

## تاثیر حذف مواد آلی بر همدماهای جذب پتاسیم در مقادیر مختلف pH در برخی از خاک‌های استان خوزستان

عاطفه عموزاده<sup>۱</sup> - احمد لندی<sup>۲</sup> - سعید حجتی<sup>۳\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۳

### چکیده

هرچند که تا کنون در رابطه با تاثیر مواد آلی بر روی رهاسازی پتاسیم غیر تبادلی و همچنین تاثیر مواد آلی بر روی مقدار جذب پتاسیم توسط گیاهان تحقیقات نسبتاً زیادی انجام شده است اما در رابطه با تاثیر مواد آلی خاک بر روی جذب پتاسیم اضافه شده به خاک توسط اجزاء معدنی خاک، مخصوصاً کانی‌های رسی و بررسی همدماهای جذب سطحی پتاسیم در حضور و عدم حضور ماده آلی در خاک مطالعات زیادی انجام نگرفته است. هدف از انجام این مطالعه، بررسی تاثیر حذف مواد آلی بر جذب پتاسیم در pHهای مختلف است. به این منظور سه نمونه خاک از نقاط مختلف استان خوزستان (ایذه، شاور و اهواز) جمع‌آوری شده و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کانی شناسی آنها تعیین شد. آزمایشات جذب سطحی پتاسیم در حضور (شاهد) و عدم حضور مواد آلی خاک (حذف با آب اکسیژنه) و غلظت‌های اولیه ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم پتاسیم در لیتر در pHهای ۶ و ۷/۵ انجام شدند. مدل‌های خطی، فروندلیچ و لانگمویر به داده‌ها برازش داده شدند. نتایج نشان دادند که همدماهای جذب سطحی پتاسیم در خاک از نوع L می‌باشند و معادلات فروندلیچ و لانگ مویر توانایی زیادی برای برازش نتایج حاصل از جذب پتاسیم در خاک دارند ( $R^2 > 0/9$ ). مقدار پارامترهای ظرفیت جذب معادله فروندلیچ ( $K_F$ ) و حداکثر مقدار جذب معادله لانگمویر (a) برای خاک‌های مورد مطالعه در تیمار شاهد به ترتیب بین ۱۲/۴۷ تا ۳۲/۵۹ و ۷/۵۰۱ تا ۱۲/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و برای خاک‌های تیمار شده با آب اکسیژنه (حذف ماده آلی) بین ۲۲/۰۹ تا ۴۱/۱۶ و ۱۷/۸۱ تا ۲۸/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که نشان می‌دهد که حذف مواد آلی از خاک‌ها باعث افزایش جذب پتاسیم توسط اجزاء معدنی خاک و بویژه کانی‌های رسی شده است. مقدار میانگین ضریب توزیع در خاک شاور در همه تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر از دو خاک دیگر بود که علت آن به وجود مقدار زیاد کانی‌های رسی بخصوص ایلات در این خاک نسبت داده شد. همچنین مقدار جذب پتاسیم در خاک‌های ایذه، شاور و اهواز با افزایش pH از ۶ به ۷/۵ به ترتیب به ۳۸/۳، ۸/۳ و ۲۶/۱ درصد افزایش یافت. همچنین بر اساس نتایج این مطالعه جذب سطحی پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه علاوه بر ماده آلی تحت تاثیر مقدار و نوع کانی‌های رسی مانند ایلات قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: جذب سطحی، فروندلیچ، کانی‌های رسی، لانگمویر

### مقدمه

پتاسیم محلول یا تبادلی خاک به پتاسیم غیر تبادلی می‌باشد. از این رو، تثبیت پتاسیم از اهمیت قابل توجهی در توصیه‌های کودی به‌ویژه در خاک‌های دارای مقادیر فراوان کانی‌های ۲ به ۱ برخوردار است. زیرا مقادیری از کودهای پتاسیمی که به این طریق جذب کانی‌های رسی می‌شود ممکن است بسیار زیاد باشد (۲۱). در مقابل جذب سطحی پتاسیم عبارتست از جذب پتاسیم محلول موجود در خاک توسط کانی‌های رسی، مواد آلی و سایر سطوح جذب کننده موجود در خاک (۱۶). همدماهای جذب سطحی لانگ مویر و فروندلیچ رایج‌ترین روابط استفاده شده برای بررسی رابطه بین مقدار پتاسیم تثبیت شده یا جذب شده در واحد وزن خاک با غلظت پتاسیم در محلول می‌باشند. معادله فروندلیچ قدیمی‌ترین معادله جذب سطحی

اگرچه پتاسیم فراوان‌ترین عنصر غذایی در ۱۵ سانتی‌متر بخش روئین خاک است، اما این شرایط به آن معنا نیست که پتاسیم قابل دسترس‌ترین عنصر برای گیاه است. فراهمی پتاسیم در خاک تحت تاثیر فرآیندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. یکی از عواملی که باعث کاهش جدی پتاسیم قابل استفاده در خاک می‌شود تثبیت پتاسیم است (۷). تثبیت پتاسیم در حقیقت تبدیل

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز  
(Email: s.hojati@scu.ac.ir) \* - نویسنده مسئول

آلی خاک باعث شد که سرعت جذب پتاسیم توسط خاک‌ها نیز کاهش یابد. ایشان گزارش نمودند که در خاکی که مقدار ماده آلی آن بیشتر است مقدار کاهش سرعت جذب پتاسیم کمتر از خاک‌های دیگر بود. این موضوع نشان می‌دهد که میزان اثر ماده آلی بر سرعت جذب پتاسیم نه تنها به مقدار ماده آلی بلکه به نوع مواد آلی خاک و ارتباط ماده آلی با کانی‌ها بستگی دارد. از سوی دیگر برخی مطالعات نیز نشان داده‌اند که مواد آلی که مقدار کربن آلی محلول و اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم در آن‌ها بالا باشد باعث کاهش میزان جذب و افزایش آزادسازی پتاسیم از مواضع جذب کننده اجزاء معدنی خاک می‌شود (۱۵). هرچند که نقش و تأثیر مواد آلی بر روی عناصر غذایی خاک به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است، ولی تأثیر آن بر روی واکنش‌های جذب پتاسیم اضافه شده به خاک و عوامل موثر بر آن در خاک میهم و ناشناخته است (۲۵). لذا این تحقیق با هدف بررسی رفتار جذبی پتاسیم اضافه شده به خاک در حضور و عدم حضور مواد آلی در pHهای مختلف در برخی از خاک‌های خوزستان انجام شد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر مواد آلی در جذب پتاسیم در خاک‌های مختلف، نمونه‌برداری از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری ۳ خاک با درصد ماده آلی متفاوت، شامل خاک مزرعه زراعی دانشگاه شهید چمران اهواز، خاک زراعی از ایزد و خاک تحت کشت برنج منطقه شاوور انجام شد. نمونه‌های خاک بعد از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین شد. بافت خاک به روش هیدرومتری، pH و هدایت الکتریکی به ترتیب در گل اشباع و عصاره اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش استات سدیم در  $pH = 8.2$ ، ماده آلی خاک به روش والکل-بلک، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون، پتاسیم قابل تبادل به روش استات آمونیوم نرمال در  $pH = 7$  و پتاسیم کل به روش هضم با HF (۱۲) تعیین شدند. مرحله خالص‌سازی و شناسایی کانی‌های رسی نیز به روش کیتریک و هوپ (۱۱) انجام گردید. تخمین نیمه کمی کانی‌های رسی شناسایی شده نیز بر اساس نسبت پیک‌های مشاهده شده در تیمارهای مختلف و اندازه‌گیری سطح زیر هر پیک انجام گردید (۸).

جهت حذف مواد آلی از خاک‌ها، نمونه‌های خاک در داخل لوله‌های سانتریفیوژ ریخته شده و بر روی بن ماری با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. آب اکسیژنه ۳۰ درصد به صورت تدریجی به نمونه‌ها اضافه شد و تا زمانی که دیگر جوششی در سوسپانسیون مشاهده نشد ادامه یافت. پس از حذف ماده آلی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا خشک شده

است که در علوم خاک مورد استفاده قرار گرفته است. این معادله یک معادله تجربی است و در آن تمایل جذب بطور نمایی با افزایش مقدار جذب کاهش می‌یابد. پال و همکاران (۱۶) در مطالعه‌ای جذب و واجذب پتاسیم را در ۲۲۷ نمونه خاک جنوب غربی استرالیا مطالعه کردند. نتایج نشان دادند که ۵ تا ۶۷ درصد پتاسیم افزوده شده به خاک‌های مورد مطالعه جذب ذرات خاک شده و هرچه مقدار پتاسیم اضافه شده بیشتر باشد مقدار جذب نیز بیشتر است. همچنین نتایج این تحقیق به خوبی توسط معادله فروندلیچ برازش شدند اما معادله لانگ مویر توانایی زیادی برای برازش نتایج حاصل از همدماهای جذب نداشت.

به طور کلی فرآیند جذب سطحی پتاسیم در خاک تحت کنترل تعادل بین پتاسیم جذب شده بوسیله مواضع بین لایه‌ای، مواضع سطحی و مواضع لبه‌ای شبکه کریستالی کانی‌های رسی و پتاسیم موجود در محلول خاک می‌باشد. نوع و مقدار کانی‌های رسی، pH، مقدار و نوع ماده آلی خاک، وضعیت رطوبتی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، کوددهی و حتی سیستم خاک ورزی اثر زیادی بر روی تعادل بین پتاسیم جذب شده و پتاسیم محلول دارد (۱۶). اگر چه مقدار ماده آلی در اکثر خاک‌ها در مقایسه با جزء معدنی خاک بسیار ناچیز می‌باشد ولی همین مقدار کم تأثیر زیادی بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. از آنجائی که مواد آلی خاک دارای نقطه تعادل بار صفر<sup>۱</sup> پائینی می‌باشند (حدود ۳/۵) (۱۹)، بنابراین یکی از خصوصیات مواد آلی این است که در اکثر pHها، اکثر عناصر دارای بار مثبت را با قدرت زیادی جذب می‌کند. اما پتاسیم در این میان یک استثنا است، زیرا جذب بین یون‌های پتاسیم و مواد آلی نسبتاً ضعیف است. در نتیجه در خاک‌های آلی (پیت و ماک) معمولاً مقداری از پتاسیم از خاک شسته می‌شود (۲۰). دومات و همکاران (۳) اظهار داشتند که کاهش مقدار ماده آلی خاک با استفاده از تیمارهایی مانند آب اکسیژنه یا سدیم هیپوکلریت باعث افزایش مقدار جذب کاتیون‌هایی نظیر سزیم و پتاسیم توسط کانی‌های خاک می‌شود.

از طرف دیگر لیندروس و همکاران (۱۳) بیان کردند که حضور مواد آلی حل شده در محلول خاک مانند اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم تأثیر بسیار زیادی بر روی هوادیدگی کانی‌های پتاسیم دار و در نتیجه آزادسازی عناصر و به ویژه پتاسیم دارد. وانگ و هوانگ (۲۵) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات مواد آلی خاک بر روی جذب پتاسیم توسط اجزاء خاک پرداختند. در این مطالعه، مقدار جذب پتاسیم در سه خاک با مقدار ماده آلی متفاوت از مناطق مختلف چین و در دو حالت حذف ماده آلی با آب اکسیژنه و عدم حذف ماده آلی با یکدیگر مقایسه شد و نتایج نشان داد که حذف ماده آلی باعث کاهش شدید جذب پتاسیم توسط اجزاء خاک می‌گردد. به علاوه، حذف ماده

$$\bar{K}_d = \frac{q}{C_e} \quad (2)$$

مقدار میانگین ضریب توزیع پتاسیم برای هر نمونه خاک طبق رابطه (۳) محاسبه شد:

$$\mu \bar{K}_d = \sum_{i=1}^n \frac{k_{di}}{n} \quad (3)$$

که در رابطه فوق  $n$  تعداد غلظت‌های اولیه مورد مطالعه و  $i$  غلظت اولیه می‌باشند.

اغلب به منظور برآزش داده‌های حاصل از جذب سطحی با همدمای جذب، از همبستگی خطی استفاده می‌شود که جهت تعیین پارامترهای مدل مورد بررسی نیز از حداقل مربعات خطا استفاده می‌شود. اما تبدیل‌های مورد استفاده جهت خطی کردن معادلات غیرخطی همدمای جذب مقدار خطای این معادلات را افزایش می‌دهد (۱۷). به همین دلیل در این مطالعه از معادلات فروندلیچ و لانگمویر غیرخطی به منظور آنالیز، تجزیه تحلیل و توصیف داده‌های به دست آمده از آزمایشات جذب پتاسیم استفاده شد. معادله فروندلیچ به صورت زیر (رابطه ۴) بیان می‌شود:

$$q = K_F C^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

که  $q$  مقدار پتاسیم جذب شده بر روی سطح جاذب،  $C$  غلظت تعادلی پتاسیم و  $K_F$  و  $n$  ضرایب معادله فروندلیچ هستند که به ترتیب بیانگر ظرفیت جذب و شدت جذب می‌باشند. معادله لانگمویر نیز به صورت (رابطه ۵) بیان می‌شود:

$$q = \frac{a_m b C}{(1 + b C)} \quad (5)$$

که در این رابطه  $a_m$  حداکثر مقدار جذب شده پتاسیم و  $b$  ثابت تمایل به تشکیل کمپلکس سطحی (قدرت پیوند) می‌باشد.

به منظور برآزش رگرسیون غیرخطی این معادلات و تعیین پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگمویر و همچنین تحلیل خطای معادلات برآزش شده از تابع SOLVER در برنامه Excel 2010 استفاده شد. تحلیل خطای معادلات غیرخطی با استفاده از مقادیر مجموع مربعات باقیمانده (RSS)، مجموع مربعات کل (TSS) و ضریب تبیین ( $R^2$ ) با استفاده از روابط ۶ تا ۸ انجام شد (۱۷):

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (6)$$

$$TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} \quad (8)$$

تمامی آزمایشات در ۳ تکرار انجام شدند و نتایج به دست آمده میانگین ۳ تکرار می‌باشند. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسات آماری بین تیمارهای مختلف با استفاده از نرم افزار SAS و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای Excel و Origin Pro نسخه ۸/۱ انجام شدند.

و جهت آزمایشات جذب آماده شوند.

به منظور تخلیه پتاسیم محلول و تبادل موجود در نمونه‌های خاک، ابتدا تمامی نمونه‌های خاک با استفاده از کلرید کلسیم ۰/۵ مولار اشباع شدند. به این منظور ۲ گرم خاک توزین و به لوله‌های سانتریفیوژ اضافه گردید و سپس با ۱۰ میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم ۰/۵ مولار به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر با شدت ۱۵۰ دور در دقیقه مخلوط شدند. آنگاه به مدت ۵ دقیقه با شدت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و محلول رویی دورریز و نمونه هواخشک شد (۱۸). برای بررسی رفتار جذبی پتاسیم در خاک‌های مختلف از آزمایشات پیمانه‌ای<sup>۱</sup> استفاده شد. مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از محلول حاوی غلظت‌های مختلف پتاسیم (بصورت نمک کلرید پتاسیم) با غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر که در محلول الکترولیت زمینه  $CaCl_2$  (۰/۱ مولار) تهیه شده بودند به لوله‌های سانتریفیوژ حاوی ۲ گرم خاک اشباع از کلرید کلسیم اضافه شد. سپس محتویات درون لوله‌های سانتریفیوژ به مدت ۲۴ ساعت با یکدیگر مخلوط و سپس به مدت ۵ دقیقه با شدت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و آنگاه غلظت پتاسیم در محلول صاف رویی با استفاده از دستگاه فلم‌فوتومتر اندازه‌گیری شد. انتخاب زمان ۲۴ ساعت در این مطالعه به عنوان زمان تعادل با توجه به مطالعات پیشین صورت گرفته بر روی خاک‌های مورد مطالعه انجام شد (۶). هنان و همکاران (۵) نیز زمان لازم برای به تعادل رسیدن واکنش‌های جذب پتاسیم را در خاک‌های مختلف از ۲ تا ۳۶ ساعت گزارش و بیان نمودند که در بیشتر خاک‌ها زمان ۲۴ ساعت برای به تعادل رسیدن این واکنش‌ها کافی است.

لازم به توضیح است که آزمایشات جذب در دو pH (۶ و ۷/۵) انجام شدند. کنترل pH در طول آزمایش (قبل از اضافه کردن پتاسیم به خاک تا پایان زمان تعادل) هر چهار ساعت توسط HCl و NaOH ۰/۱ نرمال انجام شد. به منظور جلوگیری از تغییرات شدید قدرت یونی که در نتیجه افزودن اسید و تجزیه کربنات کلسیم فعال در محلول آزمایشی صورت می‌گیرد، آزمایشات جذب در محلول الکترولیت زمینه ۰/۱ مولار  $CaCl_2$  انجام شدند. میزان جذب پتاسیم طبق معادله (۱) محاسبه شد:

$$q = \frac{(C_0 - C_e)V}{M} \quad (1)$$

که  $q$  مقدار پتاسیم جذب شده ( $mg \cdot kg^{-1}$ )،  $C_0$  غلظت اولیه پتاسیم ( $mg \cdot l^{-1}$ )،  $C_e$  غلظت تعادلی پتاسیم ( $mg \cdot l^{-1}$ )،  $M$  وزن خاک (kg) و  $V$  حجم عصاره (لیتر) می‌باشند. همچنین ضریب توزیع برای هر غلظت ( $k_d$ ) بر اساس معادله (۲) محاسبه شد:

## نتایج و بحث

دهنده حضور میکا می‌باشد. دو قله ۵/۰ و ۳/۳۳ آنگستروم که مربوط به رده‌های دوم و سوم این کانی می‌باشند نیز دیده می‌شوند (شکل ۱ ب و ۱ ج).

وجود قله ۱۴ آنگستروم در تیمار منیزیم اشباع که با تیمار اتیلن گلیکول به ۱۷ آنگستروم تغییر مکان نمی‌دهد بیانگر وجود کلریت می‌باشد. قله‌های ۷، ۴/۷۸ و ۳/۵۴ آنگستروم مربوط به رده‌های دوم، سوم و چهارم کلریت نیز در کلیه نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود. به دلیل همپوشانی قله‌های رده دوم و چهارم کلریت با رده اول و دوم کائولینیت، برای شناسایی کائولینیت باید از قله رده سوم کائولینیت (۲/۴ آنگستروم) استفاده کرد. لذا به دلیل عدم مشاهده قله ۲/۴ آنگستروم در نمونه‌های مورد مطالعه حضور کانی کائولینیت در خاک‌های مورد مطالعه تشخیص داده نشد (شکل ۱).

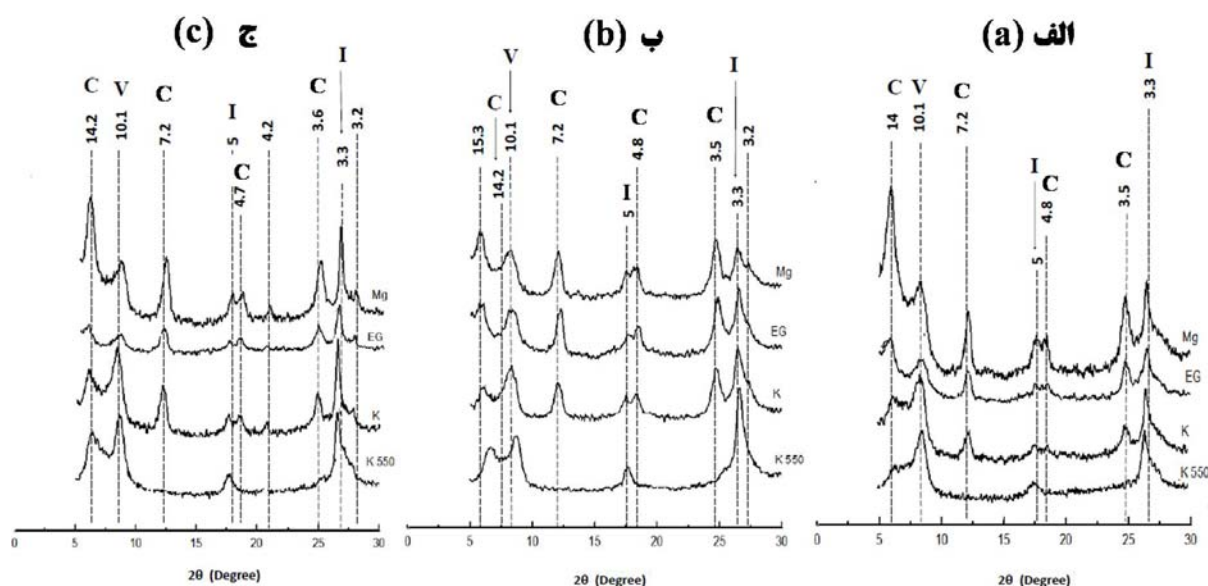
همدماهای جذب پتاسیم در خاک‌های مختلف در حضور ماده آلی (تیمار شاهد) در شکل ۲ نشان داده شده است. مقدار جذب پتاسیم در هر دو pH مورد مطالعه (۶ و ۷/۵) در خاک شاوور بیشتر از خاک‌های دیگر است. با توجه به این که خاک شاوور بافت سنگین تری نسبت به دو خاک دیگر دارد به نظر می‌رسد که پتاسیم اضافه شده به این خاک احتمالاً در سطوح داخلی و خارجی کانی‌های رسی مخصوصاً کانی‌های ۲ به ۱ جذب و تثبیت شده است.

جدول ۱ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، خاک ایزه دارای ماده آلی بسیار بیشتری از دو خاک دیگر می‌باشد. بر این اساس به نظر می‌رسد فزونی ظرفیت تبادل کاتیونی ندر خاک ایزه نسبت به دو خاک دیگر احتمالاً به واسطه مقدار بیشتر ماده آلی در این خاک می‌باشد. حال آن که، علت بیشتر بودن مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شاوور از خاک اهواز را می‌توان به بافت رسی خاک شاوور نسبت داد.

نتایج مطالعات کانی شناسی نمونه‌های رس حاصل از خاک‌های مورد مطالعه در شکل ۱ و جدول ۲ نشان داده شده‌اند. بر این اساس به نظر می‌رسد که کانی‌های غالب در بخش رس هر سه خاک مورد مطالعه شامل میکا، ورمی کولیت، کلریت و کائولینیت می‌باشند. ورمیکولیت در پراش نگاشت‌های پرتو ایکس نمونه‌های اشباع با منیزیم یک قله قوی در ناحیه ۱۴/۲ تا ۱۵/۳ آنگستروم (بسته به مقدار بار بین لایه‌ای) نشان می‌دهد که در نمونه‌های اشباع با پتاسیم از شدت این پیک‌ها کاسته و بر شدت پیک ۱۰ آنگستروم کانی افزوده شده است (شکل ۱ ب و ۱ ج). در پراش نگاشت‌های نمونه‌های اشباع با منیزیم وجود قله ۱۰ آنگستروم که در اثر تیمار اتیلن گلیکول و تیمار پتاسیم و دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد تغییری نمی‌کند، نشان

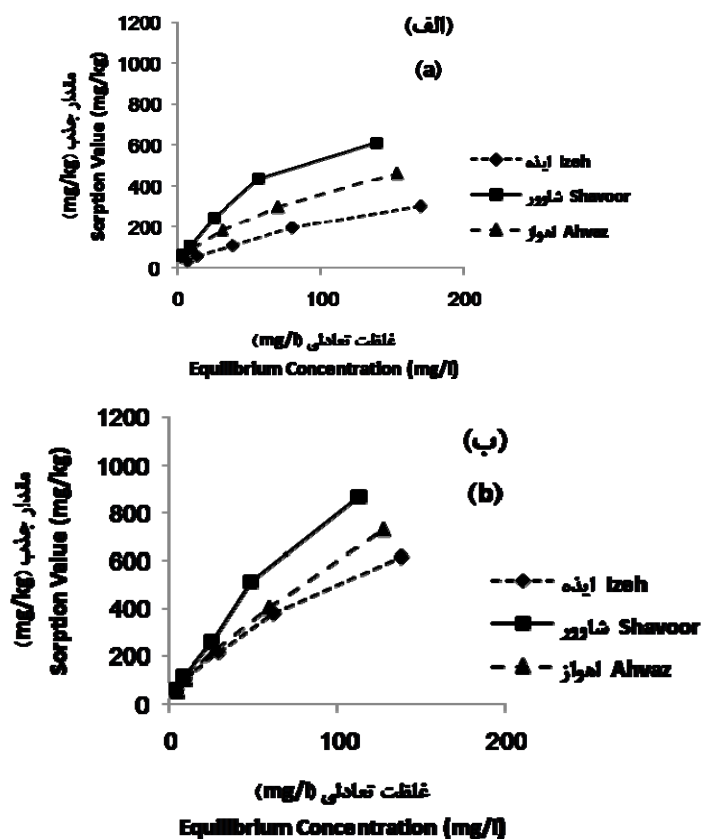
جدول ۱ - خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه  
Table 1- Physicochemical properties of the studied soils

	ایزه Izeh	شاوور Shavoor	اهواز Ahvaz
pH	7.62	7.52	7.15
EC <sub>e</sub> (dS.m <sup>-1</sup> )	1.44	1.90	9.63
ماده آلی Organic Matter (%)	3.09	0.79	0.95
شن Sand (%)	30	10	50
سیلت Silt (%)	49.5	39.5	30
رس Clay (%)	20.5	50.5	20
بافت خاک Soil Texture	لومی سیلتی Silty loam	رسی Clay	لومی Loam
ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (cmol <sub>(+)</sub> /kg)	7.39	11.31	
کربنات کلسیم معادل CaCO <sub>3</sub> (%)	43.88	43.25	



شکل ۱- پراش نکانست های پرتو ایکس مربوط به خاک ایزه (الف)، خاک شاور (ب) و خاک اهواز (ج). اعداد قله ها بر حسب آنگستروم ارائه شده اند (C: کلریت، V6: ورمیکولیت، K: کائولینیت، I: ایلایت)

Figure 1- X-ray diagrams related to soil samples of (a): Izeh; (b) Shavoor, and (c) Ahvaz. Peak numbers are represented as angstrom ( °A). (C: Chlorite; V: Vermiculite; K: Kaolinite; I: Illite)



شکل ۲- همدمای جذب سطحی پتاسیم در خاک های مختلف در (الف) در pH = ۶ و (ب) در pH = ۷/۵ در حضور مواد آلی خاک (تیمار شاهد)  
Figure 2- Potassium adsorption isotherms in different soils at (a) pH = 6 and (b) pH = 7.5 in presence of soil organic matter (control)

جدول ۲- کانی‌های غالب خاک‌های مورد مطالعه تعیین شده به روش پراش پرتو ایکس  
Table 2- Dominant clay minerals in the soils studied, determined by XRD method

خاک Soil	کانی‌های غالب Dominant Minerals
ایذه	ورمی کولیت < ایلایت > کلریت
Izeh	Vermiculite > Illite > Chlorite
شاوور	ایلایت < ورمی کولیت > کلریت
Shavoor	Illite > Vermiculite > Chlorite
اهواز	ورمی کولیت < کلریت > ایلایت
Ahvaz	Vermiculite > Chlorite > Illite

(۲۸) هم گزارش کردند که با افزایش مقدار pH، به دلیل افزایش مواضع جذب کننده و کاهش رقابت یون  $H^+$  با  $K^+$  برای جذب شدن بر روی مواضع، مقدار جذب پتاسیم افزایش می‌یابد. همچنین در اثر کاهش مقدار pH، انحلال کربنات کلسیم در نمونه‌های خاک افزایش یافته و در نتیجه کلسیم به عنوان یون رقیب برای پتاسیم وارد محلول خاک شده و می‌تواند مقدار جذب پتاسیم را کاهش دهد (۲۷). از دیگر موارد می‌توان به این احتمال که با کاهش pH از ۷/۵ به ۶ مقداری بار الکتریکی مثبت در سطح برخی کانی‌های رسی خاک‌ها (بار وابسته به pH) ایجاد شده باشد و در نتیجه باعث کاهش تمایل این کانی‌ها به جذب یون‌های پتاسیم شده باشد نیز اشاره نمود (۲۱).

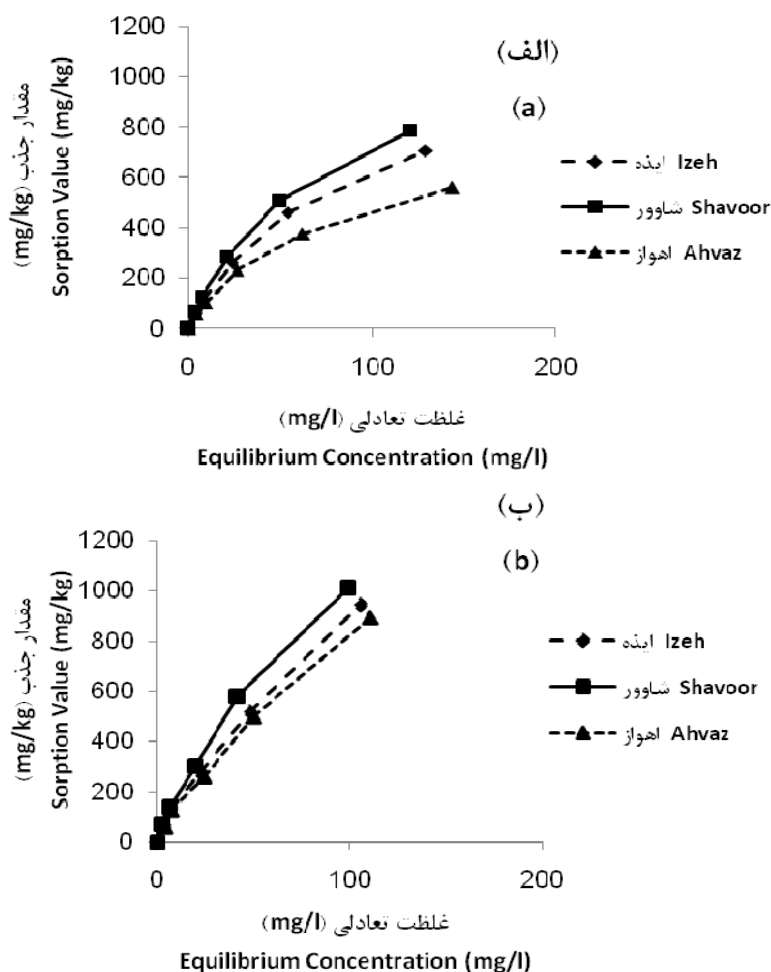
در شکل ۳ همدماهای جذب پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه که ماده آلی آن‌ها حذف شده است نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تیمار حذف ماده آلی بیشترین مقدار جذب پتاسیم در خاک شاوور که دارای مقدار رس به مراتب بیشتری از سایر خاک‌ها می‌باشد رخ داده است و همچنین با افزایش مقدار pH از ۶ به ۷/۵، مقدار جذب پتاسیم افزایش یافته است. اما مهم‌ترین تفاوتی که بین همدماهای جذب پتاسیم در تیمار حذف ماده آلی (تیمار آب اکسیژنه) و همدماهای جذب پتاسیم در تیمار شاهد (عدم حذف ماده آلی) وجود دارد این است که در تیمار شاهد، کمترین مقدار جذب پتاسیم در خاک ایذه مشاهده شد در حالی که در تیماری که ماده آلی خاک حذف شده است، میزان جذب پتاسیم در خاک‌های مختلف از روند زیر پیروی می‌کند:

شاوور < ایذه < اهواز

در این رابطه قابل ذکر است که در واقع با حذف ماده آلی ذرات رس از کمپلکس رس با مواد آلی جدا شده و از این رو تنها مواضع برهم‌کنش با پتاسیم اضافه شده به خاک اجزاء معدنی می‌باشند و از آنجائی که مقدار رس در خاک شاوور بیش از سایر خاک‌ها بوده است بنابراین این خاک بیشترین مقدار جذب پتاسیم را نشان می‌دهد. همچنین با مقایسه دو خاک دیگر می‌توان بیشتر بودن جذب پتاسیم در خاک ایذه را احتمالاً با توجه به بیشتر بودن مقدار کانی ایلایت در این خاک نسبت به خاک اهواز توجیه نمود.

علیرغم اینکه خاک ایذه مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتری از دو خاک دیگر دارد اما مقدار جذب پتاسیم در آن از هر دو خاک دیگر کمتر می‌باشد. جذب کمتر پتاسیم در خاک دارای مقدار ماده آلی بیشتر را می‌توان از دو نقطه نظر توجیه نمود. نخست آن‌که کاتیون‌هایی نظیر پتاسیم، سدیم و سزیم دارای شعاع هیدراته بزرگ‌تری نسبت به کاتیون‌هایی نظیر کلسیم، منیزیم، مس و سرب می‌باشند که این شعاع هیدراته بزرگ مانع از ایجاد کمپلکس‌های درون کره‌ای این کاتیون‌ها با مواضع کمپلکس کننده موجود در ترکیبات آلی خاک می‌گردد (۱۲ و ۲۵). از این رو به نظر می‌رسد که عمده پتاسیم اضافه شده به خاک احتمالاً از طریق کمپلکس‌های برون کره‌ای که قدرت پیوندی بسیار ضعیفی دارند جذب مواد آلی خاک شده و به راحتی نیز از آن جدا و وارد فاز محلول خاک می‌شوند. به همین دلیل است که حضور مواد آلی باعث کاهش جذب پتاسیم در خاک و افزایش مقدار آن در فاز محلول می‌شود (۳). رن کو و همکاران (۱۸) نیز اظهار داشتند که ترکیبات آلی دارای وزن مولکولی پائین مانداسیدهای آلی که عمدتاً در بخش مواد آلی محلول حضور دارند باعث کاهش جذب سطحی پتاسیم توسط ذرات خاک می‌شوند. دلیل دوم در رابطه با جذب بیشتر پتاسیم در خاک ایذه را می‌توان به وجود مقادیر بیشتر کانی ایلایت که تمایل بسیار زیادی برای جذب و تثبیت پتاسیم دارند نسبت داد (۱۲). در واقع این کانی‌ها با جذب و تثبیت پتاسیم موجود در خاک در داخل لایه‌های خود باعث کاهش زیست‌فراهمی این عنصر در خاک می‌شوند (۱۳).

همچنین در شکل ۲ مشاهده می‌شود که در همه خاک‌های مورد مطالعه مقدار جذب پتاسیم در  $pH = 6$  کمتر از  $pH = 7.5$  می‌باشد. در واقع با کاهش pH به دلیل افزایش فعالیت یون هیدروژن در محلول خاک، این یون به عنوان یون رقیب برای پتاسیم عمل کرده و در نتیجه مقدار جذب پتاسیم را بر روی مواضع جذب کننده پتاسیم در خاک، نظیر کانی‌های رسی، کاهش می‌دهد. ژین و همکاران (۲۶) مشاهده کردند که با افزایش مقدار pH، مقدار جذب پتاسیم در خاک بطور نمایی افزایش یافت. بانگرو و همکاران (۱) نیز گزارش کردند که بین ظرفیت جذب پتاسیم توسط خاک با pH خاک، مقدار رس و مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی مثبتی وجود دارد. یوندا و همکاران



شکل ۳- همدمای جذب سطحی پتاسیم در خاک‌های مختلف (الف) در  $pH = 6$  و (ب) در  $pH = 7.5$  در خاک‌های تیمار شده با آب اکسیژنه  
 Figure 3- Potassium adsorption isotherms in different soils at (a)  $pH = 6$  and (b)  $pH = 7.5$  in soils treated with  $H_2O_2$

مقادیر ضریب توزیع برای هر غلظت مورد مطالعه از پتاسیم (شامل ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و همچنین میانگین مقادیر ضرایب توزیع هر خاک در pHهای مختلف و نیز در تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت اولیه پتاسیم در همه خاک‌ها و تیمارها، مقدار ضریب توزیع کاهش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهند که هرچند که با افزایش غلظت اولیه پتاسیم، مقدار جذب پتاسیم توسط اجزاء جامد خاک (q) افزایش می‌یابد اما از طرف دیگر با افزایش غلظت پتاسیم اولیه، غلظت پتاسیم جذب نشده یا اضافه شده به محلول (C) نیز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر با افزایش غلظت پتاسیم اضافه شده، مواضع جذب کننده پتاسیم اشباع شده در نتیجه به مرور تمایل و توانایی خاک برای جذب پتاسیم کاهش می‌یابد. همچنین همان‌طور که در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است مقدار میانگین ضریب توزیع در خاک شاور در همه تیمارها به طور

از سوی دیگر در همه خاک‌ها و تیمارهای مورد مطالعه، همدمای جذب پتاسیم از نوع همدمای L می‌باشد. ویژگی اصلی همدمای نوع L این است که با افزایش غلظت ماده جذب شونده در محلول شیب همدمای کاهش می‌یابد، زیرا تعداد مواضع و مکان‌های خالی موجود بر سطح ماده جذب کننده با افزایش پوشش سطحی کاهش می‌یابد. این رفتار جذب سطحی را می‌توان ناشی از تمایل زیاد جذب کننده به جذب شونده در غلظت‌های کم و کاهش این تمایل با افزایش غلظت مربوط دانست (۱۹). در واقع با افزایش غلظت اولیه پتاسیم، مواضع جذب کننده پتاسیم به مرور اشباع می‌شوند و باعث کاهش تمایل خاک جهت جذب بیشتر پتاسیم می‌گردند. هنان و همکاران (۵) و اسپارکس و هوانگ (۲۲) دلیل شکل خطی بخش‌های اولیه همدمای جذب پتاسیم را به خالی بودن سطوح خارجی در رس‌ها و مواد آلی خاک نسبت دادند که به مرور این سطوح پر شده و در نتیجه شیب همدمای جذب کاهش می‌یابد.

می‌گردد. مقدار ضریب توزیع پتاسیم تیمار شاهد در خاک اهواز در  $pH = 6$  بیشتر از خاک ایذه می‌باشد که علت آن را می‌توان به افزایش شکل تبدلی پتاسیم در حضور مواد آلی و در نتیجه کاهش جذب پتاسیم نسبت داد (۲۲).

معنی‌داری بیش از دو خاک دیگر است. فزونی ضریب توزیع در این خاک نسبت به دو خاک دیگر را می‌توان به درصد رس و فراوانی بیشتر کانی‌های رسی در این خاک نسبت به سایر خاک‌های مورد مطالعه نسبت داد که باعث جذب و تثبیت مقادیر زیادی از پتاسیم

جدول ۳- مقادیر ضریب توزیع پتاسیم در غلظت‌های مختلف در خاک‌ها و تیمارهای مختلف  
Table 3- Distribution coefficient of potassium in soils with different concentrations

خاک Soil	pH	تیمار Treatment	غلظت پتاسیم اضافه شده Added potassium concentration ( $mg\ l^{-1}$ )					$\mu k_d$
			10	20	50	100	200	
ایذه Izeh	6	شاهد Control	4.85	4.45	2.96	2.47	1.78	3.30
		آب اکسیژنه $H_2O_2$	15.83	12.88	10.78	8.51	5.46	10.69
	7.5	شاهد Control	15.61	11.90	7.53	6.08	4.45	9.12
		آب اکسیژنه $H_2O_2$	16.95	18.65	12.36	10.78	8.91	13.53
شاوور Shavoor	6	شاهد Control	15.77	11.57	9.69	7.79	4.41	9.85
		آب اکسیژنه $H_2O_2$	21.15	17.7	13.32	10.35	6.50	13.70
	7.5	شاهد Control	17.25	13.01	10.42	10.56	7.66	11.78
		آب اکسیژنه $H_2O_2$	23.11	20.53	15.24	13.87	10.17	16.58
اهواز Ahvaz	6	شاهد Control	10.79	9.90	5.97	4.25	3.02	6.78
		آب اکسیژنه $H_2O_2$	13.86	10.26	8.66	6.03	3.87	8.54
	7.5	شاهد Control	11.83	11.46	8.30	6.76	5.73	8.81
		آب اکسیژنه $H_2O_2$	14.33	16.63	10.66	9.89	8.03	11.91

جدول ۴- جدول مقایسه میانگین ضرایب توزیع پتاسیم در خاک‌ها و تیمارهای مختلف در  $pH = 6$   
Table 4- Mean comparison of potassium distribution coefficient in the different soils and treatments at  $pH = 6$

	شاهد Control	آب اکسیژنه $H_2O_2$	میانگین خاک‌ها Average of Soils
ایذه Izeh	3.30 <sup>c</sup>	10.69 <sup>b</sup>	6.99 <sup>B</sup>
شاوور Shavoor	9.85 <sup>bc</sup>	13.70 <sup>a</sup>	11.77 <sup>A</sup>
اهواز Ahvaz	6.78 <sup>d</sup>	8.54 <sup>c</sup>	7.66 <sup>B</sup>
میانگین تیمارها Means of Treatments	6.50 <sup>B</sup>	10.18 <sup>A</sup>	

حروف مشابه در سطح آماری (LSD، ۵ درصد  $\alpha$ ) معنی‌دار نیست

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns at  $\alpha = 0.05$ , LSD



جدول ۵- جدول مقایسه میانگین ضرایب توزیع پتاسیم در خاک‌ها و تیمارهای مختلف در  $pH = 7.5$ Table 5- Mean comparison of potassium distribution coefficients in the different soils and treatments at  $pH = 7.5$ 

	شاهد Control	آب اکسیژنه $H_2O_2$	میانگین خاک‌ها Average of Soils
ایذه Izeh	9.12 <sup>d</sup>	13.53 <sup>b</sup>	11.32 <sup>B</sup>
شاوور Shavoor	11.78 <sup>c</sup>	16.58 <sup>a</sup>	14.18 <sup>A</sup>
اهواز Ahvaz	8.81 <sup>d</sup>	11.91 <sup>c</sup>	10.36 <sup>C</sup>
میانگین تیمارها Average of Treatments	9.29 <sup>B</sup>	13.38 <sup>A</sup>	

حروف مشابه در سطح آماری (LSD،  $\alpha = 5\%$ ) معنی‌دار نیستNumbers followed by the same letter are not significantly differentns at  $\alpha = 0.05$ , LSD

گزارش نمودند. هنان و همکاران (۵) نیز مقادیر پارامتر  $K_F$  را برای پتاسیم در خاک‌های مختلف بین ۶ تا ۱۱ به‌دست آورده و عواملی مانند مقدار و نوع رس، ماده آلی،  $pH$  و درصد کربنات کلسیم معادل را بر مقادیر این پارامتر موثر دانستند.

بررسی پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگ مویر نشان می‌دهد که مقدار ضرایب  $K_F$  و  $a_m$  (به ترتیب ظرفیت جذب معادله فروندلیچ و حداکثر مقدار جذب معادله لانگ مویر) در خاک‌ها از روند زیر پیروی می‌کند:

شاوور < ایذه < اهواز

این روند با روند به‌دست آمده برای مقادیر میانگین ضریب توزیع مشابه می‌باشد. از سوی دیگر مقدار این دو پارامتر در خاک‌های تیمار شده با آب اکسیژنه (به استثنای خاک شاوور،  $pH = 7.5$ ) بیشتر از خاک‌های شاهد می‌باشد که نشان دهنده تاثیر کاهنده مواد آلی بر روی جذب پتاسیم توسط اجزاء معدنی خاک می‌باشد. همان‌طور که قبلاً نیز بیان شد این موضوع می‌تواند به عوامل مختلفی مانند شعاع هیدراته بزرگ پتاسیم و در نتیجه عدم تشکیل پیوندهای قوی بین گروه‌های عاملی مواد آلی و پتاسیم موجود در فاز محلول خاک نسبت داده شود (۳). از دیگر موارد قابل ذکر می‌توان به حضور اسیدهای آلی و ترکیبات آلی محلول (DOC) در خاک و تاثیر کاهنده آن‌ها بر روی جذب پتاسیم توسط اجزاء معدنی و کانی‌های رسی خاک و حتی تاثیر این ترکیبات بر روی افزایش آزادسازی پتاسیم جذب شده بوسیله کانی‌های رسی اشاره نمود (۱۵). با این حال اثبات این ادعا نیازمند انجام مطالعات بیشتری است.

$1/n$  شاخصی از مقدار ناهمگنی در یک سیستم می‌باشد. هرچه مقدار این پارامتر به یک نزدیکتر باشد سیستم همگن‌تر و هرچه این پارامتر به صفر نزدیک‌تر باشد سیستم غیر همگن می‌باشد (۴). بر این اساس مشاهده می‌شود که با حذف ماده آلی در خاک‌ها و به‌عبارتی

در تیمار آب اکسیژنه با توجه به اینکه ماده آلی خاک‌ها حذف شده است؛ بنابراین فقط جزء معدنی خاک بر روی جذب پتاسیم تاثیر می‌گذارد که با توجه به مقدار بیشتر کانی‌های رسی در خاک ایذه، بنابراین میزان جذب یا تثبیت پتاسیم بیشتر از خاک اهواز است.

ضرایب و پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگ‌مویر و مقادیر ضریب تعیین به‌دست آمده از همدماهای جذب پتاسیم در خاک‌ها و تیمارهای مختلف در جدول ۶ ارائه شده‌اند. بر این اساس، در همه خاک‌های مورد مطالعه پارامتر ظرفیت جذب پتاسیم در معادله فروندلیچ و لانگ‌مویر در  $pH = 6$  کمتر از  $pH = 7.5$  می‌باشند. در این رابطه قابل ذکر است که در  $pH$ های کمتر به دلیل افزایش فعالیت یون هیدروژن در محلول خاک، این یون به‌عنوان یون رقیب برای پتاسیم عمل کرده و در نتیجه مقدار جذب پتاسیم را بر روی مواضع جذب کننده پتاسیم در خاک، نظیر کانی‌های رسی، کاهش می‌دهد. از سوی دیگر با کاهش  $pH$  از  $7.5$  به  $6$  این احتمال که مقداری بار الکتریکی مثبت در سطح برخی کانی‌های موجود در بخش رس خاک‌ها (بار وابسته به  $pH$ ) ایجاد و در نتیجه باعث کاهش تمایل این کانی‌ها به جذب یون‌های پتاسیم شده باشد دور از ذهن نیست (۲۲).

به علاوه، با توجه به مقادیر ضرایب تعیین (جدول ۶) به نظر می‌رسد که هر دو معادله فروندلیچ و لانگ‌مویر توانایی خوبی برای برآزش نتایج حاصل از جذب پتاسیم در خاک دارند اما معادله لانگ‌مویر توانایی بیشتری برای برآزش نتایج حاصل از جذب پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه دارد (حداقل و حداکثر ضریب تعیین برای معادله فروندلیچ به ترتیب  $0.076$  و  $0.098$  و برای معادله لانگ‌مویر به ترتیب  $0.188$  و  $0.099$  می‌باشند). هنان و همکاران (۵)، بانگرو و همکاران (۱) و واجید و همکاران (۲۴) نیز برآزش مناسب آزمایشات جذب پتاسیم در خاک را توسط هر دو مدل فروندلیچ و لانگ‌مویر

همگن تر شدن سیستم، مقدار 1/n نیز افزایش می‌یابد که موید تاثیر مواد آلی بر کاهش جذب پتاسیم توسط اجزای معدنی خاک می‌باشد.

جدول ۶- مقادیر پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگ مویر بدست آمده از همدماهای جذب پتاسیم  
Table 6- Freundlich and Langmuir equations parameters, resulted from potassium adsorption isotherms

خاک Soil	pH	تیمار Treatment	فروندلیچ Freundlich					لانگمویر Langmuir					
			1/n	$K_F$ (l kg <sup>-1</sup> )	RSS	TSS	R <sup>2</sup>	$a_m$ (mg kg <sup>-1</sup> )	b (l mg <sup>-1</sup> )	RSS	TSS	R <sup>2</sup>	
ایذه Izeh	6	شاهد Control	0.47	12.5	319.5	1681.6	0.81	7.7	30.7	421.8	21090.7	0.98	
		آب اکسیژنه H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.59	22.3	84.8	2827.2	0.97	20.4	12.5	108.4	5418.1	0.98	
	7.5	شاهد Control	0.41	19.7	291.8	1215.7	0.76	22.1	9.4	322.5	32250.4	0.99	
		آب اکسیژنه H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.65	22.1	130.5	2609.8	0.95	23.4	89.7	188.3	1569.2	0.88	
	شاورور Shavoor	6	شاهد Control	0.22	23.9	187.9	2349.4	0.92	21.4	34.6	239.4	3420.6	0.93
			آب اکسیژنه H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.45	41.2	92.8	2319.6	0.96	25.3	19.4	101.3	921.1	0.89
7.5		شاهد Control	0.43	32.6	61.8	3088.4	0.98	21.6	13.7	100.5	1675.4	0.94	
		آب اکسیژنه H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.53	37.4	59.0	2949.2	0.98	28.6	76.2	114.0	1139.9	0.90	
اهواز Ahvaz	6	شاهد Control	0.47	25.9	151.6	2526.7	0.94	16.4	27.1	187.1	18710.1	0.99	
		آب اکسیژنه H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.5	31.27	259.1	1439.6	0.81	17.809	34.3	313.9	6277.52	0.95	
	7.5	شاهد Control	0.45	15.63	108.8	2719.2	0.96	15.438	42.4	141.2	7058.68	0.98	
		آب اکسیژنه H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.58	24.12	83.3	2778.	0.97	18.775	81.4	91.7	1019.06	0.91	

### نتیجه گیری کلی

غلظت اولیه پتاسیم اضافه شده به خاک، علیرغم افزایش میزان جذب، شدت جذب پتاسیم کاهش یافت که دلیل اصلی آن اشباع مواضع جذب کننده پتاسیم در خاک و به ویژه کانی‌های رسی و در نتیجه کاهش میل این کانی‌ها به جذب بیشتر پتاسیم می‌باشد. بررسی همدماهای جذب پتاسیم در خاک نیز نشان داد که معادلات فروندلیچ و مخصوصاً لانگمویر توانایی زیادی برای برآزش نتایج حاصل از جذب پتاسیم در حضور و عدم حضور مواد آلی در خاک دارند. بر این اساس، همدماهای جذب پتاسیم در خاک از نوع L می‌باشند که نشان می‌دهد که با افزایش مقدار جذب، سطوح جذب کننده به مرور اشباع از پتاسیم شده و در نتیجه تمایل به جذب کاهش می‌یابد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان دادند که مقدار جذب سطحی پتاسیم اضافه شده به خاک شدیداً تحت تاثیر مقدار و نوع کانی‌های رسی موجود در خاک می‌باشد؛ به طوری که خاک‌های دارای مقدار بیشتر کانی ایلایت توانایی بیشتری برای جذب و تثبیت پتاسیم در خاک دارند. از طرف دیگر حذف مواد آلی خاک بوسیله آب اکسیژنه باعث افزایش مقدار جذب پتاسیم توسط اجزاء معدنی خاک و بویژه کانی‌های رسی می‌شود. همچنین با افزایش مقدار pH خاک، مقدار جذب پتاسیم در خاک و تبدیل آن به شکل‌های غیرتبادلی و غیر محلول افزایش می‌یابد. به علاوه، نتایج نشان دادند که با افزایش

## منابع

- 1- Bangroo S., Mushtaq A., Wani A., Tahir A., Malik M.A., Kirmani N.A., Sofi J.A., and Faisal R. 2012. Potassium adsorption characteristics of soils under long term maize-legume cropping sequence. *African Journal of Agricultural Research* 7(48): 6502-6507.
- 2- Dordipour E., BahreiniTouhan M. 2010. The impact of soil organic matter (SOM) removal on availability and release of non-exchangable potassium (NEK) in loessial soils of Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(3): 85-104. (in Persian with English abstract).
- 3- Dumat C., Cheshire M.V., Fraser A., Shand C., and Staunton S. 1997. The effect of removal of soil organic matter and iron on the adsorption of radio cesium. *European Journal of Soil Science*, 48: 675-683.
- 4- Gregory T., Karns C.L., Shimizu K.D. 2005. A critical examination of the use of the Freundlich isotherm in characterizing molecularly imprinted polymers (MIPS). *AnalyticaChemica*, 528: 107-113.
- 5- Hannan A., Ranjha A., Rahmatullah M., Waqas M., and Abid N. 2007. Potassium adsorption characteristics of four different textured alkaline calcareous soils. *Pakistan Journal of Agriculture Sciences*, 44(2): 242-247.
- 6- HashemianGhahfarokhi, S. S. 2012. Study of potential sorption of lead and cadmium in the different soil textures and the effect of sepiolite and zeolite on them. M.Sc. thesis in Soil Science, College of Agriculture, ShahidCahmran University of Ahvaz.
- 7- Hosseinpour, A., and Kalbasi, M. 2001. Potassium fixation and properties of clay minerals charge in some of the soils in Iran central and north parts. *Journal of Agricultural and Natural Resources Sciences and Technologies*, 5 (3):79-94. (in Persian).
- 8- Hughes R.E., Moore D.M., Glass H.D. 1994. Qualitative and quantitative analysis of clay minerals in soil. P. 330-360. In J. E. Amonette and L. W. Zelazny (Eds.). *Quantitative methods in soil mineralogy*. Soil Science Society of America Miscellaneous Publication. Madison, WI, USA.
- 9- Jackson M.L. 1979. *Soil Chemical Analysis Advanced Course*. 2<sup>nd</sup> edition. Madison, Wisconsin, USA, 895 pp.
- 10- Khormali F., Abtahi S.A., Tazikeh H. 2012. *Clay minerals (properties and characterization)*. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. (in Persian).
- 11- Kittrick J.A., and Hope E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Science Society of American Journal*, 37: 201-205.
- 12- Knudsen D., Peterson G.A., andPartt P.F. 1982. Lithium, sodium, and potassium. P. 403-429. In. A. L. Page et al. *Methods of soil analysis. Part 2*. 2<sup>nd</sup> Ed. Agronomy. No. 9. ASA-SSA, Madison, WI, USA.
- 13- Lindroos A.J., Brugger T., Derome J., and Derome K. 2003. The weathering of mineral soil by natural soil solutions. *Water, Air and Soil Pollution*, 149: 269-279.
- 14- LotfiParsa H., Khademi H., Ayoubi S., and Hadinejad, A. 2012. Interval variation of potassium release content from phlogopite in the rhizosphere of alfalfa (*Medicago sativa L.*). *Journal of Soil Researches*, 26 (1): 111-122. (in Persian).
- 15- NaderizadehZ., and Khademi H. 2011. Effect of organic matter on potassium availability from some of the di- and trioctahedral mica by alfalfa. *Journal of Agricultural and Natural Resources Sciences and Technologies*, 56: 127-139. (in Persian).
- 16- Pal A.Y., Wong, M.T.F., and Gilkes, R.J. 1999. The forms of potassium and potassium adsorption in some virgin soils from south-western Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 37: 695-709.
- 17- Ratkowsky DA, 1990. *Handbook of Nonlinear Regression Models*. Marcel Dekker Inc., New York.
- 18- Ren-Kou X., An-Zhen Z., and Guo-Liang J. 2005. Effect of low molecular weight organic anions on adsorption of potassium by variable charge soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36:1029-1039.
- 19- Ross G.J. 1971. Relation of potassium exchange and fixation to degree of weathering and organic matter content in micaceous minerals. *Clays and Clay Minerals*, 19:167-174.
- 20- Salardini A. 2003. *Fertilizers and soil fertility*. Tehran University Press. (in Persian).
- 21- Sharifipour F., Hojati S., Landi A., and Faz Cano A. 2015. Removal of Lead from aqueous solutions using Iranian sepiolite: Effects of contact time, temperature, pH, dose and heat- pretreatment. *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 38 (1): 135-147. (In Persian)
- 22- Sparks D.L., and Huang P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. p. 201-276. In. R. Munson (ed.). *Potassium in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, USA.
- 23- Sparks D.L. 2003. *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press. Second Edition.
- 24- Wajid A., Muhammad H., Mujahi A., Muhammad M., and Hafiz A. 2013. Evaluation of Freundlich and Langmuir isotherm for potassium adsorption phenomena. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6 (15):1048-1054.
- 25- Wang F. L., and Huang P.M. 2001. Effects of organic matter on the rate of potassium adsorption by soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 81: 325-330.
- 26- Xin T.S., Fen G.Z., and He S.J. 2007. Effect of oxalic acid on potassium release from typical Chinese soils and

minerals. *Pedosphere*, 17(4): 457–466.

- 27- York, E.T., Bradfield, R., and Peech, M. 1953. Calcium- potassium interactions in soil: II. Reciprocal relationship between calcium and potassium in plants. *Soil Science*, 76 (6): 481-492.
- 28- Yunda A.L., Guzman G., Ferrucho A., and Shelter L.R. 1997. Isotherms of potassium adsorption in a level Oxisol of the eastern zones of Colombia. *Colombian Magazine of Chemistry*, 26: 1-7.

## Effects of Organic Matter Removal on Potassium Adsorption Isotherms in Different pH Values at Some Soil of Khuzestan Province

A. Amuzadeh<sup>1</sup>-A. Landi<sup>2</sup>-S. Hojati<sup>3\*</sup>

Received: 06-09-2014

Accepted: 13-01-2016

**Introduction:** Adsorption plays a determinant role in the mobility and bioavailability of potassium in soils. Adsorption decreases the solution phase concentration, resulting in very low diffusive fluxes and small transfer by mass flow of soil solution. The K fixation in soils which occurs by transformation of available forms into unavailable ones, influences the effectiveness of fertilization in soil-plant system. Thus, understanding the mechanism that involves adsorption of K in soil is important because soils may contain widely variable pools of K which are potentially mobilized by chemical weathering of soil minerals. The clay minerals types, pH, soil organic matter (SOM), hydroxide aluminum, soil moisture status, cation exchange capacity (CEC), fertilization and tillage system are the major factors affecting the equilibrium. Adsorption sites for K by organic matter are similar to planar surfaces like kaolinite clays. Soil pH has also significant effect on K adsorption as CEC increases with increase in pH. Knowledge about the variation in behavior of K adsorption among different soils is necessary to predict the fate of applied K fertilizers in soils and to make precise K fertilizer recommendations. The objective of this study was to evaluate the effect of soil organic matter and pH on the adsorption of K by three calcareous soils of Khuzestan Province, at southwest of Iran, having different mineralogical properties.

**Materials and Methods:** Three soil samples (Izeh, Shavoor, Ahvaz) were collected from different areas of Khuzestan Province and their physicochemical and mineralogical properties were determined. Potassium adsorption experiments were performed by pouring 2g of each air-dried and Ca<sup>2+</sup>-saturated soils, with (control) and without (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) organic matter into polyethylene tubes and adding 20 ml of the stock solution of KCl with initial concentrations of 10, 20, 50, 100 and 200 mg l<sup>-1</sup> at pH=6 and pH=7.5. The tubes were shaken at 150 rpm for 24h, as the equilibrium time, at 25 °C. The pH of the soils was adjusted by application of 0.1 N HCl and NaOH solutions every 4 hours during the shaking period. The soil samples dissolved in potassium solutions (1:10w/v) were centrifuged at 3000 rpm for 15min. Then, the supernatant was filtered through filter paper (Wathman filters No.42) and the potassium concentrations in the supernatants were determined by flame photometer method. The amount of sorbed potassium in soils was calculated with the equation:

$$q = \frac{(C_0 - C_e)V}{M} \quad (1)$$

where q (mg kg<sup>-1</sup>) is the amount of adsorbed K onto soil particles, C<sub>0</sub> and C<sub>e</sub> (mg l<sup>-1</sup>) are the initial and equilibrium concentration of the potassium in solution, respectively; V is the solution volume (ml), and M is the weight of air-dried soil (kg). The data were then fitted by linear Freundlich and Langmuir models.

**Results and discussion:** Among the important geochemical properties of soils for the adsorption of cations are the contents of organic matter, pH, clay contents, and cation exchange capacity (CEC). Accordingly, organic matter, pH, clay and cation exchange capacity contents were 3.09%, 7.62, 20.5% and 16.7 cmol (+)/kg for Izeh, 0.79%, 7.52, 50.5% and 11.31 cmol (+)/kg for Shavoor soil and 0.95%, 7.15, 20% and 7.39 cmol (+)/kg for Ahvaz soils. The mineralogical experiments showed that the order of dominant clay minerals in the soils are Vermiculite > Illite > Chlorite > in Izeh, Illite > Vermiculite > Chlorite in Shavoor and Vermiculite > Chlorite > Illite in Ahvaz soils. The results indicated that potassium sorption isotherms in the soils are L-type and both Freundlich and Langmuir equations are able (r<sup>2</sup>>0.9) to explain the results of the potassium adsorption in the soils studied. Potassium sorption capacity of Freundlich equation (k<sub>f</sub>) and maximum sorption capacity of potassium (a) in Langmuir equation were obtained between 12.47 to 32.59 (l g<sup>-1</sup>) and 7.50 to 22.13 mg kg<sup>-1</sup>, respectively at control and 22.34 to 41.16 (l g<sup>-1</sup>) and 17.81 to 28.59 mg kg<sup>-1</sup>, respectively at H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatments. The distribution coefficient is used to characterize the mobility of cations in soil; low K<sub>d</sub> values imply that most of the cation remains in solution, and high K<sub>d</sub> values indicate that the cation has great affinity for the surface of adsorbents. Mean content of potassium distribution coefficient at Shavoor soil was significantly higher than other soils which can be attributed to the high content of clay minerals such as illite. Moreover, the results indicated that by increasing the pH values of the soils from 6 to 7.5 the adsorption efficiency of potassium in

1, 2 and 3- Former M.Sc Student, Professor and Asistant Professor of Soil Science Department, College of Agriculture, ShahidChamran University of Ahvaz, Respectively

(\* - Corresponding Author Email: s.hojati@scu.ac.ir)

Izeh, Shavoor and Ahvaz soils increased to 38.3, 8.3, and 26.1%, respectively.

**Conclusion:** Potassium adsorption in soil is affected by content and type of clay minerals. so that the soils with high illite content have more capacity for sorption and fixation of potassium in soil. On the other hand, organic matter removal from soils increased the potassium sorption by mineral components (especially clay minerals) of the soil studied. Moreover, with an increase in soil pH the potassium sorption increased significantly.

**Keywords:** Adsorption, Clay Minerals, Langmuir, Freundlich