

## تأثير انضغاط التربة عند مستويات مختلفة من الرطوبة أثناء الضغط في بعض الخصائص

### الهيدروديناميكية للتربة و في نمو محصول فول الصويا

م. اسامه فريز قادرو\* أ.د. جهاد إبراهيم\*\* د. ربيع غازي زينة\*\*\* د. أولا قاجو\*\*\*\*

(الإيداع: 15 تشرين الأول 2023، القبول: 21 كانون الثاني 2023)

#### الملخص :

أجري هذا البحث ضمن مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية (محطة ستخريس) لعام (2022) حيث تم استخدام مستويات مختلفة من الضغط المطبق على تربة طينية سلتية (0 ، 163 ، 216 ، 297 كيلو باسكال)، وذلك عند ثلاث مستويات من الرطوبة (20،24،28 % وزنا) لتحديد تأثير الضغط والرطوبة على حجم المسامات الأكبر من 10 ميكرون وعلى معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع مع العمق.

بينت النتائج الأثر الواضح والكبير لانضغاط التربة في حجم المسامات الأكبر من (10)ميكرون وفي معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع، بالإضافة لانخفاض قيمة الثوابت التجريبية بزيادة الضغط، مع ملاحظة أن تأثير الضغط كان يقل مع العمق حيث أدى انضغاط التربة في الطبقة السطحية (5 ، 20 سم) إلى انخفاض في معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع الى (1.11 ، 0.11)م/يوم عند تطبيق الضغوط (163 ، 297)كيلو باسكال وذلك كمتوسط لمستويات الرطوبة وساهمت الرطوبة في الضغط (297) كيلو باسكال الى انخفاض معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع بمقدار (0.10)م/يوم عند رطوبة (28)% وزنا. كما لوحظ أن المسامات الهوائية (أكبر من 10 ميكرون) انخفضت مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط في الطبقة السطحية (5، 20)سم حيث بلغ حجم هذه المسامات عند المعاملة بدون ضغط (20.39)% كمتوسط بالنسبة للرطوبة وانخفضت معنويا الى (6.18)% عند الضغط (297) كيلو باسكال أي بمقدار (14.21)% متجاوزة بذلك القيمة الحدية (12)% حيث وصل حجم هذه المسامات الى (3.44)% عند الضغط (297) كيلو باسكال ومستوى رطوبي (28)%، كما بينت النتائج انخفاض معنوي في مساحة المسطح الورقي لفول الصويا مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط حيث كان الانخفاض من (4521.59)سم<sup>2</sup>/نبات في المعاملة دون ضغط ومحتوى رطوبي (20)% الى (2421.93)سم<sup>2</sup>/نبات عند الضغط (297) كيلوباكال عند نفس المحتوى الرطوبي.

الكلمات المفتاحية: انضغاط التربة ، المحتوى الرطوبي ، معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع ، الشد الرطوبي ، فول الصويا.

\*طالب دراسات عليا، دكتوراه، في قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

\*\* . استاذ في قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

\*\*\*دكتور باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، اللاذقية، سوريا.

\*\*\*\* مدرس في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا

## The effect of soil compaction at different levels of moisture during compaction on some hydrodynamic properties of the soil and in the growth of soybean crop

Osama kadro\* Jihad Ebrahim\*\* Rabiaa Zaini\*\*\*, ola kajo\*\*\*\*

(Received: 15 October 2023, Accepted: 21 January 2023)

### ABSTRACT:

The research was conducted at the Scientific Agricultural Research Center in Latakia (Stakhris Station) in (2022), where different levels of pressure applied to cely clay soil (0 , 163 , 216 , 297 kPa) were used, at three levels of humidity (20 , 24 , 28% by weighty) to determine the effect of pressure and humidity on the size of pores larger than 10 microns and on the saturated hydraulic conductivity coefficient with depth.

The results showed the obvious and significant effect of soil compaction in the pore size greater than (10)microns and in the saturated hydraulic conductivity coefficient, in addition to the decrease in the value of the experimental constants by increasing the pressure, noting that the effect of pressure was decreasing with depth, as soil compaction in the surface layer (5 , 20 )cm led to a decrease in the saturated hydraulic conductivity coefficient to (1.11, 0.11)m/Day when applying pressures (163, 297)KPA as an average of moisture levels and moisture contributed to the pressure (297) KPA to decrease the coefficient of saturated hydraulic conductivity by( 0.10 )m/Day at a humidity of (28)% by weight.It was also noted that the air pores (larger than 10 microns) decreased with The increase in 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 (6.18)% at (297 )KPA, i.e. by (14.21)% exceeding the limit value (12%), where the size of these pores reached (3.44)% at( 297) KPA and humidity level (28)%, as the results showed the decrease was from (4521.59)cm<sup>2</sup>/plant in the treatment without pressure and moisture content (20%) to (2421.93 )cm<sup>2</sup>/plant at pressure (297) kPa at the same moisture content.

**Keywords:** soil compaction ,moisture content ,saturated hydraulic conductivity coefficient ,moisture tensile, soybean.

\* Postgraduate student, PhD, Department of soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia, Syria.

\*\*Professor in Department of Soil and Land Sciences. Faculty of Agriculture. Tishreen University.Lattakia. Syria .

\*\*\* Dr.Researcher in General Commission for Scientific Agricultural Research, Lattakia, Syria.

\*\*\*\* Lecturer at the Department of field crops, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia, Syria.

## المقدمة:

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 للتربة بل غير قي الصفات المورفولوجية والنظم المائية والهوائية والغذائية للتربة وقد زادت المخاوف من انضغاط التربة بسبب استخدام الالات الثقيلة التي تستمر اثارها لسنوات عديدة في التربة.

يعتبر ضغط التربة مصدر قلق مهم في الزراعة الحديثة بسبب زيادة حجم ووزن الالات المستخدمة في الممارسات الزراعية ولا يقتصر هذه الضغط على الطبقة السطحية بل يتعداها ليصل إلى عمق (40، 80) سم. حيث تأثرت الطبقة السطحية وتحت السطحية على مدى العقود الماضية بسبب زيادة حمولة الالات الزراعية (Keller, et al., 2019) وتشير التقديرات الى تدهور مساحة (68) مليون هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة بسبب ضغط التربة (Batey, 2009; Hamza and Anderson, 2005) 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) كما تزداد مقاومة اختراق التربة لجذور النبات ويقل بذلك المجال الحيوي لانتشار المجموع الجذري بزيادة الضغط Moraes, et

(al., 2016) وبالتالي انخفاض في نمو وانتاجية المحاصيل الزراعية حيث بينت 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 (40، 20) سم ليصل الى (7.57) % في العمق (20، 40) سم. حسب اسكيف (2021) انخفضت مساحة المسطح الورقي انبات فول الصويا مع زيادة الضغط حيث كان الانخفاض من (8145.1) سم<sup>2</sup>/نبات في المعاملة دون ضغط الى (5842.18) سم<sup>2</sup>/نبات في المعاملة ذات الضغط (307.4) كيلوباسكال.

حسب (Ogunremi, et al., 1986) زادت الكثافة الظاهرية من (1.46) g/cm<sup>3</sup> للتربة غير المحروثة إلى (1.68) g/cm<sup>3</sup> للتربة المضغوطة وكذلك انخفض التوصيل المائي والمسامية الكلية للتربة بشكل كبير.

يعتبر المحتوى الرطوبي في التربة هو العامل الأكثر تأثيراً 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 أنه حسب حسن (2012) انخفض معامل التوصيل الهيدروايكي المشبع مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط حيث بلغ في المعاملة دون ضغط كمتوسط للرطوبة (5.08) م/يوم وانخفض بشكل معنوي عند الضغط (175.15) كيلوباسكال الى (0.57) م/يوم كمتوسط للرطوبة واستمر بالانخفاض حتى وصل الى (0.2) م/يوم عند الضغط (310.88) كيلوباسكال.

يعتبر فول الصويا من المحاصيل الاستراتيجية الهامة حيث يعتمد عليه كغذاء للإنسان ويستخدم كعلف للحيوانات بأشكال مختلفة كعلف اخضر او سيلاج كما يحوي نسبة عالية من البروتين (Myaka, et al., 2005) كما يمتلك فول الصويا مجموع جذري متعمق حساس للوسط الفيزيائي خلال مراحل نموه المختلفة.

## أهداف البحث:

- 1- تحديد تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على حجم المسامات الأكبر من (10) ميكرون مع العمق.
- 2- تحديد تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على معامل التوصيل الهيدروايكي المشبع مع العمق.
- 3- تحديد تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على الثوابت الهيدروديناميكية.
- 4- تحديد تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على مساحة المسطح الورقي فول الصويا.

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 (40,0) 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 (40,0) 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:

$$\text{متوسط الكثافة الظاهرية} = \frac{1.09+1.19}{2} = 1.14 \text{ غ/سم}^3$$

وبالتالي  $17.25\% = 1.14 * 15.13$  حجما

وتم حساب كمية الماء الواجب اضافتها من العلاقة التالية:

$$W_{mm}(\text{مم}) = \left( \frac{(\theta_2\% - \theta_1\%) \cdot Bt}{10} \right)$$

حيث أن:

$W_{mm}$ : عمق الماء الواجب اضافته(مم)

$\theta_1$ : الرطوبة الأولية في الحقل قبل الترطيب(حجما)

$\theta_2$ : الرطوبة المطلوبة(حجما)

$Bt$ : العمق(سم)

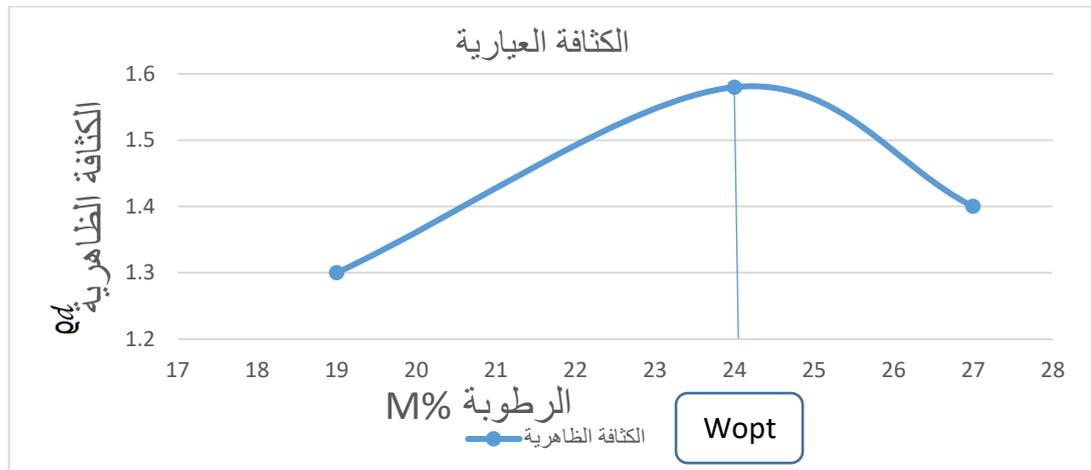
وكانت مستويات الرطوبة المدروسة كما يلي:

$M_1 = 20\%$  وزنا تعادل ( $22.8 = 1.14 * 20$  حجما) وهي (رطوبة في المجال المرن)

$M_2 = 24\%$  وزنا تعادل ( $27.36 = 1.14 * 24$  حجما) وهي (الرطوبة المثالية للانضغاط)

$M_3 = 28\%$  وزنا تعادل ( $31.92 = 1.14 * 28$  حجما) وهي (رطوبة في المجال اللدن)

حيث تم تحديد المجال المرن والرطوبة المثالية للانضغاط والمجال اللدن للتربة من خلال تحديد منحنى 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 رقم (1): 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 أكبر من (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 عُرِضَت 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 حُسِبَت الضغوط المقابلة لكل حمولة من هذه الحمولات لمعرفة ضغط العجلة وفق الجدول التالي (جدول 1)

الجدول رقم (1): مستويات الضغط التي تعرضت لها التربة

مستويات الضغط	حمولة العجلة (كغ)	سطح تماس العجلة مع التربة (سم <sup>2</sup> )	الضغط (كغ/سم <sup>2</sup> )	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

وتتحقق ذلك بوضع كرتونة تحت العجلة، ووضع ورقة كربون فوقها، ورسم سطح التماس نتيجة ضغط العجلة على

الكرتونة، حيث كان سطح التماس عند الضغط P1 = 376.8 سم<sup>2</sup>، وعند الضغط P2 = 435.6 سم<sup>2</sup> وعند الضغط P3 = 482.8 سم<sup>2</sup>.

وتم حساب الضغط كما يلي:

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

$$= (376.8 / 615) * 100 =$$

$$= 163 \text{ كيلوباسكال}$$

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

$$= (435.6 / 940) * 100 =$$

$$= 216 \text{ كيلوباسكال}$$

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

$$= (482.8 / 1435) * 100$$

$$= 297 \text{ كيلوباسكال}$$

حيث تم تعريف التربة للضغوط السابقة فتم البدء بالمعاملة ذات الضغط الأكبر (297) كيلوباسكال أولاً ثم الانتقال الى المعاملات ذات الضغط الأقل عن طريق تفريغ كمية من ماء الصهريج مقدر بالتر لتصل الى الوزن الأقل المعادل للحمولات المدروسة ووزنها ثانية بواسطة القبان الالكتروني ثم بعد ذلك أضيفت الأسمدة الفوسفاتية (46% p205) بمقدار (70) كغ p205 هـ واليوتاسية (50% K2O) بمقدار (60) كغ k20 هـ ثم تم تنعيم التربة وحرارتها حراثة سطحية (5،0) سم وتركت التربة في العمقين (20،5) سم و(40،20) سم منضغطة .

ثم أضيفت الدفعة الأولى من السماد الأزوتي (اليوريا 46%) قبل الزراعة حيث تمت إضافة اليوريا كما يلي:

الدفعة الأولى قبل الزراعة (30) كغ/هـ-الدفعة الثانية بعد التقريد (100) كغ/هـ-الدفعة الثالثة عند بداية الازهار (100) كغ/هـ

وتم تجهيز خطوط الزراعة حيث المسافة بين الخط والأخر (50) سم وبين النبات والآخر (25) سم، ثم تمت عملية زراعة محصول فول الصويا (صنف 44 sb) في شهر نيسان من العام 2022، بعد ذلك بدأت عمليات الخدمة من تقريد وتعشيب وري .

وأخذت عينات من المعاملات من الأعماق (20،5 ، 40،20 سم) بواسطة أسطوانات معدنية حجمها (100) سم<sup>3</sup> 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 كما هي موضحة في الجدول رقم (2).

الجدول (2): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة

العمق		التحليل
20-40 سم	5-20 سم	
47.36%	45.89%	نسبة الطين
47.35%	50.51%	نسبة السلت
5.29%	3.6%	نسبة الرمل
uT	uT	نوع التربة
طينية سلتية	طينية سلتية	
0.65%	0.82%	نسبة المادة العضوية
2.64 غ/سم <sup>3</sup>	2.63 غ/سم <sup>3</sup>	الكثافة الحقيقية
8.1	7.53	PH

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

أخذت قراءات متعلقة بتأثير المستويات المدروسة من الانضغاط ومن المحتوى الرطوبي على نمو محصول فول الصويا، حيث أخذت قراءات مساحة المسطح الورقي وارتفاع النبات في مرحلة الازهار، وتعد هذه المعايير من أهم معايير النمو المعتمدة. وتم حساب كل منها على حدة بوجود ضغط وبعده وجوده وعند المستويات المختلفة من المحتوى الرطوبي.

### 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:

**1- أثر الضغط والرطوبة أثناء الضغط على حجم المسامات الأكبر من (10) ميكرون في التربة في العمقين (20،5) سم و (40،20) سم:**

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 (10) ميكرون (وهي المسامات الهوائية) والتي يجب ألا تقل عن (12)% في الترب الطينية حسب (Czeratzki,1972).

حيث تم حساب المسامات الأكبر من (10) ميكرون بواسطة جهاز الضغط الغشائي عند (pF 2.5) وفق المعادلة التالية:

$$PV\% > 10\mu m = PV\% - Wvol.pF2.5$$

حيث أنه:

PV% المسامية الكلية

Wvol.pF2.5 الرطوبة الحجمية عند pF 2.5

وكانت النتائج موضحة في الجدول التالي:

الجدول (3) تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على حجم المسامات الأكبر من 10 ميكرون

Pv >10		الرطوبة % وزنا	الضغط P (كيلوباسكال)
سم (40-20)	سم (20-5)		
17.86	20.39	20	0
17.86	20.39	24	0
17.86	20.39	28	0
17.86	20.39	24	المتوسط
16.14	12.31	20	163
16.38	11.19	24	163
12.3	8.35	28	163
14.94	10.61	24	المتوسط
13.01	11.37	20	216
11.6	10.16	24	216
11.00	6.54	28	216
11.87	9.35	24	المتوسط
10.04	9.18	20	297
7.76	6.02	24	297
6.45	3.34	28	297
8.11	6.18	24	المتوسط
1.93	2.10	LSD 0.05%	

نلاحظ من الجدول (3) أنه في العمق (20،5) سم في المعاملة بدون ضغط كانت المسامات الأكبر من (10) ميكرون 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 (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 في العمق (20،40) سم انخفضت 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 .

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 وهذا مشابه لما توصل اليه (Botta, et al., 2007) .

## 2- أثر الضغط والرطوبة أثناء الضغط على معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع للتربة في العمقين (20،5) سم و (40،20) سم:

معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع هو أحد أهم الخصائص الهيدروليكية للتربة، ويمثل نسبة التدفق الى تدرج الجهد الهيدروليكي، ومن خلاله يمكن تحديد مدى حاجة الحقل للصرف ومدى حاجته للتفكيك الميكانيكي وهو أحد أهم الخصائص الفيزيائية للتربة للحكم على الحالة البنائية لها عند اجراء التفكيك الميكانيكي على الأتربة المتماسكة (Dorter, 1986)، وهو يعتبر مؤشرا للكشف عن المواقع المنضغطة في الطبقات تحت السطحية للأتربة المتماسكة وعندما يكون أقل من (0.1) م/يوم يعني أن التربة بحاجة إلى تفكيك ميكانيكي. ويتأثر هذا المعامل كثيرا بحجم المسامية الكلية وخاصة حجم المسامات التي قطرها أكبر من (10) ميكرون ودرجة استقامة هذه المسامات (Ritchie Suleiman., 2001). اضافة لتأثره بمحتوى الكربون في التربة حسب (Wang, et al., 2009).

كما أنه يعتبر أحد المؤشرات الهيدروليكية التي تتأثر كثيرا بانضغاط التربة وخاصة في المجال اللدن حيث ينخفض حجم المسام الأكبر من (10) ميكرون وتقل استقامتها وبالتالي تؤثر سلبا على حركة الماء والهواء ضمن قطاع التربة وعلى انتشار المجموع الجذري حيث يقل المجال الحيوي لانتشار الجذور.

ويعتبر تحديد هذا المعامل أمرا في غاية الصعوبة نظرا لنتشعب النظام المسامي في التربة، حيث أن كمية الماء المتدفقة في مقطع التربة تتناسب مع الأس الرابع لنصف قطر المسام حسب علاقة هاكن بويزل التالية :

$$q = \pi \cdot r^4 \cdot \left( \frac{\Delta p}{8 \cdot \mu \cdot L} \right)$$

حيث أن : q : كمية الماء المتدفقة.

$\Delta p$ : الارتفاع الهيدروليكي.

r: نصف القطر.

$\mu$ : اللزوجة.

L: طول الأنبوب.

وأهمية معرفة أنصاف أقطار المسامات المشاركة في عمليات النقل تأتي من أن أي زيادة ولو كانت بسيطة في قطر المسام يرافقه زيادة أسية كبيرة لكمية الماء المتدفقة، ولتجنب الآثار الناجمة عن وجود مسامات ذات قط كبير، وهذا الأمر قد يكون ناتج عن دودة أرض أو جذر نباتي ، نقوم بحساب معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع على أساس المتوسط الهندسي.

وقد تم تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في الأعماق (5 ، 20) سم ، (20 ، 40) سم مخبريا بواسطة اسطوانات معدنية ارتفاعها (4)سم وقطرها (5.65)سم.

$$Kf = \frac{V}{F.t} \cdot \frac{l}{h}$$

حيث أن : l :طول العينة سم .

h:الارتفاع الهيدروليكي سم.

وهذه الطريقة تعتمد على قانون دارسي التالي:

$$Kf = \frac{q}{grad\phi_H}$$

حيث أن : q:كمية الماء المتدفقة عبر مقطع التربة.

$grad \phi_H$ :التدرج الهيدروليكي.

وقد نفذت القياسات لجميع العينات عند تدرج هيدروليكي واحد وفي حالة التدفق المستقر ، حيث أخذت عينات بعد ضغط التربة وتم اشباعها بالماء لمدة ( 24 )ساعة ثم وضعت في جهاز قياس معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع. وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول التالي:

جدول (4) يوضح تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع للتربة في العمقين (5 ، 20) سم و (20،40)سم

Kf (م/يوم)		الرطوبة % وزنا	الضغط P (كيلوباسكال)
(40-20) سم	(20-5) سم		
3.94	4.59	20	0
3.29	4.53	24	0
3.82	4.21	28	0
3.68	4.44	24	المتوسط
2.80	1.49	20	163
2.1	1.05	24	163
1.74	0.81	28	163
2.21	1.11	24	المتوسط
1.33	0.76	20	216
1.01	0.71	24	216
0.65	0.27	28	216
0.99	0.58	24	المتوسط
0.35	0.17	20	297
0.21	0.09	24	297
0.19	0.07	28	297
0.25	0.11	24	المتوسط
0.21	0.26	LSD 0.05%	

نلاحظ من الجدول (4) بأن معامل التوصيل الهيدروليكي للتراب المشبعة في العمق (5 ، 20) سم بلغ في المعاملة دون ضغط كمتوسط للرطوبة (4.44) م/يوم وانخفض بشكل معنوي عند الضغط (163) كيلوباسكال الى (1.11) م/يوم وانخفض الى (0.58) م/يوم عند الضغط (216) كيلوباسكال واستمر بالانخفاض حتى وصل الى (0.11) م/يوم عند الضغط (297) كيلوباسكال مقارنة مع الشاهد بدون ضغط.

وفي العمق (20،40) سم بلغ معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في المعاملة دون ضغط كمتوسط للرطوبة (3.68) م/يوم وانخفض بشكل معنوي عند الضغط (163) كيلوباسكال الى (2.21) م/يوم والى (0.99) م/يوم عند الضغط (216) كيلوباسكال واستمر بالانخفاض عند الضغط (297) كيلوباسكال الى (0.25) م/يوم.

كما يلاحظ من الجدول (4) أن معامل التوصيل الهيدروليكي في المعاملة دون ضغط ينخفض مع زيادة العمق وفي المعاملات التي تعرضت للضغط نلاحظ بأن معامل التوصيل يزداد مع زيادة العمق.

وعند مستوى ضغط واحد نلاحظ بأن معامل التوصيل الهيدروليكي ينخفض مع زيادة الرطوبة أثناء الضغط كما يتضح من الجدول أن معامل التوصيل الهيدروليكي دون ضغط بلغ قيم عالية أكبر من (1) م/يوم ورغم تناقصها مع الضغط الى أنها لم تتجاوز القيمة الحدية لها (0.1 م/يوم) الا عند الضغط (297) كيلوباسكال ومحتوى رطوبي (24)% و (28)% وزنا.

كما يتضح من الجدول (4) أن معامل التوصيل الهيدروليكي في العمق (5،20) سم ينخفض عند الضغط (163) كيلوباسكال بمقدار (4) مرة وبمقدار (7.65) مرة عند الضغط (216) كيلوباسكال والى (40.36) مرة عند الضغط (297) كيلوباسكال مقارنة بالمعاملة دون ضغط.

أما في العمق (20،40) سم ينخفض معامل التوصيل عند الضغط (163) كيلوباسكال ومتوسط مستويات الرطوبة أثناء الضغط بمقدار (1.66) مرة وبمقدار (3.71) مرة عند الضغط (216) كيلوباسكال وبمقدار (14.72) مرة عند الضغط (297) كيلوباسكال مقارنة بالمعاملة دون ضغط وما سبق مشابه لما توصلت اليه (حسن،2012).

### 3- أثر الضغط والرطوبة أثناء الضغط على الثوابت الهيدروديناميكية للتربة في العمق (5،20) سم :

لابد من إيجاد العلاقة بين الشد الرطوبي والمحتوى الرطوبي للتربة وبعد تحديد المحتوى الرطوبي والشد الرطوبي المعادل له مخبرياً بواسطة جهاز الضغط الغشائي عند مستويات مختلفة من الضغط المطبق على عينات التربة المأخوذة من المعاملات المدروسة بواسطة أسطوانات معدنية سعة (100) سم<sup>3</sup> وكانت النتائج كما هي موضحة وفق الجدول التالي:

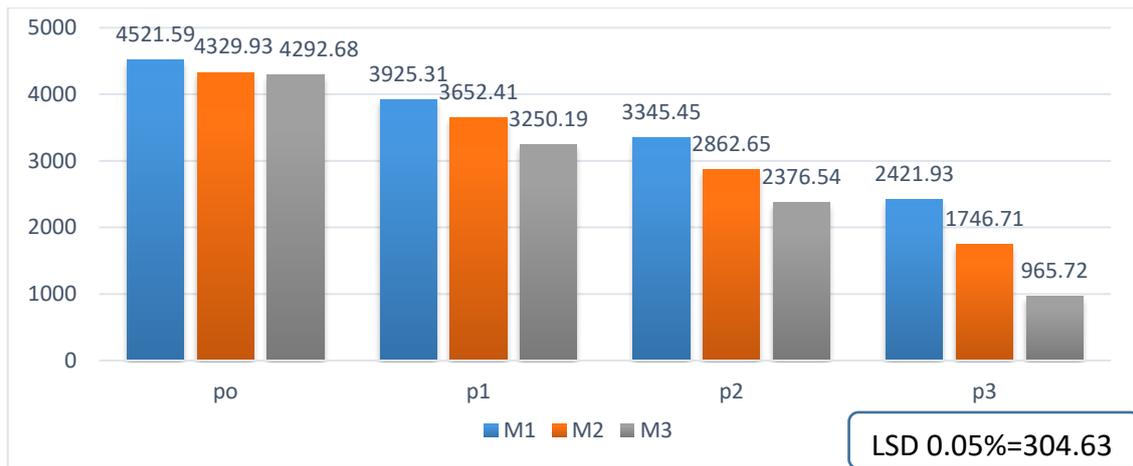
جدول رقم (5) يوضح تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على الثوابت الهيدروديناميكية للتربة في العمق (5،20سم)

الثوابت التجريبية		معامل التحديد	المعادلة	الرطوبة	الضغط
b	A				
-7.619	0.1455	$r^2 = 0.98$	$\varphi = 0.1455 \cdot \theta^{-7.619}$	20	0
-7.619	0.1455	$r^2 = 0.98$	$\varphi = 0.1455 \cdot \theta^{-7.619}$	24	0
-7.619	0.1455	$r^2 = 0.98$	$\varphi = 0.1455 \cdot \theta^{-7.619}$	28	0
-8.793	0.0525	$r^2 = 0.95$	$\varphi = 0.0525 \cdot \theta^{-8.793}$	20	163
-9.643	0.019	$r^2 =$	$\varphi = 0.019 \cdot \theta^{-9.643}$	24	163
-9.962	0.019	$r^2 = 0.97$	$\varphi = 0.019 \cdot \theta^{-9.962}$	28	163
-10.16	0.011	$r^2 = 0.96$	$\varphi = 0.011 \cdot \theta^{-10.16}$	20	216
-12.256	0.00105	$r^2 = 0.97$	$\varphi = 0.00105 \cdot \theta^{-12.256}$	24	216
-10.707	0.00102	$r^2 = 0.97$	$\varphi = 0.00102 \cdot \theta^{-10.707}$	28	216
-10.10	0.019	$r^2 = 0.99$	$\varphi = 0.019 \cdot \theta^{-10.10}$	20	297
-12.454	0.00127	$r^2 = 0.96$	$\varphi = 0.00127 \cdot \theta^{-12.454}$	24	297
-12.93	0.00132	$r^2 = 0.97$	$\varphi = 0.00132 \cdot \theta^{-12.93}$	28	297

من الجدول رقم (5) نلاحظ بأن الثابت التجريبي a تراوح بين (0.145) في المعاملة دون ضغط الى أن وصل في المعاملة ذات الضغط (297) كيلوباسكال ورطوبة (28)% الى (0.00132) وهذا ينطبق أيضا على الثابت التجريبي b حيث كان في المعاملة دون ضغط (-7.619) وانخفض عند المعاملة ذات الضغط (297) كيلوباسكال ورطوبة (28)% الى (-12.93) وهذا يعني أنه مع زيادة الضغط تقل قيمة الثوابت التجريبية وبالتالي مع نقصان الثوابت التجريبية يزداد الشد الرطوبي عند نفس المحتوى الرطوبي المتاح للنبات وبالتالي تزداد صعوبة امتصاص هذا الماء وهنا يضطر النبات لبذل طاقة إضافية لامتصاصه وهذا يكون على حساب النمو والإنتاجية وهذا يفسر انخفاض ارتفاع النبات ومساحه الورقي وهذا مشابه لما توصل اليه (قادر، 2020).

#### 4- تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط على مساحة المسطح الورقي في مرحلة الازهار:

يعبر المسطح الورقي عن كفاءة النبات في تغطية مساحة معينة من سطح الارض وقوة المحصول في مقاومة الحشائش (Akram-Ghaderi and Soltani, 2007) وهو المسؤول عن اعتراض الاشعاع الشمسي وعملية التمثيل الضوئي وكفاءة تمثيل العناصر الغذائية وتراكم الكتلة الحيوية في النبات كذلك هو المسؤول عن عمليات التبخر والنتح (Kandiannan, et al., 2009 : Jocckheere, et al., 2004) وبالتالي فهو مؤشر على جودة نمو المجموع الجذري وامتصاص العناصر الغذائية ضمن النبات للوصول الى أعلى مردود من عناصر الإنتاج في النبات.



الشكل (2) تغير مساحة المسطح الورقي (سم/2نبات) مع تغير الضغط عند مستويات مختلفة من الرطوبة

نلاحظ من الشكل رقم (2) انخفاضا معنويا في مساحة المسطح الورقي مع زيادة الضغط المطبق كما نلاحظ انخفاض المسطح الورقي معنويا مع زيادة المحتوى الرطوبي عند نفس الضغط المطبق. حيث بلغت مساحة المسطح الورقي في المعاملة دون ضغط ومحتوى رطوبي (20)% وزنا (4521.59) سم/2نبات وانخفض عند الضغط (297) كيلوباسكال ومحتوى رطوبي (20)% وزنا الى (2421.93) سم/2نبات وهذا يؤكد تأثير الضغط في إعاقة نمو وانتشار الجذور وبالتالي انخفاض نمو المجموع الخضري وهذا مشابه لما توصل اليه (قادرو، 2020). ونلاحظ أيضا انخفاضا معنويا في مساحة المسطح الورقي مع زيادة المحتوى الرطوبي حيث أنه في المعاملة ذات الضغط (216) كيلوباسكال ومحتوى رطوبي (20)% وزنا بلغت مساحة المسطح الورقي (3345.45) سم/2نبات ومع زيادة المحتوى الرطوبي الى (24)% وزنا بلغت (2862.65) سم/2نبات وانخفضت أيضا معنويا الى (2376.54) سم/2نبات عند محتوى رطوبي (28)% وزنا وذلك عند نفس الضغط المطبق.

#### الاستنتاجات والتوصيات:

- انخفض حجم المسامات الأكبر من (10) ميكرون في العمق (20، 40) سم وعند الضغط (297) كيلوباسكال بمقدار (2.28)% عند مستوى رطوبي (24)% وبمقدار (3.59)% عند مستوى رطوبي (28)% متجاوزة بذلك القيمة الحدية وذلك مقارنة بالمعاملة ذات المستوى الرطوبي (20)% عند نفس الضغط المطبق.
- انخفض معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في التربة مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط وكان الانخفاض الأكبر في العمق (5، 20) سم حيث بلغ الانخفاض من (4.44) م/يوم الى (0.11) م/يوم كمتوسط لمستويات الرطوبة أي بمقدار (40.36) مرة الا أنه لم يتجاوز القيمة الحدية.
- انخفاض في قيمة الثوابت التجريبية مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط حيث انخفض الثابت التجريبي a من (0.145) في المعاملة دون ضغط الى (0.00132) في المعاملة ذات الضغط (297) كيلوباسكال ومحتوى رطوبي (28)%.
- انخفاض معنوي في مساحة المسطح الورقي مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط حيث بلغت قيمة المسطح الورقي (4292.68) سم/2نبات في المعاملة دون ضغط ومحتوى رطوبي (28)% وانخفضت الى (965.72) سم/2نبات في المعاملة ذات الضغط (297) كيلوباسكال ومحتوى رطوبي (28)%.

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

#### المراجع العربية :

اسكيف.جينا رئيس. (2021). أثر إضافة هيومات البوتاسيوم أثناء التفكيك الميكانيكي لطبقات التربة التحتية المنضغطة على خصائصها الفيزيائية والهيدروديناميكية وعلى إنتاجية فول الصويا كما و نوعا. رسالة دكتوراه. كلية الزراعة-جامعة تشرين. 93 ص.

حسن.دارين. (2012). دراسة تأثير انضغاط التربة بفعل الآلات الزراعية على الخصائص الفيزيائية والمائية للتربة وعلى إنتاجية نبات البطاطا في الساحل السوري. رسالة ماجستير. كلية الزراعة-جامعة تشرين. 99 ص.

قادرو.اسامه فريز. (2020). أثر انضغاط التربة عند مستويات مختلفة من المادة العضوية على الخصائص الفيزيائية والهيدروديناميكية للتربة وعلى نمو و إنتاج نبات الذرة الصفراء. رسالة ماجستير. كلية الزراعة-جامعة تشرين. 68 ص  
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 ، كلية الزراعة، جامعة تشرين. 68 ص.

**Akram-Ghaderi, F., & Soltani, A. (2007).** Leaf area relationships to plant vegetative characteristics in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) grown in a temperate sub-humid environment. *International Journal of Plant Production*, 1(1), 63–71.

- a. **Batey T (2009)** Soil compaction and soil management a review. *Soil Use Manag* 25:335–345
- c. **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 max*L.): effect on yields and soil under direct sowing system. *Soil Till Res* 96:145–154
- d. **Czeratzki, W., (1972).** Die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand, *Landbauforschung, Vo"lkenrode* 10, 12–19
- e. **Dorter . K . (1986)** : Lehrbuch der landwirtschaftliche Meliorationen VEB Deutscher landwirtschaftsverlag. Berlin (Germany) , 316zz .
- f. **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.
- g. **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.
- h. **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.

- i. **Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., and Baret, F. (2004).** Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and forest meteorology*, 121(1–2), 19–35.
- j. **Kandiannan, K., Parthasarathy, U., Krishnamurthy, K. S., Thankamani, C. K., and Srinivasan, V. (2009).** Modeling individual leaf area of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using leaf length and width. *Scientia Horticulturae*, 120(4), 532–537.
- k. **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
- l. **Myaka, F. A., Kirenga, G. and Malema, B. Malema (eds). (2005).** Proceedings of the First National Soybean Stakeholders Workshop, 10–11 November 2005, Morogoro, Tanzania.
- m. **Moraes, M.T., Debiasi, H., Carlesso, R., Franchini, J.C., Silva, V.R., Luz, F.B., (2016).** Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. *Soil Tillage Res.* 155, 351–362.
- O. Ogunremi, L. T., Lal, R., and Babalola, O. (1986).** Effects of tillage methods and water regimes on soil properties and yield of lowland rice from a sandy loam soil in southwest Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 6(3), 223–234.
- p. **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.
- q. **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)
- r. **Suleiman, A ; Ritchie . (2001) :** Estimating Saturated Hydraulic conductivity from Soil Porosity , *Transaction of the ASABE* . Vol . 44 , N . 2 , 2001 , 235 – 339 .
- s. **Wang , H .; Tiejun, S.; David , A. (2009) :** Field evidence of a negative correlation between saturated hydraulic conductivity and soil carbon in sandy soil , *water resources research* , Volume 45 , Issue 7 , USA .