



پارامترهای کمیت به شدت و شکل‌های پتاسیم و ارتباط آن‌ها با کانی‌شناسی رس در برخی از خاک‌های آهکی تحت کشت انگور استان آذربایجان غربی

* شهلا حاجی‌زاد^۱، عباس صمدی^۲، سیدعلیرضا موحدی‌نائینی^۳ و فرهاد خرمالی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه ارومیه، ^۳ دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۱۱

چکیده

منحنی‌های کمیت به شدت (Q/I) و پارامترهای مشتق از آن‌ها اطلاعات مفیدی را در خصوص قابلیت استفاده پتاسیم فراهم می‌کنند. این پژوهش برای تعیین پارامترهای کمیت به شدت پتاسیم شامل پتاسیم آسان قابل تبادل (ΔK^0)، نسبت فعالیت تعادلی پتاسیم (AR_e^k)، پتاسیم سخت قابل تبادل (K_x)، پتانسیل ظرفیت بافری پتاسیم (PBC^k) و انرژی تبادل پتاسیم (E_k) و رابطه‌های موجود بین آن‌ها با شکل‌های پتاسیم، کانی‌های رس خاک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی ۱۸ نمونه خاک آهکی متعلق به ۴ زیرگروه اصلی شامل تیپیک هاپلوزریت، تیپیک کلسی زرپت، تیپیک اند آکیوئیت و فلوتنتیک هاپلوزریت از تاکستان‌های استان آذربایجان غربی اجرا شد. تجزیه پراش پرتو ایکس نشان داد که ایلات و کلرایت کانی‌های غالب خاک‌های مورد مطالعه تشکیل دادند. مقدار پتاسیم آسان قابل تبادل (ΔK^0) بین ۰/۰۲۰ و ۰/۸۵ (کالری مول بر کیلوگرم)، نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR_e^k) بین ۰/۰۱۴ و ۰/۰۱۹ (مول بر لیتر)، مقدار پتانسیل بافری پتاسیم (PBC^k) بین ۱۸ و ۱۰۳ (مول بر لیتر) / (کالری مول بر کیلوگرم) و مقدار انرژی تبادل پتاسیم (E_k) بین ۲۳۴۸- و ۳۸۹۸- (کالری بر مول) متغیر بود. مقادیر شکل‌های محلول (So-K)، تبدالی (Ex-K) و غیرتبدالی پتاسیم (NEx-K) به ترتیب در دامنه ۰/۰۷-۰/۰۵۶ (کالری مول بر کیلوگرم)، ۰/۴۲-۱/۴ و ۰/۲۰-۲/۶ (کالری مول بر کیلوگرم) قرار داشتند. رابطه‌های مثبت و معنی‌داری بین NEx-K و ایلات ($P \leq 0/001$)، $R^2 = 0/82$ مشاهده شد. خاک‌های تیپیک هاپلوزریت با مقدار پتاسیم تبدالی و محلول بالا، دارای

* مسئول مکاتبه: hajizad.sh@gmail.com

بیشترین مقدار AR_e^k بودند، در حالی که در خاک‌های تیپیک اند آکوئیت با بیشترین کلرایت در بخش رس خاک، مقدار این پارامتر حداقل بود. همبستگی معنی‌داری بین PBC^k و میزان رس ($R^2=0/90, P\leq 0/001$) و CEC ($R^2=0/80, P\leq 0/001$) مشاهده گردید. بیشترین میزان PBC^k در خاک‌های تیپیک کلسی زریپت مشاهده شد که با بیشترین مقدار رس و ظرفیت تبادل کاتیون همراه بود. مقدار PBC^k بیش‌تر خاک‌های مورد مطالعه در سطح مطلوبی قرار داشت و بیانگر توانایی بالای خاک‌ها در حفظ و نگهداری شدت پتاسیم در فاز مایع خاک برای مدت طولانی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، پارامترهای کمیت به‌شدت، شکل‌های پتاسیم، کانی‌شناسی

مقدمه

پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان در خاک است غلظت بهینه آن در بخش‌های سبز گیاهان و جوانه‌های سیب‌زمینی بین ۵-۲ درصد پتاسیم در ماده خشک تغییر می‌کند (شرر و همکاران، ۲۰۰۳). پتاسیم به‌عنوان یک جزء از محلول سیتوپلاسم سلولی، نقش حیاتی در پایین آوردن پتانسیل اسمزی ایفا می‌کند. بنابراین، هدررفت آب از منافذ برگ را کاهش داده و توانایی سلول‌های ریشه را برای جذب آب از خاک بالا می‌برد. در باغ‌های انگور پتاسیم برای رشد شاخه، افزایش کیفیت محصول و مدت انبادهاری خوشه‌ها لازم می‌باشد (خاندگال، ۱۹۷۷). کاربرد پتاسیم در باغ‌های انگور جوانه‌هایی را که در شرایط معمول بی‌ثمر باقی مانده‌اند را، بارور می‌سازد که این عمل را از طریق افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها به انجام می‌رساند (سرینواسان و موتوکریشن، ۱۹۷۰).

تعیین روابط کمیت به‌شدت (Q/I) پتاسیم (K) که به‌وسیله بکت (۱۹۶۴a) و بکت (۱۹۶۴b) معرفی شده از جمله روش‌هایی است که برای پیش‌بینی قابلیت استفاده پتاسیم در محلول خاک، استفاده می‌شود. این روابط به توانایی سیستم خاک برای حفظ غلظت معینی از کاتیون در محلول تاکید می‌کنند که به‌وسیله مقدار کل کاتیون موجود در شکل‌های قابل استفاده (تبادل و محلول) و شدتی که با آن به داخل محلول رهاسازی می‌شود، تعیین می‌گردند (لروکس و سامنر، ۱۹۶۸). سه عامل خاکی به‌عنوان عوامل اصلی کنترل‌کننده سرعت فراهمی پتاسیم، برای جذب توسط ریشه گیاه معرفی شده است. این سه عامل، که به‌طور موفقیت‌آمیزی برای ارزیابی وضعیت جذب پتاسیم به‌وسیله گیاه مورد استفاده قرار گرفته، عبارت است از: (۱) شدت پتاسیم در محلول خاک، (۲) قدرت بافوری پتاسیم و

۳) ضریب انتشار مؤثر در خاک (منگل و کرکبی، ۱۹۸۰). شدت و قدرت بافری، به طور مستقیم از منحنی های Q/I پتاسیم به دست می آیند به دلیل این که منحنی های Q/I پتاسیم به صورت معمول در آزمایشگاه تعیین نمی شود، پژوهش در مورد پیدا کردن رابطه هایی بین خصوصیات از خاک که به طور معمول در آزمایشگاه اندازه گیری می شوند و پارامترهای Q/I ، مفید است.

بخش خطی منحنی های کمیت به شدت به محل های جذب غیر اختصاصی پتاسیم (بکت، ۱۹۶۴b) نسبت داده شده در حالی که بخش غیرخطی به محل های جذب اختصاصی پتاسیم نسبت داده شده است (لروکس و سامنر، ۱۹۶۸). محل های جذب غیر اختصاصی مربوط به سطوح پایه ای (لی، ۱۹۷۳) می باشد، در حالی که محل های جذب اختصاصی به محل های لبه ای کریستال های رسی و محل های گوه ای میکاهای هوادیده نسبت داده می شود (ریچ، ۱۹۶۴؛ ریچارد و همکاران، ۱۹۸۸). AR^K_e معیاری از قابلیت استفاده یا شدت پتاسیم سهل الوصول در خاک است. بکت (۱۹۶۴b) و لروکس و سامنر (۱۹۶۸) دریافتند که کود پتاسیمی مقدار AR^K_e را افزایش می دهد.

تفسیرهای مختلفی روی پارامترهایی که از منحنی های کمیت به شدت (Q/I) مشتق می شوند ارایه شده است که ΔK به عنوان عامل کمیت (Q) بیانگر تغییر در پتاسیم تبادلی و AR^K_e معرف نسبت فعالیت پتاسیم یا عامل شدت پتاسیم در خاک (I) و ΔK^0 بیانگر پتاسیم به سهولت قابل استفاده یا میزان پتاسیم قابل تبادل خاک می باشد و AR^K_e معرف نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل و K_X نشان دهنده مقدار پتاسیم سخت قابل تبادل و میزان مواضع اختصاصی پتاسیم در خاک است. ظرفیت بافری پتاسیم ($^3PBC^K$) پارامتر مهم دیگری است که از رابطه های Q/I به دست می آید. خاک های مختلف با داشتن AR^K_e یکسان، در حالی که پتاسیم به وسیله گیاه جذب می شود، توانایی یکسانی برای نگه داشتن AR^K_e ندارند. به عبارت دیگر، خاک ها می توانند AR^K_e یکسان، ولی مقدار پتاسیم سهل الوصول متفاوتی داشته باشند. لروکس (۱۹۶۶) بیان کرد که ΔK^0 بهترین برآورد از پتاسیم سهل الوصول خاک در مقایسه با پتاسیم تبادلی می باشد. وی همچنین پی برد که مقادیر بالای ΔK^0 نشان دهنده آزاد شدن بیش تر پتاسیم به محلول خاک است که از مخازن بیش تر پتاسیم سهل الوصول ناشی می شود. منابع پتاسیم سهل الوصول با کود پتاسیمی افزایش می یابد (لروکس و سامنر، ۱۹۶۸).

- 1- Potassium Activity Ratio at Equilibrium
- 2- Readily Exchangeable Potassium
- 3- Potential Buffering Capacity

PBC^K نشان‌دهنده توانایی بالقوه خاک، برای حفظ شدت مناسبی از پتاسیم در محلول خاک بوده و ممکن است با ظرفیت تبادل کاتیونی^۱ همبستگی داشته باشد (لی، ۱۹۷۳). لروکس (۱۹۶۶) بیان کرد که مقادیر بالای PBC^K نمایانگر خوبی برای فراهمی پتاسیم است، در حالی که مقادیر پایین آن نیاز به میزان کوددهی را پیشنهاد می‌کند.

آدیونجی و آدیونجی (۱۹۹۳) در بررسی ظرفیت فراهمی پتاسیم در خاک‌های جنوب غرب نیجریه گزارش دادند که نسبت فعالیت پتاسیم (AR^K) شاخص ضعیفی از پتاسیم قابل استفاده بوده و قادر به پیش‌بینی صحیح جذب پتاسیم در مراحل اولیه و همچنین در طول دوره کشت نمی‌باشد ولی پارامتر تغییر پتاسیم تبدالی (ΔK) رابطه معنی‌داری را با جذب پتاسیم توسط گیاه نشان داد. آن‌ها همچنین در بررسی روابط بین پارامتر ظرفیت بافری پتاسیم و جذب پتاسیم بیان کردند که در مراحل اولیه کشت این دو پارامتر رابطه‌های معنی‌داری را نشان ندادند ولی در مراحل بعدی در طول دوره رشد گیاه این رابطه‌ها به صورت معنی‌دار مشاهده شد و این بیانگر آن است که ظرفیت خاک‌ها برای جایگزینی پتاسیم تخلیه شده از فازهای محلول و تبدالی، به‌طور گسترده و مطابق طول دوره کشت تغییر می‌کند.

پتاسیم در خاک به شکل‌های مختلف موجود است که شامل محلول، قابل تبادل و غیرقابل تبادل و ساختمانی می‌باشند (اسپارکس، ۱۹۸۷). پتاسیم محلول شکلی است که با آب مقطر عصاره‌گیری می‌شود و پتاسیم تبدالی قابل استخراج با محلول استات آمونیوم خنثی می‌باشد، پتاسیم غیرقابل تبادل بخشی از پتاسیم کل است که قابل تبادل با محلول استات آمونیوم نیست اما با استفاده از عصاره‌گیرهای قوی‌تر قابل تبادل است (شارپلی، ۱۹۸۹). پتاسیم محلول به‌طور مستقیم به وسیله گیاهان جذب می‌گردد ولی معمولاً در مقادیر کمی در خاک یافت می‌شود. پتاسیم تبدالی قابل استخراج با استات آمونیوم توسط بارهای منفی مواد آلی و ذرات رس نگهداری می‌گردد و قابل دسترس گیاهان است (اولسلیگی و همکاران، ۱۹۷۵). در تفسیرهای جدید آزمون خاک چنین مطرح شده که اگر مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در خاک بیش از ۲۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد وضعیت پتاسیم خاک‌ها در سطح خوب طبقه‌بندی می‌گردد (مالارینو و همکاران، ۲۰۰۳). میر و وود (۱۹۸۵) حد بحرانی پتاسیم تبدالی (Ex-K⁺) را برای خاک‌های بافت سبک و متوسط ۰/۳۱ و برای خاک‌های با

1- Cation Exchange Capacity

2- Exchangeable Potassium

بافت سنگین ۰/۶۲ سانتی‌مول بر کیلوگرم پیشنهاد کردند. پیش‌بینی صحیح پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های مناطق خشک به‌خاطر منابع متغیر کانی‌های میکایی مشکلات زیادی را در بردارد. در چنین خاک‌هایی به‌علت وجود مواضع اختصاصی جذب پتاسیم و نگهداری مقدار زیادی پتاسیم با انرژی بالا و استخراج بخشی از این پتاسیم‌ها با عصاره‌گیر استات آمونیوم (حسین‌پور و کلباسی، ۲۰۰۰) همبستگی ضعیفی بین پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم و پاسخ گیاه به کوددهی در این خاک‌ها وجود دارد (بکت، ۱۹۶۴b؛ حسین‌پور و کلباسی، ۲۰۰۰). در سال‌های اخیر تلاش‌هایی جهت معرفی روش‌های مناسب دیگر برای ارزیابی نیاز گیاه به کود پتاسیم و قابلیت استفاده آن در خاک‌های غنی از کانی‌های میکایی انجام شده است. برای آگاهی بیشتر از وضعیت حاصل‌خیزی خاک‌های کشاورزی، روابط کمیت به‌شدت (Q/I) جهت اندازه‌گیری قابلیت استفاده پتاسیم در خاک‌ها استفاده می‌شود (اکینرینده، ۱۹۹۹؛ ونگ و اسکات، ۲۰۰۱). پژوهش‌گران متعددی رابطه‌های کمیت به‌شدت را برای توصیف وضعیت پتاسیم قابل استفاده خاک به‌کار برده‌اند (الکنعانی و همکاران، ۱۹۸۹؛ منگل، ۱۹۹۳؛ امیری و همکاران، ۱۹۹۵؛ اسپارکس و لیبهارد، ۱۹۸۱؛ صمدی، ۲۰۰۶؛ جلالی، ۲۰۰۷).

اطلاعات اندکی در مورد قدرت فراهمی پتاسیم با استفاده از پارامترهای کمیت به‌شدت، ترکیب مینرالوژی و شکل‌های پتاسیم در خاک‌های آهکی تحت کشت انگور استان آذربایجان‌غربی در دسترس می‌باشد. بنابراین اهداف این مطالعه عبارتند از: ۱) تعیین پارامترهای کمیت به‌شدت (Q/I) پتاسیم؛ ۲) تعیین همبستگی پارامترهای کمیت به‌شدت با برخی از شکل‌های پتاسیم و ویژگی‌های خاک؛ ۳) تعیین ارتباط پارامترهای Q/I پتاسیم با کانی‌های رس خاک.

مواد و روش‌ها

۱۸ نمونه خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری) از ۱۱ سری از تاکستان‌های استان آذربایجان‌غربی متعلق به زیرگروه‌های تیپیک هاپلوزرپت^۱، تیپیک کالسی زرپت^۲، تیپیک اند آکیوئیت^۳ و فلوئنتیک هاپلوزرپت^۴ جمع‌آوری گردید.

- 1- Typic Haploxerepts
- 2- Typic Calcixerepts
- 3- Typic Endoaquepts
- 4- Fluventic Haploxerepts

پس از هوا خشک شدن نمونه‌های خاک و عبور از الک ۲ میلی‌متری، pH در نمونه‌های گل اشباع، و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع، بافت به روش هیدرومتری (بایوکوس، ۱۹۶۲)، ماده آلی به روش اکسایش‌تر (والکلی، ۱۹۴۷)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون سریع (رایمنت و هیگینسون، ۱۹۹۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم نرمال (چاپمن، ۱۹۶۵)، پتاسیم قابل تبادل به روش استات آمونیوم ۱ مولار و پتاسیم غیرقابل تبادل به روش اسید نیتریک مولار جوشان (توماس، ۱۹۸۲) تعیین شدند.

کانی‌شناسی نمونه‌ها: کانی‌شناسی کیفی و نیمه‌کمی رس‌ها توسط پراش پرتو ایکس انجام شد. قبل از جداسازی کانی‌های خاک، نمونه‌های خاک با آب اکسیژنه ۳۰ درصد برای برداشت مواد آلی (کونز، ۱۹۶۵) و با سدیم-دیتیونات-سیترات-بی‌کربنات برای برداشت اکسیدهای آهن (مهرآ و جکسون، ۱۹۶۰) تیمار شدند. شن از سیلت و رس با الک و نیز رس از سیلت به‌وسیله سانتریفیوژ جدا و پراش نگارهای پرتو ایکس نمونه‌های رس با استفاده از پراش نگار پرتو ایکس بروکر دی ایت^۱ با اعمال $Cu_{K\alpha}$ به‌دست آمد. ترکیب مینرالوژیکی نیمه‌کمی بخش رس بعد از اعمال تیمارهای اشباع منیزیم، اشباع با منیزیم و گلیسرول، اشباع پتاسیم و اشباع پتاسیم با حرارت بر نمونه‌های رس و تجزیه با پراش پرتو ایکس، تعیین گردیدند (بیسکای، ۱۹۶۵).

هم‌دماهای تبدیلی پتاسیم و پارامترهای کمیت به‌شدت: برای رسم منحنی‌ها و تعیین پارامترهای Q/I پتاسیم، ۲/۵ گرم از هر نمونه خاک (در دو تکرار) را به لوله سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن ۲۵ میلی‌لیتر محلول حاوی ۰-۱۹۲ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم در محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم اضافه گردید. سوسپانسیون به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تکان داده و سپس سانتریفیوژ و غلظت پتاسیم از مایع صاف رویی توسط فلیم فتومتر قرائت و غلظت‌های کلسیم و منیزیم در محلول به‌وسیله تیتراسیون با EDTA^۲ اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه نسبت فعالیت پتاسیم $(AR^K = a_K/\sqrt{a_{Ca+Mg}})$ بر حسب مول بر لیتر، ابتدا قدرت یونی محلول‌ها (μ) با استفاده از رابطه تجربی $EC = 0.127\mu$ به‌دست آمد و سپس ضرایب فعالیت یون‌ها (γ_i) با استفاده از معادله دیویس (۱۹۶۲) $\log \gamma_i = -0.509 \times Z_i^2 \times \sqrt{\mu} / (1 + \sqrt{\mu})$ محاسبه گردید. آن‌گاه فعالیت یون‌ها بر حسب واحد مول بر لیتر، با استفاده از رابطه $a_i = \gamma_i C_i$ و غلظت‌های

1- Bruker D & X Ray Diffractometer

2- Ethylen diamin Tetra Acetic Acid

اندازه‌گیری شده (C_i) برای هر یون محاسبه شد. مقدار ΔK یا تغییر در پتاسیم تبادلی از تفاوت غلظت پتاسیم در محلول اولیه و محلول تعادلی به دست آمد. از ترسیم ΔK در مقابل نسبت فعالیت AR^K ، پارامترهای کمیت به شدت استخراج گردیدند (ونگ و اسکات، ۲۰۰۱؛ گواندر و همکاران، ۲۰۰۲). مقدار انرژی تبادلی پتاسیم (E_K)^۱ که به عنوان معیاری از اندازه‌گیری انرژی آزاد تبادلی پتاسیم توسط کلسیم در خاک ارایه شده است را می‌توان برای ارزیابی وضعیت پتاسیم قابل استفاده پتاسیم نیز استفاده کرد (وودرف، ۱۹۵۵). سینگ و جونز (۱۹۷۵) نشان دادند که انرژی تبادلی پتاسیم در خاک‌ها بین ۳۵۰۰- تا ۴۰۰۰- کالری بر مول متغیر بوده و با کمبود پتاسیم در ارتباط است. انرژی تبادلی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\Delta G = -RTLn a_k / (a_{Ca} + a_{Mg})^{1/2} \quad (1)$$

ΔG انرژی تبادلی، R : ثابت گازها و T : درجه حرارت مطلق می‌باشد.

تجزیه‌های آماری: تجزیه و تحلیل همبستگی و رگرسیون داده‌ها با استفاده از برنامه StatView (کانسپتس، ۱۹۹۶) انجام شد.

نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی نتایج ارایه شده در جدول ۱ نشان می‌دهد که بافت خاک‌های مورد مطالعه از لوم رسی سیلتی (SiCL) تا رسی (C) متغیر است. میزان رس در این خاک‌ها بین ۴۰-۳۳ درصد و تغییرات ظرفیت تبادلی کاتیونی بین ۲۷-۱۸ سانتی مول بار بر کیلوگرم می‌باشد. کربن آلی این خاک‌ها در وضعیت خوب و بین ۱/۷-۱/۱ درصد متغیر است و pH خاک‌ها با بیش از ۷/۹ در محدوده قلیایی می‌باشد. کربنات کلسیم معادل خاک‌ها بیش از ۱۰ درصد و آهکی می‌باشند. برآورد نیمه‌کمی درصد کانی‌های رس برای خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۲ نشان شده است. کانی‌های ایلیت و کلرایت کانی‌های غالب در بخش رس خاک‌های مورد مطالعه را تشکیل دادند.

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

شماره خاک	سری خاک	pH	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل درصد	رس	ظرفیت تبادل کاتیونی cmol/kg
۱	رضائیه خیس	۸/۲	۰/۸۲	۱۱	۴۰	۲۳
۲	روضه چای	۷/۹	۱/۱	۳۴	۴۴	۲۸
۳	نازلو	۸/۱	۰/۹۳	۲۲	۴۶	۳۰
۴	روضه چای	۸/۲	۱/۱	۱۵	۴۳	۲۷
۵	روضه چای	۸/۲	۰/۹۰	۱۲	۲۵	۱۵
۶	عسگرآباد	۷/۹	۱/۵	۱۵	۳۷	۲۴
۷	میرداوود	۷/۹	۱/۹	۲۳	۳۵	۱۹
۸	روضه چای	۸/۱	۱/۲	۱۷	۳۲	۱۶
۹	آغچه زیوه	۷/۹	۱/۲	۱۲	۳۳	۱۸
۱۰	ساراجوق	۸/۲	۲/۱	۲۳	۴۳	۳۲
۱۱	ساراجوق	۷/۹	۱/۲	۲۴	۳۵	۲۶
۱۲	ساراجوق	۸/۰	۱/۶	۲۱	۴۶	۳۰
۱۳	کوسه کهریز	۸/۱	۱/۱	۱۷	۳۳	۲۱
۱۴	صوفی چای	۸/۱	۱/۲	۱۵	۵۴	۵۰
۱۵	روضه چای	۸/۰	۱/۶	۱۷	۳۰	۲۴
۱۶	قارنه	۷/۹	۱/۲	۱۹	۴۱	۳۲
۱۷	موردی	۸/۰	۰/۷۸	۲۰	۳۵	۲۱
۱۸	موردی	۸/۰	۰/۴۷	۱۱	۲۵	۱۴
میانگین						
		۸/۰۲	۲/۱	۱۸/۰۷	۳۸	۲۵

پتاسیم محلول و قابل تبادل: مقادیر پتاسیم قابل استفاده (Av-K)، پتاسیم محلول (So-K) و پتاسیم قابل تبادل (Ex-K) در خاک‌های مطالعه شده تغییرات زیادی داشت. دامنه تغییرات مقادیر Av-K (میزان پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم نرمال) بین ۱/۸-۰/۵۰ سانتی مول بر کیلوگرم خاک متغیر بود که بیانگر آن است، خاک‌ها از نظر قابلیت استفاده پتاسیم در وضعیت متوسط تا خوبی قرار دارند و همچنین براساس تفسیرهای جدید آزمون خاک پتاسیم (مالارینو و همکاران، ۲۰۰۳) همه خاک‌های مورد مطالعه در سطح خوبی از نظر پتاسیم گروه‌بندی می‌گردند (۰/۵ سانتی مول بر کیلوگرم خاک >

1- Solution Potassium

Av-K، جدول ۲). پتاسیم قابل تبادل خاک‌ها از ۱/۵-۰/۴۲ سانتی مول بر کیلوگرم خاک متغیر بود. خاک سری عسگرآباد (خاک شماره ۶) تحت زیرگروه تیپیک هاپلوزرپت با بیش از ۶۰ درصد ایلیت در بخش رس و همچنین ۱/۶ درصد کربن آلی بیش‌ترین میزان پتاسیم قابل تبادل را به خود اختصاص داد و این شکل از پتاسیم را در مکان‌های غیراختصاصی در سطوح خارجی با نیروهای الکترواستاتیکی نگه داشته است. غلظت پتاسیم در محلول خاک (So-K) از ۰/۵۶-۰/۷۰ سانتی مول بر کیلوگرم خاک متغیر بود. این نتایج با داده‌های گزارش شده برای خاک‌های آهکی استان آذربایجان غربی مطابقت دارد (صمدی، ۲۰۰۶).

جدول ۲- مقادیر شکل‌های پتاسیم خاک‌های مورد مطالعه.

شماره خاک	سری خاک	پتاسیم محلول (cmol/kg)	پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم مولار (Cmol ₊ /kg)	پتاسیم تبدلی	پتاسیم غیرتبدلی
۱	رضائیه‌خیس	۰/۰۷۰	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۳۳
۲	روضه‌چای	۰/۱۹	۰/۹۸	۰/۷۹	۲/۱
۳	نازلو	۰/۰۹۵	۱/۱	۰/۹۶	۱/۰۵
۴	روضه‌چای	۰/۲۷	۱/۷	۱/۵	۲/۳
۵	روضه‌چای	۰/۳۸	۰/۹۶	۰/۵۸	۲
۶	عسگرآباد	۰/۵۰	۱/۸	۱/۳	۱/۵
۷	میرداوود	۰/۵۶	۱/۱	۰/۹۹۶	۰/۶۶
۸	روضه‌چای	۰/۲۶	۰/۸۸	۰/۶۲	۰/۹۹
۹	آغچه‌زیوه	۰/۱۷	۰/۷۵	۰/۵۸	۰/۹۷
۱۰	ساراجوق	۰/۱۲	۰/۶۴	۰/۵۳	۰/۲۰
۱۱	ساراجوق	۰/۳۲	۱/۳	۰/۹۹	۰/۶۷
۱۲	ساراجوق	۰/۱۲	۱/۱	۰/۹۶	۱/۸
۱۳	کوسه‌کهریز	۰/۱۰	۰/۷۲	۰/۶۰	۲/۶
۱۴	صوفی‌چای	۰/۲۰	۱/۵	۱/۳	۰/۷۲
۱۵	روضه‌چای	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۵۸	۰/۳۶
۱۶	قارنه	۰/۱۹	۱/۵	۱/۳	۱/۱
۱۷	موردی	۰/۰۸۸	۰/۶۶	۰/۵۷	۱/۲
۱۸	موردی	۰/۴۱	۱/۱	۰/۶۹	۰/۲۵
	میانگین	۰/۲۴	۱/۰۸	۰/۵۸	۱/۲

جدول ۳- مقادیر برخی پارامترهای کمیت به شدت خاک‌های مورد مطالعه.

E_K (cal/mol)	PBC ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) / (mol/l) ^{۱/۵}	AR_e^K (mol/l) ^{۱/۵}	ΔK_0	K_x	سری خاک	شماره خاک
			(cmol/kg)			
-۳۸۹۸	۲۹	۰/۰۰۱۴	۰/۷۵	۰/۶۲	رضائیه خیس	۱
-۳۰۶۲	۳۶	۰/۰۰۵۷	۰/۱۸	۰/۳۹	روضه چای	۲
-۳۴۲۷	۷۹	۰/۰۰۳۷	۰/۱۰	۰/۰۶۹	نازلو	۳
-۲۷۳۱	۲۸	۰/۰۰۹۹	۰/۰۸۲	۱/۸	روضه چای	۴
-۲۳۸۵	۱۹	۰/۰۱۸	۰/۳۷	۰/۲۸	روضه چای	۵
-۲۴۲۶	۴۰	۰/۰۱۷	۰/۷۲	۰/۳۰	عسگر آباد	۶
-۲۳۴۸	۲۲	۰/۰۱۹	۰/۶۲	۰/۹۲	میرداود	۷
-۲۷۳۰	۱۸	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۷۵	روضه چای	۸
-۲۹۸۲	۳۰	۰/۰۰۶۵	۰/۱۳	۰/۴۰	آغچه زیوه	۹
-۳۴۸۸	۴۶	۰/۰۰۲۸	۰/۱۹	۰/۳۳	ساراجوق	۱۰
-۲۷۸۶	۵۳	۰/۰۰۹۱	۰/۳۲	۰/۷۳	ساراجوق	۱۱
-۳۵۹۱	۵۶	۰/۰۰۲۳	۰/۸۵	۰/۴۶	ساراجوق	۱۲
-۳۳۳۹	۲۹	۰/۰۰۳۶	۰/۰۴۶	۰/۶۷	کوسه کهریز	۱۳
-۳۲۹۴	۱۰۳	۰/۰۰۳۸	۰/۰۵۱	۰/۶۲	صوفی چای	۱۴
-۳۳۷۱	۴۵	۰/۰۰۳۴	۰/۶۰	۰/۲۹	روضه چای	۱۵
-۳۱۳۹	۵۸	۰/۰۰۵۰	۰/۰۲۶	۰/۵۶	قارنه	۱۶
-۳۱۵۱	۶۵	۰/۰۰۴۹	۰/۳۲	۰/۴۲	موردی	۱۷
-۲۵۱۵	۳۱	۰/۰۱۴	۰/۵۴	۰/۷۱	موردی	۱۸
-۳۳۷	۴۴	۰/۰۰۷۷	۰/۳۰	۰/۵۷	میانگین	

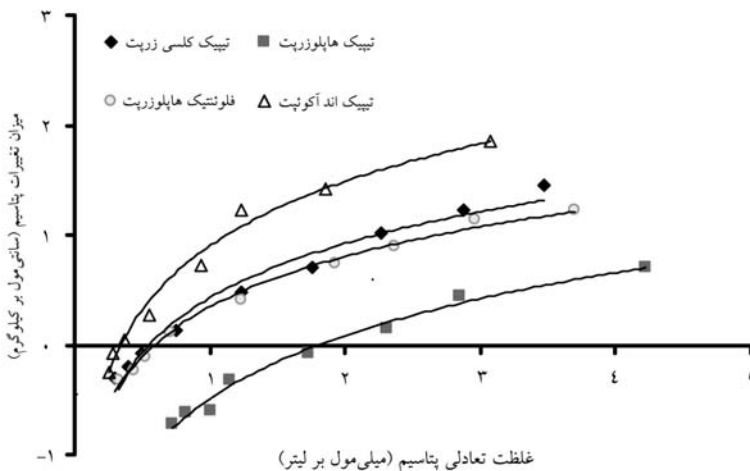
ΔK_0 = پتاسیم آسان قابل استفاده، AR_e^K = نسبت فعالیت تعادلی پتاسیم، PBC = پتانسیل ظرفیت بافری، K_x = پتاسیم سخت قابل تبادل، E_K = انرژی تبادل پتاسیم.

جدول ۴- میانگین درصد توزیع کانی‌ها در بخش رس زیرگروه‌های مورد مطالعه.

نوع خاک	ایلات	کلرایت	کلرایت + کائولینایت	کائولینایت	ورمی کولیت
تیبیک هاپلوزرپت	۶۲	-	-	۲۴	۱۴
تیبیک کلسی زرپت	۷۰	۲۴	۶		
تیبیک اند اکوئپت	۳۸	۴۹	۱۲		
فلوئنتیک هاپلوزرپت	۵۴	۲۹	۱۶		

پتاسیم غیرقابل تبادل (NEX-K)^۱: پتاسیم در شکل غیرتبادلی در تعادل با شکل های تبادلی و محلول می باشد و به عنوان مهم ترین ذخیره پتاسیم عمل می کند. به خاطر وجود تعادل بین شکل های پتاسیم، بخشی از پتاسیم به کار برده شده به عنوان کود می تواند به طور موقت به شکل غیرقابل تبادل نیز تبدیل شود. دامنه تغییرات پتاسیم غیرتبادلی خاک ها بین ۰/۲۰-۲/۶ سانتی مول بر کیلوگرم با میانگین ۱/۲ سانتی مول بر کیلوگرم می باشد. خاک های تیپیک کالسی زربت تحت سری های روضه چای (شماره خاک های ۲، ۴ و ۵) و کوسه کهریز (خاک شماره ۱۳) با بیش ترین میزان ایلاپیت در بخش رس خاک ها که بیش ترین میزان NEX-K را به خود اختصاص دادند.

هم دماهای تبادلی پتاسیم: منحنی های جذب پتاسیم برای خاک های مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. شکل محدب این منحنی ها نشان می دهد که روند افزایشی پتاسیم جذب شده به ازای هر افزایش در غلظت پتاسیم محلول کاهش می یابد. خاک ها از نظر جذب پتاسیم خصوصیات متفاوتی از یکدیگر را دارا هستند. پتاسیم جذب شده برای بیش ترین غلظت محلول اولیه پتاسیم (۱۹۲ میلی گرم بر لیتر) از ۵۱-۸ درصد متغیر بود. بیش ترین میزان جذب در خاک خاک سری صوفی چای (خاک شماره ۱۴) با زیر گروه تیپیک اند آکوئپت به خاطر داشتن میزان رس بالا و درصد کربن آلی متوسط (جدول ۱) مشاهده شده است.

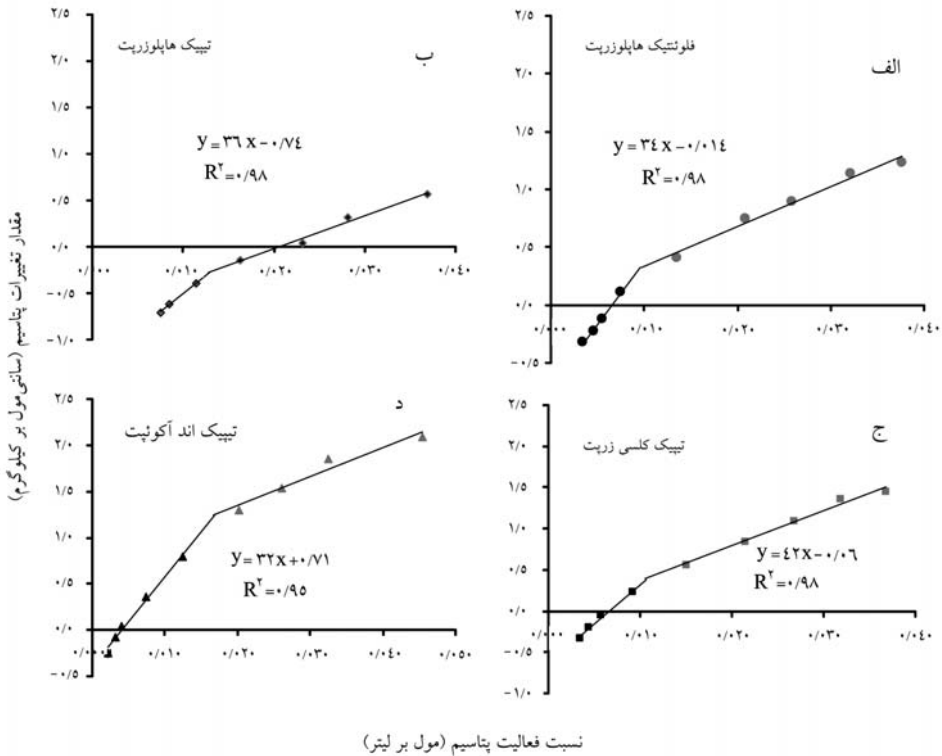


شکل ۱- منحنی های جذب خاک های مطالعه شده.

1- Non Exchangeable Potassium

پارامترهای کمیت به شدت پتاسیم: روابط کمیت به شدت پتاسیم برای خاک‌های مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص است روند کلی منحنی شبیه به منحنی کلاسیک گزارش شده در منابع می‌باشد (ونگ و اسکات، ۲۰۰۱؛ گاوآندر و همکاران، ۲۰۰۲). در این منحنی در مقادیر کم نسبت فعالیت پتاسیم رابطه ΔK و AR^K به صورت منحنی و در مقادیر بالای AR^K ، این رابطه خطی است. نسبت فعالیت تعادلی پتاسیم (AR_e^K) در خاک‌ها دارای گستره ۰/۰۰۱۴-۰/۰۱۹^۵ (مول بر لیتر) بود. در همه خاک‌های مورد مطالعه مقادیر AR_e^K کم‌تر از مقادیری می‌باشد که به وسیله اسپارکس و لیبهارت (۱۹۸۱) گزارش شده است. اطلاعات به دست آمده برای این خاک‌ها با داده‌های نسبت فعالیت تعادلی گزارش شده برای خاک‌های آهکی استان آذربایجان غربی مطابقت دارد (صمدی، ۲۰۰۶). در خاک‌های مطالعه شده، کم‌ترین AR_e^K در خاک سری رضائیه خیس با زیر گروه تیپیک انداکیوئیت و بیش‌ترین آن در خاک سری میرداوود با زیر گروه تیپیک هاپلوزرپت مشاهده شد (جدول ۳). در خاک سری میرداوود با زیر گروه تیپیک هاپلوزرپت، به دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی به نسبت پایین و همچنین بالا بودن مقدار پتاسیم تعادلی و پتاسیم محلول، چنین امری مورد انتظار است و بیانگر آن است که پتاسیم جذب شده در موقعیت‌های سطحی نگهداری شده است. ولی در خاک سری رضائیه خیس با زیر گروه تیپیک انداکیوئیت، با داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار پتاسیم تعادلی متوسط و کم‌ترین مقدار پتاسیم محلول، نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR_e^K) حداقل می‌باشد. این نشان‌دهنده آن است که احتمالاً مکان‌های جذب سطحی به خاطر غالبیت رس کلرایت در این خاک‌ها کم و به دنبال آن آزاد سازی پتاسیم در آن‌ها به مقدار کم انجام گرفته است (جدول ۴). همچنین مقدار پتاسیم سخت قابل تبادل (K_X) در خاک سری رضائیه خیس به نسبت بالا بوده، که این امر نیز سبب کاهش AR_e^K در این خاک شده است این نتایج با داده‌های گزارش شده برای تعدادی از خاک‌های ایران توسط حسین‌پور و کلباسی (۲۰۰۰) مطابقت می‌نماید.

به عقیده منگل (۱۹۹۳)، مقدار AR_e^K در خاک‌های کائولینیتی الفی سول زیاد و در خاک‌های اینسپتی سول ایلاتی و خاک‌های دارای کانی‌های غالب اسمکتایت رتی سول مقدار آن کم می‌باشد. از آنجایی که مقدار AR_e^K در این خاک‌ها پایین است (جدول ۳)، غالب بودن کانی ایلاتیت که دارای مواضع اختصاصی پتاسیم می‌باشد، می‌تواند عامل مهمی در کاهش مقدار AR_e^K در خاک‌ها باشد. این مطلب با نظریه ریچ (۱۹۶۴) و منگل (۱۹۹۳)، که وجود مواضع اختصاصی را در خاک‌های دارای کانی‌های غالب میکا و اسمکتایت تأیید کرده‌اند، مطابقت دارد.



شکل ۲- منحنی های کمیت به شدت برای خاک های مورد مطالعه.

حدود تغییرات پتاسیم آسان قابل استفاده (ΔK^0) که از تفاضل غلظت پتاسیم اولیه اضافه شده و پتاسیم محلول تعادلی خاک به دست می آید بین ۰/۸۵-۰/۲۰ با میانگین ۰/۳۰ سانتی مول بر کیلوگرم تعیین گردید. پتاسیم آسان قابل استفاده بین ۴/۱ و ۴۷ درصد از پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیم را تشکیل داد. کمترین و بیشترین میزان پتاسیم آسان قابل استفاده به ترتیب در خاک سری روضه چای با زیرگروه تپیک کلسی زریپ و خاک سری ساراجوق با زیرگروه تپیک هاپلوزریپ مشاهده گردید (جدول ۳). در مقایسه پتاسیم قابل استخراج استات آمونیوم با پتاسیم آسان قابل استفاده (ΔK^0) نشان داد که، در عصاره گیری با استات آمونیوم، مقدار پتاسیم بیشتری جانشین کرده است. به عقیده ریچارد و همکاران (۱۹۸۸) و ریچ (۱۹۶۴) این پدیده بیشتر در خاک های غنی از میکا که دارای مواضع اختصاصی پتاسیم می باشد رخ خواهد داد، که در طی آن به علت نزدیکی شعاع یونی آمونیوم با شعاع یونی پتاسیم، آمونیوم مبادرت به استخراج پتاسیم از مواضع اختصاصی پتاسیم نموده و در نتیجه پتاسیم

عصاره‌گیری شده بیش‌تر از مقدار واقعی پتاسیم تبدلی خاک خواهد شد. با توجه به نوع کانی‌های رسی و مواضع اختصاصی پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه این تفاوت را می‌توان مربوط به آزادسازی پتاسیم توسط آمونیوم از مواضع اختصاصی پتاسیم در این خاک‌ها دانست. امیری و همکاران (۱۹۹۵) در همین رابطه به نتیجه مشابهی دست یافته‌اند. در بررسی همبستگی بین پارامترها و خصوصیات خاک به علت نبود تغییرات زیاد در خصوصیات فیزیکوشیمیایی (به‌ویژه میزان رس به‌عنوان تعیین‌کننده‌ترین خصوصیت رفتارهای خاک) روابط همبستگی مثبت ولی ضعیفی بین ΔK^0 و K قابل استخراج با استات آمونیوم (Av-K) مشاهده شد (جدول ۵).

مقادیر پتاسیم سخت قابل تبادل (K_x) که از تفاضل عرض از مبدا قسمت خطی و قسمت غیرخطی نمودار کمیت به‌شدت به‌دست می‌آید بین ۱/۸-۰/۰۶۹ سانتی‌مول بر کیلوگرم متغیر بود. مقادیر K_x بستگی به نوع کانی‌های رس موجود در خاک‌ها دارد (گاواندر و همکاران، ۲۰۰۲). در خاک‌هایی که کانی‌های رسی بیش‌ترین مکان‌های اختصاصی را دارند، بالا بودن مقدار K_x نشان‌دهنده آن است که مقادیر قابل‌توجهی از پتاسیم در این مکان‌ها با انرژی بالایی جذب شده‌اند.

ظرفیت بافری پتاسیم (PBC^K) که معیاری از توانایی خاک در حفظ فعالیت پتاسیم در محلول خاک (شدت) است و از شیب بخش خطی منحنی Q/I به‌دست می‌آید، بین ۱۰۳-۱۸ و با میانگین ۴۴ (سانتی‌مول بر کیلوگرم خاک بر جذر مول بر لیتر) متغیر بود. خاک‌ها با مقادیر تقریباً مشابه AR_e^K ، مقادیر PBC^K تفاوت داشتند. به عقیده بکت (۱۹۶۴a) در چنین خاک‌هایی، اختلاف بین خاک‌ها از نظر توانایی حفظ پتانسیل پتاسیم آسان قابل استفاده در مقابل تخلیه پتاسیم خاک به‌خوبی مشاهده می‌گردد. مقادیر بالای ظرفیت بافری پتاسیم بیانگر آن است که خاک‌ها ظرفیت خیلی بالایی برای حفظ غلظت محلول پتاسیم خاک در برابر تخلیه دارند. بیش‌ترین میزان PBC^K در سری خاک صوفی‌چای با زیرگروه تیبیک کالسی زریپت مشاهده شد (جدول ۳) که بیش‌ترین مقدار رس و همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی را به خود اختصاص دادند و کم‌ترین مقدار PBC^K مربوط به خاک سری روضه‌چای (خاک شماره ۳) با زیرگروه فلوننتیک هاپلوزریپت بود که کم‌ترین مقادیر رس و ظرفیت تبادل کاتیونی را داشت که این مشاهدات با نتایج صمدی (۲۰۰۶)، جلالی (۲۰۰۷) و حسین‌پور و کلباسی (۲۰۰۰) مطابقت دارد. لروکس و سامنر (۱۹۶۸) گزارش نمودند که خاک‌های با PBC^K بالا، توانایی بالایی در ارایه پتاسیم به خاک دارند و برعکس خاک‌های با PBC^K پایین، نیاز به توصیه کود پتاسه خواهند داشت. همبستگی معنی‌داری ($r=0/80$, $P<0/001$) بین PBC^K و مقدار رس و CEC وجود داشت. حسین‌پور و کلباسی (۲۰۰۰) روابط ضعیفی بین CEC و PBC^K ($r=0/43$, $P<0/01$) گزارش کردند، الکنعانی و همکاران (۱۹۸۹) هیچ رابطه‌ای بین CEC و PBC^K برای خاک‌های آهکی مشاهده نکردند.

جدول ۵ ضرایب همبستگی (r) میان برخی پارامترهای Q1 و برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، شکل‌های پناسیم و کاتی‌های رس خاک‌های مورد مطالعه.

ΔK°	AR _c	Illite	NEx-K	Av-K	Ex-K	So-K	PBC	Clay	CEC	Clay
									۰/۹۰***	Clay
								۰/۶۹**	۰/۸۰***	PBC
							۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۴۰*	-۰/۲۸ ^{ns}	So-K
						۰/۳۳ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۵۳*	۰/۵۴*	Ex-K
					۰/۹۴***	۰/۶۵***	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	Av-K
				۰/۶۰ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	-۰/۰۳۰ ^{ns}	-۰/۲۱ ^{ns}	۰/۰۵۹ ^{ns}	-۰/۰۸۳ ^{ns}	NEx-K
			۰/۹۱***	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۴۱*	۰/۰۷۴ ^{ns}	-۰/۰۴۱ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	-۰/۰۱۱ ^{ns}	Illite
		۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۹۲ ^{ns}	۰/۵۲*	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۹۵***	-۰/۰۵۰*	-۰/۵۳*	-۰/۴۶*	AR _c
	۰/۳۱ ^{ns}	-۰/۱۰ ^{ns}	-۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۹۵ ^{ns}	-۰/۰۳۳ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	-۰/۱ ^{ns}	-۰/۰۴ ^{ns}	-۰/۲۱ ^{ns}	ΔK°
۰/۰۸۴ ^{ns}	۰/۹۵***	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۵۶*	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۸۹***	-۰/۴۳*	-۰/۵۱*	-۰/۴۴*	E _k

نشاندهنده همبستگی مثبت است. ^{ns} غیرمعنی دار، * معنی دار در سطح ۰٫۰۵، ** معنی دار در سطح ۰٫۰۱، *** معنی دار در سطح ۰٫۰۰۱.

انرژی تبادل پتاسیم (E_K): دامنه تغییرات مقادیر از E_K ۳۸۹۸- تا ۲۳۴۸- و با میانگین ۳۰۳۷- کالری بر مول متغیر بود. محدوده E_K بین ۲۵۰۰- و ۳۵۰۰- کالری بر مول از نظر رشد گیاه مناسب تشخیص داده شده است (سینگ و جونز، ۱۹۷۵). براساس ارزیابی یاد شده خاک‌های مورد مطالعه از نظر تامین پتاسیم برای رشد گیاه مناسب تشخیص داده می‌شوند.

نتیجه‌گیری

رابطه‌های کمیت به شدت پتاسیم (Q/I) می‌تواند برای پیش‌بینی قابلیت استفاده پتاسیم برای گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. نظر به وجود همبستگی بین پتاسیم قابل استفاده (قابل استخراج با استات آمونیوم) و K_x ($r=0.43^*$) می‌توان گفت که بخش قابل توجهی از پتاسیمی که توسط استات آمونیوم استخراج شده از مکان‌های اختصاصی یعنی مکان‌های لبه‌ای کانی‌های رسی و مکان‌های هوادیده میکا آزاد شده است. که این بخش به سادگی برای گیاه قابل دسترس نمی‌باشد. بنابراین تمامی پتاسیمی که توسط استات آمونیوم استخراج شده است را نمی‌توان پتاسیم قابل استفاده نامید. نتایج نشان داد پتانسیل ظرفیت بافری پتاسیم خاک در خاک‌های مورد مطالعه در سطح بالایی قرار داشت. این امر بیانگر آن است که خاک‌ها از توانایی بالایی در ارایه پتاسیم به خاک برخوردار هستند و می‌توانند برای مدت طولانی شدت پتاسیم در فاز محلول خاک را حفظ و نگهداری نمایند.

منابع

1. Abacus Concepts, A. 1996. Stat View reference; Abacus Concepts, Inc. Berkeley, CA.
2. Adetunji, M.T. and Adetunji, J.A. 1993. Potassium supplying capacity of representative soils of South Western Nigeria as measured by intensity, quantity and capacity factors. *Pertanika. J. Trop. Agric. Sci.* 16: 71-74.
3. Akinrinde, E.A. 1999. Quantity-intensity parameters of potassium in relation to uptake by Guinea corn in representative soils of the ecological zones of Nigeria. *Commun. Soil Sci. Plant Annal.* 30: 2695-2710.
4. Al-Kanani, T., Hussien, A.J. and Barthakut, N.N. 1989. Potassium exchange equilibria in calcareous soils. *Soil Sci.* 148: 286-292.
5. Amiri, R., Dorudi, M. and Fallah, V.M. 1995. Quantity-intensity parameters of potassium in some soils of Khorasan province. *J. Soil Water Sci.* 9: 74-89. (In Persian)
6. Beckett, P.H.T. 1964a. Studies on soil potassium, I. Confirmation of the ratio law: Measurement of potassium potential. *Soil Sci.* 15: 1-8.

7. Becket, P.H.T. 1964b. Studies on soil potassium II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the Soil. *Soil Sci.* 15: 9-23.
8. Biscaye, P.E. 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geological Society of America Bulletin*, 76: 803-832.
9. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54: 464-465.
10. Champan, H.D. 1965. Cation exchange capability, P 891-901. In: *Methods of Soil Analysis* (Black, CA. (ed.)), *Soil Sic. Soc. Am.*
11. Davies, W. 1962. Ion association. London and Boston: Butterworth, Pp: 39-43.
12. Gawander, J.S., Gangaiya, P. and Morrison, R.J. 2002. Potassium studies on some sugarcane growing soils in Fiji. *S. Pac. J. Nat. Sci.* 20: 15-21.
13. 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.
14. Jalali, M. 2007. A study of quantity-intensity relationships of potassium in some calcareous soils of Iran. *Arid Land Research and Management*, 21: 133-141. (In Persian)
15. Khandagale, M.T. 1977. Effect of various levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and quality of Thompson seedless grape (*Vitis vinifera* L). M.Sc. Thesis. Mahatma Phule Krishi Vishwa Vidyalaya, Rahuri.
16. Kunze, G.W. 1965. Pretreatment for mineralogical analysis. In: *Methods of soil analysis*. Agronomy. (Black, CA. (ed.)), *Am. Soc. Agron. Madison, WI*, Pp: 210-221.
17. Lee, R. 1973. The K/Ca Q/I relationship and preferential adsorption sites for potassium. *Scientific Report, New Zealand Soil Bureau*, 11: 46.
18. LeRoux, J. 1966. Studies on ionic equilibria in Natal soils. Ph.D. Thesis. University of Natural, Republic of South Africa.
19. LeRoux, J. and Sumner, M.E. 1968. Labile potassium in soils: I. Factors affecting the quantity-intensity (Q/I) parameters. *Soil Sci.* 106: 35-41.
20. Mallarino, A.P., Wittry, D.J. and Barbagelata, P.A. 2003. New soil test interpretation classes for potassium. *Better Crops*. 87: 12-14.
21. Mehra, O.P. and Jackson, M.L. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Mineral*, 5: 317-327.
22. Mengel, K. 1993. Potassium status of soils, assessment and utilization, P 21-37. In: *K availability of soils in West Asia and North Africa-Status and perspectives*. Proceedings of the Regional symposium held in Tehran, Iran, June 19-22, 1993. The Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran and The International Potash Institute, Basel, Switzerland.

23. Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1980. Potassium in crop production. *Adv. Agron.* 33: 95-110.
24. Meyer, J.H. and Wood, R.A. 1985. Potassium nutrition of sugarcane in South African sugar industry, P 205-213. In: *Proceeding of the Potassium Symposium*, Pretoria.
25. Oelsgle, D.D., Doll, E.C. and Valverde, C. 1975. Potassium release characteristics of selected Peruvian soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39: 891-896.
26. Rayment, G.E. and Higginson, F.R. 1992. *Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods*. Inkata Press. Melbourne, 330p.
27. Rich, C.I. 1964. Effect of cation size and pH on potassium exchange in Nason soil. *Soil Sci.* 98: 100-106.
28. Richards, J.E., Bates, T.E. and Sheppard, S.C. 1988. Studies on the potassium supplying capacities of southern Ontario soils. I. Field and greenhouse experiments. *Can. J. Soil Sci.* 68: 183-197.
29. Samadi, A. 2006. Potassium exchange isotherms as a plant availability index in selected calcareous soils of Western Azarbaijan Province, Iran. *Turk. J. Agric. and For.* 30: 213-222.
30. Scherer, H.W., Goldbach and Clemens, C. 2003. Potassium dynamics in the soil and yield formation in a long-term field experiment. *Plant soil environ.* 49: 531-535.
31. Sharpley, A.N. 1989. Relationship between soil potassium forms and mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 1023-1028.
32. Singh, B.B. and Jones, J.P. 1975. Use of sorption-isotherms for evaluating potassium requirement of plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39: 881-896.
33. Sparks, D.L. 1987. Potassium dynamics in soils. *Adv. Soil Sci.* 6: 1-63.
34. Sparks, D.L. and Liebhardt, W.C. 1981. Effect of long-term lime and potassium application on quantity-intensity relationships in sandy. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 45: 786-790.
35. Srinivasan, C. and Muthukrishnan, C.R. 1970. Effect of potassium on the development of buds in grape varieties Anab-e-Shahi Madras. *Agric. J.* 57: 700-703.
36. Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cation. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2* (Page, AL. (Ed.)), Chemical and microbiological properties. *ASA Monograph.* 9: 159-165.
37. Walkely, A. 1947. A critical examination of a rapid determining soil organic carbon in soils. Effect of variations indigestion conditions and inorganic soil constituent. *Soil Sci.* 63: 251-263.
38. 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. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 32: 2561-2575.
39. Woodruff, C.M. 1955. The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 19: 36-40.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 17(3), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Quantity-intensity parameters and forms of potassium in relation to clay mineralogy in some vineyard growing calcareous soils in Western Azarbaijan Province

*Sh. Hajizad¹, A. Samadi², S.A.R. Movahedi Naeini³ and F. Khormali³

¹M.Sc. Student, Dept. of Soil Science Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science Engineering, Uroomiyeh University, ³Associate Prof., Dept. of Soil Science Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2009/10/21; Accepted: 2010/05/01

Abstract

Quantity-intensity (Q/I) curves and their derived parameters provide general information about soil K availability. The present study was conducted to assess the potassium Q/I parameters including readily exchangeable K (ΔK^0), equilibrium activity ratio (AR_e^k), specific K sites (K_x), lineare potential buffering capacity (PBC^k), energy of exchange of K (E_k) and their relationships with forms of potassium, clay mineralogy and the properties of 18 surface soils samples belonging to four main subgroups: Typic Endoaquepts, Fluventic Haploxerepts, Typic Calcixerepts and Typic Haploxerepts in the vineyard growing areas of Western Azarbaijan province. X-ray diffraction analysis showed that illite and chlorite were the dominate clay minerals. The AR_e^k values ranged from 0.0014 to 0.019 (moles/L)^{0.5}. The readily exchangeable K (ΔK^0) varied from 0.020 to 0.85 (cmol/kg soil). The values of soil solution K (So-K), exchangeable K (Ex-K) and non exchangeable K (NEx-K) varied from 0.070 to 0.56, 0.42 to 1.4 and 0.2 to 2.6 (cmol/kg soil), respectively. There was highly significant positive relationship between NEx-K and illite contents ($R^2=0.82$, $P\leq 0.001$). Significant positive correlation observed between PBC^k and clay content ($r=0.90$, $P\leq 0.001$) and CEC ($r=0.80$, $P\leq 0.001$). The highest PBC^k values were associated with the Typic Calcixerepts soils which had the greatest clay contents and CEC. The highest AR_e^k value was observed in the Typic Calcixerepts soils with high values of exchange also solution potassium while the lowest values was observed in Typic Endoaquept soils with higher chlorite content in the clay fraction. The soils showed high capacities to maintain the potential of K against depletion, as they represented high potential buffering capacities (PBC^k) [18-103 (cmol_c/kg)/(mol/L)^{0.5}].

Keywords: Potassium, Quantity-Intensity parameters, Forms of potassium, Clay mineralogy

* Corresponding Author; Email: hajizad.sh@gmail.com