



The use of pore volume characteristics and soil moisture release curve to determine physical quality of soils with different gypsum contents

*Al-Kayssi A.W. and Ahmed Dawood Salman

*Tikrit University / Agricultural Machinery and Equipment Department
Tikrit University / Soil Science and Water Resources Department

Article Info.

Received
2021 / 3 / 1
Publication
2021/ 4 / 12

Keywords

S-index, Pore
volume,
gypsum
content, Air
Capacity, Bulk
Density,
Organic
Carbon

Abstract

A newly proposed concept of soil physical quality and its development as a guide to assess the extent of soil degradation or improvement and to determine appropriate soil management. The study aimed to: evaluate the soil physical quality index of gypsiferous soils under different management systems as well as determine the optimal pore size distribution and the optimum moisture-tension curve based on the quality of the physical soil properties under different management systems and diagnose the distribution of pore sizes and moisture-tension curves that could be used to predict the changes in the physical quality of gypsiferous soils because of the applied agricultural management pattern. Physical indicators measured on undisturbed soil samples collected from 15 selected sites in Salah Aldeen Governorate, with different gypsum content (30 to 301 g kg⁻¹ soil). The results showed that the best distribution of measured pore size (h) S *, (Normalized pore volume) was for a group of soils that were largely similar in terms of shape and location parameters. Accordingly, the optimal pore distribution considered representative of these soils. The results showed the possibility of using the (Dexter-S) indicator correctly and in coordination with the distribution of pore size and the soil moisture characteristic curve to calculate the physical soil quality in soils of different gypsum content.

Corresponding author: E-mail(wa.alkayssi@tu.edu.iq) Al- Muthanna University All rights reserved

تحديد النوعية الفيزيائية لبعض الترب الجبسية باستعمال دلائل التربة وتوزيع احجام المسامات

*أحمد داود سلمان و عبد الوهاب عبد الرزاق القيسي

*جامعة تكريت / قسم المكنان والآلات الزراعية

جامعة تكريت / قسم علوم التربة والموارد المائية

أقترح مفهوم نوعية التربة الفيزيائي حديثاً وتطور استخدامه كدليل (indicator) لتقييم مدى تدهور أو تحسين التربة وتحديد الإدارة المناسبة للتربة. استهدفت الدراسة (1) تقييم مؤشر نوعية التربة الفيزيائية لترب جبسية تحت نظم ادارة مختلفة (2) معرفة توزيع حجم المسام الامثل ومنحنى الشد الرطوبي الامثل استناداً لنوعية خصائص الترب الفيزيائية تحت نظم ادارة ترب مختلفة (3) تشخيص توزيع احجام المسام ومنحنيات الشد الرطوبي التي يمكن ان تستخدم للتنبؤ بتغيرات النوعية الفيزيائية للترب الجبسية كنتيجة لنمط الادارة الزراعية المطبقة. قيست المؤشرات الفيزيائية في المختبر لنماذج ترب جبسية غير مثارة، جمعت من 15 موقع منتخب من محافظة صلاح الدين وتختلف بمحتواها من الجبس (30 الى 301غم كغم⁻¹ تربة). بينت النتائج ان أفضل توزيع لحجم المسام المقيس كانت لمجموعة الترب التي كانت متماثلة الى حد كبير من حيث عوامل الشكل والموقع وبناءً على ذلك اعتبر توزيع المسام الامثل ممثلاً لهذه الترب. بينت النتائج امكانية استخدام مؤشر (Dexter-S) بشكل صحيح وبالتنسيق مع توزيع حجم المسام ومنحنى الوصف الرطوبي للتربة لحساب نوعية التربة الفيزيائية في ترب ذات محتوى جبسي مختلف.

تعد تجمعات التربة من الخصائص المهمة في النظام البيئي للتربة

وتتأثر بعدد من العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية،

المقدمة:

مجموعة واسعة ومتنوعة من البيانات لترب مختلفة كتوزيع حجوم مفصولات التربة والمادة العضوية (الكربون العضوي) والمحتوى الكلي لمعادن الكربونات ومحتوى الجبس والكثافة الظاهرية والتوزيع الحجمي لتجمعات التربة ومعدل القطر الهندسي واكاسيد الحديد الحرة ونقطة الذبول والسعة الحقلية والايصالية المائية المشبعة والايصالية الكهربائية (EC) والاس الهيدروجيني (pH) (Rawls et al., 1988 و Wosten and van Genuchten, 2003 و al., 2004 و Moreira et al., 2010 و Buccigrossi et al., 2010 و Keshavarzi et al., 2010 و Jafarnejadi et al., 2012 و Shalmani et al., 2010).

المواد وطرائق العمل:

مصادر جمع عينات التربة الجبسية:

اخدت نماذج تربة من 15 موقع تم اختيارها في محافظة صلاح الدين شمل مناطق جامعة تكريت والديوم والعلم والدور. تميزت المواقع المختارة باختلاف محتواها من الجبس ونوع الادارة المستخدمة ونظام الزراعة وطريقة الري (جدول1). صنفت مواقع الدراسة الى ثلاث مجاميع اعتمادا على مؤشرات النوعية الفيزيائية للتربة وكما يلي:

اولاً: شملت المجموعة الأولى عينات التربة للمواقع ذات النوعية الفيزيائية جيدة جدا (DO-G1-NC و UN-G7-D1 و TI-G10-SI و AL-G14-NC و AL-G15-NC) ، والتي بلغت نسب الجبس فيها 30 و 110 و 140 و 212 و 301 غم كغم⁻¹ تربة على الترتيب، موقع نماذج التربة الأولى والرابعة والسادسة كانت غير مزروعة وغير مستغلة اما التربة الثانية فكانت تربة مزروعة بمحصول البطاطا وتروى بنظام الري بالتنقيط وكانت التربة الثالثة مستغلة ومزروعة بمحصول الحنطة وتروى بطريقة الري السطحي.

ثانياً: شملت المجموعة الثانية نماذج التربة للمواقع ذات النوعية الفيزيائية الجيدة (DO-G2-NC و DO-G3-NC و UN-G4-SI و DO-G6-NC و UN-G11-SI و DO-G12-NC) والتي بلغت نسب الجبس فيها 42 و 58 و 68 و 103 و 150

فالتجمعات هي ناتج لعملية ترتيب وتنظيم وتماسك دقائق التربة بوجود كاربون التربة العضوي وأيونات موجبة متعددة التكافؤ والطين والمعادن والكائنات الدقيقة التي لها دور رئيس في هذه العملية (Neelam et al., 2010).

الحيز المسامي للتربة هو الحيز الذي يشغله كل من الهواء والماء أو أحدهما وفق ظروف تلك التربة ومحتواها الرطوبي. وتتحدد طبيعة ذلك الحيز حسب تنظيم دقائق التربة الصلبة وتجمعاتها، فإذا كان انتظام تلك الدقائق بشكل متزاحم ومتلاصق وفي تماس مع بعضها كما في التربة الرملية تكون المسامية الكلية صغيرة، أما إذا كان انتظام الدقائق بشكل متجمع ومنتظم في تجمعات مسامية كما هو الحال في التربة المتوسطة النسجة والطينية أو ذات المحتوى المرتفع من المادة العضوية اذ تكون المسامية الكلية كبيرة (نجم وحمادي، 1980 ،حسن، 1989، مهدي، 2005).

إن منحى الوصف الرطوبي أحد القياسات الفيزيائية المهمة في التربة، إذ يوضح تحديد حركة الماء في التربة ويفيد في التعرف على سلوك التربة غير المشبعة في إمداد النبات بالماء ومدى قابلية التربة على الاحتفاظ بالرطوبة عند الشدود المختلفة. اقترحت معادلات رياضية وضعية (Empirical equation) كثيرة لوصف هذا المنحنى تستند بشكل رئيس الى توزيع حجوم المسام، وهذه يمكن أن تصف خصائص رطوبة التربة خلال مديات شد محددة، منها معادلة van Genuchten(1980) ذات الشكل المغلق (Closed form) والتي تستخدم على نطاق واسع لوصف منحى الوصف الرطوبي في التربة المثارة وغير المثارة على حد سواء (Leech et al., 2006, Mahdi, 2008).

بدأ استخدام دوال Pedotransfer (PTFs)، في بداية القرن العشرين لتحديد معامل الذبول وعرفوه على انه المحتوى المائي للتربة عندما يكون النبات غير قادر على امتصاص الماء عندها لا يستطيع النبات استعادة نشاطه حتى وان تم وضعه في محيط رطب بعدها وتعد دالة لتوزيع حجوم دقائق التربة التي تعد مهمة في نمو النبات. وتعرف دوال (PTFs) بأنها مجموعة من الدوال الوضعية والمشتقة من الدوال المثلى احصائياً والتي تشمل

ثالثاً: شملت المجموعة الثالثة نماذج التربة للمواقع ذات النوعية الفيزيائية الضعيفة (DO-G5-NC و TI-G8-NC و DO-123 و UN-G13-SI و G9-NC) وبلغت نسب الجبس فيها 88 و 123 و 135 و 172 غم كغم⁻¹ تربة على الترتيب، التربة الأولى والثانية والثالثة كانت غير مستغلة اما التربة الرابعة فكانت تربة مستغلة ومزروعة بمحصول الذرة الصفراء وبطريقة الري السطحي.

و164 غم كغم⁻¹ تربة على الترتيب ، تميز موقع عينة التربة الأولى والثانية والرابعة والسادسة في هذه المجموعة بكونها غير مستغلة بينما كان موقع عينة التربة الثالثة مستغل ومزروع بمحصول الذرة الصفراء ويروى بطريقة الري السطحي اما موقع التربة الخامسة فكان مستغل ومزروع بمحصول الحنطة ويروى بطري الري السطحي.

جدول (1): احداثيات مواقع الترب الجبسية المختارة

المجموعة	رمز الموقع	اسم الموقع	محتوى التربة من الجبس (غم كغم ⁻¹)	احداثيات خط العرض	احداثيات خط الطول
المجموعة الأولى	DO- G1-NC	الدور/تربة غير مزروعة	030	34° 30' 25.10" N	43° 48' 15.87" E
	UN-G7-Di	جامعة تكريت/مزروعة بطاطا/ري بالتنقيط	110	34° 40' 46.12" N	43° 38' 48.10" E
	TI-G10-Si	الديوم/مزروعة حنطة/ري سطحي	140	34° 39' 34.37" N	43° 38' 06.87" E
	AL-G14- NC	العلم/تربة غير مزروعة	212	34° 40' 28.43" N	43° 38' 12.42" E
المجموعة الثانية	AL-G15- NC	العلم/تربة غير مزروعة	301	34° 40' 06.43" N	43° 38' 52.43" E
	DO-G2- NC	الدور/تربة غير مزروعة	042	34° 31' 14.61" N	43° 46' 36.31" E
	D0-G3- NC	الدور/تربة غير مزروعة	058	34° 31' 22.79" N	43° 46' 18.66" E
	UN-G4-Si	جامعة تكريت/مزروعة ذرة صفراء /ري سطحي	068	34° 40' 41.73" N	43° 38' 20.10" E
المجموعة الثالثة	DO-G6- NC	الدور/تربة غير مزروعة	103	34° 31' 10.37" N	43° 46' 49.27" E
	UN-G11-Si	جامعة تكريت/مزروعة/ري سطحي	150	34° 40' 49.32" N	43° 46' 49.81" E
	DO-G12- NC	الدور/تربة غير مزروعة	164	34° 30' 34.88" N	43° 48' 28.58" E
	DO-G5- NC	الدور/تربة غير مزروعة	088	34° 31' 07.83" N	43° 46' 13.12" E
المجموعة الثالثة	TI-G8- NC	الديوم/تربة غير مزروعة	123	34° 39' 45.09" N	43° 38' 15.27" E
	DO-G9- NC	الدور/تربة غير مزروعة	135	34° 31' 15.66" N	43° 46' 19.38" E
	UN-G13-Si	جامعة تكريت/مزروعة ذره صفراء/ري سطحي	172	34° 40' 44.78" N	43° 38' 40.71" E

(UN، Tikrit University)=جامعة تكريت

(Drip Irrigation•DI)=ري بالتنقيط

(Door•DO)=الدور

(Non Cultivated•NC)=غير مزروع

(Tikrit•TI)=تكريت

(Surface Irrigation•SI)=ري سطحي

(Alam•AL)=العلم

سم وارتفاعها 5 سم. ادخلت الحلقات في التربة الرطبة باستخدام مطرقة مطاطة وبعد الوصول للعمق المطلوب (5 سم) ثم حفر خندق حول الحلقة لاستخراجها باستعمال سكين. اخذ 48 نموذج

رطب سطح التربة لكل موقع من مواقع اخذ عينات التربة لتسهيل عملية الحصول على نماذج تربة غير مثارة (undisturbed) باستخدام حلقات مصنوعة من مادة ال PVC قطرها الداخلي 4.5

Reynolds et al., 2009 واخذت العينات بالقرب من النباتات في المواقع المزروعة. نقلت العينات الى المختبر بواسطة حاويات اعدت سلفاً لهذا الغرض لكيلا يحصل تغير في بناء التربة اثناء نقلها وغلفت بأكياس نايلون للحفاظ عليها لحين اجراء القياسات والتحليل المطلوبة. يبين جدول (2) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لنماذج تربة مواقع الدراسة.

غير مثار (undisturbed) من كل موقع على اساس 4 مكررات لكل شد من الشدود الرطوبية لمنحنى الوصف الرطوبي لكل موقع اذ بلغ عدد نقاط الشد الرطوبي لمنحنى الوصف الرطوبي 12 نقطة لكل موقع، تم اختيار سطح التربة لأخذ العينات والعمق 5 سم لأن هذا العمق يؤثر في العديد من العمليات البيئية المحددة لنمو المحصول من خلال انبات البذور وبزوغ البادرات وظواهر تقشر التربة والتعرية والجريان السطحي للماء وغيض الماء في التربة

جدول (2). بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لنماذج تربة مواقع الدراسة

ت	نموذج التربة	PH	المادة العضوية الإيصائية الكهربائية	الكربونات	معادن	الجبس	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	المسامية	السعة التبادلية للأيونات الموجبة
			غم	غم	غم	غم	غم	غم	غم	غم	غم	غم	غم	%	سنتمول شحنة كغم ⁻¹
1	DO- G1-NC	7.6	2.01	11	88	30	9.40	5.10	4.20	0.77	4.80	7.50	7.70	0.41	17.0
2	UN-G7-Di	7.2	2.90	14	185	110	8.3	6.60	5.30	1.77	2.2	6.5	12.3	0.42	12.5
3	TI-G10-Si	7.6	3.10	14	201	140	8.80	8.80	0.40	4.80	5.8	1.5	13.0	0.45	12.5
4	AL-G14- NC	7.2	2.90	6	180	212	17.2	0.34	2.18	0.36	0.6	1.8	19.2	0.42	10.1
5	AL-G15- NC	8.1	2.40	4	205	301	22.1	2.80	2.89	0.41	0.9	2.7	24.0	0.40	5.8
6	DO-G2- NC	7.5	2.25	13	111	42	13.0	4.40	0.70	0.40	0.4	8.4	10.1	0.42	16.0
7	DO-G3- NC	7.5	2.21	10	148	58	15.8	4.30	0.70	0.61	0.5	9.4	11.2	0.42	15.0
8	UN-G4-Si	7.6	2.44	16	311	68	5.6	6.40	1.26	0.86	2.8	1.3	11.0	0.47	13.3
9	DO-G6- NC	7.8	2.99	12	108	103	15.0	3.60	0.90	0.51	0.5	9.3	10.3	0.47	13.0
10	UN-G11-Si	7.8	2.40	11	265	150	9.7	4.40	1.44	0.73	1.9	1.7	12.7	0.47	12.3
11	DO-G12- NC	7.6	2.75	7	99	164	18.7	2.60	2.40	0.18	2.0	4.5	16.6	0.44	10.0
12	DO-G5- NC	7.7	2.90	13	89	88	18.5	3.50	0.90	0.56	0.5	6.8	12.0	0.45	12.0
13	TI-G8- NC	7.3	2.10	9	226	123	7.0	8.00	0.70	2.60	4.9	1.8	11.5	0.45	14.9
14	DO-G9- NC	7.7	2.85	8	102	135	17.9	3.20	0.80	0.43	0.5	7.8	12.8	0.44	11.0
15	UN-G13-Si	7.1	3.10	15	212	172	15.0	4.50	2.72	1.02	2.1	2.9	17.5	0.44	11.8

و100 و200 و400 و800 و1500 كيلو باسكال. قدر المحتوى الرطوبي الوزني لكل عينة من عينات التربة عند الشدود الرطوبية المختلفة بعد تجفيفها بالفرن عند درجة حرارة 105 درجة مئوية ثم حسب المحتوى الرطوبي الحجمي عند كل شد رطوبي لكل نموذج من نماذج التربة.

منحنى الوصف الرطوبي

قدر المنحنى الوصف الرطوبي لعينات التربة بعد ترطيب عينات الترب غير المثارة عن طريق الخاصية الشعرية لمدة 24 ساعة ثم عرضت للشدود الرطوبية 0 و 1 و 2 و 4 و 8 و 10 و 33 و 100 و 200 و 400 و 800 و 1500 كيلو باسكال. قدرت الحدود الدنيا لمنحنى الوصف الرطوبي لعينات التربة الغير المثارة (Undisturbed) باستعمال اقماع زجاجية ذات اقراص مسامية (Cintred glass funnels) قطر فتحاتها 20 مايكرون لمدى الشد الرطوبي 1 و 2 و 4 و 8 كيلو باسكال استخدم جهاز اقراص الضغط (Pressure plate Apparatus) للشدود 10 و 33

دالة توزيع احجام المسام (Pore volume distribution function)

تعرف دالة توزيع احجام المسام $S_v(h)$ على بانها انحدار منحنى الوصف الرطوبي معبراً عنها كمحتوى رطوبي حجمي Θ_v (م³ م⁻³)

$$\theta_v = (BD)\theta_g \dots\dots\dots(3)$$

$$S_v(h) = (BD)S_g(h) \dots\dots\dots(4)$$

وكننتيجة لذلك سيكون:

$$S^*(h) = \frac{m(ah)n\{1+m-1\}(m+1)}{\{1+(ah)n\}(m+1)} ; 0 \leq S^*(h) \leq 1 \dots\dots\dots(5)$$

لذا فإن قيمة $S^*(h)$ تكون مستقلة وغير مرتبطة بالكثافة الظاهرية والمسامية وتوفر إمكانية مقارنة توزيع حجم المسام بين المواد المسامية المختلفة. يمكن وصف و مقارنة توزيع احجام المسام باستخدام عوامل الموقع (Location) والشكل (shape)، اذ تضم عوامل الموقع، قيم المنوال (mode) و الوسيط (median) والمتوسط الحسابي لقيم d_e (mean) والتي تمثل مقاييس التمرکز (central tendency)، اما عوامل الشكل فتتضمن الانحراف القياسي (SD) والانحراف (Skewness) والتفرطح (Kortosis). من خلال عوامل الموقع يمكن حساب d_e من المعادلة التالية:

$$d_\theta = \frac{2980\alpha}{(\theta^{-1/m}-1)^{1/n}} ; 0 \leq \theta \leq 1 \dots\dots\dots(6)$$

حسبت قيم الوسيط (median) والمنوال (mode) من العلاقة التالية:

$$d_{\text{median}} = d_{0.5} = \frac{2980\alpha}{(0.5^{-1/m}-1)^{1/n}} ; \theta = 0.5 \dots\dots\dots(7)$$

و

$$d_{\text{mode}} = \frac{2980\alpha}{(\theta_i^{-1/m}-1)^{1/n}} = \frac{2980\alpha}{m^{-1/n}} \dots\dots\dots(8)$$

عندما تكون قيمة $\Theta = 0.5$ فإنها تمثل الوسيط لقيمة (d_{median}, d_e) و المنوال (d_{mode}, d_e) يتوافق مع المحتوى الرطوبي النسبي (Θ_i) او الشد (h_i) لمنحنى الوصف الرطوبي. ان اكثر حساب واقعي

$(^3)$ مقابل اللوغاريتم الطبيعي للشد المسلط $[\ln(h)]$ او ما يعادلها من قطر المسام d_e بمقياس لوغاريتمي (μm) (Jena (Log_{10}) and Gupta,2002). لذا فإن المنحنى الناتج على شكل جرس (bell shaped) لتوزيع المسام يكون احصائيا لوغاريتمي خطي. وتحسب قيم d_e باستعمال معادلة الخاصية الشعرية التالية (Warrick, 2002).

$$d_e = \frac{4\gamma\cos\omega}{\rho_w g h} \approx \frac{2980}{h} ; h > 0 \text{ (cm)}; d_e \text{ (um)}; 20C \dots\dots\dots(1)$$

أذ ان

$$\gamma = \text{الشد السطحي المائي للمسام (72.8 غم ثانية}^{-2}\text{)}$$

$$\rho_w = \text{كثافة الماء (0.998 غم سم}^{-3}\text{)}$$

$$g = \text{التعجيل الأرضي (980 سم ثا}^{-2}\text{)}$$

$$\omega = \text{زاوية التماس (0)}$$

حسبت دالة توزيع حجم المسام المقيس (Normalized pore volume) من العلاقة التالية:

$$S^*(h) = \frac{m(ah)n\{1+m-1\}(m+1)}{\{1+(ah)n\}(m+1)} ; 0 \leq S^*(h) \leq 1 \dots\dots\dots(2)$$

اذ ان:

α (hpa^{-1}) و n (بدون وحدات) و m (بدون وحدات) هي معاملات تجريبية لأفضل منحنى باعتبار ان $m=1-(1/n)$.

اذا اعتبرنا ان الكثافة الظاهرية للتربة (BD) ثابتة لمدى شد معين لمنحنى الوصف الرطوبي. لذا فإن المحتوى الرطوبي الحجمي θ_v يمكن حسابه في:

Blott) kurtosis < 1 فأنها تشير الى انخفاض الذروة عند الوسط (and Pye , 2001).
النتائج والمناقشة

اعتبرت المجموعة الاولى التي ضمت خمس ترب مختلفة بمحتواها من الجبس ونظام الادارة المتبعة هي المجموعة المثلى لصفات التربة الفيزيائية جدول 3، اذ اظهرت هذه المجموعة افضل توزيع لحجم المسام المقيس ($S^*(h)$ Normalized pore volume) والتي كانت متماثلة الى حد كبير من حيث عوامل الشكل والموقع (Shaped and location parameters) وبناءً على ذلك اعتبر توزيع المسام الامثل في الترب الخمس ممثلاً لهذه المجموعة (شكل 1b) وتم ادراج المديات المثلى لعوامل الموقع والشكل في الجدول 3.

ووفقاً لمعايير (Boltt and Pye (2001) فأن توزيع المسام الصغيرة والكبيرة كانت متناظرة وبلغت ذروتها في الوسط كما يلاحظ ان قيم $d_{men} < d_{median} < d_{mode}$ وهذا يتفق مع انحراف قوي نحو المسامات ذات الاقطار الصغيرة (شكل 1b، جدول 3، المجموعة الأولى).

تم الحصول على منحنى الوصف الرطوبي الامثل (شكل 1c) الذي يمثل متوسط ومدى منحنيات الوصف الرطوبي المقيس (Normalized release curve) واستخدمت قيم هذه المجموعة $\theta(h)$ وتداخلات نظم الادارة المختلفة لتقدير توزيع حجم المسام ، اذ يلاحظ ان قيم d_{mode} لهذه المجموعة كانت بين $33 \leq d_{mode} \leq 45$ مايكرون ، بينما كانت قيم الوسيط d_{median} لهذه المجموعة تتراوح بين $203 \leq d_{median} \leq 25$ مايكرون لكل من نماذج الترب $Ti - G10 - Si$ و $UN - G7 - Di$ ، وكانت اقل قيمة للمتوسط الحسابي d_{mean} عند نموذج التربة $AL - NC - G15$ اذ بلغت 6.7 مايكرون وكانت اعلى قيمة للمتوسط الحسابي عند نموذج التربة $UN - G7 - Di$ اذ بلغت 162 مايكرون، اما قيم الانحراف القياسي SD فكانت اقل قيمة عند نموذج التربة $AL - G4 - NC$ اذ بلغت 27.2 . كانت النسب

لاانتشار (Spreading) وعدم التناسق (asymmetry) لتوزيع احجام المسام يتمثل بالمتوسط الهندسي (geometric standard deviation,) والانحراف القياسي (mean, d_{mean}) و الانحراف (Skewness) و التفرطح (Kortisos) . والتي يتم حسابها من العلاقات التي اقترحها (Blott and pye (2001) لوصف توزيع احجام الدقائق.

$$d_{mean} = \exp \left(\frac{\ln d_{0.16} + \ln d_{0.50} + \ln d_{0.84}}{3} \right) \dots (9)$$

$$SD = \exp \left(\frac{\ln d_{0.84} - \ln d_{0.16}}{4} + \frac{\ln d_{0.95} - \ln d_{0.05}}{6.6} \right) ; 1 \leq SD < \infty \dots \dots \dots (10)$$

العامل SD يعد مقياس لمدى حجم قطر المسام المكافئ ، فعندما تكون قيمة $SD = 1$ فأن ذلك يدل على عدم وجود اختلاف في اقطار المسام (أي ان جميع المسام بنفس الحجم) وان زيادة قيمة SD تشير الى زيادة مدى اقطار المسام.

$$Skewness = 1/2 \left\{ \frac{\ln d_{0.16} + \ln d_{0.84} + 2(\ln d_{0.50} + \ln d_{0.05} + \ln d_{0.95} - 2(\ln d_{0.50}))}{\ln d_{0.84} - \ln d_{0.16}} \right\} ; 1 \leq skewness \leq +1 \dots \dots \dots (11)$$

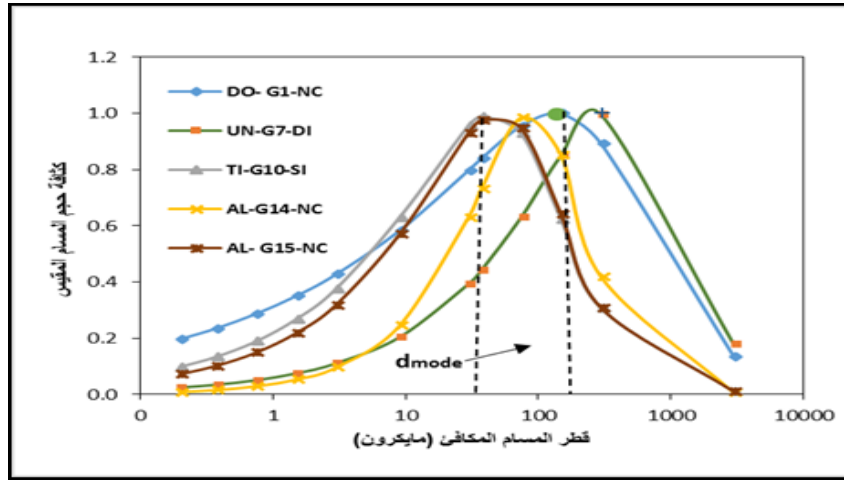
عندما تكون قيمة $Skewness = 0$ فأنها تشير الى كون التوزيع لوغاريتمي طبيعي (أي متماثل على المقياس اللوغارتمي) بينما القيم السالبة تشير الى زيادة المسام الصغيرة نسبة الى توزيع اللوغاريتم الطبيعي . اما القيم الموجبة فأنها تشير الى وجود زيادة في المسام الكبيرة.

$$Kurtosis = \frac{\ln d_{0.05} - \ln d_{0.95}}{2.44(\ln d_{0.25} - \ln d_{0.75})} ; 0.41 \leq kurtosis < \infty \dots \dots \dots (12)$$

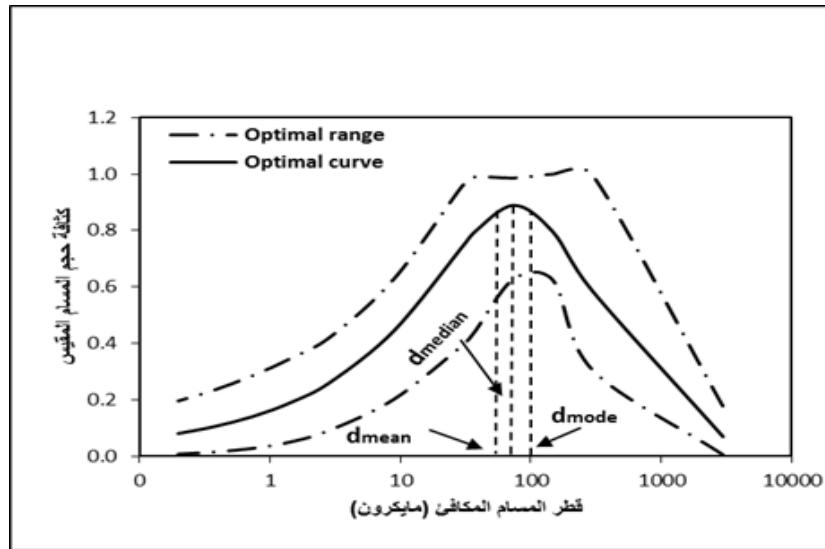
وعندما تكون قيمة $kurtosis = 1$ ، فأنها تشير الى كون توزيع المسام لوغاريتمي طبيعي، وعندما تكون قيمة $kurtosis > 1$ فأنها تشير الى الوصول الى الذروة عند الوسط وعندما تكون

قيمة P_{MAC} المثلى هي حوالي 9.7% من اجمالي المسامية والسعة الهوائية (AC) هي حوالي 49.7 من اجمالي المسامية الكلية وسعة الماء الجاهزة للنبات (PAWC) تشكل حوالي 34.5% من اجمالي المسامية الكلية. وكانت قيم الكثافة الظاهرية المثلى تتراوح بين 1.4 و 1.55 ميكاجرام م⁻³ وقيم الكثافة الحقيقية المثلى بين 2.48 و 2.61 ميكاجرام م⁻³ والتي تم حسابها من العلاقة التالية بين الكثافة الحقيقية ومحتواها من الجبس ($P_s=3 \times 10^{-3}(G)-3 \times 10^{-3}(G1)+2.6259$) والمقترحة من قبل الرسم (2010).

متفاوتة بين قيم SD بمقدار 9% بينما كانت اعلى قيمة للانحراف (Skewness) عند نموذج التربة AL - G14 - NC اذ بلغت -0.17 ، واقل قيمة عند نموذج التربة Do-G1-NC التي بلغت -0.34 ، اما قيم التفرطح (Kurtosis) فتراوحت قيمتها بين 1.14 و 1.15 وكانت النسبة متفاوتة بين القيم بمقدار 0.9%. اما قيمة d_{mode} (نقطة الانقلاب لمنحنى الوصف الرطوبي) كانت عند نسبة تشبع 0.59% وشد 21 سم وقيمة الوسيط d_{median} عند نسبة تشبع 0.52% وشد 40 سم وقيمة المتوسط الحسابي d_{mean} عند نسبة تشبع 0.49% وشد 55 سم ، واعتماداً على هذا المنحنى فإن



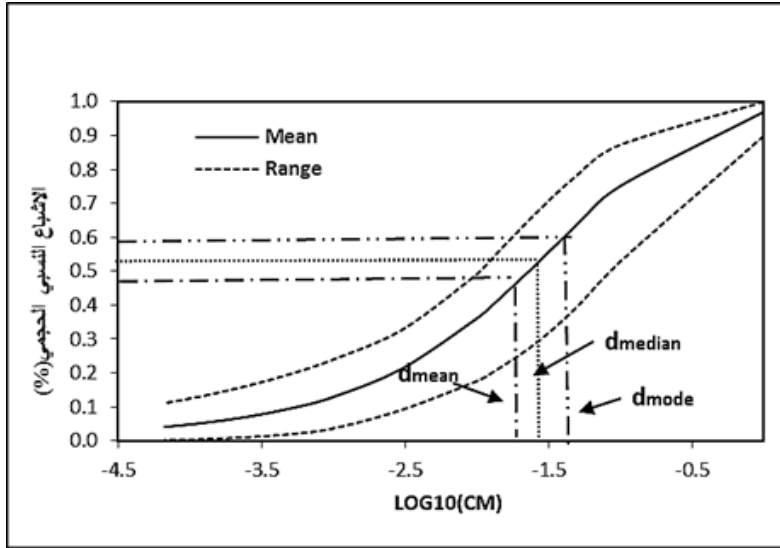
شكل (1a). العلاقة بين قطر المسام المكافئ وكثافة حجم المسام المقيس للمجموعة الأولى ذات نوعية التربة الفيزيائية جيدة جدا.



شكل (1b). العلاقة بين قطر المسام المكافئ وكثافة حجم المسام المقيس الأمثل.

جدول (3) يبين قيم دوال توزيع احجام وشكل المسام

kurtosis	Shape parameters		Location parameters			نموذج التربة	المجموعة
	Skewness	SD	d _{mean}	d _{median}	d _{mode}		
1.15	-0.342	27.22	22.41	40.280	131.580	DO- G1-NC	المجموعة الأولى
1.15	-0.241	6.67	161.38	203.000	331.800	UN-G7-Di	
1.15	-0.259	7.98	19.61	25.820	45.650	TI-G10-Si	
1.14	-0.179	3.83	60.46	68.260	88.320	AL-G14- NC	
1.15	-0.243	6.77	6.77	30.490	99.940	AL-G15- NC	
1.15	-0.358	39.10	5.71	11.310	46.870	DO-G2- NC	المجموعة الثانية
1.14	-0.386	90.00	12.20	30.210	206.400	D0-G3- NC	
1.15	-0.330	21.41	9.26	15.620	45.990	UN-G4-Si	
1.15	-0.375	61.32	3.94	8.800	47.620	DO-G6- NC	
1.15	-0.293	12.08	24.24	35.290	76.570	UN-G11-Si	
1.15	-0.307	14.04	12.04	18.420	44.220	DO-G12- NC	المجموعة الثالثة
1.13	-0.411	280.00	0.17	0.570	8.050	DO-G5- NC	
1.14	-0.397	154.12	1.99	5.460	47.810	TI-G8- NC	
1.14	-0.388	93.74	4.06	10.170	71.300	DO-G9- NC	
1.14	-0.380	71.62	3.00	6.990	41.330	UN-G13-si	
1.14-1.15	0.34-0.17	3-28	6-162	25-203	45-331	المدى الأمثل	



شكل (1c). العلاقة بين اللوغاريتم الطبيعي للشد والاشباع النسبي الحجمي للمنحنى الأمثل.

وكانت قيم درجة الاشباع لنموذج التربة TI-G10-SI اعلى من قيم درجة الاشباع لنموذج التربة UN-G7-DI ، ويعود سبب ذلك الى طريقة الحراثة المتبعة اذا كانت طريقة الحراثة المتبعة في نموذج التربة TI-G10-SI الحراثة المختصرة بينما كانت طريقة الحراثة المتبعة في نموذج التربة UN-G7-DI الحراثة التقليدية ويتوافق هذا مع ما أشار اليه (Buezko et al. (2006

بينت النتائج ان لإدارة المتبعة تأثير في درجة الاشباع النسبي وتوزيع حجم المسام (شكل 1a) اذا كانت اعلى قيم لكثافة حجم المسام ذات الاقطار الصغيرة و اقل قيمة لكثافة حجم المسام ذو الأقطار الكبيرة لنموذج التربة TI-G10-SI، بينما كانت اقل كثافة لحجم المسام ذو الأقطار الصغيرة لنموذج التربة واعلى كثافة لحجم المسام ذات الاقطار الكبيرة لنموذج التربة UN-G7-DI ،

من أن استخدام الحراثة التقليدية يؤدي الى حصول انخفاض بالمسامية اذا ما قورنت بنظام الحراثة المختصرة (Reduced tillage) بالإضافة الى ما توصل اليه جاسم وآخرون (2006) من أن الزراعة بدون حراثة تفوقت على الحراثة التقليدية في قابليتها بالاحتفاظ بالماء. اضافة الى ذلك يلاحظ انخفاض المسامية في نموذج التربة UN-G7-DI والذي يتوافق هذا مع استنتاج osunbitan (2005) من إن المسامية كانت أعلى في التربة المحروثة بالطريقة المختصرة مقارنة بالتقليدية. كذلك لعبت المادة العضوية دورا في زيادة حجم المسامات الصغيرة وتحسين خصائص التربة الفيزيائية ومنها بناء التربة وزيادة ثبات التجمعات وزيادة نفاذية لتربة و المسامية مما يساعد في حصول حركة عالية للماء خلال التربة فضلاً الى زيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء، ويتوافق هذا لما أشار اليه العبيدي (2001) ان اضافة المخلفات العضوية على هيئة سماد عضوي يعمل على زيادة قطر حبيبات التربة وبالتالي زيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء، كذلك تؤدي اضافة المخلفات العضوية الى زيادة المحتوى الرطوبي في التربة بحوالي 1.85% ووجد ايضاً انخفاض في قيم الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية و يرجع السبب في ذلك الى دخول المخلفات العضوية (المحسنات) المضافة الى داخل المسامات الكبيرة مما ادى الى تصغير حجم المسامات الناقلة . اما المجموعة الثانية والتي ضمت ست نماذج تربة (جدول 3)، كانت قيم d_{mode} فيها تتراوح بين $44 \leq d_{mode} \leq 206$ مايكرون لكل من نموذج التربة DO-G2-NC و نموذج التربة DO-G3-NC بينما كانت قيم الوسيط d_{median} والمتوسط الحسابي d_{mean} اقل من قيم المجموعة المثلى اذ بلغت قيم الوسيط $8.8 \leq d_{median} \leq 35.6$ مايكرون وبلغت قيم المتوسط الحسابي $3.9 \leq d_{mean} \leq 24.2$ مايكرون لكل من Do-G6-NC و UN-G11-SI وكانت قيم الانحراف القياسي SD اكبر من قيم المجموعة المثلى اذ كانت القيم $12 \leq SD \leq 90$ لكل من نموذجي التربة Do-G3-NC و UN-G11-SI اما قيم الالتواء (Skewness) والتفرطح (Kurtosis) كانت مماثلة لقيم المجموعة المثلى اذ تراوحت قيم الالتواء بين -

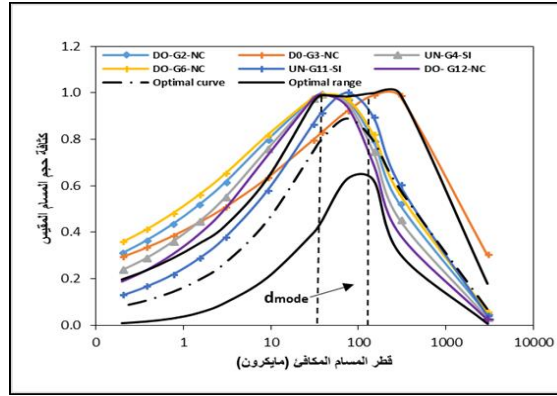
0.29 ≤ Skewness ≤ 0.38 بينما تراوحت قيم التفرطح Do-G9-NC و UN-G11-SI . اظهرت هذه المجموعة توزيع حجم المسام المقيس بشكل اوسع من توزيع حجم المسام للمجموعة المثلى مع عدد اكبر لحجم المسام ذو الاقطار الصغيرة وعدد اقل من حجم المسام ذو الاقطار الكبيرة (شكل 2a) و ذروة المنحنى بقيت متزامنة مع ذروة المنحنى الامثل. بلغت اعلى قيم لكثافة حجم المسام ذات الاقطار الصغيرة لنماذج التربة DO-G6-NC و DO-G2-NC ، و اعلى كثافة لحجم المسام ذو الاقطار الكبيرة لنموذج التربة DO-G3-NC و اقل كثافة لحجم المسام ذو الاقطار الصغيرة لنموذج التربة UN-G11-SI بينما كانت اقل كثافة لحجم المسام ذات الاقطار الكبيرة لنموذج التربة DO-G12-NC . يبين شكل 2b منحنى الاشباع النسبي الحجمي اذ يلاحظ من الشكل ان درجة التشبع كانت متماثلة من حيث الشكل لمنحنى الامثل ولكن بدرجة اعلى قيم التشبع ويعود سبب ذلك الى ضعف درجة التهوية (AC) وزيادة السعة الحقلية المرجعية (RFC) وانخفاض قيم المسامية الكبرى والبناء الهيكلي SI بالإضافة الى انخفاض نوعية التربة الفيزيائية. يتوافق هذا مع زيادة حجم المسام ذات الاقطار الصغيرة وعدم كفاية المسامات الكبيرة وزيادة الاحتفاظ بماء التربة، وبلغت اعلى قيم لدرجة الاشباع عندما كان الشد مقارب للصفر وكان نموذج التربة UN-G11-SI اقرب ما يكون لقيم المنحنى الامثل ، اذ كانت قيمة d_{mode} (نقطة الانقلاب لمنحنى الوصف الرطوبي للمجموعة الثانية) عند نسبة التشبع 0.58% وشد مقداره 38.9 سم وقيمة d_{median} عند نسبة تشبع 0.50% وشد مقداره 84.4 سم وقيمة d_{mean} عند نسبة تشبع 0.46% وشد مقداره 122.9 سم . كانت اعلى قيمة لدرجة التشبع لهذه المجموعة (شكل 2b) عند نموذج التربة Do-G6-NC اذ كانت قيمة d_{mode} عند نسبة تشبع 0.68% وشد مقداره 62.5 سم و قيمة d_{median} عند نسبة تشبع 0.53% وشد مقداره 338.4 سم ، وقيمة d_{mean} عند نسبة تشبع 0.45% وشد مقداره 7.56 سم. يبين جدول 3 توزيع احجام وشكل المسام لمجموعة الترب الثالثة، اذ

سعة الماء الجاهز للنبات (PAWC) (0.24 م³ م⁻³). بينما كانت اقل قيم لدرجة التشبع هي لنموذج التربة Do-G9-NC لهذه المجموعة اذ كانت قيمة d_{mode} عند نسبة تشبع 0.7% وشد مقداره 41.8 سم و قيمة d_{median} عند نسبة تشبع 6.53% وشد مقداره 293 سم وقيمة d_{mean} عند نسبة تشبع 0.45% شد مقداره 733 سم.

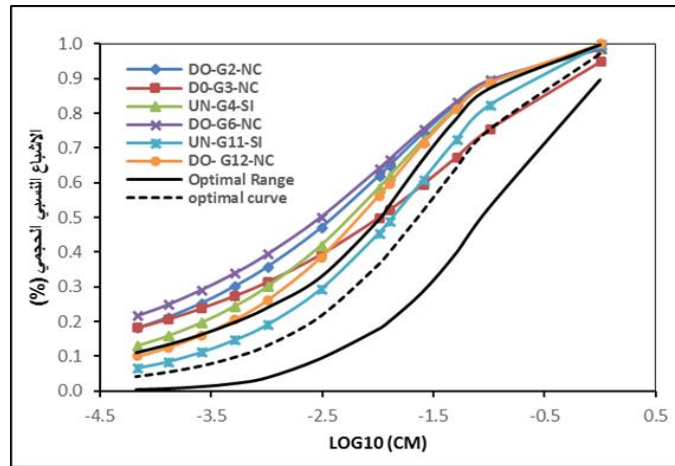
الاستنتاجات:

1. إن مؤشر نوعية التربة الفيزيائي (Dexter-S) أعطى نتائج إيجابية لتقييم نوعية الترب الفيزيائية تحت نظام الري السطحي والتتقيط، واعتبرت مثلى (Optimal) بموجب قيم (Dexter-S).
2. أفضل توزيع لحجم المسام المقيس كانت لمجموعة الترب الأولى التي كانت متماثلة إلى حد كبير من حيث عوامل الشكل والموقع وبناءً على ذلك اعتبر توزيع المسام الأمثل في هذه الترب الخمس ممثلاً لهذه المجموعة، ولعب حجم المسام دور في قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء وتأثيره في السعة الحقلية النسبية والسعة الهوائية بالإضافة إلى درجة الإشباع النسبي إذ تزداد درجة الإشباع بزيادة المسام ذي الأقطار الصغيرة.
3. إن لإدارة التربة المتبعة تأثير في المؤشرات النوعية الفيزيائية للتربة توزيع حجم المسام إذ كان لطريقة الحراثة دور في توزيع أحجام المسام بالإضافة إلى طريقة الري المستخدمة والمحتوى الجبسي في التربة.
4. ان العلاقة كانت ضعيفة بين درجة رص التربة و مؤشر (Dexter-S) و ولكن كان هناك ارتباط بين درجة الرص ومسامية التربة إذ أدت انخفاض المسامية إلى زيادة درجة رص التربة.

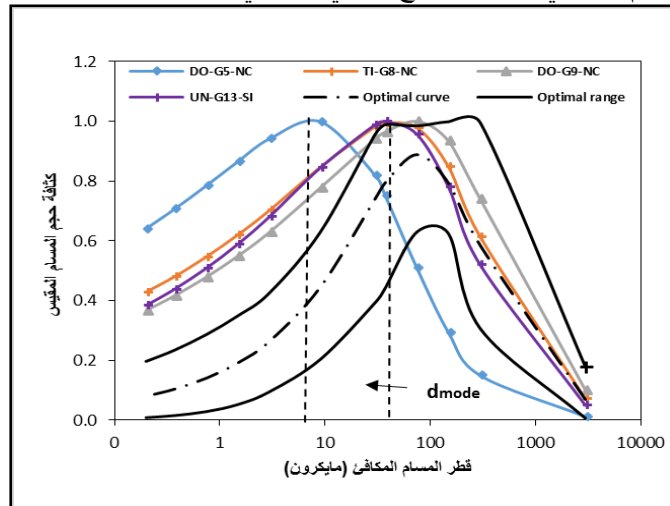
يلاحظ حصول زيادة في حجم المسام ذات الاقطار الصغيرة والتي كانت اعلى من قيم المنحنى الامثل اذ كانت اعلى قيمة لحجم المسامات ذات الاقطار الصغيرة لنموذج التربة Do-G5-NC بينما كانت اقل نسبة لحجم المسام الصغيرة لنموذج التربة DO-G9-NC (شكل 3a)، اما كثافة حجم المسامات الكبيرة فكانت مماثلة لأحجام المسامات للمنحنى الامثل ما عدا نموذج التربة DO-G5-NC الذي اعطى اقل كثافة لحجم المسام ذات الاقطار الكبيرة. كانت قيم كل من d_{mode} و d_{median} و d_{mean} اقل من المجموعة المثلى (جدول 3 ، المجموعة الثالثة) اذ بلغت $8 \leq d_{mode} \leq 71.3$ مايكرون بينما كانت $0.57 \leq d_{median} \leq 10.1$ مايكرون و $0.17 \leq d_{mean} \leq 4$ مايكرون لكل من نموذج التربة Do-G5-NC و DO-G9-NC ، وازدادت قيم الانحراف القياسي SD، اذ كانت $71 \leq SD \leq 280$ كما أن قيم الانحراف (Skewness) كانت اعلى من قيم المجموعة المثلى والتي تراوحت بين $-0.41 \leq Skewness \leq -0.38$. اما قيم التفرطح (Kurtosis) فكانت مقاربة لقيم المجموعة المثلى اذ بلغت $1.17 \leq Kurtosis \leq 1.14$. يبين شكل 3b العلاقة بين اللوغاريتم الطبيعي للشد ودرجة التشبع الحجمي، اذ كانت درجة الاشباع ذات قيم اعلى من قيم المنحنى للمجموعة المثلى الا ان درجة الاشباع كانت اعلى ما يمكن عندما يكون الشد مقارب للصفر وكانت اعلى قيم لدرجة التشبع لنموذج التربة Do-G5-NC اذ كانت قيمة d_{median} عند نسبة تشبع 0.57% وشد مقداره 370 سم وقيمة d_{median} عند نسبة تشبع 0.53% وشد مقداره 5515 سم وقيمة d_{mean} عند نسبة تشبع 0.45% وشد مقداره 1773 سم ويعود سبب ذلك لزيادة السعة الحقلية المرجعية (RFC) اذ كانت هي اعلى قيمة اذ بلغت (0.78 م³ م⁻³) وانخفاض قيمة السعة الهوائية (AC) اذ بلغت (0.1 م³ م⁻³) وكانت



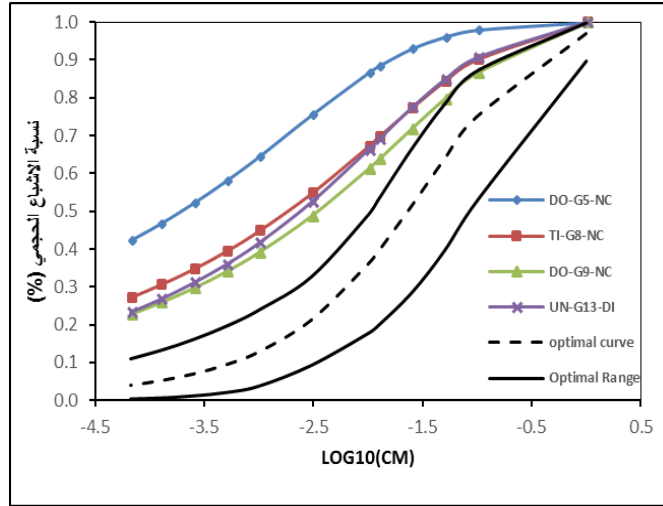
شكل (2a): العلاقة بين قطر المسام المكافئ وكثافة حجم المسام المقيس للمجموعة الثانية ذات نوعية التربة الفيزيائية الجيدة.



شكل (2b): العلاقة بين اللوغاريتم الطبيعي للشد والإشباع النسبي الحجمي للمجموعة الثانية ذات نوعية التربة الفيزيائية الجيدة.



شكل (3a): العلاقة بين قطر المسام المكافئ وكثافة حجم المسام المقيس للمجموعة الثالثة ذات نوعية التربة الفيزيائية الضعيفة.



شكل (3b). العلاقة بين اللوغاريتم الطبيعي للشد والأشباع النسبي الحجمي للمجموعة الثالثة ذات نوعية التربة الفيزيائية الضعيفة.

المصادر:

- العبيدي، باسم شاكر. 2001. تدبيل مصادر عضوية مختلفة في التربة وعلاقته بالكلس. رسالة ماجستير كلية الزراعة – جامعة بغداد.
- نجم، محمد عبد الله وخالد بدر حمادي. 1980. الري. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة البصرة.
- مهدي، نمير طه. 2005. تأثير محتوى الجبس في دوال نقل الماء في التربة خلال الغيض الأفقي. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 36 (5): 1-10.
- حسن، قتيبة محمد. 1989. اختبار نماذج رياضية للتنبؤ عن بعض الصفات المائية للتربة العراقية. 3: ايصالية مار التربة في الحالة غير المشبعة. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 20 (1): 580-590.
- الرستم، منتصر ناجي عبد الله خضير. 2010. تقييم دوال نقل الماء أثناء الغيض الأفقي والعمودي لنوعيتي المياه في تربة ذات محتوى جبسي مختلف. رسالة ماجستير – كلية الزراعة – جامعة تكريت.
- and regression models. *International Journal of Agriculture*. 2(S): 1079-1084.
- Jena, A., Gupta, K., 2002. Determination of pore volume and pore distribution by liquid extrusion porosimetry without using mercury. *Ceramic Engineering & Science*.
- Keshavarzi, A., F. Sarmadian, M. Sadeghnejad, and P. Pezeshki. 2010. Developing Pedotransfer Functions for estimating some Soil Properties using Artificial Neural Network and Multivariate Regression Approaches. *Proenvironment*. 3: 322-330.
- 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.
- Mahdi, N.T. 2008. Effect of gypsum content on soil-water characteristic curve and unsaturated hydraulic conductivity in soil.
- Blott, S.J., Pye, K., 2001. Gradstat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surf. Process. Landforms* 26, Proceedings 23 (4), 277-284.
- Buccigrossi, F., A. Caliendo, P. Rubino, and M. A. Mastro. 2010. Testing Some Pedotransfer Functions (PTFs) in Apulia Region. Evaluation on the Basis of Soil Particle Size Distribution and Organic Matter Content for Estimating Field Capacity and Wilting Point. *Ital. J. Agron. / Riv. Agron*. 4:367-381.
- Buezko, V.O., Bens and R.F. Huttl 2006. Tillage effects on hydraulic properties and macroporosity in silty and sandy soil. *soils sci. sco. AMJ*. 70:1998-2007.
- Jafarnejadi, A. R., G. A. Sayyad., R. R. Arshad, and A. Hossein. 2012. Pedotransfer function development for field capacity and wilting points using artificial neural network

- Iraqi Journal of Agricultural Science*. 39(3): 10-23.
- Moreira, L. F. F., A. M. Righetto, and V. M. de A. Medeiros. 2004. Soil Hydraulics Properties Estimation by Using Pedotransfer Functions in a Northeastern Semiarid Zone Catchment, Brazil. *Engenharia Sanitária/ Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. 6p.
- Neelam, A. Aggarwal, A. Gaur, E. Bhalla, and S. R. Gupta. 2010. Soil Aggregate Carbon and Diversity of Mycorrhiza as Affected by Tillage Practices in a Rice-Wheat Cropping System in Northern India. *Int. J. Ecol. Environ. Sci.*, 36(4): 233-243.
- Osunbitan J.O. 2005. Tillage effects on bulk density, hydraulic conductivity and strength of a loamy sand soil in South Western Nigeria. *Soil and Tillage research*. 82: 57-64: 1237–1248.
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobeckic, T.M. and H. Bloodworth. 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*. 116: 61–76.
- Reynolds, W.D., Drury, C.F., Tan, C.S., Fox, C.A., Yang, X.M., 2009. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma* 152, 252–263.
- Shalmani, A. A., M. S. Shahrestani, H. Asadi, and F. Bagheri. 2010. Comparison of Regression Pedotransfer Functions and Artificial Neural Networks for Soil Aggregate Stability Simulation. *World Applied Sciences Journal*. 8 (9): 1065-1072.
- Warrick, A.W., 2002. *Soil Physics Companion*. CRC Press LLC, Boca Raton, USA.
- Wosten, 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.