

اثر معادن الكربونات في السعة المائية النوعية للتربة

حسن ستار ناجي*

مدرس مساعد

nienose@yahoo.com

قسم علوم التربة والموارد المائية – كلية الزراعة – جامعة بغداد

نمير طه مهدي

استاذ

nameer.taha@yahoo.com

قسم مكافحة التصحر – كلية الزراعة – جامعة بغداد

المستخلص

نفذ البحث بهدف تقييم السعة المائية النوعية Specific water capacity (C_0) لمادة تربة ذات محتوى من معادن الكربونات بمدى واسع (3.2 - 352 غم معادن كربونات كغم⁻¹ تربة). استعملت مادة تربة ذات نسجة مزيجة محتواها من معادن الكربونات 334 غم كغم⁻¹ في تحضير سبع مواد تربة محتواها من معادن الكربونات 305 و 251 و 203 و 152 و 103 و 51 و 3.2 غم كغم⁻¹ بطريقة ازالة الكربونات بواسطة اسيتات الصوديوم المائية المحمضة (pH=5) وحضر إنموذج آخر محتواها من الكربونات 352 غم كغم⁻¹ بطريقة اضافة كربونات الكالسيوم النقية، بلغ عدد نماذج التربة التي خضعت للاختبار تسعة نماذج. قدرت منحنيات المسك الرطوبي Soil moisture retention curve ($\theta(\psi)$) لنماذج التربة واستعمل برنامج حاسوب (RETC code) لاجراء التظابق لبيانات الجهد المائي ψ ضد المحتوى الرطوبي الحجمي θ ذات العلاقة غير الخطية وذلك لتقدير معايير معادلة van Genuchten، α و n و m على ان $m=1-(1/n)$ لوصف بيانات منحنيات المسك الرطوبي. اشتقت معادلة van Genuchten واستخدمت الصيغة التفاضلية في حساب C_0 لتقدير سعة التربة على الاحتفاظ بالماء او فقده عند تعرض التربة لشد رطوبي. حسب القطر الفعال (D) لمسامات التربة من معادلة الارتفاع الشعري. اظهرت النتائج ان قيم C_0 ازدادت بزيادة محتوى التربة من معادن الكربونات وان اعلى قمة (peak) للميل كانت عند شد رطوبي مده 8 - 10 كيلوباسكال ولجميع نماذج التربة مما انعكس على كمية الماء الممسوكة وكمية الماء التي تفقدها التربة عند التعرض لهذه الشدود. وبينت العلاقة بين D و C_0 ان اعلى قيم C_0 كانت عند مسامات التربة ذات الحجم 100 مايكرومتر وان إنموذج التربة الذي يمتلك اعلى قمة ميل لمنحنيات المسك الرطوبي سوف يكون الاسرع في فقدان محتواها الرطوبي من المسامات ذات الحجم الاكبر من 100 مايكرومتر واخذت نماذج التربة التي تفقد محتواها الرطوبي الترتيب الاتي $334 < 352 < 305 < 203 < 152 < 103 < 51 < 3.2$ غم معادن كربونات كغم⁻¹ تربة، مما يؤشر ان قدرة التربة على مسك الماء تقل عند زيادة محتوى التربة من معادن الكربونات.

كلمات مفتاحية: منحنيات المسك الرطوبي، قطر المسام الفعال، معادلة van Genuchten.

* البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الثاني.

THE IMPACT OF CARBONATE MINERALS ON SPECIFIC WATER CAPACITY OF SOIL

N. T. Mahdi

Professor

nameer.taha@yahoo.com

Dept. of Desertification combat - College of Agriculture – University of Baghdad

H. S. Naji

Assistant Instructor

nienose@yahoo.com

Dept. of Soil Sci. and Water Res. – College of Agriculture – University of Baghdad

ABSTRACT

The objective of this experiment was to assess the specific water capacity (C_0) for soil containing wide range of carbonate minerals (3.2 - 352 g kg⁻¹). A loam soil containing 334 g kg⁻¹ carbonate minerals was utilized to prepare seven soil materials containing 305, 251, 203, 152, 103, 51 and 3.2 g kg⁻¹ by removal carbonate methods, and sample containing 352 g kg⁻¹ was prepared by adding pure calcium carbonate. Therefore nine samples of soil were used in this experiment. The soil-water retention curve ($\theta(\psi)$) was estimated. Computer program (RETC code) were used to determine the best-fit for experimental data of water potential verses volumetric water content which have nonlinear relation and to determine the parameter of van Genuchten equation [α , n and m with $m=1-(1/n)$]. The derivative of van Genuchten equation was used to measure the change in the slope of soil water retention curve C_0 for estimate the capacity of soil water retain or lost at deferent water potential. The capillary rise equation was used to estimate the effective pore diameter (D). The result show that C_0 values increased with increasing carbonate minerals and the maximums values of C_0 were found at 8 to 10 kPa water potential for all samples which reflected on the amount of water maintained or the amount of water lost. The relationship between D and C_0 showed that the maximums values of C_0 found at soil pore diameters of size about 100 μ m, and the soil sample which has maximum C_0 will be the fastest or easiest to lose moisture content of the pores with a size greater than 100 μ m. Soil samples showed that lose of moisture content followed the order $334 > 352 > 305 > 203 > 152 > 103 > 51 > 3.2$ gm carbonate minerals. kg⁻¹ soil, which indicate that the soil's ability to retain water decreased with increasing carbonate minerals content.

Key words: water retention curve, effective pore diameter, van Genuchten equation.

*Part of M.Sc. Thesis of the second author.

المقدمة

Lime الى التربة كمحسن لبعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للتربة قد ادى الى تحسن قدرة التربة على مسك الماء وزيادة محتواها الرطوبي عند الجهود المائية للمدى الرطوبي للماء الجاهز ($\theta_{fc} \geq \theta \geq \theta_{wp}$) وقد عزى الباحثون هذا التأثير الى تفاعل مركبات الكالسيوم و كربونات الكالسيوم الموجودة في الـ Lime مع الالومينا والسليكا لتكون مركبات الومينات الكالسيوم المائية Calcium aluminates hydrate غير قابلة للذوبان تترسب وتعمل على سد نهايات الفجوات الداخلية والمسامات الشعرية فيزداد مسك الماء عند شد نقطة دخول الهواء وهذا السلوك واضح في الترب الطينية (12 و 18). بينما اظهرت نتائج Al-Kubaisi (4) ان زيادة معادن الكربونات قد ادت الى تقليل محتوى التربة الرطوبي عند شذوذ مائية مختلفة وانخفضت قدرة التربة على مسك الماء وقل الماء الجاهز وعزى الباحث هذه النتائج الى ان معادن الكربونات قد غلفت قسماً من دقائق الطين فانخفضت المساحة السطحية التي تعمل على امدصاص الماء فضلاً عن ان قدرة معادن الكربونات على مسك والاحتفاظ بالماء واطئة، وقد عزى ايضا السبب الى مساهمة معادن الكربونات في تكوين تجمعات تربة كبيرة تمتلك نظاماً مسامياً كبيراً ما بين التجمعات هذا النظام المسامي قدرته على مسك الماء واطئة اذ يفشل في حفظ الماء عند تعرض التربة الى الشد المائي. يمكن التعبير عن دالة احتفاظ التربة بالماء بصيغ رياضية مختلفة وقد اقترحت معادلات رياضية وضعية لوصف هذه الدالة تستند بشكل رئيس الى توزيع حجوم المسامات وهذه يمكن ان تصف خصائص رطوبة التربة خلال مديات شد محددة اهمها وفضلها معادلة van Genuchten (26) ذات الشكل المغلق closed form والتي تستخدم على نطاق واسع لوصف منحنيات المسك الرطوبي في الترب المثارة وغير المثارة وحتى في الترب العضوية اذ يمكن من خلالها الحصول على تطابق عالٍ بين البيانات المقاسة والمحسوبة وامكانية استعمالها في التنبؤ عن قيم الايصالية المائية غير المشبعة Unsaturated hydraulic conductivity ومنها يمكن حساب انتشارية ماء التربة Soil water diffusivity (16 و 23 و 21 و 1). ان صيغة معادلة van Genuchten

تنتشر معادن الكربونات في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة التي يقل فيها التساقط عن 500 مم اذ تتجمع الكربونات بكميات كبيرة نتيجة قلة عمليات الغسل والنقل الى الطبقات السفلى من مقد التربة (4). تعرف الترب الكلسية بانها الترب التي تحوي على 5% او اكثر معادن كربونات لتكون مؤثراً مهماً في بعض خصائص التربة المسؤولة عن نمو النبات (13). تحتوي الترب في العراق على نسب عالية من معادن الكربونات تتراوح بين 15 و 35% وقد نقل هذه النسبة لتصل الى 4% كما هو الحال في الافاق السطحية لتربة سيد صادق وقد تصل الى نسبة 60% كما هو موجود في الافاق تحت سطح التربة في المناطق الجبلية شمال العراق (3). يعد معدنا الكالسايت والدلومايت الاكثر وجوداً في الترب الكلسية وفي ترب العراق يشكل معدن الكالسايت النسبة العظمى تقارب 90% في حين يشكل الدلومايت والكالسايت الحامل للمغنيسيوم 10% من معادن الكربونات (3 و 7). اوضح Al-Samarraie (5) ان كربونات الكالسيوم الموجودة في التربة تكون إما اولية وهي موروثه من المادة الام او تكون ثانوية تتكون في التربة من خلال عمليات تكوين التربة. بين Gile (9) ان معادن الكربونات توجد بشكل اغلفة تغطي دقائق التربة او تكون مألثة للتصدعات او بصورة دقائق منفصلة موزعة في افق التربة او على شكل عقد او حبيبات اسطوانية او عروق. ان وجود معادن الكربونات بنسب عالية تؤثر في صفات التربة الفيزيائية كالتوزيع الحجمي لدقائق وتجمعات التربة وقابلية التربة على مسك الماء ومسامية التربة والتوزيع الحجمي للمسامات (24). يعد منحني مسك رطوبة التربة Soil moisture retention curve من العلاقات المائية المهمة للتربة الذي يساعد في فهم سلوك التربة تحت الظروف المائية غير المشبعة ويبين مدى قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة او اطلاقها عند شذوذ مائية مختلفة (10)، كذلك يساعد في التعرف على ثوابت الرطوبة المختلفة كالسعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم والماء الجاهز اذ تفيد هذه الثوابت في حسابات كمية مياه الري المضافة (15). تؤثر كربونات الكالسيوم في قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء مما سينعكس على طبيعة منحنيات المسك الرطوبي. اشارت بعض البحوث ان اضافة

(26):

المواد والطرائق

استخدمت في التجربة مادة تربة ذات نسجة مزيجة اخذت من موقع في منطقة الدورة جنوب بغداد (خط طول 44.4534 درجة شرقاً ودائرة عرض 33.2778 درجة شمالاً وارتفاع 33 م فوق مستوى سطح البحر). جففت مادة التربة في المختبر هوائياً وطحنت ومررت عبر منخل قطر فتحاته 2 مم. قدرت بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة التربة قبل اجراء التجربة واتبعت طرائق التحليل الواردة في Page واخرون (20) و Klute (14) ويبين جدول 1 نتائج التحاليل. حضرت نماذج من مادة التربة ذات محتوى مختلف من معادن الكربونات اذ استخدمت مادة التربة ذات المحتوى 334 غم كغم⁻¹ معادن كربونات لتحضير سبع مواد تربة محتواها 305 و 251 و 203 و 152 و 103 و 51 و 3.2 غم كغم⁻¹ معادن كربونات وذلك بازالة الكربونات بوساطة اسيتات الصوديوم المائية المحمضة (pH=5) طبقاً للطريقة التي اقترحها Holford و Mattingly (11) وقد اجري تعديل لدرجة تفاعل عالق التربة باضافة هيدروكسيد الكالسيوم مع كلوريد الكالسيوم بتركيز 0.05 N لرفع درجة تفاعل العالق الى حد قارب درجة تفاعل مادة التربة قبل ازالة الكربونات ثم بعدها غسل الانموذج بحول الاثيلي تركيزه 98% ثلاث مرات لازالة الايونات الذاتية ثم قدرت الكربونات في الانموذج والتي قارب محتواها 305 غم كغم⁻¹ وبعد الانتهاء من هذه الخطوات حضن إنموذج التربة في المختبر لمدة 14 يوماً. تعاد عملية ازالة الكربونات على إنموذج مادة تربة اخر ولكن باستخدام كمية اكبر من اسيتات الصوديوم المائية وتتبع الخطوات السابقة نفسها بهدف الحصول على إنموذج مادة تربة فيه محتوى اقل من معادن الكربونات من الانموذج المحضر في الخطوة السابقة وهكذا تكرر هذه الخطوات وصولاً الى اقل محتوى من الكربونات في مادة التربة والذي قارب 3.2 غم كغم⁻¹ معادن كربونات. حضر إنموذج تربة اخر محتواها من معادن الكربونات اعلى من الحد الاعلى للكربونات الموجودة في مادة التربة الخاضعة للاختبار. استخدمت الطريقة التي اقترحها AL-Ani و Dudas (2) لتحضير هذا الانموذج اذ اضيفت كربونات الكالسيوم النقية الى التربة وخلطت بصورة جيدة معها واضيف الماء المقطر الى المزيج بنسبة 2 : 1 ماء - تربة خلط

$$\theta = \theta_0 + (\theta_s - \theta_0) [1 + (\alpha \psi)^n]^{-m} \quad [1]$$

اذ ان θ المحتوى الرطوبي الحجمي عند اي قيمة شد (ψ) (سم³ سم⁻³) و θ_0 المحتوى الرطوبي الحجمي الابتدائي (سم³ سم⁻³) و θ_s المحتوى الرطوبي الحجمي عند او قرب الاشباع (سم³ سم⁻³) و ψ الشد المائي المسلط (كيلوباسكال) و α و m و n معايير لها علاقة بالشد ψ وميل منحني المسك الرطوبي وتعتمد على توزيع حجوم المسامات. ولمعرفة مقدار التغير في المحتوى الرطوبي الحجمي θ لوحدة تغير في الشد المائي المسلط على التربة ψ اشتقت معادلة 1 بهدف ايجاد ميل منحنيات المسك الرطوبي $\frac{d\theta}{d\psi}$ والذي يسمى بالسعة المائية التفاضلية Differential water capacity او السعة المائية النوعية Specific water capacity (C_θ) اذ ان :

$$C_\theta = -\frac{d\theta}{d\psi} \quad [2]$$

وان الصيغة التفاضلية للسعة المائية النوعية هي الاتية:

$$\frac{d\theta}{d\psi} = \frac{-\alpha n m (\theta_s - \theta_r) (\alpha |\psi|)^{n-1}}{[1 + (\alpha |\psi|)^n]^{m+1}} \quad [3]$$

تعد السعة المائية النوعية C_θ من خواص منحنيات المسك الرطوبي المهمة التي لها علاقة بقدر التربة على الاحتفاظ وخرن الرطوبة وتبين معدل استخلاص الماء من التربة ومن ثم مقدار جاهزية الماء عند تعرضها لشد مائي معين، فضلا عن اهميتها الكبيرة مع الايصالية المائية كدالة للمحتوى الرطوبي الحجمي $K(\theta)$ في حساب انتشارية ماء التربة $D(\theta)$. يعتمد سلوك C_θ كثيراً على المسامية الكلية والتوزيع الحجمي لمسامات التربة والمحتوى الرطوبي للتربة والنسجة (25). ذكر van Genuchten و Wösten (28) ان المعيار α يرتبط بعلاقة ايجابية مع اعلى قيمة للسعة المائية النوعية C_θ . ان الهدف من اجراء البحث هو تحديد السعة المائية النوعية لتربة ذات محتوى مختلف من معادن الكربونات تراوح مداها من 3.2 الى 352 غم كغم⁻¹ لتقويم قابليتها على مسك الماء للمدى الرطوبي من حالة الاشباع θ_s والى حالة الجفاف θ_r ، $(\theta_s \geq \theta \geq \theta_r)$.

تراوحت بين 0.1 و 1500 كيلوباسكال. استعملت خلايا الضغط Tempe cells ذات مواصفات مجموعة Soil moisture equipment (Tempe cell No. 1400B0.5M2-3) في قياس المحتوى الرطوبي عند الشدود 0.1 و 2.5 و 5.0 و 7.5 و 10 و 33 و 50 و 100 كيلوباسكال، وجهاز اقراص الضغط للشدود 250 و 500 و 1000 و 1500 كيلوباسكال. قدر المحتوى الرطوبي الكتلي عند الشدود المختلفة والكثافة الظاهرية ثم حسب المحتوى الرطوبي الحجمي. اجري الاختبار بثلاثة مكررات. اجري تطابق عددي لمعادلة van Genuchten (26) لبيانات منحنيات المسك الرطوبي باستخدام برنامج حاسوب RETC code ووصفت العلاقة بين θ و ψ باستعمال المعادلة 1 واستخرجت قيم الثوابت التجريبية α و n و m (على ان $m = 1 - (1/n)$). حسبت قيم ميل منحنيات المسك الرطوبي (السعة المائية النوعية) بعد ان حدد انموذج افضل تطابق بحسب المعادلة 1 واخذ مفاضل المحتوى الرطوبي الحجمي θ الى مفاضل الجهد الهيكلي ψ ($\frac{d\theta}{d\psi}$) بعد ان اشتقت المعادلة 1 وقد تم تمثيل قيم السعة المائية بالمعادلة 3 متضمنة معايير المطابقة. لتحديد حجوم المسامات الفعالة استخدمت معادلة الارتفاع الشعري الاتية (17):

$$D = \frac{4\sigma \cos \beta}{\ell_w g \psi} \quad [4]$$

اذ ان: D قطر المسام الفعال (سم) وهو دالة لحجم المسام، و σ الشد السطحي للماء ويساوي 72.7 غم ثا⁻² عند درجة حرارة 20 °م، و β زاوية التماس بين جدار مسام التربة والماء، و ℓ_w كثافة الماء وتساوي 1 ميكراجم م⁻³ تقريباً، و g التعجيل الارضي ويساوي 980 سم ثا⁻². وعند التعويض عن القيم اعلاه في معادلة 4 تم الحصول على معادلة لحساب قطر المسام الفعال بدلالة الجهد المائي المسلط على التربة تحت ظروف المختبر القياسية من حيث درجة الحرارة والضغط الجوي الاتية:

$$D \cong \frac{0.298}{\psi} \quad [5]$$

النتائج والمناقشة يبين جدول 2 قيم معايير معادلة van Genuchten α و n و m بعد ان اجري التطابق العددي

المزيج بقضيب زجاجي مرتين في اليوم واستمرت عملية الخلط هذه سنة ايام. نقل الانموذج الى البيت الزجاجي ورطب بالماء المقطر بوساطة مرشحة يدوية واضيف الماء بنسبة 1:1، ترك الانموذج ليحفظ ثم اعيدت عملية الترطيب وترك ليحفظ مرة اخرى استمر العمل بترطيب وتجفيف انموذج التربة مدة 14 يوماً وبعد انتهاء هذه المدة حضن الانموذج لمدة 14 يوماً اخرى تحت ظروف المختبر عند درجة حرارة 25 °م ± 2 مع الحفاظ على محتوى رطوبي للتربة عند السعة الحقلية اذ يوزن الانموذج يومياً ويعوض الفقد الحاصل بالوزن عن طريق اضافة الماء المقطر. في نهاية مدة التحضين قدر محتوى الكربونات في هذا الانموذج وبلغ مقداره 352 غم كغم⁻¹ معادن كربونات. بعد انقضاء مدة تحضين نماذج التربة ذات المحتوى المختلف من الكربونات جففت في الفرن عند درجة حرارة 40 °م عند محتوى رطوبي جعل مادة التربة لا تلتصق عند قطعها بالسكين (2).

جدول 1. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة التربة

الكمية	الصفة
258.8	الطين (غم كغم ⁻¹)
356.4	الغرين (غم كغم ⁻¹)
387.8	الرمل (غم كغم ⁻¹)
مزيجة	صنف النسجة
1.52	الكثافة الظاهرية (ميكراجم م ⁻³)
2.56	الايصالية المائية المشبعة (سم ساعة ⁻¹)
0.23	الرطوبة الحجمية (33 كيلوباسكال) (سم ³ سم ⁻³)
0.08	الرطوبة الحجمية (1500 كيلوباسكال) (سم ³ سم ⁻³)
0.15	الماء الجاهز (سم ³ سم ⁻³)
1.33	الايصالية الكهربائية (دسي سيمنز م ⁻¹)
7.58	درجة تفاعل التربة
334	معادن الكربونات (غم كغم ⁻¹)
-	الجبس (غم كغم ⁻¹)
0.67	المادة العضوية (غم كغم ⁻¹)
18.21	السعة التبادلية الكاتيونية (سنتمولئمنة كغم ⁻¹)

في هذه المرحلة قدرت الكثافة الظاهرية لنماذج التربة بطريقة الاسطوانة المعدنية Core sampler قطرها 5 سم وارتفاعها 5 سم وبثلاثة مكررات (6). طحنت نماذج التربة كل على انفراد بمطرقة خشبية ثم مررت عبر منخل قطر فتحاته 2 مم. قدرت العلاقة بين المحتوى الرطوبي الحجمي θ والجهد الهيكلي ψ لنماذج التربة المحضرة. رطبت نماذج التربة بالخاصية الشعرية باستعمال ماء مقطر مغلي ومبرد وشبعت التربة بالماء مدة 24 ساعة ثم عرضت لشدود مائية مختلفة

فقد كانت قيماً صغيرة ولجميع نماذج التربة إذ تراوحت بين 1.10×10^{-3} و 3.80×10^{-3} سم³ سم⁻³ وهذا يؤكد دقة النتائج المحسوبة من انموذج van Genuchten (معادلة 1) بحيث كانت الفروقات بين القيم المقاسة والمحسوبة لنماذج التربة كافة وللجهود المائية المستخدمة هي فروقات بسيطة وغير مهمة احصائياً وعليه يمكن اعتماد القيم المحسوبة لوصف الحالة الرطوبية للترب ذات المحتوى المختلف من معادن الكربونات عند شذوذ مائية مختلفة من الشد الرطوبي 0.1 كيلوباسكال (حالة الاشباع θ_s) ولغاية الشد الرطوبي 1500 كيلوباسكال (حالة الجفاف θ_r). ان اهمية تمثيل بيانات منحنيات المسك الرطوبي بتطبيق انموذج van Genuchten (معادلة 1) تكمن في دقة قيم الثوابت α و n الناتجة عن التطابق العددي للمعادلة والتي سوف تستخدم لاحقاً في حساب السعة المائية النوعية عند اي محتوى رطوبي او شد رطوبي على حد سواء وذلك بتطبيق المعادلة 3 وحسب المعايير المقدره ازاء كل إنموذج تربة خاضع للاختبار. عوضت قيم الثوابت α و n في معادلة 3 لاجاد قيم السعة المائية النوعية (القيمة المطلقة لميل منحنيات المسك الرطوبي $\left| \frac{d\theta}{d\psi} \right|$) ويبين شكل (1) علاقة السعة المائية النوعية بالجهود المائي ψ (قياس لوغارتمي) لنماذج التربة ذات محتوى مختلف من معادن الكربونات. ينضح من الشكل ان السعة المائية النوعية كانت صغيرة قاربت اقيامها من الصفر عند الشذوذ المائية الصغيرة إذ ان ميل منحنيات المسك الرطوبي تكون صغيرة عند الشذوذ الواطئة وهي حالة الاشباع لنماذج التربة.

للمعادلة 1، وقيم المحتوى الرطوبي الحجمي المتبقي θ_r وعند الاشباع θ_s وقيم معايير حسن التطابق الاحصائي (R^2) و $RMSE_\theta$ لنماذج التربة ذات المحتوى المختلف من معادن الكربونات. يتضح من الجدول ان قيم α تزداد بزيادة محتوى التربة من الكربونات. اما قيم الثوابت n و m فانها محكمة بالعلاقة $m = 1 - (1/n)$. ارتبطت قيم θ_s بالمسامية الكلية لنماذج التربة إذ يلاحظ ان المسامية الكلية تقل بزيادة محتوى التربة من الكربونات لذا انخفضت قيم θ_s عند زيادة محتوى الكربونات في نماذج التربة، اما قيم θ_r فقد ارتبطت بالمساحة السطحية النوعية للتربة الناتجة عن زيادة نسبة الدقائق ذات الحجم اصغر من 2 مايكروميتر إذ ازداد محتوى الطين في نماذج التربة عند انخفاض محتوى معادن الكربونات لذا يلاحظ ازدياد قيم θ_r مع انخفاض محتوى الكربونات في التربة. لقد تمت مناقشة نتائج جدول 2 بشكل تفصيلي في البحث المنشور من قبل Mahdi و Najji (19) عند دراسة تاثير معادن الكربونات في منحنيات المسك الرطوبي وقد اجريا تطابق عددي باستخدام انموذج van Genuchten (26) وتم تقييم حالة التطابق باستخدام معايير احصائية متعددة بعضها تقليدي والبعض الاخر غير تقليدي واطهرت نتائج التحليل الاحصائي دقة البيانات المحسوبة من معادلة van Genuchten (26)، إذ بينت نتائج التحليل الاحصائي توافقاً عالياً بين بيانات منحنيات المسك الرطوبي المقاسة والبيانات المحسوبة من تطبيق انموذج van Genuchten (معادلة 1) لنماذج التربة ذات محتوى كربونات مختلف إذ كانت قيم معامل التحديد R^2 عالية المعنوية عند مستوى الثقة 0.01. اما قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ المتبقي لقيم θ_r ، θ_s و $RMSE_\theta$ Root mean squared error of θ

جدول 2. قيم معايير معادلة van Genuchten (α و n و m) لبيانات منحنيات المسك الرطوبي وقيم المحتوى الرطوبي الحجمي المتبقي θ_r وعند الاشباع θ_s وقيم معايير أفضل تطابق (R^2 و $RMSE_\theta$) لنماذج تربة ذات محتوى مختلف من معادن الكربونات

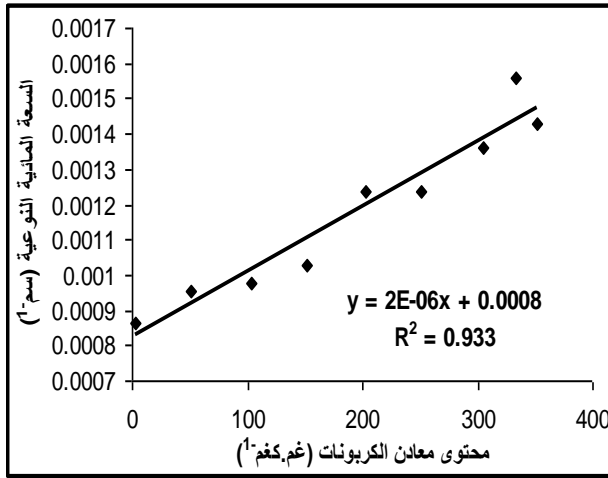
$RMSE_\theta$ (سم ³ سم ⁻³)	R^2	θ_r (سم ³ سم ⁻³)	θ_s (سم ³ سم ⁻³)	$m = 1 - \frac{1}{n}$	n	α (سم ⁻¹)	محتوى معادن الكربونات (غم كغم ⁻¹)
3.80×10^{-3}	0.999**	0.1330	0.4808	0.2688	1.3676	0.0131	3.2
2.50×10^{-3}	0.999**	0.1221	0.4697	0.2704	1.3706	0.0143	51
1.10×10^{-3}	0.999**	0.1160	0.4575	0.2676	1.3653	0.0150	103
2.40×10^{-3}	0.999**	0.1099	0.4484	0.2690	1.3680	0.0159	152
2.00×10^{-3}	0.999**	0.0883	0.4308	0.2756	1.3804	0.0186	203
4.30×10^{-3}	0.999**	0.0780	0.4197	0.2734	1.3762	0.0188	251
3.70×10^{-3}	0.999**	0.0711	0.4119	0.2695	1.3690	0.0214	305
2.20×10^{-3}	0.999**	0.0666	0.4007	0.2670	1.3642	0.0225	334
3.30×10^{-3}	0.999**	0.0592	0.3787	0.2698	1.3694	0.0245	352

** معنوية عند مستوى 0.01.

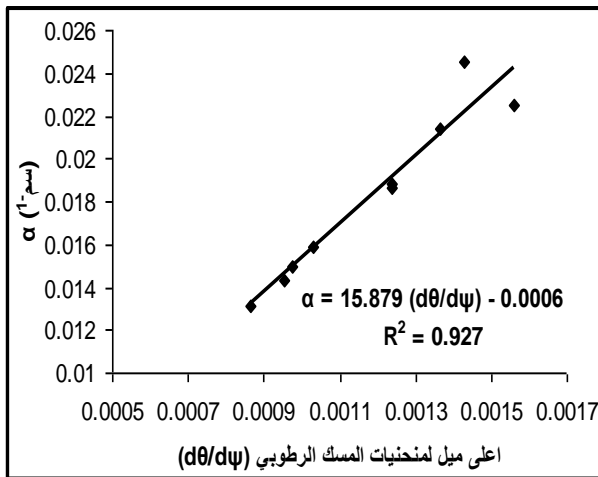
حجوم تتراوح بين 59.6- 119.2 مايكرومتر لنماذج الترب كافة باختلاف محتوى معادن الكربونات، وهنالك مسامات قليلة نسبياً سواء كانت صغيرة او كبيرة تتوزع على طرفي المنحنى (شكل 2). ان قمة المنحنى تمثل منطقة حجوم المسامات المسؤولة عن اقصى حيز مسامي للتربة ويتمحور حجمها حول القطر 100 مايكرومتر. ولتقييم قدرة التربة على مسك الماء او فقده يتضح ان مسامات التربة ذات حجم اكبر من 100 مايكرومتر تفقد محتواها المائي عند تعرض التربة الى شد مائي اختلف مداه من 8 الى 10 كيلوباسكال باختلاف محتوى معادن الكربونات وان نموذج التربة الذي يمتلك اعلى قيمة ميل لمنحنيات المسك الرطوبي (θ_r) سوف يكون الاسرع في فقدان محتواه الرطوبي من المسامات الاكبر من 100 مايكرومتر وعليه فان نماذج التربة التي تفقد محتواها الرطوبي اسرع تاخذ التسلسل الاتي: $352 < 334 < 305 < 203 < 152 < 103 < 51 < 3.2$ غم.كغم⁻¹ معادن كربونات. ويبين شكل 3 علاقة بيانية بين محتوى التربة من معادن الكربونات واعلى قيمة للسعة المائية النوعية ويلاحظ ان العلاقة كانت علاقة ارتباط خطي موجب وبمعامل تحديد عالي ($R^2 = 0.933$) اذ تزداد قيم السعة المائية النوعية عند اعلى ميل لمنحنيات المسك الرطوبي مع زيادة محتوى التربة من معادن الكربونات هذا يعني ان قدرة التربة على مسك الماء الموجود في المنطقة الشعرية للتربة تقل عند زيادة محتوى التربة من معادن الكربونات وان نقطة دخول الهواء قد تحصل قبل او عند قيمة اعلى سعة مائية نوعية اذ هي دالة لسحب الماء من التربة عند التعرض لشد رطوبي محدد وهذه تختلف باختلاف عوامل متعددة اخرى مرتبطة بخصائص التربة الفيزيائية كالتوزيع الحجمي لمفصولات التربة والحالة البنائية والنظام المسامي للتربة فضلا عن وجود معادن الكربونات. تعد مؤشرات توزيع حجوم مسامات التربة مهمة في تقييم دالة السعة المائية للتربة وان العلاقة بين α (سم⁻¹) وهو أحد معايير معادلة van Genuchten (26) مع أعلى قيمة مطلقة لميل منحنيات المسك الرطوبي (θ_r) احدى هذه المؤشرات. يبين شكل 4 هذه العلاقة وأظهر علاقة ارتباط خطي موجب وبمعامل ارتباط عالٍ r بلغ 0.963 (معنوية عند مستوى احتمالية 0.01) بين قيم α وقيم اعلى ميل

ومع زيادة الشد الرطوبي تزداد السعة المائية النوعية والى حين الوصول الى اقصى قيمة لها لتشكل قمة للعلاقة بين الشد الرطوبي والسعة المائية النوعية (قمة الميل)، إذ حصل هذا عند شد ماء 2.5 كيلوباسكال لجميع نماذج التربة. إذ إمتلك نموذج التربة ذي المحتوى 334 غم.كغم⁻¹ معادن كربونات اعلى قمة يليه نماذج التربة ذات المحتوى 352 و 305 و 251 و 203 و 152 و 103 و 51 و 3.2 غم.كغم⁻¹ معادن كربونات على الترتيب. وكانت نماذج التربة 352 و 305 و 251 غم.كغم⁻¹ معادن كربونات متقاربة جداً في قيمة أعلى سعة مائية لمنحنيات المسك الرطوبي. عند الجهد المائي 10 كيلوباسكال تقاربت قيم السعة المائية لجميع نماذج التربة عدا إنموذج التربة ذي المحتوى 334 غم.كغم⁻¹ معادن كربونات. من بعد ذلك اخذت قيم السعة المائية تقل مع استمرار زيادة الشد الرطوبي وصولاً الى شد رطوبي 1500 كيلوباسكال إذ تقترب قيمة السعة المائية من الصفر في المدى العالي من الشد وتكون نماذج التربة قليلة المحتوى الرطوبي قريبة من ظروف الجفاف وتسمى ايضا بظروف الرطوبة المتبقية (θ_r) اذ تتعطف منحنيات المسك الرطوبي باتجاه زيادة الشد الرطوبي لتتخذ الشكل المنبسط ذي الميل القليل. لقد جاءت هذه النتائج مماثلة لما توصل اليه Shihab و Abdulwahhab (22) وذكرنا ان اعلى قيم السعة المائية النوعية للترب تكون عند المنطقة الشعرية للمنحنى اذ يكون الميل أكثر شدة. ان التغيرات الحاصل في القيمة المطلقة لميل منحنيات المسك الرطوبي والتغيرات الحاصل في قمة منحنيات دالة الميل هو نتيجة لتأثير محتوى معادن الكربونات في التوزيع الحجمي للمسامات وبزيادة محتوى التربة من معادن الكربونات. يتضح مما سبق ان نماذج التربة ذات المحتوى العالي من معادن الكربونات تفقد كميات مائية أكثر من نماذج التربة ذات المحتوى المنخفض من معادن الكربونات عند زيادة الشد المسلط على نماذج التربة. وعند استخدام معادلة الارتفاع الشعري (معادلة 4) يمكن تحويل قيم الشد على المحور السيني في الاشكال الى قيم حجوم المسام بدلالة القطر D (معادلة 5)، وبما ان العلاقة عكسية بين الشد وحجم المسام وبحسب المعادلة فان ذلك يقلب شكل منحنى الميل (السعة المائية) الى ما يسمى بدالة التوزيع التكراري لحجم المسام، ومن الشكل يتبين ان معظم المسامات لها

شكل 2. علاقة السعة المائية النوعية (سم⁻¹) وحجوم مسامات التربة الفعالة (مايكروميتر) لتربة ذات محتوى مختلف من معادن الكربونات



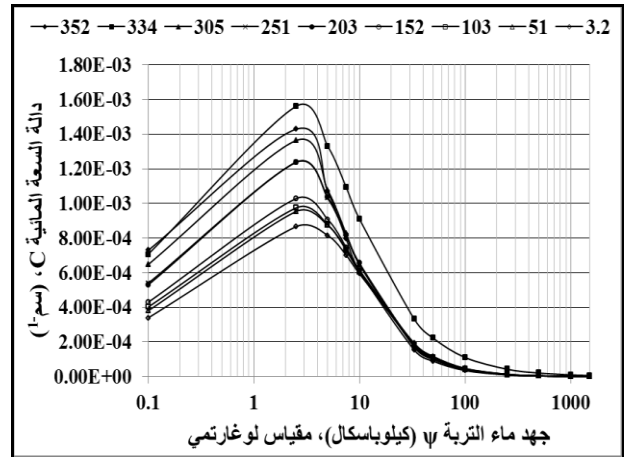
شكل 3. علاقة محتوى معادن الكربونات (غم.كغم⁻¹) بأعلى قيمة للسعة المائية النوعية (سم⁻¹)



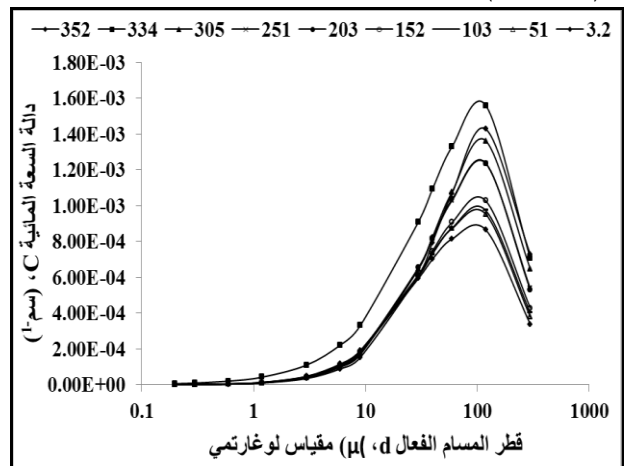
شكل 4. علاقة α (سم⁻¹) وهو احد معايير معادلة 1 مع أعلى قيمة للسعة المائية النوعية $\frac{d\theta}{d\psi}$ لمنحنيات المسك الرطوبي

من المؤشرات الأخرى المرتبطة بطبيعة انحدار منحنيات المسك الرطوبي n و m وهما من معايير معادلة van Genuchten (26) إذ يبين شكل 5 علاقة n مع m ، وأظهر الشكل علاقة ارتباط خطي ذات انحدار موجب وبمعامل ارتباط r عالي المعنوية. يمثل n (عديم الوحدات) معامل لتحديد معدل تغير ميل منحنى المسك الرطوبي عندما يتغير انحدار المنحنى باتجاه أعلى قيمة سالبة للجهد المائي (28)، و m معامل آخر لتحديد شكل منحنى المسك الرطوبي وهو معامل ذو علاقة مع المعامل n ، $(m = 1 - (1/n))$. يتضح ان هذه العلاقة قد ارتبطت بمحتوى نماذج التربة من

لمنحنيات المسك الرطوبي $\left(\frac{d\theta}{d\psi}\right)$ (27)، إذ بزيادة قيمة أعلى ميل ازدياد قيم α وهذا شمل جميع نماذج التربة ذات المحتوى المختلف من معادن الكربونات. وان زيادة قيمة أعلى ميل لمنحنى المسك الرطوبي قد ارتبطت بزيادة محتوى نماذج الترب من معادن الكربونات (شكل 1)، كما ان زيادة قيم α ارتبطت بزيادة محتوى نماذج الترب من معادن الكربونات (جدول 2) لذا ظهرت علاقة ارتباط خطي موجب بين α و $\frac{d\theta}{d\psi}$ وهذا يؤكد ان النظام المسامي للتربة والتوزيع الحجمي للمسامات قد تأثر بمحتوى معادن الكربونات لنماذج التربة فانعكس هذا على عمق الماء الجاهز وعلى كمية الماء المحتفظ بها عند تعرض التربة الى جهد مائي مسلط، إذ ان كمية الماء المحتفظ بها هو دالة للقطر الفعال لمسامات التربة عند الجهد المائي المسلط.



شكل 1. علاقة السعة المائية النوعية (سم⁻¹) والشد الرطوبي (كيلوباسكال) لتربة ذات محتوى مختلف من معادن الكربونات



parameters of Mualem - Van Genuchten model at different compaction treatments of sandy loam and clay loam soils. International Res. J. Applied and Basic Sci. 3(2): 299-304.

2. Al-Ani, A. N. and M. Dudas. 1988. Influence of calcium carbonate on mean weight diameter of soils. Soil and Tillage Res. 11: 19-26.

3. Al-Kaysi, S. C. 1983. Physical and chemical characterization of carbonate minerals in Iraqi soils. Ph. D. Thesis, Dept. of Soil Sci. Newcastle upon Tyne, U.N.

4. Al-Kubaisi, N. H. 1986. Effect of calcium carbonate on some physical and mineralogical properties of soil. M. Sc. Thesis, Dept. of Soil Sci. College of Agriculture. University of Baghdad. Iraq. p91.

5. Al-Samarraie, M. Y. Gh. 1975. Micropedological study of highly calcareous soil with particular reference to Iraq. Ph. D. Thesis. Univer. Of Reading, England.

6. Blake, G. R., K. H., Hartge. 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 1364–1367.

7. Dougrameji, J. S., and I. Al-Rawi. 1972. Particle size distribution in relation to carbonate content and dispersion methods in some Iraqi soils. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 131(1): 38–42.

8. Fritton, D. D. 2006. Fitting uniaxial soil compression using initial bulk density, water content, and matric potential. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 1262-1271.

9. Gile, L. H. 1961. A classification of Ca-horizon of desert region, New Mexico. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30:52-61.

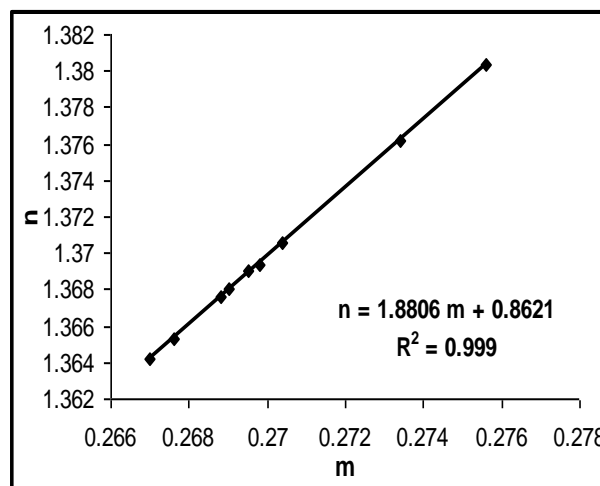
10. Heshmati, A. A., and M. R. Motahari. 2012. Identification of key parameters on soil water characteristic curve. Life Sci. J. 9(3):1532-1537.

11. Holford, I. C. R., and G. E. G. Mattingly. 1975. Surface areas of calcium carbonate in soils. Geoderma. 13: 247-255.

12. Khattab, S. I., and M. M. Aljobouri. 2012. Effect of combined stabilization by lime and cement on hydraulic properties of clayey soil selected from Mosul area. Al-Rafadain Engineering J. 20(6):139-153.

13. Kishchuk, B. E. 2000. Calcareous soils, their properties and potential limitations to

معادن الكربونات ويلاحظ ان اعلى قيمة للمعيار n كانت عند إنموذج التربة ذي المحتوى 203 غم.كغم⁻¹ معادن كربونات وبلغت أقل قيمة له عند الانموذج ذي المحتوى 334 غم.كغم⁻¹ معادن كربونات أما بقية النماذج فقد توزعت قيم n بشكل خطي بين هاتين القيمتين وان ترتيب نماذج التربة كان مختلفاً بحسب محتوى التربة من معادن الكربونات. هذه النتائج جاءت مختلفة مع ما توصل اليه Fritton (8) و Mahdi (17) الذين استخدموا في ابحاثهم العلاقة الحرة بين n و m فظهرت العلاقة بينهما علاقة من الدرجة الثانية ويميل سالب، في حين استخدمت في هذا البحث العلاقة المحكمة بين n و m ($m = 1 - (1/n)$) فظهرت العلاقة علاقة ارتباط خطي موجب.



شكل 5. العلاقة بين n و m لنماذج التربة ذات محتوى معادن كربونات مختلف

يستنتج من هذا البحث ان السعة المائية النوعية للتربة قد تأثرت بمحتوى معادن الكربونات فضلا عن تأثرها بكل من الشد الرطوبي وحجوم مسامات التربة الفعالة والمحتوى الرطوبي للتربة اذ اظهرت النتائج ان اعلى قيمة مطلقة للسعة المائية النوعية قد ازدادت بزيادة محتوى الكربونات في تربة مما يعني ان قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء تقل عند زيادة محتوى معادن الكربونات في تربة مزيجية وان اي تغير في الشد الرطوبي يصاحبه تغير في المحتوى الرطوبي بشكل اكبر في نماذج التربة ذات المحتوى العالي من الكربونات مقارنة مع النماذج ذات المحتوى المنخفض من الكربونات.

References

1. Abbaspour, H., M. Shorafa, and M. Rashtbari. 2012. Comparison of fitting quality and changes trend of moisture curve

- review. 2000. Kishchuk, B.E. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta. Information Report NOR-X-370.
14. Klute., A. 1986. Methods of Soil Analysis: Part 1- Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA. SSSA Book Series No. 5. Madison, WI: Soil Sci. Soc. Am. p 1188.
15. Lal, R., and M.K. Shukla. 2004. Principles of Soil Physics. Marcel Dekker, New York. p716.
16. Leech, C., D. Lockington, and R. D. Hooton. 2006. Estimation of water retention curve from mercury intrusion porosimetry and van Genuchten model. *ACI structural J.* 103: 2872–2876.
17. Mahdi, N.T. 2009. Aggregates and pore size distribution for soil at different gypsum contents. *The Iraqi J. Agric. Sci.* 40(5): 23-37.
18. Muhmed A., and D. Wanatowski. 2013. Effect of lime on the strength and microstructure of clay. *IOSR J. of Mechanical and Civil Engineering.* 6(3): 87-94.
19. Naji, H. S. and N. T. Mahdi. 2015. Effect of carbonate minerals content on soil moisture characteristic curve for loamy soil texture. *Egypt. J. of Appl. Sci.* 30(2): 120-143.
20. Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Kenney. 1982. Methods of Soil Analysis .Part 2. Chemical and Biological Properties. USA. Amer. Soc. Agron. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin.
21. Rao, B.H., and D.N. Singh. 2010. Establishing soil-water characteristic curve of a fine-grained soil from electrical measurements. *J. Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.* 136(5): 751-754.
- conifer growth in southeastern British Columbia and western Alberta: a literature review. 22. Shihab, R. M., and Q. R. Abdulwahhab. 2013. Estimation of some hydraulic properties of gypsiferous soil using pedotransfer functions. *The Iraqi J. Agric. Sci.* 44(4): 518-527.
23. Shorafa, M., M. Fazeli, and D. N. Khojasteh. 2010. Comparison of fractal and empirical model for estimation soil water retention curve. 19th World Congress of Soil Science: Soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010. Working Group 1.5 Soil sense: rapid soil measurements. pp. 45-48.
24. Singh, J., A. Kumar, R. Jain and N. K. Khullar. 2008. Effect of lime on properties of soil. The 12th International Conference of IACMAG. Goa, India.
25. Startsev, A. D., and D. H. McNabb. 2001. Skidder traffic effects on water retention, pore-size distribution and van Genuchten parameters of boreal forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:224–231.
26. van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:892-898.
27. Wösten J.H.M., Ya. A. Pachepsky and W.J. Rawls. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *J. Hydrol.* 251:123-150.
28. Wösten, J. H. M., and M. Th. van Genuchten. 1988. Using texture and other soil properties to predict the unsaturated soil hydraulic functions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1762-1770.