



بررسی سینتیک آزادسازی فسفر در برخی خاک‌های مهم زراعی استان فارس

ابوالفضل آزادی^۱، مجید باقر نژاد^۲

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز ۲-استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

چکیده

در اکثر مناطق دنیا فسفر بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر محدود کننده رشد محصولات کشاورزی می‌باشد. اطلاعات درباره سرعت آزاد شدن فسفر در خاک‌های استان فارس به وسیله عصاره گیری مرحله ای با استفاده از کلرید کلسیم یک صدم مولار در مدت ۷۲ ساعت و همبستگی ثابت‌های سرعت معادلات سینتیکی با خصوصیات خاک بود. نتایج این پژوهش نشان داد ها سازی فسفر از خاک در ابتدا سریع و سپس به آهستگی ادامه یافت. بعد از گذشت ۷۲ ساعت مقدار فسفر آزاد شده در خاک‌ها بین ۳/۹ تا ۱/۳۰ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد. فسفر تجمع‌ی آزاد شده بوسیله شش مدل سینتیکی ارزیابی شد. نتایج تجزیه‌های آماری نشان داد که رها سازی فسفر توسط معادلات ایلوویج، تابع توانی و مرتبه اول به خوبی قابل توصیف بود.

مقدمه

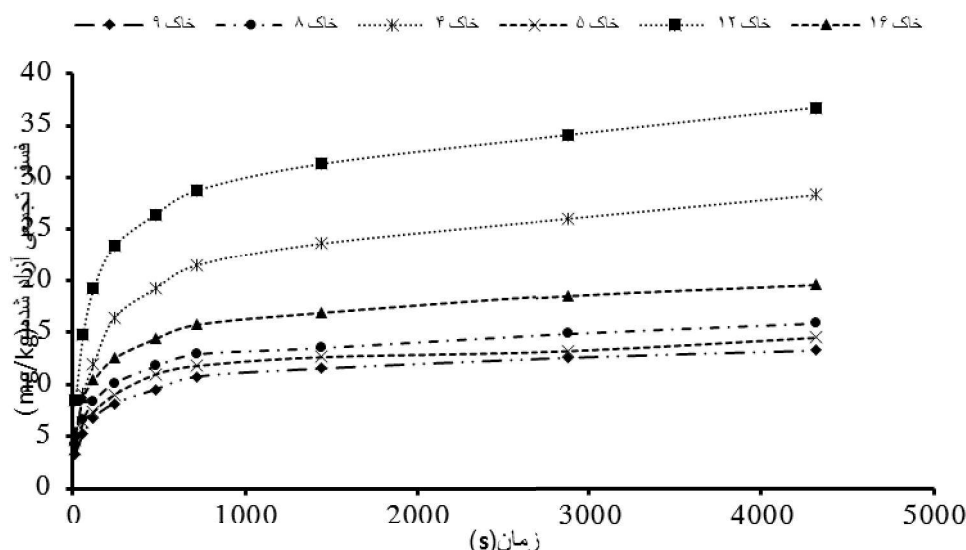
فسفر یکی از عناصر مورد نیاز گیاه بوده و بعد از نیتروژن به عنوان محدود کننده‌ترین عنصر در تولید محصولات به شمار می‌رود (Dail et al., ۲۰۰۹). کمبود فسفر در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک، که از کمبود ماده آلی نیز رنج می‌برند، به وفور گزارش شده است (جلالی و رنجبر، ۲۰۱۰؛ سمواتی و حسین پور، ۱۳۹۰). غلظت پایین فسفر خاک به علت واکنش‌های قوی فسفات با تعدادی از فازهای جامد آلی و غیر آلی و کند بودن سرعت بسیاری از واکنش‌های آزادسازی فسفر است. از این رو بررسی واکنش‌های جذب و رها سازی فسفر در خاک در طی زمان برای تعیین تغییرات فسفر قابل استفاده گیاه در خاک دارای اهمیت است. وجود تعادل بین سطوح فسفر خاک برای کشاورزی و سطوح بی‌خطر فسفر برای محیط زیست الزامی می‌باشد. در این راستا شناخت کشاورز از سرعت و ظرفیت رها سازی فسفر خاک حائز اهمیت است، چرا که نشان دهنده فسفر قابل دسترس گیاه خواهد بود. (الخطیب، ۱۹۸۸). رها سازی فسفر از کلونیدهای خاک یکی از فرایندهای کنترل کننده جذب فسفر توسط ریشه‌ها و موثر در رشد گیاه می‌باشد. بنابراین مطالعه سینتیک رها سازی فسفر از خاک وسیله بسیار خوبی برای بررسی وضعیت فسفر می‌باشد. در بررسی رها سازی فسفر روش‌های گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته است که عصاره گیری با بی کربنات در سال ۱۹۵۴ پایه گذاری شد (اولسن و همکاران، ۱۹۵۴). روش عصاره گیری با رزین توسط عامر و همکاران (۱۹۵۵) و آگنین و همکاران (۲۰۰۱) مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از این روش‌ها چندین مطالعه در سال‌های بعد انجام شد تا این که فریس و همکاران (۱۹۹۵) با استفاده از غشاهای دیالیزی لوله ای آغشته به اکسید آهن فریک و اکسید آبدار فری هیدرات به عنوان مخزن جاذب فسفر با قدرت جذب نامحدود استفاده نمودند. روش عصاره گیری با کلرید کلسیم ۰/۱ مولار نیز توسط یونسسی و همکاران (۱۳۸۶)، جعفری و همکاران (۱۳۸۷)، شریعتمداری و همکاران (۲۰۰۶)، جلالی (۲۰۱۳) در ایران مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش نیز سینتیک واجذب فسفر و تغییرات پارامترهای معادلات سینتیکی در خاک‌های مورد مطالعه بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ۱۵ نمونه از خاک‌های استان فارس انجام شد. نمونه‌ها از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری برداشت شد که پس از انتقال به آزمایشگاه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها بر طبق روش‌های معمول آزمایشگاهی تعیین کرد. مطالعه سرعت آزاد سازی فسفر به روش عصاره گیری متوالی با کلرید کلسیم ۰/۱ مولار انجام شد. جهت بررسی سرعت رها سازی فسفر مقدار ۵/۲ گرم از شانزده نمونه خاک توزین و به داخل یک ظرف پلی اتیلن ۱۰۰ میلی لیتری منتقل گردید و با ۱۰۰ میکروگرم فسفر در یک گرم خاک به شکل KH_2PO_4 تیمار شد، بدین صورت که مقدار پنج میلی لیتر از محلول پنجاه میلی گرم فسفر در لیتر به هر نمونه اضافه شد و در دمای حدود ۲۰ درجه سانتیگراد در شرایط ظرفیت مزرعه به مدت یک ماه نگهداری شد. آزمایش مذکور در دو تکرار انجام شد. پس از گذشت حدود یک ماه ۴۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار کلرید کلسیم و چند قطره تولون برای جلوگیری از رشد میکرو ارگانیسم‌ها به هر نمونه اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دوره‌های زمانی متفاوت ۲۵/۰ تا ۷۲ (و در فواصل زمانی ۲۵/۰، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲) ساعت با یک تکان دهنده الکتریکی تکان داده شدند و سپس تعلیق در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و در هر مرحله محلول رویی عصاره گیری شد و مجدداً ۴۰ میلی لیتر دیگر محلول تازه عصاره گیر به نمونه اضافه شده و طی ۹ مرتبه عصاره گیری خاک در مدت زمان ۷۲ ساعت انجام شد، تا جایی که غلظت فسفر در عصاره به مقدار ثابتی برسد. مقدار فسفر موجود در نمونه‌ها به روش مورفی و ریلی (۱۹۶۲) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. آزاد سازی فسفر با زمان با استفاده از معادله‌های مختلف سینتیکی مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های حاصل از مطالعات سینتیکی در هر خاک یا برخی از معادله‌ها مطابقت دارد و در هر خاک مدلی که بتواند به بهترین شکل آزاد سازی پتاسیم را توصیف کند انتخاب می‌گردد. در بین مدل‌های مختلف، مدلی که بیشترین ضریب همبستگی (R^2) و کمترین خطای استاندارد (SE) را داشته باشد به عنوان مدل برتر انتخاب می‌گردد.

نتایج و بحث

روند رها سازی پتاسیم غیر تبادل با زمان در شکل ۱ نشان داده شده است، در تمامی خاکها در مراحل اولیه، سرعت آزاد شدن پتاسیم زیاد و سپس به تدریج با زمان کاهش می یابد. ایونس و ژوریناک واجدبی سریع، متوسط و آهسته فسفر را به ترتیب به واکنش های انحلال فسفات های کلسیم ناپایدار و تبدیل به هیدروکسی آپاتیت، واجدبی فسفر از کانی های رسی و کربنات ها و نهایتاً انحلال هیدروکسی آپاتیت نسبت می دهند (ایونس و ژوریناک، ۱۹۷۶). بیشترین و کمترین آزادسازی فسفر به ترتیب مربوط به خاک شماره ۱۵ (ورتی سولز) و خاک شماره ۹ (اریدیسولز) می باشد. به نظر می رسد که تفاوت در مقدار فسفر آزاد شده در مناطق مورد مطالعه بدلیل تفاوت در نوع و مقدار رس، آهک و ماده آلی در این خاک ها می باشد. و خاک راسته ورتی سولز بدلیل داشتن کانی اسمکتیت بیشتر نسبت به سایر راسته های مورد مطالعه مقدار آزاد سازی بیشتری را داشته است. مقدار کانی های رسی انبساط پذیر و غیر انبساط پذیر تأثیر متفاوتی بر سرعت واجدبی فسفر دارند. وجود کانی های انبساط پذیر به دلیل تغییر در اندازه خاکدانه و شکستن آن ها بر اثر مرطوب شدن خاک و از طرفی گروه های عاملی سطحی کمتر، الگوی واجدبی فسفر با زمان را تحت تأثیر قرار داده و سرعت آزاد شدن فسفر را افزایش می دهند (اسپارکس، ۱۹۹۸ و ۱۹۸۹). مقادیر ضریب تبیین برای کلرید کلسیم ۰/۱۰ مولار در معادلات مرتبه صفر از ۸۴۷/۰-۶۲۳/۰ (میانگین ۶۹۱/۰)، در معادلات مرتبه اول از ۹۹۰/۰-۷۸۰/۰ (میانگین ۹۱۸/۰)، در معادلات ایلوویج از ۹۹۸/۰-۹۹۸/۰ (میانگین ۹۸۷/۰)، در معادلات پخشیدگی پارابولیک از ۹۷۲/۰-۸۲۱/۰ (میانگین ۸۷۰/۰) و در معادلات تابع توانی از ۹۹۶/۰-۹۳۹/۰ (میانگین ۹۶۱/۰) متغیر می باشد. از بین معادلات سینتیکی مورد مطالعه، معادله ایلوویج و تابع توانی و مرتبه اول به ترتیب بعلا بالا بودن ضریب تشخیص و پایین بودن خطای استاندارد برآورد، به عنوان بهترین معادله در تشریح روابط بین آزاد شدن فسفر و زمان در خاک های مورد مطالعه انتخاب شدند. در نهایت نتایج نشان داد که در حضور کلرید کلسیم معادلات ایلوویج، تابع توانی و مرتبه اول جهت توصیف فرآیند آزادسازی فسفر در خاک های مورد مطالعه مناسب می باشند و نسبت به بقیه معادلات تناسب بیشتری دارند. در بررسی که شریعتمداری و همکاران (۲۰۰۶) در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک انجام دادند گزارش کردند که داده های سینتیکی آزاد شدن فسفر توسط معادله الوویج ساده شده بهتر توضیح داده شدند و پس از آن معادلات تابع توان، انتشار پارابولیک و مرتبه اول با داده های آزاد شدن فسفر وابسته به زمان برازش داده شده بودند. ثابت K_1 و K_2 که شاخصی از آهنگ آزادسازی فسفر در معادلات ایلوویج، توانی و مرتبه اول می باشد، چون این معادلات همبستگی بیشتری را با سینتیک آزادسازی فسفر نشان می دهند حایز اهمیت است. میانگین مقادیر ثابت K_1 در معادله ایلوویج برای خاک های مورد مطالعه با عصاره گیر کلرید کلسیم ۶۷۷/۳، در معادله توانی ۲۵۵/۰ و در مرتبه اول ۵۲۷/۲ میلی گرم بر کیلوگرم در ساعت می باشد. و همچنین مقدار پارامتر a (عرض از مبدا معادله) که نشان دهنده آهنگ اولیه آزاد سازی فسفر بوده و می تواند به عنوان مقدار فسفر اولیه قابل استفاده برای گیاه در نظر گرفته شود در معادله ایلوویج (c) برای خاک های مورد مطالعه با عصاره گیر کلرید کلسیم ۴۸۶/۵- و در معادله توانی (f) برابر ۸۲۴/۳ و برای معادله مرتبه اول ۰/۰۶ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. همچنین بیشترین و کمترین ضریب آزادسازی معادلات ایلوویج و مرتبه اول نیز به ترتیب مربوط به این خاک ها می باشد.



شکل ۱: مقادیر تجمعی فسفر آزاد شده نسبت به زمان با عصاره گیر کلرید کلسیم ۰/۱۰ مولار در مدت زمان ۵۰۰۰ ثانیه

منابع

سمواتی، م. و حسین پور، ع.، ۱۳۹۰. اجزای مختلف فسفر معدنی و قابلیت فراهمی آن در تعدادی از خاکهای استان. همدان. مجله علوم و فنون کشاورزی، علوم آب و خاک. صفحه های ۱۲۷ تا ۱۳۷.



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

- یونسسی، ن، م. کلباسی. وح. شریعتمداری. ۱۳۸۶. تأثیر تجمعی و باقیمانده کودهای آلی بر پارامترهای سینتیکی رهاسازی فسفر. خلاصه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج، ایران. صفحه ۱۴۸۲.
- Agbenin, J. O., and B. van Raij. ۲۰۰۱. Kinetics and energetics of phosphate release from tropical soils determined by ion-exchange resins. *Soil Sci. Soc. Am. J.* ۶۵:۱۱۰۸-۱۱۱۴.
- Amer, F. D., D. R. Bouldin., C. A. Black., and F. R. Duke. ۱۹۵۵. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and P^{32} equilibration. *Plant. Soil.* ۶:۳۹۱-۴۰۸.
- Freese, D., R. Lookman., R. Merckx, and W.H Van Riemsdijk, ۱۹۹۵. New method for assessment of long-term phosphate desorption from soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, ۵۹: ۱۲۹۵-۱۳۰۰.
- Jalali M and Ranjbar F, ۲۰۱۰. Aging effect on phosphorus transformation rate and fractionation in some calcareous soils. *Geoderma* ۱۵۵:۱۰۱-۱۰۶.
- Dail HW, He Z, Erich SM and Honeycutt C, ۲۰۰۹. Soil phosphorus dynamics in response to poultry manure amendment. *Soil Science* ۱۷۴:۱۹۵-۲۰۱.
- Elkhatib, E.A., J.L. Hern. ۱۹۸۸. Kinetics of phosphorus desorption from Appalachian soils. *Soil Sci* ۱۴۵:۲۲۲-۲۲۹.
- Evans, R. L., and J. J. Jurinak. ۱۹۷۶. Kinetics of phosphorus release from a desert soil. *Soil Sci.* ۱۲۱: ۲۰۵-۲۱۱.
- Murphy, J. and J. P. Riley. ۱۹۶۲. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* ۲۷: ۳۱-۳۶.
- Olsen, S.R., C.V. Cole., F.S. Watanabe., and L.A. Dean. ۱۹۵۴. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular* ۹۳۹:۱-۱۹. Gov. Printing Office Washington D.C.
- Shariatmadari, H., M. Shirvani., and A. Jafari. ۲۰۰۶. Phosphorus release kinetics and availability in calcareous soils of selected arid and semiarid toposequences. *Geoderma* ۱۳۲:۲۶۱-۲۷۲.
- Sparks, D. L. ۱۹۸۹. *Kinetics of Soil Chemical Processes*. Academic Press, San Diego, CA.
- Sparks, D. L. ۱۹۹۸. Kinetics of sorption/release processes on natural surfaces. In: P. M. huang, N. Senesi and J. Buffle (Ed.), *Structure and Surface of Soil Particles*. Vol ۴. John Wiley and Sons, New York, NY.

Abstract

Phosphorus after nitrogen limits agricultural production in most region of the world. Information about P release rate is limited in Fars soils. The aim of this investigation was to study P release in ۱۵ soils from Fars province by successive extraction with 0.01 M CaCl_2 over a period of ۷۲ h and the correlation of P release characteristics with soil properties indices. The results showed that soil P release began with a fast initial reaction, followed by a slow secondary reaction until ۷۲ h. The amounts of soil P released after ۷۲ h ranged from 9.3 to 30.1 mg kg^{-1} . The cumulative P release was evaluated by six kinetics equations. Statistical analysis showed that phosphorus release kinetics were described by Elovich, power function and first order equations.