تأثير محتوى الجبس في دوال نقل الماء في التربة خلال الغيض الأفقي

نمير طه مهدي
قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة بغداد

المستخلص

نفذت تجربة في المختبر لدراسة تأثير مدى واسع من محتوى الجبس (0.5 % - 50.2 %) في بعض دوال نقل الماء في التربة كالنفوذية λ والامتصاصية S وانتشارية الماء D أثناء غيض الماء في أعمدة تربة أفقية تحت ظروف جريان ماء غير مشبع Unsaturated flow وغير مستقر Unsteady state flow. درست هذه الدوال كدالة للمحتوى الرطوبي الحجمي (θ) ضمن مدى رطوبي يقع بين المحتوى الرطوبي الابتدائي θ_0 والمحتوى الرطوبي عند الاشباع θ_s .

تم اختيار ثلاث مسافات لتغلغل جبهة الابتلال في اعمدة التربة (10 و 20 و 30 سم) وذلك لتقدير مسافة وزمن تقدم جبهة الابتلال في الأعمدة. حسبت نفوذية الماء من ميل علاقة مسافة تقدم جبهة الابتلال و جذر الزمن. استعملت قيم النفوذية في حساب انتشارية ماء التربة وفق الطريقة المقترحة من قبل Bruce و Klute (14) . كذلك تم حساب الامتصاصية واستعملت قيمها في تمثيل بيانات غيض الماء التراكمي الافقي بتطبيق معادلة فيليب ذات الحد الواحد ($I=St^{1/2}$).

أظهرت نتائج الدراسة ان دوال نقل الماء المدروسة قد زادت مع زيادة نسبة الجبس ولجميع مستويات المحتوى الرطوبي النسبي relative water content (Θ)، ضمن المدى الرطوبي النسبي (1>Θ>0). لقد كانت الزيادة في قيم دوال نقل الماء غير معنوية ضمن المديات المتدنية من نسب الجبس في حين كانت الزيادة عالية المعنوية ضمن المديات العالية لنسب الجبس. وهذا يؤكد ان قابلية الترب على نقل الماء تحت ظروف الجريان غير المشبع تزداد بزيادة نسبة الجبس.

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 36(5) : 1 – 10, 2005 Mahdi

THE EFFECT OF GYPSUM CONTENT ON SOIL - WATER TRANSPORT FUNCTIONS DURING HORIZONTAL INFILTRATION

N. T. Mahdi
Dept. of Soil and Water Sciences – College of Agriculture – University of Baghdad

ABSTRACT

A laboratory experiment was conducted to study the effect of wide range of gypsum content on some water transport functions such as penetrability (λ), sorptivity (S) and soil water diffusivity (D), during horizontal water infiltration into soil columns under unsaturated and transient flow conditions. These water transport functions were studied as a function of volumetric water content (θ). At the same time θ was function of the distance (*x*) and time (t).

Horizontal infiltration trials were run until the wetting front reached 10, 20, and 30 cm in soil columns. Depth of water infiltrating (I) and distance of the wetting front (*x*) were recorded during infiltration trials. Penetrability was measured as the slope of the fitted line between distance and the square root of time ($t^{1/2}$). From the value of θ as function of Penetrability, [θ(λ)], were used to calculate the soil-water diffusivity according to the method outlined by Bruce and Klute (14). Sorptivity was calculated and used to estimate horizontal infiltration by using the equation of Philip: $I=St^{1/2}$.

The results showed that the water transport functions were increased with the increasing in gypsum content for all levels of relative water content (Θ), within the moisture range (1>Θ>0). The increase of the water transport function was insignificant within low ranges of gypsum content, while the increase was highly significant within the higher ranges of gypsum content. This indicates that the ability of soil to transient water under unsaturated flow condition increased with the increasing in gypsum content.

المقدمة

تعد دراسة جريان الماء في ترب ذات مدى واسع من نسب الجبس تحت ظروف جريان غير مشبع Unsaturated flow وغير مستقر Unsteady state flow من الدراسات القليلة او النادرة، حيث لا تخلو مثل هذا النوع من الدراسات من صعوبات في دراسة دوال نقل الماء كالنفوذية Penetrability (λ) والامتصاصية Sorptivity (S) وانتشارية ماء التربة Soil-Water Diffusivity (D) ، أثناء غيض الماء Water Infiltration (I). تدرس دوال نقل الماء هذه كدالة function للمحتوى الرطوبي الحجمي (θ) كالنفوذية λ(θ) والانتشارية D(θ) او كدالة للزمن (t) كالغيض I(t) . وفي نفس الوقت فان المحتوى الرطوبي الحجمي هو دالة لكل من مسافة (*x*) وزمن الجريان (25).

*تاريخ استلام البحث 2005/4/20 ، تاريخ قبول البحث 2005/7/4

لقد أشارت دراسات سابقة الى ان وجود الجبس في التربة وزيادة نسبته ادت الى تغير صفات التربة وخاصة الصفات الفيزيائية. وقد تباينت نتائج الأبحاث حول تأثير محتوى الجبس في بعض صفات التربة. فقد بين Keren واخرون (20) ان الايصالية المائية للتربة الجبسية قد انخفضت خلال مرحلة محددة ثم ازدادت مع زيادة نسبة الجبس وزيادة حجم بلورات الجبس. كذلك بين سليمان واخرون (7) ان زيادة نسبة الجبس وزيادة حجم بلوراته ادت الى زيادة في معدل الغيض الأساسي وزيادة في قيم الايصالية المائية المشبعة، اما الايصالية المائية غير المشبعة التي تم تعينها بطريقة تبخير الماء من عمود تربة صغير وفق الطريقة المقترحة من قبل Arya واخرون (13) فقد ازدادت قيمها مع زيادة نسبة الجبس وحجم بلوراته. لقد أكد غيبة (9) ان ازدياد حجم بلورات الجبس اكبر من 500 مايكروميتر سبب زيادة في الايصالية المائية في ترب ذات نسبة عالية من الجبس اكثر من 45% . اما دوغرامه جي واخرون (6) فقد ذكروا ان صفات التربة تتغير تغيراً ملحوظاً مع زيادة نسبة الجبس، ووجدوا ان نسبة 25% جبس تمثل نسبة حرجة ويحصل بعدها تغير للصفات الفيزيائية. وبينوا ان الامتصاص النوعي للماء، وهو من العوامل المؤثرة في حركة الماء تحت ظروف جريان غير مشبع، قد زاد مع زيادة نسبة الجبس. لقد أكد الجبوري (2) هذه النتائج، ولكنه اختلف في تحديد النسبة الحرجة للجبس التي تؤدي الى تغيير صفات التربة الفيزيائية. درس شهاب (8) تأثير ثلاث نسب من الجبس في الانتشارية والايصالية المائية تحت ظروف جريان مستقر، بوجود زيت الوقود كمادة محسنة لبناء التربة، فوجد ان تحسن بناء التربة الجبسية قد زاد من انتشارية ماء التربة مع زيادة نسبة الجبس. اما بهية (5) فقد حصل على زيادة في الايصالية المائية مع زيادة حجم بلورات الجبس وقد عزى ذلك الى زيادة حجم المسام الذي أدى الى زيادة مساحة المقطع الناقل للماء. ووجد الاعظمي (1) ان زيادة نسبة الجبس في وحدات فيزوغرافية مختلفة من العراق ادت الى زيادة في معدل الغيض الأساسي للتربة.

صممت هذه التجربة بوضع تدرج في نسب الجبس من المستويات المنخفضة الى المستويات المتوسطة وصولاً الى المستويات العالية، بهدف متابعة تأثير محتوى الجبس في دوال نقل الماء بصورة مستمرة واكثر شمولية تحت ظروف جريان غير مشبع وغير مستقر اثناء غيض الماء الأفقي.

المواد وطرائق العمل

جلبت عينات تربة جبسية من الحقل المخصص لمركز بحوث الترب الجبسية في قضاء الدور. اخذت عينات التربة من الأفق Ap السطحي غير الجبسي (0-20 سم)، والأفق C_1 الجبسي (20-40 سم).

جففت التربة هوائياً، ومزجت عينات كل أفق بشكل منفرد ثم طحنت ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم. تم تعيين نسجة التربة بطريقة الماصة (15) بعد ازالة الجبس بالغسل. ويبين الجدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعينات المستخدمة.

جدول 1. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الجبسية المستخدمة في الدراسة.

خصائص التربة	الأفق السطحي Ap	الأفق الجبسي C_1
صنف نسجة التربة	Clay loam	---
الرمل (غم/كغم)	321	---
الغرين (غم/كغم)	395	---
الطين (غم/كغم)	284	---
الجبس (غم/كغم)	5.0	502.0
كاربونات الكالسيوم (غم/كغم)	264.0	190.0
الايصالية الكهربائية (EC)، ديسيسمنز/متر	2.47	2.83
الاس الهيدروجيني ph	7.53	7.69
السعة التبادلية للأيونات الموجب (سنتمول+/كغم)	23.3	15.6
المادة العضوية (غم/كغم)	6.3	0.7

حضرت عينات مختلفة بمحتواها من الجبس عن طريق خلط تربة الأفقين أعلاه للحصول على عينات تحتوي على نسب بلغت 0.5 و 3.2 و 6.4 و 12.5 و 25.5 و 50.2 % من وزنها جبس. بعد الانتهاء من التحضير مررت عينات التربة عبر منخل قطر فتحاته 1ملم وذلك لضمان الحصول على ملئ متجانس للتربة داخل اعمدة الدراسة (4 و 16).

وضعت عينات التربة الجبسية في اعمدة تربة مصنوعة من مادة الزجاج العضوي Plexiglas بطول 40 سم وقطر داخلي 3.17 سم، مكونة من حلقات بطول 2 سم للحلقة الواحدة، جرت عملية ملئ الأعمدة بالتربة وفق الطريقة التي وردت في Aoda (10) والى حين الوصول الى قيم كثافة ظاهرية تراوحت بين 1.446 و 1.482 ميكاغرام / م^3.

اغلقت احدى نهايتي العمود بقطعة مثقبة من الزجاج العضوي الشفاف، اما النهاية الثانية للأعمدة فقد صممت بشكل يسهل ربطها بمجهز للماء Water applicator . قدم الدوري وعودة وصف تفصيلي لمجهز الماء (4).

قيس غيض الماء في اعمدة التربة بعد ان وضعت الأعمدة بشكل أفقي. ربطت الأعمدة بمجهز الماء تحت شد مائي مقداره 2 سم ماء (21). ترك الماء ليتحرك في جسم التربة بفعل قوة الجهد الهيكلي Matric potentia!. وقيست احجام المياه الممتصة من قبل التربة عند وصول جبهة الابتلال مواقع متعددة ومحددة من جسم التربة وعلى امتداد مسافة تقدم جبهة الابتلال خلال الأعمدة. لقد اختيرت المسافة 2 سم كمواقع لاخذ قراءة كل من الزمن اللازم لوصول جبهة الابتلال الى هذه المواقع وحجم الماء الممتص من قبل التربة عن طريق سحاحة حجمية مربوطة بمجهز الماء. تؤخذ القراءات هذه لكل 2 سم ولثلاث مسافات طولية من جسم التربة داخل الأعمدة هي 10 و 20 و 30 سم. وعند وصول جبهة الابتلال الى موقع المسافة المحدد (10 و 20 و 30 سم) يتم إيقاف جريان الماء ويقطع عمود التربة الى حلقات بطول 2 سم بشفرة حادة.

قدرت الرطوبة الكتلية لكل حلقة من حلقات التربة الرطبة وعلى امتداد مسافة تقدم جبهة الابتلال. كذلك حسبت الكثافة الظاهرية لكل حلقة. وحسب معامل الاختلاف Coefficient of variation (C.V%) لقيم الكثافة الظاهرية للحلقات بحيث لا تتجاوز قيمة معامل الاختلاف عن 2% (22). استخدمت قيم الرطوبة الكتلية والكثافة الظاهرية في حساب الرطوبة الحجمية لكل حلقة.

استعملت بيانات مسافة تقدم جبهة الابتلال x (سم) عند جريان الماء افقياً في الأعمدة مع الزمن t (دقيقة) في تقدير نفوذية ماء التربة λ (سم/دقيقة$^{1/2}$) بتطبيق المعادلة الاتية:

$$\lambda = x / t^{1/2} \quad \text{.....(1)}$$

كذلك قدرت الامتصاصية S (سم/دقيقة$^{1/2}$) من بيانات عمق الماء الممتص I (سم) اثناء غيض الماء الافقي في الأعمدة مع الزمن بتطبيق المعادلة الاتية:

$$S = I / t^{1/2} \quad \text{.....(2)}$$

اما الانتشارية فقد قيست وفقاً للطريقة التي اقترحها Bruce و Klute (14) واستعملت المعادلة الاتية في حساب انتشارية ماء التربة كما وردت في كل من Elrick (17) و Verplancke (26):

حسب غيض الماء التراكمي (I) من بيانات عمق الماء الممتص اثناء جريان الماء افقياً، تم تمثيل نتائج الغيض

$$D(\theta) = -\frac{1}{2}\frac{d\lambda}{d\theta}\int_{\theta_0}^{\theta_s} \lambda d\theta \quad \text{.....(3)}$$

التراكمي باستخدام معادلة فيليب لغيض الماء الافقي ذات الحد الواحد الاتية:

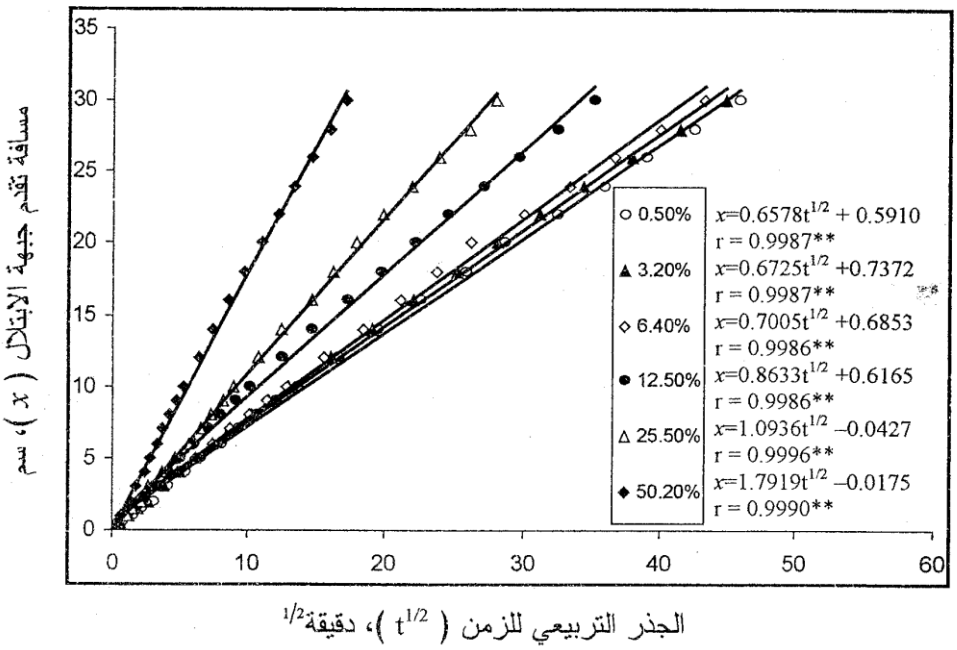
$$I = S\, t^{1/2} \quad \text{.....(4)}$$

النتائج والمناقشة

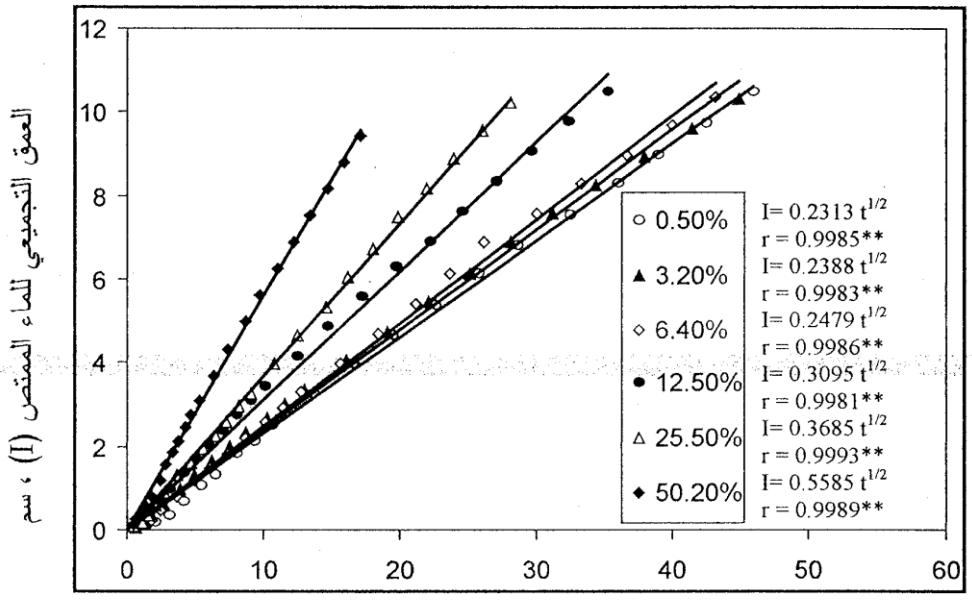
يبين الشكل (1) العلاقة بين مسافة تقدم جبهة الابتلال في الأعمدة والجذر التربيعي للزمن لتربة ذات نسب مختلفة من الجبس ولمسافة امتصاص أفقي مقداره 30 سم اثناء غيض الماء الأفقي. اظهر الشكل علاقة ارتباط خطي وان ميل علاقة الخط المستقيم تمثل معامل نفوذية الماء في التربة (λ)،(19 و 11 و 12). يلاحظ عند نسب الجبس المختلفة ان قيم λ تزداد مع زيادة نسبة الجبس حيث تراوحت قيم λ بين 0.6578

سم/دقيقة$^{1/2}$ للمعاملة 0.5% جبس و 1.7919 سم/دقيقة$^{1/2}$ للمعاملة 50.2% جبس. اجري التحليل الاحصائي لاختبار تحليل الانحدار الخطي الذي اظهر ان العلاقات الخطية كانت عالية المعنوية حيث بلغ معامل الارتباط (r) للمعاملات قيماً عالية تراوحت بين 0.9986** و 0.9996** لجميع نسب الجبس المختلفة. كذلك اجري تحليل إحصائي لقيم λ وللمعاملات المختلفة واظهر انه لا توجد فروقات معنوية لقيم λ لمعاملات نسب الجبس 0.5 و 3.2 و 6.4 %، مما يدل ان نفوذية الماء في مادة تربة تمتلك هذه النسب لا تختلف كثيراً فيما بينها، وان جبهة الابتلال تقطع مسافات محددة بازمان متقاربة. في حين اظهر التحليل الاحصائي ان قيم نفوذية الماء في الترب ذات النسب 12.5 و 25.5 و 50.2 % جبس كانت مختلفة وبدرجة معنوية عالية جداً عند مستوى خطأ (0.01) مما يدل على زيادة نفوذية الماء في هذه الترب بزيادة نسب الجبس بحيث تقطع جبهة الابتلال مسافات محددة في أزمان قصيرة. يتبين من الشكل (1) ان جبهة الابتلال تحتاج الى 100 دقيقة كي تقطع مسافة مقدارها 7.5 سم تقريباً في الترب ذات النسب 0.5 و 3.2 و 6.4 % جبس اثناء غيض الماء افقياً، في حين تقطع جبهة الابتلال خلال نفس المدة الزمنية مسافة 9.8 و 11 و 18.5 سم في ترب ذات نسب جبس 12.5 و 25.5 و 50.2 %، أي بنسبة زيادة في مسافة عمق جبهة الابتلال مقدارها 31% و 47% و 147% على التوالي.

يبين الشكل (2) العلاقة بين عمق الماء الممتص (I) اثناء غيض الماء في الأعمدة والجذر التربيعي للزمن لترب ذات نسب مختلفة من الجبس ولمسافة امتصاص أفقي مقداره 30 سم. اظهر الشكل علاقة خطية وان ميل علاقة الخط المستقيم تمثل الامتصاصية (S)(23). يظهر الشكل ان الامتصاصية تزداد بزيادة نسب الجبس حيث تراوحت قيم S بين



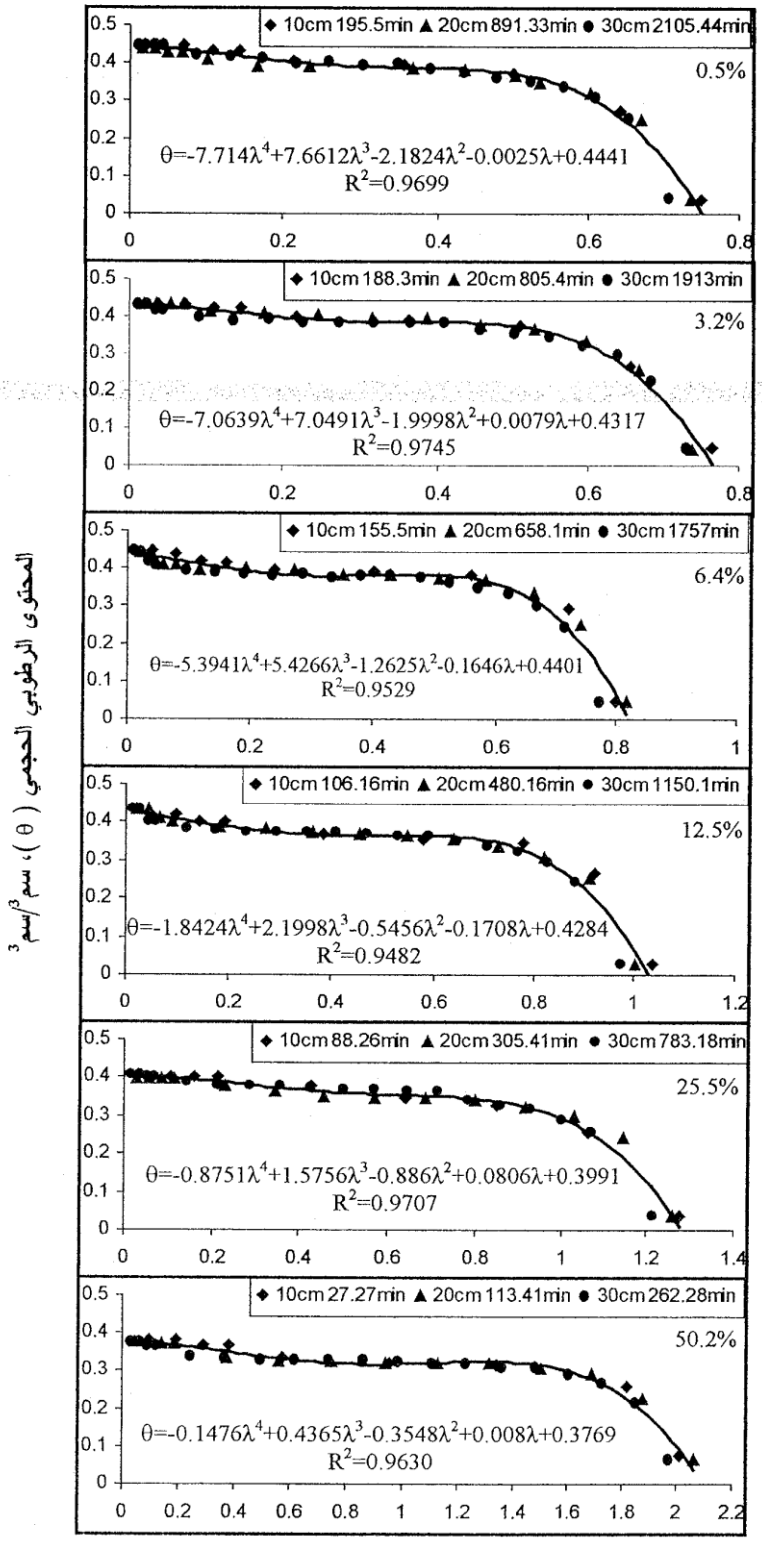
شكل 1. العلاقة بين مسافة تقدم جبهة الابتلال (x) والجذر التربيعي للزمن (t) في تربة ذات نسب جبس مختلفة (0.5 و3.2 و6.4 و12.5 و25.5 و50.2 %) ولمسافة امتصاص 30 سم.



شكل 2. العلاقة بين العمق التجميعي للماء الممتص(I) من قبل تربة ذات نسب جبس مختلفة (0.5 و3.2 و6.4 و12.5 و25.5 و50.2%) والجذر التربيعي للزمن(t) و لمسافة امتصاص 30 سم.

0.2313 سم/دقيقة$^{1/2}$ للمعاملة 0.5% جبس و 0.5585 سم/دقيقة$^{1/2}$ للمعاملة 50.2% جبس. اجري التحليل الاحصائي لاختبار تحليل الانحدار الخطي الذي اظهر ان العلاقات الخطية كانت عالية المعنوية عند مستوى (0.01) حيث بلغ معامل الارتباط (r) للمعاملات قيماً مرتفعة تراوحت بين **0.9981 و**0.9993 لمعاملات التربة المختلفة. واظهر التحليل الاحصائي كذلك ان قيم S لا تختلف معنوياً لمعاملات التربة ذات نسب جبس 0.5 و 3.2 و 6.4 %، أي ان عمق الماء الممتص لهذه المعاملات لم يختلف معنوياً مع الزمن وان امتصاصية الترب متقاربة. اما للمعاملات ذات نسب الجبس 12.5 و 25.5 و 50.2 % فقد اظهر التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية بشكل عال جداً عند مستوى خطأ (0.01) مما يدل على ان عمق الماء الممتص اثناء غيض الماء الافقي يزداد مع زيادة نسب الجبس. فعلى سبيل المثال، ان عمق الماء الممتص والذي مقداره 2.5 سم يستغرق 100 دقيقة كي يغيض في الترب ذات النسب 0.5 و 3.2 و 6.4 % جبس اثناء الغيض، في حين وخلال نفس المدة الزمنية يتم امتصاص عمق ماء مقداره 3.4 و 3.9 و 6.2 سم لمعاملات التربة ذات نسب جبس 12.5 و 25.5 و 50.2 % ، أي بنسبة زيادة في عمق الماء الممتص مقدارها 36% و 56% و 148%على التوالي.

ان أحد المتطلبات الأساسية لتطبيق معادلة انتشارية ماء التربة (معادلة 3) هو قياس معامل نفوذية ماء التربة (شكل 1)، ومن ثم بناء علاقة بيانية تربط معامل النفوذية بالمحتوى الرطوبي الحجمي عندما يكون المحتوى الرطوبي الحجمي θ دالة مفردة لمعامل النفوذية λ ، [θ(λ)] (17 و 26). يبين الشكل (3) العلاقة بين λ و θ ، لثلاثة أعماق لجبهة الابتلال (10 و 20 و 30 سم) اثناء الامتصاص الافقي للماء في اعمدة ترب ذات نسب جبس مختلفة. يبين الشكل ولجميع معاملات نسب الجبس ان المحتوى الرطوبي الحجمي كدالة لمعامل النفوذية أعطى علاقات اسية عالية المعنوية من الدرجة الرابعة وبمعامل تحديد (R^2) عال جداً، اذ تراوحت قيم (R^2) بين 0.9482 و 0.9745 لمعاملات التربة المختلفة. ان أهمية هذه العلاقات تكمن في حساب الميل عند كل قيمة من قيم θ والذي سيكون مهماً عند حساب انتشارية ماء التربة بتطبيق المعادلة 3، (17 و 26). على العموم يلاحظ ان مقد التربة الرطوبي يتطور بسرعة لمعاملات نفوذ الماء في الترب ذات نسب الجبس العالية (12.5 و 25.5 و 50.2 %) مقارنة مع معاملات نفوذ الماء في الترب ذات نسب الجبس المنخفضة (0.5 و 3.2 و 6.4 %)، وذلك من خلال اجراء المقارنة بين المدد الزمنية اللازمة لوصول جبهة الابتلال الى المواقع المحددة (10 و 20 و 30 سم) وكما هو مؤشر عند كل معاملة من معاملات التربة (شكل 3). اذ ان انخفاض المدة الزمنية لوحدة المسافة يدل على تطور سريع

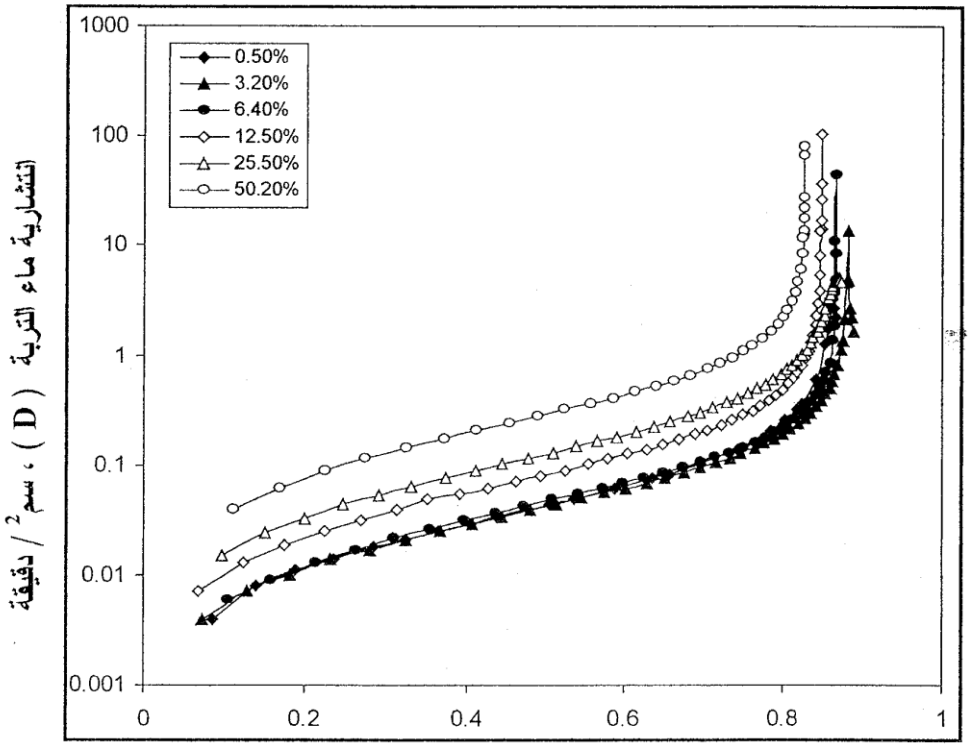


الشكل 3. العلاقة بين معامل النفوذية (λ) والمحتوى الرطوبي الحجمي (θ) في اعمدة تربة ذات نسب جبس مختلفة (0.5 و3.2 و6.4 و12.5 و25.5 و50.2%) أثناء امتصاص الماء أفقيا ولمسافات ثابتة 10 و20 و30 سم.

لمقد التربة لهذه المعاملات. وتعد هذه نتيجة طبيعية لان كل من معامل النفوذية والامتصاصية كانا مرتفعين للترب ذات نسب جبس عالية وكما ذكر سابقا. كذلك يتضح من الشكل ولجميع المعاملات ان توزيع المحتوى الرطوبي باختلاف قيم معامل نفوذية ماء التربة للمواقع المحددة (10 و 20 و 30 سم) وهو ما يسمى بانحدار توزيع المحتوى الرطوبي للتربة ، كان ضمن حدود انسياب الخط البياني ولمختلف معاملات بدليل ارتفاع قيم R^2، مما يثبت قدرة المعادلات الرياضية في وصف علاقة الارتباط اللاخطي بدلالة توزيع المحتوى الرطوبي عند تغير معامل نفوذية ماء التربة.

استعملت منحنيات علاقة معامل النفوذية بالمحتوى الرطوبي الحجمي أثناء جريان الماء افقيا في حساب انتشارية ماء التربة $D(\theta)$ وفق الطريقة المقترحة من قبل Bruce و Klute (14). استخرج ميل هذه المنحنيات عند كل قيمة من قيم المحتوى الرطوبي بعد ان حددت المعادلات الرياضية التي تمثل احسن تطابق في توزيع المحتوى الرطوبي الحجمي، عندما يكون المحتوى الرطوبي الحجمي θ دالة مفردة لمعامل نفوذية الماء λ، $[\theta(\lambda)]$، (شكل 3). بأجراء التفاضل لهذه المعادلات تم الحصول على الميل $(d\theta/d\lambda)$. وباخذ مقلوب الميل تم الحصول على مفاضل λ الى مفاضل θ ، $(d\lambda/d\theta)$ عند كل قيمة من قيم θ. يمثل $(d\lambda/d\theta)$ الطرف الأيمن من المعادلة (3) المستعملة في حساب $D(\theta)$.

يبين الشكل (4) قيم انتشارية الماء المحسوبة من المعادلة 3 ، كدالة للمحتوى الرطوبي النسبي $D(\Theta)$ لمعاملات التربة المختلفة. يظهر في جميع المعاملات ان الانتشارية تزداد اسيا مع زيادة المحتوى الرطوبي النسبي Θ (حسبت Θ بتطبيق المعادلة الاتية : $\Theta = (\theta - \theta_0) / (\theta_s - \theta_0)$ ، اذ ان θ المحتوى الرطوبي الحجمي عند قيم λ و θ_0 المحتوى الرطوبي الابتدائي و θ_s المحتوى الرطوبي عند الاشباع). ان اقل قيمة لـ $D(\Theta)$ لمعاملات التربة ذات نسب جبس 0.5 و 3.2 و 6.4 و 12.5 و 25.5 و 50.2 % كانت 0.004 و 0.004 و 0.006 و 0.007 و 0.015 و 0.039 سم^2 / دقيقة على التوالي عند مدى رطوبي نسبي منخفض قرب المحتوى الرطوبي الابتدائي، حيث تراوحت قيم Θ بين 0.07 و 0.11. اما اعلى قيم الانتشارية فقد امكن الحصول عليها عند محتوى رطوبي نسبي عال وقبل الوصول الى حالة الاشباع اذ بلغت اعلى قيم $D(\Theta)$، 3.295 سم^2 / دقيقة (0.5% جبس، Θ = 0.859) و 13.789 سم^2 / دقيقة (3.2% جبس، Θ = 0.882) و 45.128 سم^2 / دقيقة (6.4% جبس، Θ = 0.867) و 103.162 سم^2 / دقيقة (12.5% جبس، Θ = 0.848) و 4.982 سم^2 / دقيقة (25.5% جبس، Θ = 0.869) . اما المعاملة 50.2% جبس فقد كانت اعلى قيمة لانتشارية الماء لها 81.684 سم^2 / دقيقة عند محتوى رطوبي نسبي مقداره 0.82. يتضح من الشكل (4) ولجميع معاملات التربة، ان الانتشارية تزداد مع



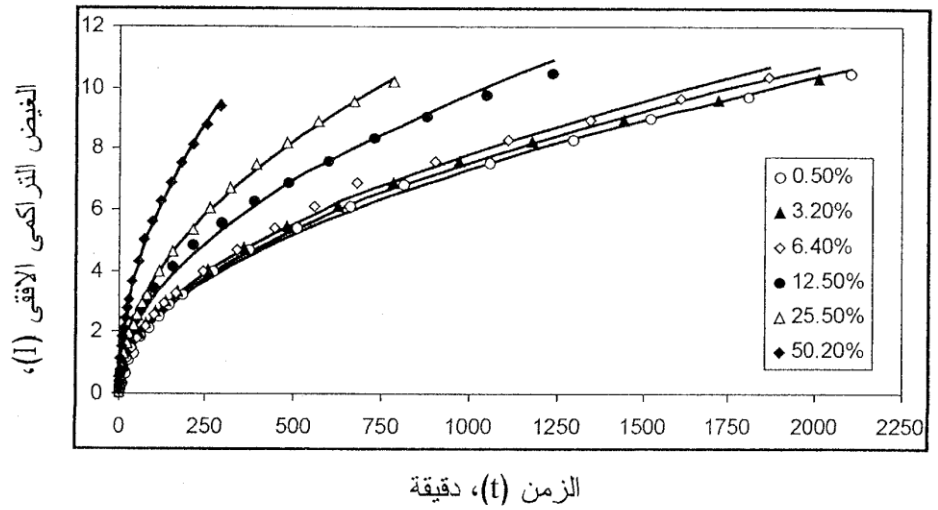
الشكل 4. العلاقة بين المحتوى الرطوبي النسبي (Θ) وانتشارية الماء (D) في تربة ذات نسب جبس مختلفة (0.5 و3.2 و6.4 و12.5 و25.5 و50.2%) ولمسافة امتصاص أفقي 30 سم.

زيادة المحتوى الرطوبي النسبي وان قيم $D(\Theta)$ موزعة ضمن مدى رطوبي نسبي $(0< \Theta <1)$. ان جميع قيم الانتشارية كدالة للمحتوى الرطوبي وضمن المدى الرطوبي المشار اليه أعلاه أعطت معاملة التربة 50.2% جبس اكبر القيم جاءت من بعدها المعاملة 25.5% جبس ومن ثم 12.5% جبس. اما المعاملات 0.5 و 3.2 و 6.4 %جبس فقد أعطت اقل قيم للانتشارية ضمن المدى الرطوبي النسبي $(0< \Theta <1)$. فضلا عن ان قيم الانتشارية لهذه المعاملات كانت متقاربة حيث لم يكن هناك أي فروقات معنوية في قيم انتشارية الماء فيها وهذا ما يؤكده السلوك المتماثل لهذه المعاملات في حركة وتوزيع الماء حيث أعطت قيما متقاربة في قيم دوال حركة الماء كنفوذية الماء والامتصاصية. اما المعاملات ذات النسب 12.5 و 25.5 و 50.2 % جبس فقد ازدادت فيها انتشارية الماء وبشكل معنوي. هذا من جهة ومن جهة أخرى هنالك زيادة في انتشارية ماء التربة مع زيادة نسب الجبس ضمن كل قيمة من قيم Θ (شكل3).

يبين الشكل (5) منحنيات الغيض لتربة ذات نسب جبس مختلفة. يظهر الشكل العلاقة بين العمق التراكمي للماء الممتص كغيض (I) والزمن (t). استعملت معادلة (4) في تمثيل بيانات غيض الماء التراكمي كدالة للزمن [I(t)]، ولامتصاص أفقي للماء تمتد فيه جبهة الابتلال مسافة 30 سم في عمود التربة.

حددت قيم S الداخلة في المعادلة من قيم ميل العلاقة بين العمق التراكمي للماء الممتص افقيا وجذر الزمن (شكل 2). تمثل النقاط في الشكل قيم عمق الماء الذي امتصته التربة فعلا (قيم مقاسة) اما الخط البياني فيمثل منحنى افضل تطابق لقيم العمق التراكمي للماء الممتص (قيم محسوبة) الناتج من تطبيق معادلة (4) عند قيم S المحددة مسبقا ولكل معاملة من معاملات التربة ذات نسب الجبس المختلفة.

يتضح من الشكل (5) ايضا ان عمق الماء الممتص كغيض يزداد مع زيادة نسب الجبس ضمن نفس المدة الزمنية. فبعد مرور 100 دقيقة من جريان الماء افقيا في الأعمدة، يلاحظ ان عمق الماء الممتص في معاملات التربة 0.5 و 3.2 و 6.4 و 12.5 و 25.5 و 50.2 % جبس كان 2.3 و 2.5 و 2.5 و 3.3 و 3.6 و 5.8 سم على التوالي . وان عمق الماء الكلي الممتص من قبل كل معاملة من معاملات التربة المختلفة والذي مقداره تقريبا 10 سم، اللازم لوصول جبهة الابتلال الى مسافة 30 سم من محل تجهيز الماء في عمود التربة قد احتاج الى مدة زمنية اكبر للمعاملات (0.5 و 3.2 و 6.4 % جبس)، اذ بلغت المدة الزمنية لهذه المعاملات 2105.44 و 2013 و 1867 دقيقة، مقارنة مع المعاملات ذات نسب جبس مرتفع (12.5 و 25.5 و 50.2 %) حيث كان الزمن اللازم للامتصاص 10 سم اقل، اذ بلغت المدة الزمنية 1238.1 و 783.18 و 292.28 دقيقة على التوالي.



الشكل 5. الغيض التراكمي في اعمدة تربة ذات نسب جبس 0.5 و 3.2 و 6.4 و 12.5 و 25.5 و 50.2 % ، اثناء جريان الماء افقيا ولمسافة امتصاص 30 سم.

يتضح مما سبق ان دوال حركة الماء المدروسة كالنفوذية والامتصاصية وانتشارية الماء قد زادت مع زيادة نسبة الجبس ولجميع مستويات المحتوى الرطوبي النسبي ضمن المدى الرطوبي النسبي $0 < \Theta > 1$. ان أسباب الزيادة قد تعزى الى زيادة الالفة بين الماء والجبس عند زيادة نسبة الجبس وبالتالي زيادة في قابلية التربة على التبلل (18). لقد بين كل من دوغرامه جي واخرون (6) والجبوري (2) ان الترب تزداد قابليتها على التبلل او الترطيب عندما تزداد فيها نسبة الجبس، وقد فسروا ذلك تحت مفهوم الامتصاص النوعي للماء الذي يعد مهماً في حركة الماء تحت ظروف جريان غير مشبع فحصلوا على زيادة في الامتصاص النوعي للماء من قبل تجمعات تربة ذات نسب مختلفة من الجبس مع زيادة الجبس. في نفس الوقت فان للجبس قدرة عالية على الانحلال dissolution والذوبان (2.4 غرام/لتر) مما يسبب ذلك زيادة في مساحة المقطع الناقل للماء فتزداد حركة الماء بسبب توفر ممرات اضافية لنقل الماء او حصول زيادة في مساحة مقطع الجريان (5 و 8 و 24). او قد تعزى الأسباب الى أحجام بلورات الجبس ودرجة تبلورها التي تختلف باختلاف نسبة الجبس في التربة (3) وهذا قد يؤثر في التوزيع الحجمي لمسامات التربة بحيث تزداد نسبة المسامات الكبيرة الحجم مع زيادة نسبة الجبس (5 و 9) وبالتالي حصول زيادة في مساحة مقطع الجريان الذي يؤدي الى زيادة معامل النفوذية وانتشارية الماء. وهذا ما اكدته نتائج الغيض ايضا، حيث زاد الغيض التراكمي للتربة الجبسية من زيادة نسبة الجبس(شكل5).

يستنتج من هذه الدراسة ان دوال نقل الماء في التربة قد زادت مع زيادة نسبة الجبس، وقد كانت الزيادة غير معنوية في المديات المنخفضة للجبس، لكن هذه الزيادة كانت معنوية ومهمة جداً عند المديات العالية للجبس ولجميع مستويات المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة.

المصادر

1. الاعظمي، رعد عطا محمود. 2004. تأثير محتوى الجبس في معدل غيض الماء الاساس لتربة مزيجة و مزيجة رملية ولثلاث وحدات فيزيوغرافية. المجلة العراقية لعلوم التربة. 4(1):
2. الجبوري، محمد حسين سلمان. 1997. تأثير محتوى الجبس في الرص وفي بعض الصفات الفيزيائية للتربة. رسالة ماجستير. قسم التربة. كلية الزراعة-جامعة بغداد.
3. الجنابي، علاء صالح ، معتصم داود اغا وهشام محمود حسن. 1989. الخصائص الفيزيائية لبعض الترب الجبسية في العراق. وقائع بحوث المؤتمر العلمي الخامس لمجلس البحث العلمي. علوم التربة-القسم الاول/7-11 تشرين الاول-1989 - بغداد-العراق.
4. الدوري، نمير طه مهدي و مهدي ابراهيم عودة. 2002. تأثير اضافة زيت الوقود في انتشارية وايصالية الماء في تربة مزيجة رملية. المجلة العراقية لعلوم التربة. 2(1): 23-39.
5. بهيه، محمد حسن صبري. 1998. تأثير زيت الوقود في بعض الصفات الفيزيائية وعلاقته بشكل التبلور ونعومة دقائق الجبس في الترب الجبسية. رسالة ماجستير. قسم التربة. كلية الزراعة-جامعة بغداد.
6. دوغرامه جي، جمال شريف ، عبدالله نجم العاني و عبد الخالق صالح الحديثي. 1994. تأثير محتوى الجبس في بعض الصفات الفيزيائية للتربة. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 25(1): 38-45.
7. سليمان، معتصم داود ، علاء صالح الجنابي و هشام محمود حسن. 1990. دراسة الخواص المائية لبعض الترب الجبسية في العراق. مجلة زراعة الرافدين. 22(1): 147-161.
8. شهاب، رمزي محمد. 1997. أثر اضافة زيت الوقود والبنتونايت في بعض الخصائص الفيزيائية وانتقال الماء والمذاب في تربة جبسية. اطروحة دكتوراه. قسم التربة. كلية الزراعة-جامعة بغداد.
9. غيبة، عبد الرحمن. 1990. الخواص الفيزيائية للاراضي الجبسية. مداولات الدورة التدريبية في استصلاح وادارة الاراضي الجبسية. اكساد.
10. Aoda, M.I. 1982. Critical assessment of the green and ampt water infiltration equation. Ph.D. dissertation. Lincoln, Nebraska.
11. Aoda, M.I. 1995. Effect of bulk density on horizontal and vertical water infiltration into uniform soil columns. Iraqi J. Agric. Sci. 26(1): 5-21.
12. Aoda, M.I. and D.R. Nedawi. 1997. Water transmission parameters as affected by bulk density during horizontal infiltration into loam soil. Iraqi J. Agric. Sci. 28(2): 197-212.
13. Arya, L.M., D.A.Farell and G.R.Blacke. 1975. A field study of soil water depletion patterns in presence of growing soybean roots: 1. Determination of hydraulic properties of

soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39: 424-430.
14. Bruce, R.R. and A. Klute. 1956. The measurement of soil moisture diffusivity. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20: 458-462.
15. Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In : Methods of Soil Analysis . Part 1, ed. C.A. Black, pp. 545-567. Agron. Ser. No. 9, Am. Soc. Agron: Madison, WI.
16. De Bano, L.F. 1971. The effect of hydrophobic substances on water movement in soil during infiltration. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 340-343.
17. Elrick, D. E. 1980. Solute transport during infiltration into homogeneous soil. In Hillel, D. Applications of Soil Physics. Pp. 345-355. Academic Press. New York.
18. FAO, 1990. Management of Gypsiferous Soils. Soils Bulletin 62. FAO. Rome, Italy.
19. Jackson, R.D. 1963. Porosity and soil-water diffusivity relations. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27:123-126.
20. Keren, R., J.F. Kreit and I.Shainberg. 1980. Influence of size of gypsum particles on the hydraulic conductivity of soils. Soil Sci. 130(3): 113-117.
21. Nielsen, D.R., J.W. Biggar and J.M.Davidson. 1962. Experimental consideration of diffusion analysis in unsaturated flow problems. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26: 107-111.
22. Nofziger, D.L. and D.Swartzendruber. 1976. Water content and bulk density during wetting of bentonite-silt column. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 345-348.
23. Philip, J.R. 1957. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equation. Soil Sci. 84: 257-264.
24. Shihab, R.M., A.N.Al-Ani and A.A.Fahad. 2002. Dissolution and transport of gypsum in gypsiferous soil treated with fuel oil and bentonite. Emir.J.Agric. Sci. 14:01-07.
25. Swartzendruber, D. 1969. The flow of water in unsaturated soils. Chapter 6, In DeWiest, R. J. M. Flow through Porous Media . Academic Press, New York.
26. Verplancke, H. 1987. Hydrodynamic properties of soils in relation to unsaturated water flow. In, Eremology (Desert Sciences). Proceedings of a Post-Graduate Course held in Gent, Belgium. Ed. M.DeBoodt, and R.Hartmann. Fakulteit Landbouww. Rijksuniv.Gent.