دراسة علاقات الشدة والكمية للبوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى

* محمد علي جمال العبيدي ** فاضل رشيد عثمان الكنة *** عبد الله نوري

الخلاصة

تهدف الدراسة الى استخدام المفاهيم الثرموديناميكية المستنبطة من علاقات الشدة والكمية لتقدير القدرة الامدادية لعنصر البوتاسيوم في عشرة مواقع كلسية Calciorthid من محافظة نينوى شمال العراق . وقد أوضحت الدراسة بان نسب فعالية البوتاسيوم تراوحت من (93 الى 347×10^{-3}) (مول : لتر$^{-1}$)$^{-2/1}$ والخزين القابل للتحرر (3.14-18.03) سنتي مول .كغم$^{-1}$ وان مقدار السعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم تتراوح من (19.2 الى 54.8) سنتي مول .كغم$^{-1}$. / (مول.لتر$^{-1}$) $^{2/1}$ اما الطاقة الحرة الاستبدالية فقد تراوحت بين (2.65-6.01)كيلو جول/مل$^{-1}$ وان التقويم الخصوبي للترب المستندة على المعايير التقليدية للحدود الحرجة لصبغ البوتاسيوم اظهر وضعا خصوبيا جيدا الا ان المعايير الثرموديناميكي أدت الى نقص البوتاسيوم . كما اكدت الدراسة على ضرورة الاعتماد على معياري البوتاسيوم المتحرك والسعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم في تقويم الترب خصوبيا بدلا من البوتاسيوم المتبادل .

المقدمة

يعد البوتاسيوم أحد المغذيات الرئيسية الضرورية لمعظم المحاصيل الزراعية (Stanley , 2005) ويؤدي دور كبير في الإنتاج الزراعي كما ونوعا معا مما يستدعي ضرورة دراسة حالة وسلوكية هذا العنصر في التربة بهدف رفع انتاجها . كما ان تطور أنماط الزراعة باتجاه الزراعة الكثيفة بات من الضروري إعادة النظر في تقويم القدرة الإمدادية لهذا العنصر ومن أسس ثرموديناميكية لكشف جاهزية البوتاسيوم في التربة من خلال استخدام معايير الشدة والسعة , (Talibudeen 1978 , Sparks و Leophart 1981و Tsadlis and Evangelou1998) وان اول تطبيق لهذا المفهوم كان من قبل woodruff 1955 حيث يرى Becket 1964 بان حالة التوازن الديناميكي لعنصر البوتاسيوم بين طوري التربة الصلب والسائل يعتمد على مفهوم التبادل الايوني وفق قانون النسب Ratio Law لايونات البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم ARK وان هذا التبادل الايوني يعد من الطرق الفيزيوكيمياوية المهمة للتعرف على جاهزيته وذلك من خلال الحصول على بعض المقاييس الثرموديناميكية (Arke و$K\triangle^{-}$ و PBC_K و $G^5\triangle$) التي تساعدنا في فهم الحالة الخصوبية للترب بغية تحديد الاحتياجات السمادية للبوتاسيوم Beckett 1964 و Spark 2000 , والشكل Envangleau وآخرون 1994 . حيث تعبر نسب فعالية البوتاسيوم ARK عند شدة البوتاسيوم في طور التربة السائل المتوازن مع طور التربة الصلب والذي يعبر عنه بالخزين القابل للتحرر (K$\triangle$-) و بوتاسيوم المواقع المتخصصة وغير المتخصصة (Wang واخرون 2004) ولها الدور الكبير في إمداد البوتاسيوم إلى طور التربة السائل (Subba Rao وآخرون 2001) . لقد جرت محاولات في العراق لتطبيق مفهوم الشدة والشد للتحري عن حالة البوتاسيوم واستنتج بإمكانية استخدام هذا المفهوم بنجاح حيث توصل حسين 1982 , Lashin وآخرون 1983 , الربيعي 1995 , العبيدي وخضير 1998 , حسين وآخرون 2001 , السامرائي 1996 الشيخلي 2006 الى نجاح استخدام معايير الديناميك الحراري 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 فقد أظهر التقييم الخصوبي للترب الديمية ومحدودية الأمطار لمحافظة نينوى حسب ما أشار اليه حسين وآخرون 2001 الى تباين واسع في شدة البوتاسيوم حيث تتراوح من 3 × 10^{-3} الى 10×10^{-3} مول.لتر$^{-1}$ والبوتاسيوم المتحرر من 0.6 الى 2.4 سنتي مول. كغم$^{-1}$. وإن القدرة التنظيمية لجهد البوتاسيوم من 50.9 الى 357.3 سنتي مول. كغم$^{-1}$/ (مول.لتر) $^{2/1}$.من هذا المنطلق فإن الهدف من دراستنا الحالية هو تطبيق المفاهيم الثرموديناميكية الحديثة في تقويم حالة البوتاسيوم في بعض ترب مدينة الموصل .

المواد وطرائق البحث

تم اختيار عشرة مواقع مختلفة من محافظة نينوى ضمن رقعة Aridisols مصنفة حسب دليل المسح العام 1992 – Soil survey stuff حيث قدرت بعض خصائصها الكيميائية والفيزيائية والمعدنية والمبينة في الجدول (1) وفق الطرائق الواردة في Page , 1982 واخرون Kulte 1986 ثم درست حالة الاتزان التبادلي للبوتاسيوم بين طوري التربة السائل والصلب وفق الأسلوب المقترح من قبل Beckett 1964 وذلك بمعاملة التربة (5غم) مع 50 مل من محلول يحوي كلوريد الكالسيوم 0.001 مولاري يحوي على تراكيز متزايدة من البوتاسيوم بهيئة كلوريد البوتاسيوم (صفر , 0.1 , 0.2 , 0.4 , 0.8 , 1 , 2) × 10^{-3} مول. لتر$^{-1}$ تركت للاتزان الهادىء لمدة 48 ساعة وعند درجة حرارة ثابتة 298 ±1° كلفن تم فصل راشح الاتزان وقدر فيها كل من البوتاسيوم الذائب بطريقة اللهب الضوئي والكالسيوم والمغنيسيوم بطريقة التسحيح مع الفيرسنيت والتوصيل الكهربائي . حسب معامل الفعالية الايونية fi طبق معادلة ديفس Daives المحورة كالاتي :

* استاذ مساعد / قسم التربة والمياه / كلية الزراعة والغابات , جامعة الموصل .

** استاذ مساعد / وحدة بحوث القطن / المعهد التقني /الموصل .

*** مدرس / قسم الإنتاج النباتي / المعهد التقني / الموصل .

$$-\log fi = \frac{AZI^2\sqrt{I}}{1+\sqrt{I}} - 0.3I \text{.....(1)}$$

اذ ان A = مقدار ثابت 0.509
ZI = مربع شحنة الايون
I = القوة الايونية والتي تحسب وفق معادلة Griffing & Jurinak 1973 وكالاتي :

$$I = 0.013EC \text{.....(2)}$$

اما الفعالية الايونية للانواع الايونية Ca , K , Mg فقد تم حسابها كالاتي :

$$a = C \times f \text{.....(3)}$$

a = الفعالية الايونية مول . لتر$^{-1}$
C = التركيز الايوني مول . لتر$^{-1}$
حساب نسب الفعالاية الايونية حسب قانون Ratio وكالاتي :

$$ARK = \frac{ak}{\sqrt{aCa + Mg}} \text{.....(4)}$$

والتي رسمت على المحور السيني رسم ±△K المحسوبة (من الفرق في تركيز البوتاسيوم قبل وبعد الاتزان) على المحور الصادي للحصول على منحنيات الشدة والكمية والتي من خلالها تم حساب المعايير الاتية :

1- **قيم AR_o^k (سنتي مول . كغم$^{-1}$)$^{2/1}$ عندما لاتكون هناك فقدان او اكتساب البوتاسيوم أي △K = صفر .**
2- **البوتاسيوم القابل للتحرر KL من امتداد تقاطع المنحني مع المحور السيني .Labile K.**
3- **K_o سنتي مول . كغم$^{-1}$ من امتداد انحدار المنحني من المنطقة التي يكون فيها AR_o^k عند قيمة △K = 0 .**
4- **السعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم سنتي مول . كغم$^{-1}$ / (مول . لتر$^{-1}$)$^{2/1}$ بقسمة K_o على $\triangle R_o^k$. ميل العلاقة الخطية .**
5- **الطاقة الحرة الاستبدالية . تم حسابها وفق المعادلة التالية :**

$$-\Delta G^\circ = RTLnARK^{o4} \text{.....(5)}$$

حيث R = الثابت العام للغازات
T = درجة الحرارة كلفن

جدول (1) بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية والمعدنية لعينات ترب الدراسة

رقم العينة	الموقع	مفصولات التربة غم.كغم$^{-1}$				PH	EC ds.m^{-1}	$CaCo_3$ غم.كغم$^{-1}$	السعة التبادلية الكاتونية سنتي.مول.كغم$^{-1}$	المادة العضوية غم.كغم$^{-1}$	معادن الأطيان ٪					
		رمل	غرين	طين	النسجة						السمكتايت	الأيلايت	كلورايت	كاؤلينات	فيرميكولايت	المعادن المستقطبة
1	الشيخ محمد	109	416	575	SIC	7.6	0.5	175	30.6	13.82	30	10	25	15	8	12
2	القبة	95	337	568	C	7.6	1.1	272	32.2	3.21	11	17	16	16	11	29
3	خضر الياس	123	486	391	CL	7.4	0.8	201	31.8	12.63	30	15	25	7	15	8
4	كنهش	265	246	489	C	7.5	1.6	188	31.2	9.84	25	15	30	10	10	10
5	بيساتلي	106	583	311	CICL	7.6	2.7	192	34.9	11.03	16	25	30	12	12	5
6	غابة عمر مندان	509	350	141	L	7.3	0.5	205	28.8	8.03	20	16	16	16	15	19
7	حاوي الواسطة	276	562	162	SIL	7.6	2.6	135	23.3	10.82	18	15	20	10	12	25
8	قبر العبد	290	559	151	SIL	7.6	6.8	127	27.8	12.01	15	18	28	9	10	20
9	حمام العليل	84	528	388	SIC	7.0	0.3	263	27.2	29.46	19	10	17	13	11	30
10	الصلاحية	259	535	206	SIL	7.5	0.4	131	28.2	1.53	20	15	35	10	8	12

النتائج والمناقشة

العلاقة بين عاملي السعة والشدة Q/I :

توضح الاشكال العلاقة بين سعة البوتاسيوم والذي يعبر عن كمية البوتاسيوم المتحررة او الممتزه على طور التربة الصلب كدالة لنسب فعالية البوتاسيوم في طور التربة السائل والذي يعبر عن شدة الجهد الكيميائي للبوتاسيوم المتحرك نسبة الى الجهد الكيميائي الايوني الكالسيوم والمغنيسيوم المتحركة نحو محلول التربة ويتضح من الاشكال (1-10) المذكورة اعلاه اختلاف الترب في قيم معامل الانحدار وقيم التقاطع وهذا يرتبط بتباين التربة وتركيبها المعدني ومحتوى الترب من صيغ البوتاسيوم وهذا يتفق مع ما اشار اليه حسين واخرون 2001 .

وتشير هذه المنحنيات الى اختلاف قدرة الترب على تجهيز البوتاسيوم ومدى احتياجها للتسميد البوتاسي اضافة الى ذلك فأن شكل هذه الخطوط المستقيمة وسلوكيتها للعلاقة Q/I تعد صفة مميزة لكل تربة وتصف سلوكية البوتاسيوم وديناميكية امتزازه وتحرره كما أن امتداد الجزء المستقيم من هذه الخطوط يعبر عن البوتاسيوم المتبادل الذي يتحرر من المواقع السهلة الجاهزية . (Wang وأخرون 2004) .

نسب الفعالية الايونية للبوتاسيوم عند الأتزان :

تشير النتائج المبينة في الجدول (2) بان قيمة ARK والتي تعبر عن شدة البوتاسيوم في طور التربة السائل عندما لا يحدث كسب أو فقدان للبوتاسيوم في التربة . فقد سجلت أقل قيمة للفعالية الأيونية في موقع بيساتلي (93×10^{-3}) مول.لتر$^{-2/1}$. بينما سجلت أعلى قيمة للفعالية الأيونية في موقع حمام العليل (347×10^{-3}) وبمعدل قدره (219×10^{-3}) مول.لتر$^{-2/1}$. النتائج التي حصلنا عليها تتفق مع ما حصل عليه حسين 1982 وراهي وآخرون 1987 , Alnuaimi وآخرون 1990 , السامرائي 1996 , الشيخلي 2006 في دراستهم لترب عراقية مختلفة . وبالرجوع الى الحدود المقترحة من قبل Woodruff 1955والتي تبلغ27×10^{-4} الى 34×10^{-3} (مول.لتر)$^{-2/1}$ كما أن هذه القيم تعد مقياساً للمحتوى الجاهز آنياً للتربة كما تدل على شدة البوتاسيوم في طور التربة السائل وليس له علاقة بقدرة الترب .

قيمة البوتاسيوم المتحرك (بوتاسيوم الحيز الغير المستقر) :

تمثل هذه القيمة مقدار البوتاسيوم الموجود على السطح Planar Surface بناءاً على ما ذكره Beckett 1964 لقد تراوحت قيم بوتاسيوم الحيز غير المستقر (-△K) والمحسوبة من امتداد منحنيات علاقات السعة/الشدة عند مرحلة الاتزان عندما تكون قيمة ARK تساوي صفر باتجاه القيم السالبة للمحور الصادي من 3.14 سنتي مول.كغم$^{-1}$ لموقع الصلاحية الى 18.03 سنتي مول.كغم$^{-1}$ لموقع حمام العليل وبمعدل قدره 10.58 سنتي مول.كغم$^{-1}$. وعند الرجوع الى الاشكال (1-10) ودراسته بصورة تفصيلية يمكن ملاحظة بأن الترب التي تحرر كميات كبيرة من البوتاسيوم تمتاز بأنها تثبت أقل كمية منه كما في موقع حمام العليل , كما يلاحظ بأن بعض الترب التي تثبت كميات من البوتاسيوم أكثر مما تحرره كما في تربة الصلاحية وحاوي الواسطة .

ان هذا السلوك يرتبط بالتركيب المعدني وكميات معادن بالنسبة لبعضها في التربة حيث تبين بان الترب التي تحرر البوتاسيوم أكثر مما تثبته كانت الترب الغنية بمعدن المنتمولورونايت ذات السطوح النوعية الكبيرة (الجاهزة للتبادل) وأقل احتوائاً على المايكا (الايلات) والفيركليولايت . ان الترب التي تمتز البوتاسيوم أكثر مما تحرره فكانت أقلها احتواءاً على معدن المنتمولورونايت وأكثرها احتواءاً على معدني المايكا (الايلات) الفيركليولايت واللذان يعتبران من المعادن المثبتة للعنصر نظرا لما لهذين المعدنين من شحنة سطحية كبيرة TSC والتي مصدرها الاحلال المتماثل في طبقات السليكاتتراهيدا البلورية لهما اضافة الى ذلك فان معدن الايلايت يتصف بان جزءا قليلا من هذه الشحنات هو الجاهز فقط للتبادل أي ان TSC (Rich 1972) .

ان ما حصلنا عليه يتق مع ما حصل عليه كل من Hussen 1978 وحسين 1982 وراهي وآخرون 1987 . كما ان القيم العالية للبوتاسيوم المتحرك يعطي مقياسا لكمية البوتاسيوم المرتبط بالمواقع غير النوعية وكذلك تعني التحرر العالي للبوتاسيوم الى طور التربة السائل وان الترب التي تحتوي على عدد من مواقع الامتزاز تمتاز بنشاط عالي .

السعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم :

تعد هذه الصفة معيارا لقدرة الترب للحفاظ على جهد البوتاسيوم ضد أي عملية استنزاف للبوتاسيوم وعلى الرغم من ان سرعة تحرر هذا العنصر من الطور غير المتبادل الى الطور المتبادل لا يمكن قياسه من خلال علاقات السعة الى الشدة إلا انه يمكن قياس قدرة التربة للحفاظ على التغير الذي يحصل للبوتاسيوم مما يجعله مؤشر للتحرر .

جدول (2) بعض المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم في عينات ترب الدراسة

الموقع	السعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم PBC_k $Cmole.kg^{-1}/(mole.L)^{1/2}$	البوتاسيوم القابل للتحرر KL $Cmole.kg^{-1}$	نسبة النشاط المتوازن للبوتاسيوم ARK_e $10^{-3}\times mole^{-1}$	الطاقة الحرة للتبادل $-\Delta G$ كيلوجول.مول$^{-1}$
الشيخ محمد	44.2	5.41	0.122	-5.23
الكبة	35.8	8.67	0.242	-3.53
خضر الياس	35.7	6.35	0.178	-4.28
كنهش	54.8	15.23	0.278	-3.19
بساطلي	32.2	7.41	0.230	-3.65
غابة عمر مندان	48.3	10.68	0.222	-3.74
حاوي الواسطة	46.0	4.32	0.093	-6.01
قبر العبد	29.5	6.55	0.222	-3.65
حمام العليل	52.0	18.03	0.147	-2.65
قرية الصلاحية	19.2	6.14	0.164	-4.49

لقد تراوحت قيم السعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم في ترب الدراسة من 19.2 الى 54.8 سنتي مول. كغم$^{-1}$/ مول .لتر$^{-1}$. جدول (2) . ان القيم العلية من PBC^K تعبر عن جاهزية ثابتة للبوتاسيوم ولمدة طويلة على العكس من القيم المنخفضة لها مما يعطي مؤشرا واضحا بانها تحتاج الى تسميد بوتاسي وعلى فترات متقاربة . ان الاختلافات في قيم السعة التنظيمية لجهد البوتاسيوم قد تعزى الى اختلاف عدد المواقع النوعية للبوتاسيوم في الترب وقدرتها على مسك البوتاسيوم . وهذا يتفق ما توصل اليه (الربيعي 1995 و السامرائي 1996) .

الطاقة الحرة للاتزان :

تعد هذه الطاقة دالة ثرموديناميكية أكثر شموليا لكشف تلقائية التفاعل لكونها تمثل محصلة عاملي التغير في السعة الحرارية وعشوائية التفاعل .

وتستخدم من اجل ربط التغيرات بالطاقة التي تحدث في تفاعلات الامتزاز بالاستناد على معادلة Woodruff 1955 استنادا الى قيم ثابت الاتزان الثرموديناميكية ARK° لنسب الفعالية الايونية للبوتاسيوم عندما لا يحدث كسب أو فقد

للبوتاسيوم . وتشير النتائج المبينة في الجدول (2) بان جميع القيم كانت سالبة مما يدل على تلقائية التفاعل وتراوحت من2.65-6.01 وبمعدل قدره 4.04 كيلو جول. مول $^{-1}$.

ان التغير الحاصل في قيم الطاقة الحرة ما بين الترب يرتبط مباشرة بتغير ظروف اتزان محلول التربة مع طورها الصلب . النتائج التي حصلنا عليها تتفق مع ما حصل عليه كل من Sparks and Liebhart 1982 والعبيدي 1998 .

واذا ما تم الاعتماد على القيم التي اقترحها Woodruff عندها يمكن تصنيف الترب بأنها ذات وفرة للبوتاسيوم حالياً .

Study of Potassium Q/I relationships in some soils of ninava- governorate

Mohammad Ali AL-Obaidi — *Assistant Professor* — *Soil & water Department* — *Agric. College / Mosul Univ.*

Fathel Rassheed Othman AL-Kanah — *Assistant Professor* — *Cotton Research Unit* — *Technical Institute/ Mosul*

Abdullah Noori — *lecturer* — *Plant Production Department* — *Technical Institute/ Mosul*

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine powering supply of K-in ten soil samples. Which where taken from Rabea in Nenevah province. This study based on Q/I relationships. Results show that the ratio of K- activity (AR_0^K) were (9.3-3.47)x10^{-3} (mole.L^{-1})$^{1/2}$. while KL was used to represent the release at strong size instead of exchangeable K and its value range (3.14-18.03)x10^{-3} (C mole.Kg^{-1}). Buffering capacity of potassium was between (19.2-54.8) (C mole.Kg^{-1})/ mole.L^{-1}) finally the free energy was 2.65-6.01 K.Jole.Mole.L^{-1} . Soils should variable distribution of thermodynamics parameters which reflect the differences in the physical and chemical properties of these soils. Result also indicate that value of Q/I were very necessary to determine the saturation of potassium fertility and to predict K-supplying power in soil instead of exchangeable potassium.

المصادر

الربيعي , شذى ماجد نقاوة (1995) . تقويم جاهزية البوتاسيوم في الترب العراقية باستخدام معايير ثيرموديناميكية . رسالة ماجستير , كلية الزراعة , جامعة بغداد .

السامرائي , عروبة عبد الله (1996) . حالة وسلوكية البوتاسيوم في الترب الجبسية (منطقة الدور) . رسالة ماجستير , كلية الزراعة , جامعة بغداد .

الشيخلي , روعة عبد اللطيف (2006) . مقارنة حالة وسلوك البوتاسيوم المضاف على شكل سمادي كبريتات البوتاسيوم وكلوريداته لتربتين مختلفتي النسجة . أطروحة دكتوراه , كلية الزراعة , جامعة بغداد .

العبيدي , محمد علي جمال وخضير أحمد محمد (1998) . بعض معايير الوتاسيوم الثيرموديناميكية في تصنيف الترب الزراعية لشمال العراق . مجلة زراعة الرافدين , المجلد (30) , العدد (1) : 42 – 49 .

حسين , عباس جاسم (1982) . دراسات عن بعض مقاييس Quantity/Intensity ومعاملات الأفضلية لعنصر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى . رسالة ماجستير , كلية الزراعة والغابات , جامعة الموصل .

حسين , عباس جاسم ومحمد علي جمال وهشام محمود حسن (2001) . تطبيق المعاييير الثيرموديناميكية لعلاقة الشدة والكمية لتقويم حالة البوتاسيوم في بعض ترب شمال العراق محدودة الأمطار . المجلة العراقية للعلوم الزراعية . المجلد (2) , العدد (1) .

راهي ، حمدالله سليمان ،سلمان خلف عيسى، عبدالله حسين ومحمد علي جمال العبيدي(1987) ، حالة البوتاسيوم في بعض ترب محافظة اربيل ، المجلة الزراعية العراقية . العلوم الزراعية. زانكو المجلد(5) ، العدد2.

AL-Nuaimi , N.M. ; M.A. Jamal and N.F. , Khalili (1990) . Buffering capacity and selectivity coefficients of potassium soils north Iraq . International Potash Institute , Basel , Switzerland .

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

Evangelou , V.P. ; J. Wang and R.E. Phillips (1994) . New developments and perspectives in characterization of soil potassium by quantity – intensity (Q/I) relationships . Adv. Agron. , 52 : 173 – 227 .

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

Klute, (1986) Method of soil analysis part(1) and 2nd Monograph No (9) Agronomy.

Lashin , A.Y. ; N.A. , Allam ; H.A. , Ramadan and A.S. , Hussin (1983) . The capacity intensity (Q/I) for potassium in Aski-Mosul soils . J. Agric. Sci. (ZANCO) 1 : 187 – 201 .

Page, A.L. R.H. Miller, and D.R. Kenney (1982). Methods of soil analysis. Part(2) Agronomy 9 Madisan W.I.

Rich, C.I. (1972) potassium in soil minerals pp.3-19 In: potassium in soil mineralogy: Int. Cong. Soil. Sci. 13th Hamburg p.1122.

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.45:786-790.

Sparks , D.L. (2000) . Bioavailability of soil potassium . In Hand book of soil Walcolml sumnered 2000 C.R.C. Press , New York .

Standley , E.M. (2005) . Environmental chemistry . International Standard Book , C.R.C. , Press , New York , USA .

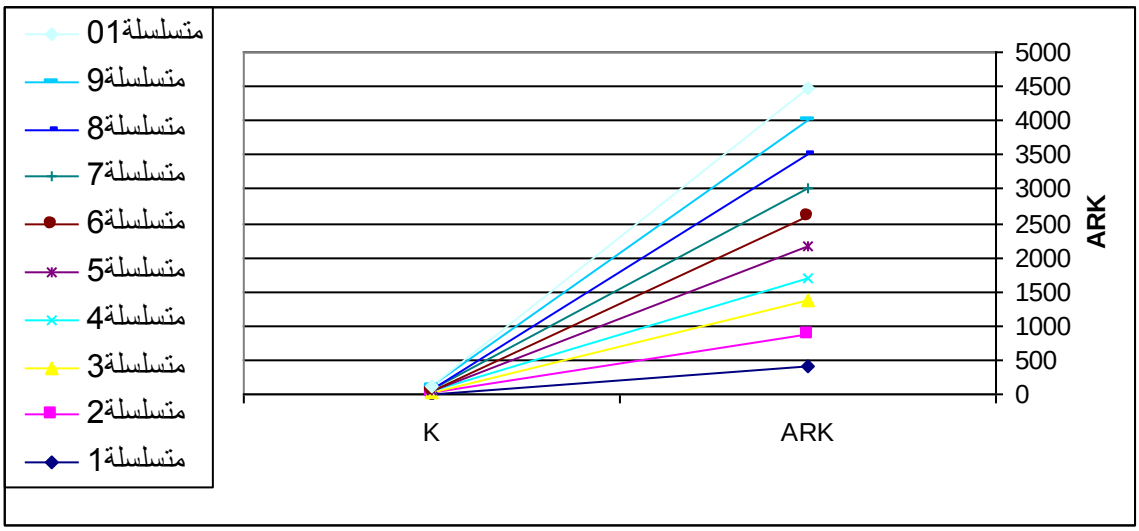
Subba Rao , A. and T.R. Srivastava (2001) . Assessing potassium availability in Indian . In : N.S. Pasricha and S.K. Bansol (eds) Potassium in Indian Agriculture , Potash Research Institute of Indian / International Potash Institutes , Basel , Switzerland , pp 125 – 157 .

Talibudeen , D.J. ; D. , Beasley ; P. , Lane and N. , Rajendran (1978) . Assessment of soil potassium reserves available to plant roots . J. Soil Sci. 207 – 218 .

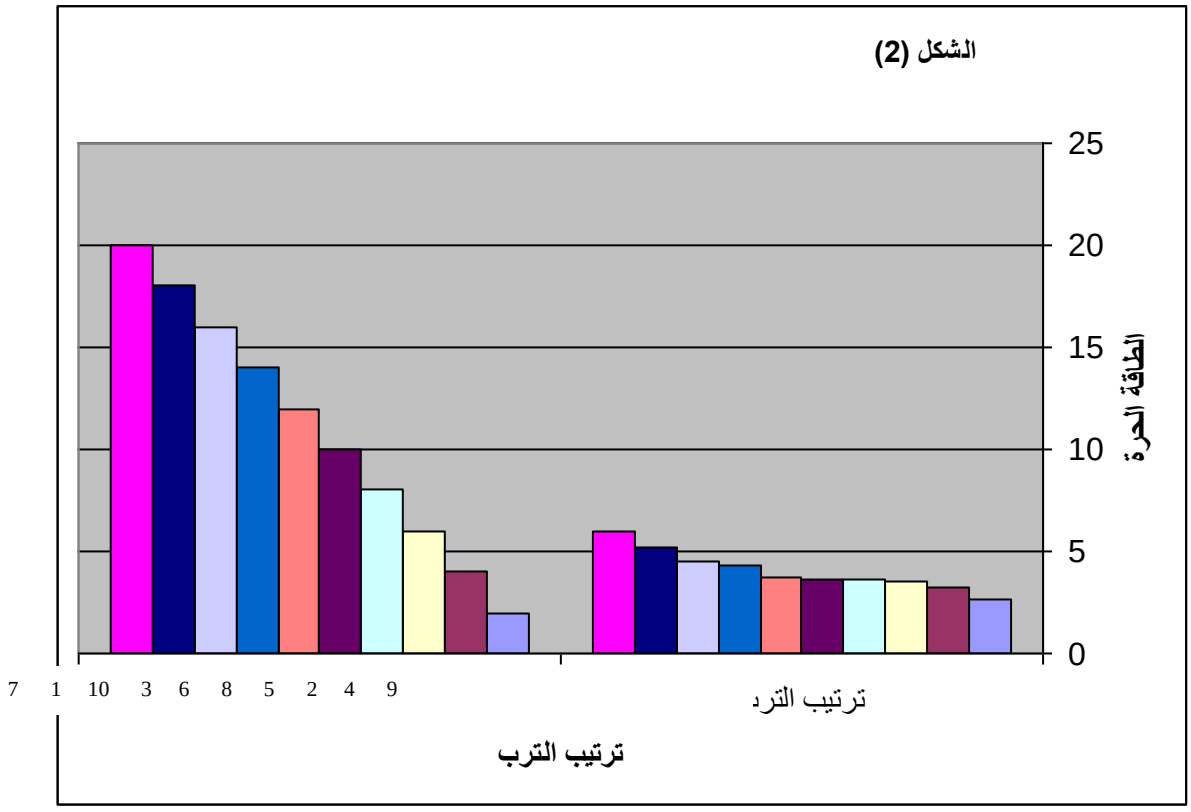
Tsadilas , C.D. and V.P. , Evangelou (1998) . Mixed soil/Cl in optilolite Quantity / Intensity behavior in binary and ternary K – N Hu – Ca exchange systems . Soil Sci. 163 : 454 – 462 .

Warng , J.J. ; D.L. , Harvell and P.F. , Bell (2004) . Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium . Soil Sci. Soc. Am. J. 68 : 654 – 661 .

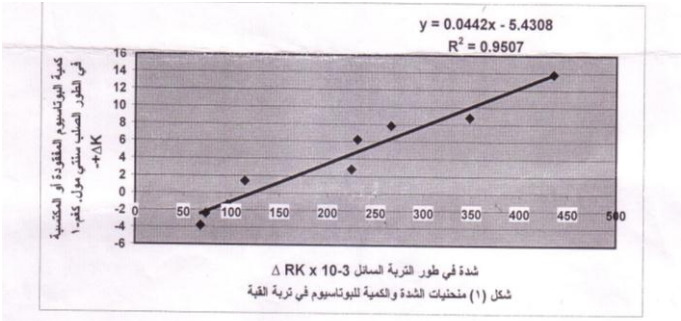
Woodruff , C.M. (1955) . Ionic equilibrium between clay dilute salt solution .Soil Sci. Am. Proc. 19 : 36 – 40 .



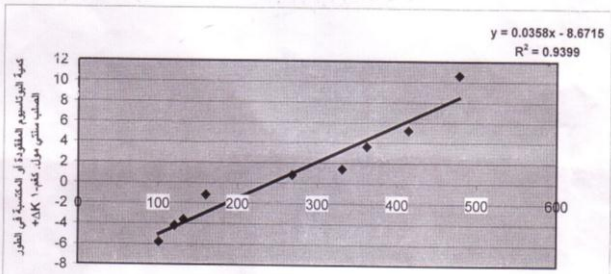
الشكل (1) العلاقة بين السعة وكمية البوتاسيوم المتحرر



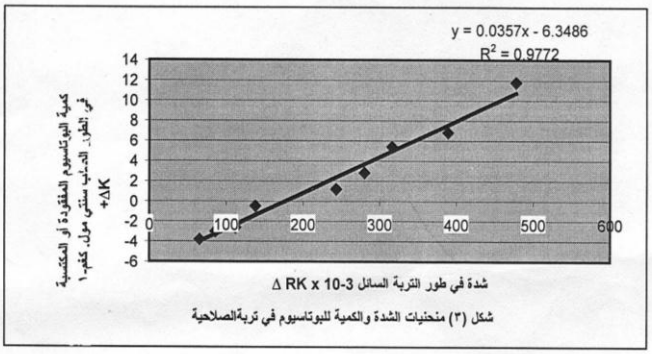
الشكل (2) ترتيب الترب تصاعدياً حسب الطاقة الحرة



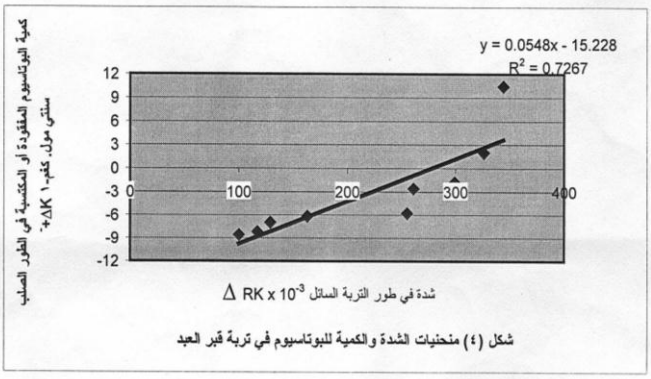
شكل (١) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة القبة



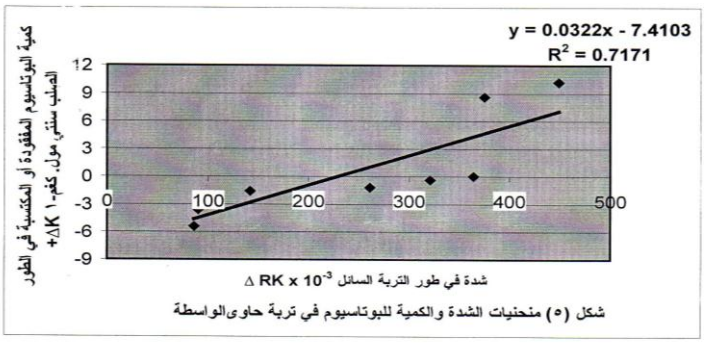
شكل (٢) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة شيخ محمد



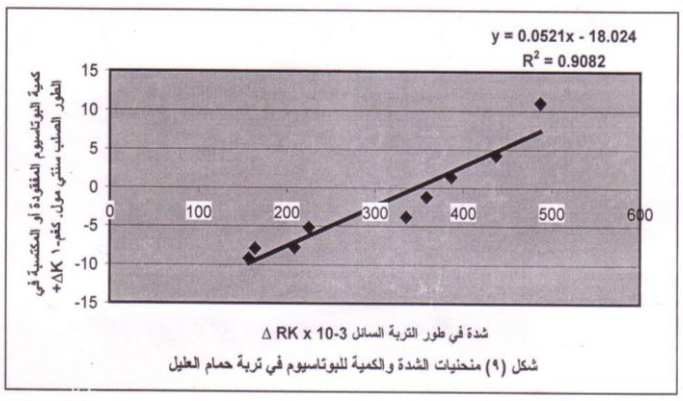
شكل (٣) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربةالصلاحية



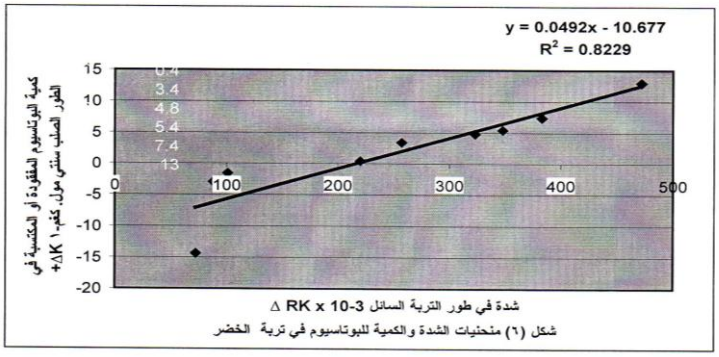
شكل (٤) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة قبر العبد



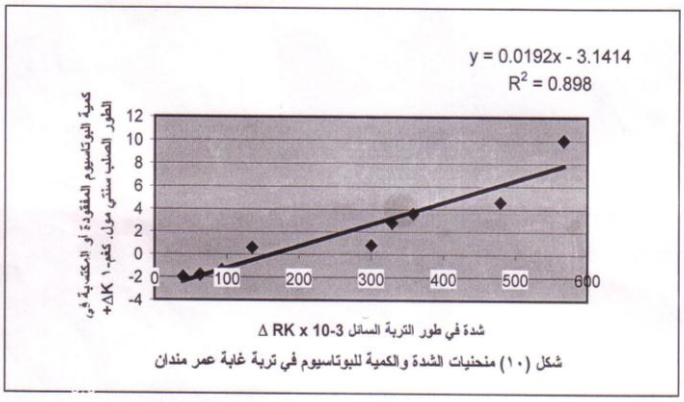
شكل (٥) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة حاوىالواسطة



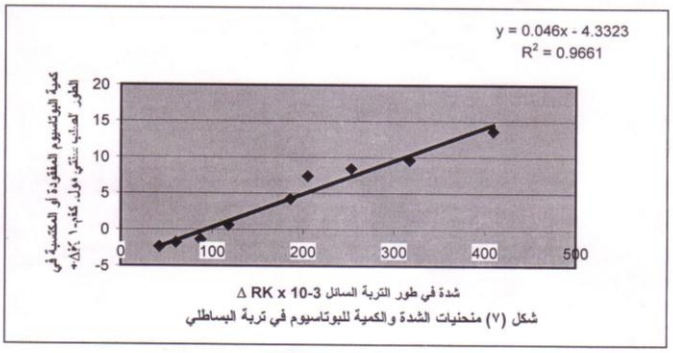
شكل (٩) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة حمام العليل



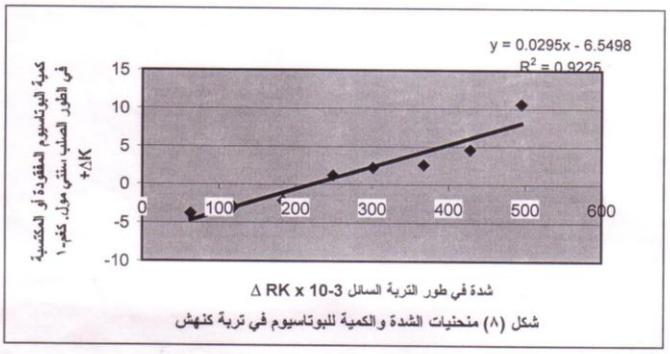
شكل (٦) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة الخضر



شكل (١٠) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة غابة عمر مندان



شكل (٧) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة البساطلي



شكل (٨) منحنيات الشدة والكمية للبوتاسيوم في تربة كنهش