

تأثير مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على الخصائص الفيزيائية والمائية للتربة وعلى إنتاج نبات البطاطا.

الدكتور جهاد إبراهيم*

الدكتور سمير جراد**

دارين حسن***

(تاريخ الإيداع 25 / 4 / 2012 . قبل للنشر في 12 / 6 / 2012)

□ ملخص □

بينت الدراسة أن الكثافة الظاهرية للتربة تزداد مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط وكان معدل الزيادة الأكبر في العمق 5-25 سم حيث بلغت الزيادة كمتوسط لعامين 0.33 غ/سم³ عند الضغط بـ 310.88 كيلوباسكال ومتوسط الرطوبة أثناء الضغط 17.02 % (تعادل 66.2% من متوسط السعة الحقلية للتربة)مقارنة بالمعاملة بدون ضغط . كما أن حجم المسامات أكبر من 50 ميكرون انخفض عند نفس الضغط السابق ومتوسط الرطوبة السابقة في العمق 5-25 سم بمقدار 12.87% . وانخفض حجم المسامات أكبر من 10 ميكرون بمقدار 14.08 % كمتوسط لعامين مقارنة مع المعاملة دون ضغط. وأن معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة انخفض في العمق 5-25 سم حيث بمقدار 26.3 مرة كمتوسط لعامين عند الضغط 310.88 كيلوباسكال ومتوسط الرطوبة أثناء الضغط 17.02 % مقارنة بالمعاملة دون ضغط . كما بينت الدراسة أن الضغط يجب أن لا يزيد عن 100 كيلوباسكال عند رطوبة أثناء الانضغاط تعادل 58% من السعة الحقلية للتربة أو 75 كيلوباسكال عند رطوبة 80% من السعة الحقلية للتربة وان لاتزيد حمولة العجلة عن 5 كيلونيوتن عند رطوبة 58% من السعة الحقلية أو 3.5 كيلونيوتن عند رطوبة تعادل 80 % من السعة الحقلية للتربة . حتى لا يحصل انخفاض معنوي للإنتاج .

الكلمات المفتاحية: البطاطا، الشد الرطوبي، معامل التوصيل الهيدروليكي غير المشبع، انضغاط التربة، توزيع النظام المسامي

* أستاذ-قسم علوم التربة والمياه -جامعة تشرين -اللاذقية- سورية.

** أستاذ -قسم الهندسة الريفية-جامعة تشرين -اللاذقية -سورية.

*** طالبة دراسات عليا(ماجستير)-قسم علوم التربة والمياه-جامعة تشرين -اللاذقية - سورية.

Effect of Different Levels of Compression and Wetness During The Compaction on Hydraulical- Physical Properties of The Soil as Well ss on Potato Yield

Dr. Jihad Ibrahim*
Dr. Sameer Jrad**
Darin Hasan***

(Received 25 / 4 / 2012. Accepted 12 / 6 / 2012)

□ ABSTRACT □

The study has shown that the apparent bulk density of soil increases with the increase of compression and moisture during press. The maximum rate of increase in depth was 5 – 25 cm that amounted in average in two years 0.33g/cm^3 at compression by 310.88 kilopascal , and moisture average at compression by 17.02% (equal to 66.2% of the field capacity average of the soil) in comparison with the non existence of compression. Also, the size of the pores bigger than 50 microns decreased at the same above compression and above moisture in depth of 5 – 25 cm by 12.87%. The size of pores bigger than 10 microns decreased by 14.08% in two years average in comparison with the non existence of compression. Hydraulic connection coefficient of the saturated soil in depth of 5 – 25 cm decreased by 26.3 times in two years average at compression of 310.88 kilopascals and moisture average at compression by 17.02% in comparison with the non existence of pressure. The study has shown as well that the compression should not exceed 100 kilopascals with moisture at compression equal to 58% of the field capacity of soil or 75 kilopascals with moisture of 80% of the field capacity of soil, and the wheel load should not exceed 5 kilo newtons with moisture of 58% of field capacity or 3.5 kilo newtons with moisture equal to 80% of the field capacity of the soil; in order to avoid serious decrease in production.

Key Word: Potato, compression , hydraulic connection, moister suction.

*Professor, Department of soil sciences and water ,faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Professor, Department of Agriculture Machines, faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department of Soil sciences and water ,Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

في ظل النهضة الزراعية المتطورة التي تشهدها سوريا دخلت الآلات الزراعية إلى الحقول على نطاق واسع بدءاً من الآلات الحراثة الأساسية مروراً بتحضير مرقد البذور وعمليات الخدمة وانتهاءً بعمليات الجني ونقل المحصول الأمر الذي جعل التربة معرضة لضغوط مختلفة تتراوح قيمتها بين (100-450) Kpa حسب (Kunze, 1985) ولا تقتصر هذه الضغوط على الطبقة السطحية بل تتعداها لتصل إلى (40-80) سم تبعاً لنوع الآلة المستخدمة .

كما وجد (Brandhuber et.al., 2001) أن استخدام الآلات الزراعية يؤدي إلى انخفاض حاد في حجم المسامات الهوائية ليس فقط في الطبقة السطحية، بل يتعداه ليصل إلى الطبقات التحتية للتربة كما توصل (Petelkau et.al., 2001) إلى أن الأتربة المنضغطة ينخفض فيها معدل الاستفادة من الأسمدة بمقدار 20% مقارنة بالأتربة غير المنضغطة .

وتوصل (Hofmann and Ermich, 1984) إلى أن الآلات الزراعية تسبب انضغاط التربة وانخفاض إنتاجية البطاطا بمقدار 22% .

كما وجد (Petelkau, 1984) أن (70-90)% من مساحة حقول القمح والبطاطا والشوندر السكري تتعرض لضغط الآلات الزراعية، بدءاً من الزراعة وحتى عمليات الجني .

وأشار (Paul & Evries, 1979) إلى أن أنسب رطوبة للحصول على حراثة جيدة تكون لسوء الحظ قريبة من الرطوبة المثلى للانضغاط .

وقد ذكر (Davies et.al., 1973) أن لرطوبة التربة تأثيراً أكبر من أي تأثير يحصل نتيجة الاختلاف في أنواع الآلات الزراعية وأوزانها وحجم الإطارات وأن ضغطاً قليلاً بحدود 30 Kpa قد سبب ضغطاً أكبر من ضغط آخر بحدود 240 Kpa وذلك عند تغيير المحتوى الرطوبي من حالة إلى أخرى .

وهناك دراسات حسب (Werner, 1983) استخدمت فيها مؤشرات فيزيائية للحد من انضغاط التربة بحيث لا يسمح باستخدام الآلات التي تسبب انخفاض السعة الهوائية للتربة عن 12% في الطبقة السطحية.

إن قوة الجرارات ووزنها إذاً بمعدل (60-80)% منذ منتصف الستينات، بينما منطقة تلامس الإطار بالتربة زادت فقط بمعدل 20% هذا يعني أن الانضغاط يحدث بشكل أكبر، وبصعب لترميمه وإصلاحه بعد حدوثه .

ونظراً لأهمية هذا الموضوع وأنه لا يمكن الاستغناء عن الآلات الزراعية لذلك تم التفكير في دراسة تأثير هذه الآلات على خصائص التربة الفيزيائية والمائية، وعلى إنتاجية نبات البطاطا كأحد أهم المحاصيل الزراعية في سوريا ولحساسيتها العالية للوسط الفيزيائي، وذلك بهدف تحديد القيم الحدية للضغط والرطوبة أثناء الضغط للوصول إلى أفضل إنتاجية لمحصول البطاطا .

حيث تبلغ المساحة المزروعة في سورية 27766 هكتاراً، إنتاجها الكلي 603411 طناً ومتوسط إنتاج الهكتار 21734 كغ حسب المجموعة الإحصائية السنوية للعام 2006 .

وتعتبر البطاطا من أهم محاصيل الخضار في عدد كبير من دول العالم، بسبب قيمتها الغذائية العالية وقابليتها للتخزين والتصدير والتصنيع، بالإضافة إلى إنتاجها الغزير في حالة توفر الوسط الفيزيائي المناسب. تنتمي البطاطا العادية إلى الفصيلة الباذنجانية solanaceae التي تضم نحو 85 جنساً وحوالي 2200 نوع، وتسمى نسبة إلى الجنس solanum الذي تنتمي إليه البطاطا

البطاطا *solanum tuberosum* عبارة عن نبات عشبي معمر يزرع في جميع أنحاء العالم في المناطق الباردة والمعتدلة وشبه الاستوائية (الصباغ، 1982) ازدادت المساحات المزروعة بالبطاطا في سورية في السنوات العشر الأخيرة، وبلغت 31083 هكتاراً في عام 2007. هذا وتم اختيار صنف سبونتا في التجربة الذي يتبع الأصناف المبكرة، حيث تمتد الفترة بين الزراعة والجني (90-100 يوم) أي حوالي ثلاثة أشهر، وتم اختيار العروة الخريفية لان التربة في الصيف تكون جافة، يمكن ترطيبها والتحكم بمستويات الرطوبة أثناء الضغط الامر الذي يسمح بدراسة تأثير الانضغاط المباشر للآلة على التربة وعلى المردودية.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في دراسة أثر انضغاط التربة بفعل الآلات الزراعية عند مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الضغط على الخواص الفيزيائية للتربة وعلى إنتاج البطاطا في ظروف الساحل السوري. ويهدف البحث إلى إيجاد القيم الحدية للضغط والرطوبة أثناء الضغط التي بعد تجاوزها لا يسمح بدخول الآلة في الحقل. وتحديد القيم الحدية لبعض الخصائص الفيزيائية للتربة التي لا يسمح بتجاوزها للحد من انخفاض إنتاجية محصول البطاطا .

طرائق البحث ومواده:

نفذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية باللاذقية (محطة دبا). وقبل إجراء عملية الضغط حددت المواقع، وأخذت العينات من الأعماق (5-25، 25-45، 45-65) بواسطة أسطوانات معدنية (6 أسطوانات لكل عمق) كما أخذت عينات مرافقة لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة، حيث حددت بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة فكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول رقم (1) التالي:

جدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة في الأعماق المدروسة

الطريقة المتبعة	العمق سم			التحليل
	65-45	45-25	25-5	
الماصة	%20.79	% 20.05	%21.42	نسبة الطين
الماصة	% 44.69	% 45.72	%49.04	نسبة السلت
الماصة	%34.52	%34.23	%29.54	نسبة الرمل
التصنيف الألماني	L لومية	Lلومية	Lلومية	نوع التربة
الهضم الرطب	%0.53	%0.82	%2.14	نسبة المادة العضوية
المعايرة	%58	%62.5	%62.5	كربونات الكالسيوم الكلية
المعايرة(دورينو)	%16	%15	%15	الكلس الفعال
خلات الصوديوم	12م.م/100 غ تربة	13.91م.م/100 غ تربة	13.91م.م/100 غ تربة	سعة التبادل الكاتيونيCEC
جهاز الضغط الغشائي	%30.32 حجما	% 30.67 حجما	%31.57 حجما	السعة الحقلية FC

نقطة الذبول الدائم AWP	13.92% حجما	14.08% حجما	15.13% حجما	جهاز الضغط الغشائي
الماء المتاح %nFK	17.65	16.59	15.19	
الكثافة الحقيقية	2.61 غ/سم ³	2.62 غ/سم ³	2.62 غ/سم ³	البكنوميتر
الكثافة الظاهرية	1.11 غ/سم ³	1.2 غ/سم ³	1.29 غ/سم ³	الاسطوانات المعدنية
الفوسفور القابل للمتناص	ppm9	ppm2		السكر
البوتاسيوم القابل للمتناص	ppm 170	ppm65		الفلام مفتوميتر
الازوت المعدني	ppm24	ppm23		السكر

يلاحظ من الجدول السابق أن نوع التربة هو لومية في الأعماق المدروسة حسب مثلث القوام الألماني، وأن متوسط نسبة الطين في الأعماق المدروسة بلغت 20.75% وهي متقاربة جدا في الأعماق الثلاثة، وأن متوسط نسبة السلت بلغت 46.48% وتتخفف قليلا مع العمق، وأن متوسط نسبة الرمل وصلت إلى 32.76% وأن ارتفاع نسبة السلت في هذه التربة أدى إلى ارتفاع نسبة الماء المتاح. كما أن كربونات الكالسيوم جاءت مرتفعة، وسعة التبادل الكاتيوني منخفضة.

هذا وتم تحديد بعض الخواص الميكانيكية للتربة فكانت كما هي موضحة في الجدول رقم 2 التالي:

جدول (2) يوضح بعض الخواص الميكانيكية للتربة المدروسة:

الرطوبة المثالية للانضغاط % وزنا	18%	18%	17وزنا	طريقة البروكتور النظامي
حد السيولة % وزنا	35.52	35.32	35.67	جهاز كاساكراند
حد الترقيق % وزنا	16.79	16.79	16.74	اختبار أتيربيرغ

بعد تحديد موقع تنفيذ البحث أضيفت الأسمدة الفوسفورية والبوتاسية والدفعة الأولى من الأسمدة الأوتية (نصف كمية الأوت) للتربة مع المواد العضوية (4 م³ / دنم) قبل الزراعة، وخلطت مع التربة عن طريق الحراثة العميقة عند رطوبة منخفضة 10 % وزنا، حيث أضيفت الأسمدة المعدنية التالية: 25 كغ/دนม سوبر فوسفات ثلاثي عيار 46% 32 كغ/دนม سلفات بوتاسيوم عيار 50% . 33 كغ/دนม يوريا عيار 46% .
ثم استخدمت العزاقة الدورانية لتسوية سطح التربة، بعد ذلك تم ترطيب التربة عند ثلاثة مستويات للرطوبة (مستوى رطوبي منخفض أقل من الرطوبة المثالية للانضغاط ومستوى رطوبي عند الرطوبة المثالية للانضغاط، ومستوى ثالث في المجال اللدن أكبر من الرطوبة المثالية للانضغاط)

عند ترطيب التربة تم تحديد متوسط الرطوبة في العمق 0-60 سم قبل الترطيب ثم تم حساب كمية المياه اللازمة إضافتها لإيصال هذه الرطوبة إلى مستويات الرطوبة المدروسة، ثم أضيفت المياه إلى المعاملات المدروسة بواسطة مضخة مياه وأنابيب معروفة التدفق، وبعد إضافة المياه بخمسة أيام (لضمان تجانس رطوبي في قطاع التربة)

تم تحديد متوسط الرطوبة للتربة بواسطة المسبار اليدوي (الأوغر) في العمق 0-60 سم فكانت متوسطات مستويات الرطوبة أثناء عملية الانضغاط خلال عامي التجربة كما في الجدول رقم (3) التالي :

جدول (3) يوضح متوسط مستويات الرطوبة أثناء الضغط خلال عامي التجربة

مستويات الترتيب	متوسط الرطوبة في العمق 0-60 سم % وزناً (سنة أولى)	متوسط الرطوبة في العمق 0-60 سم % وزناً (سنة ثانية)
A ₁ مستوى رطوبي منخفض أقل من الرطوبة المثالية للانضغاط	13.2	12.6
A ₂ مستوى رطوبي متوسط عند الرطوبة المثالية	16	17
A ₃ مستوى رطوبي في المجال اللدن أكبر من الرطوبة المثالية للانضغاط	21.3	21.9

بعد ذلك تم تجهيز جرار فرات ومقطورة مياه معلقة به (منظومة الضغط مؤلفة من ثلاثة محاور) 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 الأمامي للجرار والمحور المتوسط والمحور الخلفي (محور المقطورة) بواسطة القبان الإلكتروني، وكان الوزن على المحور الخلفي هو الوزن الأكبر، لذلك تم اعتماده كونه هو القوة الضاغطة الأكبر، حيث كان الوزن على العجلات الخلفية بالنسبة لمستويات الضغط المطلوبة، كما هو مبين في الجدول رقم 4 التالي :

جدول (4) يوضح الحمولة على المحور الخلفي للمقطورة والمحور المتوسط والمحور الأمامي للجرار

المعاملة	وزن المحور الخلفي (كغ) للمقطورة	وزن المحور المتوسط (كغ)	وزن المحور الأمامي (كغ)
B ₀ (شاهد)	دون ضغط	دون ضغط	دون ضغط
B ₁	1760	1700	990
B ₂	2700	2060	940
B ₃	3280	2170	870

حيث يلاحظ أن حمولة المحور الخلفي (محور المقطورة) هي الحمولة الأكبر ومن خلالها تم تحديد حمولة العجلة مقدره بكيلونيوتن وفق العلاقة التالية :

$$\text{حمولة العجلة ب(K N)} = \frac{\text{حمولة العجلة (كغ)} * 9.81}{1000}$$

وبالتالي تكون مستويات حمولة العجلة المدروسة مقدره ب كيلونيوتن كما يلي :

$$B_0 = 0 \text{ كيلونيوتن، } B_1 = 8.63 \text{ كيلونيوتن، } B_2 = 13.24 \text{ كيلونيوتن، } B_3 = 16.1 \text{ كيلونيوتن.}$$

وبعد تحديد حمولة العجلة ب Kg و KN:

تم تحديد مساحة سطح تلامس العجلة ذات الحمولة الأكبر على سطح تربة صلب (جافة هوائياً)، وعند ذلك يكون سطح التماس على شكل قطع ناقص حسب (Söhne, 1951). حيث وضعت قطعة كرتون، وفوقها قطعة من ورق الكربون، وبعد تمرير العجلة الخلفية على هذه القطعة عند الحمولات المطلوبة تم طباعة مكان العجلة على ورقة الكربون ثم تم تحديد عرض تلامس العجلة مع التربة، وطول التلامس في حالة الوقوف، فكان سطح التماس للعجلات مع سطح التربة الجافة (صلبة) على شكل قطع ناقص حسب مساحته من خلال تحديد أقطاره، حيث تم تحديد طوله وعرضه وتم حساب مساحته كما يلي:

$$A = \frac{a*b*3.14}{4}$$

حيث إن a: طول القطع الناقص B: عرض القطع الناقص

و بلغت مساحة سطح تلامس العجلة ذات الحمولة الأكبر (المحور الخلفي) حسب المعاملة كما يلي:

$$B_0 = \text{دون ضغط } 0 \text{ سم}^2$$

$$B_1 = 502.40 \text{ سم}^2$$

$$B_2 = 514.96 \text{ سم}^2$$

$$B_3 = 527.52 \text{ سم}^2$$

بعد ذلك تم حساب الضغط المطبق بالكيلو باسكال على المعاملات كما يلي:

$$Pa = \frac{P}{A} * 100$$

حيث أن P: حمولة العجلة (كغ) A مساحة سطح التلامس سم²

فكانت مستويات الضغط المطبقة المقابلة لحمولة العجلة الخلفية للمقطورة كما يلي:

$$B_0=0\text{Kpa} \quad B_1=175.15\text{Kpa} \quad B_2=262.15\text{Kpa} \quad B_3=310.88\text{Kpa}$$

مع الإشارة إلى أن الجرار المستخدم هو جرار فرات 70 حصاناً، وزن الرأس فقط 2510 كغ

ووزن المحور الخلفي للرأس 1500 كغ ووزن المحور الأمامي للرأس دون المقطورة 1010 كغ

وبالتالي تكون حمولة العجلة للمحور الخلفي للجرار = 7.35 KN وللعجلة الأمامية = 4.95 KN

بعد ذلك تم ضغط التربة التي تم ترطيبها بواسطة الجرار والمقطورة المعلقة به للمعاملات المدروسة، بحيث تم ضغط كل معاملة مع تكرراتها لكامل مساحة المعاملة، حيث أن خط سير العجلة ملاصق لخط سير العجلة اللاحق، وأنه تم ضغط المعاملة "B₃" أولاً ثم الانتقال إلى المعاملات ذات الضغط الأقل عن طريق تفريغ كمية من ماء الصهريج مقدر بالتر لتصل إلى الوزن الأقل المعادل للحمولات المدروسة السابقة الذكر، ثم وزنها ثانية بالقبان الإلكتروني.

بحيث تبقى حمولة المحور الخلفي هي الأكبر دائماً من حمولة المحور الوسطي والأمامي. وهذا تم مراعاته على أن يكون ضغط العجلات للمحور الخلفي أكبر من الضغط على العجلات الأخرى، وأن تكون حمولة العجلة الخلفية هي الأكبر أيضاً، وهذا له أهمية عند حساب ضغط العجلة ب KN.

بعد ضغط التربة استخدمت العزاقة الدوارانية لتفكيك الطبقة السطحية للتربة ثم استخدمت الفرادة لصياغة خطوط الزراعة والمسافة بين الخط والخط 70 سم ولعمق 8-10 سم.

ثم زرعت البطاطا المبرعمة صنف سيونتا كعروة خريفية في منتصف آب على عمق (4-5) سم والمسافة بين الدرنات ضمن الخط الواحد (25) سم ليكون عدد النباتات في الهكتار (57142) نبات/هكتار وبذلك يكون ضمن المجال (30000-71000) الذي حدده (Seiffert 1981)،

وتمت إضافة الدفعة الثانية من الأسمدة الآزوتية بعد شهر من الزراعة أثناء العزيق الأول، ثم أضيفت الدفعة الثالثة في فترة الإزهار عند العزيق الثاني بخلط الأسمدة المضافة مع التربة.

وطريقة الري المستخدمة هي الري السطحي، وكانت عملية الري تتم عندما تصل رطوبة التربة إلى 500 ميلليار في العمق 15 سم، وهذا يقع ضمن المجال الذي حدده (Sammis 1980) حيث وجد أن الشد الرطوبي المناسب في العمق 15 سم بالنسبة للبطاطا يتراوح بين 200-600 ميلليار. حيث زرع جهاز قياس توتر ماء التربة (تنشيومتر) في المعاملة دون ضغط. هذا وتم قياس متوسط رطوبة التربة في العمق 0-40 سم المقابلة لقراءة التنشيومتر (500 ميلليار) باسطة المسبار اليدوي (الأوغر) فكانت تعادل 24.0% حجما (وبالتالي يكون عمق ماء الري الواجب إضافته للتربة 28.48 ملم على اعتبار أن متوسط السعة الحقلية للتربة في العمق 0-40 سم = 31.12% حجما، وبالتالي تكون كمية الماء الواجب إعطاؤها للمعاملة الواحدة بمساحة 12 م² = 341.8 لتر لإيصال رطوبة التربة في العمق 0-40 سم إلى السعة الحقلية لها. حيث كانت تعطي هذه الكمية بعد معايرة تدفق أنبوب الري، بعد ذلك بدأت عمليات الخدمة من عزيق وري ودراسة تغيرات رطوبة التربة خلال موسم النمو وقياس متوسط طول النبات.

أما تصميم التجربة: فكان بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة، ويستخدم فيها تحليل التباين من الدرجة الأولى والثانية لتحديد أقل فرق معنوي عند درجة ثقة 5% وعلاقات الارتباط من الدرجة الأولى والثانية. وبلغت مساحة التجربة 432 م² تشمل ثلاثة مستويات للرطوبة وأربعة مستويات للضغط بواقع ثلاثة مكررات لكل معاملة ومساحة المعاملة الواحدة 12 م² دون هوامش.

النتائج والمناقشة:

1- تأثير مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على الكثافة الظاهرية للتربة في أعماق

مختلفة:

تعتبر الكثافة الظاهرية للتربة أحد أهم الخصائص الفيزيائية للتربة، وهي صفة فيزيائية مركبة تعطي فكرة عن حركة الماء والهواء في قطاع التربة، كما اعتمدت الكثافة من قبل العديد من الباحثين لتحديد العلاقة بين الإنتاجية والكثافة لتحديد الكثافة المناسبة لنمو وتطوره النبات حسب (Petelkau, 1984) ويمكن أن تعتمد الكثافة لمعرفة درجة الانضغاط والكشف عن المواقع المنضغطة في الحقول الزراعية حسب (Ermich, 1980). ونظرا لأهميتها تم تحديدها عند مستويات مختلفة للضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على التربة المدروسة في ثلاثة أعماق (5-25) سم (25-45) سم (45-65) سم فكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول رقم 5 التالي :

جدول (5) يوضح تأثير مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على الكثافة الظاهرية للتربة خلال موسمين متتاليين.

العمق سم			الرطوبة أثناء الضغط	الضغط
65- 45	45-25	25-5		
1.27	1.21	1.13	12.9	KPa0
1.27	1.21	1.13	16.5	
1.27	1.21	1.13	21.6	
1.27	1.21	1.13	17	X
1.28	1.30	1.33	12.9	Kpa175.15
1.31	1.34	1.36	16.5	
1.36	1.40	1.42	21.6	
1.32	1.35	1.37	17	X
1.29	1.34	1.35	12.9	Kpa262.15
1.35	1.39	1.40	16.5	
1.38	1.41	1.45	21.6	
1.34	1.38	1.4	17	X
1.31	1.37	1.41	12.9	KPa310.88
1.36	1.44	1.45	16.5	
1.48	1.50	1.52	21.6	
1.38	1.44	1.46	17	X
0.038	0.044	0.050		LSD α 5%

يتضح من الجدول (5): ان الكثافة تزداد مع العمق في المعاملة دون ضغط . ونلاحظ أيضا بان الكثافة في العمق 5-25سم تزداد مع زيادة الضغط وتزداد مع زيادة الرطوبة أثناء الضغط الواحد وكمتوسط للرطوبة أثناء الضغط 17 %وزنا تزداد الكثافة عند الضغط 175.15 كيلوباسكال بمقدار 0.24 غ/سم³ في العمق 5-25 سم وبمقدار 0.27 غ/سم³ وبمقدار 0.33 غ/سم³ عند الضغط 310.88 كيلوباسكال مقارنة بالمعاملة دون ضغط .

وعند الضغط بمقدار 310.88 كيلوباسكال ومتوسط للرطوبة أثناء الانضغاط (17 % وزنا) ازدادت الكثافة الظاهرية بمقدار 0.33 غ/سم³ وبمقدار 0.23 غ/سم³ وبمقدار 0.11 غ/سم³ في الأعماق 5-25 و 25-45 و 45-65 سم على التوالي مقارنة بالمعاملة دون ضغط . أي أن تأثير الضغط على الكثافة يتناقص مع زيادة عمق التربة بشكل واضح .

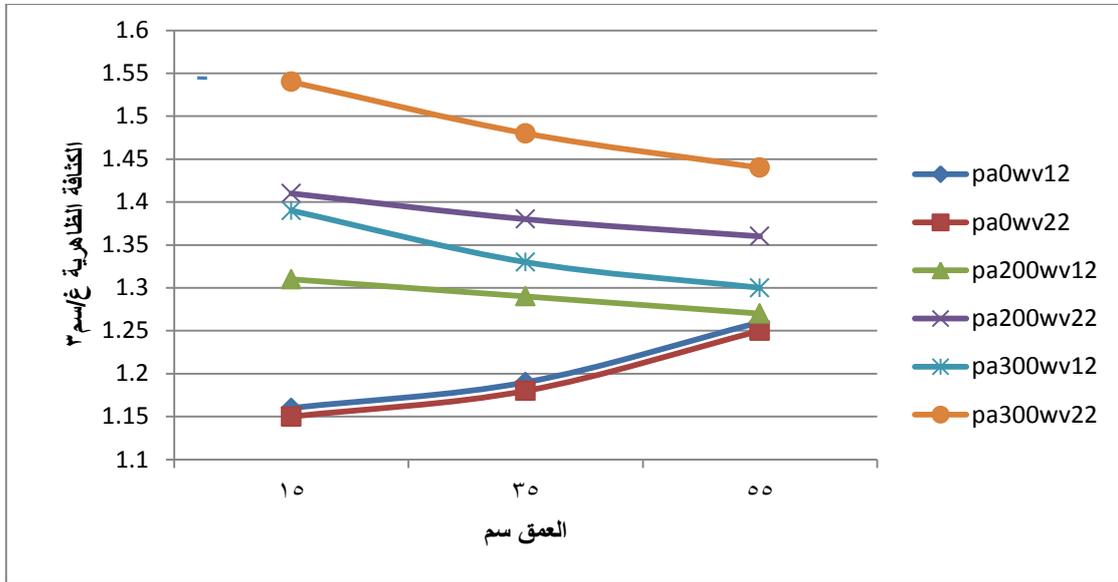
هذا وتم إيجاد العلاقة بين الكثافة الظاهرية والضغط والرطوبة أثناء الانضغاط في الأعماق المدروسة خلال موسمين متتاليين فكانت العلاقة من الدرجة الثانية ذات معامل تحديد عالٍ وفق المعادلة التالية والشكل التالي رقم (1):

$$Y=1.15246+0.00048*Pa+0.000038Bt^2+0.000046*Pa*Wv-0.000816*Pa*Bt$$

$$r^2=0.94$$

$$n=108$$

حيث أن pa الضغط المطبق (Kpa) . Bt العمق (سم) . Wv الرطوبة أثناء الضغط (M%)



شكل (1) يوضح تأثير مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على الكثافة الظاهرية في الأعماق المدروسة خلال موسمين متتاليين .

يوضح الشكل السابق أن الكثافة في المعاملة دون ضغط تزداد مع العمق وإن عامل الرطوبة هنا ليس له تأثير على الكثافة لأن الترطيب تم لمرة واحدة ودون ضغط . ومع زيادة الضغط إلى 200 كيلوباسكال والرطوبة 12% تزداد الكثافة بشكل واضح ومعنوي حتى العمق 45 سم مقارنة بالمعاملة دون ضغط وعند نفس الضغط والرطوبة 22% تزداد الكثافة بشكل معنوي مقارنة بقيمتها عند نفس الضغط والرطوبة 12% . ومع زيادة الضغط إلى 300 كيلوباسكال والرطوبة يزداد الفرق بين الخطوط وتزداد الكثافة ويتضح تأثير الرطوبة أثناء الضغط الواحد أكثر فأكثر، ليصل تأثير الضغط إلى عمق أكثر من 60 سم عند الرطوبة 22% والضغط 300 كيلوباسكال .

2- تأثير مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على حجم المسامية الكلية وتوزيع النظام

المسامي في التربة :

يعتبر حجم المسامات الكلية في التربة أحد أهم الصفات الفيزيائية لها لأن هذا النظام المسامي هو المسؤول عن عمليات النقل والتخزين داخل قطاع التربة ، كما أنه يعبر عن الحالة البنائية لها وبذلك يعتبر هذا التوزيع هو العامل المحدد للوسط الفيزيائي المناسب لنمو النبات وتطوره وفي هذا الإطار هناك سعي دائم ومستمر لإدارة التربة وتحسين التوزيع في نظامها المسامي عن طريق عمليات الخدمة والحراثة والاستصلاح . إن تحديد حجم المجموعات المسامية يمكننا من تحديد السعة الهوائية للتربة (وهي حجم المسام التي قطرها أكبر من 10 ميكرونات) وتحديد حجم المسامات التي قطرها أكبر من 50 ميكروناً وحجم المسامات التي قطرها (10-0.2) ميكرون وحجم المسامات التي قطرها أصغر من 0.2 ميكرون . ولتحديد ذلك تم استخدام جهاز الضغط الغشائي في تحديد حجم هذه المسامات الهوائية حيث يطبق ضغط معين وفقاً للقانون التالي:

$$P_{mm} = \frac{4\sigma W}{d}$$

P_{mm} : الضغط (باسكال) σW : التوتر السطحي للماء (نيوتن/متر) d : قطر المسام (متر)

بعد ذلك يتم تحديد حجم المجموعات المسامية كمايلي:

$$PV\% > 50 \mu m = PV\% - Wvol.pF1.8$$

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

$$PV\%(10-50) \mu m = Wvol.pF1.8 - Wvol.pF2.5$$

$$PV\%(0.2-10) \mu m = Wvol.pF2.5 - Wvol.pF4.2$$

$$PV\% < 0.2 \mu m = Wvol.pF4.2$$

حيث إن $WvolPF1.8$ هي الرطوبة الحجمية عند نهاية الضغط المعادل ل $pF1.8$

$PV\%$ حجم المسامية الكلية للتربة وتحدد كمايلي :

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

حيث أن ρd الكثافة الظاهرية. ρs الكثافة الحقيقية للتربة.(غ/سم³)

بعد اقتطاع عينات ترابية من الأعماق التالية (5-25) (25-45) (45-65) سم تم تحديد توزيع النظام

المسامي لهذه العينات، فكانت النتائج بالنسبة للموسم الثاني والعمق 5-25 سم الذي كان أكثر تأثراً بالضغط مقارنة

بالعمقين الآخرين، كما هي موضحة في الجدول التالي رقم (6) التالي :

جدول (6) يوضح تغيرات النظام المسامي عند مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة

أثناء الانضغاط في العمق (5-25) سم خلال الموسم الثاني

PV<0.2 μm	PV(0.2- 10 μm)	PV>10 μm	PV>50 μm	PV%	الرطوبة M%	حمولة العجلة KN	الضغط KPa
13.32	17.20	26.95	18.87	57.47	12.6	0	0
13.32	17.20	26.95	18.87	57.47	17		
13.32	17.20	26.95	18.87	57.47	21.9		
13.32	17.20	26.95	18.87	57.47	17.2	X	
16.20	16.23	15.84	9.65	48.27	12.6	13.24	262.15
16.80	14.87	14.69	7.13	46.36	17		
17.4	15.4	11.64	7.3	44.44	21.9		
16.6	15.39	15.01	7.67	46.99	17.2	X	
16.8	15.06	14.5	6.25	46.36	12.6	16.1	310.88
17.52	14.70	11.84	5.75	44.06	17		
18.36	14.72	8.29	2.87	41.37	21.9		
17.76	14.94	10.59	5.31	43.29	17.2	X	
0.71	1.44	2.99	3.07	2.269			LSD α 5%

نلاحظ من الجدول السابق أن حجم المسامية الكلية بلغ في المعاملة دون ضغط 57.47% وعند الضغط بمقدار 262.15Kpa وعند الرطوبة 12.6% انخفض حجم المسامية بشكل معنوي بمقدار 9.2 مقارنة بالمعاملة دون ضغط . وعند زيادة الضغط إلى 310.88Kpa وعند نفس الرطوبة انخفض حجم المسامية بشكل معنوي بمقدار 11.11% مقارنة بالمعاملة دون ضغط . أما عند المستوى الرطوبي 21.9% وعند مستوى الضغط 262.15KPa انخفض حجم المسامات الكلي معنوياً بمقدار 13.03% ، وعند مستوى الضغط 310.88KPa وعند مستوى رطوبي 21.9% انخفض إلى 41.37% أي انخفض بمقدار 16.1% مقارنة بالمعاملة دون ضغط.

أما حجم المسامات التي قطرها أكبر من 50 μm فقد كانت في المعاملة دون ضغط 18.87% وانخفض عند مستوى الضغط 262.15KPa ومستوى الرطوبة 12.6% إلى 9.65% وعند الضغط 310.88Kpa وعند نفس مستوى الرطوبي انخفضت إلى 6.25% أي أن الانخفاض كان بمقدار 9.22% و 12.62% على التوالي، ومع زيادة الرطوبة أثناء الضغط إلى 21.9% انخفض حجم المسامية عند الضغط 262.15Kpa إلى 7.30% وعند الضغط 310.88KPa انخفض إلى 2.87% أي أن الانخفاض كان بمقدار 11.57% و 16% على التوالي مقارنة بالمعاملة دون ضغط . أما حجم المسامات الهوائية أكبر من 10 μm فقد تراوح حجمها بين 26.95 و 8.29 عند مستويات الضغط المختلفة حيث كانت عند المعاملة دون ضغط في المتوسط بالنسبة للرطوبة 26.95% وانخفضت عند مستوى الرطوبي 12.6% و ضغط 262.15Kpa إلى 15.84% وعند الضغط 310.88KPa إلى 14.50% أي انخفضت بشكل معنوي بمقدار 11.11 و 12.45 % على التوالي . وعند المعاملة ذات الرطوبة 21.9% والضغط 262.15 انخفض بمقدار 15.31% وعند الضغط 310.88KPa ونفس الرطوبة السابقة انخفض بمقدار 18.66% وبشكل معنوي مقارنة بالمعاملة دون ضغط . كما نلاحظ بأن هناك انخفاضاً معنوياً بحجم المسامات الهوائية ($P_v > 10 \mu\text{m}$) عند الرطوبة الواحدة مع زيادة الضغط خاصة عند مستوى الرطوبة العالية، مع الإشارة إلى أن حجم هذه المسامات يجب أن لا يقل عن 12% في التربة الطينية وعن 15% في الأتربة اللومية الرملية حسب (Czertski 1972)

أما حجم المسامات التي قطرها بين (0.2-10) μm كانت في المعاملة دون ضغط 17.20% وهي تقع ضمن المجال الطبيعي لحجم المسامات المتوسطة حسب (Hartge&Horn1991) والذي يقع بين (7-20)% حجماً". إلا أن حجم هذه المسامات تغير عند مستويات الضغط المختلفة والرطوبة أثناء الانضغاط، حيث انخفض في المعاملة ذات الضغط 262.15Kpa والرطوبة 12.6% إلى 16.23% أي بمقدار 0.97% وهو فرق غير معنوي وانخفض بشكل معنوي عند المعاملة ذات الضغط 310.88Kpa وعند نفس الرطوبة إلى 15.06% أي بمقدار 2.14% مقارنة بالمعاملة دون ضغط . وعند زيادة الرطوبة 21.9% أثناء الضغط 262.15KPa انخفض حجم هذه المسامات بشكل معنوي إلى 15.40% وعند نفس الرطوبة وزيادة الضغط إلى 310.88KPa انخفض إلى 14.72% أي انخفض بمقدار 1.8 و 2.48 % على التوالي مقارنة بالمعاملة دون ضغط . أما حجم المسامات التي قطرها أقل من 0.2 μm نلاحظ أنها كانت في المعاملة دون ضغط 13.32% وهي تقع في المجال الطبيعي لهذا النوع من الترب حسب (Hartge und Horn 1991) وهي بين (5-20)% وعند الضغط بمقدار 262.15Kpa وعند مستوى رطوبي منخفض 12.6% زاد حجم هذه المسامات إلى 16.20% وعند الضغط 310.88KPa وعند نفس المستوى الرطوبي السابق ارتفع حجم هذه المسامات إلى 16.8% أما عند المستوى الرطوبي 21.3% زادت هذه المسامات لتصل إلى 17.40% عند الضغط 262.15KPa لتستمر بالزيادة حتى تصل إلى 18.36% عند مستوى الضغط

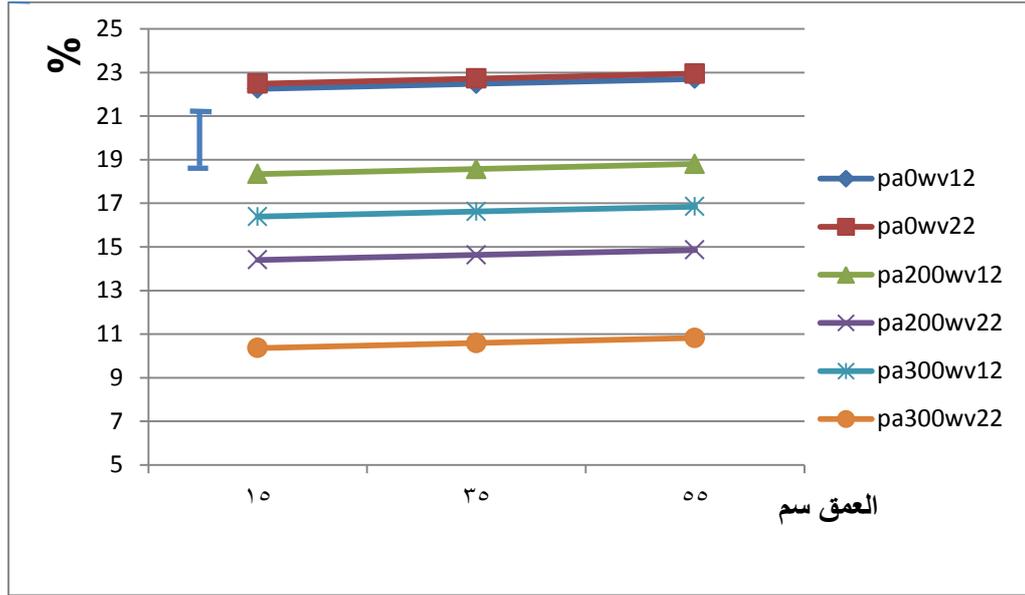
310.88KPa أي أنه مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط يزداد حجم هذه المسامات بشكل معنوي عند جميع مستويات الرطوبة والضغط المدروسة مقارنة بالمعاملة دون ضغط . هذا وتم تحديد توزيع النظام المسامي في الموسم الأول فكانت النتائج مقارنة مع نتائج الموسم الثاني، ويمكن توضيحها كما في الجدول رقم 7 التالي :

جدول رقم (7) يوضح تغيرات النظام المسامي عند مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط في العمق (5-25) سم خلال الموسم الأول

PV<0.2 µm	PV(0.2-10 µm)	PV>10 µm	PV>50 µm	PV%	الرطوبة M%	حمولة العجلة KN	الضغط KPa
13.90	17.90	23.73	18.53	55.55	13.2	0	0
13.90	17.90	23.73	18.53	55.55	16		
13.90	17.90	23.73	18.53	55.55	21.3		
13.90	17.90	23.73	18.53	55.55	16.8		X
15.96	16.37	16.71	12.22	49.04	13.2	8.63	175.15
16.32	16.44	15.13	9.92	47.89	16		
17.04	15.09	13.46	9.84	45.59	21.3		
16.44	15.96	15.1	10.66	47.51	16.8		X
17.04	13.09	15.46	9.48	45.59	13.2	16.1	310.88
17.88	15.54	9.49	5.62	42.91	16		
18.12	14.04	9.98	4.99	42.14	21.3		
17.68	14.22	11.64	6.70	43.55	16.8		X
0.534	1.9266	4.156	2.169	1.7718			LSD α 5%

وكمتوسط لعامين متتاليين كان الانخفاض الأكبر في حجم المسامات أكبر من 50 ميكرونًا عند الضغط 310.88 كيلوباسكال ومتوسط الرطوبة أثناء الانضغاط 17.02% (66.2% من السعة الحقلية للتربة حيث انخفض بمقدار 12.87%. وانخفض حجم المسامات أكبر من 10 ميكرونات بمقدار 14.08% متجاوزا القيمة الحدية كمتوسط لعامين مقارنة مع المعاملة دون ضغط .

هذا وتم إيجاد العلاقة بين حجم المسامات أكبر من 10 ميكرونات والضغط والرطوبة أثناء الانضغاط وعمق التربة لعامين متتاليين، فكانت النتائج كما هي موضحة في الشكل رقم (2)



$$Y=21.7957+0.00556*Pa+0.023763*Wv+0.01152*Bt-0.002091*Pa*Wv$$

$$r^2=0.88$$

$$n=108$$

Pa الضغط المطبق (Kpa) . Wv الرطوبة أثناء الضغط (% وزناً) . Bt العمق (سم)

شكل (2) يوضح العلاقة بين الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط وعمق التربة على حجم المسامات أكبر من 10 ميكرونات لموسمين متتالين .

يتضح من الشكل السابق أن حجم المسامات التي قطرها أكبر من 10 μm ينخفض في المعاملة دون ضغط مع زيادة العمق، وأن حجم هذه المسامات ينخفض أيضاً مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط، ويزداد تأثير الرطوبة كلما زاد الضغط، ويقل تأثير الضغط مع العمق على حجم هذه المسامات . ويكون التأثير الأكبر في العمق (5-25) سم، وخاصة عند الضغط 300 Kpa والرطوبة 22% وزناً. وتجاوز حجم هذه المسامات القيمة الحدية (15%) عند الضغط 200 كيلوباسكال و 300 Kpa والرطوبة 22% في العمقين 5-25 و 25-35 سم واستمر تأثير الضغط على حجم هذه المسامات إلى عمق أكثر من 60 سم مقارنةً بالمعاملة دون ضغط .

3- تحديد منحنيات الشد الرطوبي للتربة :

وتسمى أحياناً منحنيات الاحتفاظ بالماء التي توضح العلاقة بين الشد الرطوبي (أي قوة مسك الماء) والرطوبة الحجمية. من الصعب التنبؤ بهذه العلاقة نظراً لكون تأثيرات الادمصاص والشكل الهندسي للمسام شديدة التعقيد، وقد اقترحت عدة معادلات تجريبية لوصف منحنى الشد الرطوبي ضمن مجالات محددة للرطوبة ومن هذه العلاقات: العلاقة التالية حسب (Gardner et.al. 1970):

$$\Psi = a \times \theta^b$$

حيث: a, b ثوابت متعلقة بنوع التربة

إن منحنى الشد الرطوبي ضمن شد رطوبي يتراوح من (0-1) بار، يعتمد بشكل أساسي على التأثير الشعري والتوزيع الحجمي للمسام، وبالتالي فإنه يعتمد ويتأثر بشكل كبير بالحالة البنائية للتربة، وفي مجال شد رطوبي عالٍ يكون الاحتفاظ بالماء ناتجاً عن عملية الادمصاص، ولهذا فإن المنحنى يتأثر بشكل أقل بالبناء، وبشكل أكبر بالقوام وبالسطح النوعي للتربة.

ويمكن تحديده بطريقة جهاز الضغط الغشائي عند تطبيق ضغوط متزايدة بدءاً من الضغط عند $pF_{1.8} - pF_{2.0} - pF_{2.5} - pF_{3.0} - pF_{3.5} - pF_{4.2}$.

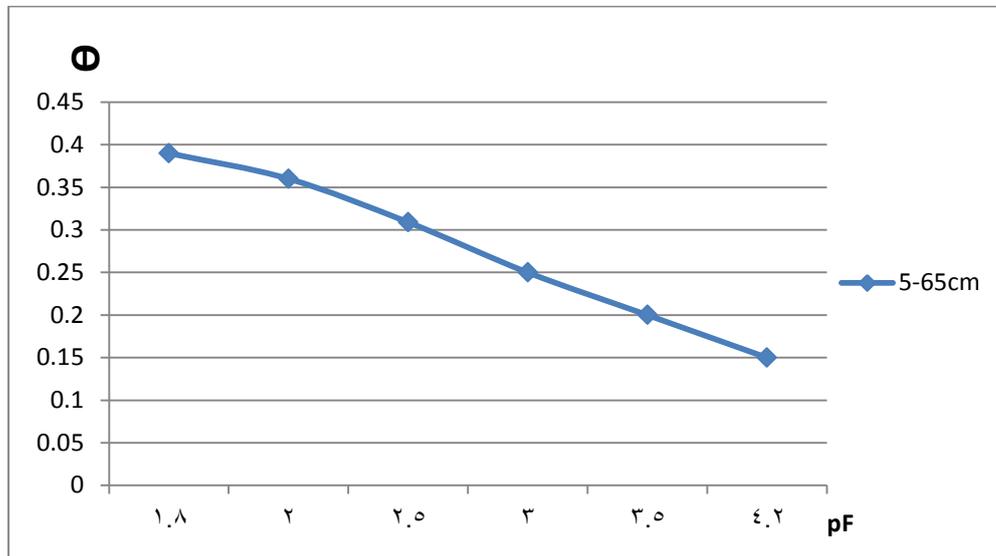
وهذه الطريقة هي طريقة مجهدة وتحتاج لوقت طويل (عدة أشهر) وذلك عند استخدام أسطوانات تربة ارتفاعها (4) سم، مع الإشارة إلى أن هذه الطريقة تعتبر من أكثر الطرق دقة لتحديد منحنى الشد الرطوبي، لذلك تم اعتمادها في دراستنا، حيث تم حساب المحتوى الرطوبي عند مستويات شد رطوبي مختلفة، ثم أدخلت هذه الأرقام إلى جهاز الحاسب فتوصلنا إلى علاقة أسية من الشكل:

$$\Psi = a \times \theta^b$$

وهي تمثل الشكل الأكثر استخداماً من قبل العديد من الباحثين مثل (Gardner et.al 1970) بعد ذلك تم التوصل إلى العلاقة التالية:

$$\Psi = 0.2859 \times \theta^{-5.85341}$$

وكمتوسط للأعماق الثلاثة المدروسة كانت المعادلة $r^2=0.97$



شكل (3) يوضح منحنى الشد الرطوبي للتربة مع تغير المحتوى الرطوبي لها

يلاحظ من المنحنى السابق أن المحتوى الرطوبي للتربة يتناقص مع زيادة الشد الرطوبي للتربة ويمكن من خلال هذا المنحنى تحديد السعة الحقلية للتربة ونقطة الذبول الدائم والماء المتاح للنبات كما يمكن من خلالها تحديد الثوابت التجريبية للأعماق المدروسة وبالمتوسط كانت الثوابت التجريبية في العمق (5-65) سم على الشكل التالي:

$$a = 0.2859$$

$$b = - 5.6534$$

وإن هذه الثوابت التجريبية خاصة بهذا النوع من الترب يستفاد منها في دراسات معمقة تخص حركية الماء في التربة وخاصة ضمن المنظومة: تربة-نبات-غلاف جوي.

4- تأثير مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة

المشعبة :

معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع هو نسبة التدفق إلى تدرج الجهد الهيدروليكي، ويتأثر هذا المعامل بمحتوى التربة من المادة العضوية حسب (Wang et.al 2009) وبحجم المسامات الكلي وخاصة حجم المسامات أكبر من 10 ميكرونات ودرجة استقامة هذه المسامات حسب (Suleiman and Ritchte, 2001). حيث يمكن من خلاله تحديد مدى حاجة الحقل للتفكيك الميكانيكي، فهو من أهم الخصائص الفيزيائية للتربة المستخدمة للحكم على الحالة البنائية عند إجراء التفكيك الميكانيكي على الأتربة المتماسكة حسب (Dörter 1986).

ويعتبر تحديد هذا المعامل أمراً في غاية الصعوبة نظراً لتشعب النظام المسامي في التربة، حيث أن كمية الماء المتدفقة في مقطع التربة تتناسب مع الأس الرابع لنصف قطر المسام حسب علاقة هاكن يويزل:

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

ومن هنا تأتي أهمية معرفة أنصاف أقطار المسامات المشاركة في عمليات النقل، حيث أن أي زيادة ولو كانت بسيطة في قطر المسام يرافقه زيادة آسية كبيرة لكمية الماء المتدفقة، ولتجنب الآثار الناجمة عن وجود مسامات ذات قطر كبير، وهذا الأمر قد يكون ناتجاً عن دودة أرض أو جذر نباتي، يحدد معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشعبة على أساس المتوسط الهندسي .

وقد تم تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في الأعماق (0-20)، (20-40)، (40-60)سم مخبرياً بواسطة أسطوانات معدنية حسب طريقة (Schönberg 1965) وفق العلاقة التالية:

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

حيث أن: v: حجم الماء المتدفق (سم³)

F: مساحة المقطع (سم²)

t: الزمن (ثانية)

L: طول العينة (سم).

h: الارتفاع الهيدروليكي (سم).

وهذه الطريقة تعتمد على قانون دارسي التالي:

$$kf = \frac{q}{grad \Psi_H}$$

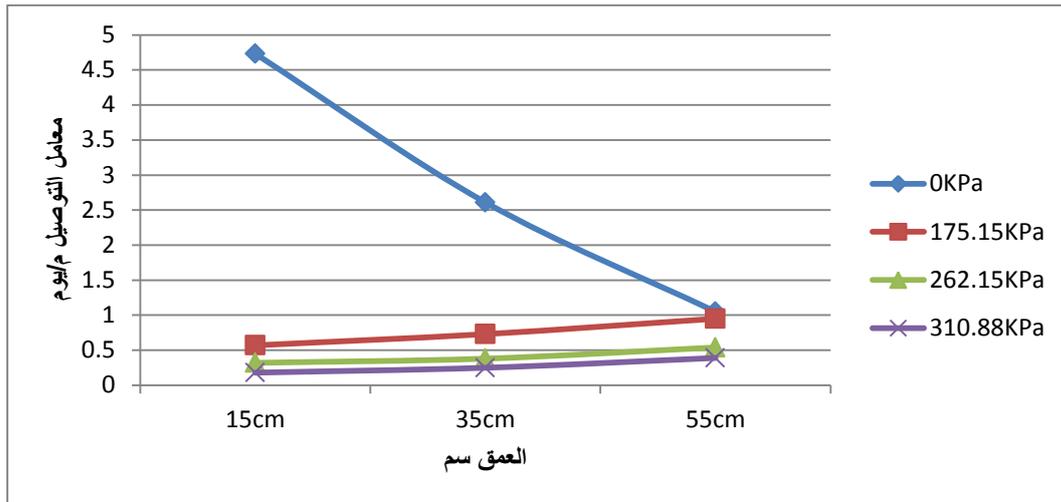
حيث أن: q: كمية الماء المتدفقة عبر مقطع التربة (سم/ثانية).

gradΨ_H: التدرج الهيدروليكي.

وقد نفذت القياسات لجميع العينات عند تدرج هيدروليكي واحد، وفي حالة التدفق المستقر، حيث أخذت عينات بعد ضغط التربة في الموسم الأول، وتم إشباعها بالماء لمدة 24 ساعة، ثم وضعت في جهاز قياس معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع، فكانت النتائج كما هي موضحة في الشكل التالي رقم (4).

ويمكن توضيح تغيرات معامل التوصيل لمع العمق عند مستويات الضغط ومتوسط الرطوبة أثناء الضغط ببيانها

كما في الشكل التالي رقم (4)



شكل (4) يوضح تغيرات معامل التوصيل مع العمق عند مستويات الضغط المدروسة كمتوسط للرطوبة أثناء الانضغاط

يلاحظ من الشكل رقم (4) أن معامل التوصيل ينخفض في المعاملة دون ضغط مع العمق بشكل كبير وعند ضغط التربة بـ 175.15 كيلوباسكال ينخفض معامل التوصيل في العمق 5-25 سم بشكل كبير مقارنة بالمعاملة دون ضغط، ويقال تأثير الضغط على معامل التوصيل مع زيادة العمق حتى العمق 55 سم عند هذا الضغط، ومتوسط الرطوبة أثناء الانضغاط (17.02%) ويستمر معامل التوصيل بالانخفاض مع زيادة الضغط حتى الوصول الى 0.18 م/يوم عند الضغط 310.88 كيلوباسكال . وكمتوسط لعامين انخفض معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط وكان الانخفاض الأكبر في العمق 5-25 سم حيث بلغ 26.3 مرة عند الضغط 310.88 كيلوباسكال ومتوسط الرطوبة أثناء الضغط 17.02 % (تعادل 66.2 % من السعة الحقلية للتربة) مقارنة بالمعاملة دون ضغط إلا أنه لم يتجاوز القيمة الحدية 0.1 م/يوم .

5- تأثير مستويات من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على إنتاج البطاطا لموسمين متتالين:

بعد وصول المحصول إلى مرحلة النضج تم جني درنات البطاطا من المعاملات المدروسة، وتم حساب متوسط إنتاج المعاملة الواحدة لثلاثة مكررات وكل مكرر بمساحة 12 م² ولموسمين متتالين، حيث تم حساب متوسط إنتاج المعاملة الواحدة ثم نسب الإنتاج إلى مساحة دنم واحد ، بعد ذلك تم تحديد أقل فرق معنوي بين المعاملات المدروسة عند درجة ثقة 5% باستخدام تحليل التباين من الدرجة الأولى، فكانت النتائج كمتوسط لموسمين متتالين، كما هي موضحة في الجدول رقم 8 التالي :

جدول (8) يوضح متوسط إنتاج البطاطا عند مستويات مختلفة من الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط خلال عامي التجربة

الإنتاجية %	الإنتاجية كغ/دนม	الرطوبة أثناء الضغط wv (M%)	حمولة العجلة RL (KN)	الضغط Pa (KPa)
101.70	2784.82	12.95	0	0
98.25	2690.53	16.5		
100.04	2739.34	21.6		

100	2738.23	X		
90.82	2486.95	12.95	8.63	175.15
87.48	2395.29	16.5		
83.35	2282.19	21.6		
87.22	2388.14	X		
80.30	2198.86	12.95	13.24	262.15
74.39	2036.95	16.5		
71.26	1951.23	21.6		
75.32	2062.35	X		
73.95	2025.04	12.95	16.1	310.88
69.13	1892.90	16.5		
65.39	1790.51	21.6		
69.49	1902.82	X		
5.52	140.369			LSD α 5%

حيث يتضح من الجدول رقم (8) أن متوسط الإنتاج لعامين متتاليين في المعاملة دون ضغط بلغ 2738.23 كغ/دلم وهي تعادل 100% إنتاج وعند الضغط 175.15Kpa انخفض الإنتاج بشكل معنوي إلى 2388.14 كغ/دلم أي بمعدل 12.78% كمتوسط بالنسبة لمستويات الرطوبة المدروسة ومع زيادة الضغط إلى 262.15Kpa انخفض الإنتاج إلى 2062.35 كغ/دلم أي بمعدل 24.78% واستمر بالانخفاض بشكل معنوي إلى 1902.82 كغ/دلم أي بمعدل 30.51%

كما يلاحظ من الجدول أنه عند الضغط الواحد ينخفض الإنتاج مع زيادة المحتوى الرطوبي أثناء الضغط . حيث أن الإنتاج عند مستوى الضغط 175.15Kpa والمحتوى الرطوبي أثناء الضغط 12.95% وزنا" انخفض بمقدار 9.18% وانخفض بمقدار 12.52% عند مستوى رطوبي 16.5% أثناء الضغط . ليصل الانخفاض إلى 16.65% عند مستوى رطوبي 21.6% وهذه النتائج تتطابق مع النتائج التي توصل إليها (Ermich & Hofmann,1984) حيث توصل إلى أن الضغط ب 150Kpa عند رطوبة تعادل حوالي 80% من السعة الحقلية على تربة سلتية لومية يؤدي إلى انخفاض إنتاجية البطاطا بمقدار 17%. ولكن الفارق الكبير في الإنتاج كان بين المستوى الرطوبي 12.95% و 21.6% حيث بلغ هذا الفارق وبشكل معنوي 7.47% .

ويلاحظ من الجدول أن تأثير عامل الترطيب أثناء الضغط يتضح أكثر مع زيادة الضغط ويتضح ذلك من خلال الفروق المعنوية بين الإنتاجية عند مستويات الرطوبة المدروسة والضغط 310.88Kpa .

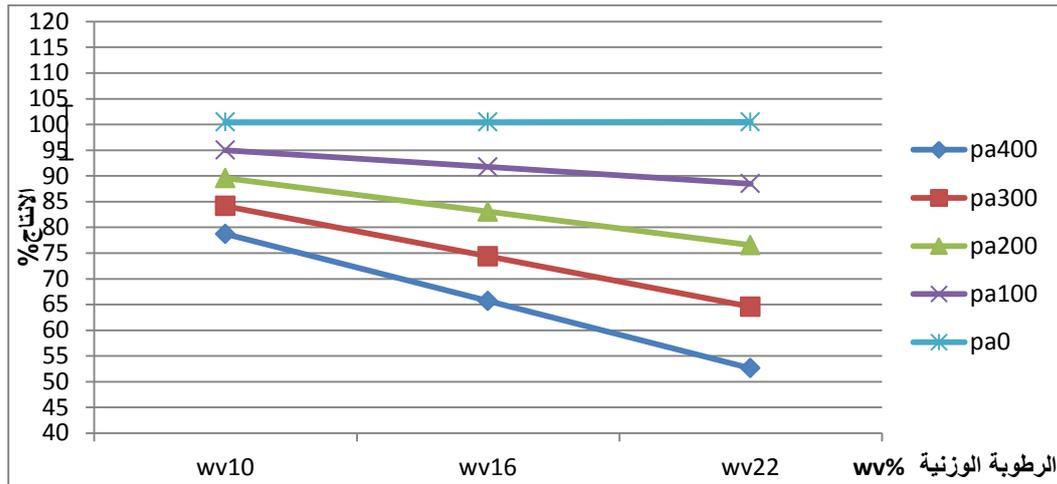
هذا وتم إيجاد العلاقة بين الإنتاج والضغط والرطوبة أثناء الضغط كمتوسط لعامين متتاليين، فكانت النتائج كما

هي موضحة في المعادلة التالية والشكل التالي رقم (5):

$$Y=100.448077-0.005435WV*Pa$$

$$r^2=0.97$$

$$n=36$$



شكل (5) يوضح تأثير الضغط والرطوبة أثناء الانضغاط على متوسط إنتاج البطاطا لموسمين متتاليين

يتضح من الشكل أن الإنتاج ينخفض عند الضغط الواحد مع زيادة الرطوبة أثناء الضغط ويزداد انحدار الخط البياني مع زيادة الضغط ليصل انخفاض الإنتاج إلى 35% عند ضغط 300 كيلوباسكال ورطوبة 22% وزنا (تعاادل 26.4% حجما = 85.87% من السعة الحقلية للتربة) . ويستمر الإنتاج بالانخفاض مع زيادة الضغط إلى 400 كيلوباسكال. كما يوضح الشكل أن الضغط يجب أن لا يزيد عن 100 كيلوباسكال عند رطوبة أثناء الضغط = 15% وزنا (≈ 58% من السعة الحقلية للتربة) أو عن 75 كيلوباسكال عند رطوبة 20.5% وزنا (≈ 80% من السعة الحقلية للتربة) حتى لا يكون هناك انخفاض معنوي في الإنتاج . وعند تجاوز هذه القيم للضغط والرطوبة أثناء الانضغاط ينخفض الإنتاج بشكل معنوي، ويزداد هذا الانخفاض مع زيادة الضغط ليصل إلى قيم حوالي 35% عند الضغوط العالية (300 كيلوباسكال) والرطوبة العالية أثناء الضغط (≈ 85% من السعة الحقلية للتربة) .

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال الدراسة التي أجريت حول تأثير الضغط والرطوبة أثناء الضغط تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

- تزداد الكثافة الظاهرية للتربة مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط ويتضاءل تأثير الضغط على الكثافة مع زيادة العمق وكان التأثير الأكبر في العمق 5-25 سم وكمتوسط لعامين ارتفعت الكثافة في هذا العمق بمقدار 0.33 غ/سم³ عند الضغط 310.88 كيلوباسكال ومتوسط الرطوبة أثناء الضغط 17.02 % مقارنة بالمعاملة دون ضغط . - انخفاض حجم المسامات أكبر من 50 ميكروناً عند الضغط 310.88 كيلوباسكال ومتوسط الرطوبة أثناء الضغط 17.2 % بمقدار 13.56% . وانخفض حجم المسامات أكبر من 10 ميكرونات بمقدار 16.36 % (متجاوزا القيمة الحدية) مقارنة مع المعاملة دون ضغط . ورافق ذلك انخفاض في حجم المسامات المتوسطة وزيادة في حجم المسامات التي تحوي الماء غير القابل للامتصاص. انخفض معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة مع زيادة الضغط والرطوبة أثناء الضغط وكان الانخفاض الأكبر في العمق 5-25 سم حيث بلغ هذا الانخفاض كمتوسط لعامين متتاليين بمقدار 26.3 مرة عند الضغط 310.88 كيلوباسكال ومتوسط الرطوبة أثناء الضغط 17.02 % مقارنة بالمعاملة دون ضغط إلا أنه لم يتجاوز القيمة الحدية. كما تم التوصل إلى أن الضغط يجب أن لا يزيد عن 100 كيلوباسكال عند رطوبة أثناء الضغط = 15% وزنا (≈ 58% من السعة الحقلية للتربة) أو 75 كيلوباسكال عند

رطوبة 20.5% وزنا (≈ 80% من السعة الحقلية للتربة) حتى لا يكون هناك انخفاض معنوي في الإنتاج. وعند تجاوز هذه القيم للضغط والرطوبة، إنشاء الضغط ينخفض الإنتاج بشكل معنوي، ويزداد هذا الانخفاض مع زيادة الضغط ليصل إلى قيم حوالي 35% عند الضغوط العالية (300 كيلوباسكال) والرطوبة العالية أثناء الضغط (≈ 85% من السعة الحقلية للتربة).

نوصي هنا بمتابعة البحث على أنواع أخرى من التربة والمحاصيل الزراعية. وعدم السماح بدخول الآلات الزراعية التي تضغط أكثر من 75 كيلوباسكال إلى الحقل عند رطوبة حوالي 80% من السعة الحقلية بالنسبة لمحصول البطاطا. والعمل على تخفيف وزن الآلة الزراعية وتخفيض الضغط. وعدم إجراء عمليات خدمة الأرض في المجال الدن للتربة.

المراجع:

- 1- الصباغ، عبد العزيز (1982): التصنيف النباتي. منشورات جامعة دمشق. كلية الزراعة 391، 258-260
- 2- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية لعام 2006 الصادرة عن وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي قسم الإحصاء العام 2007
- 3- BRANDHUBER, R.; LOTHAR, S.L.; HEINZ, J.K.: *Sind heute übliche Fahrzeugmassen bei Rubenernte und Gullenausbringung mit den Zielen vorsorgenden Bodenschutzes vereinbar Ergebnisse eines Forschungsprojekts .Mitteilungen der DBG.Band 96.Hefft 2. (2001) Germany. 711-714..*
- 4- CZERATZKI, W.: *Die Ansprühe der Pflanzen an den Physikalische Bodenzustand .Land bauforschung.VÖlkenrode 22.(1972) Germany. 29-36.*
- 5- DAVIES, D.B.; FINNEY, J.B.; S.J. RICHARDSON: *Relative effects of tractor weight and wheel slip in causing soil compaction .J.soil sci.24(1973) 399-409*
- 6- DÖRTER, K. . *Lehrboch des landwirtschaftlichen Meliorationen. VEB.Deutscher landwirt. Verlag. Berlin. Germany. 1986, (316).*
- 7- ERMICH, D. : *Auswirkungen des Raddruckes auf die Bodenstruktur und den Pflanzenenertrag und daraus abgeleitete agrotechnische Forderungen an den Technikeinsatz bei der Saatbeltbereitung. Wiss. Beitrage, MLU, Halle-Wittenberg, Halle, 14 (S 22), (1980) 9-33.*
- 8- ERMICH, D.; HOFMANN, B.: *Grenzwete der Druckbelastung des Ack erbodens Zur Vevhinderung von Schadverdichtungen bei der pflanzbellbereitung zu Kartoffeln Tag.Ber.Akad.landwirt.Wissj.Berlin227(1984) . 157-163.*
- 9- GARDNER, W. R.; HILLEL, D.; BENYAMINI, Y. : *Post irrigation movement of soil water. I. redistribution. Water resour. Res. USA, (1970) 851-861.*
- 10- HARTGE, K.H.; HORN, R: *Einführung in die Bodenphysik Ferdinand Enke. Verlag Stuttgart .Germany.(1991) , 303*
- 11- KUNZE, A: *Vollständige und Ertragswirksame Nutzung der Vorgehende.Feldwirtschaft Berlin 26 ,1 (1985). 38-40 .*
- 12- PAUL, C.L. ; EVRIES, J.D: *Prediction of soil strength hydrologic and mechanical properties .can J.Soil Sci 59(1979) 301-311*
- 13- PETELKAU, H : *Auswirkungen von Schadverdichtung auf Bodeneigenschaften und pflanzenenertrag sowie Massnahmen zu ihrer Minderung . Tag.Ber Akad.landwirt. wiss.Berlin.(1984).15-34.*

- 14- PETELKU. H: FRICLINGHAUS.M. SEIDEL :*Versorge gegen Bodensehadverdichtungen Das Verfahren Schadverdichtungsgefährdungsklassen. Mitteilungen der DBG.Band 96.Hefft.2. (2001).641-642.*
- 15- SAMMIS, T. W. : *Comparison of Sprinkler, Trickle, Subsurface, and Furrow irrigation methods for row crops. American Society of Agronomy. 72(1980) p.701-704.*
- 16- SCHÖNBERG, W. (1965): *Ein Beitrag zur Seryenmassigen Bestimmung der Wasserdurchlassigkeit an Strukturproben . Thar.Arch.5.756-765 .*
- 17- SEIFFERT, M. : *Lehrboch der Drusch-und hackfrucht production . VER deutscher landwirtsch-affsverlag Berlin Germany (1981) , (399).*
- 18- SÖHNE.W:*Das Mechanische verhalten des Ackerboden bei Belastungen , unter Rollenden Radern sowie bei der Boden bear beitung.Grunlagen der Land techmik-Heft 1.(1951). 87-93*
- 19- SULEIMAN, A. A.; RITCHIE, J. T. *Estimating saturated hydraulic conductivity from so porosity, ASABE. vol.44 (2), 2001, 235-339. Tag. Ber. Akd. landwirt. Wiss. BerlinGermany*
- 20- WANG, T.; WEDDIN, D.; ZLOTINK, V. A. *Field evidence of a negative correlation between saturated hydraulic conductivity and soil carbon in a sandy soil. Water Resources Research, Vol (45), I (7), USA. 2009*
- 21- WERNER, D .:*Wirkungen von Verdichtungsprozessen auf Struktur und leitfahigkeitseigenschaften des Unterbodens bindeger Substrate und moglichkeiten Ihrer meliorativen Beeinflussug. Tag.Ber.Akd.landwirt.Wiss 215..Berlin.(1983) 17-38.*