



دانشگاه گوارز و منابع طبیعی گوارز

مجله پژوهش‌های تولید گیاهی  
جلد شانزدهم، شماره اول، ۱۳۸۸  
www.gau.ac.ir/journals

## بررسی وضعیت پتاسیم به روش روابط کمیت به شدت (Q/I) در خاک‌های زیر کشت توتون مازندران

\*اسماعیل دردی‌پور<sup>۱</sup> و عبداللطیف قلی‌زاده<sup>۲</sup>

استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم‌شهر  
تاریخ دریافت: ۸۴/۱۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۳

### چکیده

روابط کمیت به شدت (Q/I)، یک درک و آگاهی مستقیمی از وضعیت پتاسیم خاک را نشان می‌دهد. نسبت کمیت به شدت پتاسیم و رابطه آن با برخی خصوصیت‌های خاک در ۱۵ مزرعه زیر کشت توتون در استان مازندران، مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر فاکتور شدت تعادلی ( $ARE^K$ ) از  $0/0009$  تا  $0/0313$  ( $mol/l$ )<sup>۰/۵</sup> بود. خاک‌های دارابکلا، چله‌مردی و اروت، پتاسیم‌های جذب سطحی شده را در موقعیت‌های گوه‌ای شکل و لبه‌ها (مواضع اختصاصی) به‌طور محکم نگه داشته‌اند. برعکس خاک‌های والاغوز و پروریچ‌آباد، پتاسیم‌ها را در موقعیت‌های سطحی یا مواضع غیراختصاصی، جذب و نگهداری کرده‌اند. حدود تغییرات پتاسیم لابیال یا تبدلی ( $-\Delta K^0$ ) بین  $1/44 - 0/007$   $Cmol/kg$  با میانگین  $0/332$  بود. کمترین میزان به خاک اروت و بیشترین مقدار آن نیز به خاک پروریچ‌آباد متعلق بود. با این حال، مقادیر پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم نرمال به‌مقدار قابل توجهی بیشتر از مقادیر  $\Delta K^0$  بود. این امر نشان می‌دهد که در این خاک‌ها، استات آمونیوم نرمال باعث برآورد اضافی پتاسیم تبدلی شده است. بنابراین پارامتر  $\Delta K^0$  می‌تواند شاخص مطمئن‌تری نسبت به استات آمونیوم نرمال برای آزمون خاک و توصیه کودی در این خاک‌ها باشد. مقادیر  $K_x$  از  $0/050$   $Cmol/kg$  تا

\* مسئول مکاتبه: dordipour@yahoo.com

۱/۰۲۶ تغییر کرد و مقادیر ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم ( $PBC^K$ ) خاک‌ها نیز، از ۱۱/۲۹ تا ۲۰۸/۶۰ با میانگین  $^{۰۵}(mol/l)/(Cmol/kg)$  ۹۹/۲۴ تغییر داشت. کمترین مقدار به خاک پاچا و بیشترین مقدار به خاک دارابکلا- بابویه مربوط بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، میان مقدار پتاسیم تبدلی ( $\Delta K^0$ )، شدت تعادلی پتاسیم ( $ARE^K$ ) و پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم نرمال، مشاهده گردید. پارامترهای کمیت به شدت اطلاعات مفیدی را برای درک وضعیت پتاسیم قابل استفاده خاک‌ها فراهم می‌کند و می‌تواند برای توصیه کودی پتاسیم مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** پتاسیم تبدلی، استات آمونیوم نرمال، پارامترهای  $Q/I$ ، مواضع اختصاصی پتاسیم، نسبت‌های فعالیت

#### مقدمه

پتاسیم از جمله عناصر غذایی است که به مقدار زیادی مورد نیاز گیاهان می‌باشد. گیاهان، به‌ویژه توتون به سطوح بالایی از پتاسیم، نیاز دارند. مقدار پتاسیم در گیاه برابر مقدار ازت در گیاهان است. پتاسیم علاوه بر افزایش عملکرد، موجب افزایش کیفیت محصول، تحمل به خشکی، مقاومت به بیماری‌ها و... می‌گردد. مطالعه روابط تعادلی میان پتاسیم، منیزیم و کلسیم برای درک بهتر وضعیت حاصل‌خیزی خاک‌های زراعی، بسیار مهم است. آزمون خاک (Soil Test)، متداول‌ترین روش برای ارزیابی نوع و مقدار کود مورد نیاز گیاهان زراعی و اولین قدم در مدیریت صحیح برنامه کودی برای گیاهان می‌باشد (منگل و همکاران، ۱۹۹۸). با این وجود، شاخص‌های زیادی برای تعیین قابلیت استفاده پتاسیم در خاک پیشنهاد شده است. اسکوفیلد (۱۹۴۷) نسبت فعالیت کاتیون‌های پتاسیم و کلسیم را پیشنهاد کرد. مفهوم نسبت کمیت به شدت ( $Q/I$ ) نیز برای بررسی وضعیت پتاسیم در خاک‌ها به‌طور وسیعی در منابع علمی مورد استفاده قرار گرفته است (اوانگلو و همکاران، ۱۹۸۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۴). بکت (۱۹۶۴b) و تینکر (۱۹۶۴) مفاهیم مقدار ( $Q$ ) و شدت ( $I$ ) را برای تعیین وضعیت پتاسیم خاک‌ها پیشنهاد کردند. پتاسیم در خاک به شکل‌های محلول (معرف شدت،  $I$ )، تبدلی (یا قابل استفاده<sup>۱</sup> که معرف مقدار  $Q$ ) و غیرتبدلی (ثابت شده<sup>۲</sup>) وجود دارد (جانستون و گولدینگ،

1- Labile/Available  
2- Non labile=Fixed

(۱۹۹۰). معمولاً میان این شکل‌ها، تعادلی برقرار می‌شود. روش کمیت به نسبت (Q/I)، برای درک، تعیین و ارزیابی وضعیت حاصل‌خیزی خاک‌ها، بسیار مفید می‌باشد (وانگ و اسکات، ۲۰۰۱). همچنین بسیاری از محققان پارامترهای Q/I را برای پیش‌بینی نیاز پتاسیمی خاک‌ها به‌کار برده‌اند (اسپارکس و لیهارت، ۱۹۸۱؛ اوانگلو و بلوینز، ۱۹۸۸). هدف از این مطالعه، تعیین پارامترهای روابط کمیت به‌شدت (Q/I) پتاسیم، برای پیش‌بینی قدرت تأمین پتاسیم توسط خاک و تغییرات آن‌ها است.

**تفسیر و به‌کارگیری پارامترهای Q/I:** تفسیرهای متعددی از پارامترهایی که از روی منحنی Q/I به‌دست می‌آید، انجام شده است. قسمت خطی این منحنی، به مواضع غیراختصاصی پتاسیم نسبت داده شده است (بکت، ۱۹۶۴b؛ جلالی، ۲۰۰۷). در حالی‌که، بخش خمیده آن به مواضع ویژه (اختصاصی) با یک تمایل شدید به جذب پتاسیم، نسبت داده شده است (بکت، ۱۹۶۴b؛ ریچ، ۱۹۶۴؛ بکت و نقدی، ۱۹۶۷؛ لروکس و سامنر، ۱۹۶۸؛ جلالی، ۲۰۰۷). مواضع غیراختصاصی به سطوح کانی‌ها<sup>۱</sup> (بکت، ۱۹۶۴b؛ لی، ۱۹۷۳)، در حالی‌که مواضع اختصاصی به لبه‌های<sup>۲</sup> کریستال‌های رسی و مواضع گوه‌ای<sup>۳</sup> میکای هوا زده، نسبت داده شده است (ریچ، ۱۹۶۴؛ بکت و نقدی، ۱۹۶۷؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۴).

مقدار  $ARE^K$  یک اندازه‌ای از قابلیت استفاده یا شدت پتاسیم لایبل را در خاک نشان می‌دهد. اسکونبرگ و همکاران (۱۹۶۳) و اسپارکس و لیهارت (۱۹۸۱) دریافتند که اگر  $ARE^K < 0.01$  باشد، پتاسیم جذب لبه کانی‌ها (مواضع اختصاصی) می‌گردد. ولی چنان‌چه  $ARE^K > 0.01$  باشد، پتاسیم جذب مواضع سطحی (غیراختصاصی) کانی می‌گردد. لروکس (۱۹۶۶) متذکر می‌شود که  $\Delta K^0$  برآورد بهتری از پتاسیم تبادلی، نسبت به پتاسیم قابل‌عصاره‌گیری با استات آمونیوم نرمال به‌دست می‌دهد. او دریافت که مقادیر بالای پتاسیم لایبل ( $-\Delta K^0$ )، موجب آزادسازی بیشتر پتاسیم به‌داخل محلول خاک و باعث ایجاد ذخیره پتاسیم لایبل بزرگ‌تری می‌شود. ذخیره پتاسیم لایبل با مصرف کود پتاسه، افزایش یافت (لروکس و سامنر، ۱۹۶۸). سن‌والنتین و همکاران (۱۹۷۳) متذکر شدند که پتاسیم لایبل با آهک‌پاشی خاک‌های زراعی، افزایش می‌یابد. مقدار  $PBC^K$ ، یک اندازه‌ای از توانایی خاک در حفظ شدت پتاسیم در محلول خاک و متناسب با CEC خاک می‌باشد (لی، ۱۹۷۳). لروکس (۱۹۶۶) متذکر شد که  $PBC^K$  بالای یک خاک، بیانگر قابلیت استفاده خوب پتاسیم است در حالی‌که،

1- Planar Surface

2- Edges

3- Wedges Sites

پایین یک خاک، نیاز به کودپاشی متعدد را نشان می‌دهد. سن‌والتین و همکاران (۱۹۷۳) دریافتند که میزان  $PBC^K$  قبل و بعد از کشت با آهک پاشی، به دلیل افزایش CEC وابسته به pH خاک، افزایش یافته است.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش، بر روی ۱۵ خاک مزارع مختلف مازندران که زیرکشت توتون بود، انجام گرفت. نمونه‌های خاک از افق شخم (Ap) تهیه، هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده است. تجزیه خاک: تجزیه مکانیکی خاک (بافت) به وسیله روش هیدرومتری انجام شد (دی، ۱۹۶۵). مواد آلی به وسیله روش (والکلی و بلک، ۱۹۳۴) تعیین گردید. پتاسیم، کلسیم و منیزیم به وسیله استات آمونیوم نرمال عصاره‌گیری (جکسون، ۱۹۷۳) و با دستگاه فلیم فتومتر و تیتراسیون با ورسین ۰/۰۱ نرمال اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری پارامترهای روابط کمیت به شدت (Q/I): نمونه‌های خاک (۲/۵ گرم) در دو تکرار در داخل تیوب‌های پلی‌اتیلنی (۵۰ میلی‌لیتری) توزین و به هریک از نمونه‌ها، ۲۵ میلی‌لیتر از محلول ۰/۰۱ مولار  $CaCl_2$  و ۰، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵، ۱/۰، ۲/۰، ۳/۰ و ۴/۵ میلی‌مولار KCl ریخته شد. سوسپانسیون‌ها به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۲۰ rpm تکان داده شدند. نمونه‌ها یک شب در ۲۵ درجه سانتی‌گراد به حال خود رها شدند. سپس نمونه‌ها به داخل ظرف دیگری فیلتر شدند. محلول‌های صاف شده برای اندازه‌گیری پتاسیم، کلسیم و منیزیم به وسیله دستگاه فلیم فتومتر و تیتراسیون با ورسین، مورد استفاده قرار گرفتند. مقادیر  $\Delta K$  (محور عرض‌ها) در مقابل مقادیر  $AR^K$  (محور طول‌ها) ترسیم شدند و پارامترهای روابط مقدار به شدت (Q/I) یعنی  $\Delta K$ ،  $K_x$  و  $ARe^K$  و  $PBC^K$  به روش زیر تعیین گردیدند (بکت، ۱۹۶۴a؛ اوانگلو و کاراتاناسیس، ۱۹۸۶):

$\Delta K$  = معرف فاکتور مقدار (Q) یا کمیت پتاسیم در خاک است (که خاک به هنگام رسیدن به تعادل، جذب یا از دست می‌دهد) و در محور Yها، قرار دارد و از اختلاف غلظت پتاسیم در محلول اولیه و نهایی به دست می‌آید.

$AR^K$  = معرف نسبت فعالیت پتاسیم یا فاکتور شدت پتاسیم (I) در خاک است که در محور Xها، قرار دارد. فاکتور شدت پتاسیم ( $AR^K$ ) از روی غلظت مؤثر (یا فعالیت که با استفاده از فرمول دبای‌هاکل محاسبه می‌شود) کلسیم منیزیم و پتاسیم با استفاده از رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$AR^K (\text{mol/l})^{1/2} = \frac{a_K}{(a_{Ca} + a_{Mg})^{1/2}} = \frac{C_K (\sigma KCl)^{1/2}}{(C_{Ca} + C_{Mg})^{1/2} (\sigma CaCl_2)^{1/2}} \quad (1)$$

که در آن  $\sigma KCl$  = ضریب فعالیت  $KCl$  و  $\sigma CaCl_2$  = ضریب فعالیت  $CaCl_2$  است. به دلیل سادگی محاسبات می توان از نسبت غلظت پتاسیم ( $CR^K$ ) به جای  $AR^K$  استفاده نمود (اوانگلو و بلوینز، ۱۹۸۵؛ وانگ و اسکات، ۲۰۰۱).

$\Delta K^0$  = معرف پتاسیم لایبل یا میزان پتاسیم تبادلی خاک می باشد که از برون یابی قسمت خطی منحنی و تلاقی با محور  $Y$ ها به دست می آید.

$ARe^K$  = معرف نسبت فعالیت پتاسیم در حالت تعادل است که از تلاقی منحنی با محور  $X$ ها به دست می آید.

$K_X$  = نشان دهنده میزان مواضع اختصاصی پتاسیم در خاک است.

$PBC^K$  = معرف ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک است که از نسبت  $dQ/dI$  (شیب قسمت خطی منحنی) تعیین می گردد.

## نتایج و بحث

**خصوصیات خاک:** بافت خاک های مورد مطالعه به طور عمده لوم شنی و تعداد اندکی لوم رس شنی بودند. حدود تغییرات رس در نمونه ها از ۷ تا ۲۶ درصد بود که یک گسستگی را بین ۱۱ تا ۱۹ درصد را نشان می داد. حدود تغییرات کربن آلی، بین ۰/۷۶ تا ۳/۱ درجه سانتی گراد با میانگین ۲/۰۱ درصد بود. میزان آهک فعال از ۱/۱ تا ۱۰ درصد (با میانگین ۴/۳ درصد) تغییر داشت. حدود تغییرات پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیم نرمال، بین ۲۰۰ تا ۱۳۳۵ با میانگین ۴۹۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود. میزان پتاسیم قابل استفاده در خاک های پاجا و خیرآباد زیاد و در خاک های والاغوز و پروریچ آباد به طور فوق العاده ای بیشتر از سایر خاک ها بود. خاک ها شور نبودند و متوسط هدایت الکتریکی آنها ۰/۵۰۷ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منتخب خاک مزارع زیرکشت توتون.

ردیف	مزرعه	ازت	کربن آلی	پتاسیم	خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک			pH	EC
					آهک فعال	رس	شن		
					درصد				
						بافت			
۱	انستیتو تیرتاش	۰/۵۱	۰/۷۶	۲۵۳	۳/۹	۱۱	۶۱	۰/۸۰	۸/۱
۲	چلمردی- حسین چلمردی	۰/۱۸	۲/۲	۴۰۶	۳/۲	۲۰	۵۷	۰/۳۶	۷/۴
۳	چلمردی- ابراهیم بربری	۰/۱۷	۲/۱	۳۷۹	۱/۸	۱۹	۵۹	۰/۳۹	۷/۶
۴	دارابکلا- عباس بابویه	-	۱/۴	۲۴۴	۳/۷	۱۱	۵۹	۰/۴۲	۶/۹
۵	دارابکلا- احمد قاسمی	۰/۱۳	۱/۴	۲۰۰	۱/۱	۲۶	۵۹	۰/۵۴	۷/۵
۶	دارابکلا- سیدعلی عمادی	۰/۱۵	۱/۶	۳۷۵	۱/۱	۱۹	۶۱	۰/۳۶	۷/۰
۷	خیرآباد- ابولفضل چلمردی	۰/۲۱	۲/۳	۶۹۹	۲/۴	۸	۶۱	۰/۳۹	۷/۴
۸	ولاغوز- یدالله بربری	-	۲/۴	۱۰۸۶	۵/۸	۹	۶۱	۱/۰۱	۷/۶
۹	ولاغوز- شیدالله رضایی	-	۲/۱	۳۷۷	۱۰/۰	۸	۶۲	۰/۳۹	۷/۸
۱۰	ولاغوز- عین علی بربری	۰/۲۶	۳/۱	۳۲۰	۴/۷	۱۹	۶۰	۰/۳۳	۷/۸
۱۱	پاجا- میرنظام بابایی	-	۲/۲	۶۰۸	۱/۶	۲۳	۶۱	۰/۴۵	۷/۶
۱۲	پایین کولا- قربان علی نادری	۰/۳۰	۲/۰	۳۶۸	۸/۷	۷	۶۱	۰/۱۷	۷/۶
۱۳	چاچکام- نصرالله دهقان	-	۲/۲	۴۴۶	۲/۹	۱۱	۶۰	۰/۵۷	۷/۶
۱۴	پروریج آباد- عزیزالله بریمانی	۰/۲۲	۲/۱	۱۳۳۵	۷/۴	۱۹	۶۳	۰/۵۴	۷/۷
۱۵	اروت- غلامرضا اسماعیلی	۰/۱۸	۲/۳	۳۳۹	۶/۳	۲۳	۶۱	۰/۹۰	۷/۵

روابط کمیت به شدت (Q/I): مقادیر فاکتور شدت تعادلی ( $ARe^K$ ) از ۰/۰۰۰۹ تا ۰/۰۳۱۳ تغییر داشت و به طور متوسط، ۰/۰۰۶۲ ( $mol/l$ )<sup>۰/۵</sup> بود (شکل ۱ و جدول ۲). خاک‌های دارابکلا، چلمردی و اروت،

پتاسیم‌های جذب سطحی شده را در موقعیت‌های گوه‌ای شکل و لبه‌ها (مکان‌های اختصاصی جذب پتاسیم) به‌طور محکم نگه داشته‌اند. زیرا  $ARE^K$  آنها مساوی یا کمتر از  $(mol/l)^{1/5}$   $0/001$  بود. این خاک‌ها مقدار رس و مواد آلی بیشتری نیز داشتند. برعکس خاک‌های والاغوز و پروریچ‌آباد، پتاسیم‌ها را در موقعیت‌های سطحی یا مواضع غیراختصاصی، جذب و نگهداری کرده‌اند. زیرا در آنها  $ARE^K > 0/001 (mol/l)^{1/5}$  بود و این خاک‌ها به‌طور عمده بافت سنی داشتند. این امر با یافته‌های اسکونبرگ و همکاران (۱۹۶۳)، اسپارکس و لیبهارت (۱۹۸۱) و دشموخ و خرا (۱۹۹۳) مطابقت داشت. هم‌چنین از نظر وودرف (۱۹۵۵) این خاک‌ها به افزایش کود پتاسه واکنش مثبت نشان خواهند داد. زیرا  $ARE^K > 0/0027 (mol/l)^{1/5}$  ولی ظرفیت بافری بالقوه کمی دارند. بسیار جالب توجه است که توصیه کودی براساس آزمون خاک به روش استات آمونیم نرمال در منطقه مورد مطالعه (شامل رستمی، ۱۹۹۸)، برای خاک‌های اخیر، صفر کیلوگرم سولفات پتاسیم است (جدول ۳). ولی پارامترهای روابط کمیت به‌شدت (Q/I) خلاف این امر را نشان می‌دهند. در بقیه خاک‌ها  $0/01 < ARE^K < 0/001$  بود که هرچه مقدار  $ARE^K$  به  $0/001$  نزدیک‌تر باشد، پتاسیم با نیروی بیشتری جذب مواضع اختصاصی پتاسیم، خواهد شد.

جدول ۲- پارامترهای روابط کمیت به شدت (Q/I) در خاک مزارع زیر کشت توتون.

پارامترهای روابط کمیت به‌شدت (Q/I)						مزرعه	ردیف
$ARE^K$	PBC <sup>K</sup>	Kx	$-\Delta K^\circ$	$-\Delta G^\circ \ddagger$	$-\Delta K^\circ/K-OAc^\circ$		
$(mol/l)^{1/5}$	$(Cmol/kg)/(mol/l)^{1/5}$	cmol/kg		kJ/mol	درصد		
0/0047	45/09	0/167	0/140	13/30	21/6	انستیتو نیرتاش	۱
0/0014	135/10	0/227	0/044	16/32	4/2	چله‌مردی - حسین چله‌مردی	۲
0/0018	106/83	0/236	0/048	15/70	4/9	چله‌مردی - ابراهیم بریری	۳
0/0009	208/60	0/264	0/030	17/28	4/7	دارابکلا - عباس بابویه	۴
0/0014	144/30	0/291	0/011	16/35	2/1	دارابکلا - احمد قاسمی	۵
0/0015	126/04	0/050	0/143	16/03	14/9	دارابکلا - سیدعلی عمادی	۶
0/0058	93/24	0/396	0/447	12/77	24/9	خیرآباد - ابولفضل چله‌مردی	۷

پارامترهای روابط کمیت به شدت (Q/I)						مزرعه	ردیف
$AR_e^K$	$PBC^K$	$Kx$	$-\Delta K^\circ$	$-\Delta G^\circ \ddagger$	$-\Delta K^\circ/K-OAc^\circ$		
(mol/l) <sup>۰/۵</sup>	(Cmol/kg)/(mol/l) <sup>۰/۵</sup>	cmol/kg		kJ/mol	درصد		
۰/۰۱۴۷	۹۶/۲۲	۰/۱۸۹	۱/۴۰۸	۱۰/۴۵	۵۰/۶	ولاغوز- یدالله بربری	۸
۰/۰۰۲۳	۱۱۹/۹۴	۰/۲۸۳	۰/۱۲۵	۱۵/۰۵	۱۲/۹	ولاغوز- شیدالله رضایی	۹
۰/۰۱۶۰	۴۲/۳۵	۱/۰۲۶	۰/۵۸۵	۱۰/۲۵	۷۱/۳	ولاغوز- عین علی بربری	۱۰
۰/۰۰۴۵	۱۱/۲۹	۰/۲۸۵	۰/۴۰۴	۱۳/۳۸	۲۵/۹	پاجا- میرنظام بابایی	۱۱
۰/۰۰۲۲	۹۲/۹۰	۰/۲۷۷	۰/۰۴۱	۱۵/۱۳	۴/۴	پایین کولا- قربان علی نادری	۱۲
۰/۰۰۲۸	۱۰۶/۲۴	۰/۳۴۷	۰/۱۳۷	۱۴/۵۲	۱۲/۰	چاچکام- نصرالله دهقان	۱۳
۰/۰۳۱۳	۴۵/۱۰	۰/۶۶۳	۱/۴۱۱	۸/۵۸	۴۱/۲	پروریج آباد- عزیزالله بریمانی	۱۴
۰/۰۰۱۴	۱۱۵/۳۱	۰/۲۵۳	۰/۰۰۷	۱۶/۲۷	۰/۸	اروت- غلامرضا اسماعیلی	۱۵

\*نسبت پتاسیم لایبل به پتاسیم عصاره گیری شده با استات آمونیوم برحسب cmol/kg که در جدول (۱) آمده است.

†انرژی آزاد گیبس که از رابطه:  $RT \ln [aK^+ / (aCa^{2+} + aMg^{2+})]^{۰/۵}$  محاسبه شده است (هرلیهی، ۱۹۹۲).

جدول ۳- میزان توصیه سولفات پتاسیم، براساس آزمون خاک با روش استات آمونیوم نرمال.

میزان توصیه	سطح آزمون
Kg/ha	mg/kg
۴۰۰	<۱۰۰
۳۰۰	۱۰۰-۲۰۰
۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰
۱۰۰	۳۰۰-۴۰۰
۰	>۴۰۰

مقادیر انرژی آزاد گیبس ( $-\Delta G$ ) واکنش تبدلی خاک‌ها از ۸/۵۸ تا ۱۷/۲۸ کیلوژول برمول متغیر بود. در خاک‌های دارای  $-\Delta G \geq ۱۴/۶۷$ ، کمبود پتاسیم و در خاک‌های دارای  $-\Delta G < ۸/۳۸$ ، اضافی

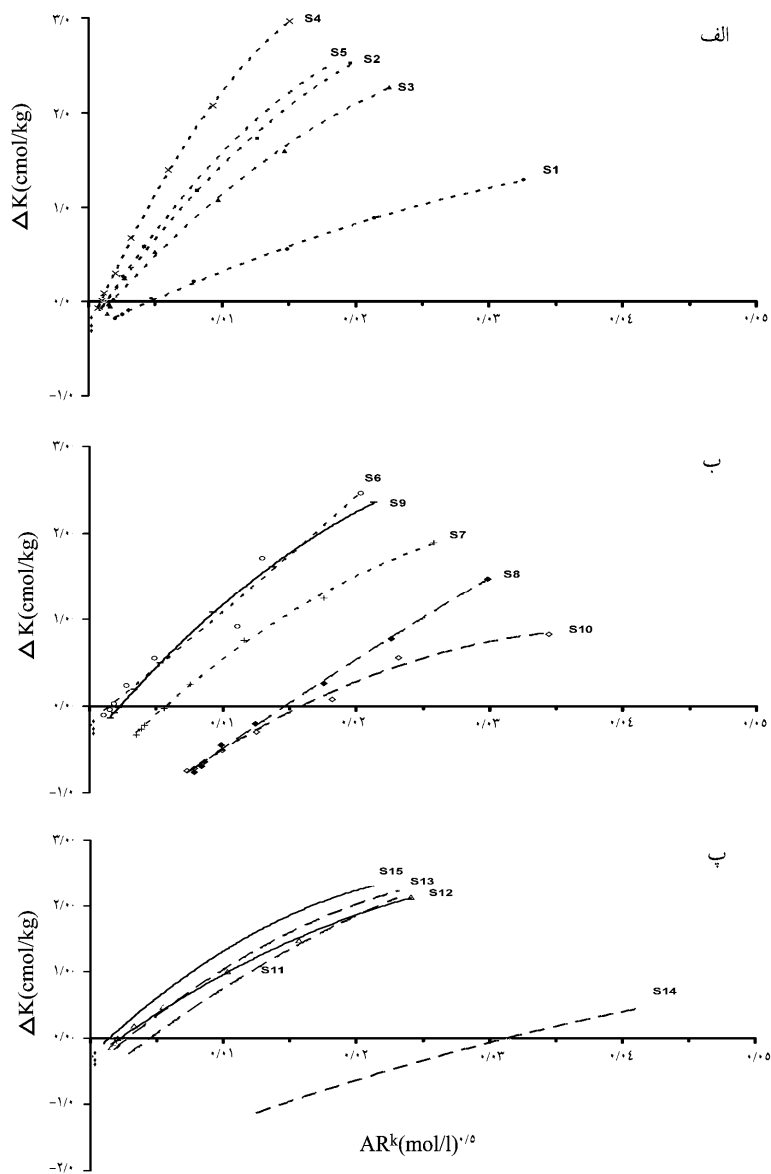


پتاسیم مشاهده می‌شود و در بین این دو حد، وضعیت پتاسیم خاک‌ها در حد کفایت خواهد بود (مک‌لین، ۱۹۷۶؛ اسکیندلر و همکاران، ۲۰۰۵؛ جلالی، ۲۰۰۷). بر این اساس، خاک‌های شماره ۲ تا ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دارای کمبود پتاسیم و بقیه خاک‌ها از این نظر در حد کفایت خواهند بود (جدول ۲). سوپا راتو و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند که مقدار  $ARE^K$  با افزایش مقدار رس، کاهش می‌یابد. ولی بررسی‌های انجام شده بین آن‌ها در این آزمایش، همبستگی معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). این امر ممکن است به دلیل وجود گسستگی در افزایش میزان رس در نمونه خاک‌های مورد مطالعه باشد. با این حال خاک‌هایی که رس بیشتری داشتند مقادیر  $ARE^K$  کمتری از بقیه خاک‌ها نشان دادند. همبستگی بین  $ARE^K$  و میزان پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیوم مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴) و رابطه (۲) بین آن‌ها مشاهده شد:

$$ARE^K = 0.0002K_{(ppm)} - 0.004 \quad R^2 = 0.66^{**} \quad (2)$$

حدود تغییرات پتاسیم لابلیل یا تبادل ( $-\Delta K^0$ ) بین  $0.007-1/44 \text{ Cmol/kg}$  با میانگین  $0.332$  بود. کمترین میزان به خاک ارووت و بیشترین مقدار آن نیز به خاک پروریچ‌آباد متعلق بود (جدول ۲). لروکس (۱۹۶۶) و اسپارکس و لیپهارت (۱۹۸۱) بیان نمودند که  $\Delta K^0$  برآورد بهتری از پتاسیم تبدالی، نسبت به پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم نرمال به دست می‌دهد. از طرف دیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین  $\Delta K^0$  و پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم نرمال، به دست آمد (جدول ۴):

$$-AK^0 = 0.0014K_{(ppm)} - 0.339 \quad R^2 = 0.85^{**} \quad (3)$$



شکل ۱- روابط مقدار به شدت (Q/I) خاک مزارع زیرکشت توتون: الف) تبرتاش، چهلمردی- حسین، چهلمردی- بربری، دارابکلا- بابویه و دارابکلا- قاسمی، ب) دارابکلا- عمادی، خیرآباد، والاغوز- بربری، والاغوز- رضایی و والاغوز- علی بربری، پ) پاچا، پایین کولا، چاچکام، پروریج آباد و اروت.

جدول ۴- ضرایب همبستگی (r) میان برخی خواص خاک و پارامترهای روابط مقدار به شدت (Q/I).

شاخص	OC	$K_{(AO_2NH_4)}$	Lime	Clay	$-\Delta K^{\circ}$	PBC <sup>K</sup>	Kx	ARE <sup>k</sup>
واحد	درصد	mg/kg	درصد	درصد	Cmol/kg	(Cmol/kg)(mol/l) <sup>۰.۵</sup>	Cmol/kg	(mol/l) <sup>۰.۵</sup>
OC	۱/۰۰							
$K_{(AO_2NH_4)}$	۰/۳۲	۱/۰۰						
Lime	۰/۲۲	۰/۲۶	۱/۰۰					
Clay	۰/۰۷	-۰/۱۱	-۰/۴۶	۱/۰۰				
$-\Delta K^{\circ}$	۰/۳۷	۰/۹۲**	۰/۲۶	-۰/۱۰	۱/۰۰			
PBC <sup>K</sup>	-۰/۲۹	-۰/۴۰	-۰/۰۹	-۰/۱۱	-۰/۴۵	۱/۰۰		
Kx	۰/۶۱*	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۳۹	-۰/۴۲	۱/۰۰	
ARE <sup>k</sup>	۰/۳۵	۰/۸۱**	۰/۳۲	۰/۰۴	۰/۸۹**	-۰/۵۲*	۰/۶۵**	۱/۰۰

با این حال، مقادیر پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم نرمال به مقدار قابل توجهی بیشتر از مقادیر  $\Delta K^{\circ}$  بود. مقایسه پتاسیم لایبل ( $-\Delta K^{\circ}$ ) و مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم و نسبت  $-\Delta K^{\circ}/K-OAc$  (جدول‌های ۱ و ۲) نشان می‌دهد که به‌طور متوسط تنها ۲۶/۱ درصد پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم به‌وسیله مکان‌های سطحی و سهل قابل استفاده جذب سطحی شده‌اند. این امر نشان می‌دهد که بقیه پتاسیم‌ها توسط مکان‌های ویژه‌ای (به‌صورت غیرتبادلی)، جذب این خاک‌ها شده است. زیرا آمونیم با شعاع کریستالی  $1/43A^{\circ}$  می‌تواند جایگزین پتاسیم با شعاع کریستالی  $1/33A^{\circ}$  در این مکان‌های اختصاصی شود (ریچ، ۱۹۶۸؛ منگل و یولن‌بکر، ۱۹۹۳) که موجب عصاره‌گیری بیشتر پتاسیم توسط استات آمونیوم نرمال می‌گردد. بنابراین در این خاک‌ها، استات آمونیوم نرمال باعث برآورد اضافی پتاسیم تبادلی شده است. این بدان معنی است که پارامتر  $\Delta K^{\circ}$  شاخص مطمئن‌تری از استات آمونیوم نرمال برای آزمون خاک و توصیه کودی در این خاک‌ها است. این امر کاملاً با یافته‌های اسکیندلر و همکاران (۲۰۰۵) و جلالی (۲۰۰۷) مطابقت داشت. هم‌چنین، همبستگی مثبت قوی بین  $\Delta K^{\circ}$  و ARE<sup>K</sup> یافت شد (جدول ۴):

$$-AK^{\circ} = 50/44ARE^K + 0/21 \quad R^2 = 0/81^{**} \quad (4)$$

رابطه‌های ۲ تا ۴ (که با نتایج جلالی، ۲۰۰۷ مطابقت دارد) نشان می‌دهد که با افزایش پتاسیم، مقادیر  $\Delta K^{\circ}$  و ARE<sup>K</sup> افزایش خواهد یافت. به‌علاوه، خاک‌های بافت ریز، مقادیر  $\Delta K^{\circ}$  بیشتری از خاک‌های بافت سبک‌تر نشان می‌دهد که به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی و میزان رس بالای آن‌ها است

(شارما و میشر، ۱۹۸۹). ولی در این آزمایش همبستگی قوی بین  $\Delta K^0$  و درصد رس، کربن آلی و آهک فعال یافت نشد. این امر ممکن است به دلیل تغییرات نسبتاً زیاد و نامنظم در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه باشد (جلالی، ۲۰۰۷). سالمون (۱۹۶۴) اظهار داشت که تمایل مواد آلی برای جذب پتاسم کمتر از سیلیکات‌های لایه‌ای است و نتایج او انگلو و کاراتاناسیس (۱۹۸۶) کاهش معنی‌داری در تمایل مواد آلی در جذب پتاسیم و آمونیوم نشان داد وقتی که مواد آلی افزایش یافت. مقادیر  $K_x$  که معرف مواضع اختصاصی پتاسیم در خاک هستند، از  $0/050-1/026 \text{Cmol/kg}$  تغییر کرد. بررسی همبستگی‌های میان  $K_x$  و برخی مشخصات خاک‌های مورد مطالعه، نشان داد که تنها همبستگی معنی‌داری بین  $K_x$  و کربن آلی وجود داشت (جدول ۴):

$$K_x = 0/261OC_{( \% )} - 0/195 \quad R^2 = 0/37^{**} \quad (5)$$

مقادیر  $PBC^K$  که معرف ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک است، از  $11/29-208/60$  با میانگین  $(\text{mol/l})^6 / (\text{Cmol/kg})$  ۹۹/۲۴ تغییر داشت. کمترین مقدار به خاک پاچا و بیشترین مقدار به خاک دارابکلا-بابویه مربوط بود. بررسی‌های همبستگی نشان داد که هیچ‌گونه رابطه معنی‌داری بین  $PBC^K$  و برخی مشخصات خاک‌های مورد مطالعه، یافت نشد. الکنعانی و همکاران (۱۹۸۹) نیز رابطه معنی‌داری بین این پارامترها در خاک‌های آهکی نیافتند. ولی بین  $PBC^K$  و  $ARe^K$  همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۴) و رابطه (۶) بین آنها به دست آمد:

$$PBC^K = -3038/15ARe^K + 118/01 \quad R^2 = 0/27^* \quad (6)$$

این رابطه نشان می‌دهد که خاک‌های با مقادیر  $PBC^K$  بالا، شدت پتاسیم ( $ARe^K$ ) کمتر ولی پایدارتری را نسبت به خاک‌های با مقادیر  $PBC^K$  کمتر، تأمین می‌نمایند. خاک‌های با ظرفیت بافری بالقوه ( $PBC^K$ ) بالا، توانایی بالایی در ارائه پتاسیم به محلول خاک دارند. در حالی که ظرفیت بافری بالقوه پایین یک خاک مثل خاک‌های تیرتاش، پاچا، پروریج‌آباد و ولاغوز-عین‌علی بریری، نیاز به کودپاشی متعدد را نشان می‌دهد (لی، ۱۹۷۳؛ لروکس، ۱۹۶۶؛ لروکس و سامنر، ۱۹۶۸). هم‌چنین او انگلو و کاراتاناسیس (۱۹۸۶) و او انگلو و بلوینز (۱۹۸۵) معتقدند که با افزایش مواد آلی ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش می‌یابد ولی ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم، تغییر نمی‌کند.

## نتیجه گیری و پیشنهادات

شدت پتاسیم (I) در خاک‌های شنی، زیاد ولی ناپایدار است. از طرف دیگر،  $PBC^K$  این خاک‌ها نیز کم است. لذا، مقدار پتاسیم محلول این خاک‌ها، متغیر و بی‌ثبات است. مواضع پتاسیم تبادلی آن‌ها، به سرعت از پتاسیم تخلیه می‌گردد. بهتر است که این خاک‌ها با پتاسیم کودپاشی گردد. خاک‌های سنگین بافت (درصد رس بالا) نیز، معمولاً  $PBC^K$  بالایی دارند. ولی شدت آزادسازی پتاسیم (I) در آن‌ها، نسبتاً کم است. پتاسیم قابل استفاده که به‌روش استات آمونیوم اندازه‌گیری می‌شود به‌دلیل استخراج بیشتر پتاسیم از مواضع اختصاصی، برآورد بیشتری نسبت به مقدار واقعی پتاسیم تبادلی به‌دست می‌دهد. بنابراین، به تنهایی شاخص خوبی برای ارزیابی وضعیت پتاسیم قابل استفاده گیاه و توصیه کودی نمی‌باشد. تعیین پارامترهای Q/I، اطلاعات مفیدی برای آگاهی از وضعیت قابلیت استفاده پتاسیم در خاک‌ها فراهم می‌نماید. پتاسیم لایبل یا قابل استفاده، همان پتاسیم جذب سطحی شده روی مواضع سطحی خاک‌ها است که ممکن است پیش‌بینی بهتری از پتاسیم جذب شده به‌وسیله گیاهان ارایه دهد. تجزیه و تحلیل‌های رگرسیونی بر روی این خاک‌ها نشان داد که پارامترهای Q/I به‌خوبی با پتاسیم تبادلی هم‌بسته است. بنابراین، این پارامترها برای آگاهی از قابلیت استفاده پتاسیم در خاک‌ها بسیار مناسب هستند و می‌تواند برای توصیه کودی پتاسیمی مورد استفاده قرار گیرند.

## منابع

1. Al-Kanani, T., Hussein, A.J., and Barthakut, N.N. 1989. Potassium exchange in calcareous soils. *Soil Science*, 148: 286-292.
2. Beckett, P.H.T. 1964a. Studies on soil potassium. I. Confirmation of the ratio laws: Measurement of potassium potential. *Journal of Soil Science*, 15: 1-8.
3. 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.
4. Beckett, P.H.T., and Nafady, M.H. 1967. Potassium-calcium exchange equilibria in soils: the location of non-specific (Gapon) and specific exchange sites. *Journal of Soil Science*, 18: 244-262.
5. Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. In: Black, C.A. (ed.) *Methods of soil analysis*. *Agronomy* 9: 545-567. Am. Soc. Of Agron., Madison, Wis.
6. Deshmukh, V.N., and Khera, M.S. 1993. Q/I parameters of potassium as influenced by K depletion in an ustochrepts. *Journal of Potassium Research*, 9: 1. 1-7.

7. Evangelou, V.P., and Blevins, R.L. 1985. Soil solution phase interactions of basic cations in long term tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49: 357-362.
8. 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 American Journal*, 50: 58-62.
9. Evangelou, V.P., Karathanasis, A.D., and Blevins, R.L. 1988. Effect of long-term tillage systems and nitrogen addition on potassium quantity-intensity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* vol. 52: 1047-1054.
10. Evangelou, V.P., and Blevins, R.L. 1988. Effect of soil organic matter accumulation on potassium and ammonium quantity-intensity relationships. *Soil Science Society of American Journal*. 50: 378-382.
12. Evangelou, V.P., Wang, J., and Philips, R.E. 1994. New developments and perspectives on soil potassium quantity/intensity relationships. *Advances in Agronomy*, 52: 173-227.
13. Jackson, M.L. 1973. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall of India, Pvt. Ltd. New Delhi.
14. Jalali, M. 2007. A study of the quantity/intensity relationships of potassium in some calcareous soils of Iran. *Arid Land Research and management*, 21: 133-141.
15. Johnston, A.E., and Goulding, W.T. 1990. The use of plant and soil analyses to predict the potassium supplying capacity of soil. In *Proceedings of the development of K-fertilizer recommendations*. Pp: 177-204. International Potash Institute, Basel, Switzerland.
16. Lee, R. 1973. The K/Ca and Q/I relation and preferential adsorption sites for potassium. *New Zealand Soil Bureau Scientific Report II*.
17. LeRoux, J. 1966. *Studies on ionic equilibria in Natal soils*. Unpublished Ph. D. dissertation. University of Natal, Republic of S. Africa.
18. LeRoux, J., and Sumner, M.E. 1968. Labile potassium in soils: 1. Factors affecting the quantity-intensity (Q/I) parameters, *Soil Science*, 106: 35-41.
19. McLean, E.O. 1976. Exchangeable K levels for maximum crop yields on soils of different cation exchange capacities. *Communications in soil science and plant analysis*, 7: 823-838.
20. Mengel, K., and Uhlenbecker, K. 1993. Determination of available interlayer potassium and its uptake by rygrass. *Soil Science Society of American Journal*, 57: 561-566.
21. Mengel, K., Rahmatullah, H., and Dou, H. 1998. Release of potassium from the silt and sand fraction of loss-driven soils. *Soil Science*, 163: 805-813.
22. Rich, C.I. 1964. Effect of cation size and pH on potassium exchange in Nason soil. *Soil Science*, 98: 100-106.
23. Rich, C.I. 1968. Mineralogy of soil potassium. In: Kilmer, V.J., Younts, S.E., and Brady, N.C. (eds.) *The role of potassium in agriculture*. Am. Soc. Of Agronomy, Madison, Wis. Pp: 79-96.

24. Salmon, R.C. 1964. Cation exchange reactions. *Journal of Soil Science*, 15: 273-283.
25. San Valatin, G.O., Zelazn, L.W., and Robertson, W.K. 1973. Potassium exchange characteristics of a Rhodic Paleudults. *Soil Crop Sci. Soc. Florida, Proc.* 32: 128-132.
26. Schindler, F.V., Woodard, H.J., and Doolittle, J.J. 2005. Assessment of soil potassium sufficiency as related to quantity-intensity in montmorillonitic soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 2255-2270.
27. Schofield, R.K. 1947. A ratio law governing the equilibrium of cations in the soil solution. *Proc. Int. Congr. Pure Appl. Chem.* 11: 257-261.
28. Schouvenburg, J., Van, Ch., and Schuffelen, A.C. 1963. Potassium-exchange behavior of an illite. *Neth. J., Agric. Sci.* 11:13-22.
29. Shamel Rostami, M.T. 1998. Determination of chemical fertilizers requirement rate for tobacco (*Nicotiana tabacum* var. Virginia). Research Report, Annual research report of 1998, Tirtash Tobacco research institute, Iran, Pp: 2-27. (In Persian).
30. Sharma, B.D., and Mishra, B. 1989. Quantity-intensity relations of potassium in texturally different alluvial soils. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 37: 1. 35-39.
31. 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 American Journal*, 45: 786-790.
32. Subba Rao, A., Brar, M.S., and Sekhon, G.S. 1991. Quantity intensity relations and electro-ultra filtration as measures of potassium availability in textural classes of tropical soils. *Journal of Indian Society of Soil Science*, 39: 2. 266-270.
33. Tinker, P.B. 1964. Studies on soil potassium: III. Cation activity ratios in acid soils. *J. Soil Sci.* 15: 24-41.
34. Walkley, A., and Black, T.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Sci.* 37: 29-38.
35. Wang, J.J., and Scott, A.D. 2001. Effect of experimental relevance on potassium Q/I relationships and its implication for surface and subsurface soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 32: 2561-2575.
36. Wang, J.J., Harrell, D.L., and Bell, P.F. 2004. Potassium buffering characteristics of three soils exchangeable potassium. *Soil Science Society of American Journal*, 68: 654-661.
37. Woodruff, C.M. 1955. Ionic equilibrium between clay and dilute salt solutions. *Soil science society of America proceedings*, 19: 36-40.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Plant Production, Vol. 16(1), 2009*  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **Q/I Parameters of Potassium in the Soils of Mazandaran under Tobacco Cultivation**

**\*E. Dordipour<sup>1</sup> and A.L. Gholizadeh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Academic Member of Islamic Azad University, Ghaemshahr Branch

### **Abstract**

Quantity-intensity (Q/I) relationships provide insight into a soil's immediate K status. Q/I parameters of potassium and their relationships with some soil properties were investigated on 15 combined top soil samples (0-30 Cm) collected from the cultivated tobacco fields in Mazandaran. The amount of the equilibrium activity ratio for potassium ( $ARe^K$ ) ranged from 0.0009 to 0.0313 ( $Cmol/l$ )<sup>0.5</sup>. The adsorbed K held specifically at edge /wedge shaped positions in Darabkola, Chalamardi and Ervet soils. In contrast, soils of Valaghoz and Parvarichabad held the K at planar surfaces. Labile K ( $-\Delta K^\circ$ ) ranged from 0.007 to 1.44 with a mean value of 0.332  $Cmol/kg$ . The lowest value found in Ervet soil and the highest one in Parvarichabad soil. However,  $NH_4AOc$ -exchangeable K values were always considerably higher than  $\Delta K^\circ$  values. This suggests that there were over estimation by  $NH_4AOc$  (1N). Therefore,  $\Delta K^\circ$  is a better estimate of soil labile K than exchangeable K by  $NH_4AOc$  (1N) soil test. The  $K_x$  values ranged from 0.050 to 1.026  $Cmol/kg$  and the values for  $PBC^K$  varied from 11.29 to 208.60 with an average of 99.24 ( $Cmol/kg$ )/( $Cmol/l$ )<sup>0.5</sup>. The Paja and Darabkola-baboyeh soils had the lowest and highest values for  $PBC^K$ , respectively. There were significantly and positively correlations with each other among the  $\Delta K^\circ$ ,  $ARe^K$  and  $NH_4AOc$ -K at 1% probability level. The Q/I parameters provide useful information for understanding available K stauts of soils and can be used for K-fertilizer recommendations.

**Keywords:** K exchange,  $NH_4AOc$ -K, Q/I parameters, Specific K sites, Activity ratios

---

\* Corresponding Author; Email: [dordipour@yahoo.com](mailto:dordipour@yahoo.com)