

تأثير محتوى الجبس في بعض خصائص التربة المائية

لمى صادق خضير* سلوم برغوث سالم**

الملخص

أجري هذا البحث لدراسة بعض الخصائص المائية كتوزيع حجومات مسامات التربة وقيمة دخول الهواء لترب ذات محتوى مختلف من الجبس بمدى تراوح بين ٠ - ٤٠% جبس ولمنحنيات التجفيف (MDC) Main وDrying Curve والترطيب (MWC) Main Wetting Curve، تحت الظروف غير المشبعة. قدرت منحنيات الوصف الرطوبي للتربة، وأستعملت معادلة van Genuchten لوصف البيانات التجريبية للمنحنيات رياضياً واستخراج قيم معايير المعادلة α ، n ، m . تم استخدام بيانات منحنيات الوصف الرطوبي مع معادلة الخاصية الشعرية لإيجاد توزيع حجومات مسامات التربة كدالة لمحتواها الرطوبي. أستعملت معايير معادلة Veng and M. Fredlund (4) لحساب قيمة دخول الهواء (AEV) Air Entry Value. أظهرت النتائج إن قيم أقطار حجومات المسامات الفعالة للتربة (d) قد ازدادت بزيادة المحتوى الرطوبي وإن أعلى قيمة لـ d كانت عند المعاملة ٠% إذ بلغتا ٠.٠٣٧٦٢ و ٠.٠٢٢٥٣٨ سم عند حدود قريبة من الأشباع ($\theta > s\theta$) لمنحنيي MDC وMWC على التوالي، في حين كانت أقل قيمة لـ d عند المعاملة ٥% جبس إذ بلغتا ٠.٠٢٢٥٣٨ و ٠.٠٨٧١٧٣ سم لمنحنيي MDC وMWC على التوالي. انخفضت قيم دخول الهواء المحسوبة من معادلة (4) Veng and M. Fredlund بزيادة محتوى الترب من الجبس وقد تراوحت قيمها بين ١١.٧٧ و ٦.٣٦٣٨ سم لمعاملات التربة من ٠% الى ٤٠% جبس لمنحنيات MDC على التوالي.

المقدمة

تمثل الترب الجبسية مساحة واسعة من العراق إذ تقارب ٣٠% من المساحة الكلية Jafarzadah وجماعته (٥)، وإن جزءاً منها مستغل زراعياً (3) FAO. إن وجود الجبس كجزء من الطور الصلب أو الذائب كمحلول داخل المسام قد يسبب تأثيراً كبيراً في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، ويتوقف هذا التأثير أساساً في كمية ونوع الجبس وعلى الظروف البيئية التي تستخدم فيها التربة (1) Ahmed). يعد منحنى الوصف الرطوبي (SMCC) Soil Moisture Characteristic Curve الذي يتضمن أيضاً (MDC) و(MWC) أهم العلاقات المائية للتربة الذي يعطي تفسيراً عن طبيعة العلاقة بين المحتوى المائي الموجود في الحيز المسامي (θ) والجهد الهيكلي للتربة (ψ)، وتعتمد منحنيي (MDC) و(MWC) بدرجة رئيسة على قوة مسك التربة للماء، والشكل الهندسي للمسام إذ يقل جهد الماء في التربة مع زيادة إستنفاد الماء فيها ويزداد هذا الجهد عند إضافة الماء للتربة. كثيراً ماتستعمل هذه العلاقة لتقدير معايير فيزيائية ورياضية بهدف وصف الكثير من الخصائص المائية المهمة للتربة ويعد التوزيع الحجمي لمسامات التربة من أهم تلك الخصائص المائية للتربة لما لها من اثر مهم في السيطرة والتحكم بحركة الموائع وخزنها في التربة عند جهود مائية مختلفة كذلك في قيمة دخول الهواء (AEV) التي تمثل قيمة الشد الهيكلي التي يبدأ عندها الهواء بالدخول في مسامات التربة الكبيرة ويحل محل الماء وعندما تتجاوز قيمة الشد قيمة دخول الهواء يبدأ الماء بالخروج من المسامات الكبيرة وتحدث في بداية عملية التجفيف (Desorption)

جزء من اطروحة دكتوراه للباحث الاول.

*دائرة الاراضي الزراعية، وزارة الزراعة، بغداد، العراق.

**كلية علوم الهندسة الزراعية، جامعة بغداد، بغداد، العراق.

إذ يرتبط السلوك الميكانيكي للتربة بالخصائص الهيدروليكية لها، فضلاً عن المسامية الكلية وغيرها من الخصائص المائية المهمة **More** جماعته (٩). إن تقدير منحنيي (MDC) و (MWC) في المختبر يعد من القياسات المهمة والذي يتطلب إمكانات وجهد ووقت، اقترح العديد من الباحثين وصف المنحنيات رياضياً باستعمال معادلات غير خطية **Nonlinear** ذات معايير تجريبية **empirical** بأقل فرقاً معنوياً وبأفضل تطابق بين بيانات المنحنيات التجريبية والبيانات المحسوبة من هذه المعادلات. قدم (van Genuchten 12) إنموذجاً رياضياً مبسطاً لوصف بيانات منحنى الوصف الرطوبي بالصيغة التالية:

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) [1 + (\alpha \phi)^n]^{-m} \quad \dots(1)$$

إذ أن θ_r تمثل المحتوى الرطوبي المتبقي و θ_s تمثل المحتوى الرطوبي عند الاشباع و θ تمثل المحتوى الرطوبي عند اية قيمة من قيم الشد ϕ (قيم موجبة)، وان α و n و m ثوابت وضعية تمثل معايير المطابقة للمعادلة، اظهرت هذه المعادلة مرونة عالية في تمثيل بيانات منحنى الوصف الرطوبي واعطت مطابقة جيدة بين البيانات التجريبية والبيانات المحسوبة. كما قدم كل من (Feng and M. Fredlund 4) إنموذجاً رياضياً مبسطاً ايضاً لوصف خصائص رطوبة التربة، كما استخدم الانموذج لمطابقة منحنى خصائص رطوبة التربة الرئيسين (MDC) و (MWC) بالصيغة التالية:

$$\theta(\phi) = (\theta_s b + c \phi^d) / (b + \phi^d) \quad \dots(2)$$

إذ أن $\theta(\phi)$ المحتوى الرطوبي عند اية قيمة من قيم الشد θ_s تمثل المحتوى الرطوبي عند الاشباع و c تمثل المحتوى الرطوبي الابتدائي، وان b و c و d ثوابت وضعية تمثل معايير المطابقة للمعادلة، وان كلاً من b و d لهما علاقة بقيمة دخول الهواء من خلال المعادلة التالية:

$$\phi_{ae} \approx (b/10)^{(1/d)} \quad \dots(3)$$

إذ أن b و d معايير المطابقة لمنحنى (MDC)، وقد اعطت تطابق عال بين القيم المقاسة والمقدرة بها **Pham** (11). ان هدف هذا البحث هو دراسة بعض الخصائص المائية للتربة تحت الظروف غير المشبعة لمستويات مختلفة من الجبس ولدورتي التجفيف (MDC) والترطيب (MWC).

المواد وطرق البحث

جلبت نماذج مادة تربة من حقول كلية الزراعة - جامعة تكريت (٣٤° ٣٨' ٤٩" و ٩٢° ٣٤' ٤٠" شرقاً و ٥٤° ٢٩' و ارتفاع ١١٨ م عن مستوى سطح البحر ، من مواقع وأعماق مختلفة للحصول على نماذج ذات نسب جبس مختلفة، جففت العينات هوائياً ثم طحنت ومررت من خلال منخل قطر فتحاته ٢ مم، تم تقدير نسب الجبس فيها وكانت ذات محتوى جبسي ٥% و ١٥% و ٢٠% و ٤٠% . تم خلط نسب مختلفة من الترب للحصول على قيمتي متقاربتين من بقية النسب المطلوبة وهما (١٠% و ٣٠%)، فقد تم خلط تربة ذات محتوى جبسي ٥% مع تربة ذات محتوى جبسي ١٥% للحصول على نموذج تربة ذات محتوى جبسي ١٠%، كما تم خلط تربة ذات محتوى جبسي ٥% مع تربة ذات محتوى جبسي ٤٠% للحصول على تربة ذات محتوى جبسي ٣٠% ، وتم الخلط وفق المعادلة التالية:

$$1 * \text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O} \% = [c1/100 * X] + [c2/100 * (1-X)] \dots(4)$$

$\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O} \% =$ النسبة المئوية للجبس المطلوبة، $x =$ النسبة المئوية لعينة التربة المخلوطة، $c1$ ، $c2$ = النسبة المئوية للجبس في النموذجين المستخدمين في الخلط.

ونظراً لعدم الحصول على نماذج تربة من منطقة الدراسة خالية من الجبس **Control**، فقد تم الحصول على معاملة المقارنة من منطقة الحسينية- محافظة كربلاء المقدسة الواقعة بين خطي عرض ٣٢°٣٥'٠٨" N الى ٣٢°٣٣'٤٣" N شمالاً وخطي طول ٤٣°٥٨'٠٣" E إلى ٤٤°٠٩'٣١" E وارتفاع ٢٨ م عن سطح البحر. تم تعيين نسجات التربة بعد إجراء التحليل الحجمي لمفصولات التربة بطريقة المكثاف، كما تم تقدير الجبس بطريقة الترسيب بواسطة الأستون (Acetone) وفقاً للطريقة المذكورة في (7 Klute). حددت كذلك بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لنماذج التربة وفق الطرق الموصوفة من قبل المختبر الأمريكي Page وجماعته (١٠)، وبين جدول ١ بعض خصائص التربة المستعملة في البحث.

جدول ١: بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الجبسية المستعملة في الدراسة

ترب الدراسة (%) مستوى الجبس							خصائص التربة
40%	30%	20%	15%	10%	5%	Control	
669	682	732	696	710	712	392	الرمل غم كغم ^١
206	182	138	152	122	87	440	الغرين غم كغم ^١
125	136	130	152	168	201	168	الطين غم كغم ^١
Sandy Loam	Sandy Loam	Sandy Loam	Sandy Loam	Sandy Loam	Sandy Clay Loam	Loam	النسجة
0.424	0.414	0.41	0.401	0.398	0.39	0.45	المحتوى الرطوبي الحجمي عند الأشباع (سم ³ سم ⁻³)
0.064	0.066	0.068	0.07	0.07	0.071	0.122	المحتوى الرطوبي عند 1500 كيلو باسكال (سم ³ سم ⁻³)
1.49	1.52	1.53	1.53	1.55	1.59	1.44	الكثافة الظاهرية غم سم ^{-٣}
2.58	2.59	2.59	2.58	2.60	2.61	2.64	الكثافة الحقيقية غم سم ^{-٣}
0.422	0.413	0.409	0.406	0.403	0.390	0.452	المسامية
6.70	6.80	6.90	7.20	7.20	7.30	7.40	الأس الهيدروجيني pH
2.60	2.50	2.50	2.40	2.20	2.00	1.70	الأبصالية الكهربائية Ec ديسيمنز م ^١
6.70	7.80	9.00	10.20	11.70	14.00	20.00	السعة التبادلية الكاتيونية سنتيمول كغم ^١
1.04	1.16	1.49	1.57	1.72	2.42	1.00	المادة العضوية غم كغم ^١
0.14	0.19	0.34	0.21	0.54	0.64	0.93	بوتاسيوم ذائب ملي مول لتر ^١
37.60	52.90	47.70	33.60	47.90	86.90	96.20	بوتاسيوم متبادل ملي مول لتر ^١
1.00	1.200	1.00	1.20	1.00	1.40	0.33	بيكاربونات ملي مول لتر ^١
33.00	28.00	25.60	21.00	18.50	17.00	14.00	كبريتات ملي مول لتر ^١

تم تحضير منحني التجفيف الرئيس (MDC) بعد أن قدرت العلاقة بين المحتوى الرطوبي الحجمي (θ) والشد الهيكلي (ψ) لنماذج التربة ذات المحتوى المختلف من الجبس، ربطت النماذج بالخاصية الشعرية باستعمال ماء مقطر مغلي ومبرد وشبعت بالماء لمدة ٢٤ ساعة في محلق جهاز هستريا التربة ((Hysteresis attachment model 1250 المعد لهذا الغرض الذي يعد وسيلة دقيقة لقياس حجم الماء المستخلص أو المحتفظ به عند كل شد، ثم عرضت النماذج للشدود المائية ٢٠٠ و ٣٣٠ و ٦٠٠ و ١٠٠٠ و ٢٠٠٠ سم ماء، كما استعملت مقياس

ضغط دقيقة حساسة لغاية ١ سم (مانومترا مائية)، في قياس الشدود المنخفضة ٥ و ١٠ و ٢٠ و ٥٠ و ١٠٠ سم ماء، قدر المحتوى الرطوبي الكتلي بعد حساب كمية الماء في السحاحة المستخلص من عينة التربة عند كل شد مائي مسلط ومن الكثافة الظاهرية حسب المحتوى الرطوبي الحجمي. أما منحنى الترطيب الرئيس (MWC) فيبعد الوصول الى آخر شد مسلط ٢٠٠٠ سم ماء، تم خفض الشد تدريجياً بمقدار الشدود نفسها التي سلطت عند تقدير منحنى MDC نزولاً إلى نقطة الإشباع عند الشد ٠، قدر بعدها المحتوى الرطوبي الكتلي بعد حساب كمية الماء المعدة إلى عينة التربة في جهاز الاستخلاص وذلك من خلال الفرق في قراءة السحاحة قبل وبعد كل شد مسلط، ومن الكثافة الظاهرية حسب المحتوى الرطوبي الحجمي. أما الشدود ٣٠٠٠ و ٥٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٥٠٠٠ سم ماء فقد أستعمل جهاز أقراص الضغط (Pressure Plate apparatus) لتحديد العلاقة بين θ و ψ على نماذج مثارة. أجري تطابق Fitting لبيانات منحنيات الوصف الرطوبي ووصف العلاقة بين المحتوى الرطوبي الحجمي (θ) والشد الهيكلي (ψ) باستعمال معادلة van Genuchten معادلة (١). تم ايجاد توزيع حجوم مسامات التربة باستخدام بيانات منحنيات الوصف الرطوبي ودمجها مع معادلة الخاصية الشعرية معادلة (٥) بالعلاقة الرياضية الموضحة بالمعادلة التالية معادلة (٦) وذلك لايجاد توزيع حجوم مسامات التربة كدالة لمحتواها الرطوبي (8) Magead.

$$(d=0.298/\varphi \quad \dots(5))$$

$$(d=0.298\alpha[(\theta-\theta_r)/(\theta_s-\theta_r)]^{(-1/m)-1}]^{(-1/n)} \quad \dots(6)$$

ويمثل الحد $(\theta-\theta_r)/(\theta_s-\theta_r)$ المحتوى الرطوبي النسبي Θ

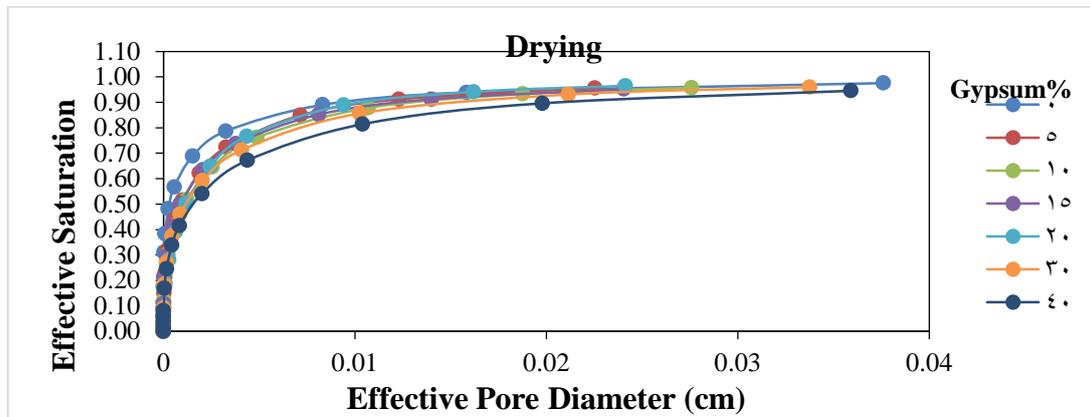
$$(\Theta=(\theta-\theta_r)/(\theta_s-\theta_r)) \quad \dots(7)$$

كما تم تقدير قيمة دخول الهواء (AEV) من خلال المعادلة ٣ باستعمال قيم الثوابت b و d المستخرجة من اجراء عملية المطابقة لمعادلة ٢ وذلك لمنحنيات (MDC).

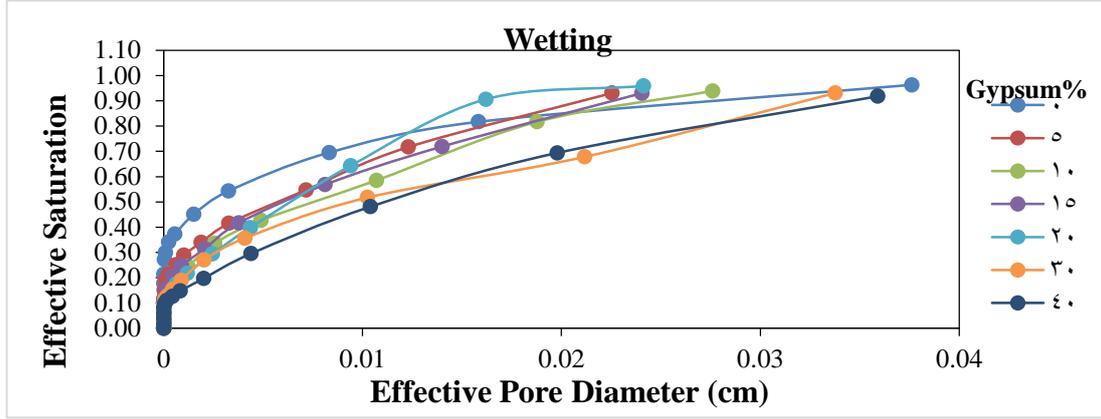
النتائج والمناقشة

يبين جدول (١) قيم المسامية الكلية والكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية للترب المدروسة. تراوحت قيم المسامية الكلية بين ٠.٣٩٠ - ٠.٤٥٢ للمعاملات ٠% - ٤٠% جبس، أظهرت المعاملة ٥% جبس ذات النسجة Sandy Clay Loamk أقل قيمة للمسامية الكلية بلغت ٠.٣٩٠، وبارتفاع نسب الجبس من ٥% - ٤٠% جبس إزدادت قيم المسامية الكلية، إذ اعطت المعاملة ٤٠% جبس اعلى قيمة للمسامية الكلية بلغت ٠.٤٢٢ ويعود السبب في ذلك الى إنخفاض قيم الكثافة الظاهرية بزيادة محتوى التربة من الجبس. في حين كانت المسامية أعلى مايمكن لمعاملة التربة ٠% جبس ذات النسجة المزيجية. ويبين كل من شكل ١ وشكل ٢ العلاقة بين قطر المسام الفعال d الذي هو دالة لحجوم المسامات المملوءة بالماء بدلالة θ المحسوب من معادلة (٦) والمحتوى المائي النسبي Θ او ما يسمى Effective Saturation المحسوب من معادلة (٧) التي تمثل النسبة بين θ و θ_r لمنحني (MDC) و (MWC)، يتضح من الشكلين بصورة عامة إن قيم d تزداد بزيادة المحتوى المائي النسبي ولترب الدراسة نفسها، إلا ان هذه الزيادة تختلف باختلاف منحني MDC و MWC والمحتوى الجبسي للترب (جدول ١)، والذي سبب اختلافاً في التوزيع الحجمي لمسامات التربة معبراً عنه بقيم d كدالة للمحتوى المائي الحجمي $[d(\theta)]$ ، ويعزى السبب في ذلك الى ان المحتوى المائي في مثل هذه الظروف مرتبط

بالتوزيع الحجمي لمسامات التربة وبالتوزيع الحجمي لمفصولات التربة (2) Chan)، فيلاحظ إن المعاملة ٠% جيس ذات النسجة المزيجة والمسامية الكلية ٠.٤٥٢ أعطت أعلى قيمة لـ d عند حدود قريبة من الأشباع ($\theta_s > \theta$)، إذ بلغت ٠.٣٧٦٢ سم عند المحتوى الرطوبي ٠.٤٤٢ سم.٣ سم-٣، تليها المعاملة ٤٠% جيس، ذات المسامية الكلية ٠.٤٢٢، إذ كانت قيمة d لها بما يقارب من ٠.٣٥٤١ سم عند المحتوى الرطوبي ٠.٤١ سم.٣ سم-٣ مقارنة مع بقية معاملات الجيس وذلك لمنحنيات التجفيف MDC، ويعود السبب في ذلك ان زيادة نسب الجيس يؤدي الى زيادة نسبة المسامات الكبيرة. كما أعطت المعاملة ٠% جيس لمنحنيات الترطيب MWC أعلى قيمة لـ d أيضاً إذ بلغت ٠.٢٢٣٨٧ سم عند المحتوى المائي ٠.٤٣٨ سم.٣ سم-٣، في حين أظهرت معاملة التربة ذات المحتوى الجيسي الاقل ٥% جيس أقل قيمتي للقطر الفعال، إذ بلغت ٠.٢٢٥٣٨ و ٠.٠٨٧١٧٣ سم عند المحتويين الرطوبين البالغين ٠.٣٧٨ و ٠.٠٨٧١٧٣ سم.٣ سم-٣ لمنحني MDC و MWC على التوالي. كما يتبين من الشكل إن بانخفاض المحتوى المائي النسبي للترب عند تعرضها للشدود المائية المختلفة إنخفضت قيم d نتيجة لتفرغ المسامات الكبيرة ثم الأصغر فالأصغر من محتواها المائي، وكان هذا الإنخفاض متفاوت حسب نسب الجيس كذلك لمنحنيات MDC و MWC، كما يلاحظ إن سلوك علاقة القطر بالمحتوى المائي النسبي مشابهه لسلوك منحني MDC و MWC أي إن قيم $[d(\theta)]$ لمنحني MDC كانت أقل من قيم $[d(\theta)]$ لمنحني MDC لمعاملات الترب جميعها، و السبب في ذلك يعود إلى شكل المسام غير المنتظم الناتج عن تعرض التربة لإعادة الترطيب إذ يمكن للفقاعات الهوائية ان تسد المسارات المسامية، فالهواء المحصور يكون تحت ضغط جزئي ويسلط ضغط على السطح الهالالي للماء وبالتالي يخفض المحتوى المائي بدرجة أكبر مقارنة بالتربة المشبعة مسبقاً.



شكل ١: قطر المسام الفعال (d) كدالة للمحتوى المائي النسبي (θ) لمنحني (MDC) لترب ذات محتوى جيسي مختلف.

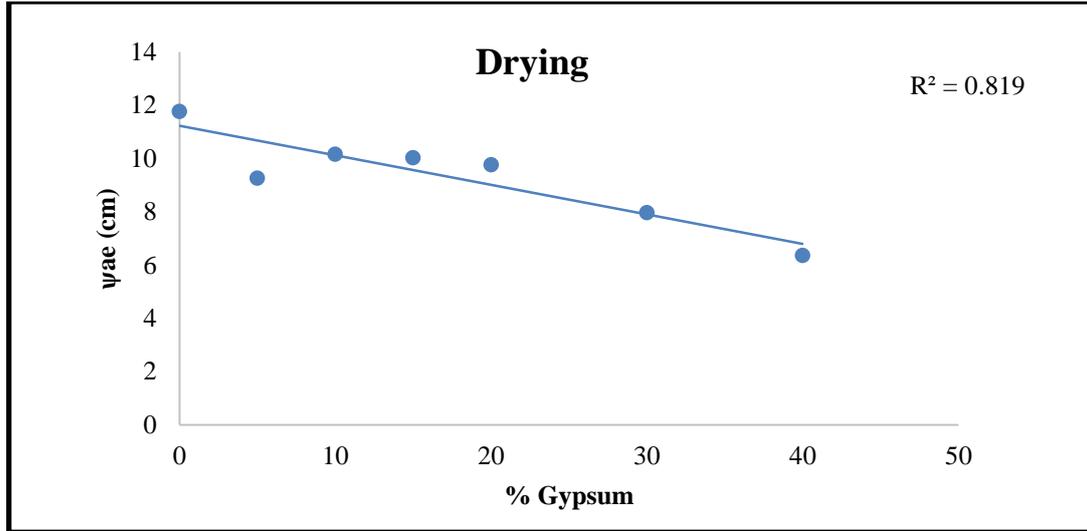


شكل ٢: قطر المسام الفعال (d) كدالة للمحتوى المائي النسبي (θ) لمنحني (MWC) لترب ذات محتوى جبسي مختلف.

وبين جدول ٢ قيم ψ و θ لقيم دخول الهواء ψ_{ae} لمنحني (MDC)، المحسوبة من معادلة ٥، يلاحظ من الجدول إن قيم AEV قد حصلت عند محتويات رطوبة عالية كما إنها أخذت بالإنخفاض بزيادة محتوى التربة من الجبس، إذ بلغت قيم ψ 11.77 و 9.2675 و 10.1589 و 10.0247 و 9.7685 و 7.9704 و 6.3639 سم ماء لنماذج التربة 0%، 5%، 10%، 15%، 20%، 30% و 40% جبس، ويرجع السبب في ذلك إلى الشكل الهندسي لقطر المسام وبالتالي التوزيع الحجمي لدقائق التربة الذي يميل نحو التوزيع الخشن التي تفقد معظم مائها تحت شدود منخفضة مع زيادة محتوى التربة من الجبس (جدول ١)، وبالرجوع إلى معادلة الخاصية الشعرية (معادلة ٥) فإن تسليط شد 6 و 11 سم ماء فإن الحد الحرج للمسام الميزول يكون 0.05 و 0.03 سم الذي يقع ضمن تصنف Meso pores (المسام الشعري متوسط الحجم). وكانت هذه النتائج تتفق مع Khat tab وجماعته (٦) بأن نقطة دخول الهواء تزداد قيمتها بزيادة سعة مسك التربة للماء، كما يوضح شكل ٣ العلاقة بين قيم نقطة دخول الهواء مع محتوى التربة من الجبس ويلاحظ من خلاله إن هناك إنخفاض في قيمة دخول الهواء مع زيادة محتوى التربة من الجبس التي أظهرت معامل ارتباط خطي جيد بلغ 0.819.

جدول 2: قيم ψ_{ae} و θ لقيمة دخول الهواء (AEV) المحسوبة من معادلة (5) لمنحني MDC لترب ذات محتوى جبسي مختلف

θ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	ψ_{ae} (cm)	محتوى الجبس (%)
0.3952	11.7740	%0
0.3301	9.2675	%5
0.3525	10.1589	%10
0.3525	10.0247	%15
0.3530	9.7685	%20
0.3396	7.9704	%30
0.3761	6.3639	%40



شكل ٣: علاقة ψ_{ae} مع الجبس لمنحنى (MDC) لترتبات نسب جبس مختلفة.

الاستنتاجات

يستنتج من هذا البحث ان زيادة المحتوى الجبسي للتربة قد اثر في الخصائص المائية للتربة، إذ ازدادت قيم احجام المسامات الفعالة التي هي دالة للمحتوى الرطوبي الحجمي إلا ان هذه الزيادة تختلف باختلاف منحنى MDC و MWC والمحتوى الجبسي للتربة (جدول ٣)، والذي سبب اختلافاً في التوزيع الحجمي لمسامات التربة معبراً عنه بقيمة d كدالة للمحتوى المائي الحجمي $[d(\theta)]$ ، ويعزى السبب في ذلك الى ان المحتوى المائي في مثل هذه الظروف مرتبط بالتوزيع الحجمي لمسامات التربة وبالتوزيع الحجمي لمفصولات التربة (2) Chan)، كما ان الانخفاض في قيمة دخول الهواء بزيادة محتوى التربة من الجبس يعود الى التوزيع الحجمي لدقائق التربة الذي يميل نحو التوزيع الخشن والتي تفقد معظم ماؤها تحت شددود منخفضة مع زيادة محتوى التربة من الجبس (جدول ٣).

المصادر

- ١- Ahmed, K. I (2013). Effect of gypsum on the hydro- Mechanical characteristics of partially saturated sandy soil. Ph.D. thesis. Cardiff University, Cardiff School of Engineering.
- ٢- Chan, T. P (2005). Modeling of coarse textured soils and their hydraulic properties. Ph.D. Thesis. Purdue University. p. 177
- ٣- FAO, (1990). Management of Gypsiferous soils. Soils Bulletin 62. FAO. Rome, Italy
- ٤- Feng, M. and D. G. Fredlund(1999). Hysteresis influence associated with thermal conductivity sensor measurements. Proceeding from theory to the practice of unsaturated soil mechanics, in association with 52 nd Can. Geotech. Conf and unsaturated soil Group, Regina, PP. 14: 2:14- 14: 2:20
- ٥- Jafarzadah, A.A. and J. A. Zinck (2000). Worldwide distribution and sustainable management of soil with gypsum, ISD Ana Sayfasi
- ٦- Khattab, S. A. A. and L. Kh. I. AL-Taie (2005). Behavior of soil water characteristic curve (SWCC) for lime treated expansive soil and untreated soils from Mosul city. Proceeding of Unsaturated 2006, 4th International Conference on Unsaturated Soils, ASCE Special Publication no. 147, 2, pp. 1671-1682
- ٧- Klute, A (1986). Methods of Soil Analysis: Part 1- Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA. SSSA Book Series No. 5. Madison, WI: p 1188

- ٨- Magead, Sh. S (2008). The Relation between the Parameters of Aggregate Stability and Porosity and Water Properties for Soil of Different Textures and Usages. A Thesis – Dept. Soil sciences and water resources- Agriculture college- university of Baghdad
- ٩- Moret-Fernández, D.; C. Castañeda; E. Paracuellos; S. Jiménez and J. Herrero (2013a). Hydro-physical characterization of contrasting soils in a semiarid zone of the Ebro river valley (NE Spain). *J. Hydro.* 486: 403-411
- ١٠- Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Kenney (1982). *Methods of analysis. Part 2. Chemical and biological properties.* USA. Amer. Soc. Agron. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin. Homae
- ١١- Pham, Q. H (2002). An Engineering model of hysteresis for soil- water characteristic curves. MSc thesis. University of Saskatchewan, Canada
- ١٢- Van Genuchten, M. Th(1980). A close form equation predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44:892-898

EFFECT CONTENT OF GYPSUM ON SOME HYDRAULIC PROPERTIES OF SOIL

****L. S. Kudayr**

***S. B. Salim**

ABSTRACT

A study was conducted to determine some basic concept associated with moisture characteristics such as Pore sizes, distribution and air entry value of soil at different gypsum content 0 -40% gypsum for the main Drying Curve (MDC) and Main Wetting Curve (MWC), under unsaturated condition. Van Genuchen equation used to describe the experimental data curve of the soil characteristic curve and determine the best-fit parameters m, n, α . Data moisture characteristic curve with capillation equation were used to find pore sizes distribution as a function of θ . Veng and M. Fredlund parameters were used for calculated air entry value (AEV). Results showed that the effective value of pore sizes diameter (d) increasing by increasing moisture content. Soil with the 0% gypsum content the highest value of pore sizes diameter (d) was 0.03762 cm and 0.022387 cm for both MDC and MWC, and the 5% gypsum treatment the lowest value of pore sizes diameter (d). Air entry value decreased with increasing of the soil gypsum content from 11.77 cm to 6.3638 cm for treatment 0% to 40% gypsum for the MDC respectively.

Part of Ph.D. thesis of the first author

* office of Agric. Land, Ministry of Agric., Baghdad, Iraq.

** College of Agric. Engineer. Sci., Baghdad Univ., Baghdad, Iraq.