مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (9) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (35) No. (9) 2013

تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والهيدروديناميكية لطبقة التربة تحت السطحية في بعض مواقع الساحل السوري تحت ظروف الاستثمار الحالي

الدكتور جهاد إبراهيم*
رشا بدور**

(تاريخ الإيداع 24 / 10 / 2013. قبل للنشر في 18 / 12 / 2013)

□ ملخّص □

تم التوصل من خلال الدراسة التي أجريت حول تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والهيدروديناميكية لطبقة التربة تحت السطحية في بعض المواقع المنتشرة في الساحل السوري إلى أن الكثافة الظاهرية في الطبقة التحتية للترب المدروسة لم تختلف معنويا عن القيم الحدية التي لا يسمح بتجاوزها باستثناء تربة البهلولية (تربة غابة). بينما انخفضت السعة الهوائية للتربة أي المسامات الأكبر من 10 ميكرون في جميع الترب المدروسة إلى حوالي أقل من نصف القيمة الحدية 10% باستثناء تربة البهلولية (غابة) التي تجاوزت القيمة الحدية لتصل إلى 11.37%. وأما معامل التوصيل الهيدروليكي للترب المشبعة فكان أقل من القيمة الحدية المسموح بها في جميع المواقع عدا تربة غابة الصنوبر حيث بلغ 0.82 م/يوم. وتشير الدراسة إلى تغير متوسط قطر الحبيبات الثانوية بعد التنخيل الرطب تراوح ما بين 1.43- 2.32 مم, وبالتالي كانت ثباتية الوحدات البنائية لطبقة التربة السطحية متوسطة في جميع الترب المدروسة.

كما بلغت درجة انضغاط التربة في الطبقة التحتية 90.91% في تربة زلين (حمضيات), و 90.18% في تربة طرجانو (خضار), و 90.13% في تربة القبو (بور) متجاوزة بذلك القيم الحدية المسموح بها, بينما بلغت في تربة البهلولية (غابة) 83.03% وهي أقل بقليل من القيمة الحدية. كما تم تحديد الثوابت التجريبية لهذه الترب في الطبقة التحتية الناقلة والتي تدرجت بالنسبة للثابت a بين 0.0036 و 0.000008 بينما تراوحت قيم الثابت b من 10.3903- وحتى 15.7142- .وبالنتيجة ظهر أن جميع الترب المدروسة باستثناء تربة الغابة في البهلولية تحتاج إلى الاستصلاح في طبقاتها تحت السطحية.

الكلمات المفتاحية: الكثافة الظاهرية – السعة الهوائية – الكثافة العيارية – درجة الانضغاط – معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع – ثباتية الوحدات البنائية.

* أستاذ – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية
** طالبة دراسات عليا (ماجستير) قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (9) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (35) No. (9) 2013

Evaluating Some Physical and Hydrodynamic Properties of Subsurface Soil Layer in Some Locations in the Syrian Coast under Present Conditions of Utilization

Dr. Jihad Ibrahim*
Rasha Baddour**

(Received 24 / 10 / 2013. Accepted 18 / 12 /2013)

□ ABSTRACT □

In this study which is conducted to evaluate some physical and hydrodynamic properties of subsurface soil layer in some locations scattered in the Syrian coast, it was found that the apparent bulk density in the subsurface of the soils studied did not differ significantly from the limit values that should not be exceeded except for Albahloulih soil (forest soil). The aerobic capacity of soil– the pores are larger than 10 microns- decreased in all the studied soils to about less than half the limit value 10% except for Albahloulih soil (forest) which exceeded the limit value up to 11.37%. The hydraulic conductivity of saturated soils was less than the threshold value allowed in all the locations except for the pine forest which was 0.82 m/day. The study indicates that the change in the average secondary particle diameter after wet sift ranged between 1.43-2.32 mm, therefore the stability of the structural units for the surface soil layer was medium for all the studied soils.

The degree of soil compaction in the subsurface soil layer reached 90.91% in Zlin soil (citrus), 90.18% in Trjano soil (vegetables), and 90.13% in Alkabo soil (uncultivated), thus exceeding the permitted limit values. It was 83.03% in Albahloulih soil (Forest) which was slightly less than the threshold value. Empirical constants were identified for these soils in the carrier subsurface soil layer which ranged between 0.0036 and 0.000008 for constant (a); while they ranged between 10.3903 and 15.7142 for constant (b) values. Thus, all the studied soils except forest soils need to be reclaimed in their subsurface layers.

Keywords: bulk density, aerobic capacity, proctor density, degree of compression, saturated hydraulic conductivity coefficient, the stability of the structural units

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

مقدمة:

تعتبر التربة خليطا معقدا من المواد المعدنية والعضوية مرتبة بشكل هندسي وفق تداخلات فيزيائية وكيميائية ضمن منظومة مؤلفة من عدة أطوار هي الطور السائل والصلب والغازي. تتفاعل هذه الأطوار مع بعضها البعض لتشكل وسطا مناسبا لنمو وتطور النبات, والذي يجعل هذه المنظومة أكثر تعقيدا هو حاجة النبات للتنفس باستمرار في الوقت الذي يجب أن يكون المحتوى الرطوبي مناسبا لتأمين الماء والعناصر الغذائية الذائبة للنبات. ومن هنا تأتي أهمية المحافظة على التوازن بين هذه الأطوار الثلاثة وحسب (Hillel,1981) يجب أن يشكل الطور الصلب 50%, والطور الغازي 25%, والطور السائل 25%, وتتغير هذه النسب باستمرار تبعا لظروف الاستثمار والظروف الجوية السائدة, وهذا التغير لا يقتصر فقط على الطبقة السطحية للتربة بل يتعداها إلى طبقات التربة التحتية. وطبقة التربة التحتية هي الطبقة التي تقع تحت أفق الحراثة وبعمق يتراوح بين 25–50 سم.

كما أن كفاءة وإنتاجية تربة ما لا تتعلق بالطبقة السطحية فقط وإنما أيضا تتعلق بالصفات الفيزيائية لطبقة التربة التحتية, تلك الطبقة التي تقوم بتنظيم المحتوى المائي وتحتفظ بماء الهطولات المطرية كمخزون مائي للنبات يحتاجه في مراحل لاحقة.

وحسب نتائج أبحاث العالم (Grass,1971) بأنه يوجد حوالي 70% من الجذور في الطبقة السطحية و30% في الطبقة التحتية حتى العمق 80 سم وحسب رأي هذا الباحث يجب أن تكون النسبة 50% في الطبقة السطحية و50% في الطبقة التحتية, ويتطلب ذلك تأمين وسط فيزيائي جيد في الطبقة التحتية وتوزيع نظام مسامي يمكن الجذور من التثبت وامتصاص الماء والعناصر الغذائية بسهولة من تلك الطبقة وهذا يحتاج إلى جهد كبير لتحسين الحالة البنائية لتلك الطبقة. كما يؤدي استخدام الآلات الزراعية إلى انخفاض حاد في حجم المسامات الهوائية ليس فقط في الطبقة السطحية و يتعداه أيضا ليصل إلى الطبقة تحت السطحية للتربة بالإضافة إلى تدني نوعية هذه المسامات وانخفاض كفاءتها في تأمين الحد الأدنى من المبادلات الغازية اللازمة لنمو وتطور النبات (Brandhuber et.al. 2001).

كما توجد علاقة مباشرة بين وزن الجرار وانضغاط التربة وهذا يعتمد على متوسط الضغط المطبق ضمن منطقة التلامس (تربة/عجلات), وعلى عدد المرورات حيث ينتج دائما عن الجرار الأثقل زيادة أكبر في كثافة التربة ضمن العمق 30–60 سم . وعند عدد المرورات نفسه إن الجرار الأثقل يزيد الكثافة على عمق 30 – 60 سم مقارنة مع الجرار الأقل وزنا. على أية حال فإن الجرار الأقل وزنا مع عدد مرورات أكبر ينتج انضغاطا مماثلا أو أشد من الجرار الأثقل مع عدد مرورات أقل. (Jorajuria et al., 1997).

تتعجن التربة ويتدهور بناؤها وذلك عند حراثتها وهي ذات رطوبة عالية, ويصل ضغط الآلة إلى الطبقة التحتية لا بل يتجاوزها. أما إذا كانت الرطوبة منخفضة فإن الحراثة تتطلب طاقة أكبر ويتشكل الكدر ذو الكتل الكبيرة, حيث يكون مجال الحراثة المناسب مرتبطا بنسبة الطين, المادة العضوية, وكثافة التربة (Dexter and Bird.2000). وأشار (Paul and Evries. 1979) إلى أن الرطوبة المناسبة للحصول على حراثة جيدة تكون قريبة من الرطوبة المثلى للانضغاط.

لقد أدت زيادة الكثافة الظاهرية للتربة في الطبقات التحتية إلى انخفاض إنتاج محصول الشوندر السكري بنسبة 10– 15% حسب نوع التربة ودرجة الانضغاط(Ibrahim,1988). من جهة أخرى فقد أشار (Pabin,et al;1991) بأن العلاقة بين انخفاض غلة الشوندر السكري ومقاومة التربة للاختراق كانت خطا مستقيما, بينما ظهرت العلاقة بين

انخفاض غلة الشوندر السكري وزيادة الكثافة كخط منحني في تربة رملية لومية. وتم الحصول على أعلى غلة من جذور الشوندر السكري عند متوسط كثافة 1.51 $g.cm^{-3}$ على العمق 0–30 سم.

أدى انضغاط طبقة التربة تحت السطحية عند العمق 30سم إلى زيادة مقاومة التربة للاختراق بمعدل 1.5 مرة, بالإضافة إلى انخفاض مساو أو يزيد عن27% في المسامات الكبيرة, وزيادة مقدارها 6% في كثافة التربة, وانخفاض يعادل 66 % في معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع, كما أن انضغاط هذه الطبقة أثر على معدل كل من كثافة الجذور, طول الجذور, وقطر الجذور (Tabley et al.,2010).

كما ساهمت الحراثة العميقة وإضافة سماد المزرعة في حدوث انخفاض ملحوظ بكثافة التربة تحت السطحية المنضغطة (تربة سلتية لومية), مما زاد من المسامية, بالمقابل تزداد الكثافة الظاهرية للتربة التحتية بمقدار 15–26% وتنخفض المسامية بمقدار 14–27% نتيجة الانضغاط بحمولة عجلة مقداره 17.17 كيلو نيوتن, كما وجد أنه عند إضافة المادة العضوية تنخفض الكثافة بمقدار 13–17% مقارنة بالشاهد, وتزداد المسامية 15–18% مقارنة بالشاهد (Ahmad,et al;2007). كما تسمح إضافة السماد العضوي بانتظام للتربة بزيادة نسبة الاستفادة من العناصر الغذائية إلى الحد الأقصى, خاصة في السنوات التالية للسنة الأولى, حيث تزداد سنويا نسبة الدبال في التربة (سمرة, 1999). كما أشار (MacRae and Mehuys,1985) بأن للمادة العضوية تأثيراً إيجابياً فعالاً على ارتشاح الماء خلال مقطع التربة, ويعود هذا التأثير بشكل أساسي إلى انخفاض الكثافة الظاهرية وتحسين الثباتية والبناء.

كما وجد أن الحراثات العميقة زادت المسامات الكبيرة بحوالي 27% من حجم التربة, وإلى زيادة معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع والنفاذية الهوائية بحوالي مرتين (Drewry et al.,2000).

وتجدر الإشارة إلى أن الطريقة الوحيدة لاستصلاح الأتربة المنضغطة في الطبقة التحتية هي التفكيك الميكانيكي وتعتبر هذه العملية مكلفة جدا وإذا لم تنفذ بشكل جيد وصحيح وعند شروط معينة تبقى فعاليتها منخفضة ولفترة قصيرة جدا.

ونظرا لأهمية الطبقة التحتية للتربة من الناحية الفيزيائية في عمليات النقل والتخزين كونها الطبقة الناقلة التي تنقل الماء الأرضي بالخاصة الشعرية إلى الطبقة السطحية بالإضافة إلى كونها الطبقة التي لم يتم تحريكها منذ زمن طويل لذلك تم التوجه والانتباه إلى دراسة هذه الطبقة وتقييمها من الناحية الفيزيائية واقتراح الحلول المناسبة في المواقع المكثفة تمهيدا لاستصلاحها.

أهمية البحث وأهدافه :

1. تقييم الخصائص الفيزيائية لطبقة التربة التحتية من خلال الكثافة الظاهرية والعيارية ودرجة الانضغاط في ظل واقع الاستثمار الحالي وتحديد المؤشرات الفيزيائية الأكثر مناسبة لتقييم تلك الطبقة والكشف عن المواقع المنضغطة وتحديد مدى حاجتها للاستصلاح في بعض مواقع الساحل السوري.
2. تحديد كفاءة هذه الطبقة في إيصال المياه الراشحة إلى مستوى الماء الأرضي وكفاءتها في تأمين الماء الصاعد بالخاصة الشعرية من مستوى الماء الأرضي إلى طبقة التربة السطحية عن طريق تحديد الثوابت التجريبية ومعامل التوصيل المشبع وغير المشبع.
3. تحديد تغيرات النظام المسامي في الطبقة التحتية للتربة حسب واقع الاستثمار.

4. الإسراع في إيجاد الحلول المناسبة لإزالة الانضغاط في المواقع المكثفة وتحسين قوامها الفيزيائي قبل أن تبدأ تلك المواقع بالخروج من عملية الاستثمار الزراعي.

طرائق البحث ومواده:

أجريت الدراسة في عدة مواقع من الساحل السوري في العام 2012– 2013. حيث أخذت عينات من 4 مواقع وهي موقع زلين (حمضيات بعمر 5 سنوات)– موقع بهلولية (غابات صنوبر كثيفه) بالقرب من أرض زراعية– موقع طرجانو (مزروع خضار) – موقع القبو (كانت مزروعة خضار ثم تركت بور منذ أكثر من عام) . أخذت العينات من المواقع المذكورة سابقا من الطبقة السطحية للتربة (0 – 25) سم ومن الطبقة التحتية (25 – 50) سم حيث حددت في هذه العينات بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وتم التركيز على الطبقة التحتية أي الطبقة تحت أفق الحراثة. وأخذت عينات غير مخربة البناء وأخرى مخربة البناء. حيث أخذت العينات غير المخربة البناء بواسطة أسطوانات معدنية بواقع 6 مكررات لكل عمق لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية

ولتقييم النتائج استخدم تحليل التباين من الدرجة الأولى وعلاقات الارتباط من الدرجة الأولى والثانية وتم حساب أقل فرق معنوي عند 5% LSD باستخدام الاختبار t.Test فكانت النتائج كما هي موضحة في الجداول التالية رقم 1 إلى 7 والأشكال التالية رقم 1 إلى 9.

جدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة في المواقع المختلفة

التحليل	تربة البهلولية (غابة)		تربة زلين(حمضيات)		طرجانو (خضار)		القبو (بور)		طريقة التحليل
	العمق (سم)		العمق (سم)		العمق (سم)		العمق (سم)		
	0 – 25	25–50	0 – 25	25–50	0–20	25–50	0 – 25	25–50	
نسبة الطين %	45.82	48.3	35.86	37.48	38.0	45.0	70.21	72.7	الماصة
سلت ناعم %	16.22	17.12	15.23	14.29	11.5	12.3	11.68	13.2	الماصة
سلت متوسط %	14.12	13.10	12.91	11.09	18.4	16.0	8.24	5.22	الماصة
سلت خشن %	10.03	11.2	13.65	14.71	23.1	20.5	3.16	4.18	الماصة
نسبة السلت %	40.37	41.42	41.79	40.09	53.0	48.8	23.08	22.6	الماصة
رمل ناعم %	6.38	5.3	8.6	6.2	7.0	5.0	3.94	2.33	الماصة
رمل متوسط %	2.87	2.21	3.4	7.6	1.6	1.0	1.25	1.07	الماصة
رمل خشن %	4.56	2.77	10.35	8.63	0.4	0.2	1.52	1.3	الماصة
نسبة الرمل %	13.81	10.28	22.35	22.43	9.0	6.2	6.71	4.7	الماصة
نوع التربة	uT طينية سلتية	uT طينية سلتية	ℓT طينية لومية	ℓT طينية لومية	uT طينية سلتية	uT طينية سلتية	T طينية	T طينية	التصنيف الألماني
نسبة المادة العضوية %	3.43	0.69	1.6	0.7	1.66	0.5	1.08	0.96	الهضم الرطب
كربونات الكالسيوم الكلية %	46.25	52.5	40	45	42	44	7.81	8.7	المعايرة بماءات الصوديوم
الكلس الفعال %	3.0	14.0	13.5	11.5	22	23	0.25	0.8	المعايرة ببرمنغنات البوتاسيوم

سعةالتبادل الكاتيونيCEC م.م/100غ تربة	26.4	27.4	24.2	24.36	25.0	28.4	55.68	57.39	خلات الصوديوم
السعةالحقلية FC% حجما	36.33	36.03	37.79	41.18	37.63	38.16	39.61	41.72	جهاز الضغط الغشائي
نقطة الذبول الدائم % حجما	21.06	23.29	21.94	28.3	25.08	28.66	28.78	33.56	جهاز الضغط الغشائي
الكثافة الحقيقية غ/سم^3	2.53	2.59	2.65	2.67	2.58	2.6	2.58	2.63	البكنوميتر

نلاحظ من الجدول رقم (1) أن نوع تربة البهلولية (غابة) طينيية سلتية, وتربة زلين (حمضيات) طينية لومية, وتربة طرجانو (خضار) طينية سلتية, وتربة القبو (بور) طينية, حسب مثلث القوام الألماني. كما نلاحظ أن نسبة الطين تراوحت في الطبقة السطحية من 35.86% في تربة زلين(حمضيات) إلى 70.21% في تربة القبو(خضار), وفي الطبقة التحتية تراوحت نسبة الطين من 37.48% في تربة زلين(حمضيات) إلى 72.7% في تربة القبو(خضار), وتزيد نسبة الطين مع العمق لجميع أنواع الترب المدروسة ويعود ذلك لهجرة المواد الناعمة من الطبقة السطحية نحو الأسفل.

وتراوحت نسبة السلت الكلي في الطبقة السطحية من 23.08 % في تربة القبو (بور) و53% في تربة طرجانو (خضار), وفي الطبقة التحتية تراوحت من 22.6% في تربة القبو (بور) و48.8% في تربة طرجانو (خضار), وكانت نسبة السلت في كلا العمقين للترب المدروسة متقاربة مع وجود اختلافات في النسبة زيادة أو نقصان. وارتفاع نسبة السلت أدى إلى زيادة نسبة الماء المتاح.

أما نسبة الرمل فنلاحظ أنها تقل مع زيادة العمق لجميع المواقع باستثناء تربة زلين التي كانت نسبة الرمل الكلي متقاربة في كلا العمقين, وتراوحت في الطبقة السطحية من 6.71% في تربة القبو (بور) إلى 22.35% في تربة زلين (حمضيات), وتراوحت نسبة الرمل في الطبقة التحتية من 4.7% في تربة القبو (بور) إلى 22.43% في تربة زلين (حمضيات).

ونلاحظ انخفاضا في نسبة المادة العضوية مع زيادة العمق ولجميع المواقع المدروسة, حيث تراوحت في التربة السطحية من 1.08% في تربة القبو(بور) و3.43% في تربة الغابة, وفي الطبقة التحتية تراوحت من 0.5% في تربة طرجانو(خضار) و0.96% في تربة القبو(بور), وتعتبر هذه القيم قيم منخفضة للمادة العضوية باستثناء نسبتها في الطبقة السطحية للغابة بسبب غناها بالمادة العضوية والمركبات الدبالية.

كما نلاحظ أن نسبة كربونات الكالسيوم الكلية جاءت مرتفعة في كلا العمقين ولجميع الأتربة باستثناء تربة القبو (بور), وكذلك نسبة كربونات الكالسيوم الفعالة جاءت مرتفعة في كلا العمقين ولجميع الأتربة باستثناء تربة القبو (بور) وتربة الغابة في العمق 0–25 سم حيث بلغت 3 %. وقد زادت كربونات الكالسيوم مع العمق ويعود السبب في ذلك إلى انغسال الكربونات من الطبقة السطحية.

وكانت سعة التبادل الكاتيوني عند العمق (0–25) سم في تربة البهلولية الطينية السلتية (غابة) 26.4 م.م/100غ تربة, وفي تربة زلين الطينية اللومية (حمضيات) 24.2 م.م/100غ تربة, وفي تربة طرجانو الطينية السلتية (خضار) 25 م.م/100غ تربة, وفي تربة القبو الطينية (بور) 55.68 م.م/100غ

وزادت في العمق (25–50)سم ولجميع الترب حيث بلغت في تربة البهلولية الطينية السلتية (غابة) 27.4 م.م/100غ تربة, وفي تربة زلين الطينية اللومية (حمضيات) 24.36 م.م/100غ تربة, وفي تربة طرجانو الطينية السلتية (خضار) 28.4 م.م/100غ تربة, وفي تربة القبو الطينية (بور) 57.39 م.م/100غ تربة ويعود ارتفاع سعة التبادل الكاتوني في العمق الثاني الى زيادة نسبة الطين في هذا العمق .

كما كانت قيم السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم مرتفعة وهي قيم متناسبة مع نسبة الطين في هذه الترب حيث بلغت السعة الحقلية عند العمق (0–25) سم في تربة البهلولية الطينية السلتية (غابة) 36.33 % حجماً, وفي تربة زلين الطينية اللومية (حمضيات) 37.79 % حجماً, وفي تربة طرجانو الطينية السلتية (خضار) 37.63% حجماً, وفي تربة القبو الطينية (بور)39.61 % حجماً. و بلغت عند العمق (25–50) سم في تربة البهلولية الطينية السلتية (غابة) 36.03% حجماً, وفي تربة زلين الطينية اللومية (حمضيات) 41.18 % حجماً, وفي تربة طرجانو الطينية السلتية (خضار) 38.16 % حجماً, وفي تربة القبو الطينية (بور) 41.72 % حجماً.

كما بلغت نقطة الذبول الدائم عند العمق (0–25) سم في تربة البهلولية الطينية السلتية (غابة) 21.06% حجماً, وفي تربة زلين الطينية اللومية (حمضيات) 21.94% حجماً, وفي تربة طرجانو الطينية السلتية (خضار) 25.08% حجماً, وفي تربة القبو الطينية (بور) 28.78 % حجماً. و بلغت عند العمق (25–50) سم في تربة البهلولية الطينية السلتية (غابة) 23.29% حجماً, وفي تربة زلين الطينية اللومية (حمضيات) 28.3 % حجماً, وفي تربة طرجانو الطينية السلتية (خضار) 28.66% حجماً, وفي تربة القبو الطينية (بور) 33.56% حجماً.

النتائج والمناقشة:

1- تحديد الكثافة الظاهرية في المواقع المدروسة:

تعتبر الكثافة الظاهرية في التربة أحد الخصائص الهامة وهي صفة فيزيائية مركبة تعطي فكرة عن حركة الماء والهواء في قطاع التربة (Kunze and Petelkaw, 1979). ويستفاد منها في تحديد انضغاط التربة بالإضافة إلى أنها تدخل في حسابات فيزيائية كثيرة ويمكن من خلالها تحويل الرطوبة الوزنية إلى رطوبة حجمية وترتفع هذه الكثافة في طبقات التربة التحتية نتيجة انغسال الطبقة السطحية للتربة وتراكم نواتج الانغسال في طبقات التربة التحتية خاصة عندما تكون ثباتية البناء منخفضة في الطبقات السطحية ويمكن أن ترتفع نتيجة انخفاض حجم وحدة وزن التربة الناتج عن انضغاط التربة بفعل استخدام الآلات الزراعية. كما تم استخدام الكثافة الظاهرية كمؤشر لإنتاجية التربة. لقد تم إيجاد القيم الحدية للكثافة الظاهرية لأنواع مختلفة من الأتربة في الطبقة السطحية والتحتية للتربة حيث وجد أن القيم الحدية للترب الطينية اللومية (ℓT) التحتية 1.5غ/سم^3 وفي الطينية السلتية (uT) 1.52غ/سم^3 والترب اللومية (L) 1.52غ/سم^3 وفي التربة اللومية السلتية (uL) 1.5غ/سم^3 وفي الترب الرملية اللومية (ℓS) 1.63غ/سم^3 وفي الترب الطينية (T) 1.42 غ/سم^3

أما في الطبقة السطحية للتربة فقد اعتمد الباحثين (Kunze and Petelkaw, 1979) القيم الحدية في الترب الرملية اللومية 1.44 غ/سم^3 وفي الترب اللومية 1.26 غ/سم^3 وفي الترب الطينية 1.23 غ/سم^3

ونظرا لأهمية الكثافة تم تحديدها في المواقع المدروسة فكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول التالي رقم(2):

جدول (2) الكثافة الظاهرية في الطبقة السطحية والطبقة التحتية للمواقع المدروسة

الموقع	واقع الاستثمار الحالي	نوع التربة		الكثافة الظاهرية غ/سم^3		$LSD_{0.05}$
		العمق (سم)		العمق (سم)		
		25-0	50 - 25	25-0	50 -25	
زلين	حمضيات	ℓT	ℓT	1.17	1.51	0.027
بهلولية	غابة صنوبر	uT	uT	1.17	1.37	0.063
القبو	بور	T	T	1.12	1.37	0.063
طرجانو	خضار	uT	uT	1.32	1.47	0.059
$LSD_{0.05}$				0.053	0.050	

يلاحظ من الجدول رقم (2) أن الكثافة الظاهرية في الطبقة السطحية للتربة جاءت في جميع المواقع أقل منها معنويا في الطبقة التحتية.

كما أن القيمة الحدية للطبقة السطحية في تربة طرجانو المزروعة خضار, وهي من الترب الطينية السلتية تجاوزت القيمة الحدية 1.23 غ /سم^3 حيث بلغت الكثافة 1.32غ /سم^3, أما في باقي أنواع الأتربة فقد جاءت في الطبقة السطحية أقل من القيم الحدية لها وهذا يعني بأنه لا يوجد مشاكل في الطبقة السطحية لهذه الأتربة.

وقد بلغت كثافة التربة في الطبقة التحتية ولجميع الترب المدروسة في العمق (25-50)سم وبحسب نتائج أبحاث العالمين (Kunze and Petelkaw, 1979) كالتالي:

فقد بلغت في تربة زلين المزروعة بالحمضيات 1.51 غ /سم^3 وتجاوزت بذلك القيمة الحدية 1.5 غ /سم^3 ,أما في تربة البهلولية (غابة صنوبر) فقد بلغت الكثافة في الطبقة التحتية 1.37 غ /سم^3 وهي قيمة أقل بمقدار 0.15غ/سم^3 من القيمة الحدية (1.52 غ /سم^3) لهذا النوع من الأتربة, كما نلاحظ في تربة القبو زيادة في الكثافة الظاهرية بمقدار 0.25 غ/سم^3 عن الطبقة السطحية حيث بلغت 1.37 غ/سم^3 أي أنها لم تصل إلى القيمة الحدية تماما والبالغة 1.42 غ/سم^{3}ولكنها اقتربت منها. وفي تربة طرجانو بلغت الكثافة في الطبقة التحتية 1.47غ/سم^3 وهي بذلك اقتربت قليلا من القيمة الحدية لها 1.52غ/سم^3

ونلاحظ من الجدول أيضا أن لطريقة الاستثمار أهمية أيضا في تغيرات الكثافة الظاهرية في الطبقة التحتية للتربة, حيث يلاحظ بأنه عند نفس نوع التربة تكون الكثافة الظاهرية في الطبقة التحتية لتربة مزروعة بالحمضيات أكبر منها بكثير لتربة في موقع غابة الصنوبر بسبب الري المتواصل وعدم التقيد بمقننات الري بالشكل الصحيح. كما تؤدي زراعة الخضار إلى تهدم بناء التربة وزيادة كثافتها في الطبقة السطحية والطبقة التحتية كما هو الحال في تربة طرجانو مما ينعكس على زيادة الكثافة بالطبقة التحتية للتربة

2- تحديد المسامية الكلية وتوزيع النظام المسامي بالمواقع المدروسة:

يعتبر حجم المسام الكلي من الصفات الفيزيائية الأساسية وهو يعطي فكرة عن بعض الخصائص الفيزيائية الأخرى وعن الحالة البنائية ودرجة انضغاط التربة (Muller, 1985) غير أن حجم المسام الكلي لا يكفي لدراسة وتقييم حجم المجموعات المسامية داخل قطاع التربة وبذلك يعتبر تحديد حجم هذه المجموعات المسامية من أصعب

المهام بالنسبة للباحثين في مجال فيزياء التربة ويتم ذلك باستخدام جهاز الضغط الغشائي لتحديد حجم هذه المجموعات وفق العلاقات التالية:

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

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

بعد ذلك يتم تحديد حجم المجموعات المسامية كما يلي:

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

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

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

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

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

حيث إن Wvol.pF1.8 هي الرطوبة الحجمية عند نهاية الضغط المعادل لpF1.8

PV% حجم المسامية الكلية للتربة وتحدد كما يلي :

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

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

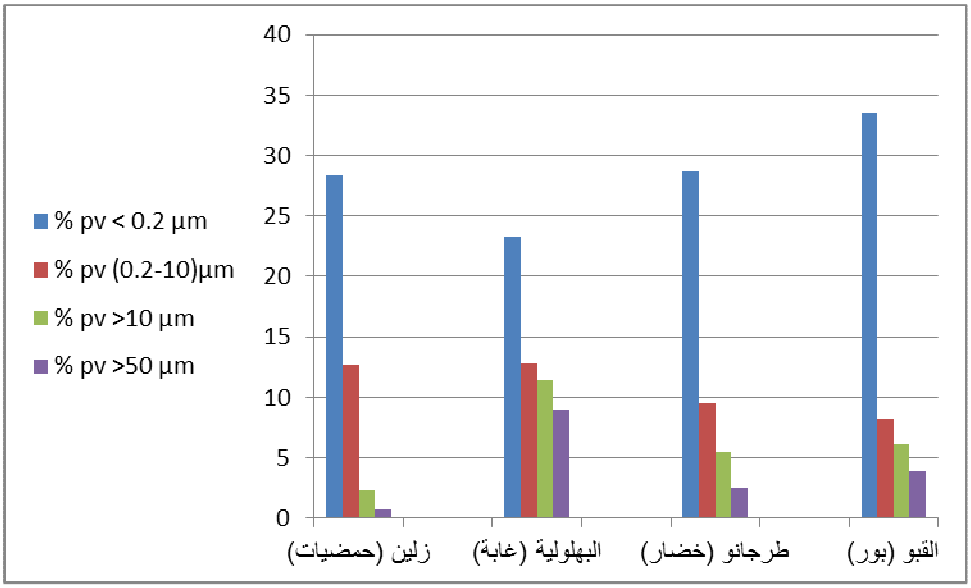
لقد تم تحديد حجم المسامات الكلية, حجم المسامات أكبر من 50 ميكرون, أكبر من 10 ميكرون, و (0.2 – 10) ميكرون, وأصغر من 0.2 ميكرون باستخدام جهاز الضغط الغشائي, وكانت النتائج كما هي موضحة بالجدول التالي(جدول رقم 3):

جدول (3) حجم المسامات وتوزيعها في الترب المدروسة

الموقع	العمق	% Pv	% Pv>50	%Pv>10	%Pv(0.2–10)	%Pv<0.2
القبو (بور)	0 – 25 سم	57.36	13.01	16.63	12.04	28.69
	25 – 50 سم	47.9	3.89	6.13	8.21	33.56
	$LSD_{0.05}$	2.38	4.17	3.56	0.96	1.58
طرجانو(خضار)	0 – 25 سم	48.84	7.81	11.21	12.56	25.08
	25 – 50 سم	43.46	2.52	5.3	9.5	28.66
	$LSD_{0.05}$	1.692	3.128	3.377	3.126	0.668
البهلولية (غابة)	0 – 25 سم	53.75	14.45	17.42	15.25	21.06
	25 – 50 سم	47.4	8.95	11.37	12.74	23.29
	$LSD_{0.05}$	2.40	3.97	4.12	2.51	0.98
زلين (حمضيات)	0 – 25 سم	55.84	13.59	18.05	15.85	21.94
	25 – 50 سم	43.45	0.73	2.27	12.69	28.31
	$LSD_{0.05}$	0.986	3.333	2.175	2.552	0.471

نلاحظ من الجدول أن المسامية في الطبقة السطحية لم تتجاوز القيمة الحدية لها ولكافة الترب, في حين أن الطبقة التحتية ولجميع المواقع المدروسة عدا تربة الغابة بحاجة إلى استصلاح فالمسامات الأكبر من 10 ميكرون تجاوزت القيمة الحدية لها 10% حسب (Hillel,1981) رغم أن قيم المسامية الكلية لهذه الترب كانت جيدة.

كما يمكن توضيح توزيع النظام المسامي بالطبقة التحتية لترب الواقع المدروسة بيانيا كما في الشكل رقم (1)



الشكل رقم (1) يوضح توزيع النظام المسامي في الطبقة التحتية لترب المواقع المدروسة

3-تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في المواقع المدروسة:

يعتبر معامل التوصيل الهيدروليكي للترب المشبعة أحد أهم الخصائص الفيزيائية للتربة وهو نسبة التدفق إلى التدرج الهيدروليكي ويتأثر هذا المعامل بحجم المسامات الكلية وبخاصة حجم المسامات التي قطرها أكبر من 10ميكرون, كما يتأثر بالحالة البنائية للتربة, وبدرجة استقامة المسامات (نسبة طول المسام المستقيم الى طول المسام المتعرج).

ويعتبر كذلك مؤشراً أساسياً لحالة الصرف في الحقل ومدى حاجة التربة إلى التفكيك الميكانيكي حسب (Dorter, 1986) ويمكن من خلاله تحديد البعد بين أنابيب الصرف, وبالتالي يعتبر مؤشرا مهما للكشف عن المواقع المكثفة في الطبقات التحتية للأتربة المتماسكة, حيث أنه عند تجاوز القيمة 0.1 م / يوم يعني أن الأتربة بحاجة إلى تفكيك ميكانيكي. لقد تم تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في المواقع المدروسة بطريقة (Schonberg, 1965) وفق العلاقة التالية:

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

حيث أن:v :حجم الماء المتدفق (سم^3)

F:مساحة المقطع (سم^2)

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: شدة التدفق(سم^3/سم ^{2} .ثانية) = (سم/ثانية)

$grad\Psi_H$: التدرج الهيدروليكي.

جدول (4) معامل التوصيل الهيدروليكي للترب المشبعة في المواقع المدروسة

الموقع	واقع الاستثمار الحالي	نوع التربة		معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع م/يوم		$LSD_{0.05}$
		العمق (سم)		العمق (سم)		
		25-0	50 - 25	25-0	50 -25	
زلين	حمضيات	ℓT	ℓT	2.67	0.09	0.267
بهلولية	غابة صنوبر	uT	uT	6.63	0.82	2.47
القبو	بور	T	T	0.78	0.06	0.071
طرجانو	خضار	uT	uT	1.07	0.04	1.115
$LSD_{0.05}$				1.206	0.346	

نلاحظ من الجدول أن معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع بلغ بالطبقة السطحية لتربة زلين (حمضيات) 2.67م/يوم وانخفض معنويا في الطبقة التحتية بمقدار 2.58 م/يوم ليصل إلى 0.09 م/يوم متجاوزا بذلك القيمة الحدية له 0.1 م/يوم, وفي تربة البهلولية (غابة) انخفض معامل التوصيل معنويا من 6.63 م/يوم بالطبقة السطحية إلى 0.82 م/يوم في الطبقة التحتية أي بمقدار 5.81 م/يوم دون أن يتجاوز القيمة الحدية له, وفي تربة القبو (بور) كانت قيمة معامل التوصيل في الطبقة السطحية 0.78 م/يوم وانخفضت معنويا لتصل إلى 0.06 م/يوم في طبقة التربة التحتية أي بمقدار 0.72 م/يوم متجاوزة بذلك القيمة الحدية, وفي تربة طرجانو بلغ معامل التوصيل في الطبقة السطحية 1.07 م/يوم وفي الطبقة التحتية 0.04 م/يوم أي انخفض بمقدار 1.03 م/يوم وهذا الانخفاض غير معنوي إلا أنه تجاوز القيمة الحدية له في الطبقة التحتية.

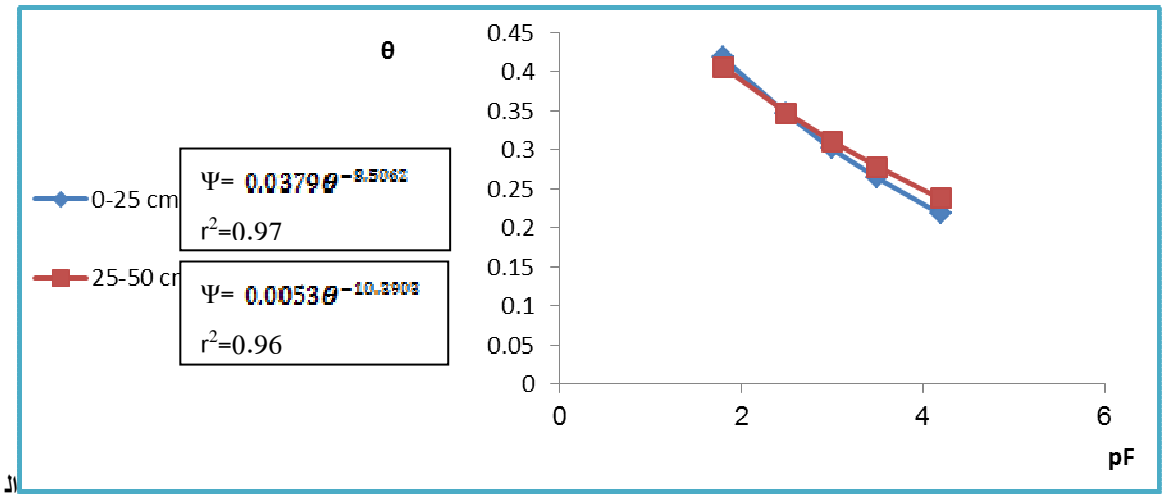
إن قيم معامل التوصيل الهيدروليكي للترب السطحية المشبعة لم تتجاوز القيمة الحديه له في كافة المواقع المدروسة ويعود ذلك إلى التحريك المستمر لطبقة التربة السطحية وإلى ثباتية البناء العالية لبعض المواقع في هذه الطبقة.

أما معامل التوصيل المشبع في طبقة التربة التحتية فقد انخفض معنويا ليتجاوز القيمة الحدية له في أغلب المواقع المدروسة حيث أن جميع الترب للمواقع المدروسة بحاجة لاستصلاح في طبقتها التحتية باستثناء تربة الغابة, وبلغ معامل التوصيل المشبع أقل قيمة له في تربة طرجانو المزروعة بالخضار 0.04 م/يوم وهذا يعود إلى الري المتكرر وعدم التقيد بالمقننات المائية مما يؤدي إلى تهدم الوحدات البنائية بسبب عدم انتظام دورات الترطيب والتجفيف للتربة بالإضافة إلى أن ثباتية الوحدات البنائية للطبقة السطحية كانت متوسطة وهذا يساهم أيضا في تراكم نواتج الانغسال في الطبقة التحتية و يقلل بالتالي من قيمة معامل التوصيل.

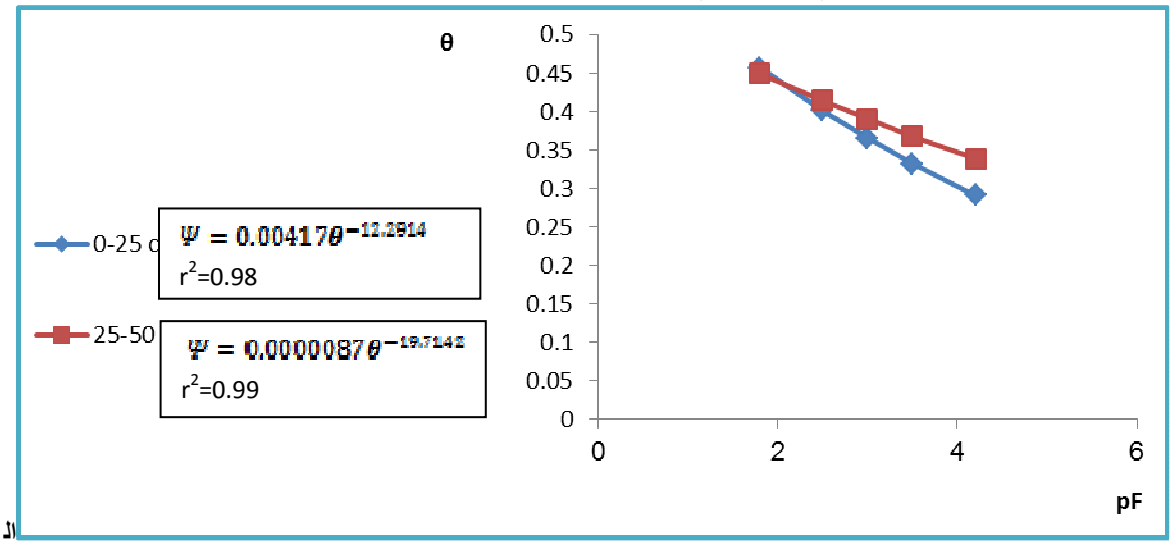
4-تحديد منحنيات الشد الرطوبي:

منحني الشد الرطوبي هو المنحني الذي يوضح العلاقة بين قوة مسك الماء والمحتوى الرطوبي كنسبة مئوية حجما,(قوة مسك الماء في التربة هي اللوغاريتم العشري للقيمة المطلقة لطاقة ماء التربة معبرا عنه بارتفاع عمود ماء مقدرا بالسم سطح مقطعة 1سم^2 يضغط على قاعدته بمقدار ثقله)

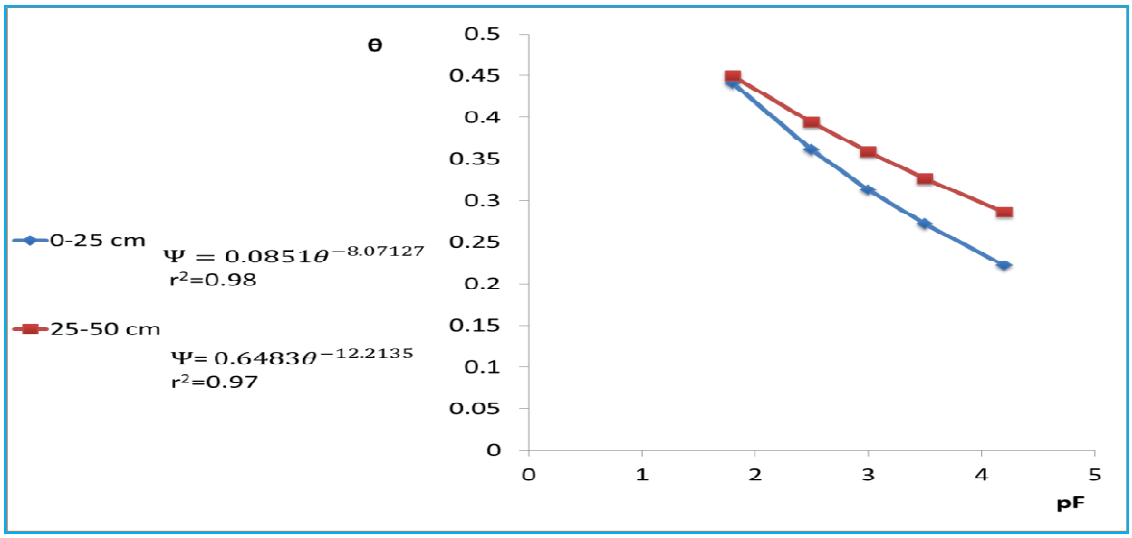
وهو يعطي فكرة عن الخصائص المائية للتربة بما فيها السعة الحقلية ونقطة الذبول والماء المتاح للنبات, كما يعطي فكرة عن ثباتية بناء التربة بالإضافة إلى أنه يستخدم لحساب السعة المائية النوعية عند مستويات الرطوبة المختلفة ويمكن من خلاله تحديد بعض الثوابت الهيدروديناميكية المتعلقة بالتربة ويمكن تحديد هذه المنحنيات بعدة طرق منها طرق مخبرية بوساطة جهاز الضغط الغشائي عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي وهي: $PF_{1.8}$, $PF_{2.5}$, PF_3, $PF_{3.5}$, $PF_{4.2}$ ثم حسب المحتوى الرطوبي المقابل لكل شد رطوبي, لقد حددت العلاقة بين المحتوى الرطوبي والشد الرطوبي فكانت العلاقات من الشكل التالي: $\Psi=a.\theta^b$ كما هو موضح بالأشكال رقم (2), (3), (4), (5) والعلاقات التالية:



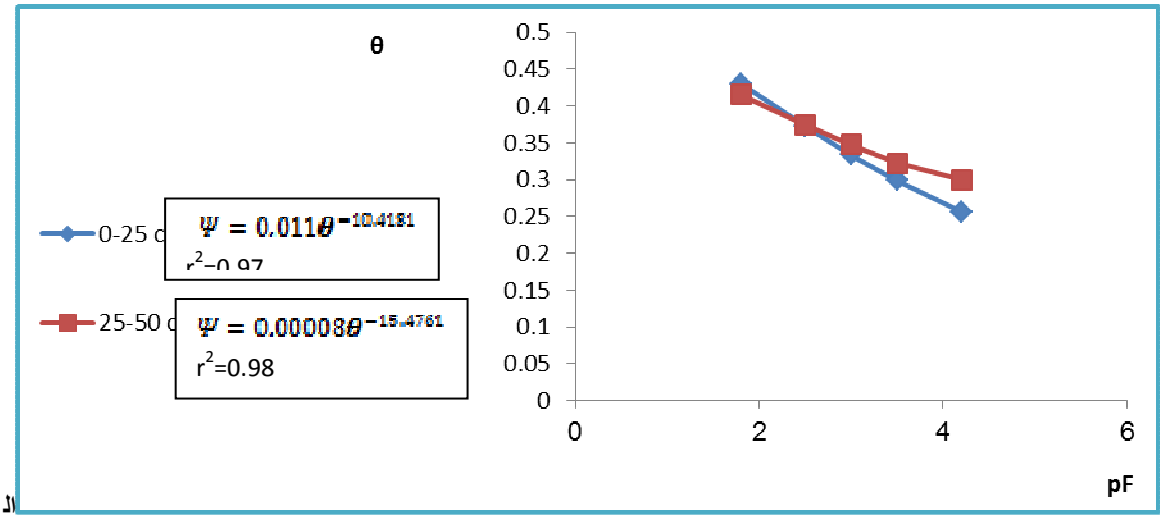
شكل (2) يوضح منحني الشد الرطوبي لتربة البهلولية (غابة) على العمقين (0-25) و(25-50) سم



شكل (3) يوضح منحني الشد الرطوبي لتربة القبو (بور) على العمقين (0-25) و(25-50) سم



الشكل (4) يوضح منحني الشد الرطوبي لتربة زلين (حمضيات) على العمقين (0–25) و(25–50) سم



شكل (5) يوضح منحني الشد الرطوبي لتربة طرجانو (خضار) على العمقين (0–25) و(25–50) سم

نلاحظ من الأشكال رقم 2,3,4,5 أنه مع زيادة الشد الرطوبي ينخفض المحتوى الرطوبي للتربة, ويمكن تحديد نقطة الذبول والسعة الحقلية من خلال المنحني, وبالتالي نسبة الماء المتاح حيث كانت في تربة القبو 8.16 % حجماً, وتربة الغابة 12.74 % حجماً, وتربة زلين المزروعة بالحمضيات 12.88 % حجماً, وتربة طرجانو المزروعة بالخضار 9.5 % حجماً كما هو موضح في الأشكال السابقة.

كما نلاحظ تغيرا في منحنيات الشد الرطوبي لكلا العمقين في الترب المدروسة ويعود ذلك إلى تغيرات الكثافة وتغيرات توزيع النظام المسامي في طبقتي التربة السطحية (0–25) سم والتحتية (25–50) سم حيث كانت الثوابت التجريبية للترب المدروسة كما هي عليه في الجدول رقم (5):

جدول (5) الثوابت التجريبية للترب في المواقع المدروسة

الموقع	واقع الاستثمار الحالي	نوع التربة		الثوابت التجريبية للترب المدروسة			
		العمق (سم)		العمق (سم)			
		25-0	50 -25	25-0		50 -25	
				a	b	a	b
زلين	حمضيات	ℓT	ℓT	10×8.51^{-2}	-8.07127	10×3.65^{-3}	-12.2135
بهلولية	غابة صنوبر	uT	uT	10×3.79^{-2}	-8.5062	10×5.3^{-3}	-10.3903
القبو	بور	T	T	10×4.17^{-3}	-12.2914	10×8.7^{-6}	-19.7142
طرجانو	خضار	uT	uT	10×1.1^{-2}	-10.4181	10×8^{-5}	-15.4761

نلاحظ من الجدول أن قيمة a تنخفض مع زيادة الكثافة الظاهرية للتربة أي مع زيادة العمق, كما نلاحظ أنه مع زيادة الكثافة الظاهرية تقل قيمة b لجميع الترب المدروسة وهذا يؤدي إلى زيادة الشد الرطوبي عند نفس المحتوى الرطوبي للتربة وبالتالي يؤدي إلى صعوبة في امتصاص الماء من قبل النبات, وبالتالي تقل قابلية الماء للامتصاص من قبل النبات عند نفس المحتوى الرطوبي لتربتين مختلفتين بالكثافة الظاهرية متماثلتين بباقي الخواص.

5-تحديد ثباتية الوحدات البنائية:

تعتبر ثباتية البناء من الخصائص الفيزيائية الهامة للتربة, حيث تعطي فكرة عن مدى صلابة الوحدات البنائية ومدى مقاومتها للفعل المخرب للماء بالإضافة لمقاومتها للانضغاط عند مستويات معينة من الشد الرطوبي.

إن بناء التربة هو الطريقة التي يتم فيها ترتيب الحبيبات الفردية لتشكيل الوحدات البنائية بأشكال هندسية مختلفة منها الهرمي والمكعبي والموشوري والأسطواني والحبيبي الذي يعتبر من افضل أشكال البناء, حيث تكون الوحدات البنائية على شكل كروي أقطارها 5 – 10 مم ذات مسامية عالية وثباتية عالية وهي مؤشر عن تطور التربة, لذلك فإن الحبيبات توجد بالطبقة السطحية من التربة والتي تكون على تماس مع الهواء والماء أي (الطبقة الحيوية), وتقدر ثباتية الوحدات البنائية بطريقة التغطيس بالماء حسب (Hartge and Horn, 1991) حيث تم تنخيل التربة الجافة هوائيا باستخدام مجموعة مناخل تم تصنيعها محليا أقطارها 8 – 5 – 3 – 2 مم وحيث حسب وزن التربة المتبقي على كل منخل ومتوسط القطر وحسبت النسبة المئوية لهذه الحبيبات ثم جمعت التربة وتم ترطيبها حتى حوالي 20% من وزنها بإضافة قطرات من الماء على ارتفاع 1سم بواسطة السحاحة ثم تركت لليوم التالي وفي اليوم التالي وضعت العينات ثانية على مجموعة المناخل السابقة مضافا لها منخل بقطر 1 مم وتم تغطيسها بالماء وتحريكها 35 مرة/ د لمدة 5 دقائق وبمسافة حركة 4 سم ومن ثم جمعت الحبيبات المتبقية على كل منخل بعد التغطيس و وضعت في جفنة بورسلان وجففت وحسب الوزن الجاف والقطر ثم بعد التغطيس حسبت النسبة المئوية لهذه الحبيبات بما فيها الحبيبات أقل من 1 مم وطبقت العلاقة التالية لحساب متوسط تغير القطر.

$$\Delta GMD(mm) = \frac{\Sigma(ni1.di)-(ni2.di)}{\Sigma ni1}$$

حيث أن di: متوسط قطر المجموعة الحبيبية

ni1 : وزن المجموعة الحبيبية (di) عند بداية التجربة (الوزن الجاف)

ni2 : وزن المجموعة الحبيبية بعد نهاية التجربة (الوزن الجاف)

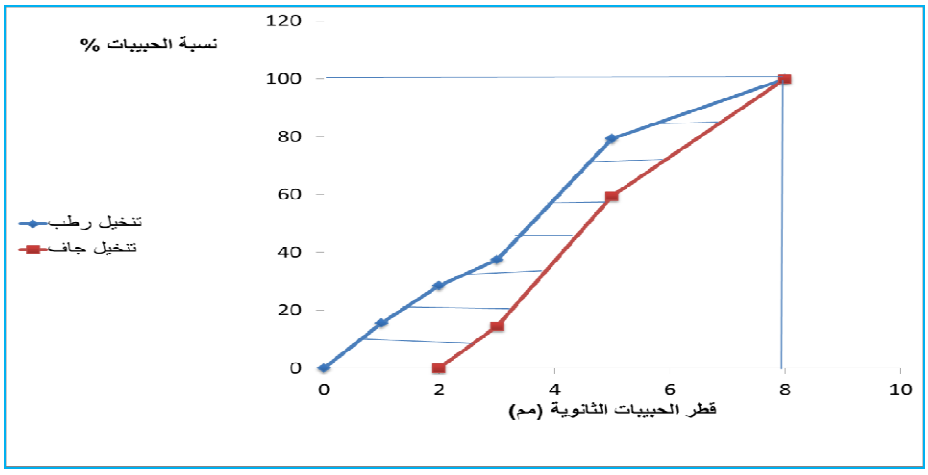
ΔGMD : مقدار تغير قطر الحبيبات

وحسب الطريقة المذكورة يمكن تصنيف ثباتية الحبيبات كما يلي: إذا كان معدل تغير القطر حتى 1.2 مم تكون التربة عالية الثباتية, وإذا كان معدل التغير بين 1.2 و 4.5 مم تكون التربة ذات ثباتية متوسطة, وإذا كان معدل التغير أكبر من 4.5 مم تكون التربة ذات ثباتية منخفضة, لقد تم تحديد ثباتية الوحدات البنائية في الطبقة السطحية للتربة فكانت النتائج كما هي عليه في الجدول التالي رقم (6):

جدول (6) يوضح متوسط تغير قطر الحبيبات في طبقة التربة السطحية للمواقع المدروسة

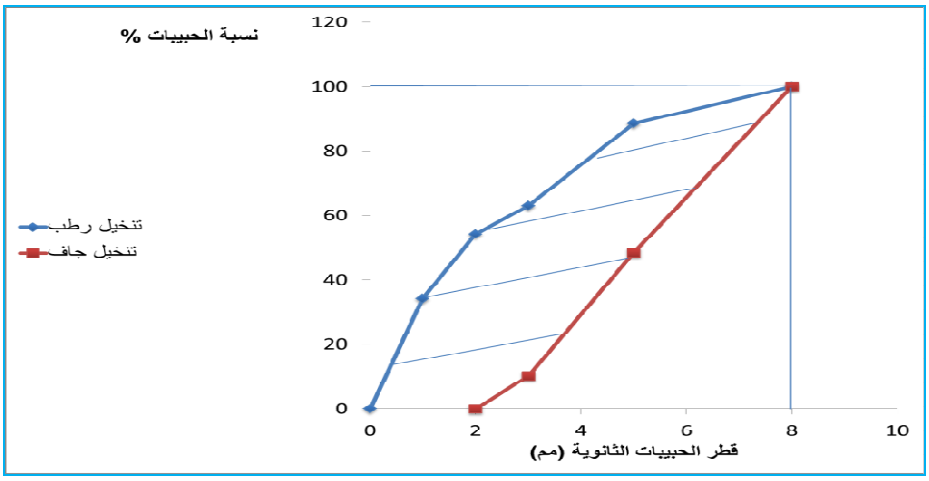
	الموقع			
	القبو (بور)	زلين(حمضيات)	البهلولية(غابة)	طرجانو(خضار)
متوسط تغير القطر (مم)	1.82	2.92	1.45	2.89

نلاحظ من الجدول رقم 6 أن أكثر الترب ثباتية هي تربة الغابة يليها تربة القبو ثم تربة طرجانو ثم تربة زلين, إلا أن قيم متوسط تغير القطر جميعها جاءت ضمن الثباتية المتوسطة. هذا ويمكن توضيح تغير متوسط قطر الحبيبات قبل وبعد التغطيس على شكل خطوط بيانية كما في الأشكال التالية رقم (6), (7), (8), (9).

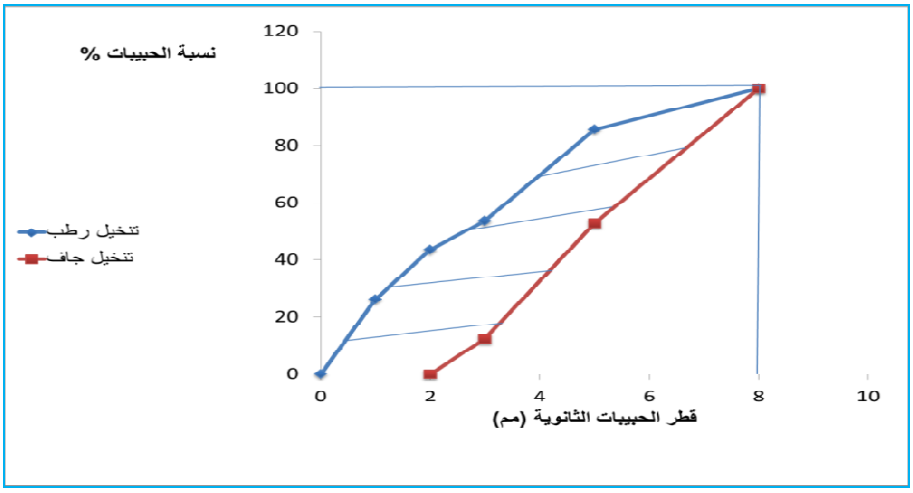


الشكل (6) يوضح تغير متوسط قطر الحبيبات قبل وبعد التخيل الرطب لتربة القبو السطحية

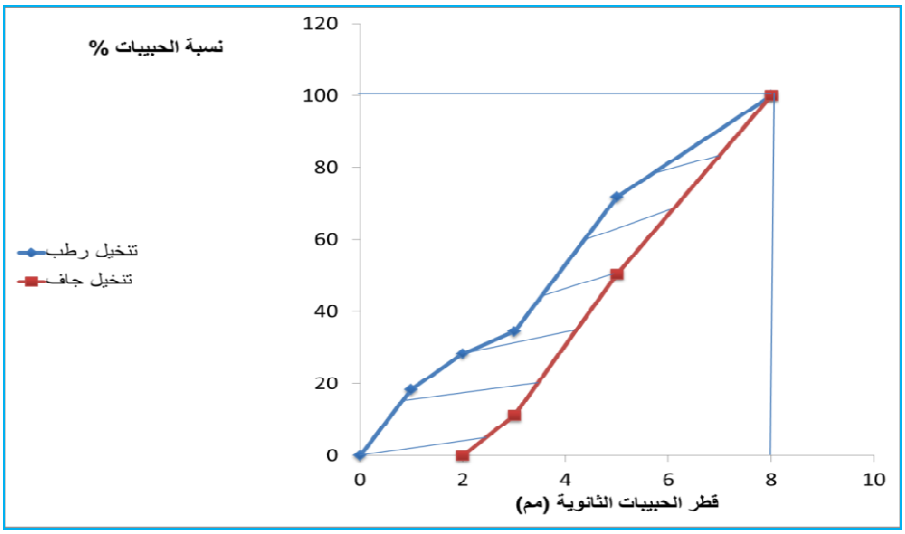
حيث أن الخط السفلي يوضح متوسط قطر الحبيبات قبل التغطيس بالماء والخط العلوي يمثل متوسط قطر الحبيبات الثانوية بعد تغطيسها بالماء على شكل منحني مجموع تراكمي حيث المحور x يمثل قطر الحبيبات (مم) وطوله 8 سم (حيث أن كل 1 مم قطر حبيبات ثانوية تعادل طول 1 سم على الشكل) والمحور y يمثل النسبة المئوية لهذه الحبيبات وطوله 10 سم (حيث أن كل 10 % وزنا تعادل طول 1 سم على الشكل) وبالتالي تكون مساحة الشكل المستطيل 80 سم^2 ولأن كل 10سم^2 تمثل تغيرا في قطر الحبيبات مقداره 1 مم يتم تقسيم المساحة بين الخطين على عشرة فنحصل على متوسط تغير قطر الحبيبات, وبالتالي فإن المساحة المشتركة بين الخطين تعطي فكرة عن ثباتية البناء إذ كلما زادت هذه المساحة كلما كانت الثباتية أقل.



الشكل (7) يوضح تغير متوسط قطر الحبيبات قبل وبعد التخيل الرطب لتربة زلين السطحية



الشكل (8) يوضح تغير متوسط قطر الحبيبات قبل وبعد التخيل الرطب لتربة طرجانو السطحية



الشكل (9) يوضح تغير متوسط قطر الحبيبات قبل وبعد التخيل الرطب لتربة الغابة السطحية

وهذه الأشكال توضح لنا بأن تربة غابة الصنوبر وتربة القبو كانتا الأفضل من حيث ثباتية الوحدات البنائية.

6-تحديد الكثافة العيارية ودرجة الانضغاط في الطبقات التحتية للترب المدروسة :

تم تحديد الكثافة العيارية بطريقة جهاز البروكتور النظامي الذي يتألف من أسطوانة معدنية سعة حوالي 800 سم^3 وارتفاعها 11 سم ومطرقة داخل أسطوانة تحوي كتلة وزنها 2.5 كغ تسقط سقوطا حرا من ارتفاع 30 سم حيث وضع في الأسطوانة عند كل مستوى رطوبة ثلاثة طبقات متساوية في الوزن وتم تعريض كل طبقة ل 25 ضربة ثم تم تحديد الكثافة الظاهرية عند هذا المستوى الرطوبي وتكررت العملية ثلاث مرات عند ثلاث مستويات من الرطوبة (رطوبة منخفضة في المجال المرن – رطوبة متوسطة في مجال الرطوبة المثالية – رطوبة مرتفعة في المجال اللدن) فحصلنا على ثلاث كثافات, بعد ذلك تم رسم الخط البياني الذي يوضح العلاقة بين الكثافة الظاهرية والرطوبة الوزنية, حيث كانت ذروة هذا الخط هي أعلى كثافة ظاهرية عند مستوى رطوبي معين وهذا المستوى للرطوبة يسمى الرطوبة المثالية للانضغاط وتسمى أعلى كثافة ظاهرية بالكثافة العيارية ومن خلالها يمكن تحديد درجة انضغاط التربة من العلاقة التالية:

$$\text{درجة الانضغاط \%} = \frac{\text{الكثافة الظاهرية في الطبقة المدروسة}}{\text{الكثافة العيارية}} * 100$$

وتم تحديد الكثافة العيارية للترب المدروسة في الطبقة التحتية فكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول التالي رقم(7).

جدول (7) الكثافة العيارية للأتربة المدروسة في طبقة التربة التحتية (25-50) سم

الموقع	واقع الاستثمار الحالي	نوع التربة	الكثافة العيارية غ/سم^3	الرطوبة المثالية للانضغاط%	درجة الانضغاط %
زلين	حمضيات	ℓT	1.66	19.8	90.96
بهلولية	غابة صنوبر	uT	1.65	18.5	83.03
القبو	بور	T	1.52	23.5	90.13
طرجانو	خضار	uT	1.63	19.5	90.18

نلاحظ من الجدول رقم 7 أن الكثافة العيارية تراوحت بين 1.52 غ/سم^3 في تربة القبو (بور) و 1.66 غ/سم^3 في تربة زلين (حمضيات) وكانت 1.65غ/سم^3 في تربة البهلولية غابة و1.63غ/سم^3 في تربة طرجانو (خضار) وهذا يرتبط بنسبة الطين في التربة وحجم المسامات الكلية.

أما الرطوبة المثالية للانضغاط والتي تم تحديدها من منحني الكثافة العيارية للتربة حيث أنه من ذروة هذا المنحني نرسم عمود على محور السينات الذي يمثل الرطوبة الوزنية فيقطع هذا المحور في نقطة تكون هي الرطوبة المثالية للانضغاط والتي بلغت في تربة القبو (بور) 23.5%,وفي تربة زلين (حمضيات) 19.8%, وفي تربة طرجانو (خضار) 19.5%, وفي تربة البهلولية (غابة) 18.5% وهذا يرتبط أيضا بنسبة الطين.

أما درجة انضغاط التربة فقد وصلت في تربة زلين (حمضيات) إلى 90.96%, وفي تربة طرجانو (خضار) 90.18% , وفي تربة القبو (بور) 90.13%, وبذلك تكون هذه الأتربة تجاوزت القيمة الحدية (84%) حسب (Ibrahim, 1988) واقتربت كثيرا منها في تربة البهلولية غابة 83.03%, وهذا يعني أن الطبقة التحتية للتربة تعرضت لضغوط سابقة إضافة إلى عمليات انغسال الطبقة السطحية وتراكم نواتج الانغسال في الطبقة التحتية, وبالتالي من الضروري استصلاح الطبقات التحتية لهذه الأتربة باستثناء تربة البهلولية (غابة).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. ازدادت الكثافة الظاهرية معنويا للترب المدروسة في الطبقة التحتية مقارنة معها في الطبقة السطحية فقد اقتربت قيم الكثافة من القيم الحدية وتجاوزتها في تربة زلين المزروعة بالحمضيات.

2. انخفضت مسامية التربة في الطبقة التحتية لتصل إلى 43.45 % في تربة القبو, وجاءت المسامات الأكبر من 10 ميكرون أقل من القيمة الحدية في الطبقة التحتية للتربة ولجميع المواقع المدروسة عدا تربة الغابة حيث بلغت 11.37 % وبالتالي تعاني هذه الأتربة من نقص في المبادلات الغازية وهي بحاجة لاستصلاح.

3. انخفض معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في الطبقة التحتية ليتجاوز بذلك القيمة الحدية له 0.1 م/يوم عدا تربة البهلولية (غابة) حيث بلغ 0.82 م/يوم.

4. كانت ثباتية الوحدات البنائية للتربة السطحية بالمواقع المدروسة متوسطة وإن اختلف معدل تغير قطر الحبيبات حيث بلغ أقل قيمة في تربة البهلولية غابة 1.45 مم وأعلى قيمة في تربة طرجانو (خضار) 2.89 مم.

5. تراوحت الكثافة العيارية بين 1.52 غ/سم^3 في تربة القبو (بور) و 1.66 غ/سم^3 في تربة زلين (حمضيات) وكانت 1.65غ/سم^3 في تربة البهلولية غابة و1.63غ/سم^3 في تربة طرجانو (خضار) وهذا يرتبط بنسبة الطين في التربة وحجم المسامات الكلية.

6. كانت الرطوبة المثالية للانضغاط 23.5% في تربة القبو (بور), 19.8% في تربة زلين (حمضيات), 19.5% في تربة طرجانو (خضار), 18.5% في تربة البهلولية (غابة) وهذا يرتبط أيضا بنسبة الطين.

7. وصلت درجة انضغاط طبقة التربة تحت السطحية 90.96% في تربة زلين (حمضيات), 90.18% في تربة طرجانو (خضار), 90.13% في تربة القبو (بور), وبذلك تكون هذه الأتربة تجاوزت القيمة الحدية (84%) حسب (Ibrahim 1988) واقتربت كثيرا منها في تربة البهلولية (غابة) 83.03%, أي أن الطبقة التحتية للتربة تعرضت لضغوط سابقة إضافة إلى عمليات انغسال الطبقة السطحية وتراكم نواتج الانغسال في الطبقة التحتية, فمن الضروري استصلاح الطبقات التحتية لهذه الترب باستثناء تربة الغابة.

التوصيات:

1. المحافظة على حالة بنائية جيدة للتربة في الطبقة السطحية باستخدام مواد عضوية وباتباع نظام اللاحراثة والتقيد بمقننات الري.

2. إجراء التفكيك الميكانيكي للطبقة التحتية وإضافة محسنات تربة لها.

3. ترشيد استخدام الآلات الزراعية ومنع دخولها إلى الحقل إلا عند رطوبة مناسبة مع العمل على تخفيض ضغوط هذه الآلات.

4. عدم الاكتفاء بتحديد الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية لتقييم الخصائص الفيزيائية لطبقة التربة التحتية بل يجب استخدام مؤشرات فيزيائية أخرى (كمعامل التوصيل الهيدروليكي المشبع, توزيع النظام المسامي, ثباتية الوحدات البنائية,....) لمعرفة مدى حاجة هذه الطبقة للاستصلاح.

5. متابعة هذا البحث في مواقع أخرى وحصر المواقع المنضغطة في الساحل السوري تمهيدا لوضع خرائط يحدد عليها المواقع المنضغطة والطرق المقترحة لاستصلاحها.

المراجع:

1- سمرة, بديع (1999) إنتاج محاصيل الخضار في الزراعة المحمية والحقلية بالاعتماد على السماد العضوي كمصدر وحيد للتسميد – مجلة الزراعة والتنمية – العدد الرابع– ص (37–41).

2-AHMAD.N;HASSAN.U.F. andQADIR.G:(2007):Effect ofSubsurface Soil Compaction and Improvement Measures on Soil Properties.International Journal of Agriculture and Biology,1560-8530,3,pp.509-513

3-Brandhuber.R.;Lothar.S.L.andJ.K.Heinz.(2001):

Sind heuteublicheFahrzeugmassenbeiRubenernte und Gullenausbringungmit den ZielenvorsorgendenBoden,BodenschutzesvereinbarErgebnisseeinesForschungsprojekts Mitteilungen der DBG.Band 96.Hefft2. Germany(2001).p.711-714.

4-Dexter.R.A.and Bird.A.R.N:(2000):Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve.Soil and Tillage Research,57:203-212

5-Dorter.K.(1986):Lehrboch des landwirtschaftlichenMeliorationen. VEB. Deutscherlandwirt. Verlag. Berlin. (Germany).

6-Drewry, J.J., J.A.H. Lowe and R.J. Paton(2000): Effect of sub-soiling on soil physical properties and pasture production on a Pallic soil in Southland, New Zealand. *New Zealand J. Agric. Res*., 43: 269–77

7-Grass, V.K.(1971): Tiefenarbeit auf unterschiedlichenBodentypen. SHI (1971), S. 278-223

8-Hartge,K.H. and Horn, R. (1991): Einfuhrung in die Bodenphysik Ferdinand Enke. Verlag Stuttgart, P:303, GERMANY.

9-Hillel,D.(1981):Fundamentals of Soil Physics. Academic Press.P: 201-210. New Yourk, USA.

10-Ibrahim, J. :(1988) : EinflussRaddruckbedingterKrumenbasisverdichtunger auf BodenphysikalischeEigenschaften und den ZuckerrubenertragsowiedarausabgeleiteteBelastungsgrenzwerte. MLU. Halle-Wittenberg. Dissertation

11-Jorajuria. D; Draghi. Land Aragon. A(1997): The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of Lolium/Trifolium grassland. Soil and Tillage Research 41 (1997) 1-12

12-Kunze.A and Petelkaw.H: (1979): ForschungberichtVorlaufigeGrenzwerte der Lagerungsdichte fur die Ackerkrume und unterbodennachstandortgruppen und Kornugsarten. Akad. Landw. Wiss. Berlin Germany.

13-MacRae, R.J. and G.R. Mehuys(1985): The effect of green manuring on the physical properties of temperate area soils. *Advan. Soil Sci*., 3: 71–94

14-Muller,G (1985):Leherboch der BodenKunde VEB-Deutscherlandwirtschaffverlag, P(392). Berlin. (Germany).

15-Pabin.J;Sienkiewicz.J and Wlodek.S:(1991):Effect of loosening and compaction on soil physical properties and sugar beet yield.Soil and Tillage Research,19:345-350

16-Paul,C.L and J.D. Evries(1979): Prediction of soil strength hydrologic and mechanical properties. Can J.Soil.Sci 59 P 301-311.

17-Schonberg,W.(1965): EinBeitragzurSeryenmassigenBestimmung der Wasserdurchlassigkeit an Strukturproben. Thar. Arch.5.S.756-765. Germany.

18-Tabley.F; LawrenceSmith.J.E; Sinton.M.S; Schwen.A; Beare.H.M and Brown.E.H: (2010): Impacts of simulated subsurface soil compaction on soil properties and barley growth in Canterbury,New Zealand.