



الارتقاء بالبحوث العلمية طريقنا لخدمة المجتمع

نمذجة انتقال النترات باختلاف محتوى الجبس في التربة تحت ظروف جريان مائي مشبع

رمزي محمد شهاب ، احمد عبدالله فتاح

قسم علوم التربة والموارد المائية ، كلية الزراعة ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

الملخص

أُجري هذا البحث لدراسة تأثير محتوى التربة من الجبس في ازاحة وانتقال النترات في مقد التربة تحت ظروف جريان مشبع من خلال تحديد معايير الانتقال باستعمال موديل الحمل - التشثت (CDE). اختير موقع في حقول كلية الزراعة - جامعة تكريت وحضر مقد تربة في هذا الموقع بعمق 1 م وقيس فيه محتوى الجبس للإعماق 0-15 (G_1) و 15-40 (G_2) و 40-60 (G_3) و 60-80 (G_4) و 80-100 (G_5) اذ بلغت قيم الجبس 63 و 97 و 142 و 180 و 236 غم كغم⁻¹ على التتابع. حضرت اعمدة التربة بطول 0.30 م وذلك بتعبئة الأعمدة بعينات التربة ذات المحتوى الجبسي المختلف. قسمت الأعمدة الى ثلاثة مكررات، شبت الأعمدة بماء نهر دجلة من الاسفل واضيف 200 ملغم لتر⁻¹ من نترات البوتاسيوم الى سطح التربة ثم غسلت الأعمدة بشكل مستمر وثبت عمود ماء بثلاثة ارتفاعات 0.005 , 0.01 , 0.015 م فوق سطح كل عمود، جمع الراشح من اسفل العمود وبشكل دفعات وقيس فيه تركيز النترات. بعد الانتهاء من عملية الغسل قطعت الأعمدة وقيس تركيز النترات فيها. بنيت منحنيات الاختراق للنترات وتم مطابقة انموذج (الحمل - التشثت) لإيجاد أفضل تطابق بين القيم المقاسة في الراشح والقيم المقدرة باستخدام برنامج MathCad إذ تم ايجاد قيم عامل الإعاقة (Retardation Factor, R) ورقم بكت (P) وذلك بتغيير قيم كل منهما عن طريق المحاولة والخطأ (trial and error) لحين الحصول على أفضل تطابق بين القيم المقاسة والمقدرة بالاعتماد على اعلى قيمة لمعامل الارتباط r وأقل قيمة للجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE و حسب معامل التشثت (Dispersion Coefficient, D) وسرعة الماء المسامي (Pore Water Velocity, v). اظهرت النتائج ان آلية الجريان الكتلي كانت هي السائدة وتقل بزيادة محتوى الجبس وان قيم معامل التشثت D تزداد بازدياد محتوى الجبس وتقل بزيادة ارتفاع عمود الماء وانخفاض قيم P و v بزيادة محتوى الجبس اذ ان زيادة قيمة D وانخفاض قيمة P تعني سيادة آلية التشثت على حساب آلية الانتشار وان ذوبان الجبس يؤدي الى تحطم بناء التربة وغلغ مساماتها. وكذلك بينت النتائج ان قيم عامل الإعاقة كانت أقل من 1 لجميع المعاملات، وظهرت النتائج ايضا كفاءة انموذج CDE للحمل - التشثت في وصف انتقال وحركة الجبس واعطى حل الانموذج تطابقاً جيداً لوصف منحنيات الاختراق للجبس وبالتالي امكانية التنبؤ بحركة وانتقال الجبس في رواشح التربة الجبسية.

معلومات البحث

الكلمات المفتاحية:

الاسم: رمزي محمد شهاب

البريد الالكتروني:

ramzishihab@yahoo.com

رقم الهاتف:

1. المقدمة

على الحركة مع مياه الري أو الأمطار مسبباً مشكلة بيئية للمياه الجوفية [1]. النترات (NO_3^-) هو اكثر الملوثات انتشاراً في المياه الجوفية لأن النترات لا تمتز تماماً في التربة وان قدرة التبادل الايوني الموجب واستبعاد الايون السالب هي المسؤولة عن حركة النترات

بعد النيتروجين عنصراً مهماً في تغذية النبات وخصوبة التربة وإنتاجية المحاصيل وهو عنصر يحتاجه النبات بكميات كبيرة إلا أن الاسراف في اضافة النيتروجين يؤدي إلى زيادة تجمع النيتروجين في التربة بشكل نترات مسبباً مصدراً لتلوث المياه الجوفية نظراً لقدرته العالية

2. المواد وطرائق العمل

1.2: تحضير اعمدة التربة

اختير موقع في حقول كلية الزراعة - جامعة تكريت وحضر مقد تربة في هذا الموقع بعمق 1 م وقيس فيه محتوى الجبس للإعماق 0-15 (G₁) و 15-40 (G₂) و 40-60 (G₃) و 60-80 (G₄) و 80-100 (G₅) اذ بلغت قيم الجبس 63 و 97 و 142 و 180 و 236 غم كغم⁻¹ على التتابع. جففت عينات التربة هوائياً ثم طحنت ومررت بمنخل قطر فتحاته 2 مم. قدرت بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لموقع الدراسة كما مبين في جدول 1. استعملت اعمدة اسطوانية لدائنية طولها 0.30 م وقطرها الداخلي 0.044 م للحصول على اعمدة تربة بطول 0.25 م. وضع في اسفل العمود طبقة من الصوف الزجاجي ثم طبقة من الحصى المغسول الذي تتراوح اقطاره من 0.02 - 0.04 م كمرشح، ووضعت عند نهاية العمود قاعدة قطرها اكبر بقليل من القطر الخارجي للعمود وثبت بداخلها انبوب صغير قطره 0.01 م لغرض جمع اجزاء الراشح اثناء عملية الغسل. حضرت اعمدة التربة وذلك بتعبئة الأعمدة بعينات التربة ذات المحتوى الجبسي 63 و 97 و 142 و 180 و 236 غم كغم⁻¹.

3. إضافة نترات البوتاسيوم KNO₃ ومتابعة انتقال النترات في اعمدة التربة

قسمت الاعمدة الى ثلاثة مكررات، شبت الاعمدة بماء نهر دجلة من الاسفل واضيف 200 ملغم لتر⁻¹ من نترات البوتاسيوم الى سطح التربة ثم غسلت الاعمدة بشكل مستمر وثبت عمود ماء بثلاثة ارتفاعات 0.005 ، 0.01 ، 0.015 م فوق سطح كل عمود، جمع الراشح من اسفل العمود وبشكل دفعات وقيس فيه تركيز النترات. حسب سرعة الماء المسامي (v) والايصالية المائية ومدلولات الانتقال. قطعت الاعمدة الى اربعة اجزاء بعد الانتهاء من الغسل في كلا العمليتين الجريان المشبع وغير المشبع، 0 - 0.05 م و 0.05 - 0.1 م و 0.1 - 0.15 م و 0.15 - 0.2 م لغرض قياس النترات. جففت العينات هوائياً ثم مررت عبر منخل قطر فتحاته 2 مم وقيس محتوى النترات داخل الاعمدة.

السريعة والتي من خلالها تقعد من منطقة الجذور الى المياه الجوفية مسببة تلوثها [2]. إن وجود النترات في المياه الجوفية يتطلب فهم أفضل لكيفية انتقال النترات (NO₃⁻) في مقد التربة وصولاً إلى تلك المياه. إذ وجدت هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية [3] أن 20% من المياه الجوفية التي تقع تحت الحقول الزراعية قد تجاوزت الحد المسموح به من النترات والذي يساوي 10 ملغم لتر⁻¹. أن الانتشار العمودي للنترات يتأثر بدرجة رئيسة بعمق المياه الجوفية والأمطار الموسمية. فكلما كانت المياه الجوفية أعمق والأمطار الموسمية أكثر فإن النترات تغور إلى أعماق أكبر، وأن تركيز وحركة النترات يعتمد بدرجة كبيرة على محتوى ماء التربة وبدرجة أقل على مادة التربة [4]. إن لنوع التربة ونسجتها دوراً هاماً في غسل النترات إذ إن زيادة الكثافة الظاهرية أدت الى انخفاض النقل العمودي للنترات، وأن انتقال النترات يرتبط بعلاقة طردية مع محتوى الطين والمادة العضوية [5] و [6]. ويعد الانتقال الكتلي النمط الأساسي لانتقال المذاب كما يحدث تستت لانتقال المذاب نتيجة لاختلاف احجام المسامات. أما الانتشار فيحصل نتيجة لاختلاف التركيز مترافقاً مع حدوث بعض التفاعلات الكيميائية. أشارت معظم الدراسات حول حركة المذاب في التربة الى ان حركة الايونات ذات الشحنة السالبة والتي يحدث لها استبعاد انيوني يكون الانتقال الكتلي هو السائد فيها [7]. أن ازدياد القلق حول تلوث المياه الجوفية والحاجة الملحة لتطوير طرائق موثوقة وفعالة للتنبؤ بانتقال الملوثات من مواقع الاستغلال الزراعي الى المياه الجوفية قد أعطى دافعاً لتطوير نماذج رياضية لوصف هذه العملية اذ طورت اعداد كبيرة من هذه النماذج خلال السنوات الاخيرة لنمذجة عمليات الانتقال والمحاكاة والتنبؤ بمصير انتقال المذاب في التربة، ومن أشهر هذه النماذج تلك التي تعتمد على نموذج (الحمل- التشتت). لم تدرس حركة النترات في الترب الجبسية وعلاقة تلك الحركة بمحتوى الجبس تحت ظروف الجريان المشبع لذلك فإن التنبؤ بحركة وانتقال النترات وتحديد معايير هذا الانتقال باستعمال نماذج رياضية يساعد في فهم افضل للمشكلة ويساعد في حلها، وبناءً على ما ذكر اجري هذا البحث لدراسة تأثير محتوى الجبس في ازالة وانتقال النترات في مقد التربة تحت ظروف جريان مشبع من خلال تحديد معايير الانتقال باستعمال موديل الحمل التشتت (CDE).

جدول 1. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لموقع تربة الدراسة

الصفة	G1	G2	G3	G4	G5
النسجة	مزيجية	*	*	*	*
الرمل (غم كغم ⁻¹)	442	-	-	-	-
الغرين (غم كغم ⁻¹)	332	-	-	-	-
الطين (غم كغم ⁻¹)	226	-	-	-	-
الكثافة الظاهرية (ميكا غرام م ³)	1.40	1.36	1.34	1.31	1.28
الكثافة الحقيقية (ميكا غرام م ³)	2.65	2.62	2.60	2.57	2.55
المسامية	0.471	0.480	0.484	0.490	0.498
الايصالية المائية K (سم ساعة ⁻¹)	1.87	2.17	2.40	2.45	2.57
الرطوبة الحجمية عند الاشباع (سم ³ سم ⁻³)	0.561	0.567	0.583	0.593	0.628
الرطوبة الحجمية عند 33 كيلو باسكال (سم ³ سم ⁻³)	0.25	0.25	0.24	0.24	0.23
الرطوبة الحجمية عند 1500 كيلو باسكال (سم ³ سم ⁻³)	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
اس الهيدروجين pH	7.26	7.43	7.49	7.82	7.87
التوصيل الكهربائي (ديسي سيمينز م ⁻¹)	1.96	1.92	2.03	2.12	2.41
الجبس (غم كغم ⁻¹)	63	97	142	180	236
كاربونات الكالسيوم (غم كغم ⁻¹)	267.3	242.8	220.6	213.0	199.6
المادة العضوية (غم كغم ⁻¹)	10.0	9.0	9.0	4.4	3.2
السعة التبادلية للأيون الموجب (سنتي مول كغم ⁻¹)	12.3	11.0	10.7	7.3	5.9

* لم يكن بالإمكان قياس النسجة للمعاملات G2 و G3 و G4 و G5 بسبب حصول الترسيب نتيجة لارتفاع نسبة الجبس

3.2: الأساس النظري

اعتمد الانموذج المستخدم في الدراسة على الحل العددي لانموذج (الحمل - التشنت) (CDE) [8].

$$R \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - V \frac{\partial c}{\partial x} \quad (1)$$

اذ ان:

C = معدل تركيز المذاب، t = الزمن، D = معامل التشنت، R = عامل الاعاقة، v = معدل سرعة الماء المسامية، x = المسافة.

يمكن حل المعادلة (1) وفقاً للظروف الحدودية الآتية:

$$C(0,t) = C_0 \text{ and } \partial C / \partial x (\infty, t) = 0 \quad (2)$$

وعلى افتراض ان توزيع المادة المذابة داخل عمود التربة لا يتأثر بحدود الجريان الخارج من السطح الأسفل للعمود لذلك يمكن اعتبار عمود التربة جزءاً من نظام نصف غير منته، وايضاً بافتراض ان التركيز مستمر عند L=x (L = طول عمود التربة) $0 \leq x \leq L$ $L \leq x \leq L$ [9] عندها يصبح الانموذج كالاتي:

$$C_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{RL - Vt}{2(DRt)^{0.5}} \right] + \frac{1}{2} \exp \left(\frac{vL}{D} \right) \operatorname{erfc} \left[\frac{RL + Vt}{2(DRt)^{0.5}} \right] \quad (3)$$

إذ ان C_e هو التركيز النسبي و erfc هي دالة الخطأ المكملية $(\operatorname{erfc} = 1 - \operatorname{erf})$

وللتعبير عن التركيز النسبي للراشح بصيغة حجم مسام (Pore volume, v) لعمود التربة، ورقم بكلت P (Peclet No.) فان المعادلة (3) تصبح كالاتي:

$$c_e(V) =$$

$$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\left(\frac{P}{4RV} \right)^{0.5} (R - V) \right] + \frac{1}{2} \operatorname{erfc} (P) \operatorname{erfc} \left[\left(\frac{P}{4RV} \right)^{0.5} (R + V) \right] \quad (4)$$

4.2. حساب مدلولات الانتقال

بنيت منحنيات الاختراق للنترات وتم مطابقة انموذج (الحمل - التشنت) لإيجاد أفضل تطابق بين القيم المقاسة في الراشح والقيم المقدرة باستخدام برنامج MathCad إذ تم إيجاد قيم عامل الإعاقه (R) ورقم بكلت (P) وذلك بتغيير قيم كل منهما عن طريق المحاولة والخطأ (trial and error) لحين الحصول على أفضل تطابق بين القيم المقاسة والمقدرة بالاعتماد على أعلى قيمة لمعامل الارتباط r و أقل قيمة للجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE ثم حسب معامل التشنت (Dispersion Coefficient D) من المعادلة الآتية:

$$D = vL/P \quad (5)$$

4. النتائج والمناقشة

1.3: سرعة الماء المسامي (v)

سرعة الماء المسامي انخفضت في بعض المعاملات بارتفاع محتوى الجبس وفي أخرى ارتفعت قيم v. كما نلاحظ ايضاً من جدول 2 ان القيم تزداد بزيادة ارتفاع عمود الماء وقد يعزى ذلك الى طبيعة بناء التربة الجبسية وتوزيع المسامات واشكالها واحجامها فان لنوع التربة ونسجتها وبنائها تأثير في سرعة الماء المسامي [5] و [6] و [10] و ان انخفاض قيم سرعة الماء المسامي بارتفاع محتوى الجبس كان له تأثير في انتقال النترات في التربة اذ انه بانخفاض سرعة الماء

جدول 3: تأثير محتوى الجبس في التربة (G) وارتفاع عمود الماء (سم) في قيم الانتقال الكتلي (م² ساعة⁻¹)

المعاملة	ارتفاع عمود الماء (سم)			المتوسط
	1.5	1.0	0.5	
G1	17.65	18.10	17.62	17.23
G2	15.48	17.18	15.28	13.99
G3	12.81	14.52	12.50	11.41
G4	11.32	11.69	11.37	10.89
G5	11.03	11.86	11.42	9.8
المتوسط	14.67	13.64	12.66	

3.3: معامل التشبث (D)

تبين النتائج في جدول 4 قيم معامل التشبث (D) والتي قدرت من خلال الحصول على أفضل تطابق بين القيم التجريبية والقيم المحسوبة من معادلة 4. اذ تبين النتائج ان هناك تبايناً بشكل عام في قيم معامل التشبث بين المعاملات، إذ كانت اعلى قيمة لمعامل التشبث في المعاملة G1 عند ارتفاع عمود الماء 1 سم والتي بلغت 9.37 م² ساعة⁻¹ في حين كانت اقل قيمة في المعاملة G4 عند ارتفاع عمود الماء اذ بلغت 2.55 م² ساعة⁻¹ وهذا يتفق مع [6] و [14] الذين بينوا ان معامل التشبث للنترات ينخفض بزيادة ارتفاع عمود الماء فوق سطح التربة.. وبشكل عام، اظهرت النتائج ان قيم معامل التشبث للنترات تزداد بازدياد محتوى الجبس وتقل بزيادة ارتفاع عمود الماء. وبما ان حركة النترات تكون مساوية لحركة الماء أو أسرع في التربة فقد يعزى ذلك الى ان بناء الترب الجبسية غير ثابت وان زيادة عمود الماء ادى الى حركة غير متجانسة للماء بسبب زيادة ذوبان الجبس فضلاً عن ان ذوبان الجبس بزيادة محتواه يؤدي الى خلط مكونات التربة وحركة هذه المكونات بشكل غير منظم مما يزيد من معامل التشبث للنترات المنقولة مع الماء، كما ان للجبس دور في حصول جريان غير منظم مشابه للجريان التقضيبي مما تسبب في زيادة التشبث [11]. ان قيم D الواطئة تشير الى ان الانتشار هو الذي كان سائداً وليس التشبث، لذا فان قيم P كانت عالية وقيم D صغيرة. كذلك فان الماء المضاف لغرض الغسل لا يتجنب الحركة في المسامات الأصغر ولكنه يزيح الماء الموجود اصلاً في التربة من المسامات الكبيرة والصغيرة [12].

جدول 4: تأثير محتوى الجبس في التربة (G) وارتفاع عمود الماء (سم) في قيم معامل التشبث (D) (م² ساعة⁻¹)

المعاملة	ارتفاع عمود الماء (سم)			المتوسط
	1.5	1.0	0.5	
G1	5.94	5.18	9.37	3.28
G2	3.99	3.75	4.51	3.72
G3	3.85	3.4	3.81	4.34
G4	3.45	2.55	2.8	5
G5	3.48	3.57	3.66	3.2
المتوسط	3.69	4.83	3.91	

المسامي في التربة تتخضع كمية النترات المنقولة عبر مقد التربة وهذا يتفق مع [7].

جدول 2: تأثير محتوى الجبس في التربة (G) وارتفاع عمود الماء (سم) في قيم سرعة الماء المسامي (v) (م ساعة⁻¹)

المعاملة	ارتفاع عمود الماء (سم)			المتوسط
	1.5	1.0	0.5	
G1	4.74	4.80	4.94	4.47
G2	4.79	4.84	4.74	4.80
G3	4.89	5.52	4.47	4.68
G4	4.45	4.42	4.55	4.39
G5	4.07	4.12	4.12	3.98
المتوسط	4.74	4.56	4.46	

ويلاحظ من جدول 2 كذلك ان اعلى قيم لسرعة الماء المسامي كانت في المعاملة G3 عند ارتفاع عمود الماء 1.5 سم وقد يعزى ذلك الى ان قيمة سرعة الماء المسامي تعتمد على قيمة الرطوبة الحجمية اذ كلما قلت الرطوبة الحجمية زادت قيم سرعة الماء المسامي عند ثبات قيمة التدفق كما ان قيمة الرطوبة الحجمية تقل كلما زاد محتوى الجبس [11].

2.3: الانتقال الكتلي

يبين جدول 3 قيم الانتقال الكتلي. إذ كانت اعلى قيمة للمعاملة G1 والتي بلغت 17.23 و 17.62 و 18.10 غم م⁻² ساعة⁻¹ لارتفاع عمود الماء 0.5 و 1 و 1.5 سم على التتابع ما لبثت ان انخفضت الى اقل قيمة لها في المعاملة G5، اذ بلغت 9.8 و 11.42 و 11.86 غم م⁻² ساعة⁻¹ لمعاملات ارتفاع عمود الماء نفسها على التتابع. يتبين مما في أعلاه ان الانتقال الكتلي هو السائد ويقل بزيادة محتوى الجبس. قد يعزى ذلك الى انخفاض سرعة تدفق الماء نتيجة لذوبان جزء من دقائق الجبس الناعمة مما يؤدي الى غلق ميكانيكي لبعض المسامات ومن ثم عاقبة لحركة الماء وبالتالي انخفاض قيم الانتقال الكتلي [11] و [12]. كما يبين الجدول ان قيم الانتقال الكتلي عند مستوى عمود الماء 1.5 سم كانت اعلى من مستوى عمود الماء 0.5 و 1 سم وفي جميع معاملات، ويعزى ذلك الى انتقال النترات السريع مع الماء اذ يكون انتقالها مساوٍ لانتقال الماء او اسرع منه بسبب شحنتها السالبة مما يؤدي الى حصول الاستبعاد الانبوني للنترات وبذلك تزداد حركتها مع محلول التربة [7]. كما ان التأثير الهيدروديناميكي لماء الغسل كوسط ساكن او متحرك يؤثر في طريقة وسرعة نقل الكتلة فإذا كان الماء ساكناً، فان حركة المذاب تحدث بواسطة الانتشار (diffusion) فقط. اما اذا كان الماء متحركاً فان الانتقال بالكتلة (mass transfer) او الحمل (conviction) سوف يكون له دوراً مضافاً الى الحركة والنقل بالانتشار ولذلك كلما زادت حركة ماء الغسل في اعمدة التربة كلما زادت كمية المذاب في وحدة حجم ماء ووحدة زمن [13].

المقدرة من معادلة 4. ان عامل الاعاقة يؤثر بشكل كبير في موقع منحنيات الاختراق فعندما تكون قيمة R تساوي 1 او أقل فهذا يعني عدم وجود اعاقا لحركة المذاب او ان الاعاقا صفر. اظهرت النتائج في جدول 6 ان قيم عامل الاعاقا لجميع المعاملات كانت اقل من 1 مما يعني عدم وجود اعاقا لحركة النترات في التربة او ان الاعاقا قليلة ويعود سبب ذلك الى حركة النترات السريعة داخل مقد التربة بسبب شحنته السالبة مما ادى الى عملية استطراد للنترات [7] و [14] و [18] و [19] كما بينت النتائج ان اعلى قيمة لعامل الاعاقا كانت في المعاملة G5 عند ارتفاع عمود الماء 0.5 سم وبلغت 0.60 واقل قيمة كانت في المعاملة G1 عند ارتفاع عمود الماء 1 سم وبلغت 0.34. ان انخفاض قيم R تحت الواحد سببه ظاهرة استبعاد الايونات السالبة (anion exclusion) أذ ان الايونات الموجبة تجذب الى شحنات الطين السالبة بواسطة قوى كهربائية ساكنة. بينما تستبعد الايونات السالبة الشحنة بنفس القوى مما يؤدي الى انخفاض تركيز الاخيرة بالقرب من سطوح المعادن وزيادتها في المحلول وسمي هذا بالامتزاز السالب (negative adsorption) او الاستبعاد الايوني. وأدى ذلك الى انخفاض قيم R اذ تراوحت قيم R كمتوسط للقيم بين 0.48 - 0.51. وهذا بدوره انعكس في قيم D اذ ان هذا الاستبعاد ادى الى انخفاض تشتت النترات لأن الايون السالب هذا يستبعد من الحركة في المسامات الصغيرة وأغشية الماء الضيقة التي تربط المسامات الكبيرة.

جدول 6. تأثير محتوى الجبس في التربة (G) وارتفاع عمود الماء (سم)

في قيم عامل الاعاقا (R)

المعاملة	ارتفاع عمود الماء (سم)			المتوسط
	1.5	1.0	0.5	
G1	0.40	0.34	0.40	0.38
G2	0.41	0.41	0.48	0.43
G3	0.52	0.52	0.48	0.51
G4	0.56	0.58	0.56	0.57
G5	0.59	0.59	0.55	0.58
المتوسط	0.49	0.48	0.51	

يبين جدول 6 ان عامل الاعاقا يزداد بزيادة محتوى الجبس في تربة العمود ولجميع معاملات الجريان المشبع وغير المشبع. وربما يعود سبب ذلك الى بناء الترب الجبسية غير الثابت مما خلف حركة غير متجانسة للماء، اذ ان حركة النترات في التربة تكون مصاحبة لحركة ماء التربة ويزاد كمية الماء المنقلة تزداد كمية النترات المنقلة عبر مقد التربة فضلاً عن ان ذوبان الجبس يؤدي الى خلط مكونات التربة وحركة مكوناتها بشكل غير منتظم وهذا بدوره انعكس ايضاً في قيم D و P اذ ان زيادة محتوى الجبس في تربة العمود ادى الى انخفاض قيم P وارتفاع قيم D. على الرغم من ان قيم عامل الاعاقا ازدادت بزيادة محتوى الجبس الا ان ذلك لم يكن له تأثير كبير في حركة النترات في التربة اذ ان قيم R لجميع المعاملات كانت تحت الواحد. مما يعني عدم وجود مسك للنترات وإزاحتها بشكل سريع الى خارج الاعمدة، وأن زيادة نسبة الجبس تكون على حساب المكونات الاخرى كالطين فضلاً

ترتبط قيم D بدرجة رئيسة مع سرعة الجريان المسامي [15] الا ان ذلك لم يكن واضحاً في هذه الدراسة إذ كانت العلاقة غير معنوية بين D و v. ان زيادة سرعة الجريان تؤدي الى حدوث حمل وتشتت المواد المذابة مع الماء في التربة. ومن جهة اخرى فان قيم D تشمل التشتت والانتشار وان زيادة هذه القيم تشير الى زيادة مساهمة آلية التشتت وانخفاض آلية الانتشار.

4.3: رقم بكلت (P)

يبين جدول 5 قيم رقم بكلت P لمعاملات الدراسة التي حسبت من خلال الحصول على افضل تطابق بين القيم المقاسة والقيم المقدرة من معادلة 4. اذ اظهرت النتائج وبصورة عامة انخفاض P مع زيادة محتوى الجبس لمعاملة ارتفاع عمود الماء 0.5 سم في حين ازداد P مع زيادة الجبس للارتفاعين 1 و 1.5 سم وذلك في الجريان المشبع إذ بلغت اعلى قيمة لها في المعاملة G4 44.0 عند ارتفاع عمود الماء 1.5 سم في حين كانت اقل قيمة في المعاملة G4 عند ارتفاع عمود ماء قدره 0.5 سم اذ بلغت 23.0. وبلغت قيم P بزيادة ارتفاع عمود الماء وبغض النظر عن محتوى الجبس 30.3 و 28.8 و 34.9 للارتفاعات 0.5 و 1 و 1.5 سم على التتابع. كما بينت النتائج ان هناك علاقة عكسية بين رقم بكلت P ومعامل التشتت D اي كلما زاد P انخفض D في جميع مستويات الجبس وعند اي ارتفاع عمود ماء وهذه النتائج اتفقت مع نتائج [11] و [16]. تشير قيم P الى النسبة بين الانتشار والتشتت ففي الاعمدة التي يزداد فيها التشتت تقل فيها قيم P وهذا ما حصل في هذه الدراسة اذ انخفضت قيم P وازدادت قيم D. تشير هذه النتائج الى أهمية رقم بكلت كمؤشر يعكس التحسس للتغيرات التي تحصل في التربة خلال عملية انتقال المذاب، فاذا علمنا ان P يمثل النسبة بين النقل بالحمل الى النقل بالتشتت خلال حركة المذاب، فان النظر ثانياً الى قيم P نجد انها تقع ضمن المنطقة الرابعة (Zone 4) والتي فيها P اكبر من 20 حسب التصنيف الوارد في [17] والتي عندها يكون التشتت الميكانيكي اكبر من الانتشار الجزيئي وهذا يؤكد ان آلية التشتت كانت سائدة. ان تبين قيم P (ارتفاعاً وانخفاضاً) مع استمرار عملية الجريان يعكس تبادل آليات التشتت والانتشار.

جدول 5. تأثير محتوى الجبس في التربة (G) وارتفاع عمود الماء (سم)

في قيم رقم بكلت P

المعاملة	ارتفاع عمود الماء (سم)			المتوسط
	1.5	1.0	0.5	
G1	30.3	14.7	32.7	25.9
G2	33.0	26.3	31.0	30.1
G3	34.0	30.0	28.7	30.9
G4	44.0	42.0	23.0	36.3
G5	33.3	31.0	36.3	33.5
المتوسط	34.9	28.8	30.3	

5.3: عامل الاعاقا (R)

يبين جدول 6 قيم عامل الاعاقا (R) لمعاملات الدراسة التي تم حسابها من خلال الحصول على افضل تطابق بين القيم المقاسة والقيم

عن ان المعدن الطيني السائد هو البالكورسكايت وهذا معدن ذو سعة تبادلية واطئة للأيونات الموجبة. كل ذلك يمكن ان يفسر وجود عامل آخر بالإضافة الى الاستبعاد الاينوني. وهذا العامل يمكن ان يكون ذوبان جزء من بلورات الجبس الذي يؤدي الى اضطراب حركة الماء والمذاب [12].

6.3: منحنيات الاختراق

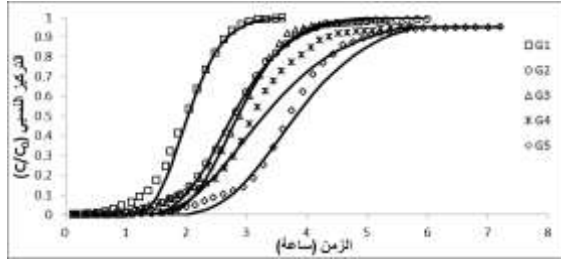
توضح الاشكال 1 و 2 و 3 منحنيات اختراق النترات كدالة للحجم المسامي لمعاملات ارتفاع عمود الماء الثلاث اذ يلاحظ وجود تطابق عالي بين القيم المقاسة والقيم المقدرة من معادلة 4 (التشتت - الحمل، CDE). لقد اخضع الانموذجان المبيينين في المعادلتين 3 و 4 لاختبار جودة المطابقة (goodness of fit) وفقاً لبعض المعايير الاحصائية كمعامل الارتباط r و الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE. أعطى الانموذجان المستخدمان أفضل تطابق للبيانات المقاسة لمنحنيات الاختراق كدالة لحجم الراشح (الاشكال 1 و 2 و 3) والزمن (الاشكال 4 و 5 و 6) مع البيانات المقاسة اذ تراوحت قيم r بين 0.97 - 0.99 في حين كانت قيم الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ تتراوح بين 0.02 - 0.09. ان ارتفاع قيمة r وانخفاض قيمة RMSE دليل على التطابق العالي بين القيم المقاسة وتلك المقدرة من الانموذج. اظهرت الاشكال اعلاه بشكل عام توزيعاً طبيعياً والذي يعني ان المساحة تحت المنحنى تساوي تقريباً المساحة اعلى المنحنى (نقاط الخط العمودي الواصل بين 1 حجم مسامي مع الخط الأفقي الواصل من $C/C_0 = 0.5$) وبأخذ المنحنى شكل حرف (Sigmoid shape,) وهذا يحدث عندما لا تحصل أعاقلة لحركة الماء والمذاب في التربة والذي يمثل الإزاحة المكبسية (Piston like displacement) عند مرور حجم مسامي واحد من محلول الإزاحة (الماء) ولجميع المعاملات. حصل [7] على منحنيات اختراق للنترات مشابهة لما تم الحصول عليه في الدراسة الحالية. اذ بينا ان سبب وقوع منحنى الاختراق الى يسار 1 حجم مسامي ناتج عن التناثر بين النترات سالبة الشحنة مع اسطح الدقائق المشحونة بالشحنة نفسها أو المدى الواسع لسرعة الجريان المسامي للمعاملات المختلفة وخاصة في المراحل الأولى من الإزاحة للنترات. احتاجت المعاملتين G1 و G2 لجميع مستويات ارتفاع عمود الماء الى مرور أقل من 1 حجم مسام لكي تنزاح جميع النترات خارج أعمدة التربة (الاشكال 1 و 2 و 3). وقد يعود سبب ذلك الى انخفاض محتواها من الجبس مقارنة مع بقية المعاملات مما يعني توفر نسبة طين اكبر ووجود شحنات سالبة اكثر ادت الى استبعاد النترات بشكل أسرع وقد انعكس ذلك في قيم R لهاتين المعاملتين التي كانت هي الأقل من بين المعاملات الاخرى (جدول 6)، فضلاً عن وجود بناء تربة بدرجة ما أفضل من بقية المعاملات مما حافظ على تماسك التربة داخل العمود وقلل الخلط وانسداد المسامات نتيجة لذوبان وحركة الجبس. تبين نتائج جدول 7 ان كمية الماء اللازمة لإزاحة نصف تركيز النترات ($C/C_0 = 0.5$) قد ازدادت بزيادة الجبس إذ كانت الأقل للمعاملة G1 التي بلغت 0.39 و

جدول 7. تأثير محتوى الجبس في التربة (G) وارتفاع عمود الماء (سم)

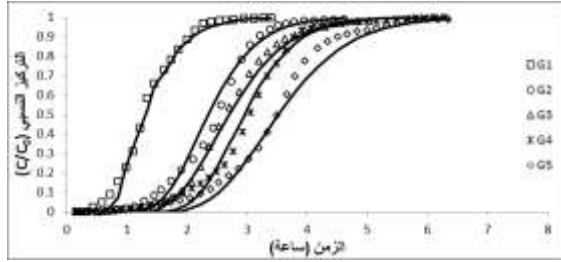
المعاملة	ارتفاع عمود الماء (سم)			المتوسط
	0.5	1.0	1.5	
G1	0.39	0.34	0.34	0.36
G2	0.50	0.42	0.39	0.44
G3	0.54	0.48	0.43	0.48
G4	0.62	0.59	0.53	0.58
G5	0.64	0.62	0.51	0.59
المتوسط	0.54	0.49	0.44	

جدول 8. تأثير محتوى الجبس في التربة (G) وارتفاع عمود الماء (سم)

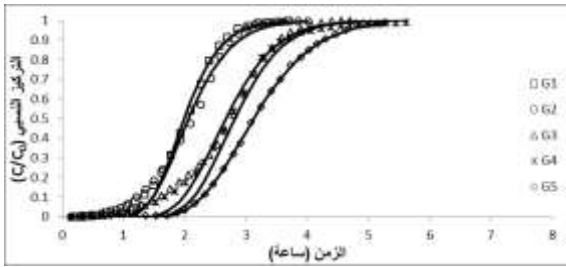
المعاملة	ارتفاع عمود الماء (سم)			المتوسط
	0.5	1.0	1.5	
G1	2.0	2.0	1.7	1.9
G2	2.6	2.5	2.3	2.5
G3	3.2	2.7	2.8	2.9
G4	2.9	3.1	3.1	3.0
G5	3.7	3.5	2.8	3.3
المتوسط	2.9	2.8	2.5	



شكل 4. منحني اختراق النترات التجميعي كدالة للزمن عند ارتفاع عمود الماء 0.5 سم



شكل 5. منحني اختراق النترات التجميعي كدالة للزمن عند ارتفاع عمود الماء 1 سم



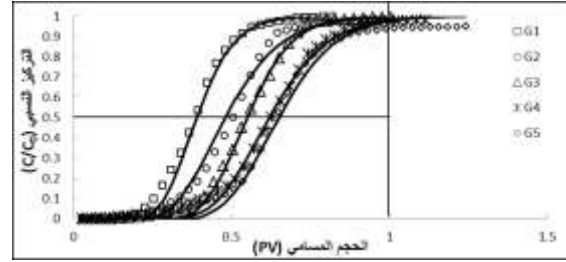
شكل 6. منحني اختراق النترات التجميعي كدالة للزمن عند ارتفاع عمود الماء 1.5 سم

4. الاستنتاجات

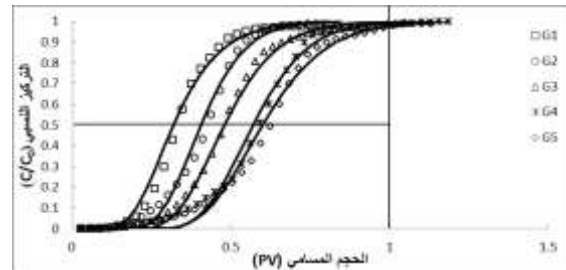
- 1- ان الجريان الكتلي هو السائد في حركة وانتقال النترات.
- 2- ان حركة النترات في الترب ذات المحتوى الجبسي المرتفع كانت ابطئ مقارنة بالترب ذات المحتوى الجبسي الاقل اذ احتاجت الترب ذات المحتوى الجبسي المرتفع الى حجم مسامي أكبر وزمن اطول مقارنة بالترب ذات المحتوى الجبسي الاقل.
- 3- ان حل معادلة الحمل - التشتت (انموذج 4) قد أعطى تطابق عالي لوصف منحنيات اختراق النترات وبالتالي إمكانية التنبؤ بحركة وتوزيع النترات في الترب الجبسية من خلال معايير الانموذج.

جدول 9. تأثير محتوى الجبس في التربة (G) وارتفاع عمود الماء (سم) في الزمن الكلي لخروج جميع النترات من العمود (ساعة)

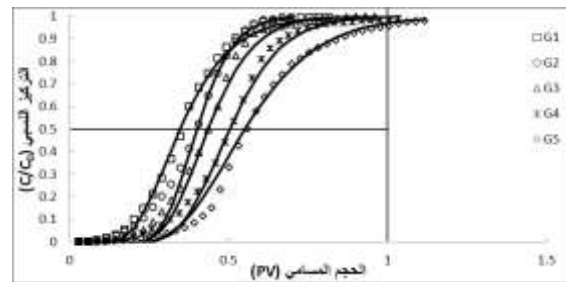
المعاملة	ارتفاع عمود الماء (سم)			المتوسط
	1.5	1.0	0.5	
G1	3.3	3.4	3.6	3.4
G2	4.0	4.6	5.3	4.6
G3	4.7	5.0	5.7	5.1
G4	5.2	5.6	6.0	5.6
G5	5.6	6.3	7.2	6.4
المتوسط	4.6	5.0	5.6	



شكل 1. منحني اختراق النترات التجميعي كدالة للحجم المسامي عند ارتفاع عمود الماء 0.5 سم



شكل 2. منحني اختراق النترات التجميعي كدالة للحجم المسامي عند ارتفاع عمود الماء 1 سم



شكل 3. منحني اختراق النترات التجميعي كدالة للحجم المسامي عند ارتفاع عمود الماء 1.5 سم

5. المصادر

- [3] USGS. (2001). Selected findings and current perspectives on urban and agricultural water quality by the National Water-Quality Assessment Program. USGS Fact Sheet 047-01. Reston, Va.: U.S. Geological Survey.
- [4] Wu, J., Ding, J. and Lu, J. (2016). Nitrate transport characteristics in soil and groundwater. Procedia Eng. 157:246-254.

- [1] Gold, A.J., Oviatt, C.A., Benjamin, N. and Giller, K.E. (2004). Nitrate, Agriculture and The Environment. The Chemistry and Physics of Nitrate. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data :14-19.
- [2] De Vos, J. A., D. Hesterberg, and P. A. C. Raats. (2000). Nitrate leaching in atile-drained silt loam soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:517-527.

- [13] Trudgill, S.T.(1986). Solute processes and landforms: an assessment. In Trudgill, S.T.(ed.), Solute Processes, John Wiley and Sons, Chichester. 497-509.
- [14] Kovacova, V. (2017). Nitrate dispersion-diffusion coefficients in agricultural soil profile of Zitny ostrov locality (Slovakia). Columella. 4.1:143-148.
- [15] Biggar, J.W., and Nielsen, D.R. (1976). Spatial variability of the leaching characteristics of a field soil. Water Resour. Res. 12(1): 78-84.
- [16] بهية، محمد حسن صبري، ناصر، كاظم مكي.(2017). تقدير معايير انتقال المذابات في اعمدة تربة معاملة بالأملاح. مجلة علوم التربة العراقية-48(1): 202 – 214.
- [17] Kutilek, M and Nieslen, D.R. (1994). Soil Hydrology: Textbook for students of soil science, agriculture, forestry, geoecology, hydrology, geomorphology and other related disciplines. Catena Verlag.
- [18] Wang, Z., Li, J. and Li, Y. (2014). Simulation of nitrate leaching under varying drip system uniformities and precipitation patterns during the growing season of maize in the North China Plain. Agric. Water Manag. .142: 19-28.
- [19] Allred, B. J.(2015). Laboratory Investigation of Boundary Condition Impacts on Nitrate Anion Exclusion in an Unsaturated Soil. Soil Sci. Society Am. J. 79: 742-756.
- [5] Da Silva, L. P., De Miranda, J. H., Oliverira, L. A. and Jose, J. V.(2015). Effect of companion ion nitrate displacement through transport parameters analysis. J. Eng.Agric.35.1:51-62.
- [6] Aljazzar, T. and Al-Qinna, M. (2016). Assessment of nitrate transport parameters using the advection-diffusion cell. Environ Sci. Pollut Res. 23:23145-23157.
- [7] Shukla, M, K. and Gonzales-Delgado, A. M. (2011). Coupled transport of nitrate and chloride in soil columns. Soil Sci. 176. 7: 346-355.
- [8] Skaggs, T.H., and F.J. Leij.(2002). Solute transport: Theoretical background. In J. Dane and C. Topp (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 4. SSSA, Madison, WI. p. 1353–1380.
- [9] Wagenet, R.J. (1983). Principles of salt movement in soils.In Chemical Mobility and Reactivity in Soil Systems. 123-140.
- [10] صبري، محمد حسن.(2014). نمذجة حركة النترات في التربة ومدى تلويثها للمياه الجوفية. اطروحة دكتوراه. قسم علوم التربة والموارد المائية- كلية الزراعة- جامعة بغداد.
- [11] مهدي، عبداللطيف صبار.(2018). انتقال الجبس في تربة جبسية كلسية تحت ظروف مائية مشبعة وغير مشبعة. رسالة ماجستير. قسم علوم التربة والموارد المائية- كلية الزراعة- جامعة تكريت.
- [12] شهاب، رمزي محمد.(1997). اثر اضافة زيت الوقود والبننتونايت في بعض الخصائص الفيزيائية وانتقال المذاب في تربة جبسية. اطروحة دكتوراه، قسم التربة- كلية الزراعة - جامعة بغداد.

Modeling of Nitrate Transport in different Soil gypsum content Under Saturated Water Condition

Ramzi M. Shihab , Ahmed A. Fattah

Department of Soil Science and Water Resources, College of Agriculture, Tikrit University, Tikrit, Iraq

Abstract

This research was conducted to fulfill the goal of studying the effect of gypsum content on soil in moving of nitrate in soil under the saturated fluid water, through determining the standards of movement using the dispersion module (CDE). A site was chosen in the fields of the college of agriculture, University of Tikrit, a soil profile was prepared for a depth of 1 meter and the gypsum content was measured for the depths 0-15 (G1) , 15-40 (G2), 40-60 (G3), 60-80 (G4) and 80-100 (G5), where gypsum values were 63, 97, 142, 180 and 236 gm kg⁻¹ respectively. The soil samples were air dried and then passes from a sieve with openings of 2 mm. The soil columns (0.3 m) were prepared by filling the columns with soil samples of different gypsum content. The columns were divided into three groups, the columns were saturated with Tigris river water from below, and a 200 mg liter⁻¹ of potassium nitrate were added to the surface of the soils and then washed with water repetitively, The water columns was fixed at three heights 0.005, 0.01 and 0.015 m above the surface of each column. The residue was collected from bottom of the column in portions and then the nitrates was measured. After finishing the washing process, the columns were cut and the nitrate was concentration measured. The penetration curves for the nitrate were set and the (load-desperation) equation was conducted to find the best fit between the values of the residue and the values given by the MathCad program, were the retardation factor R was found and Peclet number P by changing their values using trial and error scheme until we have the best matching of the values measured relying on the highest value of the bonding factor r and the less value of the Sqrt for the average error RMSE and according to the (Desperation Coefficient, D) and the speed of the transparent water (Pore Water Velocity, v). The results showed that the fluid mechanism was dominant and becoming less by increasing the content of gypsum and the values of the desperation factor D increase by increasing the content of gypsum and decrease by razing the ater column and decreasing the Values of P and v by increasing the values of gypsum. Increasing the values of D and decreasing the values P means the superiority of the desperation mechanism on the spread mechanism and the dissdution of gypsum leads to the destruction of soil structure and closing of its pores. The results also showed the values of the obstacles factor were less than 1 for all the operations, the results also showed the efficacy of the CDE module for load-desperation in the description of the movement and transportation of gypsum and the solution for the CDE module gave a good matching for the description of the load curves for gypsum so that to predict the movement and transport of gypsum in the residue of gypsiferous soil.