بررسی وضعیت فراهمی پتاسیم با استفاده از پارامترهای Q/I در برخی از خاک‌های زیر کشت ذرت استان کردستان

سامان فتحی [۱]، عباس صمدی [۲]، اکرم فاطم [۳]، مسعود داور [۴]
۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه ارومیه، ۲- استاد خاکشناسی دانشگاه ارومیه، ۳- استادیار خاکشناسی دانشگاه رازی، ۴- استادیار خاکشناسی دانشگاه کردستان

چکیده
پتاسیم از عناصر ضروری رشد و نمو گیاهان است. بین اشکال مختلف پتاسیم خاک رابطه‌ی تعادلی وجود دارد لیکن به‌دلیل پیچیدگی این روابط، پیش‌بینی پتاسیم قابل دسترس گیاه با استفاده از این روابط مشکل است. استفاده از روابط Q/I و پارامترهای آن اطلاعاتی مفید راجع به وضعیت پتاسیم خاک مهیا می‌کند. بدین منظور وضعیت پتاسیم برخی سری خاک‌های زیر کشت ذرت با استفاده از پارامترهای Q/I تعیین شد. نتایج این پژوهش نشان داد که PBC^K از ۱۲/۲۵ تا ۸۴/۹۱ $cmol_c kg^{-1} (mol/L)^{-½}$ با میانگین ۹۴/۳۶ $cmol_c kg^{-1} (mol/L)^{-½}$ تغییر کرد که نشان‌دهنده مقدار کم PBC^K خاک‌های مورد مطالعه می‌باشد. مقادیر به دست آمده برای پارامترهای K_x و ΔK^o نیز مثبت بوده که نشان‌دهنده کمبود پتاسیم این خاک‌ها می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت پتاسیم برگ گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (*Zea mays*.cv, ۷۰۴ Karoon) کشت شده در شرایط گلخانه‌ای کمتر از ۵/۲ درصد (حد بحرانی پتاسیم تعیین شده برای ذرت) می‌باشد.

واژه های کلیدی: پتاسیم خاک، کمبود، ذرت، پارامترهای Q/I

مقدمه
پتاسیم یکی از عناصر غذایی پرمصرف مورد نیاز گیاهان بوده که در خاک به شکل‌های محلول، تبادلی، تثبیت شده و ساختاری وجود دارد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۳). واکنش‌های تعادلی و سینیتیکی موجود بین اشکال مختلف پتاسیم سطوح پتاسیم محلول و قابل‌دسترس گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sparks and Libhardt, ۱۹۸۱; Martin and Sparks, ۱۹۸۵).
مقدار کل کودهای مصرفی در ایران نشان‌دهنده مصرف بیش از حد معمول و مقادیر زیاد کودهای نیتروژن و فسفر و عدم مصرف کودهای پتاسیمی می‌باشد (Malakouti *et al*., ۲۰۰۱). ادامه این روش مدیریت کودی یعنی خروج بیشتر پتاسیم به‌وسیله گیاه، مقدار و وضعیت پتاسیم باقیمانده خاک را تغییر می‌دهد (Romheld and Kirkby, ۲۰۱۰; Bar Tal, ۲۰۱۱). بنابراین ضروری است که تأثیر عدم مصرف کودهای پتاسیمی بر وضعیت پتاسیم در خاک ارزیابی شود.
تعیین رابطه Q/I پتاسیم درخاک که نخستین بار توسط (Beckett, ۱۹۶۴) ارائه گردید، روشی برای بررسی وضعیت فراهمی این عنصر در خاک می‌باشد. در این روش، تغییر غلظت پتاسیم در محلول خاک (عامل شدت) در اثر تغییر غلظت پتاسیم در فاز تبادلی (عامل کمیت) ارزیابی می‌شود. بنابراین، نسبت به روش‌های مختلف عصاره‌گیری پتاسیم خاک، اطلاعاتی بیشتر از وضعیت حاصلخیزی خاک ارائه می‌کند (فاطمی و همکاران، ۱۳۹۳). از جمله این اطلاعات می‌توان به ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K)، پتاسیم جذب شده در سطوح (ΔK^o) و مناطق گوه‌ای کانی‌ها (K_x)، مقدار کل پتاسیم قابل جذب (K_L) و انرژی آزاد تبادل پتاسیم با کلسیم و منیزیم (ΔG^o) اشاره کرد (Beckett, ۱۹۶۴; McLean, ۱۹۷۶; Martin and Sparks, ۱۹۸۳).
در این تحقیق وضعیت فراهمی پتاسیم برخی خاک‌های زیر کشت ذرت استان کردستان با استفاده از روش Q/I و کشت گلخانه‌ای بررسی شده است.

مواد و روش‌ها
در این پژوهش ۸ نمونه خاک سطحی از سری‌های مختلف خاک‌های زیر کشت ذرت در استان کردستان جمع‌آوری شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن ازالک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها با روش‌های رایج اندازه‌گیری شد (Page *et al*., ۱۹۸۲; Klute, ۱۹۸۶).
با استفاده از نمک کلرید پتاسیم محلول‌هایی حاوی غلظت‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم در محلول زمینه ۰/۱ مولار کلرید کلسیم تهیه شد. معادل ۵/۲ گرم خاک هوا خشک با ۲۵ میلی‌لیتر از محلول‌های ذکر شده در بالا، در لوله‌های ۵۰ میلی‌لیتری سانتریفیوژ ریخته شد. سپس این نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت با سرعت ۹۰ دور در دقیقه توسط تکان دهنده رفت و برگشتی تکان داده شدند. قابلیت هدایت الکتریکی (EC) آن‌ها توسط دستگاه EC متر، غلظت کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و غلظت پتاسیم به روش فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده پارامترهای منحنی Q/I تعیین شدند (Schindler *et al*., ۲۰۰۵).

به منظور بررسی رابطه بین برخی پارامترهای Q/I با ویژگی‌های گیاه ذرت، رقم سینگل کراس ۷۰۴ این گیاه (*Zea mays*.cv, ۷۰۴ Karoon) در شرایط گلخانه‌ای کشت شد. لازم به ذکر است که در این پژوهش تنها داده‌های تیمار شاهد گزارش شده است. پس از ۸ هفته گیاه برداشت و غلظت پتاسیم در آنها اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

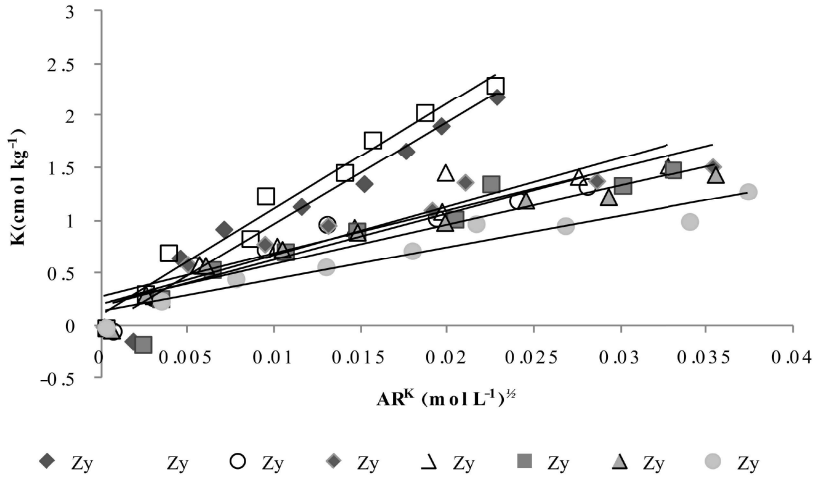
برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود این خاک‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دارای تنوع مناسبی می‌باشند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	نام سری	K_{ava}* mg kg^{-1}	OC %	CEC cmol$_c$kg^{-1}	ر س	سیلت %	ش ن
۱	Lithic Xerorthents	۲۵۷	۷۵/۰	۳/۲۸	۴۴	۲۶	۳۰
۲	Typic Haploxerepts	۲۶۲	۷۵/۰	۲/۲۸	۶۲	۳۰	۸
۳	Typic Calcixerolls	۱۸۷	۴۴/۰	۷/۲۸	۴۰	۱۶	۴۴
۴	Fluventic Haploxerolls	۲۱۲	۵۶/۰	۳/۲۸	۴۸	۲۴	۲۸
۵	Fluventic Haploxerepts	۲۲۵	۷۰/۰	۹/۲۷	۵۰	۲۴	۲۶
۶	Typic Calcixerepts	۴۳۳	۸۸/۰	۰/۲۷	۶۲	۳۰	۸
۷	Typic Xerorthents	۶۸	۴۰/۰	۸/۲۵	۵۰	۲۶	۲۴
۸	Typic Xerorthents	۱۱۸	۶۶/۰	۴/۲۴	۳۸	۲۲	۴۰

*پتاسیم قابل جذب

منحنی Q/I خاک‌های مورد مطالعه در شکل ۱ ترسیم شده و پارامترهای آن نیز در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۱- منحنی Q/I نمونه خاک‌های مورد مطالعه

جدول ۲- پارامترهای Q/I، انرژی آزاد تبادل نمونه‌های خاک و غلظت پتاسیم برگ ذرت

شماره خاک	PBC^K [½-cmol$_c$kg^{-1} (mol/L)]	K (cmol$_c$kg^{-1})	K_X (cmol$_c$kg^{-1})	K_L (cmol$_c$kg^{-1})	AR_c^K ½(mol/L)	غلظت پتاسیم در گیاه %
۱	۴۷/۸۳	۲۳۸/۰	-۶۵۱/۰	-۴۱۳/۰	۰۰۲۱/۰	۲/۲
۲	۸۴/۹۱	۲۵۹/۰	۳۵۸/۰	-۰۹۹/۰	۰۰۰۵/۰	۰/۲

۳	۰۴/۳۳	۰۴۳۰/	۰۵۶۶/	-۰۱۳۶/	۰۰۱۰/۰	۱/۲
۴	۹۸/۳۰	۰۵۱۵/	۰۵۳۲/	-۰۱۷/۰	۰۰۰۱/۰	۱/۲
۵	۳۳/۳۷	۴۲۵/۰	۴۷۳/۰	-۰۴۹/۰	۰۰۰۰۲/۰	۶/۱
۶	۹۵/۳۴	۳۵۹/۰	۸۰۵/۰	-۴۴۶/۰	۰۰۲۸/۰	۱/۲
۷	۷۰/۲۸	۴۳۱/۰	۴۸۷/۰	-۰۵۵/۰	۰۰۰۵/۰	۵/۱
۸	۱۲/۲۵	۲۷۷/۰	۲۹۰/۰	-۰۱۳/۰	۰۰۰۲/۰	۶/۱

شیب قسمت خطی منحنی Q/I یا همان ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک‌ها (PBC^K)، در واقع توان بالقوه خاک در تأمین فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل یا به‌عبارتی میزان مقاومت سیستم در مقابل تغییر شدت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۱ و جدول ۲ مشاهده می‌شود محدوده تغییرات PBC^K از ۱۲/۲۵ تا ۸۴/۹۱ $(mol/L)^{-½}$ با میانگین ۹۴/۳۶ $(mol/L)^{-½}$ تغییر کرد که نشان دهنده مقدار کم PBC^K خاک‌های مورد مطالعه می‌باشد.

پارامتر دیگری که به عقیده برخی محققین شاخص بهتری برای تخمین پتاسیم قابل جذب نسبت به روش‌های متداول اندازه‌گیری پتاسیم تبادلی میباشد، پتاسیم نگهداری شده در مکان‌های غیر اختصاصی (ΔK^o)، مکان‌های تبادلی موجود در سطوح خارجی کانی‌ها و سطوح قاعده‌ای کانی‌هایی نظیر ورمی‌کولیت و مونتموریلونیت و نیز در لایه دوگانه اطراف کلوئیدهای آلی می‌باشد (Beckett, ۱۹۶۴). این پارامتر معیاری از پتاسیم به سهولت قابل تبادل است (Sparks and Liebhardt, ۱۹۸۱). عقیده بر این است که پتاسیم جذب شده در سطوح نسبت به روش استات آمونیوم تخمینی بهتر از مقدار پتاسیم نگهداری شده در مکان‌های غیر اختصاصی در خاک‌های با ظرفیت تثبیت بالا ارائه می‌دهد (Martin and Sparks, ۱۹۸۳). همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مقدار این پارامتر بسیار متفاوت بوده و شامل مقادیر مثبت است. بالاتر بودن مقدار منفی پتاسیم جذب شده در سطوح نشان دهنده توانایی رهاسازی مقدار بیشتری از پتاسیم تبادلی به محلول خاک می‌باشد. مقادیر مثبت توسط Schindler و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش شده است.

پتاسیم نگهداری شده در مکان‌های اختصاصی (K_x)، عمدتاً با افزایش مقدار پتاسیم قابل جذب افزایش یافت. بین خاک‌های با مقادیر یکسان فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل نیز اختلاف زیادی در مقدار پتاسیم نگهداری شده در مکان‌های گوه‌ای مشاهده شد که ناشی از تعداد مکان‌های اختصاصی جذب پتاسیم در خاک‌ها می‌باشد. این اختلاف می‌تواند ناشی از درجه هوادیدگی کانی‌های میکایی خاک‌ها باشد (Bouabid*et al.*, ۱۹۹۱). همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مقدار پتاسیم جذب شده در سطوح نمونه‌های مورد مطالعه مثبت می‌باشد.

پتاسیم کل قابل جذب (K_L) برآوردی از پتاسیم قابل جذب خاک (مجموع پتاسیم جذب شده در سطوح و مناطق گوه‌ای)، محل تقاطع بخش منحنی نمودار Q/I با محور ΔK، نشان‌گر مجموع پتاسیمی است که در مکان‌های اختصاصی و غیراختصاصی نگهداری شده و می‌تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد. کمترین مقدار این پارامتر در خاک ۸ و بیشترین مقدار آن نیز در خاک ۶ گزارش شد (جدول ۲). این نتایج بدین معنی است که خاک‌های با ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم بالاتر وضعیت بهتری از نظر تأمین پتاسیم دارند (Beckett, ۱۹۶۴).

فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل (AR_e^K) نیز شاخصی از مقدار پتاسیم قابل جذب است (Beckett, ۱۹۶۴). عواملی همچون مقدار پتانسیل تثبیت پتاسیم، مقدار پتاسیم قابل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها باعث تغییر این پارامتر می‌شود (Aide *et al.*, ۱۹۹۹). حدود تغییرات فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل در نمونه‌ها از ۰۰۰۲/۰ تا $(mol/L)^{½}$ ۰۰۲۸/۰ با اختلاف حدود ۱۴۰ برابر تغییر کرد که به‌ترتیب مربوط به نمونه خاک‌های ۵ و ۶ می‌باشد. این در حالی است که این دو نمونه خاک از نظر CEC و مقدار کربن آلی وضعیتی مشابه داشتند. به‌رغم این، نمونه خاک ۶ از نظر پتاسیم قابل جذب دارای بیشترین مقدار در بین دیگرنمونه‌های خاک می‌باشد. نتایج پژوهش‌ها بیانگر رابطه مستقیم با پتاسیم قابل جذب و غیرتبادلی و نیز درصد پتاسیم تبادلی می‌باشد (Jimenez and Parra, ۱۹۹۱; Beckett,۱۹۶۴). مقدار فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل در محدوده ۰۰۰۶/۰ تا $(mol/L)^{½}$ ۰۱/۰ باشد، پتاسیم در لبه‌ها و در مقادیر بالاتر از ۰۱/۰ در سطح کانی‌ها نگهداری می‌شود (Sparks and Liebhardt, ۱۹۸۱). بنابراین در بیشتر نمونه‌های مورد تحقیق، پتاسیم در مکان‌های گوه‌ای شکل و یا لبه‌های میکاهای هوادیده جذب شده‌اند. با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود نمونه‌های با فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل یکسان از نظر مقاومت در مقابل تغییر غلظت پتاسیم خاک یا به عبارتی ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم رفتار مشابهی ندارند، به گونه‌ای که در خاک‌های با فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل برابر، اختلاف ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم از ۲ تا ۳ برابر نیز رسید. خاک‌های با مقدار فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل برابر ممکن است ظرفیت یکسانی برای حفظ فعالیت نسبی پتاسیم در حالت تعادل در زمانی که پتاسیم خاک توسط ریشه گیاه مصرف می‌شود، نداشته باشند. بنابراین برای ارزیابی بهتر وضعیت پتاسیم خاک نه تنها بایستی پتانسیل فعلی ذخایر خاک را ارزیابی کرد، بلکه بایستی ارتباط آن را با مقدار پتاسیم قابل ذخیره (منحنی Q/I) نیز تعیین نمود (Beckett,۱۹۶۴).

رابطه ΔK^{o} و AR_{e}^{K} خاک‌ها در غلظت پتاسیم در گیاه انعکاس یافته است. غلظت پتاسیم در برگ‌های ذرت کشت شده در خاک‌های مورد مطالعه غلظتی کمتر از ۵/۲ درصد (جدول ۲) داشتند (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹) که کمتر از حد بحرانی پتاسیم برای ذرت می‌باشد.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که خاک‌های مورد مطالعه از نظر مقدار پتاسیم قابل جذب در نزدیکی و یا در حد بحرانی قرار داشته و بدون افزودن کودهای پتاسیمی قادر نخواهند بود پتاسیم مورد نیاز برای رشد گیاه را فراهم کنند. پارامترهای Q/I نیز نشان دادند که خاک‌ها از نظر پتاسیم قابل جذب گیاه در سطح پایینی بوده و نشان دهنده خاک‌های زیر کشت فشرده و در شرایط تنش پتاسیم می‌باشد.

منابع

فاطمی، ا.، ملکوتی، م.ج.، بازرگان، ک.، راهنمایی، ر. و افتخاری، ک. ۱۳۹۰. بررسی همبستگی کانی‌های غالب و پارامترهای منحنی کمیت - شدت با میزان پتاسیم قابل جذب در خاک‌های آهکی. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم، شماره دوم، ۲۳ تا ۴۴.

فتحی، س.، صمدی، ع.، داوری، م. و اسدی کپورچال، ص. ۱۳۹۳. ارزیابی عصاره‌گیرهای مختلف برای تعیین پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های آهکی استان کردستان. مجله تحقیقات غلات، سال چهارم، شماره سوم، صفحه‌های ۲۵۳ تا ۲۶۶.

ملکوتی، م.ج. و طهرانی، م. ۱۳۷۹. نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، چاپ دوم، عناصر خرد با تأثیر کلان، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

Aide M. T., Cwick G. J. and Cummings M. F. ۱۹۹۹. Clay mineralogy and potassium status of selected soils in the glacial Lake Agassiz region of central Manitoba. Canadian Journal of Soil Science,۷۹ (۱): ۱۴۱-۱۴۸.

Bar Tal A. ۲۰۱۱. The effects of nitrogen form on interactions with potassium. E-ifc No. ۲۹: International Potash Institute. http://www.ipipotash.org/en/eifc/۲۰۱۱/۲۹/۳/english: Accessed ۲۹ December ۲۰۱۱.

Beckett P. H. T. ۱۹۶۴. Studies on soil potassium II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. Journal of Soil Science,۱۵: ۹-۲۳.

BeckettP. H. T. ۱۹۶۴. Potassium-calcium exchange equilibria in soils: Specific adsorption sites for potassium. Journal of Soil Science, ۹۷:۳۷۶-۳۸۳.

Bouabid R., Badraoui M. and Bloom P. R. ۱۹۹۱. Potassium Fixation and Charge Characteristics of Soil Clays. Soil Science Society of America Journal, ۵۵ (۵): ۱۴۹۳-۱۴۹۸.

Jimenez C. and Parra M. A. ۱۹۹۱. Potassium Quantity-Intensity Relationships in Calcareous Vertisols and Inceptisols of Southwestern Spain. Soil Science Society of America Journal, ۵۵ (۴): ۹۸۵-۹۸۹.

Malakouti M. J., Amirmokri H. and Motasharehzadeh B. ۲۰۰۱. Analyzing the trend of K fertilizer use in Iran in the past decade. Regional Workshop of the International Potash Institute in cooperationwith The National Center for Agricultural Research and Technology Transfer, Amman, Jordan. A. E. Johnston. Amman, Jordan, International Potash Institute: ۱۲۷-۱۲۸.

Martin H. W. and Sparks D. L. ۱۹۸۳. Kinetics of nonexchangeable potassium release from two coastal plain soils. Soil Science Society of America Journal, ۴۷ (۵): ۸۸۳-۸۸۷.

McLean E. O. ۱۹۷۶. Exchangeable K levels for maximum crop yield on soils of different cation exchange capacities. Commun. Soil Sci. Plant Anal,۷: ۸۲۳-۸۳۸.

Page A. L., Miller R.H. and Keeney D. R. ۱۹۸۲. Methods of soil analysis. Madison, USA, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America.

R mheld V. and Kirkby E. A. ۲۰۱۰. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. Plant and Soil, ۳۳۵: ۱۵۵-۱۸۰.

Schindler F. V., Woodard H. J. and Doolittle J. J. ۲۰۰۵. Assessment of soil potassium sufficiency as related to quantity-intensity in montmorillonitic soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal, ۳۶ (۱۵-۱۶): ۲۲۵۵-۲۲۷۰.

Sparks D. L. and Liebhardt W. C. ۱۹۸۱. Effect of Long-Term Lime and Potassium Applications on Quantity-Intensity (Q-I) Relationships in Sandy Soil. Soil Science Society of America Journal, ۴۵ (۴): ۷۸۶-۷۹۰.

Abstract

Potassium (K) is an essential nutrient for plant growth. There are equilibrium reactions among the various forms of soil K. The prediction of plant available soil K has proven to be a difficult task due to the complexity of the dynamic equilibrium among the various forms of soil K. The potassium quantity – intensity (Q/I) relations and its parameters provides useful information on K status of the soils. For this propose, the K status of some soil series under maize cropping was determined by using Q/I relationships. The results indicated that PBC^{K} values ranged from ۲۵.۱۲ to ۹۱.۸۴ $cmol_c kg^{-1}$ $(mol/L)^{-½}$, with a mean value ۳۶.۹۴ $cmol_c kg^{-1}$ $(mol/L)^{-½}$. This result shows that the potassium deficiency occurred in the studied soils. The positive values obtained for parameters of K_x and K also implies that the studied soils have potassium deficiency. The results indicated that the K concentration in leaves of the maize plant (*Zea mays*. *Cv*, ۷۰۴ Karoon) grown under greenhouse conditions, is less than ۲.۵ percent (the determined critical level of plant potassium for maize).