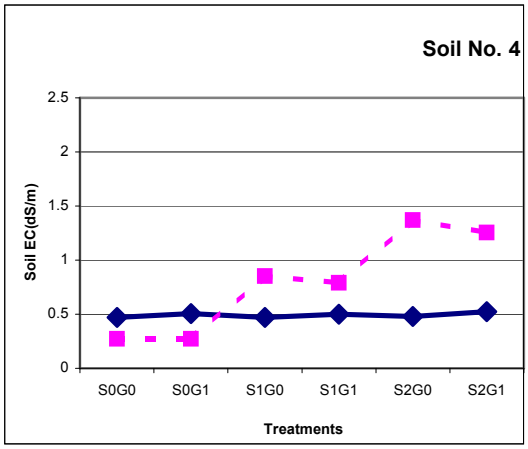


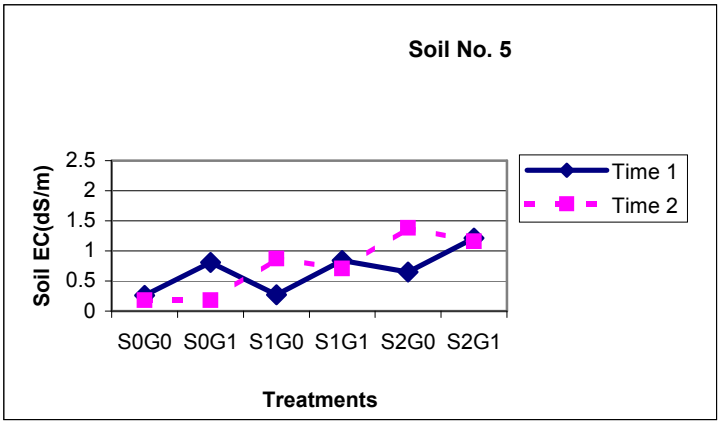


www.SID.ir

Archive of SID







شکل ۲ـ نمودارتغییرات هدایت الکتریکی (برحسب دسی زیمنس بر متر) در پنج نمونه خاک تحت تاثیر تیمارها در ابتدا و انتهای آزمایش

این آزمایش نشان داد که افزایش گوگرد عنصری در مدت ۸۰ روز باعث کاهش پ هاش برخی خاکها تا ۰/۲ واحد گردیده است. افزایش گلوکز در خاکهای ۳ و ٤ باعث کاهش پ هاش شده است (جدول ۳ – ح)، در حالیکه در دیگر خاکها، تأثیری بر پ هاش نداشته است. لذا به نظر می‌رسد که در برخی خاکها با افزودن گوگرد عنصری به میزان ۰/۲ درصد می توان به اکسایش مناسب گوگرد امیدوار بود چرا که جمعیت شیمیولیتوتروفهای اکسید کننده گوگرد، به اندازه ای است که برای تولید سولفات و کاهش پ هاش کافی است و افزایش گوگرد به مقدار بیشتر، تاثیر معنی‌داری بر کاهش پ هاش نخواهد داشت. در بررسی انجام شده به وسیله کریمی نیا، مشخص شد که ۷۲/۵ درصد از خاکهای کشاورزی مطالعه شده حاوی گونه‌های خنثی دوست *تیوباسیلوس* و ۲۷ درصد حاوی گونه‌های اسید دوست می‌باشند. در مطالعه‌ای که Chapman (۱۹۹۰) در ٤۳ نمونه خاک کشاورزی اسکاتلند انجام داد، متوجه شد که باکتریهای اتوتروف اسید دوست در خاکهای بررسی شده موجود نیست، درحالی که انواع اتوتروف خنثی دوست در ۸٤ درصد خاکها وجود داشت. در حالیکه اکثر خاکها دارای جمعیت مناسبی از *تیوباسیلوس*های اکسید کننده گوگرداند، برخی دیگر از خاکها، فاقد جمعیت کافی از این جنس هستند، ولی حتی چنین خاکهایی دارای جمعیت مناسبی از میکروارگانیسمهای هتروتروف اکسید کننده گوگرد می‌باشند که با افزایش توام گوگرد و ماده آلی و یا تلقیح باکتری *تیوباسیلوس*، می‌توان به اکسایش مناسب گوگرد در خاک و در نتیجه کاهش پ هاش امیدوار بود. لازم به ذکر است که کاهش ۰/۲ واحد پ هاش در کل خاک بیانگر کاهش بیشتر پ هاش خاک در جایگاههای میکروسکوپی محل فعالیت میکروارگانیسمها است. کاهش پ هاش در درصد کمی از کل خاک نیز می‌تواند برای حل مشکلات تغذیه‌ای گیاهان کافی باشد (Kalbasi و همکاران، ۱۹۸٦). با توجه به اینکه در حال حاضر مایه تلقیح تیوباسیلوس در کشور ما، به مرحلهٔ تولید انبوه رسیده

www.SID.ir

Archive of SID

است. توصیه می‌شود در ابتدا به خاکهای مورد نظر گوگرد (ودر صورت امکان گوگرد و ماده آلی) اضافه گردد تا جمعیت میکروارگانیسم های بومی اکسید کننده گوگرد افزایش یابد. نتیجه این عمل را می توان در همان فصل زراعی و یا فصل زراعی بعد مشاهده نمود. در صورتیکه افزایش گوگرد تا فصل زراعی بعد هم، باعث جذب بهتر عناصر مورد نیاز گیاه نشود، افزایش مایه تلقیح *تیوباسیلوس* امری ضروری و اجتناب ناپذیر است.

تشکر و قدردانی

از زحمات آقایان مهندس مسعود احمدی پور، مهندس حسن شکری، مهندس ناصر دواتگر، مهندس عباس شهدی، مهندس رضا انصاری و خانمها فروغ فولادوند، فتانه فلاح دوست، سیده فاطمه کیایی جمالی، هلن رادفر، معصومه عسگرپناه، زینب زارع نوکنده، معصومه دوستدار حقیقی، زینب غلامی شیرکوهی، لیلا رضائی، مریم شکوری، فاطمه شیخ سندیانی و سامره پیرزاده که در اجرای این تحقیق همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می شود

فهرست منابع

1. کریمی نیا، آرمین. ۱۳۷٦. شناسایی گونه های *تیوباسیلوس*جدا شده از برخی خاکهای ایران و بررسی تاثیر آنها در کاهش پ هاش خاکهای مختلف. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
2. Brune,D.C. 1989. Sulfur oxidation by phototrophic bacteria. Biochemica et Biophysica Acta. 975:189-221.
3. Chapman, S.J. 1990. *Thiobacillus* populations in some agricultural soils. Soil Biol. Biochem. 22:479-482.
4. Drobner, E., H. Huber, R. Rachel, and K. O. Stetter. 1992. *Thiobacillus Plumbophilus* spec. nov., a novel galena and hydrogen oxidizer. Arch. Microbiol. 157:213-217.
5. Forster, J. C. 1995. Soil sulfur. 94-96 in K. Alef and P. Nannipieri (ed.). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic press. London.
6. Hallberg, K. B., E. R. Lindstrom. 1994. Characterization of *Thiobacillus Caldus* sp. nov.; a moderately thermophilic acidophile. Microbiology140:3451 -3456.
7. Holt, J.G., N. R. Krieg, P. H. A. Sneath, J. T. Staley and S. T. Williams (ed.). 1994. Bergey's manual of determinative bacteriology. 9th ed. Williams & Wilkins, Baltimore
8. Janzan, H. H., and J. R. Bettany. 1987. Measurment of sulfur oxidation in soil. Soil Sci. 143(6):444-452.
9. Janzan, H. H., and J. R. Bettany. 1987. Oxidation of elemental sulfur under field condition in central Saskatchewan Canada. Can. J. Soil Sci. 67:609-618.
10. Kalbasi, M., N Manuchehri, and F. Filsoof. 1986. Local acidification of soil as a mean to alleviate iron chlorosis on Quince orchards. J. Plant Nutrition. 9:1001-1007.
11. Killham, K. 1984. Soil Ecology. P. 141-150. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.
12. Killham, K., N. D. Lindley, and M. Wainwright. 1981. Inorganic sulfur oxidation by *Aureabasidium Pullulans*. App. Environ. Microbiol. 42:629-631.
13. Konopka, A. E., R. H. Miller, and L. E. Sommers. 1986. Microbiology of the sulfur cycle. In M.A. Tabatabai (ed.). Sulfur in agriculture. Agronomy 27:23-55.
14. Kuenen, J.G. 1975. Colorless sulfur bacteria and their role in the sulfur cycle. Plant and Soil. 43:49-76.
15. Kuenen, J. G. 1989. Colorless sulfur bacteria. P. 1834-1836. In J. T. Staley (ed.). Bergey's manual of systematic bacteriologyVol . 3. 9th. William & Wilkins, Baltimore
16. Lawrence, J. R., and J. J. Germida. 1988. Most-Probable-Number Procedure to enumerate S^0-oxidation thiosulphat producing heterotrophs in soil. Soil Biol. Biochem. 20(4):577-578.
17. Lawrence, J. R., and J. J. Germida. 1988. Relationship between microbial biomass and elemental sulfur oxidation in agricultural soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:672-677.
18. Lawrence, J. R., and J. J. Germida. 1991. Microbial and chemical characteristics of elemental sulfur beads in agricultural soils. Soil Biol. Biochem. 23(3):617-622.
19. Lawrence, J. R., V. V. S. R. Gupta, and J. J. Germida. 1988. Impact of elemental sulfur fertilization in agricultural soils; II.Effects on sulfur-oxidizing populations and oxidation rates. Can. J. Soil Sci. 68:475-484.
20. Mc Caskill, M. R., and G. J. Blair. 1987. Particle size and soil texture effects on elemental sulfur oxidation. Agronomy J. 79:1079-1083.
21. Nicolson, A. J. 1970. Soil sulfur balance studies in the presence and absence of growing plants. Soil Sci. 109:345-350.
22. Nor, Y. M., and M. A. Tabatabai. 1977. Oxidation of elemental sulfur in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:736-741.
23. Pepper, I.L., and R. H. Miller. 1978. Comparison of the oxidation of thiosulfate and elemental sulfur by two heterotrophic and *Thiobacillus Thiooxidans*. Soil Sci. 126(1):9-14.

www.SID.ir

Archive of SID

24. Rehm, G.W., and A. C. Caldwell. 1969. Relationship of soil texture to sulfur oxidation. Agronomy J. 61:333-334.
25. Rupela, O. P., and P. Taura. 1973. Isolation and characterization of *Thiobacillus* from alkali soils. Soil Biol. Biochem. 5:891-897.
26. Tate III, R. L. 1995. The sulfur and related biogeochemical cycles. P.359-372. In soil microbiology. John Wiley & sons Inc., New York.
27. Trudinger, P. A. 1986. Chemistry of the sulfur cycles. In M. A. Tabatabai (ed.). Sulfur in agriculture. Agronomy 27:1-22.
28. Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Advanced in Agronomy. 37:349-396.
29. Wainwright, M., and K. Killham. 1980. Sulphur oxidation by *Fusarium Solani*. Soil Biol. Biochem. 12:555-558.
30. Wainwright, M., W. Nevell, and S. J. Graystone. 1986. Effects of organic matter on sulphur oxidation in soil and influence of sulphur oxidation in soil nitrification. Plant & Soil. 96:369-376.
31. Watkinson, J.H., A. Lee, and D. R. Lauren. 1987. Measurment of elemental sulfur in soil and sediments: Field sampling sample storage, pretreatment, Extraction and analysis by high-performance liquid chromatography. Aus. J. Soil Res. 25:167-178.
32. Yagi, S., S. Katai, and T. Kimura. 1971. Oxidation of elemental sulfur to thiosulfate by *Streptomyces*. App. Microbiol. 22:157-159.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of Sulfur Oxidation Potential by Heterotrophic Microorganisms in Different Soils

A. Kariminia and M. Shabanpour[1]

Abstract

The chemical oxidation of sulfur in soils is generally very slow. The activity of some soil microorganisms enhances the oxidation of sulfur, which results in pH reduction. A wide spectrum of microorganisms are capable of oxidizing sulfur in the soil environment. In a number of studies and reviews, it has been suggested that heterotrophs play an important role in sulfur oxidation in soils. The objective of this study was to evaluate sulfur oxidation potential by heterotrophic microorganisms and their effects on pH reduction of different soils. Soil samples with different TNV values and organic matter contents from agricultural areas of Gilan province, were collected, sieved (2 mm) and incubated in one kg polyethylene bags at 60% of FC and 20-30 ^{o}C. Laboratory studies were performed based on Completely Randomized Design (CRD) in a factorial experiment with 30 treatments in 3 replications. The treatments consisted of three levels of sulfur (S_0 = 0%, S_1 = 0.2% and S_2 = 0.4%), two levels of glucose (G_0 = 0%, G_1 = 1.5%), and five types of soils. The response variables included soil pH and electrical conductivity. Results showed that elemental sulfur lowered the pH values of some soils by 0.2 units after incubation for 80 days. In soils number 3 and 4, the addition of glucose with sulfur significantly stimulated sulfur oxidation and pH reduction in comparison with the same treatment without glucose, while in soils number 1, 2 and 5 the effect of glucose on soil pH was not significant. Addition of glucose to soils amended with sulfur, significantly decreased soil EC levels compared with soils amended just with sulfur. It can be concluded that the addition of 0.2 % sulfur can reduce the pH in some soils, while in some other soils organic substrate should also be added along with sulfur.

Key Words: Sulfur, pH, Oxidation

[1] Lecturer, and Assistant Prof. of Soil Science at Gilan University, respectively.

www.SID.ir