مجلة زراعة الرافدين
ISSN: 2224-9796 (Online)
ISSN: 1815 – 316 X (print)
المجلد (٤٠) العدد (١) ٢٠١٢

دراسة مقاييس الشدة والسعة لعنصر البوتاسيوم في بعض الترب الكلسية / محافظة نينوى

محمد طاهر سعيد خليل
كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل

الخلا صة

درست القدرة التنظيمية لتجهيز البوتاسيوم باستخدام أسلوب Beckett للتعرف على بعض المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم واستخدامها كتقويم للحالة الخصوبية في بعض الترب الكلسية السائدة في محافظة نينوى / شمال العراق. أشارت النتائج الى سيادة معدني السمكتايت والأيلايت في الجزء الطيني للترب، وأتضح أن الفعالية النسبية للبوتاسيوم في ترب الدراسة تراوحت من ١١٩,٤٨×١٠$^{-٣}$ - ٣٠٠,٦٩×١٠$^{-٣}$ مول.لتر$^{-٢/١}$ ، و البوتاسيوم المتحرك من ٣٨,٨٢ - ١٠٤,٦١ سنتي مول.كغم$^{-١}$فيما تراوحت قيم جهد السعة التنظيمية للبوتاسيوم من ٠,١٥ - ٠,٨٠ سنتي مول.(كغم.مول$^{-١}$) $^{-٢/١}$، والطاقة الحرة الاستبدالية من- ٥٢,١٧ الى - ٢٩,٥١ سعرة.مول$^{-١}$.أما معامل كابون فقد تراوح من ٠,٠٠٨ - ٠,٠٣ لتر.مول$^{-١}$ استنادا إلى قيم القدرة التنظيمية لجهد البوتاسيوم المجهز والطاقة الحرة الاستبدالية فأن نتائج التقويم الخصوبي أشارت إلى أن ترب الدراسة متوسطة التجهيز بالبوتاسيوم.

المقدمة

لعلاقات (الشدة / السعة) للبوتاسيوم دورا مهما في التنبؤ بجاهزية البوتاسيوم لذا بات من الضروري دراسة حالة وسلوكية هذا العنصر وإعادة النظر في تقويم قدرته الأمدادية وفق أسس ثرموديناميكية للتعرف على جاهزيته للنبات بهدف رفع الإنتاج الزراعي من خلال استخدام معايير الشدة والسعة (Sparks و Leopard ، ١٩٨١). أن أول من طبق هذا المفهوم Woodruff (١٩٥٥) ويرى Zarrabi و Jalal (٢٠٠٨) و Saleque وآخرون (٢٠٠٩). أن حالة التوازن الديناميكي لعنصر البوتاسيوم بين طوري التربة الصلب والسائل يعتمد على مفهوم التبادل الأيوني وفق قانون النسب Ratios Law لأيونات البوتاسيوم والكالسيوم أضافة للمغنيسيوم وأن هذا التبادل الأيوني يعد من الطرائق الفيزيوكيميائية المهمة للتعرف على جاهزيته من خلال بعض المقاييس الثرموديناميكية $(K_G, -\triangle G, PBC_i^K, K_L, AR_i^K)$ التي تساعدنا في فهم الحالة الخصوبية للتربة بغية تحديد الأحتياجات السمادية للبوتاسيوم ، إذ تعبر نسب فعالية البوتاسيوم AR_i^K عن شدة البوتاسيوم في طور التربة السائل المتوازن مع طور التربة الصلب والذي يعبر عنه بالخزين القابل للتحرر($\pm\triangle k$) وبوتاسيوم المواقع المتخصصة وغير المتخصصة (Wang وآخرون ، ٢٠٠٤) التي لها الدور الكبير في أمداد البوتاسيوم الى طور الترب السائل (Subba و Srivastava ، ٢٠٠١) عندما لا يحدث كسب أو فقد للبوتاسيوم. لقد جرت محاولات عديدة في العراق لتطبيق مفهوم الشدة والسعة للتحري عن حالة البوتاسيوم واستنتج بإمكانية استخدام هذا المفهوم بنجاح ، فقد توصل الباحثون حسين (١٩٨٢) و ألعبيدي و خضير (١٩٩٨) و حسين وآخرون (٢٠٠١) إلى أمكانية استخدام معايير الديناميكا الحراري للبوتاسيوم في طوري التربة السائل والصلب من فعالية أيونية وطاقة حرة وعلاقة سعة الطور الصلب وشدة البوتاسيوم في طور التربة السائل المستندة على أسس نظرية وتجريبية لتقييم حالة البوتاسيوم في التربة.

الهدف من دراستنا الحالية هو تقويم الحالة الخصوبية للبوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى من خلال استخدام بعض المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم.

مواد البحث وطرائقه

جمعت ست نماذج ترب كلسية من محافظة نينوى/ شمال العراق موزعة على مواقع بعشيقة١، وكرمليس١،٢ ضمن رتبة Aridisols ومواقع بعشيقة٢ و برطلة١،٢ ضمن رتبة Inceptisols (Anonymous، ١٩٩٢) على عمق صفر-٣٠ سم.هذه الترب تمثل مدى واسعا من الترب المتأثرة

تاريخ تسلم البحث ٨ / ٢ / ٢٠١١ وقبوله ١١ / ٤ / ٢٠١١

ISSN: 2224-9796 (Online)
ISSN: 1815 – 316 X (print)
المجلد (٤٠) العدد (١) ٢٠١٢

بالكربونات جففت هذه الترب هوائيا ومررت من خلال منخل ٢ ملم و قدرت فيها كمية المفصولات الثلاث
الطين والغرين والرمل وكربونات الكالسيوم الكلية والنشطة والمادة العضوية والسعة التبادلية للأيونا ت الموجبة CEC والدالة الحامضية pH والتوصيل الكهربائي EC بالطرق الموصوفة سابقا، (Barauh و Barthakur، ١٩٩٩). فحصت المعادن الطينية لمفصول الطين في هذه الترب باستعمال جهاز حيود
الأشعة السينية في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي، والخواص الفيزيائية و الكيميائية والمعدنية لهذه الترب موضحة في الجدولين (١) و (٢). درست حالة الاتزان التبادلي للبوتاسيوم بين طوري التربة السائل والصلب وفق الأسلوب المقترح من قبل Beckett (١٩٦٤) وذلك بمعاملة ٥ غم من التربة مع ٥٠ مل من محلول كلوريد الكالسيوم ٠,٠٠١ مولاري يحوي على تراكيز متزايدة من البوتاسيوم بهيئة كلوريد البوتاسيوم (صفر و ٠,١ و ٠,٢ و ٠,٤ و ٠,٨ و ١ و ٢) مول. لتر$^{-1}$. تركت المعلقات للاتزان الهادئ لمدة ٤٨ ساعة وعند درجة حرارة ثابتة ٢٩٨ ± ١ كلفن . فصلت رواشح الاتزان وقدر فيها كل من البوتاسيوم الذائب والمتبادل وغير المتبادل باستخدام جهاز قياس العناصر باللهب الضوئيflame photometer الجدول (٢) ، كما قدر الكالسيوم والمغنيسيوم بطريقة التسحيح مع محلول الفرسين EDTA في مستخلصات الترب المتزنة.

الجدول (١) : بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب الدراسة

ت	الموقع	طين	غرين	رمل	$CaCO_3$		مادة عضوية	EC	pH	CEC
					كلية	نشطة				سنتي مول. كغم$^{-1}$
		غم.كغم$^{-1}$						dS.m^{-1}		
١	بعشيقة ١	٣٨٥	٣٨٢	٢٣٣	١٨٢	٦٣	١٦,٥	٠,٢٩١	٧,٤	١٨,٥
٢	كرمليس١	٣٧٥	٣٩٢	٢٣٣	٢٠٨	٧٢	١٤,٧	٠,٤٨٧	٧,٥	١٨,٢
٣	كرمليس٢	٣٦٤	٣٨٣	٢٥٣	٢٧٠	٩١	١٥,٤	٠,٣٣٩	٧,٢	٢٢,١
٤	بعشيقة ٢	٣٣٥	٣١٥	٣٥٠	٢٠٢	٧١	١٦,٧	٠,٨٦٩	٧,٦	١٨,٩
٥	برطلة ١	٣١٩	٤٨١	١٩٨	١٩٤	٦٨	١٣,٦	٠,٥٩٨	٧,٣	١٥,٦
٦	برطلة ٢	٢٣٩	٥٣١	٢٣٠	٢١٠	٦٩	١٢,٢	٠,٤١١	٧,٥	١٣,٢

حسب معامل الفعالية الأيونية fi وفق معادلة Davis المحورة وكالآتي:

$$-\log fi = \frac{AZi^2\sqrt{I}}{1+\sqrt{I}} - 0.3\ I \quad (١)$$

أذ أن A = ٥٠٩ (مقدار ثابت) ، Zi^2 = مربع شحنة الأيون ، I = القوة الأيونية والتي تحسب
وفق معادلة (Griffi و Jurinak (١٩٧٣) وكالآتي :

$$I = 0.013 \times EC \quad \text{------} \quad (٢)$$

أما الفعالية للأنواع الأيونية Mg , Ca , K فقد حسبت كالآتي :

$$a = c \times f \quad \text{-- (٣)}$$

أذ أن : α : الفعالية الأيونية مول.لتر$^{-1}$ ،
c : التركيز الأيوني مول.لتر$^{-1}$
حسبت نسب الفعالية الأيونية للبوتاسيوم (عامل الشدة I) في محلول الاتزان استنادا إلى قانون النسب وكالآتي:

$$AR_e^K = \frac{\alpha_{k+}}{\alpha_{(Ca^{2+}+Mg^{2+})}^{1/2}} \quad \text{------} \quad (٤)$$

لقد رسمت قيم الفعالية النسبية على المحور السيني بينما رسمت ±△k المحسوبة (من الفرق في تركيز البوتاسيوم قبل وبعد الاتزان) على المحور الصادي للحصول على منحنيات الشدة والسعة والتي من خلالها حسبت المعايير التالية :

١- قيم AR_e^K مول.لتر$^{-1/2}$ عندما يكون هناك فقدان واكتساب للبوتاسيوم أي △K= صفر.

٢- البوتاسيوم القابل للتحرر K_L سنتي مول.كغم$^{-1}$ من امتداد تقاطع المنحني مع المحور الصادي .

٣- K_e من امتداد المنحني من المنطقة التي يكون فيها AR_e^K عند قيمة ΔK = صفر.

٤- السعة التنظيمية لحهد البوتاسيوم PBC_e^K سنتي مول.(كغم.مول$^{-1}$)$^{-1/2}$ حسبت بقسمة ΔK_e على AR_e^K. ميل العلاقة الخطية.

الجدول (٢) : صيغ البوتاسيوم المختلفة والمعادن الطينية السائدة في ترب الدراسة

ت	الموقع	محتوى الترب من البوتاسيوم			معادن الطين حسب السيادة			
		ذائب	متبادل	غير متبادل	Sem.	ill.	Chl.	Bad.
		مول.م$^{-3}$	سنتي مول.كغم$^{-1}$					
١	بعشيقة ١	٣,٥٨	٠,٥٥	١,٦	٤	٣	٢	١
٢	كرمليس١	٣,٧	٠,٦٣	١,٦٥	٤	٣	٢	١
٣	كرمليس٢	١,٥٣	٠,٧٥	١,٩٢	٤	٣	١	١
٤	بعشيقة ٢	٢,٥٦	٠,٦٥	١,٥	٤	٣	١	١
٥	برطلة ١	٣,٦	٠,٦٠	١,٦٦	٤	٣	٢	١
٦	برطلة ٢	٣,١	٠,٦٨	١,٨٣	٤	٣	١	١

ملاحظة : Trace = ١ ، Minor = ٢ ، Major = ٣ ، Dominant = ٤

٥- الطاقة الحرة الأستبدالية -△G سعرة.مول$^{-1}$ حسبت من المعادلة الآتية :

$$-\triangle G = RT \ln AR_e^K \quad \text{------} \quad (٥)$$

إذ أن : R = ٠,٠٨٢٤ (الثابت العام للغازات) ،

T = درجة الحرارة المطلقة

٦ - ثابت كابون لتر.مول$^{-1}$ استنادا إلى (Sparks ٢٠٠٠) وكما يأتي :

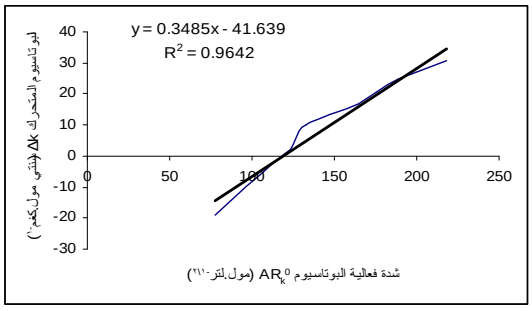
$$K_G = \frac{PBC_e^K}{CEC} \quad \text{------} \quad (٦)$$

النتائج والمناقشة

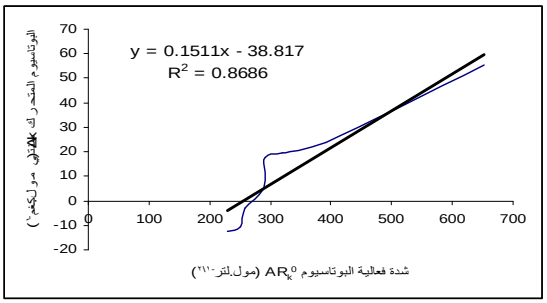
العلاقة بين عاملي السعة والشدة Q/I : تتجه هذه العلاقة نحو الخطية ، ويوضح الشكل (١) العلاقة بين عامل السعة الذي يعبر عن كمية البوتاسيوم المتحررة أو الممتزة على طور التربة الصلب كدالة لنسب فعالية البوتاسيوم في طور التربة السائل والذي يعبر عن شدة الجهد الكيميائي للبوتاسيوم المتحرك نسبة إلى الجهد الكيميائي لكل من أيوني الكالسيوم والمغنيسيوم المتحركة نحو محلول التربة. ويتضح من الشكل اختلاف الترب في معامل الانحدار وقيم التقاطع وهذا يرتبط بتباين محتوى الترب

من الطين والمادة العضوية وكربونات الكالسيوم والسعة التبادلية للأيونات الموجبة ومحتوى التربة من البوتاسيوم الذائب والمتبادل. وهذا يتفق مع ما أشار إليه حسين وآخرون (٢٠٠١) و Al-Zubaidi (٢٠٠٣) ورسول (٢٠٠٨). وتشير هذه المنحنيات إلى اختلاف قدرة الترب على تجهيز البوتاسيوم ومدى احتياجها إلى التسميد البوتاسي، إضافة إلى ذلك فأن شكل هذه الخطوط المستقيمة و سلوكيتها لعلاقة Q/I تعد صفة مميزة لكل تربة وتصف سلوكية البوتاسيوم وديناميكية أمتزازه وتحرره ، كما أن أمتداد الجزء المستقيم من هذه الخطوط يعبر عن البوتاسيوم الذي يتحرر من المواقع الممسوكة بقوة عالية وهذه تدعى بالمواقع المتخصصة (Wang وآخرون ٢٠٠٤)، كما أن جهد السعة التنظيمية PBC^K أزداد مع زيادة السعة التبادلية للأيونات الموجبة الجدول(١).

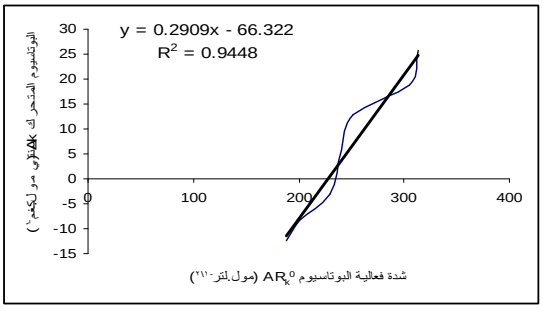
نسب الفعالية الأيونية للبوتاسيوم عند الاتزان AR^K : تشير النتائج المبينة في الجدول (٣) الى أن قيم AR^K التي تعبر عن شدة فعالية البوتاسيوم في طور التربة السائل عندما لا يحدث كسب أو فقد للبوتاسيوم في التربة. فقد سجلت أقل قيمة للفعالية الأيونية في موقع بعشيقة١ هي ١١٩,٤٨×١٠$^{-٣}$ مول.لتر$^{-٢/١}$ بينما سجلت أعلى قيمة للفعالية الأيونية في موقع برطلة١هي ٣٠٠,٦٩×١٠$^{-٣}$ مول.لتر$^{-٢/١}$ لنتائج التي حصلنا عليها تتفق مع ما حصل عليه كل من حسين (١٩٨٢) و راهي وآخرون (١٩٨٧) و Al-Nuaimi وآخرون (١٩٩٠) وحسين (٢٠٠٧) و رسول (٢٠٠٨) في دراستهم لترب عراقية مختلفة. وبالرجوع الى الحدود المقترحة من قبل Woodruff (١٩٥٥) والتي تبلغ٢٧×١٠$^{-٤}$ إلى ٣٤×١٠$^{-٣}$ مول.لتر$^{-٢/١}$ فأن هذه القيم تعد مقياسا للمحتوى الجاهز آنيا للتربة كما تدل على شدة البوتاسيوم في طور التربة السائل وليس له علاقة بقدرة الترب المختلفة على أمداد البوتاسيوم خلال فترة زمنية طويلة ووفق هذه الحدود نرى بأن الترب المدروسة تصنف خصوبيا بأنها متوسطة وقد يعود ذلك إلى معادن الترب المسؤولة عن تثبيت البوتاسيوم الجدول (٣) وانخفاض تحرره إضافة إلى ارتفاع قيم الدالة الحامضية pH المائل قليلا إلى القاعدية في وسط الاتزان مع دور لمعادن الكربونات في هذا الصدد فأن القيم متساوية الشدة لا تمتلك قدرة تنظيمية متساوية للحفاظ على الترب خلال فترة استنزاف هذا العنصر بواسطة جذور النباتات (Beckett ، ١٩٦٤). كما أن هذه القيم تدل على أن



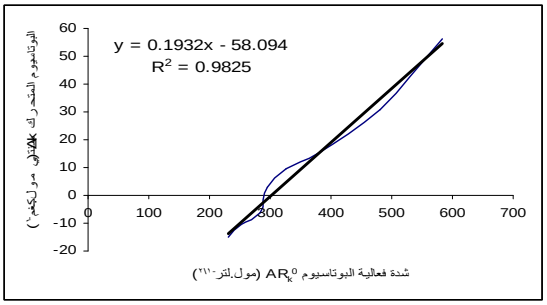
تربة بعشيقة١



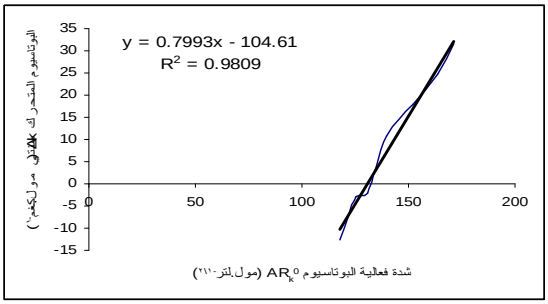
تربة بعشيقة٢



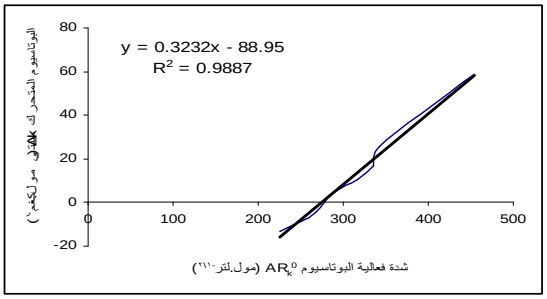
تربة كرمليس١



تربة برطلة١



تربة كرمليس٢



تربة برطلة٢

الشكل (١) : العلاقة بين (Q/I) للبوتاسيوم في ترب الدراسة.

جاهزية ثابتة للبوتاسيوم ولمدة طويلة على العكس من القيم المنخفضة لها مما يعطي مؤشرا واضحا بأنها تحتاج إلى تسميد بوتاسي وعلى فترات متقاربة . أن الاختلاف في قيم السعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم قد يعزى إلى اختلاف عدد المواقع النوعية للبوتاسيوم بين الترب وقدرتها على مسك البوتاسيوم ، وهذا يتفق مع ما توصل إليه السامرائي (١٩٩٦) . كما أن جهد السعة التنظيمية PBC^K أزداد مع زيادة السعة التبادلية للأيونات الموجبة الجدول (١)، على الرغم من ذلك لا يمكن التنبؤ بجهد السعة التنظيمية بالضبط من قيم السعة التبادلية للأيونات الموجبة لعدم تشابه قوة سطح امتصاص البوتاسيوم و كثافة شحنة السطح.

الطاقة الحرة للاتزان ΔG- : تعد هذه الطاقة دالة ثرموديناميكية أكثر شمولية لكشف تلقائية التفاعل لكونها تمثل محصلة عاملي التغير في السعة الحرارية وعشوائية التفاعل . وتستخدم من أجل ربط التغيرات بالطاقة التي تحدث في تفاعلات الأمتزاز استناد إلى معادلة (Woodruff ، ١٩٥٥) التي تعتمد قيم ثابت الاتزان الثرموديناميكي AR^K لنسب الفعالية الأيونية للبوتاسيوم عندما لا يحدث كسب أو فقد للبوتاسيوم . وتشير النتائج المبينة في الجدول (٣) بأن جميع القيم كانت سالبة مما يدل على تلقائية التفاعل وتراوحت من- ٥٢,١٧ سعره.مول$^{-1}$.في موقع بعشيقة١ إلى - ٢٩,٥١ سعره.مول$^{-1}$. في موقع برطلة١ وبمعدل قدره - ٣٨,٨٣ سعره.مول$^{-1}$. أن التغير الحاصل في قيم الطاقة الحرة $ln\ AR^K$ بين الترب يرتبط مباشرة بتغير ظروف أتزان محلول التربة م ع طورها الصلب. النتائج التي حصلنا عليها تتفق مع ما حصل عليه Sparks وLiebhart (١٩٨٢) والعبيدي و خضير (١٩٩٨). أن التقويم الخصوبي للترب وفق مفهوم الطاقة الحرة يشير إلى وضع خصوبي غير حرج بين الكفاية والنقص.

ثابت كابون K_G : تشير النتائج المبينة في الجدول (٣) إلى أن معامل الأفضلية (ثابت كابون) كمعيار للتمييز بين الترب المختلفة وكذلك في تحديد جاهزية البوتاسيوم بالنسبة للنبات. تراوحت القيم من٠,٠٠٨ لتر.مول$^{-1}$في موقع بعشيقة٢ إلى ٠,٠٣ لتر.مول$^{-1}$ في موقع كرمليس٢، أن هذه القيم تتفق مع ما حصل عليه حسين (١٩٨٢) و حسين (٢٠٠٧) ورسول (٢٠٠٨) في بعض ترب شمال العراق. إن معامل الأفضلية يمثل قيم شدة البوتاسيوم في طور التربة السائل، وأن القيم التي حصلنا عليها تعمل على خفض الجاهزية مع ارتفاع قيمها بحيث أن القيم المرتفعة يصاحبها انخفاض في تحرر البوتاسيوم والمتجه نحو الطور السائل، لذا نرى أن ترب كرمليس٢ و برطلة٢ هما أقل تحررا البوتاسيوم من بقية الترب.

نستنتج من البحث أن الترب قيد الدراسة امتازت بطاقة ربط عالية تعمل على مسك البوتاسيوم وبالتالي تقلل من الاستفادة من السماد المضاف لها لذا فأننا نحتاج إلى أدارة خاصة في التسميد البوتاسي لمثل هذه الترب. المعيار الذي يستخدم هو السعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم.

STUDY OF QUANTITY - INTENSITY OF POTASSIUM IN SOME CALCAEOUS SOILS IN NINEVEH PROVINCE

Mohammed Tahir Said Khalil
College of Agriculture and Forestry / University of Mosul

ABSTRACT

Potassium supplying power by using Beckett approach to evaluate some criteria of potassium thermodynamics and its uses an indicators to evaluate soil fertility in some arid soils sampled from six locations of Nineveh Province in northern of Iraq. The results showed that soils were dominated with semictite and illite clay minerals. Regarding to Q/I ratio suggested by Beckett, the activity ratios AR^K values ranged from 119.48 - 300.69×10^{-3} mole.$L^{-½}$, the labile pool of potassium K_L values ranged from 38.82 - 104.61 c.mole.kg^{-1} ,where potassium potential buffering capacity PBC^K values ranged from 0.15 - 0.80 c.mole.$(kg.mole^{-1})^{-½}$. On the other hand Gibbs free energy -△G values were negatively spontaneous reaction were ranged from - 52.17 to - 29.51 cal..$mole^{-1}$ and Gapon selectivity K_G values fluctuated from the range 0.008 - 0.030 L.$mole^{-1}$.

المصادر

حسين ، عباس جاسم (١٩٨٢) . دراسات عن بعض مقاييس السعة/ الشدة ومعاملات الأفضلية لعنصر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى. رسالة ماجستير، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.

حسين ، عباس جاسم و محمد علي جمال و هشام محمود حسن (٢٠٠١). تطبيق المعايير الثرموديناميكية لعلاقة الشدة و الكمية لتقويم حالة البوتاسيوم في بعض ترب شمال العراق محدودة الأمطار. المجلة العراقية للعلوم الزراعية ٢(١) : ٣٥-٤١.

حسين ، عبد الرحمن سمو (٢٠٠٧) . دراسة سلوكية و حركيات أمتزاز وتحرر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى . أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.

السامرائي ،عروبة عبدا (١٩٩٦) . حالة وسلوكية البوتاسيوم في الترب الجبسية (منطقة الدور). رسالة ماجستير، كلية الزراعة ، جامعة بغداد.

العبيدي ، محمد علي جمال و خضير أحمد محمد (١٩٩٨) . بعض معايير البوتاسيوم الثرموديناميكية في تصنيف الترب الزراعية لشمال العراق . مجلة زراعة الرافدين ، ٣٠(١) : ٤٢-٤٩.

راهي ، حمدا سليمان، سلمان خلف عيسى، عبدا حسين ومحمد علي جمال ألعبيدي (١٩٨٧) . حالة البوتاسيوم في بعض ترب محافظة أربيل، المجلة الزراعية العراقية. العلوم الزراعية. زانكو ٥ (٢) : ٩١-١٠٧.

رسول ، غفور احمد مام (٢٠٠٨). السلوك الفيزيوكيميائي للبوتاسيوم في رتب الترب السائدة في محافظة السليمانية. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة ، جامعة السليمانية.

Al-Nuaimi, N. M. ; M. A. Jamal and N. F. Khalil (1990). Buffering Capacity and Selectivity Coefficients of Potassium Soils north Iraq. International Potash Institute, Basel, Switzerland

Anonymous (1992). Classification For Making and Interpreting Soil Survey. Agric Handbook No. 436 USA Govt, Printing office Washington D.C.

Al-Zubaidi, A. H. (2003). The status of potassium in Iraqi soils in Proceeding Regional Workshop: Potassium and Water Management in West Asia and North Africa,(ed) A. E. JOHNSTON, International Potash Institute.

Baruah T. C. and H.D Barthakur . (1999). A Textbook of Soil Analysis, Vika Publishing House PVT LTD.

Beckett, P. H. T. (1964). Studies on soil potassium 1: conformation of the ratio low measurements of potassium potential. J. Soil Sci., 15: 1-8.

Griffin, R. A. and J. J. Jurinak (1973). Estimation of activity coefficient from the electrical conductivity of natural aquatic system and soil extracts. Soil Sci. 16:26-30.

Rich, C. I. (1972). Potassium in soil minerals In: Potassium in Soil Mineralogy: Int. Cong. Soil Sci. 13th Hamburg p. 1122.

Saleque, M. A., M. Anisuzzaman and A. Z. M. Moslehuddin (2009). Intensity relationships and potassium capacity of rearranges river flood plain. j. Soil Sci. and Plant Analysis, 40:1333-1349.

Schouwenburg, J., C. H. Van and A. C. A. Schuffelen (1963). Potassium exchange behavior of an illite. North. J. Agric. Sci. 11:13-22.

Sparks, D. L. (2000). Bioavailability of Soil Potassium. Handbook of soil, C. R. C. Press, New York.

Sparks, D. L. and W. C. Liebhart (1981). Effect of long term lime and potassium as relation on quantity-intensity (Q/I) relationships in sandy soils. Soil Sci.Soc. Am. J. 45:786-7.

Subba Rao, A. and T. R. Srivastava (2001). Assessing potassium availability in India. (eds) N.S. Pasricha and S. K. Bansol .Potassium in Indian Agriculture, Potash Research Institute of Indian/International Potash Institutes, Basel, Switzerland pp 125-157 .

Wang, J. G. and A. D. Scott (2001). Effect of experimental relevance on potassium Q/I relationships and its implications for surface and subsurface soils . J. Soil Sci. and Plant Anal. 32:2561-2575.

Wang, J. G., D. Harrell and P. F. Bell ((2004). Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:654-661.

Woodruff, C. M.(1955). Energies of replacement of Ca and K in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 19:167-171.

Zarrabi, M. and M. Jalali (2008). Evaluation of extractants and quantity-intensity relationships for estimation of available potassium in some calcareous soilsin western Iran. J. Soil Sci.and Plant Anal. 39:2663-2677.