مجله تحقیقات آب و خاک ایران (۴۰) ۲، ۱۳۸۸ (۱۴۷-۱۳۹)

تأثیر کود مرغی بر ویژگی های جذب و نیاز استاندارد فسفر در برخی از خاک‌های آهکی استان همدان

مهدیه خورشید[۱]، علیرضا حسین پور[۲*] و شاهین اوستان[۳]

[۱]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا، [۲]دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد و [۳]استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه تبریز

چکیده

تحرک و قابلیت استفاده فسفر در خاک تحت تاثیر ویژگیهای جذب فسفر است. هدف این پژوهش بررسی تاثیر کود مرغی بر پارامترهای هم دماهای جذب و نیاز استاندارد فسفر بود. ده نمونه خاک آهکی با ۱/۵ در صد کود مرغی و بدون کود مرغی به مدت ۵ ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه در دمای ۲۵±۱°C در انکوباتور قرار گرفتند. ویژگی های جذب این نمونه ها به وسیله هم دماهای معمول و هم با روش تک نقطه ای تعیین شدند. نتایج نشان داد در اثر کاربرد کود مرغی میانگین فسفر قابل استفاده خاکها به روش اولسن ۵۸/۵ درصد افزایش یافت. داده های جذب فسفر در تمام نمونه ها به وسیله معادله های فروندلیچ و خطی توصیف شدند. ثابتهای همدماهای جذب در خاکهای تیمار شده کمتر از خاکهای تیمار نشده بود. میانگین ضریب توزیع و n معادله فروندلیچ در خاکهای کود داده شده به ترتیب ۷۲/۴ و ۶۳/۶ در صد کاهش یافت. میانگین ظرفیت بافری (شیب معادله خطی) ۱۲/۹ درصد کاهش یافت. میانگین فسفر به آسانی قابل استفاده (عرض از مبدا معادله خطی) و غلظت تعادلی فسفر به ترتیب ۳۴/۴ و ۱۳۲ در صدافزایش یافت. نیاز استاندارد فسفر در خاکهای تیمار شده با کود مرغی کمتر از خاکهای تیمار نشده بود. میانگین شاخص تک نقطه ای جذب ۱۱ در صد کاهش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد چنانچه مدیریت صحیح در مصرف کود اعمال نگردد احتمالا خطری برای آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی محسوب می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کود مرغی، فسفر، ویژگیهای جذب

مقدمه

جذب و آزاد شدن فسفر مهمترین فرآیندهایی هستند که غلظت فسفر در محلول خاک را کنترل می‌کنند (Sui and Thompson, 2000). اکسیدهای آهن و آلومینیوم بی‌شکل، کربنات‌ها و رس در جذب فسفر از محلول خاک نقش دارند (Moshi et al., 1974). مواد آلی نیز در خاک با فسفر برهمکنش داشته و به روشهای گوناگون بر واکنش جذب فسفر در خاک اثر می‌گذارند (Saunders, 1965). Delgado et al. (۲۰۰۲) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که کودهای آلی باعث افزایش فراهمی فسفر در خاکهای آهکی می شوند. کود مرغی یک کود سرشار از فسفر قابل معدنی شدن است. تعداد نسبتاً زیاد مکان‌های جذب فسفر در خاک‌های اسیدی و آهکی باعث می‌شود اثر کود مرغی در کاهش جذب فسفر در این خاک‌ها مشخص‌تر باشد. به همین دلیل به نظر می‌رسد کود مرغی با اعمال مدیریت صحیح برای تأمین فسفر در شرایط خاک‌های ایران مناسب باشد.

هم‌دماهای جذب فسفر، مقدار فسفر جذب شده را به‌عنوان تابعی از غلظت فسفر تعادلی نشان می‌دهد و با استفاده از آن‌ها قدرت تثبیت فسفر در خاک‌ها را می‌توان تخمین زد (Malakuti and Homaei, 1994). معادله‌های لنگمویر، فروندلیچ و خطی از جمله هم‌دماهای پرکاربرد در توصیف جذب فسفر می‌باشند. معادله لنگمویر نخستین بار توسط Olsen and Watanabe (۱۹۵۷) برای توضیح جذب فسفات در خاک به کار رفت. این معادله با فرض ثابت بودن انرژی پیوند، بدون توجه به مقدار فسفر جذب شده ارائه گردیده است. برخی آزمایشات نشان دادند که معادله لنگمویر تنها در غلظت‌های پایین فسفر قابل استفاده است.

معادله فروندلیچ قدیمی‌ترین معادله مورد استفاده در بررسی جذب فسفر در خاک می‌باشد (Barrow, 1978). این معادله در اصل تجربی است اما می‌تواند به‌طور تئوری با این فرض که انرژی پیوند با افزایش سطح پوشش به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد، به دست آید (Sibbesen, 1981). معادله فروندلیچ می‌تواند جذب غیر ایده‌آل بر روی سطوح ناهمگن و همچنین جذب چند لایه را به‌خوبی توضیح دهد (Heredia and Cirelli, 2007).

روابط کمیت – شدت فسفر نیز به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی توان فراهم کردن فسفر خاک‌ها استفاده شده است.

* پست الکترونیک مکاتبه کننده: hosseinpur_a@agr.sku.ac.ir

فاکتور شدت در این روابط نشان دهنده فعالیت فسفر در فاز محلول بوده و می‌تواند به‌وسیله آب یا محلول کلرید کلسیم تعیین شود (Fox and Kamprath, 1970). فاکتور کمیت، فسفر قابل جذب ذخیره در خاک است. معادله خطی به‌وسیله رسم فسفر جذب شده در برابر غلظت تعادلی فسفر در محلول به‌دست می‌آید که شیب این معادله شاخصی از ظرفیت بافری خاک می‌باشد (Bertland et al., 2003). ظرفیت بافری فسفر خاک عبارت از توانایی خاک برای مقاومت در برابر تغییر غلظت فسفر در بخش محلول است. مقدار ظرفیت بافری می‌تواند برای محاسبه قسمتی از کود اضافه شده که در محلول خاک باقی می‌ماند استفاده شود (Rowell, 1994). همچنین این شاخص در تخمین احتمال پاسخ محصول یا گیاه برای کاربرد کودهای فسفره تاثیر بسزایی دارد (Ozanne and June, 2000). گیاهان از لحاظ غلظت فسفری که نیاز دارند در محلول وجود داشته باشد تا به حداکثر رشد برسند متفاوتند (Fox and Kamprath, 1970) و غلظت فسفات در محلول برای فراهم کردن شیب غلظت بسیار مهم می‌باشند. استفاده از همدماهای جذب فسفر برای تخمین مقدار نیاز خاک به اضافه کردن کود فسفره بوسیله محققان زیادی پیشنهاد شده است (Holford, 1979). Fox and Kamprath (۱۹۷۰) با استفاده از دامنه گسترده‌ای از خاک‌ها و گیاهان گزارش کردند که در غلظت تعادلی ۰/۲ میلی گرم در لیتر فسفر در تمامی خاکها، ۹۷- ۹۲ درصد حداکثر عملکرد تمام گیاهان مورد آزمایش به دست می‌آید و این مقدار را به‌عنوان نیاز استاندارد فسفر (Standard phosphorus requirement) نامیدند.

هم‌دماهای جذب فسفر علی‌رغم اینکه برای ارزیابی وضعیت فسفر در خاک بسیار مفیدند ولی به دلیل زمان‌بر بودن، پیچیدگی و هزینه زیادشان برای کارهای معمول توصیه نمی‌شوند. Bach and Wiliams (۱۹۷۱) شاخص جذب فسفر(Phosphorus sorption Index) را که از یک هم‌دمای تک نقطه‌ای حاصل می‌شود به دست آوردند. شاخص تک نقطه‌ای جذب فسفر به سادگی و تنها با یک بار افزودن فسفر به خاک به دست می‌آید. این شاخص با ظرفیت جذب فسفر ۴۲ خاک آهکی و اسیدی اسکاتلند همبستگی بالایی داشته است (Pierzynski and June, 2000). به دلیل اینکه معدنی شدن فسفر به نسبت کربن به فسفر بستگی دارد، استفاده از کودهای با نسبت کربن به فسفر کم برای فراهمی فسفر ضروری است. کود مرغی یکی از کودهایی است که فسفر قابل معدنی شدن آن بالاست. با وجود اینکه برخی تحقیقات پیرامون جذب و رها سازی فسفر صورت گرفته است(Ghanbari et al., 1988; Wahba et al., 2002; Hosseinpur and Enayatzamir, 2006; Jalali, 2007)، اما در مورد اثر کود مرغی بر پارامترهای هم دماهای جذب، شاخص جذب تک نقطه ای و نیاز استاندارد فسفر و همچنین کاربرد این پارامترها برای پیشگویی جذب فسفر و تخمین نیاز کودی فسفر خاکها ی همدان مطالعه ای انجام نشده است.

اهداف این پژوهش عبارت بودند از:

الف) ارزیابی تأثیر کود مرغی بر جذب فسفر در برخی از خاک‌های آهکی همدان، با استفاده از پارامترهای هم‌دماهای معمول و شاخص تک نقطه‌ای جذب

ب) ارزیابی دقت و قدرت شاخص تک نقطه ای جذب در مقایسه با هم دماهای کامل جذب

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش، تعداد۳۰ نمونه مرکب از خاکهای استان همدان از عمق۳۰-۰ سانتیمتری انتخاب شدند. خاکها پس از انتقال به آزمایشگاه و هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. سپس بر اساس میزان فسفر قابل استخراج با اولسن، کربنات کلسیم معادل، pH، کربن آلی و درصد رس، تعداد ۱۰ نمونه از بین آنها انتخاب گردید. نمونه های انتخاب شده از نظر کربنات کلسیم دردامنه گسترده ای قرار داشتند. براساس رده بندی آمریکایی خاکهای مورد مطالعه در گروههای بزرگ calcixerept و Haploxerept قرار دارند.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه های خاک یا کود مرغی با توجه به روشهای معمول آزمایشگاهی تعیین شدند. pH و EC در عصاره یک به دو خاک به آب (Rhoades, 1996; Thomas, 1996)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی با اسیدکلریدریک نرمال (Nelson, 1982)، مقدار ماده‌آلی نمونه‌ها از روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1934)، بافت خاک به روش هیدرومتر(Bowyoucos, 1962)، گنجایش تبادل کاتیونی با روش استات سدیم در pH=۷ (Sumner and Miller, 1996) و فسفر قابل استفاده به روش اولسن (Kuo, 1996) عصاره‌گیری و با استفاده از روش رنگ‌سنجی (Murphy and Riley 1962) تعیین شدند. برخی از ویژگیهای کود مرغی نظیر pH، قابلیت هدایت الکتریکی و فسفر قابل استفاده با روشهای توضیح داده شده در بالا تعیین شد. فسفر کل کود مرغی به روش هضم با اسید نیتریک و پرکلریک تعیین شد(Kuo, 1996).

جهت مطالعه تاثیر کود مرغی بر ویژگی‌های جذب فسفر مقدار۱/۵٪ کود مرغی (در صد وزنی بر اساس وزن خشک) که تقریبا معادل مقدار کود ی است که کشاورزان در مزرعه استفاده می کنند. پس از آسیاب کردن و عبور از الک ۰/۵ میلی متری

به یک سری از نمونه های خاک اضافه و به مدت ۵ ماه در رطوبت FC و در دمای۱ ± ۲۵ درجه سانتی گراد در انکوباتور نگه داری شدند. در طول مدت انکوباسیون رطوبت نمونه ها از طریق وزنی کنترل شد. پس از پایان انکوباسیون، نمونه‌ها هواخشک گردیدند و فسفر لبایل در نمونه های شاهد و تیمار شده با روش اولسن (Kuo, 1996) تعیین شد.

به منظور مطالعه جذب فسفر به ۲ گرم از خاک‌ها ۲۵ میلی لیتر محلول کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار حاوی غلظت‌های فزاینده فسفر از ۰ تا ۳۰ میلی گرم در لیتر (از منبع KH_2PO_4) و چند قطره تولوئن اضافه شده به مدت نیم ساعت تکان داده شدند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سانتی گراد به تعادل رسیده واز کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شدند. فسفر نمونه‌های صاف شده به روش رنگ سنجی (Murphy and Riley 1962) تعیین گردید. مقادیر فسفر جذب یا آزاد شده از اختلاف غلظت فسفر اضافه شده و غلظت تعادلی محاسبه شد. برای تعیین ویژگیهای جذب فسفر از سه مدل لنگمویر، فروندلیچ و خطی استفاده شد(Sibbesern, 1981) برای به دست آوردن پارامترهای این معادلات از روش رگرسیون خطی استفاده شد.

با استفاده از پارامترهای برآورد شده معادلات، مقدار فسفر جذب شده در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر محاسبه و به عنوان نیاز استاندارد فسفر در نظر گرفته شد (Fox and Kamprath, 1970). علاوه بر پارامترهای همدماهای جذب، ویژگی‌های جذب فسفر از شاخص تک نقطه‌ای جذب فسفر نیز استفاده شد(Pierzinsky and June 2000). به این منظور ۲۰ میلی لیتر محلول حاوی ۷۵ میلی گرم در لیتر فسفر و چند قطره تولوئن به ۱ گرم از نمونه خاک‌ها اضافه و به مدت ۱۸ ساعت با استفاده از تکان دهنده برقی تکان داده شد . سپس نمونه‌ها بوسیله کاغذ صافی صاف شدند. در پایان غلظت فسفر عصاره‌ها به روش رنگ‌سنجی (Murphy and Riley, 1962) تعیین شد. سپس شاخص جذب فسفر با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$PSI = \frac{X}{\log C}$$

در این معادله:

X عبارت است از فسفر جذب شده برحسب میلی گرم در کیلوگرم، C غلظت فسفر در محلول تعادلی بر حسب میلی گرم در لیتر که پس از ۱۸ ساعت تکان دادن سوسپانسیون ۲۰:۱ خاک به آب به‌دست می‌آید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه های فیزیکی و شیمیایی ده نمونه خاک در جدول ۱ نیز آمده است. همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است. دامنه تغییرات رس، کربنات کلسیم معادل و ماده آلی به ترتیب ۳۸/۳- ۲۲ ، ۵۳/۸- ۵ و ۲/۴ -۰/۴- درصد بود. دامنه pH نمونه‌های انتخاب شده، بین ۸/۲- ۷/۴ و قابلیت هدایت الکتریکی، ۰/۴۶ -۰/۱۳- دسی زیمنس بر متر بود.

جدول ۲ خصوصیات کود مرغی مورد بررسی را نشان می‌دهد. اسیدیته این کود نزدیک خنثی (۷/۳۷) و قابلیت هدایت الکتریکی آن ۵/۴۶ دسی زیمنس بر متر بود. بنابراین در زمان کاربرد آن در خاک به ویژه در خاکهایی که احتمال شور شدن آنها بالاست باید مدیریت مناسب اعمال شود (۳۴). مقدار کربن آلی کود مرغی ۳۶/۷۴ درصد (بر اساس وزن خشک) بود که رقم قابل توجهی است و می‌توان انتظار داشت که مصرف این کود کمبود ماده آلی در این مناطق را تا حدودی جبران کند. مقدار فسفر کل و فسفر قابل استفاده کود مرغی به ترتیب ۱۱۳۰۵/۷ و ۵۷۸/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم بود. این نتیجه نشان می دهد که در حدود ۵۰ درصد فسفر کود به صورت قابل استفاده است. باقیمانده فسفر کود نیز در اثر تجزیه کود می تواند آزاد شده و در اختیار گیاه قرار گیرد.

واژه جذب در اینجا به معنی تمام پروسه های جذب بوده که باعث خارج کردن فسفر از محلول می شوند. جذب فسفر در تمام نمونه ها با افزایش غلظت فسفر افزایش یافته است. در صد فسفر جذب شده در غلظتهای کم فسفر اضافه شده بالا است. هرچند در مقادیر بالای فسفر اضافه شده در صد فسفر جذب شده کمتر است. این نتیجه نشان می دهد که بخش بیشتری از فسفر اضافه شده در غلظتهای کم فسفر جذب می شود. در خاکهای آهکی جذب فسفر شدیدا تحت تاثیر واکنشهای جذب و رسوب در سطح کربنات کلسیم است(Amer et al., 1985; Freeman and Rowell, 1981).

نتایج برازش معادلات لنگ موير فروندلیچ و خطی به دست آمده برای خاک های شاهد و تیمار شده با کود مرغی در جداول ۳ تا ۵ آورده شده است.

ضرایب تبیین (r^2) نشان می دهند که دو مدل خطی و فروندلیچ در تمام خاک‌های تیمار شده و تیمار نشده جذب فسفر به وسیله خاک را توصیف کردند، داده های جذب حاصل از تیمار خاک ها با کود مرغی تنها در ۳ خاک از ده خاک مورد آزمایش با معادله لنگمویر برازش خوبی نشان داد. بنابراین این معادله در خاک هایی که کود مرغی دریافت کرده اند به دلیل غلظت بالای فسفر در این کود، در توصیف جذب فسفر ناتوان می‌باشد. Halford et al. (۱۹۷۴) نشان دادند که معادله لنگمویر در غلظت‌های کمتر از 10^{-3} مولار مناسب بوده و جذب فسفر را

در این محدوده توصیف می‌نماید. پارامترهای برآورد شده معادله لنگمویر در خاک های مطالعه شده دارای تغییرات زیادی است (جدول ۳). حداکثر جذب فسفر(b) به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۱) در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی نسبت به خاک‌های شاهد کاهش یافت. میانگین این پارامتر در ۳ خاکی که در هر دو تیمار شاهد و کود مرغی با معادله لنگمویر برازش خوبی داشتند در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی ۴۲/۹ درصد کمتر از خاک‌های شاهد بود. این موضوع احتمالا به معنی بلوکه شدن مکانهای جذب فسفر توسط مواد آلی حاصل از تجزیه کود مرغی می باشد. Sui and Thompson (۲۰۰۰) گزارش کردند که کاربرد بیوسالیدها در هردو مقدار کم و زیاد تأثیر معنی‌داری بر حداکثر جذب فسفر ندارد. خاک ۶ که بیشترین مقدار کربنات کلسیم را دارد بالاترین مقدار b را در هر دو تیمار به خود اختصاص داده است. به عبارتی کربنات کلسیم یک سطح جذب کننده فعال برای فسفر می باشد. ثابت وابسته به انرژی پیوند (k) که نشان دهنده قدرت نگه داری فسفر به وسیله ذرات خاک است نیز در اثر کاربرد کود مرغی کاهش معنی‌داری (P< ۰/۰۱) نسبت به تیمار شاهد نشان داد. متوسط این پارامتر در خاکهای تیمار شده با کود مرغی نسبت به خاک‌های شاهد ۸۰/۱۶ درصد کاهش داشته است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ده نمونه خاک مطالعه شده

شماره خاک	pH	EC dSm-1	OM %	رس %	سیلت %	شن %	CaCO3* %	Olsen- P mgkg-1
۱	۷/۸	۰/۲۳	۰/۹	۲۷/۰	۷/۵	۶۵/۵	۱۱/۰	۱۹/۹
۲	۸/۱	۰/۴۶	۱/۸	۳۲/۶	۳۲/۵	۳۴/۹	۳۹/۵	۱۵/۰
۳	۷/۵	۰/۲۴	۱/۰	۳۷/۳	۱۴/۰	۴۸/۷	۱۳/۸	۱۳/۵
۴	۸/۰	۰/۳۴	۱/۲	۳۷/۹	۲۷/۲	۳۴/۹	۲۳/۶	۲۲/۵
۵	۷/۵	۰/۱۳	۰/۴	۳۸/۳	۱۰/۳	۵۱/۴	۵/۰	۱۵/۹
۶	۸/۲	۰/۳۴	۲/۴	۲۲/۰	۱۵/۰	۶۳/۰	۵۳/۸	۱۸/۳
۷	۸/۰	۰/۲۰	۰/۸	۲۰/۸	۲۵/۳	۵۳/۹	۱۷/۱	۱۵/۷
۸	۷/۴	۰/۱۹	۰/۶	۲۷/۰	۲۷/۸	۴۵/۲	۲۲/۱	۱۵/۲
۹	۷/۹	۰/۲۶	۰/۸	۳۸/۱	۱۷/۶	۴۴/۳	۳۹/۴	۱۳/۵
۱۰	۷/۸	۰/۳۰	۱/۴	۲۷/۶	۹/۵	۶۲/۹	۶/۱	۲۵/۲
میانگین	۷/۸	۰/۲۷	۱/۱	۳۰/۹	۱۸/۷	۵۰/۵	۲۳/۱	۱۷/۵
انحراف معیار	۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۶	۶/۸۴	۸/۸۶	۱۱/۰۷	۱۶/۷۰	۳/۹۴

کربنات کلسیم معادل

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود مرغی مطالعه شده

pH	EC dSm-1	OC ٪	فسفر قابل جذب mg kg-1	فسفر کل mg kg-1
۷/۳۷	۵/۴۶	۳۶/۷۴	۵۷۸/۱۲	۱۱۳۰۵/۷

جدول ۳ –پارامترهای معادله لانگ موبر در خاکهای شاهد و تیمار شده با کود مرغی

شماره خاک	b (mgkg-1)		k (Lkg-1)		MBC (Lkg-1)		SPR´ (mgkg-1)	
	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده
۱	۴۰/۸	۸۰/۰	۱/۸۹	۰/۰۸	۷۷/۲	۶/۹	۱۱/۱	۰/۱	۰/۹۷
۲	۵۹/۵	۵۷/۱	۵/۷۰	۰/۲۹	۳۳۹/۲	۱۶/۳	۳۲/۰	۳/۱	۰/۹۹
۳	۴۷/۴	۱۰۳/۰	۲/۵۷	۰/۰۷	۱۲۱/۸	۷/۶	۱۶/۱	۰/۱	۰/۹۳
۴	۱۳۵/۱	۵۳/۲	۱/۰۰	۰/۲۶	۱۳۵/۱	۱۳/۸	۲۲/۵	۲/۷	۰/۹۷
۵	۴۲/۶	۱۸۱/۸	۰/۸۳	۰/۰۲	۳۵/۳	۳/۶	۶/۰	۰/۳	۰/۸۸
۶	۱۷۲/۴	۹۹/۰	۱/۰۰	۰/۹۹	۱۷۲/۴	۹۸/۰	۲۸/۷	۱۶/۲	۰/۸۶
۷	۴۱/۰	۵۱/۳	۰/۶۳	۰/۰۴	۲۵/۶	۲/۲	۴/۵	۰/۴	۰/۸۷
۸	۸۰/۰	۱۳۱/۵	۰/۴۶	۰/۰۴	۳۷/۲	۴/۹	۶/۸	۰/۲	۰/۷۵
۹	۷۱/۹	۲۵۶/۴	۲/۱۷	۰/۰۴	۱۵۶/۱	۹/۹	۲۱/۸	۰/۱	۰/۹۲
۱۰	۷۴/۶	۲/۴	۰/۰۳	۰/۱۲	۲/۵	۰/۳	۰/۵	۳/۴	۰/۹۷
میانگین	۷۶/۶	۶۹/۸	۱/۶۳	۰/۵	۱۱۰/۲	۴۲/۷	۱۵/۰	۷/۳	-

جدول ۴- پارامترهای معادله فروندلیچ در خاکهای شاهد و تیمار شده با کود مرغی

شماره خاک	K_f Lkg^{-1}		n		SPR $mgkg^{-1}$		r^2	
	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده
۱	۲۲/۶	۴/۰	۴/۴	۰/۸۸	۱۵/۸	۰/۶۵	۰/۹۵	۰/۹۴
۲	۳۶/۵	۹/۸	۳/۱	۱/۰۳	۲۱/۸	۲/۰۷	۰/۸۷	۰/۹۶
۳	۳۳/۸	۶/۷	۳/۳	۱/۰۲	۲۰/۸	۱/۳۹	۰/۸۴	۰/۸۸
۴	۴۰/۴	۶/۸	۲/۲	۰/۹۷	۱۹/۷	۱/۳۰	۰/۹۵	۰/۸۶
۵	۲۰/۴	۰/۶	۱/۴	۰/۵۵	۶/۷	۰/۰۳	۰/۹۲	۰/۸۵
۶	۶۴/۶	۴۴/۷	۱/۸	۱/۴۴	۲۶/۹	۱۴/۶۸	۰/۹۸	۰/۹۸
۷	۱۶/۲	۰/۶	۱/۴	۰/۵۶	۵/۲	۰/۰۴	۰/۹۴	۰/۹۴
۸	۲۳/۰	۲/۶	۱/۸	۰/۶۶	۹/۲	۰/۲۳	۰/۹۶	۰/۹۴
۹	۴۳/۸	۷/۳	۲/۱	۰/۷۴	۲۰/۳	۰/۸۳	۰/۹۶	۰/۹۸
۱۰	۰/۸	۰/۰۰۱	۰/۶	۰/۱۵	۰/۰	۰/۰۰	۰/۹۷	۱
میانگین	۳۰/۲	۸/۳	۲/۲	۰/۸۰	۱۴/۶	۲/۱۰	-	-

جدول ۵- پارامترهای معادله خطی در خاکهای شاهد و تیمار شده با کود مرغی

شماره خاک	$\lvert a \rvert$ $(mgkg^{-1})$		EPC $(mgkg^{-1})$		EBC (Lkg^{-1})		SPR $(mgkg^{-1})$		r^2	
	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده
۱	۵/۶۳	۵/۰۷	-۰/۸۲	۰/۶۴	۶/۹	۷/۹	۷/۰	۰/۰	۰/۸۸	۰/۹۸
۲	۸/۱۶	۱/۵۷	-۰/۷۳	۰/۱۶	۱۱/۱	۹/۸	۱۰/۴	۰/۴	۰/۹۶	۱
۳	۶/۶۶	۵/۵۴	-۰/۷	۰/۵۵	۹/۴	۱۰/۱	۸/۵	۰/۰	۰/۸۸	۰/۹۸
۴	۹/۷۷	۳/۱۹	-۰/۸۳	۰/۳	۱۱/۸	۱۰/۸	۱۲/۱	۰/۰	۰/۹۸	۰/۹۸
۵	۲/۴۰	۱۳/۱۵	۰/۱۵	۱/۷۶	۱۵/۹	۷/۵	۰/۸	۰/۰	۰/۹۳	۱
۶	۱۳/۲۵	۷/۶۹	-۰/۴	-۰/۲۸	۳۲/۰	۲۷/۳	۱۹/۷	۱۳/۱	۰/۹۷	۰/۹۶
۷	۴/۰۷	۱۷/۶۷	-۰/۴۵	۲/۱۳	۹/۱	۸/۳	۵/۹	۰/۰	۰/۹۷	۰/۹۸
۸	۸/۱۵	۵/۹۶	-۰/۹۲	۰/۷۳	۸/۹	۸/۲	۹/۹	۰/۰	۰/۹۷	۰/۹۴
۹	۷/۳۰	۱۲/۶۰	-۰/۳۶	۰/۷۳	۲۰/۴	۱۷/۳	۱۱/۴	۰/۰	۰/۹۷	۰/۹۲
۱۰	۸/۶۰	۳۹/۴۰	۱/۳	۵/۰۸	۶/۷	۷/۷	۰	۰/۰	۰/۹۷	۰/۹۸
میانگین	۷/۴۰	۱۱/۱۸	-۰/۴	۱/۲	۱۳/۲	۱۱/۵	۸/۶	۱/۴	-	-

در پژوهش Siddique and Robinson (۲۰۰۳) نیز کاهش معنی‌داری ($P< ۰/۰۵$) در مقدار k پس از تیمار خاک‌ها با کود مرغی مشاهده شده است.

استفاده از کود مرغی بر کاهش ظرفیت بافری ماکزیمم (MBC) که حاصلضرب ثابت متناسب با انرژی پیوند و حداکثر جذب فسفر می باشد،نیز تأثیر معنی‌داری ($P< ۰/۰۱$) داشت. میانگین این پارامتر در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی که برازش خوبی با معادله لنگمویر داشتند نسبت به خاک‌های شاهد ۹۳/۴ درصد کاهش داشت. ظرفیت بافری نشان دهنده تغییر فاکتور کمیت برای هرواحد تغییر در فاکتور شدت است. به عبارت دیگر در خاکهایی با فسفر به آسانی قابل استفاده (Labile P) یکسان، در خاک های با MBC کم نسبت به خاکهای با MBC بالا، شدت بیشتری از فسفر را در محلول خاک شاهد خواهیم بود. بنابراین پس از خارج شدن فسفر از فاز محلول، جایگزینی فسفر خارج شده و افزایش فسفر در فاز محلول به مقدار اولیه در خاکهای با MBC کمتر آسان تر انجام می شود. پس در خاکهای تیمار شده با کود مرغی فسفر با آسانی بیشتری وارد محلول می شود و احتمالا دلیل این امر کمتر شدن قدرت پیوند مکانهای جذب فسفر می باشد.

معادله فروندلیچ یک معادله تجربی است اما می‌تواند به‌طور تئوری با این فرض که انرژی پیوند با افزایش پوشش سطح به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد، به دست آید (Sibbesen,

1981). درجدول ۴ برازش داده‌های جذب فسفر با معادله فروندلیچ را در خاک‌های شاهد و تیمار شده با کود مرغی نشان می‌دهد. افزودن کود مرغی به‌طور معنی‌داری (P< ۰/۰۱) پارامتر n را که نشان دهنده شدت جذب است کاهش داد. میانگین مقدار این پارامتر در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی نسبت به خاک‌های شاهد ۶۳/۶ درصد کاهش یافت. با کاهش n در یک غلظت تعادلی مشخص مقدار کمتری از فسفر جذب خواهد شد. مقدار n در خاک‌های شاهد و تیمار شده با کود مرغی به ترتیب در دامنه ۴/۴۴- ۰/۵۵ و ۱/۴۴- ۰/۱۵ قرار داشت. تأثیر کود مرغی بر ضریب توزیع (K_f) نیز معنی‌دار بود (P< ۰/۰۱). ضریب توزیع نشان دهنده تمایل جذب یون می باشد. این ضریب می تواند در رابطه با جذب گیاه و آلودگی محیط باشد. ضریب توزیع کوچکتر نشان می دهد که بیشتر فسفر موجود در سیستم در محلول بوده و برای انتقال، واکنشهای شیمیایی و جذب گیاه در دسترس است. هرچند مقادیر بیشتر نشان دهنده تحرک کمتر و جذب بیشتر فسفر در خاک است. این ضریب در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی نسبت به خاک‌های شاهد ۷۲/۴ در صد کاهش و به ترتیب در دامنه ۶۴/۶- ۰/۸ و ۴۴/۷-۰ لیتر بر میلی گرم در خاک‌های شاهد و تیمار شده با کود مرغی قرار داشت. در آزمایش Bahl and Toor (۲۰۰۲) نیز کاربرد کود مرغی باعث کاهش میزان جذب (P=۰/۰۵) نسبت به خاک شاهد شد. بیشترین مقدار پارامتر k_f مربوط به خاک ۶ بود که بیشترین مقدار کربنات کلسیم معادل را داشت و کمترین مقدار آن مربوط به خاک ۱۰ بود که به طور همزمان دارای درصد رس و کربنات کلسیم پایینی بود.

مدل خطی یک مدل جایگزین برای معادله لنگمویر است که تعادل فسفر را با مدل کمیت- شدت (Q/I) توضیح می‌دهد. فایده استفاده از روابط کمیت – شدت این است که اطلاعاتی درباره توانایی جذب و آزاد شدن فسفر خاک‌ها در اختیار قرار می‌دهد (Kpomblekou and Tabatabai, 1997). جدول ۵ نتایج برازش داده‌ها بر معادله خطی را نشان می‌دهد. ظرفیت بافری تعادلی در نمونه های مطالعه شده که شیب همدمای خطی می باشد در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی نسبت به خاک‌های شاهد کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۱) نشان داد. کاهش این پارامتر به این معنی است که با افزایش مقدار مشابه فسفر به محلول خاک، خاک های کود داده شده فسفر کمتری را جذب کرده شدت فسفر در محلول نسبت به خاک های شاهد افزایش پیدا می کند. این امر ممکن است به دلیل بلوکه شدن مکانهای جذب توسط ماده آلی حاصل از تجزیه کود یا به دلیل اشغال این مکانها توسط فسفر حاصل از کود مرغی باشد. مقدار این پارامتر در خاک‌های شاهد و تیمار شده با کود مرغی به ترتیب در دامنه ۳۲/۰- ۶/۷ و ۲۷/۳- ۷/۵ لیتر بر کیلو گرم قرار داشت. مقدار میانگین این پارامتر در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی نسبت به خاک‌های شاهد ۱۲/۹ درصد کاهش یافت. Sui and Thompson(۲۰۰۰) نیز در تحقیقات خود گزارش کردند که بیوسالیدها به‌طور معنی‌داری (P =۰/۰۵) باعث کاهش ظرفیت بافری خاک‌ها می‌شوند.

قدر مطلق عرض از مبدأ (پارامتر a) در مدل خطی که نشان دهنده فسفر لبایل می باشد (Kpomblekou and Tabatabai, 1997) در خاک‌های شاهد و تیمار شده با کود مرغی به‌ترتیب در دامنه ۱۳/۲۵- ۲/۴ و ۳۹/۴– ۱/۵۷ میلی گرم بر کیلو گرم بود که در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری (P< ۰/۰۱) مشاهده شد. مقدار این پارامتر در خاکهای تیمار شده با کود مرغی نسبت به شاهد ۳۳/۸ درصد افزایش نشان داد. غلظت تعادلی فسفر در نقطه صفر جذب در خاک‌های تیمار شده با شاهد و کود مرغی به ترتیب دردامنه ۱/۳-۰/۹۲و ۵/۰۸- ۰/۲۸ بود که نسبت به خاک‌های شاهد افزایش چشمگیر ۱۳۲ درصدی نشان داد. افزایش غلظت تعادلی فسفر نشان دهنده افزایش قابلیت دسترسی فسفر می باشد. تاریخچه قبلی این خاکها نشان می دهد که بدون اضافه کردن مواد آلی مقادیر متوسط تا زیادی کود فسفر استفاده شده است. به دلیل محلهای واکنش فسفر نسبتا بالا در خاک های آهکی، اثر کود مرغی در کاهش جذب فسفر به دلیل تشکیل هومات ها به عنوان رقیب در جذب فسفر و حل کردن فسفاتهای کلسیم به دلیل ایجاد اسیدهای آلی می باشد. Hartikainen (۱۹۹۱) به این نتیجه رسید که کودهای آلی مقدار فسفر تعادلی را افزایش می‌دهند.

جدول ۶ شاخص تک نقطه‌ای جذب فسفر را قبل و پس از تیمار خاک‌ها با کود مرغی نشان می‌دهد. افزودن کود مرغی باعث کاهش معنی‌داری (P< ۰/۰۱) در مقدار این پارامتر شد. مقدار شاخص تک نقطه‌ای جذب در خاک های شاهد و تیمار شده با کود مرغی به ترتیب در دامنه ۳۳۷/۱- ۲۵۷/۵ و ۳۶۳/۲۴- ۲۲۳/۱۸ لیتر بر کیلوگرم قرار داشت که میانگین این پارامتر در خاک های تیمار شده با کود مرغی به میزان ۱۱درصد کاهش نشان داد. Siddique and Robinson,(۲۰۰۴) نیز در پژوهش خود کاهش در مقدار این شاخص را بر اثر افزودن مواد آلی در خاک های غیر آهکی گزارش کردند. علت اختلاف در مقدار شاخص جذب فسفر در خاکهای مختلف تفاوت در ویژگیهای خاکها که بر جذب فسفر تاثیر دارند، از جمله کربنات کلسیم، درصد رس و نوع رس می باشد. در این ارتباط به تحقیقات بیشتری نیاز است.

جدول ۶- اثر کود مرغی بر شاخص جذب فسفر و فسفر قابل استفاده

شماره خاک	شاخص جذب فسفر Lkg^{-1}		فسفر قابل استخراج به روش اولسن $mgkg^{-1}$	
	شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده
۱	۲۵۷/۴۹	۲۲۴/۱	۱۳/۰	۳۹/۰
۲	۲۸۳/۴۶	۲۶۹/۱	۱۲/۲	۲۹/۹
۳	۲۸۰/۷۱	۲۵۲/۹	۸/۱	۲۹/۷
۴	۲۹۸/۵۵	۲۶۶/۷	۱۶/۹	۳۹/۰
۵	۲۹۶/۰۲	۲۶۷/۶	۱۵/۰	۳۴/۴
۶	۳۷۷/۱۱	۳۶۳/۲	۱۷/۵	۲۰/۸
۷	۳۰۳/۹۰	۲۷۲/۷	۱۴/۲	۳۲/۵
۸	۳۴۲/۵۳	۳۰۱/۵	۱۲/۹	۳۱/۷
۹	۳۴۶/۷۲	۲۸۱/۸	۸/۴	۲۹/۰
۱۰	۲۷۱/۹۶	۲۲۳/۲	۲۲/۱	۵۲/۰
میانگین	۳۰۵/۹	۲۷۲/۳	۱۴/۰	۳۳/۸

مقدار فسفر قابل استخراج با اولسن شاخصی از قابلیت دسترسی فسفر برای گیاه در خاک‌های آهکی است (Kuo, 1996). نتایج تاثیر کود مرغی بر فسفر قابل استفاده در جدول ۶ نشان داده شده است. چنانچه نتایج نشان می دهند در اثر کاربرد کود مرغی، فسفر قابل جذب نسبت به خاکهای شاهد افزایش معنی‌دار ($P< ۰/۰۱$) یافته است. تغییرات فسفر قابل جذب در خاک های شاهد و تیمار شده با کود مرغی به ترتیب در دامنه ۲۲/۱- ۸/۱ و ۵۲- ۲۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میانگین این پارامتر در خاک های تیمار شده نسبت به خاک های شاهد ۵۸/۵ درصد افزایش یافته است. این افزایش می تواند اثر مستقیم و غیر مستقیم افزودن کود باشد. اثر مستقیم کود اضافه کردن فسفر به خاک می باشد. با توجه به اینکه مقدار فسفر قابل استفاده و فسفر کل کود بالا است، در اثر اضافه کردن کود، فسفر قابل استفاده خاک افزایش می یابد. اثر غیر مستقیم کود اضافه کردن مقدار زیادی ماده آلی به خاک است. می توان با استفاده از پارامترهای هم دماهای جذب تا حدودی این دو اثر را تفکیک کرد چرا که کاهش در مقدار حداکثر جذب، قدرت پیوند، ضرایب معادله فروندلیچ و قدرت بافری خاک ناشی از اثر غیر مستقیم این کود می باشد. Mozaffari and Sims(۱۹۹۶) نیز افزایش در فسفر قابل جذب را در اثر تیمار خاک‌ها با کود حیوانی گزارش کردند. بنابراین اعمال مدیریت صحیح در مصرف این کود الزامی است چرا که در غیر این صورت آلودگی محیط زیست را به‌همراه خواهد داشت.

با وجود اینکه عصاره گیری خاک با استفاده از بیکربنات سدیم به عنوان شاخصی از فسفر قابل دسترس در خاک های آهکی و قلیایی در اکثر منابع توصیه شده است اما برخی مطالعات نشان می دهند که دقت همدماهای جذب در پیشگویی نیاز کودی فسفر به طور قابل ملاحظه ای بالاتر از روش مذکور است. (Samadi, 2003). مقدار فسفر جذب شده توسط خاک در غلظت تعادلی ۰/۲ میلی گرم در لیتر محلول خاک مقداری است که نیاز فسفر اکثر گیاهان را برطرف می کند و به عنوان نیاز استاندارد فسفر خاکها پذیرفته شده است (Hartikainen, 1991). تحقیقات Samadi (۲۰۰۳) نشان داد زمانیکه مقدار فسفر استخراج شده با بیکربنات سدیم برای رشد گیاهان کافی بود، استفاده از همدماهای جذب نیاز به اضافه شدن کود فسفر را برای رسیدن به حداکثر رشد گیاه توصیه کرد. نیاز استاندارد فسفر خاکها از ۳ معادله لنگمویر، فروندلیچ و خطی محاسبه شد (جدول ۳ ، ۴ و۵). نیاز استاندارد محاسبه شده از هر ۳ معادله با اضافه شدن کود مرغی به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) کاهش یافت. کاهش نیاز استاندارد به معنی افزایش فسفر قابل استفاده گیاه و کاهش نیاز به کوددهی می باشد. SPR محاسبه شده از معادله لنگمویر در خاک های شاهد و تیمار شده با کود مرغی به ترتیب در دامنه ۳۱/۹۵- ۰/۵۱ و ۱۶/۲۳-۲/۶۸میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که در خاک های تیمار شده با کود مرغی نسبت به شاهد ۷۳/۵ درصد کاهش نشان داد. نیاز استاندارد فسفر محاسبه شده از معادله فروندلیچ در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی نسبت به خاک‌های شاهد به‌طور میانگین ۸۵/۵ درصد کاهش یافت. مقدار نیاز استاندارد محاسبه شده از این معادله در خاک های شاهد و تیمار شده با کود مرغی به ترتیب در دامنه ۲۶/۹-۰/۰۴ و ۱۴/۶۸-۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نیاز استاندار محاسبه شده از مدل خطی نیز برای خاک های شاهد و تیمار شده با کود مرغی در دامنه ۱۹/۶۵-۰ و ۱۳/۱۵- ۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. متوسط نیاز استاندارد محاسبه شده از این معادله در خاک های تیمار شده با کود مرغی نسبت به خاکهای شاهد ۸۳/۷ درصد کاهش داشت. بیشترین مقدار این شاخص در خاک شماره ۶ و کمترین مقدار آن در خاک شماره ۱۰ بود. تفاوت نیاز استاندارد محاسبه شده در خاکها به دلیل تفاوت ویژگیهای خاکها که بر جذب فسفر تاثیر دارند، از جمله کربنات کلسیم، درصد و نوع رس می باشد. در این رابطه به تحقیقات بیشتری نیاز است. در پژوهش Bahl and Toor (۲۰۰۲) نیز اضافه کردن کود مرغی نیاز استاندارد فسفر را به‌طور قابل ملاحظه‌ای پایین آورد. نتایج همبستگی نشان داد که نیاز استاندارد محاسبه شده از معادلات فروندلیچ و خطی در هر دو تیمار کود مرغی و شاهد باهمدیگر همبستگی معنی‌دار ($P< ۰/۰۱$) داشتند. بنابراین هر دو معادله می توانند برای برآورد نیاز کودی استفاده شود.

نتیجه گیری

در اثر کاربرد کود مرغی ویژگیهای جذب فسفر تغییر یافت. اضافه شدن این کود به خاک باعث کاهش جذب فسفر، افزایش فسفر قابل استفاده و کاهش نیاز استاندارد فسفر در خاکهای مورد مطالعه شد. مقدار این تغییرات در خاکهای مختلف متفاوت بود که این نشان دهنده تاثیر شدید ویژگیهای خاک به ویژه کربنات کلسیم بر جذب فسفر در خاک است. شاخص جذب فسفر نیز به عنوان یک همدمای تک نقطه ای به سادگی و با دقت بالا قادر بود وضعیت جذبی خاک را مشخص کند. نتایج این تحقیق نشان داد که این کود می تواند به عنوان یک منبع مناسب برای برطرف کردن نیاز فسفر گیاهان استفاده شود. هرچند به دلیل بالا بودن شوری آن و احتمال ورودش به آبهای سطحی در اثر کاهش جذب فسفر نیاز به تحقیقات بیشتر برای توصیه مقدار مناسب آن برای خاکها وجود دارد.

REFERENCES

Amer, F., Mahmoud, A.A. and Sabet. V. (1985). Zeta potential and surface area of calcium carbonate as related to phosphate sorption. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 456-460.

Bach, B.W. and Williams. E.G. (1971). A phosphate sorption index for soils. *Journal of Soil Science*, 22(3), 287-301.

Bahl, G.S. and Toor. G.S. (2002). Influence of poultry manure on phosphorus availability and the standard phosphat requirement of crop estimated from quantity – intensity relationships in different soils. *Bioresource Technology*, 85, 317-322.

Barrow, N.J. (1978). The description of phosphate adsorption curves. *Journal of Soil Science*, 29, 447-462.

Bertrand, I., Holloway, R.E., Armstrong, R.D. and Mclaughlin, M.J. (2003). Chemical Characteristics of phosphorus in alkaline soils from southern Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 41, 61-76.

Bowyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Argonomy Journal*, 56, 464-465.

Delgado, A., Madrid, A., Kassem, S., Andreu, L. and Campillo, M.C. (2002). Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids. *Plant and Soil*, 245, 277-286.

Fox, R.L. and Kamprath, E.J. (1970). Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirement of soils. *Soil Science Society of America Proceeding*, 34, 902- 907.

Freeman, J.S. and Rowell, D.L. (1981). The adsorption and precipitation of phosphate on to calcite. *Journal of Soil Science*, 32, 75- 84.

Ghanbari, A., Maftoun, M. and Karimian, N. (1998). Phosphorus adsorption-desorption characteristics of some selected highly calcareous soils of Fars. Province. *Iranian Journal Agricultural Science*, 29 (1), 181-194 (in Farsi)

Hartikainen. H. (1991). Potential mobility of accumulated phosphorus in soil as estimated by the indices of Q/I plots and by extractant. *Soil Science*, 152, 204- 209.

Heredia. O.S. and Cirelli, A.F. (2007). Environmental risks of increasing phosphorus addition in relation to soil sorption capacity. *Geoderma*, 137, 426-431.

Holford. I.C.R., Wedderburn, R.W.M. and Mattingly, G.E.G. (1974). A Langmuir two-surface equation as a model for phosphate adsorption by soils. *Journal of Soil Science*, 25, 242-255.

Holford, I.C.R. (1979). Evalution of soil phosphorus buffering indices. *Australian Journal Soil Research*, 17, 495-54.

Hosseinpur, A.R. and Enayatzamir, K.G. (2006). Phosphorus surface sorption characteristics and the correlation of these parameters with soil properties in some soils of Hamadan province. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 37 (3), 509-517. (in Farsi)

Jalali, M. (2007). Phosphorus status and sorption characteristics of some calcareous soils of Hamadan, Western Iran. *Environmental Geology*, 53, 365-374.

Kpomblekou-A, K. and Tabatabai, M.A. (1997). Effect of cropping system on quantity-intensity relationships of soil phosphorus. *Soil Science*, 162, 56- 68.

Kuo. S. (1996) Phosphorus. In D.L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis*. (pp. 869-921). SSSA. Madison, Wisconsin, USA.

Malakuti, M.J. and Homaei, M. (1994) *Soil fertility of arid regions soils*. Tarbiat Modarres. Pub. Tehran, Iran.

Moshi, A.O., Wild, A. and Greenland, D.J. (1974). Effect of organic matter on the charge phosphate adsorption characteristics of Kikuyu red clay from Kenya. *Geoderma*, 11, 275-285.

Mozaffari, M. and Sims, J.T. (1996). Phosphorus transformations in poultry litter- amended soils o,f the Atlantic Coastal Plain. *Journal of Environmental Quality*, 25, 1357- 1365.

Murphy, J. and Riley, H.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analysis Chemical Acta*, 27, 31-36.

Nelson, R.E. (1982) Carbonate and gypsum. In A. L. Page (Ed.), *Method of soil analysis*. (pp. 181-197). ASA. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Olsen, S.R. and Watanabe, F.S. (1957). A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the langmuir isotherm. *Soil* Science *Society of America Proceeding*, 21, 144-149.

Ozanne, P. G. and June. M. (2000). Phosphorus sorption by soils as a manure of the phosphate requirement for pasture growth. *Australian Journal of Agricultural Research*, 18, 601-612.

Pierzynski, G. and June, M. (2000) Methods of phosphorus analysis for soils, sediment, residuals,

and water. Southern Cooperative Series Bulletin, No. 396. Kansas State University.

Rhoades, J.D. (1996) Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In D.L. Sparks. (Ed.), *Methods of soil analysis.* Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Rowell, D.L. (1994) Soil science: methods and applications. Longman, London.

Samadi, A. (2003). Predicting phosphate fertilizer requirement using sorption isotherms in selected calcareous soils of western Azarbaijan province, Iran. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 2885-2899.

Saunders, W.M.H. (1965). Phosohate retention by New Zealand soils and its relationship to free sesquioxides, Organic matter and other soil constituents. *New Zealand Journal of . Agricultural Research*, 8, 30-57.

Sibbesen, E. (1981). Some new equations to describe phosphate sorption by soils. *Journal Soil Science*, 32, 67-74.

Siddique , M.T. Robinson, J.S. (2003). Phosphorus sorption and availability in soils amended with animal manures and sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, 32, 1114- 1121.

Siddique, M.T. and Robinson, J.S. (2004). Difference in Phosphorus Retention and Release in Soil Amended with Animal Manure and Sewage Sludge. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 1421- 1428.

Sims, J.T. and Wolf, D.C. (1994) Poultry waste management: agricultural and environmental issues. *Advance in Agronomy*, 52, 1-83.

Sumner, M.E. and Miller, W.P. (1996) Cation exchange capacity and exchange coefficients. In D.L. Sparks (Ed.), Methods of soil Analysis. Part 3, chemical methods. (pp.1201-1231). SSSA. Madison, Wisconsin, USA.

Sparks, D.L. (1996) Environmental soil chemistry. Academic Press, Inc. USA

Sui, Y. and Thompson, M.L. (2000) Phosphorus sorption, desorption, and buffering capacity in a biosolids-amended Mollisol. Soil *Science Society of America Journal*, 64, 164-169.

Thomas, G.W. (1996) Soil pH and soil acidity. In D.L. Sparks, (Ed). *Methods of soil analysis.* Part 3, chemical methods. (pp. 475-490). SSSA, Madison, Wisconsin. USA.

Wahba, M. M., EL-Ashry, S.M. Zanghloul, A.M. (2002). kinetics of phosphate adsorption as affected by vertisols properties. In: proceeding of 17th World Congress Soil Science, 14-21 August, Bangkok Thailand.

Walkley, A. and Black, I.A. (1934). An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science.* 37: 29-38.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.