

دور إضافة الجبس الفوسفاتي والأحماض الدبالية في حركيات تحرر الأملاح في تربة متأثرة بالأملاح (ملحية – صودية)

زياد صالح العلواني* وأكرم عبد اللطيف الحديثي

جامعة الانبار - كلية الزراعة

* المراسلة الى: زياد صالح العلواني, قسم التربة وعلوم المياه, كلية الزراعة, جامعة الانبار, الرمادي, العراق.

البريد الالكتروني: zeiadsaleh66@gmail.com

Article info

Received: 03-07-2019

Accepted: 23-09-2019

Published: 30-06-2020

DOI - Crossref:

10.32649/ajas.2020.170506

Cite as:

Al-Alwani, Z. S., and Al-Hadethi, A. A. (2020). Role of Added Phosphogypsum and Humic Acids in the Kinetic Release of Salt from Salt Affected Soil (Saline – Sodic). Anbar Journal of Agricultural Sciences, 18(1), 15–27.

©Authors, 2020, College of Agriculture, University of Anbar. This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



الخلاصة

دراسة تأثير الجبس الفوسفاتي والأحماض الدبالية في حركيات تحرر الأملاح من التربة أجريت تجربة مختبرية استخدمت فيها أعمدة من البولي أثلين الصلب بارتفاع 60.0 سم وقطر داخلي 7.1 سم، عبئت الأعمدة بالتربة وبعمق 30 سم داخل العمود، شملت التجربة عاملين، العامل الأول الجبس الفوسفاتي وأضيف بالمستويات 0, 5, 10 و 15 طن ه⁻¹ رمز لها PG₀, PG₁, PG₂, PG₃ بالتتابع، والعامل الآخر الأحماض الدبالية وأضيفت بالمستويات 0, 50, 100 و 150 كغم ه⁻¹ رمز لها HA₀, HA₁, HA₂ و HA₃ بالتتابع، خلطت مع الـ 5 سم الأولى من تربة العمود وبمكرر واحد لكل معاملة بحيث أصبح عددها 16 عمود. استخدمت طريقة الغسل المستمر باستخدام ماء بئر ذو ايصالية كهربائية 2.72 ديسيمنز م⁻¹. جمع الراشح يوميا واستمرت عملية الغسل إلى حين وصول الايصالية الكهربائية لرواشح الغسل بحدود 3-5 ديسيمنز م⁻¹. قدرت الايصالية الكهربائية وتركيز الأيونات الذائبة الموجبة (Ca, Mg و Na) في الراشح وحسبت نسبة امتزاز الصوديوم (SAR). أظهرت النتائج أن أفضل معادلة لوصف حركيات تحرر الأملاح ونسبة امتزاز الصوديوم في التربة مع الزمن هي معادلة الانتشار. أدت زيادة مستوى الإضافة من الجبس الفوسفاتي والأحماض الدبالية الى زيادة ثابت سرعة التحرر (K) للأملاح ولنسبة امتزاز الصوديوم. كما أثر التداخل بين الجبس الفوسفاتي والأحماض الدبالية في ثابت سرعة تحرر الاملاح ونسبة امتزاز الصوديوم أيضاً، إذ زاد ثابت سرعة التحرر (K) للأملاح ولنسبة امتزاز الصوديوم في أي مستوى اضافة من الجبس الفوسفاتي بزيادة مستوى الإضافة من الأحماض الدبالية، إذ بلغ أعلى معدل لسرعة تحرر الاملاح 216.57 في المعاملة PG₃HA₃ في حين بلغ أقل معدل 149.48 في المعاملة PG₀HA₀، كما بلغ أعلى معدل لسرعة تحرر نسبة امتزاز الصوديوم 206.09 في المعاملة PG₃HA₃ في حين بلغ أقل معدل 117.23 في المعاملة PG₀HA₀.

كلمات مفتاحية: الجبس الفوسفاتي، الأحماض الدبالية، معادلة الانتشار، الاملاح التجميعة، نسبة امتزاز الصوديوم.

ROLE OF ADDED PHOSPHOGYPSUM AND HUMIC ACIDS IN THE KINETIC RELEASE OF SALT FROM SALT AFFECTED SOIL (SALINE – SODIC)

Z. S. Al-Alwani* and A. A. Al-Hadethi

College of Agriculture -University of Anbar

*Correspondence to: Ziyad Saleh Al-Alwani, Department of Soil and Water Sciences, College of Agriculture, University Of Anbar, Ramadi, Iraq.

E-mail: zeiadsaleh66@gmail.com

Abstract

In order to study the effect of phosphogypsum and humic acids in the kinetic release of salt from salt affected soil, a laboratory experiment was conducted in which columns made from solid polyethylene were 60.0 cm high and 7.1 cm in diameter. The columns were filled with soil so that the depth of the soil was 30 cm inside the column, the experiment included two factors, the first factor was phosphogypsum and was added at levels 0, 5, 10 and 15 tons ha⁻¹ and the second factor humic acids were added at levels 0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹ by mixing them with the first 5 cm of column soil and one repeater per treatment. The continuous leaching method was used by using an electrolytic well water 2.72 dS m⁻¹. Collect the leachate daily and continue the leaching process until the arrival of the electrical conductivity of the filtration of leaching up to 3-5 dS m⁻¹. The electrical conductivity and the concentration of positive dissolved ions (Ca, Mg, Na) were estimated in leachate and the sodium adsorption ratio (SAR) was calculated. The results showed that the best equation for describing release kinetics of the salts and sodium adsorption ratio in soil over time is the diffusion equation. Increasing the level of addition of phosphogypsum and humic acids increased the constant release velocity (K) of salts and the sodium adsorption ratio. The interaction between phosphogypsum and humic acids was also affected by the constant release velocity of salts and the sodium adsorption ratio. The constant release velocity (K) of the salts and the sodium adsorption ratio at any level of addition of phosphogypsum increased with the addition of humic acids. The highest salts release rate was 216.57 in PG₃HA₃, while the lowest rate was 149.48 in PG₀HA₀. The highest release rate of sodium adsorption ratio was 206.09 in PG₃HA₃, while the lowest rate was 117.23 in PG₀HA₀.

Keywords: Phosphogypsum, Humic Acids, Diffusion Equation, Accumulation Salts, Sodium Adsorption Ratio.

المقدمة

تعد ملوحة التربة من المشاكل الرئيسية المعيقة للزراعة، إذ تقدر مساحة الترب المتأثرة بالأملاح بنسبة 7% من أراضي العالم وأكثر من 50% من الأراضي الزراعية (13). إن سرعة وكفاءة إزالة الأملاح من التربة بالغسل تعتمد على نوعية الأملاح المتواجدة في التربة، بسبب قابلية ذوبان الأملاح وطبيعة الأيونات المكونة لها، كذلك اختلاف قابلية الأيونات الموجبة المكونة للأملاح على الامتزاز والتبادل على أسطح غرويات التربة. إن إزالة الأملاح من التربة بالغسل ليست عملية بسيطة، فأثناء حركة الأملاح الذائبة مع رشح الغسل تجري

عمليات تبادل أيوني بين غرويات التربة والمحلل المار خلالها. إذ أشار (21) الى خطورة إزالة الأملاح من الترب الملحية - الصودية بالغسل، وذلك لأن سرعة إزالة الأملاح الذائبة تكون أكبر من سرعة إزاحة الصوديوم المتبادل الذي هو سبب تحول الترب الى الصودية أثناء الغسل. لذا من الضروري إيجاد وسائل تهدف الى المحافظة على التربة وعدم تدهور خصائصها الكيميائية والفيزيائية، ومن هذه الوسائل هي استخدام المصلحات الكيميائية والعضوية بالتزامن مع عملية الغسل.

يعدّ الجبس الفوسفاتي أحد أهم المصلحات الكيميائية، فهو عبارة عن كبريتات الكالسيوم المتميئة ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) والذي ينتج عرضياً عن صناعة الأسمدة الفوسفاتية (20). يضاف الجبس الفوسفاتي كمصلح في استصلاح الترب الملحية - الصودية التي تمتاز بسيادة أيون الصوديوم على معقد التبادل، لغرض توفير أيون الكالسيوم (11، 18، 19)، ويمكن استخدامه لخفض نسبة امتزاز الصوديوم سواءً في التربة أو في مياه الري (15). وجد (1) أن إضافة الجبس الفوسفاتي بالمستوى 7.5، 15.0 طن ه⁻¹ أدت الى حصول انخفاض معنوي في قيم الصوديوم المتبادل قياساً بمعاملة المقارنة. وحصل (7) على انخفاض قيم نسبة امتزاز الصوديوم وزيادة كل من قيم الايصالية الكهربائية وتركيز الكالسيوم الذائب في التربة بإضافة الجبس الفوسفاتي. كما وجد (14) أن إضافة الجبس الفوسفاتي الى تربة ملحية - صودية أدت الى انخفاض معنوي في قيم نسبة امتزاز الصوديوم والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل والأس الهيدروجيني، وزيادة الكالسيوم والبوتاسيوم المتبادلة في التربة قياساً بمعاملة المقارنة.

تعدّ الاحماض الدبالية (حامض الهيوميك وحامض الفولفيك) من المصلحات العضوية للترب المالحة. إن إضافة الاحماض الدبالية للتربة تساعد في غسل الاملاح وخفض الايصالية الكهربائية ونسبة امتزاز الصوديوم وتنظيم الاس الهيدروجيني، ويعود ذلك الى فعالية الاحماض الدبالية في تكوين مركبات يسهل غسلها لاحتوائها على المجاميع الفعالة كالكربوكسيل والهيدروكسيل التي تعمل على تكوين معقدات مع الايونات الملحية وجعلها سهلة الغسل (23)، فمن خلالها يمكن زيادة كفاءة عملية استصلاح الترب المتأثرة بالأملاح. بين (17) أن إضافة الاحماض الدبالية أدت الى خفض الايصالية الكهربائية ونسبة امتزاز الصوديوم والأس الهيدروجيني في التربة. ووجد (12) أن إضافة الاحماض الدبالية بمستوى 24 و36 و48 كغم ه⁻¹ خطأً مع التربة أدت إلى انخفاض معنوي في قيم كل من الايصالية الكهربائية والأس الهيدروجيني. ووجد (4) أن إضافة حامض الهيوميك مع ماء الري سبب انخفاض معنوي في قيم كل من الايصالية الكهربائية ونسبة امتزاز الصوديوم، وزيادة تركيز الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم في التربة قياساً بمعاملة المقارنة. لذا هدفت هذه الدراسة لمعرفة تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية في غسل وتحرر الأملاح من تربة ملحية - صودية.

المواد وطرائق العمل

نفذت تجربة مختبرية لدراسة تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية في حركات تحرر الأملاح وبعض الأيونات الموجبة في تربة ملحية - صودية ذات نسجة مزيجة غرينية. استخدمت أعمدة من البولي أثلين الصلب بطول 60.0 سم وقطر داخلي 7.1 سم، ثبت أسفل كل عمود قرص بلاستيكي مثقب ووضع فوق القرص

الصوف الزجاجي مع وضع طبقة من الحصى الناعم المغسول بارتفاع 5 سم، عُبئت الأعمدة بالتربة المأخوذة من الطبقة السطحية 0-30 سم. وجدول 1 يبين بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة، بعد أن تم تجفيفها هوائياً ونخلها بمنخل قطر فتحاته 2 ملم، مع الطرق الخفيف على جدران العمود بحيث أصبح ارتفاع التربة 30 سم ووزنها 1484 غم داخل الأعمدة وبكثافة ظاهرية متجانسة بلغت 1.25 ميكأغرام م⁻³، أُضيفت إلى تربة الأعمدة أربعة مستويات من الجبس الفوسفاتي هي 0 و5 و10 و15 طن ه⁻¹ أي ما يعادل 0 و2 و4 و6 غم عمود⁻¹ رمز لها PG₀ وPG₁ وPG₂ وPG₃ بالتتابع، وأربعة مستويات من الأحماض الدبالية هي 0 و50 و100 و150 كغم ه⁻¹ أي ما يعادل 0.00 و0.02 و0.04 و0.06 غم عمود⁻¹ رمز لها HA₀ وHA₁ وHA₂ وHA₃ بالتتابع، خلطت مع الـ5 سم الأولى من التربة وبمكرر واحد لكل معاملة بحيث أصبح مجموع الأعمدة 16 عمود. رطب جميع الأعمدة بوساطة الخاصية الشعرية للحفاظ على تجانس المحتوى الرطوبي في كامل العمود. استخدمت طريقة الغسل المستمر باستعمال مياه بئر ذات إيصالية كهربائية 2.72 ديسيمنز م⁻¹ وجدول 2 يبين بعض الخصائص الكيميائية للمياه المستخدمة في الغسل، سلط عمود ماء ثابت ارتفاعه 15 سم فوق سطح التربة بإتباع تقنية الاواني المستطرقة. جمع الراشح يومياً مع حساب حجمه لكل عمود على انفراد. استمرت عملية الغسل إلى حين وصول الايصالية الكهربائية لرواشح الغسل بحدود 3-5 ديسيمنز م⁻¹. قدرت الايصالية الكهربائية وتركيز الأيونات الذائبة الموجبة (Ca، Mg، Na)، وحسب ما يلي:

1. كمية الاملاح (غم لتر⁻¹) في المياه المترشحة باستخدام المعادلة التالية:

$$g.L^{-1} = EC \times 0.640$$

2. نسبة امتزاز الصوديوم في المياه المترشحة باستخدام المعادلة التالية:

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

• كانت تراكيز كل من Na وCa وMg محسوبة بالمليمول لتر⁻¹.

أُخضعت النتائج للمعادلات الحركية لدراسة تحرر الاملاح ونسبة امتزاز الصوديوم مع الزمن.

المعادلات الحركية المستعملة في الدراسة:

لدراسة حركيات تحرر الأملاح ونسبة امتزاز الصوديوم في الرواشح مع الزمن، استخدمت معادلات رياضية مبنية على أسس الكيمياء الحركية (Kinetic Chemistry) والمشار إليها من قبل (22) وهذه المعادلات هي:

$$C_t = C_0 - Kt \quad 1. \text{ معادلة الرتبة صفر}$$

$$\ln C_t = \ln C_0 - Kt \quad 2. \text{ معادلة الرتبة الأولى}$$

$$1/C_t = 1/C_0 + Kt \quad 3. \text{ معادلة الرتبة الثانية}$$

$$C_t = C_0 - Kt^{1/2} \quad 4. \text{ معادلة الانتشار}$$

$$C_t = C_0 - K \text{ Int}$$

5. معادلة ايلوفج

إذ تمثل:

C_0 = كمية الاملاح ونسبة امتزاز الصوديوم الموجودة في الراشح عند الزمن صفر.

C_t = كمية الاملاح ونسبة امتزاز الصوديوم الموجودة في الراشح عند الزمن المحدد.

K = ثابت سرعة التحرر للأملاح ولنسبة امتزاز الصوديوم.

ولتحديد أكفاً معادلة لوصف تحرر الأملاح اعتمدت المؤشرات الآتية:

- معامل التحديد (R^2).
- قيمة الخطأ القياسي التخميني (SEe) (Stander Error of Estimate).
- قيمة اختبار (T) الجدولية (التباين بين القيم)

جدول 1 بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة

الخاصية	الوحدة	القيمة
ECe	dS m^{-1}	73.78
pH	-	7.72
المركبات الذائبة الأملاح	Na^+	461.50
	Ca^{++}	110.25
	Mg^{++}	25.00
	K^+	3.46
SAR	-	39.68
ESP	%	36.41
CaSO_4	غم كغم ⁻¹	56.78
CaCO_3	-	249.00
O.M	-	3.52
CEC	سنتمول كغم ⁻¹	24.65
مفصولات التربة	غم كغم ⁻¹	195.00
	الرمل الغرين الطين	617.00
صنف النسجة	-	188.00
الكثافة الظاهرية	ميكاغرام م ³	1.25
	مزيجة غرينية	

جدول 2 بعض الخصائص الكيميائية لمياه البئر المستخدمة في التجربة

الخاصية	الأيونات الذائبة الموجبة				pH	EC	القيمة
	K^+	Mg^{++}	Ca^{++}	Na^+			
SAR	0.23	4.97	6.48	4.42	7.44	2.72	
	mmol L^{-1}				-	dS m^{-1}	
	-						

النتائج والمناقشة

الأملاح المتحررة (غم لتر⁻¹) مع الزمن (يوم) بهدف كشف مدى ملائمة المعادلات الرياضية المبينة على أسس الحركيات الكيميائية لوصف العلاقة بين الأملاح التجميعية (غم لتر⁻¹) المتحررة من أعمدة التربة مع الزمن (يوم) تحت تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية، أخضعت بيانات الأملاح التجميعية المتحررة من أعمدة التربة إلى المعادلات الحركية، وتبين النتائج في جدول 3 التحليل الرياضي للمعادلات الحركية الخمسة (معادلة الرتبة صفر ومعادلة الرتبة الاولى ومعادلة الرتبة الثانية ومعادلة الانتشار ومعادلة ايلوفج) المستعملة في

التجربة المختبرية، إذ أظهرت النتائج أن أفضل معادلة لوصف العلاقة بين الأملاح التجميعة (غم لتر⁻¹) المتحررة من أعمدة التربة مع الزمن (يوم) هي معادلة الانتشار. على الرغم من أن معادلة ايلوفج أعطت معامل تحديد (R^2) عالي بلغ 0.912 إلا أن معادلة الانتشار أعطت معامل تحديد أعلى من معادلة ايلوفج بلغ 0.921 وكلاهما معنوي عند 0.01 بالإضافة إلى أن قيم الخطأ القياسي (SEe) لمعادلة ايلوفج عالي إذ بلغ 61.457 في حين أعطت معادلة

جدول 3 مؤشرات المعادلات الحركية المختلفة لوصف تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية في حركة

الأملاح في التربة

المعاملة	المؤشرات	Zero - Order	1 st . - order	2 nd . - order	Diffusion	Elovich
PG ₀ HA ₀	R ²	0.850	0.627	0.295	0.919	0.905
	SE _e	67.563	0.947	0.070	49.665	53.756
	T	10.667	5.804	-2.892	15.085	13.832
PG ₁ HA ₀	R ²	0.850	0.627	0.295	0.920	0.908
	SE _e	73.465	0.923	0.058	53.706	57.705
	T	10.665	5.794	-2.891	15.154	14.008
PG ₂ HA ₀	R ²	0.855	0.624	0.287	0.925	0.926
	SE _e	81.539	0.908	0.095	58.729	63.310
	T	10.860	5.761	-2.834	15.681	14.450
PG ₃ HA ₀	R ²	0.857	0.619	0.282	0.928	0.917
	SE _e	93.409	0.893	0.040	66.364	71.008
	T	10.946	5.705	-2.799	16.031	14.897
PG ₀ HA ₁	R ²	0.846	0.621	0.291	0.917	0.905
	SE _e	67.551	0.959	0.074	49.677	52.870
	T	10.468	5.730	-2.862	14.820	13.841
PG ₁ HA ₁	R ²	0.847	0.618	0.285	0.919	0.909
	SE _e	74.043	0.937	0.062	53.859	56.923
	T	10.531	5.688	-2.824	15.079	14.194
PG ₂ HA ₁	R ²	0.851	0.619	0.290	0.922	0.912
	SE _e	83.294	0.923	0.050	60.203	63.923
	T	10.651	5.704	-2.859	15.344	14.373
PG ₃ HA ₁	R ²	0.852	0.622	0.279	0.926	0.919
	SE _e	94.064	0.835	0.032	66.515	69.211
	T	10.730	5.733	-2.782	15.818	15.152
PG ₀ HA ₂	R ²	0.843	0.617	0.277	0.915	0.905
	SE _e	68.121	0.973	0.083	50.165	53.057
	T	10.381	5.676	-2.766	14.684	13.807
PG ₁ HA ₂	R ²	0.846	0.623	0.286	0.920	0.909
	SE _e	75.652	0.907	0.054	55.094	58.073
	T	10.485	5.747	-2.832	15.000	14.160
PG ₂ HA ₂	R ²	0.846	0.612	0.273	0.921	0.915
	SE _e	84.105	0.912	0.050	60.395	62.645
	T	10.495	5.616	-2.743	15.244	14.649
PG ₃ HA ₂	R ²	0.849	0.619	0.275	0.924	0.919
	SE _e	93.740	0.837	0.033	66.399	68.444
	T	10.619	5.700	-2.752	15.641	18.166
PG ₀ HA ₃	R ²	0.842	0.617	0.271	0.916	0.908
	SE _e	68.946	0.989	0.090	56.905	59.441
	T	10.335	5.686	-2.727	14.760	14.071
PG ₁ HA ₃	R ²	0.842	0.619	0.269	0.916	0.908
	SE _e	77.851	0.913	0.057	56.905	59.441
	T	10.348	5.705	-2.714	14.760	14.071
PG ₂ HA ₃	R ²	0.843	0.609	0.252	0.919	0.915
	SE _e	85.212	0.901	0.051	61.129	62.672

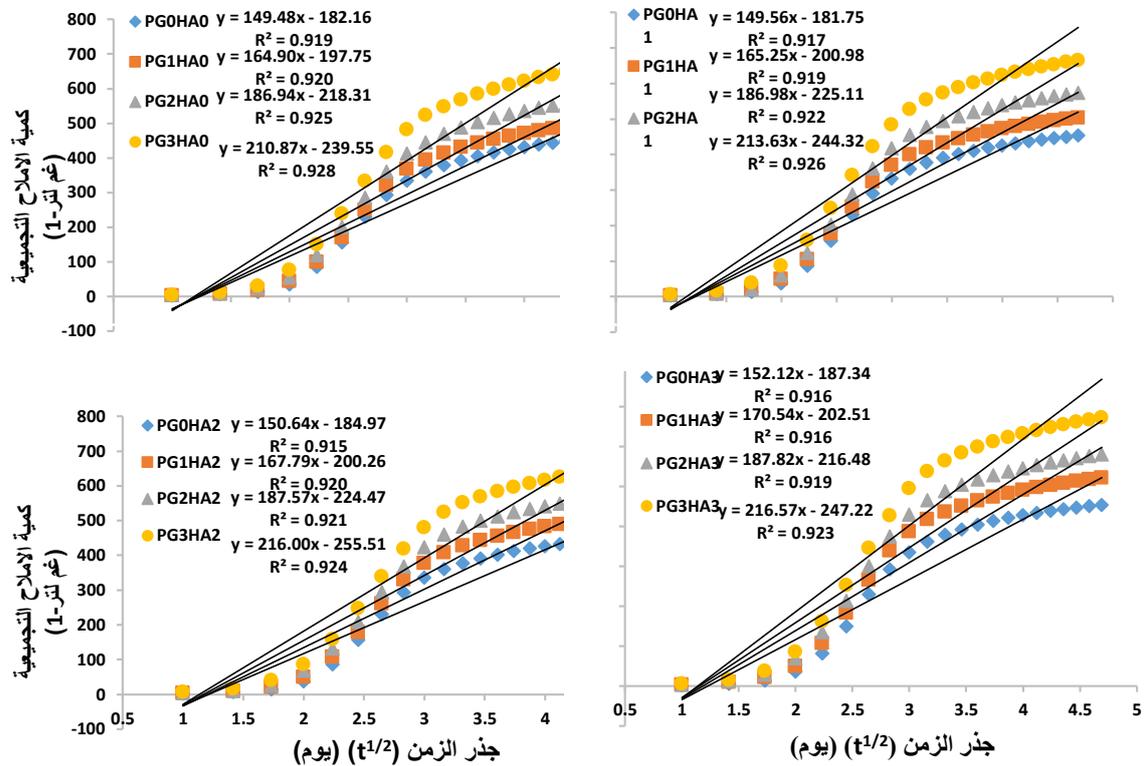
14.727	15.132	-2.600	5.582	10.399	T	
0.918	0.923	0.277	0.617	0.847	R ²	
70.829	68.773	0.033	0.850	96.778	SE _e	PG ₃ HA ₃
15.021	15.509	-2.768	5.686	10.563	T	
0.912	0.921	0.280	0.619	0.848	R ³	
61.457	58.405	0.058	0.913	80.333	SE _e	المعدل
14.589	15.234	-2.790	5.707	10.571	T	

الانتشار قيمة لمعامل الخطأ القياسي أقل من معادلة ايلوفج إذ بلغت قيمته 58.405 هذا يعني أن معادلة الانتشار تفوقت على بقية المعادلات من ناحية أعلى معدل لمعامل التحديد (R^2) وأقل خطأ قياسي (SEe)، وإن الأنموذج الرياضي لمعادلة الانتشار $C_t = C_0 - Kt^{1/2}$ هو الأفضل لوصف العلاقة بين كمية الأملاح التجميعة (غم لتر⁻¹) المتحررة من أعمدة التربة مع الزمن (يوم) تحت تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية. وتتوافق هذه النتائج مع الباحثين (10، 6، 9 و4) الذين وجدوا أن معادلة الانتشار هي الأفضل لوصف حركيات تحرر الأملاح.

يبين شكل 1 العلاقة بين كمية الأملاح (غم لتر⁻¹) المتحررة من أعمدة التربة مع جذر الزمن ($t^{1/2}$) (يوم) تحت تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية، إذ يلاحظ أن انحدار المعادلات الخطية والذي يمثل ثابت سرعة التحرر (K) للأملاح، أنه ازداد بزيادة مستوى الإضافة من الجبس الفوسفاتي، فثابت سرعة التحرر (K) بلغ 149.48، 164.90، 186.94 و210.87 للمعاملات PG₀HA₀، PG₁HA₀، PG₂HA₀ وPG₃HA₀ بالتتابع. يعزى سبب زيادة سرعة تحرر الأملاح بإضافة الجبس الفوسفاتي إلى دوره في زيادة تركيز كل من الكالسيوم والكبريتات في محلول التربة خلال ذوبانه وبالتالي يزداد التركيز الألكتروليتي، ومن ثم الحركة إلى الأسفل مع رشح الغسل (3 و15). ويلاحظ أيضاً أن ما ذكر أعلاه من زيادة في ثابت سرعة تحرر الأملاح بزيادة مستوى الإضافة من الجبس الفوسفاتي تصح في جميع مستويات الاحماض الدبالية.

كما يلاحظ من شكل 1 أن انحدار المعادلات الخطية والذي يمثل ثابت سرعة التحرر (K) للأملاح، ازداد أيضاً بزيادة مستوى الإضافة من الاحماض الدبالية، فثابت سرعة التحرر (K) بلغ 149.48، 149.56، 150.64، 152.12، للمعاملات PG₀HA₀، PG₀HA₁، PG₀HA₂ وPG₀HA₃ بالتتابع. يعزى سبب زيادة سرعة تحرر الأملاح بإضافة الاحماض الدبالية إلى دورها في تحسين خصائص التربة الكيميائية من خلال احتوائها على المجاميع الفعالة كمجموعة الكربوكسيل والهيدروكسيل التي تعمل على خلب وتعقيد وامتزاز العناصر الملحية، وتغيير التركيب الأيوني لمحلول التربة، من خلال غسل أملاح الصوديوم خارج مقطع التربة مما يقلل تأثيرها في التربة (24)، إضافة إلى قدرة الاحماض الدبالية على تحسين خصائص التربة الفيزيائية كالبناء وزيادة النفاذية وسرعة الغسل (16 و25)، وهذه النتائج تتوافق مع ما توصل إليه الباحث (4) الذي وجد أن سرعة تحرر الأملاح تزداد بزيادة مستوى الإضافة من حامض الهيوميك. ويلاحظ أيضاً أن ما ذكر أعلاه من زيادة في ثابت سرعة تحرر الأملاح بزيادة مستوى الإضافة من الاحماض الدبالية تصح في جميع مستويات الجبس الفوسفاتي.

أما تأثير التداخل بين الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية في سرعة تحرر الأملاح، فأظهر انحدار المعادلات الخطية (الشكل 2)، الذي يمثل ثابت سرعة التحرر (K) للأملاح، أنه في أي مستوى إضافة من الجبس الفوسفاتي PG_0 ، PG_1 ، PG_2 و PG_3 ، ازداد بزيادة مستوى الإضافة من الاحماض الدبالية HA_0 ، HA_1 ، HA_2 و HA_3 ، إذ أعطت المعاملة PG_3HA_3 أعلى قيمة لثابت سرعة التحرر (K) بلغت 216.57، في حين أعطت معاملة عدم الإضافة PG_0HA_0 أقل قيمة لثابت سرعة التحرر (K) بلغت 149.48.



شكل 1. العلاقة بين التحرر التجميعي للأملاح (غم لتر⁻¹) مع جذر الزمن ($t^{1/2}$) (يوم) تحت تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية طبقاً لمعادلة الانتشار

نسبه امرار الصوديوم (SAR) المنحرفه مع الزمن (يوم) استعملت هذه معادلات رياضييه مبنيه على اساس الحركيات الكيميائية لوصف العلاقة بين نسبة امتزاز الصوديوم التجميعية المتحررة من أعمدة التربة مع الزمن (يوم) تحت تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية، فقد أخضعت بيانات نسبة امتزاز الصوديوم إلى المعادلات الحركية، وتبين النتائج في جدول 4 التحليل الرياضي للمعادلات الحركية الخمسة (معادلة الرتبة صفر ومعادلة الرتبة الأولى ومعادلة الرتبة الثانية ومعادلة الانتشار ومعادلة ايلوفج) المستعملة في التجربة المختبرية. إذ أظهرت النتائج أن أفضل معادلة لوصف العلاقة بين نسبة امتزاز الصوديوم المتحررة والزمن (يوم) هي معادلة الانتشار. على الرغم من أن معادلة ايلوفج أعطت معامل تحديد (R^2) عالي بلغ 0.922 إلا أن معادلة الانتشار أعطت معامل تحديد أعلى من معادلة ايلوفج بلغ 0.958 وكلاهما معنوي عند 0.01 بالإضافة إلى أن قيم الخطأ القياسي (SEe) لمعادلة ايلوفج عالي إذ بلغ 50.330 في حين أعطت معادلة الانتشار قيمة لمعامل الخطأ القياسي أقل من معادلة ايلوفج إذ بلغت قيمته 36.375 هذا يعني أن معادلة الانتشار تفوقت على بقية المعادلات من ناحية أعلى معدل لمعامل التحديد (R^2) وأقل خطأ قياسي (SEe)، وإن الأنموذج

الرياضي لمعادلة الانتشار $C_t = C_0 - Kt^{1/2}$ هو الأفضل لوصف العلاقة بين نسبة امتزاز الصوديوم المتحررة من أعمدة التربة مع الزمن (يوم) تحت تأثير الجبس

جدول 4 مؤشرات المعادلات الحركية المختلفة لوصف تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية في حركة نسبة امتزاز الصوديوم في أعمدة التربة

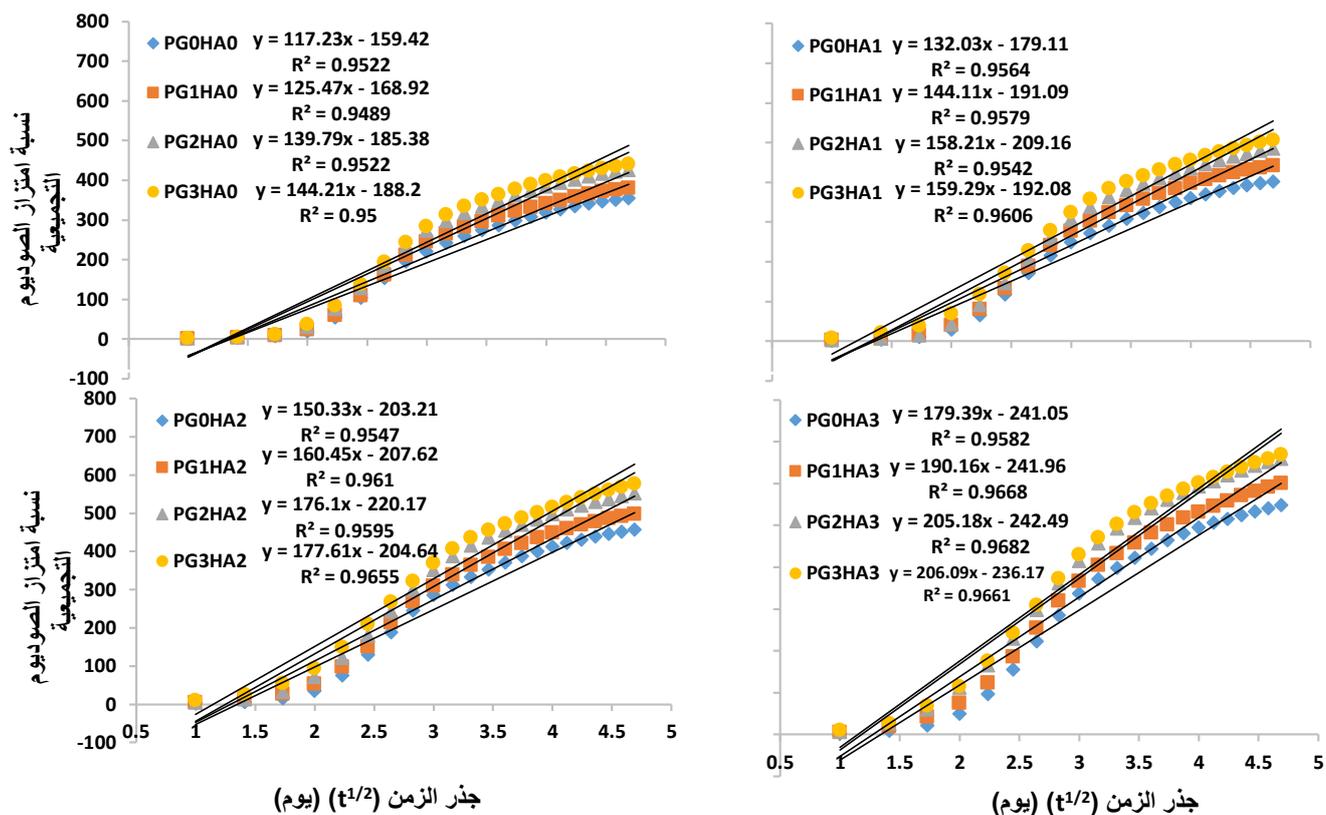
Elovich	Diffusion	2 nd . - order	1 st . - order	Zero - Order	المؤشرات	المعاملة
0.909	0.952	0.235	0.634	0.907	R ²	PG ₀ HA ₀
39.803	28.930	0.217	1.050	40.230	SE _c	
14.176	19.291	-2.482	5.897	14.010	T	
0.908	0.948	0.270	0.645	0.902	R ²	PG ₁ HA ₀
42.866	32.052	0.130	0.981	44.376	SE _c	
14.106	19.279	-2.721	6.039	13.577	T	
0.913	0.952	0.293	0.650	0.904	R ²	PG ₂ HA ₀
46.463	34.495	0.084	0.924	48.773	SE _c	
14.512	19.958	-2.885	6.094	13.757	T	
0.915	0.949	0.286	0.637	0.898	R ²	PG ₃ HA ₀
47.263	36.450	0.089	0.955	52.023	SE _c	
14.751	19.485	-2.832	5.925	13.274	T	
0.911	0.956	0.267	0.644	0.913	R ²	PG ₀ HA ₁
44.124	31.047	0.131	0.987	43.758	SE _c	
14.39	20.944	-2.701	6.017	14.522	T	
0.916	0.957	0.271	0.641	0.912	R ²	PG ₁ HA ₁
46.788	33.262	0.094	0.938	47.995	SE _c	
14.84	21.338	-2.729	5.987	14.432	T	
0.915	0.954	0.283	0.643	0.906	R ²	PG ₂ HA ₁
51.897	38.173	0.080	0.939	54.563	SE _c	
14.705	20.412	-2.810	6.007	13.919	T	
0.927	0.961	0.306	0.679	0.908	R ²	PG ₃ HA ₁
48.054	35.535	0.024	0.674	54.027	SE _c	
16.045	22.077	-2.973	6.510	14.124	T	
0.91	0.954	0.281	0.653	0.911	R ²	PG ₀ HA ₂
50.713	36.044	0.088	0.930	50.428	SE _c	
14.256	20.540	-2.802	6.144	14.345	T	
0.919	0.961	0.281	0.668	0.915	R ²	PG ₁ HA ₂
51.104	35.587	0.044	0.784	52.244	SE _c	
15.126	22.206	-2.802	6.355	14.767	T	
0.962	0.959	0.270	0.650	0.908	R ²	PG ₂ HA ₂
53.873	39.866	0.042	0.804	60.031	SE _c	
15.816	21.756	-2.720	6.094	14.055	T	
0.937	0.965	0.307	0.670	0.910	R ²	PG ₃ HA ₂
49.739	36.997	0.019	0.656	59.464	SE _c	
17.331	23.644	-2.981	6.373	14.288	T	
0.912	0.958	0.252	0.652	0.915	R ²	PG ₀ HA ₃
59.593	41.265	0.075	0.903	58.504	SE _c	
14.47	21.411	-2.597	6.134	14.765	T	
0.924	0.966	0.246	0.663	0.923	R ²	PG ₁ HA ₃
58.492	38.822	0.039	0.765	58.999	SE _c	
15.658	24.125	-2.559	6.272	15.513	T	
0.937	0.968	0.243	0.646	0.916	R ²	PG ₂ HA ₃
57.633	40.964	0.028	0.729	66.474	SE _c	
17.249	24.668	-2.533	6.054	14.788	T	
0.939	0.966	0.289	0.659	0.910	R ²	PG ₃ HA ₃
56.879	42.508	0.018	0.675	69.033	SE _c	
17.591	23.878	-2.853	6.227	14.275	T	
0.922	0.958	0.274	0.652	0.910	R ³	المعدل
50.330	36.375	0.075	0.856	53.808	SE _c	
15.314	21.563	-2.749	6.133	14.276	T	

الفوسفاتي والاحماض الدبالية. وتتوافق هذه النتائج مع الباحثين (9، 2، 4) الذين وجدوا أن معادلة الانتشار هي الأفضل لوصف حركات الأملاح ونسبة امتزاز الصوديوم.

يبين شكل 2 العلاقة بين نسبة امتزاز الصوديوم التجميعة المتحررة من أعمدة التربة مع جذر الزمن ($t^{1/2}$) (يوم) تحت تأثير الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية، إذ يلاحظ أن انحدار المعادلات الخطية والذي يمثل ثابت سرعة التحرر (K) لنسبة امتزاز الصوديوم، ازداد بزيادة مستوى الإضافة من الجبس الفوسفاتي، فثابت سرعة التحرر (K) بلغ 117.23، 125.47، 139.79 و 144.21 للمعاملات PG_0HA_0 ، PG_1HA_0 ، PG_2HA_0 و PG_3HA_0 بالتتابع. يعزى سبب زيادة سرعة تحرر نسبة امتزاز الصوديوم بإضافة الجبس الفوسفاتي إلى دوره في زيادة تركيز أيونات الكالسيوم والمغنسيوم في محلول التربة خلال ذوبانه والتي تحل محل أيونات الصوديوم على أسطح التبادل وإزاحة الأخير خارج مقطع التربة مع رشح الغسل (1 و 26) مما يؤدي إلى زيادة تركيز الصوديوم في رشح الغسل وبالتالي تزداد نسبة امتزاز الصوديوم المتحررة من التربة، بالإضافة إلى دور الجبس الفوسفاتي في خفض كثافة التربة الظاهرية وتحسين بناء التربة والإيصالية المائية وزيادة معدل الغيض مما ينعكس إيجابياً في زيادة معدل غسل الأيونات الملحية (1 و 8). ويلاحظ أن ما ذكر أعلاه من زيادة في سرعة تحرر نسبة إمتزاز الصوديوم بزيادة مستوى الإضافة من الجبس الفوسفاتي تصح في جميع مستويات الاحماض الدبالية.

كما يلاحظ من شكل 2 أن انحدار المعادلات الخطية والذي يمثل ثابت سرعة التحرر (K) لنسبة امتزاز الصوديوم، ازداد أيضاً بزيادة مستوى الإضافة من الاحماض الدبالية، فثابت سرعة التحرر بلغ 117.23 و 132.03، 150.33، 179.39 للمعاملات PG_0HA_0 ، PG_0HA_1 ، PG_0HA_2 و PG_0HA_3 بالتتابع. يعزى سبب زيادة سرعة تحرر نسبة امتزاز الصوديوم بإضافة الاحماض الدبالية إلى احتوائها على المجاميع الفعالة كمجموعة الكربوكسيل والهيدروكسيل التي تعمل على خلب وتعقيد وامتزاز أيونات الصوديوم وتكوين معقدات عضوية سهلة الذوبان والحركة وبالتالي تُزيد من عملية غسله، كذلك تعمل المجاميع الفعالة في الاحماض الدبالية على خلب وتعقيد أيوني الكالسيوم والمغنسيوم وتكوين معقدات عضوية تكون أقل حركة في التربة من أيون الصوديوم مما يقلل من عملية غسلهما (5 و 27) وبالتالي يزداد تركيز الصوديوم قياساً بتركيز كل من الكالسيوم والمغنسيوم في روائح الغسل وذلك يسبب زيادة نسبة إمتزاز الصوديوم فيها. وتتوافق هذه النتائج مع (4) الذي توصل إلى أن سرعة تحرر نسبة امتزاز الصوديوم المتحررة ازدادت بإضافة حامض الهيوميك. ويلاحظ أن ما ذكر أعلاه من زيادة في سرعة تحرر نسبة امتزاز الصوديوم بزيادة مستوى الإضافة من الاحماض الدبالية تصح في جميع مستويات الجبس الفوسفاتي.

أما تأثير التداخل بين الجبس الفوسفاتي والاحماض الدبالية في سرعة تحرر نسبة امتزاز الصوديوم، فقد أظهر انحدار المعادلات الخطية الذي يمثل ثابت سرعة التحرر (K) لنسبة امتزاز الصوديوم، أنه في أي مستوى إضافة من الجبس الفوسفاتي PG_0 ، PG_1 ، PG_2 ، PG_3 ازداد بزيادة مستوى الإضافة من الاحماض الدبالية HA_0 ، HA_1 ، HA_2 و HA_3 ، إذ أعطت المعاملة PG_3HA_3 أعلى قيمة لثابت سرعة التحرر (K) بلغت 206.09، في حين أعطت المعاملة PG_0HA_0 أقل قيمة لثابت سرعة التحرر (K) بلغت 117.23.



شكل 2 العلاقة بين التحرر التجميعي لنسبة إمتزاز الصوديوم (SAR) مع جذر الزمن ($t^{1/2}$) (يوم) تحت تأثير الجبس الفوسفاتي والأحماض الدبالية طبقاً لمعادلة الانتشار

المصادر

1. Agar, A. I. (2011). Reclamation of saline and sodic soil by using divided doses of phosphogypsum in cultivated condition. African Journal of Agricultural Research, 6(18): 4243-4252.
2. Al-Asady, R. M. S. (2018). Study some Properties for Magnesium in Soil. M.Sc. Thesis, AL-Qasim Green University, Iraq pp: 103-115.
3. Al-Grairy, F.A. (2012). Utilization of phosphogypsum for reclamation of saline-sodic soils using saline ground water. Ph. D. Dissertation, college of Agriculture - University of Baghdad, Iraq PP: 30-35.
4. Amrhein, C., Strong, J. E., and Mosher, P. A. (1992). Effect of deicing salts on metal and organic matter mobilization in roadside soils. Environmental Science and Technology, 26(4): 703-709.
5. Al-Juboori, A. K. (2006). Study the Behavior and Kinetics of Sodium in Salt-affected and unaffected Soils in Northern Iraq. Doctoral dissertation, college of Agriculture - University of Mosul, Iraq pp: 100-105.
6. AL-Lami, A. S. J. (1999). Assessment Availability of Magnesium in soil. Doctoral dissertation, College of Agriculture, University of Baghdad.
7. Al-Muhamdi, K.J. (2013). Effect of phosphogypsum and irrigation with salin water in some chemical properties of soil, growth and yield of cotton. M.Sc. Thesis, college of Agriculture-University of Anbar, Iraq pp: 100-110.

8. Al-Naser, Y. H. (2019). Effect of phosphogypsum on formation and development of soil surface crust and wheat crop growth. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 18(3): 90-95.
9. AL-Obaidi, M.A.; A. W. Abdulkareem and A.A. Al-Hadedy. (2012). Kinetic of Calcium and Magnesium released from calcareous soils irrigated by different water quality. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 4(12): 145-156.
10. Brar, B. S., and Bajwa, M. S. (1999). Release of calcium and magnesium in arid zone soils of Punjab and its description using different mathematical models. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 47(4): 715-720.
11. Bower, J. F., Dick, W. A., Kashmanian, R. M., Sims, J. T., Wright, R. J., Dawson, M. D., and Bezdicek, D. (2000). Land application of agricultural, industrial, and municipal by-products. *Soil Science Society of America Inc.* pp.120.
12. El-Galad, M. A., Sayed, D. A., and El-Shal, R. M. (2013). Effect of humic acid and compost applied alone or in combination with sulphur on soil fertility and faba bean productivity under saline soil conditions. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 4(10): 1139-1157.
13. Ehappell, M. J., and LaValle, L. A. (2011). Food security and biodiversity: can we have both? An agroecological analysis. *Agriculture and Human Values*, 28(1): 3-26..
14. Gharaibeh, M. A., Rusan, M. J., Eltaif, N. I., and Shunnar, O. F. (2014). Reclamation of highly calcareous saline-sodic soil using low quality water and phosphogypsum. *Applied Water Science*, 4(3): 223-230.
15. Hasoon, E.A., and Fadhel, S.Al-Kinany, and Sabbar, R.J. Al-Jeboory, Azzam, H. Al-Hadithy. (2017). Effect of irrigation water of the main out full with addition phosphogypsum on growth of barley (*Hordeum Vulgare*). *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*, 4(2): 133-144.
16. Khaled, H., and Fawy, H. A. (2011). Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6(1): 21-29.
17. Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N., and Abdelly, C. (2009). Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of hazardous materials*, 171(3): 29-37.
18. Mace, J. E., Amrhein, C., and Oster, J. D. (1999). Comparison of gypsum and sulfuric acid for sodic soil reclamation. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13(2): 171-188.
19. Mace, J. E., and Amrhein, C. (2001). Leaching and reclamation of a soil irrigated with moderate SAR waters. *Soil Science Society of America Journal*, 65(1): 199-204.
20. Rashad, A. M. (2015). Potential use of phosphogypsum in alkali-activated fly ash under the effects of elevated temperatures and thermal shock cycles. *Journal of cleaner production*, 87(1):717-725.
21. Shainberg, I., and Letey, J. (1984). Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*, 52(2): 1-57.
22. Sparks, D. L. (1986). Kinetics of ionic reactions in clay minerals and soils. *Academic Press*. In *Advances in Agronomy*, (38): 231-266.
23. Tan, H. Kim. (2003). *Humic Matter in Soil and the Environment Principles and Controversies*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. New York, USA.

24. Tchiadje, N. F. T. (2007). Strategies to reduce the impact of salt on crops (rice, cotton and chili) production: A case study of the tsunami-affected area of India. *Desalination*, 206(1-3): 524-530.
25. Turan, M.A., Asik, B.B., Katkat, A.V and Celik, H. (2011). The effects of soil – applied humic substances to the dry weight and mineral nutrient uptake of maize plants under soil-salinity conditions. *Ntulae botanicae horti agrobotanici cluj- napoca*.39(1): 171-177.
26. Yasien, M.F., and Omar, K.O., and Mustafa, J.A. (2014). The effect of interaction between phosphogypsum and soil texture and saline type on some soil properties chemical after binary leaching. *Tikrit University Journal of Agricultural Sciences*, 14(1): 138-149.
27. Zhang, W.Z. X.Q.Chen, J.M. Zhou, D.H. Liu, H.Y. Wang and C.W. Du. (2013). Influence of humic acid on interaction of ammonium and potassium ions on clay minerals. *Pedosphere* 23(4): 5–493.