مجله علوم كشاورزي ايران
جلد ۳۷، شماره ۳، سال ۱۳۸۵ (۵۱۶-۵۰۹)

مشخصات جذب سطحي فسفر و رابطه آن با ويژگيهاي خاك در شماري از خاكهاي همدان

عليرضا حسين پور[۱] و خير قدم عنايت ضمير[۲]
۱, دانشيار گروه خاكشناسي دانشگاه بوعلي سينا
۲, دانشجوي كارشناسي ارشد پرديس كشاورزي و منابع طبيعي دانشگاه تهران
تاريخ پذيرش مقاله ۸٤/۹/۲

خلاصه

اطلاع از وضعيت جذب فسفر به وسيله خاكها در توصيه كودي فسفر مهم مي باشد. اطلاعات اندكي در باره خصوصيات جذب فسفر خاكهاي آهكي در استان همدان وجود دارد. در اين تحقيق ۱۵ نمونه از خاكهاي آهكي استان همدان انتخاب شد. هدف هاي اين تحقيق ارزيابي جذب فسفر با استفاده از همدماهاي جذب فسفر و ارتباط پارامترهاي اين معادلات با خصوصيات خاك بود. داده هاي جذب فسفر خاكها به وسيله معادله هاي فرندليش و خطي توصيف شد، ولي معادله همدماي جذب لانگمير در تمام خاكها قادر به توصيف جذب فسفر نبود. حداكثر جذب فسفر برآورد شده به وسيله معادله لانگمير(**b**) در دامنه ٢٠٤/٠٨-٦٩/٩٣ ميلي گرم در كيلوگرم بود. پارامتر وابسته به انرژي پيوند(**k**) در دامنه ۰/۲-۰/۱ بود. گنجايش بافري حداكثر(**MBC**) در دامنه ۲۳۸/۰۸-۱۲/۹ ميلي‌گرم در كيلوگرم بود. در معادله فرندليش پارامتر(**n**)در دامنه ۰/۹۹-۰/۲٦ و ضريب توزيع (**kd**) در دامنه ۲۳۲/۷۵-۷/۷۷ ليتر در كيلو گرم بود. در مدل خطي گنجايش بافري تعادلي (**EBC**) در دامنه ۱۲٦/٦۱-٤/۸۸ ليتر در كيلوگرم و فسفر لبايل در دامنه ۲۹/۳۷-۰/۷۱ ميلي گرم در كيلوگرم بود. نياز استاندارد فسفر خاكها كه به وسيله مدلهاي لانگمير، فرندليش و خطي تعيين شد، به ترتيب در دامنه۳٤/۰۱-۳/۲۱، ٦۵/۱-۷/۲ و ۸۱/٦۲-۱/۰۱ ميلي گرم در كيلو گرم بود. نتايج مطالعات هم بستگي نشان داد كه پارامتر هاي برآورد شده از معادله هاي همدماي جذب با كربنات كلسيم معادل خاكها هم بستگي معني داري داشت، ولي اين پارامتر ها با ديگرخصوصيات خاكها هم بستگي معني داري نداشتند. نتايج مطالعات هم بستگي بين پارامتر هاي معادله هاي همدماي جذب نشان داد كه پارامتر وابسته به انرژي با پارامتر هاي معادله فرندليش و فسفر لبايل هم بستگي معني داري داشت، ولي حداكثر جذب با پارامترهاي برآورد شده از دومدل ديگر هم بستگي معني داري نداشت. پارامتر **a** در معادله فرندليش با گنجايش بافري تعادلي و فسفر لبايل هم بستگي معني داري داشت، ولي پارامتر **kd** با فسفر لبايل هم بستگي معني داري نداشت. پارامتر هاي گنجايش بافري حداكثر و گنجايش بافري تعادلي هم بستگي معني داري با يكديگر داشتند. نتايج اين تحقيق نشان داد كه مدلهاي لانگمير و فرندليش و خطي مي‌توانند درتوصيف خصوصيات جذب فسفر استفاده شوند و كربنات كلسيم معادل بر خصوصيات جذب فسفر خاكها تاثير دارد.

واژه‌هاي كليدي: فسفر، جذب، همدماي جذب، همدان

مكاتبه كننده: عليرضا حسين‌پور E-mail:hosseinpor@basu.ac.ir

مقدمه

مكانيسم تقاضاي فسفات به وسيله گياه در خاكها بسيار پيچيده و تحت تاثير خصوصيات خاك است (١٤). عواملي نظير شدت ، كميت ، گنجايش و تحرك تعيين كننده جريان فسفر به ريشه هاي گياه مي باشد. فاكتور شدت نشان دهنده فعاليت فسفر در فاز محلول بوده و مي تواند به وسيله آب يا محلول كلريد كلسيم تعيين شود(٨).فاكتور كميت، مقدار فسفر لبايل يا فسفر قابل جذب ذخيره در خاكها است و به وسيله روشهاي شيميايي(٧ و١٧) ، و همچنين استفاده از رزين تبادل آنيوني و تكنيكهاي رقت ايزوتوپي تعيين مي‌شود (٤). فاكتور ظرفيت مقدار فسفر نگه داري شده در يك شدت ويژه مي باشد. فاكتور ظرفيت عمدتا در رابطه با ظرفيت بافري فسفر خاكها مي باشد، و نشان دهنده توانايي خاكها در مقابل تغيير در فعاليت فسفر در مدت تهي شدن فسفر مي باشد. فاكتور تحرك در رابطه با سرعت حل شدن فسفر، سرعت انتقال به ريشه ها و جذب آن به وسيله گياه مي باشد(٨).

توصيه هاي كودي فسفر عموما به وسيله مقدار فسفر خارج شده به وسيله عصاره گيرهاي شيميايي و اطلاعات ديگر انجام مي شود(١٣). فاكتور كميت به تنهايي براي تشريح فسفر قابل جذب در خاكهاي مختلف كافي نيست.به علاوه در تشريح وضعيت فسفر خاك با استفاده از آزمونهاي متداول مقاديري به دست مي آيد كه يا فاكتور كميت يا فاكتور شدت مي باشد. بر اساس ارتباط بين فسفر فاز محلول و فاز جامد آشكار است كه هيچكدام از اينها به تنهايي نمي تواند ذخاير فسفر قابل جذب يا نياز كودي فسفر خاكها را به دقت تعيين كند(١٠).

مفهوم كميت - شدت در رابطه با فسفر خاك به وسيله اسكوفيلد (٢٦) معرفي شد.به نظر وي مقدار فسفر قابل دسترس براي جذب گياه نمي تواند لزوما وابسته به اندازه ذخاير فسفر لبايل باشد. فايده استفاده از روابط كميت - شدت اين است كه اطلاعاتي در باره توانايي جذب و آزاد كردن فسفر خاكها به ما مي دهد. روابط كميت- شدت فسفر به طور گسترده اي براي ارزيابي توان فراهم كردن فسفر خاكها استفاده شده است. راون و هاسنر (٢٢) روابط جذب و آزاد كردن فسفر را در خاكها مطالعه كردند.آنان دريافتند كه مقادير قدرت بافري فسفر كه از منحني هاي جذب به دست مي آيد از مقدار بدست آمده از منحني هاي آزاد شدن متفاوت مي باشد. در چند تحقيق ديگر(٦،٨ و٢٠) نشان داده شده است كه منحني هاي جذب و آزاد شدن فسفر به دليل پس ماند بر هم منطبق نمي شوند. به نظر مي رسد هنگامي كه هدف ، ارزيابي فسفر قابل استفاده گياه باشد روابط رها سازي نسبت به روابط جذب مناسب تر باشند ولي روابط كميت - شدت جذب فسفر نيز در پيش بيني قابليت استفاده فسفر براي گياه مناسب مي باشند(١٤).اهداف اين تحقيق عبارت بودند از:

١-تعيين پارامترهاي نسبت كميت- شدت جذب فسفر

٢-مطالعه ارتباط پارامتر هاي نسبت كميت - شدت جذب فسفر با ويژگيهاي خاك

٣- تعيين نياز استاندارد فسفر خاكها

مواد و روش‌ها

به منظور انجام اين تحقيق ابتدا تعداد ٢٥ نمونه خاك از عمق ٣٠ -٠ سانتيمتر برداشت و به آزمايشگاه منتقل گرديد.نمونه ها در هواي آزاد خشك و پس از كوبيدن جهت تعيين خصوصيات فيزيكي و شيميايي از الك ٢ ميلي متري عبور داده شد.پس از تعيين در صد رس و كربنات كلسيم معادل تعداد١٥ نمونه خاك انتخاب گرديد.

خصوصيات فيزيكي و شيميايي خاكها به روشهاي معمول آزمايشگاهي تعيين گرديد. پ- هاش نمونه هاي خاك در گل اشباع (٢٩)، قابليت هدايت الكتريكي در عصاره هاي صاف شده خاك با نسبت ٢:١ (٢٣) كربنات كلسيم خاك به روش تيتراسيون برگشتي با اسيد كلريدريك نرمال(١٦)، گنجايش تبادل كاتيوني به روش استات سديم يك مولار در٧ =pH (٢٨)، در صد كربن آلي خاك به روش اكسيداسيو ن تر (١٩) و بافت خاك به روش پي پت (٩)تعيين گرديد.

عصاره گيري فسفر قابل دسترس در خاكها به سه روش انجام شد. روشهاي استفاده شده عبارت بودند از:فسفر محلول درکلريد كلسيم ٠/٠١ مولار(فاكتور شدت) (١٥)، فسفر محلول در بي كربنات سديم ٠/٥ نرمال به روش اولسن و همكاران (١٥) و فسفر محلول در بي كربنات آمونيوم به روش سلطان

پور و شواب (۱۵) که به عنوان فاکتور کمیت در نظر گرفته شدند. پس از عصاره گیري فسفر موجود در عصاره ها به روش رنگ سنجي (۱۸) تعیین گردید.

به منظور مطالعه جذب فسفر ۲ گرم ازنمونه هاي خاك (در دو تکرار) با ۲۵ میلي لیتر محلول داراي غلظتهاي فزاینده فسفر از ۰ تا ۱۵ میلي گرم در لیتر (ازنمك KH_2PO_4) در لوله هاي سانتریفیوژ به مدت ۲٤ ساعت در دماي ۲۵ درجه سانتیگراد به تعادل رسانده شد.سپس سوسپانسیون سانتریفیوژ و به وسیله کاغذ صافي واتمن ٤۲ صاف و فسفر نمونه هاي صاف شده به روش رنگ سنجي (۱۸)تعیین گردید.مقدار فسفر جذب یا آزاد شده از اختلاف بین مقدارفسفر اضافه شده (مقدار اولیه) و مقدار فسفرتعادلي (نهایي) بدست آمد. براي رسم نمودارهاي کمیت - شدت از سه مدل لانگمیر، فرندلیش و خطي استفاده شد.

همدماي جذب لانگمیر به شکل زیر مي باشد:

$$q=kcb/1+kc$$

در این معادله:

C- غلظت در حال تعادل ماده جذب شونده.

q- مقدار ماده جذب شونده در واحد وزن جذب کننده.

b و K-به ترتیب بیانگر حداکثر جذب فسفر و ثابتي که وابسته به انرژي پیوند مي باشد.

با استفاده از معادله لانگمیر گنجایش بافري حداکثر[1] (MBC) که حاصلضرب حداکثر جذب و ثابت متناسب با انرژي پیوند است محاسبه شد(۱۱).

همدماي جذب فرندلیش به شکل زیر مي باشد:

$$q=k_d\, c^{1/n}$$

در این معادله q و C همان تعاریف قبلي را دارند.

k_d- ضریب توزیع و n فاکتور تصحیح است.

معادله خطي به شکل زیر است:

$$q=a + b.\, C$$

در این معادله q و C همان تعاریف قبلي را دارند.

قدر مطلق عرض از مبدا نشان دهنده فسفر لبایل و شیب خط نشان دهنده گنجایش بافري[2] (EBC) مي باشد(۱٤).

براي به دست آوردن پارامتر هاي این معادلات از تکنیك رگرگرسیون خطي استفاده شد. با استفاده از این معادلات مقدار فسفر جذب شده در غلظت ۰/۲ میلي گرم در لیتر محاسبه و به عنوان نیاز استاندارد فسفر[3] (SPR) در نظر گرفته شد(۸, ۱۲). در پایان بین پارامتر هاي معادلات با خصوصیات خاك معادلات رگرسیوني برازش و خصوصیاتي از خاك که در جذب فسفر نقش دارند مشخص گردید. همچنین بین پارامترهاي برآورد شده از مدلهاي مختلف معادلات رگرسیوني برازش گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج مي توان گفت خاکهاي مطالعه شده داراي دامنه گسترده اي از نظر خصوصیات فیزیکي و شیمیایي مي باشند(جدول ۱). دامنه تغییرات رس و سیلت به ترتیب ٤۵/۲-۲٤/٤ و ٤۸/٤-٦/۰ در صد مي باشد. بر اساس نتایج شیمیایي ارائه شده مي توان گفت خاکهاي مورد مطالعه خاکهاي آهکي با pH قلیایي مي باشند. دامنه تغییرات pH ۷/۰-۷/۸، قابلیت هدایت الکتریکي ۰/۸۹-۰/۱۵ دسي زیمنس بر متر، کربنات کلسیم معادل ٤۰/۵-۱۱ درصد، کربن آلي ۱/۷۲-۰/۲۵ درصدوگنجایش‌تبادل کاتیوني۹/٤-۱۷/۱ سانتي‌مول بار در کیلوگرم مي‌باشد.

حداکثر جذب فسفر (مقدار فسفر جذب شده هنگامي که سطوح جذب اشباع باشد)، تمایل فسفر(مقدار انرژي پیوند فسفر به سطح) و شاخصهاي بافري معیارهاي مهم براي طبقه بندي گنجایش خاکها به محبوس کردن فسفر اضافه شده مي‌باشند (۲۰). جذب فسفر در خاکها مي‌تواند به وسیله چند مدل توصیف شود که همدماي جذب لانگمیر، فرندلیش و خطي مهم‌تر از بقیه مي باشند.

نتایج برازش اطلاعات جذب فسفر به دست آمده براي هر خاك به وسیله سه مدل لانگمیر، فرندلیش و خطي در جدول ۲ آورده شده است. مقادیر ضریب هم بستگي نشان مي دهند، دو مدل خطي و فرندلیش در تمام خاکها جذب فسفر به وسیله

1. Maximum Buffering Capacity
2. Equilibrium buffering Capacity
3. Standard Phosphorus Requirment

خاك را توصيف كردند، ولي معادله لانگمير در تمام خاكها قادر به توصيف جذب فسفر نبود.

معادله لانگمير كه براي توصيف جذب گازها در سطوح جامد پيشنهاد شد، براي اولين بار به وسيله اولسن و واتانابه(۲۱) به منظور توصيف جذب فسفر در خاك به كار گرفته شد. مزيت اصلي معادله لانگمير اين است كه مي توان حداكثر جذب فسفر را به وسيله آن ارزيابي كرد. پارامترهاي بر آورد شده معادله لانگمير در خاكهاي مطالعه شده داراي تغييرات نسبتا زيادي مي باشند.پارامتر وابسته به انرژي پيوند(k) كه نشان دهنده قدرت نگه داري فسفر به وسيله ذرات خاك مي باشد در دامنه ۰/۲-۰/۱ با ميانگين ۰/۵۷ مي باشد. اين ويژگي مي تواند بر مقدار فسفر جذب شده به وسيله گياه تاثير داشته باشد. در خاكهاي مطالعه شده در خاك ۱۰ پارامتر وابسته به انرژي پيوند بيشترين مقدار و در خاك ٤ كمترين مقدار مي باشد.

جدول شماره ۱- خصوصيات فيزيكي و شيميايي خاكهاي مطالعه شده

شماره نمونه	پ-هاش	قابليت هدايت الكتريكي	گنجايش تبادل كاتيوني	كربنات كلسيم معادل	كربن آلي	سيلت	رس	فسفر قابل استفاده اولسن	دي تي پي	كلريد كلسيم
		dSm^{-1}	$cmol_c kg^{-1}$		$g\ kg^{-1}$			$mg\ kg^{-1}$		
۱	۷/٦	۰/۲۲	۱۷/۱	۱٦٥	۱۰/٥	۳٤٥	۳٦۲	۱٥/۹٥	٥/۳۲	۱/۲
۲	۷/٦	۰/۸۹	۱۲/۱	۳۷٥	٤/۹	۳۰٤	٤٥۲	۱۸/۰۳	۸/۸٦	۱/۲
۳	۷/۱	۰/٦٦	۱۲/٦	۱٤۰	٦/۸	۱۰۹	٤٤٤	۱٥/٥۹	٥/٥۸	۱/٤
٤	۷/٤	۰/٤۱	۱۲/۳	۱٦۰	۱۷/۲	٦۰	٤۱۲	۷۳/۷٦	۲٤/٦۹	٤/٤
٥	۷/۰	۰/٤۹	۹/٥	۱۳۰	۷/۸	۱۳	۳٤۸	۳۰/۰۸	۱٥/۳٦	۱/۸
٦	۷/۷	۰/۱٥	۱۳/۷	۲٤۰	۸/٥	۲٤٤	۳۹۰	۷/۱۸	۲/۳۰	۱/۱
۷	۷/٦	۰/۲٥	۱۳/۹	۲٦٥	۹/٥	۳۰۳	۳۷۲	۱٤/۱۱	۳/٤۸	۰/۱
۸	۷/۷	۰/۱٥	۱٦/۰	۱۸٥	۸/٤	۲٥۲	٤۱۰	۱۰/۲۸	۲٥/۷۳	۱/۰
۹	۷/۷	۰/۲٦	۱۳/۸	۳۳٥	٥/۸	۳۱۰	٤٤۰	۱۳/۷٤	۳/۱۱	۱/۳
۱۰	۷/۸	۰/۲۰	۱٤/۲	۳۳۰	۷/۸	۳۱۰	۳۹۰	۹/۰۳	۲/٥۸	۱/۱
۱۱	۷/٤	۰/۲۱	۱۳/۷	٤۰٥	۲/٥	۲٤٦	٤۲۰	۱۳/۷٤	۱/۷	۱/۲
۱۲	۷/٦	۰/۱٥	۹/٤	۲۲٥	۱۲/٥	۱۰۳	٤۱۷	۲٦/۹۰	۳/۰٦	۱/۲
۱۳	۷/۱	۰/۸۲	۱۱/۷	۱۱٥	۱۲/۹	۹٤	۲٤٤	٤٤/۳۹	۱٦/٥۲	۳/٦
۱٤	۷/۹	۰/۳۷	۱٥/٤	۲۳۰	٦/٤	٤۸٤	۳٦٦	۱۲/٥٤	٤/۳٦	۱/۰
۱٥	۷/۱	۰/٤۹	۱۱/٤	۱۲٥	۷/٦	۹۰	۳۷۸	۲٦/۲۰	۱۰/۸۹	۲/۱

جدول ۲- پارامترهاي معادله هاي هم دماي جذب در خاكهاي مطالعه شده*

شماره خاك	معادله لانگمير				معادله فرندليش			مدل خطي				
	k	b $mg\ kg^{-1}$	MBC $mg\ kg^{-1}$	SPR $mg\ kg^{-1}$	r	k_d $L\ kg^{-1}$	n	SPR $mg\ kg^{-1}$	r	EBC $L\ kg^{-1}$	a $mg\ kg^{-1}$	SPR $mg\ kg^{-1}$	r
۱				۳/۳۳	۰/۷۰	۷/۷۷	۰/٦٥	۸/۸٥	۰/۹٦	۱۰/٤٥	-۰/۷۱	۱/۳۷	۰/۹٥
۲	۰/۹۰	۱۳٦/۹۸	۱۳۰/۱۳	۲۰/۹۲	۰/۹۰	٦۱/۸٦	۰/۲٦	٦٥/۲۱	۰/۹٥	۲٥/۳۳	۲٤/۷۷	۲۹/۸٤	۰/۸۸
۳	۰/۱٦	۸۰/٦٤	۱۲/۹۰	۲/٥۲	۰/۹٦	۱۲/۷٥	۰/٦۱	۱٤/٤۲	۰/۹۹	٤/۹۹	٦/۷۸	٦/۸۷	۰/۹٦
٤	۰/۱۰	۲۰٤/۰۸	۲۰/٤۰	٤/۱۹	۰/۹۳	۱۹/٤۳	۰/۸۰	۲۲/۸٥	۰/۹۸	۱۲/۳٥	۱/٤٥	۱/۰۱	۰/۹۷
٥	-	-	-	-	۰/۳٤	۱۲/٤۲	۰/۹۲	۲/۷۰	۰/۹۲	۹/٥۰	٥/۲۹	٥/٤۸	۰/۹۳
٦	-	-	-	-	۰/۱٤	۳۷/۷۱	۰/۹۸	٤٥/۹۰	۰/۹٦	۳۳/۳۸	٤/۸۷	۱۱/٥٤	۰/۹۸
۷	۰/٥٤	۱٤۹/۲٥	۸۰/٥۹	۱٤/٥٥	۰/۹٦	٤۸/۳۱	۰/٥۸	٥٤/۲۷	۰/۹۹	۲٥/۳۷	۱٤/۹۸	۲۰/۰٥	۰/۹٦
۸	۰/٦۲	۱۰٦/۳۸	٦٥/۹٥	۸/۹۳	۰/۹۲	۳۲/۸٥	۰/٥۰	۳/٥۹	۰/۹۸	۱۲/۹۱	۱۲/۹۳	۱٥/٥۱	۰/۹٥
۹	۰/٤۲	۱٥۸/۷۳	٦٦/٦٦	۱۲/۳۰	۰/۹۸	٤۳/۳۸	۰/٦٦	٤۹/٥۱	۰/۹۸	۲۱/٥٥	۱۷/۰۹	۲۱/٤۰	۰/۹۳
۱۰	۲/۰	۱۱۹/۰٤	۲۳۸/۰۸	۳٤/۰۱	۰/۹۷	٦۸/۳۷	۰/۲۷	٤/۲۸	۰/۹۸	۲٥/۲۷	۲٦/۳۷	۳۱/٤۳	۰/۹۱
۱۱	-	-	-	-	۰/۲۱	۲۳۲/۷٥	۰/۷۰	٥/٥۹	۰/۸٤	۲٦/٦۷	۱۳/۲۸	٦۲/۸۱	۰/۹۲
۱۲	-	--	-	-	۰/۱۳	۱۲۹/٤۷	۰/۹۹	٥/۰۳	۰/۸٦	۱۲٦/٦۱	۲/۸٦	۲۸/۱۸	۰/۸۲
۱۳	۰/۲٤	٦۹/۹۳	۱٦/۷۸	۳/۲۱	۰/۹٥	۱٥/۷۸	۰/٥۱	۲/۸٦	۰/۹۸	٤/۸۸	٥/۲۷	٦/۲٥	۰/۹٤
۱٤	۰/٥۱	۱٤۹/۲٥	۷٦/۱۱	۱٤/۰۹	۰/۹۹	۲۱/۰٥	۰/٦۰	۲۳/۷٥	۰/۹۸	۲۲/۲۲٦	۱٦/۷۱	۲۱/۱٥	۰/۹٤
۱٥	۰/۲۹	۱۳٦/۹۸	۳۹/۷۲	۷/٦۱	۰/۹٤	۳۰/۷۸	۰/٦۱	۳/٥٥	۰/۹۸	۱٤/۹۸	۸/٤۲	۳۸/۳۸	۰/۹۷

*- پارامتر هاي هر مدل در بخش مواد و روشها توضيح داده شده است

حداكثر جذب فسفر(b) در دامنه ۲۰٤/۰۸-٦۹/۹۳ با ميانگين ۱۳۱/۱۲ ميلي گرم در كيلو گرم مي باشد. اين نتيجه نشان دهنده تفاوت توان خاكها در جذب سطحي فسفر مي باشد. بيشترين آن در خاك ٤ و كمترين آن در خاك ۱۳ وجود دارد. گنجايش بافري ماكزيمم (MBC) از حاصلضرب ماكزيمم جذب و ثابت متناسب با انرژي پيوند محاسبه شد(۱۱).دامنه تغييرات گنجايش بافري ماكزيمم در دامنه ۲۳۸/۰۸-۱۲/۹ با ميانگين ۷٤/۱۰ميلي‌گرم در كيلو گرم مي باشد. بيشترين MBC در خاك ۱۰ و كمترين آن در خاك ۳ وجود دارد.

مقدار فسفر جذب شده در غلظت ۰/۲ ميلي گرم در ليتر مقداري است كه نياز فسفر تعدادي از گياهان را برطرف مي‌كند، و به عنوان نياز استاندارد فسفر خاكها پذيرفته شده است (۸, ۱۲). نياز استاندارد فسفر خاكهاكه از معادله لانگمير محاسبه شد در دامنه ۳٤/۰۱-۳/۲۱ با ميانگين ۱۲/۲۳ميلي گرم در كيلو گرم مي باشد. بيشترين نياز استاندارد فسفر در خاك ۱۰ و كمترين آن در خاك ۱۳ وجود دارد.

معادله فرندليش قديمي ترين معادله مورد استفاده در بررسي جذب فسفر در خاك بوده (۵) و بر اساس آن انرژي پيوند با افزايش ميزان جذب به طور نمايي كاهش مي يابد. پارامترهاي برآورد شده معادله فرندليش در خاكهاي مطالعه شده داري تغييراتي مي باشد. پارامتر n در خاكهاي مطالعه شده در دامنه ۰/۹۹-۰/۲٦ با متوسط ۰/٦٤ مي باشد. بيشترين مقدار n در خاك ۱۲ و كمترين آن در خاك ۲ مي باشد. ضريب توزيع(k_d) در معادله فرندليش در دامنه ۲۳۲/۷۵-۷/۷۷ با متوسط ۵۱/۰۱ ليتر در كيلوگرم مي‌باشد. بيشترين ضريب توزيع در خاك ۱۱ و كمترين آن در خاك ۱ مي‌باشد. نياز استاندارد فسفر محاسبه شده از معادله فرندليش در دامنه ٦۵/۲۱-۲/۷ با ميانگين ۲۰/۸۲ ميلي‌گرم در كيلوگرم مي‌باشد. بيشترين نياز استاندار فسفر محاسبه شده در خاك ۲ و كمترين آن در خاك ۵ مي‌باشد (جدول ۲). در مدل خطي شيب خطوط به دست آمده كه سنجشي از توانايي خاك در حفظ شدت فسفر در محلول خاك است، گنجايش بافري تعادلي (۱٤) ناميده مي‌شود. اين كميت نشان دهنده تغيير فاكتور كميت براي هر واحد تغيير در فاكتور شدت است. به عبارت ديگر در خاكهايي با فسفر لبايل يكسان، در خاكهايي با EBC كم شدت فسفر در محلول بيشتر از خاكهايي با EBC بالا مي باشد. بنابر اين پس از خارج شدن فسفر از فاز محلول، جايگزيني فسفر خارج شده و افزايش فسفر در فاز محلول به ميزان اوليه در خاكهايي با EBC كمتر آسانتر انجام مي شود تا خاكهايي با EBC بالاتر. دامنه تغييرات EBC ۱۲٦/٦۱-٤/۸۸ با ميانگين ۲۵/۱۸ ليتر در ميلي گرم مي‌باشد. قدر مطلق عرض از مبدا (پارامتر a) در مدل خطي كه نشان‌دهنده فسفرلبايل مي‌باشد (۱٤)، در دامنه۲٦/۳۷-۰/۷۱ با ميانگين ۱۰/٦۹ ميلي‌گرم در كيلوگرم مي‌باشد. كمترين مقدار فسفر لبايل در خاك ۱ و بيشترين آن در خاك ۱۰ مي‌باشد.

نياز استاندارد فسفر محاسبه شده از مدل خطي در دامنه ٦۲/۸۱-۱/۰۱ با ميانگين ۲۰/۰۷ ميلي گرم در كيلوگرم مي‌باشد. نتايج نياز استاندارد فسفر محاسبه شده از همدماهاي مختلف جذب نشان مي‌دهد كه اولا مقادير محاسبه شده در خاكها متفاوت است و ثانيا خاكهايي با بيشترين و كمترين نياز استاندارد فسفر محاسبه شده در مدلهاي مختلف متفاوت مي‌باشد. اين نتايج نشان مي دهند كه براي استفاده از اين مدلها براي محاسبه نياز استاندارد فسفربه مطالعات بيشتري نياز مي‌باشد.

جهت مشخص كردن ارتباط خصوصيات خاك با ثابتهاي معادله هاي همدماي جذب فسفر از هم بستگي ساده (با ۱۰ نمونه خاك و حذف خاكهايي كه معادله لانگمير قادر به توصيف جذب فسفر نبود) استفاده شد. نتايج اين تحقيق نشان داد كه پارامترهاي بر آورد شده از معادله هاي همدماي جذب ، به جز با كربنات كلسيم معادل با ويژگيهاي ديگر خاكها هم بستگي معني داري نداشتند(جدول۳). يكي از ويژگيهايي كه انتظار مي رود با پارامترهاي معادله هاي هم دماي جذب ارتباط داشته باشد در صد رس مي باشد، كه در اين مطالعه چنين هم بستگي مشاهده نشد. از دلايل آن مي تواند احتمالا تفاوت نوع رس در خاكها باشد، و دليل ديگر اينكه در اين مطالعه در صد رس بدون حذف كربنات كلسيم تعيين شد كه اين مي تواند باعث خطا در تعيين در صد رس خاك باشد. در اين ارتباط به تحقيقات بيشتري نياز مي باشد. در باره ارتباط ويژگيهاي خاك با پارامترهاي جذب فسفر مطالعاتي انجام شده است(۲٤، ۲۵، ۲۷،۳۰). رايان و همكاران (۱۹۸۵) گزارش كردند كه جذب فسفر در خاكها بيشتر در ارتباط با مقدار اكسيد آهن مي باشد تا مقدار كربنات كلسيم. ساليس و تورنت (۱۹۸۹) دريافتند كه

گنجايش بافري فسفر خاك شديدا در ارتباط با مقدار رس و اكسيد آهن مي باشد و كربنات كلسيم نقش كمتري در جذب فسفر دارد. هر چند شارپلي و اسميت (١٩٨٥) در يافتند كه غلظت فسفر لبايل خاكها در خاكهاي آهكي بعد از كوددهي هم بستگي معكوسي با مقدار كربنات كلسيم داشت. افيف و همكاران (١٩٩٣) گزارش كردند كه نسبت فسفر عصاره گيري شده به روش اولسن به فسفر به كار رفته در مقادير كم كاربرد فسفر با مقدار اكسيدهاي آهن و در مقادير بالاي كاربرد فسفر با مقدار كربنات كلسيم هم بستگي معكوسي داشتند.

در مطالعه زوولي (٢٠٠١) k_d فرندليش و حداكثر جذب لانگمير هم بستگي معني داري با رس غير كرباتي داشتند. در مطالعه شيرواني و شريعتمداري (١٣٨١) پارامترهاي معادله‌هاي همدماي جذب با در صد رس، كربنات كلسيم معادل و گنجايش بافري خاكها هم بستگي معني داري مشاهده شد.

در پايان هم بستگي بين پارامترهاي معادله هاي هم دماي جذب مطالعه شد(جدول٤). نتايج نشان داد كه ثابت مربوط به انرژي جذب برآورد شده در معادله لانگمير(k) با پارامتر هاي معادله فرندليش و فسفر لبايل در مدل خطي هم بستگي معني داري داشتند، ولي حداكثر جذب فسفر با پارامتر هاي برآورد شده از دو مدل ديگر هم بستگي معني داري نداشتند. در باره پارامترهاي معادله فرندليش، پارامتر k_d با پارامترهاي مدل خطي هم بستگي معني‌داري داشت، ولي پارامتر n فقط با فسفر لبايل هم بستگي معني‌داري داشت. پارامترهاي گنجايش بافري (MBC وEBC) هم بستگي معني‌داري با يكديگر داشتند كه نشان مي‌دهد MBC كه به روش محاسبه تعيين شد، مي‌تواند در اين خاكها به عنوان گنجايش بافري در نظر گرفته شود. در مطالعه شيرواني و شريعتمداري (١٣٨١) نتايج مشابهي گزارش شده است.

جدول ٣- نتايج ارتباط ويژگيهاي خاك با پارامتر هاي معادله هاي همدماي جذب فسفر در خاكهاي مطالعه شده[1]

	معادله لانگمير				معادله فرندليش			معادله خطي		
ويژگيهاي خاك	MBC	b	k	SPR	k_d	n	SPR	EBC	a	SPR
كربنات كلسيم معادل	٠/٧٥ *	٠/٣٠ ns	٠/٦٤ *	٠/٨٠ *	٠/٨٦ *	-٠/٥٧ ns	٠/٦٩ *	٠/٨٦ *	٠/٨٩ *	٠/٤٨ ns
مواد آلي	-٠/٣٨ ns	٠/٢٥ ns	-٠/٣٤ ns	-٠/٤٢ ns	-٠/٤٢ ns	٠/٤٠ ns	-٠/٣٠ ns	-٠/٤٤ ns	- ٠/٦٩ *	٠/٦٦ *
گنجايش تبادل كاتيوني	٠/٣٣ ns	٠/٠٤ ns	٠/٣٣ ns	٠/٣٢ ns	٠/١٦ ns	- ٠/٠٨ ns	- ٠/٠٣ ns	٠/٣٥ ns	٠/٣٩ ns	٠/٠٢ ns
رس	٠/١٩ ns	٠/٣٨ ns	٠/١١ ns	٠/٢٠ ns	٠/٣٢ ns	- ٠/٠١ ns	٠/٤٤ ns	٠/٣٢ ns	٠/٣١ ns	٠/١٨ ns
سيلت	٠/٥٥ ns	٠/١٧ ns	٠/٤٧ ns	٠/٦٢ ns	٠/٤٦ ns	- ٠/٣٥ ns	٠/٤٢ ns	٠/٧٦ ns	٠/٧٦ ns	٠/٤٠ ns
اولسن-P	- ٠/٤٨ ns	٠/٣٦ ns	- ٠/٤٧ ns	- ٠/٥٠ ns	- ٠/٤٦ ns	٠/٥١ ns	- ٠/٥١ ns	- ٠/٤٦ ns	- ٠/٧٠ *	- ٠/٥٧ ns
دي تي پي اي-P	- ٠/٤٣ ns	٠/٠٥ ns	- ٠/٣٦ ns	- ٠/٥٠ ns	- ٠/٤١ ns	٠/٢٧ ns	- ٠/٣٨ ns	- ٠/٥٣ ns	- ٠/٥٧ ns	- ٠/٤٩ ns
كلريد كلسيم-P	- ٠/٤٧ ns	٠/١٤ ns	- ٠/٤٢ ns	- ٠/٥١ ns	- ٠/٥٢ ns	٠/٤٢ ns	- ٠/٣٦ ns	- ٠/٦٠ ns	- ٠/٦٩ ns	- ٠/٥٣ ns

پارامترهاي اين معادلات در بخش مواد و روشها توضيح داده شده است. **- در سطح ١ در صد معني دار مي باشد.
*- در سطح ٥ در صد معني دار مي باشد. ns - در سطح ٥ در صد معني دار نمي باشد.

جدول ٤- نتايج ارتباط بين پارامتر هاي معادله هاي همدماي جذب فسفر در خاكهاي مطالعه شده[1]

		k	b	MBC	SPR	a	k_d	SPR	EBC	a	SPR
معادله لانگمير	k	-	٠/٠٨ ns	٠/٩٨ **	٠/٩٥ **	٠/٨٢ **	٠/٧٩ **	- ٠/٠٢ ns	٠/٦١ ns	٠/٨٣ **	٠/٥٤ ns
	b	-	-	٠/٠٤ ns	٠/١١ ns	٠/١٦ ns	٠/٤٣ ns	٠/٤٥ ns	٠/٤٩ ns	٠/٠١ ns	٠/٠٧ ns
	MBC	-	-	-	٠/٩٩ **	٠/٨٧ **	٠/٧٧ **	٠/١٢ ns	٠/٧٣ *	٠/٨٩ **	٠/٦٠ ns
	SPR				-	٠/٨٩ **	٠/٧٤ *	٠/٢٢ ns	٠/٨١ **	٠/٩١ **	٠/٦٤ *
معادله فرندليش	k_d					-	- ٠/٧٢ *	٠/٤٤ ns	٠/٨٢ **	٠/٨٧ **	٠/٦٧ *
	n						-	- ٠/٠٨ ns	- ٠/٤١ ns	٠/٧٨ **	٠/٥٢ ns
	SPR							-	٠/٦٠ ns	٠/٤١ ns	٠/١٤ ns
معادله خطي	EBC								-	٠/٨٣ **	٠/٦٦ *
	a									-	٠/٦٨ *
	SPR										-

پارامترهاي اين معادلات در بخش مواد و روشها توضيح داده شده است. **- در سطح ١ در صد معني دار مي باشد.
*- در سطح ٥ در صد معني دار مي باشد. ns - در سطح ٥ در صد معني دار نمي باشد.

نياز استاندارد فسفر خاكها كه از معادله لانگمير و مدل خطي محاسبه شد، هم بستگي معني داري با يكديگر داشتند، ولي هيچكدام با نياز استاندارد فسفر خاكها كه از معادله فرندليش محاسبه شد، هم بستگي معني داري نداشتند. اين نتيجه نشان مي دهد كه احتمالا از معادله فرندليش نمي توان براي محاسبه فسفر استاندارد خاكها استفاده كرد. به راستي آيا نياز استاندارد فسفر خاكها مي تواند نياز خاكها به فسفر را مشخص كند؟ در صورت مثبت بودن جواب ، از كدام مدل استفاده شود؟ در اين باره و براي جواب به اين دو سوال به تحقيقات بيشتري نياز مي باشد. در پايان پيشنهاد مي شود چنين مطالعاتي با تعداد بيشتري خاك و همراه با كشت گياه انجام شود.

REFERENCES منابع مورد استفاده

۱. شيرواني، م. و ح. شريعتمداري. ۱۳۸۱. استفاده از هم دماهاي جذب سطحي در تعيين شاخص هاي ظرفيت بافري و نياز استاندارد فسفر برخي خاك هاي آهكي استان اصفهان. مجله علوم و فنون كشاورزي و منابع طبيعي. ج.۱۳۰:٦-۱۲۱.

2. Afif, E., A. Matar, & J. Torrent.1993. Availability of phosphate applied to calcareous soils of west Asia and North Africa. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:756-760
3. Agbenin, J. O., & H. Tiessen. 1994. The effect of soil properties on the differential phosphate sorption by semiarid soils from northern Brazil.157:36-45.
4. Amer, E., D. R. Bouldin, C. A. Black, & F. R. Duke. 1955. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and ^{32}P equilibration. Plant Soil. 6:391-408.
5. Barrow, N. J. 1978. The description of phosphate adsorption curves. J. Soil Sci. 29:447-462.
6. Barrow, N. J. 1983. On the reversibility of phosphate sorption by soils. J. Soil Sci. 34:751-758.
7. Bray, R. H., & L. T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59:39-45.
8. Fox, R. L., & E. J. Kamprath.1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirement of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34:902-907.
9. Gee, G. H., & J. W. Bauder.1986. Particle size analysis. In: A. Klute, (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, physical properties. SSSA, Madison, WI.
10. Hatrikainen, H. 1991. Potential mobility of accumulated phosphorus in soil as estimated by the indices of Q/I plots and by extractant. Soil Sci.152:207-209.
11. Holford, I. C. R. 1979. Evaluation of soil phosphorus buffering indices. Aust. J. Soil Res. 17:495-54.
12. Juo, A. S. R., & R. L. Fox. 1977. Phosphate sorption of some benchmark soils of west Africa. Soil Sci. 124:370-376.
13. Kamprath, E. J., & M. E. Watson. 1980. Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status of soils. In: F. E. Khasawneh, etal (eds.). The role of Phosphorus in Agriculture. ASA, Madison, WI.
14. Kpomblekou-A, K., & M. A. Tabatabai.1997. Effect of cropping systems on quantity-intensity relationships of soil phosphorus. Soil Sci. 162:56-68.
15. Kuo, S. 1996. Phosphorus. In: D. L. Sparks, (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, WI.
16. Loeppert, R. H., & D. L. Sparks. 1996. Carbonate and gypsum. In: D. L. Sparks, (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, WI.
17. Mehlich, A. 1978. Influence of fluoride, sulfate, and acidity on extractable phosphorus, calcium, magnesium and potassium. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 7:455-476.
18. Murphy, J., & H. P. Rilley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta.27:31-36.
19. Nelson, D. W., & L. E. Summers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: D. L. Sparks, (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, WI.

20. Okajima, H., H. Kubota, & T. Sakuma. 1983. Hystresis in the phosphorus sorption and desorption process in soils. Soil Sci. Plant Nutr. 29:271-283.
21. Olsen. S. R., & F. S. Watanabe.1957. A method to determine phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21:144-149.
22. Raven, K. P., & I. R. Hossner. 1994. Sorption and desorption quantity-intensity parameters related to plant available phosphorus. Soil Sci. Sopc. Am. J. 58:405-410.
23. 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, WI.
24. Ryan, J., D. Curtin, & M. A. Cheeman. 1985. Significance of iron oxides and calcium carbonate particle size in phosphate sorption by calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:74-76.
25. Solis, P., & J. Torrent. 1989. Phosphate sorption by calcareous Vertisols and Inceptisols of Spain. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:456-459.
26. Schofield, R. K. 1955. Can a precise meaning be given to available soil phosphorus. Soil Fert. 18:373-375.
27. Sharpley, A. N., & S. J. Smith. 1985. Fractionation of inorganic and organic phosphorus in virgin and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:127-130.
28. Sumner, M. E., & W. P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficient. In: D. L. Sparks, (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, WI.
29. Thomas, G. W.1996. Soil pH and soil acidity. In: D. L. Sparks, (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, WI.
30. Zhou, M., & Y. Li. 2001. Phosphorus-sorption characteristics of calcareous soils and limestone from the Southern Everglades and adjacent farmland. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:1404-1412.