

## تعیین شکل‌های فسفر معدنی و روابط همبستگی آنها با یکدیگر و با فسفر قابل جذب در

### خاک‌های شالیزاری شمال ایران

نصرت اله نجفی\*<sup>۱</sup> و حسن توفیقی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

<sup>۲</sup>دانشیار گروه علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

#### مقدمه

تولید پایدار محصولات کشاورزی نیازمند سطح کافی فسفر خاک در شکل‌های قابل جذب است [۱۳]. قابلیت جذب فسفر برای گیاه بستگی به مقادیر شکل‌های مختلف فسفر دارد که در خاکها موجودند [۱۵]. فسفر قابل جذب گیاه شکل خاصی از فسفر نیست، بلکه مجموعه‌ای از شکلها را شامل می‌شود [۳]. آگاهی از شکل‌های فسفر می‌تواند برای پیش بینی مقدار فسفر قابل جذب و احتمال انتقال فسفر به آبهای سطحی مورد استفاده قرار گیرد [۱۲]. از آنجا که بیشتر فسفر کل خاک برای جذب فوری گیاه قابل استفاده نیست، تلاش‌های زیادی شده تا رابطه بین فسفر قابل جذب خاک و شکل‌های غیرقابل جذب را کمی نمایند [۱۰]. مقادیر نسبی شکل‌های مختلف فسفر در هر خاک بسته به میزان هوادیدگی، pH، مقدار ماده آلی، نوع مواد مادری، کشت محصول و مصرف کود متفاوت است [۱]. به طور کلی، اطلاعات در مورد توزیع فسفر بومی خاک در بین شکل‌های مختلف در خاک‌های شالیزاری دنیا محدود است. در خاک‌های شالیزاری شمال ایران نیز مطالعه‌ای در این زمینه یافت نشد. لذا، این تحقیق به منظور تعیین شکل‌های فسفر معدنی و همبستگی آنها با یکدیگر و با فسفر قابل جذب در خاک‌های شالیزاری شمال ایران انجام شد.

#### مواد و روشها

تعداد ۴۰ نمونه مرکب خاک از عمق ۲۰-۰ 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 قابل جذب، ۱۴ نمونه خاک (۱۰ خاک آهکی و چهار خاک غیرآهکی) از بین آنها برای مطالعه حاضر انتخاب شد. فسفر قابل جذب خاکها به روش اولسن [۵]، شکل‌های فسفر معدنی در خاک‌های آهکی به روش عصاره‌گیری متوالی جیانگ و گو [۴] و در خاک‌های غیرآهکی به روش عصاره‌گیری متوالی کیو [۵] تعیین گردید. غلظت فسفر در عصاره‌های مختلف با روش اسید آسکوربیک اندازه‌گیری شد [۵]. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC تجزیه و تحلیل آماری گردید.

#### نتایج و بحث

۱- در خاک‌های آهکی، میانگین شکل‌های مختلف فسفر (بر حسب میلیگرم فسفر بر کیلوگرم خاک) و ترتیب آنها به صورت فسفر محلول در احیاءکننده (۴/۸) > دی‌کلسیم فسفات (۲۲/۱) > فسفاتهای آهن (۲۹/۳) > اکتاکلسیم فسفات (۹۰/۵) > فسفاتهای آلومینیوم (۱۳۴/۱) > آپاتایت (۵۶۱/۸) می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که قسمت عمده فسفاتهای کلسیم موجود در خاک‌های آهکی مورد مطالعه به شکل آپاتایت است. نتایج تقریباً مشابهی بوسیله سایر محققان نیز گزارش شده است [۲، ۹، ۱۱، ۱۶].

۲- در خاک‌های غیرآهکی، میانگین شکل‌های مختلف فسفر (بر حسب میلیگرم فسفر بر کیلوگرم خاک) و ترتیب آنها به صورت فسفر به سهولت محلول (۰/۸) > فسفر محلول در احیاءکننده (۱۰/۹) > فسفاتهای آلومینیوم (۴۰/۶) >

فسفاتهای آهن ( $260/2 >$ ) فسفاتهای کلسیم ( $339/7$ ) می‌باشد. این نتایج با گزارشهای سایر محققان مطابقت دارد [۶].

۳- در خاکهای آهکی، همبستگی ساده فسفر قابل جذب با شکلهای دی کلسیم فسفات ( $r=0.912^{***}$ )، فسفاتهای آلومینیوم ( $r=0.721^{***}$ )، اکتاکلسیم فسفات ( $r=0.654^{***}$ )، فسفر محلول در احیاءکننده ( $r=0.347^*$ )، فسفاتهای آهن ( $r=0.337^*$ ) و مجموع شکلهای فسفر معدنی ( $r=0.498^{***}$ ) معنی دار بود ولی با فسفر به شکل آپاتایت معنی دار نبود. رگرسیون چندمتغیره با روش گام به گام (Olsen-P) به عنوان متغیر وابسته و شکلهای فسفر معدنی به عنوان متغیرهای مستقل نشان داد که به ترتیب شکلهای  $Ca_2-P$ ،  $Al-P$  و آپاتایت ( $Ca_{10}-P$ ) وارد مدل می‌شوند و معادله خط رگرسیون به صورت  $Olsen-P = 1.285 (Ca_2-P) + 0.116 (Al-P) + 0.014 (Ca_{10}-P) - 17.369$  با  $R^2 = 0.893^{***}$  می‌باشد. در خاکهای آهکی مورد مطالعه،  $83/2$  درصد از تغییرات Olsen-P به دی کلسیم فسفات مربوط می‌شود. صمدی [۸] نیز گزارش داده است که در خاکهای آهکی استرالیا ۹۰ درصد تغییرات Olsen-P بوسیله شکل  $Ca_2-P$  توجیه می‌شود.

۴- در خاکهای غیرآهکی، همبستگی ساده فسفر قابل جذب با شکلهای فسفاتهای آلومینیوم ( $r=0.856^{***}$ )، فسفاتهای آهن ( $r=0.722^{***}$ )، فسفر محلول در احیاءکننده ( $r=0.674^{***}$ )، فسفاتهای کلسیم ( $r=0.57^{***}$ )، فسفر به سهولت محلول ( $r=0.34^*$ ) و مجموع شکلهای فسفر معدنی ( $r=0.76^{***}$ ) معنی دار بود. رگرسیون چندمتغیره با روش گام به گام (Olsen-P) به عنوان متغیر وابسته و شکلهای فسفر معدنی به عنوان متغیرهای مستقل نشان داد که فقط فسفاتهای آلومینیوم ( $Al-P$ ) وارد مدل می‌شود و وارد کردن بقیه شکلهای در مدل ضرورتی ندارد. لذا، معادله خط رگرسیون به صورت  $Olsen-P = 0.7261 (Al-P) + 3.0213$  با  $r^2 = 0.733^{***}$  می‌باشد.

۵- به طور کلی، در خاکهای آهکی و غیرآهکی مورد مطالعه، شکلهای فسفر معدنی با یکدیگر و با مجموع شکلهای فسفر همبستگی‌های معنی داری داشتند که بیانگر وجود یک رابطه دینامیکی بین شکلهای مذکور می‌باشد.

## منابع

- Al-Abbas, A.H., & S.A. Barber. 1964. A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus: I. Correlation of soil phosphorus fractions with plant-available phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28: 218-221.
- Delgado, A. & J. Torrent. 2000. Phosphorus forms and desorption patterns in heavily fertilized calcareous and limed acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2031-2037.
- Holford, I.C.R. 1997. Soil phosphorus: Its measurement, and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.* 35: 227-239.
- Jiang, B.F., & Y.C. Gu. 1989. A suggested fractionation scheme for inorganic phosphorus in calcareous soils. *Fertilizer Res.* 20: 159-165.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. P. 869-919. In: D.L. Sparks (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods.* 3<sup>rd</sup> edition, SSSA Book Series No. 5. Madison, WI. USA
- Mahapatra, I.C., & W.H. Patrick, Jr. 1969. Inorganic phosphate transformation in waterlogged soils. *Soil Sci.* 107: 281-288.
- Sah, R.N., & D.S. Mikkelsen. 1986. Transformation of inorganic phosphorus during the flooding and draining cycles of soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 62-67.
- Samadi, A. 2003. A study on distribution of forms of phosphorus in calcareous soils of Western Australia. *J. Agric. Sci. Technol.* 5: 39-49.
- Samrit, P., C. Jongruk, S. Chairerk, & T. Nipon. 2002. Changes of some chemical properties, inorganic phosphate fractions and available P in some paddy soils in Thailand. 17<sup>th</sup> WCSS, 14-21 Aug., Bangkok, Thailand.

- Schmidt, J.P., S.W. Buol, & J. Kamprath. 1996. Soil phosphorus dynamics during seventeen years of continuous cultivation: Fractionation analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1168-1172.
- Solis, P. & J. Torrent. 1989. Phosphate fractions in calcareous Vertisols and Inceptisols of Spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 462-466.
- Sui, Y., M.L. Thompson, & C. Shang. 1999. Fractionation of phosphorus in a Mollisol amended with biosolids. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:1174-1180.
- Thien, S.J., & R. Myers. 1992. Determination of bioavailable phosphorus in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 814-818.
- Tiessen, H., J.O. Moir. 1993. Characterization of available P by sequential extraction. pp. 75-86. In: M.R. Carter (ed.) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Boca Raton, Lewis, Canada.
- Tiessen, H., J.W.B. Stewart, & C.V. Cole. 1984. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 853- 858.
- Verna, R.N.S., M. Singh, & M. Singh. 1978. Transformation of native and added phosphorus in four soils under submerged conditions. *Riso*, 27: 317-322.