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

مشخصات جذب سطحي فسفر و رابطه آن با ويژگيهاي خا ك 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 ٦۹/۹۳-۲۰٤/۰۸ ميلي گرم در كيلوگرم بود. پارامتر وابسته به انرژي پيوند(**k**) در دامنه ۰/۱-۲/۰ بود. گنجايش بافري حداكثر(**MBC**) در دامنه ۱۲/۹-۲۳۸/۰۸ ميلي‌گرم در كيلوگرم بود. در معادله فرندليش پارامتر(**n**)در دامنه ۰/۲٦-۰/۹۹ و ضريب توزيع (**kd**) در دامنه ۷/۷۷-۲۳۲/۷۵ ليتر در كيلو گرم بود. در مدل خطي گنجايش بافري تعادلي (**EBC**) در دامنه ٤/۸۸-۱۲٦/٦۱ ليتر در كيلوگرم و فسفر لبايل در دامنه ۰/۷۱-۲۹/۳۷ ميلي گرم در كيلوگرم بود. نياز استاندارد فسفر خاكها كه به وسيله مدلهاي لانگمير، فرندليش و خطي تعيين شد، به ترتيب در دامنه۳/۲۱-۳٤/۰۱، ۷/٦۵/۱-۲ و ۱/۰۱-۸۱/٦۲ 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 دركلريد 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 (١٥) كه به عنوان فاكتور كميت در نظر گرفته شدند. پس از عصاره گيري فسفر موجود در عصاره ها به روش رنگ سنجي (١٨) تعيين گرديد.

به منظور مطالعه جذب فسفر ٢ گرم ازنمونه هاي خاك (در دو تكرار) با ٢٥ ميلي ليتر محلول داراي غلظتهاي فزاينده فسفر از ٠ تا ١٥ ميلي گرم در ليتر (ازنمك KH_2PO_4) در لوله هاي سانتريفيوژ به مدت ٢٤ ساعت در دماي ٢٥ درجه سانتيگراد به تعادل رسانده شد.سپس سوسپانسيون سانتريفيوژ و به وسيله كاغذ صافي واتمن ٤٢ صاف و فسفر نمونه هاي صاف شده به روش رنگ سنجي (١٨)تعيين گرديد.مقدار فسفر جذب يا آزاد شده از اختلاف بين مقدارفسفر اضافه شده (مقدار اوليه) و مقدار فسفرتعادلي (نهايي) بدست آمد. براي رسم نمودارهاي كميت - شدت از سه مدل لانگمير، فرندليش و خطي استفاده شد.

همدماي جذب لانگمير به شكل زير مي باشد:

$$q=kcb/1+kc$$

در اين معادله:

C- غلظت در حال تعادل ماده جذب شونده.

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

b و K-به ترتيب بيانگر حداكثر جذب فسفر و ثابتي كه وابسته به انرژي پيوند مي باشد.

با استفاده از معادله لانگمير گنجايش بافري حداكثر[1] (MBC) كه حاصلضرب حداكثر جذب و ثابت متناسب با انرژي پيوند است محاسبه شد(١١).

همدماي جذب فرندليش به شكل زير مي باشد:

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

در اين معادله q و C همان تعاريف قبلي را دارند.

k_d- ضريب توزيع و n فاكتور تصحيح است.

معادله خطي به شكل زير است:

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

در اين معادله q و C همان تعاريف قبلي را دارند.

قدر مطلق عرض از مبدا نشان دهنده فسفر لبايل و شيب خط نشان دهنده گنجايش بافري[2] (EBC) مي باشد(١٤).

براي به دست آوردن پارامتر هاي اين معادلات از تكنيك رگرگرسيون خطي استفاده شد. با استفاده از اين معادلات مقدار فسفر جذب شده در غلظت ٠/٢ ميلي گرم در ليتر محاسبه و به عنوان نياز استاندارد فسفر[3] (SPR) در نظر گرفته شد(٨, ١٢). در پايان بين پارامتر هاي معادلات با خصوصيات خاك معادلات رگرسيوني برازش و خصوصياتي از خاك كه در جذب فسفر نقش دارند مشخص گرديد. همچنين بين پارامترهاي برآورد شده از مدلهاي مختلف معادلات رگرسيوني برازش گرديد.

نتايج و بحث

بر اساس نتايج مي توان گفت خاكهاي مطالعه شده داراي دامنه گسترده اي از نظر خصوصيات فيزيكي و شيميايي مي باشند(جدول ١). دامنه تغييرات رس و سيلت به ترتيب ٤٥/٢-٢٤/٤ و ٤٨/٤-٦/٠ در صد مي باشد. بر اساس نتايج شيميايي ارائه شده مي توان گفت خاكهاي مورد مطالعه خاكهاي آهكي با pH قليايي مي باشند. دامنه تغييرات pH ٧/٨-٧/٠، قابليت هدايت الكتريكي ٠/٨٩-٠/١٥ دسي زيمنس بر متر، كربنات كلسيم معادل ٤٠/٥-١١/٥ درصد، كربن آلي ١/٧٢-٠/٢٥ درصدوگنجايش‌تبادل كاتيوني٩/٤-١٧/١ سانتي‌مول بار در كيلوگرم مي‌باشد.

حداكثر جذب فسفر (مقدار فسفر جذب شده هنگامي كه سطوح جذب اشباع باشد)، تمايل فسفر(مقدار انرژي پيوند فسفر به سطح) و شاخصهاي بافري معيارهاي مهم براي طبقه بندي گنجايش خاكها به محبوس كردن فسفر اضافه شده مي‌باشند (٢٠). جذب فسفر در خاكها مي‌تواند به وسيله چند مدل توصيف شود كه همدماي جذب لانگمير، فرندليش و خطي مهم‌تر از بقيه مي باشند.

نتايج برازش اطلاعات جذب فسفر به دست آمده براي هر خاك به وسيله سه مدل لانگمير، فرندليش و خطي در جدول ٢ آورده شده است. مقادير ضريب هم بستگي نشان مي دهند، دو مدل خطي و فرندليش در تمام خاكها جذب فسفر به وسيله

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

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

حداكثر جذب فسفر(b) در دامنه ۲۰٤/۰۸-٦۹/۹۳ با میانگین ۱۳۱/۱۲ میلي گرم در كیلو گرم مي باشد. این نتیجه نشان دهنده تفاوت توان خاكها در جذب سطحي فسفر مي باشد. بیشترین آن در خاك ٤ و كمترین آن در خاك ۱۳ وجود دارد. گنجایش بافري ماكزیمم (MBC) از حاصلضرب ماكزیمم جذب و ثابت متناسب با انرژي پیوند محاسبه شد(۱۱).دامنه تغییرات گنجایش بافري ماكزیمم در دامنه ۲۳۸/۰۸-۱۲/۹ با میانگین ۷٤/۱۰میلي‌گرم در كیلو گرم مي باشد. بیشترین MBC در خاك ۱۰ و كمترین آن در خاك ۳ وجود دارد.

مقدار فسفر جذب شده در غلظت ۰/۲ میلي گرم در لیتر مقداري است كه نیاز فسفر تعدادي از گیاهان را برطرف مي‌كند، و به عنوان نیاز استاندارد فسفر خاكها پذیرفته شده است (۸, ۱۲). نیاز استاندارد فسفر خاكهاكه از معادله لانگمیر محاسبه شد در دامنه ۳٤/۰۱-۳/۲۱ با میانگین ۱۲/۲۳میلي گرم در كیلو گرم مي باشد. بیشترین نیاز استاندارد فسفر در خاك ۱۰ و كمترین آن در خاك ۱۳ وجود دارد.

معادله فرندلیش قدیمي ترین معادله مورد استفاده در بررسي جذب فسفر در خاك بوده (۵) و بر اساس آن انرژي پیوند با افزایش میزان جذب به طور نمایي كاهش مي یابد. پارامترهاي برآورد شده معادله فرندلیش در خاكهاي مطالعه شده داري تغییراتي مي باشد. پارامتر n در خاكهاي مطالعه شده در دامنه ۰/۹۹-۰/۲٦ با متوسط ۰/٦٤ مي باشد. بیشترین مقدار n در خاك ۱۲ و كمترین آن در خاك ۲ مي باشد. ضریب توزیع(k_d) در معادله فرندلیش در دامنه ۲۳۲/۷۵-۷/۷۷ با متوسط ۵۱/۰۱ لیتر در كیلوگرم مي‌باشد. بیشترین ضریب توزیع در خاك ۱۱ و كمترین آن در خاك ۱ مي‌باشد. نیاز استاندارد فسفر محاسبه شده از معادله فرندلیش در دامنه ٦۵/۲۱-۲/۷ با میانگین ۲۰/۸۲ میلي‌گرم در كیلوگرم مي‌باشد. بیشترین نیاز استاندار فسفر محاسبه شده در خاك ۲ و كمترین آن در خاك ۵ مي‌باشد (جدول ۲). در مدل خطي شیب خطوط به دست آمده كه سنجشي از توانایي خاك در حفظ شدت فسفر در محلول خاك است، گنجایش بافري تعادلي (۱٤) نامیده مي‌شود. این كمیت نشان دهنده تغییر فاكتور كمیت براي هر واحد تغییر در فاكتور شدت است. به عبارت دیگر در خاكهایي با فسفر لبایل یكسان، در خاكهایي با EBC كم شدت فسفر در محلول بیشتر از خاكهایي با EBC بالا مي باشد. بنابر این پس از خارج شدن فسفر از فاز محلول، جایگزیني فسفر خارج شده و افزایش فسفر در فاز محلول به میزان اولیه در خاكهایي با EBC كمتر آسانتر انجام مي شود تا خاكهایي با EBC بالاتر. دامنه تغییرات EBC ۱۲٦/٦۱-٤/۸۸ با میانگین ۲۵/۱۸ لیتر در میلي گرم مي‌باشد. قدر مطلق عرض از مبدا (پارامتر a) در مدل خطي كه نشان‌دهنده فسفرلبایل مي‌باشد (۱٤)، در دامنه۲٦/۳۷-۰/۷۱ با میانگین ۱۰/٦۹ میلي‌گرم در كیلوگرم مي‌باشد. كمترین مقدار فسفر لبایل در خاك ۱ و بیشترین آن در خاك ۱۰ مي‌باشد.

نیاز استاندارد فسفر محاسبه شده از مدل خطي در دامنه ٦۲/۸۱-۱/۰۱ با میانگین ۲۰/۰۷ میلي گرم در كیلوگرم مي‌باشد. نتایج نیاز استاندارد فسفر محاسبه شده از همدماهاي مختلف جذب نشان مي‌دهد كه اولا مقادیر محاسبه شده در خاكها متفاوت است و ثانیا خاكهایي با بیشترین و كمترین نیاز استاندارد فسفر محاسبه شده در مدلهاي مختلف متفاوت مي‌باشد. این نتایج نشان مي دهند كه براي استفاده از این مدلها براي محاسبه نیاز استاندارد فسفربه مطالعات بیشتري نیاز مي‌باشد.

جهت مشخص كردن ارتباط خصوصیات خاك با ثابتهاي معادله هاي همدماي جذب فسفر از هم بستگي ساده (با ۱۰ نمونه خاك و حذف خاكهایي كه معادله لانگمیر قادر به توصیف جذب فسفر نبود) استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد كه پارامترهاي بر آورد شده از معادله هاي همدماي جذب ، به جز با كربنات كلسیم معادل با ویژگیهاي دیگر خاكها هم بستگي معني داري نداشتند(جدول۳). یكي از ویژگیهایي كه انتظار مي رود با پارامترهاي معادله هاي هم دماي جذب ارتباط داشته باشد در صد رس مي باشد، كه در این مطالعه چنین هم بستگي مشاهده نشد. از دلایل آن مي تواند احتمالا تفاوت نوع رس در خاكها باشد، و دلیل دیگر اینكه در این مطالعه در صد رس بدون حذف كربنات كلسیم تعیین شد كه این مي تواند باعث خطا در تعیین در صد رس خاك باشد. در این ارتباط به تحقیقات بیشتري نیاز مي باشد. در باره ارتباط ویژگیهاي خاك با پارامترهاي جذب فسفر مطالعاتي انجام شده است(۲٤، ۲۵، ۲۷،۳۰). رایان و همكاران (۱۹۸۵) گزارش كردند كه جذب فسفر در خاكها بیشتر در ارتباط با مقدار اكسید آهن مي باشد تا مقدار كربنات كلسیم. سالیس و تورنت (۱۹۸۹) دریافتند 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 شاريلي 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 خطي			معادله فرندليش			معادله لانگمير			
ويژگيهاي خاك	SPR	a	EBC	SPR	n	k_d	SPR	k	b	MBC
كربنات كلسيم معادل	٠/٤٨ ns	٠/٨٩ *	٠/٨٦ *	٠/٦٩ *	-٠/٥٧ ns	٠/٨٦ *	٠/٨٠ *	٠/٦٤ *	٠/٣٠ ns	٠/٧٥ *
مواد آلي	٠/٦٦ *	- ٠/٦٩ *	-٠/٤٤ ns	-٠/٣٠ ns	٠/٤٠ ns	-٠/٤٢ ns	-٠/٤٢ ns	-٠/٣٤ ns	٠/٢٥ ns	-٠/٣٨ ns
گنجايش تبادل كاتيوني	٠/٠٢ ns	٠/٣٩ ns	٠/٣٥ ns	- ٠/٠٣ ns	- ٠/٠٨ ns	٠/١٦ ns	٠/٣٢ ns	٠/٣٣ ns	٠/٠٤ ns	٠/٣٣ ns
رس	٠/١٨ ns	٠/٣١ ns	٠/٣٢ ns	٠/٤٤ ns	- ٠/٠١ ns	٠/٣٢ ns	٠/٢٠ ns	٠/١١ ns	٠/٣٨ ns	٠/١٩ ns
سيلت	٠/٤٠ ns	٠/٧٦ ns	٠/٧٦ ns	٠/٤٢ ns	- ٠/٣٥ ns	٠/٤٦ ns	٠/٦٢ ns	٠/٤٧ ns	٠/١٧ ns	٠/٥٥ ns
اولسن-P	- ٠/٥٧ ns	- ٠/٧٠ *	- ٠/٤٦ ns	٠/٥١ ns	- ٠/٥١ ns	- ٠/٤٦ ns	- ٠/٥٠ ns	- ٠/٤٧ ns	٠/٣٦ ns	- ٠/٤٨ ns
دي تي پي اي-P	- ٠/٤٩ ns	- ٠/٥٧ ns	- ٠/٥٣ ns	٠/٢٧ ns	- ٠/٣٨ ns	- ٠/٤١ ns	- ٠/٥٠ ns	- ٠/٣٦ ns	٠/٠٥ ns	- ٠/٤٣ ns
كلريد كلسيم-P	- ٠/٥٣ ns	- ٠/٦٩ ns	- ٠/٦٠ ns	٠/٤٢ ns	- ٠/٣٦ ns	- ٠/٥٢ ns	- ٠/٥١ ns	- ٠/٤٢ ns	٠/١٤ ns	- ٠/٤٧ 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.

منابع مورد استفاده REFERENCES

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.۱۳۰:۶-۱۲۱.

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.