نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۹، ص. ۳۹۱-۳۷۹

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 2, May-June 2020, p. 379-391

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی همبستگی ویژگی‌های خاک با پارامترهای منحنی Q/I پتاسیم در خاک‌های آهکی استان لرستان

مریم موسی پور[۱*]- اکبر فرقانی[۲]- عاطفه صبوری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۳۱

چکیده

پتاسیم عنصری ضروری برای تولید محصولات کشاورزی است. برای ارزیابی وضعیت پتاسیم تبادلی و محلول در خاک از روش کمیت- شدت (Q/I) استفاده می‌کنند. این تحقیق جهت به‌دست آوردن شکل‌های پتاسیم و منحنی‌های Q/I در ۱۶ خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری)، از خاک‌های آهکی لرستان انجام شد. برای این کار از محلول کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و کلرید پتاسیم با غلظت‌های ۰/۳۳، ۰/۶۶، ۱، ۱/۳۳، ۲ و ۲/۵ میلی‌مولار استفاده گردید. از هر نمونه، ۶ سوسپانسیون تهیه و با استات آمونیوم ۱ مولار خنثی عصاره‌گیری گردید و میزان پتاسیم بوسیله دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. منحنی (Q/I) برای هر نمونه رسم گردید. نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR_0^k) بین $(mmolL^{-1})^{0.5}$ ۰/۸۷۲ تا ۰/۰۴۷، پتاسیم آسان قابل‌تبادل (ΔK^0) بین $(mmolkg^{-1})$ ۱/۲۶۹ تا ۲۳/۲۴۳، پتاسیم سخت قابل‌تبادل (K_X) بین $(mmolkg^{-1})$ ۰/۱۶۳ تا ۱۶/۳۲۸، پتاسیم قابل دسترس (K_L) بین $(mmolkg^{-1})$ ۶/۲۱۹ تا ۳۸/۵۹۳ می‌باشد. بیش‌ترین مقدار PBC^K در خاک ۱۱ (۴۵/۸۳۴) با درصد رس (۳۸) و کم‌ترین مقدار برای خاک ۱۳ با مقدار $(mmolkg^{-1})/(mmolL^{-1})^{0.5}$ ۲۳/۳۲۹ و درصد رس (۸) مشاهده گردید. بین ΔK^0 و (AR_0^k) همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۹۰$، $p<۰/۰۱$) مشاهده گردید. PBC^K با درصد رس ($r=۰/۷۴$، $p<۰/۰۱$) و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ($r=۰/۷۳$، $p<۰/۰۱$) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره گام به گام مشخص شد از بین تمام خصوصیات خاک، تنها مقدار رس طبق مدل آماری ($R^2=۰/۶۳۱$) $PBC^K=۱۷/۸۷۵+۰/۴۸۲Clay$ می‌تواند بعنوان ویژگی مناسب به‌منظور برآورد ظرفیت بالقوه پتاسیم خاک استفاده شود. هم‌چنین طبق مدل آماری ($R^2=۰/۳۱۸$) $K_L=۱۴/۴۶۸+۹/۰۱۷O.C$ مقدار کربن آلی (O.C)، بعنوان خصوصیت مناسب برای برآورد مقدار K_L تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، منحنی کمیت-شدت، PBC^K، Δk

مقدمه

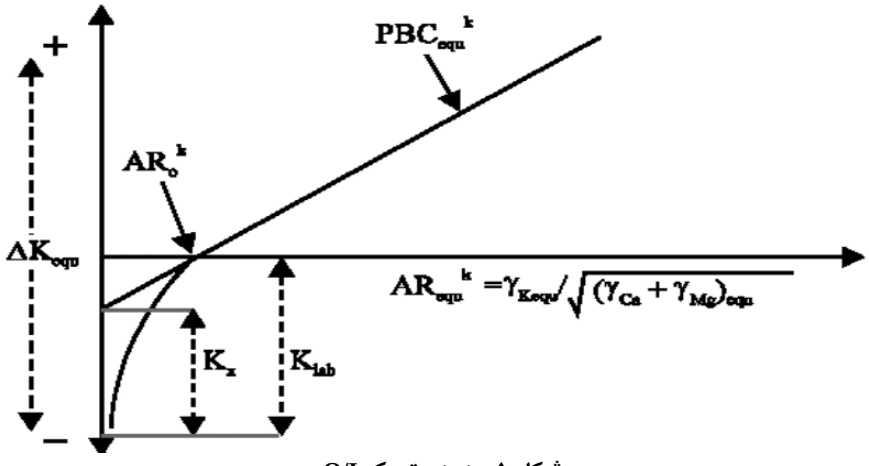
پتاسیم در زمینه فرایندهای فیزیولوژیکی حیاتی رشد، کیفیت، عملکرد و مقاومت‌های تنشی محصولات نقش بسزایی ایفا می‌کند (۲۳ و ۴۳). پتاسیم یک عنصر ضروری و مهم برای تولید محصولات کشاورزی است. این عنصر از عناصر اصلی و موردنیاز گیاهان است که نقش مهمی در فرایندهای متابولیک دارد و افزایش یا کاهش غلظت آن بر عملکرد و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد (۷). نوع کانی‌های رسی بر شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک تأثیر دارد که این به ترکیب مواد مادری در خاک بستگی دارد (۳۱ و ۳۷). آگاهی از مقادیر شکل‌های مختلف پتاسیم و ارتباط آن‌ها با یکدیگر و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با توجه به وجود تعادل دینامیکی بین آن‌ها، کمک شایانی در توصیه کودی پتاسیم می‌کند (۲۷). مهم‌ترین منابع پتاسیم مورداستفاده گیاه، پتاسیم محلول، تبادلی و مقداری پتاسیم غیرتبادلی است که در طول فصل رشد به‌صورت محلول یا تبادلی درآمده و قابل‌استفاده گیاه می‌شود (۳۳). پتاسیم قابل دسترس به شکل محلول یا کاتیون بخش تبادلی است که جذب سطحی کانی‌های رسی و مواد آلی به جهت بار منفی آن‌ها می‌شود و سهم کمی از پتاسیم کل خاک را به خود اختصاص می‌دهد (۳۲). تبدیل پتاسیم از شکلی به شکل دیگر جزئی از دینامیک پتاسیم در خاک را تشکیل می‌دهد و سرعت این تبدیل از جنبه حاصلخیزی و تغذیه گیاهی و نیز سرنوشت کود پتاسیم اضافه شده به خاک و توصیه

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
(*- نویسنده مسئول: Email: Maryam.mosapour8@gmail.com)
۳- دانشیار ژنتیک و به نژادی گیاهی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

DOI: 10.22067/jsw.v34i2.79749

کودی حائز اهمیت می‌باشد (۳۸). درواقع دسترسی گیاهان به پتاسیم خاک توسط برهم‌کنش دینامیک بین منابع مختلف آن کنترل می‌شود. درک نادرست از این برهم‌کنش منجر به مدیریت نادرست در حاصلخیزی خاک می‌شود (۲). شدت پتاسیم در یک خاک در حالت تعادل با محلول خاک را می‌توان با استفاده از نسبت فعالیت پتاسیم تعریف کرد این رابطه نشان‌دهنده کاهش جذب پتاسیم است (۳). روشی برای توصیف رابطه بین پتاسیم تبادلی و محلول معرفی‌شده است که رابطه کمیت-شدت پتاسیم نام دارد (۱۹). منحنی Q/I (نسبت کمیت به شدت) برای توصیف در دسترس بودن پتاسیم است، که با درنظر گرفتن رقابت بین یون‌های کلسیم، پتاسیم و منیزیم توسط مکان‌های تبادلی خاک قابل اجراست. که این امر باعث ایجاد روابط بین ویژگی خاک‌های مختلف و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از پارامترهای منحنیQ/I می‌گردد (۱۳).

پارامترهای منحنی Q/I پتاسیم: پارامترهای منحنی Q/I پتاسیم که در شکل (۱) مشاهده می‌شود شامل: AR^K، AR_0^k، ΔK^0، PBC^k ، Kl و Kx می‌باشد. مقدار (AR_0^k) قابلیت استفاده یا شدت پتاسیم لبایل را در خاک نشان می‌دهد. اگر مقدار آن کمتر از ۰/۰۰۱ باشد، پتاسیم جذب لبه کانی‌ها یا همان مواضع اختصاصی می‌شود؛ اما اگر مقدار آن از ۰/۰۱ بیشتر باشد پتاسیم جذب مواضع سطحی یا همان مواضع غیراختصاصی می‌شود (۳۴). ΔK^0 پارامتر دیگر منحنی Q/I پتاسیم است که معرف کمیت تغییرات پتاسیم در خاک می‌باشد. لروکس (۱۷) بیان کرد که ΔK^0 برآورد بهتری از پتاسیم تبادلی نسبت به پتاسیم عصاره‌گیر شده با استات‌آمونیوم نرمال به دست می‌دهد. همچنین دریافت که مقادیر بالای پتاسیم لبایل(ΔK^0)، سبب رهاسازی بیشتر پتاسیم به داخل محلول خاک شده و باعث ایجاد ذخیره پتاسیم لیبال بیشتری می‌شود (۱۵). ذخیره پتاسیم لیبال با مصرف کود افزایش می‌یابد. PBC^K یا ظرفیت بافری پتاسیم ، شیب قسمت خطی نمودار Q/I است . لروکس (۱۷) بیان کرد که مقادیر بالای PBC^K نمایانگر خوبی برای فراهمی پتاسیم است، درحالی‌که مقادیر پایین آن نیاز به میزان کوددهی را پیشنهاد می‌کند. حاجی زاد و همکاران (۸) با مطالعه تعدادی از خاک‌های آهکی آذربایجان غربی گزارش دادند بیش‌ترین میزان PBC^k در خاک‌های تیپیک کلسی زرپت مشاهده گردید که با بیش‌ترین مقدار رس و ظرفیت تبادل کاتیون همراه بود. مقدار PBC^k بیش‌تر این خاک‌ها در سطح مطلوبی قرار داشت و بیانگر توانایی بالای خاک‌ها در حفظ و نگهداری شدت پتاسیم در فاز محلول خاک برای مدت طولانی می‌باشد. (K_X) نشان‌دهنده مقدار پتاسیم به سختی قابل‌تبادل است و میزان مواضع اختصاصی پتاسیم در خاک را نشان می‌دهد. این پارامتر از اختلاف بین عرض از مبدأ قسمت خطی و منحنی Q/I در AR^K برابر صفر به دست می‌آید (۳)، Kl پتاسیم قابل دسترس است در واقع مجموع پتاسیمی که در جایگاه‌های اختصاصی و غیر اختصاصی قرار دارد. در ایران استفاده از واریته‌های با راندمان بالا و سیستم‌های کشت فشرده باعث تخلیه پتاسیم قابل استفاده خاک شده است. در اکثر خاک‌ها مقدار پتاسیم کل زیاد است اما از این مقدار فقط جز کمی از آن در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد (۱۸). به همین منظور در این تحقیق با فرض اینکه بین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و پارامترهای منحنی Q/I همبستگی معنی‌داری وجود دارد، ارتباط پارامترهای نام برده را با خصوصیات خاک‌های مناطق مختلف لرستان بررسی کردیم. اهداف اصلی و مورد بررسی در این تحقیق شامل، مشخص کردن وضعیت پتاسیم و پارامترهای منحنی Q/I در بعضی خاک‌های آهکی استان لرستان و تعیین چگونگی ارتباط بین پارامترهای Q/I و ویژگی‌های خاک می‌باشد.



شکل ۱- منحنی تیپیک Q/I

Figure 1- Typical Q/I curve

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق تعداد ۱۶ نمونه خاک از خاک‌های سطحی عمق (۳۰-۰) سانتی‌متری مناطق مختلف استان لرستان (قسمت مرکزی، شمال شرق، جنوب و جنوب غرب) به نحوی‌که دارای پراکنش جغرافیایی متفاوت باشد، انتخاب شد. سپس نمونه‌ها هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. در مرحله بعدی مقدار کربنات کلسیم معادل (با روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر کردن اسید باقی‌مانده با سود)، pH (در سوسپانسیون ۱:۲/۵خاک به آب با استفاده از دستگاه pH متر)، EC (با استفاده از عصاره گل اشباع و قرائت توسط دستگاه هدایت الکتریکی)، درصد مواد آلی به روش اکسایش تر و بافت به روش هیدرومتری تعیین گردید (۲۱). برای اندازه‌گیری پتاسیم محلول و تبادلی به ترتیب از عصاره‌گیرهای آب مقطر و استات‌آمونیوم یک نرمال خنثی استفاده گردید (۱۴). برای پتاسیم غیرتبادلی از اسید نیتریک یک مولار جوشان استفاده شد (۱۰).

روابط کمیت- شدت: برای رسم منحنی‌های Q/I از هر نمونه خاک ۶ سوسپانسیون تهیه گردید. که حاوی ۱ گرم خاک و۱۰ میلی‌لیتر کلریدکلسیم ۰/۰۱ مولار و۱۰ میلی‌لیتر کلریدپتاسیم با غلظت‌های ۰/۳۳، ۰/۶۶، ۱، ۱/۳۳، ۲ و ۲/۵ میلی‌مولار بود. همه محلول‌های موردنظر به مدت یک ساعت تکان داده شدند. سپس نمونه‌ها به مدت۲۰ ساعت به حال خود گذاشته شد تا به تعادل برسند. نمونه‌ها سانتریفیوژ گردید و فاز محلول و جامد از هم جدا و با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر غلظت پتاسیم محلول فاز محلول جدا شده قرائت گردید. سپس به فاز جامد هر نمونه۲۰ میلی‌لیتر استات‌آمونیوم ۱ نرمال و خنثی اضافه گردید. دوباره این محلول‌ها به مدت ۱ ساعت تکان داده و سپس به مدت ۲۰ ساعت به حال خود گذاشته شد تا به تعادل برسند. در آخر با دور ۱۰۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ گردیدند. این بار فاز محلول درون بالون ریخته شد و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر غلظت پتاسیم تبادلی در محلول موردنظر اندازه‌گیری گردید (۱۱، ۱۲ و ۳۶). همچنین در عصاره صاف شده غلظت کلسیم و منیزیم محلول و تبادلی نمونه‌ها توسط EDTA تیتر گردید. جهت محاسبه قدرت یونی محلول‌ها ابتدا EC عصاره مذکور بوسیله دستگاه هدایت سنج قرائت گردید و سپس با استفاده از رابطه تجربی (۱) به‌دست آمد.

رابطه (۱) $I=0.013EC$

و در آخر با معادله دی‌بای هاکل تصحیح شده (رابطه ۲) ضرایب فعالیت یون‌ها (γi) محاسبه و فعالیت یون‌ها با استفاده رابطه (۳) به‌دست آمد (۳۵). سپس نسبت فعالیت پتاسیم با استفاده از رابطه (۴) محاسبه گردید.

رابطه (۲) $\log\gamma_i= -0.509\times Z_i^2\times I^{0.5}/(1+I^{0.5})$

γi: ضرایب فعالیت یون‌ها Z_i: ظرفیت کاتیون I: قدرت یونی

رابطه (۳) $a_i=\gamma_i C_i$

C: غلظت اندازه‌گیری شده برای هر یون

رابطه (۴) $(AR^K)= aK\div(aCa+aMg)^{1/2}$

AR^k: فعالیت یون پتاسیم ($molL^{-1}$) aCa+aMg: نسبت فعالیت یون کلسیم و منیزیم ($molL^{-1}$)

ΔK یا فاکتور کمیت در منحنی‌های جذب Q/I از رابطه (تعادل) K ± K (اولیه) $\Delta K= K$ محاسبه گردید. سپس با برازش ΔK در برابر AR^K منحنی‌های Q/I رسم گردید (۶ و ۴۰). قابل ذکر است کل آزمایش‌های فوق در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. برای بررسی همبستگی بین پارامترهای Q/I و ویژگی‌های خاک از نرم‌افزار SPSS تحت ویندوز استفاده شد. همچنین برای رسم بهترین خط در معادلات Q/I از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. pH این خاک‌ها در محدوده قلیایی و بافت آن‌ها متفاوت می‌باشد؛ بنابراین باتوجه به جدول ۱ خاک‌های مورد مطالعه دارای بافت سبک و نیمه سنگین هستند.

جدول ۲ مقادیر پارامترهای منحنی Q/I پتاسیم در خاک‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. در این خاک‌ها ازنظر مقادیر AR_0^k، ΔK_0، PBC^K، K_L و K_X باهم تفاوت‌های داشتند که نشان‌دهنده مقدار پتاسیم متفاوت در هرکدام از این خاک‌ها است. همان‌طور که مشخص است روند کلی شکل ۲ شبیه به منحنی کلاسیک گزارش شده در منابع است (۴۱). به نحوی که در مقادیر کم نسبت فعالیت پتاسیم، این رابطه غیر خطی و در مقادیر بالای نسبت فعالیت پتاسیم این رابطه خطی است.

در خاک‌های مورد بررسی کم‌ترین مقدار (AR_0^k) در خاک شماره ۱۲ بود؛ که با مقدار پتاسیم محلول (۱۷میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مقدار کمتر پتاسیم تبادلی نسبت به سایر خاک‌ها چنین امری انتظار می‌رود. این امر نشان‌دهنده این است که به احتمال زیاد مکان‌های جذب سطحی در این خاک کم باشد که باعث می‌شود پتاسیم کمتری به فاز محلول آزاد شود در نتیجه مقدار (AR_0^k) پایین است. همچنین بیش‌ترین مقدار (AR_0^k) برای خاک شماره ۷ مشاهده گردید که با داشتن مقدار بالای پتاسیم تبادلی و پتاسیم محلول نسبتاً بالا این امر نیز قابل‌قبول است. در سایر خاک‌ها نیز همین روند مشاهده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

Table 1- Physical and chemical properties of studied soils

شماره خاک Soil number	pH (1:2.5)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC dS m^{-1}	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	کربن آلی O.C (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC cmol$_c$ kg^{-1})	کربنات کلسیم $CaCO_3$ (%)	پتاسیم تبادلی خاک (Ke)*	پتاسیم محلول خاک (Ks)*	بافت خاک Texture
								mg kg^{-1}		
1	8.01	1.60	39	38	0.39	21	35	443	37	ClayLoam
2	8.10	1.48	60	15	0.04	9	55	350	15	SiltLoam
3	7.91	1.43	19	17	0.19	11	30	92	14	SandyLoam
4	7.95	2.33	34	19	2.14	17	32.5	431	52	Loam
5	8.08	1.39	49	26	0.70	16	45	406	34.5	Loam
6	7.80	1.02	35	33	0.14	18	25	302	21	ClayLoam
7	7.85	1.41	55	12	0.18	8	35	382	35	SiltLoam
8	7.91	0.99	42	35	0.07	19	40.5	239	16	ClayLoam
9	7.98	1.27	13	32	0.19	18	32.5	286.5	14.5	SandyClayLoam
10	7.97	1.90	50	22	0.09	14	15	264	16	SiltyLoam
11	8.08	1.30	43	37	0.17	20	33.5	283	16	Silty ClayLoam
12	7.80	1.19	50	23	0.30	14	31.75	311	17	Loam
13	7.93	1.35	59	8	0.02	6	42.5	338	13	SiltLoam
14	7.92	1.18	47	38	0.39	21	33	323.5	15	Silty ClayLoam
15	8.0	1.01	51	25	0.19	15	32.5	335	15.5	SiltLoam
16	7.8	1.23	46	31	0.25	18	47.5	308	17	ClayLoam

* Ks: (عصاره‌گیری شده با آب)، Ke: (عصاره‌گیری شده با استات‌آمونیوم نرمال و خنثی)

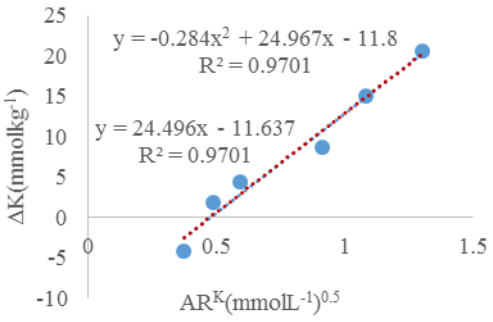
Ks: extracted with water, Ke: extracted with netral ammonium acetate

فاطمی و همکاران (۵) با مطالعه خاک‌های آهکی و بررسی همبستگی کانی‌های غالب با پارامترهای منحنی Q/I گزارش کردند که در خاک‌های که کانی غالب آن‌ها اسمکتیت، کلرایت و میکای آب‌دار است مقدار (AR_0^k) بین $(mol\ L^{-1})^{0.5}$ (۰/۰۰۰۶-۰/۰۰۰۴) می‌باشد که با مقدار (AR_0^k) در این تحقیق مشابه است. وودراف (۴۲) بیان کرد که (AR_0^k) مناسب برای رفع نیاز گیاه عددی بین ۰/۰۰۲۷ تا ۰/۰۳ $(molL^{-1})^{0.5}$ می‌باشد؛ بنابراین با توجه به مقادیر (AR_0^k) در این خاک-ها پتاسیم لازم برای رشد گیاهان فراهم می‌باشد. همچنین اسکونبرگ و همکاران (۲۸) گزارش کردند که اگر مقدار عددی نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل از $(mol\ L^{-1})^{0.5}$ ۰/۰۰۱ کم‌تر باشد، جذب پتاسیم در موقعیت لبه‌های کلوئیدها صورت می‌گیرد و اگر بیش‌تر از $(mol\ L^{-1})^{0.5}$ ۰/۰۱ باشد پتاسیم جذب سطوح کانی‌های رسی می‌شود ؛ بنابراین در همه خاک‌ها پتاسیم جذب لبه‌های کلوئیدها می‌شود. مقادیر PBC^K بین $(mmol\ kg^{-1})/(mmolL^{-1})^{0.5}$ (۴۵/۸۳۴-۲۳/۳۲۹) مشاهده شد. هاشمی فرد و همکاران (۹) با بررسی پارامترهای منحنی کمیت- شدت در یک ردیف توپوگرافی مقدار PBC^K را در خاک‌های سطحی بین $(mmolkg^{-1})/(mmolL^{-1})^{0.5}$ (۳۶/۷۹-۲۲/۵۴) گزارش کردند، که مشابه مقادیر PBC^K در این پژوهش است. بیش‌ترین مقدار PBC^K در خاک شماره ۱۱ و کم‌ترین مقدار برای خاک شماره ۱۳ مشاهده گردید. مقدار بالای ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم در خاک شماره ۱۱ نمایانگر توان بالای خاک برای تأمین پتاسیم موردنظر گیاه می‌باشد. در واقع در خاک‌های با PBC^K بالاتر فعالیت پتاسیم محلول از نوسان پایین‌تری برخوردار بوده و بهتر بافر می‌شود. هم‌چنین مقدار پایین آن در خاک شماره ۱۳ نشان‌دهنده توان کم خاک برای تأمین پتاسیم و ضرورت استفاده از کودهای پتاسیمی می‌باشد. باتوجه به نزدیکی مقادیر (AR_0^k) بعضی از خاک‌ها به همدیگر، مشاهده شد مقادیر PBC^K در آن‌ها متفاوت است که نشان دهنده تفاوت توانایی این خاک‌ها از نظر حفظ پتاسیم لبایل در برابر تخلیه پتاسیم خاک است (۳). کم‌ترین و بیش‌ترین میزان پتاسیم آسان قابل‌تبادل (ΔK^0) به‌ترتیب برای خاک‌های شماره ۱۲ و خاک شماره ۴ مشاهده گردید. لروکس و سامنر (۱۶) دریافتند که مقادیر بیشتر پتاسیم لبایل (ΔK^0) به معنای پتاسیم آزاده شده بیشتر در محلول خاک است که از مخازن بیشتر پتاسیم سهل الوصل ناشی می‌شود؛ بنابراین خاک شماره ۴ بیشترین مقدار پتاسیم را در فاز محلول آزادکرده است. مقادیر (ΔK^0) به نوع کانی‌های رسی، مقدار پتاسیم کودی مصرف شده و مقدار پتاسیم تبادلی بستگی دارد (۲۹). همانطور که مشاهده شد پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات‌آمونیوم در خاک‌های شماره ۱ و ۱۲ اختلاف معناداری با مقدار ΔK^0 داشت. و میزان پتاسیم تبادلی (عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم) مقدار بیشتری از پتاسیم آسان قابل تبادل نشان داد. ریچارد و بایت (۲۴) عقیده دارند که استات‌آمونیوم از کانی‌هایی که دارای مکان‌های اختصاصی برای جذب پتاسیم هستند، پتاسیم بیشتری را استخراج می‌کنند؛ بنابراین در این نوع خاک‌ها (شماره ۱ و ۱۲) پتاسیم تبادلی از پتاسیم به سهولت قابل استفاده بیشتر است. در این مورد صمدی (۲۵) پیشنهاد می‌دهد که در این‌گونه خاک‌ها مکان‌های اختصاصی جذب پتاسیم زیاد است.

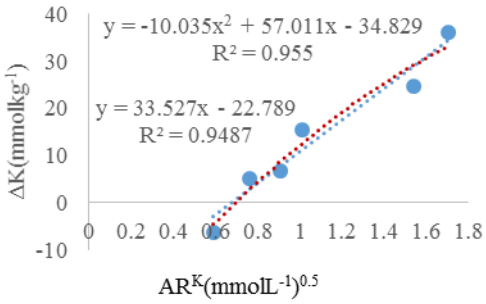
جدول ۲- مقادیر پارامترهای Q/I در خاک‌های مورد مطالعه

Table 2- The values of Q/I parameters in studied soils

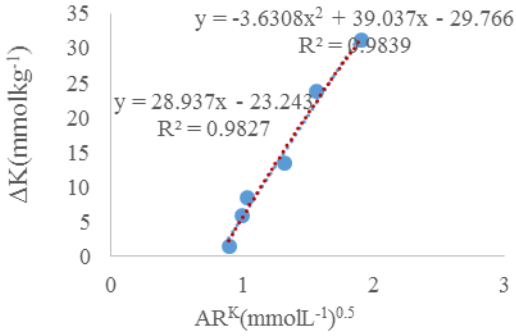
شماره خاک Soil number	پتاسیم قابل دسترس Kl ($mmol\ kg^{-1}$)	پتاسیم به سختی قابل تبادل Kx ($mmol\ kg^{-1}$)	ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم (PBC^K) $(mmol\ kg^{-1})/(mmol\ L^{-1})^{0.5}$	نسبت فعالیت پتاسیم (AR_0^k) $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$	پتاسیم آسان قابل تبادل (ΔK^0) $(mmol\ kg^{-1})$
1	34.829	12.040	33.562	0.679	22.789
2	11.800	0.163	24.498	0.475	11.637
3	10.656	2.103	27.590	0.310	8.553
4	29.766	6.533	28.945	0.803	23.243
5	27.730	10.453	24.506	0.705	17.277
6	6.685	0.544	31.015	0.198	6.141
7	38.593	16.228	25.674	0.872	22.365
8	15.040	1.272	32.395	0.435	13.768
9	11.848	1.720	30.972	0.327	10.128
10	15.305	5.400	26.561	0.358	9.509
11	14.440	3.393	45.834	0.241	11.046
12	6.219	4.950	27.000	0.047	1.269
13	16.463	5.918	23.329	0.452	10.545
14	21.188	6.588	39.433	0.371	14.630
15	17.748	6.633	29.975	0.372	11.151
16	17.043	8.358	32.047	0.271	8.685



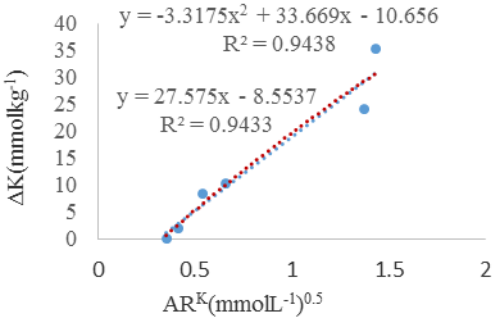
خاک شماره ۲



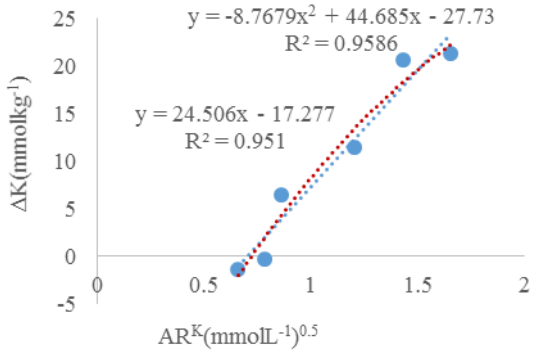
خاک شماره ۱



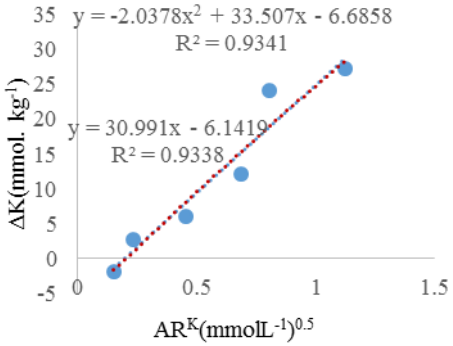
خاک شماره۴



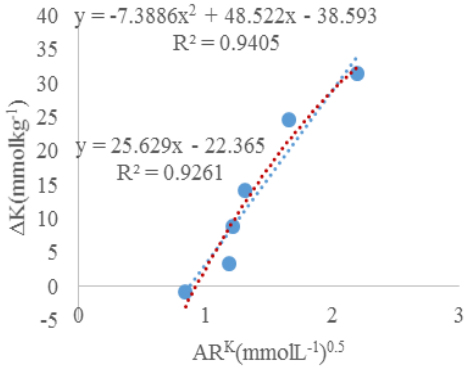
خاک شماره۳



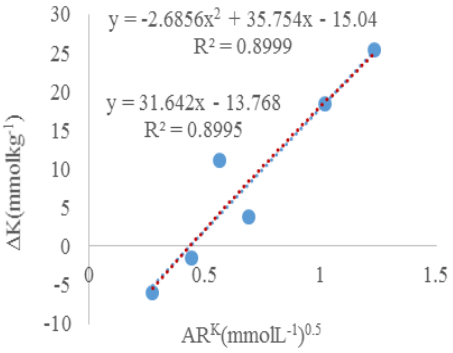
خاک شماره ۵



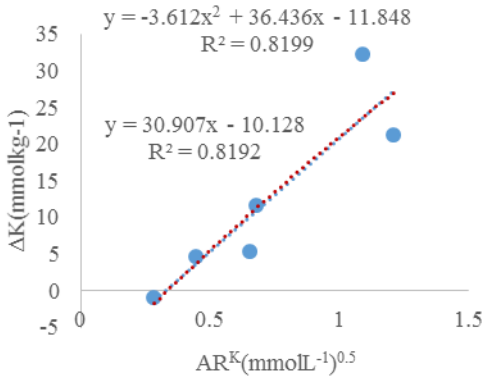
خاک شماره ۶



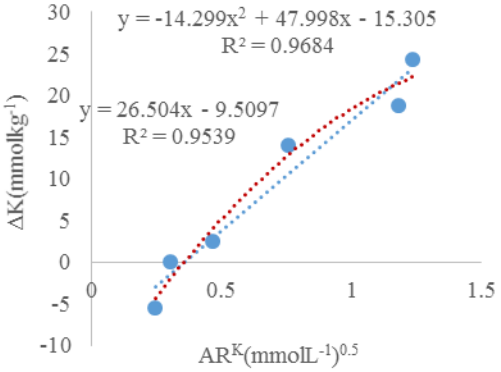
خاک شماره ۷



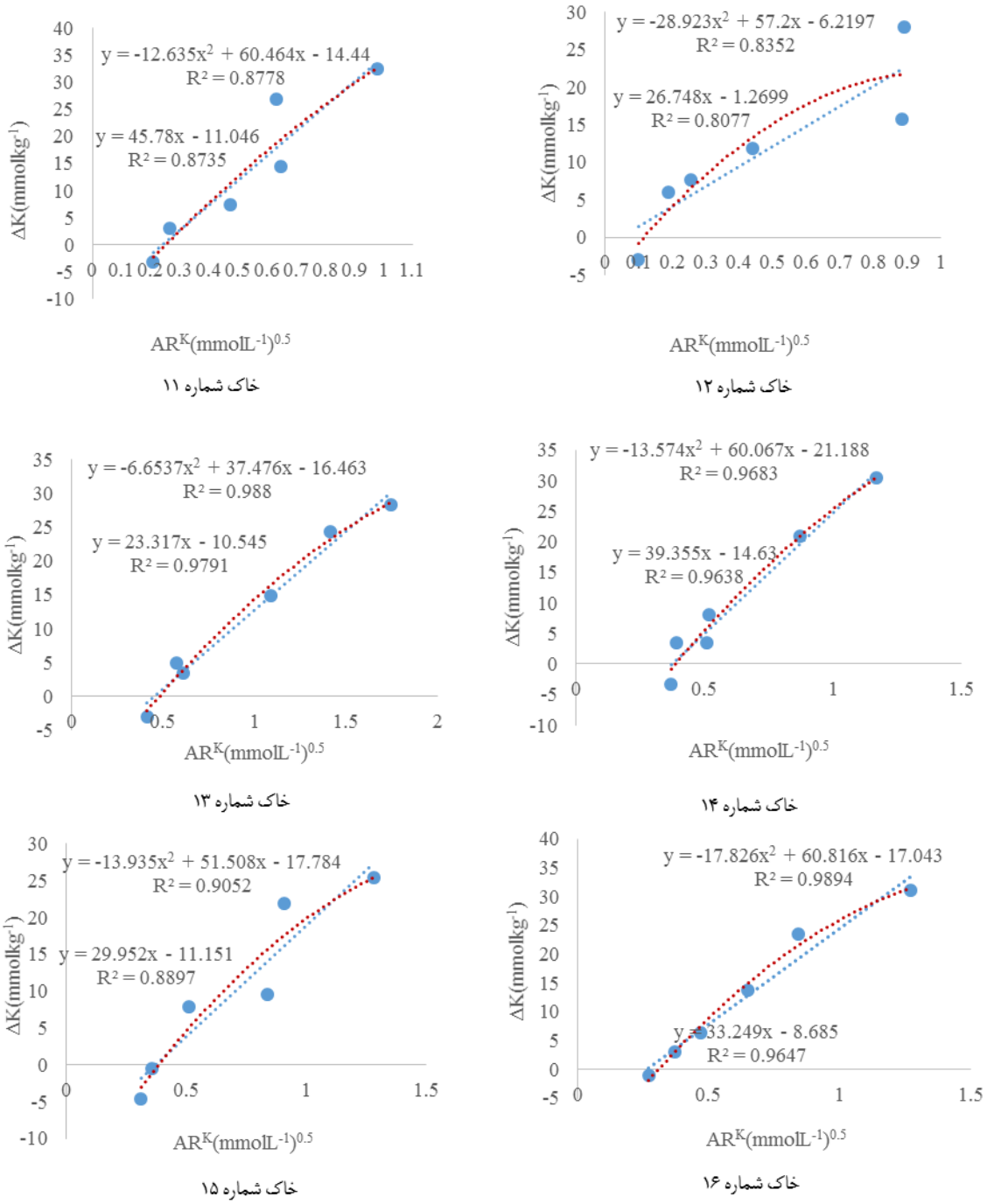
خاک شماره ۸



خاک شماره ۹



خاک شماره ۱۰



شکل ۲- منحنی‌های Q/I پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه

Figure 2- Q/I curves of potassium in the studied soils

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در خاک‌های مورد مطالعه ΔK^0 و AR_0^k با هم همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۰۱ >p، r=۰/۹۰) نشان دادند. زیرا ΔK^0 معرف کمیت تغییرات پتاسیم در خاک است بنابراین تغییر در مقدار آن بر شدت پتاسیم در فاز محلول یا همان AR_0^k موثر است. بنابراین این پارامتر می‌تواند در خاک‌های مورد مطالعه به خوبی نمایانگر وضعیت قابلیت استفاده پتاسیم باشد. مطالعات انجام گرفته توسط سماواتی و اسکندری (۲۶) بر روی خاک‌های شهرستان بهار نیز نشان داد بین ΔK^0 و AR_0^k همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۹۶، p<۰/۰۱) بود.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین پارامترهای Q/I در خاک‌های مورد بررسی
Table 3- Correlation coefficients between Q / I parameters in studied soils

	پتاسیم آسان قابل تبادل (ΔK^0)	نسبت فعالیت پتاسیم (AR_0^k)	ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم (PBC^K)	پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx)	پتاسیم قابل دسترس (Kl)
ΔK^0	1				
AR_0^k	0.90**	1			
PBC^K	-0.08	-0.29	1		
Kx	0.09	0.25	0.05	1	
Kl	0.71**	0.81**	0.04	0.70**	1

**: معنی‌دار در سطح ۱٪ و *: معنی‌دار در سطح ۵٪
** Significant at P< 0.01 and * Significant at P< 0.05

بین PBC^K و AR_0^k همبستگی منفی وجود داشت که نشان می‌دهد، خاک‌های با مقادیر PBC^K بالا، AR_0^k پایین، اما پایداری بیشتری نسبت به خاک‌های با PBC^K پایین‌تر، تأمین می‌کنند. ΔK^0 همچنین با K_L رابطه مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۷۱۴$، $p<۰/۰۱$) نشان داد. K_L علاوه بر ΔK^0 با K_X نیز رابطه مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۷۰۹$، $p<۰/۰۱$) نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش هرکدام از دو پارامتر ΔK^0 و K_X میزان پتاسیم قابل‌تبادل (K_L) افزایش یابد. پتاسیم سخت قابل‌تبادل که از کسر ΔK^0 و پتاسیم قابل‌تبادل (K_L) به دست می‌آید، به نوع کانی‌های رسی بستگی دارد. در خاک‌هایی که دارای کانی‌های با محل جذب اختصاصی بیشتری باشند، پتاسیم با انرژی بالایی جذب شده که به‌راحتی قابل‌تبادل نمی‌باشد، درنتیجه در چنین خاک‌های (دارای کانی‌های با محل جذب اختصاصی) مقدار K_X بالا است؛ بنابراین این پارامتر در ارتباط با کانی‌های رسی می‌باشد و ارتباط معناداری با پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات‌آمونیوم ندارد (۱۰).

همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و پارامترهای منحنی Q/I

باتوجه به اینکه انجام منحنی Q/I هزینه‌بر و وقت‌گیر است، استفاده از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک برای تخمین آن می‌تواند مفید باشد. این تحقیق برای پیداکردن روابطی بین ویژگی‌های خاک که معمولا در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شوند و پارامترهای منحنی Q/I، انجام شد که نتایج متفاوتی برای همبستگی بین هرکدام از ویژگی‌های خاک و پارامترهای منحنی Q/I به‌دست آمد.

طبق جدول ۴ مشاهده می‌شود که ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم با درصد رس ($r=۰/۷۹$، $p<۰/۰۱$) و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ($r=۰/۷۳$، $p<۰/۰۱$) همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داده است. زیرا با افزایش رس ظرفیت تبادلی کاتیونی افزایش می‌یابد که سبب افزایش PBC^K می‌شود. محمودی شناس (۲۰) با مطالعه خاک‌های آهکی تاکستان‌های شهرستان ملایر همبستگی معنی‌دار و مثبتی ($r=۰/۷۷$، $p<۰/۰۱$) بین ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم و درصد رس مشاهده کرد. هاشمی مفرد و همکاران (۹) با تعیین روابط Q/I پتاسیم در یک ردیف توپوگرافی نشان دادند که PBC^K با درصد رس (۰/۰۵ >p، $r=۰/۷۰$) و ظرفیت تبادل کاتیونی (۰/۵۶، $p<۰/۰۵$) همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. اما عبدی و همکاران (۱) با بررسی روابط منحنی Q/I پتاسیم در اراضی تحت کشت پسته و انار شهرستان رفسنجان گزارش کردند که PBC^K با هیچکدام از خصوصیات خاک همبستگی معنی‌داری نشان نداد. همانطور که مشاهده شد در این تحقیق بین PBC^K و مقدار ماده آلی رابطه معنی‌داری مشاهده نشد. شارما و همکاران نیز (۳۰) رابطه معنی داری بین PBC^K و مقدار ماده آلی مشاهده نکردند. پونیا و نیدر (۲۲) بیان کردند کاهش PBC^K در حضور ماده آلی به دلیل افزایش دانسیته بار در سطح و همچنین کاهش فراوانی مکان‌های با جذب اختصاصی پتاسیم می‌باشد. همچنین پتاسیم تبادلی کل (K_L) با ماده آلی خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد، زیرا ماده آلی خود تامین کننده بخشی از پتاسیم خاک است. همچنین ماده آلی با تغییر در مقدار pH می‌تواند بر میزان پتاسیم خاک تاثیر بگذارد (۳۸). اما سایر پارامترهای منحنی Q/I مانند AR_0^k، K_X، و ΔK^0 با هیچ‌یک از ویژگی‌های خاک همبستگی معنی‌داری نشان ندادند. گزارش‌های دیگر عدم همبستگی این پارامترها با خصوصیات خاک را نشان دادند (۴ و ۳۸). مطابق نتایج این پژوهش، بین فعالیت نسبی پتاسیم در حال تعادل و درصد رس رابطه معنی داری مشاهده نشد. همانطور که مشاهده شد pH خاک‌ها با هیچ‌کدام یک از پارامترهای منحنی Q/I ارتباط معنی داری نداشت اما عبدی و همکاران (۱) گزارش کردند که pH همبستگی مثبت و معنی داری با ΔK^0 ($r=۰/۴۷$، $p<۰/۰۵$) و AR_0^k ($۰/۴۹$، $p<۰/۰۵$) دارد. شارما و همکاران نیز (۳۰) همبستگی معنی‌داری (۰/۰۱ >p، $r=۰/۷۵$) بین AR_0^k و pH خاک مشاهده کردند. فاطمی و همکاران (۵) رابطه معنی داری بین PBC^K و pH مشاهده نکردند.

با استفاده از روش رگرسیون چند متغیرهٔ گام به گام مشخص شد از بین تمام خصوصیات خاک، این مدل آماری، تنها مقدار رس را

بعنوان ویژگی مناسب به‌منظور برآورد PBC^K خاک مطابق رابطـهٔ (۵) زیر تعیین کرد:

رابطه (۵) PBC^K=۱۷/۸۷۵+۰/۴۸۲Clay (R^2=۰/۶۳۱)

هم‌چنین با استفاده از رگرسیون چند متغیره، فقط مقدار ماده آلـی (O.C)، بعنوان خصوصیت مناسب برای برآورد مقدار K_L طبق رابطـه (۶) تعیین گردید:

رابطه (۶) K_L=۱۴/۴۶۸+۹/۰۱۷O.C (R^2=۰/۳۱۸)

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین پارامترهای منحنی Q/I پتاسیم و خصوصیات اصلی خاک

Table 4- Correlation coefficient between Q / I curve parameters of potassium and soil properties

	رس (Caly)	سیلت (Silt)	کربنات کلسیم ($CaCO_3$)	کربن آلی (O.C)	pH (1:2.5)	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC ($Cmol_c\ kg^{-1}$)
			(٪)			
پتاسیم آسان قابل تبادل ΔK^0	–0.198	0.144	0.105	0.336	0.119	-0.127
نسبت فعالیت پتاسیم (AR_0^k)	–0.309	0.155	0.23	0.495	0.309	-0.185
ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم (PBC^K)	0.749**	–0.248	–0.173	-0.035	0.113	0.739**
پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx)	0.221	0.137	0.067	0.348	0.176	0.331
پتاسیم قابل دسترس (K_L)	0.085	0.91	0.142	0.564*	0.344	0.233

**: معنی‌دار در سطح ۱٪ و *: معنی‌دار در سطح ۵٪

** Significant at P< 0.01 and * Significant at P< 0.05

نتیجه‌گیری

ضرایب همبستگی بین پارامترهای منحنی‌های Q/I به این‌صورت بود کـه، بـین ΔK^0 و AR_0^k ، ΔK^0 و K_L، AR_0^k و K_L و همچنـین بین K_L و K_X همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده گردید. باتوجه بـه مقادیر ظرفیت بافری بالقوه (PBC^K) در این خاک‌ها، می‌توان اینگونه بیان کرد که خاک‌ها تا حدودی می‌توانند پتاسیم قابل جذب را تـامین نمایند. بنابراین باتوجه به مقادیر فاکتورهـای بدسـت آمـده از منحنـی Q/I مـی‌تـوان توصـیه کـودی انجـام داد. در مـورد همبسـتگی بـین پارامترهای منحنی Q/I و خصوصیات پایه‌ای خاک، PBC^K با درصـد رس و ظرفیت تبـادل کـاتیونی خـاک همبسـتگی مثبـت و معنـی‌دار مشاهده شد. هم‌چنین بین K_L و درصد ماده آلی همبسـتگی مثبـت و معنی‌دار مشاهد شد.

منابع

1- Abdi S., Tajabadiopur A., and Hamidpour M. 2019. Chemical Forms and Quantity-Intensity Relationships of Potassium in Rafsanjan and Anar Lands under Pistachio Trees. Journal of Pistachio Science and Technology 3(5): 22-38. (In Persian with English abstract)

2- Abtahi A.S., and Abbaslu H. 2008. Quantitative-intensity (Q/I) parameters of potassium and evaluation of correlation of its parameters with soil properties in a number of Estahban-Fars province soils. 10th Iranian soil science congress, Tehran University (Karaj), pp. 1132-1143. (In Persian with English abstract)

3- Beckett P.H.T. 1964a. Studies on soil potassium II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. Journal of Soil Science. 15: 9-23.

4- Datta D.K., and Joshi D.C. 1990. Quantity-intensity parameters of potassium and their parameter with available forms and soil properties in dune and interdune soils. Soil Science Society Indian Journal. 38: 404-409.

5- Fatemi A., Malakouti M., Bazargan K., and Honorary R. 2011. Correlation between mineral composition and quantitative-intensity parameters and available potassium in Calcareous Soils. Journal of Soil and Water Conservation Research 18(2): 23-44. (In Persian with English abstract)

6- Gawander J.S., Gangaiya P., and Morrison R.J. 2002. Potassium studies on some sugarcane growing soils in Fiji. Soil Science Society American Journal. 20: 15-21.

7- Hawkesford M., Horst W., Kichey T.M.R., Schjørring J.K., Møller I.S., and White P. 2012. Functions of macronutrients. Marschers's Mineral Nutrition of Higher Plants: Elsevier Science.
8- Hajizad Sh., Samadi S., Mowhaydi Nayeni S., and Charming F. 2010. Quantity-intensity parameters and forms of potassium in relation to clay mineralogy in some vineyard growing growcalcareous soils in Western Azarbaijan Province. Journal of Soil and Water Protection Research 17(3): 65-83. (In Persian with English abstract)
9- Hashemimofrad S.M., Hossinpour A., and Motaghian H.R. 2018. Determination of K quantity-intensity parameters in a topography. Journal of Soil and Water Research 24(3): 267-282. (In Persian with English abstract)
10- Helmeke P.A., and Sparks D.L. 1996. Methods of Soil Analysis, part 3. Chemical methods. 2nd Ed, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin USA.
11- Hosseinpour A.R., and Kalbasi M. 2000. Potassium quantity-intensity ratio and the correlation of its parameters with soil properties in some Iranian soils. J. Sci. Techno. Agric. Nat. Res. 4: 43-55.
12- Islam A., Karim A.J.M.S., Solaiman., A.R.M., Islam Md., and Saleque Md. A. 2017. Eigh-year long potassium fertilization effects on quantity/intensity relationships of soil potassium under double rice cropping. Soil Tillage Research 169: 99-117.
13- Jimenez C., and Parra M.A. 1991. Potassium Quantity-Intensity Parameters in Calcareous Vertisols and Inceptisols of Southwestern Spain. Soil Science Society American Journal .55(4): 985-989.
14- Knudsen D., Peterson G.A., and Pratt P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. P225-246, In: Page, A.L., et al., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison. WI. USA.
15- Krishna K.R. 2002. Soil fertility and crop production. Science publisher. Inc. Endified. New Hampshire., PP. 465.
16- LeRouxe J., and Sumner M.E. 1968. Labile potassium in soils: I. Factors affecting the quantity-intensity (Q/I) parameters. Soil Science. 106: 35-41.
17- LeRoux J. 1966. Studies on ionic equilibria in Natal soils. Ph.D. Thesis. University of Natural, Republic of South Africa.
18- Lotfi Parsa H., Khademi H.Sh., Ayyubi A., and Hadiynezhad A. 2013. Time variation of potassium release from phlogopite in alfalfa root. Soil Researches (Soil and Water Sciences) 26(1): 111-112. (In Persian with English abstract)
19- Matthews B.C., and Becket P.H.T. 1962. A new procedure for studing the release and fixation of potassium ions in soil. Journal of Agriculture Science. 58: 59-64.
20- Mahmoudi Shenas M. 1395. Quantitative relationships-Severity of potassium in some calcareous soils of the Malayer vineyards. Department of Soil Science, Malayer University. (In Persian with English abstract)
21- Page A.L., 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2, American Society of Agronomy, Madison, WI.
22- Poonia S.R., and Niederbudde E.A. 1990. Exchange equilibria of potassium in soil, V. Effect of natural organic matter on K-Ca exchange. Geoderma 47(3-4): 233-242.
23- Reynolds M., D. Bonnett S.C., Chapman R.T., Furbank Y., Manes D.E., and Parry M.A. 2011. Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. Journal of Experimental Botany 62: 439-452.
24- Richards J.E., and Bates T.D. 1988. Studies on the potassium supplying capacities of southern Ontario: II. Nitric acid extraction of non-exchangeable K and its availability to crops. Canadian Journal soil Science. 68:199-208.
25- Samadi A. 2006. Potassium exchange isotherms as a plant availability index in selected calcareous soils of Western Azarbaijan Province, Iran. Turkish Journal Agriculture and Forest. 30(3): 213-222.
26- Samavati M., and Eskandari B. 2013. Correlation between Quantitative-Soil Potassium Soil (Q/I) parameters with some soil properties in some soils of spring city. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 17(63): 203-213. (In Persian with English abstract)
27- Salardini A.A. 2003. Soil fertility. Tehran University Press, 410p.
28- Schouwenburg J., Van Ch., and Schuffelen A.C. 1963. Potassium-exchange behavior of an illite. Neth. Journal Agriculture Science. 11: 13-2.
29- Shaviv A., Mohsin M., Partt P F., and Mattigod S.V. 1985. Potassium fixation characteristic of five southern California soils. Soil Science Society of American Journal. 49: 1105-1109.
30- Sharma A., Jalali V.K., and Arora S. 2010. Non-exchangeable potassium release and its removal in foot-hill soils of North-west Himalayas. CATENA 82: 112-117.
31- Simonsson M., Andersson S., Andrist-Rangel Y., Hillier S., Mattsson L., and Öborn I. 2007. Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material. Geoderma 140: 188-198.
32- Sindhu S.S., Parmar P., and Phour M. 2014. Nutrient cycling: potassium solubilization by microorganisms and improvement of crop growth. In Geomicrobiology and Biogeochemistry (pp. 175-198). Springer Berlin Heidelberg.
33- Sparks D.L., and Libhardt W.C. 1981. Effect of long-term lim and potassium application on quantity-intensity

(Q/I) relationships in sandy soil. Soil Science Society of American Journal. 66: 786-986.
34- Sparks D.L., and Liebhardt W.C. 1982. Temperature effect on potassium applications on quantity-intensity (Q/I) exchenge and selectivity relationships in sandy soil. Soil Science Society of American Journal. 45: 786-790.
35- Strawn D.G., Bohn H.L., and OConnor G.A. 2015. Soil Chemistry. Wiley-Blackwell, 392p.
36- Stumm W., and Morgan J.J. 1996. Aquatik chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural waters. 3rd ed., John Wiley and Sons, New York.
37- Surapaneni A., Palmer A.S., Tillman R.W., Kirkman J.H., and Gregg P.E.H. 2002. The mineralogy and potassium supplying power of some loessial and related soils of New Zealand. Geoderma 110: 191-204.
38- Towfighi H. 1995. Kinetics potassium release from paddy soils of north of Iran. I. Comparison and evaluation of first-order, zero order and parabolic diffusion rate equations. Iranian Journal of Agriculture Science 26(4): 27-41.
39- Vahdati H. 2010. Correlation of some soil characteristics with Q / I curve parameters of potassium in some soils of Guilan province. Department of Soil Science, Guilan University. 100 pp. (In Persian with English abstract)
40- Wang J.J., Harrel D.L., and Bell P.F. 2004. Potassium buffering characteristcs of three soils exchangeable potassium. Soil Science Society of American Journal. 68: 654-661.
41- Wang J.J., and Scott A.D. 2001. Effect of experimental relevance on potassium Q/I relationships and its implications for surface and subsurface soils. Communication in Soil Science and plant Analysis. 32: 2561-2575.
42- Woodruff C.M. 1955. The energies of replacement of Calcium by potassium in soils. Soil Science Society of American Journal. 19: 36-40.
43- Zörb C., Senbayram M., and Peiter E. 2013. Potassium in agriculture– Status and perspectives. Journal of Plant Physiology 171: 656-669.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 2, May-June 2020, p. 379-391

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۹، ص. ۳۹۱-۳۷۹

Evaluating the Correlation of Soil Characteristics with Potassium Q/I Curve Parameters in Some Calcareous Soils of Lorestan Province

M. Mosapour[1]*- A. Forghani[2]- A. Sabouri[3]

Received: 15-04-2019
Accepted: 19-04-2020

Introduction: Potassium is the second essential nutrient for plants. Potassium has a high abundance in the soil, but only a small part of it can be used. The principal forms of potassium in the soil are solution potassium, exchangeable potassium, non-exchangeable potassium, and structural potassium. To evaluate the state of potassium in the soil, three forms of soluble, exchangeable, and non-exchangeable are used. The Q/I curve is used to describe the availability of potassium, due to the competition between calcium, potassium, and magnesium ions by soil exchange sites. This curve represents the supply power of soil potassium. The objective of this study was to investigate soil potassium Q/I curve and relationships between its parameters and soil characteristics in some calcareous soils of Lorestan province.

Materials and Methods: In this study, 16 topsoil samples (0-30 cm) were obtained from the calcareous soils of Lorestan province. The experiment was carried out by a completely randomized design with three replications. To prepare the Q/I curve, six suspensions were prepared from each soil sample containing 1 g of soil and 10 ml of calcium chloride 0.01 M and 10 milliliters of potassium chloride with concentrations of 0.33, 0.66, 1, 1.33, 2 and 2.5 mmol. The solutions were shaken for one hour. They were then left for 20 hours to reach the balance. The samples were centrifuged and the soluble and solid phase were separated and then the soluble potassium solution was read using a potassium flame photometry. Calcium and magnesium concentrations were measured by titration with EDTA. Then, 20 ml of 1 M ammonium acetate (NH4OAC) was added to the solid phase of each sample. Then, the concentration of exchangeable potassium was measured using a flame photometer. Then the Q/I curve was plotted for each sample. In addition, the association analysis was performed using a stepwise multivariable regression method.

Results and Discussion: According to the Q/I curve, AR^K_0 (potassium activity ratio at equilibrium) ranged from 0.087-0.047 ($mmol.L^{-1}$). The maximum amount of PBC^K (potential buffering capacity) was observed in soil No.11 with value of 45.834 $(mmol.kg^{-1})/(mmol.L^{-1})^{0.5}$ and the lowest value obtained for soil No.13 with value of 23.329 $(mmol.kg^{-1})/(mmol.L^{-1})^{0.5}$. In fact, in soils with PBC^K, the soluble potassium activity has a lower oscillation and is better buffered. The low amount of PBC^K in soil No.13 indicates low soil power to supply potassium and the necessity of using potassium fertilizers. The lowest and most easily converted easy potassium (ΔK^0) were observed for soil No.12 and 4 with a value of 1.269 and 23.243 ($mmol.kg^{-1}$) respectively. There was a negative correlation between PBC^K and AR^K, suggesting those high-PBC^K soils, lower AR^K, are more stable than those with lower PBC^K. The KL (available Potassium) with ΔK^0 and Kx (Hardly exchangeable K) showed a significant and positive relationship ($r=0.70$, $p<0.01$). Therefore, it can be concluded that by increasing each of the two parameters ΔK^0 and K^X, the amount of potassium (KL) is increased. Also, a positive and significant correlation was found between potassium potential buffering capacity with clay content ($r=0.79$, $p<0/01$) and the cation exchange capacity ($r=0.73$, $p<0.01$). Therefore, the cation exchange capacity of soils can be used to estimate the buffering capacity of soils and therefore recommend potassium fertilizers. Available potassium (KL) showed a positive and significant correlation with soil organic matter because its organic material is a part of potassium. Also, organic matter can alter the amount of potassium by changing the pH value. Other Q/I curve parameters, such as AR^K_0, Kx, and ΔK^0 did not show any significant correlation with any soil properties. According to regression analysis, it was determined among all soil characteristics the only amount of clay can be used as a proper attribute in order to estimate the potential of potassium in soil according to the following equation: $PBC^K=17.857+0.482$ Clay $R^2 = 0.631$. Also, the amount of organic carbon (O.C) was determined as

1 and 2- M.Sc. Graduated and Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Maryam.mosapour8@gmail.com)
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
DOI: 10.22067/jsw.v34i2.79749

the proper variable for estimating the KL value according to the following model: KL=14.468+9.017 O.C (R^2 = 0.318).

Conclusion: Due to potential buffering capacity (PBC^K) in these soils, it seems that soils can be able to provide the absorbable potassium relatively. Therefore, fertilizer recommendation can be performed by considering the amount of determined variables by the Q/I curve.

Keywords: Potassium, PBCK, Δk, Quantity-Intensity curve