

## همبستگی بین پارامترهای کمیت - شدت پتاسیم خاک (Q/I) با برخی از خصوصیات خاک در تعدادی از خاک‌های شهرستان بهار

مهدی سمواتی<sup>۱\*</sup> و بهاره اسکندری<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۱۵)

### چکیده

یکی از روش‌های تعیین وضعیت پتاسیم خاک، استفاده از منحنی‌های کمیت شدت (Q/I) و پارامترهای آن می‌باشد. تحقیق حاضر به منظور بررسی وضعیت شکل‌های مختلف پتاسیم و ارتباط آنها با پارامترهای کمیت شدت (Q/I) پتاسیم در ۱۳ نمونه از خاک‌های شهرستان بهار که از مناطق عمده تولیدکننده سیب‌زمینی در کشور است، صورت گرفت. نمونه‌های هر خاک با محلول‌های دارای نسبت فعالیت پتاسیم (AR<sup>K</sup>) متفاوت به تعادل رسانیده و تغییر در غلظت پتاسیم تبادل (ΔK) به‌عنوان تابعی از نسبت فعالیت پتاسیم اندازه‌گیری و با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده، منحنی‌های (Q/I) برای هر خاک رسم و پارامترهای آن تعیین گردید. نتایج نشان داد: نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل (AR<sup>0</sup>) دارای تغییرات ۰٫۰۰۷ تا ۰٫۹۹۵ با میانگین ۰٫۱۶ (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup>، پتاسیم آسان قابل تبادل (ΔK<sup>0</sup>) ۰٫۰۴ تا ۲٫۱۹۹ با میانگین ۰٫۴۹ cmol kg<sup>-1</sup>، ظرفیت بافری پتاسیم (PBC<sup>K</sup>) ۱۳٫۲۱ تا ۷۵٫۳۷ با میانگین ۴۲٫۰۲ (mmol kg<sup>-1</sup>)/(mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup>، بود. مطالعه همبستگی بین پارامترهای Q/I و خصوصیات خاک، حاکی از همبستگی معنی‌دار بین PBC<sup>K</sup> و CEC (r = ۰٫۶۰\*)، و AR<sup>0</sup> و پتاسیم محلول (r = ۰٫۹۹\*\*)، و AR<sup>0</sup> و پتاسیم تبادل (r = ۰٫۸۵\*\*) بود. از بین خاک‌های مورد مطالعه فقط در یک خاک (چپق لو) پتاسیم در لبه کانی‌های رسی نگهداری می‌شود و در بقیه خاک‌ها پتاسیم در سطوح پایه‌ای کانی جذب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: منحنی کمیت شدت پتاسیم، ظرفیت بافری بالقوه، شهرستان بهار

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشگاه پیام نور، استان همدان

۲. گروه زراعت، دانشگاه پیام نور مرکز بهار، استان همدان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.samavati2000@gmail.com

## مقدمه

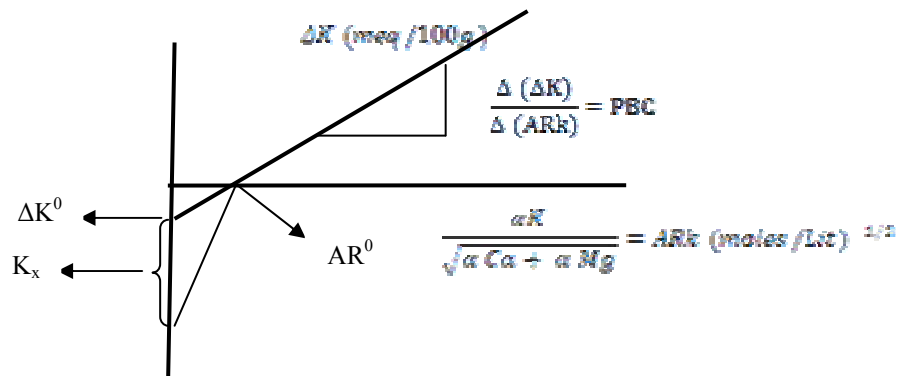
به منظور مدیریت صحیح تغذیه گیاهان آگاهی از وضعیت پتاسیم خاک‌ها حائز اهمیت است. میزان پتاسیم در خاک‌ها متغیر است، مقدار آن در لایه سطحی ممکن است از چند صد کیلوگرم در هکتار در خاک‌های شنی، تا ۵۰/۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در خاک‌های رسی متغیر باشد. پتاسیم یون متحرک در گیاه بوده و عمدتاً دارای ماهیت کاتالیزوری است (۲). مطالعه روابط میان پتاسیم، منیزیم و کلسیم برای درک بهتر وضعیت حاصل خیزی خاک‌های زراعی، بسیار مهم است با این وجود، شاخص‌های زیادی برای تعیین قابلیت استفاده پتاسیم در خاک پیشنهاد شده است. اما روش استات آمونیوم یک نرمال، بهترین روش عصاره‌گیری پتاسیم تبادلی نبوده و روش‌های دیگر عصاره‌گیری هم‌بستگی بهتری با پتاسیم جذب شده داشته است (۳). در خاک‌های غنی از کانی‌های میکایی، به علت وجود مواضع اختصاصی جذب پتاسیم، مقدار زیادی از پتاسیم با انرژی بالا در این مواضع نگهداری شده، که در هنگام عصاره‌گیری با استات آمونیوم، بخشی از آن استخراج می‌شود. این موضوع احتمالاً یکی از دلایل هم‌بستگی ضعیف بین پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم و عکس العمل گیاه به کود پتاسه در این خاک‌هاست (۱۷).

در سال‌های اخیر کوشش‌هایی برای پیدا کردن روش مناسب دیگری جهت ارزیابی نیاز گیاه به کود پتاسه، در خاک‌های غنی از کانی‌های میکایی به عمل آمده، که می‌توان به روش استفاده از روابط تبادلی پتاسیم با کلسیم + منیزیم اشاره کرد (۷). ماتئوس و بکنت (۱۴) روشی برای توصیف رابطه بین پتاسیم تبادلی و محلول معرفی کردند، که رابطه کمیت-شدت (Q/I) پتاسیم نامیده شد. پژوهشگران زیادی روابط کمیت-شدت را در توصیف وضعیت پتاسیم قابل استفاده خاک به کار برده‌اند (۵، ۶ و ۸). به همین دلیل بررسی روابط کمیت شدت پتاسیم (Q/I) پارامتری مناسب برای انجام توصیه کودی است. وضعیت معمول رابطه کمیت شدت (Q/I) در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل،  $\Delta K$  عامل کمیت (Q) و نشان‌دهنده

تغییر در پتاسیم تبادلی و  $AR^k$  تغییر در عامل شدت است. در این فرمول  $\alpha K$ ،  $\alpha Mg$  و  $\alpha Ca$  به ترتیب فعالیت پتاسیم، منیزیم و کلسیم است هم‌چنین:  $\Delta K^0$ : پتاسیم نشاندار یا پتاسیم آسان قابل تبادل،  $K_x$ : پتاسیم سخت قابل تبادل و پتاسیم جذب شده در محل‌های اختصاصی،  $AR^0$ : نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل،  $PBC^k$ : شیب خطی نمودار (Q/I) و ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک است. در این نمودار، بخش خطی محل جذب غیراختصاصی غیرخطی محل جذب اختصاصی پتاسیم است (۶ و ۱۷). محل‌های جذب غیراختصاصی مربوط به سطوح پایه‌ای (Planar surface) بوده، در حالی که محل‌های جذب اختصاصی به محل‌های لبه‌ای (Edge sites) کانی‌های رسی و محل‌های گوه‌ای (Wedge sites) میکاهای هوادیده نسبت داده می‌شود (۱۷). خاک‌های مختلف با داشتن  $AR^0$  یکسان، در حالی که پتاسیم به وسیله گیاه جذب می‌شود، توانایی یکسانی برای نگه داشتن  $AR^0$  ندارند، به عبارت دیگر، خاک‌ها می‌توانند  $AR^0$  یکسان، ولی مقدار پتاسیم نشاندار متفاوتی داشته باشند (۳).  $\Delta K^0$  برآورد بهتری برای پتاسیم نشاندار، در مقایسه با پتاسیم تبادلی است. به طوری که مقادیر بالای  $\Delta K^0$  نشان‌دهنده آزاد شدن بیشتر پتاسیم در محلول خاک است. در این باره اسپارکس و لیپه‌ارت (۲۱) دریافتند مقدار  $\Delta K^0$  در افق سطحی به مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم نزدیک است. در حالی که در افق زیر سطحی، مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط استات آمونیوم به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مقدار  $\Delta K^0$  بود. علت این تفاوت را به محل‌های جذب اختصاصی بیشتر پتاسیم در افق زیر سطحی نسبت داده‌اند. برای سیستم دو جزئی پتاسیم - (کلسیم + منیزیم) معادله گاپون را می‌توان به صورت زیر نوشت (۷):

$$K_G = [E_x K] \times [(\alpha Ca + \alpha Mg)^{0.5}] + [0.5E_{x2Ca} + 0.5E_{x2Mg}] \times (\alpha K) \quad [1]$$

که در آن  $K_G$  ضریب گزینش‌پذیری تبادل کاتیونی گاپون برای تبادل یون پتاسیم با یون‌های کلسیم و منیزیم،  $E_x$  نشان‌دهنده مقدار کاتیون‌های تبادلی،  $\alpha$  نشان‌دهنده فعالیت یون در محلول می‌باشد. با بازآرایی معادله بالا خواهیم داشت:



شکل ۱. منحنی معرف کمیت شدت (Q/I)

آلی باعث افزایش CEC شده، اما  $PBC^k$  افزایش معنی داری نشان نداد. در این مطالعه مقدار ماده آلی تأثیر معنی داری در افزایش CEC و  $PBC^k$  نداشت که احتمالاً به دلیل کم بودن مقدار آن در خاک‌های مورد مطالعه می‌باشد. در سال‌های اخیر، به دلیل استفاده بی‌رویه کشاورزان شهرستان بهار از کودهای حاوی پتاسیم جهت کشت سیب‌زمینی ما را بر آن داشت که از وضعیت حاصل خیزی خاک‌های این منطقه از نظر پتاسیم اطلاعاتی کسب کنیم. به همین منظور، این تحقیق با هدف تعیین منحنی‌های (Q/I) پتاسیم و ارتباط پارامترهای آن با خصوصیات خاک، در تعدادی از خاک‌های این منطقه که از قسمت‌های عمده کشت سیب‌زمینی بودند، انتخاب و انجام شد.

### مواد و روش‌ها

تعداد ۱۳ نمونه خاک سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) از مناطق عمده کشت سیب‌زمینی طوری انتخاب شد که از نظر جغرافیایی سطح وسیعی را در برگیرند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت به روش پیپت (۹)، پ هاش در عصاره ۲ به ۱ محلول به خاک (۲۳)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره ۲ به ۱ آب به خاک (۱۸)، ماده آلی به روش اکسایش تر (۱۵)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید (۱۳)، و گنجایش تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در پ هاش ۷ اندازه‌گیری شد (۲۲). جهت رسم منحنی‌های Q/I پتاسیم، به روش زیر عمل شد: ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۰۲

$$[E_xK] = AR^k \times K_G + [0.5E_{x2Ca} + 0.5E_{x2Mg}] \quad [2]$$

به این ترتیب براساس رابطه گاپون، بین مقدار پتاسیم تبادلی  $[E_xK]$  و نسبت فعالیت پتاسیم در محلول خاک ( $AR^k$ )، به‌طور نظری رابطه خطی برقرار است. با تقسیم رابطه ۲ بر CEC و با این فرض که  $[E_xK] = [0.5E_{x2Ca} + 0.5E_{x2Mg}]$  داریم:

$$[E_xK] + CEC = K_G \times AR^k \quad [3]$$

هم‌چنین با بسط معادله فوق خواهیم داشت:

$$[PBC^k] = (CEC) \times K_G \quad [4]$$

$PBC^k$  اندازه‌ای از توانایی خاک در حفظ شدت پتاسیم در محلول خاک و احتمالاً متناسب با CEC است (۱۱). معمولاً  $PBC^k$  بالا، نشان‌دهنده توان زیاد خاک و  $PBC^k$  کم، نشان‌دهنده توان کم خاک، برای تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه و ضرورت کاربرد کودهای پتاسه است (۲۱). رابطه بین  $PBC^k$  و CEC در تعداد معدودی از خاک‌های معدنی مشاهده شده است. در مطالعه جیمنز و پارا (۱۰) رابطه خطی بین  $PBC^k$  و CEC و بین  $\Delta K^0$  و EPP دیده شد. در مطالعه انجام شده توسط الکنانی و همکاران (۵) در خاک‌های آهکی رابطه معنی داری بین  $PBC^k$  و CEC وجود نداشت، اما در این مطالعه رابطه معنی دار بین این دو پارامتر دیده شد. در مطالعه انجام شده به‌وسیله ایوانگلو و همکاران (۸) نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل، شدیداً تحت تأثیر مقدار ماده آلی خاک بوده، به‌طوری‌که این مقدار، در خاک‌های با ماده آلی بالا حدود سه برابر آن در خاک‌های با ماده آلی کم بوده است. حسین پور و کلباسی (۳) نشان دادند ماده

## روابط Q/I

شکل ۲ رابطه کمیت به شدت را در خاک‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. نمودارهای مذکور شکل معمول گزارش شده در منابع را نشان می‌دهند (۴، ۵ و ۶). به‌طوری‌که در مقادیر کم  $AR^K$ ، رابطه  $\Delta K$  و  $AR^K$  غیرخطی و مقادیر بالای  $AR^K$  این رابطه خطی است. ولی از نظر مقدار  $\Delta K^0$ ،  $PBC^K$  و  $AR^0$  و  $K_x$  تفاوت زیادی بین خاک‌ها دیده می‌شود، که نشان‌دهنده وضعیت متفاوت پتاسیم در آنهاست. ویژگی‌های شیمیایی و پارامترهای Q/I خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. همانند بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۱)، دامنه تغییرات وسیع می‌باشد. برخی محققان بین درصد رس و میزان پتاسیم تبادلی در خاک‌های تحت کشت متمرکز رابطه مثبت و معنی‌دار به‌دست آورده‌اند (۲۰). اوستان (۱) در تعدادی از خاک‌های شالیزاری شمال کشور این هم‌بستگی را معنی‌دار گزارش کرد. ولی در خاک‌های غیر شالیزاری معنی‌دار نبود. در خاک‌های مورد مطالعه در این تحقیق نیز رابطه معنی‌داری بین این دو خصوصیت به‌دست نیامد (جدول ۳).

## پارامترهای Q/I

نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل ( $AR^0$ ) دارای تغییرات  $0.07$  تا  $0.995$  با میانگین  $0.16$   $(mmol L^{-1})^{0.5}$  می‌باشد (جدول ۲). با توجه به معادله ۲ مقدار  $AR^0$  تحت تأثیر سه عامل مقدار پتاسیم تبادلی، گنجایش تبادلی و ثابت گاپون می‌باشد. در خاک‌های مطالعه شده کمترین مقدار  $AR^0$  مربوط به خاک شماره ۱۰ و بیشترین مربوط به خاک شماره ۲ است. در خاک شماره ۲، به‌دلیل داشتن CEC نسبتاً پایین ولی مقدار بالای پتاسیم تبادلی چنین انتظار می‌رود. ولی در خاک شماره ۱۰ با CEC داشتن بیشتر از خاک شماره ۲ اما پتاسیم تبادلی کم، نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل کمترین مقدار است. این عامل احتمالاً می‌تواند به‌دلیل زیاد بودن ثابت گاپون در این خاک باشد. بین  $AR^0$  و پتاسیم تبادلی رابطه معنی‌داری به‌صورت ( $r = 0.85^{**}$ ،  $K_{ex} = 0.97 + 2.6AR^0$ ) به‌دست آمد.

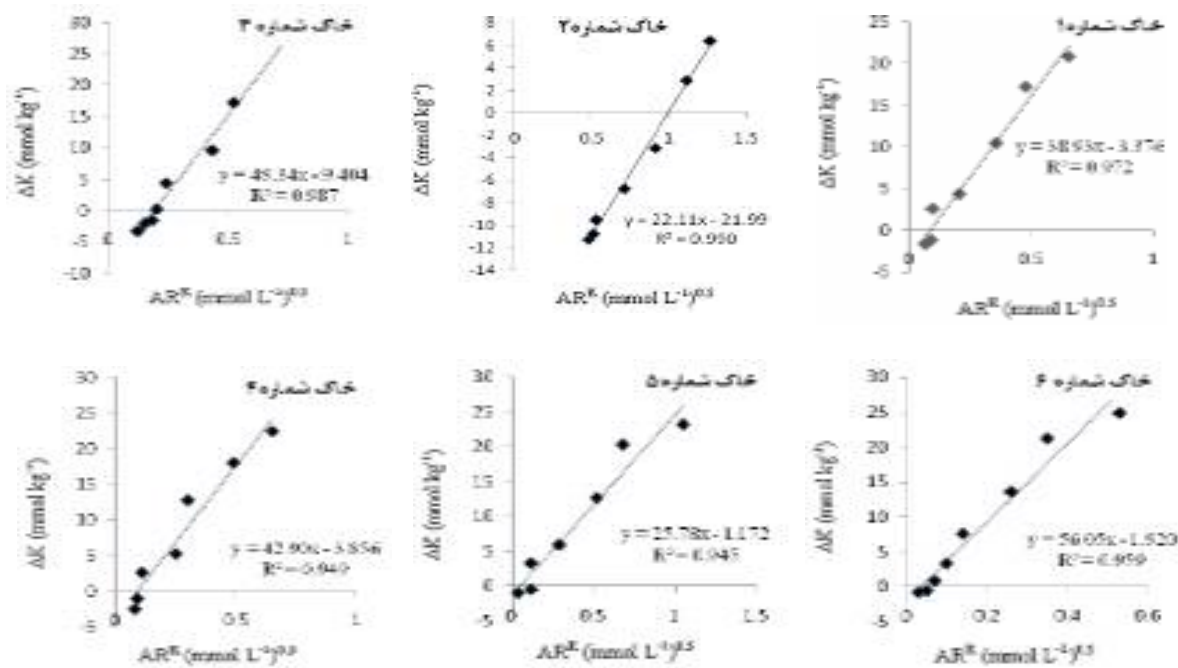
مولار کلسیم (از کلرید کلسیم) که غلظت پتاسیم (از کلرید پتاسیم) در آنها به‌ترتیب صفر،  $0.1$ ،  $0.2$ ،  $0.4$ ،  $0.8$ ،  $1.6$ ،  $2.4$  و  $3.2$  میلی‌مولار بود، به نمونه‌های دو گرمی هر خاک (در دو تکرار) اضافه و به‌مدت دو ساعت در دمای  $299 \pm K^\circ$  در انکوباتور شیکردار تکان داده شد. نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در همان دما جهت رسیدن به تعادل نگهداری شدند. پس از سانتیفریوژ سوسپانسیون در  $3000$  دور در دقیقه، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره خاک، غلظت کلسیم و منیزیم به‌وسیله تیترا کردن با EDTA و غلظت پتاسیم با روش اسپکتروسکوپی نشر اتمی اندازه‌گیری شد. تغییر در غلظت پتاسیم تبادلی ( $\Delta K$ ) از تفاوت غلظت پتاسیم در محلول اولیه و محلول تعادلی به‌دست آمد. برای محاسبه نسبت فعالیت پتاسیم، ابتدا قدرت یونی محلول‌ها (i) با استفاده از معادله دیویس (Davis equation) محاسبه، سپس فعالیت هر یون، با استفاده از فرمول  $a_i = \lambda_i \cdot c_i$  و غلظت‌های اندازه‌گیری شده برای هر یون ( $c_i$ ) تعیین گردید (۱۲). با رسم مقدار پتاسیم جذب یا آزاد شده در مقابل نسبت فعالیت پتاسیم، منحنی‌های کمیت به شدت برای هر خاک رسم و پارامترهای Q/I شامل: گنجایش بافری پتاسیم، فعالیت پتاسیم در حالت تعادل ( $AR^0$ ) از محل تقاطع بخش خطی نمودار Q/I با محور X و پتاسیم آسان قابل تبادل از محل تقاطع بخش خطی نمودار Q/I با محور Y، به‌دست آمد.

## نتایج و بحث

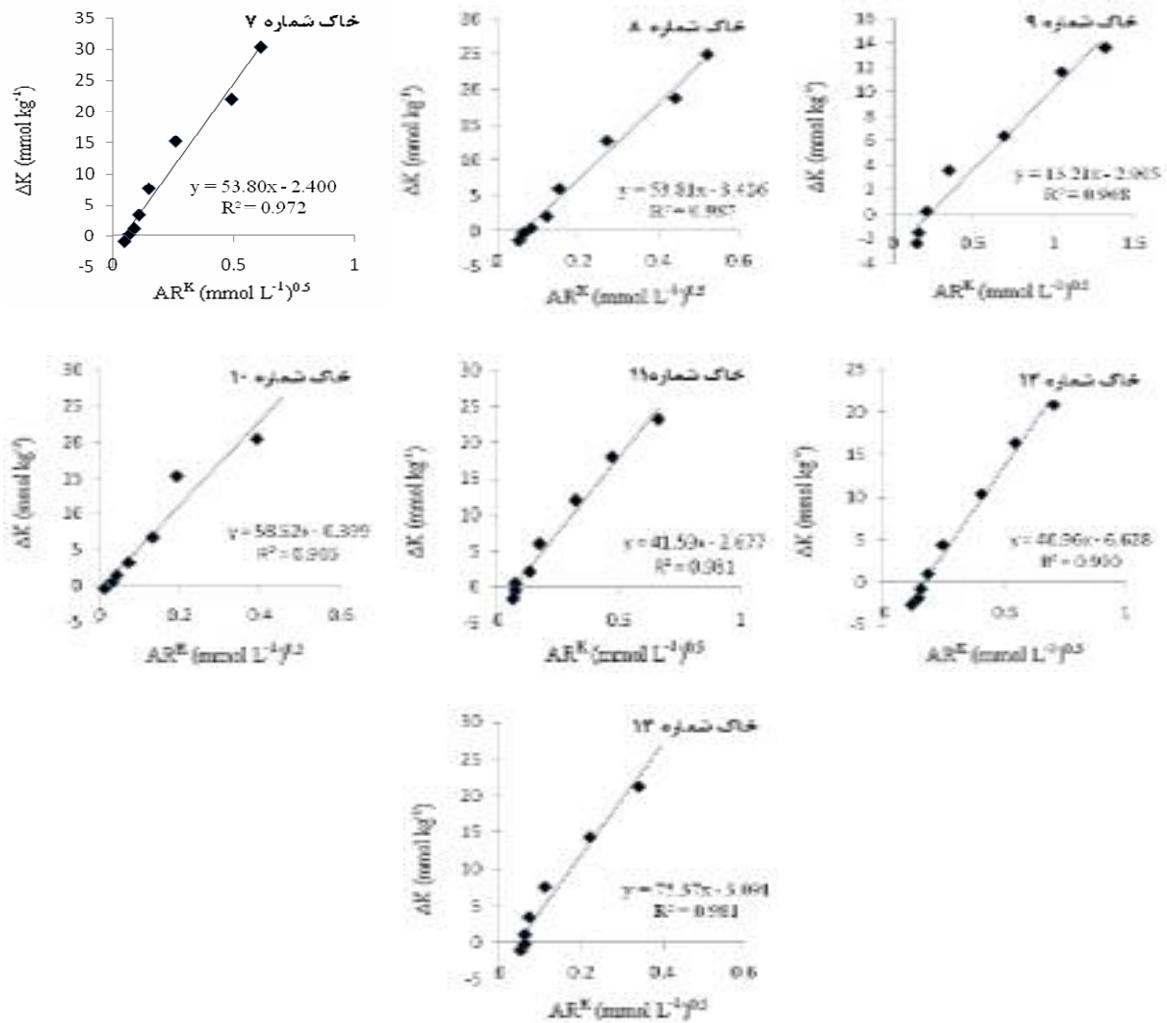
تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند، دامنه تغییرات خصوصیات خاک حتی در میان خاک‌های یک منطقه دارای تفاوت آشکاری است. این نتایج نشان دادند واکنش خاک‌ها در محدوده خنثی و کمی بالاتر در دامنه  $7.5$  تا  $7.9$  (میانگین  $7.7$ )، دامنه تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی،  $0.48$  تا  $1.85$  (میانگین  $0.74$  دسی زیمنس بر متر)، دامنه کربن آلی  $0.12$  تا  $0.9$  (میانگین  $0.53$  درصد)، دامنه تغییرات کربنات کلسیم معادل  $5.3$  تا  $38.0$  (میانگین  $18.0$  درصد)، دامنه تغییرات مقدار رس  $10.0$  تا  $24.0$  (میانگین  $16.3$  درصد)، بود.

جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	محل نمونه برداری	پ هاش	ظرفیت تبادل کاتیونی	هدایت الکتریکی	کربن آلی	کربنات کلسیم %	رس	سیلت
		dSm <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>					
۱	جاده همدان - کرمانشاه	۷,۵	۱۳,۸	۰,۹۲	۰,۲۹	۱۱,۷	۱۲	۴۰
۲	فسیجان	۷,۶	۱۳,۰	۱,۸۵	۰,۷۲	۵,۳	۱۰	۳۲
۳	جاده فسیجان	۷,۷	۱۷,۴	۰,۶۳	۰,۷۶	۱۶,۰	۱۴	۴۲
۴	صالح آباد	۷,۷	۱۹,۶	۱,۰۰	۰,۵۹	۲۵,۸	۱۴	۵۴
۵	آق کهریز	۷,۷	۱۵,۶	۰,۶۲	۰,۴۹	۲۸,۸	۱۰	۴۴
۶	حسن قشلاق	۷,۸	۱۶,۷	۰,۵۴	۰,۴۳	۲۰,۸	۲۲	۵۶
۷	پرلوک	۷,۶	۲۳,۹	۰,۵۰	۰,۳۷	۵,۳	۲۰	۵۶
۸	هارون آباد	۷,۷	۱۸,۸	۰,۶۹	۰,۵۷	۱۳,۳	۱۶	۴۸
۹	حسام آباد	۷,۶	۱۳,۸	۰,۶۰	۰,۴۸	۱۰,۵	۱۲	۳۸
۱۰	چقق لو	۷,۶	۱۴,۵	۰,۶۳	۰,۱۲	۲۶,۸	۱۴	۲۴
۱۱	لالجین	۷,۷	۲۱,۰	۰,۴۸	۰,۴۳	۱۵,۸	۲۴	۶۴
۱۲	آق بلاغ	۷,۸	۱۶,۵	۰,۶۵	۰,۹	۳۸,۰	۲۲	۵۴
۱۳	دستجرد	۷,۹	۲۰,۳	۰,۵۲	۰,۷۸	۱۶,۳	۲۲	۶۶
میانگین	-	۷,۷	۱۷,۳	۰,۷۴	۰,۵۳	۱۸,۰	۱۶,۳	۴۷,۵
دامنه	-	۷,۵ - ۷,۹	۱۳,۰ - ۲۳,۹	۰,۴۸ - ۱,۸۵	۰,۱۲ - ۰,۹	۵,۳ - ۳۸,۰	۱۰ - ۲۴	۲۴ - ۶۶



شکل ۲. روابط کمیت - شدت پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه



ادامه شکل ۲

فعالیت پتاسیم در فاز محلول توسط فاز تبادل کنترل می‌شود. براساس نظریات اسپارکس و لیبهات (۲۱) چنانچه  $AR^0$  کمتر از  $0.031 (mmol L^{-1})^{0.5}$  باشد، پتاسیم عمدتاً در لبه کانی‌های رسی، و چنانچه بیشتر از  $0.31 (mmol L^{-1})^{0.5}$  باشد، جذب سطوح کانی‌های رسی می‌شود. لذا براساس این نظریه و مقادیر  $AR^0$  به دست آمده در جدول ۲، فقط در خاک شماره ۱۰ پتاسیم در لبه کانی‌های رسی جذب گردیده است. ظرفیت بافری پتاسیم ( $PBC^k$ ) یا شیب بخش خطی نمودار  $Q/I$  نشان‌دهنده توانایی خاک در حفظ فعالیت (شدت) پتاسیم در محلول خاک بوده و دارای تغییرات ۱۳/۲۱ تا ۷۵/۳۷ با میانگین ۴۲/۰۲  $(mmol kg^{-1}) / (mmol L^{-1})^{0.5}$  است (جدول ۲). بیشترین مقدار

در این مطالعه، مقدار  $AR^0$  در خاک شماره ۱۰ با داشتن کمترین پتاسیم محلول حداقل، و در خاک شماره ۲ با بیشترین پتاسیم محلول حداکثر می‌باشد در سایر خاک‌ها همین روند مشاهده می‌گردد، که رابطه معنی‌داری به صورت  $r = 0.99^{**}$ ،  $r = 0.49 AR^0$  +  $0.17 K_{s0}$  به دست آمد. حسین پور و کلباسی (۳) رابطه معنی‌داری به صورت  $r = 0.89^{**}$ ،  $r = 0.44 AR^0$  +  $0.07 K_{s0}$  گزارش کردند. با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود، در خاک‌های مورد مطالعه هم‌بستگی معنی‌داری بین  $AR^0$  با درصد پتاسیم تبدلی (EPP) وجود دارد  $(r = 0.95^{**})$ . دولتی و همکاران (۴) این هم‌بستگی را  $(r = 0.55^*)$  به دست آوردند. وجود رابطه معنی‌دار بین این دو پارامتر بیانگر آن است که

جدول ۲. بعضی از ویژگی‌های شیمیایی و پارامترهای Q/I خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	EPP	K <sub>so</sub>	K <sub>ex</sub>	ΔK <sup>0</sup>	K <sub>x</sub>	AR <sup>0</sup>	PBC <sup>k</sup>	ΔK <sup>0</sup> /K <sub>ex</sub>
	درصد	cmol kg <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup>	(mmol Kg <sup>-1</sup> ) (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup>	درصد
۱	۸٫۱	۰٫۰۵	۱٫۱۲	۰٫۳۳۸	۰٫۷۸۲	۰٫۰۸۷	۳۸٫۹۳	۳۰٫۳
۲	۲۶٫۹	۰٫۵۱	۳٫۵۰	۲٫۱۹۹	۱٫۳۰۱	۰٫۹۹۵	۲۲٫۱۱	۶۲٫۸
۳	۱۲٫۸	۰٫۰۸	۲٫۲۳	۰٫۹۴۰	۱٫۲۹	۰٫۱۹۱	۴۹٫۳۴	۲٫۸۴
۴	۵٫۷	۰٫۰۵	۱٫۱۲	۰٫۳۸۶	۰٫۷۳۴	۰٫۰۹۰	۴۲٫۹۰	۴۲٫۲
۵	۵٫۳	۰٫۰۴	۰٫۸۳	۰٫۱۱۷	۰٫۷۱۳	۰٫۰۴۵	۲۵٫۷۸	۱۴٫۱
۶	۳٫۷	۰٫۰۴	۰٫۶۱	۰٫۱۹۲	۰٫۴۱۸	۰٫۰۳۴	۵۶٫۰۵	۳۱٫۵
۷	۴٫۶	۰٫۰۴	۱٫۰۹	۰٫۲۴۰	۰٫۸۵۰	۰٫۰۴۵	۵۳٫۸۰	۲٫۲۵
۸	۹٫۰	۰٫۰۶	۱٫۶۹	۰٫۳۴۳	۱٫۳۴۷	۰٫۰۶۴	۵۳٫۸۱	۲۲٫۰
۹	۷٫۹	۰٫۱۵	۱٫۰۹	۰٫۲۹۱	۰٫۷۹۹	۰٫۲۲۰	۱۳٫۲۱	۲۶٫۷
۱۰	۲٫۲	۰٫۰۲	۰٫۳۲	۰٫۰۴۰	۰٫۲۸۰	۰٫۰۰۷	۵۸٫۵۲	۱۲٫۵
۱۱	۶٫۰	۰٫۰۴	۱٫۲۷	۰٫۲۶۸	۱٫۰۰۲	۰٫۰۶۳	۴۱٫۵۹	۲۱٫۱
۱۲	۸٫۲	۰٫۰۹	۱٫۳۵	۰٫۶۶۳	۰٫۶۸۷	۰٫۱۶۲	۴۰٫۹۶	۴۹٫۱
۱۳	۸٫۳	۰٫۰۶	۱٫۶۹	۰٫۳۰۹	۱٫۳۸۱	۰٫۰۴۱	۷۵٫۳۷	۱۸٫۳
میانگین	۸٫۳۷	۰٫۰۹۵	۱٫۳۸	۰٫۴۹	۰٫۹	۰٫۱۶	۴۴٫۰۲	۲۵٫۸
دامنه	۲٫۲ - ۲۶٫۹	۰٫۰۲ - ۰٫۵۱	۰٫۳۲ - ۳٫۵	۰٫۰۴ - ۲٫۱۹۹	۰٫۲۸ - ۱٫۳۸	۰٫۰۰۷ - ۰٫۹۹۵	۱۳٫۲۱ - ۷۵٫۳۷	۱۲٫۵ - ۶۲٫۸

EPP: درصد پتاسیم تبادلی، K<sub>so</sub>: پتاسیم محلول، K<sub>ex</sub>: پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم یک نرمال، ΔK<sup>0</sup>: پتاسیم نشاندار یا پتاسیم آسان قابل تبادل، K<sub>x</sub>: پتاسیم سخت قابل تبادل، AR<sup>0</sup>: نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل، PBC<sup>k</sup>: ظرفیت بافری بالقوه خاک، ΔK<sup>0</sup>/K<sub>ex</sub>: نسبت پتاسیم آسان قابل تبادل به پتاسیم تبادلی.

بین این دو عامل، احتمالاً به دلیل تفاوت زیاد در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها، و در نتیجه ثابت نبودن K<sub>G</sub> دانست. همان‌طور که از نتایج این تحقیق برمی‌آید تأثیر ماده ماده آلی بر PBC<sup>k</sup> معنی‌دار نیست (جدول ۳). پونیا و نیدر باده (۱۶) کاهش PBC<sup>k</sup> به‌واسطه حضور ماده آلی را افزایش دانسته بار در سطح و نیز کاهش فراوانی مکان‌های با جذب اختصاصی پتاسیم می‌دانند. در خاک‌های مورد مطالعه همبستگی منفی بین PBC<sup>k</sup> و نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل (AR<sup>0</sup>) به‌دست آمد

PBC<sup>k</sup> در خاک شماره ۱۳ و کمترین مقدار آن در خاک شماره ۹ دیده می‌شود. در این مطالعه خاکی که بیشترین PBC<sup>k</sup> را داشت (خاک شماره ۱۳)، دارای حداکثر گنجایش تبادل کاتیونی نبود هم‌چنین خاکی که کمترین PBC<sup>k</sup> را داشت (خاک شماره ۹)، کمترین گنجایش تبادل کاتیونی را نداشت. با توجه به معادله ۴ باید بین PBC<sup>k</sup> و CEC ارتباطی وجود داشته باشد. در خاک‌های مطالعه شده بین PBC<sup>k</sup> و CEC همبستگی معنی‌داری با ضریب (r = ۰٫۵۶\*) وجود دارد (جدول ۳). قوی نبودن ضریب همبستگی

جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی بین شکل‌های مختلف پتاسیم و برخی از خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه

OC	CEC	Clay	EPP	K <sub>so</sub>	K <sub>ex</sub>	ΔK <sup>0</sup>	K <sub>x</sub>	AR <sup>0</sup>	PBC
									AR <sup>0</sup>
								۰٫۳۹ <sup>ns</sup>	۰٫۱ <sup>ns</sup>
							۰٫۵۰ <sup>ns</sup>	۰٫۹۶ <sup>**</sup>	-۰٫۳۶ <sup>ns</sup>
						۰٫۹۳ <sup>**</sup>	۰٫۷۹ <sup>**</sup>	۰٫۸۵ <sup>**</sup>	-۰٫۲۲ <sup>ns</sup>
					۰٫۸۳ <sup>**</sup>	۰٫۹۳ <sup>**</sup>	۰٫۳۹ <sup>ns</sup>	۰٫۹۹ <sup>**</sup>	-۰٫۵۱ <sup>ns</sup>
				۰٫۹۳ <sup>**</sup>	۰٫۹۶ <sup>**</sup>	۰٫۹۷ <sup>**</sup>	۰٫۶۳ <sup>*</sup>	۰٫۹۵ <sup>**</sup>	-۰٫۳۹ <sup>ns</sup>
			-۰٫۳۹ <sup>ns</sup>	-۰٫۴۱ <sup>ns</sup>	-۰٫۲۳ <sup>ns</sup>	-۰٫۳۲ <sup>ns</sup>	-۰٫۱ <sup>ns</sup>	-۰٫۴۲ <sup>ns</sup>	۰٫۶۰ <sup>*</sup>
		۰٫۶۶ <sup>*</sup>	-۰٫۳۷ <sup>ns</sup>	-۰٫۴۶ <sup>ns</sup>	-۰٫۱۳ <sup>ns</sup>	-۰٫۳۴ <sup>ns</sup>	۰٫۲۲ <sup>ns</sup>	-۰٫۴۵ <sup>ns</sup>	۰٫۵۶ <sup>*</sup>
-	۰٫۱ <sup>ns</sup>	۰٫۱۷ <sup>ns</sup>	۰٫۵۲ <sup>ns</sup>	۰٫۳۶ <sup>ns</sup>	۰٫۶۳ <sup>*</sup>	۰٫۵۲ <sup>ns</sup>	۰٫۵۸ <sup>*</sup>	۰٫۳۷ <sup>ns</sup>	-۰٫۱ <sup>ns</sup>

PBC<sup>k</sup>: ظرفیت بافری بالقوه خاک، AR<sup>0</sup>: نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل، K<sub>x</sub>: پتاسیم سخت قابل تبادل، ΔK<sup>0</sup>: شاخص مقدار پتاسیم نشان‌دار یا پتاسیم آسان قابل تبادل، K<sub>ex</sub>: پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم یک نرمال، K<sub>so</sub>: پتاسیم محلول، EPP: درصد پتاسیم تبدلی، OC: کربن آلی. ns و \*: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

شده به وسیله استات آمونیوم توسط مکان‌های سطحی و قابل استفاده جذب سطحی شده‌اند و نشان‌دهنده این موضوع است که بقیه مقدار پتاسیم توسط مکان‌های ویژه (سخت قابل تبادل)، جذب این خاک‌ها شده‌اند. پتاسیم تبدلی شامل پتاسیم آسان قابل تبادل و پتاسیمی که با انرژی زیاد جذب شده، می‌باشد (۳). در خاک‌های مورد مطالعه به دلیل تفاوت در کانی‌های غالب رسی، تعداد محل‌های جذب اختصاصی پتاسیم تفاوت زیادی دارد، که باعث به وجود آمدن تفاوت در مقدار (ΔK<sup>0</sup>) شده است. این امر باعث می‌شود تا پتاسیم بیشتری توسط استات آمونیوم عصاره‌گیری شود. بنابراین در این خاک‌ها پارامتر (ΔK<sup>0</sup>) شاخص مطمئن‌تری از استات آمونیوم نرمال برای آزمون خاک و توصیه کودی می‌باشد. پتاسیم آسان قابل تبادل هم‌بستگی معنی‌داری نیز با AR<sup>0</sup> و EPP داشت (جدول ۳). ضرایب این هم‌بستگی به ترتیب (r = ۰٫۹۶<sup>\*\*</sup>) و (r = ۰٫۹۷<sup>\*\*</sup>) است. دولتی و همکاران (۴) ضرایب این هم‌بستگی را به ترتیب (r = ۰٫۸۲۶<sup>\*\*\*</sup>) و (r = ۰٫۶۶۶<sup>\*\*</sup>) و صمدی (۱۹) در تعدادی از خاک‌های ارومیه رابطه معنی‌داری بین ΔK<sup>0</sup> و AR<sup>0</sup> با ضریب (r = ۰٫۶۶۶<sup>\*\*</sup>) گزارش کرد. پتاسیم سخت قابل تبادل (K<sub>x</sub>) از کسر کردن پتاسیم نشان‌دار و پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم یک مولار به دست می‌آید.

(r = -۰٫۵۱<sup>\*</sup>) (جدول ۳). این ضریب نشان می‌دهد که خاک‌های با مقادیر PBC<sup>k</sup> بالا، AR<sup>0</sup> کمتر، ولی پایدارتری را نسبت به خاک‌هایی با مقادیر PBC<sup>k</sup> کمتر، تأمین می‌نماید. خاک‌های با ظرفیت بافری بالقوه (PBC<sup>k</sup>) بالا، توانایی بالایی در ارائه پتاسیم محلول خاک دارند. در حالی که ظرفیت بافری بالقوه پایین یک خاک مانند خاک فسیجان، آق‌کهریز و حسام‌آباد احتمال نیاز به کود پاشی را نشان می‌دهند (جدول ۲). مقدار پتاسیم نشان‌دار (ΔK<sup>0</sup>) نشان‌دهنده پتاسیم آسان قابل تبادل بوده و دامنه تغییرات آن در خاک‌های مورد مطالعه ۰٫۰۴ تا ۲٫۱۹۹ با میانگین ۰٫۴۹ cmol kg<sup>-1</sup> است (جدول ۲). مقدار ΔK<sup>0</sup> نه تنها به نوع کانی‌های رسی بلکه به مقدار پتاسیم تبدلی و مقدار کود پتاسیمی که مصرف شده است دارد (۲۰). در خاک‌های مورد مطالعه رابطه معنی‌داری بین پتاسیم تبدلی (K<sub>ex</sub>) و پتاسیم آسان قابل تبادل به صورت (r = ۰٫۹۳<sup>\*\*</sup>) K<sub>ex</sub> = ۰٫۶۵ + ۰٫۴۰۸ ΔK<sup>0</sup> به دست آمد. حسین‌پور و کلباسی (۳) این هم‌بستگی را به صورت (r = ۰٫۷۹<sup>\*\*</sup>) K<sub>ex</sub> = ۰٫۶۹ + ۰٫۱۲۸ ΔK<sup>0</sup> گزارش کردند. همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، نسبت پتاسیم آسان قابل تبادل به پتاسیم عصاره‌گیری شده به وسیله استات آمونیوم نرمال نشان می‌دهد که به طور متوسط ۲۵/۸ درصد پتاسیم عصاره‌گیری



کمتر از سایر خاک‌ها بوده و پتاسیم محلول این خاک‌ها متغیر و بی‌ثبات می‌باشد. از بین خاک‌های مورد مطالعه فقط در یک خاک (چپق لو) پتاسیم در لبه کانی‌های رسی نگهداری می‌شود و در بقیه خاک‌ها پتاسیم در سطوح پایه‌ای کانی جذب شده است. نمودارهای Q/I عمدتاً در ناحیه جذب (بالای محور xها) قرار دارند. نمودارهای به دست آمده غالباً خطی بوده و فاقد انحناء می‌باشند. عصاره‌گیر استات آمونیوم نرمال به دلیل استخراج بیشتر پتاسیم از مواضع اختصاصی، برآورد بیشتری نسبت به مقدار واقعی پتاسیم تبادل می‌دهد. بنابراین، به تنهایی شاخص خوبی جهت ارزیابی وضعیت پتاسیم قابل استفاده گیاه نبوده و این بدان معنی است که پارامتر  $\Delta K^0$  شاخص مطمئن‌تری از استات آمونیوم نرمال برای آزمون خاک و توصیه کودی در این خاک‌هاست. تجزیه و تحلیل رگرسیونی نشان داد پارامترهای Q/I، به خوبی با پتاسیم تبدلی و محلول همبستگی داشته و می‌توان این پارامترها را به کمک معادلات رگرسیونی برآورد نمود چرا که پارامترهای Q/I، جهت آگاهی از قابلیت استفاده پتاسیم در این خاک‌ها مناسب بوده و می‌تواند در توصیه کودی در خاک‌های مذکور مورد استفاده قرار گیرد. در پایان پیشنهاد می‌شود در مطالعات مزرعه‌ای همراه با کشت گیاه سیب‌زمینی یا گلخانه‌ای، ارتباط پارامترهای نمودارهای کمیت به شدت با جذب پتاسیم توسط این گیاه بررسی شود.

دامنه تغییرات آن ۰٫۲۸ تا ۱٫۳۸ با میانگین  $0.9 \text{ cmol kg}^{-1}$  است (جدول ۲). همان‌طور که قبلاً گفته شد، پتاسیم سخت قابل تبادل به نوع کانی‌های رسی بستگی دارد. در خاک‌هایی که دارای کانی‌هایی با محل جذب اختصاصی پتاسیم بیشتر هستند، پتاسیم جذب شده با انرژی بالا بیشتر بوده که به راحتی قابل تبادل نمی‌باشد، در نتیجه در چنین خاک‌هایی مقدار  $K_x$  بیشتر می‌باشد. به عبارت دیگر،  $K_x$  در ارتباط با نوع کانی‌های رسی بوده، و با پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات مونیوم یک مولار ارتباط معنی‌دار ندارد (۳). نتایج اوانگلو و کاراتاناسیس (۸) کاهش معنی‌داری در تمایل مواد آلی در جذب پتاسیم و آمونیوم، زمانی که مواد آلی افزایش یافت، نشان داد.

### نتیجه‌گیری

همان‌طور که از نتایج این مطالعه بر می‌آید، بین پارامترهای Q/I و خصوصیات خاک ارتباط معنی‌داری وجود داشت اما ضرایب همبستگی بین آنها بالا نیست. این امر را می‌توان ناشی از تفاوت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه دانست. چون خاک‌های تحت مطالعه همه از محدوده یک شهرستان انتخاب شده‌اند به اطمینان می‌توان بیان نمود که امکان برآورد پارامترهای Q/I با استفاده از معادلات به دست آمده امکان‌پذیر است. شدت پتاسیم (I) در خاک‌هایی با بافت سبک زیاد ولی ناپایدار است. از طرف دیگر  $PBC^K$  این خاک‌ها نیز

### منابع مورد استفاده

۱. اوستان، ش. ۱۳۷۳. بررسی تخلیه پتاسیم از خاک‌های شالیزار شمال کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه تهران.
۲. حسین‌پور، ع. ۱۳۸۷. شیمی خاک. انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
۳. حسین‌پور، ع و م. کلباسی. ۱۳۷۹. نسبت کمیت - شدت پتاسیم و همبستگی پارامترهای آن با خصوصیات خاک در تعدادی از خاک‌های ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴(۱): ۴۳-۵۶.
۴. دولتی، ب. ش. اوستان، ع. صمدی. ۱۳۸۷. شکل‌های مختلف پتاسیم و روابط Q/I در خاک‌های تحت کشت آفتابگردان (منطقه خوی). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲(۴۸): ۶۳۶-۶۲۳.
5. Al-Kanani, T., N. N. Bartakar and A. J. Hussien. 1991. Evaluation of potassium quantity-intensity relationships in calcareous soils. Soil Sci. 151: 167-173.

6. Beckett, P. H. T. 1964. Studies on soil potassium: The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. *J. Soil Sci.* 15: 9-23.
7. Dobemann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice. Nutrient Disorders & Nutrient Management. Handbook series. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute. 191 p.
8. Evangelou, V. P. and A. D. Karathanasis. 1986. Evaluation of potassium quantity-intensity relationships by a computer model employing the Gapon equation. *SSSA*, 50: 58-62.
9. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. PP.383-409. *In: A. Klute. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Physical and Mineralogical Methods. ASA, Madison, WI.*
10. Jimenez, C. and M. A. Parra. 1991. Potassium quantity-intensity relationships in calcareous vertisols and inceptisol of southwestern Spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 985-989.
11. Lee, R. 1973. The K/Ca and Q/I relation and preferential adsorption sites for potassium. New Zealand Soil Bureau Scientific Report II.
12. Lindsay, W. 1979. Chemical Equilibria in Soils. John Wiley and Sons, New York.
13. Loepfert, R. H. and D. L. Suarez. 1996. Carbonate and gypsum. PP.437-474. *In: D. L. Sparks. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, SSSA. Madison, WI.*
14. Mathews, B. C. and P. H. T. Beckett. 1962. A new procedure for studying the release and fixation of K ions on soils. *J. Agric. Sci.* 58: 59-64.
15. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA and SSSA.
16. Poonia, S. R. and E. A. Niederbudde. 1990. Exchange equilibria of potassium in soil, V. Effect of natural organic matter on K-Ca exchange. *Geoderma* 47(3-4): 233-242.
17. Rich, C. I. and W. R. Black. 1964. Potassium exchange as affected by cation size, PH, and mineral structure. *Soil Sci.* 47: 384-390.
18. Rhodes, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-435. *In: D. L. Sparks. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, SSSA. Madison, WI.*
19. Samadi, A. 2006. Potassium exchange isotherms as a plant availability index in selected calcareous soils of Western Azarbaijan Province, Iran. *Turk. J. Agric. For.* 30: 213-222.
20. Sharpley, A. N. and S. W. Buol. 1987. Relationship between minimum exchangeable potassium and soil taxonomy. *Commun In Soil Sci. Plant Anal.* 18(5): 601-614.
21. Sparks, D. L. and W. C. Liebhardt. 1981. Effect of long-term lime and potassium application on quantity-intensity relationships in sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 786-790.
22. Sumner, M. E. and W. P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficient. PP.1201-1230. *In: D. L. Sparks. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, SSSA. Madison, WI.*
23. Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. PP. 475-490. *In: D. L. Sparks. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, SSSA. Madison, WI.*

## The Relationship between Potassium Quantity-Intensity Ratio and Selected Properties of Some Soils in Bahar Area

M. Samavati<sup>1\*</sup> and B. Eskandari<sup>2</sup>

(Received : Sep. 14-2011 ; Accepted : Sep. 5-2012)

### Abstract

Quantity-Intensity (Q/I) curves and their derived parameters provide general information about soil Potassium (K) availability. This investigation was conducted to obtain K different varieties and their correlations with K, Q/I parameters in 13 soils sample from Bahar area as the major potato producing area in Iran. Soil Samples were equilibrated with solution containing different potassium activity ratios (ARK), and changes in potassium concentrations in the equilibrium solution ( $\Delta K$ ) were plotted against activity ratio of K, and Q/I parameters were determined. The results showed that, potassium activity ratio at equilibrium (AR0) ranged from 0.007 to 0.995 with an average of 0.16 (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup>, The readily exchangeable potassium ( $\Delta K_0$ ) ranged from 0.04 to 2.199 with an average of 0.49 cmol kg<sup>-1</sup>, The potassium potential buffering capacity (PBCK) ranged from 13.21 to 75.37 with an average of 42.02 (mmol kg<sup>-1</sup>) / (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup>. Highly significant linear correlations were found between PBCK and CEC ( $r = 0.6^*$ ), AR0 and KSO ( $r = 0.99^{**}$ ), AR0 and Kex ( $r = 0.85^{**}$ ). Among the studied soils, one soil (Chopolgh Lo soil) absorbed potassium on edge position of clay minerals and the others absorbed potassium on planar surface.

**Keywords:** Potassium, Quantity – intensity curves, Potential buffering capacity, Bahar area.

---

1. Dept. of Soil Sci., Payamenour Univ. (PNU), Hamedan, Iran.

2. Dept. of Agron. Sci., Payamenour Univ. (PNU), Bahar Branch, Hamedan , Iran.

\*: Corresponding Author, Email: m.samavati2000@gmail.com