

## مقایسه ویژگی‌های جذب پتاسیم در خاک‌های زراعی و غیرزراعی منطقه خوی

حسن پیغامی خوشه‌مهر<sup>۱</sup>، ابراهیم سپهر<sup>۲\*</sup>، حمیدرضا ممتاز<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۵)

## چکیده

به منظور مقایسه رفتار جذب پتاسیم در خاک‌های زراعی و غیر زراعی در منطقه خوی، آزمایشات جذب به صورت بیج با ۱۰ نمونه خاک زراعی و ۱۰ نمونه خاک غیرزراعی در سری غلظتی پتاسیم ( $0-150 \text{ mg L}^{-1}$ ) در قدرت یونی  $0/01$  مولار  $\text{CaCl}_2$  انجام گرفت. پس از تعادل، مقدار پتاسیم باقی‌مانده در محلول اندازه‌گیری و منحنی‌های کمیت به شدت (Q/I) رسم و پارامترهای ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم ( $\text{PBC}^{\text{K}}$ )، نسبت فعالیت تعادلی پتاسیم ( $\text{AR}_e^{\text{K}}$ )، پتاسیم آسان قابل تبادل ( $\Delta\text{K}_0$ )، نیاز استاندارد پتاسیم (SKR)، غلظت تعادلی پتاسیم (EKC)، پتاسیم سخت قابل تبادل ( $\text{K}_x$ ) و انرژی تعادلی پتاسیم (EK) از روی منحنی-های کمیت-شدت (Q/I) محاسبه شدند. نتایج مقایسه میانگین پارامترهای خاک‌های زراعی و غیرزراعی نشان داد که مقادیر پارامترهای  $\text{AR}_e^{\text{K}}$ ،  $\Delta\text{K}_0$  و EKC در خاک‌های زراعی نسبت به مقدار آن‌ها در خاک‌های غیرزراعی مجاور کاهش معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) داشتند، به طوری که با روند کشت، میانگین مقدار  $\text{AR}_e^{\text{K}}$  از  $0/188$  به  $0/048$  ( $\text{mol.L}^{-1}$ )<sup>0.5</sup> و میانگین  $\Delta\text{K}_0$  از  $0/117$  به  $0/057$   $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  کاهش یافتند. مقدار متوسط پارامتر EKC در خاک‌های غیرزراعی و زراعی به ترتیب ۹۱ و ۳۴ میلی‌گرم بر لیتر و میانگین  $\text{PBC}^{\text{K}}$  برای خاک‌های زراعی  $11/8$  و غیرزراعی  $7/7$  ( $\text{mol.L}^{-1}$ )<sup>0.5</sup>  $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  به دست آمد. در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری کرد که خاک‌های منطقه مورد مطالعه، به طور نسبی دارای پتاسیم بالایی می‌باشند، ولی مدیریت کشت منطقه و نحوه مدیریت کودی زارعین منجر به کاهش میزان پتاسیم در خاک و در نتیجه افزایش پارامترهای جذب در خاک‌های زراعی شده است.

**واژه‌های کلیدی:** هم‌دماهای جذب، پتاسیم، روابط کمیت به شدت، ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

\* پست الکترونیک: [e.sepehr@urmia.ac.ir](mailto:e.sepehr@urmia.ac.ir)

## مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاهی است که تقریباً هم اندازه نیتروژن در بافت‌های گیاهی وجود دارد و واکنش‌های مهم فیزیولوژیکی از جمله فعال کردن آنزیم‌ها، فتوسنتز، تنفس، روابط آبی گیاه و توازن یونی را در گیاه بر عهده دارد و در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه ویژه‌ای دارد به طوری که از این عنصر به نام عنصر کیفیت نام برده می‌شود (Marschner, 1995).

پتاسیم در خاک به شکل‌های مختلف محلول، تبادل‌ی، غیر قابل تبادل و ساختمانی وجود دارد. بین این اشکال رابطه تعادلی وجود دارد که در تغذیه گیاه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (Johnston & Goulding, 1990). این روابط، سطح پتاسیم محلول و قابل دسترس گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. اگر چه پتاسیم محلول و تبادل‌ی به عنوان دو شکل قابل دسترس برای گیاه تلقی می‌شوند، بر اساس مطالعات و تحقیقات انجام شده، دو شکل پتاسیم تثبیت شده و ساختاری نیز می‌توانند در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه نقش داشته باشند (Cox et al., 1999).

از روش‌های رایج تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه و نیاز کودی، عصاره‌گیری با استفاده از کاتیون‌های جانشین شونده از جمله استات آمونیوم می‌باشد ولی در بعضی از خاک‌ها به‌ویژه خاک‌های غنی از کانی‌های میکا، به‌علت وجود مواضع اختصاصی جذب پتاسیم و نگهداری مقدار زیادی پتاسیم با انرژی بالا، تنها بخشی از این پتاسیم با عصاره‌گیر استات آمونیوم استخراج می‌شود که این موضوع احتمالاً یکی از دلایل همبستگی ضعیف بین پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم و پاسخ گیاه به کوددهی پتاسیم است (Abaslou & Abtahi, 2008). تعیین رابطه کمیت-شدت پتاسیم در خاک نخستین بار توسط بکت (Beckett, 1964a) ارائه گردید. در این روش، تغییر غلظت پتاسیم در محلول خاک (عامل شدت) در اثر تغییر غلظت پتاسیم در فاز تبادل‌ی (عامل کمیت) ارزیابی می‌شود، بنابراین، نسبت به روش عصاره‌گیری پتاسیم خاک با استات آمونیوم، اطلاعات بیشتری از وضعیت حاصلخیزی خاک ارائه می‌کند. از جمله این اطلاعات می‌توان به ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم،

پتاسیم جذب شده در سطوح و مناطق گوه‌ای شکل کانی‌ها و مقدار کل پتاسیم قابل جذب اشاره نمود (Beckett, 1964a). مطالعات نشان می‌دهد که رفتار پتاسیم با چندین ویژگی مختلف محیطی و خاک از جمله نوع مواد معدنی موجود در خاک (Surapaneni et al., 2002)، رژیم رطوبتی (Surapaneni et al., 2002)، سابقه کوددهی و نوع محصول کشت شده (Ashegaard et al., 2005)، تغییرات دما (Sparks et al., 1982) و هوازدگی (Ashegaard et al., 2005) همبستگی دارد. سه عامل اصلی خاک در کنترل سرعت فراهمی پتاسیم برای جذب توسط ریشه گیاه شامل شدت پتاسیم در محلول خاک، قدرت بافری پتاسیم و ضریب انتشار مؤثر در خاک است (Mengel et al., 1987).

نمودارهای Q/I با رسم مقادیر جذب پتاسیم در مقابل نسبت فعالیت پتاسیم ایجاد می‌شوند، و از ارتباط نمودارهای Q/I اغلب برای ارزیابی تامین مستقیم پتاسیم از خاک به گیاهان و ظرفیت بافری آن‌ها استفاده می‌شود (Beckett, 1964b). ظرفیت بافری پتاسیم ( $PBC^K$ ) یک پارامتر مهم است که از روابط Q/I به دست می‌آید و نشان‌دهنده توانایی بالقوه خاک برای حفظ شدت مناسبی از پتاسیم در محلول خاک بوده و ممکن است با ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی داشته باشد (Lee, 1973). همچنین ویژگی‌هایی مانند نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل ( $AR_e^K$ )، مقدار پتاسیم دفع یا آزاد شده از خاک ( $\Delta K$ )، پتاسیم آسان قابل تبادل ( $\Delta K_0$ )، شاخص مقدار پتاسیم جذب شده در محل‌های اختصاصی یا پتاسیم سخت قابل استفاده ( $K_x$ ) نیز از منحنی‌های روابط کمیت-شدت قابل محاسبه می‌باشند.

آفتابگردان و چغندر قند به‌عنوان محصولات زراعی عمده منطقه خوی، از گیاهان پرنیاز برای پتاسیم می‌باشند و افزایش عملکرد آفتابگردان در اثر مصرف کودهای پتاسیمی در این منطقه گزارش شده است و نسبت مصرف کودهای پتاسیمی به کودهای منیزیمی برای خاک‌های این منطقه ۳ به ۱ تعیین گردیده است (Sepehr & Malakouti, 2004). لذا به دلیل اهمیت پتاسیم در کشت این گیاهان، در این تحقیق

کدام از محلول‌ها اندازه‌گیری شده و قدرت یونی آن‌ها با استفاده از رابطه مدل تجربی (رابطه ۲) محاسبه شد.

$$I=0.0127EC \quad (2)$$

I قدرت یونی و EC میزان هدایت الکتریکی می‌باشد. سپس ضرایب فعالیت یون‌ها ( $\gamma_i$ ) با استفاده از معادله دیویس، رابطه ۳ محاسبه گردید:

$$\text{Log}\gamma_i = -0.509 \times \left( z_i^2 \times \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} \right) - 0.3I \quad (3)$$

فعالیت هر یون، با استفاده از رابطه  $a_i = \gamma_i C_i$  و غلظت‌های اندازه‌گیری شده برای آن یون محاسبه شد. برای محاسبه نسبت فعالیت پتاسیم (عامل شدت) از معادله ۴ استفاده شد.

$$AR^k = \frac{aK}{\sqrt{a(Ca+Mg)}} \quad (4)$$

در این معادله  $AR^k$  نسبت فعالیت پتاسیم (عامل شدت)،  $a_k$  نسبت فعالیت پتاسیم و  $a_{Ca+Mg}$  نسبت فعالیت کلسیم و منیزیم می‌باشد و بقیه پارامترهای جذب با ترسیم مقادیر  $\Delta K$  در مقابل  $AR^k$ ، پارامترهای  $Q/I$  (کمیت به شدت) به دست آمدند، به طوری که  $AR_e^k$  نسبت فعالیت تعادلی پتاسیم همان  $AR^k$  است. وقتی که  $\Delta K=0$  باشد و به عبارتی همان  $AR^k$  در مزرعه است و معیار مناسبی برای شدت پتاسیم قابل دسترس است که هر چه مقدار آن زیادتر باشد، نشان‌گر فعالیت بیشتر پتاسیم نسبت به کلسیم و منیزیم است.  $AR_e^k$  از معادله ۵ به دست می‌آید:

$$AR_e^k = \frac{aK}{\sqrt{a(Ca+Mg)}} \quad (5)$$

فعالیت کلسیم، منیزیم و پتاسیم محلول با استفاده از غلظت  $K$ ،  $Ca$  و  $Mg$  در محلول تعادلی و ضرایب فعالیت آن‌ها، محاسبه و سپس  $AR_e^k$  به دست می‌آید. برای تعیین انرژی تعادلی پتاسیم از معادله ۶ استفاده شد:

$$E_k = RT \ln AR_e^k \quad (6)$$

سعی شد رفتار جذب پتاسیم در خاک‌های این منطقه با اهداف تعیین پارامترها و روابط کمیت به شدت، اندازه‌گیری ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم و مقایسه پارامترهای مدل‌های مختلف خاک‌های زراعی با خاک‌های غیرزراعی بررسی گردد.

## مواد و روش‌ها

نمونه‌های خاک از ۱۰ قطعه زمین زراعی و غیرزراعی از شهرستان خوی که تحت کشت متناوب کدو، آفتابگردان، چغندر قند و گندم قرار داشت، تهیه شد. نمونه‌های خاک از عمق (۳۰-۰ سانتی‌متری) تهیه، هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. اندازه‌گیری بافت به روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش تیتراسیون (Nelson & Sommers, 1982)، پتاسیم تبادل با استات آمونیوم یک مولار و عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم محلول به روش فلیم‌فوتومتری در عصاره گل اشباع اندازه‌گیری شدند.

## آزمایشات جذب

برای مطالعه‌ی ایزوترم‌های جذب، از هر نمونه خاک زراعی و غیرزراعی، ۲/۵ گرم توزین شد و بر روی هر نمونه خاک، ۲۵ میلی لیتر از محلولی حاوی غلظت معین پتاسیم و ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم اضافه شد. غلظت‌های مختلف پتاسیم در محلول‌ها شامل ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم پتاسیم در لیتر از منبع KCl بود. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت توسط شیکر دورانی شیک شدند، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شده و صاف شدند و میزان پتاسیم آن‌ها با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر اندازه‌گیری شدند. میزان پتاسیم جذب شده از تفاضل مقدار اولیه و مقدار نهایی میزان آن در محلول و با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد.

$$\Delta K (mg.kg^{-1}) = \frac{(C_0 - C) * V}{M_s} \quad (1)$$

که در این معادله  $C_0$  و  $C$  به ترتیب غلظت اولیه و تعادلی پتاسیم ( $mg.L^{-1}$ )،  $V$  حجم محلول (ml) و  $M_s$  جرم خاک خشک (g) می‌باشد. هدایت الکتریکی هر

## نتایج و بحث

### خصوصیات خاک

محدوده مقادیر رس، سیلت و شن خاک‌های زراعی به ترتیب ۶۹-۳۵ درصد، ۳۶-۱۲ درصد و ۴۱-۹ درصد و دامنه تغییر آن‌ها به ترتیب ۳۴، ۲۴ و ۳۲ درصد بود، در حالی که محدوده مقادیر رس، سیلت و شن در خاک‌های غیرزراعی به ترتیب ۶۶-۳۶ درصد، ۳۷-۱۴ درصد و ۴۰-۱۰ درصد و دامنه تغییر آن‌ها به ترتیب ۳۰، ۲۳ و ۳۰ درصد بود (جدول ۱).

محدوده pH خاک‌های زراعی و غیرزراعی به ترتیب بین ۸ تا ۸/۶ و ۸/۰ تا ۸/۸، محدوده کربنات کلسیم معادل به ترتیب ۲۴-۷ درصد و ۲۸-۹ درصد و محدوده مقدار کربن آلی ۱/۰۳-۱/۴۸ درصد و ۰/۶-۱/۹ درصد بود.

طبق نتایج، بین خاک‌های زراعی و غیرزراعی از لحاظ درصد رس، سیلت، شن و pH اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. میانگین کربنات کلسیم معادل در خاک‌های غیرزراعی به طور معنی‌دار بیشتر از مقدار آن در خاک‌های زراعی بود (جدول ۱). دولتی و همکاران (Dovlati et al., 2008) میزان کربن آلی را در خاک‌های منطقه خوی برای خاک‌های زراعی بین ۰/۰۹ تا ۱/۱۳ و برای خاک‌های غیرزراعی ۰/۳۱ تا ۱/۶ درصد گزارش کرد.

### شکل‌های مختلف پتاسیم

#### پتاسیم محلول

مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های زراعی بین ۱۶ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (میانگین ۴۱ میلی‌گرم بر لیتر) بدست آمد که با نتایج پتاسیم محلول در تحقیق دولتی و همکاران (Dovlati et al., 2008) از خاک‌های این منطقه مطابقت داشت. با توجه به غلظت بهینه پتاسیم در محلول خاک (۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) می‌توان گفت که این خاک‌ها از لحاظ پتاسیم در محدوده خاک‌های حاصلخیز و نسبتاً حاصلخیز قرار دارند و مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های غیرزراعی بین ۴۷ تا ۲۵۱ میلی‌گرم بر لیتر (به طور متوسط ۱۱۱ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. آزمون جفتی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پتاسیم محلول خاک‌های زراعی در مقایسه با خاک‌های غیرزراعی

که در آن R، ثابت گازها، T نسبت فعالیت تعادلی پتاسیم و  $AR^k$  نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل می‌باشد (Moore, 1972).

$\Delta K$ : مقدار پتاسیمی که جذب یا آزاد می‌شود یا عبارت است از تغییر در پتاسیم تبدالی نسبت به مقدار پتاسیم قابل تبادل در  $AR^k$  و از تفاضل غلظت پتاسیم اولیه و پتاسیم تعادلی خاک به دست آمده و بیان‌گر فاکتور کمیت (Q) پتاسیم می‌باشد. در قسمت‌های بالای نمودار،  $\Delta K$  مثبت بوده و بیان‌گر جذب پتاسیم توسط خاک می‌باشد و در قسمت‌های پایین نمودار  $\Delta K$  منفی بوده و بیان‌گر رهاسازی پتاسیم در خاک می‌باشد.

$\Delta K_0$ : پتاسیم آسان قابل تبادل (لبایل<sup>۱</sup>) به بیان دیگر عبارت است از عرض از مبدا در  $AR^k=0$  در بخش خطی نمودار Q/I و برآورد اجمالی از ذخیره پتاسیم قابل دسترس در خاک می‌باشد. در واقع معیاری است از پتاسیم به سهولت قابل تبادل که نشان‌گر مقدار پتاسیم قابل تبادل می‌باشد و اکثراً در مکان‌های تبدالی موجود در سطوح خارجی کانی‌ها و سطوح قاعده‌ای کانی‌هایی نظیر مونت موریلونیت و ورمیکولایت و نیز در لایه دوگانه اطراف کلونیدهای آلی وجود دارد. به عبارت دیگر شامل مقدار پتاسیمی است که در جایگاه‌های غیراختصاصی نگه‌داری می‌شود.

$K_x$ : شاخصی از مقدار پتاسیم جذب شده در محل‌های اختصاصی که پتاسیم سخت قابل استفاده نامیده می‌شود. این مکان‌ها برای جذب و نگه‌داری پتاسیم تمایل زیادی از خود نشان می‌دهند و در مقایسه با سطوح تبدالی، پتاسیم را با قدرت بیشتری نگه‌داری می‌کنند.

$PBC^k$ : ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم یا شیب قسمت خطی نمودار Q/I بوده و توان بالقوه را برای تامین یک  $AR^k$  معین نشان می‌دهد (Sparks et al., 1982).

آماره‌های توصیفی با نرم افزار SPSS، شکل نمودارها به کمک نرم افزار Excel و برازش داده‌ها با نرم افزار Solver و  $\sigma_{plot10}$  انجام گرفت و مقادیر  $SE^2$  برای پارامترهای مختلف بیان شد.

1- Labile

2- Standard error

۲). برخی محققان بین درصد رس و میزان پتاسیم تبدالی در خاک‌های تحت کشت متمرکز یک رابطه مثبت و معنی‌داری پیدا کرده‌اند (Sharply & Buol, 1987). به عقیده این محققان وجود چنین همبستگی به معنی نزدیک شدن به سطح حداقل پتاسیم تبدالی است. با این حال در خاک‌های مورد مطالعه با وجود تخلیه زیاد پتاسیم، میزان پتاسیم تبدالی به اندازه‌ای کاهش نیافته است که به سطح حداقل برسد. طبق نتایج بین مقادیر پتاسیم تبدالی و محلول در خاک‌های زراعی همبستگی معنی‌داری ( $r^2=0.85$ ) وجود داشت (جدول ۲).

دارای کاهش معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) می‌باشند (جدول ۲).

### پتاسیم تبدالی یا پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم

مقادیر پتاسیم قابل‌استفاده در خاک‌های زراعی  $583-220 \text{ mg.Kg}^{-1}$  ( میانگین  $358 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) و در خاک‌های غیرزراعی  $958-316 \text{ mg.kg}^{-1}$  (به‌طور متوسط  $610 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) به‌دست آمد و طبق آزمون جفتی میانگین‌ها پتاسیم قابل‌استفاده خاک‌های زراعی در مقایسه با مقدار آن در خاک‌های غیرزراعی مجاور به‌طور معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) کمتر بود (جدول

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در خاک‌های زراعی (C) و غیرزراعی (V)

Table 1: Physico-chemical properties of cultivated (C) and virgin (V) soils

CaCO <sub>3</sub> (%)		OC (%)		pH		Clay (%)		Silt (%)		Sand (%)		Sample Code	Soil No.
												کد نمونه	شماره خاک
V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C		
26	24	1.0	1.7	8.3	8.4	56	48	34	35	10	17	S1	1
18	16	1.0	2.0	8.2	8.3	56	58	32	31	13	12	S2	2
25	21	1.6	1.8	8.2	8.6	51	46	27	30	23	24	S3	3
28	23	1.2	1.4	8.2	8.3	61	64	27	27	13	9	S4	4
24	21	1.9	2.5	8.0	8.2	66	69	14	12	20	18	S5	5
21	18	1.1	1.4	8.3	8.5	41	35	19	24	40	41	S6	6
15	12	0.6	1.1	8.5	8.5	51	49	34	34	15	17	S7	7
10	8.0	0.6	1.0	8.1	8.3	36	41	37	36	28	23	S8	8
13	14	1.2	1.6	8.1	8.3	38	41	32	36	30	23	S9	9
9/0	7.0	0.6	1.9	8.3	8.4	46	49	32	34	23	17	S10	10
18	17.3	1.2	1.6	8.3	8.4	50	50	29	31	21	24		میانگین
0.002**		0.082 <sup>ns</sup>		0.056 <sup>ns</sup>		0.89 <sup>ns</sup>		0.75 <sup>ns</sup>		0.49 <sup>ns</sup>			P <sub>Value</sub>

\*\* معنی‌دار در حد ۰/۰۱، \* معنی‌دار در حد ۰/۰۵، ns: غیر معنی‌دار

\*\*، \* and ns indicate significant at 0.01, 0.05 and non-significant, respectively

جدول ۲- پتاسیم محلول و قابل دسترس در خاک‌های زراعی (C) و غیرزراعی (V)

Table 2: Soluble and available forms of potassium in cultivated (C) and virgin (V) soils

پتاسیم تبادلی K <sub>ava</sub> (mg/kg)		پتاسیم محلول K <sub>sol</sub> (mg/L)		Code of sample	Soil number
V	C	V	C	کد نمونه	شماره خاک
472	367	72.0	22	S1	1
433	220	58.0	30	S2	2
472	384	160	45	S3	3
754	270	110	31	S4	4
582	522	103	68	S5	5
958	310	119	24	S6	6
939	319	251	55	S7	7
316	280	47.0	16	S8	8
764	583	122	100	S9	9
610	358	111	41		میانگین (Mean)
0.009**		0.003**			P <sub>Value</sub>

\*\* significant at 0.01%

\*\* معنی‌دار در حد ۰/۰۱

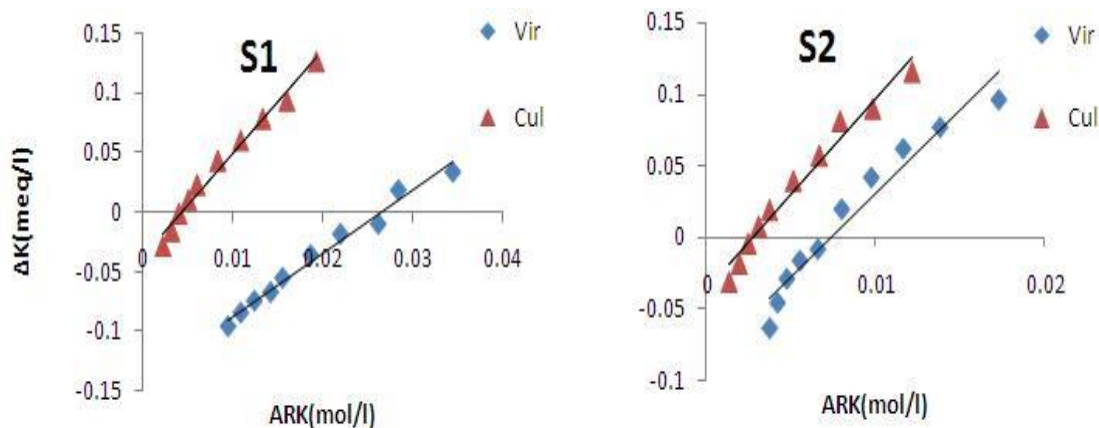
حالی که PBC<sup>K</sup> پایین یک خاک، نیاز به کود پاشی متعدد را نشان می‌دهد (Lee, 1973; Le Rox & Sumner, 1968).

در بین خاک‌های زراعی و غیرزراعی همبستگی خوب و معنی‌داری بین رس و PBC<sup>K</sup> مشاهده نشد، همچنین ونگ و همکاران (Wang *et al.*, 2001) نیز نشان دادند که تنها ۳۰ تا ۳۶ درصد تغییرات PBC<sup>K</sup> به مقدار رس مربوط است. همچنین، برخی مطالعات نشان می‌دهد تأثیر مواد آلی بر PBC<sup>K</sup> خاک‌ها معنی‌دار نیست، هر چند که افزایش مقدار مواد آلی باعث افزایش فراوانی مکان‌های تبادلی پتاسیم می‌شود (Shavil *et al.*, 1985). اونگلو و همکاران (Evangelou *et al.*, 1986) گزارش کردند که کمپلکس هوموس و کاتیون‌های دو ظرفیتی در سطح خارجی کانی‌های رس از آزاد شدن پتاسیم‌های موجود در فضای بین لایه‌ای ممانعت می‌کند، بدین ترتیب نوعی گزینش‌پذیری نسبت به پتاسیم افزایش می‌یابد. برخی محققان نیز علت این امر را افزایش نسبت سطوح داخلی به خارجی در نتیجه تشکیل کلئیدهای آلی- معدنی می‌دانند (Poonia & Niederbudde, 1990).

## روابط Q/I و مقایسه پارامترهای آن در خاک‌های زراعی و غیرزراعی

نمودارهای Q/I خاک‌های زراعی عمدتاً در ناحیه جذب (بالای محور Xها) و نمودارهای Q/I خاک‌های غیرزراعی در ناحیه واجذب (پایین محور Xها) قرار دارند و غالباً خطی می‌باشند. نتایج مشابهی توسط آلاافی (Alaffi, 1996) و نیز الکنسانی و همکاران (Al-Kanani *et al.*, 1991) گزارش شده است.

PBC<sup>K</sup>، فاکتور شدت در محلول خاک است و از شیب قسمت خطی نمودار Q/I محاسبه می‌شود. دامنه مقادیر PBC<sup>K</sup> در خاک‌های زراعی و غیرزراعی به ترتیب ۱۶-۸/۵ و ۱۱/۸-۳/۴ با واحد  $\text{cmolc.kg}^{-1}/(\text{mol.L}^{-1})^{0.5}$  بود (جدول ۵). همچنین مقدار این پارامتر در خاک‌های زراعی در مقایسه با مقدار آن در خاک‌های غیرزراعی به میزان ۳۵ درصد روند افزایشی نشان داد (جدول ۵). مقدار PBC<sup>K</sup> نشان دهنده تغییر در فاکتور کمیت برای هر واحد تغییر در فاکتور شدت است و مقادیر بیشتر PBC<sup>K</sup>، بیان‌گر وضعیت مناسب‌تر خاک‌ها از نظر قابلیت‌استفاده پتاسیم می‌باشد (Beckett, 1964b). خاک‌های با PBC<sup>K</sup> بالا، توانایی بالایی در ارایه پتاسیم به محلول خاک دارند، در



شکل ۱- Q/I در خاک‌های زراعی (Cul) و غیرزراعی (Vir)  
 Fig.1. Q/I in cultivated (C) and virgin (V) soils

که مقادیر  $AR_e^K$  بین  $0.0027$  تا  $0.03$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$  به‌منظور رفع نیاز پتاسیم برای اکثر گیاهان مناسب می‌باشد.

#### پتاسیم به‌سهولت قابل تبادل ( $\Delta K^0$ )

مقدار  $\Delta K^0$  شاخصی از مقدار پتاسیم به‌سهولت قابل استفاده است که در مکان‌های غیراختصاصی نگه‌داری می‌شود. دامنه تغییرات مقادیر پتاسیم خاک‌های زراعی و غیرزراعی مجاور به‌ترتیب بین  $0.17$  تا  $0.117$   $(cmol.kg^{-1})$  و  $0.65$  تا  $1.83$   $(cmol.kg^{-1})$  بود (جدول ۵). آزمون جفتی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار این پارامتر در خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی مجاور کاهش معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) به میزان ۵۲ درصد داشت (جدول ۵). لروکس و سامنر (Le Roux & Sumner, 1968)، مشاهده کردند که  $\Delta K^0$  تخمین بهتری از پتاسیم تبایل خاک نسبت به پتاسیم قابل‌تبادل می‌دهد. رابطه مثبت و معنی‌داری بین  $\Delta K^0$  و پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در خاک‌های زراعی ( $r=0.63$ ) و خاک‌های غیرزراعی ( $r=0.76$ ) وجود داشت (جدول ۳ و ۴). ونگ و همکاران (Wang *et al.*, 2001) نیز همبستگی بالایی بین پتاسیم تبدالی و پتاسیم آسان قابل‌تبادل به‌دست آوردند. مقادیر پتاسیم قابل استخراج با استات

#### نسبت فعالیت تعادلی پتاسیم ( $AR_e^K$ )

نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل شاخصی از مقدار پتاسیم قابل‌جذب است (Beckett, 1964b) و معرف شدت پتاسیم در خاک می‌باشد. میانگین مقدار  $AR_e^K$  در خاک‌های زراعی و غیرزراعی به‌ترتیب  $0.048$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$  و  $0.188$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$  و دامنه تغییر آن به‌ترتیب  $0.101$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$  -  $0.387$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$  و  $0.019$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$  -  $0.06$  بود (جدول ۶). طبق آزمون جفتی مقایسه میانگین‌ها، مقادیر  $AR_e^K$  خاک‌های زراعی در مقایسه با مقدار آن در خاک‌های غیرزراعی مجاور به‌طور معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) کاهش داشتند، به‌طوری‌که مقادیر این پارامتر در خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی به میزان ۷۴ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵). دولتی (Dovlati *et al.*, 2008) نیز مقادیر  $AR_e^K$  را در خاک‌های منطقه خوی بین  $0.0014$  تا  $0.27$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$ ، برای خاک‌های زراعی و  $0.069$  تا  $0.55$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$ ، برای خاک‌های غیر زراعی گزارش کرد و نشان داد کاهش معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) در  $AR_e^K$  خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی وجود دارد. مقادیر  $AR_e^K$  بین  $0.034$  تا  $0.39$   $(mol.L^{-1})^{0.5}$  توسط آلفیفی (Alfifi, 1996) برای خاک‌های امارات متحده گزارش شد. وودراف (Woodruff, 1995) اظهار داشته است

1968) نیز بیان کردند که  $\Delta K^0$  تخمین بهتری از پتاسیم لبایل خاکها در مقایسه با پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم است.

آمونیم بیشتر از مقادیر  $\Delta K^0$  می باشد، لذا بیان شده که در این خاکها سایت های اختصاصی بیشتری برای پتاسیم وجود دارد (Sparks & Liebhart, 1982). لروکس و سامنر (Le Roux & Sumner, 1982).

جدول ۳- همبستگی (r) بین پارامترهای Q/I و پتاسیم محلول و تبادلی در خاک های زراعی

Table 3: Correlation (r) between Q/I parameters with soluble and available potassium in cultivated soils

	$E_K$	$K_x$	$\Delta K^0$	$AR_e^K$	SKR	PBC <sup>k</sup>	$EKC_0$	$K_{ava}$
$K_x$	0.13 <sup>ns</sup>							
$\Delta K^0$	0.92 <sup>***</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>						
$AR_e^K$	0.98 <sup>***</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	0.92 <sup>***</sup>					
SKR	-0.88 <sup>***</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	-0.88 <sup>***</sup>	-0.90 <sup>***</sup>				
PBC <sup>k</sup>	-0.18 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>ns</sup>	-0.23 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>			
$EKC_0$	0.81 <sup>***</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	0.79 <sup>**</sup>	0.87 <sup>***</sup>	-0.91 <sup>***</sup>	-0.16 <sup>ns</sup>		
$K_{ava}$	0.65 <sup>*</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	0.63 <sup>*</sup>	0.72 <sup>*</sup>	-0.86 <sup>***</sup>	-0.37 <sup>ns</sup>	0.92 <sup>***</sup>	
$K_{sol}$	0.46 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>ns</sup>	0.58 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>	-0.69 <sup>*</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	0.83 <sup>***</sup>	0.81 <sup>***</sup>

جدول ۴- همبستگی (r) بین پارامترهای Q/I و پتاسیم محلول و تبادلی در خاک های غیرزراعی

Table 4: Correlation (r) between Q/I parameters with soluble and available potassium in virgin soils

	$E_K$	$K_x$	$\Delta K^0$	$AR_e^K$	SKR	PBC <sup>k</sup>	$EKC_0$	$K_{ava}$
$K_x$	-0.32							
$\Delta K^0$	0.76 <sup>**</sup>	0.10						
$AR_e^K$	0.96 <sup>***</sup>	-0.39	0.67 <sup>*</sup>					
SKR	-0.72 <sup>**</sup>	0.11	-0.98 <sup>***</sup>	-0.65 <sup>*</sup>				
PBC <sup>k</sup>	-0.89 <sup>***</sup>	0.57	-0.40	-0.88 <sup>*</sup>	0.34			
$EKC_0$	0.82 <sup>***</sup>	-0.03	0.91 <sup>***</sup>	0.73 <sup>*</sup>	-0.89 <sup>***</sup>	-0.55		
$K_{ava}$	0.65 <sup>*</sup>	0.26	0.76 <sup>**</sup>	0.63 <sup>*</sup>	-0.72 <sup>*</sup>	-0.38	0.80 <sup>**</sup>	
$K_{sol}$	0.49	0.14	0.57	0.37	-0.54	-0.34	0.82 <sup>***</sup>	0.69 <sup>*</sup>

\*\*\*: معنی دار در سطح ۰/۰۰۱، \*\*: معنی دار در حد ۰/۰۱، \*: معنی دار در حد ۰/۰۵، ns: غیر معنی دار

\*\*\*, \* and ns indicate significant at 0.001, 0.01, 0.05 and non-significant, respectively

گزارش کرد. در خاکهایی که کانی های رسی با سایت های اختصاصی زیادی برای پتاسیم دارند، مقادیر  $K_x$  در آنها زیاد است و نشان می دهد که مقادیر قابل توجهی از پتاسیم جذب شده بر روی سایت های با انرژی بالا وجود دارد.

#### انرژی تبادلی پتاسیم ( $E_K$ )

عناصر غذایی بر روی سطوح تبادلی در سطح خاکها جذب می شوند و مقداری انرژی برای برداشتن این یون های تغذیه ای از سطوح جذب شده، نیاز است که به عنوان پتانسیل شیمیایی یونها نیز شناخته می شود. دامنه تغییرات مقادیر  $E_K$  در خاک های زراعی بین ۳۷۱۶- تا ۲۷۲۲- کالری بر مول و در خاک های غیرزراعی بین ۳۰۷۲- تا ۱۹۲۷- کالری بر

#### پتاسیم نگهداری شده در مکان های اختصاصی یا پتاسیم به سختی قابل تبادل ( $K_x$ )

مقادیر  $K_x$  به نوع کانی های رسی موجود در نمونه های خاک بستگی دارد. مقادیر  $K_x$  خاک های زراعی بین ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۲۴ (cmol.kg<sup>-1</sup>)، به طور متوسط ۰/۰۱۶ (cmol.kg<sup>-1</sup>) و در خاک های غیرزراعی بین ۰/۰۱۱ تا ۰/۰۴۰ (cmol.kg<sup>-1</sup>)، به طور متوسط ۰/۰۲۲ (cmol.kg<sup>-1</sup>) به دست آمد. مقدار این پارامتر در خاک های زراعی نسبت به خاک های غیرزراعی به میزان ۲۸ درصد روند کاهشی نشان داده است، ولی در مقایسه میانگین این پارامتر در خاک های زراعی و غیرزراعی همبستگی معنی داری مشاهده نشد (جدول ۵). صمدی (Samadi, 2006) در مطالعه ای در خاک های جنوب ارومیه، مقادیر  $K_x$  را ۰/۴۸ تا ۰/۸۸



که این پارامتر در خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی کاهش معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) یافته است (جدول ۶). افزایش غلظت تعادلی نشان‌دهنده افزایش قابلیت دسترسی پتاسیم می‌باشد که مقادیر کم آن در خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی، نشان‌دهنده مقادیر بیشتر پتاسیم در خاک‌های غیرزراعی است و این امر می‌تواند به دلیل استفاده بیشتر پتاسیم در خاک‌های زراعی توسط گیاهان باشد.

#### نیاز استاندارد پتاسیم (SKR)

مقدار پتاسیم جذب شده توسط خاک در غلظت تعادلی ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر محلول خاک مقداری است که نیاز پتاسیم اکثر گیاهان را بر طرف می‌کند و به‌عنوان نیاز استاندارد پتاسیمی خاک‌ها پذیرفته شده است. مقدار این پارامتر در خاک‌های زراعی در محدوده ۲۵- تا ۳۸۳- میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۱۲۸- میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در خاک‌های غیرزراعی در محدوده ۱۲۲- الی ۷۷۵- میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۴۶۶- میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار داشت. با وجود این که در هیچ یک از خاک‌های زراعی و غیرزراعی کمبود پتاسیم مشاهده نشد، ولی مقادیر پتاسیم در خاک‌های غیرزراعی نسبت به زراعی بیشتر بود، به طوری که نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که مقادیر این پارامتر در خاک‌های غیرزراعی نسبت به خاک‌های زراعی کاهش معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) به میزان ۷۲ درصد داشته است (جدول ۶). کاهش این پارامتر در خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی نشان‌دهنده مقادیر زیاد پتاسیم در خاک‌های غیرزراعی می‌باشد و این امر می‌تواند به دلیل استفاده از پتاسیم خاک‌های زراعی توسط گیاهان پر مصرف کاشته شده در این منطقه باشد.

#### References

- Abaslou, H., and Abtahi, A. (2008). Potassium quantity-intensity parameters and its correlation with selected soil properties in some soils of Iran. *Journal of Applied Sciences*, 8(10), 1875-1882.
- Alafifi, M. A. (1996). Potassium potential and potential buffering capacity of Torripsammments in the United Arab Emirates. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 27(1-2), 27-36.
- Al-Kanani, T., Barthakur, N. N., and Hussien, A. J. (1991). Evaluation of potassium quantity-intensity relationships in calcareous soil. *Soil Science*, 151(2), 167-173.
- Askegaard, M., Hansen, H. C. B., and Schjørring, J. K. (2005). A cation exchange resin method for measuring long-term potassium release rates from soil. *Plant and Soil*, 271(1-2), 63-74.

مول می‌باشد. آزمون جفتی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که EK خاک‌های زراعی در مقایسه با خاک‌های غیرزراعی کاهش معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) و به میزان ۳۲ درصد داشته است (جدول ۵). دولتی (Dovlati et al., 2008) در گزارش خود از خاک‌های این منطقه، مقادیر EK را در خاک‌های زراعی بین ۲۱۳۵- تا ۵۲۴۵- کالری بر مول و در خاک‌های غیرزراعی بین ۱۷۱۳- تا ۲۹۴۸- کالری بر مول گزارش نمود و بیان کرد که مقدار این پارامتر در خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی کاهش معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) دارد. سینگ و جونز (Sing & Jonse, 1975) نشان دادند که انرژی تبادل پتاسیم برای جایگزینی با کلسیم در خاک‌ها بین ۳۵۰۰- تا ۴۰۰۰- کالری بر مول متغییر بوده و با کمبود پتاسیم در ارتباط است. محدوده EK بین ۲۵۰۰- تا ۳۰۰۰- کالری بر مول نشان‌دهنده تعادل مناسب بین پتاسیم و کلسیم می‌باشد و از نظر رشد گیاه مناسب تشخیص داده شده است (Sing & Jonse, 1975). انرژی تبادل کمتر از ۲۰۰۰- مربوط به مقادیر زیادی پتاسیم می‌شود که در ارتباط با کلسیم موجود در خاک است. بین انرژی تبادل پتاسیم با  $AR_e^k$  همبستگی خوبی در خاک‌های زراعی ( $r=0.98***$ ) و غیرزراعی ( $r=0.96***$ ) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

#### غلظت تعادلی پتاسیم (EKC)

محل تلاقی منحنی جذب پتاسیم با محور Xها، به‌عنوان غلظت تعادلی پتاسیم نامیده می‌شود که در این غلظت میزان جذب و واجذب برابر است. مقدار این پارامتر در خاک‌های زراعی در دامنه‌ی ۲۲-۷۴ میلی‌گرم بر لیتر و در خاک‌های غیرزراعی بین ۳۳ تا ۱۶۴ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشت. متوسط این پارامتر در خاک‌های غیرزراعی نسبت به خاک‌های زراعی ۶۲ درصد افزایش یافت و همچنین نتایج نیز نشان داد

- Beckett, P. H. T. (1964a). Studies on soil properties: I. Confirmation of the ratio law: measurement of potassium potential. *Journal of Soil Science*, 15(1), 1-8.
- Beckett, P. H. T. (1964b). Studies on soil potassium: II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. *Journal of Soil Science*, 15, 9-23.
- Bostani, A. and Savaghebi, Gh. (2005). Potassium quantity-intensity (Q/I) curve and correlation of its parameters with characteristics of selected soils of sugarcane cultivation in Khuzestan. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 37(3): 471-479. (In Persian)
- Cox, A. E., Joern, B. C., Brouder, S. M., and Gao, D. (1999). Plant-available potassium assessment with a modified sodium tetraphenyl boron method. *Soil Science Society of America Journal*, 63(4), 902-911.
- Dovlati, B., Oustan, S. H., and Samadi, A. (2008). Forms of potassium and Q/I relationship for sunflower growing soils in Khoy region. *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, 12(46), 623-636, (In Persian).
- Evangelou, V. P., and Karathanasis, A. D. (1986). Evaluation of potassium quantity-intensity relationships by a computer model employing the Gapon equation. *Soil Science Society of America Journal*, 50(1), 58-62.
- Johnston, A. E., and Goulding, K. W. T. (1990, June). The use of plant and soil analyses to predict the potassium supplying capacity of soil. In: Development of K-fertilizer recommendations. *Proceedings of the 22nd Colloquium of the International Potash Institute, International Potash Institute Bern Switzerland*, pp. 177-204.
- Lee, R. (1973). The K/Ca Q/I relation and preferential adsorption sites for potassium. *New Zealand Soil Bureau Scientific Report II*.
- Le Roux, J., and Sumner, M. E. (1968). Labile potassium in soils: 1. Factors affecting the quantity intensity (Q/I) parameters. *Soil Science*, 106(1), 35-41.
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press. London, 889p.
- Mengel, K., and Kirkby, E. A. (1978). Principles of plant nutrition 4<sup>th</sup> Edition. *International Potash Institute, IPI, Bern, Switzerland*, 685p.
- Moore, W. J. (1972). Physical Chemistry. 4<sup>th</sup> ed. Prentice-Hall, Co., Englewood Cliffs NJ.
- Nelson, D. W., and Sommers, L. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, 539-579.
- Poonia, S. R., and Niederbudde, E. A. (1990). Exchange equilibria of potassium in soils, V. Effect of natural organic matter on K-Ca exchange. *Geoderma*, 47(3-4), 233-242.
- Samadi, A. (2006). Potassium exchange isotherms as a plant availability index in selected calcareous soils of Western Azerbaijan Province, Iran. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(3), 213-222.
- Sepehr, E. and Malakouti, M. J. (2004). The effect various rates of potassium and magnesium on yield and quality of sunflower. *Iranian Journal of Soil Water Science*, 18(1), 34-42, (In Persian).
- Sharpley, A. N., and Buol, S. W. (1987). Relationship between minimum exchangeable potassium and soil taxonomy 1. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 18(5), 601-614.
- Shaviv, A., Mohsin, M., Pratt, P. F., and Mattigod, S. V. (1985). Potassium fixation characteristics of five southern California soils. *Soil Science Society of America Journal*, 49(5), 1105-1109.
- Singh, B. B., and Jones, J. P. (1975). Use of sorption-isotherms for evaluating potassium requirements of plants. *Soil Science Society of America Journal*, 39(5), 881-886.
- Sparks, D. L., and Liebhardt, W. C. (1981). Effect of long-term lime and potassium applications on quantity-intensity (Q/I) relationships in sandy soil. *Soil Science Society of America Journal*, 45(4), 786-790.
- Surapaneni, A., Tillman, R. W., Kirkman, J. H., and Gregg, P. E. H. (2002). Potassium-supplying power of selected Pallic soils of New Zealand: 1. Pot trail study. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 45(2), 113-122.
- Wang, J., Fu, B., Qiu, Y., and Chen, L. (2001). Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China. *Journal of Arid Environments*, 48(4), 537-550.
- Woodruff, C. M. (1955). The energies of replacement of calcium by potassium in soils 1, 2. *Soil Science Society of America Journal*, 19(2), 167-171.

## Comparison of potassium sorption characteristics of cultivated and virgin soils in Khoy region

Hasan Peyghami Khoshemehr<sup>1</sup>, Ebrahim Sepehr<sup>2\*</sup>, Hamidreza Momtaz<sup>3</sup>

(Received: March 2015)

Accepted: October 2015)

### Abstract

The present study was conducted to study of potassium sorption behavior of soil in Khoy region. Sorption isotherm was constructed in the laboratory by equilibrating and shaking 2.5 g soil with 25 ml of 0.01 mM CaCl<sub>2</sub> containing 0-150 mg K L<sup>-1</sup> as KCl for 24 h. After equilibrium, remaining concentration of potassium measured and potassium Quantity-Intensity (Q/I) curves and their parameters such as potassium buffering capacity (PBC<sup>K</sup>), potassium activity ratio at equilibrium (AR<sub>e</sub><sup>K</sup>), readily exchangeable K ( $\Delta K_0$ ), standard potassium requirement (SKR), equilibrium potassium concentration (EKC) and energy of exchange (E<sub>K</sub>) were calculated. Mean comparison of paired soil samples indicated that the AR<sub>e</sub><sup>K</sup>, EKC and  $\Delta K_0$  values of cultivated soils were significantly ( $p \leq 0.001$ ) lower than those of virgin soils, indicating decreasing of potassium in the cultivated soils. As with cultivation, AR<sub>e</sub><sup>K</sup> mean decreased from 0.0188 to 0.0048 (mol.L<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup> and  $\Delta K_0$  mean decreased from 0.117 to 0.057 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>. Mean of equilibrium potassium concentration (EKC) in virgin and cultivated soils was 91 and 34 mg.l<sup>-1</sup> respectively and PBC mean for cultivated and virgin soils measured 11.8 and 7.7 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>/(mol.L<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup> respectively. It was concluded that soils of studied region have relatively sufficient potassium for plants but cultivation and fertilizer management lead to a reduction in the amount of potassium in soils and increasing the adsorption parameters.

**Key words:** Adsorption isotherms, Potassium, Quantity – intensity relationship, Potassium buffering capacity

1- MSc Student, Department of Soil Science, Urmia University, Iran

2- Associate Professor, Department of Soil Science, Urmia University, Iran

3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Urmia University, Iran

\* Corresponding author Email: [e.sepehr@urmia.ac.ir](mailto:e.sepehr@urmia.ac.ir)