

تقدير منحني الشد الرطوبي لترب مختلفة القوام في محافظة اللاذقية

غنوة خضور (1)*

(1). الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز اللاذقية، سورية.

*) للمراسلة : د. غنوة خضور، الإيميل: ghonwakhaddour@hotmail.com، هاتف: 0934797446.

تاريخ الاستلام: 2024/10/8 تاريخ القبول: 2024/12/11

الملخص:

تم تنفيذ هذا البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في محافظة اللاذقية خلال الأعوام 2020-2022، وذلك لتقدير منحني الشد الرطوبي للتربة المأخوذة من موقعين في المحافظة: محطة الصنوبر بتربة قوامها رملي طيني، ومركز بوقا بتربة قوامها طيني. يمثل منحني الشد الرطوبي العلاقة بين كمية الماء وضغط الماء في التربة، ويعتبر هذا المنحني من أهم الخصائص الهيدروديناميكية التي تتميز بها التربة والتي يصعب تحديدها. ولهذا الغرض، تم تصميم وتنفيذ جهاز مبسط يعمل وفق مبدأ عمود الماء المعلق بحيث يسمح بتطبيق الضغط على ماء التربة وحساب كمية الماء وذلك لعينات أسطوانية بأبعاد $(r \times h = 1.2 \times 2 \text{ cm})$. أجريت التجربة وفق مسار التجفيف أولاً، ثم وفق مسار الترطيب، من خلال تطبيق قيم الضغط ضمن المجال 0-3 كيلو باسكال، وبمعدل 3 مكررات لكل موقع. أظهرت النتائج أن التربة الطينية تمتلك قدرة على الاحتفاظ بالماء وشد رطوبي أعلى مقارنةً بالتربة الرملية الطينية، حيث بلغت قيمة الضغط عند نقطة دخول الهواء إلى العينات الطينية 0.6 كيلو باسكال مقارنةً بـ 0.5 كيلو باسكال للعينات الرملية الطينية، في حين كانت درجة الإشباع الدنيا وفق مسار التجفيف في العينات الطينية (37.1، 45.3، 39.2%) مقارنةً بـ (38.9، 35.3، 33.9%) للعينات الرملية الطينية. من ناحية أخرى، بلغت درجة الإشباع العظمى وفق مسار الترطيب في العينات الطينية (90.6، 90.2، 91.4%) مقارنةً بـ (84.7، 83.2، 82.2%) للعينات الرملية الطينية.

الكلمات المفتاحية: منحني الشد الرطوبي، التربة الرملية والطينية، الترطيب والتجفيف.

المقدمة:

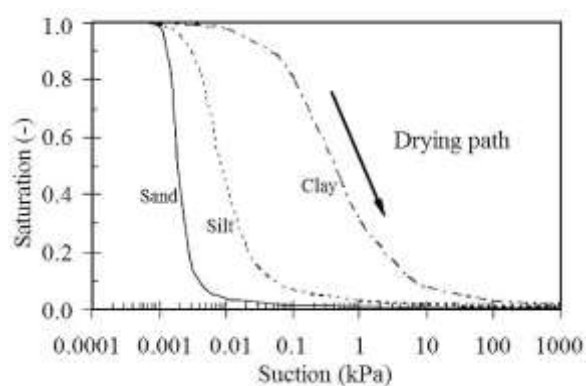
يعتبر منحني الشد الرطوبي (منحني احتفاظ التربة بالماء) من أهم خصائص التربة الهيدروديناميكية، ويمثل العلاقة بين كمية الماء (Saturation) وضغط الماء في التربة أو الشد الرطوبي (Suction). يمكن التعبير عن كمية الماء في التربة بالمحتوى المائي الوزني أو الحجمي، أو درجة الإشباع كما في هذا البحث (Culligan et al., 2006; Kaestner et al., 2007). ويفيد منحني الشد الرطوبي للتربة في التعرف على سلوك التربة في إمداد النبات بالماء، ومدى احتفاظها بالرطوبة عند الضغوط المختلفة، كما يساعد في التعرف على ثوابت الرطوبة المختلفة مثل السعة الحقلية ونقطة الذبول، وهي قيم خاصة مميزة لنوع التربة وهامة في حسابات كمية مياه الري المطلوبة (Wildenschild et al., 2004; Van Genuchten, 1980).

يختلف منحني الشد الرطوبي باختلاف نوع التربة متمثلاً بتركيبها الميكانيكي (رملية، طينية، سلتية) والذي بدوره يؤثر في مسامية

التربة، وبدرجة أهم على أبعاد هذه المسامات وتوزعها واتصالها، إضافةً إلى عوامل أخرى مثل درجة الحرارة، نسبة المادة العضوية، حمولة التربة وغيرها (Brady and Weil, 2002; Nimmo, 2004; Dorin et al., 2011).

يكون منحني الشد الرطوبي للتربة الرملية شديد الانحدار مقارنةً بمنحني الشد الرطوبي للتربة الطينية، وذلك في مدى الشد الرطوبي المنخفض، وقد أشار Feia وآخرون (2014) إلى أن ذلك يرجع إلى أن التربة الطينية ذات قوام ناعم وتمتاز بمسامية كلية أعلى من التربة الرملية ذات القوام الخشن، كما أن نسبة المسام الدقيقة بها أعلى، مما يساعد على زيادة مقدرتها على حفظ الماء وتقليل حركته في التربة، بينما يكون الوضع عكس ذلك في التربة الرملية (نسبة المسام الدقيقة أقل بينما تزيد نسبة المسام الواسعة)، وكلما صغرت أحجام حبيبات التربة كلما زادت مساحة السطح النوعي لها، وهذا يعني زيادة السطح المعرض للاحتكاك مما يزيد من مقاومة حركة الماء خلال مسام التربة. عند نفس الشد الرطوبي، نجد أن التربة الطينية تحتوى على كمية من الماء أعلى من التربة الرملية. وعند نفس كمية الماء، نجد أن سحب الماء من التربة الطينية يتطلب شد رطوبي أعلى منه في حالة التربة الرملية (Winfield, 2000; Gras, 2011; Kang et al., 2012).

يمكن الحصول على منحني الشد الرطوبي للتربة وفق مسارين: مسار التجفيف (Drying) ومسار الترطيب (Wetting). في مسار التجفيف، تطبق الضغوط السالبة (شد) على التربة المشبعة بالماء لتجفيفها، بينما في مسار الترطيب، تطبق الضغوط الموجبة على التربة الجافة أو شبه الجافة لترطيبها وإشباعها (Bastian, 1999; Brockman et al., 2004; Matsuda, 2018). يظهر الشكل (1) منحني الشد الرطوبي (الشد الرطوبي Suction-درجة الإشباع Saturation) للتربة الطينية (Clay) والسلتية (Silt) والرملية (Sand) وفق مسار التجفيف.



الشكل (1): منحني الشد الرطوبي (الشد الرطوبي-Suction، درجة الإشباع-Degree of saturation) وفق مسار التجفيف (Drying) للتربة من اليمين إلى اليسار: الطين، السيلت والرمل (Fredlund et al., 2012).

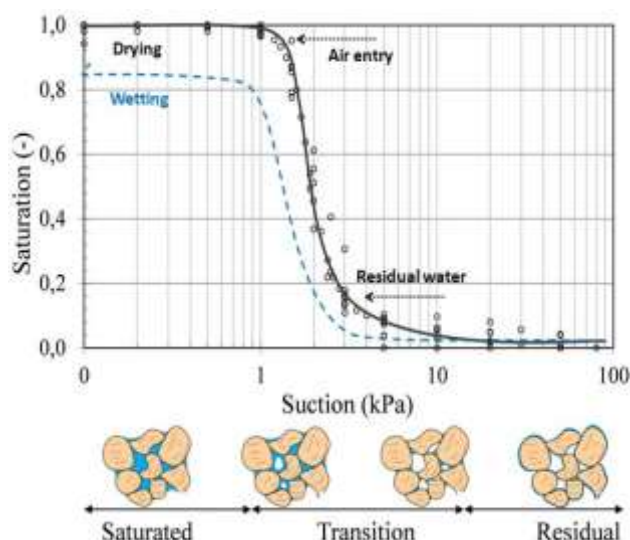
ينقسم منحني الشد الرطوبي بالنسبة لنوع التربة الواحد إلى ثلاثة أقسام (Baltodano-Goulding, 2006; Lins, 2010;) : (Yadav et al., 2010; Cavinato, 2011; Szymkiewicz 2013):

- المنطقة المشبعة (Saturated) حيث تكون كل مسامات التربة ممتلئة بالماء.
- المنطقة الانتقالية (Transition) حيث يكون جزء من مسامات التربة ممتلئ بالماء والجزء الآخر ممتلئ بالهواء.
- منطقة الماء المتبقي (Residual) حيث جميع مسامات التربة ممتلئة بالهواء باستثناء بعض المسامات المغلقة وأفلام (شرائط) الماء حول بعض حبيبات التربة.

يأتي الاختلاف بين منحنيي تجفيف التربة وترطيبها نتيجةً لاختلاف سلوك الماء في التربة عند دخوله وخروجه من مسامات التربة. حيث لا يمكن الوصول إلى مرحلة الإشباع الكلي في مسار الترطيب عند وجود مسامات مغلقة في التربة، كما لا يمكن

التخلص من الماء المتبقي في مسار التجفيف إلا من خلال التجفيف بدرجة عالية (Vanapalli et al., 1998; McDowell, 2004).

يمتلك منحنى الشد الرطوبي وفق مسار التجفيف نقطتي تحول أساسيتان: النقطة الأولى نقطة دخول الهواء إلى التربة (Air entry) حيث يبدأ الهواء بالدخول إلى مسامات التربة الكبيرة، والنقطة الثانية تمثل كمية الماء المتبقي في التربة (Residual water) (El-Garhy and Omran, 2007). يظهر الشكل (2) منحنى الشد الرطوبي وفق مساري التجفيف (Drying) والترطيب (Wetting) للرمل مبيناً أقسامه الثلاثة: المنطقة المشبعة (Saturated)، الانتقالية (Transition) والماء المتبقي (Residual)، ونقطة دخول الهواء (Air entry) والماء المتبقي (Residual water).



الشكل (2): منحنى الشد الرطوبي (الشد الرطوبي - Suction، درجة الإشباع - Degree of saturation) وفق مساري التجفيف (Drying) والترطيب (Wetting) للرمل مبيناً أقسامه الثلاثة: المنطقة المشبعة (Saturated)، الانتقالية (Transition) والماء المتبقي (Residual)، ونقطة دخول الهواء (Air entry) والماء المتبقي (Residual water) (Khaddour, 2015).

يمكن الحصول على منحنى الشد الرطوبي عموماً بعدة طرق تجريبية منها: مقياس التوتر السطحي (Tensiometer)، عمود الماء المعلق (Hanging water column) وجهاز صفيحة الضغط (Pressure plate apparatus). إلا أنه في حال تطبيق مجال صغير للضغط (0-10 كيلو باسكال) يفضل استخدام طريقة عمود الماء المعلق، والتي تسمح بقياس محتوى الماء ضمن العينة بدقة 0.1 ميللي لتر (Vomocil, 1965; Baver et al., 1972; Tarantino, 2008; Kang et al., 2012; Bandyopadhyay and Pradhan, 2012).

يتأثر منحنى الشد الرطوبي بالتغيرات المناخية المتمثلة بقلّة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، بالإضافة إلى بعض الممارسات الزراعية كالفلاحة/أو عدمها والتسميد واستخدام المبيدات (Ismail and Ozawa, 2007). تبرز أهم هذه التغيرات، فيما يرتبط بالتغيرات المناخية، في التأثيرات المباشرة على قوى الالتصاق والتماسك التي تحكم ماء التربة قبل الري بنوعيه الهيدروستاتي (Hygroscopic water) والشعري (Capillary water)، وقوى الجذب الأرضي التي تحكم ماء الري (Gravitational water)، والتي تلعب دوراً هاماً في الحفاظ على تماسك التربة وحمايتها من الانجراف من جهة، إضافةً إلى تواتر فاقد التبخر مع ارتفاع/انخفاض درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح (Zheng et al., 2018). أمّا فيما يرتبط بالممارسات الزراعية، فإن

التأثيرات على ميكانيكية وديناميكية التربة، تعد الناتج المباشر لهذه الممارسات وتتمثل في التغيرات بمسامية ونفاذية التربة وتوصيلها الهيدروليكي، وما ينتج عنها من تغير في قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء من جهة، ومن جهة أخرى توسع المناطق الصحراوية (الرملية) وخروج الأراضي الزراعية عن الخدمة (WWAP, 2018).

نظرياً، مع ارتفاع درجة الحرارة تتناقص درجة إشباع التربة بالماء ومعها يتناقص الشد الرطوبي، إلا أنه عند تراكب الظروف المناخية من صدمات حرارية (اختلاف الحرارة الكبير بين النهار والليل)، الرياح القوية وتناقص رطوبة الهواء، يُتوقع أن يتدهور قوام التربة وتتفتت مسببة تناقص المسامية (تتناقص المسامات الكبيرة وتزداد المسامات الصغيرة)، وبالتالي تزداد قيمة الضغط المطلوب تطبيقها على التربة لتفريغها من الماء (خصوصاً للمسامات الصغيرة). بشكل مشابه، فإن تدمير قوام التربة بمرور الآليات الزراعية وتعرضها المتواتر للفلاحة والرص، يسبب زيادة قيمة الضغط المطلوب تطبيقها على التربة لتفريغها من الماء (Bishop et al., 1957; Wheeler et al., 2003; Zhou et al., 2012; NRCS, 2018).

في هذا البحث، سيتم تقدير منحنى الشد الرطوبي تجريبياً للتربة المأخوذة من موقعين في محافظة اللاذقية، وذلك باستخدام طريقة عمود الماء المعلق، مما سيحقق فهماً أكبر للعلاقة بين عنصرى الماء والتربة في الترب المشبعة وغير المشبعة، وفق المقياس الماكروسكوبي (العيني) والميكروسكوبي (الحبيبي أو المسامي)، ومما سيسمح لاحقاً بفهم تغيرات منحنى الشد الرطوبي تحت تأثير التغيرات المناخية والديناميكية للتربة وبالتالي تفسير التغيرات الناجمة في التربة وانعكاساتها على الإنتاج الزراعي.

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث لكونه من الدراسات القليلة في المنطقة والتي تسمح بتقدير منحنى الشد الرطوبي، نظراً لأهميته من أجل فهم العديد من العمليات الفيزيائية والفيزيائية-مائية التي تحدث في التربة. كما أنّ صعوبة الحصول على هذا المنحنى تجريبياً، بسبب الحاجة لتجهيزات مخبرية خاصة قد لا تتوفر في العديد من مخابر التربة بالإضافة إلى طول فترة القياس، مما استدعى اللجوء إلى تطوير طريقة مبسطة سهلة الاستخدام، رخيصة التكلفة، وذات موثوقية جيدة.

يهدف هذا البحث إلى تقدير منحنى الشد الرطوبي تجريبياً لنوعين من الترب في محافظة اللاذقية، تتفاوت في قوامها وتركيبها الميكانيكي مما يخدم في تحقيق فهم شامل للعلاقة بين عنصرى الماء والتربة وتغيراتها مستقبلاً تحت تأثير التغيرات المناخية والممارسات الزراعية (كالفلاحة والصرف) وما سينتج عن ذلك من تأثيرات على الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي.

المواد وطرائق البحث:

زمان ومكان العمل:

نُفذ هذا البحث في مخبر الموارد الطبيعية التابع لمركز البحوث العلمية الزراعية في محافظة اللاذقية خلال الفترة بين 2020-2022. استخدمت في الدراسة عينات تربة مأخوذة من عدة مواقع في محطة الصنوبر ومركز بوقا، وعلى عمق (0-30 سم). تم تجفيف العينات وحساب قياسات المسامية الكلية والكثافة الظاهرية، كما تم اعتماد تحليل التربة الميكانيكي المنفذ في محطة الهنادي.

يوضح الجدول (1) نتائج التحليل الميكانيكي للتربة المأخوذة من محطة الصنوبر ومركز بوقا، وقياسات المسامية الكلية والكثافة الظاهرية لكل منها. يظهر الجدول أنّ التركيب الغالب للتربة من محطة الصنوبر هو رملي بينما التركيب الغالب للتربة من مركز بوقا هو طيني.

الجدول (1) نتائج التحليل الميكانيكي للتربة المأخوذة من محطة الصنوبر ومركز بوقا وقياسات المسامية الكلية والكثافة الظاهرية لكل منها

المنطقة	التحليل الميكانيكي			القوام	الكثافة	المسامية الكلية
	رمل %	سيلت %	طين %			
محطة الصنوبر	51	12	37	رمل طيني	1.5	44
المركز-بوقا	24	24	52	طيني	1.1	59

1.1. جهاز تطبيق الضغط

تمّ تصميم وتنفيذ جهاز مبسط يعمل وفق مبدأ عمود الماء المعلق بحيث يسمح بتطبيق الضغط على ماء التربة. يتألف الجهاز من خليتين مدرجتين A و B (2 سيرانج قياس 5 مم في هذا البحث) يتصلان بأنبوب شفاف بشكل محكم. يتم تحضير العينة فوق حجر مسامي ملصق بإحكام بقاع الخلية A، بينما تخصص الخلية B للتحكم بالضغط (Bandyopadhyay and Pradhan, 2012).

قبل بداية التجربة، تمت معايرة الحجر المسامي لتحديد مساميته (0.34)، وسرعة الرش (0.283 مل/سا/سم²)، وزمن الوصول للتوازن الهيدروستاتيكي (48 ساعة).

عند تحريك الخلية B نحو الأعلى بالمقارنة مع الخلية A، يخرج الماء من الخلية B عبر أنبوب الاتصال نحو الخلية A وبذلك يتم تطبيق ضغط موجب على العينة وإشباعها بالماء (مسار الترطيب Wetting). وبشكل معاكس عند تحريك الخلية B نحو الأسفل بالمقارنة مع الخلية A يتم تطبيق ضغط سلبي على العينة ويسحب منها الماء باتجاه الخلية B (مسار التجفيف Drying).

يظهر الشكل (3) مخطط توضيحي يبين مبدأ عمل جهاز تطبيق الضغط (الأعلى)، وجهاز تطبيق الضغط المستخدم في هذا البحث (الأسفل).

من خلال قياس تغيرات ارتفاع عمود الماء في الخلية B يمكن تحديد كمية الماء المكتسبة/المفقودة من العينة (Δw)، وبالتالي كمية الماء المتبقي في العينة (w)، وبالتالي درجة إشباع التربة بالماء:

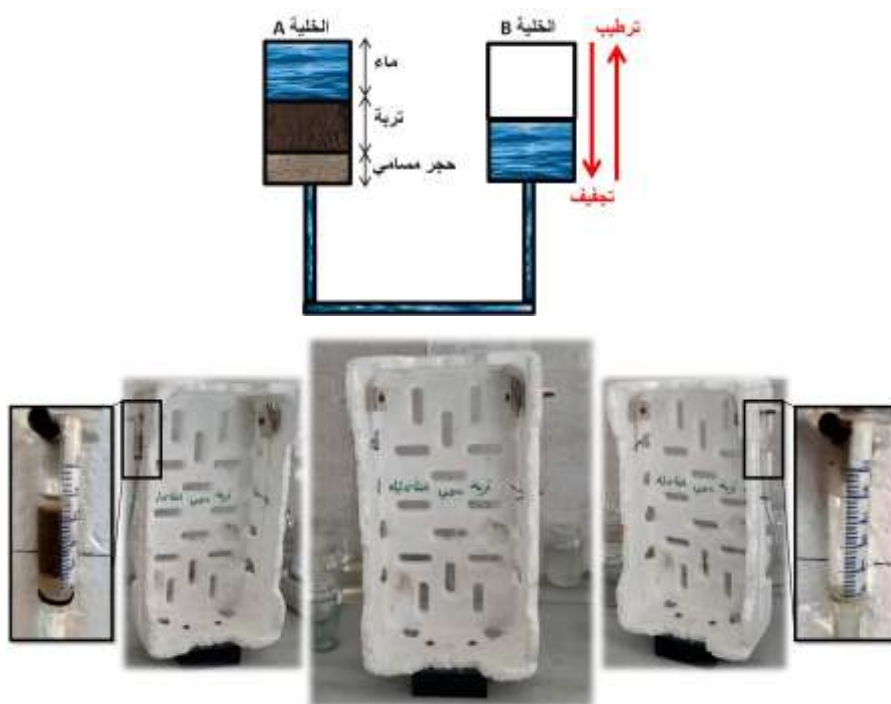
$$Sr = \frac{wt - \Delta w}{wt} \times 100$$

حيث wt تمثل كمية الماء في العينة عند الإشباع الكلي وتحسب كالتالي: $wt = v_v = n \times v_t$

حيث v_v تمثل حجم مسامات التربة، n تمثل مسامية التربة، و v_t حجم العينة.

من جهة أخرى، تمّ تحديد قيمة الضغط المطبق (بالوحدات المترية) من خلال قياس فرق الارتفاع بين سطح الماء في الخلية B و سطح العينة في الخلية A، مع العلم أنّ 10 سم تعادل 1 كيلو باسكال (kP).

في بداية التجربة، اعتمد معدل خروج الماء من العينة، على نفاذية الحجر المسامي، ولكن مع فقدان التربة للماء، انخفضت الناقلية الهيدروليكية، مما أثر على معدل الصرف، كما اعتمد وقت الصرف على نفاذية عينة التربة، وارتفاع العينة، والضغط المطبق، فضلاً عن كفاءة التلامس وكتامة الجهاز (Bandyopadhyay and Pradhan, 2012).



الشكل (3): الأعلى: مخطط يوضح مبدأ عمل جهاز تطبيق الضغط. الأسفل: جهاز تطبيق الضغط المستخدم في هذا البحث.

1.2.1. تحضير العينات

تم تحضير عينات أسطوانية بأبعاد ($r \times h = 1.2 \times 2 \text{ cm}$) من خلال تطبيق تقنية (Pluviation) والتي تعتمد على صب/ نثر التربة على ارتفاع من الخلية A (عبر الهواء) بحيث تتساقط حبيبات التربة ضمن الخلية تحت تأثير وزنها بما يسمح بالحصول على كثافة نسبية متجانسة وموحدة على كامل ارتفاع العينة (Jamil et al., 2022; Zhou et al., 2022; Al-salih, and Al-abboodi, 2023).

1.2.1.1. عينات مسار التجفيف

تم تحضير العينة لإجراء تجربة التجفيف، حيث أشبع كامل الجهاز بالماء (كل من الخليتين والأنبوب الواصل بينهما)، ثم تمت الموازنة بين خلية العينة A و خلية جهاز المعايرة B بحيث يتوازى مستوى الماء بين الخليتين، ثم تم نخل التربة ضمن الخلية A المشبعة بالماء، وعند الوصول إلى ارتفاع العينة المطلوب (2 سم)، تم سحب الماء الزائد فوق سطح العينة من خلال تحريك خلية المعايرة B نحو الأسفل مسافة تعادل ارتفاع الماء فوق سطح العينة. تم الانتظار لمدة 48 ساعة لتحقيق التوازن الهيدروستاتيكي، ثم تم اعتماد هذا الموقع لخلية المعايرة B كمستوى صفري لتطبيق الضغط، بحيث يقابل ضغط صفري على سطح العينة. خلال كامل التجربة تم التأكد من عدم وجود فقاعات الهواء في كل من الخليتين والأنبوب الواصل بينهما، كما تم تغطية كل من الخليتين بقطن رطب (بحيث لا يلامس سطح أي من الخليتين) لتقليل تأثير التبخر.

لتحديد مجال الضغط المعتمد للتطبيق، تم إجراء عدة تجارب أولية على عينات تجريبية، بحيث يتم تحديد قيمة الضغط اللازم تطبيقه لتجفيف العينة. تراوح مجال الضغط في هذا البحث من 0-3 كيلو باسكال بحيث أن تطبيق أي قيمة فوق 3 كيلو باسكال لا يوافق أي تغير في مستوى الماء في الخلية B. تم استخراج وتجفيف عدة عينات تجريبية مشبعة للتحقق من كمية الماء اللازمة للوصول لمرحلة الإشباع والتحقق من قيم المسامية.

لاحقاً، أجريت التجربة من خلال تطبيق قيم مختلفة للضغط (تحريك الخلية B نحو الأسفل/ضغط سالب) ضمن المجال المعتمد،

وعند تطبيق كل قيمة للضغط، تم الانتظار 48 ساعة للوصول للتوازن الهيدروستاتيكي، وأخذ قراءة الخلية B لتحديد مقدار تغير حجم الماء ضمن العينة. تم تكرار التجربة ثلاث مرات لكل من نوعي التربة المستخدمة في هذا البحث.

1.2.2. عينات مسار الترطيب

لإجراء تجربة الترطيب تم استخدام عينات التجفيف السابقة (بمحتوى مائي عند ضغط 3 كيلو باسكال). أجريت التجربة من خلال تطبيق قيم مختلفة للضغط (تحريك الخلية B نحو الأعلى/ضغط موجب)، وصولاً إلى الحالة المشبعة النظرية (المستوى الصفري) للمجال المعتمد، وعند تطبيق كل قيمة للضغط، تم الانتظار 48 ساعة للوصول للتوازن الهيدروستاتيكي، وأخذ قراءة الخلية B لتحديد مقدار تغير حجم الماء ضمن العينة. تم تكرار التجربة ثلاث مرات لكل من نوعي التربة المستخدمة في هذا البحث.

النتائج والمناقشة:

منحني الشد الرطوبي وفق مسار التجفيف:

الترب الرملية

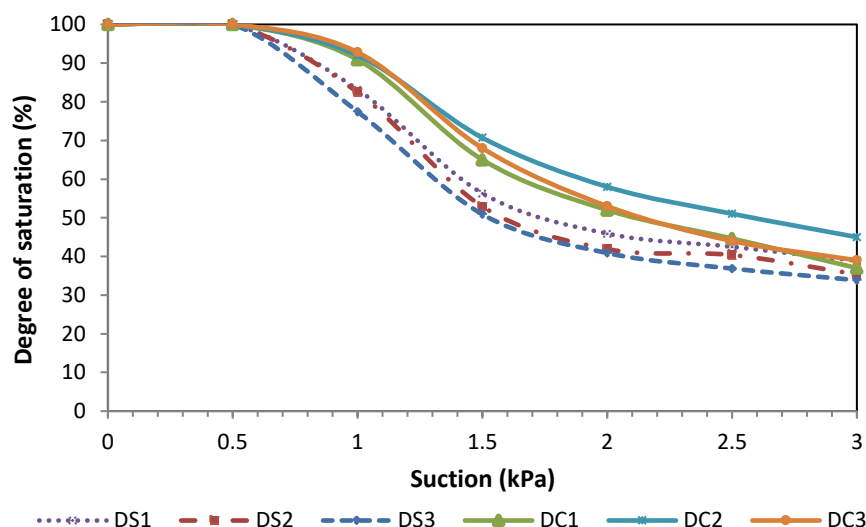
أجريت التجربة للحصول على منحني الشد الرطوبي وفق مسار التجفيف لجميع عينات تربة محطة الصنوبر الرملية الطينية DS1، DS2، DS3. في الشكل (4) يظهر منحني الشد الرطوبي وفق مسار التجفيف لجميع عينات تربة محطة الصنوبر الرملية الطينية DS1، DS2، DS3. يوضح الشكل (4) انخفاض درجة إشباع العينة مع ازدياد قيمة الضغط السالب المطبق، حيث تم سحب الماء من العينة، انطلاقاً من الحالة المشبعة (100%) بتطبيق الضغط السالب تدريجياً وفق المجال المعتمد، وصولاً إلى محتوى من الماء في العينات الثلاث على التوالي DS1، DS2، DS3 (38.9، 35.3، 33.9%) عند ضغط 3 كيلو باسكال. إن نقطة دخول الهواء إلى العينات الثلاث كانت متطابقة وتساوي 0.5 كيلو باسكال. أشار Riedel وآخرون (2012) و Khaddour وآخرون (2013) أن اختلاف سلوك العينات لنفس التربة الرملية ما بعد نقطة دخول الهواء يعود إلى اختلاف المسامية الميكروسكوبية لكل من هذه العينات حيث يزداد الشد الرطوبي مع تناقص أبعاد المسام وضعف اتصال هذه المسام مع بعضها البعض.

الترب الطينية

أجريت التجربة للحصول على منحني الشد الرطوبي وفق مسار التجفيف لجميع عينات تربة مركز بوقا الطينية DC1، DC2، DC3. في الشكل (4)، يظهر منحني الشد الرطوبي وفق مسار التجفيف لجميع عينات تربة مركز بوقا الطينية DC1، DC2، DC3. يوضح الشكل (4) انخفاض درجة إشباع العينة مع ازدياد قيمة الضغط السالب المطبق، حيث تم سحب الماء من العينة، انطلاقاً من الحالة المشبعة (100%) بتطبيق الضغط السالب تدريجياً وفق المجال المعتمد، وصولاً إلى محتوى من الماء في العينات الثلاث على التوالي DC1، DC2، DC3 (37.1، 45.3، 39.2%) عند ضغط 3 كيلو باسكال. إن نقطة دخول الهواء إلى العينات الثلاث كانت متطابقة وتساوي 0.6 كيلو باسكال. اختلف سلوك العينات الثلاث ما بعد نقطة دخول الهواء وذلك بسبب اختلاف المسامية الميكروسكوبية لكل منها، وهذا يتفق مع ما توصل إليه Salager وآخرون (2014).

ويلاحظ من الشكل (4) اختلاف واضح بين منحنيات الشد الرطوبي وفق مسار التجفيف لكل من عينات تربة محطة الصنوبر الرملية الطينية وتربة مركز بوقا الطينية، ويعود هذا إلى اختلاف خواص الترب المدروسة وبشكل أساسي تركيبها الميكانيكي (Van Genuchten, 1980; Winfield, 2000; Feia et al., 2014) حيث يزداد الشد الرطوبي مع زيادة محتوى التربة من الطين، فالعينات الطينية من مركز بوقا أكثر احتفاظاً بالماء حيث تحتوي على أعلى نسبة من الطين (52%) بينما العينات الرملية الطينية

من محطة الصنوبر أقل قدرة على الإحتفاظ بالماء بسبب انخفاض محتواها من الطين أو احتوائها على كمية أعلى من الرمل (51%).



الشكل (4): منحنى الشد الرطوبي (الشد الرطوبي-Suction، درجة الإشباع التربة بالماء-Degree of saturation) وفق مسار التجفيف لجميع عينات تربة محطة الصنوبر الرملية الطينية DS1، DS2، DS3، ولجميع عينات تربة مركز بوقا الطينية DC1، DC2، DC3.

منحنى الشد الرطوبي وفق مسار الترطيب

التربة الرملية

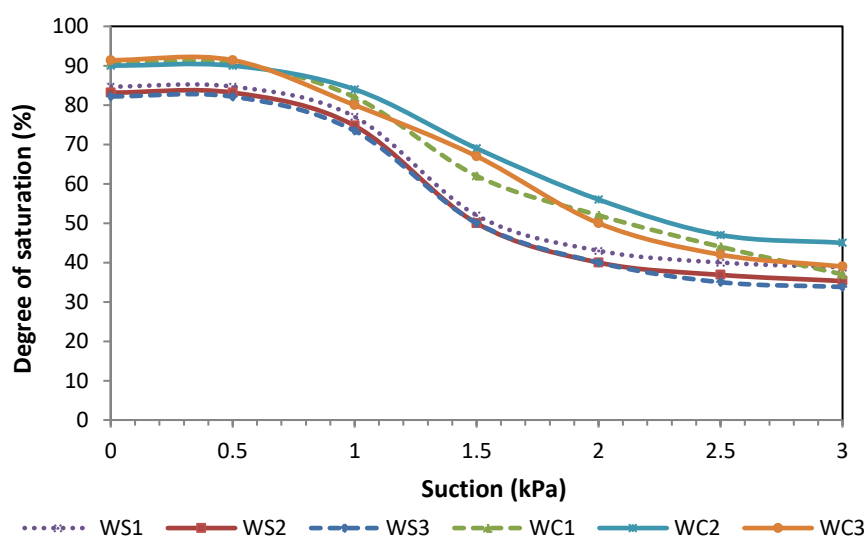
أجريت تجربة الترطيب للحصول على منحنى الشد الرطوبي لجميع عينات تربة محطة الصنوبر الرملية الطينية WS1، WS2، WS3. في الشكل (5)، يظهر منحنى الشد الرطوبي وفق مسار الترطيب لجميع عينات تربة محطة الصنوبر الرملية الطينية WS1، WS2، WS3. يوضح الشكل (5) ازدياد درجة إشباع العينة مع ازدياد قيمة الضغط الموجب المطبق، حيث تم ضخ الماء إلى العينة، انطلاقاً من حالة الماء المتبقي (المرحلة الأخيرة في مسار التجفيف) بتطبيق الضغط الموجب تدريجياً وفق المجال المعتمد، وصولاً إلى حالة الإشباع النظري التي يقابلها الضغط عند المستوى الصفري. عند الوصول إلى حالة الإشباع النظري نلاحظ أن العينات الثلاث لم تحقق درجة إشباع 100% ويعود ذلك وجود فقاعات الهواء محتجزة بين حبيبات التربة. كانت درجة الإشباع للعينات الثلاث WS1، WS2، WS3 (84.7، 83.2، 82.2%). بشكل مشابه لمسار التجفيف، اختلف سلوك العينات الثلاث خلال مسار الترطيب وذلك بسبب اختلاف المسامية الميكروسكوبية لكل منها (Riedel et al., 2012; Khaddour et al., 2013; Feia et al., 2014).

التربة الطينية

أجريت تجربة الترطيب للحصول على منحنى الشد الرطوبي لجميع عينات تربة مركز بوقا الطينية WC1، WC2، WC3. في الشكل (5)، يظهر منحنى الشد الرطوبي وفق مسار الترطيب لجميع عينات تربة مركز بوقا الطينية WC1، WC2، WC3. يوضح الشكل (5) ازدياد درجة إشباع العينة مع ازدياد قيمة الضغط الموجب المطبق. حيث تم ضخ الماء إلى العينة، انطلاقاً من حالة الماء المتبقي (المرحلة الأخيرة في مسار التجفيف) بتطبيق الضغط الموجب تدريجياً وفق المجال المعتمد، وصولاً إلى حالة الإشباع النظري التي يقابلها الضغط عند المستوى الصفري. عند الوصول إلى حالة الإشباع النظري نلاحظ أن العينات الثلاث لم

تحقق درجة إشباع 100% ويعود ذلك وجود فقاعات الهواء المحتجزة بين حبيبات التربة. كانت درجة الإشباع للعينات الثلاث WC1، WC2، WC3 (90.6، 90.2، 91.4%) . اختلف سلوك العينات الثلاث خلال مسار الترطيب وذلك بسبب اختلاف المسامية الميكروسكوبية لكل منها (Winfield, 2000; Salager et al., 2014).

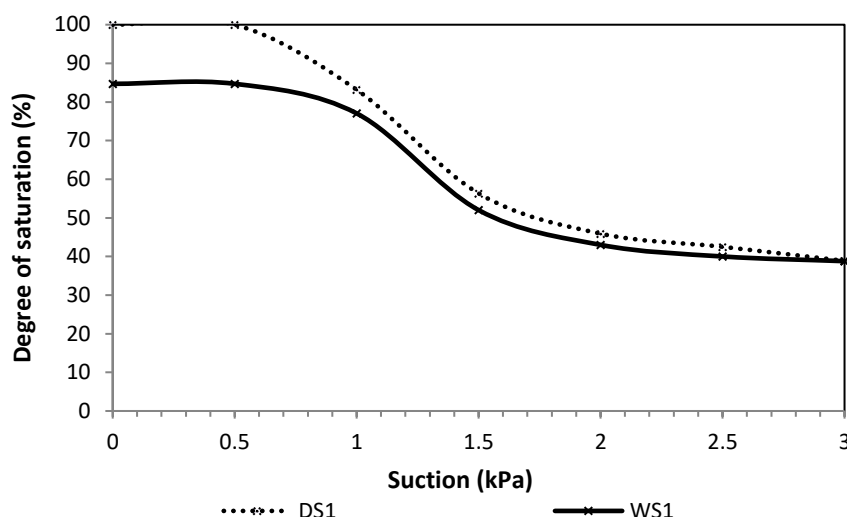
ويلاحظ من الشكل (5) اختلاف واضح بين منحنيات الشد الرطوبي وفق مسار الترطيب لكل من عينات تربة محطة الصنوبر الرملية الطينية وتربة مركز بوقا الطينية، ويعود هذا إلى اختلاف خواص التربة المدروسة وبشكل أساسي تركيبها الميكانيكي (Van Genuchten, 1980; Maaitah, 2012) وكيفية اتصال شبكة المسامات حيث تمتلك التربة الطينية مسامات دقيقة لكن متصلة تسهل مرور الماء بها مقارنة بالمسامات الكبيرة ذات الاتصال الأضعف في التربة الرملية، وعليه تزيد درجة إشباع التربة الطينية مقارنة بالتربة الرملية عند نفس قيمة الضغط .



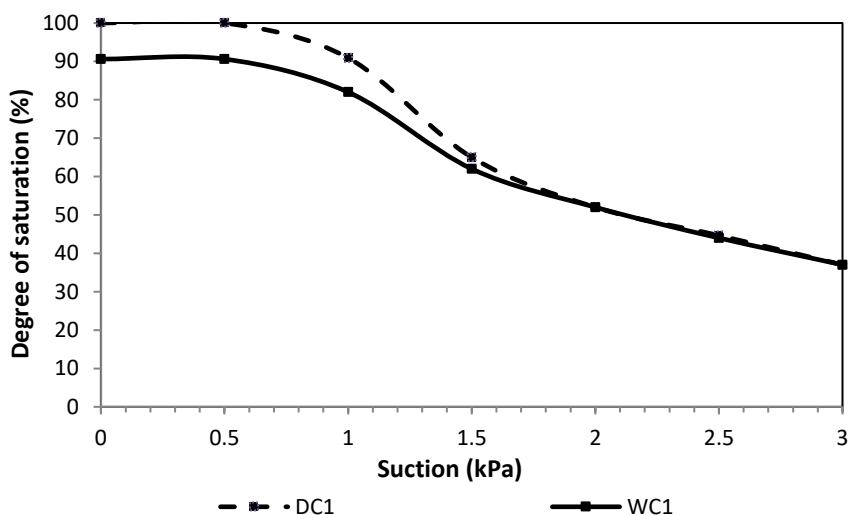
الشكل (5): منحنى الشد الرطوبي (الشد الرطوبي-Suction، درجة الإشباع-Degree of saturation) وفق مسار الترطيب لجميع عينات تربة محطة الصنوبر الرملية الطينية WS1، WS2، WS3 ولجميع عينات تربة مركز بوقا الطينية WC1، WC2، WC3.

منحنى الشد الرطوبي وفق مساري التجفيف والترطيب التربة الرملية

يظهر الشكل (6) منحنى الشد الرطوبي وفق مساري التجفيف والترطيب لعينة تربة من محطة الصنوبر الرملية الطينية S1، و يظهر الشكل (7) منحنى الشد الرطوبي وفق مساري التجفيف والترطيب لعينة تربة من محطة بوقا الطينية C1. يوضح الشكلان أنه عند ترطيب العينة لا يمكن الوصول لنفس درجة الإشباع الأولية في مسار التجفيف عند نفس قيمة الضغط رغم أن العينة لم تتغير. يعود سبب ذلك تغير المسامية الكلية وحجم المسامات واتصالها خلال مساري تجفيف وترطيب العينة بسبب انكماش العينة وانتفاخها خلال المسارين على التوالي (Flekky et al., 2002; Wildenschild et al., 2002; Maqsoud et al., 2004; Costanza-Robinson et al., 2011; Szymkiewicz, 2013).



الشكل (6): منحنى الشد الرطوبي (الشد الرطوبي-Suction، درجة الإشباع-Degree of saturation) وفق مساري التجفيف (المنقط) والترطيب (المتصل) لعينة تربة رملية طينية من محطة الصنوبر S1.



الشكل (7): منحنى الشد الرطوبي (الشد الرطوبي-Suction، درجة الإشباع-Degree of saturation) وفق مساري التجفيف (المنقط) والترطيب (المتصل) لعينة تربة طينية من محطة بوقا C1.

الاستنتاجات:

- أشارت النتائج أنَّ الترب الطينية تمتلك قدرة على الاحتفاظ بالماء وشد رطوبي أعلى مقارنةً بالترب الرملية الطينية، حيث بلغت قيمة الضغط عند نقطة دخول الهواء إلى العينات الطينية 0.6 كيلو باسكال مقارنةً بـ 0.5 كيلو باسكال للعينات الرملية الطينية، في حين كانت درجة الإشباع الدنيا وفق مسار التجفيف في العينات الطينية (37.1، 45.3، 39.2%) مقارنةً بـ (35.3، 38.9، 33.9%) للعينات الرملية الطينية. كما بلغت درجة الإشباع وفق مسار الترطيب في العينات الطينية (90.6، 90.2، 91.4%) مقارنةً بـ (84.7، 83.2، 82.2%) للعينات الرملية الطينية.
- أظهرت النتائج حساسية منحنى الشد الرطوبي لأبعاد حبيبات التربة، المسامية الكلية وأبعاد المسام واتصالها.

المقترحات:

مما تقدّم نقترح الآتي:

- ❖ إجراء المزيد من الدراسات المشابهة على أنواع جديدة من الترب في سورية مختلفة بتركيبها الميكانيكي.
- ❖ دراسة تأثير عوامل مختلفة على منحني الشد الرطوبي مثل الحرارة، أبعاد العينة، مواصفات الماء مثل التملح، ضغط التربة وغيرها.

المراجع:

- Al-salih, O., & Al-abboodi, I. (2023). "Assessment of a new pluviation system designed to prepare uniform samples of sand". Journal of King Saud University-Engineering Sciences.
- Baltodano-Goulding, R. (2006). "Tensile strength, shear strength, and effective stress for unsaturated sand". Doctoral dissertation, University of Missouri-Columbia.
- Bandyopadhyay, K.K. and Pradhan, S. (2012). "Assessment of Soil-Plant-Atmosphere System for Improving Resource Use Efficiency in Agriculture". Training Manual, TB-ICN: 95/2012, Division of Agricultural Physics, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi- 110 012, India. pp. 1-176.
- Bastian, P. (1999). "Numerical computation of multiphase flow in porous media". Doctoral dissertation, habilitationsschrift.
- Baver, L. D., Gardner, W. H. and Gardner, W. R. 1972. "Soil physics". 4th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.
- Bishop, A. W., & Henkel, D. J. (1957). "The measurement of soil properties in the triaxial test".
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). "The nature and properties of soils". Vol. 13, pp. 662-710. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Brockman, F. J., & Selker, J. S. (2004). "Integrated field, laboratory, and modeling studies to determine the effects of linked microbial and physical spatial heterogeneity on engineered vadose zone bioremediation". Pacific Northwest National Laboratory.
- Cavinato, M. (2011). "High shear wet granulation: process understanding and scale up".
- Costanza-Robinson, Molly S., Benjamin D. Estabrook, and David F. Fouhey. (2011). "Representative elementary volume estimation for porosity, moisture saturation, and airwater interfacial areas in unsaturated porous media: Data quality implications". Water Resources Research 47.7.
- Culligan, K. A., Wildenschild, D., Christensen, B. S. B., Gray, W. G., & Rivers, M. L. (2006). "Pore-scale characteristics of multiphase flow in porous media: a comparison of air-water and oil-water experiments". Advances in water resources, 29(2), 227-238.
- Dorin, S. F. C. Z., & Lucian, P. V. "Soil porosity and pore size distribution". Scientific Bulletin of the University "Politehnica" University of Timisoara (2011): 59-62.
- El-Garhy, B. M., & Omran, W. M. (2007). "A new equation for simulating soil water characteristic curve". Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 32(10), 8777-8794.
- Feia, S., Ghabezloo, S., Bruchon, J. F., Sulem, J., Canou, J., & Dupla, J. F. (2014). "Experimental evaluation of the pore-access size distribution of sands". Geotech Test J, 37(4), 1-8.
- Flekky, E. G., Schmittbuhl, J., Lvholt, F., Oxaal, U., Mly, K. J., & Aagaard, P. (2002). "Flow paths in wetting unsaturated flow: Experiments and simulations". Physical Review E, 65(3), 036312.
- Fredlund, D. G., Rahardjo, H., & Fredlund, M. D. (2012). "Unsaturated soil mechanics in engineering practice". John Wiley & Sons.
- Gras, J. P. (2011). "Approche micromecanique de la capillarite dans les milieux granulaires: retention d'eau et comportement mecanique". Doctoral dissertation, Universite Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc.
- Ismail, S. M., & Ozawa, K. (2007). "Improvement of crop yield, soil moisture distribution and

- water use efficiency in sandy soils by clay application". Applied Clay Science, 37(1-2), 81-89.
- Jamil, I., Ahmad, I., Ullah, W., Junaid, M., & Khan, S. A. (2022). "Uniform large scale cohesionless soil sample preparation using mobile pluviator". Geomechanics and Engineering, 28(5), 521-529.
- Kaestner, A., et al. "Mapping the 3D water dynamics in heterogeneous sands using thermal neutrons". Chemical Engineering Journal 130.2 (2007): 79-85.
- Kang, M., Bilheux, H.Z., Voisin, S., Cheng, C.L., Perfect, E., Horita, J. and Warren, J.M. (2012). "Water Calibration Measurements for Neutron Radiography: Application to Water Content Quantification in Porous Media". Elsevier, pp. 24-31.
- Khaddour, G. (2015). "Multi-scale characterization of the hydro-mechanical behavior of unsaturated sand: water retention and triaxial responses". Doctoral dissertation, Grenoble Alpes.
- Khaddour, G., Hashemi, A., Salager, S., Desrues, J., Massart, T. J., & Francois, B. (2013). "Phase segmentation in 3D X-ray images of unsaturated granular materials". In XVI French-Polish Colloquium of Soil and Rock Mechanics, Montpellier, France.
- Lins, Y. (2010). "Hydro-mechanical properties of partially saturated sand". Dissertation as a requirement of the degree of Doctor Engineer. Faculty of Civil Engineering University Bochum.
- Maqsoud, A., Bussire, B., Mbonimpa, M., & Aubertin, M. (2004, October). "Hysteresis effects on the water retention curve: a comparison between laboratory results and predictive models". In Proceedings of the 57th Canadian Geotechnical Conference and the 5th Joint CGS-IAH Conference, Quebec City, Que (pp. 24-27).
- Matsuda, C. (2018). "Developing soil water retention curves to guide irrigation needs for the soils of pioneer farm". Waialua, Oahu.
- McDowell, L. A. (2004). "An Alternative Medium for the Measurement of Soil Suction by the Filter Paper Method".
- Maaitah, O. (2012). "Soil-water characteristic curve model-silty sand soil". Jordan Journal of Civil Engineering, 6(1), 54-67.
- Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2018). "Effects on Soil Water Holding Capacity and Soil Water Retention Resulting from Soil Health Management Practices Implementation".
- Nimmo, J. R. (2004). "Porosity and pore size distribution". Encyclopedia of Soils in the Environment, 3, 295-303.
- Riedel I., And_o E., Salager S., B_esuelle P., Viggiani G. (2012). "Water retention behavior explored by x-ray CT analysis". Springer Series in Unsaturated Soils: Research and Applications 2012, Part 1, 81-88.
- Salager, S., Khaddour, G., Charrier, P., & Desrues, J. (2014). "An investigation into unsaturated states of granular media using X-ray computed tomography". Unsaturated Soils: Research & Applications, pages: 703-709, CRC Press.
- Szymkiewicz, A. (2013). "Mathematical Models of Flow in Porous Media". In Modelling Water Flow in Unsaturated Porous Media (pp. 9-47). Springer Berlin Heidelberg.
- Tarantino, A. (2008). "Laboratory and field testing of unsaturated soils". spring.
- Van Genuchten, M. T. (1980). "A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil". Soil Sci. Soc. Am. J. 44, 892-898.
- Vanapalli, S. K., Sillers, W. S., & Fredlund, M. D. (1998, October). "The meaning and relevance of

- residual state to unsaturated soils”. In Proceedings of the 51st Canadian Geotechnical Conference, Edmonton, Alta (pp. 4-7).
- Vomocil, J. A. 1965. “Porosity”. Pages 299-214 in C. A. Black, ed. Methods of soil analysis. Agronomy monograph. No. 9. Part I. Amer. Soc. Agron., Madison, Wis.
- Wheeler, S. J., R. S. Sharma, and M. S. R. Buisson (2003). “Coupling of hydraulic hysteresis and stress-strain behavior in unsaturated soils”. *Geotechnique* 53, 4154.
- Wildenschild, D., Culligan, K. A., & Christensen, B. S. (2004, October). “Application of x-ray micro tomography to environmental uid ow problems”. In *Optical Science and Technology, the SPIE 49th Annual Meeting* (pp. 432-441). International Society for Optics and Photonics.
- Wildenschild, D., Vaz, C. M. P., Rivers, M. L., Rikard, D., & Christensen, B. S. B. (2002). “Using X-ray computed tomography in hydrology: systems, resolutions, and limitations”. *Journal of Hydrology*, 267(3), 285-297.
- Winfield, K. A. (2000). “Factors controlling water retention of alluvial deposits, Western Mojave Desert”. San Jose State University.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2018. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-based Solutions. Paris, UNESCO.
- Yadav, P., Chauhan, J. S., Kannoja, P., Jain, N. K., & Tomar, V. (2010). “A Review: On Scale-Up Factor Determination of Rapid Mixer Granulator”. *Scholar Research Library* ISSN, 0975-8071.
- Zheng, W., Zeng, S., Bais, H., LaManna, J. M., Hussey, D. S., Jacobson, D. L., & Jin, Y. (2018). “Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Reduce Evaporation and Increase Soil Water Retention”. *Water Resources Research*, 54(5), 3673-3687.
- Zhou, A. N., Sheng, D., Sloan, S. W., & Gens, A. (2012). “Interpretation of unsaturated soil behaviour in the stressSaturation space, I: Volume change and water retention behaviour”. *Computers and Geotechnics*, 43, 178-187.
- Zhou, J., Li, Z., & Pei, W. (2022). “The Quantification and Evolution of Particle Characteristics of Saturated Silt under Freeze–Thaw Cycles”. *Applied Sciences*, 12(21), 10703.

Estimation of soil water retention curve for soils of different textures in Lattakia

Ghonwa Khaddour ^{(1)*}

(1) .General commission for scientific agricultural research, Latakia center/ Syria.
 (*Corresponding author: Ghonwa Khaddour, E-Mail: ghonwakhaddour@hotmail.com, Phone: 0934797446).

Received:8/10/2024

Accepted:11/12/2024

Abstract

This research was carried out at the Agricultural Scientific Research Center in Lattakia Governorate during the years 2020-2022, in order to estimate the moisture tension curve for soils taken from two sites in the governorate: Al-Sanobar Station-sandy clay soil, and Buqa Center-clay soil. The moisture tension curve represents the relationship between the amount of water and water pressure in the soil, and this curve is considered one of the most important hydrodynamic properties that characterize soil and is difficult to determine. For this purpose, a simplified device that works according to the

principle of hanged water column was designed and implemented so that it allows applying pressure to the soil water and calculating the amount of water for cylindrical samples with dimensions ($r \times h=1.2 \times 2\text{cm}$). The experiment was conducted following the drying path first, then the wetting path by applying pressure values within the range 0-3 kilopascals, at a rate of 3 replicates for each site. The results showed that clay soils have higher water holding capacity and moisture tension compared to sandy clay soils, where air entry value for clay samples was 0.6 kPa compared to 0.5 kPa for sandy clay samples, while the minimum degree of saturation in the drying path was (37.1, 45.3, 39.2%) for clay samples compared to (38.9, 35.3, 33.9%) for sandy clay samples. On the other hand, the maximum degree of saturation in the wetting path was (90.6, 90.2, 91.4%) for clay samples compared to (84.7, 83.2, 82.2%) for sandy clay samples.

Keywords:, Soil water retention curve, sandy and clayey soils, wetting and drying.