

## المدخل الحركي لغسل الصوديوم من بعض الترب الكلسية في شمالي العراق

محمد طاهر سعيد خليل

علي جمال العبيدي

حازم محمود أحمد محمد

كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل – العراق  
E-mail: Hazim572000@yahoo.com

### الخلاصة

تم إجراء غسل أربعة نماذج ترب غير مستنارة مختلفة النسجة تمثل مناطق الرشيدية والمسطح وتلسين-1 و2 في محافظة نينوى / شمالي العراق ضمن مجموعة الترب العظمى Calciorthids في أعمدة تربة باستخدام الماء المقطر (يمثل ماء المطر) وماء نهر دجلة وماء كلوريدي وماء كبريتي بهدف توصيف سلوكية غسل الصوديوم من الترب الكلسية باستخدام المدخل الحركي. أشارت النتائج إلى أن كمية الصوديوم المغسولة بعد السماح لمرور 30 حجم مسامي من المياه تراوحت من 19.93 ملي مول شحنة. لتر<sup>-1</sup> في التربة الرملية المزيجية باستخدام الماء المقطر إلى 455.63 ملي مول شحنة. لتر<sup>-1</sup> في التربة الغرينية الطينية باستخدام الماء الكبريتي مما يعكس دور القوة الأيونية للمياه في غسل الصوديوم من الترب. كما أشارت منحنيات الغسل إلى وجود مرحلتين من الغسل الأولى سريعة للغاية الحجم المسامي العاشر وتشير إلى دور عمليات ذوبان أملاح الصوديوم والثانية استمرت إلى الحجم المسامي الثلاثين وتشير إلى دور عملية التبادل الأيوني في تحرر وغسل الصوديوم. أظهر الوصف الرياضي توافقا عاليا لمعادلة الرتبة الأولى في وصف غسل الصوديوم وبلغ معامل التحديد R<sup>2</sup> من (0.87 - 0.99) و بلغ معامل سرعة الغسل من (10-3 × 22). ساعة-1 في التربة الغرينية الطينية باستخدام الماء المقطر إلى (10-3 × 40). ساعة-1 في التربة الرملية المزيجية باستخدام الماء الكبريتي، ومن خلال عملية الغسل ومعامل سرعته يتضح بأن عملية تحرر الصوديوم وغسله إلى طور التربة السائل عملية تلقائية ولا تحتاج إلى طاقة حيث تراوحت قيم الطاقة الحرة الاستبدالية للتربة الرملية المزيجية من -2.26 إلى -1.91 كيلو جول. مول-1 أثناء عملية الغسل.

كلمات دالة: أعمدة تربة، المعادلات الحركية، الحجم المسامي، الطاقة الحرة.

تاريخ تسلم البحث: 2017/9/20 ، وقبوله: 2017/12/17.

### المقدمة

تعمل حركة الماء على إدامة مكونات التربة الخاملة لأنواع الأيونية ومن ضمنها الصوديوم، فقد أشار الحسني (2007) إلى أن المواد المذابة تتحرك في جسم التربة بعملية الانتشار الجزيئي أو الأيوني Molecular or ionic diffusion بفعل الانحدار في التركيز من الجهد العالي إلى الجهد الواطئ وأن معدل الحركة تتناسب طرديا مع الاختلاف في التركيز بين نقطتين وعكسيا مع المسافة بينهما استنادا إلى قانون فكنس الأول، ألا أن هذه الأيونات وخصوصا الصوديوم تكون عرضة للغسل أي تمرير المياه خلال جسم التربة لإزالة الأملاح الذائبة وحملها خارج جسم التربة وهذه لا تعد عملية بسيطة فهي تفاعلات مستمرة تتضمن عمليات إذابة وإزاحة الأملاح (Bustos وآخرون، 1996) إذ تجري عملية الإذابة أثناء دخول الماء إلى المسام البينية، أما الإزاحة فتجري عندما يحصل صرف لمياه الغسيل بعد تشييع التربة. أجريت العديد من الدراسات لوصف العلاقة بين عملية الذوبان وحركة الأيونات خلال عملية الغسل وربط ذلك مع حجم ماء الغسيل المعبر عنها بمصطلح Pore volume (Pv) وسميت حركة الماء هذه بتقنية الإزاحة الأمتزاجية الهادئة (miscible displacement technique) (2003, Sparks) الذي قسم حجم ماء الغسيل المار في جسم التربة إلى قسمين الأول يمثل الحجم اللازم للإذابة وإعادة توزيع الأملاح والمعادن داخل التربة ومقداره يعادل قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء (Water holding capacity (WHC) والثاني يعبر عن حجم الماء اللازم لإزاحة الأيونات الذائبة من التربة أو الطبقة المراد غسلها على أن يكون حجم هذا الماء أكبر من WHC لأجل تحقيق إزالة وغسل الأيونات والأملاح الذائبة. أشار Chaudhari (1998) إلى دور المياه المارة خلال جسم التربة التي تؤدي إلى حركة المواد المذابة عن طريق تفاعل تبادلي بين المحلول المار وسطوح دقائق التربة والذي يمكن وصفه طبقا لمعادلة كابون التي تشير إلى توزيع الأيونات الموجبة على مواقع التبادل نتيجة لتغير نسب فعالية الأيونات الموجبة في محلول الاتزان Chaudhari و Somawanshi (2002) وأن عمليات فقدان أو اكتساب الصوديوم المتبادل من قبل طور التربة الصلب يجب أن يرافقه اكتساب لأيوني الكالسيوم والمغنيسيوم وبقية الأيونات الموجبة الأخرى طبقا لقانون النسب Ratio low. بين Curtin وآخرون (1995) بأن غسل تربة ملحية أدى إلى انخفاض مستمر للصوديوم بسبب عملية تبادل الصوديوم مع الكالسيوم والمغنيسيوم مما أدى إلى انخفاض تركيز الصوديوم وزيادة تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم في محلول الاتزان. تؤثر المعادن الحاملة للأيون في أغناء محلول التربة بالأيونات الذائبة خصوصا (Mg, Ca, Na) عن طريق تجويتها ووصولها إلى حالة الاتزان الديناميكي عبر ميكانيكيات وطرائق مختلفة، ألا أن الآراء التي جاء بها Sposito (2008) بأن لا توجد ظروف محددة كالسلوك المثالي لفعالية المكون الأيوني على طور التبادل بأن يتساوى مع الجزء المكافئ، وبين كل من Essington (2005)، Dubey وآخرون (2007) والعبيدي وآخرون (2012). أن نوعية مياه الري وكيميائها المستخدمة تؤثر بشكل كبير في تركيب محلول التربة وماء البزل عن طريق غسل وترسيب أيونات التربة. يهدف البحث إلى توصيف غسل الصوديوم من الترب الكلسية باستخدام المدخل الحركي بعد أروائها بمياه مختلفة النوعية

الذي يعتمد بالأساس على مدة تماس المياه مع التربة وبالتالي تحديد قدرة المياه على غسل الصوديوم من خلال تحديد معامل سرعة الغسل.

### مواد البحث وطرائقه

تضمنت الدراسة جمع أربعة نماذج تربة بواسطة Core sampler تمثل مواقع الرشيدية والمسطاح وتلسين-1 و2 في محافظة نينوى / شمالي العراق ثبتت إحداثيات المواقع الجدول (1) لعمق 0.3 متر وبقطر 0.065 متر ولأجل دراسة حركيات غسل الصوديوم من الترب بالجريان الهادئ فقد استخدمت أربعة نوعيات مياه (ماء مقطر / ماء مطر و ماء نهر دجلة و ماء بئر كلوريدي من قرية المنارة في منطقة فليل و ماء بئر كبريتي من منطقة القوسيات). قدرت بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للترب و المياه حسب الطرائق الواردة في Carter و Gregorich (2008) و صنفت المياه بعد حساب قيم نسب أمتزاز الصوديوم SAR حسب المعادلة التالية استنادا إلى Rhoades وآخرون (1992)، الجدولين (2 و3):

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

Tab. (1): Co-ordinates of selected locations

الجدول (1): إحداثيات المواقع المختارة\*

الموقع	شمال	شرق
الرشيدية Rashidiya	24° 36' 10.28"	04° 43' 51.63"
المسطاح Musdah	35° 26' 17.74"	07° 42' 15.63"
تلسين -1 Talseen -1	36° 36' 32.97"	02° 43' 26.45"
تلسين -2 Talseen -2	36° 36' 38.76 "	01° 43' 47.53"

\* بيانات GPS

الجدول (2): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمعدنية لترب الدراسة.

Table (2): Some physical and chemical characteristics for studied soils.

تلسين-2 Talseen-2	تلسين-1 Talseen-1	المسطاح Musdah	الرشيدية Rashidiya	الوحدة Unit	الصفة Characteristic
525	125	200	435	gm.kg <sup>-1</sup>	Clay
275	150	325	415		Silt
200	725	475	150		Sand
375	250	225	300		Carbonates minerals
1.20	1.10	1.80	1.40		Organic matter
22.0	17.9	18.8	21.0	cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup>	CEC
Smictite	Smictite	Smictite	Smictite	Dominated minerals	
Clayey	Sandy loam	Loamy	Silty clay	Soil texture	

الجدول (3): بعض الخصائص الكيميائية للمياه المستخدمة.

Table (3): Some chemical characteristics of water used.

ماء كبريتي Sulfuric water	ماء كلوريني Chlorine water	ماء نهر دجلة Tigris water	ماء مطر Rain water	الخصائص والوحدة Characters & unit
7.80	2.40	0.62	0.009	EC (dS.m <sup>-1</sup> )
6.74	7.70	7.40	7.20	pH
26.70	5.60	3.60	----	Ca <sup>+2</sup>
35.00	13.20	2.20	----	Mg <sup>+2</sup>
16.00	3.91	0.52	----	Na <sup>+</sup>
0.30	0.03	0.05	----	K <sup>+</sup>
1.10	2.60	1.10	----	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
26.00	8.00	1.50	----	Cl <sup>-</sup>
53.00	12.14	3.77	----	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
2.88	1.04	0.30	----	SAR
C <sub>4</sub> , S <sub>1</sub>	C <sub>4</sub> , S <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> , S <sub>1</sub>	----	Classification

**تجربة الغسل:** تم السماح لنوعيات المياه الأربعة بالجريان الهادي خلال أعمدة ترب طبيعية بطول 0.3 متر وقطر 0.065 متر بطريقة العمق الثابت لارتفاع الماء constant head وبعمر مائي ضاغط قدره 4 سم فوق سطح التربة في نظام الغمر وبسرعة جريان قدرها 1 مل/ دقيقة استنادا إلى العبيدي (1996). تم تسجيل زمن نزول أول قطرة من روائح المياه المتزنة. أخذت روائح الاتزان في البداية كل عشرة دقائق لحين الوصول إلى أول حجم مسامي وسجل عنها زمنه، واستمرت عملية الغسل لغاية الحجم المسامي 30 مع تسجيل الزمن المستغرق لكل حجم مسامي ولمكررين من الأعمدة. قدر في روائح الحجوم المسامية كل من ملحوظة المياه وأيونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم حسب ما ذكر أعلاه. تم رسم العلاقة بين كمية الصوديوم المغسولة وحجم مياه الغسيل المسامية العابرة بعد ري التربة بالمياه.

**الوصف الحركي لغسل الصوديوم:** تم وصف عملية غسل الصوديوم حسب المدخل الحركي باعتماد المعادلة الحركية لتفاعل الرتبة الأولى (Sellassie وآخرون, 1992) حسب الصيغة الخطية التالية:

$$\ln (C_0 - C_t) = \ln C_0 + Kt$$

حيث أن:

C<sub>0</sub>: تركيز الصوديوم القابل للغسل (الخرين الكامل) عند الزمن صفر.

C<sub>t</sub>: تركيز الصوديوم القابل للغسل عند الزمن t

K: معامل سرعة الغسيل لتفاعل الرتبة الأولى ووحدته (دقيقة<sup>-1</sup>)

أما C<sub>0</sub> فقد تم استخراجها حسب المعادلة الرياضية والتي تم حسابها من مقلوب القيمة التجميعية للصوديوم المغسول مقابل مقلوب الزمن والمطبقة من قبل العبيدي (1996) والتي تنص:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_0} + \frac{b}{t}$$

حيث أن:

b: ميل العلاقة الخطية.

t: زمن جريان المياه للوصول إلى الحجم المسامي المطلوب

تم حساب الطاقة الحرة لعملية الغسل لكشف تلقائية التفاعل وفق المعادلة التالية:

$$G = - RT \ln Kr\Delta$$

حيث أن:

ΔG: الطاقة الحرة.

R: ثابت الغازات.

T: درجة الحرارة المطلقة

Kr: معامل سرعة الغسل.

### النتائج والمناقشة

يبين الجدول (4) كمية الصوديوم المغسول بعد جريان ثلاثون حجم مسامي والذي تباين قيمه ما بين الترب الأربعة وضمن نوعية المياه الواحدة، فقد لوحظ بأن أقل كمية صوديوم مغسولة سجلت في التربة ذات النسجة الرملية المزيجية والبالغة 19.93 ملي مول شحنة لتر<sup>-1</sup> باستخدام الماء المقطر والذي يعبر عنه بمياه الأمطار (Kolahchi و 2007, Jalali). بينما سجلت أعلى كمية صوديوم مغسولة في التربة ذات النسجة الغرينية الطينية والبالغة 455.63 ملي مول شحنة لتر<sup>-1</sup> بعد غسلها بالمياه الكبريتية. وبغض النظر عن نسجة الترب قيد الدراسة فإن قدرة المياه على غسل الصوديوم ترتبت كالاتي: الماء الكبريتي < الماء الكلوريدي < ماء نهر دجلة < ماء المطر. أن سبب ارتفاع كمية الصوديوم المغسول بالمياه الكبريتية يعود إلى زيادة قوته الأيونية (التوصيل الكهربائي) والتي تعمل على الضغط على الطبقة الكهربائية المزدوجة مما يجعل فرص غسل الصوديوم من طور التربة الصلب أكبر وبالتالي غسله إلى الخارج علاوة على ارتفاع قيم SAR المياه الكبريتية الذي له دور كبير في عملية التبادل الأيوني وتحريك الأيون من طور التربة الصلب إلى طور التربة السائل. كما أن تباين قيم الصوديوم المغسول لغاية الحجم المسامي الأخير يعكس دور الطين كما ونوعا (Kopitke وآخرون، 2006 و Endo وآخرون، 2002 و Chaudhrai و Somawanshi، 2002).

الجدول (4) : تأثير نوعية المياه ونسجة التربة على كمية الصوديوم المغسولة لترب الدراسة.

Table (4): Water quality and soil texture effect on leached sodium for studied soils.

تركيز الصوديوم التجمعي المغسول (مول شحنة، م <sup>-3</sup> ) باستخدام Accumulative of leached sodium (mole <sub>c</sub> . m <sup>-3</sup> ) by using				
ماء كبريتي Sulfuric water	ماء كلوريدي Chlorine water	ماء نهر دجلة Tigris water	ماء المطر Rain water	نسجة التربة Soil texture
الرشيدية Rashidiya				
455.63	274.01	184.76	106.91	Silty clay
المسطح Mustah				
304.35	109.11	65.60	70.37	Loamy
تلسين - 1 Talseen - 1				
258.57	115.26	32.14	19.93	Sandy loam
تلسين - 2 Talseen - 2				
213.84	82.75	37.74	24.72	Clayey

يبين الشكل (1) منحنيات مسار عملية غسل الصوديوم في ترب الدراسة بدلالة الحجم المسامية للمياه المستخدمة، ويظهر من ذلك الشكل بأن هناك اتجاها عاما لسلوكية هذه المنحنيات يتحقق في زيادة كمية الصوديوم المغسولة تجميعيا مع زيادة الحجم المسامية المارة في عمود التربة، إلا أن هذه الزيادة أخذت بالتناقص تدريجيا في ترب الدراسة كافة، وعند متابعة عملية الغسل أمكن تمييز مرحلتين للغسل الأولى يسلك فيها منحني غسل الصوديوم ميلا شديدا أثناء عملية الغسل الأولى، أما في المرحلة الثانية فيلاحظ أن هناك انخفاضا كبيرا في انحدار منحنيات الغسل إلى أن تصبح هذه المنحنيات موازية تقريبا للمحور السيني إلا أن عملية الغسل لا تصل إلى حالة الغسل الثابت، مما يتطلب إجراء دراسات لاحقة باعتماد حجم مسامية أكثر، ويلاحظ من المنحنيات المبينة في الشكلين أن تدفق مياه رواشح الاتزان من الحجم المسامي الأول لغاية الحجم المسامي الثلاثين أدت إلى زيادة الكمية التجميعية للصوديوم المغسولة. ويتضح من هذه السلوكية بأن الحجم المسامية الأولى كانت المسؤولة عن إذابة مركبات الصوديوم الملحية سهلة الذوبان وبالتالي تحركها مع الماء إلى أسفل العمود مع مياه الغسيل في حين يمكن تفسير السلوكية الثانية في دور المياه في إذابة مركبات الصوديوم صعبة الذوبان من جهة وقدرة المياه بفعل كل من قوتها الأيونية وقيم نسبة أمتزاز الصوديوم في أحداث تبادل أيوني مما يحرر كميات قليلة منه وفق معادلة كابون والتي تنص:

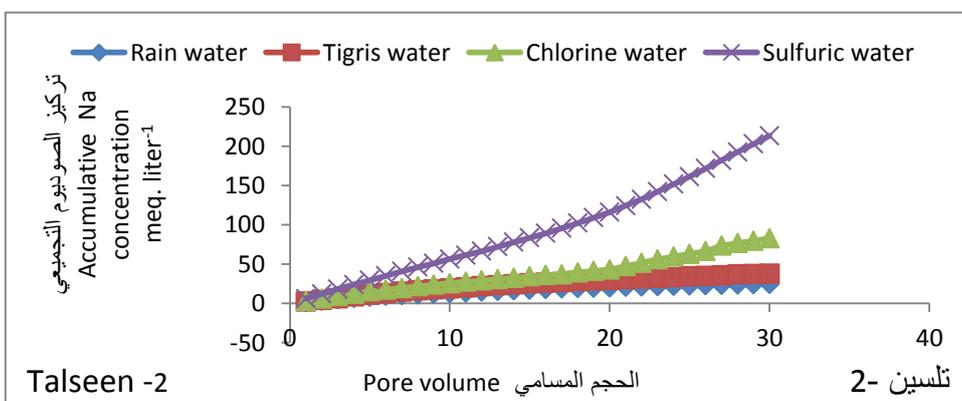
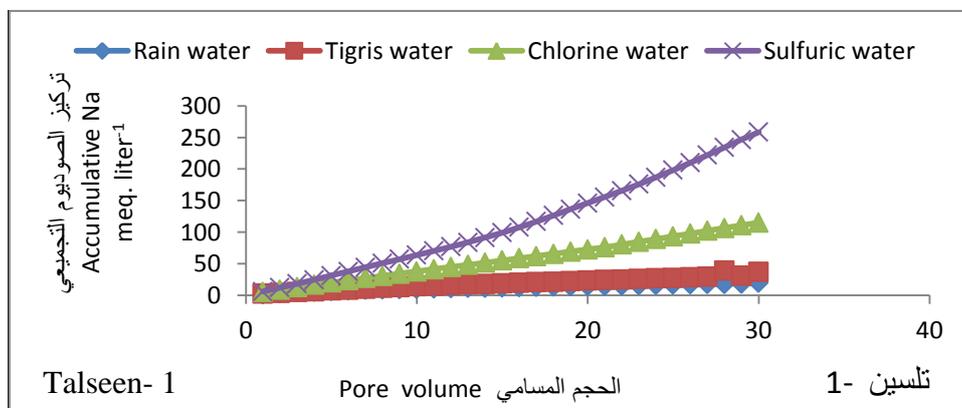
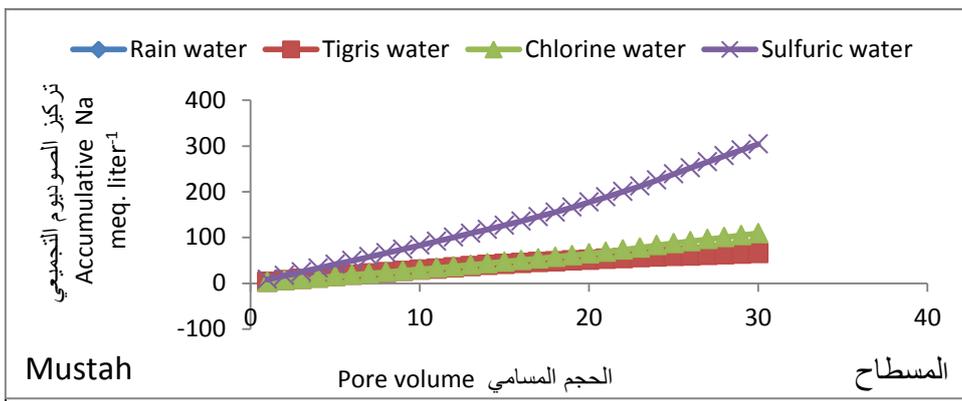
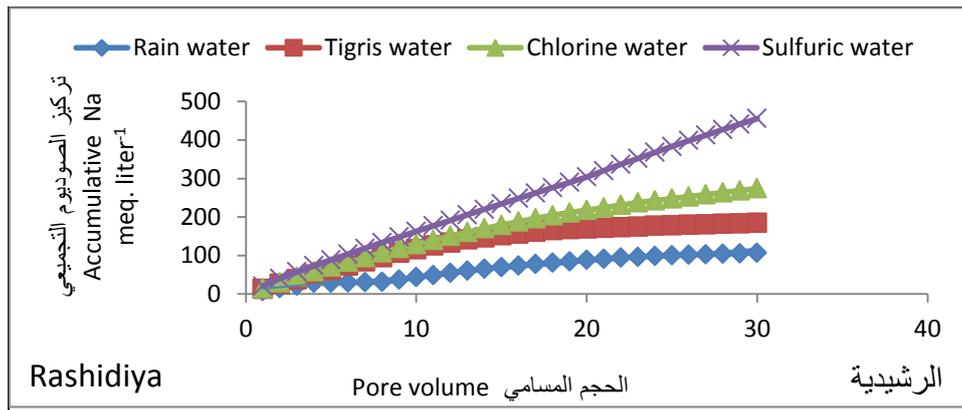
$$ESR = K_G \times SAR$$

حيث:

ESR : نسبة الصوديوم المتبادل على طور التربة الصلب

$K_G$  : ثابت أو معامل التفضيل لأيون الصوديوم،

SAR : نسبة أمتزاز الصوديوم عن عامل الشدة الأيونية للصوديوم.



الشكل (1): العلاقة بين الحجم المسامي التجميحي لمياه الغسيل وكمية الصوديوم التجميحي المغسولة في ترب الدراسة  
Figure (1): Relationship between accumulative pore volumes of leaching water and leached accumulative sodium for studied soils.

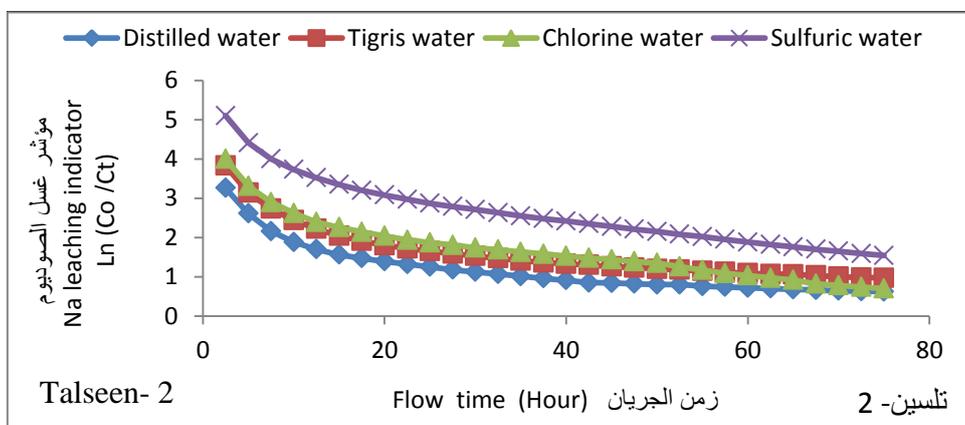
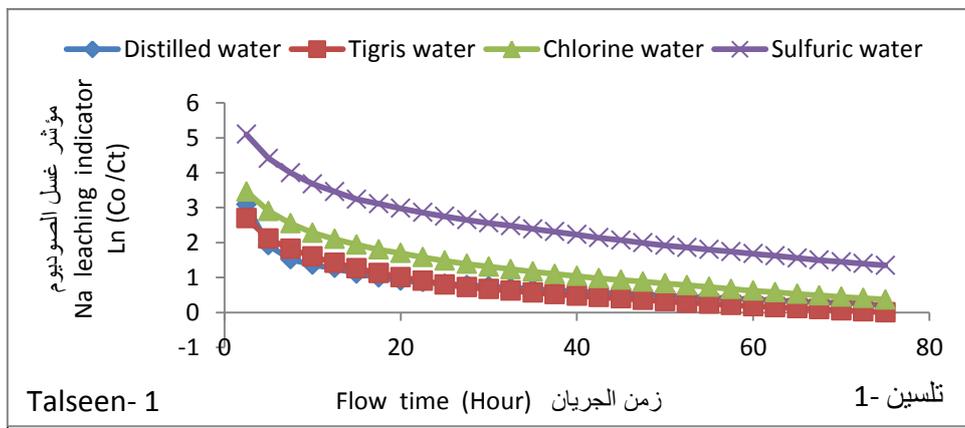
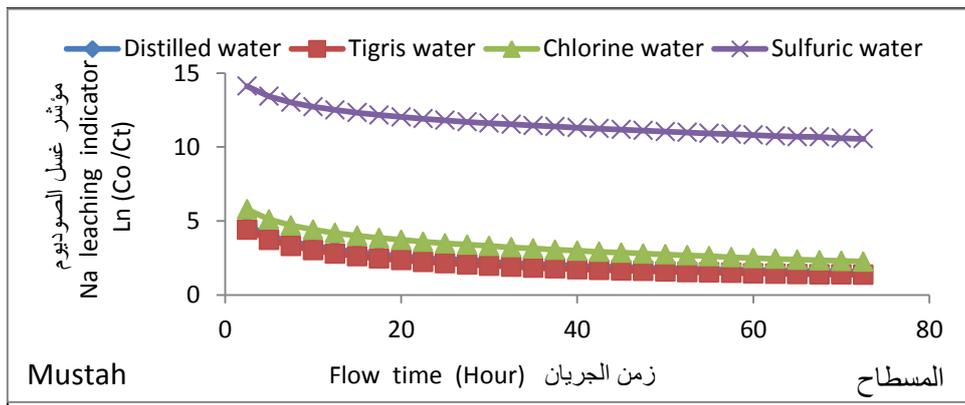
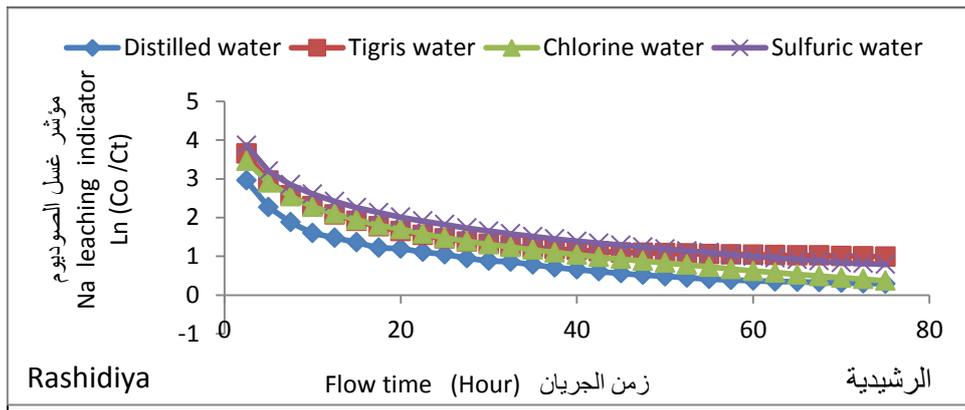
وقد أمكن وصف هذه العلاقة رياضياً في الجدول (5) الذي أرتبط فيه الصوديوم المغسول مع الحجم المسامية ارتباطاً وثيقاً في ترب الدراسة ولكلتا طريقتي الغسل. أن جريان الماء في أعمدة الترب جريانا هادئاً له دور كبير في ملئ الفراغات البينية للترب التي تعمل على تجوية الصوديوم من التربة عن طريق ثلاث عمليات هي (التحلل المائي، والتبادل الأيوني الموجب ضمن التركيب البنائي للمعادن الحاملة للصوديوم عند درجات الحرارة الاعتيادية، وفعالية أيون الهيدروجين) (Sparks, 2003, و Samarrai و Al-Obaidi و Wang, 2005, وآخرون, 2006) بعدها سيؤدي تدفق المياه اللاحقة إلى أحلال المياه الجديدة محل مياه المسام المليئة بالصوديوم المغسول ودفعها باتجاه أسفل العمود وأزاحتها إلى الخارج وبحركة مكبسية هادئة تاركة وراءها فراغات ومسام مليئة بالمياه الجديدة إلا أنها دون عتبة الغسل Threshold (الكليكي, 2013) الأمر الذي سيسمح بغسل المزيد من الصوديوم من الطور الصلب أثناء عمليات الغسل المائي والتبادل الأيوني وفعالية أيون الهيدروجين (Debnath و Ghosh, 2010)، وأن الاستمرار في عملية المزج والإزاحة الهادئة للمياه مع جسم التربة سيؤدي إلى غسل مزيد من الصوديوم بكميات أقل من بداية الغسل، وذلك لصعوبة غسل الصوديوم غير المتبادل مما يكسب منحني الغسل أنحناءاً باتجاه الخط الأفقي الشكل (1) وخصوصاً بعد الحجم المسامي الثامن مما يشير بوضوح إلى دور الصوديوم غير المتبادل في أمداد جزء بسيط منه إلى المياه الجارية بعد مروره بمسار عبر الطور المتبادل. كما تشير النتائج بوضوح إلى الدور الكبير لنوعية المياه (التأثير الأليكترووليتي ونسبة أمتزاز الصوديوم) إذ يعمل الأول على الضغط على الطبقة الكهربية المزدوجة، أما دور SAR يكمن في قدرة الصوديوم على الإحلال على السطح التبادلي في حين لم تحصل على مسارين في ترب الدراسة و إنما تم الحصول على مسار غسل خطي واحد مما يكشف بوضوح أن ما تم غسله من الصوديوم كان من أسطح التبادل وذلك لوجود مسار منحنى يتمثل بمساهمة الطور المتبادل يليه مسار شبه مستقيم يمثل الطور غير المتبادل مع قلة سرعة الغسل مما يؤكد بوضوح صعوبة غسله وانتشاره في محلول التربة (Goyal و Rami, 2011) مع بداية بسيطة لمسار آخر يوحي مشاركة الصوديوم غير المتبادل لعملية الغسيل بعد مرور الحجم المسامي الأخير.

الجدول (5): علاقات الانحدار الخطية ومعامل التحديد  $R^2$  لتأثير نوعية المياه المستخدمة وحجومها المسامية على غسل الصوديوم من ترب الدراسة.

Table (5): Linear slopping and determination coefficient relations for water quality used and their porositical volumes on sodium leaching for studied soils.

ماء كبريتي Sulfuric water	ماء كلوريدي Chlorine water	ماء نهر دجلة Tigris water	ماء المطر Rain water
الرشيدية Rashidiya			
$y= 14.74x + 13.18$ $R^2 = 0.999$	$y= 8.757x + 33.40$ $R^2 = 0.975$	$y=5.634x + 45.16$ $R^2 = 0.874$	$y=3.567x + 10.66$ $R^2 = 0.973$
المسطح Mustah			
$y= 10.03x + 14.29$ $R^2 = 0.990$	$y= 3.629x + 4.697$ $R^2 = 0.992$	$y= 2.157x + 6.015$ $R^2 = 0.979$	$y=2.369x + 5.093$ $R^2 = 0.982$
تلسين-1 Talseen-1			
$y= 8.567x + 17.55$ $R^2 = 0.984$	$y= 3.702x + 0.806$ $R^2 = 0.998$	$y=1.073x + 2.576$ $R^2 = 0.969$	$y= 0.520x + 4.255$ $R^2 = 0.965$
تلسين-2 Talseen-2			
$y= 6.825x + 10.17$ $R^2 = 0.999$	$y= 2.542x + 0.677$ $R^2 = 0.970$	$y=1.167x + 5.734$ $R^2 = 0.965$	$y= 0.737x + 4.746$ $R^2 = 0.951$

تأثير الزمن في عملية غسل الصوديوم: تبين معطيات الشكل (2) إلى نقصان الكمية المغسولة مع مرور الزمن (مدة تماس) التربة مع المياه الجارية المستخدمة إذ تصل التربة إلى حالة الغسل الثابت Constant leaching rate وأن الوصول إلى هذه الحالة يعتمد على نوع التربة وخصائصها الكيميائية والفيزيائية والمعدنية والاختلاف في سلوكية المياه لتحرير الصوديوم أعتمد على القوة الأيونية للمياه مما يجعلها قوة دافعة لتحرير المزيد من الأيون وهذا يتفق مع ما توصل إليه البدراني (2014) في دراسته عن غسل الترب الكلسية في محافظة نينوى باستخدام محاليل الليكترووليتية مختلفة القوة الأيونية ومياه ذات نوعيات مختلفة.



الشكل (2): العلاقة بين مؤشر غسل الصوديوم وزمن الجريان حسب معادلة الرتبة الأولى في ترب الدراسات.  
Figure (2): Relationship between sodium leaching indicator and flow time according to 1<sup>st</sup> order equation for studied soils.

وعند أخذ القيم التجميعية للصوديوم المغسول على أنها دالة لزمن الجريان وفق معادلة الانتشار ومعادلة الرتبة الأولى فإن سلوكية تشيير منحنيات غسل الصوديوم في الشكل (2) إلى وجود اتجاه عام في زيادة كمية الصوديوم التجميعية المغسول مع زيادة زمن الجريان حسب معادلة الرتبة الأولى، إلا أن هذه الزيادة تأخذ بالتناقص مع مرور الزمن وخاصة في المراحل الأخيرة من الغسل وعند متابعة مسار عملية الغسل وسلوكيتها عن طريق شكل منحنى الغسل عكست لنا الانحدار الشديد لمنحنى الغسل أثناء مدة قصيرة تعقبها مرحلة انخفاض في أنحدار المسار لتأخذ المنحنيات مساراً موازياً للمنحنى الأفقي وأن المرحلة الأولى لمسار الغسل تمثل الصوديوم السهل الغسل نسبياً أو ما يعبر عنه الصوديوم المتبادل على سطوح معادن التربة، وأن ما يغسل ضمن هذه المرحلة يعتمد على قيمة نسبة الصوديوم الممتاز للمياه الجارية. أما المرحلة الثانية من الغسل فأنها تمثل غسل الصوديوم صعب الاستخلاص وبطي الغسل الذي يكون مرتبطاً بالمواقع الخاصة اعتماداً على قدرة المياه على أحداث تمدد واسع في طبقات المعادن الطينية القابلة للتمدد خاصة معادن السمكتايت السائدة في ترب الدراسة والتي تمتاز بتمدد واسع نتيجة وجود المياه مما يسمح للصوديوم بالغسل من المواقع الخاصة عن طريق أحلال جذر الهيدرونيوم  $H_3O^+$  للمياه الجارية وإزاحة الصوديوم باتجاه السطوح الخارجية للمعادن الطينية التي لا تلبث أن تمتاز على السطح حتى تزيحها المياه اللاحقة أثناء عملية الجريان (Sparks, 2003). أن هذا الجزء ينتشر ببطء بين دقائق الطين نحو محلول التربة لاسيما وأن معادن السمكتايت تشكل نسبة عالية من معادن الطين السائدة (العبيدي و حسين, 2010) الذي يتميز بضعف بناء وحدته مما يسمح بفاذ الماء والأيونات إلى داخله وتغسل الأيون منه باستمرار زمن الاستخلاص. أن استمرار عملية الغسل باستمرار عملية الجريان المائي يفسر على أساس قدرة المياه الجارية في أحداث عملية تحلل مائي Hydrolysis مما يؤدي إلى تحطم هذه المعادن وغسل كل من السيليكون والصوديوم بدرجة متناوبة وقليلة جداً، إلا أنها مستمرة (Goyal و Rami, 2011)، وهذه العملية تعتمد على شدة الغسل التي ينتج عنها معادن ثانوية (أكاسيد ومعادن أطيان 2:1 و 1:1)، والعملية الثانية هي التبادل الأيوني ضمن التركيب البنائي مما يتسبب عنها تحولات معدنية. أما العملية الثالثة التي تحدثها المياه فهي فعالية أيون الهيدروجين إذ كلما زادت فعالية أيون الهيدروجين زادت عملية الغسل وترتبط هذه العملية الثالثة مرتبطة بفعالية الأحياء الدقيقة إلا أن عمليتي التحلل المائي والتبادل الأيوني هما العمليتان اللتان تلعبان دوراً رئيسياً في عملية الغسل وأن العملية الثالثة قد تكون عاملاً إضافياً في زيادة سعة الغسل للترب المغسولة بطريقة الغسل المتقطع.

**معامل سرعة الغسل وفق المعادلات الحركية:** تشير النتائج في الجدول (6) إلى أن معامل سرعة غسل الصوديوم في فترة الراحة التي تسبق عملية الغسل اللاحقة أعطت فرصة لغسل الصوديوم ما بين الطبقات الطينية، وأن معامل سرعة الغسل وفق معادلة الرتبة الأولى تراوح من  $(22 \times 10^{-3})$  ساعة<sup>1</sup> في التربة الغرينية الطينية باستخدام الماء المقطر إلى  $(40 \times 10^{-3})$  ساعة<sup>1</sup> في التربة الرملية المزيجية باستخدام الماء الكبريتي. أن هذه الاختلافات في قيم معامل سرعة الغسل لمعادلة الرتبة الأولى تعكس تأثير كل من نسجة التربة ونوعية المياه، مما يؤكد وجود أكثر من رتبة مسؤولة عن عملية الغسل Multi order reaction. وأن سبب تساوي قيم المعاملات يعود إلى سيادة معدن السمكتايت المتحكم بالذوبان والتحرر.

الجدول (6): قيم معامل سرعة غسل الصوديوم لترب الدراسة.

Table (6): Coefficient rate values of leached sodium for studied soils.

معامل سرعة غسل الصوديوم (ساعة) باستخدام Na leaching rate coefficient (Hour) by using				
النسجة Texture	ماء المطر Rain water	ماء نهر دجلة Tigris water	ماء كلوريدي Chlorine water	ماء كبريتي Sulfuric water
الرشيدية Rashidiya				
Silty clay	$22 \times 10^{-3}$	$24 \times 10^{-3}$	$33 \times 10^{-3}$	$32 \times 10^{-3}$
المسطح Mustah				
Loamy	$33 \times 10^{-3}$	$31 \times 10^{-3}$	$39 \times 10^{-3}$	$39 \times 10^{-3}$
تلسين-1 Talseen- 1				
Sandy loam	$25 \times 10^{-3}$	$31 \times 10^{-3}$	$33 \times 10^{-3}$	$40 \times 10^{-3}$
تلسين-2 Talseen- 2				
Clayey	$24 \times 10^{-3}$	$27 \times 10^{-3}$	$33 \times 10^{-3}$	$37 \times 10^{-3}$

أن القيم التي حصلنا عليها تتفق مع كل من Sellassie وآخرون (1992) ومع Goyal و Rami (2011) في دراستهما لغسل الصوديوم في ترب قاعدية لمنطقة كوتا في إقليم راجستان الهندية باعتماد معادلة الرتبة الأولى في

توصيف غسل الصوديوم، كما تتفق أيضاً مع نفاوة وآخرون، (2007) في وصف حركات غسل الصوديوم في ترب وسط العراق، وأخيراً كانت قيم الطاقة الحرة الاستبدالية لغسل الصوديوم قد تراوحت من 2.26- كيلوجول. مول<sup>-1</sup> في التربة الغرينية الطينية باستخدام الماء المقطر إلى 1.19- كيلوجول. مول<sup>-1</sup> في التربة الرملية المزيجية باستخدام المياه الكبريتية حسب مفهوم Woodruff، (1955). القيم السالبة هذه تشير إلى أن تحرر الصوديوم وغسله إلى خارج عمود التربة هي عملية سهلة وتلقائية Spontaneous.

## KINETIC APPROACH OF SODIUM LEACHING IN SOME CALCAREOUS SOILS AT NORTHERN IRAQ

H. M. Ahmed

M. A. J. Al-Obaidi

M. T. S. Khalil

College of Agriculture and Forestry, Mosul University. Iraq

E-mail: Hazim572000@yahoo.com

### ABSTRACT

Four undisturbed soil samples were collected differ in their textures representing Rashidiya, Mustah and Talseen 1&2 locations in Nineveh province / northern of Iraq, classified within great soil group Calciorthids. Samples were put in soil columns and leached by using distilled water (rain water), Tigris water, chlorine and sulfuric water to describe sodium leaching from calcareous soils via kinetic approaches. Results indicated that quantity of leached sodium up to 30<sup>th</sup> pore volumes of waters was ranged from 19.93 mmol<sub>c</sub>. liter<sup>-1</sup> for sandy loam soil by using distilled water to 455.63 mmol<sub>c</sub>. liter<sup>-1</sup> for silty clay soil by using sulfuric water which reflect the role of water ionic strength in sodium leaching from soils. Leaching curves also referred that sodium was desorbed and leached via two stages. First rapid stage up to the 10<sup>th</sup> pore volumes indicating for of sodium salts solubility role, while second stage continued up to 30<sup>th</sup> pore volumes indicating for the role of ionic exchange. Mathematical description appeared a high harmony for 1<sup>st</sup> order equation in sodium leaching description and determination coefficient values R<sup>2</sup> were ranged from (0.87 - 0.99), leaching rates were from (22 × 10<sup>-3</sup>). Hr<sup>-1</sup> for silty clay soil by using distilled water to (40 × 10<sup>-3</sup>). Hr<sup>-1</sup> for sandy loam soil by using sulfuric water referring that sodium desorption and leaching to soil liquid phase was simple and spontaneous and leaching free energy ΔG values were ranged from -2.26 to -1.19 kJole. mole<sup>-1</sup>.

Keywords: soil columns, kinetic equations, pore volumes, free energy.

Received: 20/9/2017, Accepted: 17/12/2017.

### المصادر

البدراني، مهدي عبد الرحمن محمد (2014). تحرر البوتاسيوم باستخدام الغسل المستمر و المتقطع لبعض الترب الكلسية في شمالي العراق. رسالة دبلوم عالي، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.

الحسني، علي عباس محمد (2007). انتقال وحركات الكلوريد خلال غسل تربتين مختلفتي النسجة ومتأثرة بالأملح. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

العبيدي، محمد علي جمال و عامر وديع عبد الكريم و عبد القادر عبش سبائك الحديدي (2012). حركات تحرر الكالسيوم والمغنيسيوم من الترب الكلسية المروية بنوعيات مياه مختلفة. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية. 156 - 145 (4) 12

العبيدي، محمد علي جمال و عبد الرحمن سمو حسين (2010). حركات أمتزاز وتحرر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى. مجلة زراعة الرافدين 50 - 59: 38 (4).

العبيدي، محمد علي جمال (1996). حركات تحرر البوتاسيوم في بعض الترب العراقية. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

الكبيكي، رضوان عبد الله محمد سعيد (2010). تأثير نوعية المياه على حركات تحرر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى. رسالة دبلوم عالي. كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.

- نفاوة، شذى ماجد، جواد كاظم أيدام، ألاء صالح عاتي، (2007). تأثير استخدام المياه المالحة في حركيات التملح وحركيات الأيونات الموجبة والسالبة الذائبة لثلاث ترب مختلفة النسجة. المجلة العراقية لعلوم التربة. (1) 42 : 26 - 38
- AL-Samarrai, M. A. and M. A. Al-Obaidi (2005). An investigation into some effects of the interaction between aggregate sizes, water content and incubation period on potassium release of calcareous soil. *Journal of Biological Sciences* 8(1): 146 - 148.
- Bustos, A. R. ; R. Caballera and J. A. Dies (1996). Water and solute movement under conditional corn in central Spain 11-Salt leaching. *Soil Science Society of American Journal*. 60: 1536 - 1540
- Carter, M. R. and E. G. Gregorich (2008). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2<sup>nd</sup> edition. Canadian Society of Soil Science. Canada.
- Chaudhari, S. K. (1998). Effect of water Quality on Hydraulic Properties and Predictability of Exchangeable Sodium Percentage by Mechanistic and Layer Models of Texturally Three Different Soils. Ph.D. Thesis submitted to MPKV Rahuri, India.
- Chaudhari, S. K. and R. B. Somawanshi (2002). Effect of water quality on exchange phase behavior of three soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 165: 229 - 234.
- Curtin, D. H. Stepphun ; A. R. Mermut and F. Selles (1995). Sodicity in irrigated soils in Saskatchewan. *Chemistry and Structural Stability. Canadian Journal of Soil Science*. 75: 177 - 185.
- Dubey, D. D. ; R. K. Gupta ; S. C. Tiwari and O. P. Sharma (2007). Effect of water quality on release precipitation of ions in a Vertic Ustochrept. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 151:375 - 378.
- Endo, T. ; O. S. yamanonto ; T. Honna and A. E. Eneji (2002). Sodium-Calcium exchange selectivity as influenced by clay mineral and composition. *Soil Science* 167: 117 - 125.
- Essington, M. E. (2005). *Soil and Water Chemistry, An Integrative Approach*. CRC Press.
- Ghosh, D. and A. Debnath (2010). Study on the threshold values of soil potassium parameters for release and fixation: A prognostic approach to improve the use efficiency of soil and fertilizer potassium. *Soil Science and Plant Analysis* 41(22):2661 - 2675
- Goyal, D. N. and R. D. Rami (2011). Leaching kinetics of Na in alkaline soil of kinetic ragas than under the fluency of ales turn- desorption. *International Journal Chemistry Science*: 35- 43.
- Kolahchi, Z. I. and M. Jalali (2007). Effect of water quantity on the leaching of potassium from sandy soil. *Journal of Arid Environment*. 68: 624 - 639.
- Kopittke, P. M. ; H. P. So. ; N. W. Menzies (2006). Effect of ionic strength and clay mineralogy on Na-Ca exchange and the SAR - ESP relationship. *European Journal of Soil Science*. 57:626 -633
- Rhoades. J.D.. A. Kandiah and A.M. Mashali (1992). *The Use of Saline Water for Crop Production*. FAO. Irrigation and Drainage Paper 48. Rome. Italy.
- Sellassie, T.G. ; J. J. Jurinak and L. M. Dudley (1992). Saline and sodic saline soil. reclamation.1st order kinetic model. *Soil Science*. 146: 1-7.
- Sparks, D.L. (2003). *Environmental Chemistry Of Soils*. Second Edition. Elsevier Science (USA).
- Sposito, G. (2008). *The Chemistry Of Soils*. Second Edition. Oxford University Press. England.
- Wang, J. G ; F. S. Zhang, Z. I. and Y. P. Cao (2006). Release of potassium from K-bearing minerals: effect of plant root under deficiency. *Nutrition Cycle. Agroecosys*. 56:45 -52.
- Woodruff, C. M.(1955). Energies of replacement of Ca and K in soils. *Soil Science Society of American Journal*. 19:167-171.