تأثير انضغاط التربة عند مستويات مختلفة من الرطوبة أثناء الضغط على الكثافة الظاهرية وعلى توزيع النظام المسامي فيها مع العمق

اسامه قادرو[1]* و جهاد ابراهيم[1] و ربيع زينة[2] و أولا قاجو[3]

(1). قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(2). الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، اللاذقية، سورية.

(3). قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(للمراسلة: م.اسامه قادرو، البريد الالكتروني osamakadro7777@gmail.com. رقم الهاتف 0939619282).

تاريخ الاستلام:2023/05/20 تاريخ القبول: 2023/09/25

الملخص:

أجري هذا البحث ضمن مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية (محطة ستخيرس) لعام 2022 حيث تم استخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بواقع أربعة مستويات مختلفة من الضغط المطبق على تربة طينية سلتيه (0 – 163 – 216 – 297 كيلو باسكال)، وثلاثة مستويات مختلفة من الرطوبة (20 – 24 – 28 % وزنا) . بهدف دراسة تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على تغيرات الكثافة الظاهرية وتوزيع النظام المسامي للتربة مع العمق، بينت النتائج الأثر الواضح والكبير لانضغاط التربة في الكثافة الظاهرية للتربة، بالإضافة لانخفاض حجم المسامية الكلية بزيادة الضغط، مع ملاحظة أن تأثير الضغط كان يقل مع العمق حيث أدى انضغاط التربة في الطبقة السطحية (5–20سم) إلى زيادة الكثافة الظاهرية بمقدار 0.16غ/سم3 عند الضغط 163 كيلو باسكال وإلى زيادة 0.21 غ/سم3 عند الضغط 216 كيلو باسكال والى زيادة 0.26غ/سم3 عند الضغط 297 كيلو باسكال وساهمت الرطوبة في الضغط 297 كيلو باسكال الى زيادة الكثافة الظاهرية بمقدار 0.39غ/سم3 عند رطوبة 28% وزنا وبينت النتائج أن المسامات الهوائية (أكبر من 10 ميكرون) انخفضت مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط في الطبقة السطحية (5–20سم) حيث بلغ حجم هذه المسامات عند المعاملة بدون ضغط 20.39% كمتوسط بالنسبة للرطوبة وانخفضت معنويا الى 10.61% أي بمقدار 9.78% عند الضغط 163 كيلو باسكال والى 9.35% عند الضغط 216 كيلو باسكال أي بمقدار 11.04% والى 6.18% عند الضغط 297 كيلو باسكال أي بمقدار 14.21% متجاوزة بذلك القيمة الحدية (12%) عند الضغوط الثلاثة 163 و 216 و 297 كيلو باسكال حيث وصل حجم هذه المسامات الى 3.44% عند الضغط 297 كيلو باسكال ومستوى رطوبي 28%, كما لوحظ في العمق (5–20 سم) بالنسبة المسامات التي أقطارها (0.2 – 10) ميكرون وهي المسامات التي تحوي الماء المتاح للنبات أنها انخفضت مع زيادة الضغط من 17.45% في المعاملة دون ضغط وعند رطوبة 20% وزنا إلى 16.41 % عند الضغط 163 كيلو باسكال وإلى 14.5 % عند الضغط 216 كيلو باسكال و إلى 13.26 % عند الضغط 297 كيلو باسكال ومع زيادة الرطوبة أثناء الضغط ينخفض حجم هذه المسامات .

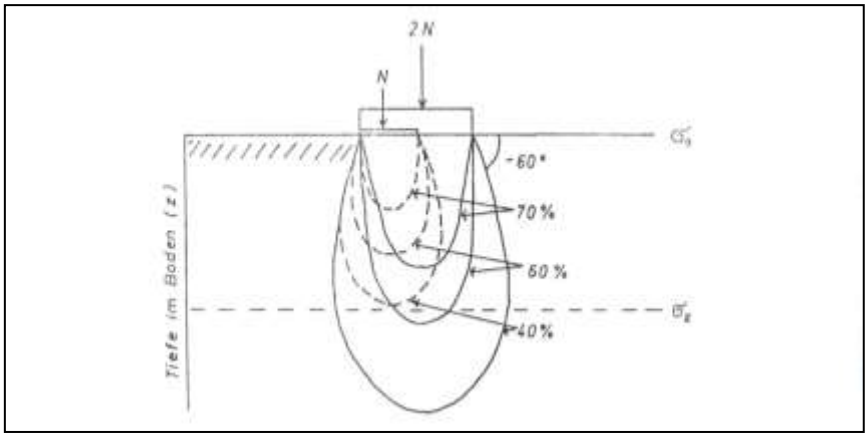
الكلمات المفتاحية: انضغاط التربة , المحتوى الرطوبي ,الكثافة الظاهرية ,النظام المسامي ,الخواص الفيزيائية للتربة.

المقدمة:

في ظل النهضة الزراعية المتطورة دخلت الآلات الزراعية إلى الحقول الزراعية على نطاق واسع، بدءاً من الحراثات الأساسية مروراً بتحضير مرقد البذور وعمليات الخدمة، وانتهاء" بعمليات الجني ونقل المحصول، الأمر الذي جعل التربة معرضة لضغوط مختلفة تتراوح قيمتها بين (100–450 كيلوباسكال) (Kunze, 1984). ولا تقتصر هذه الضغوط على الطبقة السطحية بل تتعداها لتصل إلى عمق (40–80) سم.حيث تأثر الطبقة السطحية وتحت السطحية على مدى العقود الماضية بسبب زيادة حمولة الالات الزراعية (Keller et al., 2019). وبشكل عام يعتبر ضغط التربة أحد التهديدات الرئيسية للمحاصيل المستدامة بسبب تدهور الخصائص الفيزيائية للتربة (Singh K,et al.2019;Ferreira CJB,et al.2021). يؤدي ضغط التربة إلى تشويه بناء التربة وزيادة الكثافة الظاهرية وتقليل المسامية الكلية (Ewetola et al., 2022) حيث وجدت يوسف (2016) أنه عند الضغط ب 174.18 كيلوباسكال ورطوبة 67.5% من السعة الحقلية على تربة طينية انخفض حجم المسامات الهوائية متجاوزة القيمة الحدية 12% في العمق 0–20 سم و 20–40 سم ليصل الى 7.57 % في العمق 20–40 سم.

كما أن للضغط آثار سلبية على حركة الماء في التربة وعلى نمو الجذور وتوافر العناصر الغذائية (Keller et al,2017; Schjønning et al.,2017) كما تزداد مقاومة اختراق التربة بزيادة الضغط (Moraes et al.,2016)

إن تأثير الضغط الناتج عن استخدام الآلات الزراعية لا يتوقف على قيمة الضغط فقط بل على الحمل المطبق، حيث أن تأثير الضغط الواحد الناتج عن تطبيق أثقال مختلفة ليس واحداً على جميع طبقات التربة، ويكون تأثير الثقل الأكبر على الطبقات التحتية أكبر، ويصل لعمق أكثر كما هو مبين من خلال الشكل (1)، حيث يلاحظ أن تأثير الجرار الكبير (الثقيل) 2N يكون أكثر عمقاً من تأثير الجرار الصغير (الأقل وزنا) N رغم تساوي الضغط.



الشكل (1): تأثير الثقل عند نفس الضغط على عمق خطوط الجهد المتساوي (HARTGE & 1991 (HORN,

يعتبر المحتوى الرطوبي في التربة هو العامل الأكثر تأثيرًا حيث يزداد تأثير الضغط مع زيادة الرطوبة في التربة (Hamza and Anderson,2005). حيث كلما كانت التربة أقل في محتواها من الرطوبة كلما كان تأثير الضغط أقل (Batey,2009). حيث بمحتويات عالية من الرطوبة في التربة يزيد الضغط من الكثافة الظاهرية للتربة ، بينما يقلل من المسامية (Shah,Adnan Noor, et al.,2017).

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في دراسة أثر انضغاط التربة بفعل الالات الزراعية عند مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الضغط على الخواص الفيزيائية للتربة حيث أنه في ظروف التكثيف الزراعي وامتلاك الانسان لوسائل هامة للتأثير على البيئة بما فيها التربة (الات زراعية, اسمدة, مبيدات,.....الخ) ظهر تغير النظم البيئية الطبيعية كما أن الاستغلال غير العلمي واللاعقلاني للتربة وعمليات خدمتها لم يغير فقط من الخواص الفيزيائية والكيميائية للترب بل غير قي الصفات المورفولوجية والنظم المائية والهوائية والغذائية للتربة وقد زادت المخاوف من انضغاط التربة بسبب استخدام الاليات الثقيلة التي تستمر اثارها لسنوات عديدة في التربة.

أهداف البحث:

1- تحديد تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على تغيرات الكثافة الظاهرية مع العمق.
2- تحديد تأثير الضغط والرطوبة اثناء الضغط على حجم المسامية الكلية مع العمق.
3- تحديد تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على توزيع النظام المسامي للتربة مع العمق.

مواد البحث وطرائقه :

نفذ البحث في مركز البحوث العلمية (محطة ستخيرس) خلال العام 2022 على تربة طينية سلتية (ut)

حيث تم قبل الترطيب تحديد متوسط الرطوبة في العمق (0-40)سم وبالتالي حساب كمية الماء اللازم اضافتها لإيصال هذه الرطوبة الى مستويات الرطوبة المدروسة (20%-24%-28%)وزنا بعد ذلك تم ترطيب التربة عند ثلاث مستويات (المجال المرن-الرطوبة المثالية للانضغاط-المجال اللدن).

حيث كانت متوسط الرطوبة في العمق (0-40)سم قبل الترطيب = 15.13% وزنا وتعادل 17.25% حجما

حيث تم حساب الرطوبة الحجمية من خلال ناتج ضرب الرطوبة وزنا بمتوسط الكثافة الظاهرية كمايلي:

متوسط الكثافة الظاهرية= $\frac{1.09+1.19}{2}$ = 1.14 غ/سم3

وبالتالي 15.13*1.14=17.25% حجما

وتم حساب كمية الماء الواجب اضافتها من العلاقة التالية:

$$Wmm(\text{مم})=\left(\frac{(\theta 2\%-\theta 1\%).Bt}{10}\right)$$

حيث أن:

Wmm: عمق الماء الواجب اضافته(مم)

θ1%: الرطوبة الأولية في الحقل قبل الترطيب(حجما)

θ2%: الرطوبة المطلوبة(حجما)

Bt: العمق(سم)

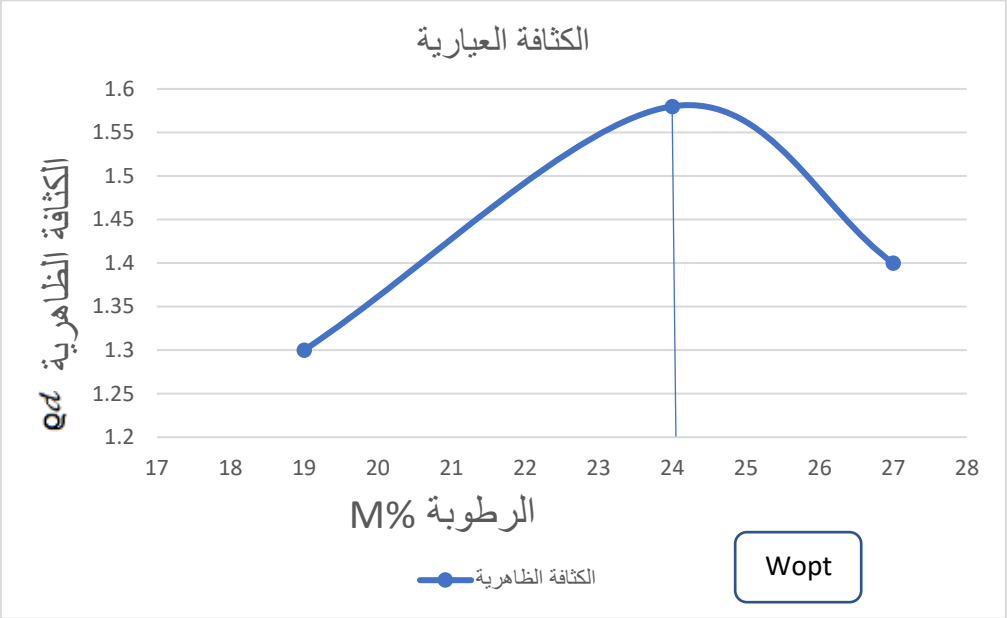
وكانت مستويات الرطوبة المدروسة كما يلي:

M1=20 % وزنا تعادل (20*1.14= 22.8% حجما) وهي (رطوبة في المجال المرن)

M2=24 % وزنا تعادل (24*1.14 = 27.36% حجما) وهي(الرطوبة المثالية للانضغاط)

M3=28 % وزنا تعادل (28*1.14 = 31.92 % حجما) وهي(رطوبة في المجال اللدن)

حيث تم تحديد المجال المرن والرطوبة المثالية للانضغاط والمجال اللدن للتربة من خلال تحديد منحني الكثافة العيارية للتربة والتي هي أعلى قيمة تصلها الكثافة الظاهرية للتربة عند تعرضها لضغط يعادل 600 كيلوباسكال حيث حددت مخبريا باستخدام جهاز البركتور النظامي فكان المنحني كما هو موضح في الشكل التالي :



الشكل (2): يوضح العلاقة بين الرطوبة والكثافة الظاهرية لتحديد الرطوبة المثالية للانضغاط في التربة المدروسة

المجال المرن أقل من 24% وزنا

مجال الرطوبة المثالية للانضغاط 24% وزنا

المجال اللدن أكبرمن 24% وزنا

Wopt الرطوبة المثالية للانضغاط

وبالتالي نحتاج للوصول الى M1 الى 22.2 ملم ماء ونحتاج للوصول الى M2 الى 40.44 ملم وللوصول الى M3 نحتاج الى 58.68 ملم ماء .

بعد ذلك عُرّضَت التربة إلى أربعة مستويات من الضغط ، وبواقع ثلاثة مكررات لكل مستوى حيث تم ذلك بواسطة جرار (نيوهولاند) ومقطورة مياه يمكن التحكم بالوزن على محور العجلات الخلفية للمقطورة حيث استخدمت ثلاث حمولات مختلفة للمقطورة وتم حساب وزن الجرار مع المقطورة ثم تم حساب وزن المحور الامامي للجرار والمحور المتوسط والمحور الخلفي بواسطة القبان الالكتروني وكان الوزن على المحور الخلفي هو الأكبر لذلك تم اعتماده كونه هو القوة الضاغطة الاكبر بعد ذلك حُسبَت الضغوط المقابلة لكل حمولة من هذه الحمولات لمعرفة ضغط العجلة وفق الجدول التالي (جدول 1) .

الجدول (1): مستويات الضغط التي تعرضت لها التربة

مستويات الضغط	حمولة العجلة(كغ)	سطح تماس العجلة مع التربة (سم2)	الضغط (كغ/سم2)	الضغط (كيلوباسكال)
P0	0	0	0	0
P1	615	376.8	1.63	163
P2	940	435.6	2.157	216
P3	1435	482.8	2.972	297

تم حساب مساحة سطح التماس على شكل قطاع ناقص على أرض صلبة (Söhne,1951) من خلال القانون التالي:

$$F= a*b*3.14 / 4$$

حيث أن (a): عرض القطع الناقص سم

(b): طول القطع الناقص سم

وتحقّق ذلك بوضع كرتونة تحت العجلة، ووضع ورقة كربون فوقها، ورسم سطح التماس نتيجة ضغط العجلة على الكرتونة، حيث كان سطح التماس عند الضغط P1 = 376.8سم2، وعند الضغط P2 = 435.6 سم2 وعند الضغط P3 =482.8 سم2.

الشكل (3): يوضح الية حساب مساحة سطح التماس للعجلة

وتم حساب الضغط كما يلي:

P1= (حمولة العجلة (كغ) / سطح التماس) * 100

= (615 / 376.8) * 100

= 163 كيلوباسكال

P2= (حمولة العجلة (كغ) / سطح التماس) * 100

= (940 / 435.6) * 100

= 216 كيلوباسكال

P3= (حمولة العجلة (كغ) / سطح التماس) * 100

= (1435 / 482.8) * 100

= 297 كيلوباسكال

حيث تعريض التربة للضغوط السابقة فتم البدء بالمعاملة ذات الضغط الأكبر 297 كيلوباسكال أولا ثم الانتقال الى المعاملات ذات الضغط الأقل عن طريق تفريغ كمية من ماء الصهريج مقدرة باللتر لتصل الى الوزن الأقل المعادل للحمولات المدروسة ووزنها ثانية بواسطة القبان الالكتروني ثم بعد ذلك تم تنعيم التربة وحراثتها حراثة سطحية (0–5)سم وتركت التربة في العمقين (5–20)سم و(20–40)سم منضغطة .

وأُخذَت عينات من المعاملات من الأعماق (5–20 ، 20–40 سم) بواسطة أسطوانات معدنية بمعدل (6) اسطوانات لكل عمق لتحديد الخصائص الفيزيائية للتربة غير مخربة البناء كما أخذت عينات لتربة مخربة البناء من هذه الأعماق لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية للتربة المدروسة فكانت النتائج كماهي موضحة في الجدول رقم (2).

الجدول (2): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة

التحليل	العمق	
	5-20سم	20-40سم
نسبة الطين	%45.89	%47.36
نسبة السلت الناعم	%9.47	%10.52
نسبة السلت المتوسط	%23.52	%21.05
نسبة السلت الخشن	%17.52	%15.78
نسبة السلت	%50.51	%47.35
نسبة الرمل الناعم	%1.2	%2.14
نسبة الرمل المتوسط	%0.8	%1.15
نسبة الرمل الخشن	%1.6	%2.0
نسبة الرمل	%3.6	%5.29
نوع التربة	UT طينية سلتية	UT طينية سلتية
نسبة المادة العضوية	0.82%	0.65%
الكثافة الحقيقية	2.63 غ/سم^3	2.64 غ/سم^3
الكثافة الظاهرية	1.09 غ/سم^3	1.19 غ/سم^3
PH	7.53	8.1

من خلال الجدول (2) يتبين أن التربة المدروسة هي تربة طينية سلتية في العمقين (5–20 سم) ،(20–40 سم) ذات محتوى منخفض من المادة العضوية ونلاحظ أن نسبة الطين تزداد مع العمق إذ تراوحت بين (45.89 % – 47.36 %) في العمقين المذكورين (5–20 سم)،(20–40 سم) على التوالي. وإن نسبة السلت كانت عالية إذ بلغت (50.51 % – 47.35 %) في العمقين المذكورين.

وتم تحديد الكثافة الظاهرية بواسطة اسطوانات معدنية بسعة 100 سم3.

وثم حساب المسامية الكلية وتوزيع النظام المسامي باستخدام جهاز الضغط الغشائي الذي يحوي على لوحات من السيراميك المتحملة للضغط لتحديد حجم المجموعات المساميه وفق العلاقة التالية (إبراهيم وبركات; 2013):

$$Pm = \frac{4\sigma w}{d}$$

Pm: الضغط (باسكال) σW : التوتر السطحي للماء (نيوتن/متر)، d: قطر المسام (متر)

بعد ذلك تم تحديد حجم كل مجموع من المجموعات المسامية كما يلي:

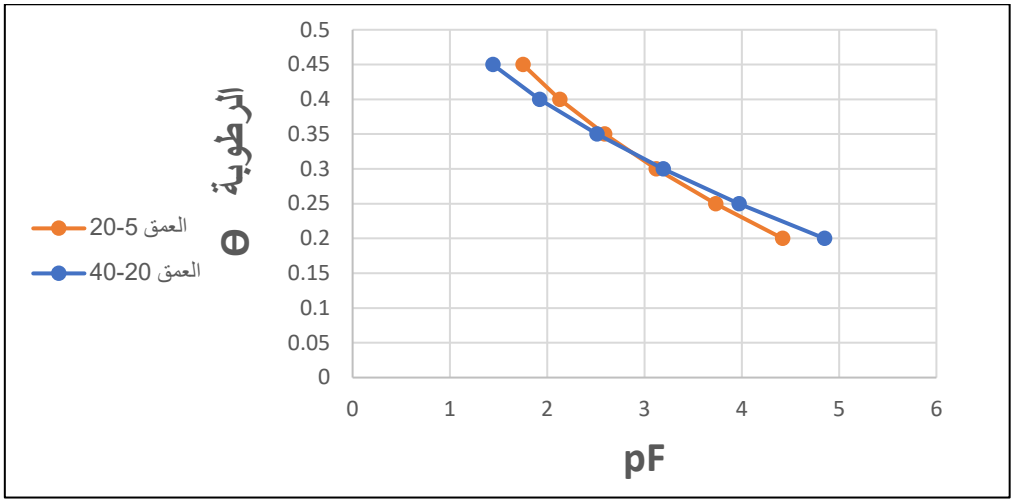
PV%>50µm=PV%-Wvol.pF1.8
PV%>10µm=PV%-Wvol.pF2.5
PV%(10-50) µm=Wvol.pF1.8-Wvol.pF2.5
PV%(0.2-10) µm=Wvol.pF2.5-Wvol.pF4.2
PV%<0.2 µm=Wvol.pF4.2

حيث إن WvolPF1.8 هي الرطوبة الحجمية عند نهاية الضغط المعادل لpF1.8

PV% حجم المسامية الكلية للتربة وتحدد كما يلي:

$$\%\mathcal{PV} = \left(1 - \frac{\varrho d}{\varrho s}\right) * 100$$

حيث إن ρd الكثافة الظاهرية. ρs الكثافة الحقيقية للتربة.(غ/سم^3).



الشكل(4): يوضح منحنيات الشد الرطوبي في الأعماق المدروسة

في العمق 5−20سم:

$$\text{Log}\Psi = -0.8369-7.6197.\text{Log}\Theta$$
$$R^2 = 0.98$$

في العمق 20−40سم:

$$\text{Log}\Psi = -1.875-9.744.\text{Log}\Theta$$
$$R^2 = 0.98$$

التحليل الإحصائي:

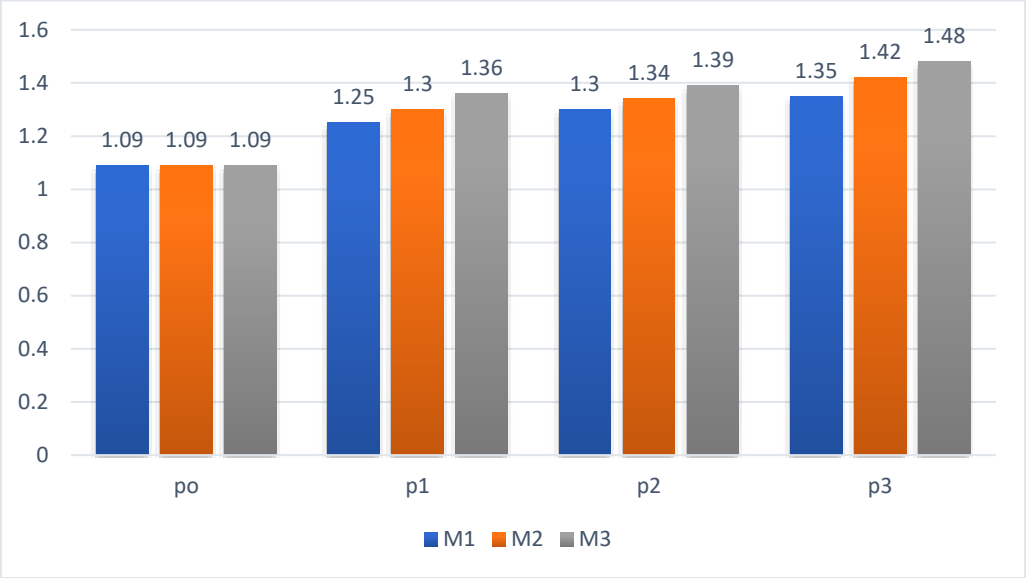
تم تنفيذ التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، بواقع ثلاثة مكررات لكل معاملة. وحُسبت الفروق المعنوية بين المعاملات باستخدام برنامج ANOVA، وحساب الفرق المعنوي LSD عند مستوى معنوية 5%. استخدم البرنامج الإحصائي costat.

النتائج والمناقشة:

أثر الضغط والرطوبة أثناء الضغط في الكثافة الظاهرية:

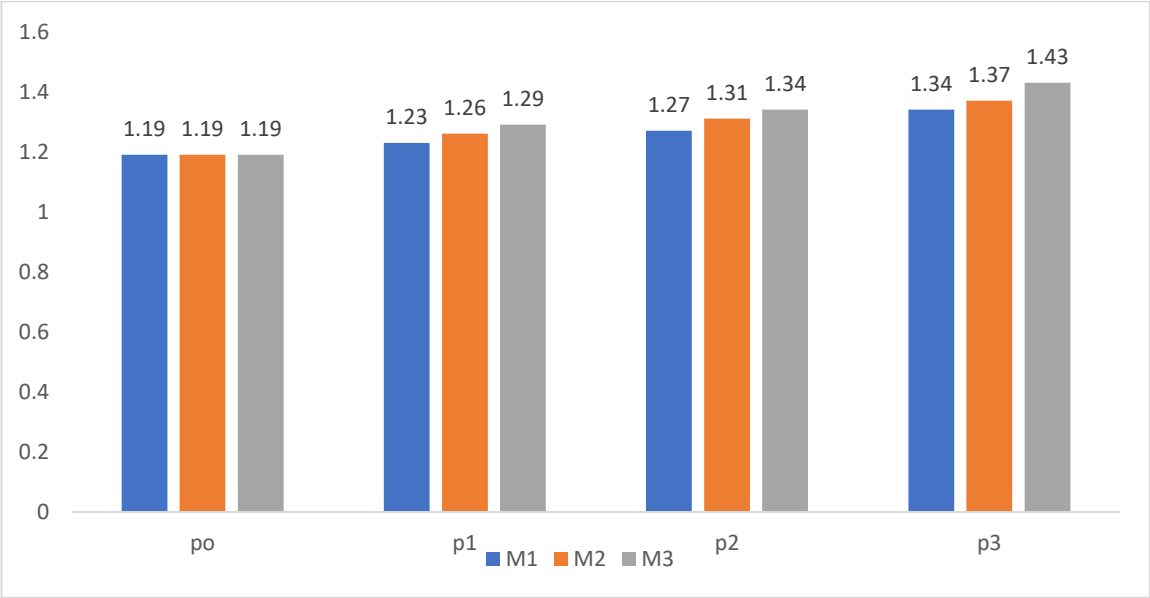
تمت دراسة الكثافة الظاهرية كونها صفة فيزيائية متغيرة باستمرار (وبما أن الحجم الكلي يشمل حجم المسامات والحبيبات)، وتتأثر بالضغط بشكل مباشر ولحظي. والكثافة الظاهرية صفة فيزيائية مركبة يمكن من خلالها التعرف على الكثير من الخصائص الفيزيائية الأخرى فهي تدل على الحالة البنائية للتربة، وتدخل بحسابات فيزيائية أخرى وتساعد في تحويل الرطوبة الوزنية إلى رطوبة حجمية لذلك كان لابد من دراسة هذه الصفة الفيزيائية وتغيراتها أثناء عملية الانضغاط.

حيث بينت النتائج أن كل من انضغاط التربة ومستوى الرطوبة كان له أثر واضح على الكثافة الظاهرية للتربة كما هو موضح في الشكل التالي .



LSD 0.05% = 0.032

الشكل (5) تغير الكثافة الظاهرية مع تغير الضغط عند مستويات مختلفة من الرطوبة في العمق 5–20سم



LSD 0.05% = 0.032

الشكل (6) تغير الكثافة الظاهرية مع تغير الضغط عند مستويات مختلفة من الرطوبة في العمق 20–40سم

يتضح من الشكل (5) أن قيمة الكثافة الظاهرية في العمق (5–20) سم بلغت (1.09) غ/سم3 في المعاملة بدون ضغط وعند الضغط 163 كيلوباسكال زادت بمقدار 0.16 غ/سم3 عند مستوى رطوبي 20% وزنا وزادت بمقدار 0.21 غ/سم3 عند الرطوبة 24% وزنا ومع زيادة الرطوبة الى 28% وزنا زادت بمقدار 0.27 غ/سم3 وبشكل معنوي مقارنة بالمعاملة دون ضغط.

مع زيادة الضغط الى 216 كيلوباسكال كانت الزيادة عند الرطوبة 20% وزنا بمقدار 0.21 غ/سم3 وعند نفس الضغط والرطوبة 28% وزنا زادت بمقدار 0.30 غ/سم3 مقارنة بالمعاملة دون ضغط أما عند الضغط 297 كيلوباسكال والرطوبة 20% وزنا زادت الكثافة بمقدار 0.26 غ/سم3 وكانت الزيادة الأكبر عند الرطوبة 28% وزنا حيث زادت الكثافة بمقدار 0.39 غ/سم3 مقارنة بالمعاملة دون ضغط حيث يكون تأثير الرطوبة على الكثافة الظاهرية من خلال دورات الترطيب والتجفيف حيث أنه مع الترطيب والتجفيف تقل الكثافة الظاهرية نتيجة تحسن بناء التربة ولكن مع وجود الرطوبة عند أو أعلى من السعة الحقلية للنربة لفترة طويلة يؤدي الى

تهدم بناء التربة وزيادة كثافتها الظاهرية (زيدان و اخرون;1997).وعند نفس الضغط 297 كيلوباسكال نلاحظ أيضا بأن الكثافة تزداد مع زيادة الرطوبة وهذا مشابه لماتوصل اليه (Sivarajan, S,et al.2018).

ويتضح من الشكل (6) أنه في العمق (20–40)سم بلغت الكثافة في المعاملة بدون ضغط 1.19 غ/سم3 وعند الضغط 163 كيلوباسكال زادت بمقدار 0.04 غ/سم3 عند مستوى رطوبي 20% وزنا وزادت بمقدار 0.07 غ/سم3 عند رطوبة 24% وزنا ومع زيادة الرطوبة الى 28% وزنا زادت بمقدار 0.1 غ/سم3 وبشكل معنوي مقارنة بالمعاملة دون ضغط.

مع زيادة الضغط الى 216 كيلوباسكال كانت الزيادة عند نفس الرطوبة 20% وزنا بمقدار 0.08 غ/سم3 وعند نفس الضغط والرطوبة 28% وزنا زادت بمقدار 0.15 غ/سم3 وكانت الزيادة الأكبر عند الرطوبة 28% وزنا حيث زادت الكثافة بمقدار 0.24 غ/سم3 مقارنة بالمعاملة دون ضغط.

كما يتضح أن الكثافة تقل مع العمق وهذا دليل على أن الضغط يتلاشى مع العمق وهذا مشابه لماتوصل اليه (Keller et al.,2016)

2–أثر الضغط والرطوبة أثناء الضغط في المسامية الكلية وتوزيع النظام المسامي:

إن حجم المسامات الكلي في التربة يلعب دوراً مهماً بالنسبة لعمليات النقل والتخزين داخل قطاع التربة لكن الدور الأبرز في مجمل هذه العمليات يلعبه توزيع النظام المسامي لذلك تم تحديد حجم المجموعات المسامية ذات القطر أكبر من 50 ميكرون والاكبر من 10 ميكرون وحجم المجموعات المسامية ذات القطر (0.2–10)ميكرون والمسامات ذات القطر اقل من 0.2 ميكرون فكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول التالي.

الجدول (3): تغيرات النظام المسامي للتربة عند مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الضغط في العمق (5 – 20) سم

الضغط (كيلوباسكال)	الرطوبة % وزنا	Pv%	Pv >50	Pv >10	Pv 0.2-10	Pv <0.2
0	20	58.55	12.45	20.39	17.45	20.71
0	24	58.55	12.45	20.39	17.45	20.71
0	28	58.55	12.45	20.39	17.45	20.71
المتوسط	24	58.55	12.45	20.39	17.45	20.71
163	20	52.47	11.31	12.31	16.41	23.75
163	24	50.19	9.36	11.19	15.11	24.89
163	28	48.28	4.78	8.35	14.09	25.84
المتوسط	24	50.31	8.48	10.61	15.20	24.82
216	20	50.57	9.97	11.37	14.5	24.7
216	24	48.66	9.56	10.16	12.85	25.65
216	28	47.14	5.64	6.54	14.19	26.41
المتوسط	24	48.79	8.39	9.35	13.84	25.58
297	20	48.28	3.58	9.18	13.26	25.84
297	24	45.62	5.02	6.02	12.43	27.17
297	28	43.34	1.74	3.34	11.69	28.31
المتوسط	24	45.74	3.44	6.18	12.46	27.10
LSD 0.05%		1.22	1.67	2.10	1.89	0.47

بينت النتائج أنه عند العمق من (5–20)سم عند الضغط 0 كانت PV%=58.55 %وعند الضغط 163 كيلو باسكال انخفضت إلى 52.47% معنوياً أي بمقدار 6.08% وعند الضغط 216 كيلو باسكال انخفضت إلى 50.57 % وبشكل معنوي أي بمقدار 7.98% وعند الضغط 297 كيلو باسكال انخفضت إلى 48.28 % وبشكل معنوي أي بمقدار 10.27% أي أن حجم المسامية الكلية ينخفض مع زيادة الضغط، وحسب (Keller et al.,2013)يحدث انضغاط التربة عندما يتم ضغط حبيبات التربة مما يقلل من مساحة المسام ويغير حجم المسام وتوزيعها.

ويلاحظ أنه عند الضغط 163 كيلو باسكال وعند رطوبة 28% انخفض حجم المسامية الكلية معنويا من 52.47 % الى 48.28% أي بمقدار 4.19% وعند الضغط 216 كيلو باسكال وعند رطوبة 28% انخفض حجم المسامية الكلية معنويا من 50.57 % الى 47.14% أي بمقدار 3.43% و عند الضغط 297 كيلو باسكال وعند رطوبة 28% انخفض حجم المسامية الكلية معنويا بمقدار 4.94%.

حيث نلاحظ من النتائج انخفاض في حجم المسامية الكلية مع زيادة الرطوبة عند نفس الضغط المطبق وزاد تأثير الرطوبة مع زيادة الضغط وهذا مشابه لماتوصل اليه(Soane BD and Van Ouwerkerk C,1994;Batey,2009).

أما المسامات التي أقطارها > من 10 ميكرون (وهي المسامات الهوائية) والتي يجب ألا تقل عن 12% في الترب الطينية حسب (Czeratzki,1972),لوحظ أنها في المعاملة بدون ضغط كانت كافية للمبادلات الغازية، وانخفضت بشكل حاد عند الضغط 163 كيلو باسكال لتصل إلى 12.31%، وإلى 11.37% عند الضغط 216 كيلو باسكال متجاوزة بذلك القيمة الحدية والى 9.18% متجاوزة أيضا القيمة الحدية عند الضغط 297 كيلو باسكال.

وعند الضغط 163 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 24% انخفض حجم المسامات بشكل غير معنوي الى11.19% متجاوزة القيمة الحدية وبشكل معنوي عند مستوى رطوبي 28% الى8.35% أي كان الانخفاض بمقدار1.12% و3.96% على التوالي عند نفس الضغط المطبق.

وعند الضغط 216 كيلو باسكال انخفض حجم المسام عند مستوى رطوبي 24% الى 10.16% والى 6.54% عند مستوى رطوبي 28% بمقدار 1.21% و 4.83% على التوالي.

وعند الضغط 297 كيلو باسكال انخفض حجم المسام بشكل معنوي عند مستوى رطوبي 24% الى 6.02% والى 3.34% عند مستوى رطوبي 28% بمقدار 3.16% و 5.84% على التوالي.

أما المسامات التي أقطارها (0.2–10) ميكرون وهي المسامات التي تحوي الماء المتاح للنبات وحجمها يجب أن يقع ضمن المجال الطبيعي لحجم المسامات المتوسطة حسب (Hartge and Horn,1991) والذي يقع بين (7 – 20)% لهذا النوع من الأتربة ، نلاحظ بأنها تنخفض مع زيادة الضغط من 17.45% بدون ضغط الى 16.41% عند الضغط 163 كيلو باسكال و إلى 14.5% عند الضغط 216 كيلو باسكال والى 13.26% عند الضغط 297 كيلو باسكال .

حيث نلاحظ عند الضغط 163 كيلو باسكال انخفض حجم هذه المسام بشكل غير معنوي الى 15.11% عند مستوى رطوبي 24% والى 14.09% بشكل معنوي عند رطوبة 28% بمقدار 1.3% و 2.32% على التوالي.

وعند الضغط 216 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 24%انخفض حجم هذه المسام بشكل غير معنوي الى 12.85% والى 14.19% عند رطوبة 28% بمقدار 1.65% و 0.31% على التوالي.

عند الضغط 297 كيلو باسكال انخفض حجم هذه المسام بشكل غير معنوي الى 12.43% عند مستوى رطوبي 24% والى 11.69% بشكل غير معنوي ايضا عند رطوبة 28% بمقدار 0.83% و 1.57% على التوالي.

أما المسامات التي أقطارها <0.2 ميكرون وهي المسامات التي تحوي ماء غير متاح للنبات ومجالها الطبيعي حسب Hartge and Horn,1991) بين (5 – 20)%، نلاحظ أن نسبتها تزداد مع ازدياد الضغط حيث كانت عند الضغط 0 =20.71% وعند الضغط 163 كيلو باسكال أصبحت 23.75% أي زادت معنويا بمقدار 3.04% وعند الضغط 216 كيلو باسكال ازدادت إلى 24.7% أي زادت بمقدار 3.99% وعند الضغط 297 كيلو باسكال زادت لتصبح 25.84% بمقدار زيادة 5.13%.

حيث عند الضغط 163 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 24% زاد حجم هذه المسام بشكل معنوي لتصبح 24.89% وعند مستوى رطوبي 28% زادت معنويا لتصبح 25.84% بمقدار 1.14% و 2.09% على التوالي .

وعند الضغط 216 كيلو باسكال زاد حجم هذه المسام معنويا ليصبح 25.65% عند مستوى رطوبي 24% و زاد ليصبح 26.41% عند مستوى رطوبي 28% وهذه الزيادة معنوية بمقدار 0.95% و 1.71% على التوالي .

وعند الضغط 297 كيلو باسكال زاد حجم هذه المسام بشكل معنوي عند مستوى رطوبي 24% ليصبح 27.17% وعند مستوى رطوبي 28% زاد معنويا ليصبح 28.31% بمقدار 1.33% و 2.47% على التوالي وهنا نلاحظ زيادة حجم هذه المسامات مع الضغط والرطوبة أثناء الضغط وهذا مشابه لماتوصل اليه (Bruand and Cousin,1995).

هذا وقد تم تحديد حجم المسامات الكلي وتوزيع النظام المسامي في الطبقة التحتية للتربة فكانت النتائج كماهي موضحة في الجدول التالي:

الجدول (4): تغيرات النظام المسامي للتربة عند مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الضغط في العمق (20–40) سم

الضغط (كيلوباسكال)	الرطوبة % وزنا	Pv%	Pv >50	Pv >10	Pv 0.2-10	Pv <0.2
0	20	54.92	15.99	17.86	13.85	23.21
0	24	54.92	15.99	17.86	13.85	23.21
0	28	54.92	15.99	17.86	13.85	23.21
المتوسط	24	54.92	15.99	17.86	13.85	23.21
163	20	53.40	13.97	16.14	13.28	23.98
163	24	53.40	13.89	16.38	13.61	23.79
163	28	51.13	10.92	12.3	13.68	25.15
المتوسط	24	52.64	12.92	14.94	13.52	24.30
216	20	51.51	11.61	13.01	13.54	24.96
216	24	50.00	10.4	11.6	12.66	25.74
216	28	48.86	9.00	11.00	11.54	26.32
المتوسط	24	50.12	10.33	11.87	12.58	25.67
297	20	49.24	5.84	10.04	13.07	26.13
297	24	47.72	7.12	7.76	13.05	26.91
297	28	45.45	1.05	6.45	10.92	28.08
المتوسط	24	47.47	4.67	8.11	12.34	27.04
LSD 0.05%		1.16	2.65	1.93	2.23	0.77

يتضح من الجدول رقم (4) أنه في العمق من (20–40)سم عند الضغط 0 كانت PV%=54.92 %وعند الضغط 163 كيلو باسكال انخفضت إلى 53.40% معنوياً أي بمقدار 1.52% وعند الضغط 216 كيلو باسكال انخفضت إلى 51.51 % وبشكل معنوي أي بمقدار 3.41% وعند الضغط 297 كيلو باسكال انخفضت الى 49.24% معنويا بمقدار 5.68% أي أن حجم المسامية الكلية ينخفض مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط وهذا مشابه لماتوصل اليه (Ewetola et al., 2022).

كما نلاحظ أنه عند الضغط 163 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 28% انخفضت المسامية الكلية بشكل معنوي من 53.40% الى 51.13% بمقدار 2.72%.

وعند الضغط 216 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 24% انخفضت المسامية الكلية بشكل معنوي من 51.51% الى 50.00% وعند مستوى رطوبي 28% انخفضت بشكل معنوي أيضا الى 48.86% بمقدار 1.51% و 2.65% على التوالي .

وعند الضغط 297 كيلو باسكال انخفضت المسامية الكلية بشكل معنوي عند مستوى رطوبي 24% من 49.24% الى 47.72% و الى 45.45% معنويا عند مستوى رطوبي 28% بمقدار 1.52% و 3.79% على التوالي وهذا مشابه لماتوصل اليه Botta (et al.2007).

أما المسامات التي أقطارها > من 10 ميكرون (وهي المسامات الهوائية) والتي يجب ألا تقل عن 12% في الترب الطينية حسب (Czeratzki,1972),لوحظ أنها في المعاملة بدون ضغط كانت كافية للمبادلات الغازية، وانخفضت بشكل غير معنوي عند الضغط 163 كيلو باسكال لتصل إلى 16.14%، وإلى 13.01% معنويا عند الضغط 216 كيلو باسكال والى 10.04% بشكل معنوي عند الضغط 297 كيلو باسكال متجاوزة بذلك القيمة الحدية .

عند الضغط 163 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 28% انخفضت هذه المسامات بشكل معنوي من 16.14% الى 12.3% بمقدار 3.84%.

وفي الضغط 216 كيلو باسكال انخفضت بشكل غير معنوي من 13.01% الي 11.6% عند مستوى رطوبي 24% متجاوزة القيمة الحدية وانخفضت معنويا الى 11.00% عند مستوى رطوبي 28% بمقدار 1.41% و 2.01% على التوالي .

وفي الضغط 297 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 24% انخفضت بشكل معنوي من 10.04% الى 7.76% وانخفضت معنويا الى 6.45% عند مستوى رطوبي 28% بمقدار 2.28% و 3.59% على التوالي .

أما المسامات التي أقطارها (0.2–10) ميكرون وهي المسامات التي تحوي الماء المتاح للنبات، نلاحظ بأنها لم تتغير بشكل معنوي عند مستويات الضغط والرطوبة أثناء الضغط المدروسة في هذا العمق باستثناء المعاملة ذات الضغط 297 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 28% انخفض حجم هذه المسام الى 10.92% بشكل معنوي بمقدار 2.93% مقارنة بالمعاملة دون ضغط.

أما المسامات التي أقطارها <0.2 ميكرون نلاحظ أن نسبتها تزداد مع ازدياد الضغط حيث كانت عند الضغط 0 =23.21% وعند الضغط 163 كيلو باسكال أصبحت 23.98% أي زادت بمقدار 0.77% وعند الضغط 216 كيلو باسكال ازدادت إلى 24.96% أي زادت بمقدار 1.75% وعند الضغط 297 كيلو باسكال زادت لتصبح 26.13% بمقدار زيادة 2.92%.

حيث عند الضغط 163 كيلو باسكال وعند مستوى رطوبي 28% زاد حجم هذه المسام بشكل معنوي لتصبح 25.15% بمقدار 1.17% .وعند الضغط 216 كيلو باسكال زاد حجم هذه المسام معنويا ليصبح 25.74% عند مستوى رطوبي 24% و زاد ليصبح 26.32% عند مستوى رطوبي 28% وهذه الزيادة معنوية بمقدار 0.78% و 1.36% على التوالي . وعند الضغط 297 كيلو باسكال زاد حجم هذه المسام بشكل معنوي عند مستوى رطوبي 24% ليصبح 26.91% وعند مستوى رطوبي 28% زاد معنويا ليصبح 28.08% بمقدار 0.78% و 1.95% على التوالي وهذا مشابه لماتوصل اليه (Botta et al.2007)

الاستنتاجات والتوصيات:

- انضغاط التربة في الطبقة السطحية أدى الى زيادة الكثافة الظاهرية بمقدار 0.16 غ/سم3 عند الضغط 163 كيلوباسكال والى زيادة بمقدار 0.21 غ/سم3 عند الضغط 216 كيلوباسكال والى زيادة بمقدار 0.26 غ/سم3 عند الضغط 297 كيلوباسكال كما ساهمت الرطوبة في زيادة تأثير الانضغاط بمقدار 0.39 غ/سم3 عند الضغط 297 كيلوباسكال ومستوى رطوبي 28% مقارنة بالمعاملة دون ضغط.
- زادت الرطوبة من تأثير الضغط في الطبقة السطحية على حجم المسامية الكلية حيث انخفض حجم هذه المسامات عند الضغط 297 كيلوباسكال ومستوى رطوبي 28% بمقدار 4.94% مقارنة بالمعاملة ذات المستوى الرطوبي 20% عند نفس الضغط المطبق.

- في العمق (20–40)سم وعند الضغط 297 كيلوباسكال ومستوى رطوبي 24% انخفض حجم المسامات الأكبر من 10ميكرون بمقدار 2.28% وبمقدار 3.59% عند مستوى رطوبي 28% متجاوزة بذلك القيمة الحدية وذلك مقارنة بالمعاملة ذات المستوى الرطوبي 20% عند نفس الضغط المطبق.
- لكي لاتتأثر المسامات الهوائية يجب ألا يزيد الضغط عن 163 كيلوباسكال ومستوى رطوبي 24% في العمق (5–20)سم وألا يزيد الضغط عن 216 كيلوباسكال ومستوى رطوبي 24% في العمق (20–40)سم
- في الطبقة السطحية انخفض حجم المسامات التي تحوي الماء المتاح للنبات (0.2–10) ميكرون مع زيادة الضغط بمقدار 1.04 % عند الضغط 163 كيلوباسكال وبمقدار 2.95% عند الضغط 216 كيلوباسكال وبمقدار 4.19% عند الضغط 297 كيلوباسكال وكان أكبر انخفاض في حجم هذه المسامات في المعاملة ذات الضغط 297 كيلوباسكال ومستوى رطوبي 82% بمقدار 5.76% مقارنة بالمعاملة دون ضغط.

كما أيضا انخفض حجم هذه المسام في العمق (20–40)سم مع زيادة الضغط دون فروق معنوية.

- زاد حجم المسامات الأقل من 0.2 ميكرون بشكل معنوي مع زيادة الضغط في العمق (20–40)سم بمقدار 0.77% عند الضغط 163 كيلوباسكال وبمقدار 1.75% عند الضغط 216 كيلوباسكال وبمقدار 2.92% عند الضغط 297 كيلوباسكال وساهمت الرطوبة في زيادة تأثير الضغط حيث كانت الزيادة الأكبر في المعاملة ذات الضغط 297 كيلوباسكال ومستوى رطوبي 28% بمقدار 4.87% مقارنة بالمعاملة ذات المستوى الرطوبي 20% عند نفس الضغط المطبق.

وانطلاقا من ذلك نوصي باستمرار البحث على أنواع أخرى من الأتربة لمعرفة القيم الحدية للضغط والرطوبة أثناء الضغط للحد من انضغاط التربة في المستقبل.

المراجع :

ابراهيم, جهاد ; بركات,منى (2013): فيزياء التربة (الجزء النظري) منشورات مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية, جامعة تشرين.سورية.

زيدان , علي; إبراهيم ,جهاد; حبيب ,ليلى; رقية ,عادل (1997): الجيولوجيا وأساسيات علم التربة منشورات جامعة تشرين

يوسف.ديما احمد.(2016). تأثير انضغاط التربة عند مستويات مختلفة من الرطوبة على الخواص الفيزيائية والهيدروديناميكية للتربة وعلى إنتاجية ونوعية جذور الشوندر السكري في منطقة الغاب. رسالة ماجستير. قسم علوم التربة والمياه , كلية الزراعة, جامعة تشرين,سورية.68 ص.

Batey T (2009) Soil compaction and soil management a review. Soil Use Manag 25:335–345

Botta G, Pozzolo O, Bomben M, Rosatto H, Rivero D, Ressia M, Tourn M, Soza E, Va'zquez J (2007) Traffic alternatives in harvest of soybean (Glycine maxL.): effect on yields and soil under directsowing system. Soil Till Res 96:145–154

Bruand, A., Cousin, I., 1995. Variation of textural porosity of a loamy-clay soil during compaction. Eur. J. Soil Sci. 46, 377-385.

Czeratzki, W., 1972. Die Anspru¨che der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand, Landbauforschung, Vo¨lkenrode 10, 12–19

Ewetola, E.A., Onofua, O.E. and Babatunde, E.I., 2022. Soil Compaction Effects on Soil Physical Properties and Soybean (Glycine max.) Yield in Ogbomoso, Southwestern Nigeria. Asian Soil Research Journal, 6(2), pp.47-56.

Ferreira, C.J.B., Tormena, C.A., Severiano, E.D.C., Zotarelli, L. and Betioli Júnior, E., 2021. Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term no-tillage. Archives of Agronomy and Soil Science, 67(3), pp.383-396.

Hamza, M. A., & Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. Soil and tillage research, 82(2), 121-145.

HARTGE, K. H. & HORN, R. 1991: Einfuhrung in die Bodenphysik Ferdinand Enke. Verlage Stuttgart. Germany ., P : 303 .

Keller, T., Lamandé, M., Peth, S., Berli, M., Delenne, J. Y., Baumgarten, W., … Or, D. (2013). An interdisciplinary approach towards improved understanding of soil deformation during compaction. Soil and Tillage Research, 128, 61-80.https://doi.org/10.1016/j.still.2012.10.004

Keller T., Ruiz S., Arvidsson J., Stettler M., Berli M. 2016. Determining soil stress beneath a tire: measurements and simulations. Soil Science Society of America Journal, 80 (3), 541-553.

Keller, T., Colombi, T., Ruiz, S., Manalili, M.P., Rek, J., 2017. Long-term soil structure observatory for monitoring post-compaction evolution of soil structure. Vadose Zone J. 16, 1–16

Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R., Or, D., 2019. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. Soil Tillage Res. 194, 104293

KUNZE, A. 1984:Vollstandige und Ertragswirksame Nutzung der Vorgehende. Tag.Ber .Akad.landwirt .wiss. Berlin Germany.

Moraes, M.T., Debiasi, H., Carlesso, R., Franchini, J.C., Silva, V.R., Luz, F.B., 2016. Soilphysical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. Soil Tillage Res. 155, 351‑362.

Schjønning, P., Lamand´e, M., Cr´etin, V., Nielsen, J.Å., 2017. Upper subsoil pore characteristics and functions as affected by field traffic and freeze–thaw and dry–wet treatments. Arid. Soil Res. Rehabil. 55, 234–244

Shah, A.N., Tanveer, M., Shahzad, B., Yang, G., Fahad, S., Ali, S., Bukhari, M.A., Tung, S.A., Hafeez, A. and Souliyanonh, B., 2017. Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview. Environmental Science and Pollution Research, 24, pp.10056-10067.

Singh, K., Mishra, S.K., Singh, H.P., Singh, A. and Chaudhary, O.P., 2019. Improved soil physical properties and cotton root parameters under sub-soiling enhance yield of Cotton-Wheat cropping system. Data in brief, 24, p.103888.

Sivarajan, S., Maharlooei, M., Bajwa, S.G. and Nowatzki, J., 2018. Impact of soil compaction due to wheel traffic on corn and soybean growth, development and yield. Soil and Tillage Research, 175, pp.234-243.

Soane BD, Van Ouwerkerk C (1994) Soil compaction problems in world agriculture. In Soil compaction in crop production Elsevier Amsterdam 11:1–26

Söhne, W., 1951. Das mechanische Verhalten des Ackerbodens bei Belastungen unter rollenden Rädern sowie bei der Bodenbearbeitung. (The mechanical behaviour of soils under stresses of rolling wheels and during tillage). Gründl. Landtechnik, 9. Konstrukteur Heft 1, pp. 87-94 (in German)

The effect of soil compaction at different levels of humidity during compaction on the bulk density and on the distribution of the porous system in them with dept

Osama kadro[(1)*], Jihad Ebrahim[(1)], Rabiaa Zaini[(2)],ola kajo[(3)]
(1). Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia, Syria.
(2). General Commission for Scientific Agricultural Research, Lattakia, Syria.
(3). Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia, Syria.
(*Corresponding author: Osama Kadro., E-mail: osamakadro7777@gmail.com Phone : 0939619282).

Received:20/05/2023 Accepted: 25/09/2023

Abstract:
This research was conducted within the agricultural scientific research center in Latakia (stakhiris station) for the year 2022, where the design of full random sectors was used with four different levels of pressure applied to Celtic clay soil (0 – 163 – 216 - 297 KPA), and three different levels of humidity (20 – 24 – 28 % by weight). In order to study the effect of pressure and moisture during pressing on the bulk density changes and the distribution of the porous system of the soil with depth, the results also showed the obvious and significant effect of soil compression in the bulk density of the soil, in addition to the decrease in the size of the total porosity with increasing pressure, noting that the effect of pressure was decreasing with depth, as the compression of the soil in the surface layer (5-20 cm) led to an increase in the bulk density by 0.16 g/cm3 at a pressure of 163 KPA and an increase of 0.21 g/cm3 at a pressure of 216 KPA and an increase of 0.26 g/cm3 at a pressure of 297 KPA and humidity at a pressure of 297 KPA contributed to an increase in bulk density by 0.39 g/cm3 at a humidity of 28% The results showed that the air pores (larger than 10 microns) decreased with increasing pressure and humidity during compression in the surface layer (5-20 cm), where the size of these pores when treated without pressure reached 20.39% as an average relative to humidity and decreased significantly to 10.61%, i.e. by 9.78% at a pressure of 163 KPA, to 9.35% at a pressure of 216 KPA, i.e. by 11.04%, to 6.18% at a pressure of 297 KPA, i.e. by 14.21%, thus exceeding the limit value (12%) at the three pressures 163, 216 and 297 KPA, where the size of these pores reached 3.44% at a pressure of 297 KPA and a humidity level of 28%, It was also observed at a depth (5-20 CM) for pores with diameters (0.2 – 10) microns, which are the pores containing the water available to the plant, that they decreased with increasing pressure from 17.45% in treatment without pressure and at a humidity of 20% by weight to 16.41% at a pressure of 163 KPA, to 14.5% at a pressure of 216 KPA and to 13.26% at a pressure of 297 KPA and with increasing humidity during pressure the size of these pores decreases .

Keywords: soil compactness ,moisture content ,bulk density ,porous system, physical properties of the soil.