

تأثیر کود فسفر بر جذب روی در برخی از خاکهای آهکی ایران

عادل ریحانی تبار¹

تاریخ دریافت: 87/8/27 تاریخ پذیرش: 88/2/29

1- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

E-mail: areyhani@tabrizu.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مصرف فسفر بر هم دماهای جذب روی، ده سری خاک واقع در استان تهران مشخص شدند. از هر سری یک نمونه مرکب تهیه شد. خاکها با کود فسفر مخلوط شده و در رطوبت ظرفیت مزرعه ای به مدت دو هفته در دمای $25 \pm 1^\circ\text{C}$ خوابانیده شدند. سطوح فسفر شامل 0، 100 و 1000 میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک و سطوح روی از 1 تا 160 میلی گرم روی بر لیتر متغیر بودند. سطح فسفر مصرفی نتوانست نوع همدمای جذب روی، از نوع L شکل را تغییر دهد. نتایج تجزیه واریانس مقدار جذب روی در خاکهای مورد مطالعه نشان داد که سطح فسفر مصرفی تأثیر معنی دار بر میانگین مقدار جذب روی نگذاشت ($p=0/156$) اما روند تغییرات داده‌های جذب دلالت بر کاهش جذب روی با افزایش سطح مصرف فسفر داشت. در بیشتر خاکها، مصرف فسفر ثابت‌های معادله فروندلیچ را کاهش داد. فسفر در سطح 100 میلی گرم فسفر بر کیلوگرم مجموع $b_1 + b_2$ ، پارامترهای معادله دو مکانی لانگ موئیر را افزایش و در سطح 1000 میلی گرم فسفر بر کیلوگرم پارامترهای مذکور را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: خاکهای آهکی، روی، فسفر، معادله فروندلیچ، معادله لانگ موئیر

Effect of Phosphorous Fertilization on Zinc Sorption in Some Calcareous Soils From Iran

A Reyhanitabar¹

Received: 27 august 2008

Accepted: 29 February 2009

¹Assist. Prof., Dept .of Soil Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

E-mail: areyhani@tabrizu.ac.ir

Abstract

In this study phosphorous fertilization effect on Zn sorption was investigated. Ten composite samples (each from one soil series) located at Tehran province were collected and mixed with P-fertilizer (KH_2PO_4) and incubated for two weeks at $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$. Added phosphorous levels were 0, 100 and 1000 mgPkg^{-1} and Zn levels ranged from 1 to 160 mgZn L^{-1} . Phosphorous did not change the L-type zinc isotherm. Analysis of variance indicated that applying phosphorous to the soils at various levels showed no significant effect ($p=0.156$) on zinc sorption. With increasing applied phosphorous, zinc sorption slightly reduced which was not significant. In most of the soil series, phosphorous reduced Freundlich isotherm constants. Phosphorous at low level, namely 100 mg P kg^{-1} , increased the two surface Langmuir sorption maxima $b_1 + b_2$. At 1000 mg P kg^{-1} level, the afore-mentioned constants were reduced.

Keywords: Calcareous soils, Freundlich equation, Langmuir equation, Phosphorous, Zinc

مقدمه

متضاد هم وجود دارد. ترمان و همکاران (1966) گزارش کرده اند که کودهای فسفاته باعث افزایش مقدار روی در قسمت های هوایی گیاه نرت شده اما در مورد نخود چنین اثری مشاهده نشد. در مورد تاثیر کودهای فسفاته بر جذب روی توسط خاکها عقاید ضد و نقیض وجود دارد. سعید و فاکس (1979). گزارش کرد که در خاکهای اسیدی، بین جذب روی و فسفر توسط خاکها اثر متقابلی وجود ندارد. ملتون و همکاران (1973) گزارش کردند که با اضافه کردن فسفر به خاک، جذب روی کاهش یافت. سعید (1977) و کریشناسامی (1993) علت کاهش جذب روی با اضافه

کمبود روی در خاکهای آهکی با واکنش بالا امری رایج است، چون حلالیت روی با افزایش pH و مقدار کربنات ها کاهش می یابد (هارتر 1991). مقدار روی کل اکثر خاکهای آهکی اغلب بیشتر از خاکهای اسیدی می باشد، اما روی قابل جذب در این خاکها معمولاً کمتر است (ریحانی تبار و همکاران 1385). یک دلیل برای این موضوع جذب روی توسط کربنات ها عنوان شده است (سعید 1977). بسیاری از محققان گزارش کرده اند که کاربرد کودهای فسفر باعث کاهش مقدار روی در گیاهان می شود اگر چه گزارش های

مواد و روش‌ها

ده نمونه خاک آهکی سطحی (0 تا 30 سانتیمتر) از مناطق مختلف استان تهران با ویژگیهای متفاوت که توسط موسسه خاک و آب در رده انتی سول شناخته شده بودند، انتخاب گردید. نمونه های حاکی هوا خشک شده، از الک گذرانده و برای ویژگیهای معمولی، بر طبق روش های استاندارد مورد آنالیز قرار گرفتند. بافت خاک به روش هیدرومتر (بویو کاس 1962)، کربن آلی به روش اکسایش تر (نلسون و سامرز 1996) ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم (چاپمن 1965) کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون (آلیسون 1965) و کربنات کلسیم معادل فعال توسط اکسالات - آمونیوم اندازه گیری شد (درونو 1942) سطح ویژه خاکها به روش جذب نیتروژن (برونویر و همکاران 1938) و شناسایی رس ها و کانی های کربناته توسط دستگاه X-ray اندازه گیری شدند (برندلی و باون 1980).

فسفر قابل جذب به روش اولسن و سامرز (1982) و روی قابل استفاده به روش لیندزی و نرول (1978) اندازه گیری شدند. برای آزمایش جذب، در ابتدا محلولهای فسفر با استفاده از KH_2PO_4 (پتاسیم دی هیدروژن فسفات) تهیه و به روی 10 گرم خاک طوری اضافه شدند که در هر کیلوگرم خاک مقادیر 100،0 و 1000 میلی گرم فسفر اضافه شده باشد و به مدت 15 روز در دمای $25 \pm 1^\circ C$ و در رطوبت ظرفیت زراعی خوابانده شدند. بعد از انقضای این مدت نمونه های خاک خشکانده و بعد از مخلوط کردن کامل برای آزمایش جذب روی مورد استفاده قرار گرفتند. مطالعات قبلی نشان داد که 24 ساعت و یک هفته به ترتیب زمان کافی برای حصول تعادل روی و فسفر اضافه شده با خاکها بوده و غلظت های 1 تا 160 میلی گرم بر لیتر روی دامنه مناسبی می باشد (ریحانی تبار و همکاران

کردن فسفر را به تشکیل کمپلکس فسفات - روی مربوط دانستند.

کریشناسامی (1993) معتقد است که تاثیر فسفر بر جذب روی توسط خاکها بستگی به خواص خاک دارد و مقدار رس، کربنات کلسیم و سزکوی اکسیدهای آهن و آلومینیوم از جمله مهمترین ویژگیهای خاکها به حساب می آیند. برخی از محققان گزارش کرده اند که مصرف فسفر زیاد در خاکهای غنی از سزکوی اکسیدها باعث کاهش قابلیت جذب روی توسط گیاهان می شود (استانتون و برگر 1976 سعید و فاکس 1979). کود فسفر در ورتی سولها و اینسپتی سولهای هندوستان باعث کاهش انرژی جذب روی شده است (کریشناسامی 1993).

روی در مقایسه با دیگر فلزات سنگین از تحرک بیشتری برخوردار بوده و به راحتی توسط سایر کاتیونها در رقابت برای جذب بر روی مکانهای جذبی کنار گذاشته می شود (کائو و همکاران 2004).

امپیلتری (2005) تنها کاهش بسیار اندکی در غلظت روی محلول خاک پس از کاربرد اسید فسفوریک مشاهده کرد در حالیکه غلظت مس و کادمیوم از 5 تا 10 برابر کاهش نشان داد. مطالعات متعددی در خاکهای آلوده به روی انجام گرفته تا غلظت روی را در خاک با استفاده از ترکیبات فسفر کاهش دهند ولی نتایج با ترکیبات متفاوت فسفر و در غلظت های متفاوت فسفر و روی متناقض است (باستا و همکاران 2001، مک گاوین و همکاران 2001، هامون و همکاران 2002، براون و همکاران 2004).

در مورد اثر فسفر بر فرآیند جذب روی توسط خاکهای آهکی ایران اطلاعات بسیار کم بوده و لذا تحقیق حاضر به منظور مشخص کردن نحوه اثر فسفر بر جذب روی در برخی خاکهای آهکی ایران انجام شد.

داده نشدند). همدماهای جذب و واجذب روی در تمام خاکها بدون توجه به سطح فسفر کاربردی بر همدیگر منطبق نبوده و پدیده هیسترسیس یا پس ماند مشاهده شد که احتمالاً به خاطر جذب شیمیایی روی می باشد. همدماهای جذب روی از نوع L شکل بوده و فسفر نتوانست نوع همدمای را تغییر دهد (شکل 1) در صورتیکه آق بنین (1998) تغییر از نوع L به H را البته در یک سیستم بافر شده گزارش کرده بود. عموماً تصور بر این است که با افزایش فسفات و جذب آن توسط خاکها با افزایش بار منفی خاک بر جذب روی افزوده می شود (بوهن و همکاران 1985) اما همانطور که در شکل 1 در خاک شماره 8 مشاهده می شود و خاکهای شماره 5 و 10 نیز مشابه آن بودند، همدماهای جذب روی در سطح P_0 بالاتر از P_1 و آنهم بالاتر از P_2 واقع شده و نشاندهنده افزایش روی محلول در خاک یا کاهش جذب آن توسط خاکها با افزودن کود فسفره می باشد.

بطور کلی با افزایش سطح فسفر مصرفی میانگین جذب روی توسط خاکها کاهش می یابد ولی کاهش مذکور از نظر آماری معنی دار نمی باشد (جدول 2 و 4). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که نوع خاک تاثیر معنی دار بر میانگین جذب روی داشته و مقایسه میانگین های جذب روی به روش آزمون دانکن ($p \leq 0/05$) 10 خاک مورد آزمایش را از نظر جذب روی در 4 گروه قرار داد (جدول 3) علل احتمالی در مطالعه مستقلی بحث شده است (ریحانی تبار و همکاران 2009). در مجموع با افزایش سطح فسفر مصرفی از میانگین مقدار جذب روی توسط خاکها کاسته شده ولی این کاهش از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نشد (جدول 4).

برای آزمایش جذب روی بر روی یک گرم خاک 20 میلی لیتر محلول کلرید کلسیم 0/01 مولار حاوی غلظت های 1، 2، 5، 8، 10، 15، 20، 40، 60، 80، 100، 120 و 160 میلی گرم روی در دو تکرار اضافه شد. دو قطره تولوئن جهت جلوگیری از فعالیت میکروبی نیز به لوله های آزمایش اضافه شدند. لوله های آزمایش بر روی شیکر دورانی با دور آرام حدود 20 دور در دقیقه به مدت 24 ساعت در دمای 25 ± 1 °C شیک شدند و بعد از انقضای این مدت در دور 4000 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ شدند. محلول روئین برای اندازه گیری روی توسط ICP.MS مدل پرکین مورد آنالیز قرار گرفته و از روی تفاوت دو غلظت اولیه و نهایی میزان جذب روی محاسبه شد. مقدار روی واجذب شده توسط محلول کلرید کلسیم 0/01 مولار در همان شرایط جذب اندازه گیری شدند (شومن 1975). داده های جذب به دو معادله فروندلیچ و لانگ موئیر برازش داده شدند. نتایج تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SPSS در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی انجام گرفت. نمودارها در نرم افزار Excel رسم شدند (استیل و توری 1960).

نتایج و بحث

برخی از ویژگیهای شیمیایی و فیزیکی خاکهای مورد مطالعه در جدول 1 ارائه شدند. همانطور که مشاهده می شود مقدار رس از 10/6 تا 41 درصد، مقدار کربنات کلسیم معادل از 5 تا 23 درصد، کربن آلی از 0/6 تا 2/4 درصد متغیر است. مطالعات XRD نشان دادند که کربنات کلسیم نوع غالب کربنات در خاکهای مورد مطالعه بوده و در بخش رس نیز ایلاتیت، ورمی کولایت غالب بوده و مقداری اسمکتایت نیز موجود بوده و مقدار کائولینایت بطور موروثی بسیار اندک می باشد (داده ها و گراف ها نشان

جدول 1- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه

شماره خاک	سری خاک یا نام منطقه	رس gkg ⁻¹	کربن آلی gkg ⁻¹	آهک کل gkg ⁻¹	آهک فعال gkg ⁻¹	سطح ویژه m ² g ⁻¹	ظرفیت تبادل کاتیونی cmol _c kg ⁻¹	pH*
		325	9	80	38	26	16	
1	کوشکک	106	9	46	19	10	12	7/6
2	سعید آباد	253	20	62	44	18/2	18	7/7
3	دانشکده کشاورزی کرج	215	12	88	16	8/5	15	7/5
4	آبسرده	134	13	125	33	20/3	30	7/2
5	بومهن	307	15	228	100	39	20	7/5
6	فیروز کوه 1	203	25	82	41	18	20	7/7
7	وردآورد	410	9	94	41	39	19	7/4
8	دماوند	134	6	194	58	12	32	7/6
9	رودهن	363	7	90	23	19	19	7/5
10	فیروز کوه 2							7/3

* (1 به 5، خاک با کلرید کلسیم 0/01 مولار).

جدول 2 - تجزیه واریانس تأثیر مقادیر فسفر و نوع خاک بر میانگین جذب روی (میلی گرم بر کیلوگرم خاک) در خاکهای مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (Ms)	F	سطح احتمال معنی داری
خاک	9	25779/2	4/2	0/001
فسفر	12	12074/1	1/9	0/156
خاک × فسفر	18	2110/6	0/35	0/989
خطا	30	6100/2	-	-
کل	59			

هیچکدام از این اختلافها از نظر آماری معنی دار نشدند. این یافته ما که در خاکهای مورد مطالعه افزایش فسفر تأثیر معنی دار بر جذب روی نداشته است موافق با گزارش سعید و فاکس (۱۹۷۹) و مغایر با گزارش کریشناسامی (۱۹۹۳) می باشد که کاهش جذب روی را گزارش کرده بود و همچنین مخالف با نظر آق بنین (۱۹۹۸) می باشد که

عموماً در مورد تمام خاکهای مورد مطالعه به نظر می رسد که در غلظت های پایین روی (تقریباً تا غلظت اولیه ۶۰ میلیگرم بر لیتر روی اضافه شده) میزان جذب روی خیلی تحت تأثیر میزان فسفر مصرفی قرار نگرفته و در غلظتهای بالاتر منحنی های همدمای روی تحت تأثیر فسفر مصرفی قرار گرفته از همدیگر فاصله می گیرند، ولی

افزایش آن را گزارش کرده بود. البته آق بنین (۱۹۹۸) برخلاف کریشناسامی (۱۹۹۳) و مطالعه حاضر اقدام به تنظیم pH نموده بود. محلول KH_2PO_4 یک محلول اسیدی بوده (pH=2.5) و لذا انحلال آهک و تغییر CEC محتمل است،

جدول 3- مقایسه میانگین‌های جذب روی (میلی گرم بر کیلوگرم خاک) بین خاکهای قرار گرفته در چهار زیر گروه مختلف

شماره خاک	زیر گروه یک	زیر گروه دو	زیر گروه سه	زیر گروه چهار
2	626/2			
4	700/2	700/2		
3		741/2	741/2	
1		771/2	771/2	771/2
5		780/7	780/7	780/7
7		795/6	795/6	795/6
10		803/2	803/2	803/2
8		811/1	811/1	811/1
9		821/5	821/5	821/5
6		847/9		847/9

مقایسه میانگین‌ها در داخل هر زیر گروه و بین زیر گروه‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 انجام یافته است و اختلاف بین زیر گروه‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار و بین خاکها در هر زیر گروه غیر معنی‌دار می باشد.

برازش معادله فروندلیچ نشان می‌دهد که در تمام خاکها بعد از حذف سه غلظت اولیه این معادله به خوبی بر داده های جذب روی برازش می یابد. معادله تک مکانی لانگ موثر نتوانست بر داده های جذب روی برازش یابد و در هر سطح فسفر، خطای سیستماتیک بسیار بالا بوده، داده ها به دو گروه در اطراف خط رگرسیون تقسیم شده و در نتیجه عدم برازش این معادله گزارش می شود. با فرض دو مکانی بودن جذب روی، پارامترهای معادله دو مکانی لانگ موثر به روش اسپوزیتو (۱۹۸۲) محاسبه شدند. در ۸ خاک مورد مطالعه، شیب و عرض از مبداء دو خط ترسیمی (هر کدام برای یک مکان) از طریق تست با SPSS در سطح ۰/۰۵ معنی دار بودند (جداول ۵ و ۶).

در صورت انحلال آهک، Ca^{2+} می تواند با Zn^{2+} که در pH های پایین ۷ گونه غالب روی است برای جذب در مکانهای تبادل رقابت کند و لذا اثر فسفر مصرفی بر جذب روی را خنثی کند.

از دیگر مکانیسم های محتمل دیگر تشکیل کمپلکس محلول $Zn-PO_4$ می باشد (کریشناسامی ۱۹۹۳). در مطالعه حاضر بدلیل استفاده از فسفات دی هیدروژن پتاسیم خالص مسئله ناخالصی کودهای فسفر منتفی است.

تاثیر فسفر بر جذب روی پیچیده بوده و علاوه بر عوامل ذکر شده زمان تعادل فسفر بویژه در غلظت های بالا نیز تاثیرگذار است. بنابراین در صورت اعمال زمانهای طولانی تماس کود فسفر با خاک ممکن است نتایج کاملاً متفاوتی حاصل شود.

جدول 4- میانگین جذب روی (میلی گرم بر کیلوگرم خاک) در سه سطح فسفر مصرفی در خاک های مورد مطالعه

گروه یک	تعداد اندازه گیری	سطح فسفر
745/5	20	P ₂
769/4	20	P ₁
794/6	20	P ₀
0/068		سطح احتمال معنی داری

آماری نشان دادند که بیشتر ضرایب همبستگی بین ویژگیهای خاکها و ضرایب معادله فروندلیچ معنی دار نشدند اما کربنات کلسیم معادل کل، کربنات کلسیم معادل فعال و سطح ویژه با ضرایب معادله فروندلیچ در بعضی از سطوح فسفر همبستگی معنی داری نشان دادند که احتمالاً از مهمترین صفات موثر بر این ضرایب هستند. همچنین سطح ویژه خاکها با ضرایب معادله دو مکانی لانگ موثر همبستگی خطی معنی داری نشان داد و بقیه روابط اکثراً غیر معنی دار بودند (روابط همبستگی بدلیل غیر معنی دار بودن اکثر آنها ارائه نشدند).

نتیجه گیری و پیشنهادات

به دلیل حرکت محدود فسفر در اکثر خاکها و جاگذاری نواری کودهای فسفر نزدیک ریشه برخی از محصولات زراعی که به سبب افزایش راندمان کودهای فسفره توصیه می شود، غلظت فسفر در نزدیکی ریشه ها ممکن است حتی به بالاتر از ۱۰۰۰ میلی گرم هم برسد (آق بنین ۱۹۹۸). البته در صورت پخش سطحی و اختلاط کودهای فسفره با خاک، غلظت فسفر در خاک بسیار کمتر از رقم ذکر شده خواهد بود و لذا مطالعه تاثیر فسفر در سطوح مختلف بر روی واکنش های جذب- واجذب روی ضروری است. نکته قابل ذکر این است که مکانیسم واحدی نمی تواند اثر متقابل فسفر و روی را توضیح دهد. بسته به pH و منبع فسفر، غلظت و زمان تعادل روی و فسفر، کمیت و

در خاکهای کود نخورده میانگین مقدار ثابت k فروندلیچ، ۶۵۸/۴، در سطح کم فسفر، ۵۸۶/۹ و برای سطح زیاد فسفر، ۴۹۳/۵ بود. بنابراین فسفر باعث کاهش مقدار K فروندلیچ شده است. بطور میانگین، سطح کم فسفر یعنی ۱۰۰ میلی گرم فسفر بر کیلو گرم نتوانست مقدار ثابت فروندلیچ را تغییر دهد، اما سطح سوم یعنی ۱۰۰۰ میلی گرم فسفر بر کیلو گرم این پارامتر را کاهش داد. این یافته ما با گزارش کریشناسامی (۱۹۹۳) مطابقت می کند.

بدون توجه به سطح فسفر خاکها، مقادیر k₁ لانگ موثر دو مکانی، یعنی انرژی جذب در مکان اول جذب، بیشتر از k₂، انرژی جذب در مکان دوم می باشد (جدول ۶). این یافته ما مطابق با یافته شومن (۱۹۷۵) و مقتون و همکاران (۲۰۰۰) برای عنصر روی و هالفورد و همکاران (۱۹۹۷) برای عنصر فسفر می باشد. بر طبق جدول ۷، مقادیر نسبت b₁:b₂ برای سطح صفر فسفر، ۰/۳۵، برای سطح دوم، ۰/۴۲ و سطح سوم، ۰/۳۲ می باشد. یعنی کود فسفر در سطح کم باعث افزایش این نسبت و در سطح زیاد باعث کاهش این نسبت شده است.

مصرف فسفر در هر سطحی باعث کاهش مقادیر انرژی جذب برآورد شده توسط معادله دو مکانی لانگ موثر شده که با گزارش کریشناسامی و همکاران (۱۹۹۳) مطابقت می کند. محققان اخیر الذکر دلیل این امر را به خاطر فسفر جذب شده می دانند. بدین صورت که اکثر فسفر اضافه شده به خاک جذب شده و روی به فسفات جذب شده از طریق اکسیژن متصل می شود. مطالعات

جدول ۵- ثابت‌های همدمای فروندلیچ برای خاک‌های مورد مطالعه در سه سطح فسفر مصرفی (P_2, P_1, P_0).

شماره خاک	مقادیر K فروندلیچ (mL.g^{-1})				مقادیر n فروندلیچ (بدون بعد)			
	P_2	درصد کاهش (-) یا افزایش (+)	P_1	P_0	درصد کاهش (-) یا افزایش (+)	P_1	P_0	درصد کاهش (-)
۱	۵۲۲	-۷/۷	۵۷۸	۶۲۶	۲/۹۹	۲/۸۹	۲/۸۹	-۱۰/۰
۲	۲۷۶	-۱۹/۴	۳۵۵	۴۴۰	۲/۹۱	۲/۸۹	۲/۸۹	-۱۲
۳	۴۵۵	+ ۴/۳	۵۲۴	۵۰۳	۲/۸۴	۲/۸۲	۲/۸۲	-۱۰/۵
۴	۳۷۵	+۱۵/۵	۴۲۱/۵	۳۶۵	۲/۶	۲/۵۴	۲/۵۴	-۱۰
۵	۵۲۲	-۹/۲	۳۸۶/۵	۶۴۶	۲/۷۵	۲/۷۴	۲/۷۴	-۳/۳
۶	۷۲۲	-۰-	۸۱۰	۸۰۹	۲/۷۹	۲/۷۸	۲/۷۸	-۱/۸
۷	۵۲۹	-۰-	۵۹۰	۵۹۰	۲/۶۵	۲/۶۰	۲/۶۰	-۶/۸
۸	۵۶۳	-۱۹-۹	۶۹۴	۸۶۶	۲/۶۶	۲/۹۰	۲/۹۰	+۱۱/۶
۹	۵۳۶	-۳۷/۲	۶۶۱	۱۰۵۲	۲/۶۸	۲/۷۳	۲/۷۳	+۱۲
۱۰	۴۵۲	-۵/۱	۶۴۷/۶	۶۸۲	۲/۴	۲/۵۵	۲/۵۵	+۹/۶
میانگین	۴۹۳	-۱۰/۹	۵۸۶/۹	۶۵۸/۴	۲/۷۳	۲/۷۴	۲/۷۴	-۲/۵۶

سطوح فسفر مصرفی (P_2, P_1, P_0) به ترتیب ۱۰۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک هستند. درصد افزایش یا کاهش در هر کدام از سطوح P_1 و P_2 نسبت به سطح P_0 فسفر محاسبه شده است.

جدول ۶- ضرایب انرژی جذب معادله دو مکانی لانگ موئیر در خاک‌های مورد مطالعه

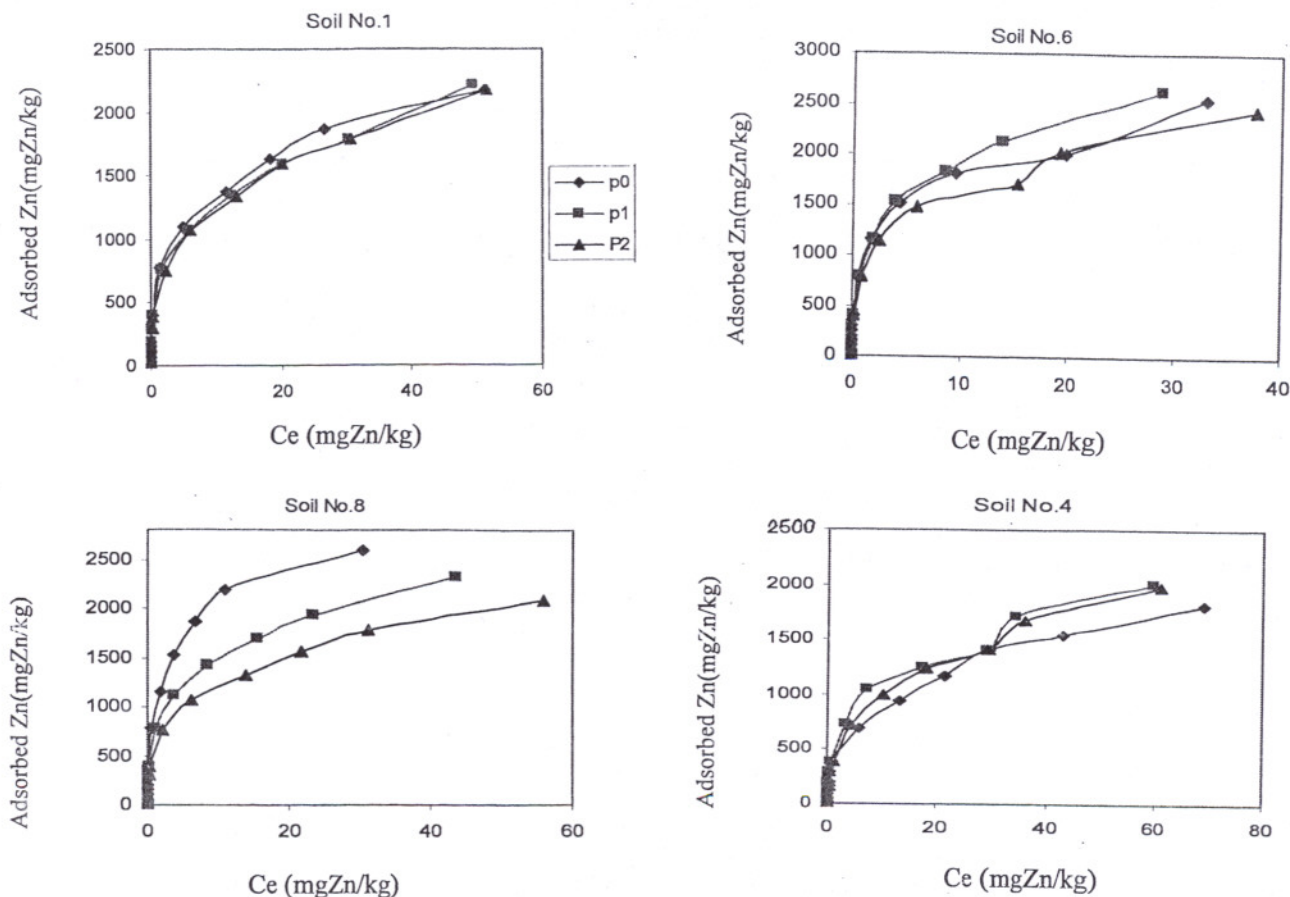
شماره خاک	انرژی جذب در مکان اول جذب k_1 (Lmg^{-1})				انرژی جذب در مکان دوم جذب k_2 (Lmg^{-1})				k_1/k_2		
	P_2	درصد کاهش (-) یا افزایش (+)	P_1	P_0	درصد کاهش (-) یا افزایش (+)	P_1	P_0	درصد کاهش			
۱	۱۶/۸	-۰/۶	۱۶/۷	۹/۵	-۴۳	۰/۱۹۷	۰/۲۴	۰/۱۴۴	۷۰	۸۵	۶۶
۲	۴/۴	-۵/۷	۴/۱	۴/۱	-۶/۵	۰/۰۲۸	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱	۱۰۹/۵	۴۲	۱۰۲
۳	۱۱	-۶۰	۴/۴	۵/۸	-۴۷	۰/۰۷۷	۰/۱۲	۰/۱۲۳	۹۱/۵	۵۶	۴۷
۴	۵/۳	-۵۷	۲/۲	۳/۱	-۴۱	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۸۶	۳۷	۵۱
۵	۴/۵	+۲۵	۵/۷	۵/۸	+۲۷	۰/۱۰۱	۰/۱۷	۰/۰۶۰	۲۷	۵۶	۹۶
۶	۱۲/۶	+۹/۲	۱۳/۸	۵/۴	-۵/۷	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۱۶۲	۴۴	۵۲	۳۳
۷	۵/۳	-۳۹	۳/۳	۳/۹	-۲۶	۰/۰۶۰	۰/۱۰	۰/۰۶۰	۵۹	۵۶	۶۵
۱۰	۱۲/۳	-۳۹/۳	۷/۴	۱۰/۴	-۱۴/۶	۰/۱۲۵	۰/۳۳	۰/۱۴۰	۳۷	۵۹	۷۴
میانگین	۹	-۲۰	۷	۶	-۳۳	۰/۱۱۴	۰/۱۷	۰/۱۰	۶۵	۵۵	۶۷

سطوح فسفر مصرفی (P_2, P_1, P_0) به ترتیب ۱۰۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک هستند. درصد افزایش یا کاهش در هر کدام از سطوح P_1 و P_2 نسبت به سطح P_0 فسفر محاسبه شده است.

جدول ۷- بیشترین مقدار جذب برآورد شده توسط معادله د و مکانی لانگ موئیر در خاکهای مورد مطالعه

شماره خاک	حداکثر جذب در مکان اول جذب b_1 (mg Zn kg^{-1})				حداکثر جذب در مکان دوم جذب b_2 (mg Zn kg^{-1})				b_1/b_2
	P_0	P_1	درصد کاهش (-) یا افزایش (+)	P_2	درصد کاهش (-) یا افزایش (+)	P_1	P_0		
۱	۴۸۴	۴۳۱	۹	۱۷۲۶	۶	۱۶۵۴	۹/۵	۰/۲۵	
۲	۶۳۷	۵۵۵	۴	۱۴۲۵	۸	۱۴۷۴	۳/۴	۰/۲۲	
۳	۴۲۸	۳۶۴	۱	۱۶۱۰	۳	۱۴۸۳	۲	۰/۲۶	
۴	۳۸۴	۶۸۲	۵	۱۷۲۲	۳	۱۵۲۴	۱/۳	۰/۲۳	
۵	۸۷۳	۷۵۲	۱۳	۲۰۰۶	۲	۱۵۸۵	۲۴	۰/۳۳	
۶	۷۴۹	۷۲۵	۲	۱۴۳۴	۲	۱۸۳۲	۳۹	۰/۳۳	
۷	۷۳۲	۱۰۱۲	۳	۱۰۱۱	۶	۱۷۹۹	۳/۱	۰/۳۳	
۱۰	۴۰۳	۷۱۸	۱	۱۷۰۰	۵	۱۸۹۸	۱۲	۰/۲۱	
میانگین	۵۸۶/۴	۲۰۷۰۳/۷	۵۴۳/۵	۱۷۱۴	۲/۳	۱۶۵۶	۷/۰۵	۰/۳۲	

سطوح فسفر مصرفی (P_2, P_1, P_0) به ترتیب ۱۰۰، ۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک هستند. درصد افزایش یا کاهش در هر کدام از سطوح P_1 و P_2 نسبت به سطح P_0 فسفر محاسبه شده است.



شکل ۱- همدماهای جذب روی برای برخی از خاکهای مورد مطالعه در سطوح مختلف فسفر

اثرات کود فسفر در سطوح مختلف و از منابع مختلف فسفر به همراه اثر متقابل pH و به همراه تعیین گونه های غالب روی و فسفر در خاکهای آهکی ایران مطالعه شود. مطالعات کانی شناسی بوسیله XRD و انواع میکروسکوپ الکترونیکی می تواند اطلاعات خوبی در این زمینه به ما بدهند. همچنین مطالعه اثر فسفر بر شکل های مختلف روی در خاک و همینطور تاثیر فسفر بر سینتیک استخراج روی قابل استفاده توصیه میشود. در نهایت مطالعات بیشتر برای پیش بینی نیاز کودی گیاهان به روی با ارتباط دادن ویژگیهای جذبی روی تحت شرایط کاربرد سطوح مختلف فسفر توصیه می شود.

ماهیت رس ها، مواد آلی و سزکوی اکسیدهای آهن و آلومینیوم، مکانیسم های متفاوتی می تواند غالب شود. نتایج این تحقیق نشان می دهد که کود فسفر از یک منبع اسیدی در زمانهای کوتاه و در یک سیستم بافر نشده نتوانست تاثیر معنی دار بر جذب روی توسط خاکهای مورد مطالعه در تحت شرایط این آزمایش داشته باشد. هر چند در بعضی از خاکها باعث کاهش جذب روی شده و در تعدادی از خاکها هم نتیجه معکوس است ولی هیچ کدام از این نتایج از نظر آماری معنی دار نشدند. بر این اساس پیشنهاد می شود که زمان تعادل فسفر در سطوح مختلف آن از غلظت های کم تا زیاد تعیین شود و

سپاسگزاری
 بدینوسیله از آقای دکتر بنده حق استادیار
 محترم گروه زراعت و اصلاح نبات دانشگاه تبریز به دلیل
 کمک در تجزیه و تحلیل آماری این تحقیق کمال تشکر را
 دارم.

منابع مورد استفاده

- ریحانی تبار ع ن، کریمیان ع، اردلان م، ثوابقی غ و قنادها م، ۱۳۸۵. توزیع شکل‌های مختلف روی و ارتباط آنها با ویژگی‌های خاک در برخی خاک‌های آهکی استان تهران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دهم. شماره سوم (الف) و صفحات ۱۲۵ تا ۱۳۶.
- Allison LE and Moodie CD, 1965. Carbonate. Pp.1379-1396. *In*: CA Black (ed). Methods of Soil Analysis, Part 1 American Society of Agronomy, Madison, W.I.
- Agbenin JO, 1998. Phosphate-induced zinc retention in a tropical semi arid soil. *European Journal of Soil Science* 49: 693-700.
- Basta NT, Gradwohl R, Snethen KL, Schroder JL, 2001. Chemical immobilization of contaminated soils using biosolids and rock phosphate. *Journal of Environmental Quality*.30: 1222-1230
- Bouyocos GJ, 1962. Hydrometer method improved for making particle Size analysis of soil. *Agronomy Journal* 54: 4.64-465.
- Brindley GW and Bown G, 1980. Crystal structure of clay minerals and their X-ray identification, Mineralogical. Society, London.
- Brummer G, Tiller KG, Herms U and Clayton PM, 1983. Adsorption desorption and / or precipitation dissolution processes of zinc in soils. *Geoderma* 31:337-354.
- Bohn HL, Mc Neal BL and O' Connor GA, 1985. Soil Chemistry, 2nd ed. P. 184-208. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Brown S, Chaney R, Hall Frisch J, Ryan JA, Bert WR, 2004. In situ soil treatments to reduce the phyto and bioavailability of lead, zinc, and cadmium. *Journal of Environmental Quality* 33: 522-531.
- Burnauer S, Emmett PH and Teller E, 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. *J Am Chem Soc* 60:309-319
- Chapman HD, 1965. Cation exchange capacity. pp. 891-901. *In* CA Black (ed). Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy. Madison, WI,
- Cao X, Ma LQ, Rhue DR and Appel CS, 2004. Mechanisms of lead, copper, and zinc retention by phosphate rock. *Environ Pollut* 131: 435-444.

- Drouineau G, 1942. Dosage rapide du calcaire actif du sol; nouvelles données. Sur la séparation et la nature des fractions calciques. *Am Agronomy Journal* 12: 441-450.
- Holford ICR, Wedderburn RWM and Mattingly GEG, 1997. A Langmuir two-surface equation as a model for phosphate adsorption by soils. *Journal of Soil Science* 25: 242-255.
- Harter RD, 1991. Micronutrient adsorption-desorption reaction in soils, Pp.59-87. *In* J Mortved et al (ed). *Micronutrients in Agriculture*, American Society of Agronomy, Madison, W.I.
- Hamon RE, McLaughlin MJ and Cozens G, 2002. Mechanisms of attenuation of metal availability in situ remediation treatments. *Environ Sci Technol* 36: 3991-3996.
- Impellitteri, C.A. 2005. Effects of pH and phosphate on metal distribution with emphasis on As speciation and mobilization in soils from a lead smelting site. *Sci Total Environ* 345: 175-190
- Krishnasamy R, 1993. Effect of phosphoric fertilization on zinc adsorption in some Vertisols and Inceptisols. *Journal of Indian Society of Soil Science* 41:251-255.
- Lindsay WL and Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Journal* 42: 421-428.
- Maftoun M, Haghghat Nia H and Karimian N, 2000. Characterization of zinc adsorption in some calcareous paddy soils from Fars province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 4:71-84 (in Farsi).
- Melton JR, Mahtab SK and Swoboda AR, 1973. Diffusion of zinc in soils as a function of applied zinc, phosphorus, and soil pH. *Soil Science Society of American Journal* 37: 379-381.
- McGowen SL, Basta NT and Brown GO, 2001. Use of diammonium phosphate to reduce heavy metal solubility and transport in smelter contaminated soil. *J Environ Qual* 30: 493-500.
- Nelson DW and Sommers LE, 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. *In*: DL Sparks (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods*. ASA. Madison, WI. 961-1010.
- Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus. Pp. 403-430. *In* AL Page (eds). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy, Madison, W.I.
- Reyhanitabar A, Karimian N, Ardalan M, Savaghebi G and Ghannadha M, 2007. Comparison of five adsorption isotherms for prediction of zinc retention in calcareous soil and the relationship of their coefficients with soil characteristics. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38: 147-158.
- Reyhanitabar A, Ardalan M, Gilkes RJ, Karimian N and Savaghebi G, 2010. Zinc sorption characteristics of selected calcareous soils from Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 12: 99-111

- Saeed M, 1977. Phosphate fertilization reduces zinc adsorption by calcareous soils. *Plant and Soil*. 48:641-649.
- Saeed M and Fox RL, 1979. Influence of phosphate fertilization on zinc adsorption by tropical soils. *Soil Science Society of American Journal*. 43:68-686.
- Shuman LM, 1975. The effect of soil properties on zinc adsorption by soils. *Soil Science Society of American Journal*. 39:454-458
- Sposito G, 1982. On the use of the Langmuir equation in the interpretation of adsorption phenomena: II. The two-surface Langmuir equation. *Soil Science Society of American Journal*. 46:1147-1152.
- Stunton DA and Burger RD, 1976. Availability to plants of zinc sorbed by soil and hydrous iron oxide. *Geoderma* 1:13-17.
- SPSS, Inc. 1998. SPSS for Windows, Release, 9.0 SPSS, Inc.
- Steel RGD and Torrie JH, 1960. Principles and procedures of statistics. Mac Grow-Hill Book Company, New York.
- Terman GL, Allen SE and Bradford BN, 1966. Response of corn to zinc as affected by nitrogen and phosphate fertilizers. *Soil Science Society of American Journal*. 30: 119-124