

بررسی رابطه بین فسفر عصاره‌گیری شده به وسیله چند عصاره‌گیر و شکل‌های فسفر معدنی در خاک‌های استان گلستان

زهرا نفی زاده اصل^{۱*} - اسماعیل دردی پور^۲ - عبدالطیف قلی زاده^۳ - فرشاد کیانی^۴ - حجت امامی^۵

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۷

تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۴

چکیده

در دهه‌های اخیر به منظور ارزیابی فسفر قابل استفاده گیاه در خاک روش‌های متعددی پیشنهاد شده‌اند، نتایج حاصل از این روش‌ها در خاک‌هایی که در آنها pH، کربنات کلسیم، ماده آلی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم و سایر خواص متفاوت است قابل تعمیم نیست و این به خصوص در مورد خاک‌های ایران کاملاً صدق می‌کند. علاوه بر این آگاهی از تغییرات شکل‌های فسفر برای درک رفتار فسفر در خاکها ضروری است. هدف از این تحقیق بررسی رابطه بین مقدار فسفر استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف با یکدیگر و ویژگی‌های خاک و همچنین همبستگی فسفر عصاره‌گیری شده با هر یک از عصاره‌گیرها با اشکال مختلف فسفر معدنی بود. بنابراین ۲۰ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک‌های استان گلستان جمع‌آوری شدند. فسفر خاک توسط عصاره‌گیرهای بی‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ، بی‌کربنات سدیم - دی‌تی‌پی‌آ و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار استخراج و اندازه‌گیری شد. همچنین اشکال مختلف فسفر معدنی در خاک‌های مورد مطالعه به روش عصاره‌گیری متوالی جیانگ و گو اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که توانایی عصاره‌گیرهای مختلف در استخراج فسفر به ترتیب زیر بود: بی‌کربنات سدیم < بی‌کربنات سدیم - دی‌تی‌پی‌آ < بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ < کلرید کلسیم. بین فسفر عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره‌گیرها نیز همبستگی معنی‌داری وجود داشت و ضریب تبیین بین فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های بی‌کربنات سدیم و بی‌کربنات سدیم - دی‌تی‌پی‌آ، بی‌کربنات سدیم و بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ و بی‌کربنات سدیم - دی‌تی‌پی‌آ و بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ به ترتیب 0.91^{**} ، 0.85^{**} و 0.82^{**} بود. مقدار فسفر عصاره‌گیری شده با بی‌کربنات سدیم، دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات آمونیوم و دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات سدیم با pH، EC، درصد رس و آهک همبستگی منفی و معنی‌دار ولی با درصد ماده آلی مثبت و معنی‌دار داشت. همچنین در بین اشکال فسفر تنها دی و اکتا کلسیم فسفات و فسفر پیوندی با اکسیدهای آلومینیوم با فسفر استخراج شده با عصاره‌گیرهای مورد مطالعه در این تحقیق همبستگی معنی‌داری داشتند. به طور کلی توزیع اشکال مختلف فسفر در این خاک‌ها به صورت فسفر پیوندی < آپاتایت < اکسیدهای آلومینیوم < اکتا کلسیم فسفات < اکسیدهای آهن < دی کلسیم فسفات < فسفر محبوس در اکسیدهای آهن بود. با توجه به همبستگی معنی‌دار فسفر استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مورد بررسی در این تحقیق با بعضی از اشکال فسفر، به نظر می‌رسد بعضی از شکل‌های فسفر می‌توانند به شکل قابل استفاده گیاه درآیند.

واژه‌های کلیدی: عصاره‌گیرهای فسفر، عصاره‌گیری متوالی، شکل‌های فسفر معدنی

مقدمه

استفاده گیاه در خاک روش‌های متعددی را پیشنهاد کرده و مواد گوناگونی از جمله اسیدها، بازها و نمک‌های مختلف را مورد آزمایش قرار داده‌اند و تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفته که نشانگر اهمیت انتخاب ترکیب مناسب جهت استخراج فسفر قابل استفاده از خاک است. اما مشکل اساسی در این تحقیقات این است که گر چه کاربرد این مواد در خاک‌هایی که خواص فیزیکی و شیمیایی مشابه دارند نتایج قابل قبولی را به دست می‌دهد اما در مورد خاک‌هایی که در آنها pH، کربنات کلسیم، ماده آلی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم و سایر خواص متفاوت بوده قابل تعمیم نیست و این به خصوص در مورد خاک‌های ایران کاملاً صدق می‌کند (۶).

طی پنجاه سال گذشته محققین به منظور ارزیابی فسفر قابل

۱، ۲ و ۴ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه خاکشناسی،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(* - نویسنده مسئول: Email: zasl2001@yahoo.com)

۳ - استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد

کاووس

۵ - استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

سدیم - دی‌تی‌پی‌آ در یک محلول بازی ۲/۱۵ برابر فسفر عصاره‌گیری شده با روش بی‌کربنات سدیم بود. آنها بین عناصر کم‌مصرف و پرمصرف عصاره‌گیری شده با این روش و سایر روش‌های معمول عصاره‌گیری همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده کردند و فقط بین کلسیم عصاره‌گیری شده با بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ و بی‌کربنات سدیم - دی‌تی‌پی‌آ همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.

حسین پور و شریعتمداری (۱) با ارزیابی ۹ عصاره‌گیر جهت تعیین فسفر قابل استفاده در گیاه یونجه نتیجه گرفتند که برای استخراج فسفر قابل استفاده گیاه یونجه، روش‌های کولول، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ، مهلیج ۲ و بری ۱ از مناسب‌ترین عصاره‌گیرها می‌باشند. همچنین حسین پور و صالحی (۲) با مقایسه بعضی از عصاره‌گیرهای فسفر دریافتند که فسفر عصاره‌گیری شده با نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های شیمیایی بی‌کربنات سدیم، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ و مهلیج ۲ همبستگی معنی‌داری داشت. آنها عنوان کردند که عصاره‌گیرهای فوق می‌توانند به عنوان عصاره‌گیر فسفر قابل استفاده برای گیاه یونجه مورد استفاده قرار گیرند. عطاردی و نادری خوراسگانی (۵) نیز در تحقیقی جهت تعیین عصاره‌گیر مناسب و حد بحرانی فسفر برای گیاه سورگوم در خاک‌های آهکی منطقه بیرجند نتیجه گرفتند که می‌توان از تمام پنج روش مورد استفاده در تحقیق‌شان (اولسن، کولول، EDTA، سلطان‌پور و شواب و پاو) برای اندازه‌گیری فسفر قابل جذب در خاک‌های مورد مطالعه استفاده نمود، ولی روش اولسن و پاو مناسب‌ترند. طبق نظر آنها میزان کربن آلی، pH و درصد رس از مهم‌ترین عوامل موثر بر قابلیت جذب فسفر می‌باشند.

تعدادی از خصوصیات خاک بر فسفر قابل جذب اثر می‌گذارد، مطالعات انجام شده نشان می‌دهد میان حداکثر فسفر قابل جذب (قابل استخراج با بی‌کربنات سدیم) و ماده آلی و یا حداکثر فسفر قابل جذب و میزان رس خاک در مناطق خشک و نیمه خشک همبستگی معنی‌داری وجود دارد (۹). بن‌نوح و اکوایه (۹) ضریب همبستگی میان حداکثر فسفر قابل جذب و میزان رس و حداکثر فسفر قابل جذب و ماده آلی را به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۷۹ (=۱۶ تعداد نمونه) گزارش کردند. ضمناً کربن آلی و رس با هم ۸۷ درصد از تغییرات حداکثر جذب را شامل می‌شود، همچنین با وارد کردن کربن آلی، رس، اکسیدهای آهن و آلومینیوم آزاد در رگرسیون، حداکثر فسفر قابل جذب را بهتر می‌توان تخمین زد. pH خاک تاثیر چندانی بر فسفر قابل جذب نداشته و اکسیدهای آزاد آهن و آلومینیوم حداکثر تاثیر را داشته و اثرش ۸ برابر اثر pH بوده است.

به عقیده سوی و همکاران (۳۵) آگاهی از شکل‌های فسفر می‌تواند برای پیش بینی مقدار فسفر قابل جذب و احتمال انتقال آنها به آنها مورد استفاده قرار گیرد. شکل‌های فسفر در خاک تعیین کننده مقدار فسفر قابل جذب برای گیاهان و پتانسیل آزاد شدن این عنصر

استفاده از محلول بی‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار در pH ۸/۵ و مدت نیم ساعت تماس در نسبت خاک به محلول ۱:۲۰ اولین بار توسط اولسن و همکارانش (۲۴) برای عصاره‌گیری فسفر قابل استفاده از خاک‌های آهکی پیشنهاد گردید. این روش توسط محققین زیادی (۲۰ و ۲۱) مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج به دست آمده از این تحقیقات نشان می‌دهد که میان پاسخ‌های گیاه و مقدار فسفر عصاره‌گیری شده توسط این روش ارتباط معنی‌داری وجود دارد. ضرایب همبستگی به دست آمده در خاک‌های آهکی مختلف تقریباً از ۰/۸ تا ۰/۹۲ تغییر می‌نماید، که البته در این مورد استثناً هم وجود دارد، مثلاً متروسامن (۲۱) میان عملکرد گندم و فسفر عصاره‌گیری شده توسط بی‌کربنات سدیم در خاک‌های آهکی سوریه رابطه ضعیفی به دست آوردند که آن را به وجود مقادیر قابل توجهی اکسیدهای آهن در این خاک‌ها نسبت دادند. هولفورد (۱۶) این روش را با روش‌های دیگر مورد مقایسه قرار داده و عقیده دارد که چون روش عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم در مقایسه با سایر روش‌ها به ظرفیت بافری فسفر خاک حساسیت بیشتری نشان می‌دهد، لذا نسبت به روش‌های دیگر مناسب‌تر است.

تیلور و وودز (۳۶) روش‌های بری، اولسن (۲۴)، آب و کلرید کلسیم (۸) را در خاک‌های زراعی و جنگلی شمال فلوریدا مورد مقایسه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در خاک‌های زراعی میزان کارایی روش‌ها به صورت بی‌کربنات سدیم < بری < آب < کلرید کلسیم و در خاک‌های جنگلی به صورت بی‌کربنات سدیم < آب < کلرید کلسیم < بری بود. همچنین در خاک‌های جنگلی، روش‌های آب و کلرید کلسیم از روش بری موثرتر بوده که دلیل آن تاثیر منفی رس بر روش بری ذکر شده است.

سلطان پور و شواب (۳۴) استفاده از بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ را برای تعیین همزمان نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل استفاده و عناصر کم‌مصرف پیشنهاد نمودند. لهستوار و سلطان پور (۲۰) این ماده شیمیایی را با روش‌های اولسن، کلرید کلسیم و ای‌دی - تی‌آ در یک آزمایش گلخانه‌ای روی یازده خاک آهکی کلرادو مورد ارزیابی قرار داده و مشاهده نمودند که روش‌های به کار رفته از نظر پیش‌بینی وضعیت فسفر در خاک شبیه به هم بوده ولی از آنجا که بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ چند عنصر را هم زمان عصاره‌گیری می‌کند استفاده از آن را سبب صرفه‌جویی در وقت و هزینه ذکر می‌کنند.

روش بی‌کربنات سدیم - دی‌تی‌پی‌آ نیز توسط رودریگز و همکاران (۲۷) برای تعیین همزمان فسفر و بعضی از عناصر دیگر مثل آمونیوم، نترات، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس در خاک‌های آهکی پیشنهاد شد. نتایج بررسی‌های رودریگز و همکاران (۲۷) نشان داد که مقدار فسفر عصاره‌گیری شده با روش بی‌کربنات

۲۰ نمونه خاک از سری خاکهای جنوب گرگان رود انتخاب و از عمق شخم (۰-۳۰ cm) در سه تکرار نمونه‌برداری شد. خاک‌ها پس از هواخشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند، سپس مقدار فسفر قابل جذب نمونه‌های فوق به روش اولسن و همکاران (۲۴) (بی‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار در pH = ۸/۵) تعیین شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها نیز از قبیل بافت به روش هیدرومتری (۱۵)، pH در گل اشباع با دستگاه‌های pH متر (۲۲)، EC در عصاره اشباع توسط EC متر، آهک به روش تیتراسیون برگشتی (۲۶)، ماده آلی به روش اصلاح شده والکلی و بلک (۲۳) تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

همچنین فسفر خاک توسط بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌آ (۳۴)، بی‌کربنات سدیم - دی‌تی‌پی‌آ (۲۷) و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (۸) تعیین شد.

علاوه بر این شکل‌های مختلف فسفر در خاک‌های مورد آزمایش با استفاده از روش عصاره‌گیری متوالی فسفر بر اساس روش جیانگ و گو (۱۷) شامل ۶ مرحله عصاره‌گیری تعیین شد. در این روش دی کلسیم فسفات با استفاده از بی‌کربنات سدیم ۰/۲۵ مولار در pH=7.5، اکتا کلسیم فسفات توسط محلول ۰/۵ مولار استات آمونیوم با pH=4.2، فسفر پیوند یافته با اکسیدهای آلومینیوم با محلول ۰/۵ نرمال آمونیوم فلوراید با pH= 8.2، فسفر پیوند یافته با اکسیدهای آهن با استفاده از مخلوط محلول ۰/۱ مولار سود و ۰/۱ مولار کربنات سدیم، فسفر محبوس در داخل اکسیدهای آهن با استفاده از محلول ۰/۳ مولار سترات سدیم دهیدرات و پودر سدیم دیتونات و محلول ۰/۵ مولار سود (CBD-P)، آپاتیت توسط محلول ۰/۲۵ مولار اسید سولفوریک تعیین شدند.

سپس رابطه بین مقدار فسفر استخراج شده به وسیله‌ی عصاره‌گیرهای مختلف فسفر با یکدیگر و اشکال مختلف فسفر و همچنین رابطه بین فسفر عصاره‌گیری شده توسط هر عصاره‌گیر و ویژگی‌های خاک در نرم‌افزار SPSS 12 مورد بررسی قرار گرفت.

به محلول خاک و آبهای سطحی است (۱۴). قابلیت جذب شکل‌های مختلف فسفر خاک برای گیاهان متفاوت است. روشهای عصاره‌گیری متوالی فسفر ایده‌ای درباره ظرفیت عرضه فسفر به گیاه فراهم می‌کند (۲۹).

روش عصاره‌گیری متوالی اغلب برای مطالعه فرمهای فسفر در طبیعت در خاک و رسوبات استفاده می‌شود. این روش بر اساس عصاره‌گیری انتخابی شکل‌های فسفر با استفاده از یک نوع عصاره‌گیر در روش متوالی است (۲۸). تاپسن و همکاران (۳۷) بین شکل‌های مختلف فسفر همبستگی‌های معنی‌داری مشاهده کردند که بیانگر وجود رابطه تعادلی بین این شکل‌ها بود. تومار و همکاران (۳۸) گزارش نمودند که در خاک‌های مناطق نیمه خشک فسفر قابل استخراج با بی‌کربنات سدیم به ترتیب با Fe-P و Al-P و فسفر به سهولت محلول همبستگی معنی‌دار داشت. صمدی و گیلکز (۳۱) گزارش دادند که فسفر قابل جذب (قابل استخراج با بی‌کربنات سدیم) در هر دو روش اولسن و کولول همبستگی بالایی با دی کلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم، فسفات آهن، فسفات آپاتیت و فسفر کل داشت.

با آنکه عصاره‌گیرهای مختلفی برای استخراج فسفر معرفی شده‌اند اما با توجه به ویژگی‌های خاک کارکرد آنها متفاوت است بنابراین در صورت وجود همبستگی بالا و معنی‌دار بین عصاره‌گیرهایی که برای خاک‌های آهکی توصیه شده‌اند می‌توان با توجه به امکانات موجود و صرفه‌جویی در وقت و هزینه عصاره‌گیر مناسبی را در خاک‌های استان گلستان که تحقیقات بسیار کمی روی آنها انجام شده است، استفاده یا توصیه نمود. از سوی دیگر سهولت آزاد شدن شکل‌های مختلف فسفر معدنی و نقش آنها در تغذیه گیاهان متفاوت است. لذا هدف از این تحقیق بررسی رابطه بین عصاره‌گیرهای مختلف با یکدیگر و ویژگی‌های خاک‌های استان گلستان و همچنین همبستگی فسفر عصاره‌گیری شده با هر یک از عصاره‌گیرها با اشکال مختلف فسفر استخراج شده به روش متوالی جیانگ و گو (۱۷) بود.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

ویژگیهای خاک	دامنه	میانگین	انحراف معیار
درصد رس	۵۱/۶۰ - ۱۱/۳۰	۳۳/۹۹	۱۰/۱۸
درصد سیلت	۶۴/۶۰ - ۲۰/۷۸	۴۴/۱۵	۱۲/۲۵
درصد شن	۶۴/۳۰ - ۸/۱۶	۲۱/۸۶	۱۵/۰۰
pH	۸/۰۳ - ۷/۰۰	۷/۶۱	۰/۲۶
EC(dS/m)	۲/۰۲ - ۰/۳۵	۰/۸۱	۰/۴۲
درصد ماده آلی	۳/۸۸ - ۰/۳۵	۱/۵۳	۰/۸۴
درصد کربنات کلسیم معادل	۱۴/۶۸ - ۳/۳۳	۱۱/۶۸	۲/۵۶

جدول ۲- میزان فسفر عصاره‌گیری شده از خاک توسط روش‌های مختلف (میلی گرم در کیلوگرم خاک)

پارامترهای آماری	بی کربنات سدیم ۰/۵ مولار در pH= ۸/۵	بی کربنات آمونیم دی تی پی آ	بی کربنات سدیم- دی تی پی آ	کلرید کلسیم
میانگین	۲۲/۶۱	۱۳/۶۳	۲۰/۲۷	۱/۸۲
حداکثر	۴۸/۳۴	۲۹/۷۹	۴۶/۹۰	۸/۰۱
حداقل	۴/۴۵	۴/۸۷	۷/۸۸	۲/۲۹
انحراف معیار	۹/۹۸	۶/۱۳	۸/۸۱	۲/۲۹

نتایج و بحث

رابطه بین عصاره‌گیری‌های مختلف فسفر

میزان فسفر عصاره‌گیری شده توسط روش‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. چنانچه در این جدول مشاهده می‌شود کلرید کلسیم حداقل و بی کربنات سدیم حداکثر مقدار فسفر را از خاک عصاره‌گیری نموده است که نشان می‌دهد توانایی عصاره‌گیرها در استخراج فسفر از خاک کاملاً متفاوت می‌باشد. به طور کلی بر اساس داده‌های مندرج در جدول ۲ توانایی عصاره‌گیرهای مختلف در استخراج فسفر را می‌توان به ترتیب زیر نشان داد: بی کربنات سدیم < بی کربنات سدیم - دی تی پی آ < بی کربنات آمونیم - دی تی پی آ < کلرید کلسیم. توانایی روش‌های مختلف در انحلال شکل‌های مختلف فسفر خاک و استخراج فسفر از این شکل‌ها متفاوت می‌باشد. بنابراین به علت متفاوت بودن میزان شکل‌های مختلف فسفر در خاک، مقدار فسفر استخراج شده از خاک‌های مختلف و با روش‌های مختلف متفاوت خواهد بود (۳۳).

معادله‌های رگرسیونی و روابط میان فسفر عصاره‌گیری شده توسط روش‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. با آنکه بین روش‌ها همبستگی معنی‌داری وجود دارد ولی R^2 بین بعضی از آنها پایین است (جدول ۳)، ولی همبستگی بین فسفر عصاره‌گیری شده توسط روش‌های اولسن، رودریگز و همکاران و سلطان پور و شواب بالا بود. بلانکار و کلدول (۱۰) نشان داد که فقط بین فسفر عصاره‌گیری شده به دو روش اولسن و رزین همبستگی معنی‌داری وجود دارد. در خاک‌های آهکی قبرس نیز همبستگی معنی‌داری بین مقدار فسفر عصاره‌گیری شده با دو روش اولسن و آب گزارش شده است (۲۵).

برخی تحقیقات نشان می‌دهد که مقدار فسفر عصاره‌گیری شده با روش سلطان پور و شواب نصف روش اولسن است (۶) در آزمایش حاضر نسبت مقدار فسفر عصاره‌گیری شده با روش سلطان پور و شواب به فسفر عصاره‌گیری شده به روش اولسن ۰/۶۰ به دست آمد. قنبری (۶) آن را ۰/۴ و کریمیان و قنبری (۱۹) آن را ۰/۳۳ گزارش کرده‌اند. اگرچه مکانیسم استخراج فسفر با روش‌های اولسن، کولول و سلطان پور و شواب مشابه است یعنی آنیون بی کربنات با کلسیم موجود در خاک ترکیب شده و در نتیجه ضمن کاهش فعالیت کلسیم

باعث آزاد شدن فسفر متصل به کلسیم می‌گردد (۱۸)، با این وجود علت اصلی کمی مقدار فسفر عصاره‌گیری شده با روش سلطان پور و شواب احتمالاً ناشی از کم بودن زمان عصاره‌گیری می‌باشد، با این وجود همبستگی معنی‌داری بین این روش با بقیه روش‌ها به دست آمد (جدول ۳). همبستگی معنی‌داری بین فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های سلطان پور و شواب، اولسن، کلرید کلسیم و ای‌دی‌تی‌آ در خاک‌های آهکی گزارش شده است (۲۰) ولی گزارش نشده است که کدام یک از این روش‌ها مقدار فسفر بیشتری را از خاک عصاره‌گیری می‌کنند.

جدول ۳- همبستگی و معادلات رگرسیونی خطی بین روش‌های مختلف عصاره‌گیری فسفر

معادلات رگرسیونی	R^2	مقایسه روش‌ها
$Y = 0.56X + 0.93$	0.85**	اولسن (Y) و سلطان پور و شواب (X)
$Y = 0.84X + 1.38$	0.91**	اولسن (Y) و رودریگز و همکاران (X)
$Y = 0.13X - 1.20$	0.34**	اولسن (Y) و کلرید کلسیم (X)
$Y = 1.30X + 2.49$	0.82**	سلطان پور و شواب (Y) رودریگز و همکاران (X)
$Y = 0.21X - 1.04$	0.32*	سلطان پور و شواب (Y) کلرید کلسیم (X)
$Y = 0.14X - 1.11$	0.31*	رودریگز و همکاران (Y) کلرید کلسیم (X)

* معنی‌دار در سطح پنج درصد

** معنی‌دار در سطح یک درصد

طبق گزارش سن‌گپتا و کورن‌فیلد (۳۳) مقدار فسفر عصاره‌گیری شده توسط اولسن، بری، اگسالات آمونیوم و آب حاوی دی‌اکسید کربن متفاوت بوده و بین روش‌های اولسن اگسالات آمونیوم و آب حاوی دی‌اکسید کربن همبستگی معنی‌داری وجود داشته است. آنها هیچ یک از روش‌های فوق را جهت تخمین مقدار فسفر قابل استفاده در خاک‌های آهکی دقیق ندانستند که ممکن است به علت اختلاف زیاد در مقدار و اندازه کربنات کلسیم باشد.

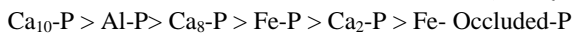
همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد که نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است.

با توجه به اینکه خاکهای مورد مطالعه عمدتاً آهکی بوده و در اکثر موارد pH آنها بیشتر از ۷ بوده و در pH های بالاتر از ۷ حلالیت فسفر کاهش می‌یابد لذا بین فسفر قابل جذب و pH همبستگی منفی و معنی‌دار ($p=0.01$) ایجاد شده است. از سوی دیگر در خاکهای آهکی pH بین ۷/۲ تا ۸/۲ می‌باشد و محققین مختلف بر نقش آهک در کاهش حلالیت فسفر تاکید نموده‌اند مثلاً کاریرا و همکاران (۱۲) عنوان کردند که کربنات‌ها نقش موثری در رسوب فسفات به صورت فسفات کلسیم دارند، بر اساس نظر آنها سطح ویژه کربنات کلسیم مهم‌ترین عامل در جذب و نگهداری فسفر است. در مطالعات صمدی و گیلگر (۳۲) بین فسفر قابل جذب (Olsen-P) و مقدار رس، آهن و آلومینیوم قابل استخراج با دی تیونات، آهن قابل استخراج با اگزالات آمونیوم و CEC در ۱۴ خاک آهکی همبستگی منفی حاصل شد که نتایج مشابهی بین کربنات کلسیم و فسفر قابل جذب در این تحقیق نیز به دست آمد.

در رابطه با همبستگی مثبت بین ماده آلی و فسفر قابل جذب می‌توان گفت که ماده آلی یکی از منابع مهم فسفر خاک می‌باشد. به همین علت بین فسفر قابل جذب و درصد ماده آلی همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p=0.01$) مشاهده می‌شود. زیرا همان‌گونه که ملکوتی و همایی (۷) عنوان کرده‌اند مقدار فسفر خاک از ۰/۰۲ تا ۰/۵ درصد نوسان داشته و میانگین ۰/۰۵ درصد است و بخش زیادی از آن را فسفر آلی و جذب سطحی تشکیل می‌دهد. تاپسن و همکاران (۳۷) نیز همبستگی مثبت بین فسفر کل و کربن آلی مشاهده کردند.

توزیع اشکال فسفر در خاک‌های مورد مطالعه

نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین غلظت فسفر در این خاک‌ها مربوط به شکل آپاتایت است که به تنهایی ۶۵/۶۹ درصد مجموع فسفر شش مرحله را تشکیل می‌دهد و کمترین غلظت فسفر شامل فسفر محبوس در اکسیدهای آهن به میزان ۱/۹۲ درصد است. البته با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که تفاوت بسیار کمی بین فسفر موجود در اکسیدهای آلومینیوم و اکتا کلسیم فسفات وجود دارد. به طور کلی توزیع اشکال مختلف فسفر در خاک‌های مورد مطالعه به صورت زیر است:



صمدی و گیلگر (۳۱) روش جیانگ و گو را برای خاک‌های آهکی و در pH های بالاتر از ۸ مورد استفاده قرار دادند و دریافتند که فراوانی اشکال فسفر معدنی در خاک‌های غیرزراعی که کود دریافت نکرده‌اند به صورت زیر است:

اکتاکلسیم فسفات > آپاتایت = دی کلسیم فسفات > فسفات آهن > فسفات‌های محبوس آهن > فسفات آلومینیوم

رابطه بین مقدار فسفر استخراج شده توسط

عصاره‌گیرهای فسفر با ویژگی‌های مختلف خاک

رابطه بین فسفر عصاره‌گیری شده به روش بی‌کربنات سدیم با ویژگی‌های مختلف خاک: نتایج به دست آمده از این بررسی نشان داد که بین فسفر اندازه‌گیری شده با روش بی‌کربنات سدیم و برخی از ویژگی‌های خاک‌های جنوب گرگان‌رود همبستگی معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). همبستگی بین فسفر قابل جذب با pH، EC، درصد رس و آهک منفی و در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فسفر قابل جذب و درصد ماده آلی به دست آمد ($p = 0.01$).

رابطه بین فسفر عصاره‌گیری شده به روش دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات آمونیوم با ویژگی‌های مختلف خاک: مطابق جدول ۴ بین فسفر اندازه‌گیری شده با دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات آمونیوم و برخی از ویژگی‌های خاک‌های جنوب گرگان‌رود همبستگی معنی‌داری وجود داشت. بر این اساس همبستگی بین دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات آمونیوم با pH، درصد رس و آهک در سطح یک درصد منفی و با EC در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، ولی همبستگی بین دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات آمونیوم با درصد ماده آلی و شن مثبت شد که این همبستگی مثبت با درصد شن در سطح پنج درصد و با ماده آلی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید.

رابطه بین فسفر عصاره‌گیری شده با روش دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات سدیم با ویژگی‌های مختلف خاک: نتایج به دست آمده در رابطه با همبستگی بین فسفر عصاره‌گیری شده با دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات سدیم شباهت زیادی با روش دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات آمونیوم داشت (جدول ۴) و تنها ضرایب همبستگی بین فسفر عصاره‌گیری شده با دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات سدیم و ویژگی‌های خاک با روش قبلی (دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات آمونیوم) متفاوت بود. به طوریکه در اینجا نیز همبستگی بین فسفر قابل جذب با pH، EC، درصد رس و آهک منفی و در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی همبستگی بین فسفر قابل جذب با درصد ماده آلی و شن مثبت گردید که این همبستگی مثبت با درصد شن در سطح پنج درصد و با ماده آلی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. تشابه بین روش عصاره‌گیری دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات آمونیوم با روش دی‌تی‌پی‌آ - بی‌کربنات سدیم می‌تواند نشان دهنده مکانیسم یکسان دو عصاره‌گیر در استخراج فسفر باشد.

رابطه بین فسفر عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم رقیق با ویژگی‌های مختلف خاک: با توجه به اینکه کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار قادر به استخراج زیاد فسفر از خاک نمی‌باشد و در بسیاری از خاک‌ها فسفر عصاره‌گیری شده با این روش نزدیک به صفر بود و میانگین فسفر عصاره‌گیری شده با این روش کم (۱/۸۲) بود، لذا بین هیچ کدام از ویژگی‌های خاک و فسفر عصاره‌گیری شده با این روش

جدول ۴- ضریب همبستگی بین فسفر اندازه‌گیری شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

ویژگی‌های خاک						اشکال فسفر	
رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	ماده آلی (%)	آهک (%)	EC	pH	
۰/۷۲۹**	۰/۱۹۰ ^{NS}	۰/۳۳۹ ^{NS}	۰/۷۳۸**	۰/۷۹۱**	۰/۶۶۰**	۰/۵۹۱**	بی‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار
۰/۷۲۱**	۰/۰۳۳ ^{NS}	۰/۴۶۵*	۰/۷۱۴**	۰/۸۴۴**	۰/۵۴۴*	۰/۶۰۰**	بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پ‌آ
۰/۷۹۶**	۰/۰۶۱ ^{NS}	۰/۴۹۰*	۰/۷۸۹**	۰/۸۳۵**	۰/۶۶۷**	۰/۵۳۶**	بی‌کربنات سدیم - دی‌تی‌پ‌آ
۰/۳۶۶ ^{NS}	۰/۰۲۳ ^{NS}	۰/۲۷۱ ^{NS}	۰/۳۹۴ ^{NS}	۰/۳۷۷ ^{NS}	۰/۲۷۶ ^{NS}	۰/۳۷۴ ^{NS}	کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح پنج درصد، NS: فاقد تفاوت معنی‌دار

جدول ۵- توزیع اشکال فسفر در خاک‌های مورد مطالعه

اشکال مختلف فسفر					
Ca ₁₀ -P	Fe- Occluded-P	Fe-P	Al-P	Ca ₈ -P	Ca ₂ -P
۳۸۵/۸۷	۱۱/۲۵	۴۲/۲۲	۶۷/۰۲	۵۹/۴۶	۲۱/۶۳
میانگین غلظت (ppm)					
۶۵/۶۹	۱/۹۲	۷/۱۹	۱۱/۴۱	۱۰/۱۲	۳/۶۸
درصد					

می‌شود دی و اکتا کلسیم فسفات با فسفر اندازه‌گیری شده با هر چهار نوع عصاره‌گیر همبستگی معنی‌دار داشتند که در این بین تنها همبستگی دی کلسیم فسفات و فسفر عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم رقیق در سطح پنج درصد معنی‌دار بود ولی در سایر همبستگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. علاوه بر این فسفر پیوندی با اکسیدهای آلومینیوم نیز فقط با فسفر عصاره‌گیری شده با بی‌کربنات سدیم و دی‌تی‌پ‌آ - بی‌کربنات آمونیوم در سطح یک درصد و با دی‌تی‌پ‌آ - بی‌کربنات سدیم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج به دست آمده در این قسمت نشان می‌دهند که عصاره‌گیرهای مورد بررسی در این تحقیق تنها قادر به استخراج شکل‌های به سهولت محلول فسفر می‌باشند. نتایج مشابهی توسط محققین مختلف گزارش شده است مثلاً چنگ و جو (۱۳) گزارش دادند که منبع فسفر قابل جذب شامل تمام شکل‌های فسفات معدنی است، اما عمدتاً از فسفات‌های کلسیم، آلومینیوم و آهن تشکیل یافته است. طومار و همکاران (۳۸) نیز گزارش نمودند که فسفر قابل جذب به ترتیب با Fe-P، Al-P و فسفر به سهولت محلول همبستگی معنی‌دار داشت و سهم Ca-P ناچیز بود. همچنین کاجوست و همکاران (۱۱) همبستگی‌های معنی‌داری بین فسفر عصاره‌گیری شده با بی‌کربنات سدیم و شکل‌های فسفر معدنی مشاهده کردند. علاوه بر این صمدی (۳۰) با انجام رگرسیون چندمتغیره گام به گام نشان داد که ۹۰ درصد تغییرات فسفر عصاره‌گیری شده با بی‌کربنات سدیم در خاک‌های آهکی به شکل دی کلسیم فسفات مربوط می‌شود.

دهقان و همکاران (۳) روش جیانگ و گو را برای تعیین اشکال معدنی فسفر در خاک‌های اصفهان و شهرکرد به کار برد و دریافت که آپاتایت، فسفات‌های آلومینیوم، اکتا کلسیم فسفات، فسفات‌های آهن، فسفر محبوس و دی کلسیم فسفات به ترتیب بیشترین بخش فسفر معدنی خاکی مذکور را تشکیل می‌دهند که این روند تقریباً مشابه نتایج این تحقیق می‌باشد و تنها تفاوت آن در ترتیب دی کلسیم فسفات و فسفر محبوس می‌باشد. آنها همچنین دریافتند که آپاتایت با میانگین ۳۸ درصد عمده ترین سهم فسفر معدنی خاک‌های مناطق مورد مطالعه‌اش می‌باشد.

در مطالعه‌ای که توسط عطاردی و همکاران (۴) بر روی ۸ نمونه از خاک‌های شهرستان بیرجند انجام شد نیز آپاتایت ۵۷ تا ۶۸ درصد فسفر معدنی خاک‌ها را تشکیل می‌داد و میزان آن از سایر اجزای فسفر معدنی خاک‌ها بالاتر بود در حالیکه دی کلسیم فسفات ۰/۴۶ تا ۷/۳ درصد فسفر معدنی خاک را تشکیل داده و از همه اجزای فسفات‌های کلسیمی خاک کمتر بود.

رابطه بین فسفر اندازه‌گیری شده با عصاره‌گیرهای مختلف و اشکال فسفر در خاک‌های مورد مطالعه

بر اساس جدول ۶ همبستگی معنی‌داری بین فسفر استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف و اشکال مختلف فسفر وجود داشت. در بین اشکال فسفر تنها دی و اکتا کلسیم فسفات و فسفر پیوندی با اکسیدهای آلومینیوم با عصاره‌گیرهای مورد مطالعه در این تحقیق همبستگی معنی‌داری داشتند. همانگونه که در جدول ۶ مشاهده

جدول ۶- ضریب همبستگی بین فسفر اندازه‌گیری شده با عصاره‌گیرهای مختلف و اشکال مختلف فسفر

اشکال فسفر	نوع عصاره‌گیر		
	بی کربنات سدیم	بی کربنات آمونیوم- دی تی‌پی‌ا	بی کربنات سدیم- دی تی‌پی‌ا کلرید کلسیم
دی کلسیم فسفات	۰/۸۴۶**	۰/۸۸۳**	۰/۴۴۵°
اکتا کلسیم فسفات	۰/۶۹۸**	۰/۶۷۹**	۰/۵۷۲**
فسفر پیوندی با اکسیدهای آلومینیوم	۰/۶۳۷**	۰/۵۳۷°	۰/۴۴۴ ^{NS}
فسفر پیوندی با اکسیدهای آهن	-۰/۰۷۰ ^{NS}	-۰/۰۰۴ ^{NS}	۰/۰۶۳ ^{NS}
فسفر محبوس در اکسیدهای آهن	۰/۰۱۹ ^{NS}	-۰/۰۱۱ ^{NS}	۰/۰۱۷ ^{NS}
فسفر پیوندی با آپاتایت	-۰/۰۶۶ ^{NS}	-۰/۰۱۹۲ ^{NS}	-۰/۰۱۳۳ ^{NS}

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح پنج درصد، NS: فاقد تفاوت معنی‌دار

نتیجه‌گیری

علاوه‌براین همبستگی معنی‌داری بین فسفر استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف و اشکال مختلف فسفر به دست آمد و در بین اشکال فسفر تنها دی و اکتا کلسیم فسفات و فسفر پیوندی با اکسیدهای آلومینیوم با عصاره‌گیرهای مورد مطالعه در این تحقیق همبستگی معنی‌داری داشتند. با توجه به همبستگی معنی‌دار فسفر استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مورد بررسی در این تحقیق با بعضی از اشکال فسفر، به نظر می‌رسد بعضی از شکل‌های فسفر می‌توانند به شکل قابل استفاده گیاه درآیند.

نتایج این پژوهش نشان داد که همبستگی بالا و معنی‌داری (P<0.01) بین مقدار فسفر استخراج شده توسط بی کربنات سدیم با بی کربنات سدیم- دی تی‌پی‌ا و بی کربنات آمونیوم- دی تی‌پی‌ا وجود داشت. همچنین توزیع شکل‌های مختلف فسفر در این خاکها به گونه‌ای بود که بیشترین غلظت فسفر در این خاکها مربوط به شکل آپاتایت (۶۵/۶۹ درصد مجموع فسفر معدنی) و کمترین غلظت فسفر شامل فسفر محبوس در اکسیدهای آهن (۱/۹۲ درصد) بود.

منابع

- ۱- حسین پور ع. و شریعتمداری ح. ۱۳۸۵. آزمون خاک فسفر: ارزیابی چند عصاره‌گیر جهت تعیین فسفر قابل استفاده در گیاه یونجه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰ (۴): ۱۱۸-۱۰۷.
- ۲- حسین پور ع. و صالحی م. ح. ۱۳۸۸. تعیین فسفر قابل استفاده با روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن و مقایسه آن با روش‌های شیمیایی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۲ (۴۰): ۱۱۰-۱۰۵.
- ۳- دهقان ر.، شریعتمداری ح. و خادمی ح. ۱۳۸۲. اشکال مختلف فسفر معدنی خاک و تغییرات آنها در دو ردیف ارضی در منطقه اصفهان. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، رشت، ایران.
- ۴- عطاردی ب.، نادری م.، شریعتمداری ح. و مقری ع. ۱۳۸۴. شکل‌های مختلف فسفر معدنی در خاک‌های منطقه بیرجند. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج، ایران.
- ۵- عطاردی ب.، و نادری خوراسگانی م. ۱۳۸۸. تعیین عصاره‌گیر مناسب و حد بحرانی فسفر برای سورگوم در خاک‌های آهکی منطقه بیرجند. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۵۰): ۱۴۶-۱۳۳.
- ۶- قنبری م. ع. ۱۳۷۱. ارزیابی گلخانه‌ای و آزمایشگاهی چندین عصاره‌گیر جهت تعیین فسفر قابل استفاده در بعضی از خاک‌های آهکی مهم استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش خاکشناسی، دانشگاه شیراز.
- ۷- ملکوتی م. ج. و همایی م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک، مشکلات و راه حلها. چاپ دوم. دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس. ۴۸۲ صفحه. تهران. ایران.
- 8- Aslyng H.C. 1964. Phosphate potential and phosphate status of soils. Acta.Agric.Scan.14:261-285.
- 9- Bennoah E.O., and Acquaye D.K. 1989. Phosphate sorption characteristics of selected major Ghanaian soils. Soil Sci. 148:114-123.
- 10- Blanchar R.W., and Caldwell A.C. 1964. Phosphorus uptake by plants and readily extractable phosphorus in soils. Agron. J. 56:218-220.
- 11- Cajuste L.J., Laird R.J., Cruz D.J., and Cajuste L.Jr. 1994. Phosphate availability in tropical soils as related to phosphorus fractions and chemical tests. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 1881-1889.

- 12- Carreira J.A., Vinegla B., and Lajtha K. 2006. Secondary CaCo₃ and precipitation of P-Ca compounds control the retention of soil P in and ecosystems. *Journal of Arid Environments*. 64(3):460-473.
- 13- Chang S.C., and Juo S.R. 1963. Available phosphorus in relation to forms of phosphates in soils. *Soil Sci.* 95: 91-96.
- 14- Delgado A., and Torrent J. 2000. Phosphorus forms and desorption patterns in heavily fertilized calcareous and limed soils. *Soil Science. Soc. Am. J.* 64:2031-2037.
- 15- Gee G.W., and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Physical properties*. SSSA, Madison, WI. USA.
- 16- Holford I.C.R. 1980. Greenhouse evaluation of four phosphorus soil tests in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:555-559.
- 17- Jiang B.F., and Gu Y.C. 1989. A suggested fractionation scheme for inorganic phosphorus in calcareous soils. *Fertilizer Res.* 20:159-165.
- 18- Kamprath E.J., and Watson M.E. 1980. Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status soils. pp. 433-469. In: Khasawneh et al. (eds). *The Role of Phosphorus in Agriculture*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- 19- Karimian n., and Ghanbari A. 1990. Evaluation of different extractants for prediction of plant response to applied P fertilizer in highly calcareous soils. 10th World Fertilizer Congress of CIEC Abstracts P: 25.
- 20- Labhastwar V.K., and Soltanpour P.N. 1985. A comparison of NH₄HCO₃ – DTPA, NaHCO₃, CaCl₂ and Na₂-EDTA soil tests for phosphorus. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 49:1437-1440.
- 21- Matar A.E., and Samman M. 1975. Correlation between NaHco₃-extractable P and response to P fertilization in pot tests. *Agron. J.* 67:616-618.
- 22- Mclean E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. P. 199- 224. In: A. L., Page et al. (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part II*. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.
- 23- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-577. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2*. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI. USA.
- 24- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *U.S. Dep. Of Agric. Circ.* 939.
- 25- Orphanos P.I. 1978. Extraction of phosphorus from the major soils of Cyprus with water or bicarbonate. *Plant Soil* 49:417-420.
- 26- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. (eds.). 1982. *Methods of soil analysis. Part2-Chemical and Microbiological methods*. Second edition. Agronomy No.9. America Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin. USA.
- 27- Rodriguez J.B., Self J.R., Peterson G.A., and Westfall D.G. 1999. Sodium Bicarbonate – DTPA test for macro and micronutrient elements in soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 957-970.
- 28- Saavedra C., and Delgado A. 2005. Phosphorus Fractions and Release Patterns in Typical Mediterranean Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:607-615.
- 29- Saleque M.A., Naher U.A., Islam A., Pathan A.B.M., Hossain T.M.S., and Meisner C.A. 2004. Inorganic and organic phosphorus fertilizers effects on the phosphorus fractionation in wetland rice soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1635-1644.
- 30- Samadi A. 2003. A study on distribution of forms of phosphorus in calcareous soils of Western Australia. *J. Agric. Sci. Technol.* 5: 39-49.
- 31- Samadi A., and Gilkes R.J. 1998. Forms of phosphorus in virgin and fertilized calcareous soils of Western Australia. *Aust. J. Soil Res.* 36:585-601.
- 32- Samadi A., and Gilkes R.J. 1999. Phosphorous transformation and their relationships with calcareous soil properties of Southern Western Australia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 809-815.
- 33- Sen Gupta M.B., and Cornfield A.H. 1962. Phosphorous in calcareous soils. III Available phosphorus in calcareous soils as measured by five chemical methods and phosphate uptake by rye-grass in a pot test. *J. Sci. Fd. Agric.* 14: 563-567.
- 34- Soltanpour P.N., and Schawb A.P. 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro and micro nutrients in alkaline soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 8:195-207.
- 35- Sui Y., Thompson M.L., and hang C.S. 1999. Fractionation of phosphorus in a mollisol amended with biosolids. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:1174-1180.
- 36- Taylor R.W., and Woods J. 1981. Inorganic phosphorus in calcareous rockland soils of the Bahamas. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 45:730-734.
- 37- Tiessen H., Stewart J.W.B., and Cole V.C. 1984. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:853-858.
- 38- Tomar N.K., Khanna S.S., and Gupta A.P. 1984. Transformation of phosphates varying in citrate and water solubility in a calcareous soil after incubation with cattle dung. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 32: 421-426.

Study the Relationship between Phosphorous Extracted by some Different Extract ants and Inorganic forms of Phosphorous in Golestan Province Soils

Z. Naghizadeh Asl^{1*} - E. Dordipour² - A.L. Gholizadeh³ - F. Kiani⁴ - H. Emami⁵

Received:29-8-2010

Accepted:24-4-2011

Abstract

In order to assess the availability of phosphorous (P), different methods have been proposed in the last decades. The results of these methods in soils with various pH, calcium carbonate, organic matter, Al and Fe oxides and hydroxides and other properties especially in Iranian soils can not be used. In addition, knowledge about transformation of P forms is necessary for perception of P behavior. The objective of this research was to study the relationship between P extracted by some extract ants and soil properties and, different forms of inorganic P. Therefore 20 soil samples were collected from 0-30 cm depth of Glosetan province soils. Soil P was extracted and measured by sodium bicarbonate at pH = 8.5 (NaHCO₃), DTPA- Ammonium bicarbonate (NH₄HCO₃-DTPA), DTPA- Sodium bicarbonate (NaHCO₃-DTPA), and 0.01 M CaCl₂. Also, different forms of inorganic P in the studied soils were measured by Jiang and Gu sequential fractionation method. The results showed that the amount of P extracted by different extract ants was in the order NaHCO₃ > NaHCO₃-DTPA > NH₄HCO₃-DTPA > CaCl₂. There was a significant correlation between P extracted by different extract ants and determination coefficient between P extracted by NaHCO₃ and NaHCO₃-DTPA, NaHCO₃ and NH₄HCO₃-DTPA, and NaHCO₃-DTPA and NH₄HCO₃-DTPA were 0.91^{**}, 0.85^{**}, and 0.82^{**} respectively. P extracted by NaHCO₃, NH₄HCO₃-DTPA, and NaHCO₃-DTPA with pH, EC, clay and Calcium carbonate percentage had a negative and significant correlation, but with Organic matter it was significant and positive. Also among the P forms only di, octa and Al oxides P had a significant correlation with P extracted by studied extract ants. In general the distribution of inorganic P forms in these soils was as below: Ca10-P > Al-P > Ca8-P > Fe-P > Ca2-P > Fe- Occluded-P. According to significant correlation between P extracted by studied extract ants with some P forms it seems that, some P forms can be transferred to available form of plants.

Keywords: P Extract ants, Sequential fractionation, Inorganic P forms

1,2,4- Farmer MSc. Student and Assistant Professors of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

(*-Corresponding Author Email: zasl2001@yahoo.com)

3- Assistant Professor of Plant Products Department, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Gonbad Kavvoos

5- Assistant Professor of Soil Science Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad