شکل‌های فسفر خاک در چهار ردیف ارضی از مناطق اصفهان و شهرکرد

رمضانعلی دهقان[۱*]، حسین شریعتمداری[۲] و حسین خادمی[۲]

(تاریخ دریافت مقاله : ۸۵/۷/۱ ؛ پذیرش مقاله : ۸۶/۲/۱۸)

چکیده

شناخت شکل‌های شیمیایی فسفر موجود در خاک و تعیین مقدار هر یک از آنها می‌تواند ضمن کمک به شناخت فرایند تکامل خاک و درک فرایندهای ژنتیکی آن در ارزیابی حاصل‌خیزی خاک نیز به کار رود. در این پژوهش۲۰ نمونه خاک از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در موقعیت‌های بالا، میانه و پایین چهار ردیف ارضی نواحی خشک (جی و زیار اصفهان) و نیمه خشک (فرخشهر و شهرکرد) انتخاب شدند. بر روی هر ردیف ارضی موقعیت بالای شیب شامل خاک کم‌عمق روی مواد مادری، میانه شیب شامل خاک غیر زراعی با پوشش طبیعی منطقه و در پایین شیب اراضی کشاورزی قرار داشت. خاک‌ها به روش دنباله‌ای برای تعیین مقادیر شکل‌های مختلف فسفر معدنی عصاره‌گیری شدند. میزان فسفر کل در خاک‌های مورد آزمایش بین ۳۰۲ تا ۱۱۳۵ و با میانگین ۷۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قرار داشت. حدود ۶۵ تا ۸۹ درصد فسفر کل خاک‌های مورد مطالعه را فسفر معدنی و ۱۱ تا ۳۵ درصد فسفر کل آنها را فسفر آلی تشکیل می‌داد. مقدار فسفر معدنی بین ۲۰۴ تا ۸۹۷ با میانگین ۵۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و و فسفر آلی بین ۷۰ تا ۲۳۸ و با میانگین ۱۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغیر بود. میزان فسفر کل، فسفر معدنی و فسفر آلی در تمامی ردیف‌های ارضی مورد مطالعه از اراضی غیرزراعی به اراضی زراعی افزایش و از خاک‌های سطحی (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) به خاک‌های عمقی (عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر)کاهش نشان داد. در خاک‌های مورد مطالعه آپاتایت (Ca_{10}-P)، فسفات‌های آلومینیوم (AłP)، اکتاکلسیم فسفات (Ca_8-P)، فسفات‌های آهن(Fe-P)، فسفات‌های محبوس در اکسیدهای آهن (Oc-P) و دی‌کلسیم فسفات (Ca_2-P) به ترتیب بیشترین درصد از فسفات معدنی خاک‌ها را شامل می‌شدند.

واژه‌های کلیدی: شکل‌های فسفر، ردیف ارضی ، خاک‌های آهکی، اصفهان، شهرکرد

مقدمه

فسفر با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت خاک‌های مناطق مختلف می‌تواند به صورت ترکیبات شیمیایی متنوعی در خاک مشاهده شود. شناخت شکل‌های فسفر در خاک و تعیین مقدار هر یک از آنها می‌تواند ضمن کمک به شناخت فرایند تکامل خاک و درک فرایندهای ژنتیکی آن، در ارزیابی حاصل‌خیزی خاک نیز به کار رود. گیاهان تنها قادر به استفاده از بخش محدودی از فسفر کل خاک می‌باشند. با تعیین

۱. محقق مرکزتحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ساری

۲. دانشیاران خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: dehghanramezanali@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

مقادیر و توزیع اجزای فسفر در خاک می‌توان روش مدیریت مناسب جهت افزایش قابلیت استفاده فسفر توسط گیاهان را پیشنهاد نمود. روش‌های بسیاری برای تفکیک شکل‌های مختلف فسفر در خاک ابداع شده است. اجزای فسفر خاک را می‌توان با استفاده از فعالیت یون تولید شده از ترکیبات خالص تعیین کرد؛ اما متأسفانه استفاده از این روش با محدودیت‌های زیادی در سیستم پیچیدهٔ خاک روبروست (۱۰). هم‌چنین از روش‌های فیزیکی مانند روش میکروسکوپی و پرتوهای الکترونی نیز برای این منظور استفاده شده است (۳ و ۱۲)؛ ولی این روش‌ها نیز در برخی حالات دقت و حساسیت لازم را دارا نیستند (۱۵). یکی از روش‌های متداول که تا کنون برای تفکیک اجزای فسفر معدنی و آلی خاک مورد استفاده قرار گرفته، استفاده از عصاره‌گیرهای مختلف شیمیایی جهت جداسازی بخش‌های مختلف فسفر خاک است. این روش ابتدا از سوی چانگ و جکسون (۴) به کار گرفته شد و سپس با گذشت زمان به مرور تصحیح و تکمیل گردید (۷ و ۲۰ و ۲۵). اساس تمامی این روش‌ها بر حلالیت و رسوب اجزای مختلف فسفر در مواد شیمیایی متفاوت و pHهای مختلف استوار است. در روش ارائه شده از سوی چانگ و جکسون(۴)، نمونه خاک به طور متوالی با؛ الف) ۰/۵ مولار NH_4F خنثی جهت استخراج فسفات آلومینیوم، ب) ۰/۱ مولار NaOH برای استخراج فسفات آهن، پ) ۰/۲۵ مولار H_2SO_4 برای استخراج فسفات کلسیم، ت) سدیم دتیونایت بافر با سیترات برای استحصال فسفات آهن محبوس شده در اکسیدهای آهن و نهایتاً، ث) ۰/۵ مولارNH_4F جهت استخراج فسفات آلومینیوم محبوس شده عصاره‌گیری می‌گردد(۴).

طرح پیشنهادی چانگ و جکسون (۴) و طرح‌هایی که طی سالیان بعد از سوی دانشمندان مختلف ارائه شدند، اگر چه در تعدادی از خاک‌ها می‌توانند مفید باشند، ولی در مورد خاک‌های آهکی از دقت و حساسیت لازم برخوردار نیستند(۴). چرا که این روش‌ها ترکیبات شیمیایی فسفر و کلسیم در خاک را تحت یک گروه شیمیایی فسفات‌های کلسیمی (Ca-P) خلاصه کرده‌اند، در حالی‌که با توجه به فعالیت یون کلسیم در خاک‌های آهکی، ترکیبات متفاوتی از فسفر و کلسیم در آنها وجود دارد که نقش عمده‌ای را در حاصل‌خیزی خاک ایفا می‌کنند. در خاک‌های آهکی کربنات کلسیم اصلی‌ترین عامل جذب سطحی و رسوب فسفر در خاک به شمار می‌آید. بخش اعظم فسفر در این خاک‌ها به صورت رسوب آپاتایت دیده می‌شود. در خاک‌های آهکی یون کلسیم با فسفر موجود واکنش داده و به صورت فسفات‌های کلسیم رسوب می‌کند. معمولاً با گذشت زمان ترکیبات پایدارتر و نامحلول‌تری از فسفات کلسیم تشکیل می‌شود؛ به طوری که از منوکلسیم فسفات محلول در مرحله اولیه در عرض چند دقیقه دی‌کلسیم فسفات تشکیل می‌گردد. این ترکیب نیز در خاک ناپایدار است و پس از گذشت ۲ تا ۳ ماه به اکتاکلسیم فسفات تبدیل می‌شود. سرانجام در آخرین مرحله رسوب آپاتایت در خاک تشکیل می‌گردد(۵). جیانگ و گو (۸) روش جدیدی را برای عصاره‌گیری دنباله‌ای فسفر از خاک‌های آهکی پیشنهاد نمودند(۸). بر اساس این روش فسفر معدنی در خاک به ۶ گروه اصلی دی‌کلسیم فسفات (Ca_2-P)، اکتاکلسیم فسفات (Ca_8-P) ، آپاتایت (Ca_{10}-P)، آلومینیوم فسفات (Al-P)، فسفات‌آهن (Fe-P) و فسفر محبوس (OC-P) تقسیم می‌شود. آنها این روش را برای خاک‌های آهکی دشتهای لسی شمال چین با میزان آهک ۴/۲ و ۷/۱ درصد به کار بردند و متوجه شدند که مجموع مقادیر سه بخش متمایز فسفات کلسیم (Ca_2-P، Ca_8-P و Ca_{10}-P) در این خاک‌ها، تقریباً با میزان فسفات کلسیمی که در روش چانگ و جکسون (۴) عصاره‌گیری می‌شود برابر است(۴). این روش توسط محققین دیگری نیزدر خاک‌های آهکی مورد استفاده قرار گرفته است(۱۵، ۱۶ و ۲۱).

طی دهه‌های گذشته مطالعات زیادی روی شکل‌های مختلف فسفر در خاک و اثر کشت و کار و کوددهی روی آنها صورت گرفته است(۱، ۱۹ و۲۶). تحقیقات نشان داده است که میزان فسفر خاک در اثر کشاورزی تغییر می‌کند. شارپلی و اسمیت نشان دادند که در اثر کاربرد کودهای فسفاتی و کشت و کار، تمامی مقادیر فسفر معدنی افزایش و فسفر آلی در افق سطحی خاک

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری و رده‌بندی خاک هر محل

شماره نمونه خاک	نام اختصاری	رده‌بندی	طول جغرافیایی (شرقی)			عرض جغرافیایی (شمالی)		
۱	JP_1*	Torriortent	۰۵″	۵۰′	۵۱°	۰۹″	۴۱′	۳۲°
۲	JV_1	Calciargid	۳۸″	۵۰′	۵۱°	۱۳″	۴۱′	۳۲°
۳	JV_2	Calciargid	۳۸″	۵۰′	۵۱°	۱۳″	۴۱′	۳۲°
۴	JF_1	Haplocambid	۵۹″	۵۱′	۵۱°	۴۸″	۴۰′	۳۲°
۵	JF_2	Haplocambid	۵۹″	۵۱′	۵۱°	۴۸″	۴۰′	۳۲°
۶	ZP_1	Torriortent	۳۸″	۴۴′	۵۱°	۵۹″	۳۴′	۳۲°
۷	ZV_1	Haplocambid	۵۴″	۴۴′	۵۱°	۵۶″	۳۴′	۳۲°
۸	ZV_2	Haplocambid	۵۴″	۴۴′	۵۱°	۵۶″	۳۴′	۳۲°
۹	ZF_1	Haplocambid	۵۹″	۴۴′	۵۱°	۵۵″	۳۴′	۳۲°
۱۰	ZF_2	Haplocambid	۵۹″	۴۴′	۵۱°	۵۵″	۳۴′	۳۲°
۱۱	SP_1	Xerortent	۴۵″	۵۰′	۵۰°	۲۸″	۲۲′	۳۲°
۱۲	SV_1	Calcixerept	۱۶″	۵۰′	۵۰°	۰۸″	۲۳′	۳۲°
۱۳	SV_2	Calcixerept	۱۶″	۵۰′	۵۰°	۰۸″	۲۳′	۳۲°
۱۴	SF_1	Haploxeralf	۵۲″	۴۹′	۵۰°	۳۵″	۲۳′	۳۲°
۱۵	SF_2	Haploxeralf	۵۲″	۴۹′	۵۰°	۳۵″	۲۳′	۳۲°
۱۶	FP_1	Xerortent	۴۵″	۵۸′	۵۰°	۱۹″	۱۷′	۳۲°
۱۷	FV_1	Calcixerept	۳۰″	۵۸′	۵۰°	۰۶″	۱۷′	۳۲°
۱۸	FV_2	Calcixerept	۳۰″	۵۸′	۵۰°	۰۶″	۱۵′	۳۲°
۱۹	FF_1	Haploxeralf	۱۰″	۵۸′	۵۰°	۵۷″	۱۵′	۳۲°
۲۰	FF_2	Haploxeralf	۱۰″	۵۸′	۵۰°	۵۷″	۱۵′	۳۲°

*J، Z، S وF : به‌ترتیب جی اصفهان، زیار اصفهان، شهرکرد و فرخشهر؛ P،V وF : به‌ترتیب موقعیت‌های بالا، میانه و پایین شیب؛ 1و2 : به‌ترتیب اعماق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده‌اند.

(۳۰-۰ سانتی‌متری) کاهش یافته است(۱۷). زنگ و همکاران گزارش کردند که کشاورزی و کوددهی به زمین، مقدار تمامی شکل‌های فسفر را در خاک تغییر می‌دهد(۲۷). شارپلی و اسمیت از تحقیقات خود چنین نتیجه گرفتند که کشت و زرع تأثیری بر نسبت توزیع فسفر به فسفر آلی و معدنی ندارد؛ گرچه میزان فسفر معدنی در اثر کشاورزی و کوددهی افزایش می‌یابد(۱۸).

صمدی و گیلکس مشاهده کردند که افزودن فسفر به خاک‌های آهکی غرب استرالیا میزان فسفر کل، فسفر معدنی و آلی را افزایش داده است(۱۵). آنها هم‌چنین نشان دادند که نسبت بخش‌های مختلف فسفر معدنی خاک‌های تحت کشت وکار در مقایسه با خاک‌های طبیعی تغییر یافته به طوری که نسبت فسفات‌های‌کلسیم در بخش فسفر معدنی خاک‌های کشاورزی افزایش پیدا کرده است.تحقیق حاضر نیز با هدف بررسی شکل‌های موجود فسفر در خاک‌های چهار ردیف ارضی در مناطق اصفهان و شهر کرد انجام گرفت.

مواد وروش‌ها

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

در این پژوهش ۲۰ نمونه خاک از اعماق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در بالا، میانه و پایین چهار ردیف ارضی نواحی خشک (جی و زیار اصفهان) و نیمه خشک (فرخشهر و شهرکرد) برداشته شدند (جدول ۱).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

در تمامی این چهار ردیف ارضی در موقعیت بالای شیب خاک کم‌عمق روی مواد مادری، میانه شیب شامل خاک غیر زراعی با پوشش طبیعی منطقه و در پایین شیب اراضی کشاورزی قرار داشت. نمونه‌ها پس از هواخشک شدن از الک دو میلی‌متری گذرانده و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها به شرح زیر اندازه‌گیری شدند.

بافت خاک به روش پی‌پت (۶)، pH نمونه‌های خاک در سوسپانسیون ۱:۲/۵ خاک به آب به‌وسیله pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع ، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با اسیدکلریدریک ۲ نرمال (۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در pH برابر هفت (۱۴) و درصد کربن آلی خاک به وسیله روش اکسایش تر (۲۳) تعیین گردیدند.

تعیین شکل‌های مختلف فسفر معدنی خاک (Fractionation)

به دلیل آهکی بودن خاک‌های مورد مطالعه از روش جیانگ و گو(۸) جهت جداسازی اجزای مختلف شیمیایی فسفر معدنی استفاده شد. بدین منظور عصاره‌گیری متوالی نمونه‌ها به ترتیب با: ۱) ۰/۲۵ مولار $NaHCO_3$ در پ ـ هاش ۷/۵ برای استخراج دی کلسیم فسفات (Ca_2-P) ، ۲) ۰/۵ مولار NH_4Ac برای استخراج اکتا کلسیم فسفات (Ca_8-P) ، ۳) ۰/۵ مولار NH_4F برای استخراج فسفات‌های آلومینیوم (Al-P) ، ۴) ۰/۱ مولار Na_2CO_3−NaOH برای عصاره گیری فسفات‌های آهن(Fe-P)، ۵) سیترات ـ دیتیونایت ـ بی کربنات (CDB) برای استخراج فسفر محبوس شده در اکسیدهای آهن(OC-P) و ۶) ۰/۵ مولار H_2SO_4 برای استخراج فسفر به شکل آپاتایت (Ca_{10}-P) انجام گرفت.

فسفر کل معدنی و آلی خاک‌ها

میزان فسفر کل معدنی و فسفر کل آلی نمونه‌های مورد مطالعه، مطابق روش والکر و آدامز تعیین گردید(۲۲). فسفر کل در خاک‌ها (مجموع اجزای معدنی و آلی) به روش هضم توسط اسید پرکلریک که توسط اولسن و سامرز ارائه گردیده نیز تعیین شد(۱۳). غلظت فسفر عصاره‌ها از روش رنگ‌سنجی آبی مولیبدات – که به‌وسیله مورفی و رایلی پیشنهاد و توسط واتانابه و اولسن اصلاح شده است– اندازه‌گیری شد(۱۱ و ۲۴).

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

بافت خاک‌ها از لوم شنی تا لوم رسی (درصد رس بین ۹/۶ تا ۳۱/۸ درصد با میانگین ۲۰/۱ درصد)، قابلیت هدایت الکتریکی اشباع از ۰/۷ تا ۵/۶ دسی‌زیمنس برمتر با میانگین ۲/۵ دسی زیمنس بر متر، ظرفیت تبادل کاتیونی از ۴/۰ تا ۴۰/۹ سانتی‌مول بر کیلوگرم خاک با میانگین ۱۴/۲ سانتی مول بر کیلوگرم خاک، pH خاک‌ها از ۷/۴ تا ۸ با میانگین ۷/۷ و کربنات کلسیم معادل از ۲۶ تا ۴۱ درصد با میانگین ۳۴/۸ درصد متغیر بود (جدول ۲). به طور کلی می‌توان گفت خاک‌های مورد مطالعه دارای ماده آلی کم و کربنات کلسیم زیاد هستند. درصد بالای کربنات کلسیم این خاک‌ها باعث تأثیر فراوان کاتیون کلسیم بر فسفر وترکیبات شیمیایی آن در این خاک‌ها شده است.

مقادیر و تغییرات فسفر

فسفر کل

فسفر کل اندازه‌گیری شده با دو روش سوزاندن و عصاره‌گیری با اسید سولفوریک (۲۱) و هضم به‌وسیله اسید پر کلریک (۱۳) در تمامی خاک‌ها از هم‌بستگی آماری مثبت بالایی برخوردار بودند ($P<0/01$ و $r=0/97$). مقادیر فسفر کل خاک‌ها با دو روش اندازه‌گیری در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. فسفر کل در خاک‌های مورد آزمایش بین ۳۰۲ تا ۱۱۳۵ و با میانگین ۷۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قرار داشت. حداکثر مقدار فسفر کل در اراضی کشاورزی مشاهده می‌شود. این مساله به ویژه در خاک‌های فرخشهر و شهر کرد (نمونه‌های ۱۱تا ۲۰) که عملیات کشاورزی و کوددهی به صورت گسترده‌تری در آنها انجام می‌گیرد بیشتر مشهود است. این نتایج با داده‌های دیگران هم‌آهنگی دارد (۴، ۵ ،۱۳ و ۱۵).

در تمامی مناطق مورد مطالعه مقدار فسفر کل، در خاک سطحی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

جدول۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	رس	سیلت	کربنات کلسیم معادل (٪)	کربن آلی	EC_e (dS/m)	pH عصاره ۱: ۲/۵	CEC ($cmol^+/kg$)
۱	۱۳	۳۹	۳۵	۰/۴۵	۱/۲	۷/۶	۶/۱
۲	۱۷	۳۸	۳۵	۰/۲۹	۳/۵	۷/۸	۷/۶
۳	۱۰	۴۲	۳۷	۰/۱۸	۱/۶	۷/۸	۶/۸
۴	۲۷	۳۷	۳۵	۰/۴۷	۴/۵	۷/۹	۲۴/۳
۵	۲۵	۴۱	۳۸	۰/۳۳	۴/۹	۷/۹	۱۹/۱
۶	۱۳	۳۲	۲۶	۰/۳۸	۱/۷	۷/۶	۶/۶
۷	۱۴	۳۸	۳۱	۰/۷۳	۵/۴	۷/۸	۷/۸
۸	۱۰	۳۶	۳۴	۰/۶۵	۲/۰	۷/۸	۴/۰
۹	۲۳	۴۵	۳۷	۰/۹۶	۵/۶	۸/۰	۱۵/۲
۱۰	۲۲	۴۶	۳۹	۰/۵۳	۶/۲	۸/۰	۱۲/۵
۱۱	۱۶	۳۹	۲۸	۰/۵۴	۰/۷	۷/۴	۷/۶
۱۲	۱۹	۴۰	۳۱	۰/۴۹	۰/۹	۷/۷	۸/۷
۱۳	۱۲	۳۱	۳۵	۰/۴۹	۱/۱	۷/۷	۶/۸
۱۴	۳۱	۳۵	۳۹	۰/۹۴	۱/۴	۷/۸	۲۹/۶
۱۵	۳۴	۳۲	۴۱	۰/۶۰	۲/۳	۷/۹	۳۱/۳
۱۶	۲۰	۴۰	۲۹	۰/۴۹	۰/۷	۷/۴	۷/۰
۱۷	۱۸	۳۶	۳۱	۰/۴۰	۰/۸	۷/۶	۸/۰
۱۸	۱۳	۳۵	۳۹	۰/۲۷	۰/۷	۷/۷	۵/۷
۱۹	۳۲	۳۸	۳۷	۰/۳۳	۱/۷	۷/۸	۴۰/۹
۲۰	۳۱	۳۹	۳۹	۰/۲۹	۲/۳	۷/۷	۲۸/۷
میانگین	۲۰	۳۸	۳۵	۰/۴۹	۲/۵	۷/۷	۱۴/۲

(۳۰-۰ cm) بیش از خاک عمقی (۶۰-۳۰ cm) می‌باشد. با توجه به پایداری نسبی ترکیبات فسفر خاک طی فرایند هوادیدگی و کاهش مواد با افزایش عمق خاک به‌دلیل آبشویی بیشتر می‌توان انتظار داشت افق‌های سطحی خاک در مقایسه با افق‌های عمیق‌تر از نظر فسفر غنی‌تر باشند (۵). حضور پوشش گیاهی به صورت مداوم باعث انتقال فسفر از عمق به سطح خاک می‌شود به این ترتیب که فسفر توسط ریشه‌های گیاه از اعماق خاک جذب شده و توسط بقایای گیاهی به سطح خاک اضافه می‌شود. فسفر انتقال یافته به سطح به این ترتیب به دلیل تحرک کم می‌تواند در خاک سطحی تجمع یابد.

فسفر معدنی

مقدار فسفر معدنی خاک توسط عصاره گیری با اسید سولفوریک و جمع کردن اجزای مختلف فسفر معدنی دارای هم‌بستگی مثبت و بالایی بودند($P<0/01$ و $r=0/97$). میزان فسفر معدنی خاک‌ها در جدول۳ نشان می‌دهد که غلظت این شکل فسفر بین ۲۰۴ تا ۸۹۷ با میانگین ۵۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغیر است. حدود ۶۵ تا ۸۹ درصد فسفر کل خاک‌های مورد مطالعه را فسفر معدنی تشکیل می‌دهد. همانند فسفر کل، میزان فسفر معدنی نیز در خاک‌های زراعی نسبت به

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

جدول ۳. غلظت فسفر کل ، معدنی و آلی خاک‌های مورد مطالعه (mg/kg)

شماره خاک	فسفر کل $HClO_4$	فسفر کل H_2SO_4	فسفر معدنی H_2SO_4	فسفر معدنی مجموع اجزاء معدنی	فسفر آلی H_2SO_4	فسفر آلی مجموع اجزای آلی
۱	۷۶۵	۷۱۹	۶۱۸	۶۷۹	۱۰۱	۱۱۱
۲	۴۶۲	۳۴۸	۲۷۹	۴۶۰	۷۰	۱۱۳
۳	۴۸۰	۳۰۲	۳۰۴	۳۴۲	۹۸	۱۶۷
۴	۷۷۱	۷۱۹	۵۷۶	۶۱۶	۱۴۳	۱۴۶
۵	۸۰۰	۶۷۲	۵۳۲	۶۱۲	۱۴۰	۱۵۰
۶	۹۲۴	۹۰۴	۸۰۱	۷۳۷	۱۰۳	۱۳۳
۷	۹۸۶	۹۹۶	۷۹۸	۷۵۵	۱۹۸	۲۰۴
۸	۱۰۲۹	۹۵۰	۷۶۱	۸۳۰	۱۸۹	۱۹۳
۹	۱۰۷۲	۱۱۳۵	۸۹۷	۸۶۴	۲۳۸	۲۲۹
۱۰	۸۷۱	۹۰۴	۷۳۹	۶۹۰	۱۶۴	۱۸۰
۱۱	۷۲۸	۶۱۴	۴۷۴	۵۳۳	۱۳۹	۱۸۲
۱۲	۸۱۴	۵۹۱	۴۴۳	۵۸۷	۱۴۸	۲۱۰
۱۳	۶۴۹	۴۹۸	۳۲۴	۳۸۸	۱۷۴	۲۲۹
۱۴	۱۰۱۵	۹۸۴	۷۹۶	۷۸۲	۱۸۸	۲۰۲
۱۵	۹۱۴	۸۴۵	۶۵۶	۶۷۳	۱۸۹	۲۱۸
۱۶	۶۷۲	۵۶۸	۴۵۰	۴۹۳	۱۱۸	۱۴۶
۱۷	۷۱۳	۵۶۸	۴۳۸	۵۰۵	۱۲۹	۱۷۴
۱۸	۵۴۱	۴۵۲	۳۵۲	۳۹۶	۱۰۰	۱۳۶
۱۹	۸۶۴	۸۲۲	۶۷۶	۶۷۰	۱۴۶	۱۶۳
۲۰	۷۷۸	۷۰۶	۵۹۶	۶۱۰	۱۱۰	۱۳۴
میانگین	۷۷۸	۷۱۵	۵۷۱	۶۱۱	۱۴۴	۱۷۱

خاک‌های غیر زراعی افزایش نشان می‌دهد که این موضوع بیانگر آن است که بخشی از فسفری که به صورت کود به این خاک‌ها اضافه شده به شکل فسفر معدنی در این خاک‌ها انباشته می‌شود. هم‌چنین در خاک‌های سطحی مقدار فسفر معدنی از خاک‌های عمقی بیشتر است.نتایج مشابهی توسط سایر محققین در این زمینه گزارش شده است(۷، ۱۲ و۱۷).

فسفر آلی

میزان فسفر آلی خاک‌ها از دو طریق تفاضل فسفرکل ومعدنی در روش عصاره‌گیری با اسید سولفوریک و جمع کردن اجزای مختلف فسفر آلی اندازه‌گیری و محاسبه شد(جدول۳). مقادیر تعیین شده توسط این دو روش با یکدیگر هم‌بستگی بالا و مثبت آماری نشان دادند ($P<0/01$ و $r=0/87$). میزان فسفر آلی خاک‌های مورد مطالعه بین ۷۰ تا ۲۳۸ و با میانگین ۱۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قرار دارد. فسفر آلی حدود ۱۱ تا ۳۵ درصد فسفرکل در خاک‌ها را شامل می‌شود. به عبارت دیگر درمناطق مورد مطالعه حداکثر یک‌سوم فسفر کل خاک‌ها را فسفر آلی تشکیل می‌دهد وبیش از دوسوم فسفر در این خاک‌ها به شکل فسفر معدنی وجود دارد. احتمالاً مقدار نسبتاً ناچیز مواد آلی در خاک‌های مورد مطالعه باعث شده است بخش فسفر آلی خاک کمتر از فسفر معدنی خاک باشد. فسفر آلی نیز همانند فسفر معدنی از خاک‌های غیر زراعی به زراعی روند

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

جدول۴. غلظت شکل‌های معدنی فسفر در خاک‌های مورد مطالعه(mg/kg)

شماره خاک	Ca_2 - P	Ca_8 - P	Al - P	Fe - P	OC - P	Ca_{10} - P
۱	۷	۱۷۹	۱۸۱	۷۰	۲۸	۲۱۳
۲	۱۱	۱۶۱	۸۳	۳۹	۴۵	۱۲۳
۳	۲	۸۸	۷۸	۴۷	۲۰	۱۰۶
۴	۱۶	۱۰۶	۱۲۳	۹۲	۳۲	۲۴۶
۵	۹	۷۰	۹۶	۹۲	۳۲	۳۱۲
۶	۱۸	۱۷۰	۱۸۱	۶۱	۲۸	۲۷۹
۷	۱۶	۱۶۱	۱۷۲	۶۵	۷۰	۲۷۱
۸	۷	۱۵۲	۱۵۹	۱۵۹	۵۷	۲۹۶
۹	۵۰	۱۳۴	۱۵۴	۱۲۸	۱۰۲	۲۹۶
۱۰	۱۴	۱۰۶	۱۵۴	۷۹	۴۹	۲۸۷
۱۱	۱۸	۷۰	۱۱۰	۶۱	۴۵	۲۳۰
۱۲	۱۹	۱۰۶	۱۴۵	۷۰	۳۲	۲۱۳
۱۳	۷	۵۲	۹۶	۵۶	۲۸	۱۴۷
۱۴	۳۱	۱۱۵	۱۷۷	۱۱۰	۵۳	۲۹۶
۱۵	۲	۸۸	۱۳۶	۱۰۶	۴۵	۲۹۶
۱۶	۱۲	۵۲	۱۰۱	۷۴	۴۱	۲۱۳
۱۷	۲۸	۷۹	۱۳۶	۶۵	۳۲	۱۶۴
۱۸	۵	۷۰	۱۰۵	۵۶	۲۸	۱۳۱
۱۹	۳۰	۸۸	۱۴۱	۷۹	۵۳	۲۷۹
۲۰	۵	۷۰	۱۳۲	۷۴	۴۹	۲۷۹
میانگین	۱۵	۱۰۶	۱۳۳	۷۹	۴۴	۲۳۴

افزایشی نشان می‌دهد.نتایج به‌دست آمده با داده‌های دیگر محققین هماهنگی دارد(۱۸، ۲۶ و ۲۷).

اجزای فسفر معدنی

فسفر معدنی خاک‌ها به ۶ جزء مختلف تقسیم گردید که مقادیر هر یک در جدول ۴ ارائه شده است.

دی‌کلسیم فسفات (Ca_2 - P)

مقدار Ca_2-P خاک‌ها بین ۲ تا ۵۰ و با میانگین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت. این بخش ۱ تا ۶ درصد فسفر معدنی خاک‌ها (روش مجموع اجزا) را تشکیل داده و میزان آن از تمام اجزای دیگر فسفر معدنی پایین تر بود. علت این امر آن است که Ca_2-P در خاک بسیار ناپایدار است و به سایر ترکیبات فسفر معدنی تبدیل می‌شود (۹). ادهمی و همکاران هم در مطالعات خود روی تعدادی از خاک‌های آهکی ایران نشان دادند که Ca_2-P کمترین بخش فسفات‌های‌کلسیمی این خاک‌ها را تشکیل می‌دهد(۱). مقدار Ca_2-P در خاک‌های زراعی بالاتر از خاک‌های غیر زراعی قرار داشت و میزان آن از خاک سطحی به خاک عمقی به طور چشمگیری کاهش یافت.کاربرد مداوم کودهای فسفاتی به خاک‌های زراعی می‌تواند به عنوان مهم‌ترین عامل در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

افزایش سطح Ca_2-P خاک معرفی. فسفر حاصل از معدنی شدن مواد آلی و بقایای گیاهی در خاک نیز ضمن افزایش سطح فسفر محلول خاک، ابتدا به Ca_2-P تبدیل می‌شود. از این‌رو با توجه به حجم بیشتر مواد آلی و واکنش‌های معدنی شدن در خاک سطحی، انتظار می‌رود این پدیده نیز از دلایل بیشتر بودن Ca_2-P در خاک‌های سطحی نسبت به خاک‌های عمقی باشد.

اکتاکلسیم فسفات (Ca_8 - P)

مقدار Ca_8-P در خاک‌ها از ۵۲ تا ۱۷۹ و با میانگین ۱۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغیر بود. این بخش از ۱۱ تا ۳۵ درصد فسفر معدنی خاک‌ها (روش مجموع اجزاء) را تشکیل می‌دهد. غلظت Ca_8-P بین خاک‌های زراعی و غیر زراعی مشاهده نمی‌شود. احتمالا فسفر اضافه شده توسط کود به خاک کمتر به صورت این جزء تجمع یافته است با این حال همانند Ca_2-P، میزان این جزء نیز از خاک سطحی به خاک عمقی کاهش پیدا کرده است. Ca_8-Pاز نظر میزان حلالیت بین دی‌کلسیم فسفات و آپاتایت قرار دارد بنابراین در خاک ناپایدار بوده و با گذشت زمان به سایر ترکیبات فسفاتی تبدیل شده است؛ احتمالاً به همین دلیل فسفر اضافه شده توسط کودهای شیمیایی نتوانسته به شکل اکتاکلسیم فسفات در خاک‌ها تجمع پیدا کند.

فسفات آلومینیوم (Al - P)

غلظت Ca_8-P خاک‌ها بین ۷۸ تا ۱۸۱ با میانگین ۱۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشته و از ۱۶ تا ۲۷ درصد فسفر معدنی خاک‌ها (روش مجموع اجزا) را این بخش تشکیل می‌داد. تفاوت اندکی میان میزان Al-P بین خاک‌های زراعی و غیر زراعی بیانگر این حقیقت است که این جزء بخشی از فسفر طبیعی خاک‌ها بوده و فسفر ناشی از کاربرد کودهای فسفاتی به ندرت به Al-P تبدیل شده است. با این حال در مناطق شهرکرد و فرخشهر در مقایسه با منطقه اصفهان افزایش بیشتری در غلظت Al-P اراضی زراعی نسبت به اراضی غیر زراعی مشاهده می‌شودکه احتمالاً به میزان بالاتر اکسیدهای آلومینیوم در خاک‌های با تکامل بیشتر چهارمحال و بختیاری مربوط می‌شود. Al-P در تمامی مناطق مورد مطالعه به استثنای خاک زراعی منطقه زیار اصفهان از سطح به عمق خاک کاهش یافته است.

فسفات‌های آهن (Fe - P)

در مناطق مورد مطالعه میزان FeP بین ۳۹ تا ۱۵۹ با میانگین ۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و حدود ۸ تا ۱۹ درصد فسفات معدنی خاک‌ها (روش مجموع اجزا) را تشکیل می‌داد. FeP نیز همانند Ca_2-P، در خاک‌های زراعی وغیر زراعی تفاوت نشان می‌دهد. این بدان معنی است که کوددهی نقش موثری در افزایش این جزء معدنی داشته است. در خاک‌های ردیف‌های ارضی شهرکرد و فرخشهر تفاوت اندکی بین FeP در خاک سطحی و عمقی مشاهده شد و میزان FeP خاک سطحی اندکی بالاتر از خاک عمقی بود، ولی در نواحی جی و زیاراصفهان تنها در خاک زراعی منطقه زیار، میزان Fe-P در خاک سطحی بیشتر از خاک عمقی بود.

فسفر محبوس در اکسیدهای آهن (OC - P)

بعد از دی‌کلسیم فسفات، OC-P کمترین بخش از فسفات معدنی خاک‌ها را تشکیل می‌دهد. میزان این جزء بین ۲۰ تا ۱۰۲ و با میانگین ۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغیر بود. فسفات‌های محبوس از ۴ تا ۱۲ درصد فسفات معدنی خاک‌ها (روش مجموع اجزا) را تشکیل می‌دادند. با توجه به شرایط خاک‌های مورد مطالعه که در مراحل ابتدایی تکاملی می‌باشند هنوز فسفر زیادی در ساختار اکسیدهای آهن وآلومینیوم محبوس نشده درحالی‌که در مناطق حاره‌ای اکثر فسفر خاک در این بخش تجمع یافته است. به استثنای منطقه جی اصفهان، در سایر مناطق مورد مطالعه میزان OC-P در اکسیدهای آهن اراضی کشاورزی نسبت به اراضی غیر کشاورزی افزایش نشان داد. هم‌چنین میزان این جزء فسفر از خاک سطحی به خاک عمقی کاهش یافت که میزان این کاهش در اراضی کشاورزی بیشتر محسوس می‌باشد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

آپاتایت (Ca_{10}-P)

اصلی‌ترین بخش فسفر معدنی در خاک‌های مورد مطالعه را Ca_{10}-P تشکیل داده است. میزان Ca_{10}-P در این خاک‌ها بین ۱۰۶ تا ۳۱۲ با میانگین ۲۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. این بخش ۲۷ تا ۵۱ درصد فسفر معدنی خاک‌ها (روش مجموع اجزا) را به خود اختصاص داده است که نشان‌دهنده اهمیت آن در خاک‌های مناطق اصفهان و شهرکرد می‌باشد.ادهمی و همکاران(۱) هم Ca_{10}-P را بخش غالب فسفات‌های‌کلسیمی در تعدادی از خاک‌های آهکی ایران اعلام کرده‌اند. میزان Ca_{10}-P نیز در خاک‌های زراعی بیش از خاک‌های غیر زراعی است که این افزایش در خاک‌های مناطق شهرکرد و فرخشهر محسوس‌تر است. به دلیل غلظت نسبتاً بالای مواد آهکی در خاک‌های مورد مطالعه، به نظر می‌رسد Ca_{10}-P جزء ترکیبات پایدار خاک می‌باشد(۹). احتمالا بخش زیادی از فسفر که به صورت کود به خاک‌ها اضافه می‌شوند در درازمدت به آپاتایت‌ها تبدیل می‌شوند. در خاک‌های غیر زراعی میزان Ca_{10}-P از سطح به عمق کاهش نشان می‌دهد در حالی‌که در خاک‌های زراعی مناطق شهرکرد و فرخشهر تفاوتی در میزان Ca_{10}-P خاک سطحی وعمقی دیده نمی‌شود.

باتوجه به نتایج به‌دست آمده در خاک‌های مورد مطالعه آپاتایت (Ca_{10}-P)، فسفات‌های آلومینیوم (Al-P)، اکتاکلسیم فسفات (Ca_8-P)، فسفات‌های آهن (Fe-P)، فسفات‌های محبوس در اکسیدهای آهن (OC-P) و دی کلسیم فسفات (Ca_2-P) به ترتیب بیشترین درصد از فسفات معدنی خاک‌ها را شامل می‌شوند. تنها در مورد لایه سطحی(۳۰-۰ cm) خاک غیر زراعی منطقه جی اصفهان این نسبت متفاوت است و به ترتیب اکتاکلسیم فسفات، آپاتایت، فسفات‌های آلومینیوم، فسفات‌های محبوس در اکسیدهای آهن، فسفات‌های آهن و دی کلسیم فسفات بیشترین بخش از فسفر معدنی خاک را تشکیل می‌دهند.

به طور کلی در خاک‌های مورد مطالعه بیش از نیمی از فسفر معدنی به شکل فسفات‌های کلسیمی است که نشان دهنده نقش مهم آهک و یون کلسیم موجود در این خاک‌هاست. نتایج به‌دست آمده این فرضیه که در خاک‌های مناطق خشک ونیمه خشک ایران آهک و یون کلسیم عوامل اصلی تثبیت و کاهش حلالیت فسفر موجود در خاک‌ها می‌باشند را تأیید می‌نماید.

منابع مورد استفاده

1. Adhami, E., M. Maftoun, A. Ronaghi, N. Karimian, J. Yasrebi and M. T. Assad.2006. Inorganic phosphorus fractionation of highly calcareous soils of Iran. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 37: 1877-1888.
2. Allison, L. E. and C. D. Modie.1962. Carbonates. PP. 1379-1396. *In*: C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis . Part 2, Am. Soc. Agron, Madison, WI.
3. Bell, L. C. and C. A. Black.1970. Crystalline phosphates produced by interaction of orthophosphate fertilizers with slightly acid and alkaline soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 340-375.
4. Chang, S. C. and M. L. Jackson.1957. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci. 84:133-144.
5. Foth, H. D. and B. G. Ellis.1997. Soil Fertility, Second Ed. CRC Press. Boca Raton, Florida.
6. Gee, G. W. and J. W. Bauder.1986. Particle size analysis. P: 383-411. *In*: Klute. A. (Ed.), Methods of Soil Analysis . Part 1, Amer. Soc. Agron, Madison, WI.
7. Hooker, M. L., G. A. Peterson, D. H. Sander and L. A. Digger.1980. Phosphate fractions in calcareous soils as altered by time and amounts of added phosphate. Soil Sci. Soc. Amer . J. 44: 206-272.
8. Jiang, B. and Y. Gu.1989. A suggested fractionation scheme for inorganic phosphorus in calcareous soil. Fer. Res., 20: 150-165.
9. Lindsay, W. L. 1979. Chemical Equilibria in Soils. John Wiley and Sons. Inc., New York.
10. Meixner, R. E. and M. J. Singer.1985. Phosphorus fractions from a chornosequence of alluvial soils, Sanjonquin Valley, California. Soil Sci. 139: 37-46.
11. Murphy, J. and J. P. Riley.1952. A modified single solution method for determination of phosphate uptake by rye. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 48: 31-36.
12. Nair, V. D., D. A. Graetz and K. M. Portier.1995. Forms of phosphorus in soil profiles from dairies of South Florida. Soil Sci. Soc. Amer. J. 59: 1244-1249.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]

13. Olsen, S. R. and L. E. Sommers.1982. Phosphorus. PP. 403-430. *In*: C. A. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. 2nd ed. Agronomy series No.9, part 2, Soil Sci. Soc. Amer., Inc., Madison, WI.
14. Rhoads, J. W.1986. Cation exchange capacity. PP. 149-158. *In*: page, A. C. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Amer. Soc. Agron., Madison, WI.
15. Samadi, A. and R. J. Gilkes.1998. Forms of phosphorus in virgin and fertilized calcareous soils of Western Australia. Aust. J. Soil Res. 36:585-601.
16. Samadi, A. and R. J. Gilkes.1999. Phosphorus transformation and their relationships with calcareous soil properties of south western Australia. Soil Sci. Soc. Amer. J. 63: 809-815.
17. Sharpley, A. N. and S. J. Smith.1983. Distribution of phosphorus forms in virgin and fertilized soils and potential erosion losses. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47: 581- 586.
18. Sharpley, A. N. and S. J. Smith.1985. Fractionation of inorganic and organic phosphorus in virgin and fertilized soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 49: 127-130.
19. Simard, R. R., D. Cluis, G. Gangbazo and S. Beauchemin.1995. Phosphorus status of forest and agricultural soils from a watershed of high animal density. J. Environ. Qual. 24:101-107.
20. Syers, J. K., G. W. Smillie and J. D. H. Williams.1972. Calcium fluoride formation during extraction of calcareous soils with fluoride: I Implication to inorganic phosphorus fractionation scheme. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 20-24.
21. Tu, S. X., Z. F. Guo and S. S. Chen.1992. Transformation of applied phosphorus in a calcareous fluvisol. Pedosphere 3: 277-283.
22. Walker, T. W. and A. F. R. Adams.1958. Studies on soil matter : I Influence of phosphorus content of parent materials on accumulation of carbon, nitrogen, sulfur. and organic phosphorus in grassland soils. Soil Sci. 85: 307-318.
23. Walky, A. and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis.1. Experimental. Soil Sci..79: 459-465.
24. Watanabe, F. S. and S. R. Olsen.1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and $NaHCO_3$ extracts from soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 677-678.
25. Williams, J. D. H., J. K. Syers, R. F. Harris and T. W. Walker. 1967. Fractionation of soil inorganic phosphate by a modification of Chang and Jackson procedure. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31: 736-739.
26. Zhange., T. Q. and A. F. Mackenzie.1997. Changes in soil phosphorus fractions under long term corn monoculture. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61: 485-493.
27. Zheng, A., R. R. Simard, J. Lafond and L. E. Parent.2001. Changes in phosphorus fractions of a Humic Gelysol as influenced by cropping system and nutrient sources. Can. J. Soil Sci. 81: 175-183.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.39.3]