

تقدير معايير انتقال المذابات في اعمدة تربة معاملة بالاملاح

كاظم مكي ناصر

محمد حسن صبري بهية

أستاذ مساعد

مدرس

قسم علوم التربة والموارد المائية-كلية الزراعة-جامعة بغداد

kmm_2006@yahoo.com

m.hassan.bahia@coagri.uobaghdad.edu.iq

المستخلص

نفذت تجربة مختبرية في قسم علوم التربة والموارد المائية/ كلية الزراعة/ جامعة بغداد، بمعاملة تربة ذات نسجة طينية غرينية بمحاليل ملحية مختلفة (كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم ومحلول ثنائي من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم) ووضعت بأعمدة من البولي اثيلين بطول 40سم وقطر 10سم. غسلت اعمدة التربة ست مرات بماء الحنفية وجمعت الرواشح لتقدير ايونات: Cl^- , Ca^{++} , Na^+ , K^+ , Mg^{++} . عملت منحنيات اختراق وحددت معايير الانتقال (عامل الاعاقه، رقم بكتل) بتطبيق الحل التحليلي لمعادلة الحمل- التفريق باستعمال برنامج CXTFIT ومنها قدر معامل التفريق. بينت النتائج وصول الكلوريد الى التركيز النسبي بسرعة عند اضافة كلوريد الكالسيوم، كما عمل كلوريد الكالسيوم على زيادة سرعة غسل الصوديوم في بداية منحنى الاختراق، بالمقابل عمل كلوريد الصوديوم على زيادة كمية الماء اللازمة لازاحة الكالسيوم. تطابق معادلة الحمل-التفريق مع منحنيات الاختراق اعطى تقدير جيد لرقم بكتل، عامل الاعاقه ومعامل التفريق. اذ ارتفع رقم بكتل للكلوريد من 3.13 الى 6.48 وانخفض للكالسيوم، الصوديوم والبوتاسيوم عند اضافة كلوريد الكالسيوم، كما انخفض رقم بكتل للكلوريد والكالسيوم والصوديوم عند اضافة كلوريد الصوديوم. وعمل خليط كلوريد الكالسيوم والصوديوم على رفع رقم بكتل للصوديوم من 1.01 الى 9.02. اظهرت النتائج انخفاض عامل الاعاقه من 1.59 الى 0.50 للكلوريد وارتفاعه من 1.39، 1.58 الى 175.00، 493.36 لكل من الصوديوم والبوتاسيوم على التوالي عند اضافة كلوريد الكالسيوم، كما انخفض عامل الاعاقه للكالسيوم عند اضافة كلوريد الصوديوم وخليط كلوريد الصوديوم والكالسيوم. ظهر انخفاض معامل التفريق للكلوريد وارتفاعه للكالسيوم والمغنسيوم، كما ارتفع معامل التفريق عند اضافة كلوريد الكالسيوم من 24.29، 25.56 الى 40.51، 40.89 سم² ساعة⁻¹ لكل من الصوديوم والبوتاسيوم، على التوالي.

كلمات مفتاحية: منحنى الاختراق، معادلة الحمل- التفريق، الحل التحليلي.

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences – 48(1): 202-214,2017

Bahia & Naser

DETERMINATION OF TRANSPORT PARAMETERS FOR SOLUTES IN SALT-TREATED SOIL COLUMNS

M.H.S. Bahia

K.M. Naser

Lecturer

Assist. Prof.

Dept. of Soil Sci. and Water Resour. – Coll. of Agric. – Univ. of Baghdad

m.hassan.bahia@coagri.uobaghdad.edu.iq

kmm_2006@yahoo.com

ABSTRACT

A laboratory experiment was carried out at the Department of Soil Sciences and Water Resources, College of Agriculture, University of Baghdad. Silty clay soil was treated with three salt solutions (NaCl, CaCl₂ and mixed NaCl-CaCl₂). Homogeneously packed soil columns (10 cm, 40 cm) were leached six times using tap water. Effluent samples were collected to determine ion concentration Cl⁻, Ca⁺⁺, Na⁺, K⁺ and Mg⁺⁺. Breakthrough curves were used to estimate solute transport parameters (retardation factor, pecllet number) using an analytical solution of convection-dispersion equation (CDE) by CXTFIT program. The results showed that relative concentration of chloride was increased rapidly with calcium chloride, which increased sodium leaching rate at starting of breakthrough curve. Sodium chloride increased water requirements for calcium displacement. Results indicated a good fitting of convection-dispersion equation with breakthrough curves data. The best-fit were used to calculate pecllet number, retardation factor and dispersion coefficient. When soil was treated with calcium chloride, Pecllet number of chloride was increased from 3.13 to 6.48, while it has been decreased for calcium, sodium and potassium. Sodium chloride decreased pecllet numbers of chloride, calcium and sodium. Also mixed salts increased sodium pecllet number from 1.01 to 9.02. Results showed, calcium chloride decreased retardation factor of chloride from 1.59 to 0.50, while it has been increased from 1.39, 1.58 to 175.00, 493.36 for each of sodium and potassium, respectively. Retardation factor of calcium was decreased when soil was treated with sodium chloride or mixed salts. Dispersion coefficient was decreased for chloride, and increased for calcium and magnesium. When soil was treated with calcium chloride, dispersion coefficients have been increased from 24.29, 25.56 to 40.51, 40.89 cm²hr⁻¹ for sodium and potassium, respectively.

Key words: Breakthrough curve, Convection-dispersion equation, Analytical solution.

المقدمة

التجمعات (17)، كما يلعب البوتاسيوم والمغنسيوم دوراً وسطياً بين الكالسيوم والصوديوم (12). اشار Al-Zubaidi (7) الى ارتباط البوتاسيوم الذائب ارتباطاً معنوياً مع كل من تركيز الكلورايد والصوديوم وكاربونات الكالسيوم والايصالية الكهربائية والنسبة المئوية للطين والسعة التبادلية للايونات الموجبة. وقد استعملت نسبة فعالية أيون البوتاسيوم الى الجذر التربيعي لفعالية ايون الكالسيوم والمغنسيوم دليلاً للتعبير عن جاهزية البوتاسيوم في التربة (6، 27). كما اوضح Schneider (19) بان تركيز الكالسيوم في محلول التربة يؤثر في التركيز والقوة التنظيمية للبوتاسيوم بالتربة. حددت معايير انتقال الايونات في التربة بأستعمال مجموعة من البيانات التجريبية، اذ حلت وفسرت معايير الانتقال من خلال سلوك وشكل منحنى الاختراق (BTC). يمتلك برنامج CXTFIT المقدر العكسية في تخمين عامل الاعاقة ورقم بكت من الملاحظات الناتجة عن تجارب انتقال المذاب، اذ يستعمل هذا البرنامج طريقة تحليل المربعات الصغرى للمعاملات اللاخطية (square fitting Nonlinear least procedure) للحصول على افضل تطابق ما بين البيانات ومعادلة الحمل-التفريق (Dispersion Convection Equation). لذلك جائت الدراسة الحالية لتقدير معايير انتقال الكلورايد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم في اعمدة تربة متأثرة بالاملاح بأستخدام برنامج CXTFIT لحل معادلة الحمل-التفريق (CDE).

المواد وطرائق العمل

نفذت التجربة في قسم علوم التربة والموارد المائية/ كلية الزراعة/ جامعة بغداد، بجمع عينات التربة من الافق السطحي Ap وجفت ونخلت بمنخل قطر فتحاته 2 مم واجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتربة (جدول 1). اخذت عينات تربة وبوزن مناسب وعملت بتراكيب ملحية مختلفة (كلوريد الصوديوم، كلوريد الكالسيوم وخليط ملحي مكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم). الايصالية الكهربائية للمحاليل الملحية المحضرة كانت 12 ديسي سيمنز م⁻¹. اضيفت هذه الاملاح بحجم ثابت لا يتجاوز حجم الماء الواجب اضافته لا يصال رطوبة التربة الى 30% على اساس الوزن كنسبة مقارنة لقابلية التربة للاحتفاظ بالماء

طورت العديد من النماذج الرياضية لوصف انتقال المذاب في التربة والتي اشتمت من معادلات تفاضلية استندت على ثلاثة مفاهيم تصف حركة المذاب وهي (الحمل، التفريق، الانتشار) (22). نفذت تجارب الاعمدة لتحسين فهم خصائص انتقال المذاب خلال جسم التربة، ومن دراسات الازاحة الامتزاجية امكن التعرف على هذه الخصائص كالتداخل والحركة والبقاء في التربة (24)، فضلاً عن معرفة الخصائص المرتبطة بالتربة كالتفريق الهيدروديناميكي. وكل هذا يعطينا فهم افضل لعمليات الازاحة التي تحصل في التربة (22). من شكل وتطور منحنيات الاختراق (Breakthrough curves) للراشح امكن وصف مقدار التداخل بين المذاب والتربة، اذ يحصل الانتقال الرئيسي (الاولي) للمذاب خلال المسامات الكبيرة (Macropores) ويحصل الانتقال الثانوي خلال هيكل التربة (Soil matrix)، اذ يقل تركيز المذاب خلال الانتقال الرئيسي بسرعة بالمقابل يقل ببطئ خلال الانتقال الثانوي مسبباً زيادة تدريجية في تركيز المذاب. كما ذكر

Hassan وBarbosh (10) ان منحنيات الغسل تعكس مرحلتين من الذوبان، الاولى مرحلة ذوبان الاملاح سهلة الذوبان والموجودة في المسامات الكبيرة وتزاح بالتدفق الكلي والثانية مرحلة ذوبان الاملاح البطيئة الموجودة في المسامات الصغيرة والانابيب الشعرية وتزاح بالانتشار. انخفاض نسبة المسامات الكبيرة ربما يحدث على زيادة الامتزاز الكيميائي في التربة ويمكن ان يؤخر ذلك في تلوث المياه الجوفية. اشار Trudgil وWalker (26) الى علاقات معنوية ما بين معايير انتقال للمذاب والتغير في هندسة المسام، تؤدي زيادة نسبة امتزاز الصوديوم الى تقليل الايصالية المائية لحدوث تغيير في هندسة وبناء المسامات، بزيادة سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة (Electrostatic Double Layer) (12). اذ يؤدي تطور الطبقة الكهربائية المزدوجة الى تناقص انصاف اقطار المسام وزيادة نسبة المسامات الصغيرة الى كبيرة الحجم (14) مسببة اعاقه حركة الماء وزيادة الفترة الزمنية للانتقال. ومن جهة اخرى تؤثر زيادة التركيز الملحي ذو المحتوى العالي من ايونات الكالسيوم والخالي من ايونات الصوديوم الى تقليل سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة وتقليل سمك طبقة الاعاقه وزيادة تجمع الدقائق (8) وثباتية

لتنشيط النمو البكتيري لحين اجراء التحاليل الكيميائية عليه لتقدير ايونات كل من: Ca، Na، K، Mg، Cl، الذائبة. تم تقدير الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة وتركيز الايونات الذائبة الموجبة والسالبة حسب الطرق الواردة في Black (11).

جدول 2. التحليل الكيميائي لمياه الحنفية المستعملة في الغسل.

| الوحدة | القيمة | الصفة |
|--|-------------------------------|--------------------------|
| | 7.50 | درجة التفاعل pH |
| dS m ⁻¹ | 0.56 | الايصالية الكهربائية EC |
| mmol.L ⁻¹ | 1.32 | الكالسيوم |
| mmol.L ⁻¹ | 1.03 | المغنسيوم |
| mmol.L ⁻¹ | 1.81 | الصوديوم |
| mmol.L ⁻¹ | 0.06 | البوتاسيوم |
| mmol.L ⁻¹ | 3.04 | الكلوريدات |
| mmol.L ⁻¹ | 1.35 | البيكاربونات |
| mmol.L ⁻¹ | Nil | الكاربونات |
| mmol.L ⁻¹ | 0.68 | الكبريتات |
| (mmol.L ⁻¹) ^{0.5} | 1.18 | نسبة امتزاز الصوديوم SAR |
| | C ₂ S ₁ | صنف المياه* |

* حسب التصنيف المقترح من قبل مختبر الملوحة الأمريكي عملت منحنيات اختراق للتربة بأستعمال طريقة الازاحة الامتزاجية تحت ظروف الاشباع. حددت معايير الانتقال ببرنامج الحاسوب CXTFIT متمثلة بعامل الاعاقة، رقم بكت من عملية المطابقة (Fitting) بأستخدام الحل التحليلي (Analytical solution) لمعادلة الحمل-التفريق:

$$C(T; P, R) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{R - T}{\left(\frac{4RT}{P} \right)^{\frac{1}{2}}} \right] + \frac{1}{2} \exp(P) \operatorname{erfc} \left[\frac{R + T}{\left(\frac{4RT}{P} \right)^{\frac{1}{2}}} \right] \dots (1)$$

ومن رقم بكت قدر معامل التفريق بأستخدام المعادلة:

$$D = \frac{vL}{P} \dots (2)$$

اذ ان

[C: التركيز النسبي (C/C₀)،

T: حجم مسامي،

P: رقم بكت، R: عامل الاعاقة،

(Water holding capacity) عند شد مقداره 33 كيلوباسكال. تركت العينات كي تجف مع التحريك المستمر.

جدول 1. بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة

| الوحدة | القيمة | الصفة |
|--|------------|----------------------------------|
| | 7.38 | درجة التفاعل pH |
| dS m ⁻¹ | 2.35 | الايصالية الكهربائية ECE |
| C.mol.+kg ⁻¹ | 22.18 | السعة التبادلية للايونات الموجبة |
| gm.kg ⁻¹ soil | 10.36 | المادة العضوية O.M. |
| gm.kg ⁻¹ soil | 268.00 | معادن الكاربونات |
| gm.kg ⁻¹ soil | 1.05 | الجبس |
| (mmol.L ⁻¹) ^{0.5} | 0.78 | نسبة امتزاز الصوديوم SAR |
| mmol.L ⁻¹ | 6.31 | الكالسيوم |
| mmol.L ⁻¹ | 2.98 | المغنسيوم |
| mmol.L ⁻¹ | 2.38 | الصوديوم |
| mmol.L ⁻¹ | 0.71 | البوتاسيوم |
| mmol.L ⁻¹ | 9.26 | الكلوريدات |
| mmol.L ⁻¹ | 2.16 | البيكاربونات |
| mmol.L ⁻¹ | Nil | الكاربونات |
| mmol.L ⁻¹ | 5.19 | الكبريتات |
| % | 43.46 | الطين |
| % | 45.83 | الغرين |
| % | 10.71 | الرمل |
| | Silty Clay | النسجة |
| gm.kg ⁻¹ soil | 261.30 | المحتوى الرطوبي (عند |

تم تهيئة اعمدة تربة مصنوعة من مادة البولي اثلين بطول 40 سم وقطر 10 سم وتم غلقها من الاسفل وتنقيتها للسماح بخروج الماء. عملت اعمدة متجانسة من نماذج التربة المبعثرة بوضع تربة في الاعمدة باستخدام طريقة الملء بواسطة القمع مع التدوير وطرق التربة في الاعمدة لضمان الحصول على كثافة ظاهرية متشابهة تقريباً (1.2 ميكاجم م⁻³)، تم تثبيت الاعمدة بوضع عمودي ووضع اسفل كل عمود قمع وقنبنة بلاستيكية سعة 1 لتر لجمع الراشح وقد تم وضع طبقة من الصوف الزجاجي بسمك 1 سم فوق سطح التربة في العمود لتقليل استنارة سطح التربة عند اضافة مياه الغسل. وبعد ان تم ائصال رطوبة التربة الى ما يعادل شد مقداره 33 كيلوباسكال، تم غسل الاعمدة ست مرات بإضافة ماء حنفية بإرتفاع 10 سم فوق سطح التربة في كل مرة (هذه الكمية تعادل 785 مل) وتركت مدة زمنية مقدارها 24 ساعة بين زمن انتهاء الغسلة الاولى وبداية زمن الغسلة الثانية وهكذا (جدول 2 يبين بعض الصفات الكيميائية لمياه الحنفية) جمع الراشح للغسلات الست وتم الاحتفاظ به في علب خاصة بعد ان اضيفت قطرتان من التلوين (Toluene) لكل عملية

الكلورايد وصل الى الراشح بسرعة كبيرة، ويرجع ذلك الى ارتفاع التركيز الالكتروليتي الناتج عن وجود محتوى عالي من الايونات ثنائية (Ca^{++})، مسبباً زيادة القوة الايونية (Ionic strength) لمحلول التربة وزيادة تجمع الدقائق وثباتية التجمعات (23)، مما ادى الى زيادة سرعة حركة الماء ومن ثم زيادة كمية الكلورايد المزاح من التربة. اذ اشار Bahia (9) الى ان المذاب ينتقل مع الماء بواسطة الحمل (Convection) متحركاً في المسامات الكبيرة. كما اظهر منحنى الاختراق وجود استتالة (Tailing) بتأثير ملح كلوريد الصوديوم وربما يعود ذلك الى الحركة البطيئة لجزء من الكلورايد بواسطة الانتشار (Diffusion). اذ جرى جزء من الايون بسرعة خلال المسامات الكبيرة بواسطة الحمل بالمقابل انتقل الجزء الباقي من الايون خلال هيكل التربة ببطئ بفعل الانتشار مما ادى الى استغرق وقت طويل لهجرة الايون من التربة الى الراشح وبرز ذلك بشكل واضح من خلال الاستتالة. وقد يعود سبب ذلك الى تأثير زيادة تركيز ايونات الصوديوم في خفض الايصالية المائية المشبعة (23) وتقليل سرعة حركة الماء الى الاسفل ومن ثم خفض كمية ايونات الكلورايد المتحركة الى الاسفل بفعل عمليات التفريق والانتفاخ، كما ان زيادة تركيز ايونات الصوديوم يؤثر في سير العمليات الفيزيوكيميائية الجارية في التربة (21 و 28) بسبب زيادة سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة.

erfc: متممة دالة الخطأ (Complementary error function)،

D: معامل التفريق ($\text{سم}^2 \text{ساعة}^{-1}$)،

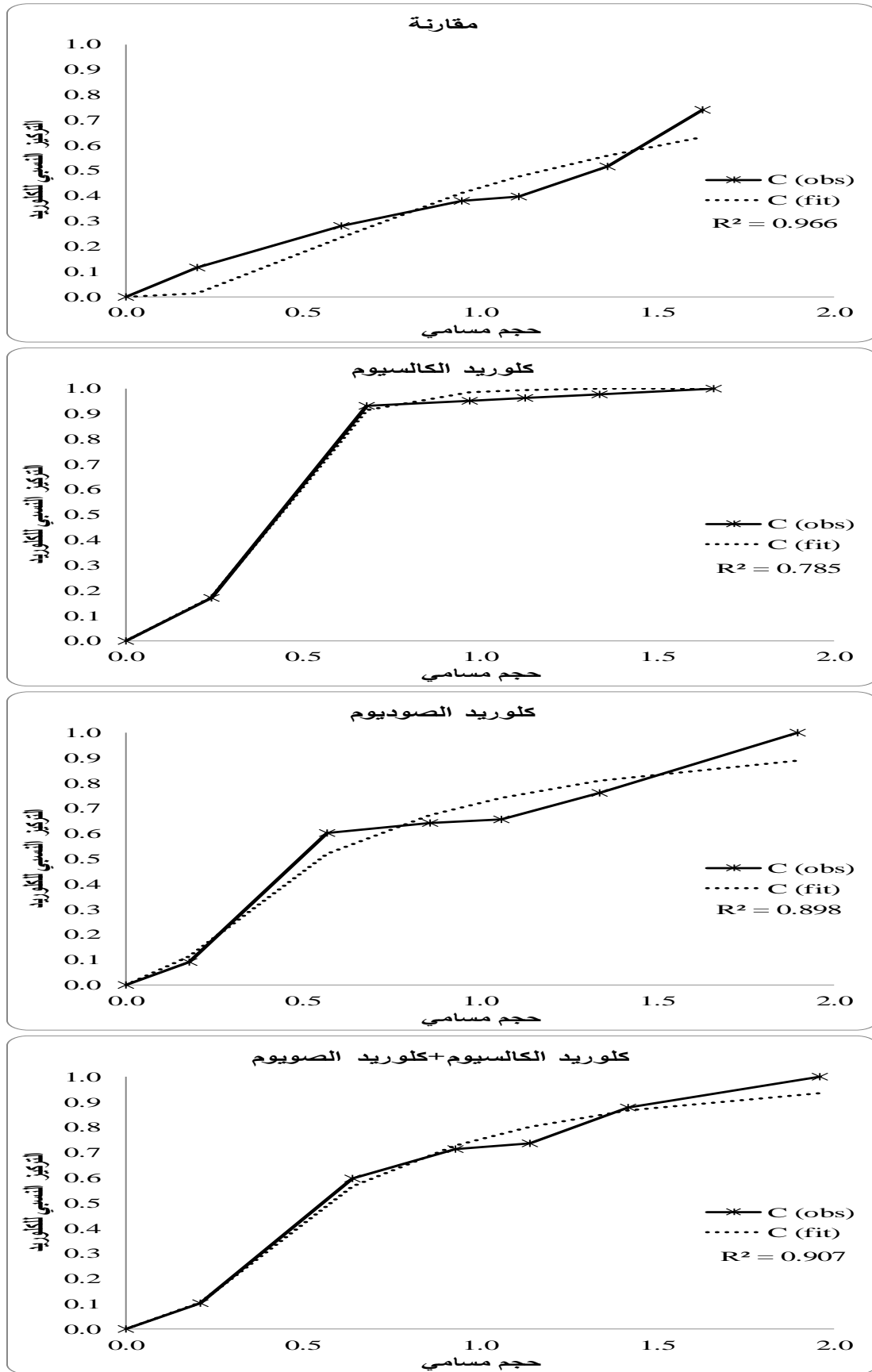
v: سرعة الماء المسامي (سم ساعة^{-1}) = سرعة دارسي / محتوى الماء الحجمي،

L: طول عمود التربة (سم).

النتائج والمناقشة

منحنى الاختراق

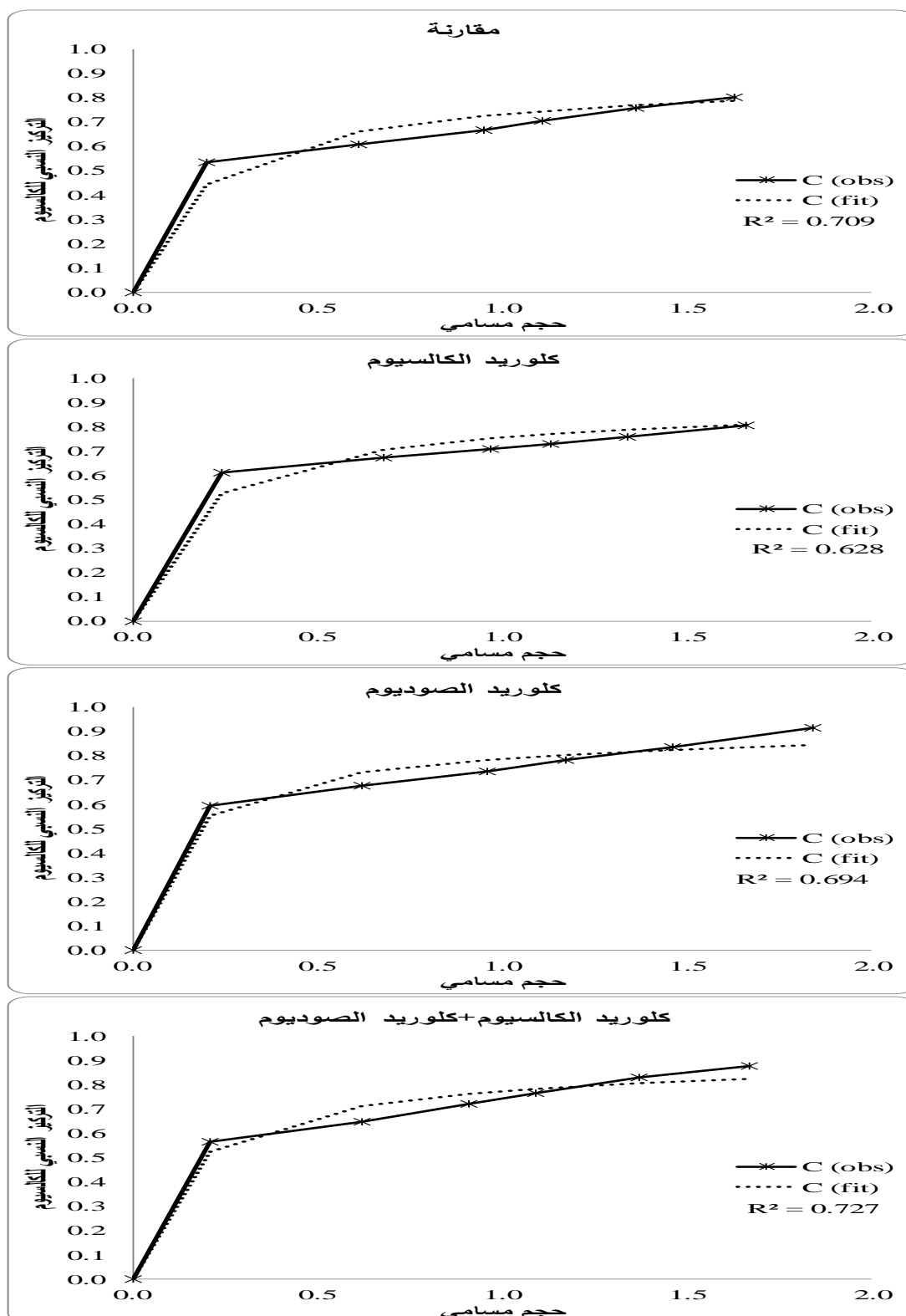
تمثل الاشكال (1، 2، 3، 4، 5) منحنيات الاختراق لايونات الكلورايد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم والمغنسيوم في اعمدة التربة على التوالي، اذ نلاحظ من هذه الاشكال ان ايون الكلورايد وصل الى التركيز النسبي بسرعة اكبر مقارنة بالايونات الاخرى، وهذا يدل بان حجم المحلول المطلوب لازاحة ايون الكلورايد قليل بالمقارنة مع الايونات الاخرى. وينطبق هذا مع ما توصل اليه Al-Azawi (2) الذي اوضح ان ايونات الكلوريدات سريعة الغسل في التربة وذلك بسبب ان املاح الكلوريدات سريعة الذوبان وبذلك تتعرض للغسل بكمية اكبر. يلاحظ من شكل 1 زيادة في المساحة اسفل منحنى الاختراق للكلورايد بتأثير اضافة الاملاح للتربة. وقد يعزى السبب الى زيادة ايونات الكلورايد بفعل اضافة املاح كلوريد الكالسيوم والصوديوم للتربة. كما نلاحظ من الشكل بان سرعة الماء المسامي لها تأثير واضح في منحنيات الاختراق. ففي معاملة كلوريد الكالسيوم فإن اغلب



شكل 1. منحنيات اختراق ايونات الكلورايد في محلول الغسل المقاسة والمحسوبة من معادلة الحمل - التفريق عند غسل الاملاح في التربة

بشكل تدريجي بفعل اضافة ملح كلوريد الصوديوم، اذ اشار Al-Azawi (2) الى قدرة الاملاح ولاسيما الاحادية مثل كلوريد الصوديوم على اذابة كاربونات الكالسيوم وتحرير مزيد من الكالسيوم الذي يسهم في زيادة تركيزه في محلول التربة.

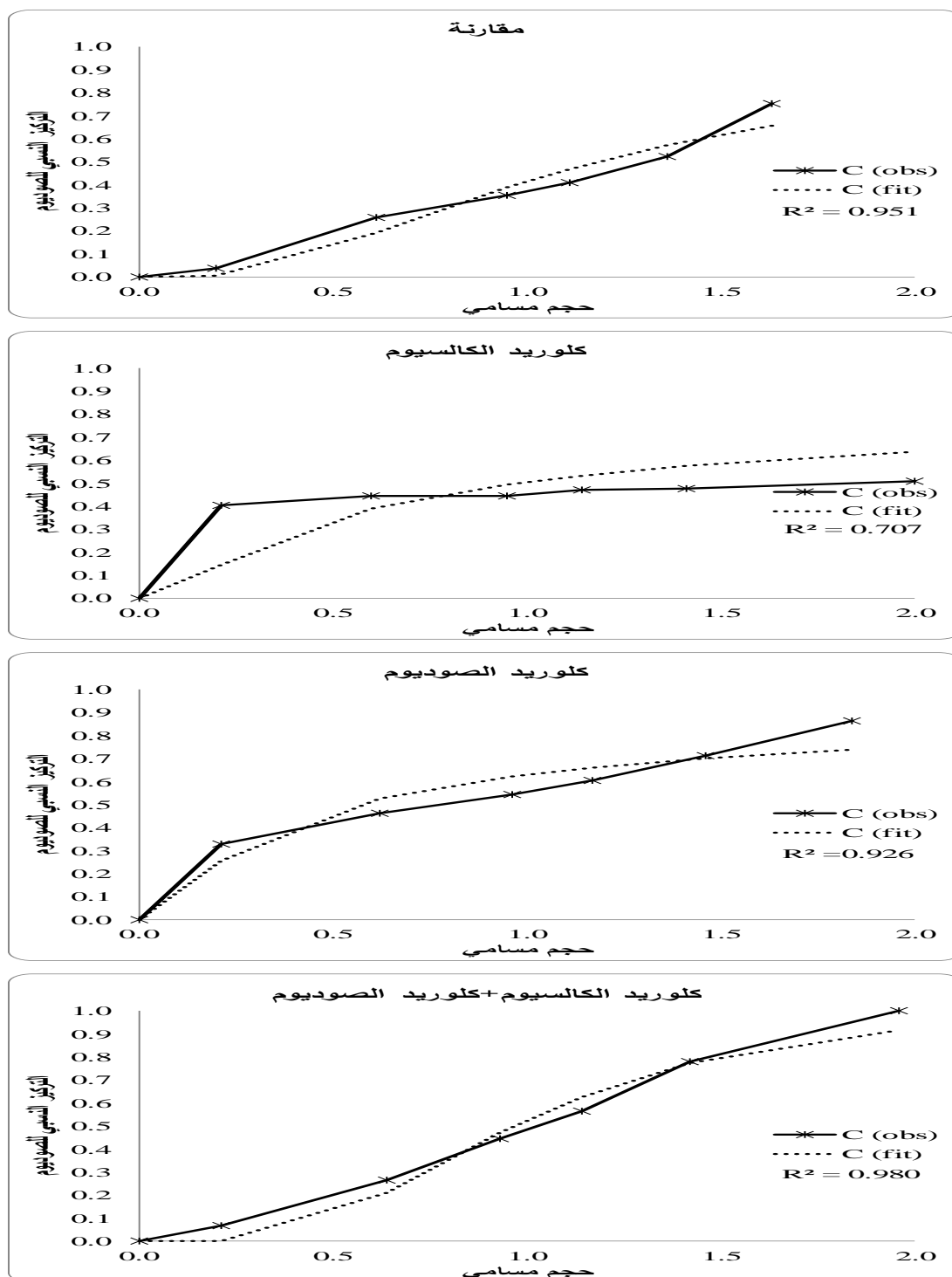
يبين شكل 2 تغيرات بسيطة في شكل منحنى اختراق الكالسيوم باضافة الاملاح للتربة، وقد تكون اكثر وضوحاً في حالة اضافة كلوريد الصوديوم اذ نلاحظ زيادة في كمية الماء اللازمة لازاحة الكالسيوم لزيادة ذوبانية كاربونات الكالسيوم



شكل 2. منحنيات اختراق ايونات الكالسيوم في محلول الغسل المقاسة والمحسوبة من معادلة الحمل - التفريق عند غسل الاملاح في التربة

الصوديوم مع ماء الجذب، في حين عمل كلوريد الصوديوم على زيادة المساحة اسفل منحنى الاختراق بفعل زيادة تركيز ايونات الصوديوم القادمة من الملح المضاف، ويتطابق هذا مع ما ذكره كل من Ghadiri و Rose (15) اللذان اوضحا ان حركة الايونات في التربة تعتمد على تركيزها وتوزيعها بين اطوار التربة المختلفة.

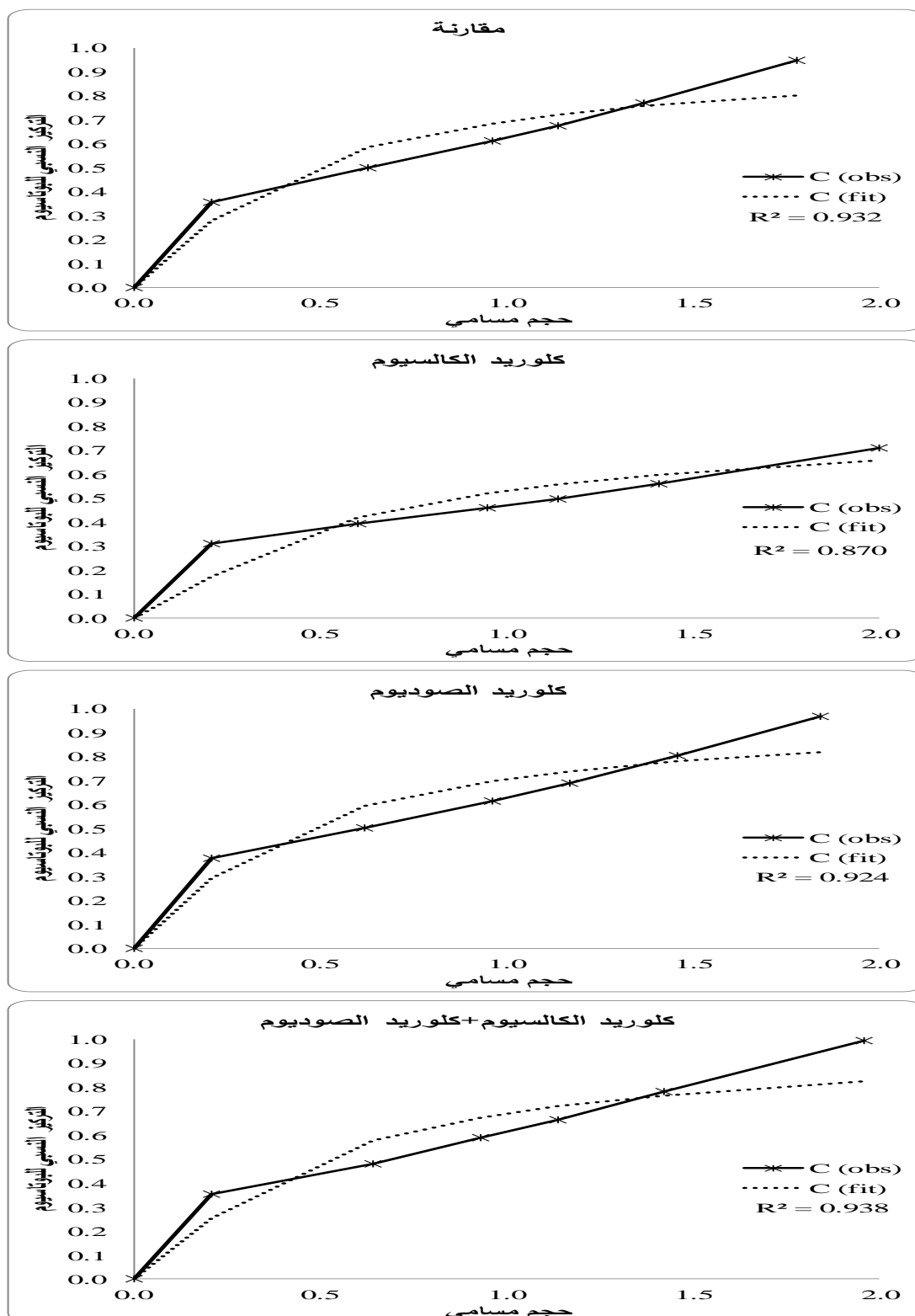
كما يلاحظ من شكل 3 تغيرات واضحة وكبيرة في منحنيات اختراق الصوديوم باضافة الاملاح المختلفة، اذ عمل كلوريد الكالسيوم على حصول غسل سريع للصوديوم في البداية ومن ثم حصول استقرار في منحنى اختراق الصوديوم ويتطابق هذا مع ما وجدته Bourrie (12) الذي بين انه عند زيادة تركيز الكالسيوم يزداد تكوين التجمعات في التربة كما يزداد طرد ايونات الصوديوم إلى المسام الخارجية، مما يسهل غسل



شكل 3. منحنيات اختراق ايونات الصوديوم في محلول الغسل المقاسة والمحسوبة من معادلة الحمل-التفريق عند غسل الاملاح في التربة

فعالية الكالسيوم في محلول التوازن، اذ اشار Schneider (19) الى ان تركيز الكالسيوم في محلول التربة يؤثر في تركيز البوتاسيوم والقوة التنظيمية للبوتاسيوم في التربة.

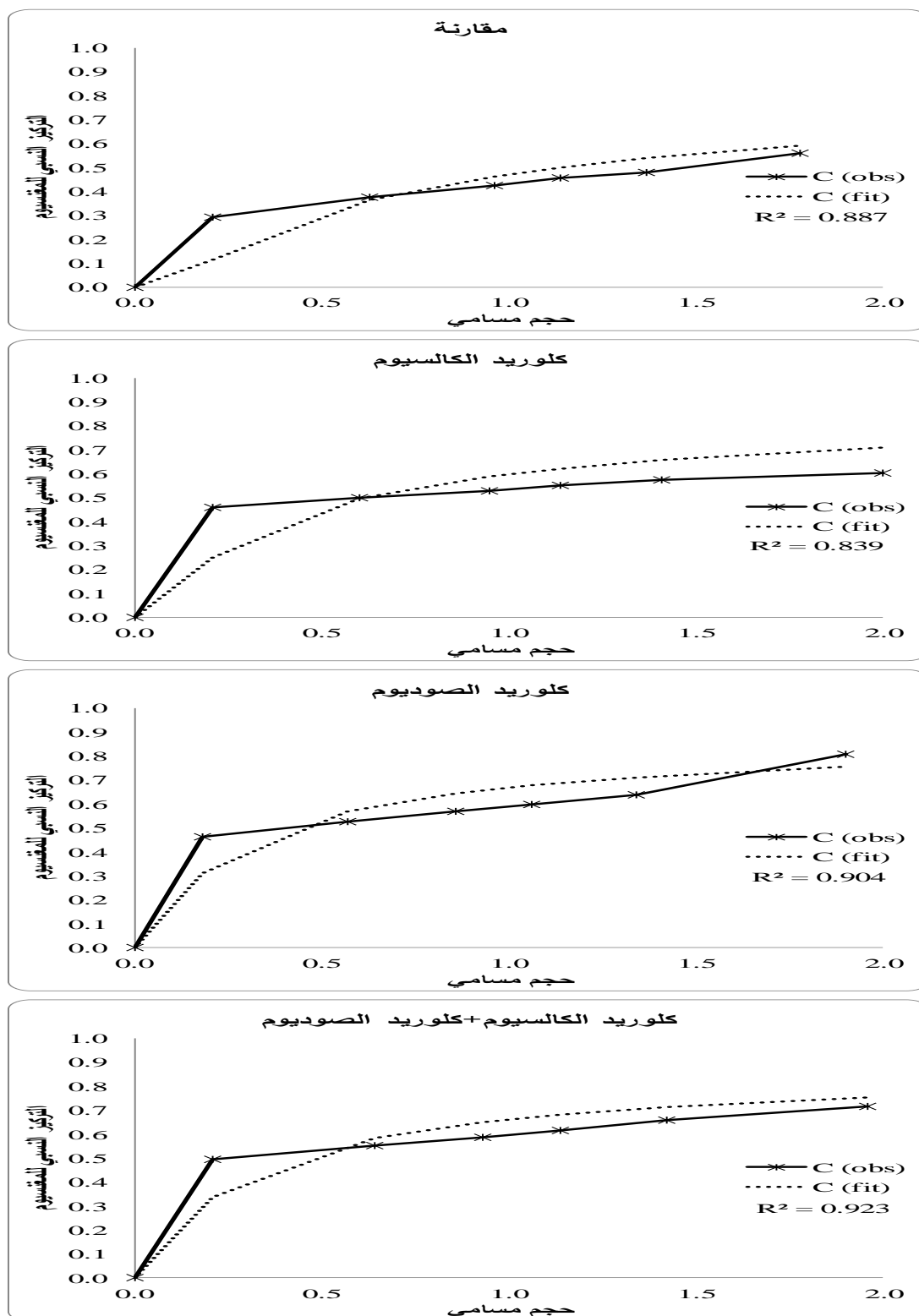
كما يبين شكل 4 تشابه في منحنيات اختراق البوتاسيوم عند اضافة الاملاح للتربة مع وجود اختلافات بسيطة عند اضافة كلوريد الكالسيوم، اذ نلاحظ فيه انخفاض في المساحة اسفل المنحني والنتيجة عن انخفاض في جاهزية البوتاسيوم بزيادة



شكل 4. منحنيات اختراق ايونات البوتاسيوم في محلول الغسل المقاسة والمحسوبة من معادلة الحمل-التفريق عند غسل الاملاح في التربة

المختلفة (19)، كما يلاحظ ازدياد بسيط في المنحني عند اضافة كلوريد الصوديوم وقد يعزى ذلك الى زيادة ذوبان معادن الكاربونات الحاملة للمغنسيوم في التربة نتيجة الغسل باملاح الصوديوم وتحرر ايونات المغنسيوم (1).

ما يبين شكل 5 منحني اختراق المغنسيوم لعمود التربة اذ لوحظ زيادة في بداية المنحني لجميع المعاملات ومن ثم حصول استقرار في المنحني عند اضافة كلوريد الكالسيوم، وقد يكون ذلك ناتج عن ازالة ايونات المغنسيوم من معقدات التبادل عند بداية التجربة بسبب زيادة تراكيز الايونات



شكل 5. منحنيات اختراق ايونات المغنسيوم في محلول الغسل المقاسة والمحسوبة من معادلة الحمل-التفريق عند غسل الاملاح في التربة

معايير الانتقال

مسامات التربة بوجود الملح فيظهر تأثيره الايجابي في زيادة سرعة الجريان (28)، كما كان لملاح كلوريد الكالسيوم الاثر الواضح في خفض قيم رقم بكتل لكل من ايونات الكالسيوم، الصوديوم والبوتاسيوم وهذا دليل على ازدياد الية التفريق لهذه الايونات عند اضافة هذا الملح للتربة، كما لوحظ انخفاض رقم بكتل لكل من الكلورايد والكالسيوم والصوديوم عند اضافة ملح كلوريد الصوديوم وقد يعزى ذلك الى دور الصوديوم في خفض سرعة حركة الماء خلال عمود التربة بسبب قلة الايصالية المائية (23)، كما لوحظ ايضاً زيادة في قيمة رقم بكتل لايون الصوديوم عند اضافة خليط الملحين كلوريد الكالسيوم وكلوريد الصوديوم اذ ارتفعت قيمته من 1.01 الى 9.02، ويعود سبب ذلك الى وجود ايوني الصوديوم والكالسيوم معاً في تركيبة هذا الملح الذين يعملان بشكل متضاد في التأثير في التربة، حيث ذكر Singh وآخرون (23) بأن وجود ايونات الكالسيوم بنسبة مساوية لايونات الصوديوم يقلل التأثير السلبي للصوديوم في الايصالية المائية، مما عمل على زيادة الحمل للصوديوم في التربة، وقد يكون تأثير ايونات الكالسيوم اقوى من تأثير ايونات الصوديوم (1).

اظهرت معادلة الحمل والتفريق تطابقاً مع منحنيات الاختراق التجريبية لجميع المعاملات (الشكال 1، 2، 3، 4، 5). استخدام معامل التحديد R^2 كمؤشر احصائي لمدى انطباق معادلة الحمل-التفريق مع الملاحظات اذ تراوحت قيمه بين 0.707 و 0.980 وبذلك يعطي تحليل منحنى الرواشح للاعمدة التجريبية تقديراً جيداً لرقم بكتل وعامل الاعاقة في معادلة 1 ولمعامل التفريق في معادلة 2. يعرف رقم بكتل (P) بأنه النسبة بين انتقال المذاب بالحمل الى انتقاله بالتفريق (13)، ويظهر جدول 3 وجود فرق بين ايون الكلورايد والايونات الاخرى في قيمة رقم بكتل، اذ نلاحظ ان قيم رقم بكتل لايون الكلورايد اعلى من الايونات الاخرى، وهذا دليل على ان سرعة الحمل لايون الكلورايد تكون عالية في المسامات الكبيرة المسؤولة عن انتقال ماء الاجتذاب. ويظهر من خلال الجدول سيادة الية التفريق في ايونات الدراسة الاخرى وظهر ذلك من خلال قيم رقم بكتل التي تميزت بانخفاضها. ويلاحظ حصول زيادة في قيمة رقم بكتل لايون الكلورايد عند اضافة ملح كلوريد الكالسيوم اذ ازدادت قيمته من 3.13 الى 6.48 ويعزى سبب ذلك الى زيادة استقرار

جدول 3. معايير انتقال الايونات في التربة المستخرجة من معادلة الحمل- التفريق

| الايون | الملح | رقم بكتل | عامل الاعاقة | معامل التفريق (سم ² ساعة ⁻¹) |
|----------|------------------------------------|----------|--------------|--|
| | مقارنة | 3.13 | 1.59 | 7.83 |
| كلوريد | كلوريد الكالسيوم | 6.48 | 0.50 | 3.78 |
| | كلوريد الصوديوم | 2.70 | 0.81 | 9.08 |
| | كلوريد الكالسيوم + كلوريد الصوديوم | 5.69 | 0.73 | 4.31 |
| كالسيوم | مقارنة | 0.71 | 232.69 | 34.55 |
| | كلوريد الكالسيوم | 0.60 | 120.91 | 40.89 |
| | كلوريد الصوديوم | 0.60 | 54.49 | 40.89 |
| | كلوريد الكالسيوم + كلوريد الصوديوم | 0.73 | 31.63 | 33.61 |
| صوديوم | مقارنة | 1.01 | 1.39 | 24.29 |
| | كلوريد الكالسيوم | 0.61 | 175.00 | 40.51 |
| | كلوريد الصوديوم | 0.85 | 2.37 | 29.03 |
| | كلوريد الكالسيوم + كلوريد الصوديوم | 9.02 | 1.02 | 2.72 |
| بوتاسيوم | مقارنة | 0.96 | 1.58 | 25.56 |
| | كلوريد الكالسيوم | 0.60 | 493.36 | 40.89 |
| | كلوريد الصوديوم | 0.97 | 1.50 | 25.29 |
| | كلوريد الكالسيوم + كلوريد الصوديوم | 1.08 | 1.55 | 22.72 |
| مغنسيوم | مقارنة | 0.60 | 266.88 | 40.89 |
| | كلوريد الكالسيوم | 0.60 | 420.21 | 40.89 |
| | كلوريد الصوديوم | 0.68 | 237.27 | 36.08 |
| | كلوريد الكالسيوم + كلوريد الصوديوم | 0.60 | 485.77 | 40.89 |

الموجودة في معادن كربونات الكالسيوم في الترب الكلسية. كما لوحظ زيادة عملية الاعاقة لايون الصوديوم والبوتاسيوم عند اضافة ملح كلوريد الكالسيوم بزيادة عامل الاعاقة من 1.39، 1.58 الى 175.00، 493.36 لكل من الصوديوم والبوتاسيوم على التوالي. وقد يعزى السبب الى انخفاض جاهزية الصوديوم والبوتاسيوم في محلول التوازن بسبب ارتفاع فعالية الكالسيوم فيه. بين Joshi (18) ان الطاقة اللازمة لازالة الايونات الممتزة على مواقع التبادل في التربة والتي تعرف بالطاقة الحرة للاستبدال تعكس مقياس للاختلاف في الجهد الكيميائي بين الايون و(الكالسيوم+ المغنيسيوم). وبينت Al-Samarai (5) ان التغير في قيم الطاقة الحرة للاستبدال ارتبطت بشكل مباشر بتغير النسبة بين فعالية البوتاسيوم وفعالية كل من الكالسيوم والمغنيسيوم التي تغيرت بتغير ظروف اتران محلول التربة مع الجزء الصلب للتربة. يلاحظ من جدول 3 اختلاف قيم معامل التفريق باختلاف الايون والملح المضاف. يعكس هذا المعامل عمليتي التفريق والانتشار للايون في التربة فارتفاع قيمته هذه دليل سيادة الية التفريق على الية الانتشار، اذ يظهر الجدول تغيرات واضحة في معامل التفريق للايونات المدروسة، كما نلاحظ انخفاض قيم معامل التفريق للكلورايد وارتفاعه في كل من الكالسيوم والمغنيسيوم وهذا دليل على انخفاض الية التفريق في الكلورايد لسيادة الية الحمل له. يلاحظ ارتفاع معامل التفريق لايوني الصوديوم والبوتاسيوم عند اضافة ملح كلوريد الكالسيوم اذ ازداد معامل التفريق من 24.29، 25.56 الى 40.51، 40.89 سم² ساعة⁻¹ لكل من ايونات الصوديوم والبوتاسيوم بالتعاقب، اذ ذكر Yule وGarder (29) ان التفريقية تتحدد بواسطة هندسة الحيز المسامي. نستدل من معايير الانتقال ان هنالك اختلاف في حركة الايونات في التربة، كما وجد ان نوع الملح المضاف تأثير في هذه الحركة بسبب تأثيره في الحالة البنائية والخصائص المائية للتربة.

REFERENCES

1. Al-Azawi, K.M.N. 2010. Effect of Organic Matter and the Ionic Strength of Equilibrium Solution on Phosphorus Behaviour and Its Mobility in Soil. Ph.D. Dissertation, Dept. of Soil Sci. and Water Resour. , Coll. of Agric., Univ. of Baghdad.(in Arabic) pp:167.
2. Al-Azawi, K.M.N. 2013. Effect of different water qualities of leaching efficiency of saline

بحسب عامل الاعاقة R لمعرفة التداخلات بين الكيمائيات والتربة، يتضح من جدول 3 اختلاف قيم عامل الاعاقة للايونات والمعاملات المختلفة، اذ يظهر انخفاض قيم عامل الاعاقة لايون الكلورايد وهذا دليل على الحركة العالية للايون بسبب حصول عملية استبعاد ايوني للكلورايد وذلك لامتلاكه الشحنة السالبة. اوضح Wierenga و VanGenuchten (25) انه عندما تكون قيمة عامل الاعاقة اقل من واحد فان ذلك دليل على كون المادة الكيميائية تخضع الى الاستبعاد الايوني. يأتي الاستبعاد الايوني من التنافر الايوني مع السطح السالبة الشحنة المقترنة بالطين والمكونات العضوية المستقطبة (17). اذ ان ايون الكلورايد سالب الشحنة يتنافر مع السطح الصلبة في التربة بزيادة نسبة الطين (جدول 1)، الامر الذي يؤدي الى زيادة عدد الشحنات السالبة في التربة. وتزداد عملية الاستبعاد هذه باضافة الاملاح للتربة وبالاخص كلوريد الكالسيوم اذ انخفض عامل الاعاقة من 1.59 الى 0.50. اما بالنسبة للايونات الاخرى فقد تميزت بوجود عملية اعاقة اختلف مقدارها بين ايون واخر وبين ملح واخر، اذ ادى ملح كلوريد الصوديوم الى خفض عامل الاعاقة للكالسيوم في التربة وذلك بتأثير هذا الملح في زيادة ذوبان معادن الكاربونات، اذ ذكر Al_Azawi (1) ان ايونات الصوديوم تعمل على اذابة معادن كاربونات الكالسيوم الامر الذي ادى الى زيادة تحرر الكالسيوم في محلول التربة، واطلاق كميات اكبر من ايونات الكالسيوم في محلول التربة وحركتها مع محلول الازاحة وصولاً الى الراشح. وبالمقابل عمل خليط كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم على خفض عملية اعاقة الكالسيوم من 232.69 الى 31.63. ويعود سبب ذلك الى وجود ايوني الصوديوم والكالسيوم معاً في تركيبية هذا الخليط الذين يعملان بشكل متضاد في التأثير في التربة، اذ ذكر Singh واخرون (23) بأن وجود الكالسيوم بشكل متساوي مع الصوديوم سيققل الاثر السلبي للصوديوم في الايصالية المائية. كما ادت عملية اضافة ملح كلوريد الصوديوم الى التربة الى زيادة بسيطة في عامل الاعاقة للصوديوم. ويعزى ذلك الى تأثير ايونات الصوديوم في اذابة معادن كاربونات الكالسيوم ويتفق هذا مع ما ذكره كل من Allawi و Hammad (4) و Al-Busaid و Cookson (3) الذين بينوا ان ايونات الصوديوم تحل محل ايونات الكالسيوم

- soil and some of its chemical properties. *J. Iraqi. Soci. Soil Sci.* 1(13):110-121.
3. Al-Busaidi, A.S. and P. Cookson. 2003. Salinity-pH relationships in calcareous soils. *Agric. Marine Sci.* 8(1): 41–46.
 4. Allawi, B.J. and K.B. Hammadi. 1981. Soil Reclamation. Univ. of Mosul. pp:294.
 5. Al-Samarrai, U.A. 2005. The Status and Behaviour of Potassium in Soils of Protected Agriculture. Ph.D. Dissertation, Dept. of Soil Sci. and Water Resour. , Coll. of Agric., Univ. of Baghdad. (in Arabic). pp:174
 6. Al-Zubaidi, A.H., and N. El-Bassam. 1992. Rapid measurement of potassium activity and energy in soil. *Iraqi J. Agric. Sci.* 232: 98 – 108.
 7. Al-Zubaidi, A.H. 2003. Potassium status in Iraq. Potassium and water management in West Asia and North Africa (WANA), The National Center for Agric. Res. and Technology Transfer, Amman, Jordan. 129-142.
 8. Aydin, M., T. Yano, and S. Kilic. 2004. Dependence of zeta potential and soil hydraulic conductivity on adsorbed cation and aqueous phase properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 450-459.
 9. Bahia, M.H.S. 2014. Modelling of Nitrate Movement in Soil and Its Contamination of Ground Water. Ph.D. Dissertation, Dept. of Soil Sci. and Water Resour. , Coll. of Agric., Univ. of Baghdad. (in Arabic). pp:132.
 10. Barbosh, M.S. and S.Y. Hassan. 2008. Using of rain water into leaching of saline soil and description that by first order equation. *J. Kerbala Univ.* 6 (1) (in Arabic):33-37.
 11. Black , C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Physical and Mineralogical. Part 1. Am. Soc. of Agron. Madison , Wisconsin.
 12. Bourrie, G. 2014. Swelling clays and salt-affected soils: demixing of Na / Ca clays as the rationale for discouraging the use of sodium adsorption ratio (SAR). *Eurasian. Soil Sci.* 3: 245 – 253.
 13. DeSmedt, F., and P.J. Wierenga. 1979. Mass transfer in porous media with immobile water. *Water Resour. Res.* 20:225–232.
 14. Dikinya, O., C. Hinz, and G. Aylmore. 2006. Dispersion and re-deposition of fine particles and their effects on hydraulic conductivity. *Aust. J. Soil Res.* 44 (1) 47-56.
 15. Ghadiri, H., and C.W. Rose. 1992. Modeling Chemical Transport In Soils, Natural And Applied Contaminants. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, the United States of America. pp:217.
 16. James, D.W., R.J. Hank, and J.J. Jurinak. 1982. Modern Irrigated Soil, Department of Soil Sci. and Biometeorology. Utah State University. New York. pp:248.
 17. James, R.V and J. Rubin. 1986. Transport of chloride ion in a water-unsaturated soil exhibiting anion exclusion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1142-1149.
 18. Joshi, D.C. 1992. Relationship between the quantity and intensity parameters of labile potassium in Aridisols of Indian Desert. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 40:431-438
 19. Schneider, A. 1997. Influence of soil solution Ca concentration on short-term K release and fixation of a loamy soil. *Eur. J. Soil Sci.* 48:513.
 20. Seyfried, M.S., and P.S.C. Rao. 1987. Solute transport in undisturbed columns of an aggregated tropical soil: Preferential flow effects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1434-1444.
 21. Shainberg, I., and G.J. Levy. 1992. Physico-chemical effects of salts upon infiltration and water movement in soils. In Wagenet, R.J., P. Baveye and B.A. Stewart (ed.). *Interacting processes in soil Sci. Advances in Soil Sci.* pp:37-94.
 22. Silva, L.P., J.H. Miranda, L.A. Oliveira, and J.V. Jose. 2015. Effect of companion ion on nitrate displacement through transport parameters analysis. *J. Brazilian Assoc. Agric. Eng.* ISSN: 1809-4430 (on-line).
 23. Singh, A.P., A. Singh, H.L. Tiwari and P.K. Dwivedi. 2011. The effect of salts of the hydraulic conductivity of the saline alkali soil. *Indian J. Sci. Res.* 2(4):117-119.
 24. Souza, A.L., E.E. Matura, J.H. Miranda, and A. Colombo. 2011. Adjustment of soil solute transport parameters with Matlab 6.5. *Eng. Agric., Jaboticabal*, 31(6):1064-1074.
 25. VanGenuchten, M.Th. and P.J. Wierenga. 1986. Solute dispersion coefficient and retardation factors. In: *Methods of Soil Analysis. Part 1. physical and mineralogical methods- Agronomy No. 9 (2nd edition)*:1025 – 1054.
 26. Walker, P.J.C., and S.T. Trudgill. 1983. Quantimet image analysis of soil pore

geometry: Comparison with tracer breakthrough curves. *Earth Surf. Processes Landforms* 8:465–472.

27. Wild, A., D.L. Rowell, and M.A. Ogunfowora. 1969. The activity ratio as a measure of the intensity factor in potassium supply to plants. *Soil Sci.* 108(6):432-439.

28. Yonan, T.F. 2008. Effect of Salinity and Sodicity of Irrigation Water and Their

Interactions with The Soil on Some Water Characteristics of Different Textured Soils. Ph.D. Dissertation, Dept. of Soil Sci. and Water Resour., Coll. of Agric., Univ. of Baghdad. (in Arabic).pp:224.

29. Yule, D.F., and W.R. Gardner. 1978. Longitudinal and transverse dispersion coefficients in unsaturated Plainfield sand, *Water Resour. Res.* 14 (4):582– 588.