مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الزراعية المجلد (23) العدد (11) 2001
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Agriculture Science Series Vol (23) No (11) 2001

دراسة تغيرات بعض الخصائص الفيزيائية للتربة عند اتباع الحراثة المطرحية على أعماق مختلفة ونظام اللاحراثة وأثرهما على إنتاجية القمح البعل لموسمين متتاليين

الدكتور جهاد إبراهيم *

الدكتور علي ميهوب **

(قبل للنشر في 2001/1/13)

□ الملخّص □

من خلال دراسة تغيرات الخصائص الفيزيائية للتربة عند معاملات مختلفة من الحراثة تبين أن فعل الحراثة في تعديل الكثافة الظاهرية للتربة وزيادة حجم السعة الهوائية لها زال تماماً بعد 3.5 أ شهر من الحراثة. واستمرت الكثافة الظاهرية بالزيادة وحجم المسامات الهوائية بالانخفاض بعد هذه الفترة بشكل خاص في منطقة أسفل الحراثة خاصة في الموسم الثاني.

وعند اتباع نظام اللاحراثة بقيت كثافة التربة وحجم المسامات الهوائية وحجم المسامات المتوسطة التي تحوي الماء القابل للامتصاص دون تغيرات معنوية خلال مراحل القياس المختلفة لنفس العمق المدروس.

كما بينت النتائج أن إنتاجية القمح خلال الموسم الأول لم تختلف معنوياً عند اتباع نظام اللاحراثة والحراثة على العمق 10 و20 سم بينما انخفضت بشكل معنوي عند الحراثة على عمق 30 سم، وانخفضت الإنتاجية معنويا خلال الموسم الثاني عند إتباع الحراثة على العمق 10و 20 سم بسبب تشكل طبقة طينية صماء (صلدة) أسفل منطقة الحراثة (منطقة انتشار المجموع الجذري)، وفي نفس الوقت لا يوجد اختلاف في الإنتاجية عند اتباع اللاحراثة والحراثة على عمق 30سم.

*** أستاذ مساعد في قسم التربة واستصلاح الأراضي – كلية الزراعة – جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.**

**** أستاذ مساعد في قسم الهندسة الريفية – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الزراعية المجلد (23) العدد (11) 2001
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Agriculture Science Series Vol (23) No (11) 2001

Studying the Changes in Some Physical Characteristics of the Soil After Following Different Depth of Moldboard Ploughing and non – Tillage System and their Effect on Yield of non– Irrigated Wheat for Two Successive Seasons .

Dr. Jihad IBRAHIM *
Dr. Ali MAIHOUB **

(Accepted 13/1/2001)

□ ABSTRACT □

From studying the changes in physical characteristics of the soil after various tillage treatments, we have shown that the tillage action in adjusting soil, bulk density and increasing air capacity volume has stopped after 3.5 months of tillage .

Bulk density had increased and the volume of air pores decreased after this period below tillage area, especially during the second season.

After following the system of non tillage, the soil density, air pores volume and the medium pores carrying absorbent water did not change significantly during various measurement stages at the same studied depth.

The results have also shown that wheat productivity during the first season did not change significantly after following non tillage system and tillage on 10 and 20 cm depth, but decreased significantly after following tillage on 30 cm .

During the second season, the productivity decreased significantly after following tillage on 10 and 20 cm depth due to formation a clay pan layer below tillage area (the area of root distribution) at the same time the productivity did not differ between tillage at 30 cm and non tillage .

*** ASS. prof. at Deprt. of Soil and Land Reclamation Faculty of Agriculture Tishreen Univ. Lattakia, Syria**
**** ASS. prof. at Rural Engineering Deprt. Faculty of Agriculture Tishreen Univ. Lattakia,Syria.**

المقدمة:

تتكون التربة من نظام متعدد الأطوار (طور صلب – طور غازي – طور سائل) حيث تنمو فيه النباتات وتستكمل دورة حياتها . ينتج الطور الصلب خلال مراحل تكوين وتطور التربة عبر أشكال بنائية مختلفة تتمثل بجسم مسامي ذات مسامات مختلفة الأشكال والأقطار... الخ. هذه المسامات هي المسؤولة عن تنظيم عمليات النقل والتخزين ومد النبات بالماء والهواء والعناصر الغذائية اللازمة .

يتطلب النبات خلال مراحل نموه المختلفة حالة بنائية جيدة للتربة قادرة على تأمين الوسط الفيزيائي المناسب لامتصاص الماء بسهولة وتأمين المبادلات الغازية وانتشار المجموع الجذري في آن واحد .
وفي هذا الإطار يمكن تحسين حالة بناء التربة عن طريق الاستثمار الصحيح لها خلال عمليات الحراثة المناسبة وإضافة المواد العضوية أو المركبات الصنعية (البالميرات) .

تهدف الحراثة إلى تكوين الوسط الفيزيائي المناسب لنمو النبات فهي تقوم بتفكيك التربة وتغيير حالتها البنائية بالاتجاه الذي يخدم إنبات ونمو وتطور النباتات المزروعة وتحسين تهوية التربة، تسهيل انتشار جذور النباتات ، زيادة نفوذية الماء ضمن التربة وزيادة الفعالية الحيوية في التربة . إلاّ أن استخدام المعدات والآلات الزراعية بشكل مكثف في جميع المراحل الإنتاجية (حسب درجة المكننة) واستخدام وحدات عمل سواء كانت بسيطة أو مركبة في أغلب الأحيان يعطي مفعولاً عكسياً بسبب انضغاط التربة بنسبة عالية ويرافق ذلك في أغلب الأحيان انخفاض في غلة المحصول والإسراع في تدهور التربة نتيجة انخفاض معدلات الرشح (النفاذية) من جهة وازدياد الجريان السطحي أثناء الهطولات الغزيرة من جهة أخرى، أو نتيجة لتشكل طبقات صلدة داخل التربة تؤدي إلى ارتفاع مستوى الماء الأرضي أو تؤدي إلى إعاقة انتشار وتغلل الجذور .

أجريت تجارب عديدة على المستوى العالمي لتحديد أثر معاملة التربة (حراثة عميقة، حراثة سطحية) أو عدم معاملة التربة (نظام اللاحراثة) على الخواص الفيزيائية والمائية للتربة وانعكاس ذلك على إنتاجية النباتات المزروعة .
أثبت Ehlers 1975, Holt et al 1993 أن الأنفاق التي تصنعها ديدان الأرض erthworm في التربة تزيد من حجم مسامات التربة والتي تزيد بدورها من عمليات التبادل الغازي إضافة إلى زيادة معدل دخول الماء إلى باطن التربة وبين Radford et al 1995 أن عدد ديدان الأرض في التربة غير المحروثة يبلغ أربعة أضعاف مثيلاتها في الترب المحروثة حراثة عميقة(تقليدية).أما تجارب Gomez et al 1999 فأوضحت أن كثافة التربة تزداد بشكل معنوي في الترب غير المحروثة مقارنة بالترب المحروثة كما وجد Hakansson et al 1998 أنه في الترب التي تحرث حراثات سطحية ضحلة لفترات طويلة يزداد استقرار بناء التربة بسبب زيادة تركيز المادة العضوية في الطبقة السطحية مقارنة مع الحراثات التقليدية . واعتبر Sommer 1999 نظام اللاحراثة أحد الطرائق الفعالة لصيانة التربة من الانجراف والحفاظ عليها في المناطق المعرضة للانجراف الريحي والمائي . كما وجد Sidias et al 1984 أن كمية التربة المنقولة بفعل الانجراف المائي عند اتباع الحراثة التقليدية كانت أكبر بحوالي 8.6 مرات مقارنة مع اتباع نظام اللاحراثة وانخفض الجريان السطحي عند اتباع نظام اللاحراثة بمقدار 2.9 مرة مقارنة مع الحراثة التقليدية . وكما بين Lopez et al 1998 أن استخدام المحاريث القرصية يقلل من التعرية الريحية بمقدار النصف تقريباً مقارنة مع استخدام المحاريث المطرحية في الأتربة المعرضة للانجراف الريحي والتي يتوجب حراستها . وكما تؤثر الحراثة على النظام المسامي للتربة حسب نتائج Mc Garry et al 2000 حيث أن الأرض غير المحروثة تحوي على أكبر حجم من المسامات التي يتراوح قطرها بين 1.5 – 3 ملم بينما تحوي الأرض المحروثة على أكبر حجم من المسامات بقطر أقل من 1.5 ملم . ولم يلاحظ Erkki 1999 فروقاً معنوية في المحتوى الرطوبي للتربة عند معاملة التربة بحراثة سطحية (6سم) أو عميقة (20سم) . إلاّ أن Chan and Mead

1989 قد لاحظا أن الناقلية المائية تكون أكبر في الترب غير المحروثة مقارنة مع الترب المحروثة . ولم يجد بعض الباحثين مثل Ankeny et al 1990 اختلافاً في معدل الرشح في الترب المحروثة وغير المحروثة . وكما وجد Singh et al 1998 بأن المحتوى الرطوبي للترب غير المحروثة وللترب المحروثة المغطاة ببقايا المحاصيل يزداد بمقدار 8 % مقارنة مع الترب المحروثة غير المغطاة ببقايا المحاصيل . أما Brunotte et al 1992 وجدوا أن بقايا النباتات على سطح التربة عند اتباع نظام اللاحراثة يقلل كمية الماء المتبخرة من التربة مما يؤدي الى بقاء التربة رطبة لفترة أطول . وهذا يقلل من الفعل التخريبي لضغط الهواء المحبوس في المسامات الدقيقة عند الهطول اللاحق وبالتالي يقلل من عملية تحطم وانفجار الحبيبات الثانوية . وبيّن Moreno et al 1997 بأن معدل الرشح في الترب المحروثة حراثات تقليدية زاد بمقدار 35% عنه في الترب ذات الحراثات السطحية بعد الحراثة مباشرة ، ولكن بعد ثلاث سنوات كان معدل الرشح أكبر في المعاملات المحروثة حراثة سطحية مقارنة بالحراثة التقليدية .

ولكن البعض الآخر مثل Heard et al 1988 وجدوا انخفاضاً بسيطاً في معدل الرشح بالترب غير المحروثة بينما تبين نتائج تجارب Drew et al 1998 أن نظام اللاحراثة يزيد من المخزون المائي للتربة ويقلل من انجرافها وهذا ما أكده Mc Garry et al 2000 حيث أن معدل الرشح النهائي والرشح الكلي كان أكبر وبشكل معنوي في جميع الترب التي لم تحرث مقارنة مع الترب المحروثة .

يؤثر نظام الحراثة المتبع أيضاً على استهلاك الوقود أيضاً حيث بيّن Sijtsma et al 1998 أن استهلاك الوقود في عمليات تحضير مرقد البذرة والعمليات اللاحقة كان قليلاً عند اتباع نظام الحراثات المخفضة حيث بلغ بالمتوسط 17 ل/هكتار في حين بلغ الاستهلاك عند اتباع الحراثة التقليدية باستخدام محراث مطرحي 27.6 ل/هكتار . وكما وجد Borin et al 1997 بأن استهلاك الطاقة في الحراثات السطحية ازداد بمقدار 10 % وفي الحراثات التقليدية بمقدار 32 % مقارنة مع استهلاك الطاقة في نظام اللاحراثة . إن هذا الوفر في الوقود لا يعني بالضرورة وفراً في الكلفة الاقتصادية أو في وحدات الطاقة الكلية الضرورية لإنتاج المحصول لأن تكاليف مكافحة الأعشاب عالية وتتطلب طاقة لتنفيذها .

وكما تختلف نتائج التجارب فيما بينها في تحديد أثر الحراثة على إنتاجية النبات حيث أثبت Varsa et al 1997 أن إنتاجية الذرة الصفراء تزداد عند اتباع نظام اللاحراثة مقارنة مع الحراثة السطحية ولكنها كانت أفضل عند اتباع الحراثة بعمق 90 سم .

وأشار Campbell et al 1998 إلى عدم وجود علاقة بين الحراثة وإنتاجية القمح الربيعي . بينما أوضح Drew et al 1998 أن الحراثة المطرحية أدت إلى زيادة إنتاج القمح الشتوي بمقدار 8% مقارنة مع الحراثة السطحية ونظام اللاحراثة . ولكن Sidiras et al 1984 أوضحوا أن إنتاجية القمح الشتوي وفول الصويا كانت أفضل عند اتباع نظام اللاحراثة مقارنة مع الحراثة التقليدية . أما Erkki 1999 فوجد زيادة في إنتاجية القمح الربيعي عند اتباع الحراثة السطحية مقارنة مع الحراثة المطرحية عندما يسود صيف جاف ولكن يحدث العكس عندما يسود صيف رطب . لم يلاحظ Gomez et al 1999 فروقاً في إنتاجية الزيتون في الترب غير المحروثة والترب المحروثة خلال معظم سنوات التجربة ولكن الإنتاجية زادت فقط بشكل معنوي في السنة الأكثر جفافاً عند اتباع نظام اللاحراثة . وكما أثبت Arshad et al 1999 أن إنتاجية الشعير عند اتباع نظام اللاحراثة أكبر منها عند اتباع الحراثة التقليدية .

يعود سبب الاختلاف في معطيات نتائج التجارب السابقة إلى الإختلاف في ظروف الترب والظروف المناخية السائدة في مناطق الدراسة بالإضافة إلى الاختلاف في نوع النبات المزروع ، وبذلك لا يمكن تعميمها بشكل عام . وتتمثل الأهداف الرئيسة لهذا البحث بدراسة تغيرات بعض الخواص الفيزيائية والمائية للتربة باتباع نظام اللاحراثة والحراثة على أعماق

مختلفة باستخدام وحدة حراثة مطرحية لأنها الأكثر استخداماً في المنطقة الساحلية . وبينت نتائج البحث التغيرات على إنتاجية القمح البعل لموسمين متتاليين تحت ظروف المنطقة الساحلية للمساهمة في تخفيف تكاليف وحدة الإنتاج والحفاظ على التربة الزراعية من التدهور.

طريقة البحث والمواد المستخدمة :

نفذت التجربة في محطة البحوث العلمية الزراعية ببوقا على تربة طينية – سلتيه لا تحوي على طبقة كتيمة حتى العمق 50 سم واستمرت التجربة لموسمين متتاليين 1997 / 1998 و1998 / 1999 م . يبلغ متوسط معدل الهطول في المنطقة المدروسة 850 ملم.

المعاملات:

صممت التجربة بواقع أربع معاملات : [حراثة 0 (نظام اللاحراثة) ، حراثة بعمق 10سم ، حراثة بعمق 20سم وحراثة بعمق 30 سم] وبواقع أربع مكررات لكل معاملة . وتم اختيار مساحة 24 م2 لكل مكرر.

تنفيذ التجربة:

الحراثة: لم تنفذ أي عملية حراثة أو خربشة لتربة مكررات المعاملة حراثة 0، أما تربة مكررات المعاملات الأخرى فأجريت لها حراثة على العمق المحدد لكل معاملة باستخدام وحدة حراثة مطرحية مؤلفة من جرار الفرات 470 (تجميع محلي) ومن محراث مطرحي ثلاثي الأبدان، حيث يبلغ عرض عمل البدن 35 سم ويحوي البدن على مطرحة زراعية نصف قائمة. وتم تنفيذ عملية الحراثة بعد معايرة المحراث على العمق المحدد لكل معاملة والتأكد من العمق المطلوب بإجراء القياسات في المرورات الإختبارية.

أخذت عينات تربة من مواقع مختلفة من أرض التجربة بعمق 0–30سم وأحضرت إلى المختبر لتوصيف التربة في الزمن صفر.الجدول (1) يتضمن أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة.

جدول –1: أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة.

التحليل	الواحدة	النتيجة	الطريقة
طين	%	45.65	طريقة الهيدروميتر حسب بويكس
سلت	%	45.79	
رمل	%	8.52	
كربونات كالسيوم كلية	%	44	طريقة المعايرة (الطريقة الحجمية)
كربونات كالسيوم فعالة	%	22.5	طريقة المعايرة (طريقة دورينو)
مادة عضوية	%	1.72	طريقة الهضم الرطب
PH	–	7.5	الطريقة الكهربائية (عجينة مشبعة بالماء المقطر)
السعة الحقلية	% وزناً	28.8	بوساطة جهاز الضغط الغشائي.
نقطة الذبول	% وزناً	17.5	بوساطة جهاز الضغط الغشائي.
الفوسفور القابل للامتصاص	PPM	3.8	طريقة أولسن
السعة التبادلية الكاتيونية	م . م / 100 غ تربة	26.7	طريقة خلات الصوديوم
الكثافة الحقيقية	غ / سم3	2.6	طريقة البيكنومتر

بعد سقوط الأمطار ووصول التربة إلى رطوبة تعادل 23.8 % وزناً أجريت الحراثات للموسم الأول بتاريخ 1 / 11 / 1997 حيث كانت الأرض في العام السابق لإجراء التجربة مزروعة بنبات الفول ، وللموسم الثاني بتاريخ 25 / 11 / 1998 وعلى نفس معاملات ومكررات التجربة للموسم الأول.

الزراعة والتسميد: وزعت الأسمدة المعدنية يدوياً على كل مكرر قبل الزراعة مباشرة من كل موسم بواقع 60 كغ / هـ K_2O و60كغ /هـ P_2O_5 والدفعة الأولى من الآزوت على شكل يوريا 46 % (27كغ / هـ N). وكما وزع البذار يدويا على كل مكرر بشكل متجانس بمعدل 220 كغ/هـ صنف شام 3 لكل موسم. استخدم المحراث الحفار (كلتيفاتور) لطمر الأسمدة والبذار في التربة بآن واحد بعد معايرته على عمق 4 سم.

أما الدفعة الثانية من السماد الآزوتي فوزعت يدويا على كل مكرر على شكل نترات أمونيوم عند الإشطاء بمعدل 27 كغ / هـ N . وأضيفت الدفعة الثالثة من الآزوت على شكل نترات أمونيوم أيضاً عند بداية طرد السنابل بمعدل 27 كغ /هـ N.

طرائق القياسات:

بهدف دراسة تغيرات الخصائص الفيزيائية للتربة أخذت عينات تربة بوساطة اسطوانات معدنية سعة 100 **سم^3** من المعاملات الأربعة بواقع 3 اسطوانات لكل عمق من الأعماق التالية 5–10، 10–20 ومن 20–30سم من كل معاملة خلال مراحل نمو النبات في الموسمين التاليين.

أحضرت العينات إلى المختبر وحدد حجم المسام الكلي وتوزيع النظام المسامي بوساطة جهاز الضغط الغشائي وكذلك الكثافة الظاهرية للتربة. وكان الاقتطاع الثاني للعينات بعد 3.5 أشهر من الحراثة بسبب عدم التمكن من أخذ عينات قبل هذا الموعد لأن رطوبة التربة كانت قريبة من نقطة الإشباع (كانون الأول– بداية آذار).

ولتحديد المحتوى الرطوبي للتربة على الأعماق المدروسة خلال مراحل مختلفة من نمو النبات أخذت عينات من تربة المعاملات بوساطة مسبار يدوي حيث جففت العينات في المختبر على درجة حرارة 105 م° حتى ثبات الوزن.

الحصاد:

بعد نضج الحبوب تم حصاد عينات عشوائية من جميع مكررات التجربة بواقع m^2 2 لكل مكرر. أحضرت العينات إلى المختبر وفصلت الحبوب يدويا من السنابل. وزنت الحبوب بوساطة ميزان حساس وذلك لكل مكرر من مكررات معاملات التجربة في كل موسم.

الأساس النظري لطرائق الحساب:

أشبعت عينات التربة المأخوذة بوساطة الاسطوانات المعدنية بالماء وعرضت لضغوط مختلفة في جهاز الضغط الغشائي. كان مقدار الضغط 0.06 بار عند تحديد حجم المسامات بقطر > 10 ميكرون، 0.3 بار عند تحديد السعة الحقلية، 1 بار عند تحديد حجم المسامات بقطر £3 ميكرون و15 بار عند تحديد نقطة الذبول.

ولتحديد الضغط اللازم لإخراج الماء من مسام معروف القطر استخدمت العلاقة التالية:

$$P_m = \frac{4s_m}{d} \quad .....(1)$$

حيث أن: p_m: الضغط المطبق لإخراج الماء من مسام محدد القطر (باسكال).

s_m: التوتر السطحي للماء في حالة تماسه مع الهواء (نيوين /م).

d: قطر المسام الذي يراد إخراج الماء منه (م).

بعد حساب الضغط بالباسكال يحول إلى ضغط جوي.

لحساب المحتوى الرطوبي عند p_F معين استخدمت العلاقة التالية:

$$W_{vol}\% = \frac{M_m - M_s}{V}.100 \quad .....(2)$$

حيث أن W_{vol}: رطوبة التربة الحجمية عند الضغط المطبق.

M_m: وزن عينة التربة عند P_F المطبق.

M_s: وزن عينة التربة الجافة تماما.

V: حجم عينة التربة.

أما حجم المسام الكلي حسب من العلاقة التالية:

$$P_v\% = (1 - \frac{r_d}{r_s}).100 \quad .....(3)$$

حيث أن: P_v: حجم المسام الكلي.

r_d: الكثافة الظاهرية.

r_s: الكثافة الحقيقية.

وحسب حجم المسام > 10 ميكرون من العلاقة التالية:

$$P_v\% > 10m_n = P_v\% - W_{vol}\% \text{ (عند ضغط 0.3 بار)} \quad .....(4)$$

وحسب حجم المسامات بقطر $0.2 - 10m_n$ من العلاقة التالية:

$$P_v\%(0.2 - 10m_n) = P_v\% - (P_v\% > 10m_n + P_v < 0.2m_n) \quad .....(5)$$

حيث أن حجم المسامات بقطر < 0.2 ميكرون تساوي إلى رطوبة التربة عند نقطة الذبول بعد تحويلها إلى رطوبة حجمية.

$$P_v\% < 0.2m_n = W_{vol}\% \text{ (عند 15 بار)}$$

ومن المعلوم أن الرطوبة الحجمية $W_{vol}\%$ ناتجة من حاصل ضرب الرطوبة الوزنية عند 15 بار بالكثافة الظاهرية للتربة.

التحليل الإحصائي:

استخدم تحليل التباين من الدرجة الأولى والثانية والاختبار T عند $a = 5\%$ لتحديد أقل فرق معنوي. وكما استخدمت علاقة الارتباط من الدرجة الثان

النتائج والمناقشة :

أخذت عينات من التربة خلال فترات زمنية مختلفة لموسمين متتاليين وذلك من كل معاملة مدروسة في الأعماق 5– 10، 10 – 20 ، 20 – 30 سم ومن ذلك تمت دراسة التغيرات التالية :

تغيرات الكثافة الظاهرية للترب :

لقد تم تحديد كثافة التربة في الأعماق المذكورة خلال فترات زمنية مختلفة ولموسمين متتاليين فكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول رقم (2)

جدول –2 : الكثافة الظاهرية لتربة المعاملات المدروسة وعلى أعماق مختلفة خلال موسمين متتاليين .

المعاملة (عمق الحراثة) سم	عمق أخذ العينات سم	الكثافة الظاهرية غ/سم3				Lsd 5%
		الموسم الأول		الموسم الثاني		
		بعد الحراثة مباشرة	بعد 3.5 شهر من الحراثة	بعد 7 شهور من الحراثة	بعد الحراثة مباشرة	بعد 3.5 شهر من الحراثة	
0	10–5 20 – 10 30–20	1.09 1.14 1.31	0.99 1.16 1.3	1.03 1.12 1.28	1.1 1.17 1.29	1.2 1.19 1.34	0.066
10	10–5 20–10 30–20	0.86 1.15 1.32	1.11 1.23 1.32	1.13 1.26 1.37	0.9 1.3 1.34	1.16 1.36 1.42	0.064

20	10−5	0.84	1.04	1.19	0.89	1.13	0.078
	20−10	0.86	1.27	1.27	0.97	1.25	
	30−20	1.31	1.35	1.38	1.37	1.41	
30	10−5	0.84	0.98	1.13	0.84	1.02	0.092
	20−10	0.88	1.19	1.17	1.06	1.17	
	30−20	0.89	1.24	1.25	0.99	1.22	
Lsd 5%		0.063	0.076	0.096	0.093	0.053	

يوضح الجدول (2) أن الكثافة الظاهرية للتربة تزداد بازدياد العمق بشكل عام في أفاق التربة غير المحروثة خلال الموسمين المتتاليين . بينما انخفضت هذه الكثافة في طبقات التربة المحروثة(كمتوسط للمعاملات المحروثة في العمق المحدد) خلال الموسم الأول بشكل معنوي في العمق 5−10 ، 10−20 ، 20−30 سم بمقدار 0.24 ، 0.27 ، 0.42 غ /سم3 على التوالي وبلغ ذلك في المتوسط 0.31غ/سم3 وذلك مقارنة مع نظام اللاحراثة وكما انخفضت الكثافة الظاهرية للتربة بعد الحراثة في الموسم الثاني بمقدار 0.22 ، 0.16 ، 0.3 غ/سم3 للأعماق المحروثة 5−10 ، 10−20 ، 20−30 سم على التوالي وبلغ ذلك في المتوسط 0.23 غ/سم3 مقارنة مع الكثافة الظاهرية للتربة قبل الحراثة في الموسم الثاني .

لقد عادت الكثافة الظاهرية للتربة للارتفاع بعد ثلاثة أشهر ونصف من الحراثة في الموسم الأول وذلك لذات الأعماق المحروثة السابقة الذكر بمقدار 0.2 ، 0.36 ، 0.35 غ/سم3 على التوالي وفي المتوسط بلغ الارتفاع 0.30 غ/سم3 مقارنة بكثافة التربة بعد الحراثة مباشرة في الموسم الأول . وكما ارتفعت الكثافة الظاهرية للتربة في الموسم الثاني بعد ثلاثة أشهر ونصف من الحراثة لذات الموسم وذلك للأعماق المحروثة بمقدار 0.22 ، 0.2 ، 0.23 غ/سم3 على التوالي وفي المتوسط بلغ الارتفاع 0.22 غ/سم3 مقارنة مع كثافة التربة بعد حراثة الموسم الثاني مباشرة . ويلاحظ أيضاً أن كثافة التربة في الأعماق المحروثة بعد سبعة أشهر من الحراثة في الموسم الأول بقيت دون تغيرات معنوية مقارنة مع قيم هذه الكثافة بعد ثلاثة أشهر ونصف من حراثة الموسم الأول .

يتبين من النتائج السابقة أن الكثافة الظاهرية للتربة عند اتباع نظام اللاحراثة تبقى دون تغيرات تذكر وخاصة في الأعماق 10 – 20 و20−30 سم وأن فعل الحراثة في تخفيض الكثافة الظاهرية للتربة يزول تماماً بعد ثلاثة أشهر ونصف من الحراثة للموسمين المتتاليين ويلاحظ أن فعل الحراثة للموسم الثاني في تخفيض الكثافة كان أقل بمقدار 0.08 غ/سم3 مقارنة مع فعل الحراثة للموسم الأول ، وذلك بسبب الأضرار التي لحقت ببناء التربة نتيجة تعاقب الحراثة في الموسمين . وفي المعاملات المحروثة تبين أن كثافة التربة في الطبقة أسفل عمق الحراثة تزداد بشكل معنوي وتستمر في الزيادة لتبلغ قيماً عالية وخاصة بعد حراثة الموسم الثاني بثلاثة أشهر ونصف حيث زادت في العمق 10−20 سم من المعاملة 10سم بمقدار 0.21 غ/سم3 وفي العمق 20−30 سم لذات المعاملة بمقدار 0.1 غ/سم3 ، أما في المعاملة 20 سم فزادت الكثافة في منطقة أسفل الحراثة بمقدار 0.1 غ/سم3 مقارنة مع قيم الكثافة قبل الحراثة الأولى ولذات الأعماق ويعود السبب في ذلك إلى انغسال الطبقات المحروثة وهجرة نواتج الانغسال المختلفة (طين−سلت−أملاح....الخ) وتراكمها في الطبقات التحتية مما يؤدي إلى زيادة وزن وحدة الحجم من التربة وبالتالي ارتفاع قيمة الكثافة الظاهرية للتربة .

تغيرات حجم المسامات الهوائية بقطر أكبر من 10 ميكرون :

يمثل حجم المسامات بقطر أكبر من 10 ميكرون السعة الهوائية للتربة وهي خاصة فيزيائية تعطي فكرة عن حالة بناء التربة وعن مقدرة التربة على القيام بعمليات التبادل الغازي بين التربة والوسط الخارجي وتساهم في زيادة المخزون المائي للتربة

بسبب زيادة نفاذية التربة إضافة إلى ذلك فإن هذه المسامات تزيد من كفاءة انتشار المجموع الجذري وبالتالي مقدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية .

يبين الجدول (3) حجم هذه المسامات وتغيراتها على أعماق مختلفة من الحراثة مقارنة مع نظام اللاحراثة خلال مراحل مختلفة من نمو النبات لموسمين متتاليين .

الجدول –3: حجم المسامات أكبر من 10 ميكرون وتغيراتها على أعماق مختلفة من الحراثة مقارنة مع نظام اللاحراثة خلال مراحل مختلفة من نمو النبات لموسمين متتاليين .

المعاملة (عمق الحراثة) سم	عمق أخذ العينات سم	حجم المسامات أكبر من 10 ميكرون					Lsd 5%
		الموسم الأول			الموسم الثاني		
		بعد الحراثة مباشرة	بعد 3.5 شهر من الحراثة	بعد 7 شهور من الحراثة	بعد الحراثة مباشرة	بعد 3.5 شهر من الحراثة	
0	10–5	27.56	34.83	31.13	26.23	24.2	4.659
	20 – 10	24.9	23.87	25.34	21.68	19.37	
	30–20	14.47	15.17	16.32	15.88	13.03	
10	10–5	38.53	26.85	14.6	40.85	23.89	5.451
	20–10	22.4	19.63	16.94	15.48	8.61	
	30–20	13.7	14.19	11.71	12.82	6.1	
20	10–5	39.44	29.85	21.76	39.5	22.41	4.626
	20–10	39.37	15.03	18.88	34.35	15.79	
	30–20	12.19	9.9	11.24	10.65	6.32	
30	10–5	39.49	35.07	25.32	44.15	32.25	5.873
	20–10	37.55	20.97	22.29	30.05	22.42	
	30–20	18.65	17.22	17.12	32.45	16.15	
Lsd 5%		4.13	5.658	5.698	6.443	3.433	

يوضح الجدول (3) أن السعة الهوائية للتربة باتباع نظام اللاحراثة في العمق الواحد لم يطرأ عليها تغيرات تذكر خلال مراحل نمو النبات في الموسمين المتتاليين وخاصة في العمق 10–20 و20–30 سم وبقيت خارج الحدود الضارة بنمو النبات في جميع الأعماق المدروسة (12%حجماً حسب Czeratzki 1972). وأن السعة الهوائية في طبقات التربة المحروثة في الموسم الأول زادت بشكل معنوي بمقدار 11.59 ، 13.56 ، 24.18 % حجماً (كمتوسط للمعاملات المحروثة في العمق المحدد) للأعماق 5–10 ،10–20 ، 20–30 سم على التوالي وفي المتوسط بلغت الزيادة مقدار 16.44 % حجماً مقارنة مع نظام اللاحراثة لذات الأعماق السابقة في الموسم الأول .

أما في الموسم الثاني فقد كانت الزيادة معنوية في السعة الهوائية للطبقات المحروثة وبلغت 15.27 ، 10.52 ، 16.57 % حجماً للأعماق 5–10 ، 10–20 ، 20–30 سم على التوالي وكانت الزيادة في المتوسط 14.12 % حجماً مقارنة مع نظام اللاحراثة لذات الأعماق في الموسم الثاني . ويلاحظ أن فعالية الحراثة في زيادة السعة الهوائية في الموسم الثاني كانت أقل منها في الموسم الأول . بعد ثلاثة أشهر ونصف من الحراثة في الموسم الأول انخفضت السعة الهوائية لذات

الأعماق السابقة بشكل معنوي بمقدار 8.56 ، 20.47 ، 21.29 % حجماً على التوالي، ويلغ الانخفاض في المتوسط 16.92 % حجماً مقارنة مع السعة الهوائية لذات الأعماق بعد الحراثة مباشرة في الموسم الأول .

وكذلك فإن السعة الهوائية بعد ثلاثة أشهر ونصف من الحراثة في الموسم الثاني انخفضت بشكل معنوي لذات الأعماق المدروسة بمقدار 15.32 ، 13.1 ، 16.3 % حجماً على التوالي وبلغ الانخفاض في المتوسط 14.91 % حجماً مقارنة مع السعة الهوائية لذات الأعماق المدروسة بعد الحراثة مباشرة في الموسم الثاني .

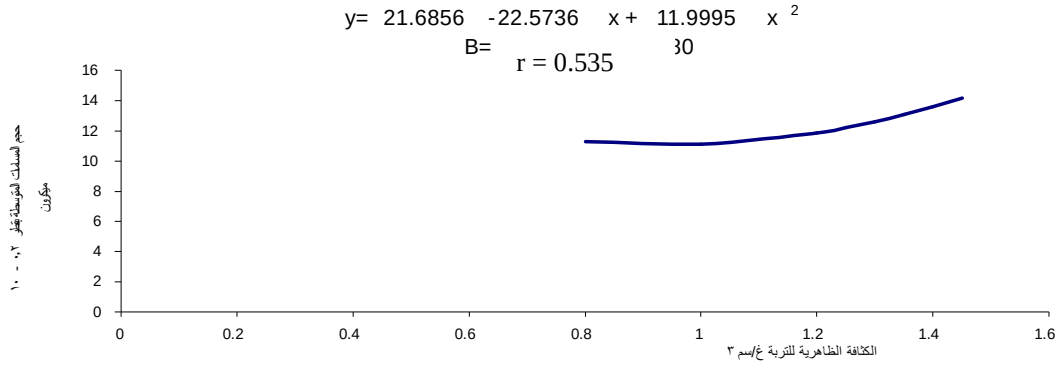
وكما يلاحظ أن السعة الهوائية بعد سبعة أشهر من الحراثة في الموسم الأول استمرت في الانخفاض ولكن بشكل بسيط وغير معنوي مقارنة مع السعة الهوائية بعد ثلاثة أشهر ونصف في الحراثة ولذات الأعماق المدروسة في الموسم الأول وبالاستناد إلى النتائج السابقة يمكن القول أن فعل الحراثة في زيادة السعة الهوائية للتربة يزول تماماً بعد ثلاثة أشهر ونصف من الحراثة في كلا الموسمين وإن السعة الهوائية في طبقات التربة أسفل عمق الحراثة استمرت في الانخفاض الحاد والمعنوي خلال مراحل القياس المختلفة لتصل إلى قيم منخفضة جداً (6.1 % حجماً – 6.32 % حجماً) في المعاملتين حراثة 10 سم و20 سم للعمق 20 – 30 سم خلال الموسم الثاني .

<u>تغيرات حجم المسامات المتوسطة بقطر 0.2 – 10 ميكرون</u>

تعتبر هذه المسامات ذات أهمية كبيرة بالنسبة للنبات لأنها تحوي الماء القابل للامتصاص ويتعلق حجم هذه المسامات بنوع التربة والحالة البنائية لها حيث يزداد في الأتربة السلتية ويقل في الأتربة الرملية والطينية الثقيلة .

درست التغيرات في حجم هذه المسامات للمعاملات المدروسة لموسمين متتاليين فتبين أن هناك تغيرات بسيطة جداً في حجم هذه المسامات مع الإشارة إلى زيادتها قليلاً في طبقات التربة أسفل منطقة الحراثة والتي تبدي كثافة عالية . وتم تحديد العلاقة بين كثافة التربة وحجم هذه المسامات باعتبار أن كثافة التربة تتغير تحت تأثير معاملات الحراثة المختلفة. والعلاقة هي علاقة ارتباط من الدرجة الثانية بلغ فيها معامل الارتباط $r = \sqrt{B} = \sqrt{0.28} = 0.53$ كما هو موضح في الشكل (1) .

الشكل (1) : العلاقة بين كثافة التربة وحجم المسامات المتوسطة.



يتضح من الشكل السابق أن حجم المسامات المتوسطة (0.2 – 10 ميكرون) يزداد بشكل قليل جداً عند الكثافات المنخفضة أقل من 1غ/ سم3 بعد الحراثة مباشرة . ويعود سبب ذلك إلى أن تفكك التربة بفعل الحراثة أدى إلى تحول جزء من المسامات الصغيرة (أقل من 0.2 ميكرون) إلى مسامات متوسطة وكبيرة وكان هذا التحول لصالح المسامات الكبيرة بشكل واضح . وعند الكثافات من 1 – 1.30 غ / سم3 كان التغير في حجم المسامات المتوسطة صغيراً أيضاً وتبدأ الزيادة أكثر وضوحاً عند الكثافات العالية (أكبر من 1.3 غ/سم3) يعود سبب زيادة حجم المسامات المتوسطة إلى زيادة الكثافة الظاهرية للتربة ويرافق ذلك انخفاض في حجم المسام الكلي وخاصة في حجم المسامات الهوائية أكبر من

10ميكرون حيث يتحول جزء منها إلى مسامات متوسطة ومسامات صغيرة ويمكن ملاحظة ذلك عند الكثافات العالية التي تكونت أسفل منطقة الحراثة بسبب تراكم نواتج الإنغسال في المسامات الكبيرة مما أدى إلى زيادة وزن وحدة الحجم من التربة (زيادة الكثافة الظاهرية) .

ويجب أن لا ينظر إلى الزيادة في حجم هذه المسامات والمرتبطة بزيادة الكثافة الظاهرية على أنها صفة إيجابية لأن زيادة الكثافة الظاهرية يرافقه زيادة في مقاومة التربة لاختراق
الجذور ونقص في حجم المسامات الهوائية الذي يرافقه نقص في تأمين المبادلات الغازية اللازمة لنمو وتطور النبات إضافة لذلك فإن هذه الزيادة هي زيادة حجمية للماء القابل للامتصاص الذي يشغل المسامات المتوسطة وليست زيادة وزنية .

تغيرات رطوبة التربة لبعض المعاملات المدروسة خلال مراحل مختلفة من نمو النبات في الموسمين المتتاليين :

قيست رطوبة التربة على أعماق مختلفة للعينات المأخوذة بوساطة مسبار أسطواني خلال مراحل مختلفة من نمو النبات للأعماق 0–10 ، 10–20 ، 20–30 و30–40 شم وتم اختيار معاملة نظام اللاحراثة ومقارنتها بالحراثة على عمق 30سم باعتبار أن الفروقات كانت أكثر وضوحاً من المعاملتين 10 و20 سم . يتضمن الجدول (4) على النتائج .

جدول –4: تغيرات رطوبة الترب للمعاملة بدون حراثة (0) وللمعاملة 30 سم خلال مراحل مختلفة لنمو النبات مقدرة كنسبة مئوية وزناً للموسمين المتتاليين .

الموسم	المعاملة (حراثـــة) سم	العمـــق سم	تاريخ أخذ العينات						
			12/12/ 97	1/13/ 98	2/6	2/16	2/25	3/10	4/1	98/4/15
1997– 1998	0	10–0	30.6	29.55	31.69	24.75	20.26	18.89	31.72	22.40
		20–10	29.2	29.25	32.2	26.05	21.77	18.8	29.04	22.37
		30–20	18.1	29.06	29.33	26.11	21.69	18.98	27.36	22.23
		40–30	28	29	28.3	24.97	22.19	19.16	17.16	22.66
	30	10–0	31.8	30.9	32.5	24	21.85	21.38	32.76	22.84
		20–10	32.5	32.92	34.06	30.11	23.36	22.18	30.41	25
		30–20	30.2	31.92	32.47	29.11	26.27	22.15	28.94	25.64
		40–30	30	31.9	30.6	26.14	23.49	22.09	25.02	22.13
			1/12/ 99	2/14	2/25	3/10	3/18	4/14	4/25	99/5/13
1998– 1999	0	10–0	33.65	33.9	30.54	13.70	19.63	30.47	20.13	15.58
		20–10	32.61	33.76	29.98	19.93	20.98	30.12	22.44	17.07
		30–20	30.77	32.02	27.86	23.31	20.92	29.24	21.55	17.15
		40–30	28.1	27.67	27.70	23.19	20.28	26.95	21.22	16.72
	30	10–0	31.07	31.89	33.81	18.91	20.74	27.08	19.26	13.92
		20–10	31.79	33.35	35.47	22.21	21.10	29.21	21.24	16.11
		30–20	33.14	35.06	34.18	22.81	22.42	28.92	21.92	17.44
		40–30	29.25	33	32.24	23.44	22.31	28.03	20.89	17.66

يتضح من الجدول السابق وجود فروقات في رطوبة التربة لجميع الأعماق المدروسة وخاصة في مراحل النمو الأولى حتى 998/2/6 للموسم الأول وحتى 999/2/25 للموسم الثاني في الأعماق 10–20 ، 20–30 ، 30–40 سم للمعاملتين 0 و30 سم ويلاحظ زيادة رطوبة التربة بعد موعد الحراثة في المعاملة 30 ولجميع الأعماق المذكورة مقارنة مع ذات الأعماق لنظام اللاحراثة . وقد يعود السبب إلى زيادة نفاذية التربة في المعاملة 30سم بعد الحراثة مباشرة وبالتالي زيادة مخزونها المائي أما في المراحل المتقدمة من نمو النبات فيتضح أن هذه الفروقات استمرت خلال مراحل النمو في الموسم الأول حيث كانت رطوبة التربة في معاملة نظام اللاحراثة أخفض بالمقارنة مع معاملة 30 سم وذلك بسبب أن امتصاص النبات للماء في معاملة نظام اللاحراثة كان أفضل . وانعكس ذلك بشكل إيجابي على الإنتاجية حيث كانت الإنتاجية هنا أفضل مقارنة مع إنتاجية المعاملة 30).

أما في الموسم الثاني فإن الفرق في رطوبة التربة للمعاملتين المذكورتين قد تقلص بسبب تحسن ظروف امتصاص النبات للماء في المعاملة 30سم نتيجة لإعادة التربة الزراعية المدفونة في الأعماق بحراثة الموسم الأول إلى منطقة انتشار الجذور خلال حراثة الموسم الثاني ولذلك لم يكن هناك فروق معنوية في إنتاجية الموسم الثاني للمعاملتين المذكورتين (انظر الفقرة 3 – 5) .

تأثير أعماق مختلفة من الحراثة على إنتاجية نبات القمح من الحبوب لموسمين متتاليين :

بعد نضج الحبوب تم حصاد النباتات لعينات عشوائية من جميع مكررات التجربة بواقع 2م2 من كل مكرر . نقلت العينات إلى المخبر وفصلت الحبوب يدوياً من السنابل والجدول (5) يتضمن نتائج إنتاجية النبات من الحبوب لكل من معاملات التجربة لموسمين متتاليين :

جدول–5: : الإنتاجية كغ/ دونم من الحبوب لمعاملات التجربة لموسمين متتاليين.

المعاملة	الموسم	الأول	الموسم	الثاني	متوسط الإنتاجية
(عمق الحراثة) سم	كغ / دونم	%	كغ / دونم	%	للموسمين %
0	320.36	100	390.16	100	100
10	332.32	103.73	369.19	94.62	99.18
20	326.48	101.91	161.41	92.63	97.27
30	291.5	90.99	384.95	98.66	94.83
Lsd5%	20.684	6.459	19.219	4.926	4.728

يوضح الجدول (5) أن إنتاجية نبات القمح من الحبوب في الموسم الأول بلغت عند إتباع نظام اللاحراثة 320.36 كغ/دونم وزاد الإنتاج بشكل معنوي في المعاملة التي حرثت على عمق 10سم وكذلك في المعاملة التي حرثت على عمق 20سم بمقدار 3.73 ، 2 % على التوالي .

أما في المعاملة التي حرثت على عمق 30 سم فكان الانخفاض في الإنتاجية معنوياً حيث بلغ 9% مقارنة مع نظام اللاحراثة . قد يعود سبب هذا الانخفاض أن الحراثة المطرحية على عمق 30سم تؤدي إلى إخراج طبقات التربة التحتية والفقيرة بالعناصر الغذائية والمواد العضوية وطرحها جزئياً في منطقة انتشار الجذور بالإضافة إلى سهولة إنغسال العناصر الغذائية منها وتراكمها في طبقات التربة التحتية نتيجة النفاذية العالية للتربة المحروثة .

أما في الموسم الثاني فإن الإنتاجية من الحبوب كانت في المعاملة غير المحروثة أفضل من المعاملات الأخرى المحروثة حيث بلغت 390.16 كغ /دونم وبالمقارنة فإن الإنتاجية في المعاملتين المحروثتين على عمق 10 و20 سم انخفضت

بشكل معنوي بمقدار 5.38 ، 7.37 % على التوالي . وفي المعاملة التي حرثت على عمق 30سم فكان الانخفاض بسيطاً جداً وغير معنوي (1.34 %) .

يعود سبب انخفاض الإنتاجية للمعاملتين المحروثتين على عمق 10 و20 سم على التوالي إلى زيادة الكثافة الظاهرية للتربة أسفل الطبقة المحروثة حيث بلغت هذه الزيادة قيماً عالية جداً وخاصة بعد الحراثة في الموسم الثاني مما رافق ذلك انخفاض حاد في حجم المسامات الهوائية بقطر أكبر من 10 ميكرون ويؤدي ذلك إلى زيادة مقاومة التربة لاختراق الجذور بالإضافة إلى حدوث خلل في التوازن بين الطورين السائل والغازي .

وكما يلاحظ أن الإنتاجية زادت بشكل غير معنوي في المعاملة التي نفذت على عمق 30سم . ولكن عند مقارنة إنتاجية المعاملة التي حرثت على عمق 30سم في الموسمين نلاحظ زيادتها في الموسم الثاني عنها في الموسم الأول وقد يعود السبب إلى عودة ترتيب طبقات التربة بشكل جزئي إلى الوضع الطبيعي الذي كان سائداً قبل الحراثة في الموسم الأول . وإلى تعرض التربة المنقولة من الطبقة التحتية أثناء حراثة الموسم الأول لعوامل حيوية وبيئية جعلتها أكثر مقدرة على مد النباتات بالعناصر الغذائية .

عند حساب متوسط الإنتاجية كنسبة مئوية للموسمين المتتاليين نلاحظ أن المعاملة غير المحروثة أعطت أفضل إنتاجية ولكن الفروق في الإنتاجية بينها وبين المعاملتين المحروثتين على عمق 10 و20 سم على التوالي كانت غير معنوية أما الفرق في الإنتاجية بين المعاملة غير المحروثة والمحروثة على عمق 30سم كان معنوياً ولصالح إنتاجية المعاملة غير المحروثة حيث بلغ الفرق حوالي 5% .

توضح النتائج السابقة أن الحراثات المطرحية المتتالية على عمق ثابت يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية بدأً من الموسم الثاني عند الحراثة على عمق 10 و20 سم . وأن اتباع نظام اللاحراثة يعطي أفضل إنتاجية من الحبوب لنبات القمح صنف شام 3 في ظروف المنطقة الساحلية المشابهة لظروف التجربة . وهذا مؤشر أولي يحتاج الى تجارب أكثر ولمناطق أوسع للوصول الى توصية بخصوص الحد من عمليات الحراثة ، وفي ذلك حفاظ على ثباتية واستقرار بناء التربة وتوفير في المحروقات والتكاليف الأخرى مثل اليد العاملة وكذلك اختصار الزمن اللازم لتنفيذ العمليات اللازمة للزراعة بالإضافة إلى حماية التربة من أثر الضغط الناتج عن استعمال المعدات والآلات الزراعية اللازمة لتحضير التربة الزراعية .

المراجع:

.....

1- Ankeny, M. D. ; Kaspar, C. K . ; Horton, R 1990 – Characterization of tillage effects on unconfined infiltration measurments. Soil sci. Sco. Am. s. 54, 837 –840.

2- Arshad, M. A; Franluebbers, A. J ; Gill, K. S. . 1999 – Imporoving barley yield on an acidic Boralf with crop rotation, Lime, and Zero tillage. Soil and tillage Research 50, 47 – 53 .

3-Borin,M.; Menini, C.;Sartori,L.1997- Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north- eastern Italy . Soil and Tillge Research 40,209-226 .
4- Brunotte,j.;Gerschan,M.; Joschk,M.; Knusting,E.;Sommer,C.1992-Zum Einffluss Von Mulchsaat zu Zuckerrueben auf den Regenwurmbestand- Zuckrruebe 41,116-119(Germany) .
5- Campbell, C. A. ; Thomas, A. G ; Biederbecb. V. O. ; Mc Conkey, B. G. ; Selles, F. ; Spurr, D. ; Zentner, R. P. 1998 – Converting from no, tillage to pre – seeding tillage: Influence on weeds, Spring wheat grain yields and N, and Soil quality . soil and Tillage Res . 46, 175 – 185 .
6- Chan, K. y. ; Mead, J. A. 1989 – Water movement and macroporosity of an Australian alfisol under different tillage and pasture condions. Soil and tillage Res. 14, 301 – 310.
7- Czeratzki, W; 1972 – Die Anspruche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand. Landbauforschung. Völkenrode 22 (Germany).
8- Drew, J. L ; Water, W. S. ; Randall, E. B. 1998 – Crop production and Soil water storage in long – term winter wheat – fallow tillage experiments. Soil and Tillage Res. 49, 19 – 27.
9- Ehlers, W. 1975 – observation, on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess Soil. Soil sci. 119, 242 – 249.
10- Erkki, A. 1999 – Effects of shallow tillage on physical properties of clay soil and growth of spring cereals in dry and moist summers in southern Finland. Soil and Tillage Res. 50, 169 – 176.
11- Gomez, J. A. ; Giraldez, M. ; Pastor, E. ; Fereres, E. 1999 – Effects of tillage method on soil physical properties, infltration and yield in an olive orchard. Soil and Tillage Res. 52, 167 – 175.
12-Hakansson,I.; Stenberg,M.; Rydberg,T.1998-Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden . Soil and Tillage Research 46,209-223.
13- Heard, J. R. ; Kladivko, E. J ; Mannering, J. V. 1988 – Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long – term conservation tillage in Indiana. soil and Tillage Res. 11, 1 – 18.
14- Holt, J. A. ; Robertson, L. N. ; Radford, B. J. 1993 – Effect of tillage and stubble residue treatments on termite activity in two central queensland Vertisols. Aust. J. Soil Res. 31, 311 – 317.
15-Lopez,M.;Sabre, M.; Gracia,R.; Arrue,J.; Gomes,L. 1998- Tillage effects on soil surface condition and dust emission by wind erosion in semiarid Aragon (NE Spain) . Soil and Tillage Research 45,91-105 .
16- Mc Garry, D. ; Bridge, B. J. ; Radford, B. J. 2000 – contrasting soil physical properties after Zero and traditional tillage of on alluvial soil in the semi – arid subtropics. Soil and Tillage Res. 53, 105 – 115.
17-Mielke,L.; Wilhelm,.1998-Comparisons of soil physical characteristics in long-term tillage winter wheat-fallow tillage experiments. . Soil and Tillage Research 49,29-35.
18-Moreno,F.; Pelegrin,F.; Fernandez,J.; Murillo,J.1997-Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. .Soil and Tillage Research 41,25-42.
19- Radford, B. J. ; Key, A. J; Robertson, L . N. ; Thomas, G. A 1995 – Conservation tillage increases soil water storage, soil animal populations, grain yield and response to fertiliser in the semiarid subtropics. Aust. J . Exp. Agric. 35, 223 – 232.
20-Sidiras,N.;Henklain,J.; Derpsch,R.1984-Vergleich von drei Bodenbearbeitungsverfahren in bezug auf einige physikalische Eigenschaften.Boden- und Wasserkonservierung und Ertraege von Soja und Weizen auf einem Oxisol . Z.Acker- und Pflanzenbau 151,137-148. Grmany.

21- Sijtsma,C.;Campbell, A.; McLaughlin,N.; Carter,M.1998- Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale . . Soil and Tillage Research 49,223-231.
22- Singh,B.;Chanasyk,D.; McGill,W.1998-Soil water regime under barley with long – term tillage – residue systems . . Soil and Tillage Research 45,59-74.
23- Sommer, C. 1999 – Konservierende Bodenbearbeitung – ein Konzept zur losung agrarrelevanter Boden - schutzprobleme. Bodenschutz . 1, 15 – 19.
24- Varsa, E. C. ; Chong, S. K. ; Abolaji. J . O. ; Farquhar, D. A. ; Olsen, F. J. 1997– Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (Zea mays l.) root growth and production . Soil and tillage Res. 43, 219 – 228.