

## بررسی ویژگی‌های جذب سطحی فسفر در خاک‌های تحت کشت نیشکر در منطقه شعبیه خوزستان

مصطفی جُرْم<sup>۱</sup> و عبدالغفور احمدپور داشلی‌برون<sup>۲</sup>

### چکیده

بررسی وضعیت فسفر در خاک‌های تحت کشت نیشکر جهت نیل به عملکرد بالا ضروری می‌باشد، تا توصیه کودی مناسبی انجام شود و گیاه دچار کمبود این عنصر نگردد. لذا هدف این پژوهش بررسی میزان جذب سطحی و آزادسازی فسفر در برخی از خاک‌های تحت کشت نیشکر همراه با بررسی برخی از ویژگی‌های این خاک‌ها بود. به‌منظور بررسی ویژگی‌های جذب سطحی فسفر در خاک‌های تحت کشت نیشکر از ۱۲ نقطه منطقه شعبیه نمونه‌های خاک با خصوصیات متنوع فیزیکی و شیمیایی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و پس از آماده سازی ۲ گرم از هر نمونه خاک با ۴۰ میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار حاوی صفر تا ۷۰ میلی‌گرم فسفر در لیتر، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تعادل گذاشته شد. ارتباط فسفر جذب سطحی شده با غلظت تعادلی فسفر به وسیله هم‌دماهای جذب سطحی لانگ‌مویر، فروندلیچ و ون‌های برازش داده شد و هر سه معادله به خوبی این ارتباط را توصیف نمودند. شاخص حداکثر جذب سطحی فسفر با استفاده از معادله لانگ‌مویر محاسبه گردید که با درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در سطح یک درصد رابطه مثبت و با میزان فسفر قابل جذب خاک در سطح پنج درصد رابطه منفی نشان داد. در ضمن به‌منظور مطالعه بین جذب و آزادسازی فسفر، خاک‌های تیمار شده با فسفر به وسیله کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار بعد از ۲۴ ساعت تعادل در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد عصاره‌گیری و رهاسازی فسفر مطالعه گردید. در این مطالعه مشخص شد که بین جذب و رهاسازی فسفر در سطح یک درصد رابطه مثبت وجود دارد، اما رهاسازی فسفر با هیچ‌کدام از خصوصیات خاک‌ها رابطه معنی‌داری را نشان نداد. به‌طور کلی جذب سطحی فسفر در خاک‌های مورد مطالعه به شدت تحت تأثیر درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی و تا حدی میزان فسفر قابل جذب خاک بود، که در نهایت توصیه می‌گردد این ویژگی در مراحل عملی آزمون فسفر خاک مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جذب سطحی، آزاد سازی، فسفر، لانگ‌مویر، فروندلیچ، ون‌های

۱. استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز

۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز

## مقدمه

فسفر از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه می‌باشد که در تولید بیشتر محصول نقش دارد. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و ساخت و کارهای انتقال انرژی دخالت دارد. از آنجاکه فسفر در خاک تحت تاثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد، ارزیابی وضعیت آن در این محیط بسیار پیچیده می‌باشد. پژوهشگران روش‌های مختلفی را برای ارزیابی وضعیت فسفر در خاک ارائه نموده‌اند که هرکدام برای وضعیت و شرایط منطقه‌ی خاصی پیشنهاد شده است. یکی از روش‌هایی که در بیست سال اخیر برای بررسی وضعیت فسفر در خاک ارائه شده است، استفاده از هم‌دماهای جذب فسفر می‌باشد. با استفاده از این روش می‌توان غلظت فسفر در فاز محلول خاک، انرژی جذب فسفر توسط خاک و حداکثر جذب آن توسط خاک، قدرت بافتری خاک در برابر تغییرات غلظت فسفر در محلول و وضعیت تعادل بین فسفر در فاز محلول و فاز جامد و ارتباط بین آن‌ها را برآورد نمود (شیروانی و شریعتمداری، ۱۳۸۱). هم‌چنین در توصیه کود فسفره می‌توان از هم‌دماهای جذب فسفر کمک گرفت. غلظت فسفر در محلول خاک و در نتیجه قابل استفاده بودن این عنصر غذایی برای گیاه ارتباط نزدیکی با فرآیندهای جذب سطحی به‌وسیله اجزای خاک از جمله کانی‌های رسی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم، کربنات کلسیم و مواد آلی خاک دارد (روبرتو و جیام پیرترو، ۲۰۰۴). این ارتباط را می‌توان به‌وسیله هم‌دماهای جذب توصیف کرد، که در میان آن‌ها معادله‌های لانگ‌مویر (Langmuir)، فروندلیچ (Freundlich) و ون‌های (Van Huay) رایج‌تر از بقیه هستند (روبرتو و جیام پیرترو، ۲۰۰۴). شکل متدوال معادله لانگ‌مویر به شرح ذیل است:

$$\frac{x}{m} = \frac{kcb}{1 + kc}$$

که در آن  $\frac{x}{m}$  وزن جذب شونده در واحد وزن جذب کننده بر حسب میکروگرم در هر گرم جذب کننده،  $C$  غلظت تعادلی جذب شونده بر حسب میکروگرم در هر گرم جذب کننده،  $k$  عدد ثابتی است که به قدرت پیوند

یا قدرت جذب مربوط می‌باشد و  $b$  حداکثر مقدار ماده‌ای که می‌تواند جذب شود (یک لایه کامل مولکولی). معادله فوق را اغلب به‌صورت فرم خطی آن نشان می‌دهند تا پژوهش درباره آن که آیا داده‌ها با مدل لانگ‌مویر تطابق می‌یابند یا نه آسان‌تر شود:

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{kb} + \frac{c}{b}$$

یکی از مزایای مهم رابطه لانگ‌مویر آن است که می‌تواند حدی مشخص را برای جذب بر یک سطح خاص معین کند. اولسن و واناتابه (۱۹۵۷) برای اولین بار از معادله لانگ‌مویر به‌منظور توصیف جذب فسفر در خاک استفاده کردند و پس از آن پژوهشگران زیادی معادله فوق را در پژوهش‌های خود مورد استفاده قرار دادند (اولسن و واناتابه، ۱۹۵۷؛ سکادوان و بووار، ۱۹۹۸؛ سولیس و تورنت، ۱۹۸۹). مزیت اصلی معادله لانگ‌مویر این است که می‌توان حداکثر جذب را به‌وسیله آن تخمین زد. مهدی و همکاران (۱۹۹۰) از جذب حداکثر به‌دست آمده از معادله لانگ‌مویر به‌منظور پیش‌بینی میزان فسفر مورد نیاز گندم استفاده نموده و نشان دادند که خاک‌های دارای حداکثر جذب بالاتر نیاز به کود فسفوری بیشتری دارند. آگنین و تیسن (۱۹۹۴) از معادله لانگ‌مویر در برازش داده‌های جذب فسفر استفاده کرده و روابط معنی‌دار بین پارامترهای این معادله و ویژگی‌های خاک، مانند درصد رس و کربن آلی به‌دست آوردند. معادله ساده‌تر فروندلیچ نیز یکی از مدل‌هایی است که می‌تواند برای توصیف جذب فسفر استفاده شود. فروندلیچ (۱۹۲۶) طی مطالعات خود دریافت که جذب از محلول‌های رقیق از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$\frac{x}{m} = kc^{1/n}$$

که در آن  $\frac{x}{m}$  مقدار ماده جذب شونده در واحد وزن کننده (میکروگرم در هر گرم جذب کننده)،  $C$  غلظت تعادلی ماده جذب شونده (میکروگرم در هر گرم جذب کننده) و  $k$  و  $n$  دو ثابت تجربی می‌باشند. اگر از طرفین معادله لگاریتم گرفته شود خواهیم داشت:

$$\log x/m = \frac{1}{n} \log C + \log K$$

رابطه اخیر یک رابطه خطی است. بر پایه آن انرژی پیوند با افزایش میزان جذب به‌طور نمایی کاهش

معنی داری وجود دارد. ویلاپاندر و گریتز (۲۰۰۱) جذب سطحی و رهاسازی فسفر را در افق اسپدیک خاک‌های اسپودوسول واقع در فلوریدا بررسی نمودند و ارتباط آن را با میزان اکسیدهای آهن و آلومینیوم و مواد آلی به‌دست آوردند. نیر و همکاران (۱۹۸۴) گزارش نمودند که داده‌های جذب فسفر در ۱۲ خاک با معادلات لانگ‌مویر، فروندلیچ و تمکین قابل توجیه می‌باشد، اما هم‌دماهای فروندلیچ جذب فسفر را مخصوصاً در غلظت‌های بالای فسفر بهتر نشان می‌دهد، به‌طور کلی فسفر قابل استفاده خاک در کشت متمرکز سریع‌اً به مصرف رسیده و مقدار آن در خاک کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی افزودن کودهای فسفاتی، جهت نیل به عملکرد بالا ضرورت می‌یابد. به‌همین دلیل بررسی وضعیت فسفر در خاک‌های تحت کشت نیشکر ضروری می‌باشد، تا توصیه کودی مناسبی انجام شود و گیاه دچار کمبود این عنصر نگردد. بنابراین اهداف این پژوهش عبارتند از:

- ۱- بررسی میزان جذب سطحی و آزادسازی فسفر در برخی از خاک‌های تحت کشت نیشکر
- ۲- برآزش داده‌های جذب سطحی فسفر در این خاک‌ها با معادلات لانگ‌مویر و فروندلیچ و ون‌های و بررسی چگونگی جذب سطحی و ارتباط آن با فسفر آزاد شده خاک
- ۳- بررسی تاثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها بر جذب سطحی و آزادسازی فسفر

### مواد و روش‌ها

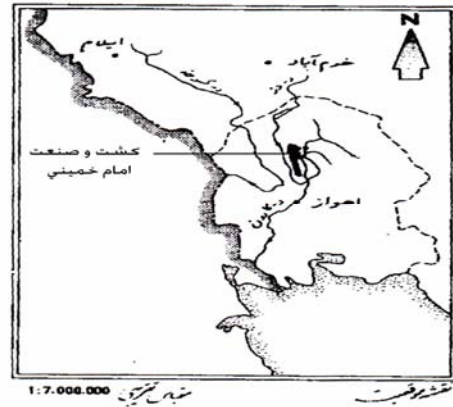
منطقه مورد مطالعه (کشت صنعت امام خمینی) بخشی از دشت شعیبیه خوزستان به مساحت ۱۵۸۰۰ هکتار است، که در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب شوشتر و ۵۰ کیلومتری شمال اهواز واقع گردیده است. ۱۲ نمونه خاک از نقاط مختلف براساس نقشه‌های خاک این منطقه طوری انتخاب شدند که دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوتی باشند.

می‌یابد. برتری معادله فروندلیچ نسبت به معادله لانگ‌مویر آن است که افزون بر ساده بودن، بر فرض‌های واقعی‌تری بنیان نهاده شده است. سولیس و تورنت (۱۹۸۹) با بررسی جذب فسفر در خاک‌های آهکی اسپانیا از معادله فروندلیچ، به‌دلیل داشتن ضرایب تعیین بالاتر نسبت به معادله لانگ‌مویر استفاده کردند. فکری و همکاران (۱۳۷۳) در توصیف هم‌دماهای جذب فسفر در سه خاک آهکی اصفهان مدل فروندلیچ را نسبت به مدل‌های لانگ‌مویر و تمکین برتر دانستند. معادله ون‌های نیز یکی از معادلاتی است که برای توصیف جذب سطحی عناصر پیشنهاد شده است (شیروانی و شریعتمداری، ۱۳۸۱). شکل کلی معادله ون‌های نیز به صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{x}{m} = m + n\sqrt{c}$$

که در آن  $\frac{x}{m}$  مقدار ماده جذب شونده در واحد وزن کننده (میکروگرم در هر گرم جذب کننده)،  $c$  غلظت تعادلی ماده جذب شونده (میکروگرم در هر گرم جذب کننده) و  $m$  و  $n$  ثابت‌های تجربی می‌باشند.

یکی دیگر از معادلاتی که در توصیف هم‌دماهای جذب سطحی فسفر به کار می‌رود معادله ون‌های است که در آن جذب فسفر به‌عنوان تابعی از جذر غلظت تعادلی فسفر در محلول رسم می‌گردد. جس ژبرینیا و لیچ (۱۹۹۶) از این مدل در بررسی خاک‌های مجارستان استفاده کرده و نشان دادند که روند جذب فسفر در این خاک‌ها از مدل ون‌های پیروی می‌کند. بن نواح و اکوایه (۱۹۸۹) ضرایب همبستگی میان حداکثر جذب فسفر با ماده آلی و درصد رس را به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۷۹ گزارش کردند. آن‌ها مشاهده نمودند که با وارد کردن کربن آلی، رس، اکسیدهای آهن و آلومینیوم آزاد در معادله رگرسیون چند متغییره، حداکثر جذب فسفر را بهتر می‌توان تخمین زد. از طرفی Ph خاک تاثیر چندانی بر جذب فسفر نداشته است. بلاکس و پیزلی (۱۹۷۵) اعلام کردند که در دامنه وسیعی از غلظت‌های تعادلی (۲-۱۵۰ قسمت در میلیون فسفر) میان حداکثر جذب فسفر و ماده آلی، اکسیدهای آهن و فسفات کلسیم همبستگی



شکل ۱: نقشه و تصویر منطقه مطالعاتی کشت صنعت امام خمینی

سانتریفیوژ گردید. به منظور حصول اطمینان از زلال بودن محلول رویی از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد (قنبری و همکاران، ۱۳۷۷؛ سکاوان و بووار، ۱۹۹۸) سپس غلظت فسفر به روش مورفی و ریلی تعیین گردید (۱۹۶۲). تفاوت بین مقدار فسفر در محلول اولیه و محلول در حال تعادل مساوی با مقدار فسفر جذب شده به وسیله خاک در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده با معادله‌های لانگ‌مویر و فروندلیچ و ون‌های برازش داده شد. ضریب مربوط به این معادلات برآورد گردید. سپس ارتباط این ضرایب با بعضی از خصوصیات خاک مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی رهاسازی فسفر به نمونه‌های ۲ گرمی باقی مانده از مطالعه جذب سطحی فسفر در مرحله قبل در ته لوله‌های سانتریفیوژ، مقدار ۴۰ میلی لیتر محلول کلرید کلسیم اضافه گردید و به مدت ۳۰ دقیقه توسط تکان دهنده مکانیکی تکان داده شد و پس از ۲۴ ساعت سکون در دمای ۲۴-۲۵ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۳۰ دقیقه دیگر تکان داده شد. در پایان لوله‌های سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. به منظور حصول اطمینان از زلال بودن محلول رویی از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد. سپس غلظت فسفر به روش مورفی و ریلی (۱۹۶۲) تعیین گردید. مقدار فسفر اندازه‌گیری شده در این محلول به عنوان مقدار فسفر آزاد شده از خاک در نظر گرفته می‌شود. ارتباط مقدار فسفر آزاد شده با مقدار فسفر جذب سطحی شده و بعضی از ویژگی‌های دیگر خاک مورد بررسی قرار گرفت.

سپس برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری (گی و بوادر، ۱۹۸۴)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به وسیله دستگاه هدایت سنج WTW مدل 320F، اسیدیته نمونه‌های خاک از خمیر گل اشباع به وسیله دستگاه Ph متر مدل مترام 747، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال (آلیسون و مودیک، ۱۹۶۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در  $Ph = 7$  (رادوز، ۱۹۸۶)، درصد کربن آلی به روش اکسیداسیون تر به روش والکی بلاک (۱۹۳۴) و مقدار فسفر بومی خاک به روش اولسن و همکاران (۱۹۵۴) تعیین گردیدند.

آزمایشات جذب سطحی فسفر در ۱۲ نمونه خاک به صورت زیر انجام شد:

مقدار ۲ گرم خاک را در داخل لوله سانتریفیوژ ریخته و به آن ۴۰ میلی لیتر محلول کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار حاوی فسفر به غلظت‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۸، ۲۵، ۳۵، ۵۰ و ۷۰ میلی گرم در لیتر فسفر که از نمک فسفات منوپتاسیم ( $KHPO_4$ ) تهیه شدند، و دو قطره تولوئن (به منظور جلوگیری از فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها)، اضافه گردید (سکاوان و بووار، ۱۹۹۸). نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه توسط تکان دهنده مکانیکی تکان داده شد و پس از ۲۴ ساعت سکون در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۳۰ دقیقه دیگر تکان داده شد. در پایان لوله‌های سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با ۲۰۰۰ دور در دقیقه

## نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند این خاک‌ها دارای خصوصیات متنوعی می‌باشند. دامنه تغییرات درصد رس بین ۱۳ تا ۵۳ درصد می‌باشد. کمترین میزان ماده آلی مربوط به خاک شماره ۱۲ با ۰/۳۶ درصد و بیشترین مربوط به خاک ۹ با ۱/۱۶ درصد است. آهک معادل در کلیه خاک‌ها از ۴۳/۵ درصد بیشتر می‌باشد. شکل‌های ۱ و ۲ نمودارهای مربوط به هم‌دمای جذب سطحی فسفر توسط معادلات لانگ‌مویر و فروندلیچ را در خاک‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

به‌طور کلی هر سه معادله هم‌دمای جذب روند جذب سطحی فسفر را به خوبی توصیف نمودند (جدول ۲). روابط همبستگی و پارامترهای این معادلات در جدول ۲ آورده شده است. ضرایب همبستگی در همه خاک‌ها و توسط هر سه معادله در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند که نشان دهنده تناسب این معادلات جهت بررسی وضعیت جذب سطحی فسفر می‌باشد. اما معادلات فروندلیچ و ون‌های در اکثر خاک‌ها دارای ضرایب همبستگی بالاتری نسبت به معادله لانگ‌مویر می‌باشند، در نتیجه این معادلات بهتر از معادله لانگ‌مویر جذب سطحی فسفر را توصیف می‌کنند (جدول ۲). شیروانی و شریعتمداری (۱۳۸۱) نیز در خاک‌های استان اصفهان به این نتیجه دست پیدا کردند.

ضمناً جس ژیرینیا و لچ (۱۹۹۶) نیز در مورد معادله ون‌های چنین نتیجه‌ای را به‌دست آوردند. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز و همکاران (۱۹۸۴)، قنبری و همکاران (۱۳۷۷) و میفانگ زو و یانگونگ (۲۰۰۱) نیز نشان داد که معادله فروندلیچ جذب فسفر را مخصوصاً در غلظت‌های بالای فسفر بهتر بیان می‌کند. اما استفاده از معادله لانگ‌مویر به دلیل اینکه می‌تواند حداکثر جذب را بیان کند نسبت به سایر معادلات می‌تواند برتری داشته باشد.

در این پژوهش مقدار حداکثر جذب (b) از معادله لانگ مویر حداقل ۳۷۰ و حداکثر ۸۷۰ با میانگین ۶۲۱ میکروگرم فسفر در گرم خاک به‌دست آمد. شیروانی و شریعتمداری (۱۳۸۱) نیز مقدار حداکثر جذب (b) در معادله لانگ‌مویر حداقل ۲۷۰/۸ و حداکثر ۴۵۶/۱ میکروگرم فسفر در گرم خاک به‌دست آوردند. مقدار  $1/n$  معادله فروندلیچ حداقل ۰/۳۷۲ و حداکثر ۰/۴۹۵ و مقدار k فروندلیچ حداقل ۶۰ و حداکثر ۱۵۸ میکروگرم فسفر در گرم خاک به‌دست آمد (جدول ۲). عنایت ضمیر و حسین‌پور (۱۳۸۲) در استان همدان مقدار  $1/n$  را ۰/۲۶ تا ۰/۹۹ و مقدار k ۷/۷۷ تا ۲۳۲/۷۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به‌دست آوردند (۲). مقدار n در معادله ون‌های بین ۴۴/۳ تا ۱۲۳ بود. این مقدار در پژوهش شیروانی و شریعتمداری (۱۳۸۱) مقدار n در معادله ون‌های را بین ۵۰/۶ تا ۱۳۶/۸ به‌دست آوردند.

جدول ۱: برخی مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	درصد رس	درصد آهک معادل	CEC (Cmolc/kg)	O.M%	فسفر قابل جذب ppm	EC(ds/m)	Ph
۱	۵۳	۴۳/۵	۱۹/۵	۰/۷	۳/۶	۴/۸	۷/۸
۲	۵۱	۴۹	۲۰/۵	۰/۶	۴/۵	۳/۵	۷/۸
۳	۵۱	۴۴	۱۸	۰/۶	۳/۵	۱۵	۷/۷
۴	۴۷	۴۵	۱۴	۰/۶	۲/۸	۱/۱	۸/۲
۵	۴۰	۴۵/۵	۱۵/۵	۰/۵	۳/۲	۲/۲	۸/۰
۶	۳۹	۴۴/۵	۱۵	۱/۰	۵/۶	۴/۱	۷/۸
۷	۳۷	۴۷	۱۷	۱/۱	۵	۴/۱	۷/۷
۸	۳۳	۴۶/۵	۱۱	۰/۸	۴/۸	۲/۳	۷/۹
۹	۲۵	۴۶/۵	۱۰/۵	۱/۲	۴/۵	۲/۸	۷/۹
۱۰	۲۳	۴۷	۷/۶	۰/۶	۲/۶	۷/۵	۷/۵
۱۱	۱۹	۵۰	۶/۵	۰/۶	۶/۴	۱/۸	۸/۰
۱۲	۱۳	۵۰/۵	۷/۵	۰/۴	۱۰/۵	۶/۷	۷/۴

در این پژوهش مشخص شد که  $k$  پارامتر در ارتباط با انرژی پیوند با میزان رس خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی در سطح پنج درصد رابطه مثبت دارد (جدول ۳). شیروانی و شریعتمداری (۱۳۸۱) نیز چنین نتیجه‌ای را مشاهده کردند. ضریب  $k_f$  معادله فروندلیچ که در واقع میزان جذب فسفر در غلظت تعادلی می باشد، دارای همبستگی بالایی در سطح یک درصد با درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی مشاهده شد. نتایج بدست آمده با نتایج شیروانی و شریعتمداری (۱۳۸۱) روندی مشابه را نشان می دهند. اما با میزان آهک و فسفر اولسن در سطح پنج درصد رابطه مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۳). ضریب  $n$  معادله ون‌های نیز با میزان رس و ظرفیت تبادل کاتیونی رابطه مثبت و با میزان فسفر اولسن رابطه منفی در سطح یک درصد داشت (جدول ۳).

$$n = 294 + 29/9 \text{ (رس)} \quad r^2 = 0.677 \text{ **}$$

$$k_f = 165 + 3/0.4 \text{ (رس)} \quad r^2 = 0.666 \text{ **}$$

$$- 28/4 \quad r^2 = P / 0.423 n = 352 + 74/9$$

$$r^2 = CEC \cdot 0.582 \text{ **}$$

$$k_f = 166 + 8/1 \quad r^2 = CEC \cdot 0.575 \text{ **}$$

$$n = 895 - 163 \quad r^2 = P / 0.514 \text{ **}$$

$$k_f = 251$$

جدول ۳ ضرایب همبستگی بین پارامترهای معادلات جذب سطحی مورد بررسی را با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. مقدار حداکثر جذب سطحی فسفر از لانگ‌مویر (b) با میزان درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها بترتیب در سطح یک و پنج درصد بطور مثبت معنی‌دار بود. اما با میزان فسفر اولسن خاک در سطح یک درصد بطور منفی معنی‌دار شد (جدول ۳). به این معنی که با افزایش میزان رس و ظرفیت تبادل کاتیونی مقدار جذب سطحی فسفر نیز افزایش و با افزایش میزان فسفر اولسن مقدار جذب سطحی فسفر کاهش پیدا می‌کند. با افزایش میزان رس مکان‌های جذب برای فسفر نیز افزایش پیدا می‌کند. از آنجایی که مقداری از فسفر اولیه می‌تواند مکان‌های جذب سطحی فسفر را اشغال نماید، با افزایش میزان فسفر قابل جذب فسفر در خاک میزان حداکثر جذب سطحی فسفر را کاهش می‌دهد. تقریباً تمام محققین تاثیر میزان رس و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها را بر روی جذب سطحی فسفر مثبت و معنی‌دار ارزیابی کرده‌اند (شیروانی و شریعتمداری، ۱۳۸۱؛ قنبری و همکاران، ۱۳۷۷؛ بن نواح و اکوایه، ۱۹۸۹؛ مهدی و همکاران، ۱۹۹۰).

$$b = 343 + 7/74 \text{ (رس)} \quad r^2 = 0.526 \text{ **}$$

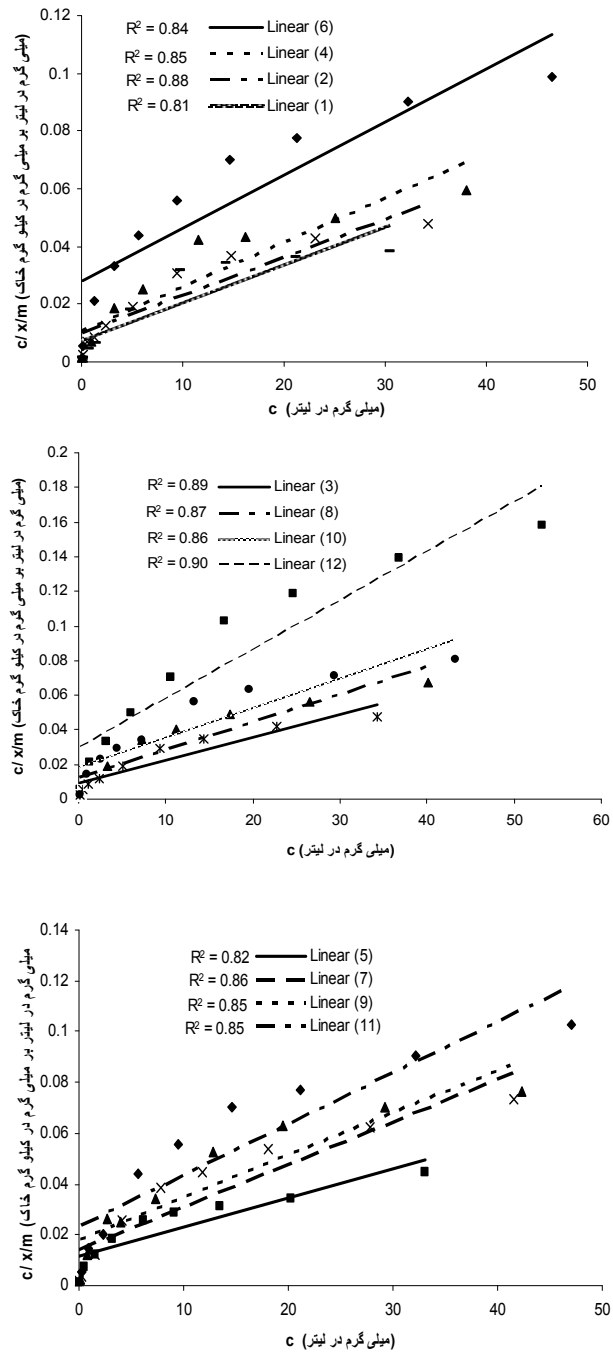
$$b = 376 + 18/1 \text{ CEC} \quad r^2 = 0.371 \text{ *}$$

$$b = 851 - 48/4 P \quad r^2 = 0.518 \text{ **}$$

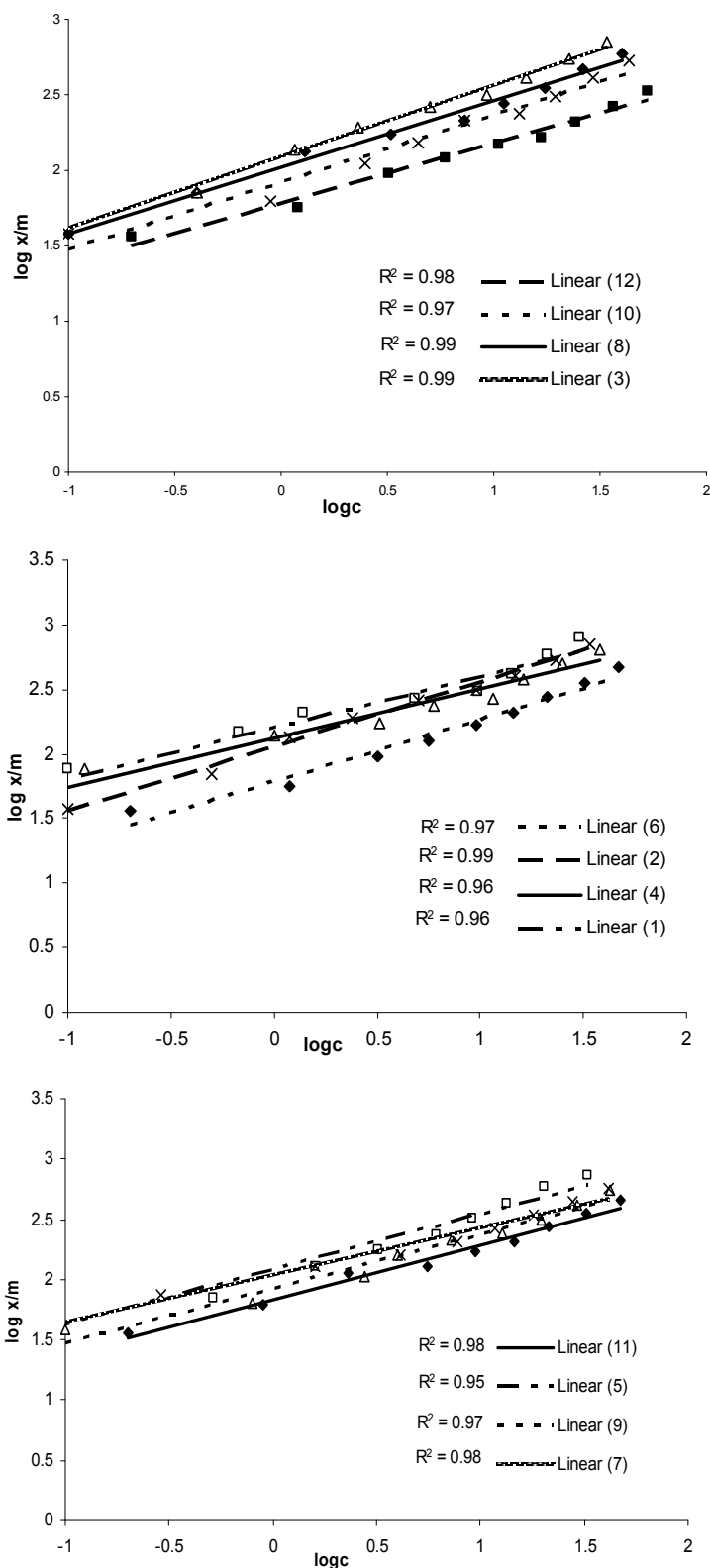
جدول ۲: نتایج مربوط به معادله لانگ‌مویر، فروندلیچ و ون‌های

شماره خاک	معادله لانگ‌مویر			معادله فروندلیچ			معادله ون‌های	
	$R^2$	k	b	$R^2$	$k_f$	1/n	$R^2$	m
۱	0.81 **	0.191	752	0.96 **	158	0.430	0.95 **	17/4
۲	0.88 **	0.136	752	0.99 **	115	0.495	0.99 **	-6/5
۳	0.89 **	0.147	752	0.99 **	123	0.475	0.99 **	-0/5
۴	0.85 **	0.150	649	0.96 **	132	0.380	0.97 **	17/2
۵	0.82 **	0.101	870	0.95 **	123	0.455	0.98 **	-36/6
۶	0.84 **	0.070	540	0.97 **	61	0.482	0.98 **	-22/9
۷	0.86 **	0.195	450	0.98 **	108	0.372	0.98 **	7/7
۸	0.87 **	0.127	628	0.99 **	105	0.438	0.99 **	6/5
۹	0.85 **	0.091	598	0.97 **	85	0.449	0.99 **	-11/9
۱۰	0.86 **	0.091	585	0.97 **	83	0.477	0.98 **	-10/1
۱۱	0.85 **	0.084	500	0.98 **	69	0.435	0.98 **	-5/7
۱۲	0.90 **	0.090	373	0.98 **	60	0.406	0.98 **	12/4

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح 0.05 و 0.01 درصد می‌باشد



شکل ۲: نمودارهای هم‌دماهای جذب سطحی لانگ‌مویر برای ۱۲ نمونه خاک



شکل ۳: نمودارهای هم‌دماهای جذب سطحی فروندلیچ برای ۱۲ نمونه خاک



جدول ۳: همبستگی بین پارامترهای معادلات جذب سطحی با خصوصیات خاکها

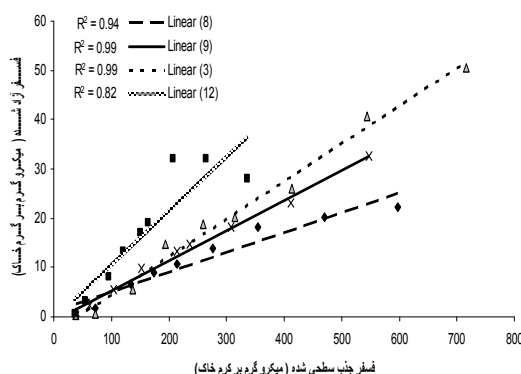
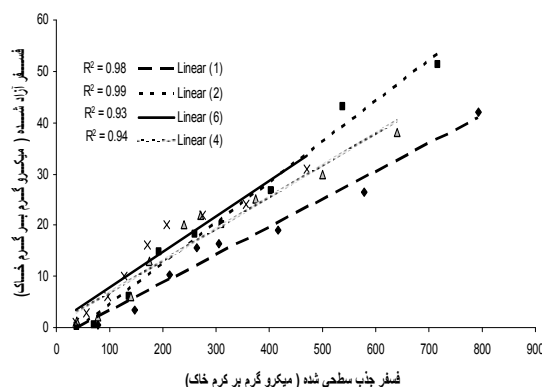
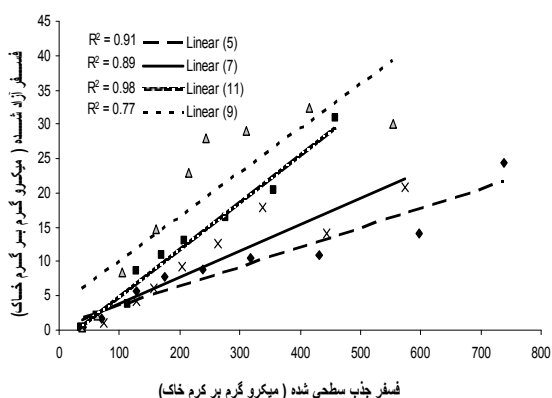
ویژگی خاک	لانگ مویر		فروندلیش		ون های
	k	b	1/n	K <sub>f</sub>	n
درصد رس	۰/۴۱۷*	۰/۵۲۶**	۰/۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۶۶۶**	۰/۶۷۷**
درصد آهک	۰/۱۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۳۶*	۰/۳۳۷ <sup>ns</sup>
CEC	۰/۴۴۸*	۰/۳۷۱*	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۵۷۵**	۰/۵۸۲**
اولسن p	۰/۱۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۵۱۸**	۰/۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۲۳*	۰/۵۱۴**

ns, \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت که استفاده از همدمهای جذب سطحی همراه با مطالعات رهاسازی می توانند اطلاعات مفیدی در مورد توانایی خاکها در جذب فسفر و عوامل موثر بر آن در ارتباط با گیاه به ما بدهند. همچنین ارزیابی میزان قابلیت جذب فسفر برای گیاه را می تواند از مطالعات رهاسازی فسفر

در خاکهای مورد مطالعه تحت بررسی قرار داد. پارامتر b در معادله لانگ مویر، پارامتر K<sub>f</sub> در معادله فروندلیچ و پارامتر n در معادله ون های که در ارتباط مستقیم با حداکثر جذب سطحی فسفر می باشند با درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی خاکها در سطح یک درصد رابطه مثبت و با میزان فسفر قابل دسترس خاک در سطح پنج درصد رابطه منفی نشان داد.



شکل ۴: نمودارهای رابطه بین فسفر جذب سطحی شده و فسفر آزاد شده

## منابع

- شیروانی، م و شریعتمداری، ح. ۱۳۸۱. استفاده از هم‌دماهای در تعیین شاخص‌های ظرفیت باف‌ری و نیاز استاندارد فسفر برخی خاک‌های آهکی استان اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ششم. شماره اول.
- عنایت ضمیر، خ و حسین پور، ع. ۱۳۸۲. مطالعه هم‌دماهای جذب فسفر و ارتباط پارامترهای آن با خصوصیات خاک و شاخص‌های گیاهی. هشتمین کنفرانس علوم خاک ایران. رشت.
- فکری کوهبانی، م.، کلباسی، م. و حاج رسولیها، ش. ۱۳۷۳. مقایسه معادلات لانگ‌مویر یک سطحی و دو سطحی، فروندلیچ و تمکین به منظور توصیف هم‌دماهای جذب سطحی فسفر در بعضی از خاک‌های منطقه اصفهان. خلاصه مقالات چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- قنبری، ع.، مفتون، م. و کریمیان، ن. ع. ۱۳۷۷. ویژگی‌های جذب سطحی و واجدبی فسفر در بعضی خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۹. شماره ۱.
- Agbenin, J. O. and Tiessen, H. 1994. The effects of soil properties on differential phosphate sorption by semiarid soils from northeast Brazil. *Journal of Soil Science*. 157: 36-45.
- Allison, L. E. and Moodie, C. D. 1962. Carbonate. pp. 1379-1396. In: C. A. Black et al (Ed. S). *Methods of soil analysis*. Part2, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Ballaux, J. C., and Peaslee, D. E. 1975. Relationships between sorption and desorption of phosphorus by soils. *Soil Science Society of America Proceeding*. 39:275-278.
- Bennaoh, E. O. and Acquaye, D. K. 1989. phosphate sorption characteristics of selected major Ghanaian soils. *Journal of Soil Science*. 148: 114-123.
- Gee, G. W., and Bauder, J. W. 1986. Particle-size Analysis. In: *Methods of soil analysis*, part1, Second Ed., ASSS, Madison Wisc. USA.
- Jaszberenyi, I. and Loch, J. 1996. soil phosphate adsorption and desorption in 0.01 M calcium chloride electrolyte. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 27: 1211- 1225.
- Mehadi, A. A., Taylor, R. W. and Shouford, J. W. 1990. Prediction of fertilizer phosphate requirement using the langmuir adsorption maximum. *Plant and Soil*. 122: 267- 270.
- Meifang, Z. , and Yuncong, L. 2001. Phosphorus-sorption characteristics of Calcareous Soils and Limestone from the Southern Everglades and Adjacent Farmlands. *Soil Science Society of American Journal*. 65:1404-1412.
- Nair. P.S., Logan, T. J., Sharply, A. N., Somman, L. E., Tabatabai, M. A. and Yuan, T. L. 1984. Interlaboratory comparison of a standardized phosphorus adsorption procedure. *Journal of Environmental Quality*, 13: 591-595.
- Murphy, J. , and Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chemistry Acta*. 27: 31-36.
- Olsen, S., Cole, C. V., Watanabe, F. S., and Dean, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939. U. S. Government printing office, Washington, DC.
- Olsen, S. R. and Watanabe, F. S. 1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the langmuir isotherm *Soil Science Society of America Proceeding*. 21: 144- 149.
- Rhoads, J. W. 1986. Cation exchange capacity. Pp. 149-158. In: A. C. Page(Ed.). *Methods of soil analysis*. Part2, American Society of Agronomy.
- Roberto, I. and Giampietro, D. 2004. Evaluating phosphorus sorption capacity of acidic soils by long-term equilibration procedures. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 16: 2269- 2289.
- Sakadevan K., and Bavor, H. J. 1998. Phosphate adsorption characteristics of soils, slages and zeolite to be used as substrates in constructed wetland systems. *Water Resource*. Vol. 32, No. 2, 393-399.
- Sied, M. B. and Dakarmanji, A. 1993. Phosphate adsorption and desorption by calcareous soils of Syria. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 24: 197- 210.

- olis, P. and Torrent, J. 1989. Phosphorus sorption by calcareous Vertisols and Inceptisols of Spain. Soil Science Society of American Journal. 53:456-459.
- Villapando, R. R. and Greatz, D. A. 2001. Phosphorus Sorption and Desorption Properties of the Spodic Horizon from Selected Florida Spodosols. Soil Science Society of American Journal. 65:331-339.
- Walky, A. and Black, I. A. 1934. An examination of Degtjareff method for determination soil organic matter and a proposed modification of chromic acid in soil analysis.1. Experimental Soil Science. 79: 459- 465.

## Study of Phosphorus Adsorption Characteristics of Soils under Shoeibieh Sugercane farms in Khuzestan

Chorom<sup>3</sup>, M. and Ahmadpor<sup>4</sup>, D. A.

### Abstract

Study on the status of phosphorus (P) in soils under sugarcane cultivation to achieve highly yield is necessary. Adsorption of P in soil is one of the subjects which is influenced in availability of phosphorus by plants. This mechanism is affected by soil properties. In this study, 12 different soil samples from 0 to 30 cm depth were collected from sugarcane Shoeibieh Agro industry lands in Khuzestan regions. The soil samples were air-dried and passed through a 2 mm sieve. 2-g soil samples were equilibrated for 24 hours in 25°C with 40 ml 0.01 CaCl<sub>2</sub> solution containing 0 to 70 mg P/L. The amount of adsorbed phosphorus by soil samples was given by difference between the initial and final content in equilibrated solution. The adsorption data were fitted to Langmuir, Freundlich and Vanhuy adsorption isotherms and coefficients were calculated. The adsorption data presented a highly significant fit to Freundlich, Vanhuy and Langmuir adsorption isotherms. Adsorption maximum for P calculated from Langmuir isotherms were positively correlated with clay and CEC (Cation Exchange Capacity), and negatively correlated with P-Olsen. The P-treated soil samples were then extracted with 0.01 M CaCl<sub>2</sub> solution to study to relationship between P adsorption and desorptions characteristics of soils. Linear relationship was observed between P adsorption and desorptions, the slope of regression lines being different for different soils. However, the results showed that clay percentage and CEC were the most important soil properties for estimation P requirement of the soil in Shoehibieh lands.

**Keywords:** Adsorption, Desorption, Phosphorus, Langmuir, Freundlich, Vanhuy

3. Assistant Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shaid Chmran University, Ahvaz

4. Former Graduate Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shaid Chmran University, Ahvaz