نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۹-۱

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar-Apr 2010, p. 1-9

تأثیر *Thiobacillus* و *Aspergillus* بر فراهمی فسفر از خاک فسفات غنی شده با گوگرد و ورمی کمپوست

مرضیه محمدی آریا[1*] - امیر لکزیان[2] - غلامحسین حق نیا[3] - حسین بشارتی[4] - امیر فتوت[5]

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۳

چکیده

بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که استفاده مستقیم از سنگ فسفات به عنوان منبع تأمین فسفر برای گیاهان چندان مناسب نبوده و کارایی لازم را ندارد. تلقیح خاک فسفات با باکتری *Thiobacillus* و دیگر ریز جانداران حل کننده فسفات و یا استفاده از گوگرد و ماده آلی می‌تواند سبب افزایش فراهمی فسفر از خاک فسفات شود. در این مطالعه آزمایشی با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار به شرح زیر اجرا گردید: تیمارهای آزمایش در بر گیرنده گوگرد در سه سطح صفر (S0)، ۱۰(S1) و۲۰ (S2) درصد ورمی‌کمپوست کود گاوی در دو سطح صفر((V0) و ۱۵ درصد (V1)) و دو سطح تلقیح (باکتری *Thiobacillus* و قارچ *Aspergillus* (BF) و بدون تلقیح (C)) انجام شد. فسفر محلول در آب و pH پس از ۱۵ و۶۰ روز نگهداری نمونه ها در شرایط آزمایشگاهی اندازه گیری شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد روند تغییرات مقدار فسفر محلول در آب در طول دوره انکوباسیون افزایشی بود و بیشترین کاهش pH و افزایش فسفر محلول در آب در تیمار ۲۰ درصد گوگرد، ۱۵ درصد ورمی‌کمپوست و تلقیح با باکتری *Thiobacillus* و قارچ *Aspergillus* و کمترین تغییرات pH و فسفر محلول در آب نیز در تیمار شاهد مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: خاک فسفات، مواد آلی، فسفر محلول در آب

مقدمه

جمعیت جهان از ۶ میلیارد نفر در سال ۲۰۰۰ به ۸ میلیارد در سال ۲۰۲۰ و به ۹/۴ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (۱۱). با توجه به افزایش تصاعدی جمعیت و تخریب و نابودی تقریباً نیمی از زمین‌های قابل کشت (حدود ۲ میلیارد هکتار) به نظر می‌رسد تأمین مواد غذایی برای بسیاری از مناطق دنیا با چالش عظیمی روبرو خواهد بود (۶). در این راستا استفاده از فنآوریهای جدید در زمینه استفاده از کودهای زیستی بویژه به منظور مدیریت در موضوع فسفر خاک اهمیت زیادی دارد (۵). فائو برای کشورهای درحال توسعه استفاده از منابع طبیعی فسفر (معدنی) مانند سنگ فسفات و کودهای سبز و حیوانی را توصیه می‌کند (۴). البته کاربرد خاک فسفات به دلیل پایین بودن فسفر قابل جذب، به تنهایی نمی‌تواند نیازهای بخش کشاورزی امروز را تامین کند و باید با توجه به منابع جدید و استفاده از روش‌های مختلف به‌منظور افزایش کارایی و انحلال ترکیبات کم محلول فسفات توجه شود که معمولا این روش ها شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشند (۲ و ۳). روش‌های زیستی در افزایش فراهمی فسفر از سنگ فسفات در شرایطی عملی است که سنگ فسفات با عیار بالا و متوسط در دسترس باشد. همچنین در خاکهایی با مواد آلی کم، برای افزایش سهم مواد آلی و تأمین عناصر غذایی، اختلاط سنگ فسفات با کمپوست امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در کشاورزی ارگانیک که از کودهای شیمیایی استفاده نمی‌شود، مخلوط سنگ فسفات با کمپوست و تلقیح آن با ریزجانداران حل کننده فسفر (قارچ ها، باکتری ها و اکتینومایست ها) امکان پذیر است. باکتری‌های جنس *Thiobacillus* از مهمترین و رایج ترین انواع باکتری‌های اکسید کننده گوگرد در خاکهای زراعی می‌باشند

۱، ۲، ۳و۵ – به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: Sara_aria2002@yahoo.com)
۴- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران

Archive of SID
www.SID.ir

(۱). روش اصلی تغذیه این باکتری ها، شیمیولیتوتروفی است و از واکنش اکسایش گوگرد، انرژی لازم برای انجام فعالیتهای حیاتی را کسب می‌کنند. اسید سولفوریک حاصل از اکسایش گوگرد، موجب حلالیت ترکیبات فسفاتی نامحلول می‌گردد (۱۲). یکی از راههای افزایش قابلیت جذب فسفر از خاک فسفات استفاده از ریزجانداران حل کننده فسفات است (۵). گوناگونی ریزجانداران حل کننده فسفر در خاک بسیار زیاد است (۲). این ریز جانداران از مکانیزم‌های متفاوتی در انحلال پذیری ترکیبات فسفر خاک استفاده می‌کنند که برای نمونه می‌توان به اسیدی شدن و کلاته شدن اشاره کرد. مصرف کودهای زیستی حاوی این ریزجانداران باعث سهولت دسترسی گیاه به عناصر غذایی می‌شود (۸).

در این مطالعه به‌منظور افزایش کارایی استفاده از خاک فسفات و همچنین به منظور مطالعه اثرات عوامل مؤثر در افزایش کارایی خاک فسفات عواملی مانند باکتری *Thiobacillus* و قارچ *Aspergillus*، گوگرد و ورمی کمپوست بر فراهمی فسفر از خاک فسفات در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی بصورت فاکتوریل با سه سطح گوگرد صفر (S0)، ۱۰ (S1) و۲۰ (S2) درصد وزنی، دو سطح ورمی‌کمپوست کود گاوی (صفر (V0) و پانزده درصد وزنی (V1))، تلقیح شامل (بدون تلقیح (I0)، تلقیح با قارچ *Aspergillus niger* و باکتری *Thiobacillus thiooxidan* (BF))در مجموع با ۱۲ تیمار و سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. خاک فسفات و گوگرد از کارخانه تولید کود گوگرد سابان توس واقع در شهرک صنعتی مشهد تهیه شد. در ابتدا خاک فسفات و گوگرد از الک ۰/۸ میلیمتری عبور داده شد. تیمارها با دقت با هم مخلوط شدند و سپس در کیسه‌های پلاستیکی ضخیم نگهداری شدند. قارچ *Aspergillus niger* از کلکسیون گروه گیاهپزشکی دانشگاه فردوسی تهیه و در محیط کشت عصاره مالت آگار[1] کشت داده شد و ۷ روز بعد از زمان کشت، قارچ را از محیط کشت جدا کرده و هر پتری دیش حاوی قارچ *Aspergillus* را در ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر استریل سوسپانسیون شد و سپس به میزان ۲۵ میلی لیتر به تیمارهای مورد نظر افزوده شد. سوسپانسیون باکتری *Thiobacillus thiooxidanse* که بر روی محیط کشت 9k رشد داده شده بود از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران تهیه شد و به میزان ۸۰ میلی لیتر (10^5cell/ml) از سوسپانسیون باکتری به تیمارهای مورد نظر اضافه شد. بعد از تهیه تیمارهای آزمایش، نمونه‌ها در شرایط ثابت آزمایشگاهی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۷۵ درصد ظرفیت نگهداری آب به مدت ۶۰ روز نگهداری شدند و فسفر محلول در آب و pH در دوره‌های ۱۵ و ۶۰ روز اندازه‌گیری شدند. نتایج حاصل از آزمایش با نرم افزار MSTATC تجزیه و با نرم افزار اکسل نمودار ها ترسیم شد

1- Malt Extract Agar

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست و خاک فسفات مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ گزارش شده است. ورمی‌کمپوست حاصله از کود گاوی دارای فسفر محلول ۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و شوری آن کمتر از دو دسی زیمنس بر متر اندازه گیری شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس اطلاعات حاصله از آزمایش (جدول ۲) بر فراهمی فسفر در خاک فسفات حاکی از معنی دار ($p< 5\%$) بودن اثرات گوگرد، ورمی کمپوست و تلقیح (قارچ و باکتری) بر فسفر محلول در آب و pH اندازه گیری شده بود.

همانگونه که شکل ۱ نشان می دهد اثر اصلی تیمار گوگرد بر میزان فسفر محلول در آب و کاهش pH در خاک فسفات در سطح ۵ درصد معنی دار شد. مقدار فسفر محلول بعد از گذشت ۶۰ روز در تیمارهای ۱۰ درصد گوگرد (S1) به ۷۶۸ میلی‌گرم بر کیلو گرم رسید که حدود ۲ برابر تیمار شاهد بود و در این تیمار pH خاک فسفات به ۴/۲ کاهش یافت و حدود ۲ واحد نسبت به تیمار S0 کاهش pH داشت (شکل ۲). تیمارهای ۲۰ درصد گوگرد (S2) نیز از نظر آماری تفاوت معنی داری نسبت به شاهد و تیمار S1 نشان داد. میزان فسفر محلول در این تیمار به ۹۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید و همچنین pHخاک فسفات به ۳/۵ کاهش یافت (شکل ۲). بنابراین افزایش میزان گوگرد از ۱۰ درصد به ۲۰ درصد باعث افزایش معنی‌دار فسفر محلول در آب و کاهش pH در خاک فسفات شد.

جانزن و بتانی (۷) در تحقیقی اثر سطوح مختلف گوگرد و باکتری *Thiobacillus* را در فراهمی فسفر مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که با افزایش مقدار گوگرد مصرفی میزان اکسایش گوگرد افزایش یافت. بنظر میرسد که با افزایش مقدار گوگرد مصرف شده، سطحی از گوگرد که در معرض میکروارگانیزم‌های اکسنده گوگرد قرار می‌گیرد نیز بیشتر می‌شود و این امر افزایش اکسایش گوگرد را به دنبال خواهد داشت. استامفورد و همکاران (۱۷) تأثیر سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و۲۰ درصد گوگرد را بر فراهمی فسفر از خاک فسفات در شرایط آزمایشگاه بررسی کردند. آنها گزارش کردند در تیمار ۲۰ درصد گوگرد افزایش فراهمی فسفر بیشتر شده است، علت افزایش فراهمی فسفر را اکسایش گوگرد و تولید اسید سولفوریک و کاهش pH گزارش کردند. روند کاهش pH و افزایش فسفر محلول در آب به ترتیب در شکل‌های ۱و۲ نشان داده شده است. بنابراین اکسایش شیمیایی و زیستی گوگرد و کاهش pH می‌تواند دلیل اصلی

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش فسفر محلـول در آب باشـد. گذشـت زمـان از ۱۵ بـه ۶۰ روز باعث افزایش قابل توجه فسفر محلول در آب و کاهش pH در خـاک فسفات شد و با افزایش مقدار گوگرد این تغییرات آشکارتر شد.

تیمارهایی که ورمی‌کمپوست دریافت کرده بودنـد از نظـر آمـاری اختلاف معنی داری با شاهد نشان دادند (شکل۳). مقدار فسفر محلول در آب در تیمارهای ورمی کمپوسـت (V1) پـس از ۱۵ روز نگهـداری مایه تلقیحی بـه ۸۰۵ میلـی‌گـرم در کیلـوگرم رسـید کـه نسـبت بـه تیمارهای بدون ورمی کمپوست (V0) ۱/۷ برابر افزایش نشان داد. در حالیکه میزان فسفر محلول در آب پس از ۶۰ روز به ۹۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید که تقریبا معادل ۱/۷ برابر شاهد بود.

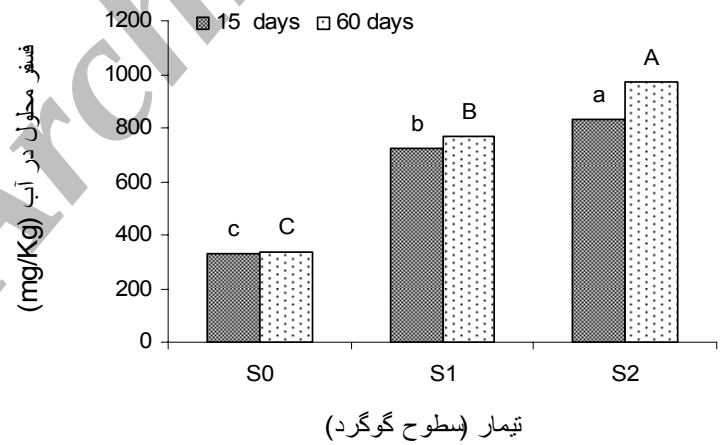
(جدول ۱)- نتایج حاصل از تجزیه ورمی کمپوست و خاک فسفات

	فسفر محلول (mg/kg)	فسفر کل (٪)	ازت کل (٪)	کربن آلی (٪)	سولفات (meq/l)	pH (۱:۱)	EC (۱:۱)(dS/m)
ورمی کمپوست	۴۳/۸	۱/۲	۱/۲	۱۰/۹	–	۷/۵	۱/۵
خاک فسفات	۱۹/۵	–	–	–	۱/۵	۷/۶	۰/۷

(جدول ۲)- تجزیه واریانس میزان فسفر محلول در آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	مربعات میانگین فسفر محلول در آب	
		۱۵ روز	٦۰ روز
گوگرد	۲	۱۴۴۰۹۹*	۱۷۴۵۸۷۵*
ورمی کمپوست	۱	۱۹۵۴۱۷*	۱۳۴۱۱۱۸۰۴*
تلقیح	۱	۱۷۹۵۱۴۴*	۸۳۶۲۱۷۹/۵*
گوگرد * ورمی کمپوست	۲	۴۶۷۸۴*	۳۵۱۷۲۰/۳۷*
گوگرد * تلقیح	۲	۱۱۸۶۹۱*	۸۱۰۷۸۷/۷*
تلقیح * ورمی کمپوست	۱	۸۷۳۱*	۲۹۴۲۸/۲۵*
گوگرد * ورمی کمپوست* تلقیح	۲	۱۲۱۷۳*	۱۳۵۴۱۱*
خطا	۲۴	۰/۷۵	۱۲۹/۹۵
CV	----	۰/۲۶۱	۱/۵۲

* – در سطح ۵ درصد معنی دار است و ns از نظر آماری معنی دار نیست.

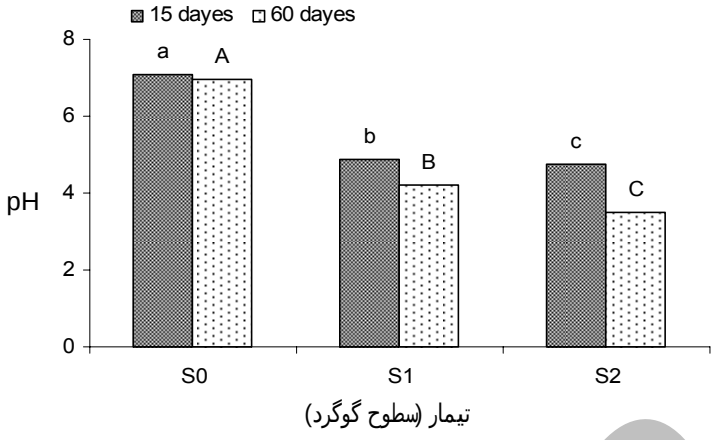


(شکل۱)- مقایسه میانگین فسفر محلول در آب درسطوح مختلف گوگرد

(زمانها هر کدام جداگانه مقایسه آماری شده است)

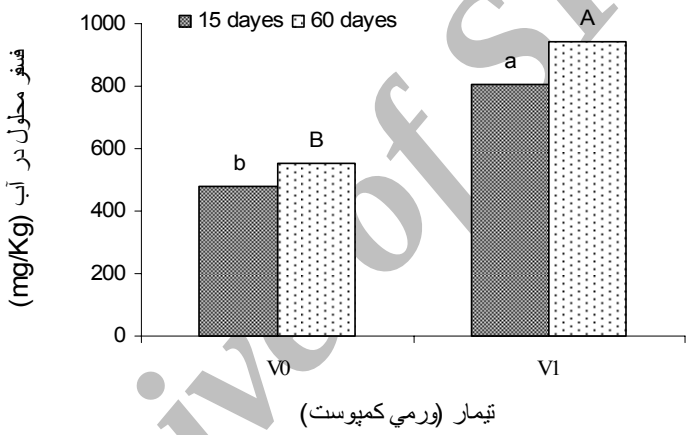
Archive of SID

www.SID.ir



(شکل۲)- مقایسه میانگین pH درسطوح مختلف گوگرد

(زمانها هر کدام جداگانه مقایسه آماری شده است)



(شکل۳)- مقایسه میانگین فسفر محلول در آب در تیمارهای ورمی‌کمپوست

(زمانها هر کدام جداگانه مقایسه آماری شده است)

سینگ و کومار (۱۰) در پژوهش خود تأثیر ورمی کمپوست غنی شده با باکتری حل کننده فسفات، *Pseudomonas* و دو نوع باکتری تثبیت کننده نیتروژن، *Azotobacter* و *Azospirillum* بر مقدار فسفر محلول در خاک فسفات مورد بررسی قرار دادند. در یکی از تیمارها نیز خاک فسفات همراه با باکتری *Pseudomonas* استفاده شده بود. با تلقیح باکتری تثبیت کننده نیتروژن در ورمی کمپوست، فراهمی فسفر در خاک فسفات افزایش یافت. خاک فسفات غنی شده با ورمی کمپوست به طور معنی داری فراهمی فسفر را در تیمار تلقیح شده با باکتری *Pseudomonas* افزایش داد. ضمنا در طی دوره انکوباسیون نیز جمعیت باکتری‌های تلقیح شده به سرعت زیاد شد و اسیدهای آلی، فعالیت آنزیمی و نیز مقدار فسفر محلول در آب افزایش یافت.

نتایج آزمایش نشان داد که افزودن ورمی کمپوست به خاک فسفات فراهمی فسفر را بطور چشمگیری افزایش داد. بخشی از این افزایش، احتمالاً می تواند به خاطر مقدار فسفر موجود در ورمی کمپوست باشد ولیکن این موضوع دلیل اصلی فراهمی فسفر نیست. چون میزان فسفر محلول در ورمی کمپوست ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود ولی همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود این افزایش، بسیار بیشتر از این مقدار می‌باشد. احتمالاً دلیل افزایش فسفر محلول در آب در این آزمایش نیز به علت وجود ورمی کمپوست به عنوان منبع کربن برای میکروارگانیزم‌های تلقیح شده و تکثیر و افزایش فعالیت آنها در طول دوره انکوباسیون می‌باشد. میزان pH در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست نسبت به تیمارهای بدون ورمی‌کمپوست کاهش معنی‌داری را نشان داد (شکل۴). با کاربرد ورمی کمپوست، pH خاک فسفات نیم واحد کاهش یافت. بیسواس و ناریانسامی (۱۳) تأثیر کمپوست را بر فراهمی فسفر از خاک فسفات مورد بررسی قرار دادند.

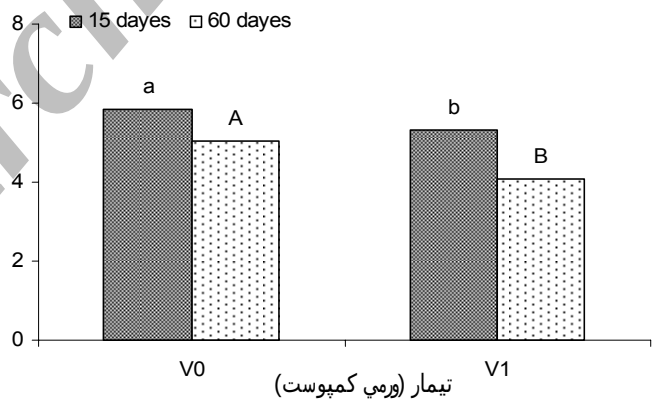
Archive of SID

www.SID.ir

در این آزمایش ۴ نوع خاک فسفات با عیار پایین انتخاب و با کمپوست کاه برنج (در دو سطح) مخلوط شدند، نتایج این آزمایش نشان داد با افزودن کمپوست میزان فسفر قابل جذب (اُلسن) اندک بود ولی با افزایش زمان انکوباسیون، به طور معنی داری مقدار آن افزایش یافت. میزان فسفر کل و فسفر محلول در سیترات و فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی نیز در حضور تیمار کمپوست افزایش یافته بود. پژوهشگران علت این افزایش را اسیدهای آلی ازجمله اسید سیتریک، اسید اگزالیک، اسید تارتاریک دانستند که در ضمن تجزیه مواد آلی تولید می‌شوند و pH خاک فسفات را کاهش می‌دهند. بیسواس و ناریانسامی (۱۳) همچنین عنوان کردند که در جریان فرآیند کمپوست شدن و تجزیه مواد آلی مقداری دی‌اکسید کربن متصاعد می‌شود و در محیط تولید اسید کربنیک میکند و این اسید ضعیف موجب انحلال خاک فسفات و افزایش فراهمی فسفر در خاک فسفات می‌شود و در نتیجه کارآیی خاک فسفات افزایش می‌یابد. بنابراین افزودن ورمی‌کمپوست از طریق کاهش pH و هم به عنوان منبع کربن و محرک رشد میکرو ارگانیزم ها می‌تواند شرایط را برای افزایش فسفر محلول مطلوب سازد. نتایج حاصل از اندازه گیری pH دلیلی بر این مدعی است (شکل ۴). همچنین در تیمارهای با و بدون ورمی کمپوست گذشت زمان باعث افزایش چشمگیری در فسفر محلول در آب و کاهش pH شد.

تأثیر تیمار تلقیح بر تغییرات فسفر محلول در آب و pH شکلهای ۵ و۶ نشان داده شده است. روند افزایش فسفر محلول در آب در ارتباط با کاهش pH در تیمار تلقیح شده کاملا مشهود است و رابطه منفی بین pH و مقدار فسفر محلول در آب مشاهده می‌شود. تلقیح خاک فسفات با باکتری و قارچ سبب افزایش معنی داری در فسفر محلول در آب خاک فسفات شد به گونه‌ای میزان فسفر محلول در آب پس از گذشت ۶۰ روز از زمان نگهداری مایه تلقیحی به ۱۰۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید. این مقدار نسبت به تیمار بدون تلقیح ۲/۱۵ برابر فسفر محلول در آب را افزایش داد (۵).

در بررسی انجام گرفته بوسیله رزا و همکاران (۱۵) کاربرد خاک فسفات به همراه گوگرد و *Thiobacillus* باعث افزایش فراهمی فسفر از خاک فسفات شد. باکتری‌های *Thiobacillus* گوگرد را به اسید سولفوریک تبدیل نموده که در ابتدا با ذرات سنگ فسفات واکنش می‌دهند و سبب رهاسازی فسفر از خاک فسفات می‌شوند. افزایش فسفر محلول در آب در خاک فسفات به علت اسیدی شدن موضعی و کاهش pH در خاک می‌باشد. در آزمایشی که بوسیله ساگو و همکاران (۱۶) انجام شد، اثر قارچ *Aspergillus* بر فراهمی فسفر با منابع مختلف خاک فسفات مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش تولید اسید سیتریک موجب کاهش pH و افزایش غلظت فسفر محلول در آب از خاک فسفات شد و در اکثر تیمارها روند کاهش pH و افزایش فسفر محلول در آب گزارش شد. کاسی (۸) توانایی ریزجانداران در افزایش فسفر محلول در اب در محیطهای حاوی سنگ فسفات Idaho و محیط جامد PDYA حاوی تری کلسیم فسفات را با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج نشان داد که تلقیح محیط‌های فوق با باکتری و قارچ میانگین مقدار فسفر محلول در آب را در طول مدت زمان ۸ روز تقریباً دو برابر افزایش داد و pH نیز کاهش چشمگیری داشت.

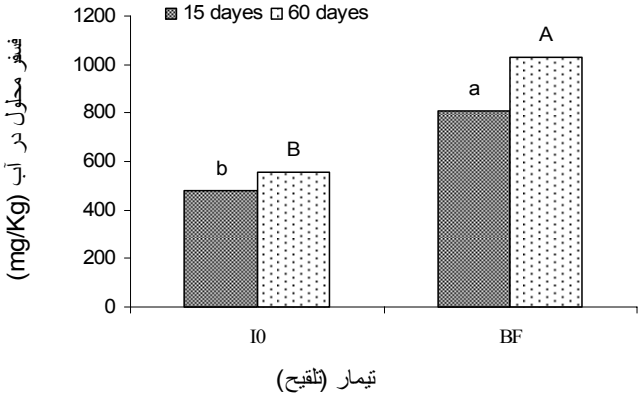


(شکل٤)- مقایسه میانگین pH در تیمار ورمی کمپوست

(زمانها هر کدام جداگانه مقایسه آماری شده است)

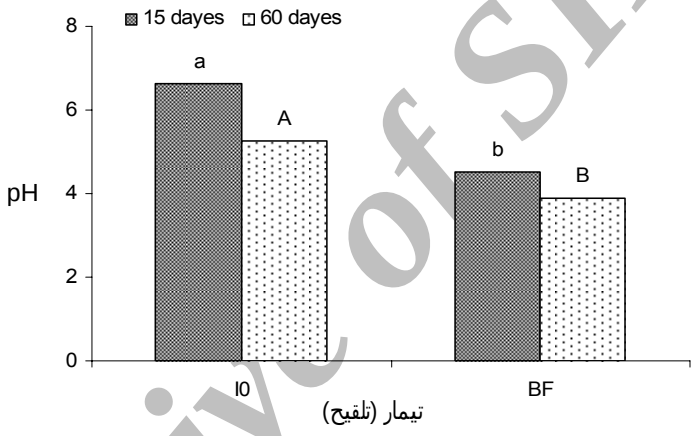
Archive of SID

www.SID.ir



(شکل۵)- مقایسه میانگین فسفر محلول در آب در تیمار تلقیح با باکتری و قارچ

(زمانها هر کدام جداگانه مقایسه آماری شده است)



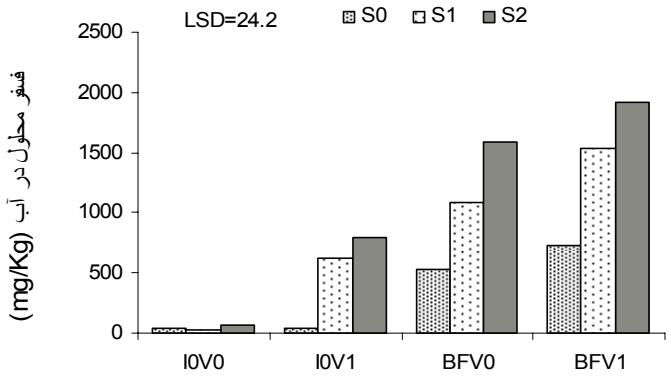
(شکل٦)- مقایسه میانگین pH در تیمار تلقیح با باکتری و قارچ

(زمان ها هر کدام جداگانه مقایسه آماری شده است)

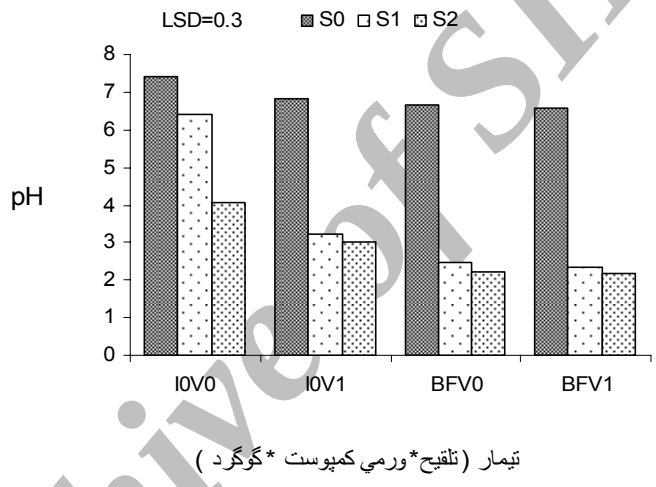
بر اساس نتایج بدست آمده از اثرات متقابل فاکتورهـای آزمایشـی که در شکل ۷ ملاحظه می‌شود، اثر گوگرد بر میزان فسفر محلـول در آب در سطح ۵ درصـد معنـی دار شـد. گـوگرد مصـرف شـده، عامـل مهمتری در افزایش فسفر محلول در آب در مقایسه با تیمار تلقیح بود. چنانکه در شکل ۷ مشاهده می‌شود، در سطوح مختلف گوگرد، حداکثر فسفر محلول در آب در هر دو حالت مصـرف و بـدون مصـرف ورمـی کمپوست زمانی بود که تلقیح با قارچ و باکتری(BF) صـورت گرفـت. مصرف ورمی کمپوست بطور مطلـق باعـث یـک و نـیم برابـر شـدن انحلال پذیری فسفر شد لیکن تلقیح با قارچ و باکتری در تیمار بـدون ورمی کمپوست و با ورمی کمپوست به ترتیـب سـبب ۱۳ و ۱۹ برابـر شدن فسفر محلول در آب نسبت به شاهد بدون تلقـیح شـد. مصـرف ورمی کمپوست (V1) تأثیر معنی داری بر افـزایش فسـفر محلـول در آب داشت و باعث شد تا اثر کاربرد گوگرد بـر انحـلال پـذیری فسـفر بطور معنی داری افزایش پیدا کند. با افزایش مصرف گوگرد به میـزان ۲۰ درصد وزنی، فسفر محلول به بالاترین مقدار خود در این آزمـایش رسید (شکل۷). اما اثر آن در تیمارهـای بـدون تلقـیح و بـدون ورمـی کمپوست چشمگیر نبود.

Archive of SID

www.SID.ir



(شکل۷)- اثرات متقابل تیمارهای تلقیح، ورمی کمپوست و گوگرد بر روی فسفر محلول در آب



(شکل۸)- برهمکنش تیمارهای تلقیح، ورمی کمپوست و گوگرد برpH

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که با افـزایش مصـرف گـوگرد، pH خاک فسفات کاهش یافت و با کاهش pH فسفر محلـول در آب افزایش پیدا کرد. کمترین pH در تیماری که بیشترین فسفر محلـول در آب را داشت مشاهده شد. در تیمارهای بدون گوگرد (S0)، تلقیح و ورمی کمپوست تفاوت معنی داری را در pH ایجاد نکرد ولـی کـاهش pH در تیمار تلقیح با قارچ و باکتری و ورمی‌کمپوست (V1BF) معنی دار بود. احتمالاً وجود گوگرد در سنگ فسفات می‌تواند توسط باکتریها بـه سـولفات تبـدیل شـود وسـبب کـاهش pH شـود (شـکل ۸). در تیمارهای بدون ورمی کمپوست (V0)، بیشترین کاهش pH مربوط به تیمار گوگرد و تلقیح باکتری و قارچ (S2BF) مشاهده شد. این کاهش pH در نتیجه اکسایش گـوگرد از طریـق بـاکتری *Thiobacillus* و تبدیل آن به اسید سولفوریک می‌باشد. لازم به گفتن است که کمترین تغییرات pH در تیمار شاهد مشاهده شد. با بررسی برهمکنش متقابـل گوگرد و تلقیح بر روی pH خاک فسفات مشخص می‌شود که استفاده از تیمار تلقیح بدون مصرف گوگرد تفاوت اندکی در pH ایجاد می‌کند و مصرف گوگرد به تنهایی نیز تأثیر کمی در تغییرات pH داشته است. با این حال در صورت وجود گوگرد، تلقیح در تمام موارد کاهش pH را تشدید می‌کند که این کاهش pH در تیمار قارچ و باکتری بـا کـاربرد ۲۰ درصد گوگرد (S2BF) به بالاترین مقـدار رسـید (شـکل ۸). اثـر متقابل گوگرد و تلقیح و ورمی کمپوست نشان داد که ورمی کمپوست نقش برجسته ای در کاهش pH دارد و بیشترین کاهش pH در تیمار گوگرد و ورمی کمپوسـت در تلقـیح بـا قـارچ و بـاکتری (S2V1BF) ملاحظه شد که در این تیمار pH به ۲/۱۹ رسید.

نتیجه‌گیری

کاربرد خاک فسفات به دلیل پایین بودن فسفر محلول در آب بـه

Archive of SID

www.SID.ir

تنهایی دارای کارآیی کمی در خاکهای کشاورزی بویژه خاکهای با pH خنثی و قلیایی دارد اما استفاده خاک فسفات بهمراه گوگرد و ورمی کمپوست و تلقیح با ریزجانداران موثر در انحلال ترکیبات فسفات کارایی خاک فسفات را افزایش می‌دهد. البته نگهداری و خواباندن این تیمارها در دما و رطوبت مناسب قبل از کاربرد آن در خاک می‌تواند بسیار سودمند بوده و مقدار فسفر قابل جذب را در خاک فسفات افزایش دهد.

منابع

۱- بشارتی ح. و صالح راستین ن. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری های *Thiobacillus* همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. نشریه علمی پژوهشی علوم خاک وآب. جلد ۱۳، شماره ۱، ۳۹-۲۳ص.

2- Chabot R., Antoun H. and Cescas M.P. 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosaru*m biovar *phaseol*i. Plant and Soil, 184: 311–321.

3- Chien S.H. 1978. Interpretation of Bray 1 extractable phosphorus from acid soil treated with phosphate rock. Soil Science, 144:34-39.

4- FAO. 1995a. Integrated plant nutrition systems, by R. Dudal and R.N. Roy, eds. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No.12. Rome.

5- Goldstein A.H. 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: Historical perspective and future prospects. American Journal of Alternative Agriculture. 1:51 – 57.

6- Hofte R.G. and Sorensen R.C. 1969. Micronutrient availability in three soil materials as affected by application of zinc, lime and sulfur. Soil Science Society of American Journal, 30:284-286

7- Janzen H., and Bettani H. 1987. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil Science,144: 81–89.

8- Jodie N.H., Peter B. and Martin M. 2006. Laboratory tests can predict beneficial effects of phosphate-solubilising bacteria on plants. Soil Biology and Biochemistry. 38:1521–1526.

9- Kucey R.M.., Janzen H.H. and Leggett M.E. 1989. Microbially mediated increases in plant-available phosphorus. Advances in Agronomy, 42:199-228.

10- Kumar V. and Singh K.P. 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bioresource Technology, 76:173-175.

11- Lal R. 2000. Soil management in the developing countries. Soil Science, 165(1):57-72.

12- Oldeman L.R. 1994. The global extent of soil degradation. In D.J. Greenland and I. Szabolcs, eds. Soil resilience and sustainable land use pp. 99-118. Wallingford, UK, CAB International

13- Naryanasamy G. and Biswa D.S. 2006. Rock phosphate enriched compost: An approach to improve low-grade Indian rock phosphate. Bioresource Technology, 97(18):2243-2251.

14- Pathiratna L.S.S., De U.P., Waidyanatha S. and Peries O.S. 1989. The effect of apatite and elemental sulfur mixtures on growth and P content of Centrocema pubescens. Fertilizer Research, 21:37-43.

15- Rosa M.C., Muchovj J.J. and Alvarez V.H. 1989. Temporal relations of phosphorus fractions in an oxisol amended with rock phosphate and *Thiobacillus thiooxidans*. Soil Science Society of America Journal, 53:1096-1100.

16- Sago C.I., Ando T., Kouno K. and Nagaoka T. 1998. Relative importance of porotons and solution calcium concentration in phosphate rock dissolution by organic acid. Soil Science, 44:617-625.

17- Stamford N.P., Santos D.R., Moura A.M.M., Santos C.E.R.S., and Freitas, A.D.S. 2003. Biofertilizer with natural phosphate, sulphur and *Acidithiobacillus* in a soil with low available-p. Scientia Agricola, 60(4): 767-773.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar-Apr 2010, p. 1-9

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۹-۱

The effect of *Thiobacillus* and *Aspergillus* on phosphorous availability of enriched rock phosphate with sulfur and vermicompost

M. Mohammadi Aria[1]*– A. Lakzian[2] – G.H. Haghnia[3] – H. Besharati[4] – A. Fotovat[5]

Abstract

A large number of studies have shown that direct application of rock phosphate dose do not have enough efficiency to release phosphorus compared to chemical fertilizers. The main purpose of this study was to increase the efficiency of direct application of rock phosphate. Incorporation of rock phosphate with sulfur, organic matter and inoculation with sulfur-oxidizing bacteria and phosphorous-solubilizing fungus, seems to be a suitable alternative for increasing the efficiency and applicability of rock phosphate. This experiment was carried out in laboratory condition, using completely randomized factorial design with 12 treatments and 3 replications. The treatments included sulfur at three rates, 0% (S0), 10% (S1), 20% (S2), vermicompost at two rates, 0% (V0), 15% (V15), and inoculation with *Thiobacillus thiooxidanc*, *Aspergillus niger* (BF) and without inoculation. Water soluble phosphorus and pH were measured during incubation time (15 and 60 days). The results of experiment showed that water soluble phosphorous increased over the time and the maximum level of water soluble P was observed using treatment of 20% sulfur, 15% vermicompost and inoculated with *Thiobacillus* and *Aspergillus* (BFS2V1). The amount of water soluble phosphorus in BFS20V15 was significantly higher than other treatments.

Keywords: Rock phosphate, Organic matters, Water soluble phosphorus

Archive of SID

1,2,3,5 – MS Student, Associate Prof., Professor and Associate Prof., College of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(* - Corresponding author Email: Sara_aria2002@yahoo.com)
4 – Academic Stuff of Soil and Water Research Institute

www.SID.ir