تاثير دورات الترطيب والتجفيف على تحرر البوتاسيوم المضاف الى بعض الترب الكلسية من شمال العراق

محمد علي جمال العبيدي رائدة اسماعيل عبدالله الحمداني فاتح عبد سيد حسن
قسم علوم التربة والمياة / كلية الزراعة والغابات /جامعة الموصل / العراق

الخلاصة

تم دراسة تاثير تناوب الترطيب والتجفيف على نمط سلوكية تحرر البوتاسيوم الموروث طبيعياً والمضاف الى تربتين كلسيتين مصنفة تحت مجموعة الترب العظمى Calciorthid ذات سيادة معدنية لمعدن السمكتايت باستخدام تقنية الراتنج المشبع بالكالسيوم لمتابعة عملية التحرر بعد اضافة مستويات من البوتاسيوم (صفر و١٠٠،٢٠٠،٤٠٠ ملغمK .كغم$^{-1}$) على هيئة كلوريد البوتاسيوم.وقد اشارت النتائج بان تذبذب المحتوى الرطوبي من خلال تناوب ترطيب وتجفيف الترب زاد من زيادة تحرر البوتاسيوم الموروث طبيعياً والمضاف باتجاه المستودع الراتنجي لغاية دورة الترطيب والتجفيف العاشرة بدون حصول تفاعل عكسي نحو طور التربة الصلب ، وتفوق البوتاسيوم المتحرر من التربة الناعمة القوام على البوتاسيوم المتحرر من التربة الخشنة القوام وان عملية التسميد البوتاسي مع تناوب الترطيب والتجفيف زاد من فرصة تحرر كميات اضافية من البوتاسيوم نحو المستودع الراتنجي.

المقدمة

يعد البوتاسيوم من العناصر السريعة الحركة في جسم التربة من خلال تاثره بالرطوبة (كدرار عمليات الري والتجفيف) . فقد أشار Dowdy واخرون (١٩٦٣) و Badraoui واخرون (١٩٨٩) وAssimakopoulos واخرون (١٩٩٤) ان رطوبة التربة تلعب دور كبير في كمية البوتاسيوم المتحرر وسرعة تحرره من خلال عمليات تعاقب الترطيب والتجفيف وشدة الغسل الى اعماق التربة ومن خلال عملية الترطيب فان الطبقات البلورية للمعادن تتمدد مما يؤدي الى زيادة تحرر البوتاسيوم من خلال الغسل الذي يؤدي الى حركة البوتاسيوم الى اعماق التربة وتحرره.و قدر Brady وWeil (٢٠٠٤) ان مايتحرر من البوتاسيوم في تربة ذات نسجة مزيجية غرينية تحت ظروف رطبة عن طريق الغسل يزيد عن ٣٥ طن.هـ$^{-1}$ في حين اكد الزبيدي واخرون (١٩٩٤) الى دور الغسل في حركة وتحرر البوتاسيوم غير المتبادل من التربة.وتعد الترب الغنية بمعادن المايكا والتي تزرع باستمرار أكثر تأثرا بعمليتي التثبيت والتحرر لعنصر البوتاسيوم وان مدى استجابتها للتسميد يتحكم بها البوتاسيوم الموروث طبيعيا Indigenous او المضاف سابقاً وان الفهم المتكامل للاليات المسؤولة عن عملية التثبيت تساعدنا في تطوير الاستراتيجيات الموضوعة للادارة الخصوبية للترب نحو أعلى كفاءة امتصاص للبوتاسيوم سواء من التربة او من السماد (Olkواخرون، ١٩٩٥) . ان تكرار عمليات الترطيب والتجفيف تؤثر على ميكانيكية تثبيت وتحرر البوتاسيوم فعلى العموم فان التجفيف الهوائي غالبا مايحدث تثبيت كميات معتبرة من البوتاسيوم المضاف (Mclean وWatson١٩٨٥) . وفي حالة عدم وجود اضافات سمادية جديدة من البوتاسيوم فان دورات الترطيب والتجفيف قد تسمح اما بتثبيت البوتاسيوم او تحريره وهذا يعتمد على نوع ونسب معادن التربة الطينية ودرجة الحرارة وكمية البوتاسيوم المتحرك. وان التغيرات التي تطرا على البوتاسيوم الجاهز خلال عمليات الترطيب والتجفيف سوف يعكس الاتزان التدريجي للبوتاسيوم من مخازنه المتعددة في التربة.وان التفاعلات الفيزوكيميائية جميعها في التربة ترتبط بعامل المحتوى الرطوبي وان التذبذب الحاصل يؤثر على عملية الانتشار الايوني للبوتاسيوم. كما ان عمليتي الامتزاز والتحرر تعد من العمليات المسيطرة والمؤثرة في توازن البوتاسيوم الذائب والمضاف الى التربة اذ تبقى المواقع والاسطح ذات تراكيز غير متجانسة نتيجة لعدم المزج التام بين الكمية المضافة والتربة مما يشجع على عملية الانتشار(Mengel،١٩٨٥).

اكد العديد من الباحثين الى لن ديناميكية تفاعل السماد البوتاسي المضاف الى التربة يرتبط بمدى استهلاك او استزاف البوتاسيوم بفعل الزراعة او الغسل المستمر مما يؤدي الى استمرار عملية التحرر من الطور الصلب تعويضاً لحالة النقص بغية الوصول الى الاتزان الديناميكي بين طوري التربة السائل والصلب (Sparks،١٩٨٧ و٢٠٠٠) . ونظراً لما تتعرض اليه الترب العراقية الى ظاهرة تناوب الترطيب والتجفيف سواء تحت ظروف الزراعة الديمية او الاروائية بسبب الظروف البيئية السائدة والمتطرفة في

تاريخ تسلم البحث ٢٠٠٩/٣/١٢ وقبوله ٢٥ / ٦ /٢٠٠٩

العراق . لذا بات من الضروري تسليط الضوء على سلوكية التفاعل للسماد البوتاسي تحت حالات تناوب الترطيب والتجفيف في تربتين مختلفتين.

مواد البحث وطرائقه

أجريت تجربة مختبرية على تربتين مختلفتين النسجة اخذت من الافق السطحي (صفر -٣٠ سم) والمصنفة ضمن رتبةAridsol الاولى من موقع كلية الزراعة والغابات ضمن جامعة الموصل ذات نسجة طينية Calci-camborthids والثانية من موقع الدنـدان ذات نسجة المزيجيةCalciorthids حسب دليل المسح لعام ١٩٩٢ (SSLF). جففت عينات الترب ثم طحنت ومررت من خلال منخل فتحاته ٢ملم واجري لها تحليل كيميائي وفيزيائي حسب الطرائق الواردة في Rowell (١٩٩٦) حسب الجدول (١) . رطبت التربتين الى حد السعة الحقلية باضافة الماء المقطر لها بشكل رذاذ باستعمال مرشة مع مزج التربة باستمرار خلال عملية رش الماء بعدها وضعت التربة في علب بلاستيكية سعة ١كغم تربة جافة في المختبر. ولاجل دراسة تاثير تناوب الترطيب والتجفيف على تحرر البوتاسيوم الاصلي والمضاف فقد عوملت التربتين باربعة مستويات من التسميد البوتاسي (صفرو١٠٠و٢٠٠و١٠٠ ملغم K.كغم$^{-1}$) على شكل كلوريد البوتاسيوم وتركت الترب المعاملة للاتزان الهادئ على درجة حرارة ثابتة ٢٩٨ كلفن الى حد الجفاف هوائياً ، اعيد بعدها الترطيب الى السعة

الجدول (١) : بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية والمعدنية لتربتي الدراسة

الصفة	الوحدة	التربة		الصفة	الوحدة	التربة	
		المزيجية	الطينية			المزيجية	الطينية
الرمل	غم. كغم$^{-1}$	٣١٢	٢٢٤	درجة تفاعل التربة		٧.٦	٧.٨
الغرين	غم. كغم$^{-1}$	٤٠٠	٢٠٣	التوصيل الكهربائي	dS.m^{-1}	٠.٢٤	٠.٣٧
الطين	غم. كغم$^{-1}$	٢٨٨	٥٧٣	معادن الكاربونات	غم. كغم$^{-1}$	٢٤٤	٢٤٥
النسجة		مزيجية	طينية	المادة العضوية	غم. كغم$^{-1}$	١٨.١	٢٢.٤
السعة الحقلية	غم. كغم$^{-1}$	١٧٧	٢٥٠	السعة التبادلية للأيونات الموجبة	سنتي مول.كغم$^{-1}$	١٩.٨	٣٥.٥
البوتاسيوم الجاهز	ملغم.كغم$^{-1}$	١٠٥.٩	١٧٥.٤	المعادن%			
المعادن %				الكلورايت			٢٣.٣٠
المونتموريللونيت			٣٣.٦٠	الكاوؤلينات			١٧.٤٠
الايلايت			٢٥.٧٠				

الحقلية باستعمال القوالب الجبسية حسب Heerman و Juma (١٩٩٣).ولاجل متابعة التغيرات التي طرأ على وضع البوتاسيوم المتبادل فقد تم استخدام الراتنجات المشبعة بالكالسيوم التي دفنت بالتربة داخل الاصص البلاستيكية بعدد ١٠ كبسولات على مدى عشرة دورات ترطيب وتجفيف مدة الدورة الواحدة ٧ أيام. بعدها تم اخراج الكبسولات بعد كل فترة ترطيب وتجفيف وافراغ محتوياتها من الراتنج في ٢٥ مل من حامض الهيدروكلوريك ٢ مولار وفق ماذكره Sherif و Hedia (٢٠٠١) والحمداني(٢٠٠٥)، ثم قدر البوتاسيوم في المستخلص الحامضي بطريقة اللهب الضوئي حسب Rowell(١٩٩٦).حللت نتائج التربتين حسب الطريقة الواردة في Klute(١٩٨٦)، تم فصل مفصول الطين لغرض التحليل المعدني باستعمال جهاز الاشعة السينية بطريقة X-ray diffraction (Jackson،١٩٧٩).

النتائج والمناقشة

تشير النتائج المبينة في الجدول(٢) الى انخفاض البوتاسيوم الاصلي الموروثIndogenous والمصنوك على سطح المستودع الراتنجي المشبع بالكالسيوم حيث بلغ ٩Kملغم.كغم$^{-1}$ عقب دورة الترطيب والتجفيف الاولى للتربة المزيجية و٤٥ ملغمK .كغم$^{-1}$للتربة الطينية وان لتعاقب دورات الترطيب والتجفيف أثر كبير في زيادة التحرر لغاية الدورة العاشرة التي بلغ عندها البوتاسيوم ٢٥ ملغمK.كغم$^{-1}$ محققاً زيادة في الجاهزية قدرها ١٧٧% في التربة المزيجية بينما سجل اعلى مستوى تحرر للبوتاسيوم الاصلي الموروث

٦٢ ملغم K.كغم$^{-1}$ في التربة الطينية عقب دورة الترطيب والتجفيف العاشرة حيث بلغت نسبة الزيادة ٣٨% وهذا يعود الى دور تناوب الترطيب والتجفيف في تمدد وتقلص طبقات الطين وتحرر جزء البوتاسيوم المحصور بين الطبقات (Sparks، ٢٠٠٠).او ان التغيرات التي تطرأ على البوتاسيوم المتحرك خلال عمليات الترطيب والتجفيف سوف يعكس الاتزان التدريجي للبوتاسيوم من مخازنه المتعددة في الـ تربة باتجاه تحرر البوتاسيوم

الجدول (٢) : تاثير تناوب الترطيب والتجفيف على تحرر البوتاسيوم الموروث طبيعياً

دورة الترطيب والتجفيف	البوتاسيوم المتحرر ملغم.كغم$^{-1}$		المعدل
	التربة المزيجية	التربة الطينية	
١	٩	٤٥	٢٧
٢	١٢	٥٢	٣٢
٣	١٥	٥٧	٣٦
٤	١٧	٥٧	٣٧
٥	١٩	٥٩	٣٩
٦	٢١	٥٩	٤٠
٧	٢١	٦١	٤١
٨	٢٣	٦٢	٤٢.٥
٩	٢٤	٦٢	٤٣
١٠	٢٥	٦٢	٤٣.٥

الى حد معين (Mclean و Watson ،١٩٨٥).كما ان تذبذب الرطوبة في المراحل النهائية للتجفيف للترب ذات سيادة لمعادن الفيرموكولايت او السمكتايت يمكن ان يحدث لها سحب جزئية ماء مما يجعلها تتقارب وبالتالي يحصل حجز للبوتاسيوم Trapping K (Sparks وHung ،١٩٨٥).او قد يحصل تحرر بتفاعل غير عكسي في التربة عندما يحصل له استبدال عن طريق البروتونات H^+ المتحررة من عملية نزع الماء من جذر الهيدرونيوم (Jackson وLuo،١٩٨٥ وLuo وJackson،١٩٨٦) في حين تحصل عمليتين متصلتين خلال عملية التجفيف الاولى تثبيت البوتاسيوم في حواف المواقع التبادلية للطبقات الداخلية Interleyer بينما يحدث Exfoliation لطبقات الطين مما يحرر البوتاسيوم(Scott وSmith ،١٩٥٧) وان صافي الناتج يمكن ان يكون اما تحرر او تثبيت اعتماداً على العملية السائدة.

ان استمرار عملية التحرر لغاية دورة الترطيب والتجفيف العاشرة يوضح لنا وبشكل قاطع على استمرارية عملية تدفق وانتشارية البوتاسيوم من الطور الصلب للتربتين باتجاه المستودع الراتنجي لغاية الدورة العاشرة وعدم تناقصها مما يعكس وبوضوح دور السطح الصلب في التربتين على استمرارية التحرر ويعكس اهمية نوع المعدن الطيني السائد ونسبته (السمكتايت) الجدول(١) ،وهذا يتفق مع ماتوصل اليه العابدي(٢٠٠٥) لتربة عراقية مماثلة من شمال العراق مؤكداً فيه على دور معادن السمكتايت في زيادة سعة التحرر.ان ماحصلنا عليه يحفزنا الى امكانية الشروع في دراسات وابحاث لاحقة ولترب عديدة لتقييم تحرر البوتاسيوم الموروث طبيعياً بعمليات الترطيب والتجفيف.

اما دور تناوب الترطيب والتجفيف على تحرر البوتاسيوم الممتز: تشير النتائج المبينة في الجدول (٣) الى تباين النسجتين في تحرر البوتاسيوم الممتز وان كمية البوتاسيوم المسترد بعد امتزازه ازدادت بزيادة معدلات الاضافة السمادية حيث ازدادت الكمية المستردة من البوتاسيوم الممتز من ٣٢ الى ٦٢ % بازدياد التسميد البوتاسي من ١٠٠الى٤٠٠ ملغم.كغم$^{-1}$ للتربة المزيجية ومن ٧٣ الى ٨٣ % للتربة الطينية وهذا يرجع الى ان وتيرة التسميد البوتاسي المتزايدة ساهمت في اشباع المواقع التبادلية المتخصصة وغير المتخصصة للبوتاسيوم للوصول الى أقصى حد امتزازي مما يسهم في خفض طاقة الربط وبالتالي سهولة تحرره وزيادة جاهزيته.كما ان عملية التسميد ادت الى جذب عدد كبير من مواقع الامتزاز ذات الفعالية العالية لبوتاسيوم السماد في التربة من اجل اشباع معقد التبادل(طور التربة الصلب) لاجل سد حاجة النقص التي تعاني منها التربة. لذا فان التربة الناعمة القوام تمتلك سعة امتزازية عالية مما يجعلها تحتاج الى المزيد

من البوتاسيوم كي تجهزه الى تركيز مناسب في محلول التربة باتجاه المستودع الراتنجي الذي يتبادل معه وفق المعادلة الاتية:

$$K\text{-soil} + \quad Ca\text{-resin} \quad \rightleftharpoons \quad 2K\text{-resin} + Ca^{+2} \quad \text{----------} \quad (1)$$

لذا فان اعلى كمية بوتاسيوم مستردة بعد الامتزاز كانت من نصيب التربة الطينية والبالغة ٣٣٢ ملغم.كغم$^{-1}$ عقب دورة الترطيب والتجفيف العاشرة بينما سجلت اقل كمية بوتاسيوم مستردة بعملية التحرر في التربة المزيجية والبالغة ٢٥٠ ملغم.كغم$^{-1}$ عند مستوى اضافة بوتاسية قدرها ٤٠٠ ملغم.كغم$^{-1}$ وهذا يعود الى زيادة نسبة معدن الايلايت فيها(الجدول١) وبالتالي فان الترب تمتز البوتاسيوم بكمية اكبر (Sparks ١٩٨٧،).

وبغض النظر عن تكرار عمليات الترطيب والتجفيف يلاحظ من الجدول(٣) بأن عمليات اضافة البوتاسيوم الى التربة بوتاير متزايدة ادت الى رفع النسبة المئوية للبوتاسيوم المسترد من ٣٢ الى ٦٢% في التربة المزيجية بينما بلغت هذه النسبة من ٧٣ الى ٨٣ % في التربة الطينية حيث يلاحظ من الجدول(٣) رغم ارتفاع سعة البوتاسيوم المتحرر في التربة الطينية الا ان زيادة وتاثر التسميد من ١٠٠ الى ٤٠٠ ملغم.كغم$^{-1}$ ادت الى زيادة سعة التحرر من ٧٣الى ٨٣ % مقارنة بالتربة المزيجية التي ازدادت فيها سعة التحرر من ٣٢-٦٢ رغم قلة الطين فيها وهذا يعود الى ارتفاع محتوى التربة المزيجية من معدن السمكتايت ٥٤% مقارنة بالتربة الطينية ذات المحتوى المنخفض من هذا المعدن ١٤% مما انعكس على كمية التحرر وهذا يتفق مع ماشار اليه Shaviv(١٩٨٥) وBadraoui واخرون(١٩٨٩) وحسين (٢٠٠٧). لما اذا اخذنا تاثير الترطيب والتجفيف بغض النظر عن مستويات التسميد البوتاسي فيلاحظ ان مايتحرر من بوتاسيوم ممتز باتجاه المستودع الراتنجي شكل نسبة قدرها ١٧ و٤٠ % من المضاف عقب دورة الترطيب والتجفيف الاولى ارتفعت لتبلغ ذروتها ٤٨ و٧٨% للتربتين المزيجية والطينية على التوالي عقب دورة الترطيب والتجفيف العاشرة ، مما يؤكد لنا وبوضوح دور عمليات الترطيب والتجفيف في تمدد وتقلص المعادن الطينية وبالتالي زيادة تحرر البوتاسيوم وخصوصا في الترب ذات السيادة المعدنية للسمكتايت والايلايت وبالتالي اطلاق وتحرير كميات اضافية للبوتاسيوم تخدم المحصول الزراعي خلال دورة حياته.

الجدول(٣): تاثير تناوب الترطيب والتجفيف على البوتاسيوم المسترد ملغم.كغم$^{-1}$

دورة الترطيب والتجفيف	البوتاسيوم المسترد عند مستويات تسميد ملغم.كغم$^{-1}$					
	١٠٠		٢٠٠		٤٠٠	
	التربة المزيجية	التربة الطينية	التربة المزيجية	التربة الطينية	التربة المزيجية	التربة الطينية
١	١٢	٤٠	٣٠	٧٤	٥٠	٩٥
٢	١٩	٥٩	٣٩	١٠١	٧٥	١١٠
٣	١٩	٦١	٤٦	١٢٥	٨١	١٢٥
٤	٢٠	٦١	٦٧	١٣٢	٨٢	١٤٥
٥	٢٢	٦٣	٧٢	١٣٥	٨٤	١٥٠
٦	٢٢	٦٩	٨٥	١٣٨	١٢٢	٢٥٠
٧	٢٥	٧٢	٩٠	١٤٨	١٥٢	٢٧٥
٨	٢٨	٧٢	٩٥	١٥٠	١٥٩	٢٧٨
٩	٢٩	٧٢	١٠٢	١٥٢	١٧٥	٣٣٠
١٠	٣٢	٧٣	١٠٢	١٦٠	٢٥٠	٣٣٢
%المتحرر	٣٢	٧٣	٥١	٨٠	٦٢	٨٣

EFFECT OF WETTING AND DRYING CYCLES ON ADDED POTASSIUM RELEASE TO SOME CALCAREOUS SOILS IN NORTH IRAQ

M.A-alobaidi R.E.Al-Hamadany F.A.-sied Hassan
Dept.of Soil &Water Sci.College of Agric.&Foresty, Univ.of Mosul, Iraq

ABSTRACT

Two surfaces soils horizon from calcareous soils in Mosul city classified as calciorthid with semictite dominance were chosen to study the effect of wetting and drying cycles on release of native and added potassium.Potassium was added to soil samples at rate (0,100,200,and 400 mgk.kg^{-1}) as potassium chloride.

Potassium release was determined by using Ca-resin capsules for 10 cycles of wetting to F.C and drying. Results showed that flaccuted water conten drying wetting and drying cycles increased of K-release of pedogenic and K-added to Ca-resin capsules until the tenth of wetting –drying cycle.Fine texture release more pedogenic K than coarse texture, also potassium fertilization rates with wetting and drying cycles increased of K-release to Ca-resin capsules.

المصادر

حسين ، عبد الرحمن سمو (٢٠٠٧). دراسة سلوكية وحركيات امتزاز وتحرر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى .اطروحة دكتوراه.جامعة الموصل. كلية الزراعة والغابات.

الحمداني، رائدة اسماعيل عبد الله (٢٠٠٥).تاثير الكبريت في تطاير الامونيا من سمادي اليوريا ومخلفات الاغنام في تربة كلسية.اطروحةدكتوراه.جامعة الموصل.

الزبيدي ، أحمد حيدر وسامي جليل وراجح البدراوي (١٩٩٤). حالة البوتاسيوم والاستجابة للاسمدة البوتاسية في ترب مستصلحة.مجلة العلوم الزراعية العراقية . ٢٥ :٥٨-٧٠.

Assimakopoulos , N.J.Yassoglou and C.P. Bovis (1994).Effects of incubation at different water content , air –drying and K-additions on potassium availability of vertisol sample.Geoderma 61:223-236.

Badraoui , M.and P.R.Bloom (1989).The effect of wetting and drying cycles ,temperature and extracting solution on measured potassium fixation in soils of two regions of Morocca Comm.in Soil Sci. and Plant Anal 20 (13&14):1353-1375.

Brady ,N.C. , and R.R.Weil (2004) .Element of the nature and properties of the soils (Second Edition) Pearson Prentice Hall.

Dowdy , R.H.and T.B. Hutcheson (1963). Effect of exchangeable potassium levels and drying on release and fixation of potassium by soils as related to clay mineralogy. Soil Sci. Soc.Am.Proc.27:31-34.

Heerman ,D.A.,and N.G.Juma (1993). Comparison of minerlization core and monolith methods for quantifying barley distribution .Plant and Soil .148(1):29-41.

Jackson , M.L.(1979).Soil chemical analysis Advance coarse 2nd.Ed. printed by the author.Univ of Wisconson ,Madison , Wisconson.

Jackson ,M.L.and I.X.Luo (1985) .Potassium release on drying of soil nonexchangeable by protonation of Micas Soil Sci. .141:225-229.

Klute , A.(1986).Methods of soil anaylsis Part 1 ,Agronomy 9:101-150.

Luo ,J.X.and M.L.Jackson (1985)..Potassium release on drying of samples from avarity of weathering regimes and clay mineralogy in China.Geoderma 35:179-208.

Mclean ,E.O. and M.E.Watson (1985). Soil measurement of plant available potassium :227-308.in R-D.Muson(ed)Potassium in agriculture A.S.A CSSA.and SSA ,Madison ,W.I.

Mengel ,M.H. (1985).Dynamic and availability of Major nutrients in soils Adv.Soil Sci.2:65-115.

Olk , D.L.,K.G.Gassman and R.M.Carlson (1995).Kinetics of potassium fixation in vertmiculite soils under different moisture regimes.Soil Sci.Am.J.59:423-429.

Rowell , D.L.(1996).Soil science methods and applications langman Group UK Limted.

Scott , T.W.,and F.W. Smith (1957).Effect of drying upon availability of potassium in Parsons silt loam surface soil and sub soil .Agron.49:337-381.

Shaviv ,A.,P.E.Mohsin ,E.Part and S.V.Mattigod (1985). Potassium fixation characteristics of five southern California soils. Soil Sci.Soc.Am.J.49:1105-1109.

Sherif , F.K.,and M.R. Hedia (2001). Evalution of resin capsules for monitoring aviliability and movement of nutrients in Egyptian soil .Alex.J.Agron.Res. 46(3):119-128.

Soil Survey Laboratory Staff (1992).Soil Survey Laboratory methods manual . Soil Surv. Invest Reps 42 USDA –SCS. Washington ,D.C.

Sparks , D.L.(1987).Potassium dynamic in soil .Adv.Soil Sci. 6:1-63.

Sparks , D.L. (2000). Bio – availability of soil potassium .In Handbook of soil Walcolml Sumnered 2000 GRC Press. New York.