Agriculture College – Wasit University

Dijlah Journal of Agricultural Sciences

ISSN 2790 – 5985
e ISSN 2790 – 5993

Dijlah J. Agric. Sci., Special Issue:390-399, 2024

The effect of compaction stresses and gypsum content of soil on some physical properties of soil

Abdul Wahab Abdul Razzaq Al-Qaisi and Rami Latif Hamad Al-Daby

Tikrit University, College of Agriculture, Department of Soil Sciences and Water Resources

Corresponding Author: Wa.alkayssi@tu.edu.iq , Ramialdaby@gmail.com

Abstract:

A laboratory experiment was carried out at the research station of the College of Agriculture / Tikrit University, for the purpose of studying the effect of compaction stress on the physical properties of different soils with their gypsum content. The experiment included two factors, the first was compaction of soils with a gypsum content of 96, 163, 218, 264, and 371 g kg^{-1}. To the apparent densities of 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, and 1.7 Mg m^{-3}, some physical properties of each gypsum soil were estimated after compacting it to the aforementioned apparent densities, which included the moisture description curve and soil resistance. for penetration, shear stress, saturated water conductivity and porosity. The results showed the following: the compaction stress increased from the shear stress values, as the bulk density of 1.7 Mg m^{-3} gave the highest average value for this characteristic, reaching a value of 113.3 kg cm^2, with a percentage increase of 233, 121.54, 80.35, 32.22, and 12.02% compared to the compaction levels of 1.2, 1.3, and 1.4 and 1.5 Mg m^{-3}, respectively. The results also showed an increase in the resistance of the soil to penetration with an increase in the level of compaction, and the 1.7 Mg m-3treatment gave the highest average of 0.130 kPa cm^2 compared to the bulk densities of 1.2, 1.3, 1.4, and 1.5 Mg m^{-3}, which gave values of 0.007. and 0.018, 0.04, 0.059, and 0.094 kPa cm^2, respectively. Also, increasing the level of compaction had a negative impact on the values of water conductivity, as the density 1.2 Mg m^{-3} gave the highest average of 0.125 cm min^{-1}, while increasing the compaction above this level gave an average of 0.045, 0.015, 0.007, 0.005, and 0.002 cm min-1 for bulk densities 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, and 1.7 Mg m^{-3}, respectively. Compaction stress led to a reduction in the total porosity of the soil, as the lowest value of porosity reached 0.328 at a bulk density of 1.7 Mg m^{-3}, then it began to increase gradually as the bulk density decreased to the extent of 0.525 at a bulk density of 1.2 Mg m^{-3}. The critical limit of porosity at the bulk density of 1.5 Mg m^{-3} was 0.417, 0.412, 0.408, 0.403, and 0.396 for soils with gypsum content of 96, 163, 218, 264, and 371 g kg^{-1}, respectively. Increasing the gypsum up to 218 g. kg^{-1} led to an increase in the shear stress and soil resistance to penetration with an average of 79.80 kg m^{-2} and 704.42 kPa cm^{-2}, respectively, while both properties began to decrease when the gypsum was increased above this level. The gypsum content of the soil did not significantly affect the water conductivity values of the soil, as the soil with a gypsum content 264 g kg^{-1} gave an average value of 0.035 cm min^{-1}, while the soil with a gypsum content gave 371 g kg^{-1}. The average was 0.034 cm min^{-1}, and the treatment with gypsum content 163 cm min^{-1} recorded the lowest average, amounting to 0.028 cm min^{-1}.

تأثير اجهادات الرص ومحتوى التربة من الجبس في بعض الصفات الفيزيائية للتربة

عبد الوهاب عبد الرزاق القيسي و رامي لطيف حمد الدابي

قسم علوم التربة والموارد المائية- كلية الزراعة- جامعة تكريت- العراق

الخلاصة

نفذت تجربة مختبرية في محطة ابحاث كلية الزراعة / جامعة تكريت ، لغرض دراسة تأثير اجهاد الرص في الخصائص الفيزيائية لترب مختلفة بمحتواها من الجبس ، شملت التجربة عاملين ، الاول هو رص ترب ذات محتوى جبسي 96 و 163 و 218 و 264 و 371 غم كغم$^{-1}$ الى الكثافات الظاهرية .21 و.31 و .41 و.51 و.61 و .71 ميكا غرام م$^{-3}$ ، قدرت بعض الخصائص الفيزيائية لكل تربة من الترب الجبسية بعد رصها الى الكثافات الظاهرية الآنفة الذكر والتي شملت منحنى الوصف الرطوبي و مقاومة التربة للإختراق و جهد القص و الايصالية المائية المشبعة والمسامية. بينت النتائج ما يأتي زاد اجهاد الرص من قيم جهد القص ، اذ اعطت الكثافة الظاهرية 1.7 ميكا غرام م^{3} اعلى متوسط لهذه الصفة بلغت قيمته 113.3 كغم سم$^{-2}$ وبزيادة مئوية بلغت 233 و 121.54 و 80.35 و 32.22 و 12.02 % قياسا بمستويات الرص 1.2 و 1.3 و 1.4 و 1.5 ميكا غرام م^{3} على الترتيب ، كذلك اوضحت النتائج زيادة مقاومة التربة للاختراق بزيادة مستوى الرص واعطت المعاملة 1.7 ميكا غرام م^{3} اعلى متوسط بلغ 0.130 كيلو باسكال سم^{2} قياسا بالكثافات الظاهرية 1.2 و 1.3 و 1.4 و 1.5 ميكا غرام م$^{-3}$ التي اعطت قيم بلغت 0.007 و 0.018 و 0.04 و 0.059 و 0.094 كيلو باسكال سم$^{-2}$على الترتيب. كذلك ان زيادة مستوى الرص اثر سلبا في قيم الايصالية المائية ، اذ اعطت الكثافة 1.2 ميكا غرام م$^{-3}$ اعلى متوسط بلغ 0.125 سم دقيقة$^{-1}$ ، فيما اعطت زيادة الرص عن هذا المستوى متوسط بلغ 0.045 و 0.015 و 0.007 و 0.005 و 0.002 سم دقيقة$^{-1}$ للكثافات الظاهرية 1.3 و 1.4 و 1.5 و 1.6 و 1.7 ميكا غرام م$^{-3}$ على الترتيب. ادى اجهاد الرص الى خفض المسامية الكلية للتربة, اذ بلغت اقل قيمه للمسامية 0.328 عند الكثافة الظاهرية 1.7 ميكاغرام م$^{-3}$ ثم بدأت بالزيادة تدريجيا مع انخفاض الكثافة الظاهرية الى حد 0.525 عند الكثافة 1.2 ميكاغرام م$^{-3}$. وبلغ الحد الحرج للمسامية عند الكثافة الظاهرية 1.5 ميكا غرام م$^{-3}$ 0.417 و 0.412 و 0.408 و 0.403 و 0.396 لترب ذات المحتوى الجبسي 96 و 163 و 218 و 264 و 371 غم كغم$^{-1}$ على الترتيب. ادت زيادة الجبس لحد 218غم كغم$^{-1}$ الى زيادة في جهد القص ومقاومة التربة للاختراق بمتوسط بلغ 79.80 كغم م$^{-2}$ و 704.42 كيلو باسكال سم^{2} على الترتيب ، في حين بدأت كلا الصفتين بالانخفاض عند زيادة الجبس عن هذا المستوى. كما ان محتوى التربة من الجبس لم يؤثر معنويا في قيم الايصالية المائية للتربة ، اذ اعطت التربة ذات المحتوى الجبسي 264 غم كغم$^{-1}$ متوسط بلغت قيمته 0.035 سم دقيقة$^{-1}$ ، فيما اعطت الترب ذات المحتوى الجبسي 371 غم كغم$^{-1}$ متوسط بلغ 0.034 سم دقيقة$^{-1}$ وسجلت المعاملة ذات المحتوى الجبسي 163 سم دقيقة$^{-1}$ اقل متوسط بلغ 0.028 سم دقيقة$^{-1}$.

المقدمة:

ان المبالغة في استخدام المكائن والآلات الزراعية والمتمثل بتكرار مرورها في الحقول الزراعية فضلا عن اختلاف احجامها (اوزانها) الذي يتسبب في تحطيم بناء التربة من جهة ورص التربة بدرجات متفاوتة اعتمادا على نوع المكائن والآلات. ينعكس تأثير تدهور بناء التربة نتيجة الرص في تدهور الخصائص المائية للتربة والذي ينعكس سلبا وبدرجات متفاوتة في نمو المحاصيل الزراعية نتيجة ازدياد صلابة التربة الذي يحد من تغلغل الجذور من جهة وامتصاص الماء ومغذيات التربة من جهة أخرى. درس موضوع تأثير رص التربة للعديد من الترب واقترحت العديد من النماذج الرياضية لمحاكاة تأثير رص التربة في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للتربة ونمو النبات الا ان الترب الجبسية لم تنل نصيبا من هذه الدراسات (Moraes et al., 2016). تعد الخصائص الميكانيكية للتربة مهمة جدا لتحقيق انتاج زراعي مميز, لذا نجد ان الخصائص الفيزيائية تتقدم على الخصوبة الغذائية لأن انبات البذور وبزوغ البادرات هي المرحلة الاولى في نمو النبات وترتبط ارتباط مباشر بصلابة التربة التي تحدد الانبات من عدمه.

يستعمل النبات التربة كوسط للنمو والذي يقوم بتجهيزه بالماء والاوكسجين والمغذيات فضلاً عن الاسناد الميكانيكي, لذا فأن الترب الزراعية يجب ان يكون ظروف بنائها مناسبا ليتحقق افضل نمو للمجموع الجذري وافضل فعاليات حيوية لأستخلاص المغذيات فضلاً عن تجهيز الماء والاوكسجين لغرض تقيم دور رص التربة في الدوال الفيزيائية، فأنه من المهم تحديد مرحلة رص التربة التي تصبح عندها خصائص التربة مثل الكثافة الظاهرية والمسامية واستمرارية المسام حرجة (Ctitical)، لأن تدهور خصائص التربة بزياده الاحمال المسلطة عليها ربما يكون حادا او تدريجيا (Nawaz et al., 2013). أن رص التربة يؤدي إلى خفض

المسامية، وتقييد حركة الأوكسجين والماء المطلوبة لكائنات التربة الحية. يزيد رص التربة من كثافة التربة الظاهرية ومقاومة التربة للاختراق ويخفض من المسامية الكلية والتهوية وغيض الماء والخزين المائي في التربة. كما ان العوامل التي تؤثر في مدى بقاء التربة مرصوصة هي استخدامات الأراضي ونوع التربة والتضاريس والمناخ (Rogger et al., 2017). تهدف الدراسة الى1: تحديد قيم ومديات الاجهادات الحرجة لرص نماذج تربة ذات محتوى جبسي مختلف لكثافات ظاهرية مختلفة (1.2_1.7 ميكا غرام م$^{-3}$) في الخصائص المائية والميكانيكية للتربة. 2: تحديد صلابة التربة الجبسية بدلالة المحتوى الرطوبي والكثافة الظاهرية

المواد وطرائق العمل

تحضير نماذج تربة مختلفة بمحتواها من الجبس

أخذت عينات تربة من مقد تربة جبسية في محطة أبحاث كلية الزراعة / جامعة تكريت الواقعة عند خط طول ً23 ´38 °43 شرقاً وخط عرض ً48 ´40 °34 شمالاً وارتفاع 250م عن مستوى سطح البحرمن الافق السطحي للعمق 0-15 سم والذي بلغت نسبة الجبس فيه 96 غم كغم $^{-1}$ والافق الجبسي تحت السطحي للعمق 50_70 سم والذي بلغت نسبة الجبس فية 371 غم كغم$^{-1}$. طحنت نماذج الافقين كل على حده بعد تجفيفهما هوائياً ثم مررت من منخل قطر فتحاته 2 مم . تم تحضير نماذج تربة مختلفة بنسبة الجبس عن طريق الخلط بين نموذج تربة الأفق السطحي والافق تحت السطحي طريقة تحضير نماذج تربة مختلفة بنسبة الجبس، وكان محتوى التربة من الجبس في الترب المحضرة كالاتي:- 163 و218 و 328غم كغم$^{-1}$. رطبت نماذج الترب المحضرة عن طريق الرش إلى حدود نصف السعة الحقلية (لأن الترطيب لحدود السعة الحقلية يؤدي إلى تعجن التربة) , حضنت نماذج الترب في أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق مع التقليب المستمر يومياً لمدة شهرين , وبعد انتهاء مدة حضن التربة تُركت لتجف هوائياً ، ثم طحنت ومررت من منخل قطر فتحاته 2 مم.

تقدير الخصائص الفيزيائية لترب الدراسة:

1- **منحنى الوصف الرطوبي** : قدر منحنى الوصف الرطوبي لكل نموذج من نماذج الترب الجبسية بعد رصها الى الكثافات الظاهرية (1.2 و 1.3 و 1.4 و 1.5 و 1.6 و1.7 ميكاغرام م$^{-3}$ بجهاز بروكتر في حلقات معدنية(Core) بقطر 6.1سم وارتفاع 2سم). رطبت عينات التربة عن طريق الخاصية الشعرية لمده تراوحت من2 الى 8 ايام اعتمادا على الكثافة الظاهرية للتربة لايصال التربة المرصوصة الى حد الاشباع. عرضت نماذج التربة المشبعة بجهاز اقراص الشد الرطوبي للتربة (Pressure Plate apparatus) الى الشدود 15 و 33 و 100 و 500 و 700 و 1000 و1500 كيلو باسكال لتقدير المحتوى الرطوبي للتربة عند هذه الشدود. اما المحتوى الرطوبي لنماذج الترب الجبسية المرصوصة عند شد 5 كيلو باسكال تم تقديره من خلال تسليط شد عمود مائي باستعمال اقماع زجاجية ذات اقراص مسامية (Centerated glass funnels) قطر فتحاتها 20مايكرومتر والشد (0) تم تقديره مباشره بدون تسليط شد . رسم منحى الوصف الرطوبي لنماذج الترب الجبسية المرصوصة الذي يربط العلاقة بين المحتوى الرطوبي الوزني والشد الرطوبي .

2- **الايصالية المائية المشبعة Ks**)): قدرت الايصالية المائية المشبعة لنماذج الترب الجبسية عند الكثافات الظاهرية اعلاه بطريقة عمود الماء الثابت في حلقات معدنية (core) بقطر 5سم وارتفاع 5سم اذ شبعت الأعمدة من الأسفل، وبعدها تم تسليط عمود ماء ثابت قدره 4 سم. حسب حجم الماء النازل أسفل عمود التربة مع الزمن، ثم حسبت الإيصالية المائية المشبعة باستعمال معادلة دارسي (Hillel, 2004) :-

$$q = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A} * t} = -Ks\frac{\Delta H}{L} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

اذ ان: -

q = كثافة تدفق الماء (cm min^{-1})

V= حجم المار خلال عمود التربة (سم^3).

A = مساحة المقطع العرضي لعمود التربة (سم^2).

t= الزمن (min).

Ks= الإيصالية المائية المشبعة للتربة ($cm\ min^{-1}$)

$\frac{\Delta H}{L}$ = الانحدار المائي.

L = طول عمود التربة (سم).

3- قياس مقاومة التربة للاختراق:

قيست مقاومة التربة للاختراق لكل نموذج من نماذج الترب الجبسية المرصوصة بعد ترطيبها الى حدود 33 كيلو باسكال ورصها للكثافات الظاهرية 1.2و 1.3و 1.4و 1.5و 1.6و 1.7 ميكاغرام م$^{-3}$ باستخدام جهاز(Digital Static Cone Mini Penetrome).

4-قياس جهد القص (Shear vane potential)

قيس جهد القص لكل نموذج من نماذج الترب الجبسية بعد ترطيبها الى حدود 33 كيلو باسكال ورصها للكثافات الظاهرية 1.2و 1.3و 1.4و1.5و 1.6و 1.7ميكاغرام م$^{-3}$ باستعمال جهاز

(Laboratory shear vane Apparatus motorized _ Mi.SO-1038)

وحسب جهد القص من المعادلة التالية :

$$S = \frac{T}{\pi(D^2H/2+D^3)} \quad .....(2)$$

S= قوة القص (كغم سم^{2})

T= عزم الدوران (كغم سم^{2})

D= قطر المروحة (سم)

H= ارتفاع المروحة الداخل في نموذج التربة (سم)

النتائج والمناقشة:

1- تأثير الرص ومحتوى التربة من الجبس في منحنى الوصف الرطوبي

يُبيّن شكل 1 منحنيات الوصف الرطوبي ألمُقاسة والمقدرة للعلاقة بين الشد الرطوبي (h) والمحتوى المائي الوزني (w) لنماذج تربة ذات محتوى مختلف من الجبس ومرصوصة الى كثافات ظاهرية 1.2 و 1.3و 1.4 و1.5 و 1.6 و 1.7 ميكاغرام م$^{-3}$، إذ إستُعملت معادلة Van Genuchten (1980) لمطابقة منحنى الوصف الرطوبي الوزني لكل نموذج من نماذج التربة الجبسية ، فضلاً عن إيجاد ثوابت المعادلة α وn و θs و θr، يظهر من نتائج شكل 1 وجود تباين بين منحنيات الوصف الرطوبي لنماذج التربة المختلفة نتيجة اختلاف محتوى تلك النماذج من الجبس. إنخفض المحتوى الرطوبي الوزني عند كل شد بزيادة نسبة الجبس في التربة عدا شد 0.1 كيلو باسكال، إذ إزداد مسك الماء بزيادة نسبة الجبس في التربة، بلغت قيم المحتوى المائي عند الاشباع 0.403 و 0.400 و0.395 و 0.382 و 0.375 و 0.364 كغم كغم$^{-1}$ لنموذج التربة ذي المحتوى الجبسي 96 غم كغم$^{-1}$ وللكثافات الظاهرية 1.2 و 1.3 و 1.4 و1.5 و 1.6 و 1.7 ميكاغرام م$^{-3}$ على الترتيب. يُعزى سبب إنخفاض قيم المحتوى المائي لنفس نموذج التربة ولنفس قيم الشد الرطوبي إلى إن حجم المسام الكبيرة والمتوسطة انخفض نتيجة لرص الترب وتكون السّيادة للمسام الصغيرة ونسبياً للمتوسطة فينخفض محتوى التربة من الماء، وبعبارة أُخرى إنخفض مسك الماء بزيادة الكثافة الظاهرية للتربة ، إذ إنَّ مسك الماء يقلّ بزيادة الكثافة الظاهرية للتربة عند الشدود المنخفضة والمتوسطة وللكثافات الظاهرية من (1.2-1.7 ميكاغرام م$^{-3}$) (Farahani et al., 2019).

ارتفعت قيم المحتوى المائي عند الإشباع لنموذج التربة ذي المحتوى الجبسي 371 غم كغم$^{-1}$، إذ بلغت0.416 و 0.412 و 0.403 و 0.394 و 0.379 و 0.357 كغم كغم$^{-1}$ وللكثافات الظاهرية 1.2 و1.3 و1.4 و1.5 و1.6 و 1.7 ميكاغرام م$^{-3}$ على الترتيب ؛ وربما يُعزى سبب ذلك إلى التوزيع الحجمي لمسامات التربة الذي اختلف باختلاف محتوى الجبس في التربة، والذي سبب إنخفاض المحتوى المائي لنموذج التربة ذي المُحتوى الجبسي96غم كغم$^{-1}$ عند الاشباع رغم تماثل الكثافات الظاهرية بينه وبين نموذج التربة ذي المحتوى الجبسي371 غم كغم$^{-1}$ إلى المسامات الكبيرة لنموذج التربة الاخير إذ أنَّ المسامات الكبيرة جعلت التربة تحتفظ بالماء بشكل أكبر مقارنة بنموذج التربة 96غم كغم$^{-1}$ ، وتتفق هذهِ النتيجة مع ما وجدهُ (Al-Kayssi, 2021) إذ انخفض المحتوى المائي عند قيم الشد المائي العالي وإزداد المحتوى المائي عند قيم الشد المائي المنخفضة بزيادة محتوى الجبس في التربة. ان تغيير المسام الكبيرة ومسام البناء إلى المسام المتوسطة والمسام الدقيقة يزداد مع إنخفاض محتوى الجبس في التربة أثناء دورات الترطيب والتجفيف (Al-Kayssi 2016).

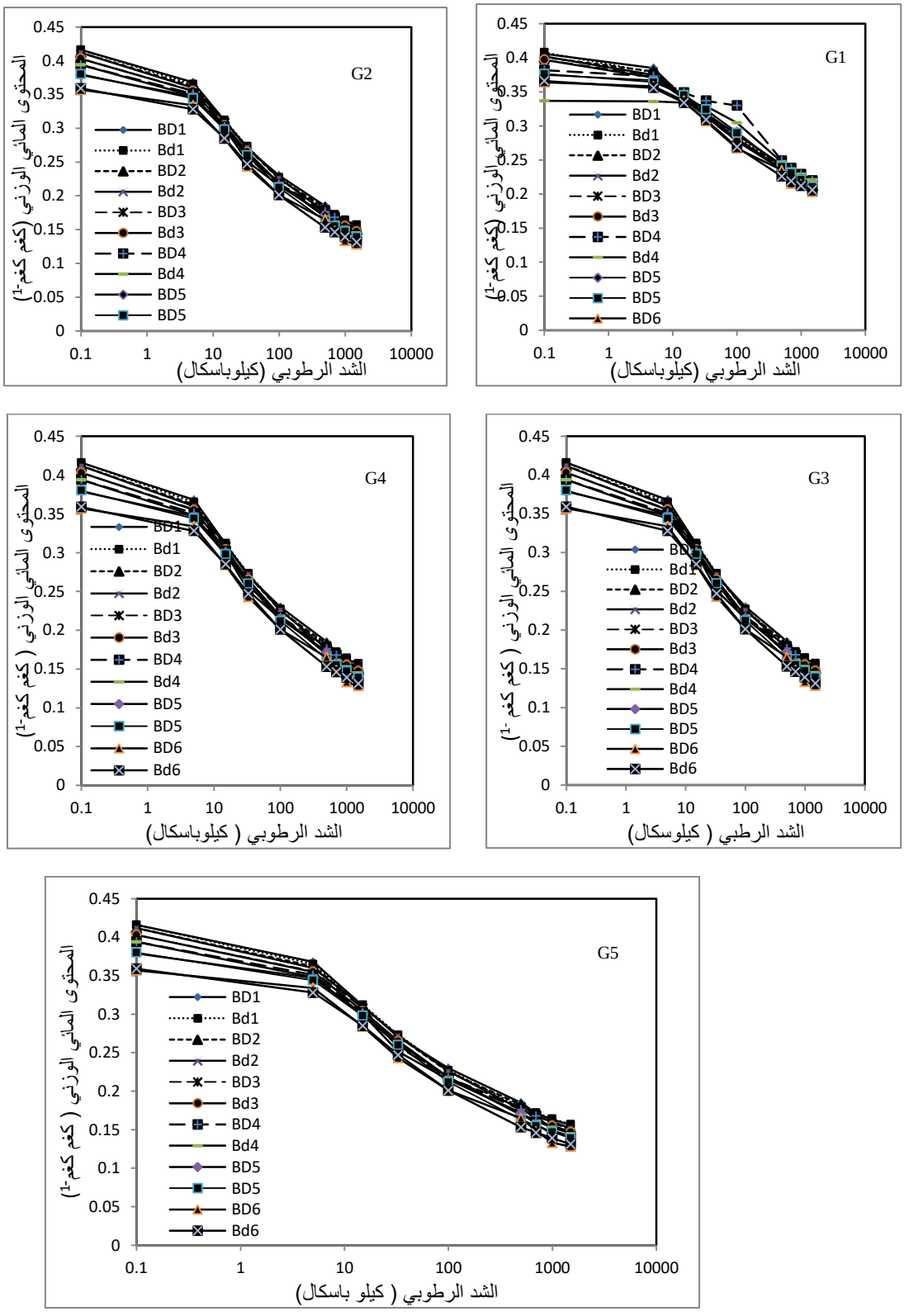
يُلاحظ انخفاض قيم المحتوى المائي لنماذج الترب ذات المحتوى الجبسي العالي ولجميع الشدود عدا شد 0.1 كيلو باسكال ، ويمكن ان يعزى ذلك الى إنخفاض قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء بسبب زيادة محتوى التربة من دقائق الرمل على حساب الطين وبالتالي أدى إلى خفض المسامات المسؤولة عن مسك الماء، كما إن الرص يُقلل من عدد المسام الكبيرة ويزيد من عدد المسام الصغير(الدقيق) (Dexter,2004).

يُقلل رصّ التربة بشكل أساسي من بناء المسام ، على الرغم من إن مسام النسجة يمكن أن يزداد أو لا تتغير بعد الرص ، اعتمادًا على الجهد الهيكلي وجهد الرص Bruand and Cousin (1995). إن القيم العالية للكثافة الظاهرية تقترن مع فقدان مسام البناء في التربة في ظل ممارسات إدارة مختلفة (Dexter et al .,2008).

اما في حالة الشد المائي عند 1500 كيلوباسكال فإن المحتوى المائي الوزني المتبقي(θ_r) تغاير ايضاً بين نماذج التربة المختلفة المحتوى من الجبس (شكل 1)، إذ حصل انخفاض بقيم المحتوى المائي الوزني المتبقي عند زيادة محتوى التربة من الجبس، إذ بلغت قيم المحتوى المائي الوزني المتبقي 0.156 و 0.15 و 0.145 و 0.141 و 0.135 و 0.128 كغم كغم$^{-1}$ لنموذج التربة ذي المُحتوى الجبسي G5 وللكثافات الظاهرية 1.2 و1.3 و1.4 و1.5 و1.6 و 1.7 ميكاغرام م$^{-3}$ على الترتيب. أمّا المحتوى المائي عند الشد 1500 كيلو باسكال ارتفع في نماذج التربة ذات المحُتوى الجبسي المُنخفض 96 عم كغم$^{-1}$ إذ بلغ 0.23 و 0.23 و 0.222 و 0.22 و 0.21 و 0.203 كغم كغم$^{-1}$ لنموذج التربة وللكثافات الظاهرية 1.2 و1.3 و1.4 و1.5 و1.6 و 1.7 ميكاغرام م$^{-3}$ على الترتيب.

يعتمد المحتوى المائي في التربة عند شد1500 كيلوباسكال على التوزيع الحجمي لدقائق التربة وعلى المساحة السطحية النوعية، إذ إن قيم المحتوى المائي المتبقي تزداد بزيادة نعومة دقائق التربة وإن هذه الزيادة مرتبطة بزيادة المساحة السطحية النوعية لدقائق التربة، فضلاً عن أن مسك الماء من قبل التربة في هذه الظروف يعتمد على خاصية الامتزاز، وعليه فإن كمية الماء الممسوكة تزداد بزيادة المساحة السطحية النوعية لدقائق التربة (Startsev and McNabb, 2001؛ Chan, 2005).

يبين جدول 1 ان الرص اثر سلبا في قيم المسامية ، اذ بلغت اقل قيمة للمسامية عند الكثافة الظاهرية 1.7 ميكا غرام م-3 بلغت 0.328 ، ثم بدأت بالزيادة تدرجيا مع انخفاض قيم الكثافة الظاهرية, اذ بلغت قيم المسامية 0.367 و 0.407 و0.446 و0.484 و0.525 للكثافات الظاهرية 1.6و1.5 و 1.4 و 31. و21. ميكا غرام م-3 على الترتيب, ويعزى سبب ذلك الى ان رص التربة له دور في التأثير في روابط تجمعات التربة ودقائقها وتقليل الاحتكاك الداخلي فيما بينها ومن ثم انزلاق بعضها فوق البعض الاخر واعادة ترتيبها بنظام جديد ومن ثم زيادة في كثافة التربة الظاهرية, وبالمقابل سوف تنخفض نسبة المسامية الكلية, وهذا يتفق مع ما توصل اليه Hetz (2001), ونتيجة لرص التربة فان الدقائق الصغيرة تعمل على ملئ المسامات وبذلك يقل حجمها فتزداد الكثافة الظاهرية وتقل المسامية (العبدلي، 2000). تمتاز التربة غير المرصوصة بمساماتها الكبيرة خلافا للتربة المرصوصة.



شكل 1. منحنيات الوصف الرطوبي المقاسة والمقدّرة بمعادلة van Genuchten,1980 لنماذج التربة G1 وG2 وG3 و G4و G5 وللكثافات الظاهرية 1.2و1.3و1.4و1.5و1.6 و1.7 ميكاغرام م$^{-3}$

ويتبين من نتائج جدول 1 ان محتوى التربة من الجبس لم يؤثر معنويا في قيم المسامية الكلية للتربة، اذ اعطت التربة ذات المحتوى الجبسي 96 غم كغم-1 اعلى متوسط بلغت قيمته 0.436 مقارنة بباقي نسب الجبس 163 و218 و 264 و 371 غم كغم-1على

الترتيب, ويعود سبب ذلك الى ان كبريتات الكالسيوم تترسب في المسامات البينية الموجودة في التربة اضافة لدورها كمادة رابطة بين دقائق التربة مما يزيد من تماسكها واندماجها، كما وان وجود جزء منها كدقائق منفردة مقاربة في حجومها لدقائق الرمل, مما يؤدي الى انخفاض مسامية التربة وزيادة الكثافة الظاهرية للتربة.

2-: تأثير الرص ومحتوى التربة من الجبس في المسامية الكلية.

وفي معاملات التداخل بلغت اعلى قيمه للمسامية عند الكثافة 1.2ميكاغرام م$^{-3}$ ونسبة الجبس 96غم كغم$^{-1}$ هي 0.534 والتي بدات بالانخفاض مع زياده الكثافة الظاهرية نتيجة لعملية الرص وزياده نسب الجبس وتفوقت معنويا بنسبة زياده 69.52% على المعاملة ذات الكثافة 1.7 ونسبة الجبس 371 غم كغم$^{-1}$التي بلغت قيمه المسامية عندها 0.315 ويعزى ذلك الى دور الرص وزياده الكثافة الظاهرية الذي انعكس في حجم واستمرارية المسامات. عند تقدير الحد الحرج للمسامية كنتيجة لرص التربة تبين ان الحد الحرج للرص (الكثافة الظاهرية) في المسامية الكلية للتربة الحاوية على نسب الجبس 96 و 163 و 218 و 264 و371 غم كغم$^{-1}$ هو 1.5 ميكا غرام م$^{-3}$ والتي بلغت 0.417 و 0.412 و 0.408 و 0.403 و 0.396 على الترتيب.

جدول1 . تأثير الرص ونسبة الجبس في قيم المسامية الكلية للتربة.

الجبس غم كغم$^{-1}$	الكثافة الظاهرية (ميكا غرام م$^{-3}$)						معدل المسامية عند مستويات مختلفة من الجبس
	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	
96	0.534	0.495	0.456	0.417	0.378	0.34	0.436
163	0.53	0.491	0.451	0.412	0.373	0.334	0.431
218	0.526	0.487	0.447	0.408	0.368	0.329	0.427
264	0.522	0.483	0.443	0.403	0.363	0.323	0.422
371	0.517	0.467	0.436	0.396	0.355	0.315	0.414
معدل المسامية عند مستويات مختلفة من الكثافة	0.525	0.484	0.446	0.407	0.367	0.328	
للجبس $LSD_{0.05}$	0.026						
للكثافة $LSD_{0.05}$	0.053						
$LSD_{0.05}$ للكثافة×الجبس	0.156						

3: تاثير الرص ومحتوى التربة من الجبس في الايصالية المائية المشبعة (سم دقيقة$^{-1}$)

يبين جدول2 ان رص التربة اثر سلبا في قيم الايصالية المائية ، اذ اعطت الكثافة الظاهرية 1.2 ميكا غرام$^{-1}$ اعلى متوسط بلغ 0.125 سم دقيقة$^{-1}$ ، فيما اعطت زيادة الرص عن هذا المستوى متوسط بلغ 0.045 و 0.015 و 0.007 و 0.005 و 0.002 سم دقيقة$^{-1}$ للكثافات الظاهرية 1.3 و 1.4 و 1.5 و 1.6 و 1.7 ميكا غرام $^{-1}$ على الترتيب. يمكن ان يعزى انخفاض الايصالية المائية بزيادة رص التربة الى تقارب دقائق التربة فيما بينها وهذا بدوره يؤدي الى أنخفاض مسامية التربة نتيجة عملية الرص بالاضافة الى تغيير التوزيع الحجمي للمسامات التي تعد المسؤولة عن التوصيل المائي المشبع. (Lipiec et al., 2002)

اذ تتأثر الايصالية المائية بمسامية التربة فتبين نتائج جدول 1 انخفاض المسامية الكلية بسبب رص التربة وزياده الكثافة الظاهرية لها عن طرق انسداد المسامات الكبيره وانزلاق دقائق التربة بعضها فوق بعض والتغيرات الميكانيكية

التي تطرأ عليها والتي تنعكس بدورها في الايصالية المائية المشبعة. يلاحظ ايضا انخفاض حجم المسام مع زياده الكثافة الظاهرية للتربة كما تم ذكره مسبقا وهذا ينعكس ايضا في الايصالية المائية. يلاحظ من نتائج الجدول ايضا ان محتوى التربة من الجبس لم يؤثر معنويا في قيم الايصالية المائية للتربة باستثناء التربة ذات المحتوى الجبسي 218 غم كغم$^{-1}$، اذ اعطت التربة ذات المحتوى الجبسي 264 غم كغم$^{-1}$ متوسط بلغت قيمته 0.035 سم دقيقة$^{-1}$ ، فيما اعطت الترب ذات المحتوى الجبسي 371 غم كغم$^{-1}$ متوسط بلغ 0.035 سم دقيقة$^{-1}$. ويعود سبب ذلك الى ان كبريتات الكالسيوم تترسب في المسامات البينية الموجودة في التربة, اضافة لدورها كمادة رابطة بين دقائق التربة مما يزيد من تماسكها واندماجها، كما وان وجود جزء منها كدقائق منفردة مقاربة في حجومها لدقائق الرمل مما يؤدي الى انخفاض مسامية التربة وزيادة الكثافة الظاهرية مما انعكس ذلك في قيم الايصالية المائية المشبعة**.** اظهر التداخل الثنائي بين الكثافة الظاهرية ومستوى الجبس فروق معنوية بين المعاملات، اذ اعطت الكثافة الظاهرية 1.2 ميكا غرام م$^{-3}$ اعلى قيمة بلغت 0.141 سم دقيقة$^{-1}$ عند نسبة الجبس 96 غم كغم$^{-1}$ والتي تفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم للإيصالية المائية بلغت 0.045 , 0.012 , 0.007 , 0.005 , 0.003 سم دقيقة$^{-1}$ للكثافات الظاهرية 1.3 و 1.4و 1.5و 1.6 و1.7 ميكا غرام م$^{-3}$ على الترتيب, اما عند نسبة الجبس 163 غم كغم$^{-1}$ بلغت الايصالية المائية عند 1.2 ميكا غرام$^{-1}$ اعلى قيمة بلغت 0.133 سم دقيقة$^{-1}$ وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت 0.044 , 0.014 , 0.008 , 0.005 , 0.003 سم دقيقة$^{-1}$ للكثافات الظاهرية 1.3 و 1.4و 1.5و 1.6 و1.7 ميكا غرام م$^{-3}$. وعند نسبة الجبس 218 غم كغم$^{-1}$ كذلك تفوقت الكثافة 1.2 ميكا غرام م$^{-3}$ على باقي الكثافات واعطت قيمة للإيصالية المائية بلغت 0.009 سم دقيقة$^{-1}$ مقارنة بالقيم 0.041 و 0.016 و 0.007 و 0.005 و 0.002 سم دقيقة$^{-1}$ للكثافات الظاهرية 1.3 و1.4و 1.5و 1.6 و1.7 ميكا غرام م$^{-3}$على الترتيب. وعند نسبة الجبس 328 غم كغم$^{-1}$ بلغت الايصالية المائية عند الكثافة الظاهرية 1.2 ميكا غرام م$^{-3}$ اعلى قيمة بلغت 0.133 سم دقيقة$^{-1}$ وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت 0.049 و 0.017 و 0.007 و 0.005 و 0.003 سم دقيقة$^{-1}$ للكثافات الظاهرية 1.3 و 1.4 و 1.5 و 1.6 و 1.7 ميكا غرام م$^{-3}$ على الترتيب. اما وعند نسبة الجبس 371 غم كغم$^{-1}$ فبلغت الايصالية المائية عند الكثافة الظاهرية 1.2 ميكا غرام م$^{-3}$ اعلى قيمة بلغت 0.123 سم دقيقة$^{-1}$ وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت 0.051 , 0.019 , 0.007 , 0.005 , 0.003 سم دقيقة$^{-1}$ للكثافات الظاهرية 1.3 ,1.4، 1.5, 1.6 ,1.7 ميكا غرام م$^{-3}$ على الترتيب. وعند تقدير الحد الحرج لتأثير رص التربة في قيم الإيصالية المائية المشبعة تبين ان الحد الحرج للرص كان عند الكثافة الظاهرية 1.2 ميكا غرام م$^{-3}$ لترب ذات المحتوى الجبسي 96 و 163 و 218 و 328 و 371 غم كغم$^{-1}$ والتي بلغت 0.141 و 0.133 و 0.099 و 0.133 و 0.123 على الترتيب. ويعود ذلك الى انخفاض الحد الحرج للكثافات الظاهرية في المسامية الكلية للتربة والذي ارتبط بالحد الحرج للإيصالية المائية.

3 تاثير الرص ومحتوى التربة من الجبس في جهد القص (كغم سم-2)

تشير نتائج جدول 3 ان رص التربة اثر في قيم جهد القص. يبين جدول 3 ان التربة ذات الكثافة الظاهرية 1.7 ميكا غرام-3 اعطت اعلى متوسط لجهد القص بلغ 113.3 كغم سم2 وبزيادة بلغت 234.32 و 121.54 و 80.35 و 32.22 و 12.07 % قياسا بالرص للكثافات الظاهرية 1.2 و 1.3 و 1.4 و 1.5 و 1.6ميكا غرام-3 التي اعطت متوسط بلغت قيمته 33.98 و 51.41 و 62.88 و 85.69 و 101.14 كغم سم2 للكثافات الظاهرية على الترتيب ، ويمكن ان يعزى زيادة جهد القص بزيادة الكثافة الظاهرية الى ان زيادة الضغوط المسلطة على التربة قللت من قيم المسامية التي قلت بزيادة الرص ، اذ تعمل دقائق التربة الصغيرة على اشغال المسامات الكبيرة مما يزيد من كثافة التربة ومن ثم زيادة جهد القص (Moraes,2014). كما ان رص التربة لهذه الكثافات ابدت مقاومة للضغوط المسلطة عليها معتمده بذلك على درجه قوه صلابتها وبنائها ودرجة التماسك والاحتكاك الداخلي بين دقائق التربة فتكون ذات مقاومة عالية للقص الجانبي. يلاحظ من النتائج ايضا ان زيادة محتوى التربة من الجبس زاد من جهد القص للتربة لحد معين ثم بدأت بالانخفاض ، اذ اعطت التربة ذات المحتوى الجبسي المنخفض 96 غم كغم-1 اقل متوسط بلغ 64.4 كغم سم2 ، ثم بدأت بالارتفاع بمتوسط بلغ 74.6 و 79.8 و 78.1 و 73.3 كغم سم2 للترب ذات المحتوى الجبسي 163 و218 و 328 و371 غم كغم-1 على الترتيب. ويعزى ذلك ان مسامية التربة تقل بزيادة نسبة الجبس, اذ تعمل دقائق الجبس صغيرة الحجم على اشغال جزء من المسام, مما يزيد من كثافة التربة ومن ثم زيادة جهد القص ، ولذا عند زيادة نسبة الجبس عن 218 غم كغم-1 تزداد نسبة الدقائق الكبيرة الحجم, مما يؤدي ذلك الى خفض جهد القص النسبي في قوة التماسك بين دقائق الجبس الخشنة (عبدالحميد

جدول 2- تأثير الرص ومحتوى التربة من الجبس في قيم الايصالية المائية المشبعة (سم دقيقة$^{-1}$)

الجبس غم كغم$^{-1}$	الكثافة الظاهرية						معدل الايصالية المائية تحت مستويات مختلفة من الجبس
	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	
96	0.141	0.045	0.012	0.007	0.005	0.003	0.035
163	0.133	0.044	0.014	0.008	0.005	0.003	0.034
218	0.099	0.041	0.016	0.007	0.005	0.002	0.028
328	0.133	0.049	0.017	0.007	0.005	0.002	0.035
370	0.123	0.051	0.019	0.007	0.005	0.002	0.035
معدل الايصالية المائية تحت مستويات مختلفة من الكثافة	0.125	0.046	0.015	0.007	0.005	0.002	
$LSD_{0.05}$للجبس	0.0017						
$LSD_{0.05}$ للكثافة	0.0018						
$LSD_{0.05}$ للكثافة×الجبس	0.0041						

يتبين من نتائج جدول 3 ان التداخل الثنائي بين مستويات الجبس والكثافة الظاهرية اعطى فروق معنوية بين المعاملات، اذ اعطت الكثافة 1.7 اعلى نسبة بلغت 108.2 كغم سم^{2} عند نسبة الجبس 96 غم كغم $^{-1}$ والتي تفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم لجهد القص بلغت 28.3 و41.2 و 57.5 و 75.6 و 93.6 و كغم سم^{2} للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6ميكا غرام م$^{-3}$ اما عند نسبة الجبس 163 غم كغم$^{-1}$ فبلغ جهد القص عند الكثافة 1.7 اعلى قيمة بلغت 115.1كغم سم^{2} وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت32.6 و 52.3 , 63.5 , 83.2 , 101.3 , كغم سم^{2} للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6 ميكا غرام$^{-3}$. وعند نسبة الجبس 218 غم كغم$^{-1}$ كذلك تفوقت 1.7 ميكا غرام $^{-3}$ على باقي الكثافات واعطت قيمة لجهد القص بلغت 117.6 مقارنة بالقيم 37.8 و 57.5 و 69.5 و 91 و 105.6 و كغم سم$^{-2}$ للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6 ميكا غرام$^{-3}$على الترتيب. وعند نسبة الجبس 328 غم كغم$^{-1}$ بلغ جهد القص عند الكثافة 1.7 اعلى قيمة بلغت 115.1 كغم سم^{2} وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت 34.2و 55.8 و 67 و 92.75 و 103.9 , كغم سم^{2} للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6 ميكا غرام$^{-3}$ على الترتيب. اما عند نسبة الجبس 371 فبلغ جهد القص عند الكثافة الظاهرية1.7 اعلى قيمة بلغت 110.7 كغم سم$^{-2}$ وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت 37 و48.9 و 56.6 و 85.69و 101.1و كغم سم^{2} للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6 ميكا غرام$^{-3}$ على الترتيب.

جدول 3- تأثير رص التربة ومحتواها من الجبس في جهد القص (كغم سم$^{-2}$)

الجبس غم كغم$^{-1}$	الكثافة الظاهرية						معدل جهد القص عند مستويات مختلفة من الجبس
	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	
96	28.3	41.2	57.5	75.6	93.6	108.2	64.4
163	32.6	52.3	63.5	83.2	101.3	115.1	74.6
218	37.8	57.5	69.5	91	105.6	117.6	79.8
328	34.2	55.8	67	92.75	103.9	115.1	78.1
370	37	48.9	56.6	85.9	101.3	110.7	73.3
معدل جهد القص عند مستويات مختلفة من الكثافة	33.89	51.14	62.82	85.69	101.1	113.3	
$LSD_{0.05}$للجبس	1.341						
$LSD_{0.05}$ للكثافة	0.0014						
$LSD_{0.05}$ للكثافة×الجبس	3.2855						

4-تاثير الرص ومحتوى التربة من الجبس في مقاومة التربة للاختراق (كيلو باسكال سم$^{-2}$)

يلاحظ من جدول4 ان رص التربة اثر معنويا في قيمة مقاومة التربة للاختراق, اذ بلغت اعلى قيمة لمقاومة التربة للاختراق عند الكثافة الظاهرية 1.7 ميكاغرام $^{-3}$ التي اعطت اعلى متوسط بلغ 0.130 كيلو باسكال سم^{2} متفوقة معنويا على المعاملات ذات الكثافة الظاهرية 1.2 و 1.3 و 1.4 و 1.5 و 1.6 ميكا غرام $^{-3}$ التي اعطت متوسط بلغ 0.007 و 0.018 و 0.040 و 0.059 و 0.094 كيلو باسكال سم$^{-2}$. يلاحظ ان مقاومة التربة للاختراق ازدادت بزياده رص التربة ويعزى سبب ذلك الى تماسك التربة وانخفاض المسامية الكلية وغلق مسامات التربة الكبيرة بدقائق التربة الناعمة ودقائق الجبس نتيجة الرص الذي يؤدي الى أرتفاع الكثافة الظاهرية للتربة وبالتالي الى زيادة مقاومة التربة للاختراق وهذا يتفق مع ما اشار الية (Whitmore,2018) و Lavies et al., (2003) اذ وجدوا هناك علاقة خطية موجبة بين مقاومة التربة للاختراق والكثافة الظاهرية . كما وترتبط مقاومة التربة للاختراق بالمسامية الكلية للتربة (جدول 1) اذ يبين ان المسامية تنخفض بزياده الكثافة الظاهرية نتيجة الرص وهذه بدوره ينعكس في مقاومة التربة للاختراق .

يلاحظ من نتائج الجدول 4 ايضا ان زياده محتوى التربة من الجبس اثر معنويا في مقاومة التربة للاختراق, اذ اعطت التربة ذات المحتوى الجبسي 218 غم كغم$^{-1}$ اعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.069 كيلو باسكال سم$^{-2}$, فيما اعطت التربة ذات المحتوى الجبسي 96 و 163 و 328 و 371 غم كغم$^{-1}$ متوسط بلغ 0.041 و 0.052 و0.066 و 0.062كيلو باسكال سم$^{-2}$ على الترتيب. ويعزى ذلك ان كبريتات الكالسيوم تزيد من صلابة التربة وتعمل كمادة رابطة او لاحمة (Cementing) وتربط ذقائق التربة مع بعضها وتزيد من القوة الميكانيكية عند التجفيف (Farahani et al.2019).

يتبين من نتائج جدول 4 ان التداخل الثنائي بين مستويات الجبس والكثافة الظاهرية اعطى فروق معنوية بين المعاملات، اذ اعطت الكثافة 1.7 ميكاغرام م$^{-3}$ اعلى نسبة بلغت 0.092 كيلوباسكال سم^{2} عند نسبة الجبس 96 غم كغم $^{-1}$ والتي تفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم لمقاومة التربة للاختراق بلغت 0.004 و 0.011 و 0.022 و 0.045 و 0.071 كيلو باسكال سم^{2}

للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6ميكا غرام م$^{-3}$, اما عند نسبة الجبس 163 غم كغم$^{-1}$ فبلغت مقاومة التربة للاختراق عند الكثافة 1.7 اعلى قيمة بلغت 0.113 كيلوباسكال سم^{2} وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت 0.007 و 0.018 و 0.039 و 0.056و 0.082 كيلوباسكال سم^{2} للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6 ميكا غرام م$^{-3}$ على الترتيب. وعند نسبة الجبس 218 غم كغم$^{-1}$ كذلك تفوقت 1.7 ميكا غرام $^{-3}$ على باقي الكثافات واعطت قيمة لمقاومة التربة للاختراق بلغت 0.153 مقارنة بالقيم 0.011 و 0.024و 0.049 و 0.070 و 0.110 و كيلوباسكال سم^{2} للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6 ميكا غرام م$^{-3}$على الترتيب. وعند نسبة الجبس 328 غم كغم$^{-1}$ بلغ مقاومة التربة للاختراق عند الكثافة 1.7 اعلى قيمة بلغت 0.147 كيلوباسكال سم^{2} وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت 0.008 0.021 و 0.046 و 0.066 و 0.107 و كيلو باسكال سم^{2} للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6 ميكا غرام م$^{-3}$ على الترتيب. اما وعند نسبة الجبس 371 فبلغت مقاومة التربة للاختراق عند 1.7 اعلى. قيمة بلغت 0.147 كغم سم^{2} وتفوقت على باقي الكثافات التي اعطت قيم بلغت 0.006 و 0.017 و 0.042 و 0.060 و 0.100 كيلوباسكال سم^{2} للكثافات الظاهرية 1.2 و1.3و 1.4و 1.5 و1.6 ميكا غرام$^{-3}$ على الترتيب.

جدول4- تأثير رص التربة ومحتوى التربة من الجبس في مقاومة التربة للاختراق (كيلو باسكال سم$^{-2}$)

الجبس غم كغم$^{-1}$	**الكثافة الظاهرية ميكا غرام م$^{-3}$**						**معدل مقاومة التربة للاختراق عند مستويات مختلفة من الجبس**
	1.2	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	
96	0.004	0.011	0.022	0.045	0.071	0.092	0.041
163	0.007	0.018	0.039	0.056	0.082	0.113	0.052
218	0.011	0.024	0.049	0.070	0.110	0.153	0.067
328	0.0087	0.021	0.046	0.066	0.107	0.1479	0.050
371	0.006	0.017	0.042	0.060	0.100	0.147	0.062
معدل الكثافة مقاومة التربة للاختراق عند مستويات مختلفة من الكثافة	0.007	0.018	0.04	0.059	0.094	0.130	
$LSD_{0.05}$للجبس	0.002						
$LSD_{0.05}$ للكثافة	0.0014						
$LSD_{0.05}$للكثافة×الجبس	0.0049						

الاستنتاجات:

1- ادت اجهادات الرص الى خفض قيم الايصالية المائية، وبلغ الحد الحرج للايصالية المائية عند الكثافة 1.2 ميكا غرام م$^{-3}$ الذي تراوح بين 0.141 و 0.123 للترب ذات المحتوى الجبسي 96 – 371 غم كغم$^{-1}$.

2- ازدادت قيم مقاومة التربة للاختراق وجهد القص نتيجة لإجهادات الرص إلى الكثافات الظاهرية 1.2 و1.3 و1.4 و1.5 و 1.6 و 1.7 (ميكاغرام م$^{-3}$) وبلغ الحد الحرج لإجهادات الرص عند الكثافة الظاهرية 1.2 ميكاغرام م$^{-3}$ والتي تراوحت قيم مقاومة التربة للاختراق عندها بين 0.004 و 0.006 كيلو باسكال سم$^{-2}$ وجهد القص 28.3 و 37.0 كغم سم$^{-2}$ للترب التي تراوح محتواها الجبسي بين 96 و 371 غم كغم$^{-1}$.

3- انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة بزيادة نسبة الجبس عند الشدود الرطوبية المختلفة، وبارتفاع الكثافة الظاهرية عند رص التربة إلى الكثافات الظاهرية 1.2 و1.3 و1.4 و1.5 و 1.6 و 1.7 (ميكاغرام م$^{-3}$).

التوصيات:

1- التقليل من استعمال الآلآت والمكائن الزراعية الثقيلة كي لا تسبب رص التربة الى الحدود الحرجة لخصائص التربة الفيزيائية للترب الجبسية.
2- ادارة المحتوى الرطوبي للترب الجبسية للتقليل من تأثيرات مقاومة التربة للاختراق وجهد القص وبهدف توفير بيئة ملائمة لنمو النبات

المصادر العربية:

عبدالحميد ، مصطفى زهير .2016. دور إضافة الجبس في قوة القص وعلاقته ببعض الخصائص الفيزيائية للتربة. رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة تكريت.

المصادر الاجنبية:

AL-Kayssi, A. W. 2021. Use of water retention data and soil physical quality index S to quantify hard-setting and degree of soil compactness indices of gypsiferous soils. Soil and Tillage Research, 206, 104-805.

Bruand, A. and Cousin, I., 1995. Variation of textural porosity of a clay-loam soil during compaction. European journal of soil science, 46(3), pp.377-385.

Dexter, A. R. 2004. Soil physical quality: Part III: Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. Geoderma, 120(3-4), 227-239

Dexter, A.R ., Czyz ,E.A., 2008. Application of S-theory in the study of soil physical degradation and its consequences .Land Degrad .Dev .18 ,369-381.

Farahani, E., Mosaddeghi, M. R., Mahboubi, A. A., and Dexter, A. R. 2019. Prediction of soil hard-setting and physical quality using water retention data. Geoderma, 338, 343-354.

Hetz,E.J.2001. Soil compaction potential of tractors and other heavy agricultural machines used in Chile. AMA 32 (3):38 -42.

Hillel, D. 2004. Fundamentals of Soil Physics. Academic Press, New York.

Lipiec, **J., Nosalewicz, A., Smarz, M. 2002.** Root growth and water uptake of wheat as affected by soil compac-tion. In: Proc. 3rd INCO Workshop, 14–18 June, 2001. Brasov, Romania. pp. 171–177.

Moraes , M.T ,. Debiasi ,H,. Carlesso,R,.2016. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. Soil and Tillage Research , 155: 351-362 .

Moraes, M. T. DE .2014. Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic Eutrudox. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 288– 298.

Nawaz, M. F., Bourrie, G., and Trolard, F. 2013. Soil compaction impact and modelling. A review. Agronomy for sustainable development, 33(2), 291-309**.**

Startsev, A. D., and McNabb, D. H. 2001. Skidder traffic effects on water retention, pore-size distribution, and van Genuchten parameters of boreal forest soils. Soil Science Society of America Journal, 65(1), 224-231.

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

Whitmore, A., Watts, C., Stroud, J., Sizmur, T., Ebrahim, S.M., Pawlett, M., Harris, J., Ritz, K., Wallace, P., White, E., Stobart, R., Mckenzie, B. and Thallon, G. (2018). Improvement of soil structure and crop yield by adding organic matter to soil. Final Report to AHDB on project RD-2012-3787, p. 155. https://cereals.ahdb.org.uk/publications.aspx