مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية المجلد ( 16 ) العدد ( 4 ) – ( 2016 )
ISSN-1813-1646

# دور الجبس في قوة القص وعلاقته ببعض الخصائص الفيزيائية للتربة

**مصطفى زهير عبد الحميد[1]* وعبد الوهاب عبد الرزاق القيسي* وحسام الدين احمد توفيق****

*جامعة تكريت–كلية الزراعة–قسم علوم التربة والموارد المائية ** باحث علمي أقدم ، دائرة البحوث الزراعية – وزارة العلوم والتكنولوجيا

## الخلاصة

**الكلمات المفتاحية:**
الجبس ، قوة القص ، الخصائص الفيزيائية .

**للمراسلة :**
مصطفى زهير عبدالحميد
**البريد الالكتروني:**
muzuab@gmail.com
**رقم الهاتف المحمول:**
07705852479

أجريت دراسة مختبريه للتحري عن تأثير تغاير نسبة الجبس في التربة في قوة القص. تم تحضير نماذج ترب ذات محتوى جبسي $S_0(0)$ و $S_1(100)$ و $S_2(200)$ و $S_3(300)$ و $S_4(400)$ و $S_5(500)$ غم.كغم$^{-1}$ تربة. عن طريق الخلط بين نموذج تربة الأفق السطحي ($S_0$) من مقد تربة في موقع التويثة يبعد 40 كم جنوب شرق مدينة بغداد مع نسب مختلفة من الجبس النقي. رطبت نماذج الترب الجبسية المحضرة فضلاً عن نموذج تربة الأفق السطحي ($S_0$) عن طريق الرش إلى حدود نصف السعة الحقلية ، ثم حضنت في أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق لمدة شهرين مع التقليب المستمر يومياً خلال فترة الحضن. طحنت نماذج التربة ومررت عبر منخل قطر فتحاته 2 ملم بعد انتهاء مدة الحضن ، ثم عبئت في حلقات معدنية قياسية ورصت لكثافة ظاهرية قياسية مقدارها 1.25 ميكاغرام.م$^{-3}$. تم قياس قوة القص ومقاومة التربة للاختراق و الكثافة الظاهرية الرطبة ومنحنى الوصف الرطوبي عند الشدود 0 و 33 و 100 و 300 و 500 و 1000 كيلو باسكال و المسامية ونسبة الفراغية لكل نموذج من نماذج التربة. بينت النتائج زيادة قوة القص ومقاومة التربة للاختراق وانخفاض الكثافة الظاهرية الرطبة بزيادة الشد الرطوبي لنماذج الترب الجبسية. فقد ازدادت قوة القص ومقاومة التربة للاختراق بزيادة محتوى التربة من الجبس عن 200غم.كغم$^{-1}$ وانخفضتا تدريجياً بعد زيادة المحتوى الجبسي عن 200غم.كغم$^{-1}$. ازدادت قوة القص لوغاريتمياً بزيادة مقاومة التربة للاختراق ولكافة نسب الجبس. ارتبطت قوة القص والكثافة الظاهرية الرطبة للتربة بعلاقة لوغارتمية سالبة لمستويات الشد الرطوبي.

# Role of Gypsum on Shear Strength and Its Relation With Some

**Mustafa Z. Abdul-Hameed* , Al-kayssi A. W.* and Tawfeeq H. A.****
*Soil and Water Resources Dept., College of Agriculture, Tikrit University
**Soil & Water Resources Center Research – Agricultural Research & Food Technology Directorate .Ministry of Sciences & Technology

## ABSTRACT

**Key words:**
Gypsum, shear strength, Soil Physical Characteristics.
**Correspondence:**
M. Z. Abdul-Hameed
**E-mail:**
muzuab@gmail.com
**Mobile No.:**
07705852479

A laboratory experiment was conducted to investigate the role of soil gypsum content on soil shear strength and its relation with penetration resistance, wet B.D, porosity and void ratio. Different soil samples with different gypsum contents were prepared, $S_o(0)$, $S_1(100)$, $S_2(200)$, $S_3(300)$, $S_4(400)$ and $S_5(500)$ gm.kg$^{-1}$ through mixing surface soil (So) sampled from Tuwaitha site (40km south- East of Baghdad) with different levels of pure gypsum. Prepared gypsiferous soil samples were wetted by spraying of water to reach at half field capacity. and incubated for 60 days in plastic bags with continual daily mixing. After the incubation period, the soil samples were air dried, grinded and sieved through a 2mm sieve. Soil samples were packed into a standard rings to a bulk density of 1.25 Mg.m$^{-3}$.Some soil physical characteristics were determined such as shear strength of soil and soil penetration resistance and wet bulk density and moisture characteristics curve at 0, 33, 100, 300, 500 and 1000 kPa, porosity and void ratio for each soil sample. The results showed that the Increasing soil moisture tension caused un increasing soil shear strength, penetration resistance and reducing of soil wet bulk density values. Increasing in gypsum content up to 200gm.kg$^{-1}$ caused un increasing in soil shear strength and penetration resistance, and tends to decrease gradually next to 200gm.kg$^{-1}$ gypsum content. A positive logarithmic relation was derived between

[1] البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول

soil shear strength and penetration resistance values for all soil gypsum content treatments. A negative logarithmic relation was obtained between soil shear strength and wet bulk density for all the studied moisture tensions.

**المقدمة :**

تغطي الترب الجبسية حوالي 100 مليون هكتار من أراضي العالم الصالحة للزراعة (FAO ، 1993) أما في العراق فتشكل الترب الجبسية حوالي 8.7 مليون هكتار من مساحة العراق البالغة 43.5 مليون هكتار أي حوالي 20% من مساحة العراق الكلية (سليم ، 2001). يؤدي وجود الجبس في الترب إلى حدوث تغيرات في مقاومتها الميكانيكية، اعتماداً على نوع الجبس. تمتاز الترب الجبسية بضعف بنائها في الأفاق السطحية، وقلة ثباتية تجمعاتها أما الأفاق تحت السطحية فتكون عديمة البناء أو على شكل حبيبات منفردة. بين الاعظمي (2006) أن البناء الدقيق السائد في معظم آفاق بيدونات الدراسة (الممثلة لبعض ترب العراق الجبسية) هو البناء المركب والذي يتكون بدرجة رئيسية من الحبيبي والأسفنجي والكتلي. للجبس اثر مهم في الخواص الفيزيائية للتربة مثل الكثافة الحقيقية والظاهرية والمسامية والتهوية ونسبة الفراغات والقدرة على حفظ وجريان الماء ، مما له علاقة بإنبات ونمو المحاصيل. إذ وجد الدبسا (2010) إلى إن زيادة نسبة الجبس في التربة لغاية 34.4% أدت إلى زيادة قيم الكثافة الظاهرية، وخفض قيم المسامية وعند زيادة نسبة الجبس في التربة عن 34.4% انخفضت قيم الكثافة الظاهرية وازدادت قيم المسامية. تتأثر مقاومة التربة للاختراق بعدة عوامل مثل الكثافة الظاهرية والمحتوى الرطوبي والنسجة والمادة العضوية والمسامية وبناء التربة (Lal و Shukla ، 2004) إذ وجد Rossingnol و Debayle (2002) إن مقاومة التربة للاختراق تزداد بانخفاض الرطوبة نتيجة لتحول التربة من الحالة اللدنة إلى الحالة شبه الصلبة. خلال عمليات الإنتاج الزراعي تتعرض التربة إلى مجموعة من الاجهادات الخارجية والداخلية والتي تسبب حصول حالات رص وفشل التربة بالقص، وحدوث أو عدم حدوث جريان لدن بسبب اختلاف ظروف التربة من حالة قريبة من السيولة إلى حالة شبه جافة أو سهلة التكسر. إن المقاومة التي تبديها التربة عبارة عن محصلة قوتين هما قوة التماسك بين جزيئات التربة ( Cohesion) والثانية قوة الاحتكاك بين جزيئات التربة (Friction) والتي تمنع حبيبات التربة من الانزلاق فوق بعضها البعض. ذكر حسين (2005) أن زيادة المحتوى ألجبسي في تربة طينية أدت إلى خفض قيمة التماسك الفعال وزيادة مقدار زاوية الاحتكاك الداخلي. والسبب في نقصان قيمة التماسك الفعال يعود إلى نقصان المواد المتماسكة بزيادة نسبة الجبس إما زيادة قيمة زاوية الاحتكاك فتعود إلى إن الاحتكاك الداخلي بين جزيئات الجبس أو بين الجبس والتربة يكون أعلى من الاحتكاك بين جزيئات التربة نفسها. درس Petrukhin و Arakelyan (1985) تأثير المحتوى ألجبسي في عوامل القص (زاوية الاحتكاك الداخلي و قيمة التماسك الفعال) لتربة طينية مضافا إليها عدة نسب من الجبس بشكل مسحوق بنسب تتراوح بين 0– 50% فوجدا أن كلاً من قيمة التماسك الفعال وزاوية الاحتكاك الداخلي تزداد بزيادة المحتوى ألجبسي ولحد نسبة جبس 15% ثم تقل بعدها نتيجة لضعف روابط التماسك بين التربة والجبس. لاجهادات الشد دوراً رئيساً في ميكانيك التربة غير المشبعة، إذ استخدمت لتحديد تأثير المحتوى الرطوبي في خصائص التربة كقوة القص. إذ ذكر Mohamed وآخرون (2006) في دراستهم للعلاقة بين قوة القص ومنحنى الشد الرطوبي للترب غير المشبعة إن للشد الرطوبي للتربة دوراً مهماً باتجاه الزيادة في قوة قص الترب غير المشبعة، فعند الشد الهيكلي الواطئ ، فإن أي زيادة في الشد الهيكلي (Matric suction) تنتج الزيادة نفسها في قوة القص كما هو الحال في الإجهاد العمودي (Net normal stress). وبزيادة الشد الهيكلي للتربة ، تصبح الزيادة في قوة القص بالنسبة للشد الهيكلي اقل من الزيادة بالنسبة للإجهاد العمودي. يهدف البحث إلى تحديد دور الجبس في قوة قص التربة وعلاقتها بمقاومة التربة للاختراق والكثافة الظاهرية الرطبة والفراغية عند شدود رطوبية مختلفة.

**المواد وطرائق العمل:**

أخذت نماذج التربة من مقد تربة في محطة أبحاث تقانات الري في منطقة التويثة التي تبعد 40 كم جنوب شرق مدينة بغداد. عند خط عرض َ33°21 شمالاً وخط طول َ52°44 شرقاً. توصف تربة المحطة بأنها كلسيه **(Calcaceous Soil)** والنسجة السائدة لطبقة التربة 0.60 – 0 م مزيجه طينية غرينية **(Silty clay loam)** وتصنف إلى مستوى تحت المجاميع العظمى **(TypicTorrifluvent)**. أخذت نماذج تربة من الأفق السطحي للموقع آنف الذكر ويبين جدول 1 الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة السطحية. طحنت نماذج التربة بعد تجفيفها هوائياً ثم مررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم. تم تحضير نماذج تربة مختلفة بنسبة الجبس عن طريق الخلط بين نموذج تربة الأفق السطحي($S_0$) ونسب مختلفة من الجبس النقي ذو نقاوة 95%. وكانت نسب الجبس في التربة المحضرة كما يأتي :- $S_1$(100) و $S_2$(200) و $S_3$(300) و $S_4$(400) و $S_5$(500)غم.كغم$^{-1}$ تربة. رطبت نماذج الترب المحضرة فضلاً عن معاملة المقارنة ذات المحتوى $S_0$(0)غم.كغم$^{-1}$ من الجبس عن طريق الرش إلى حدود نصف السعة الحقلية ( لأن الترطيب لحدود السعة الحقلية يؤدي إلى تعجن التربة )، والتي بلغت نسبة الرطوبة الوزنية عندها 11.69% و 10.86% و10.39% و 8.44% و 8.42% و 8.2% على الترتيب. ثم حضنت في أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق مع التقليب المستمر يومياً لمدة شهرين. بعد انتهاء مدة حضن التربة تركت لتجف هوائياً ، ثم طحنت ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم.

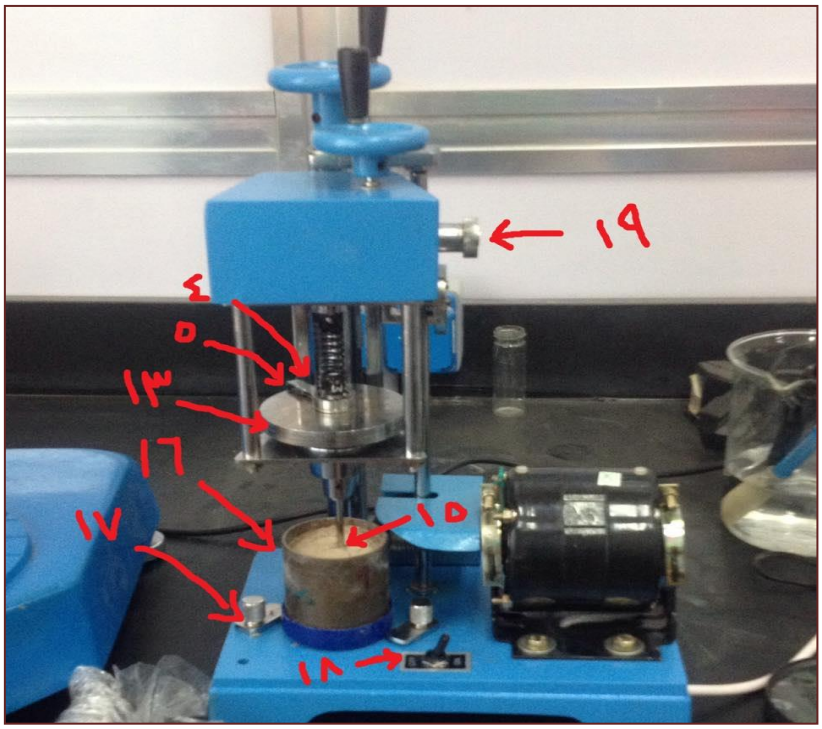
**جدول 1: الخصائص ألفيزيائية والكيميائية للتربة ألسطحية**

| الخاصية | القيمة |
|---|---|
| الرمل (غم.كغم$^{-1}$) | 191.76 |
| الغرين(غم.كغم$^{-1}$) | 422.39 |
| الطين(غم.كغم$^{-1}$) | 385.85 |
| النسجة | مزيجة طينية غرينية |
| الكثافة الظاهرية (ميكا غرام.م$^{-3}$) | 1.3 |
| التوصيل الكهربائي(ديسي سمنز.م$^{-1}$) | 4.0 |
| الأس الهيدروجيني (pH) | 7.2 |

**قياس الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لنماذج التربة:** قدرت منحنيات الوصف الرطوبي لترب الدراسة ذات المحتوى المختلف من الجبس عند الشدود 0 و 33 و 100 و 300 و 500 و 1000 كيلو باسكال ، باستخدام جهاز أقراص الضغط ( Pressure Plate Apparatus) ، وحسب الطريقة الواردة في Black (1965). تم تجفيف نماذج التربة في الفرن على درجة حرارة 70° م باستثناء نموذج التربة السطحية إذ تم تجفيفه على درجة حرارة 105° م. تم قياس مقاومة التربة للاختراق في كل عينة من عينات الترب عند الشدود الرطوبية 33 و 100 و 300 و 500 و 1000 كيلو باسكال في حلقات معدنية ، بإبعاد 5.36 سم قطراً و 3 سم ارتفاعاً. وبثلاث مكررات لكل شد رطوبي بوساطة مقياس الاختراق ألجيبي(Pocket Penetrometer) موديل CL-700. تم حساب الكثافة الظاهرية الرطبة بوساطة العلاقة بين الوزن الرطب والحجم الكلي الظاهري للتربة ($\rho_{bm} = M_{moist} / V_t$) ....(1) إذ أن $\rho_{bm}$ : الكثافة الرطبة و$M_{moist}$ : الوزن الرطب و$V_t$ : الحجم الكلي الظاهري للتربة). استخرجت الكثافة الحقيقة للتربة من العلاقة المذكورة في الرستم (2010) ( $Y = 3.10^{-7} x^2 - 0.0005x + 2.6259$ ....(2) ، إذ إن Y = الكثافة الحقيقية و X = نسبة الجبس في التربة). تم حساب المسامية من العلاقة بين الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية حسب العلاقة الواردة في Hillel (2004) كما يلي ($f = [1- \rho_b/\rho_s]. 100$ ....(3) ، إذ أن $f$ = المسامية (%) و$\rho_b$= الكثافة الظاهرية و$\rho_s$= الكثافة الحقيقية).

تم حساب الفراغية بوساطة العلاقة بين الفراغية والمسامية الواردة في (Hillel ، 1980) ( $\phi = \frac{e}{1+e}$ ....(4) ، إذ إن ***e*** : نسبة الفراغات و ***f*** : المسامية).

**قوة القص (Shear Strength):** تم قياس قوة القص في كل عينة من عينات الترب عند الشدود الرطوبية 33 و 100 و 300 و 500 و 1000 كيلو باسكال في حلقات معدنية ، بإبعاد 5.36 سم قطراً و 3 سم ارتفاعاً ، وبثلاث مكررات لكل شد رطوبي بوساطة جهاز قياس قوة القص كهربائي موديل MI.SO-1038 حسب طريقة ASTM الواردة في (Tiwari و Marui ، 2005). يبين شكل 1 الجهاز المستخدم في قياس قوة القص. تتم عملية القياس بوضع نموذج التربة في الحلقات المعدنية (16) وتثبت بإحكام بواسطة نوابض التثبيت (17) ، يتم تعيير القرص المدرج (13) بواسطة مقبض التعيير (19) وتسجل قراءة الإجهاد (5) قبل تشغيل محرك الجهاز ، بعد ذلك يتم غرس مروحة القص (15) والتي تتكون من أربع زعانف مستطيلة الشكل طولها 2سم وعرضها 1 سم، مركبة على عمود. تسلط الحركة الدورانية للمروحة ذاتياً وبسرعة منتظمة قدرها 60/1 دورة.دقيقة$^{-1}$ بواسطة محرك كهربائي ومن خلال مفتاح التشغيل (18). يتم تسجيل قوة القص بعد حصول فشل عينة التربة وتوقف المؤشر على قراءة معينة في القرص المدرج. أن الفرق بين قرائتي القرص قبل القص وبعده تمثل قوة القص. ويبين ملحق 1 مثالاً لكيفية حساب قوة القص.




**شكل 1: جهاز قياس قوة القص**

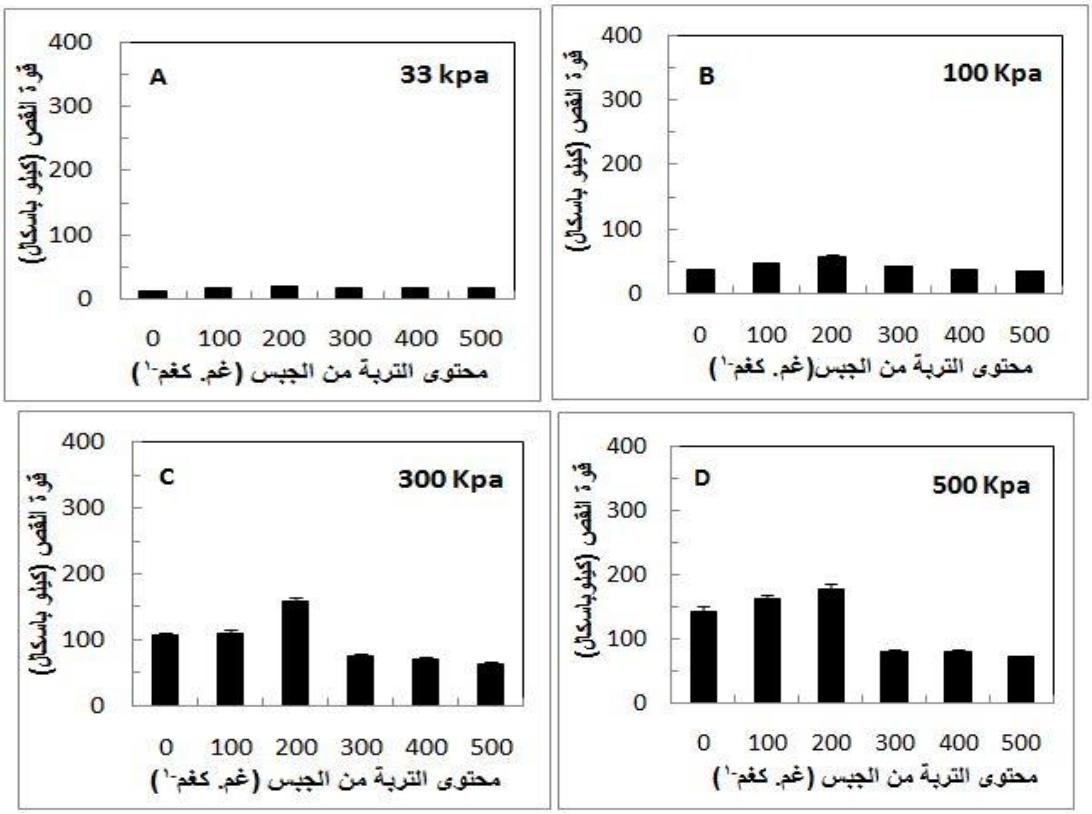
**النتائج والمناقشة:**

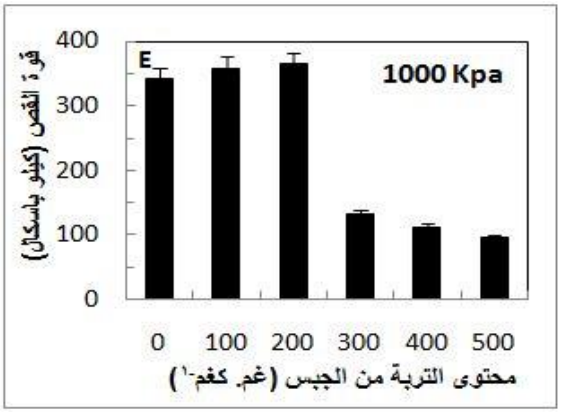
**تأثير محتوى التربة من الجبس في قيم قوة القص:** يبين شكل 2 العلاقة بين قوة القص ومحتوى التربة من الجبس عند مستويات الشد الرطوبي 33 و 100 و 300 و 500 و1000 كيلو باسكال. ازدادت قوة القص مع زيادة محتوى التربة من الجبس وصولاً إلى 20% جبس ، إذ بلغت نسب الزيادة في قيم قوة القص 40.76 و 27.07 و 3.60 و 12.49 و 5.04% عند زيادة محتوى التربة من الجبس من 0 إلى 100غم.كغم$^{-1}$ ، وبلغت نسب الزيادة 54.40 و 55.77 و 47.79 و 27.69 و 6.83% عند زيادة محتوى الجبس في التربة من 0 إلى 200غم.كغم$^{-1}$ ، ثم أخذت قيم قوة القص بالانخفاض تدريجياً بعد هذه النسبة إذ بلغت نسب الانخفاض في قيم قوة القص 41.95 و 16.25 و 28.78 و 44.27 و 61.17% عند زيادة محتوى التربة من الجبس من 0 إلى

300غم.كغم$^{-1}$ ، وبلغت 34.02 و 0.05 و 32.54 و 44.62 و 66.89%عند زيادة محتوى التربة من الجبس من 0 إلى 400 غم.كغم$^{-1}$ ، وبلغت 29.42 و 3.92 و 39.50 و 50.20 و 72.10% عند زيادة محتوى الجبس في التربة من 0 إلى 500 غم.كغم$^{-1}$ لمستويات الشد الرطوبي 33 و 100 و 300 و 500 و1000 كيلو باسكال ، على الترتيب. يمكن إن تعود الزيادة في قوة القص إلى زيادة مقدار كل من زاوية الاحتكاك الداخلي الفعالة ومقدار التماسك الفعال لدقائق التربة ، والتي تقل فيما بعد نتيجة لضعف روابط التماسك بين دقائق التربة والجبس إذ أن زيادة محتوى التربة من الجبس عن 200غم.كغم$^{-1}$ أدى إلى نقصان في كثافة التربة وبالتالي انخفاض قوة القص (Petrukhin و Arakelyan ، 1985).

**تأثير الشد الرطوبي في قوة القص:** يبين شكل 3 العلاقة بين قوة القص والشد الرطوبي لعينات ترب ذات محتوى جبسي 0 و 100 و 200 و 300 و400 و 500 غم.كغم$^{-1}$. إذ يلاحظ ازدياد قيم قوة القص مع زيادة الشد الرطوبي للتربة وكانت الزيادة كبيرة عند الشد 1000 كيلو باسكال لنماذج الترب ذات محتوى جبسي 0 و 100 و 200 غم.كغم$^{-1}$ (الإشكال 3A و 3B و 3C ) ، بينما انخفض مقدار الزيادة في قوة القص لنماذج الترب ذات المحتوى الجبسي 300 و400 و 500 غم.كغم$^{-1}$ (الإشكال 3D و 3E و 3F ) لذا يمثل المحتوى الجبسي عند 200 غم.كغم$^{-1}$ نقطة انقلاب لقيم قوة القص في التربة.

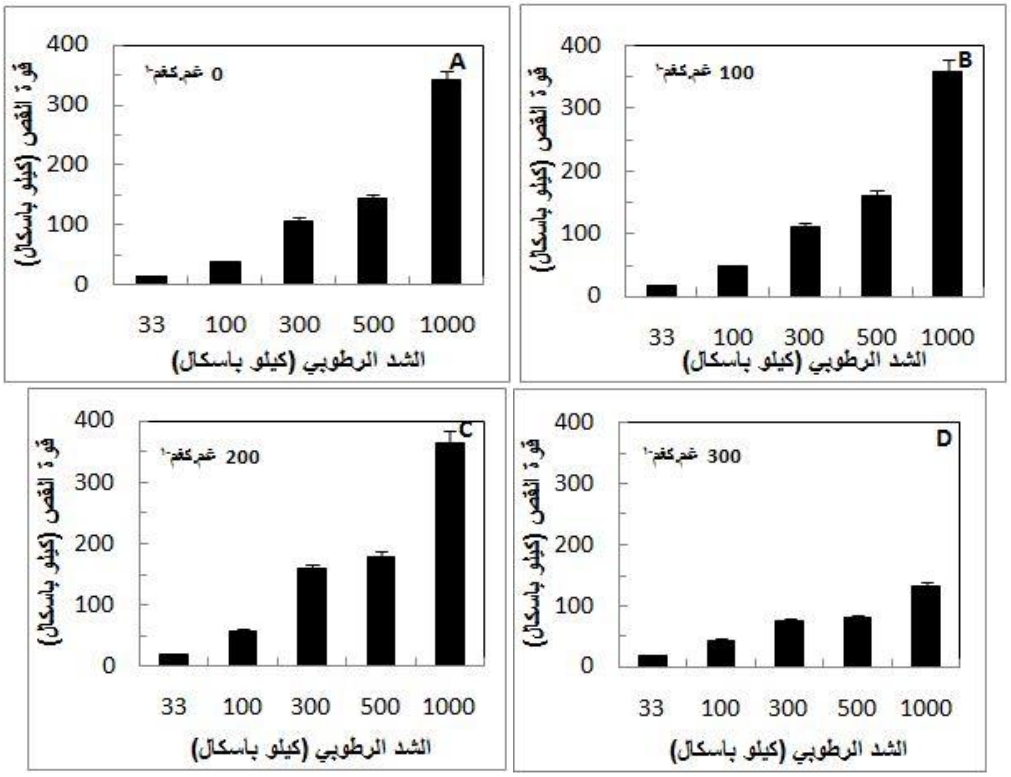
يمكن إن يعزى ذلك إلى انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة مع زيادة الشد مما يقلل من سمك الغلاف المائي المحيط بدقائق التربة والذي يؤدي بدوره إلى زيادة قوة الترابط بين دقائق التربة مما يزيد من قوة تماسكها وتقليل انزلاق بعضها فوق بعض( العاني ، 2000 و Mckenzie وأخرون ، 2009).

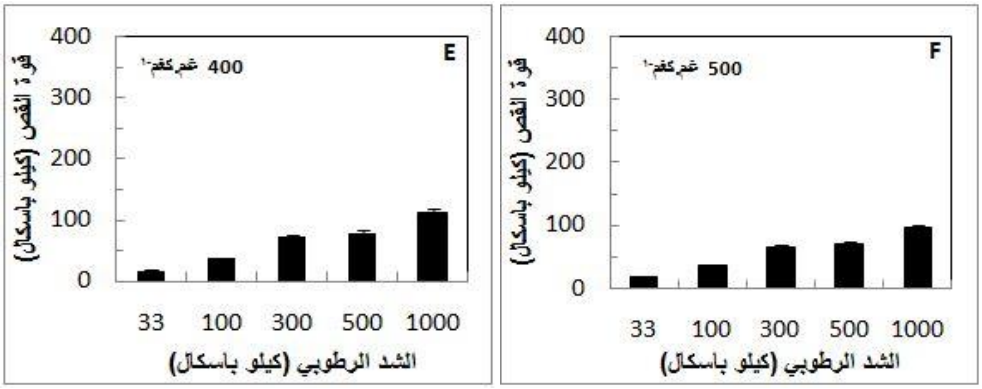





**شكل 2: العلاقة بين قوة القص ومحتوى التربة من الجبس عند شدود رطوبية مختلفة**

**تأثير محتوى التربة من الجبس في العلاقة بين قوة القص ومقاومة التربة للاختراق:** يبين شكل 4 العلاقة بين قوة القص ومقاومة التربة للاختراق لعينات ترب ذات محتوى جبسي مختلف (0 و100 و200 و300 و400 و500غم.كغم$^{-1}$). يتضح من الشكل إن العلاقة بين قوة القص ومقاومة التربة للاختراق علاقة لوغارتمية موجبة معنوية وبمعامل تحديد ($R^2$) عالي تتراوح قيمه مابين 0.90 إلى 0.98 إذ أدت زيادة قوة القص إلى زيادة مقاومة التربة للاختراق وكانت هذه الزيادة واضحة عند جميع مستويات الجبس المضافة. ويمكن أن يعزى ذلك إلى انخفاض قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء بزيادة نسبة الجبس في التربة والذي انعكس ايجابياً في رطوبة التربة الذي له دور فعال في تحديد سمك الأغلفة المائية حول دقائق التربة وبالتالي التحكم في آلية انزلاق دقائق التربة فوق بعضها البعض ( Manuwa و Olaiya ، 2012).

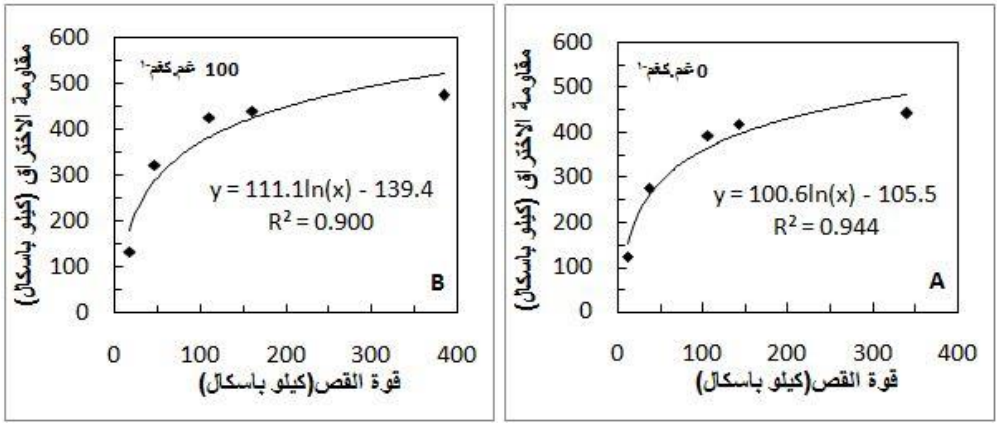


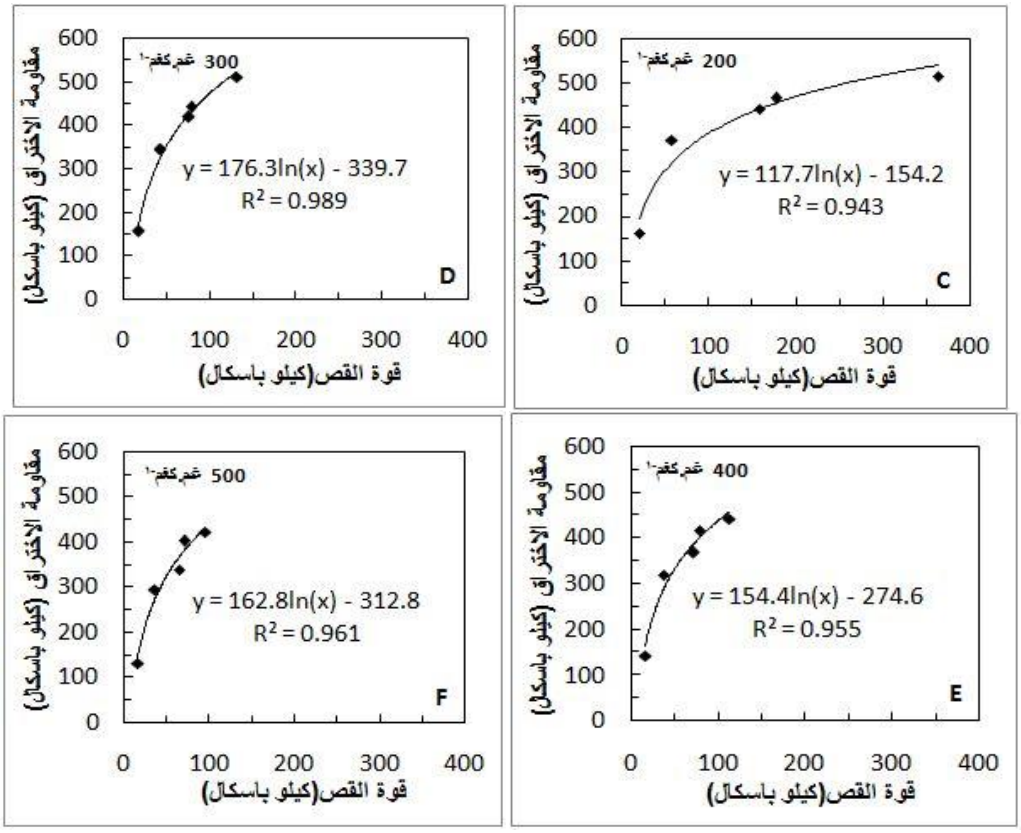



**شكل 3: العلاقة بين قوة القص والشد الرطوبي في ترب ذات محتوى جبسي مختلف**

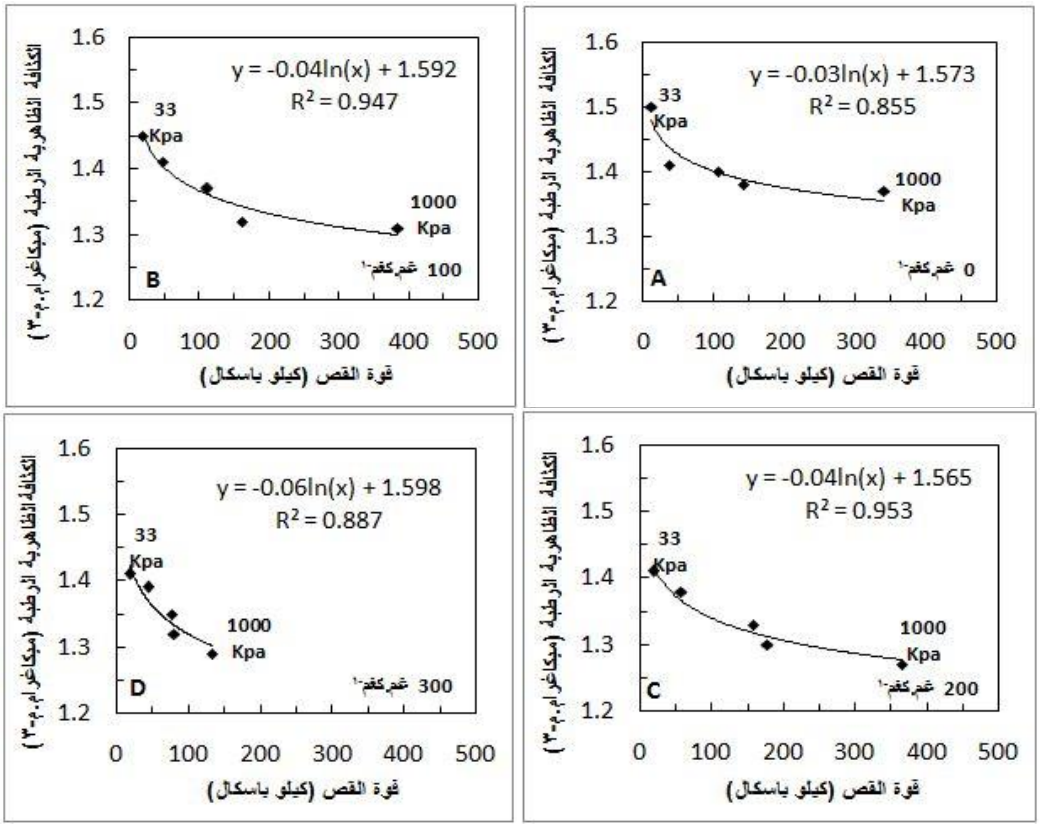
**تأثير محتوى التربة من الجبس في العلاقة بين الكثافة الظاهرية الرطبة و قوة القص:** يبين شكل 5 إن العلاقة لوغارتمية سالبة بين الكثافة الظاهرية الرطبة وقوة القص لعينات ترب ذات محتوى جبسي (0 و100 و200 و300 و400 و500غم.كغم$^{-1}$). يتضح من الشكل إن قوة القص ازدادت معنوياً بشكل ملحوظ بانخفاض الكثافة الظاهرية الرطبة وبزيادة الشد الرطوبي ولجميع مستويات الجبس في التربة ، وكانت قيم معامل التحديد عاليه إذ تراوحت مابين 0.85 إلى 0.97. ويمكن إن يعزى ذلك إلى انخفاض قيم الفراغية بزيادة المحتوى ألجبسي للتربة (جدول 2) إذ انخفضت بمدى يتراوح بين 14.75 و 24.59% عند زيادة نسب الجبس من 0 إلى 500 غم.كغم$^{-1}$ ، إذ يمكن إن تكون الدقائق الناعمة للجبس قد استقرت في مسام التربة ، مما قلل من نسب فراغ التربة وبالتالي زيادة قوة القص (Nettelton وأخرون ، 1982).

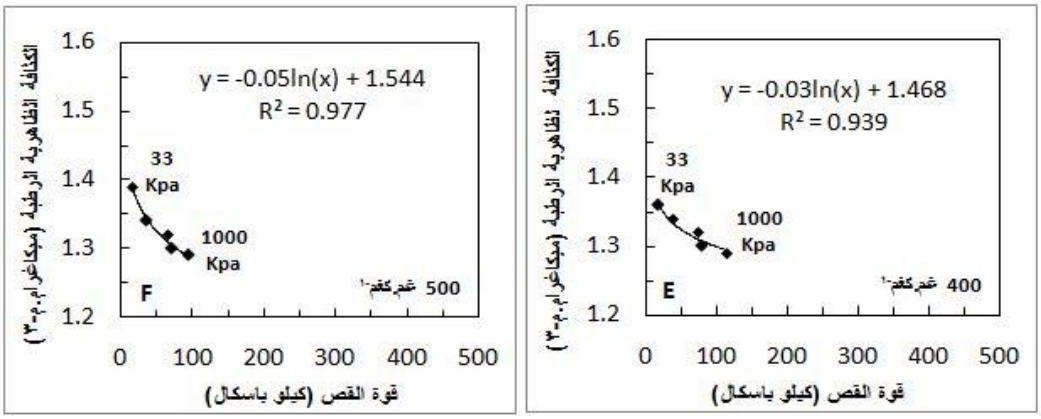
يلاحظ من الشكل 5 A و B و C زيادة عالية وبشكل ملحوظ في قوة القص عند الشد 1000 كيلو باسكال مع وجود انخفاض في قيم الكثافة الظاهرية الرطبة عند زيادة الشد من 33 إلى 1000 كيلو باسكال إذ كانت نسبة الانخفاض في الكثافة الظاهرية الرطبة 8.6 و 9.6 و 9.9% في نماذج ألتربه ذات المحتوى ألجبسي 0 و100 و200غم.كغم$^{-1}$ على الترتيب. في حين لم تكن الزيادة في قوة قص التربة عالية (شكل5 D و E و F) إذ بلغت نسبة الانخفاض في الكثافة الظاهرية الرطبة مع زيادة الشد 8.5 و5.1 و 7.2% لنماذج الترب ذات المحتوى الجبسي 300 و400 و500غم.كغم$^{-1}$ على الترتيب. ويمكن إن يعزى هذا السلوك إلى إن الترب الجبسية تكون صلبة إلى صلبة جداً عند الجفاف ( انخفاض عالي في الكثافة الظاهرية الرطبة) وتكون هشة إلى هشة جداً عندما تكون رطبة (كثافة ظاهرية رطبة عالية) (البرزنجي وأخرون ، 1986).






**الشكل 4: العلاقة بين قوة القص ومقاومة التربة للاختراق لترب مختلفة بمحتواها من الجبس**






**شكل 5: العلاقة بين قوة القص والكثافة الظاهرية الرطبة لترب مختلفة بمحتواها من الجبس**

**جدول 2: تأثير محتوى التربة من الجبس المضاف في قيم الفراغية عند شدود مختلفة**

| الشد الرطوبي (كيلو باسكال) | محتوى التربة من الجبس (غم.كغم$^{-1}$) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 33 | 1.22 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.04 | 1 |
| 100 | 1.22 | 1.17 | 1.12 | 1.08 | 1.04 | 0.92 |
| 300 | 1.22 | 1.12 | 1.12 | 1.08 | 1.08 | 1.04 |
| 500 | 1.22 | 1.17 | 1.12 | 1.12 | 1 | 0.96 |
| 1000 | 1.22 | 1.12 | 1.12 | 1.17 | 1.08 | 0.96 |

نستنتج من هذه الدراسة أن زيادة الشد الرطوبي أدت إلى زيادة قوة القص ومقاومة التربة للاختراق وخفض الكثافة الظاهرية الرطبة بزيادة نسبة الجبس في التربة. ازدادت قوة القص ومقاومة التربة للاختراق بزيادة محتوى التربة من الجبس لغاية 200غم.كغم$^{-1}$ ، ثم انخفضت بعد ذلك. لذا فان المحتوى الجبسي البالغ 200غم.كغم$^{-1}$ مثل نقطة انقلاب لخصائص التربة الميكانيكية. ازدادت قوة القص لوغاريتمياً بزيادة مقاومة التربة للاختراق ولكافة مستويات الجبس في التربة.في حين انخفضت قوة القص لوغاريتمياً بزيادة الكثافة الظاهرية الرطبة وانخفاض نسبة الجبس في التربة.

**ملحق 1: مثالاً يوضح كيفية حساب قوة القص**

| S.No | Difference (Deg.) | T=Spring Constant/180 *Difference Kg-cm | G= 1/3.141($D^2$ H/2 + $D^3$/6) | S=T*G Kg/cm$^2$ | Shear strength (S) (kPa) (kilopascal) | Average S (kPa) | Spring Constant |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S01 s | 44 | 0.4889 | 0.263 | 0.1286 | 0.1286*98.0665=12.61 | 12.61 | 2 |
| S02 s | 44 | 0.4889 | 0.263 | 0.1286 | 12.61 | | 2 |

إذ إن:

S.No= مكرر نموذج التربة للقص

Difference (Deg) = الفرق بين قرائتي القرص قبل القص وبعده

T= عزم الدوران (كغم – سم)

D= قطر المروحة (سم )

H= ارتفاع المروحة الداخل في نموذج التربة (سم)

S= قوة القص (كغم . سم $^{-2}$)

**المصادر :**

**الاعظمي ، رعد عطا محمود .2006.** تأثير الموقع الفيزيوغرافي في الحالة الوراثية والتطورية لبعض الترب الجبسية في العراق. أطروحة دكتوراه – كلية الزراعة – جامعة بغداد– العراق.

**البرزنجي ، عبد العزيز وسليم ، قاسم أحمد و منصور ، بثينة وديع . 1986.** الصفات الكيميائية والفيزيائية والمعدنية للترب الجبسية. موجز بحوث ندوة الترب الجبسية وتأثيرها على المنشآت والزراعة. 4–6 تشرين الثاني . بغداد.

**حسين ، يوسف عبد الله 2005..** ديمومة الترب الجبسية المثبتة بالنورة . رسالة ماجستير– القسم المدني– كلية الهندسة– جامعة الموصل – العراق.

**الدبسا ، عبد الكريم سحاب طارش . 2010.** علاقة دورات الترطيب والتجفيف ومحتوى الجبس ببعض الخصائص الفيزيائية لتربة جبسية. رسالة ماجستير – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تكريت – العراق.

**الرستم ، منتصر ناجي عبد الله خضير . 2010.** تقييم دوال نقل الماء أثناء الغيض الأفقي والعمودي لنوعيتي المياه في ترب ذات محتوى جبسي مختلف. رسالة ماجستير – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تكريت – العراق.

**سليم ، قاسم احمد .2001.** تأثير نوعية ماء الري وطريقة إضافته في صفات الترب الجبسية لمنطقة الدور. أطروحة دكتوراه – قسم التربة – كلية الزراعة – جامعة بغداد – العراق.

**العاني ، فراس سالم خلف .2000.** أداء الجرار المسرف DT-75 مع المحراث الرباعي القلاب وتأثير تداخلها في بعض الصفات الفيزيائية للتربة. رسالة ماجستير. قسم المكننة الزراعية. كلية الزراعة. جامعة بغداد. العراقز

**Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E. (Eds.), 1965.** Methods of Soil Analysis. Part I. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI.

**FAO. 1993.** World Soil Resources. An Explanation of the FAO World Soil Resources Map at Scale of 1:25000000. FAO World Soil Resources Report 66, Rome.

**Hillel, D. 1980.** Applications of Soil Physics ,Academic press. New York.

**Hillel, D.,2004.** Introduction to Environmental Soil Physics ,Academic press. New York.

**Lal, R. and Shulkla, L. 2004.** Principles of Soil Physics. Ohio State University, Columbus, Ohio , U.S.A.

**Manuwa, S. I. and Olaiya, O. C. 2012.** Evaluation of shear strength and cone penetration resistance behavior of tropical silt loam soil under uni-Axial compression. Open J. Soil Sci. 2: 95-99.

**Mckenzie, B. M., Kuhner, S., Mackenzie, K., Peth, S. and Horn**, **R. 2009.** Soil compaction by uniaxial loading and the survival of the earthworm Aporrectodea caliginosa. Soil Till. Res, 104:320-323.

**Mohamed, T. A., Ali, F. H., Hashim, S. and Huat, B. B. K. 2006.** Relationship between shear strength and soil water characteristic curve of an unsaturated granitic residual soil. Am. J. Environ. Sci., 2 (4): 142-145.

**Netteloton, W. D., Nelson, R. E., Brasher, R. E. and Derr, P. S. 1982.** Gypsifereous soils in the western united state. SSSAS. Special publication. No. 10 : 147-168.

**Petrukhin , V.P and Arakelyan F. A. 1985.** Strength of gypsum – clay soils and its variation during the leaching of salts. J Soil Mech Found Eng., 21(6):23–25.

**Rossignol, J. and Debayle C. 2002.** Relationships between mechanical properties, penetration resistance and bulk density in reconstituted Anthroposols. Institut National d'Horticulture, 2 rue Le Notre, Angers, France. Available :
http://www.cababstractsplus.org/google/abstract.asp?AcNo=20033038363 [9/21/2007]

**Tiwari, B., Marui, H., 2005.** A new method for the correlation of residual shear strength of the soil with mineralogical composition. J. Geotech. Geoenviron. Eng. 131 (9), 1139– 1150.