DOI: http://dx.doi.org/10.22092/aj.2016.106743

نشریه زراعت شماره ۱۰۹، زمستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

تأثیر شکل های سوسپانسیونی و دانه ای کودهای حاوی فسفات بر فسفر، آهن و روی قابل جذب خاک

- عبداله رحیمی تبار، دانشگاه آزاد اسلامی کرج (نویسنده مسئول)
- سید محمود سمر، موسسه تحقیقات خاک آب
- سمانه اسکندری، موسسه تحقیقات خاک آب
- محمد معز اردلان، دانشگاه آزاد اسلامی کرج

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۹۲

پست الکترونیک نویسنده مسئول: atabak_206_tabar@yahoo.com

چکیده

برای مقایسه کارآیی کودهای فسفات دار مایع و جامد بر افزایش فسفر قابل جذب برای گیاه، آزمایشی بر روی دو خاک آهکی انجام شد. به نمونه های خاک، دانه ای از کود حاوی فسفات و یا به همان مقدار سوسپانسیون کود افزوده گردید. هم چنین به منظور ارزیابی اثر اسیدی کردن سوسپانسیون بر افزایش قابلیت جذب فسفر، در تیمار دیگری اسید سولفوریک نیز به سوسپانسیون اضافه گردید. پس از گذشت ۱۴، ۳۶ و ۱۶۵ روز فسفر قابل جذب اندازه گیری شد. کود سوسپانسیون اسیدی در خاک شماره یک، پس از گذشت ۱۴ روز فسفر قابل جذب را در حدود ۳۰ درصد بیش تر از تیمار دانه ای افزایش داد؛ ولی اثربخشی سوسپانسیون بدون اسید، مشابه کود دانه ای بود. در خاک شماره دو و پس از گذشت ۱۴ روز، تفاوت معنی داری میان اثربخشی کودها مشاهده نشد. پس از ۳۶ روز، فسفر قابل جذب در تیمار کود دانه ای در خاک های شماره یک و دو به ترتیب حدود ۱۲۰ و ۴۰ درصد بیش تر از تیمار سوسپانسیون بود. پس از گذشت ۱۶۵ روز نیز فسفر قابل جذب خاک های شماره یک و دو که کود دانه ای دریافت کرده بودند، به ترتیب ۴۵۰ و ۱۳۰ درصد نسبت به سوسپانسیون برتری داشت. هم چنین اندازه گیری ها نشان داد که شکل کود حاوی فسفات تأثیر مشخصی بر آهن و روی قابل جذب برای گیاه نداشت. به طور کلی نتایج نشان داد در صورتی که گیاه بتواند در مدت زمان کوتاهی پس از مصرف سوسپانسیون، فسفر مورد نیاز خود را از خاک جذب نماید، کود فسفات دار دانه ای با مقدار یک سانی از سوسپانسیون قابل جایگزینی می باشد. در غیر این صورت به مقادیر بیش تری از کود سوسپانسیونی نیاز است.

کلمات کلیدی: کود فسفات دار مایع، کود فسفات دار دانه ای، سوسپانسیون، فسفر قابل جذب خاک، آهن قابل جذب خاک، روی قابل جذب خاک

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:108 pp: 67-73

Soil extractable P, Fe and Zn as affected by suspension and granule form of phosphate fertilizer

By:

- *A. Rahimi tabar , (Corresponding Author), Islamic Azad University of Karaj*
- *S. M. Samar, Soil and Water Research Institute*
- *S. Eskandari , Soil and Water Research Institute*
- *M. Moez Ardalan, Islamic Azad University of Karaj*

Received: April 2012 **Accepted: July 2013**

To compare the effect of liquid and solid forms of P-fertilizers on plant available P, an experiment was conducted on two calcareous soils. A granule or the same amount of suspension was added to soil samples. Also in another treatment, H_2SO_4 was added to suspension to evaluate its effect on increasing soil available P. Soil available P was determined after 14, 36 and 165 days. After 14 days and in soil sample 1, acids suspension fertilizer caused about 30 percent more available P than granule treatment but the effectiveness of suspension was the same as granule. In soil sample 2 and after 14 days, there was no difference between fertilizers. After 36 days, granule fertilizer caused about 120 and 40% more available P in soil samples 1 and 2 respectively. After 165 days available P in soil samples 1 and 2 were about 450% and 130% higher compare to suspension. Also Results indicated the shape of the fertilizer had no effect on the soil available Fe and Zn. It is concluded that if plant could be able to absorb P from soil in a short period of time after fertilizer application, granule P fertilizer can replace by the same amount of suspension. If not, more suspension fertilizer is needed.

key Words: Liquid phosphate fertilizer, granule phosphate fertilizer, suspension, soil available phosphorus, soil available iron, soil available zinc

مقدمه

با توجه به تأمین بخش مهمی از نیاز کشور به کودهای حاوی فسفات از طریق واردات، هرگونه اقدام در راستای افزایش اثربخشی این کودها اثرات مهمی در کاهش میزان وابستگی کشور در پی خواهد داشت. تحقیقات چندساله اخیر نشان دهنده برتری کودهای فسفات دار مایع در مزارع مناطق خشک دارای خاک آهکی در مقایسه با کودهای مرسوم جامد (گرانولی) می باشد. آزمایش بر روی چندین خاک آهکی در جنوب استرالیا نشان داد که کاربرد کود مونوآمونیوم فسفات به صورت مایع در مقایسه با شکل دانه ای، عمل کرد دانه گندم را بیش تر افزایش داد (Holloway *et al*., 2001). محققان (McBeath *et al*., 2005) با انجام آزمایش های گل خانه ای و میدانی(بر روی خاک های جنوب استرالیا) دریافتند که عمل کرد دانه گندم هنگام مصرف کودهای مایع بیش تر از زمانی بود که اشکال دانه ای آن مصرف شدند. در ۶۲ درصد خاک های مورد آزمایش، وزن ماده خشک گندم در تیمار کود مایع بیش تر بود. خاک هایی که در آن گیاه پاسخ بهتری به مصرف کودهای مایع می داد، از نظر غلظت کل و ظرفیت بافری فسفر تفاوتی با سایر خاک ها نداشتند؛ اما یک هم بستگی معنی دار و مثبت میان مقدار کربنات کلسیم خاک و پاسخ گندم به کودهای فسفات دار مایع دیده شد؛ به گونه ای که با افزایش آهک خاک برتری کود مایع آشکار می گردید داده شدکه اثربخشی کودهای چندعنصری (دارای فسفر، ازت، روی و منگنز)، هنگامی که به صورت مایع به خاک تزریق شدند، بیش تر از حالتی بود که همین کودها به صورت گرانول در کشت گندم مصرف گردیدند (Holloway *et al*., 2006). در توجیه این پدیده دو احتمال مطرح است. نخست آن که هنگام تزریق کود مایع به خاک، واکنش های شیمیایی در خاک به گونه ای بوده که در نهایت عناصر غذایی با انرژی کم تری نگه داری شده و درنتیجه از قابلیت جذب بیش تری برای گیاه برخوردار بوده اند. احتمال دیگر مرتبط با نحوه پراکنش کود در میان ذرات خاک می باشد. به این ترتیب که در روش تزریق کود مایع، حجم بیش تری از خاک به کود آغشته شده و درنتیجه درصد فراوان تری از ریشه ها با خاک غنی شده تماس داشته و جذب فسفر بیش تر شده است.

عوامل فیزیکی و شیمیایی چندی در خاک باعث اثربخشی بهتر کودهای مایع می شوند؛ که از میان آن ها، پخشیدگی مهم ترین عامل است. استفاده از روش رقت ایزوتوپی (Isotopic dilution method) نشان داد که در مجاورت دانه کود حاوی فسفات، مقدار فسفر ناپایدار (Labile) کم تر از مقدار متناظر برای کود مایع بود (Lombi *et al*., $2004_{a, b}$). این امر می تواند به رسوب فسفات کلسیم در مجاورت دانه کود مربوط باشد؛ پدیده ای که شدت آن هنگام افزودن کود مایع کم تر است. غلظت بسیار زیاد فسفات خارج شده از دانه کود، علت احتمالی چنین حالتی می باشد. کاربرد فنون ایزوتوپی و طیف سنجی در خاکی با ۷۷ درصد آهک نشان داد که فسفات موجود در کود فسفات دار مایع نسبت به فسفات خارج شده از یک دانه کود فسفات دار جامد، تا مسافت دورتری از محل تزریق کود در خاک برای گیاه قابل جذب است (Lombi *et al*., 2006). استفاده از روش های پیشرفته در این آزمایش ثابت کرد که رسوبات کلسیم در نزدیکی گرانول، ماهیتی مشابه با اکتا کلسیم فسفات و یا هیدروکسی آپاتایت دارند. حلالیت ناچیز این دو ترکیب، توجیه کننده قابلیت کم تحرک فسفات کود در خاک می باشد (Lombi *et al*., 2006). غلظت بیش تر فسفر در مجاورت دانه کود شرایط را برای تشکیل رسوبات

فسفات دار با حلالیت کم مساعد می نماید. اما هرچه غلظت فسفات در محلول خاک کم تر باشد (مشابه شرایطی که در محل تزریق کود مایع حاوی فسفات وجود دارد)، فسفر بیش تر به صورت جذب سطحی نگه داری می شود؛ که در این حالت قابلیت جذب آن برای گیاه بیش تر است (Tunesi *et al*., 1999). در توجیه پخشیدگی کم تر فسفر از دانه کود فسفات دار (در مقایسه با کود فسفات دار مایع که نتیجه آن تجمع زیاد فسفر در نزدیکی دانه کود و پدید آمدن موادی با حلالیت کم تر می باشد)، لامبی و همکاران (۲۰۰۶) بر این باورند که جریان آب به سمت دانه های آب دوست کود حاوی فسفات (که بر خلاف جهت پخشیدگی فسفات از کود می باشد) در روند پخشیدگی فسفات اختلال ایجاد کرده و به این ترتیب از شدت پخشیدگی کاسته می شود. هم چنین آن ها (۲۰۰۴) نشان داده بودند که چند هفته پس از قرار گرفتن دانه کود حاوی فسفات در خاک، درصدی از فسفر هم چنان در دانه کود باقی مانده و به خارج پخشیده نشده است.

محققان دریافتند که تحرّک روی و منگنز (مصرف شده به همراه کود حاوی فسفات) در خاک، پس از مصرف کود به صورت مایع بیش تر از هنگامی بود که این کودها به صورت گرانول در خاک قرار گرفتند (Hettiarachchi *et al*., 2008). اندازه گیری های بسیار دقیق آن ها نشان داد که در حالت تزریق کود مایع، ترکیبات حاصل در خاک از حلالیت بیش تری برخوردار بودند. ماهیت این ترکیبات، مشابه فسفات منگنز هیدراته، کلسیت به همراه منگنز، روی نگه داری شده به صورت جذب سطحی و سیلیکات روی بود. با مصرف کود گرانولی ترکیباتی مانند اکسید منگنز، کربنات منگنز و فسفات روی پدید آمده بود. پژوهش گران با آزمایش بر روی ۴ خاک آهکی در جنوب استرالیا به این نتیجه رسیدند که در آهکی ترین خاک، مقدار قابل توجهی از مونوآمونیوم فسفات، دی آمونیوم فسفات و یا سوپرفسفات تریپل که به شکل جامد به آن افزوده شده بود، سریعاً به مخزن فسفر غیرفراهم برای گیاه وارد گشت. این در حالی بود که با مصرف این کودها به شکل مایع، تثبیت فسفر کم تر بود (Bertrand *et al*., 2006). یکی از محتمل ترین فرضیه ها برای توضیح اختلاف در کارآیی کودهای مایع و جامد این است که در شرایط خشک و در خاک های با قدرت بالای تثبیت فسفر (مانند خاک های آهکی در مناطق خشک)، انحلال و پخشیدگی فسفر به طرف خارج از کودهای جامد محدود است. این امر باعث به وجود آمدن مناطق موضعی با غلظت بالای فسفر در نزدیکی دانه کود می شود؛ و رسوب فازهای جامد بسیار کم محلول کلسیم-فسفات را به دنبال دارد (Bertrand *et al*., 2006). هرچند پژوهش های یادشده حاوی اطلاعات مفیدی در زمینه واکنش های خاک با کودهای فسفات دار گرانولی یا محلول می باشند، اما از جنبه کاربردی سؤالاتی مطرح است که در منابع علمی پاسخ روشنی برای آن ها یافت نمی شود. به طور مثال:

۱. در بیش تر آزمایش های مذکور از ترکیبات کاملاً محلول دارای فسفات (اسید فسفریک) استفاده شده است. در کشور ما ارزان ترین منابع کود حاوی فسفات (سوپرفسفات ساده، سوپرفسفات تریپل و دی آمونیوم فسفات) از نظر شیمیایی به گونه ای هستند که اختلاط آن ها با آب، منجر به تولید کود مایع در شکل سوسپانسیون (و نه کاملاً محلول) می شود. واکنش کود سوسپانسیونی در خاک، ضرورتاً مشابه اسید فسفریک نمی باشد. بنابراین برای اهداف کاربردی نمی توان به طور مستقیم از نتایج موجود استفاده نمود.

۲. اگر مصرف کود مایع بر شکل گرانولی ارجحیت داشته باشد، مشخص نیست که به طور متوسط چقدر می توان از میزان توصیه شده برای مصرف کودهای حاوی فسفات کاست. به علاوه اگر کارآیی مصرف کود مایع کم تر، ولی به دلیل ارزان تر بودن روش مصرف، مقرون به صرفه اقتصادی باشد، بایستی دانست که میزان افزایش مصرف کود مایع بایستی چه مقدار باشد. به عبارت دیگر، مقدار مصرف کودهای دارای فسفات در کشور بر اساس روش اختلاط با خاک و بر مبنای استفاده از کودهای جامد دارای دانه بندی توصیه می شود؛ و در صورت استفاده از کود مایع اطلاعاتی برای تغییر احتمالی در مقدار توصیه وجود ندارد.

۳. در مورد فراهمی فسفات در خاک (پس از مصرف کودهای جامد و مایع) در یک بازه زمانی هیچ اطلاعاتی یافت نگردید. به عنوان مثال آیا تفاوت فراهمی اشکال جامد و مایع در کوتاه و بلندمدت یک سان است؟ این گونه اطلاعات، جهت توصیه مصرف کودهای مایع در باغ ها ضروری می باشد.

در پژوهش حاضر، اثر مصرف خاکی کود سوپرفسفات تریپل در دو شکل جامد (گرانولی) و مایع (سوسپانسیون) بر فسفر قابل جذب خاک، در یک دوره زمانی ۱۶۵ روزه ارزیابی گردید. از آن جا که حلالیت ترکیبات فسفات کلسیم هم گام با کاهش اسیدیته افزایش می یابد (Lindsay and Norvell, 1978)، اثر افزودن اسید سولفوریک به سوسپانسیون نیز بررسی شد. هم چنین با توجه به وجود اطلاعاتی که مؤید تأثیر شکل کودهای حاوی فسفات (مایع یا جامد) بر فراهمی آهن و روی قابل جذب خاک می باشد (Holloway *et al*., 2006) و با توجه به کمبود شایع این عناصر در خاک های کشور، تأثیر اشکال کود دارای فسفات بر آهن و روی قابل جذب خاک نیز ارزیابی گردید. در این آزمایش، فسفر جذب شده، با محلول بی کربنات سدیم (Olsen and Sommer, 1982) و آهن و روی استخراج شده با محلول دی. تی. پی. ای. (Lindsay and Norvell, 1978) به عنوان شاخصی از مقادیر فراهم این عناصر برای گیاهان در نظر گرفته شد. هم اکنون در آزمایشگاه های خاک شناسی ایران و جهان از این روش ها برای ارزیابی حاصل خیزی و تعیین مقدار کود مورد نیاز خاک های آهکی مزارع استفاده می شود.

مواد و روش ها

دو نمونه خاک S_1 و S_2 (هر یک به وزن ۵ کیلوگرم) از مناطق خوشنام و مشکین دشت شهرستان شهریار تهیه و پس از خشک نمودن در جریان هوا، از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. مقدار رطوبت خاک هواخشک و هم چنین ظرفیت نگه داری آب خاک در فشار ۰/۳۳ اتمسفر (ظرفیت مزرعه) اندازه گیری شد. نحوه اجرای تیمارها از آزمایش های لامبی و همکاران (۲۰۰۴) اقتباس گردید؛ و برای هم آهنگی با اهداف کاربردی مورد نظر در این تحقیق تغییراتی نیز در آن داده شد. برای انجام آزمایش از ظروف پلاستیکی به حجم ۲۰۰ میلی لیتر، پیرامون ۲۶ میلی لیتر در قسمت فوقانی و ۱۹ میلی لیتر در قسمت انتهایی استفاده گردید.

کود حاوی فسفات به سه شکل: "گرانول" (P_2)، "سوسپانسیون" (P_3) و "سوسپانسیون اسیدی" (P_4)، به نمونه های ۲۰ گرمی خاک اضافه گردید. تیمار "بدون کود" (P_1) به عنوان شاهد و تیمار "محلول

اسیدی" (P_5) برای آشکار شدن نقش اسید به تنهایی نیز در نظر گرفته شدند. تیمارها به صورت زیر اجرا شدند:

- در تیمار "بدون کود"، با افزودن آب مقطر رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه رسانیده شد. با اندازه گیری پیوسته وزن خاک موجود در ظروف (هر هفته یک مرتبه)، کاهش رطوبت خاک (که به علت بسته بودن درب ظروف ناچیز بود) با افزودن قطرات آب مقطر جبران گردید. رطوبت در سایر تیمارها نیز به همین ترتیب تنظیم شد.
- در تیمار "گرانول"، دانه کود به وزن تقریبی ۴۰ میلی گرم، در قسمت میانی توده خاک قرار گرفت و سپس مانند "بدون کود" رفتار شد.
- در تیمار "سوسپانسیون"، دانه کود ۴۰ میلی گرمی داخل ظرف قرار داده شد. سپس مقدار آب لازم برای رسانیدن نمونه خاک به ظرفیت مزرعه (بدون حضور خاک) اضافه گردید. بعد از گذشت ۲۴ ساعت (زمان لازم برای متلاشی شدن گرانول) مخلوط را هم زده (آماده شدن سوسپانسیون کود حاوی فسفات) و سپس خاک به آرامی به آن افزوده گردید. در این حالت سوسپانسیون کود فسفات دار به صورت یک نواخت جذب ذرات خاک شد.
- در تیمار "سوسپانسیون اسیدی" مانند تیمار "سوسپانسیون" عمل شد؛ با این تفاوت که ۰/۵ میلی لیتر از مقدار آب مقطر کاسته و به جای آن اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال اضافه گردید.
- تیمار "محلول اسیدی" مانند تیمار سوسپانسیون اسیدی بود؛ با این تفاوت که کود حاوی فسفات افزوده نگردید.

در طول مدت آزمایش، ظروف در محیط آزمایشگاه و در دمای حدود ۲۰ درجه سانتی گراد نگه داری شدند. پس از گذشت ۱۴، ۳۶ و ۱۶۵ شبانه روز از زمان افزودن کودها (T_1, T_2, T_3)، فسفر قابل جذب خاک به روشOlsen و آهن و روی قابل جذب خاک به روشLindsay اندازه گیری شد. از آن جا که برای اندازه گیری های فوق می بایست نمونه های کوچک تر خاک از درون ظروف برداشته شوند، ابتدا خاک موجود در هر ظرف آزمایشی به خوبی هم زده شد؛ و سپس مقدار خاک لازم برای تجزیه های آزمایشگاهی جدا گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار اجرا شد. مقایسات آماری نیز توسط نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی های خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

همان گونه که نمودار ۱ نشان می دهد فسفر قابل جذب نمونه خاک خوشنام پس از افزودن کود سوسپانسیون اسیدی، در زمان اول (۱۴ شبانه روز) بیش ترین مقدار بود. از آن جا که افزایش فسفر قابل جذب (نسبت به "بدون کود") در تیمار محلول اسیدی مشاهده نگردید، می توان گفت که افزایش فسفر فراهم خاک در تیمار سوسپانسیون اسیدی، ناشی از نقش اسید در جلوگیری از کاهش حلالیت کود حاوی فسفات در خاک (و نه تبدیل اشکال فسفر غیرقابل جذب خاک به اشکال قابل جذب) بود. در زمان های طولانی تر (۳۶ و ۱۶۵ شبانه روز)، کود فسفات دار دانه ای اثر قوی تری در افزایش فسفر قابل جذب خاک داشت (نمودار ۱).

نمودار ۲ اثر تیمارها را در خاک مشکین دشت نشان می دهد. در این خاک و بر خلاف خاک خوشنام، اثر کود فسفات دار دانه ای در کوتاه مدت (۱۴ روز)، تفاوتی با اشکال سوسپانسیون و یا سوسپانسیون اسیدی نداشت. اما در زمانهای دوم و سوم، همانند خاک خوشنام، شکل دانه ای موثرتر بود. آزمایش حاضر دارای اهداف کاربردی می باشد و به گونه ای طراحی نشده است که بتوان علت تفاوت نتایج خاک ۱ و ۲ در کوتاه مدت را مشخص نمود. اما در مجموع این احتمال وجود دارد که به علت وجود رس بیشتر در خاک شماره ۲ و در نتیجه سطح تماس بیشتر برای واکنش فسفر کود مایع با ذرات خاک، اثر بخشی کود مایع کمتر از خاک ۱ شده باشد. واکنش پذیری بیشتر ذرات ریز دانه خاک در واکنش با کود فسفات دار در منابع علمی متفاوتی ذکر گردیده است (شریعتمداری و همکاران[1]، ۲۰۰۶).

داده های آزمایش نشان می دهد که از نظر افزایش فسفر قابل جذب خاک، کود فسفات دار دانه ای در درازمدت مؤثرتر از کود سوسپانسیونی بود؛ اما در کوتاه مدت یا دارای اثری یک سان بود (خاک ۲) و یا آن که کود سوسپانسیونی بر اشکال گرانولی ارجحیت داشت (خاک ۱).

نتایج کوتاه مدت آزمایش حاضر با نتایج آزمایش هالووی و همکاران[2] (۲۰۰۱)، لامبی و همکاران (۲۰۰۴) و برتراند و همکاران (۲۰۰۶) هم سو می باشد. اما نتایج دراز مدت (زمانهای دوم و سوم) بر خلاف یافته های محققین فوق و با قسمتی از نتایج آزمایشهای مک بث و همکاران (۲۰۰۵) هماهنگ می باشد. آزمایش هایی که موید برتری کودهای فسفات دار مایع بر دانه ای می باشد، در زمان های کوتاه انجام شده اند زیرا در این تحقیقات گیاهان زراعی مد نظر بوده اند. این گیاهان دوره رشد کوتاهی داشته و در صورتی که یک منبع کود مایع بتواند نیاز گیاه را در کوتاه مدت تامین نماید، کود خوبی محسوب می شود. بر خلاف گیاهان زراعی که در اوایل فصل رشد نیاز به جذب فسفر بیشتری از خاک دارند، درختان میوه در ابتدا، بیشتر وابسته به فسفر ذخیره شده در اندام های خود (پوست ریشه و ساقه) بوده، ولی در اواسط فصل رشد که ماده سازی افزایش می یابد، بیشتر وابسته به فسفر جذب شده از خاک می باشند (طلایی، ۱۳۷۷). به همین علت و بر اساس نتایج آزمایش حاضر، بهتر است که زمان مصرف کود فسفات دار مایع در خاک باغ ها، اواسط اردیبهشت باشد تا نیاز به مقادیر بیشتری از کود (در مقایسه با گرانول) نباشد. به عبارت دیگر در این حالت مقدار کود فسفات دار مایع، برابر خواهد بود با مقدار کود توصیه شده دانه ای. در غیر این صورت مقدار مصرف کود مایع بایستی بیش از کود جامد باشد. در غیر این صورت مقدار مصرف کود مایع بایستی بیش از کود دانه ای باشد. مقدار این افزایش بستگی به ویژگی های خاک دارد و به عنوان مثال در چنین شرایطی در خاک ۱ به کود مایع بیشتری (در مقایسه با خاک ۲) نیاز می باشد. البته توانائی های گیاهان (مانند گسترش و قدرت جذب ریشه) نیز می تواند اثراتی در این زمینه داشته باشد.

اشکال مایع و یا جامد کود فسفات دار و یا محلول اسیدی تاثیری بر آهن قابل جذب خاک نداشتند (نمودارهای ۳ و ۴). هر چند افزایش حلالیت آهن، دست کم در تیمار محلول اسیدی انتظار می رفت، لیکن چنین افزایشی مشاهده نگردید. به نظر می رسد کاهش پی اچ و افزایش غلظت آهن در مدت کوتاهی رخ داده و پس از آن قدرت بافری خاک (ناشی از حضور آهک) مانع از آن شده باشد که پس از ۱۴ روز (و یابیشتر)، افزایشی در آهن قابل جذب اندازه گیری شود. چنین حالتی توسط خرسندی[3] (۱۹۹۴) نیز گزارش شده است. در آزمایش وی اثرات افزودن اسید سولفوریک (به همراه آب آبیاری) تا مدت ۴۵ روز باعث افزایش غلظت آهن و فسفر در محلول

خاک شده بود.

نمودار ۵ نشان می دهد که در خاک خوشنام اشکال سوسپانسیونی و دانه ای کود حاوی فسفات تأثیری بر مقدار روی قابل جذب نداشت؛ اما افزودن محلول اسیدی (بدون کود حاوی فسفات) در کوتاه مدت (۱۴ شبانه روز) باعث افزایش قابل توجه آن گردید. در خاک مشکین دشت کاهش مشخصی در مقدار روی قابل جذب پس از افزودن کودهای سوسپانسیونی در زمان های اول و دوم مشاهده شد (نمودار ۶). هم چنین افزودن کود فسفات دار گرانولی در زمان های دوم و سوم باعث کاهش روی قابل جذب خاک نسبت به تیمار بدون کود شد.

نتیجه گیری

افزایش کارآیی مصرف کودهای فسفات دار از جنبه های مختلف زیست محیطی، زراعی و اقتصادی مهم می باشد. به همین علت آزمایش های انجام شده در خاک های آهکی مناطق خشک که مزیت اشکال مایع کودهای فسفات دار بر اشکال دانه ای مرسوم در مزارع را نشان داده، مورد توجه محققین قرار گرفته است. نتایج متفاوتی که تا کنون در این موضوع گزارش گردیده، بر ضرورت انجام پژوهش های کاربردی در این زمینه تاکید دارد. در آزمایش حاضر مشخص گردید که در دو خاک مورد آزمایش، کود مایع فسفات دار تا دو هفته پس از مصرف به خوبی کودهای دانه ای فسفر مورد نیاز گیاه را تامین می نماید و در عین حال تاثیر منفی بر آهن و روی قابل جذب برای گیاه (در مقایسه با کود دانه ای) ندارد. نکته جالب مزیت نسبی کود مایع در یکی از دو خاک بود، هر چند این برتری در زمان طولانی تر وجد نداشت. در چنین خاک ها و برای گیاهانی که دوره رشد کوتاهی داشته و در ابتدای فصل کشت می توانند مقدار زیادی فسفر جذب و در اندام های خود ذخیره نمایند، اثر بخشی بیشتر کودهای فسفات دارمایع قابل تصور می باشد (Holloway et al., 2001). با دور شدن از چنین شرایطی، اثربخشی کمتر کودهای مایع دور از انتظار نیست (McBeath *et al*.,2005)

پاورقی ها

1. Shariatmadari et al
2. Holloway et al
3. Khorsandi

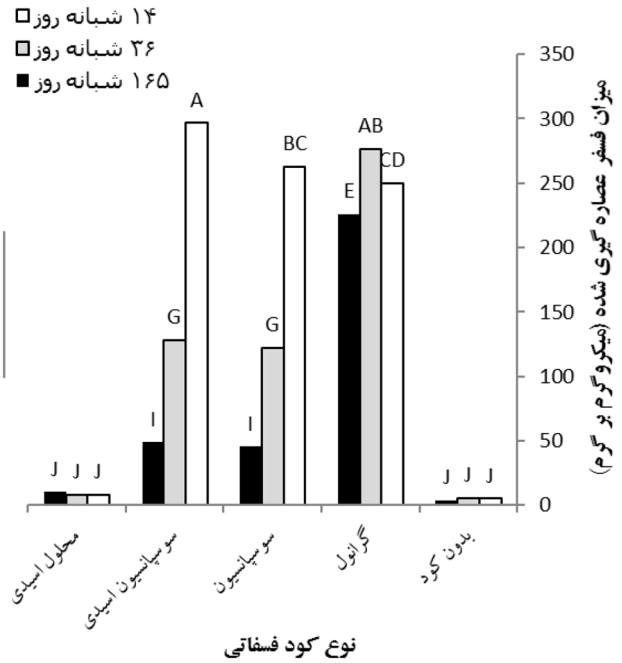
جدول ۱- برخی ویژگی‌های نمونه‌های خاک

	نمونه	عمق (سانتی‌متر)	واکنش گل اشباع	درصد کربنات کلسیم کل	درصد کربن آلی	فسفرفراهم (میکروگرم بر گرم)	آهن فراهم (میکروگرم بر گرم)	روی فراهم (میکروگرم بر گرم)	بافت	رطوبت وزنی خاک در فشار ۰/۳۳اتمسفر
۱	خوشنام	۳۰-۰	۸	۹	۰/۶۳	۵	۷/۷	۱	لومی	۱۶٪
۲	مشکین دشت	۳۰-۰	۸	۱۱	۰/۹۳	۱۳	۵/۳	۴/۵	رسی- لومی	۲۰٪

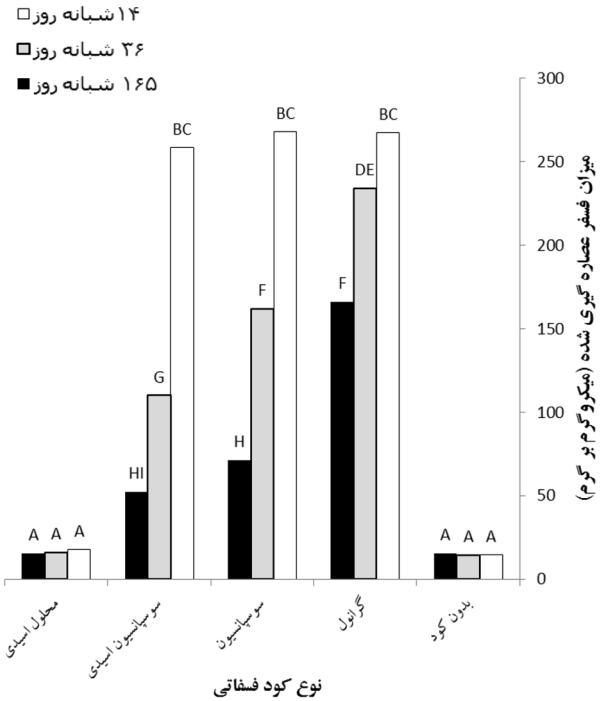
جدول تجزیه واریانس (جدول۲) نشان می دهدکه غیراز نوع خاک و اثر متقابل بین نوع خاک و زمان، تفاوت معنی داری بین سطوح سایر عوامل و اثرات متقابل آنها، وجود دارد.

جدول-۱ تجزیه واریانس بررسی اثر ساده تیمار های نوع خاک، نوع کود فسفره، زمان و اثر متقابل آنها بر فسفر قابل عصاره گیری

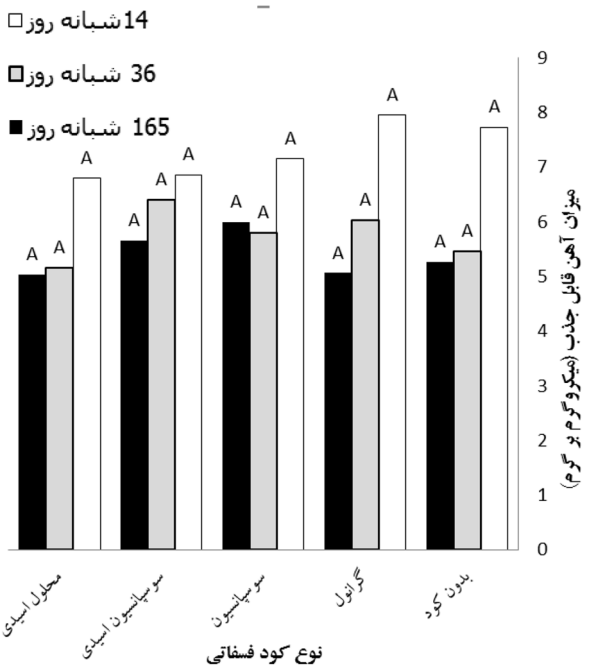
منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
نوع خاک	۱	۱۹/۶۰	۱۹/۶۰	۰/۱۲۷	۰/۷۲۲
شکل کود	۴	۷۰۳۴۹۶/۸۸	۱۷۵۸۷۴/۲۲	۱۱۴۵/۵۱	۰/۰۰۱
نوع خاک*شکل کود	۴	۸۱۹۵/۹۵	۲۰۴۸/۹۸	۱۳/۳۵	۰/۰۰۱
زمان	۲	۱۴۹۵۲۹/۲۶۶	۷۴۷۶۴/۶۳۳	۴۸۷/۷۲۲	۰/۰۰۱
نوع خاک*زمان	۲	۴۵/۲۶۷	۲۲/۶۳۳	۰/۱۴۷	۰/۸۶۳
شکل کود*زمان	۸	۱۵۸۵۳۷/۸۴	۱۹۸۱۷/۲۳	۱۲۹/۰۷	۰/۰۰۱
نوع خاک*شکل کود*زمان	۸	۷۰۹۹/۱۷۷	۸۸۷/۳۹	۵/۷۸	۰/۰۰۱
خطا	۶۰	۹۲۱۲/۰۰	۱۵۳/۵۳۳		



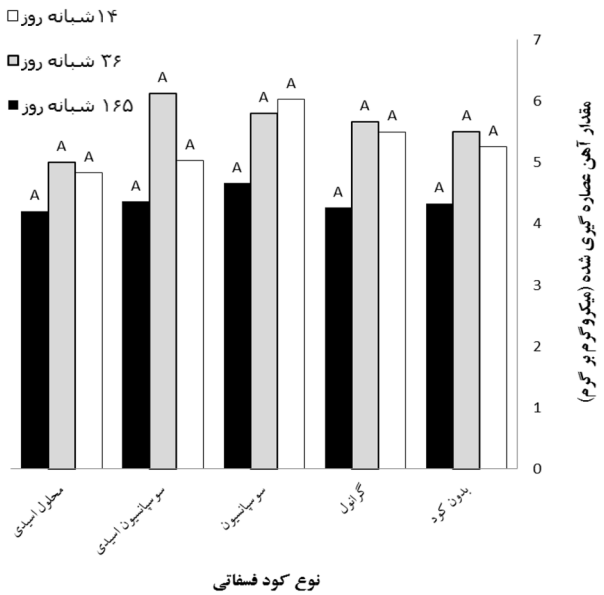
نمودار ۱- میزان فسفر قابل جذب در خاک خوشنام
در طول زمان، پس از افزودن اشکال مختلف کود حاوی فسفات



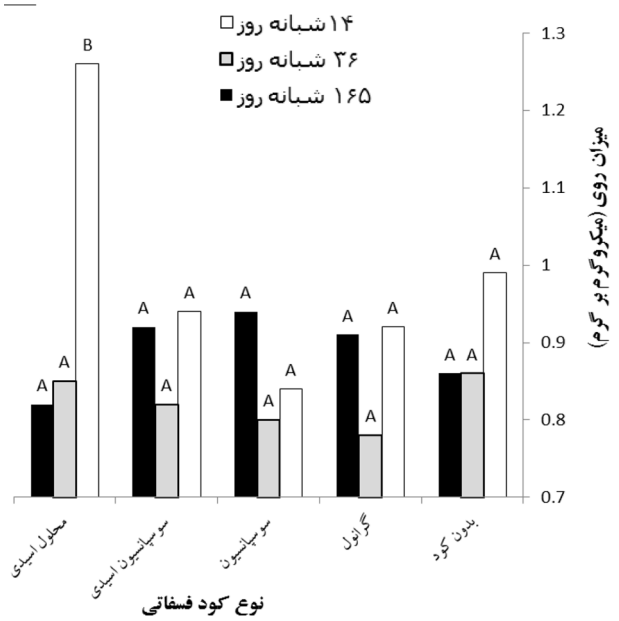
نمودار ۲- میزان فسفر قابل جذب در خاک مشکین‌دشت
در طول زمان، پس از افزودن اشکال مختلف کود حاوی فسفات



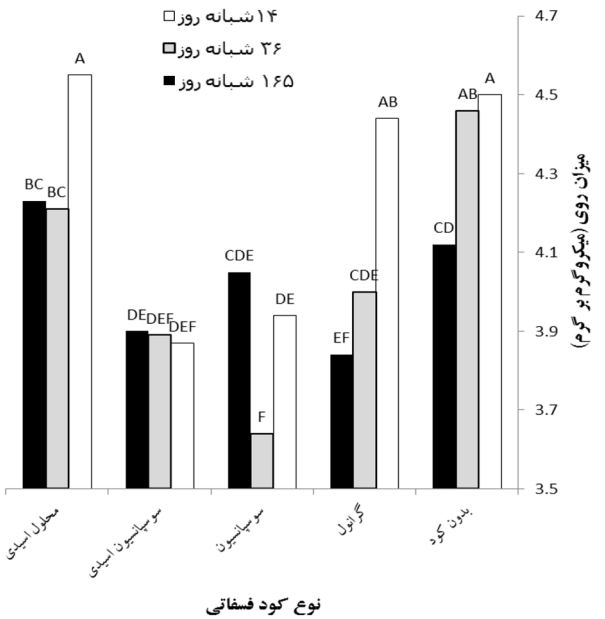
نمودار ۳- میزان لهن قابل جذب در خاک خوشنام در
طول زمان، پس از افزودن اشکال مختلف کود فسفات‌دار



نمودار ۴- میزان آهن قابل جذب در خاک مشکین‌دشت
در طول زمان، پس از افزودن اشکال مختلف کود حاوی فسفات



نمودار ۵- میزان روی قابل جذب در خاک خوشنام در طول زمان، پس از افزودن اشکال مختلف کود حاوی فسفات



نمودار ۶- میزان روی قابل جذب در خاک مشکین‌دشت در طول زمان، پس از افزودن اشکال مختلف کود حاوی فسفات

منابع مورد استفاده

۱. طلائی، ع.ر. ۱۳۷۷. فیزیولوژی درختان میوه مناطق معتدله (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران- تهران، ایران.

۲. علی احیایی، مریم. ۱۳۷۳. شرح روشهای تجزیهٔ شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.

3. Bertrand, I., M.J. McLaughlin, R.E. Holloway, R.D. Armstrong, and T. McBeath۲۰۰۶ .. Changes in P bioavailability induced by the application of liquid and powder sources of P, N and Zn fertilizers in alkaline soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 74:1: 27-40.

4. Hettiarachchi, G.M., M.J. McLaughlin, K.G. Scheckel, D.J. Chittleborough, M. Newville, S. Sutton, and E. Lombi. 2008. Evidence for different reaction pathways for liquid and granular micronutrients in a calcareous soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 72: 98-110.

5. Holloway, R.E., I. Bertrand, A.J. Frischke, D.M. Brace, M.J. McLaughlin, and W. Shepperd. 2001. Improving fertiliser efficiency on calcareous and alkaline soils with fluid sources of P, N and Zn. *Plant Soil*, 236: 209–219.

6. Holloway, B., D. Brace, I. Ritcher, M. McLaughlin, G. Hettiarachchi, and R. Armstrong. 2006. Micronutrient availability improved with fluids. *Fluid J.*, 54:14: 17–19.

7. Khorsandi.F.1994. Sulfuric acid effects on iron and phosphorus availability in two calcareous soils. J. Plant Nutr.17(9):1611-1623.

8. Lombi, E., M.J. McLaughlin, C. Johnston, R.D. Armstrong, and R.E. Holloway. 2004a. Mobility and lability of phosphorus from granular and fluid monoammonium phosphate differs in a calcareous soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68: 682–689.

9. Lombi, E., M.J. McLaughlin, C. Johnston, R.D. Armstrong, and R.E. Holloway. 2004b. Mobility, solubility and lability of fluid and granular forms of P fertiliser in calcareous and non-calcareous soils under laboratory conditions. *Plant Soil*, 269: 25–34.

10. Lombi, E., K.G. Scheckel, R.D. Armstrong, S. Forrester, J.N. Cutler, and D. Paterson. 2006. Speciation and distribution of phosphorus in a fertilized soil: A synchrotron-based investigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70: 2038–2048.

11. McBeath, T.M., R.D. Armstrong, E. Lombi, M.J. McLaughlin, and R.E. Holloway. 2005. Responsiveness of wheat (*Triticum aestivum*) to liquid and granular phosphorus fertilisers in southern Australian soils. *Aust. J. Soil Res.*, 43:2: 203-212.

12. Shariatmadari.H, M.Shirvani and A Jafari. 2006. Phosphorus release kinetics and availability in calcareous soils of selected arid and semiarid toposequences.Geoderma.132(3–4): 261–272

13. Olsen, S.R. and Sommer, L.E. 1982. Phophorus. In Methods of soil Analysis: Chemical and microbiological properties, part 2. 2nd Ed. Agron. Monogr. No. 9. A. Klute (ed). ASA and SSSA, Madison, WI, PP. 403-430.

14. Tunesi, S., V. Poggi, and C. Gessa. 1999. Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils: The role of calcium ions in solution and carbonate minerals. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, 53: 219–227.

15. Korcak, R. F. 1989. Influence of micronutrient and phosphorous levels and chelator to Fe ratio on growth, chlorosis and nutrition of *VACCINIUM ASHEI* READ and *V. ELLIOTTII* CHAPMAN. J. Plant Nutr. 12 (11): 1311-1320.