دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران
12 الی 14 شهریور 1390، دانشگاه تبریز
(مدیریت پایدار گیاه برنج در خاک‌های شالیزاری)

تغییرات فسفر قابل‌جذب و شکل‌های فسفر معدنی پس از افزودن کود فسفر در خاک‌های شالیزاری شمال ایران

نصرت اله نجفی*[1] و حسن توفیقی[2]
[1]استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
[2]دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

*E-mail: nanajafi@yahoo.com or n-najafi@tabrizu.ac.ir

چکیده

برای بررسی تغییرات فسفر قابل‌جذب و شکل‌های فسفر معدنی پس از افزودن کود فسفر به خاک‌های شالیزاری شمال ایران، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی شامل نوع خاک در 14 سطح (10 خاک قلیایی آهکی و 4 خاک اسیدی و غیرآهکی)، کود فسفر در دو سطح (صفر و 40 میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک از منبع مونوکلسیم فسفات یا سوپرفسفات تریپل) و با دو تکرار انجام شد. یک گرم از هر نمونه خاک در داخل لوله پلی‌اتیلنی به قطر داخلی 5 میلی‌متر و ارتفاع 18 سانتی‌متر ریخته شد و 5 سانتی‌متر آب در سطح خاک قرار داده شد (در هر دو سطح با و بدون کود فسفر). پس از سه ماه نگهداری در شرایط گلخانه، شکلهای فسفر معدنی در خاک‌های آهکی به روش عصاره‌گیری متوالی جیانگ و گو و در خاک‌های اسیدی و غیرآهکی به روش کیو و فسفر قابل‌جذب به روش اولسن تعیین گردید. نتایج نشان داد که: 1-پس از سه ماه، به‌طور میانگین برای تمام خاک‌های مورد مطالعه، 24 درصد از کود فسفر کاربردی، به شکل قابل‌جذب باقی ماند و 76 درصد آن به شکل‌های غیرقابل‌جذب تبدیل گردید. همچنین، درصد بازیابی فسفر قابل‌جذب در خاک‌های مختلف متفاوت بود. بیشترین درصد بازیابی فسفر قابل‌جذب (86 درصد) در یک خاک آهکی و کمترین درصد بازیابی آن (شش درصد) در یک خاک اسیدی بود. 2- در خاک‌های آهکی و به‌طور میانگین، پس از سه ماه، فسفر افزوده شده به‌ترتیب در شکل‌های اکتاکلسیم فسفات (حدود 40 درصد) > فسفات آلومینیوم (حدود 30 درصد) > دی‌کلسیم فسفات (حدود 19 درصد) > فسفر محلول در احیاءکننده (کمتر از یک درصد) قابل‌بازیابی بود ولی به شکلهای آپاتایت و فسفات آهن مشاهده نگردید. 3- در خاکهای اسیدی و غیرآهکی و به‌طور میانگین، پس از سه ماه، فسفر افزوده شده به‌ترتیب در شکلهای فسفات آهن (حدود 60 درصد) > فسفات آلومینیوم (حدود 30 درصد) > فسفر محلول در احیاء کننده (حدود سه درصد)> فسفر به سهولت محلول (کمتر از یک درصد) قابل‌بازیابی بود ولی به شکل آپاتایت تبدیل نگردید. 4- با توجه به تبدیل نشدن کود فسفر به شکل آپاتایت، به‌نظر می‌رسد کود فسفر افزوده شده به 14 خاک مورد مطالعه به شکل تتمه نیز تبدیل نمی‌شود. لذا، قسمت عمده (بیش از 90 درصد) آن به شکل‌های فسفر معدنی تبدیل می‌شود و احتمالاً فقط بخش کمی از آن (کمتر از 10 درصد) به شکل‌های آلی فسفر تبدیل می‌شود.

کلمات کلیدی: فسفر قابل‌جذب، شکل‌های فسفر معدنی، خاکهای شالیزاری، سوپرفسفات تریپل.

مقدمه

آگاهی از تغییرات فسفر افزوده شده به خاک و تبدیل آن به شکل‌های مختلف اهمیت زیادی دارد؛ زیرا: 1- قابلیت جذب فسفر برای گیاه به‌وسیله توزیع نسبی شکل‌های مختلف فسفر در خاک کنترل می‌شود (کوماراسوامی و سری-رامولا 1992)؛ 2-گیاهان قسمت عمده کود فسفر را نه فقط به شکل منبع افزوده شده، بلکه به شکل محصولات واکنش آن با خاک جذب می‌کنند (سینگهانیا و گوسوامی 1978)؛ 3- مصرف زیاد کودهای فسفر بدون اطلاع از سرنوشت آنها، علاوه بر ضرر اقتصادی باعث غنی شدن آبهای سطحی از فسفر و بروز کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف مانند آهن و روی در گیاهان می‌گردد. آگاهی از مقدار فسفر قابل‌استخراج خاک پس از افزودن کود فسفر، می‌تواند در

شناسایی خاک‌های دارای پتانسیل آزادسازی فسفر به آبهای سطحی یا حرکت آن در پروفیل خاک مورد استفاده قرار گیرد (ایندیاتی 2000). 4- مشخص نمودن تغییرات شکل‌های فسفر پس از کاربرد کود فسفر می‌تواند در بررسی علت-های پاسخ گیاه به کود فسفر در خاک‌های خاصی مورد استفاده قرار گیرد (یانگ و همکاران 2002). لذا، بعضی از محققان تلاش کرده‌اند تا تغییرات فسفر قابل‌جذب و شکل‌های فسفر معدنی را پس از افزودن کود فسفر به خاک مطالعه نمایند (لیندزی و همکاران 1962؛ سینگهانیا و گوسوامی 1978؛ اولسن و همکاران 1983؛ کوماراسوامی و سری‌رامولا 1992؛ کاسترو و تورنت 1995؛ صمدی و جیلکز 1999؛ ایندیاتی 2000؛ یانگ و همکاران 2002؛ ژانگ و همکاران 2004). با توجه به محدود بودن مطالعات انجام شده در این زمینه، این مطالعه برای بررسی تغییرات فسفر قابل‌جذب و شکلهای فسفر معدنی پس از افزودن کود سوپرفسفات تریپل به خاک‌های شالیزاری شمال ایران انجام شد.

مواد و روشها

تعداد 40 نمونهٔ مرکب خاک از عمق 20-0 سانتی‌متر از خاک‌های شالیزاری استانهای گیلان، مازندران و گلستان برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. خاک‌ها پس از هواخشک شدن، کوبیده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. بر اساس ویژگی‌هایی از قبیل pH، بافت، درصد آهک و میزان فسفر قابل‌جذب، 14 نمونه خاک از بین آنها برای مطالعه حاضر انتخاب شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی شامل 14 نوع خاک (10 نمونه خاک آهکی و 4 نمونه خاک اسیدی و غیرآهکی)، کود فسفر در دو سطح (صفر و 40 میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک) و با دو تکرار انجام شد. یک گرم از هر نمونه خاک در داخل لوله پلی‌اتیلنی به قطر داخلی پنج میلی‌متر و ارتفاع 18 سانتی-متر ریخته شد و حجم معینی از محلول مونوکلسیم فسفات (در تیمار با کود فسفر) به آن افزوده شد و خوب مخلوط گردید به‌طوری که به هر کیلوگرم خاک 40 میلی‌گرم فسفر اضافه گردید. سپس پنج سانتی‌متر آب در سطح خاک قرار داده شد و به مدت سه ماه در شرایط گلخانه نگهداری گردید. پس از سه ماه، شکلهای فسفر معدنی در خاک‌های آهکی به روش عصاره‌گیری متوالی جیانگ و گو (1989) و در خاکهای اسیدی و غیرآهکی به روش کیو (1996) و فسفر قابل‌جذب به روش اولسن تعیین گردید. غلظت فسفر در عصاره‌های مختلف با روش اسید آسکوربیک اندازه‌گیری شد (کیو 1996). داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTATC تجزیه و تحلیل آماری شد.

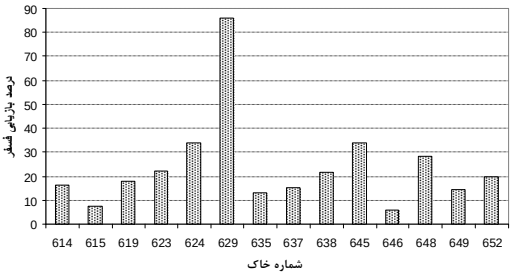
نتایج و بحث

1- درصد بازیابی فسفر از رابطه $R=[(P_f - P_b)/P_a]\times100$ تعیین شد که در آن R، درصد بازیابی فسفر، P_f، مقدار فسفر استخراج شده پس از افزودن کود فسفر به خاک، P_b، مقدار فسفر استخراج شده از تیمار شاهد، P_a، مقدار فسفر افزوده شده به خاک بود؛ مشاهده گردید که سه ماه پس از افزودن کود فسفر، درصد بازیابی فسفر قابل‌جذب به‌طور میانگین برای تمام خاک‌های مورد مطالعه، 24 درصد بود. به عبارت دیگر، از 40 میلی‌گرم فسفر افزوده شده به 14 خاک مختلف، به‌طور میانگین 30/4 میلی‌گرم (76 درصد) آن به شکلهای غیرقابل استفاده تبدیل گردید. همچنین، درصد بازیابی فسفر قابل‌جذب در خاکهای مختلف متفاوت بود؛ بیشترین درصد بازیابی فسفر قابل‌جذب (86 درصد) در خاک آهکی شماره 629 و کمترین درصد بازیابی آن (شش درصد) در خاک غیرآهکی شماره 646 بود (شکل 1). کاهش بازیابی فسفر افزوده شده به خاک با گذشت زمان، به‌وسیله سایر محققان نیز گزارش شده است (اوستان و توفیقی 1383، سینگهانیا و گوسوامی 1978؛ اولسن و همکاران 1983؛ کاسترو و تورنت 1995؛ صمدی و جیلکز 1999؛ ایندیاتی 2000؛ یانگ و همکاران 2002؛ ژانگ و همکاران 2004).

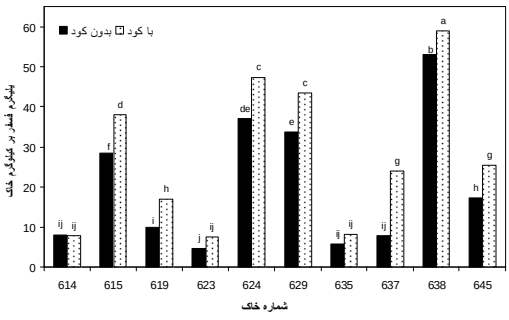
2- سه ماه پس از افزودن 40 میلی‌گرم فسفر به هر کیلوگرم 10 خاک آهکی مختلف در شرایط غرقاب، به‌طور میانگین حدود 40 درصد آن به شکل اکتاکلسیم فسفات، حدود 30 درصد آن به شکل فسفات آلومینیوم، حدود 19 درصد آن به شکل دی‌کلسیم فسفات و کمتر از یک درصد آن به شکل فسفر محبوس در اکسیدهای آهن مشاهده گردید ولی کود فسفر افزوده شده به خاک‌های مذکور به شکل‌های آپاتایت و فسفات آهن مشاهده نگردید (شکلهای 2 تا 7). شکل 2 نشان می‌دهد که از 10 خاک آهکی مورد مطالعه، فقط در خاک 614 کود فسفر در شکل دی‌کلسیم فسفات یافت نشد. در خاک‌های آهکی، نخستین محصول واکنش کود مونوکلسیم فسفات با کربنات کلسیم، دی‌کلسیم فسفات می‌باشد ولی با گذشت زمان به فسفات‌های کلسیم با حلالیت کم تبدیل می‌شود (لیندزی و همکاران 1962)؛ به‌طوری که بخش عمده کود فسفر در خاک‌های قلیایی و آهکی به شکل اکتاکلسیم فسفات تبدیل می‌شود (اولسن و همکاران 1983).

3- سه ماه پس از افزودن 40 میلی‌گرم فسفر به هر کیلوگرم چهار خاک غیرآهکی مختلف در شرایط غرقاب، به‌طور میانگین حدود 60 درصد آن به شکل فسفات آهن، حدود 30 درصد آن به شکل فسفات آلومینیوم، حدود سه درصد آن به شکل فسفر محبوس در اکسیدهای آهن و کمتر از یک درصد آن به شکل به سهولت محلول مشاهده گردید ولی کود فسفر افزوده شده به خاکهای مذکور به فسفات کلسیم (آپاتایت) تبدیل نگردید (شکل‌های 4 تا 8). نتایج نشان داد که در خاک‌های اسیدی و غیرآهکی نسبت به خاک‌های آهکی مقدار بیشتری از کود فسفر به شکل فسفات آهن تبدیل شد (شکل 4).

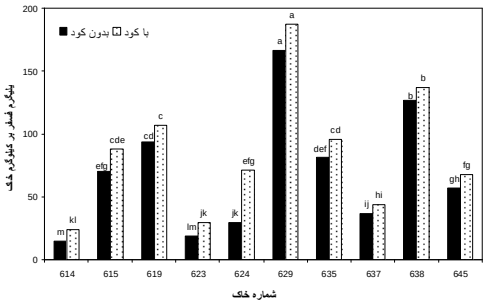
4- با توجه به تبدیل نشدن کود فسفر به شکل آپاتایت (شکل 7) که به‌وسیله ژانگ و همکاران (2004) نیز گزارش شده است، به‌نظر می‌رسد کود فسفر افزوده شده به 14 خاک مورد مطالعه به شکل تتمه نیز تبدیل نمی‌شود. لذا، قسمت عمده (بیش از 90 درصد) آن به شکل‌های فسفر معدنی تبدیل می‌شود و احتمالاً فقط بخش کمی از آن (کمتر از 10 درصد) به شکل‌های آلی فسفر تبدیل می‌شود.



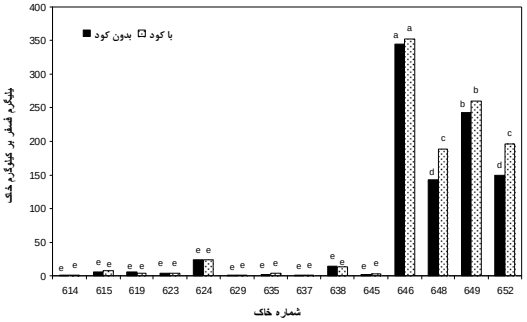
شکل 1- درصد بازیابی فسفر به‌وسیله عصاره‌گیر اولسن در 14 خاک مختلف سه ماه پس از افزودن مونوکلسیم فسفات به خاک. خاک‌های شماره 614 تا 645 قلیایی آهکی و خاک شماره 646 غیرآهکی و خاک‌های 648 تا 652 اسیدی هستند.



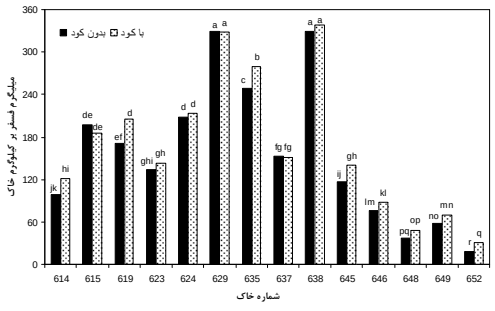
شکل 2- مقدار دی‌کلسیم فسفات در 10 خاک آهکی با و بدون کود فسفر سه ماه پس از افزودن مونوکلسیم فسفات به خاک



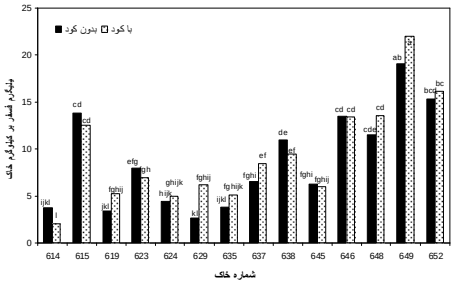
شکل 3- مقدار اکتاکلسیم فسفات در10 خاک آهکی با و بـدون کود فسفر سه ماه پس از افزودن مونوکلسیم فسفات به خاک.



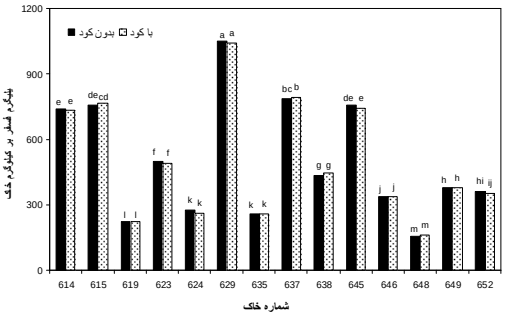
شکل 4- مقدار فسفات آهن در 14 خاک مورد مطالعه با و بدون کود فسفر سه ماه پس از افزودن مونوکلسیم فسفات بـه خـاک. خاک‌های شماره 614 تا 645 قلیایی آهکی و خاک شماره 646 غیرآهکی و خاک‌های 648 تا 652 اسیدی هستند.



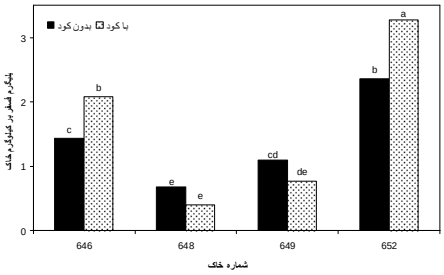
شکل 5- مقدار فسفات آلومینیوم 14 خاک مورد مطالعه سه ماه پس از افزودن مونوکلسیم فسفات به خاک.



شکل 6- مقدار فسفر محلول در احیـاء کننـده 14 خـاک مـورد مطالعه سه ماه پس از افزودن مونوکلسیم فسفات به خاک.



شکل 7- مقدار آپاتایت در 14 خاک مورد مطالعه با و بدون کود فسفر سه ماه پس از افزودن مونوکلسیم فسفات به خاک.



شکل 8- مقدار فـسفر بـه سـهولت محلـول 4 خـاک اسـیدی و غیرآهکی سه ماه پس از افزودن مونوکلسیم فسفات به خاک.

منابع

اوستان ش و ح توفیقی. 1383. برآورد فسفر قابل استفاده باقیمانده در برخی از خاک‌های ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 35، شماره 3، صفحات: 540-531.

Castro B and Torrent J. 1995. Phosphate availability in calcareous Vertisols and Inceptisols in relation to fertilizer type and soil properties. Fertilizer Research 40: 109-119.

Jiang BF and Gu YC. 1989. A suggested fractionation scheme for inorganic phosphorus in calcareous soils. Fertilizer Research 20: 159-165.

Indiati R. 2000. Addition of phosphorus to soils with low to medium phosphorus retention capacities. II. Effect on soil phosphorus extractability. Comm Soil Sci Plant Anal 31: 2591-2606.

Kumaraswamy K and Sreeramulu US. 1992. Transformation of phosphorus in rice soils under different soil water regimes. J Indian Soc Soil Sci 40: 54-58.

Kuo S. 1996. Phosphorus. P. 869-919. In: D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. 3rd Edition, SSSA Book Series No. 5. Madison, WI. USA

Lindsay WL Frazier AW and Stephenson HF. 1962. Identification of reactions of monocalcium phosphate fertilizers in soils. Soil Sci Soc Am Proc 26: 446-452.

Olsen SR, Watanabe FS and Bowman RA. 1983. Evaluation of fertilizer phosphate residue by plant uptake and extractable phosphorus. Soil Sci Soc Am J 47: 952-958.

Samadi A and Gilkes RJ. 1999. Phosphorus transformations and their relationships with calcareous soil properties of Southern Western Australia. Soil Sci Soc Am J 63: 809-815.

Singhania RA and Goswami NN. 1978. Transformation of applied phosphorus under simulated conditions of growing rice and wheat in a sequence. J Indian Soc Soil Sci 26: 193-197.

Yang JE Jones CA Kim HJ and Jacobsen JS. 2002. Soil inorganic phosphorus fractions and Olsen-P in phosphorus responsive calcareous soils: Effects of fertilizer amount and incubation time. Comm Soil Sci Plant Anal 35: 855-871.

Zhang TQ Mackenzie F Liang BC and Drury CF. 2004. Soil test phosphorus and phosphorus fractions with long-term phosphorus addition and depletion. Soil Sci Soc Am J 68: 519-528.