مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

Evaluation of local conservation planter performance to sow the lentil and compare it with the traditional cultivation with grain drill

Dr. Muhammad Nour Al-dean Al-Tenbi*
Mountaha Selo**

(Received 13 / 1 / 2019. Accepted 27 / 2 /2019)

□ ABSTRACT □

The conservation agriculture system preserves a set of agricultural concepts and practices that are interactive and complementary to each other, where the cultivation is done by a machine that ensures that the soil is not moved and thus maintains its moisture by leaving the crop residue on its surface which contributes to changing the physical and chemical structure of the soil.

This research was carried out with the aim of testing a conservation planter (direct sow without tillage) for planting lentils and comparing it with conventional agriculture (tillage plowing + grain drill) by influencing the bulk density of the soil and soil compression, which is reflected in the growth of the plant and appears in the production of the final crop.

The results showed that:

- The bulk density of the conservation planter at a depth of (10-20 cm) is slightly higher than that of the grain drill (traditional farming system). There are no significant differences between the two treatments.
- The values of soil penetration resistance using the conservation planter is slightly higher than using the grain drill, and there are no significant differences. This corresponds to the density values.
- The prevalence of transverse and longitudinal roots in traditional agriculture (using the grain drill) is superior to that of conservation agriculture (using a conservation planter).
- There are little significant differences in total weight (lentils + straw), weight of lentils and straw weight, between traditional agriculture using the grain drill and conservation agriculture using the conservation planter.

Key words: conservation agriculture, grain drill, conservation planter, bulk density, soil compression, lentil cultivation.

* **Associated Professor, department of Rural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Aleppo University, Aleppo, Syria.**
** **Master Student, department of Rural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Aleppo University, Aleppo, Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

تقييم أداء آلة زراعة حافظة محلية الصنع لزراعة العدس ومقارنتها بالزراعة التقليدية بآلة تسطير الحبوب

الدكتور محمد نور الدين التنبي*
منتهى سلو**

(تاريخ الإيداع 13 / 1 / 2019. قبل للنشر في 27 / 2 / 2019)

□ ملخّص □

يمثل نظام الزراعة الحافظة مجموعة مفاهيم وممارسات زراعية متفاعلة ومكملة لبعضها البعض، حيث تتم الزراعة بواسطة آلة زراعة (بذارة) آلية تضمن عدم تحريك التربة وبالتالي المحافظة على رطوبتها من خلال ترك بقايا المحاصيل على سطحها والذي بدوره يساهم في تغيير البنية الفيزيائية والكيميائية للتربة.

أجري هذا البحث بهدف اختبار آلة زراعة حافظة (زراعة مباشرة دون حرث) محلية الصنع لزراعة محصول العدس ومقارنتها مع الزراعة التقليدية (حراثة بالمحراث الحفار + الزراعة بآلة تسطير الحبوب) من خلال التأثير على كثافة التربة الظاهرية وانضغاط التربة والذي ينعكس على نمو النبات ويظهر في إنتاج المحصول النهائي.

أظهرت النتائج أن:

– قيم الكثافة الظاهرية باستخدام آلة الزراعة الحافظة على عمق من (10 – 20 سم) أعلى بقليل مما هي عليه باستخدام آلة التسطير (نظام الزراعة التقليدية)، حيث لا توجد فروق معنوية بين المعاملتين.

– قيم مقاومة اختراق التربة باستخدام آلة الزراعة الحافظة أعلى بقليل مما هي عليه باستخدام آلة التسطير، ولا يوجد فروق ، وهذا يتوافق مع قيم الكثافة الظاهرية.

– انتشار الجذور العرضي والطولي في الزراعة التقليدية (باستخدام آلة التسطير) يتفوق على الزراعة الحافظة (باستخدام آلة الزراعة الحافظة) وبنسبة كبيرة.

– هناك فروق بسيطة في الوزن الكلي (حبوب العدس + القش)، وزن حبوب العدس، وكذلك وزن القش، ما بين الزراعة التقليدية باستخدام آلة التسطير والزراعة الحافظة باستخدام آلة الزراعة الحافظة.

الكلمات المفتاحية: الزراعة الحافظة، آلة التسطير، آلة الزراعة الحافظة، الكثافة الظاهرية، انضغاط التربة، زراعة العدس.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الريفية كلية الهندسة الزراعية – جامعة حلب – حلب – سورية.
** طالبة دراسات عليا (ماجستير) في قسم الهندسة الريفية كلية الهندسة الزراعية – جامعة حلب – حلب – سورية.

مقدمة:

يمثل نظام الزراعة الحافظة مجموعة مفاهيم وممارسات زراعية متفاعلة مع بعضها البعض ومكملة لبعضها، لقد أدى التطور التقني في مجال المكننة الزراعية والطلب المتزايد على الغذاء إلى استثمار الأراضي الزراعية بشكل غير متوازن مما أدى لإخراج مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية، لذا كان لابد من التوجه إلى الطبيعة والعودة إلى النظام البيئي المتكامل والذي يسود الغابات والمراعي الطبيعية ومن هنا أتت فكرة نظام الزراعة الحافظة (الزراعة دون حراثة) للحفاظ على التربة من التدهور والتعرية والانجراف وكذلك الحفاظ على الموارد الطبيعية.

تتم الزراعة في نظام الزراعة الحافظة بواسطة آلة زراعة (بذارة) آلية تضمن عدم تحريك التربة وبالتالي المحافظة على رطوبتها من خلال ترك بقايا المحاصيل على سطحها والذي بدوره يساهم في تغيير البنية الفيزيائية والكيميائية للتربة لأن الحراثة التقليدية تجعل التربة طبقة صماء، كما يتم الحفاظ على الأحياء الدقيقة داخل التربة التي يمكن أن تقتلها أشعة الشمس في الحراثة العادية، والإبقاء المخلفات على سطح التربة والزراعة (البذر) المباشر دون إثارة للتربة مع مكافحة الأعشاب كيميائياً باستخدام المبيدات العشبية قبل وأثناء الزراعة وخلال مراحل النمو، ويحذر من الحراثة المتكررة للأراضي باعتباره من أهم أسباب تدهور الترب الزراعية.

قوام هذا النظام: 1- عدم حراثة التربة وقلبها على الإطلاق، أو عمل حراثة بسيطة. 2- توفير غطاء دائم للتربة بترك بقايا المحاصيل السابقة لتغطية التربة. 3– تصميم دورات زراعية ملائمة ومتنوعة للمحاصيل المختلفة.

يطبق هذا النظام في حوالي (95) مليون هكتار في العالم، وذلك للحد من انجراف التربة وتحسين نوعية وكمية المواد العضوية وتقليل تكاليف المخصبات والأسمدة وتخفيض احتياجات الطاقة والقوة العاملة والمحافظة على المحتوى المائي للتربة.

أهمية البحث وأهدافه:

اختبار آلة زراعة حافظة (زراعة مباشرة دون حرث) لزراعة العدس ضمن الظروف السورية ومقارنتها مع الزراعة التقليدية (حراثة بالمحراث الحفار + الزراعة بآلة تسطير الحبوب) وذلك من خلال التأثير على كثافة التربة الظاهرية وكذلك انضغاط التربة والذي ينعكس على نمو النبات ويظهر في إنتاج المحصول في النهاية.

الدراسة المرجعية:

يعتبر البعض أن استخدام آلة الزراعة الحافظة أفضل من آلات الزراعة التقليدية لأنها تحد من عمليات التعرية وتقلل من استهلاك السماد وكذلك الحاجة للري، وتحول دون نمو الأعشاب وتحمي الكائنات الدقيقة في التربة وتؤدي لخفض الزمن والعمالة اللازمين لتهيئة التربة، كما أنها تحد من استهلاك الوقود وتقلل تلوث الهواء، إضافة لانخفاض الحاجة للمواد السمادية الكيماوية، وأخيراً زيادة دخل المزارع. فمن غير المعقول

الاعتماد على آلات الزراعة التقليدية كأفضلية، حيث تُجنى الفوائد على المدى القصير فقط، وقد لاقت آلات الزراعة الحافظة العديد من النجاحات في مختلف أنحاء العالم يقابلها العديد من الإخفاقات أيضاً.

وقد أوضحت الدراسات بأن استخدام آلات الزراعة الحافظة بتقنية الحراثة المخفضة أو المبسطة مع الزراعة المباشرة قديمة جداً، فقد وجد في أمريكا الجنوبية معدات للزراعة المباشرة تُجر بواسطة الحيوانات، وبعد إدخال الجرار تم تطبيقها منذ زمن يزيد عن (60 سنة) في كندا والولايات المتحدة، حيث كان انجراف التربة وشح الماء هما السببان الرئيسيان في ذلك. أما في أوربا فإن تطبيق الحراثة المبسطة استخدم فقط منذ (35 سنة) وبدرجات متفاوتة من النجاح، (Sandretto, 2001).

تمت الاستفادة من تطبيق الحراثة الدنيا في أوربا منذ عام 1970 وبداية عام 1980 وبعد ذلك قل استخدامها بسبب مشاكل الأعشاب وفي بعض الحالات تدني الإنتاج. بالرغم من ذلك فقد تجدد البحث في تطبيق الحراثات الدنيا المبسطة في السنوات العشرين الماضية في جميع أنحاء العالم بحثاً عن حلول للمشاكل التي ظهرت في بداية تطبيقها وإدخال تقنيات حديثة، (AIR, 1998)، (Davies, 1989).

تعتبر الحراثات المبسطة مجال واسع جداً يتطلب وضع مواصفات نوعية مفصلة لمكونات الآلة المتخصصة بما يتناسب مع كل منطقة من حيث الظروف البيئية من مناخ وتربة أي أنه لا يوجد محراث أو آلة زراعة للزراعة المباشرة تعمل في جميع الظروف، حيث هناك تخصص لهذه الآلات، إن الزراعة المباشرة أو الحراثة الصفرية دون أية حراثات مسبقة يعتبر أقل درجة من الحراثات المبسطة، وهناك العديد من الخيارات للمركبات الآلية تقع ما بين الحراثة المبسطة والحراثة التقليدية التي تستخدم الحراثة الأولية في قلب التربة أولاً واستخدام محاريث متعددة للوصول إلى تهيئة مهد البذرة المناسب قبل الزراعة، (Phillips et al., 1980).

كان هناك شك في عام 1973 يحيط بعملية حراثة التربة، ولم يجد الباحثون مبرراً لعمليات الحراثة سوى إثارة التربة بالحد الأدنى لتأمين مهد البذرة المناسب وتسهيل عملية نمو وامتداد المجموع الجذري، (Keen and Russel, 1973).

وجد أن تقليل عمليات الحراثة يؤدي إلى زيادة محتوى التربة من المياه المتاحة للنبات مع زيادة المادة العضوية في التربة، كما يحدث انخفاض في امتصاص الماء والعناصر الغذائية بنسبة (20 %) في الترب ذات البنية المتدهورة والمضغوطة بفعل مرور الآلات الزراعية مقارنة مع الترب الجيدة البناء، (Bescansa et al., 2006).

ففي دراسة لمقارنة ثلاث طرق من طرق الحراثة والزراعة وتأثيرها على الإنتاج (حراثة تقليدية، حراثة مخفضة، دون حراثة "حراثة الصفرية") تبين أن هناك انخفاض في الإنتاج حصل بعد ثمان سنوات من تطبيق نظام الزراعة المخفضة، وذلك يعود بشكل رئيسي للانضغاط التربة.

إلا أنه يمكن إزالة انضغاط التربة باستخدام الآلات المناسبة كالمحراث الحفار الكبير لكسر الطبقات المضغوطة ويجب عدم استخدام المحاريث القلابة المطرحية في تلك العملية لأن لها تأثيرات سلبية في تدهور التربة وفي سرعة تحلل المادة العضوية، وفي النتيجة يمكن للحراثة المخفضة لو طبقت بشكل جيد وخاصة

بالنسبة لكسر الطبقة الصماء إن وجدت إعطاء إنتاج جيد مقارباً للإنتاج الذي استخدم فيه نظام الحراثة التقليدية، (Melero et al 2009).

يحدث انضغاط التربة نتيجة مرور الآليات وبفعل الحمولات المختلفة المطبقة على سطح التربة، فيقل الحجم الذي تشغله حبيبات التربة ويتغير بنائها ويختلف حجم المسامات، حيث تقوم حبيبات التربة بالتزاحم فيما بينها لإغلاق فراغات التربة وإنقاص مساماتها، ويعتمد مقدار الانضغاط على نوع التربة ونسبة رطوبتها ومقدار الوزن المطبق عليها ومحتواها من المادة العضوية. وتتلخص خاصية انضغاط التربة في قابلية التربة إلى درجة كبيرة لتغير بنيتها تحت تأثير المؤثرات الخارجية إلى بنية أكثر اندماجاً وتراصاً على حساب انخفاض مسامية التربة، ويحدث الانضغاط بشكل طبيعي بسبب العوامل الميكانيكية التي تحدثها الآلات الزراعية التي تملك الأثر الأكثر خطورة على انضغاط التربة، (Vanden Akker et al., 2003).

يوجد تعارض بين انضغاط التربة والعمليات الزراعية، على الرغم من ذلك فهناك حاجة ماسة لتحديد نظام أمثل يوفق بين العمليات الزراعية وانضغاط التربة، علماً بأن ضغط خفيف للتربة بعد عملية الزراعة أمر مرغوب فيه لتحسين نسبة الإنبات، (Hamza and Anderson, 2005).

فالاستخدام المكثف للآلات الزراعية الثقيلة في خدمة التربة يؤدي إلى انضغاطها، وبالتالي رفع قيمة كثافتها الظاهرية من جهة وانخفاض معدل رشح الماء من سطح التربة نحو الأسفل من جهة ثانية، والاستخدام المتكرر للآلات الزراعية يؤدي تدريجياً إلى انضغاط التربة عند مستويات معينة مما يعيق نمو وانتشار الجذور بسبب ارتفاع الكثافة الظاهرية مما يؤثر سلباً على إنتاجية المحصول، (Berli et al., 2004).

إن مقاومة اختراق التربة حساسة جداً لتغير الكثافة الظاهرية، فتغير الكثافة الظاهرية من (1.3 إلى 1.45 غ/سم^3) أدى إلى لتغير مقاومة اختراق التربة لحوالي (18 %)، وتتغير مقاومة اختراق التربة بشكل واضح عندما تكون الكثافة الظاهرية أكبر من (1.6 غ/سم^3)، حيث تنخفض مقاومة اختراق التربة بنسبة (100 %) عندما تنخفض الكثافة الظاهرية بنسبة (70 %)، (Whitmore et al., 2010).

يؤدي استخدام آلات الزراعة الحافظة والحراثة الصفرية لمدة طويلة إلى انضغاط التربة، والذي يؤثر على رشح الماء وعلى إنبات البذور، وتُحل هذه المشكلة باستخدام المحراث الحفار أو القلاب المطرحي دون ترك آثار سلبية على التربة، ويعتمد أثر الحراثة على تكرارها وعمقها وعلى قوام التربة، (Six et al., 2002)، (Cookson et al., 2008).

وفي المقابل فقد ثبت أن استخدام آلة الزراعة الحافظة والحراثة الصفرية له دور كبير في تحسن خواص التربة الكيمائية، حيث تعمل على زيادة توفير العناصر الغذائية للنبات، بالإضافة لزيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، (Pierce and Rice, 1998). كما أن استخدام آلة الزراعة الحافظة والحراثة الصفرية أعطى للتربة ثباتاً أكثر من نظام الزراعة التقليدية وذلك لفترات قصيرة الأمد، (Wilkins et al., 2002).

هناك العديد من التأثيرات لاستخدام آلة الزراعة الحافظة والحراثة المخفضة على المواصفات الفيزيائية والكيمائية والحيوية. وذلك بالمقارنة مع الحراثة التقليدية، إضافة إلى أن استخدام الحراثة المخفضة يحسن من

بناء التربة مما يسمح بتهوية التربة بشكل أفضل ويزيد من النشاط البكتيري فيها، (Moreno et al., 1997)، (Melero et al., 2009).

أما الاستخدام المتكرر لآلة الزراعة الحافظة والحراثة الصفرية أو المخفضة فيؤدي إلى انضغاط التربة، الأمر الذي يؤثر على كل من رشح الماء وإنبات البذور، وهنا لابد من التدخل باستخدام المحراث لإقلال انضغاط التربة، ولا ينصح باستخدام المحاريث القلابة، (Cantero-Martinez et al., 2003)، (Acosta-Martinz et al., 2007).

تزداد الكثافة الظاهرية للتربة في منطقة الحراثة ومنطقة أسفل التربة بزيادة وزن المركب الآلي وتكرار مروره فوق سطح التربة، حيث تكرار مرور عجلات المحاريث فوق سطح التربة الطينية يؤدي لزيادة الكثافة الظاهرية بشكل كبير على أعماق (20 – 30 سم) وبالتالي تحد من نمو وانتشار المجموع الجذري إلى الأعماق المناسبة للحصول على الماء والمواد الغذائية لنمو النبات، (Abu- Hamdeh et al., 2000)، (Abu-Hamdeh and Al-Widyan, 2000).

ومن أهم فوائد استخدام آلات الزراعة الحافظة وتقليل عمليات الحراثة زيادة تخزين المواد العضوية في التربة، (West and Post, 2002)، (Al-Kaisi et al, 2005). فمع إبقاء مخلفات المحاصيل الزراعية السابقة باستخدام آلة الزراعة الحافظة يزداد محتوى المادة العضوية في التربة، ويقتصر هذا على الطبقة السطحية في البداية، ولكن مع مرور الوقت سوف يمتد إلى الطبقات السفلية والعميقة من التربة، وهنا تلعب المادة العضوية دوراً هاماً في زيادة خصوبة التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء، (Friedrich and McGarry, 2008).

تبين باستخدام آلة الزراعة الحافظة خلال السنوات الأولى زيادة في محتوى التربة من المواد العضوية من خلال تحلل الجذور وبقايا المحاصيل السابقة على سطح التربة، وهذا مما يزيد من احتباس الكربون بالتربة ويؤدي لخفض معدل ارتفاع درجة حرارة الأرض بمعدل الضعف مقارنة بالحراثة التقليدية، (Bhatia et al., 2010).

تعطي آلات الزراعة الحافظة إنتاجا مشابهاً أو أعلى قليلاً مقارنة مع استخدام آلات الزراعة التقليدية، وتعزى هذه الزيادة إلى المحافظة على رطوبة التربة واستخدامها بشكل أفضل من قبل النبات وبالتالي تهيئة الظروف لنمو أفضل للمحصول وبناء كتلة حيوية أكبر، (Blevins et al., 1983)، (Dick et al., 1991)، (Chen et al., 2002)، (Derpsch, 2008).

يرى البعض أن استخدام آلة الزراعة الحافظة مقارنة بالآلات التقليدية أكثر استقراراً لإنتاجية المحاصيل على المدى المتوسط والبعيد، ويرى أخرون أن الإنتاج متغير على المدى القصير، فقد يكون إيجابياً أو سلبياً أو محايداً، والتأثيرات السلبية على المدى القصير المتمثلة بنقص الإنتاجية تعيق تبني استخدام آلة الزراعة الحافظة من قبل المزارعين، (AFCTN, 2009)، (Giller et al., 2009).

إن الاختلاف في استجابة المحاصيل عند زراعتها بآلة الزراعة الحافظة على المدى القصير يكون نتيجة متطلبات المحصول التي تتأثر بخواص التربة والمناخ ومعدل رشح المياه وانخفاض الجريان السطحي للماء والتعرية ونقص التبخر، (Temesgen et al, 2008).

وعلى الرغم من توفر الماء بالتربة مع استخدام آلة الزراعة الحافظة لا يمكن الحصول على الإنتاجية المثالية للمحصول بسبب نقص بعض المواد الغذائية من التربة على المدى القصير، حيث أظهرت تجربة باستخدام آلة الزراعة الحافظة والحراثة الصفرية وعلى مدى ست سنوات لزراعة محصولي القمح والعدس عدم وجود تحسن يذكر في إنتاجية المحصول، (Erkossa et al, 2006).

يخفض استعمال ألة الزراعة الحافظة من العمليات الزراعية وبالتالي من الطاقة المطلوبة لإتمام تلك العمليات وخاصة في ظل تناقص مصادر الطاقة وارتفاع أسعارها، كما تقلل من تكاليف الإنتاج الكلية بتوفير تكاليف حراثتين على الأقل، ففي تجربة بالبرازيل تبين أن كمية الوقود المستهلكة في القطع التجريبية المزروعة بالطرق التقليدية (42.3 ل/هكتار) مقارنة مع كمية الوقود المستهلك باستخدام آلة الزراعة الحافظة التي استهلكت (13.9 ل/هكتار)، (Derpsch et., 2006).

من الممكن توفير (70 %) من الطاقة الميكانيكية واليد العاملة باستخدام آلة الزراعة الحافظة دون أن يتأثر الإنتاج بشكل معنوي، كما وجد انخفاضاً في استهلاك الوقود بنسبة (54 %) في الحراثة المخفضة، وقد تصل على (71 %) باستخدام آلة الزراعة الحافظة والحراثة الصفرية مقارنة بالحراثة التقليدية، (Ball, 1998).

إن استخدام آلة الزراعة الحافظة يهدف إلى معالجة تدهور التربة بالدرجة الأولى والناتج عن الممارسات الزراعية المتكررة والتي تستنفذ المحتوى الغذائي للتربة، ومعالجة متطلبات العمل المكثف واحتياجات الطاقة وخاصة في الحيازات الصغيرة، (Triplett and Warren, 2008).

وجد في ألمانيا لتجربة امتدت (18 سنة) بأن استهلاك الوقود في الزراعة التقليدية وباستخدام المحاريث يمكن أن يصل إلى (35 ل/هكتار) مقابل (14 – 25 ل/هكتار) في الزراعة بآلات الزراعة الحافظة دون حراثة أو بحراثة مخفضة، كذلك الوضع بالنسبة لليد العاملة التي كانت (2 سا/هكتار) بالزراعة التقليدية بينما انخفضت إلى (0.7 – 1 سا/هكتار) في الزراعة بآلات الزراعة الحافظة دون حراثة أو بحراثة مخفضة، (Tebrugge and During, 1999).

تنخفض تكاليف العمليات الزراعية باستخدام آلة الزراعة الحافظة مع الحراثة المخفضة مقارنة مع الزراعة التقليدية بآلة التسطير العادية إلى (22 %) وتصل إلى (47 %) باستخدام آلة الزراعة الحافظة دون حراثة مطلقاً، (Harper, 1996).

وبشكل عام هناك انخفاض في كل من استهلاك الوقود واليد العاملة بنسب تتراوح ما بين (35 – 75 %) عن طريق خفض الحراثات باستعمال آلات الزراعة الحافظة، حيث أظهرت العديد من التجارب أن الزراعة التقليدية تحتاج ثلاثة أضعاف العمل مقارنة بالزراعة الحافظة، (Siziba, 2008).

يسعى اليوم العديد من المزارعين في البلدان النامية إلى استخدام آلات الزراعة الحافظة، علماً أنها قد لا تكون بشكل دائم قادرة على تحقيق زيادة في الإنتاج والسيطرة على الأعشاب الضارة، إلا أنها حكما قادرة على تخفيض تكاليف الإنتاج وتوفير الوقت، (FAO, 2008).

وجد فروقات معنوية في الإقلال من كل من اليد العاملة واستخدام الآلات والطاقة وذلك عند الانتقال من الزراعة التقليدية إلى الحراثة الصفرية (الزراعة الحافظة) وأن احتياجات اليد العاملة تراوحت بين (1 – 1.5

عامل/هكتار) بالنسبة للزراعة التقليدية وما بين (0.2 – 0.7 عامل/هكتار) بالنسبة للحراثة الصفرية (الزراعة الحافظة)، (CTIC, 2002).

إن أحد أهداف الحراثات الدنيا هو الإقلال من انبعاث غاز ثنائي أوكسيد الكربون، حيث يصل متوسط استهلاك الديزل في الأراضي الزراعية إلى (107 ل/هكتار) وهذا يكافئ انبعاث كمية من غاز ثاني أوكسيد الكربون قدره (284 كغ/هكتار) وبالتالي فإن الإقلال من عدد العمليات الزراعية اللازمة لتهيئة مهدد البذرة سيساعد بالتأكيد على الإقلال من انبعاث غاز ثاني أوكسيد الكربون وحفظ البيئة، (EAP, 1990)

إن تأثير نظام الزراعة دون حرث على استهلاك الوقود واضح، حيث كان استهلاك الوقود أقل بنسبة (66 %)، إذ استهلك نظام الزراعة التقليدية (42.3 ل/هكتار) بينما استهلك استخدام المشط القرصي (34.3 ل/هكتار)، في حين استهلك نظام الحراثة الصفرية (الزراعة الحافظة) (13.9 ل/هكتار)، كما انخفض زمن العمل إلى (50 %)، بالإضافة لتحسن في الظروف البيئية، (Derpsch, 2007).

اقتصرت الحراثة المبسطة أو المخفضة والزراعة المباشرة على مساحات صغيرة من الأراضي ذات مواصفات خاصة مثل احتوائها على الحجارة وغيرها، والتي تمثل مشكلة بالنسبة لاستخدام الزراعات التقليدية، وتبين بأنه يمكن خفض استهلاك الوقود بنسبة (54 %) حالة الحراثة المبسطة مع الزراعة المباشرة، أما في حالة الزراعة المباشرة فإن هذه النسبة تصل إلى (71 %)، وأظهر استخدام نظام الزراعة الحافظة انخفاض ساعات العمل واستهلاك الوقود للجرار حيث وفر (5.9 ل/هكتار) وبذلك انخفضت تكاليف الصيانة ونفقات التشغيل وزيادة عمر الجرار، (Ball, 1989).

كما وجد في الدانمارك باستخدام الحراثات المخفضة انخفاض كل من متطلبات الوقود واليد العاملة والاحتياجات الفنية. وأظهرت الدراسة بأن انخفاض استهلاك الوقود يتراوح بين (27 – 44 %) في حال الحراثة المبسطة أما في حال الزراعة المباشرة فإن هذه النسبة تتراوح ما بين (72 – 78 %) وهذه النسبة تنطبق أيضاً على اليد العاملة، (Nielsen and Luoma, 2000).

أجريت في سورية (في إيكاردا) بمجال الزراعة الحافظة (باستخدام آلة الزراعة الحافظة) عدة دراسات خلال الفترة (2006 – 2008) والتي اتسمت بالجفاف من خلال (6 تجارب) على القمح والشوفان والحمص والعدس، حيث وجد أن إنتاج الحبوب والتبن وكذلك الكتلة الحيوية للمجموع الخضري في مراحل النمو المبكرة كانت أعلى في الزراعة الحافظة مقارنة بالزراعة التقليدية، ففي موسم (2007 – 2008) وفي واحدة من الدورات الزراعية طويلة الأمد قارب الإنتاج الحبي للعدس المزروع باكراً بالزراعة الحافظة ضعف إنتاج العدس المزروع بالطريقة التقليدية بمواعيد متأخرة، حيث بلغ الإنتاج بإتباع طريقة الزراعة الحافظة (1285 كغ/هكتار) في حين كان الإنتاج (760 كغ/هكتار) بالطريقة التقليدية.

وتتعدد فوائد آلة الزراعة الحافظة بعدة نقاط: خفض استهلاك الوقود والي (60 %)، سرعة تنفيذ عملية الزراعة، انقاص الحاجة لليد العاملة، زيادة المادة العضوية في التربة لبقاء البقايا النباتية على السطح، الحفاظ على بناء التربة لعدم تحطم بناء التربة، الحفاظ على الكائنات الحية المفيدة وزيادة عددها، تحسين نفاذية وتهوية التربة، منع انجراف التربة، حفظ رطوبة التربة، إقلال الاحتياجات المائية، خفض نسبة إنبات بذور

الأعشاب، تحسين حركة الآليات، تكاليف أقل حتى (50 %)، انخفاض الضرر البيئي عن طريق الإقلال من انضغاط التربة وانجرافها وخفض نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون الملوث للبيئة، (Friedrich and McGarry, 2008).

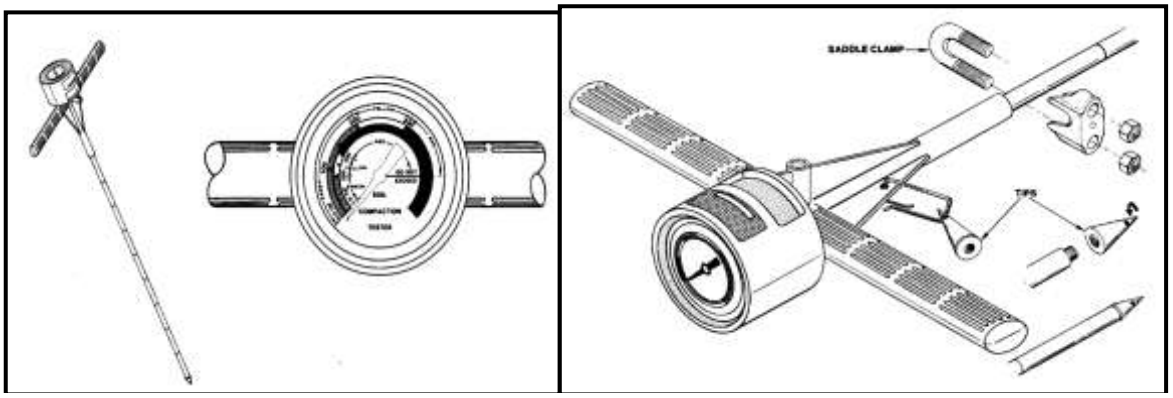
إلا أننا لا نستطيع إنكار عيوب استخدام آلات الزراعة الحافظة والتي تتمثل في: الاعتماد الكبير على مبيدات الأعشاب نتيجة زيادتها بشكل كبير، زيادة الأمراض والحشرات بفعل البقايا النباتية، سوء إدارة بقايا المحاصيل، انضغاط التربة على المدى الطويل، نقص المواد المغذية ونقص إنبات البذور، غدق التربة، حموضة التربة، ضعف مزج المواد العضوية في التربة، (Giller et al., 2009).

طرائق البحث ومواده:

1- المواد: استخدم في البحث كل التالي:

1. جرار زراعي نوع فرات، محلي الصنع،
2. محراث حفار سلاح رجل البطة تصنيع محلي،
3. ألة تسطير حبوب تقليدية محلية الصنع (كشيشيان – حلب).
4. ألة زراعة حافظة (البذر المباشر دون حراثة)، وهي آلة معدلة للزراعة المباشرة، حيث تم التعديل في فاتحات الأخاديد، وهي مصنعة محلياً في مصنع الرشيد في منطقة الباب.، الشكل (1)
5. جهاز قياس مقاومة اختراق التربة (Penetrometer)، أمريكي الصنع (DICKEY-john)، يدوي، والموضح في الشكل (2).
6. شبك حديدي لقياس انتشار الجذور، أسطوانة معلومة الحجم لقياس الكثافة الظاهرية للتربة، ميزان حساس، فرن كهربائي للتجفيف.
7. بذور عدس صنف (إدلب 3).

الشكل (1): آلة الزراعة الحافظة (الزراعة مباشرة دون حرث).



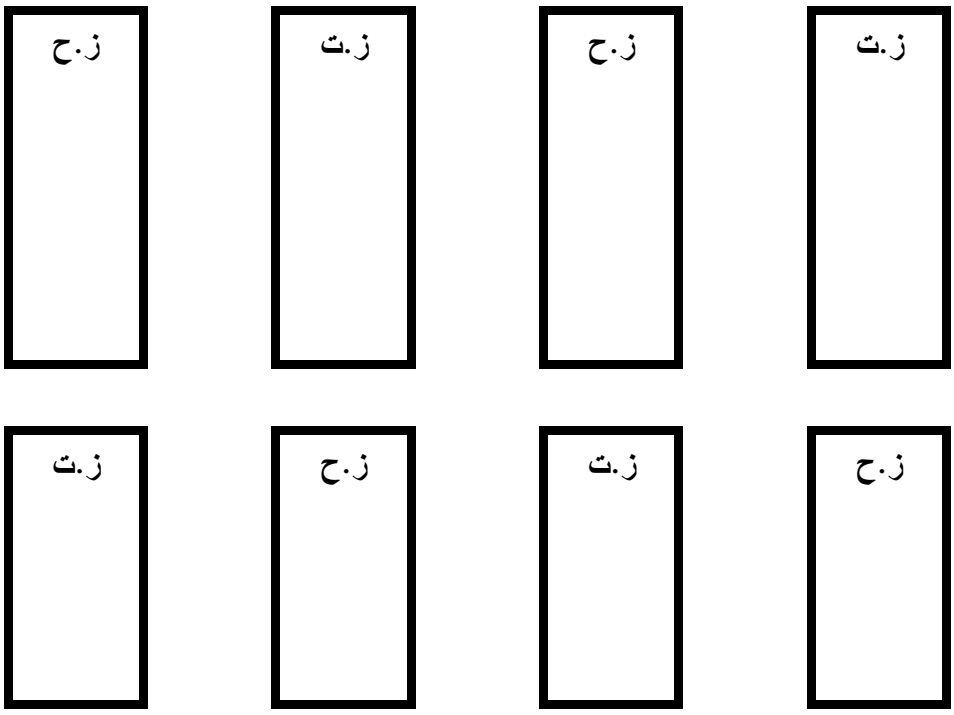
الشكل (2): جهاز قياس مقاومة اختراق التربة.

2- طرائق البحث:

أجريت التجربة في منطقة المسلمية من ريف حلب ذات التربة الطينية اللومية.

تم تقسيم الأرض إلى أربعة قطاعات توافق الأنظمة المدروسة باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، حيث هناك معاملتين (زراعة تقليدية، زراعة حافظة) بأربعة مكررات، أي (8 قطع تجريبية) بأبعاد (5 × 50 م) على اعتبار عرض آلة الزراعة الحافظة (2.5 م) وبالتالي ستغطي هذا السطح ذهاباً وإياباً، وتم تثبيت معدل البذر لكافة القطع التجريبية بمعدل (100 كغ/هكتار) من بذار العدس صنف (إدلب 3) القائم والقابل للحصاد الآلي.

تم توزيع المعاملات بحيث لا تتجاور قطعتين من نوع واحد (وهو أحد احتمالات التوزيع الكامل العشوائي) من أجل ملاحظة الفروقات بشكل أفضل، كما هو موضح في الشكل (3).



الشكل (3): توزع معاملات التجربة.

2-1- المعاملات التجريبية:

1. **ز.ت:** المعاملة الأولى: زراعة تقليدية: وفيها يتم حرث الأرض بالمحراث الحفار ومن ثم الزراعة بآلة التسطير العادية.
2. **ز.ح:** المعاملة الثانية: الزراعة مباشرة بآلة الزراعة الحافظة دون حراثة.

2-2- القياسات المطلوبة:

1. التحليل الميكانيكي للتربة.
2. الكثافة الظاهرية للتربة على أعماق مختلفة.
3. مقاومة اختراق التربة على أعماق مختلفة.
4. كثافة المجموع الجذري (التوزع الطولي والعرضي للجذور).
5. إنتاجية المحصول (وزن كلي، وزن الحبوب، وزن القش).

النتائج والمناقشة:

1- التحليل الميكانيكي للتربة:

تم إجراء التحليل الميكانيكي للتربة في مخبر الأراضي الواحدة، كلية الهندسة الزراعية بجامعة حلب. وعلى الأعماق الأربعة المدروسة (0-10، 10-20، 20-30، 30-40)، وتم تحديد قوام التربة باستخدام مثلث القوام وتبين أن التربة (طينية لومية)، كما هو موضح في الجدول رقم (1).

الجدول (1): نتائج التحليل الميكانيكي وقوام التربة في المنطقة التي أجريت فيها الدراسة (المسلمية).

العمق [cm]	مكونات التربة، %			قوام التربة
	رمل	سلت	طين	
10 - 0	26.56	35.87	38.66	(طينية لومية)
20 - 10	24.32	36.09	39.59	
30 - 20	22.29	35.43	42.28	
40 - 30	22.61	34.28	43.11	

2- الكثافة الظاهرية:

تم تقدير الكثافة الظاهرية للتربة بأخذ عينات من أعماق التربة المدرسة، وتبين حسب الجدول (2) والشكل (4) بأن الكثافة الظاهرية تزداد مع زيادة العمق في كلتا طريقتي الزراعة، وهذا يعود إلى أن التأثير الآلات في الطبقة السطحية أكبر، مما انعكس على نقص الكثافة في الطبقة السطحية ومن ثم ازدادت مع زيادة العمق. كما يلاحظ أن الكثافة كانت أكبر باستخدام آلة الزراعة الحافظة، وهذا يعود إلى أنه في الزراعة التقليدية استخدم المحراث الحفار الذي فكك التربة ومن ثم الزراعة بآلة التسطير مما أدى لانخفاض الكثافة في طريقة الزراعة التقليدية مقارنة باستخدام الزراعة الحافظة.

الجدول (2): الكثافة الظاهرية للتربة المدروسة (متوسط أربعة مكررات).

	الكثافة الظاهرية، [g/cm^3]	
العمق	الزراعة التقليدية	الزراعة الحافظة
10 – 0	1.17	1.25
20 – 10	1.18	1.26
30 – 20	1.24	1.28
40 – 30	1.26	1.30

تبين نتيجة التحليل الإحصائي باستخدام ANOVA عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات حيث بلغ معامل الاختلاف CV 2.21 % فقط.

الشكل (4): الكثافة الظاهرية التربة في طريقتي الزراعة.

3- مقاومة التربة للاختراق:

تم قياس مقاومة اختراق التربة (انضغاط التربة) من عمق (0 وحتى عمق 50 سم)، وتبين من الجدول (3) والشكل (5) زيادة مقاومة اختراق التربة (انضغاط التربة) مع زيادة العمق في كلتا طريقتي الزراعة (الزراعة التقليدية والزراعة الحافظة).

يلاحظ أنه عند العمق (0 – 15 سم) لا يوجد فروقات كبيرة في قيم مقاومة اختراق التربة، حيث كانت القيم متشابهة جداً، فعند عمق (5 سم) كانت قيمة مقاومة اختراق التربة (1.18، 1.19 ميغا باسكال) لمعاملتي الزراعة التقليدية والزراعة الحافظة على التوالي.

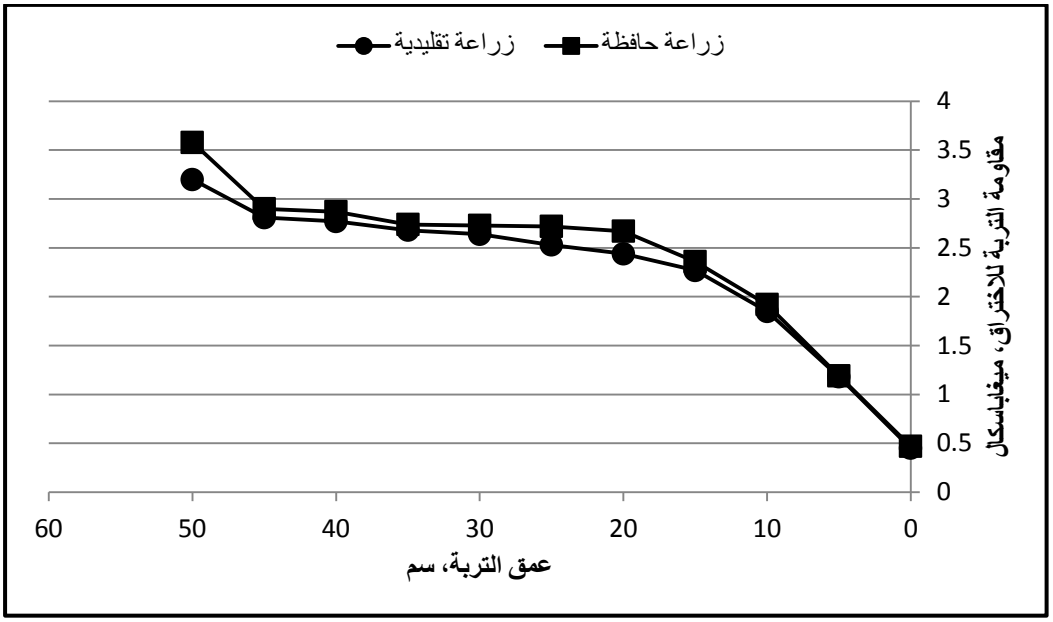
بينما ظهرت فروق واضحة عند العمق (15 – 50 سم)، وأكبر اختلاف في القيم ظهر عند عمق (50 سم)، حيث كانت القيمة بالزراعة التقليدية (3.20 ميغا باسكال) وللزراعة الحافظة (3.58 ميغا باسكال)، يليه عند العمق (20 سم)، حيث كانت القيمة بالزراعة التقليدية (2,44 ميغا باسكال) وللزراعة الحافظة (2.67 ميغا باسكال).

وبالتحليل الإحصائي باختبار أنوفا تبين أن F المحسوبة أكبر بقليل من F الجدولية عند عمق (15 – 50 سم) وبالتالي هناك فروق معنوية بين المعاملات على نفس العمق حيث بلغت قيمة معامل الاختلاف (CV 10.54 %)، بينما لا توجد فروق معنوية بين المعاملات عند عمق (0 – 15 سم).

ويظهر جلياً أن قيم مقاومة اختراق التربة كانت أقل في الزراعة التقليدية، وهذا يعود لعملية حراثة الأرض بالمحراث الحفار قبل الزراعة بآلة التسطير، والتي أدت لتفكيك التربة بشكل أكبر مما في الزراعة الحافظة وبالتالي انخفضت قيم مقاومة اختراق التربة، بينما في الزراعة الحافظة فلم تستخدم الحراثة مطلقاً بل تمت الزراعة مباشرة بآلة الزراعة الحافظة، وبالتالي كانت قيم مقاومة التربة أكبر مما هي عليه في الزراعة التقليدية، كما يعود عدم الاختلاف في مقاومة اختراق التربة في الطبقة السطحية (0 – 15 سم) لتأثير فاتحات الأخاديد (الفجاجات) في الزراعة الحافظة والتي لعبت دوراً في تفكيك التربة في هذه الطبقة، بينما ظهرت الفروقات بالطبقات التالية لتعمق المحراث الحفار في الزراعة التقليدية أكثر من الفجاجات في الزراعة الحافظة.

الجدول (3): مقاومة اختراق التربة (ميغا باسكال) لمعاملتي الزراعة التقليدية والزراعة الحافظة، وعلى أعماق من (0 – 50 cm).

العمق [cm]	مقاومة اختراق التربة [MPa]	
	زراعة تقليدية	زراعة حافظة
0	0.45	0.47
5	1.18	1.19
10	1.85	1.92
15	2.27	2.36
20	2.44	2.67
25	2.53	2.72
30	2.64	2.73
35	2.68	2.74
40	2.77	2.87
45	2.81	2.90
50	3.20	3.58



الشكل (5): مقاومة اختراق التربة (ميغا باسكال) لمعاملتي الزراعة التقليدية والزراعة الحافظة، وعل أعماق من (0 – 50 سم).

تشير معظم الدراسات إلى أن ممانعة التربة لنمو المجموع الجذري تبدأ عندما تكون درجة مقاومة اختراق التربة (1.5 ميغا باسكال)، كما أن جذور معظم نباتات المحاصيل تتوقف عن النمو عندما تصل قيمة مقاومة اختراق التربة (2.5 ميغا باسكال).

وبالتالي فإن أثر الزراعة الحافظة يكون على المدى الطويل حيث تتولى الكائنات الحية الموجودة في التربة وظيفة حراثة التربة، بالإضافة لذلك تعمل على توازن المغذيات داخل التربة، بينما تعمل الحراثة الآلية على تخريب هذا التوزان، كما أن للكائنات الحية الكبيرة نوعا ما (كديدان الأرض) دور على نطاق واسع في مزج وخلق المواد العضوية في التربة، ومع مرور الزمن تعمل كل هذه العوامل مجتمعة على تخفيض قيمة مقاومة اختراق التربة بمقدار أعلى مما هو عليه في الزراعة التقليدية.

4- كثافة المجموع الجذري (الانتشار الطولي والعرضي):

تم قياس كثافة وتوزع وانتشار المجموع الجذري بواسطة شبك معدني ذو فتحات بقياس (2 × 2 سم)، حيث يوضح الجدول (4) قيم انتشار الجذور على المستوى الأفقي والعمودي، ويلاحظ من خلال الشكل (6) أن انتشار جذور نبات العدس على المستوى الطولي في حال الزراعة الحافظة قد بلغ حوالي (18 سم) وهو أقصر من انتشار الجذور حال الزراعة التقليدية والذي بلغ (28 سم)، وبالتالي فإن جذر النبات في الزراعة التقليدية أطول بنسبة (35.7 %).

أما انتشار الجذور على المستوى العرضي فكانت الزراعة التقليدية أيضاً متفوقة، حيث كان طول الجذور (25 سم) مقابل (11 سم) في الزراعة الحافظة وبنسبة زيادة بلغت (56.0 %).

وبالتالي كانت مساحة المجموع الجذري في الزراعة التقليدية أكبر وهذا بسبب القيام بعملية الحراثة التي أدت لتفكيك التربة وانخفاض مقاومة اختراق التربة، مما أدى لسهولة انتشار الجذور وخاصة على المستوى الأفقي،

أما في الزراعة الحافظة فترك الأرض دون حراثة عميقة أدى إلى ازدياد مقاومة اختراق التربة فكان انتشار الجذور أقل في الاتجاهين الطولي والعرضي.

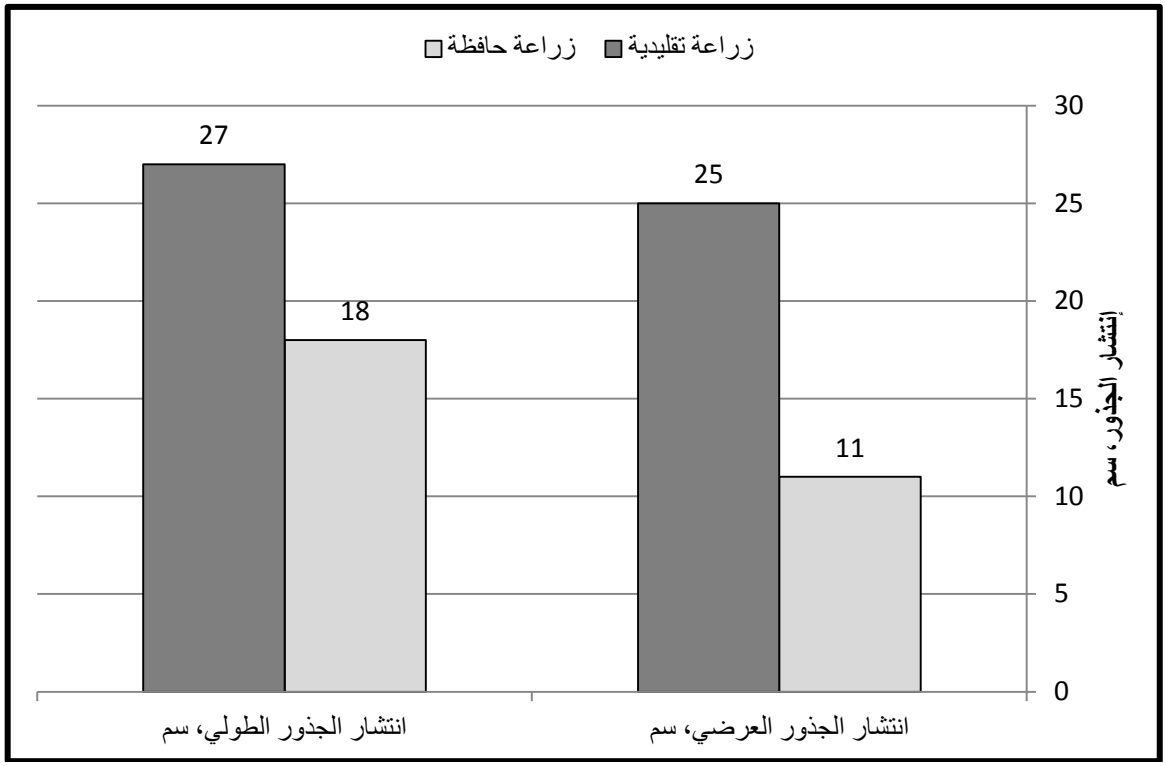
الجدول (4): انتشار جذور العدس طولياً وعرضياً في كلا نظامي الزراعة (التقليدية والحافظة).

طريقة الزراعة	انتشار الجذور العرضي، سم	انتشار الجذور الطولي، سم
زراعة تقليدية	24	26
	24	27
	25	27
	27	28
متوسط	25	27
زراعة حافظة	10	16
	11	18
	11	18
	12	20
متوسط	11	18

5- إنتاجية محصول العدس:

يلاحظ من الجدول (5)، والشكل (7) عدم وجود فروق كبيرة في الوزن الحيوي لكلتا المعاملتين (زراعة تقليدية، زراعة حافظة)، حيث بلغ متوسط الوزن الحيوي في الزراعة التقليدية (3327 كغ/هكتار) بينما كان في الزراعة الحافظة (3305 كغ/هكتار)، وتبين بالتحليل الإحصائي باستخدام ANOVA عدم وجود فروق معنوية بين المعاملتين (زراعة تقليدية، زراعة حافظة).

كما لوحظ وجود فروق في وزن حبوب العدس لكلتا المعاملتين(زراعة تقليدية، زراعة حافظة)، حيث بلغ متوسط وزن حبوب العدس في الزراعة التقليدية (880 كغ/هكتار) بينما كان في الزراعة الحافظة (783 كغ/هكتار)، وقد أظهر التحليل الإحصائي باستخدام ANOVA وجود فروق معنوية بسيطة.



الشكل (6): انتشار جذور العدس طولياً وعرضياً في كلا نظامي الزراعة (التقليدية والحافظة).

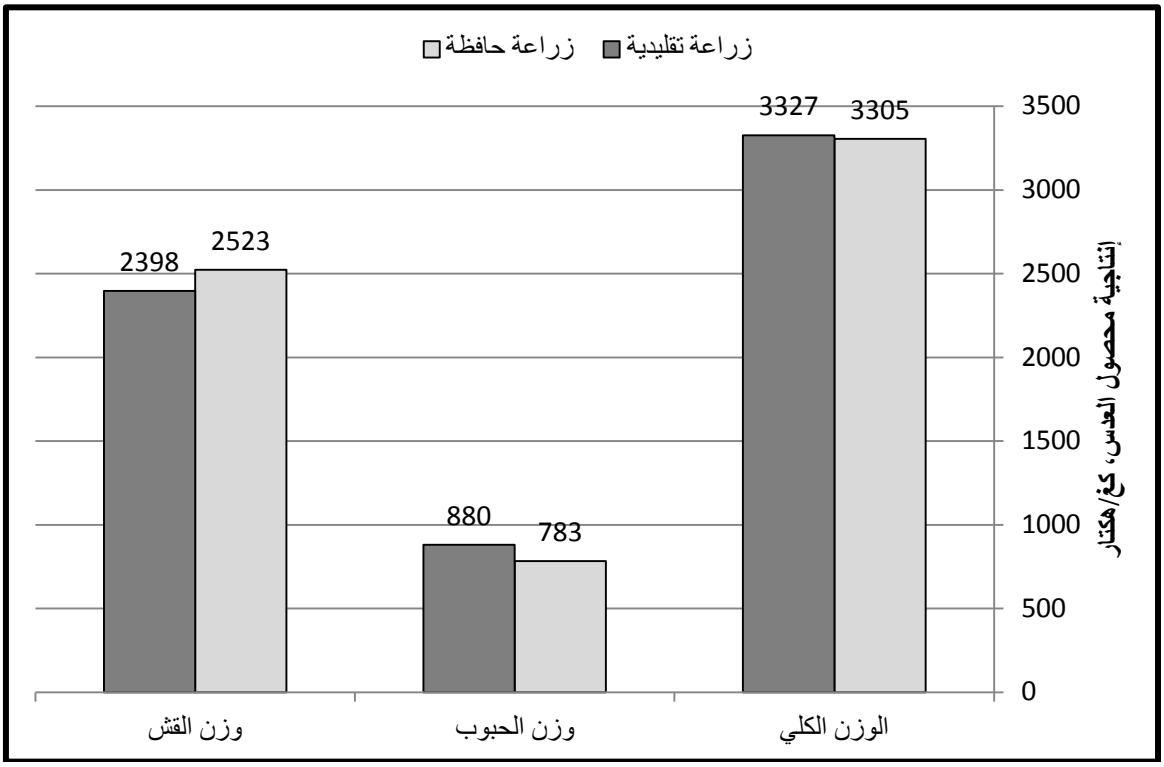
الجدول (5): إنتاجية محصول العدس، من الحبوب، القش، والوزن الكلي (الوزن الحيوي).

طريقة الزراعة	الوزن الكلي، كغ/هكتار	وزن الحبوب، كغ/هكتار	وزن القش، كغ/هكتار
زراعة تقليدية	3860	1160	2700
	2500	580	1920
	3050	850	2200
	3700	930	2770
متوسط	3327	880	2398
زراعة حافظة	3620	810	2810
	2980	440	2540
	3230	650	2580
	3390	1230	2160
متوسط	3305	783	2523
LSD, 1 %	1084.246	815.782	1555.001
LSD, 5 %	590.665	444.413	847.1174
CV	7.97 %	23.76 %	15.3 %

وتنطبق نفس الملاحظة على وزن القش، حيث لوحظ وجود فروق في وزن القش في كلتا المعاملتين (زراعة تقليدية، زراعة حافظة)، حيث بلغ متوسط وزن القش في الزراعة التقليدية (2398 كغ/هكتار)، بينما كان في الزراعة الحافظة (2523 كغ/هكتار)، وقد أظهر التحليل الإحصائي باستخدام ANOVA وجود فروق معنوية بسيطة.

وهنا يلاحظ انخفاض وزن حبوب العدس في الزراعة الحافظة مع زيادة وزن القش على العكس من الزراعة التقليدية، وهذا يعود لزيادة المجموع الخضري للعدس على حساب الحبوب في الزراعة الحافظة.

أما انخفاض وزن الحبوب في الزراعة الحافظة فيعود لصغر المجموع الجذري الناتج عن زيادة معدل انضغاط التربة نتيجة عدم حراثتها وزراعتها مباشرة، وهنا يلاحظ عدم ظهور فوائد الزراعة الحافظة على المدى القصير.



الشكل (7) إنتاجية محصول العدس، من الحبوب، القش، والوزن الكلي (الوزن الحيوي).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

– قيم الكثافة الظاهرية باستخدام آلة الزراعة الحافظة على عمق من (10 – 20 سم) أعلى بقليل مما هي عليه باستخدام آلة التسطير (نظام الزراعة التقليدية)، حيث لا توجد فروق معنوية بين المعاملتين.

– قيم مقاومة اختراق التربة باستخدام آلة الزراعة الحافظة أعلى بقليل مما هي عليه باستخدام آلة التسطير، ولا يوجد فروق معنوية، وهذا يتوافق مع قيم الكثافة الظاهرية.

– انتشار الجذور العرضي والطولي في الزراعة التقليدية (باستخدام آلة التسطير) يتفوق على الزراعة الحافظة باستخدام آلة الزراعة الحافظة وبنسبة كبيرة.

– هناك فروق معنوية بسيطة في الوزن الكلي (حبوب العدس + القش)، وزن حبوب العدس، وكذلك وزن القش، ما بين الزراعة التقليدية باستخدام آلة التسطير والزراعة الحافظة باستخدام آلة الزراعة الحافظة.

التوصيات

إتباع طريقة الزراعة الحافظة باستخدام آلة الزراعة الحافظة لأنها ذات تأثير إيجابي كبير في إصلاح ما أفسدته عمليات المكننة الزراعية منذ إدخال الجرارات الضخمة لتنفيذ العمليات الزراعية.

المراجع:

1. ABU-HAMDEH, N.H., ABU-ASHOUR, J.S., AL-JALIL, H.F., KHDAIR, A.I., REEDER, R.C. 2000. *Soil physical properties and infiltration rate as affected by tire dynamic load and inflation pressure*. Trans. ASAE 43 (4), 785–792.

2. ABU-HAMDEH, N.H., AL-WIDYAN, M.I. 2000. *Effect of axle load, tire inflation pressure and tillage system on soil physical properties and crop yield of a Jordanian soil*. Trans. ASAE 43 (1), 13–21.

3. ACOSTA-MARTINEZ, V, MIKHA, M.M. AND VIGIL, M.F. 2007. *Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat-fallow for the Central Great Plains*. Appl. Soil Ecol. 37 (2007). pp. 41–52.

4. AFCTN. 2009. *African Conservation Tillage Network*. 2009-06-26 www.act-africa.org.

5. AIR. (1998). *Summaries and conclusions of the Concerted Action No AIR 3- CT 93-1464. In: Experiences with the Applicability of No-tillage Crop Production in West-European countries*. (Tebrügge F; Bö hrsen A, eds). Institute of Agricultural Engineering, Justus-Liebig University Giessen, Germany.

6. AL-KAISI, M.M., YIN, X.H., LICHT, M.A. 2005. *Soil carbon and nitrogen changes as influenced by tillage and cropping systems in some Iowa soils*. Agric. Ecosyst. Environ. 105, 635–647.

7. BALL, B.C. 1989. *Reduced tillage in Great Britain: practical and research experience. In: Proceedings of the Workshop: Agriculture: Energy Savings by Reduced Soil Tillage*. Göttingen.

8. BALL, B.C. 1998. *Review of management and conduct of long-term tillage studies with special reference to a 25-yr experiment on barley in Scotland. Soil and Tillage Res*. doi:10.1016/S0167-1987 (97) 00070-6.

9. BERLI, M., KULLI, B., ATTINGER, W., KELLER, M., LEUENBERGER, J., FLÜHLER, H., SPRINGMAN S.M., SCHULIN, R. 2004. *Compaction of agricultural and*

forest subsoils by tracked heavy construction machinery. Soil & Tillage Res 75 (2004) 37–52. doi:10.1016/S0167-1987(03)00160-0.

10. BESCANSA, P., IMAZ, M.J., VIRTO, I., ENRIQUE, A., HOOGMOED, W.B. 2006. *Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain*. Soil and Tillage Research 87, 19–27.

11. BHATIA, A., SASMAL, S., JAIN, N., PATHAK, H., KUMAR, R., SINGH, A. 2010. *Mitigating nitrous oxide emission from soil under conventional and no-tillage in wheat using nitrification inhibitors*. Agr, Ecosystems and Environment 136 (2010) 247–253. doi:10.1016/j.agee.2010.01.004.

12. BLEVINS, R.S., THOMAS, G.W., SMITH, M.S. , FRYE, W.W., CORNELIUS, P.L. 1983.*Changes in soil properties after ten years continuous non-tilled and conventionally tilled corn*. Soil Tillage Res.3:135-146.

13. CANTERO-MARTÍNEZ, C., ANGAS, P. AND LAMPURLANÉS, J. 2003. *Growth, yield and water productivity of barley (Hordeum vulgare L.) affected by tillage and N fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed conditions of Spain*. Field Crops Res. 84, pp. 341–357.

14. CHEN, Y., LOBB, D., CAVERS, C., TESSIER, S., CARON, D., MONERO, F. 2002. *Straw incorporations through tillage practices under heavy clay soil conditions. Final report submitted to Covering New Ground Program*. Manitoba Agriculture and Food, Carman, Man., Canada, p. 82.

15. COOKSON, W.R., MURPHY, D.V., ROPER, M.M. 2008. *Characterizing the relationships between soil organic matter components and microbial function and composition along a tillage disturbance gradient*. Soil Biol. Bioche. 40, 763–777.

16. CTIC. 2002. *Economic Benefits with Environmental Protection: No-till and Conservation Buffers in the Midwest*. Conservation Technology Information Center, West Lafayette, Indiana, USA.

17. DAVIES, D.B. 1989. *Objectives reduced tillage and perspectives on application. In: Proceedings of the Workshop: Agriculture: Energy Savings by Reduced Soil Tillage*. Göttingen, Germany, 10–11 June 1987 (Bumer K; Ehlers W, eds), pp 1–6. EUR-Report. No. 11258.

18. DERPSCH , R. 2007. *Conservation Agriculture &No-tillage Consultant Asunción, Paraguay Frontiers in Conservation Tillage and Advances in Conservation Practice*.

19. DERPSCH, R. 2008. *No-tillage and Conservation Agriculture: A Progress Report. In: Goddard*, T., Zoebisch, M.A., Gan, Y.T., Ellis, W., Watson A. and Sombatpanit, S. (eds) 2008. No-Till Farming Systems. Special Publication Nº3, World Association of Soil and Water Conservation, Bangkok, p 7-39.

20. DERPSCH, R., FLORENTÍN, M. AND MORIYA, K. 2006. *The laws of diminishing yields in the tropics*. Proceedings on CD, 17th ISTRO Conference, Kiel, Germany, August 28 - September 3, 2006, p 1218 – 1223.

21. DICK, W.A. , MCCOY, E.L. , EDWARDS, S.M., LAL, R. 1991. *Continuous application of no tillage to Ohio soils*.Agron.J.77:65-73.

22. EAP, (Energy Action Plan). 1990. *The Danish Energy Agency*, Copenhagen.

23. ERKOSSA, T., STAHR, K., GAISER, T. 2006. *Soil tillage and crop productivity on a Vertisol in Ethiopian highlands*. Soil Till. Res. 85, 200–211. Experiment at Rothamsted. Soil Use Manage 22:334–341.

24. FRIEDRICH, D., MCGARRY, D. (FAO). 2008. T*he main principles of conservation agriculture*.

25. FAO. 2008. *Conservation Agriculture*. 2008-07-08 http://www.fao.org/ag/ca/index.html.

26. GILLER, K.E, WITTER, E., CORBEELS, M., TITTONELL, P. 2009. *Conservation agriculture and smallholder farming* in Africa: The heretics view. Field Crops Res. doi:10.1016/j.fcr.2009.06.017.

27. HAMZA, M.A., AND ANDERSON, W.K. 2005. *Soil compaction in cropping system, a review of the nature, causes and possible solutions*.(2):121-145.

28. HARPER. J. K. 1996. *Economics of Conservation Tillage*. Conservation Tillage Series No. 6, College of Agricultural Sciences, Penn. State University, USA.

29. KEEN, B.A., AND RUSSEL, E.W. 1973. *Are cultivation standards waste fully high* .J. R. Agric. Soc. 98,53-60.

30. MELERO, S., LÓ PEZ-GARRIDO, R., MURILLO, J.M. AND MORENO, F. 2009. *Conservation tillage: short and long term effects on soil carbon fractions and enzymatic activities under Mediterranean conditions.* Soil Till. Res. 104, pp. 292–298.

31. MORENO, F., PELEGRÍN, F., FERNÁNDEZ, J.E. AND MURILLO, J.M. 1997. *Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain*. Soil Till. Res. 41. pp. 25–42.

32. NIELSEN V; LUOMA T. 2000. *Energy consumption: overview of data foundation and extracts of results*. In: Agricultural Data for Life Cycle Assessments, Vol. 1: Second European Invitational Expert Seminar on Life Cycle Assessments of Food Products, 25–26 January 1999 (Weideman B P; Meeusen M J G, eds). Agricultural Economics Research Institute (LEI), The Hague, The Netherlands. Nitrogen. ASA Special Publication No. 15. ASA, Cssa, and Sssa, Madison, WI, pp. 21-42.

33. PHILLIPS, R.E., BLEVINS, R.L., THOMAS, G.W., FRYE, S.H. 1980. *No-tillage agriculture* .Sci.208:1108-1113. 71. Phillips, S. H., Young, H. M. (1973). No- Tillage Farming.

34. PIERCE, F.J., RICE, C.W. 1998. *Crop rotation and its impact on efficiency of water and nitrogen use*. In: Hargrove, W.L. (Ed.) Cropping Strategies for Efficient Use of Water and nitrogen.

35. SANDRETTO, C. 2001. *Conservation tillage firmly planted in US agriculture*. Agricultural Outlook, March 2001, 5–6.

36. SIX, J., FELLER, C., DENEF, K., OGLE, S.M., DE MORAES, J.F.L., ALBRECHT, A. 2002. *Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils effects of no tillage*. Agronomie 22, 755–775.

37. SIZIBA, S. 2008. *Assessing the adoption of conservation agriculture in Zimbabwe's smallholder sector*. PhD Thesis. University of Hohenheim, Germany.

38. TEBRÜGGE, F. AND DÜRING, R.A. 1999. *Reducing tillage intensity: a review of results from a long-term study in Germany.* Soil and Tillage Research 53 (1999), pp. 15–28.

39. TEMESGEN, M., ROCKSTROM, J., SAVENIJE, H.H.G., HOOGMOED, W.B., ALEMU, D. 2008. *Determinants of tillage frequency among smallholder farmers in two semi-arid areas in Ethiopia*. Phys. Chem. Earth 33, 183–191.

40. TRIPLETT, G.B., WARREN, A.D. 2008. *No-tillage crop production: a revolution in agriculture*. Agron. J. 100, S-153–S-165.

41. VANDEN AKKAR, J., ARVIDSSON, J. AND HORN, R. 2003. *Introduction to the special issue on experiences with the impact and prevention of subsoil compaction in the European*. Union. soil till. Res.

42. WEST, T.O., POST, W.M. 2002. *Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis*. Soil Sci. Soc. Am. J. 66, 1930–1946.

43. WHITMORE A, BIRD, N., WHALLEY, R., WATTS, C., GREGORY, A. 2010. *Modelling soil strength and its effects on winter wheat dry matter production*. World Congress on Soil Science, Brisbane.

44. WILKINS, D.E., SIEMENTS, M.C., ALBRECHT, S.L. 2002. *Changes in soil physical characteristics during transition from intensive tillage to direct seeding*. Trans. ASAE 45, 877–880.