



**تأثير نظم الحراثة وإضافة المحسنات في بعض صفات التربة ونمو
وحاصل الحنطة (*Triticum aestivum* L.) ومؤشرات أداء الوحدة
الميكنية في الترب الطينية**

رسالة مقدمة الى

مجلس كلية الزراعة - جامعة البصرة

وهي جزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير

في العلوم الزراعية - علوم التربة والموارد المائية

من قبل الطالب

مصطفى فاضل حسين موسى

بكالوريوس علوم زراعية (مكائن وآلات زراعية)

2013 م

بإشراف

أ.م.د. صادق جبار محسن
قسم المكائن والآلات الزراعية

أ.م.د. نهاد شاكر الولي
قسم علوم التربة والموارد المائية

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

((فَتَعَلَى اللّٰهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ

قَبْلِ أَنْ يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي

عِلْمًا))

صَدَقَ اللّٰهُ الْعَلِیُّ الْعَظِیْمُ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
إِنِّي أَنَا جَارِدٌ مِّنْ جَارِدَاتِ
بَيْتِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

توصية الاستاذين المشرفين

نشهد ان اعداد هذه الرسالة تم تحت اشرافنا في قسم علوم التربة والموارد المائية - كلية الزراعة - جامعة البصرة وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم التربة والموارد المائية.

التوقيع: 

الاسم: د. صادق جبار محسن

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: 8 / 11 / 2020

التوقيع: 

الاسم: د. نهاد شاكر الولي

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: / / 2020

توصية رئيس قسم علوم التربة والموارد المائية

بناءً على توصية الاستاذين المشرفين أعلاه احيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.

التوقيع: 

الاسم: د. هيفاء جاسم حسين

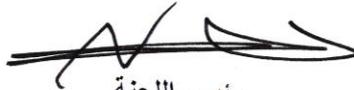
المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: / / 2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
أولاً بأمر من وزير الزراعة

إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين ادناه نشهد بأننا اطلعنا على هذه الرسالة المقدمة من قبل الطالب مصطفى فاضل حسين والموسومة (تأثير نظم الحراثة واطافة المحسنات في بعض صفات التربة ونمو وحاصل الحنطة (*Triticum aestivum* L.) ومؤشرات اداء الوحدة الميكنية في الترب الطينية) وقد ناقشنا الطالب في محتواها وفيما له علاقة بها ووجدناها جديرة بالقبول لنيل شهادة الماجستير في علوم التربة والموارد المائية.



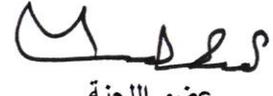
رئيس اللجنة

الاسم: د. داخل راضي نديوي
المرتبة العلمية: أستاذ
كلية الزراعة/ جامعة البصرة



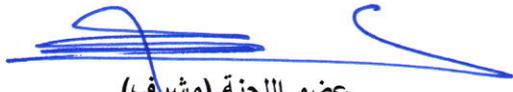
عضو اللجنة

الاسم: د. سالم عجر بندر
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
كلية الزراعة/ جامعة البصرة



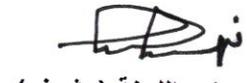
عضو اللجنة

الاسم: د. شيماء إبراهيم محمود
المرتبة العلمية: استاذ
كلية الزراعة/ جامعة المثنى



عضو اللجنة (مشرف)

الاسم: د. صادق جبار محسن
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
كلية الزراعة/ جامعة البصرة



عضو اللجنة (مشرف)

الاسم: د. نهاد شاكر الولي
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
كلية الزراعة/ جامعة البصرة

مصادقة عميد كلية الزراعة

الاسم: د. ساجد سعد حسن
المرتبة العلمية: استاذ
عميد كلية الزراعة/ جامعة البصرة

الإهداء

الى رسولِ الله مدينةَ العلمِ والى آلهِ الطيبينَ الطاهرينَ عليهم
أفضلَ الصلاةِ والسلامِ

والى أُمي وأبي حفظهم الله واطال الله في أعمارهم

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
مِنْ صَبْرٍ وَأَمْرٍ إِذْ يَنْزِلُ
أَمْرًا مِّنْ رَبِّكَ يُنذِرُ لِمَنْ
رِئَاءَكَ فِي السُّبُلِ الْمَنَّانِينَ

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين وصلوات الله على محمد واهل بيته الطيبين الطاهرين احمد الله على مننه وفضله لتوفيقى على اكمال هذه الرسالة واشكر استاذي المشرفين كل من الدكتور نهاد شاكر الولي والدكتور صادق جبار محسن لاقتراحهما موضوع الرسالة ولما قدموه لي من توجيهات واشراف طيلة فترة العمل والكتابة.

واشكر عمادة كلية الزراعة ورئاسة ومنتسبي قسم علوم التربة والموارد المائية وقسم المكائن والآلات الزراعية لما قدموه من مساعدة وتسهيلات طيلة فترة الدراسة.

كما أتقدم بالشكر الجزيل الى رئيس وأعضاء لجنة المناقشة كل من الدكتور داخل راضي نديوي والدكتور شيماء إبراهيم محمود والدكتور سالم عجر بندر لتفضلهم بقبول مناقشة رسالتي وجهودهم في مراجعتها وابداء آرائهم بها وتوجيهاتهم العلمية القيمة.

واخيراً لا يسعني الا ان أقدم شكري وتقديري لوالديّ لدعائهم لي والى كل من مد يد العون لي خلال فترة العمل واخص بالذكر السيد أكرم عبد الدائم والسيد قصي سمير والسيد محمود جاسم والسيد مدين شلال والدكتور محمد عبد الرضا والاخوة محمد فاضل وحميد صباح وعبد الله مهدي وحيدر عبد الكريم ومحمد حيدر.

واسأل الله عز وجل ان يحفظهم ويوفقهم لكل خير

بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين
والصلاة والسلام على
سيدنا محمد وآله الطيبين
الطاهرين

الخلاصة

أجريت تجارب في تربة ذات نسجه مزيج طينية، خلال الموسم الزراعي 2018-2019. تضمنت الدراسة إجراء ثلاث تجارب وكما يلي:

أولاً: أجريت تجربة حقلية ميكنية في قضاء القرنة – منطقة الغميج، شمال محافظة البصرة لدراسة تأثير ثلاث أنواع من آلات نظم الحراثة وهي المحراث المطرحي القلاب بعمق حراثة 30 سم (T1) والمحراث الحفار بعمق 30 سم (T2) والأمشاط القرصية بعمق 15 سم (T3) في بعض مؤشرات أداء الوحدة الميكنية (قوة السحب والمقاومة النوعية وكفاءة استخدام الطاقة ونسبة الانزلاق والقدرة المفقودة بالانزلاق ومعدل حجم التربة المثار والكفاءة الحقلية ومعدل استهلاك الوقود) باستخدام التصميم العشوائي الكامل (C.R.D) وبثلاث مكررات لكل معاملة حراثة.

أظهرت نتائج التجربة تفوق الحراثة الدنيا باستخدام الأمشاط القرصية (T3) في معظم الصفات الميكنية المدروسة قياساً مع معاملات الحراثة الأخرى، إذ حققت أقل قوة سحب ونسبة انزلاق وقدرة مفقودة ومعدل استهلاك للوقود وأعلى كفاءة حقلية بينما تفوقت الحراثة التقليدية باستخدام المحراث الحفار (T2) في تحقيقها أقل مقاومة نوعية وأعلى كفاءة لاستخدام الطاقة ومعدل حجم تربة مثار. كما تفوقت الحراثة التقليدية باستخدام المحراث الحفار (T2) في جميع المؤشرات الميكنية المدروسة مقارنة بالمحراث المطرحي القلاب (T1).

ثانياً: نفذت تجربة زراعية في اصص في الظلة النباتية التابعة لقسم علوم التربة والموارد المائية – كلية الزراعة – جامعة البصرة وذلك لدراسة تأثير مستويات مختلفة من الفحم النباتي وهي 0% (B0) و1% (B1) و1.5% (B2) و2% (B3) و2.5% (B4) و3% (B5) من وزن التربة الجاف بثلاث مكررات لكل معاملة على بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وبعض مؤشرات نمو محصول الشوفان (*Avena sativa* L.) صنف Pumula باستخدام التصميم العشوائي الكامل (C.R.D) بهدف اختيار أفضل مستوى إضافة للفحم النباتي يحسن من صفات التربة ويزيد من مؤشرات نمو النبات واستخدامه في معاملات التجربة الحقلية الزراعية، تم زراعة الاصص ببذور محصول الشوفان بتاريخ 2018/10/1 وبعد 50 يوم من الزراعة تم قياس صفات التربة المدروسة ومؤشرات نمو النبات.

اظهرت نتائج التجربة تفوق مستوى إضافة الفحم النباتي 1.5% (B2) في تحقيقه أعلى معدل قطر موزون للتربة وأقل مقاومة اختراق للتربة في حين حقق المستوى 3% (B5) أعلى مسامية كلية للتربة وأقل كثافة ظاهرية وبدون اختلاف معنوي مع المستويات B2 وB4 بينما ازدادت قيم المحتوى الرطوبي للتربة والإيصالية المائية المشبعة والإيصالية الكهربائية للتربة مع زيادة

مستويات الفحم النباتي. كما حقق المستوى 1.5% (B2) أعلى ارتفاع للنبات وأعلى وزن جاف للمجموع الخضري بلغا 60.87 سم و2.693 غم اصيص¹ على التوالي.

ثالثاً: أجريت تجربة حقلية في قضاء القرنة – منطقة الغميج، شمال محافظة البصرة خلال الموسم الزراعي 2018-2019 وذلك لدراسة تأثير نظم حراثة مختلفة وإضافة محسنات عضوية للتربة في بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة (معدل القطر الموزون والكثافة الظاهرية والمسامية الكلية والمحتوى الرطوبي ومقاومة التربة للاختراق والإيصالية المائية المشبعة والإيصالية الكهربائية للتربة) وبعض مؤشرات نمو نبات الحنطة (ارتفاع النبات والوزن الجاف للمجموع الخضري وحاصل الحبوب) باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأسلوب القطع المنشقة. تضمنت معاملات نظم الحراثة استخدام ثلاث أنواع من المحارث وهي المحراث المطرحي القلاب بعمق حراثة 30 سم (T1) ومحراث حفار بعمق حراثة 30 سم (T2) (حراثة تقليدية) وأمشاط قرصية بعمق 15 سم (T3) (حراثة دنيا)، بينما تضمنت معاملات المحسنات العضوية إضافة فحم نباتي بمستوى 1.5% (M1) وإضافة سماد حيواني (مخلفات أبقار) بمستوى 2% (M2) وخليط من الفحم النباتي 0.75% والسماد الحيواني 1% (M3) فضلاً عن معاملة المقارنة بدون إضافة (M0)، تم خلط المحسنات العضوية مع التربة المحروثة لجميع معاملات الحراثة بواسطة الأمشاط القرصية بعمق 15 سم. زرعت حبوب الحنطة (*Triticum aestivum* L.) صنف بحوث 22 بتاريخ 2018/11/29 وأجريت عمليات خدمة المحصول من إضافة أسمدة كيميائية ومكافحة الأدغال والري حتى نهاية التجربة والحصاد بتاريخ 2019/4/12، تم اخذ عينات التربة لقياس صفاتها الفيزيائية والكيميائية خلال فترة بداية الموسم (A) بعد شهر من الزراعة وفي نهاية الموسم (B) قبل الحصاد بأسبوع ولثلاث أعماق للتربة 0-15 سم (D1) و15-30 سم (D2) و30-45 سم (D3)، اما مؤشرات نمو النبات فقيست نهاية فترة الموسم.

أظهرت نتائج التجربة تفوق معاملة المحراث الحفار (T2) في تحسين معظم الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو تلتها معاملة المحراث المطرحي (T1) ثم الأمشاط القرصية (T3)، بينما سجلت الأمشاط القرصية أعلى محتوى رطوبي للتربة مقارنة مع المعاملات الأخرى، فضلاً عن ذلك حقق المحراث الحفار أعلى ارتفاع ووزن جاف خضري وحاصل حبوب للنبات بلغ 100.020 سم و7.091 طن هكتار¹ و6.555 طن هكتار¹ على التوالي. وحقت معاملة خلط المحسنات (M3) أفضل النتائج لجميع صفات التربة المدروسة تلتها معاملة السماد الحيواني (M2) ثم الفحم النباتي (M1)، كما حققت أعلى القيم لصفة ارتفاع النبات والوزن الجاف للجزء الخضري والحاصل الكلي للحبوب بلغت 102.344 سم و7.766 طن هكتار¹ و7.433

طن هكتار¹ على التوالي. كما تحسنت معظم الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة مع انخفاض عمق التربة إذ أعطت الطبقة السطحية للتربة (0-15 سم) أفضل النتائج لصفات التربة المدروسة بينما ازدادت قيم المحتوى الرطوبي للتربة مع زيادة العمق.

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
1	المقدمة	1
3	مراجعة المصادر	2
3	تأثير نظم الحراثة في المؤشرات الفنية للوحدة الميكانيكية	1-2
3	قوة السحب	1-1-2
4	المقاومة النوعية وكفاءة استخدام الطاقة	2-1-2
4	النسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة	3-1-2
6	معدل حجم التربة المثار	4-1-2
6	الكفاءة الحقلية	5-1-2
7	معدل استهلاك الوقود	6-1-2
8	تأثير نظم الحراثة في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية	2-2
8	معدل القطر الموزون	1-2-2
9	الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية للتربة	2-2-2
10	المحتوى الرطوبي للتربة	3-2-2
11	مقاومة التربة للاختراق	4-2-2
12	الايصالية المائية المشبعة للتربة	5-2-2
13	الايصالية الكهربائية للتربة	6-2-2
14	تأثير نظم الحراثة في صفات النبات	3-2
14	ارتفاع النبات	1-3-2
15	الوزن الجاف	2-3-2
16	حاصل الحبوب	3-3-2
17	المحسنات العضوية	4-2
17	الأسمدة الحيوانية	1-4-2
17	الفحم النباتي	2-4-2
19	تأثير المحسنات العضوية في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية	5-2
19	معدل القطر الموزون	1-5-2
20	الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية للتربة	2-5-2
21	المحتوى الرطوبي للتربة	3-5-2
23	مقاومة التربة للاختراق	4-5-2

23	الإيصالية المائية المشبعة للتربة	5-5-2
25	الإيصالية الكهربائية للتربة	6-5-2
26	تأثير المحسنات العضوية في صفات النبات	6-2
26	ارتفاع النبات	1-6-2
27	الوزن الجاف	2-6-2
28	حاصل الحبوب	3-6-2
30	المواد وطرائق العمل	3
30	موقع التجربة	1-3
30	الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية الأولية للتربة المستخدمة في التجارب	2-3
30	توزيع حجوم دقائق التربة	1-2-3
30	الكثافة الظاهرية للتربة	2-2-3
31	الكثافة الحقيقية	3-2-3
31	المسامية الكلية	4-2-3
31	المحتوى الرطوبي للتربة	5-2-3
32	مقاومة التربة للاختراق	6-2-3
32	الإيصالية المائية المشبعة	7-2-3
33	معدل القطر الموزون	8-2-3
34	المادة العضوية	9-2-3
34	الكاربونات الكلية	10-2-3
34	الكاتيونات والانيونات الذائبة	11-2-3
34	درجة التفاعل	12-2-3
35	الإيصالية الكهربائية	13-2-3
35	النيتروجين الجاهز	14-2-3
35	الفسفور الجاهز	15-2-3
35	قياس التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلية للتربة	16-2-3
36	قياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن	17-2-3
39	التجربة الميكانيكية	3-3
39	الأجهزة والآلات المستخدمة في التجربة الميكانيكية	4-3
39	الجرار MF 285 G	1-4-3
39	الجرار CASE JX75T	2-4-3
39	المحراث المطرحي القلب	3-4-3

39	المحراث الحفار	4-4-3
40	المشط القرصي	5-4-3
40	جهاز قياس قوة السحب (الخلية الوزنية) Load cell	6-4-3
40	قياس مؤشرات الأداء الميكانيكي	5-3
40	قوة السحب	1-5-3
41	المقاومة النوعية	2-5-3
41	كفاءة استخدام الطاقة	3-5-3
42	النسبة المئوية للانزلاق	4-5-3
42	القدرة المفقودة	5-5-3
43	معدل حجم التربة المثار	6-5-3
43	الكفاءة الحقلية	7-5-3
43	معدل استهلاك الوقود	8-5-3
44	الخصائص الأولية للمحسّنات العضوية المستخدمة في التجربة	6-3
44	الفحم النباتي	1-6-3
44	الايصالية الكهربائية	1-1-6-3
44	درجة التفاعل	2-1-6-3
44	النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم	3-1-6-3
45	المادة العضوية	4-1-6-3
45	نسبة الكربون الى النيتروجين	5-1-6-3
45	الكثافة الظاهرية	6-1-6-3
45	نسبة الرطوبة	7-1-6-3
45	نسبة الاشباع	8-1-6-3
45	المخلفات العضوية (مخلفات ابقار)	2-6-3
46	تجربة الاصح للفحم النباتي	7-3
47	قياس الخصائص المدروسة في تجربة الاصح	8-3
47	الكثافة الظاهرية الجافة	1-8-3
47	المسامية الكلية	2-8-3
47	المحتوى الرطوبي للتربة	3-8-3
47	مقاومة التربة للاختراق	4-8-3
47	معدل القطر الموزون	5-8-3
47	الايصالية المائية المشبعة	6-8-3

47	الايصالية الكهربائية	7-8-3
47	ارتفاع النبات	8-8-3
48	الوزن الجاف	9-8-3
48	التجربة الزراعية الحقلية	9-3
48	نظم الحراثة	1-9-3
48	المحسنات العضوية	2-9-3
49	تهيئة التربة واجراء العمليات الحقلية	10-3
49	قياسات التجربة الزراعية الحقلية	11-3
49	خصائص التربة	1-11-3
50	صفات النبات	2-11-3
50	ارتفاع النبات	1-2-11-3
50	الوزن الجاف	2-2-11-3
50	حاصل الحبوب	3-2-11-3
50	تصميم التجارب والتحليل الاحصائي	12-3
51	النتائج والمناقشة	4
51	تأثير نظم الحراثة في المؤشرات الميكانيكية	1-4
51	قوة السحب	1-1-4
52	المقاومة النوعية	2-1-4
53	كفاءة استخدام الطاقة	3-1-4
54	النسبة المئوية للانزلاق	4-1-4
55	القدرة المفقودة	5-1-4
56	معدل حجم التربة المثار	6-1-4
57	الكفاءة الحقلية	7-1-4
58	معدل استهلاك الوقود	8-1-4
59	نتائج تجربة الاصح للفحم النباتي	2-4
59	تأثير إضافة الفحم النباتي في بعض خصائص التربة	1-2-4
59	معدل القطر الموزون	1-1-2-4
60	الكثافة الظاهرية للتربة	2-1-2-4
61	المسامية الكلية	3-1-2-4
62	المحتوى الرطوبي للتربة	4-1-2-4
63	مقاومة التربة للاختراق	5-1-2-4

64	الايصالية المائية المشبعة	6-1-2-4
65	الايصالية الكهربائية للتربة	7-1-2-4
66	تأثير إضافة مستويات الفحم النباتي في مؤشرات نمو نبات الشوفان	2-2-4
66	ارتفاع النبات	1-2-2-4
67	الوزن الجاف	2-2-2-4
68	التجربة الحقلية	3-4
68	الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة	1-3-4
68	معدل القطر الموزون	1-1-3-4
77	الكثافة الظاهرية	2-1-3-4
85	المسامية الكلية	3-1-3-4
93	المحتوى الرطوبي	4-1-3-4
101	مقاومة التربة للاختراق	5-1-3-4
109	الايصالية المائية المشبعة	6-1-3-4
117	الايصالية الكهربائية للتربة	7-1-3-4
125	صفات محصول الحنطة	2-3-4
125	ارتفاع النبات	1-2-3-4
127	الوزن الجاف	2-2-3-4
130	حاصل الحبوب	3-2-3-4
134	الاستنتاجات والتوصيات	5
134	الاستنتاجات	1-5
135	التوصيات	2-5
136	المصادر	6
136	المصادر العربية	1-6
144	المصادر الاجنبية	2-6
155	الملاحق	7

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
38	الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية الأولية للتربة المستخدمة في التجارب	1
46	الخصائص الكيميائية والفيزيائية الأولية للفحم النباتي والمخلفات العضوية المستخدمة في التجربة	2
74	تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية في معدل القطر الموزون في بداية ونهاية موسم النمو	3
74	تأثير نظم الحرارة وعمق التربة في معدل القطر الموزون في بداية موسم النمو	4
75	تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في معدل القطر الموزون في بداية ونهاية موسم النمو	5
76	تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية وعمق التربة في معدل القطر الموزون في بداية موسم النمو	6
82	تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية في الكثافة الظاهرية في بداية ونهاية موسم النمو	7
83	تأثير نظم الحرارة وعمق التربة في الكثافة الظاهرية في نهاية موسم النمو	8
84	تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في الكثافة الظاهرية في بداية ونهاية موسم النمو	9
85	تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية وعمق التربة في الكثافة الظاهرية في بداية ونهاية موسم النمو	10
90	تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية في المسامية الكلية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	11
91	تأثير نظم الحرارة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة في نهاية موسم النمو	12
92	تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	13
93	تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	14
98	تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية في المحتوى الرطوبي للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	15
98	تأثير نظم الحرارة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة في نهاية موسم النمو	16
99	تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	17
101	تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	18

106	تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في مقاومة التربة للاختراق في بداية ونهاية موسم النمو	19
107	تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق في بداية ونهاية موسم النمو	20
108	تأثير المحسّنات العضوية وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق في بداية ونهاية موسم النمو	21
109	تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق في بداية ونهاية موسم النمو	22
114	تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في الايصالية المائية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	23
115	تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الايصالية المائية للتربة في بداية موسم النمو	24
116	تأثير المحسّنات العضوية وعمق التربة في الايصالية المائية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	25
117	تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في الايصالية المائية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	26
122	تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في الايصالية الكهربائية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	27
123	تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة في نهاية موسم النمو	28
124	تأثير المحسّنات العضوية وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة في نهاية موسم النمو	29
125	تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو	30
130	تأثير نظم الحراثة والمحسّنات في الوزن الجاف للحنطة	31
133	تأثير نظم الحراثة والمحسّنات في حاصل الحبوب للحنطة	32

قائمة الاشكال

الصفحة	العنوان	رقم الشكل
52	تأثير نظم الحراثة في قوة السحب	1
53	تأثير نظم الحراثة في المقاومة النوعية	2
54	تأثير نظم الحراثة في كفاءة استخدام الطاقة	3
55	تأثير نظم الحراثة في النسبة المئوية للانزلاق	4
56	تأثير نظم الحراثة في القدرة المفقودة بالانزلاق	5
57	تأثير نظم الحراثة في معدل حجم التربة المثار	6

58	تأثير نظم الحراثة في الكفاءة الحقلية	7
59	تأثير نظم الحراثة في معدل استهلاك الوقود	8
60	تأثير إضافة الفحم النباتي في معدل القطر الموزون	9
61	تأثير إضافة الفحم النباتي في الكثافة الظاهرية للتربة	10
62	تأثير إضافة الفحم النباتي في المسامية الكلية للتربة	11
63	تأثير إضافة الفحم النباتي في المحتوى الرطوبي للتربة	12
64	تأثير إضافة الفحم النباتي في مقاومة التربة للاختراق	13
65	تأثير إضافة الفحم النباتي في الايصالية المائية المشبعة	14
66	تأثير إضافة الفحم النباتي في الايصالية الكهربائية	15
67	تأثير إضافة الفحم النباتي في ارتفاع نبات الشوفان	16
68	تأثير إضافة الفحم النباتي في الوزن الجاف لنبات الشوفان	17
69	تأثير نظم الحراثة في معدل القطر الموزون	18
71	تأثير المحسنات العضوية في معدل القطر الموزون	19
72	تأثير عمق التربة في معدل القطر الموزون	20
73	تأثير فترات النمو في معدل القطر الموزون	21
78	تأثير نظم الحراثة في الكثافة الظاهرية للتربة	22
79	تأثير المحسنات العضوية في الكثافة الظاهرية للتربة	23
80	تأثير أعماق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة	24
81	تأثير فترات النمو في الكثافة الظاهرية للتربة	25
86	تأثير نظم الحراثة في المسامية الكلية للتربة	26
87	تأثير المحسنات العضوية في المسامية الكلية للتربة	27
88	تأثير عمق التربة في المسامية الكلية للتربة	28
89	تأثير فترات النمو في المسامية الكلية للتربة	29
94	تأثير نظم الحراثة في المحتوى الرطوبي للتربة	30
95	تأثير المحسنات العضوية في المحتوى الرطوبي للتربة	31
96	تأثير عمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة	32
97	تأثير فترات النمو على المحتوى الرطوبي	33
102	تأثير نظم الحراثة في مقاومة التربة للاختراق	34
103	تأثير المحسنات العضوية في مقاومة التربة للاختراق	35
104	تأثير عمق التربة في مقاومة التربة للاختراق	36
105	تأثير فترات النمو في مقاومة التربة للاختراق	37

110	تأثير نظم الحراثة في الايصالية المائية للتربة	38
111	تأثير المحسنات العضوية في الايصالية المائية للتربة	39
112	تأثير عمق التربة في الايصالية المائية للتربة	40
113	تأثير فترات النمو في الايصالية المائية للتربة	41
118	تأثير نظم الحراثة في الايصالية الكهربائية للتربة	42
119	تأثير المحسنات العضوية في الايصالية الكهربائية للتربة	43
120	تأثير عمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة	44
121	تأثير فترات النمو في الايصالية الكهربائية للتربة	45
126	تأثير نظم الحراثة في ارتفاع نبات الحنطة	46
127	تأثير المحسنات العضوية في ارتفاع نبات الحنطة	47
128	تأثير نظم الحراثة في الوزن الجاف للحنطة	48
129	تأثير المحسنات العضوية في الوزن الجاف للحنطة	49
131	تأثير نظم الحراثة في حاصل الحبوب للحنطة	50
132	تأثير المحسنات العضوية في حاصل الحبوب للحنطة	51

قائمة الملاحق

الصفحة	العنوان	رقم الملحق
155	صور لجهاز قياس مقاومة التربة للاختراق (Penetrometer)	1
156	مخطط لجهاز قياس التماسك والاحتكاك الداخلي للتربة	2
157	العلاقة بين اجهاد قص التربة والاجهاد العمودي لحساب التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلية	3
158	مخطط لجهاز قياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن	4
159	العلاقة بين الاجهاد الافقي والاجهاد العمودي لقياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن	5
160	جهاز قياس قوة السحب (جهاز الخلية الوزنية Load cell)	6
161	قيم F من جدول تحليل التباين للصفات الميكنية لنظم الحراثة	7
161	قيم F من جدول تحليل التباين لتجربة الاصل	8
161	قيم F من جدول تحليل التباين لصفات التربة في بداية الموسم	9
161	قيم F من جدول تحليل التباين لصفات التربة في نهاية الموسم	10
162	تحليل اختبار t لصفات التربة المدروسة للتجربة الحقلية لبداية الموسم ونهايته	11

162	قيم F من جدول تحليل التباين لصفات النمو والحاصل للحنطة	12
162	جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في معدل القطر الموزون في نهاية موسم النمو	13
163	جدول تأثير نظم الحراثة والمحسنات العضوية وعمق التربة في معدل القطر الموزون في نهاية موسم النمو	14
163	جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة في بداية موسم النمو	15
164	جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة في بداية موسم النمو	16
164	جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة في بداية موسم النمو	17
164	جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الإيصالية المائية للتربة في نهاية موسم النمو	18
165	جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الإيصالية الكهربائية للتربة في بداية موسم النمو	19
165	جدول تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في الإيصالية الكهربائية للتربة في بداية موسم النمو	20
165	جدول تأثير نظم الحراثة والمحسنات العضوية في ارتفاع نبات الحنطة	21

قائمة الرموز

الرمز	المعنى	وحدة القياس
B0	مستوى الإضافة للفحم النباتي 0% في التجربة المختبرية	
B1	مستوى الإضافة للفحم النباتي 1% في التجربة المختبرية	
B2	مستوى الإضافة للفحم النباتي 1.5% في التجربة المختبرية	
B3	مستوى الإضافة للفحم النباتي 2% في التجربة المختبرية	
B4	مستوى الإضافة للفحم النباتي 2.5% في التجربة المختبرية	
B5	مستوى الإضافة للفحم النباتي 3% في التجربة المختبرية	
T1	معاملة الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب	
T2	معاملة الحراثة بالمحراث الحفار	
T3	معاملة الحراثة بالأمشاط القرصية	
M0	معاملة بدون إضافة محسنات	
M1	معاملة إضافة الفحم النباتي بمستوى 1.5%	
M2	معاملة إضافة السماد الحيواني بمستوى 2%	
M3	معاملة خلط إضافة 0.75% فحم نباتي + 1% سماد حيواني	

	عمق التربة 0-15	D1
	عمق التربة 15-30	D2
	عمق التربة 30-45	D3
	بداية موسم النمو لمحصول الحنطة	A
	نهاية موسم النمو لمحصول الحنطة	B
كيلو نيوتن م ²	إجهاد قص التربة لقياس تماسك التربة	τ
كيلو نيوتن م ²	الاجهاد العمودي لقياس تماسك التربة	σ
كيلو نيوتن م	عزم قص التربة لقياس تماسك التربة	m
م	نصف قطر القرص المعدني لجهاز التماسك	r
كيلو نيوتن	القوة العمودية المسلطة على التربة (وزن الجهاز + الوزن المضاف)	Q
م ²	مساحة القرص المعدني لجهاز التماسك	A_1
كيلو نيوتن م ²	الاجهاد الافقي في حساب الالتصاق	τ_α
كيلو نيوتن	قوة سحب القطعة المعدنية مع الاوزان لحساب الالتصاق	F_1
م ²	مساحة تلامس القطعة المعدنية مع التربة لجهاز الالتصاق	A_2
كيلو نيوتن م ²	الاجهاد العمودي لحساب الالتصاق	σ_a
كيلو نيوتن	الوزن المسلط على التربة (وزن الجهاز + الوزن المضاف)	Q_1
ميكا غرام م ³	الكثافة الظاهرية للتربة	ρ_b
ميكا غرام	كتلة الدقائق الصلبة	M_s
م ³	الحجم الكلي للتربة ويمثل حجم الاسطوانة	V
%	النسبة المئوية لرتوية التربة على أساس الوزن الجاف	P_w
غم	وزن الرطوبة في التربة	M_w
غم	وزن الدقائق الصلبة الجافة	M_s
كيلو نيوتن م ²	دليل المخروط	CI
كيلو نيوتن	قوة السحب لآلة الحراثة	F
كيلو نيوتن	قوة السحب الكلية	F_t
كيلو نيوتن	مقاومة التدحرج للجرار	R
%	النسبة المئوية للانزلاق	S
كم ساعة ⁻¹	السرعة العملية للساحبة	V_a
كم ساعة ⁻¹	السرعة النظرية للساحبة	V_t
كيلو واط	القدرة المفقودة بالانزلاق	PL
كيلو واط	القدرة عند العجلات	Pd
كيلو واط	قدرة السحب	Pf
كيلو نيوتن م ²	المقاومة النوعية	SR

2م	مساحة التربة المحروثة (العرض الشغال لآلة الحراثة X عمق الحراثة الفعلي)	A
$3\text{م}^3\text{ميكاجول}^{-1}$	كفاءة استخدام الطاقة	η
$3\text{م}^3\text{ساعة}^{-1}$	حجم التربة المثار	S.V.D
م	عمق الحراثة الفعلي	D
م	العرض الشغال التصميمي لآلة الحراثة	B
م	العرض الشغال الفعلي لآلة الحراثة	Bp
$\%$	الكفاءة الحقلية	Fe
لتر هكتار ⁻¹	معدل استهلاك الوقود	Fcr
لتر ساعة ⁻¹	كمية الوقود المستهلك	TFC
ميكا غرام م ⁻³	الكثافة الحقيقية للتربة	ρ_s
3م	حجم الدقائق الجافة للتربة	Vs
$\%$	المسامية الكلية للتربة	f
سم ساعة ⁻¹	الايصالية المائية المشبعة للتربة	Ks
سم ³	حجم الماء المار خلال عمود التربة لحساب الايصالية المائية	Q
سم	طول عمود التربة لحساب الايصالية المائية	L
سم ²	المساحة السطحية لمقطع التربة لحساب الايصالية المائية	A
ساعة	الزمن	t
سم	طول عمود التربة + ارتفاع عمود الماء فوق عمود التربة	h
ملم	معدل القطر الموزون للتربة	MWD
ملم	معدل القطر لأي مدى حجمي للتجمعات المفصولة	Xi
	وزن التجمعات المتبقية ضمن المدى الحجمي الواحد كنسبة إلى الوزن الجاف الكلي لنموذج التربة.	Wi
	درجة تفاعل التربة	pH
ديسيسيمنز م ⁻¹	الايصالية الكهربائية للتربة	EC
غم كغم ⁻¹	المادة العضوية	O.M

1- المقدمة Introduction:

تتصف معظم ترب المنطقة الجنوبية من العراق ببنائها الضعيف وتدهور معظم صفاتها الفيزيائية والكيميائية والخصوبية نتيجة قلة محتواها من المادة العضوية فضلاً عن الإدارة غير السليمة لتلك الترب من ناحية اختيار الأنظمة الملائمة للري والحراثة مما يؤثر ذلك سلباً على إنتاج المحاصيل، لذا فإن الإدارة السليمة لهذه الترب من خلال إضافة المحسنات العضوية واتباع نظام حراثة ملائم تعد من الاستراتيجيات الفعالة في تحسين بناء التربة وزيادة خصوبتها التي تنعكس إيجاباً في نمو وحاصل النبات (عبد علي وآخرون، 2011).

تعد عملية الحراثة بأنواعها من العمليات المهمة جداً التي تجري في الحقل لما لها من دور في تحسين صفات التربة المختلفة وانعكاس ذلك في توفير ظروف ملائمة لنمو النبات، كما أن اختيار نظام الحراثة غير المناسب خاصة في الترب الطينية يؤثر سلباً على صفات التربة مثل كبس التربة وعدم تهيئة مهد مناسب لإنبات البذور فضلاً عن زيادة انتشار الأملاح في المنطقة الجذرية وهذا ينعكس سلباً في نمو النبات (جاسم وآخرون، 2000). أن اختلاف معدات الحراثة من الناحية التصميمية وطبيعة حراستها للتربة ينعكس في اختلاف تأثيرها على صفات التربة لذا فإن الاختيار الأمثل لآلة الحراثة يعتمد على مدى ملاءمتها لنوع التربة وتحسينها معظم خواصها الفيزيائية فضلاً عن كفاءتها الحقلية ومتطلباتها من الوقود والقدرة المطلوبة لإنجاز عملية الحراثة والتي بدورها تنعكس في تكاليف العملية الزراعية.

أن إضافة المحسنات العضوية لها تأثير مهم في تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية فضلاً عن تجهيز التربة بالعناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات، إذ تؤدي إضافة المخلفات الحيوانية دوراً مهماً في تحسين تجمعات التربة وزيادة ثباتيتها وزيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء فضلاً عن دورها في التقليل من ضرر ملوحة التربة من خلال غسل الأملاح نتيجة خفضها للكثافة الظاهرية وتحسين المسامية، كما تعد مصدر وخزين للعناصر الغذائية التي تساهم في تحسين نمو وإنتاج النبات (البكري وعبود، 2013). يعد الفحم النباتي (Biochar) من المحسنات العضوية التي لها دور كبير في تحسين معظم خواص التربة الفيزيائية مثل الكثافة الظاهرية والمسامية والمحتوى الرطوبي للتربة والإيصالية الهيدروليكية فضلاً عن الخواص الكيميائية والحيوية مما ينعكس ذلك في توفير ظروف ملائمة لنمو النبات وزيادة إنتاجيته (Atkinson وآخرون، 2010). تعد الحنطة من أهم المحاصيل الاستراتيجية والغذائية وتأتي في مقدمة المحاصيل الحبوبية من حيث المساحة المزروعة والإنتاج إذ قدرت إنتاجية الحنطة للعام 2019 في العالم 763.6 مليون طن (FAO، 2020)، وفي العراق قدرت المساحة المزروعة بالحنطة 6331 ألف دونم وإنتاجية

بلغت 4343 ألف طن للعام 2019 وقد احتلت البصرة الموقع الأخير من حيث المساحة المزروعة بالحنطة والإنتاج مقارنة بمحافظات العراق الأخرى (مديرية الإحصاء الزراعي، 2019).

بناءً على ما تقدم ونظراً لتدهور معظم الصفات الفيزيائية للترب الطينية في المنطقة الجنوبية وانخفاض محتواها من المادة العضوية فضلاً عن تنوع نظم الحراثة المتبعة لتلك الترب وانعكاس ذلك في إنتاجية المحاصيل الزراعية المهمة مثل الحنطة، هدفت الدراسة الى:

- 1- دراسة تأثير أنظمة الحراثة في صفات التربة ونمو وحاصل الحنطة فضلاً عن متطلباتها من مؤشرات أداء الوحدة الميكنية بما يلائم التربة المدروسة.
- 2- دراسة تأثير إضافة المحسنات العضوية (الفحم النباتي Biochar والسماذ الحيواني) في صفات التربة المختلفة ونمو وحاصل الحنطة.
- 3- تحديد أفضل توافق بين نظم الحراثة والمحسن العضوي بما يعطي أفضل تحسن لصفات التربة وأعلى نمو وحاصل للحنطة.

2- مراجعة المصادر Literature review:**2-1- تأثير نظم الحراثة في المؤشرات الفنية للوحدة الميكانيكية:****The effect of tillage systems on the technical indicators of the mechanical unit****2-1-1- قوة السحب Draft force:**

تعرف قوة السحب على أنها القوة اللازمة لسحب الآلة نحو مصدر القدرة (الساحبة)، وتعتبر من المؤشرات الميكانيكية المهمة في تقييم أداء الآلات الزراعية، كما أنها تتأثر بعدة عوامل منها نوع آلة الحراثة المستخدمة وعمق وسرعة الحراثة والعرض الشغال لآلة الحراثة بالإضافة إلى نوع التربة وظروف استخدام الآلة. لاحظ Naderloo وآخرون (2009) في دراسة لاستخدام ثلاث أنواع من الحراثة التقليدية باستخدام المحراث المطرحي والقرصي والحفار في تربة مزيج طينية أن متطلبات قوة السحب للمحراث المطرحي كانت أعلى قياساً مع المحراث القرصي والمحراث الحفار، وعزوا ذلك إلى طبيعة عمل المحراث في قطع وقلب التربة مما يزيد ذلك من مقاومة التربة للحراثة وهذا بدوره يزيد من قوة السحب. وهذا ما أكده الطائي وآخرون (2013) إذ لاحظوا تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي في إعطاءه أقل قوة سحب بلغت 8.984 كيلو نيوتن بينما أعطى المحراث المطرحي قوة سحب بلغت 14.378 كيلو نيوتن في تربة طينية غرينيه.

لاحظ Askari و Khalifahamzehghasem (2013) عند استخدام محراث مطرحي ومحراث حفار على عمق 25 سم ومشط قرصي ومشط دوراني على عمق 10 سم في تربة ذات نسجه مزيج طينية أن المحراث المطرحي سجل أعلى قوة سحب مقارنة بالمحراث الحفار والأمشاط إذ بلغت قيم قوة السحب 16.30 و 15.41 و 1.80 و 3.49 كيلو نيوتن على التوالي. وأشار ناصر (2014) إلى أن متطلبات الأمشاط القرصية من قوة السحب تزداد مع زيادة عمق الحراثة نتيجة زيادة حجم الكتل الترابية المفككة مما يتطلب قوة سحب إضافية للتغلب على مقاومة التربة للتفكيك. كما وجد Mushin (2017b) عند المقارنة بين محراث مطرحي ومشط قرصي معلق ومشط قرصي مسحوب في نوعين من الترب (مزيج غرينيه وطينية) عند الحراثة على عمق 20 سم أن المحراث المطرحي يحتاج قوة سحب أكبر من المشط المعلق والمسحوب بنسبة 106.37 و 163.76% على التوالي في التربة المزيج الطينية وبنسبة 77.39 و 105.30% في التربة الطينية، وعلل سبب ذلك إلى حاجة

المحراث المطرحي إلى قوة أكبر لقطع ورفع مقطع التربة في حين أن الأمشاط تقوم بتفتيت التربة دون قلبها.

2-1-2- المقاومة النوعية وكفاءة استخدام الطاقة:

Specific resistance and energy utilization efficiency:

وجد الطحان وآخرون (2008) في دراسة لاستخدام المحراث المطرحي القلاب في تربة طينية أن قيم المقاومة النوعية تزداد معنوياً مع زيادة عمق وسرعة الحراثة. كما لاحظ الرجيو والطائي (2013) أن المقاومة النوعية للمحراث الحفار الاعتيادي تزداد مع زيادة عمق الحراثة وعرض أسلحة المحراث في تربة طينية غرينيه وعللاً ذلك إلى زيادة قوة السحب التي بدورها تزيد من المقاومة النوعية. وقد أكد ناصر وآخرون (2016) أن المقاومة النوعية للمحراث الحفار تعتمد على متطلبات المحراث من قوة السحب بالمقارنة مع مساحة التربة المفككة بالحراثة.

تعرف كفاءة استخدام الطاقة على أنها عدد الأمتار المكعبة من التربة التي يفككها المحراث لكل ميكا جول واحد من الطاقة المستهلكة. وجد (2017a) Muhsin عند استخدام محراث حفار في تربة مزيج غرينيه لثلاث أعماق أن كفاءة استخدام الطاقة ازدادت بنسبة 37.44% بزيادة عمق الحراثة من 10 إلى 30 سم، وعزا سبب ذلك إلى زيادة حجم التربة المثار مع انخفاض الطاقة المستهلكة بزيادة العمق.

3-1-2- النسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة Slipping percentage and Power

:losses

أن النسبة المئوية للانزلاق تختلف باختلاف آلات الحراثة المستخدمة وقوة السحب وعمق وسرعة الحراثة والوزن الواقع على العجلات الخلفية للجرار وخصائص التربة ورطوبتها وضغط الهواء في العجلات الخلفية وحجم وشكل العجلات القائدة (البناء، 1990). لاحظ El-Tarhuny وآخرون (2005) وجود فروق معنوية في قيم القدرة المفقودة عند استخدام أنواع مختلفة من المحارث (المحراث المطرحي القلاب والدوراني والحفار والمشط القرصي) في تربة مزيج رمليّة إذ كانت قيم القدرة المفقودة 15.51 و 5.61 و 13.20 و 10.56 كيلو واط لأنواع المحارث على التوالي. كما أظهرت النتائج التي توصل إليها الشريفي (2009) في دراسة تضمنت استخدام المحراث المطرحي القلاب والمحراث القرصي في تربة مزيج طينية غرينيه وجود اختلاف معنوي في قيم القدرة المفقودة بين نوعي المحارث المستخدمة إذ أعطى المحراث المطرحي أقل معدل للقدرة المفقودة بلغ 2.360 كيلو واط في حين سجل المحراث القرصي أعلى معدل للقدرة المفقودة بلغ 3.714 كيلو واط

وعزا ذلك إلى زيادة العرض الشغال للمحراث القرصي مما زاد ذلك من قوة السحب المطلوبة والتي تؤدي إلى زيادة القدرة المفقودة مقارنةً بالمحراث المطرحي القلاب. لاحظ عبد الرحمن وآخرون (2009) في دراسة تضمنت استخدام المحراث المطرحي والأمشاط القرصية في ترب مختلفة النسجة (طينية ومزيج طينية غرينيه ومزيج رملية) وجود فروق معنوية في النسبة المئوية للانزلاق إذ حقق المحراث المطرحي القلاب أعلى نسبة مئوية للانزلاق بلغت 12.3% و 11.3% و 16.4% بينما أعطت الأمشاط القرصية نسبة انزلاق أقل بلغت 7.5% و 4.23% و 13.5% لأصناف نسجه التربة على التوالي.

وجد الحديثي والبديري (2011) أن النسبة المئوية للانزلاق عند الحراثة بالمحراث المطرحي تزداد بزيادة عمق الحراثة في تربة مزيج طينية غرينيه وعزيا سبب ذلك إلى أن بزيادة عمق الحراثة يزداد حجم التربة المفككة وهذا بدوره يزيد من القوة المطلوبة لتفكيك التربة وبالتالي زيادة النسبة المئوية للانزلاق. وأظهرت النتائج التي توصل إليها الحديثي والبديري (2012) عند استخدام المحراث الحفار والمنعمة النابضية إلى تفوق المنعمة النابضية في تسجيلها أقل نسبة مئوية للانزلاق بلغت 8.40% بينما أعطى المحراث الحفار نسبة انزلاق أعلى بلغت 12.81%. لاحظ الطائي وآخرون (2013) أن المحراث الحفار أعطى نسبة انزلاق أقل من المحراث المطرحي إذ بلغت نسبة الانزلاق 13.38 و 18.66% على التوالي وعزوا ذلك إلى كون المحراث المطرحي حقق أعلى عمق فعلي للحراثة مقارنةً بالحفار مما يزيد ذلك من مقاومة التربة لسحب المحراث وبالتالي زيادة الانزلاق. بين عبدالكريم (2017) عند استخدامه ثلاث أنواع من المحاريت (مطرحي وقرصي وحفار) في تربة مزيج رملية وتأثيرها في بعض المؤشرات الميكانيكية أن هنالك فروق معنوية لأنواع المحاريت في النسبة المئوية للانزلاق إذ أعطى المحراث الحفار أقل نسبة مئوية للانزلاق بلغت 10.08% مقارنةً بالمحراث المطرحي والقرصي اللذين حققا نسبة انزلاق بلغت 12.62 و 16.46% على التوالي وعزا ذلك إلى طبيعة عمل المحراث الحفار إذ يعمل على شق وتفكيك التربة دون قلبها مما يقلل ذلك من مقاومة مرور المحراث في التربة بينما يعمل كل من المحراث المطرحي والقرصي على قطع وفصل وقلب شرائح التربة وهذا يزيد من مقاومة التربة وبالتالي زيادة النسبة المئوية للانزلاق، كما لاحظ وجود فروق معنوية لأنواع المحاريت في القدرة المفقودة إذ أعطى المحراث الحفار أقل قدرة مفقودة بلغت 2.642 كيلو واط بينما أعطى المحراث المطرحي والقرصي قدرة مفقودة بلغت 3.164 و 4.65 كيلو واط على التوالي.

2-1-4- معدل حجم التربة المثار Soil volume disturbed :

يعرف حجم التربة المثار على انه حاصل ضرب الإنتاجية الفعلية في عمق الحراثة ويتأثر بالسرعة والعرض الشغال للآلة. لاحظ المتبوتوي وسعيد (2009) حصول تفوق للمحراث القرصي معنوياً في إعطاءه اعلى حجم تربة مثار بلغ 554.22 م³ ساعة⁻¹ مقارنةً بالمحراث المطرحي القلاب الذي سجل حجم تربة مثار بلغ 505.99 م³ ساعة⁻¹ وعزى سبب ذلك إلى العرض الشغال الفعلي الكبير للمحراث القرصي مقارنةً بالمحراث المطرحي. في حين وجد الشريف (2009) حصول زيادة في معدل حجم التربة المثار بنسبة 16.14% مع استخدام المحراث المطرحي القلاب في تربة مزيج طينية غرينية قياساً مع المحراث القرصي وعزا سبب ذلك إلى زيادة العرض الشغال التصميبي للمحراث المطرحي مقارنةً مع المحراث القرصي مما سبب ذلك زيادة في حجم التربة المثار. درس الطالباني (2010) تأثير نوعين من المحاريت (المحراث الحفار والمحراث المطرحي) في تربة مزيج طينية غرينية في صفة معدل حجم التربة المثار ولاحظ تفوق معنوي للمحراث الحفار على المحراث المطرحي في هذه الصفة إذ بلغت لكلا المحراثين 517.10 و 312.33 م³ ساعة⁻¹ على التوالي وعزا ذلك إلى زيادة العرض الشغال للمحراث الحفار مقارنةً بالمطرحي. وهذا ما وجده الجبوري (2011) إذ لاحظ أن حجم التربة المثار ازداد بنسبة 69.74% عند استخدام المحراث الحفار في تربة مزيج طينية غرينية مقارنةً بالمحراث المطرحي القلاب.

وفي دراسة أجراها الحديثي والبدي (2012) تضمنت استخدام المحراث الحفار والمنعمة النابضية لاحظا أن المنعمة النابضية أعطت اعلى معدل لحجم التربة المثار بلغ 987 م³ ساعة⁻¹ مقارنةً مع المحراث الحفار الذي سجل حجم تربة اقل بلغ 888 م³ ساعة⁻¹. كما لاحظ عامر (2017) تفوق المحراث المطرحي على القرصي في الحصول على اعلى معدل لحجم التربة المثار في تربة طينية غرينية بلغ 514.89 م³ ساعة⁻¹ في حين سجل المحراث القرصي معدل حجم تربة مثار بلغ 391.36 م³ ساعة⁻¹، وعزى سبب ذلك إلى أن العرض الشغال التصميبي للمحراث المطرحي أكبر من المحراث القرصي مما زاد ذلك من حجم التربة المثار.

2-1-5- الكفاءة الحقلية Field efficiency :

تعرف الكفاءة الحقلية على انها النسبة بين الإنتاجية العملية الى الإنتاجية النظرية للآلة وتتأثر بالسرعة والعرض الشغال للآلة. لاحظ المتبوتوي وسعيد (2009) وجود فروق معنوية لتأثير استخدام نوعين من المحاريت (مطرحي وقرصي) على الكفاءة الحقلية في تربة مزيج رملية إذ تفوق المحراث القرصي على المطرحي في إعطاءه اعلى كفاءة حقلية بلغت 65.128% في حين سجل

المحراث القرصي كفاءة حقلية بلغت 61.414% وعلا سبب ذلك إلى العرض الشغال الفعلي الكبير للمحراث القرصي مقارنةً بالمطرحي.

أشارت نتائج الحديثي والبديري (2012) عند استخدام المحراث الحفار والمنعمة النابضية إلى إعطاء المنعمة اعلى معدل للكفاءة الحقلية مقارنةً بالمحراث الحفار إذ بلغت 58.3% و 47.4% للمنعمة والمحراث الحفار على التوالي. لاحظ الجبوري (2012) في دراسة تضمنت استخدام المحراث الحفار والمحراث الدوراني في تربة مزيج طينية غرينيه أن المحراث الحفار تفوق في تسجيله اعلى كفاءة حقلية بلغت 66.629% مقارنةً بالمحراث الدوراني الذي سجل كفاءة حقلية بلغت 61.291% وعزا سبب ذلك إلى زيادة الإنتاجية الفعلية للمحراث الحفار. ووجد Ati وآخرون (2015) تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي عند الحراثة على عمق 18 سم في تربة طينية غرينيه في صفة الإنتاجية العملية إذ بلغت الإنتاجية العملية لكلا المحراثين 0.567 و 0.278 هكتار ساعة⁻¹ على التوالي، وعزوا سبب ذلك إلى العرض الشغال الكبير للمحراث الحفار قياساً مع المحراث المطرحي. كما بينت نتائج جاسم وجبر (2015) أن المحراث الحفار حقق تفوقاً معنوياً على المحراث القرصي والمطرحي عند الحراثة في تربة مزيج طينية غرينيه في قيم الإنتاجية العملية. كما لاحظ Muhsin (2017b) في دراسة تضمنت استخدام المحراث المطرحي والمشط القرصي المعلق والمشط القرصي المسحوب في نوعين من الترب (مزيج غرينيه وطينية) عند الحراثة على عمق 20 سم أن المشط القرصي المعلق أعطى اعلى كفاءة حقلية في كلا النوعين من الترب المزيج الغرينيه والطينية بلغت 90.33 و 86.37% على التوالي في حين أعطى المحراث المطرحي اقل كفاءة حقلية بلغت 72.40 و 65.50% لكلا النوعين من الترب على التوالي، وعزا سبب ذلك إلى انخفاض الإنتاجية العملية للمحراث المطرحي نتيجة انخفاض السرعة العملية وزيادة متطلباته من قوة السحب مقارنةً بالأمشاط القرصية.

2-1-6- معدل استهلاك الوقود Fuel consumption rate:

لاحظ الشجيري وجاسم (2010) وجود اختلاف معنوي في قيم معدل استهلاك الوقود بين نوعين من المحاريت (مطرحي وحفار) في تربة مزيج طينية غرينيه إذ سجل المحراث المطرحي اعلى معدل لاستهلاك الوقود مقارنةً بالمحراث الحفار وبنسبة زيادة مقدارها 76.80% وعلا سبب ذلك إلى أن المحراث المطرحي يقوم بقطع التربة وقلبها فيحتاج إلى طاقة أكبر قياساً مع المحراث الحفار الذي يعمل على شق التربة دون قلبها. وفي دراسة أجراها الجبوري (2012) لاحظ أن استخدام المحراث الحفار في تربة مزيج طينية غرينيه حقق اقل معدل لاستهلاك الوقود بلغ 6.98 لتر

هكتار¹ مقارنةً مع المحراث الدوراني الذي سجل معدل للصفة بلغ 7.67 لتر هكتار¹. درس Akbarnia و Farhani (2014) استخدام ثلاثة نظم حراثة تضمنت حراثة تقليدية بألة مركبة ذات محراث مطرحي وأمشاط قرصية وبأذره وحراثة دنيا باستخدام آلة مركبة ذات محراث حفار وأمشاط دورانية وبأذره وحراثة صفرية باستخدام بأذره فقط ووجدوا أن معدل استهلاك الوقود عند الحراثة التقليدية كان اعلى قياساً مع النظم الأخرى إذ بلغ استهلاك الوقود 59.33 و 29.67 و 14.33 لتر هكتار¹ لنظم الحراثة على التوالي وعللا سبب ذلك إلى دور المحراث المطرحي في الحراثة التقليدية في قلب التربة مما يزيد ذلك من الطاقة المطلوبة للحراثة ومن ثم زيادة استهلاك الوقود. وحصل Ati وآخرون (2015) على انخفاض في معدل استهلاك الوقود بنسبة 22.53% عند الحراثة بالمحراث الحفار في تربة طينية غرينيه مقارنةً مع الحراثة بالمحراث المطرحي وعزوا ذلك إلى انخفاض متطلبات القدرة المطلوبة للمحراث الحفار قياساً مع المحراث المطرحي.

كما أشار جاسم وجبر (2015) إلى أن متطلبات المحراث الحفار من استهلاك الوقود اقل قياساً مع كل من المحراث القرصي والمحراث المطرحي إذ لاحظا تفوقاً للمحراث الحفار في تسجيله اقل معدل لاستهلاك الوقود لوحدة المساحة في تربة مزيج طينية غرينيه خلال الموسمين للتجربة. أظهرت النتائج التي توصل اليها عامر (2017) تفوق معنوي للمحراث المطرحي على المحراث القرصي في قلة معدل استهلاك الوقود عند الحراثة في تربة طينية غرينيه إذ بلغ معدل استهلاك الوقود للمحراث المطرحي 33.77 لتر هكتار¹ في حين سجل المحراث القرصي 36.98 لتر هكتار¹ وعلل سبب ذلك إلى العرض الشغال الكبير للمحراث المطرحي مما يزيد ذلك من المساحة المحروثة لوحدة حجم الوقود المستهلكة. كما لاحظ عبد الكريم (2017) في دراسة تضمنت استخدام فيها ثلاثة أنواع من المحارث (مطرحي وقرصي وحفار) في تربة مزيج رملية أن المحراث الحفار سجل اقل معدل لاستهلاك الوقود مقارنةً مع كل من المحراث المطرحي والقرصي إذ بلغ استهلاك الوقود 8.34 و 25.99 و 30.96 لتر هكتار¹ للمحراث الحفار والمطرحي والقرصي على التوالي.

2-2- تأثير نظم الحراثة في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية:

The effect of tillage systems on physical and chemical soil properties

1-2-2- معدل القطر الموزون Mean weight diameter:

لاحظ العجيلي والزبيدي (2010) أن الحراثة باستخدام المحراث الحفار حققت اعلى معدل للقطر الموزون في تربة مزيج طينية غرينيه بلغ 1.01 ملم مقارنةً مع المحراث المطرحي الذي سجل اقل معدل للصفة بلغ 0.98 ملم. كما أظهرت النتائج التي توصل اليها الشجيري وجاسم (2010) إلى

تفوق المحراث الحفار في تسجيله اقل نسبة مئوية للكتل الترايبية ذات الأقطار الأكبر من 10 سم إذ بلغت 15.91% مقارنة مع المحراث المطرحي الذي حقق أعلى نسبة مئوية للكتل الترايبية بلغت 43.62%. كما وجد عبد علي وآخرون (2011) أن الحراثة بالمحراث الحفار في تربة غرينيه أدت إلى زيادة معنوية في معدل القطر الموزون بنسبة 46.67% مقارنةً بالمحراث المطرحي القلاب وعزوا ذلك إلى دور المحراث الحفار في الحفاظ على تجمعات التربة وتحسين البناء قياساً مع المحراث المطرحي القلاب. كما بينت النتائج التي توصل إليها ناصر (2014) أن معدل القطر الموزون ينخفض معنويًا مع تقليل عمق الحراثة باستخدام المشط القرصي المزدوج إذ انخفض معدل القطر الموزون بنسبة 12 و7% عند الأعماق 15 و20 سم مقارنة مع عمق الحراثة 10 سم على التوالي. كما وجد Crittenden وآخرون (2015) في دراسة باستخدام محراث مطرحي قلاب على عمق 23-25 سم ومحراث حفار على عمق 18-23 سم في تربة مزيج طينية أن الحراثة بالمحراث الحفار أعطت معدل قطر موزون أعلى من المحراث المطرحي القلاب.

2-2-2- الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية للتربة Bulk density and total porosity:

بين Czyż و Dexter (2008) في دراسة تضمنت إجراء حراثة دنيا وحراثة تقليدية في تربة مزيج غرينيه أن الحراثة التقليدية تفوقت على الحراثة الدنيا في إعطاءها أقل كثافة ظاهرية للتربة. كما لاحظ المتبوتسي وسعيد (2009) تفوق المحراث المطرحي على المحراث القرصي في تربة مزيج رملية في تسجيله أقل كثافة ظاهرية بلغت 1.04 ميكا غرام م⁻³ في حين سجل المحراث القرصي كثافة ظاهرية بلغت 1.14 ميكا غرام م⁻³، كما سجل المحراث المطرحي مسامية أعلى مقارنةً بالمحراث القرصي إذ بلغت المسامية 60.30 و56.40% للمحراثين على التوالي، وعزوا ذلك إلى زيادة تعمق المحراث المطرحي في التربة وزيادة تفتيتها وبالتالي انخفاض كثافتها الظاهرية وزيادة مساميتها. كما لاحظ القزاز ومحمود (2010) تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي في إعطاءه أقل كثافة ظاهرية بلغت 1.25 ميكا غرام م⁻³ بينما سجل المحراث المطرحي كثافة بلغت 1.36 ميكا غرام م⁻³ وعزوا ذلك إلى اختلاف المحارث من الناحية التصميمية واختلافها في طريقة إثارة وتفكيك التربة، كما لاحظا تفوق المحراث الحفار معنويًا في تسجيله أعلى مسامية بلغت 52.70% مقارنةً بالمحراث المطرحي الذي أعطى مسامية بلغت 48.76%. وجد Jabro وآخرون (2010) عند استخدامهم نظامين من الحراثة (حراثة دنيا باستخدام المشط القرصي على عمق 10 سم وحراثة تقليدية على عمق 20 سم باستخدام المحراث الحفار) في تربة مزيج رملية أن الحراثة التقليدية أعطت كثافة ظاهرية أقل من الحراثة الدنيا.

لاحظ المحمدي (2013) حصول انخفاض في قيم الكثافة الظاهرية في تربة مزيجه من 1.49 إلى 1.38 ميكا غرام م³ عند زيادة عمق الحراثة من 15 إلى 30 سم، وعلل سبب ذلك إلى زيادة المحتوى الرطوبي للتربة مع العمق ودورها في تميؤ دقائق التربة مفرقاً بعضها عن بعض مؤدياً إلى الانتفاخ الأمر الذي أدى إلى زيادة حجمها بثبات كتلتها والذي قلل من رص التربة وخفض الكثافة الظاهرية. كما وجد Gholami وآخرون (2014) عند استخدام ثلاثة نظم حراثة (تقليدية ودنيا وبدون حراثة) أن الحراثة التقليدية تفوقت على نظم الحراثة الأخرى في تسجيل أقل كثافة ظاهرية للتربة إذ بلغت 1.29 و 1.36 و 1.41 ميكا غرام م³ لنظم الحراثة على التوالي، كما تفوقت الحراثة التقليدية على نظم الحراثة الأخرى في تسجيلها أعلى مسامية كلية للتربة إذ بلغت قيم المسامية 52.45 و 50.58 و 47.58% للنظم الثلاث على التوالي. لاحظ الطائي وآخرون (2015) في دراسة استخدموا فيها ثلاثة أنواع من المحاريث (المحراث القرصي العمودي والمحراث الحفار والمحراث المطرحي) في تربة طينية غرينيه عدم وجود اختلاف معنوي بين تلك المحاريث في معدل الكثافة الظاهرية للتربة والمسامية الكلية، كما لاحظوا زيادة معدل الكثافة الظاهرية وانخفاض المسامية الكلية للتربة نهاية موسم النمو قياساً مع منتصف النمو، وعزوا ذلك إلى ثبات واستقرار التربة مع مرور الوقت نهاية موسم النمو، كما حصلوا على ارتفاع في قيم الكثافة الظاهرية للتربة وانخفاض مساميتها مع زيادة عمق التربة. كما لاحظ Muhsin (2017b) في دراسة استخدم فيها محراث مطرحي ومشط قرصي معلق ومشط قرصي مسحوب في نوعين من الترب (مزيجه غرينيه وطينية) عند الحراثة على عمق 20 سم أن المحراث المطرحي حقق أعلى كثافة ظاهرية بلغت 1.32 و 1.36 ميكا غرام م³ لكلا النوعين من الترب على التوالي في حين سجل كل من المشط القرصي المعلق والمسحوب كثافة أقل بلغت 1.14 و 1.25 ميكا غرام م³ للتربة المزيجه الغرينيه و 1.26 و 1.28 ميكا غرام م³ للتربة الطينية لكلا المشطين على التوالي، كما وجد أن المحراث المطرحي أعطى مسامية أقل بلغت 50.27 و 48.80% لكلا النوعين من الترب على التوالي في حين سجل كل من المشط القرصي المعلق والمسحوب مسامية أعلى بلغت 57.10 و 52.75% للتربة المزيجه الغرينيه و 52.36 و 51.53% للتربة الطينية لكلا المشطين على التوالي.

2-2-3- المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content:

بينت نتائج دراسة الطحان وال علي خان (2007) تفوق المحراث الحفار في تحقيقه أعلى محتوى رطوبي وبفارق معنوي مقارنةً بالمحراث المطرحي عند الحراثة في تربة طينية غرينيه، وعزوا سبب ذلك إلى دور المحراث الحفار في حراثة التربة دون قلبها وترك بقايا النباتات فوق سطح التربة مما يؤدي إلى تقليل كمية الماء المتبخرة من السطح بينما يعمل المحراث المطرحي على قلب التربة

وتعريضها إلى الظروف الجوية من درجات حرارة عالية بفعل أشعة الشمس والرياح الحارة والتي تساعد على زيادة سرعة التبخر. كما وجد Boydas و Turgut (2007) في تجربة تضمنت استخدام أربعة محاريث (محراث مطرحي ومطرحي مشرشر وقرصي وحفار) على عمق 20 سم في تربة مزيجه أن المحراث الحفار تفوق على معاملات الحراثة الأخرى في إعطائه أعلى رطوبة للتربة. لاحظ Dexter و Czyz (2008) عند إجراء حراثة دنيا وحراثة تقليدية في تربة مزيجه غرينيه أن الحراثة الدنيا تفوقت على الحراثة التقليدية في زيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالرطوبة إذ بلغت رطوبة التربة 27.38 و 26.08% للحراثة الدنيا و 26.28 و 22.76% للحراثة التقليدية للموسمين 2006 و 2007 على التوالي.

لاحظ شاكر وعبدالله (2014) أن الحراثة الدنيا بالأمشاط القرصية أعطت أعلى نسبة رطوبة في تربة مزيجه طينية بلغت 10.1 و 12.7 و 6.5% للموسم الأول و 10.7 و 13.6 و 7.3% للموسم الثاني لأطوار النمو عند مرحلة الإنبات والتزهير والنضج لنبات السلجم على التوالي مقارنةً بالحراثة التقليدية بالمحراث المطرحي التي أعطت رطوبة بلغت 9.5 و 12.4 و 6.2% للموسم الأول و 10.1 و 12.9 و 7.1% للموسم الثاني لأطوار النمو على التوالي، وعزوا سبب ذلك إلى أن الحراثة الدنيا حافظت على المحتوى الرطوبي للتربة بصورة أكبر من الحراثة التقليدية نتيجة زيادة معدلات الترشيح ونفاذ الماء إلى المناطق الأكثر عمقا في التربة مع الحراثة التقليدية. وفي دراسة أجراها الطائي وآخرون (2015) لاحظوا تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي والمحراث القرصي العمودي في تسجيله أعلى نسبة للمحتوى الرطوبي عند الطبقتين السطحية وتحت السطحية في تربة طينية غرينيه إذ بلغت 4.95 و 6.45% للطبقتين على التوالي، بينما سجل المحراث المطرحي محتوى رطوبي بلغ 4.41 و 5.58% والمحراث القرصي العمودي 4.64 و 6.10% لكلا الطبقتين السطحية وتحت السطحية على التوالي، كما بينت نتائج الدراسة حصول انخفاض في قيم المحتوى الرطوبي في نهاية الموسم مقارنةً بمنتصف الموسم ولكلا الطبقتين السطحية وتحت السطحية وعللوا ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر نهاية موسم النمو.

4-2-2- مقاومة التربة للاختراق Soil penetration resistance:

تعتبر مقاومة التربة للاختراق مقياس لصلابة التربة، إذ أن زيادة مقاومة التربة للاختراق يعيق انتشار الجذور في التربة وان إجراء عمليات الحراثة يقلل من مقاومة التربة للاختراق ويزيد من انتشار الجذور في التربة (Kuroyanagi وآخرون، 1997). درس Jabro وآخرون (2010) تأثير استخدام نظامين من الحراثة (حراثة دنيا باستخدام المشط القرصي على عمق 10 سم وحراثة تقليدية

على عمق 20 سم باستخدام المحراث الحفار) على مقاومة التربة للاختراق في تربة مزيجه رمليه ووجدوا أن الحراثة التقليدية تفوقت على الحراثة الدنيا في تسجيلها اقل مقاومة اختراق إذ بلغت عند العمق 0-20 سم 783 و1127 كيلو نيوتن م⁻² لكل من الحراثة التقليدية والدنيا على التوالي في حين بلغت عند العمق 0-35 سم 912 و1203 كيلو نيوتن م⁻² على التوالي. وفي دراسة أجراها Mikha وآخرون (2011) وجدوا تفوق للمحراث الحفار في تسجيله اقل مقاومة تربة للاختراق في تربة مزيجه طينية غرينيه بلغت 332.00 كيلو نيوتن م⁻² مقارنةً بالمحراث المطرحي الذي أعطى قيمة اعلى لمقاومة التربة للاختراق بلغت 648.00 كيلو نيوتن م⁻² عند الحراثة على عمق 15-30 سم. كما لاحظ الجبوري (2012) في دراسة تضمنت تأثير استخدام المحراث الحفار والدوراني في بعض الصفات الفيزيائية في تربة ذات نسجه مزيجه طينية غرينيه أن المحراث الحفار سجل اقل معدل لمقاومة التربة للاختراق بلغت 893 كيلو نيوتن م⁻² مقارنةً بالمحراث الدوراني الذي حقق مقاومة بلغت 930 كيلو نيوتن م⁻² وعزا ذلك إلى تقليل المحراث الحفار من رص التربة وزيادة مساميتها وانخفاض كثافتها الظاهرية مما يقلل ذلك من مقاومتها للاختراق.

وجد المحمدي (2013) أن زيادة عمق الحراثة من 15 إلى 30 و45 سم أدى إلى انخفاض مقاومة التربة للاختراق من 245.25 إلى 186.39 و147.15 كيلو نيوتن م⁻² في تربة مزيجه، وعزا سبب ذلك الى أن زيادة عمق الحراثة تحسنت الصفات الفيزيائية للتربة متمثلة بزيادة المحتوى الرطوبي الحجمي وتحسن ظروف بزلها وانخفاض الكثافة الظاهرية مما انعكس ذلك في انخفاض مقاومة الاختراق. كما لاحظ الرجبو والطائي (2013) في دراسة تضمنت استخدام المحراث الحفار في تربة طينية غرينيه ارتفاع قيم مقاومة التربة للاختراق عند نهاية موسم نمو النبات مقارنة مع منتصف الموسم. وفي دراسة أجراها الطائي وآخرون (2015) باستخدام ثلاث أنواع من المحارث (المحراث القرصي العمودي والحفار والمطرحي) في تربة طينية غرينيه لاحظوا حصول زيادة في معدل مقاومة التربة للاختراق بنسبة 18.79% عند الطبقات تحت السطحية للتربة قياساً مع الطبقات السطحية، فضلاً عن ارتفاع قيم مقاومة التربة للاختراق عند نهاية موسم النمو مقارنة مع منتصف الموسم، وعزوا ذلك إلى ارتفاع قيم كثافة التربة الظاهرية التي بدورها زادت من مقاومة التربة للاختراق.

2-2-5- الإيصالية المائية المشبعة للتربة Saturated hydraulic conductivity:

بينت نتائج الدراسة التي أجراها Lal (1999) أن الحراثة بالمحراث الحفار تفوقت على الحراثة بالمحراث المطرحي وبدون حراثة في إعطاءها اعلى إيصالية مائية في تربة ذات نسجه مزيجه

طينية غرينيه إذ بلغت نسبة الزيادة 127 و42% للمحراث الحفار قياساً مع المحراث المطرحي وبدون حراثة على التوالي. كما أظهرت نتائج دراسة القزاز ومحمود (2010) تفوق المحراث الحفار معنوياً على المحراث المطرحي في تسجيله أعلى معدل للإيصالية المائية بلغ 0.793 سم ساعة⁻¹ بينما سجل المحراث المطرحي 0.460 سم ساعة⁻¹ وعلا سبب ذلك إلى تفوق المحراث الحفار في زيادة المسامية وحجم المسام المسؤول عن حركة الماء. ولاحظ Jabro وآخرون (2010) في دراسة استخدم فيها نظامين من الحراثة (حراثة دنيا باستخدام المشط القرصي على عمق 10 سم وحراثة تقليدية على عمق 20 سم باستخدام المحراث الحفار) في تربة مزيج رملية أن الحراثة التقليدية تفوقت على الحراثة الدنيا في تسجيلها أعلى إيصالية مائية إذ بلغت 41.5 و30.4 ملم ساعة⁻¹ لكلا النظامين على التوالي وعزا ذلك إلى زيادة المسامية وانخفاض الكثافة الظاهرية للتربة عند الحراثة التقليدية. كما لاحظ الهادي وآخرون (2012) في دراسة استخدم فيها المحراث المطرحي على عمق 25 سم والمحراث تحت التربة على عمق 50 سم في نوعين من الترب (تربة مستغلة زراعيًا وأخرى غير مستغلة) ذات نسجه طينية غرينيه أن قيم الإيصالية المائية المشبعة ازدادت باستخدام المحراث تحت التربة مقارنةً بالمحراث المطرحي وبنسبة زيادة مقدارها 23.9 و25.4% في مرحلة الإنبات و25.4 و21.3% في مرحلة النضج ولكلا الترتين على التوالي، وعزوا ذلك إلى قابلية المحراث تحت التربة في تكسير الطبقة الصماء وخفض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية مما يحسن ذلك من الإيصالية المائية في التربة. كما بين Khan وآخرون (2017) في دراسة لتأثير نظم الحراثة (دنيا وتقليدية وعميقة) على الصفات الفيزيائية لتربة ذات نسجه مزيج طينية رملية أن الحراثة العميقة تفوقت في تسجيلها أعلى إيصالية مائية بعد الحصاد تلتها الحراثة التقليدية ثم الدنيا إذ بلغت قيم الإيصالية المائية لنظم الحراثة الدنيا والتقليدية والعميقة 48.95 و57.71 و57.92 ملم ساعة⁻¹ على التوالي.

2-2-6- الإيصالية الكهربائية للتربة Electrical conductivity:

بين Sornpoon و Jayasuriya (2013) أن الحراثة تعمل على تقليل الإيصالية الكهربائية للتربة إذ لاحظا انخفاض الإيصالية الكهربائية للتربة عند استخدام معاملات حراثة مختلفة تضمنت (الحراثة بالمحراث تحت سطح التربة لعمق 50 سم + الحراثة بالمحراث المطرحي لعمق 30-35 سم + أمشاط دورانية) و(الحراثة بالمحراث المطرحي لعمق 25-30 سم + أمشاط دورانية) و(الحراثة بالمحراث القرصي الثلاثي لعمق 25-30 سم + أمشاط قرصية) و(الحراثة بالمحراث القرصي بسبعة أقراص لعمق 10-15 سم) وبدون حراثة إذ بلغت قيم الإيصالية الكهربائية 7.83 و7.64 و7.79

و 7.77 و 7.51 ديسيسمنز م¹ في حين كانت قبل الحراثة 11.39 و 11.01 و 11.01 و 10.61 و 8.24 ديسيسمنز م¹ لمعاملات الحراثة على التوالي، وعزى ذلك إلى دور الحراثة في زيادة حجم المسامات الكبيرة للتربة مما يزيد من حركة الماء والأملاح بعيداً عن المنطقة الجذرية. كما لاحظ المياحي (2014) عند استخدام نوعين من المحارث (محراث تحت التربة مع محراث مطرحي ومحراث مطرحي فقط) في تربة طينية أن الحراثة العميقة بالمحراث تحت التربة تفوقت معنوياً على الحراثة التقليدية بالمحراث المطرحي فقط في تسجيلها أقل إيصالية كهربائية للتربة إذ بلغت 7.94 ديسيسمنز م¹ عند الحراثة على مسافة 1 م بين خط وآخر للمحراث تحت التربة في حين بلغت 13.03 ديسيسمنز م¹ عند مسافة 5 م بين خط وآخر بينما أعطت الحراثة التقليدية بالمحراث المطرحي فقط إيصالية كهربائية بلغت 14.22 ديسيسمنز م¹، وعزا ذلك إلى تكسر الطبقة الصماء وزيادة المسامية وسهولة حركة وبزل الماء وبالتالي زيادة حركة الأملاح مع الحراثة بالمحراث تحت التربة. وبين Gholami وآخرون (2014) عند استخدام ثلاث نظم حراثة (تقليدية ودنيا وبدون حراثة) أن الحراثة التقليدية تفوقت في إعطاءها أقل إيصالية كهربائية للتربة إذ كانت قيم الإيصالية الكهربائية 1.19 و 1.61 و 1.78 ديسيسمنز م¹ لنظم الحراثة على التوالي. كما وجد Wang وآخرون (2014) في تجربة باستخدام نظامين من الحراثة هي حراثة عميقة باستخدام محراث تحت التربة وتغطية بالقش وحراثة تقليدية وتغطية بالقش أن ملوحة التربة انخفضت في الحراثة العميقة بنسبة 41.27% مقارنة بالحراثة التقليدية عند العمق 20-30 سم.

3-2- تأثير نظم الحراثة في صفات النبات:

The effect of tillage systems on plant characteristics:

3-2-1- ارتفاع النبات Plant height:

لاحظ Mikha وآخرون (2011) عدم وجود فرق معنوي بين المحراث المطرحي والمحراث الحفار في صفة ارتفاع نبات الشعير في تربة مزيج طينية غرينيه. أظهرت النتائج التي توصل إليها Ramadhan (2013) زيادة ارتفاع نبات الشعير بنسبة 4.727 و 2.780% مع الحراثة التقليدية بالمحراث المطرحي لعمق 30 سم والمحراث الحفار لعمق 15 سم على التوالي مقارنة بمعاملة عدم الحراثة وعزا ذلك إلى دور الحراثة في تحسين خصائص التربة والتي تنعكس على نمو النبات. وفي دراسة أجراها الكرخي والمعيني (2014) لاحظوا أن استخدام الحراثة الدنيا المتعامدة بالأمشاط القرصية في تربة مزيج طينية غرينيه قللت من ارتفاع نبات الذرة البيضاء بنسبة 10.08% مقارنة بالحراثة التقليدية المتعامدة باستخدام المحراث المطرحي والأمشاط القرصية معاً، وعلا سبب ذلك

إلى دور الحراثة التقليدية في زيادة المحتوى الرطوبي للتربة في منطقة انتشار الجذور ومكافحة الأدغال وزيادة انتشار الجذور وبالتالي زيادة كفاءة الامتصاص للمغذيات والماء من قبل النبات الأمر الذي انعكس إيجاباً في زيادة النمو وارتفاع النبات. كما لاحظ محيميد (2017) أن الحراثة التقليدية باستخدام المحراث القرصي العمودي حققت زيادة معنوية في معدل ارتفاع نبات الحنطة في تربة مزيجه غرينيه بلغ 89.60 سم مقارنةً بالحراثة الدنيا باستخدام المشط القرصي الذي سجل ارتفاع للنبات بلغ 85.91 سم وعزا ذلك إلى دور المحراث القرصي العمودي في زيادة مسامية التربة ورطوبتها وانخفاض كثافتها الظاهرية قياساً بالمشط القرصي مما انعكس ذلك في نمو النبات.

2-3-2- الوزن الجاف Dry weight:

وجد Tabatabaeefar وآخرون (2009) عند استخدام عدد من آلات نظم الحراثة المختلفة وهي استخدام المحراث المطرحي والحفار والدوراني ثم عملية التنعيم والزراعة بعد كل حراثة وزراعة فقط بدون حراثة في تربة طينية أن هنالك فروق معنوية لتأثير نظم الحراثة على الوزن الجاف لمحصول الحنطة. لاحظ الخفاجي (2009) تفوق المحراث تحت التربة في تربة مزيجه طينية غرينيه عند العمق 35 سم تفوق معنوياً على معاملة بدون حراثة في زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري للذرة الصفراء إذ بلغ 215.63 و180.52 غم نبات¹ على التوالي، وعزا سبب ذلك إلى زيادة انتشار الجذور في التربة عند الحراثة بالمحراث تحت التربة وبالتالي زيادة تجهيز النبات بالمواد الغذائية اللازمة للنمو. كما لاحظ الهادي وآخرون (2012) في دراسة باستخدام المحراث المطرحي على عمق حراثة 25 سم والمحراث تحت التربة على عمق 50 سم في نوعين من الترب (تربة مستغلة زراعياً وأخرى غير مستغلة) ذات نسجه طينية غرينيه انخفاض الوزن الجاف لمحصول الشعير باستخدام المحراث المطرحي مقارنةً بالمحراث تحت التربة وبنسبة انخفاض 33.33 %، وعزوا سبب ذلك إلى عدم تكسر الطبقة الصماء باستخدام المحراث المطرحي مقارنةً بالمحراث تحت التربة التي تحدد انتشار الجذور عمودياً في جسم التربة فتقل استفادة النبات من الماء والعناصر الغذائية في الطبقات الأعمق اللازمة لنمو المحصول. بين Khan وآخرون (2017) في دراسة لتأثير نظم الحراثة (دنيا وتقليدية وعميقة) على نمو وحاصل الذرة الصفراء في تربة مزيجه طينية رملية أن الحراثة العميقة والتقليدية تفوقت على الحراثة الدنيا في إعطاء أعلى وزن جاف للنبات بلغ 39.822 و 38.566 طن هكتار¹ للحراثة العميقة والتقليدية على التوالي بينما أعطت الحراثة الدنيا وزن جاف بلغ 35.300 طن هكتار¹.

3-3-3- حاصل الحبوب Grain yield:

تؤثر نظم الحراثة على حاصل النبات من خلال دور الحراثة في اثاره التربة وتحسين صفاتها الفيزيائية وزيادة انتشار الجذور وانعكاس ذلك إيجاباً في تحسين مؤشرات نمو وحاصل النبات (الرجبو وآخرون، 2005 و Arif وآخرون، 2007). وجد Tabatabaeefar وآخرون (2009) في دراسة استخدم فيها نظم حراثة مختلفة (حراثة بالمحراث المطرحي ثم تنعيم بالأمشاط والحراثة بالمحراث الحفار ثم تنعيم بالأمشاط وحراثة وتنعيم بالمحراث الدوراني وبدون حراثة) في تربة طينية أن هنالك فروقاً معنوية لتأثير نظم الحراثة على حاصل الحبوب للحنطة إذ تفوق المحراث الدوراني في تسجيله اعلى حاصل في حين سجل المحراث المطرحي اقل معدل لحاصل الحبوب.

أظهرت النتائج التي توصل اليها Akbarnia وآخرون (2010) تفوق الحراثة التقليدية باستخدام المحراث المطرحي المركب في تسجيلها اعلى حاصل حبوب لمحصول الحنطة بلغ 8.06 طن هكتار⁻¹ مقارنةً بالحراثة الدنيا باستخدام المحراث الحفار المركب وبدون حراثة إذ سجلا حاصل حبوب بلغ 7.9 و 6.3 طن هكتار⁻¹ على التوالي، وعزوا سبب ذلك إلى دور الحراثة التقليدية في تحسين صفات التربة وانتشار الجذور وتوفير العناصر الغذائية للنبات مما ينعكس ذلك في زيادة نمو وحاصل النبات.

كما أظهرت نتائج دراسة Ramadhan (2013) تفوق نظام الحراثة التقليدية بالمحراث المطرحي عند عمق 30 سم والحراثة المتوسطة بالمحراث الحفار عند عمق 15 سم على معاملة بدون حراثة في حاصل حبوب الشعير إذ كانت نسب الزيادة 18.335 و 15.167% لنظامي الحراثة على التوالي قياساً مع معاملة بدون حراثة، وعزا ذلك إلى دور الحراثة في تفكك التربة وانخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية التي تزيد حركة الجذور وانتشارها للوصول لعمق أكبر مما يزيد امتصاص الماء والمغذيات من التربة وهذا انعكس على تحسين نمو وحاصل النبات. وفي دراسة أجراها صافي (2013) لاحظ عدم وجود تأثير معنوي بين المحراث المطرحي والمحراث الحفار في حاصل الحنطة في تربة مزيج طينية غرينيه. كما لاحظ Rusu (2014) أن نظام الحراثة التقليدية باستخدام المحراث المطرحي تفوق في زيادة حاصل حبوب الحنطة في تربة طينية بنسبة 7.18% مقارنة مع نظام الحراثة الدنيا باستخدام المحراث الحفار. في دراسة أجراها محييد (2017) وجد أن الحراثة التقليدية بالمحراث القرصي العمودي تفوقت معنوياً في زيادة حاصل الحنطة (1.406 طن هكتار⁻¹) مقارنةً بالحراثة الدنيا بالمشط القرصي الذي أعطى حاصل اقل بلغ 1.370 طن هكتار⁻¹، وعلل ذلك إلى تفوق المحراث القرصي العمودي في تسجيله اعلى مسامية وارتفاع نبات ووزن 1000 حبة مقارنةً بالمشط القرصي مما انعكس ذلك في زيادة حاصل الحبوب.

4-2- المحسنات العضوية Organic improvers:**1-4-2- الأسمدة الحيوانية Animal fertilizers:**

للمادة العضوية تأثير إيجابي في خواص التربة الفيزيائية إذ أن إضافتها للتربة سواء على السطح أو خلطاً مع التربة تعمل على تغليف دقائق التربة بالمواد الصمغية وبالتالي حماية بناء التربة من التدهور وغلغ المسام بفعل التأثير الفيزيائي للمطر وماء الري (Hillel، 1980). يتأثر بناء التربة وثباتية تجمعاتها إيجاباً بزيادة نسبة المادة العضوية المضافة، إذ أن توفر الظروف المناسبة من رطوبة وحرارة وتهوية تعمل على تحلل المادة العضوية بفعل الأحياء المجهرية لتعطي غازات كالأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون والهيدروجين وعناصر معدنية كالنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم وغيرها بالإضافة إلى مركبات كيميائية – حيوية مثل الكربوهيدرات والبروتينات والأحماض الأمينية والعضوية والدهون (عاتي، 2004). عند تحلل المادة العضوية في التربة فإن المواد الناتجة تتفاعل مع السطوح الفعالة لمعادن الطين وتعمل على ربط دقائق التربة مع بعضها من خلال تكوين جسور بينها، كما تعمل على تغليف دقائق التربة وتجمعاتها وعند جفاف التربة ينقلص حجم الماء ويزداد تراكم المادة العضوية على سطوح الدقائق مما يؤدي إلى تكوين أصرة قوية ناتجة من قوى الجذب الالكتروستاتيكي أو أواصر هيدروجينية كاربوكسيلية أو قوى فاندرواليز أو أواصر تساهمية مما يزيد من مسك دقائق التربة مع بعضها وبالتالي زيادة ثباتية تجمعات التربة وتحسن بنائها وخواصها الفيزيائية (عاتي وآخرون، 2011).

2-4-2- الفحم النباتي Biochar:

يعد الفحم النباتي (Biochar) أحد أنواع المحسنات العضوية وهو مركب كاربوني عضوي مستقر في الغالب يصنع بواسطة الانحلال الحراري للكتلة الحيوية (المخلفات النباتية) عند درجات حرارة تتراوح بين (300-1000م) في ظروف منخفضة أو بدون أوكسجين (Jeffery وآخرون، 2011). ويكون الفحم الحيوي مسامي جداً لذلك فإن إضافته للتربة يحسن العديد من الخصائص الفيزيائية للتربة بما في ذلك الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية وتوزيع حجم المسام والمحتوى الرطوبي للتربة والإيصالية المائية للتربة وثباتية التجمعات (Atkinson وآخرون، 2010 وSohi وآخرون، 2010).

يتأثر إنتاج الفحم النباتي بظروف التفاعل أثناء عملية الاحتراق كدرجة الحرارة ومدة التسخين ومكونات الكتلة الحيوية (Li وآخرون، 2014)، وتعد درجة الحرارة من أهم العوامل التي تتحكم بإنتاج الفحم النباتي إذ تعمل درجات الحرارة العالية على تكسير المواد الهيدروكربونية وبالتالي زيادة

المواد الغازية وانخفاض إنتاج الفحم النباتي (Uras وآخرون، 2012). الفحم النباتي المنتج من المخلفات النباتية غالباً ما يحتوي على نسبة عالية من الكربون وتراكم قليلة من العناصر الغذائية والمعادن كالنيتروجين والفسفور (Waters وآخرون، 2011).

يملك الفحم النباتي مساحة سطحية عالية وتزداد بزيادة حرارة حرق الكتلة الحيوية مما يجعلها ميزه مهمة للفحم النباتي (Downie وآخرون، 2009). وتعتمد قابلية الفحم النباتي على مسك والاحتفاظ بالماء وكمية المواد الممتزة على سطوح الفحم النباتي على مساحته السطحية (Antal وGrønli، 2003)، وان إضافة الفحم النباتي للتربة له دور مهم في زيادة المساحة السطحية للتربة التي لها تأثير في خصائص التربة الكيميائية والخصوبية والحيوية (Joseph وLehmann، 2009). وذكر Joseph وLehmann (2015) ان المسؤول عن زيادة المساحة السطحية للفحم النباتي هو احتوائه على نسبة كبيرة من المسامات الدقيقة مما يزيد من قابلية الفحم على الاحتفاظ بالماء. وتتراوح قابلية الفحم على الاحتفاظ بالماء بنسبة بين 75 إلى 247% من وزنه (Solaiman وآخرون، 2012). كما تختلف الكثافة الظاهرية للفحم النباتي باختلاف المادة التي ينتج منها الفحم اذ تتراوح بين 0.2 غم سم⁻³ للفحم المصنوع من كوالح الذرة والخشب إلى 0.5 غم سم⁻³ للفحم المصنوع من نفايات الطعام (Rajkovich وآخرون، 2012).

بينت الدراسات ان تأثير الفحم النباتي في الخصائص الفيزيائية للتربة يعود إلى سببين رئيسيين، الأول هو إضافة مادة مسامية للتربة مما يزيد من مسامية التربة ويقلل كثافتها الظاهرية وزيادة الإيصالية المائية للتربة بالإضافة إلى زيادة قابلية التربة للاحتفاظ بالماء، أما السبب الثاني فهو عمل الفحم النباتي على تحسين بناء التربة بصورة غير مباشرة من خلال توفير مواد عضوية للكائنات الحية المجهرية في التربة والتي تعمل على إفراز مواد صمغية ومواد عضوية تساعد في ربط دقائق التربة مع بعضها بالإضافة إلى تحسين انتشار الجذور في التربة وإفرازاتها مما يزيد من ثباتية تجمعات التربة وتكوينها (Burrell وآخرون، 2016). كما أن الآليات المحددة التي يمكن أن يؤثر بها الفحم على قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء وثباتية التجمعات هي من خلال ثلاث اليات، أما من خلال مساهمة مسام الفحم مباشرة الذي يعمل على مسك الماء أو من خلال تكوين مسامات عن طريق بناء تجمعات التربة أو من خلال زيادة ثباتية تجمعات التربة مما يزيد من مسامات التربة (Hardie وآخرون، 2014). أن ثباتية التجمعات تعتمد على وجود مواد رابطة بين دقائق التربة من خلال تكوين جسور بين دقائق التربة والمواد الدبالية بالإضافة إلى الشحنات الكهربائية على أسطح معادن الطين إذ يعمل الكربون العضوي في الفحم الحيوي كوسيلة ربط بين معادن الطين في التربة مما يساعد على تكوين تجمعات كبيرة عن طريق دمج المجاميع الصغيرة في وحدات أكثر تعقيداً

(Kelly وآخرون، 2017). أن تصنيع الفحم النباتي وأضافته للتربة يعتبر وسيلة وقائية للتخلص من المخلفات النباتية وتقليل تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون من خلال الحرق بدون أوكسجين وتحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والخصوبية (Gamage وآخرون، 2016).

2-5- تأثير المحسنات العضوية في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية:

The effect of organic improvers on the physical and chemical soil properties:

2-5-1- معدل القطر الموزون Mean weight diameter:

بين (Al-Hadi 2006) إلى أن إضافة المخلفات الحيوانية للتربة يحسن من صفة ثباتية التجمعات إذ وجد أن إضافة المخلفات الحيوانية بمستوى 4% يزيد من ثباتية التجمعات في التربة المزيج الطينية بنسبة 19.89% قياساً مع معاملة المقارنة، وعزا ذلك إلى دور المخلفات الحيوانية في زيادة المادة العضوية المتحللة في التربة ودورها في تحسين صفات التربة الفيزيائية وبنائها مما ينعكس ذلك في زيادة ثباتيتها. درس صادق وعاكول (2013) تأثير إضافة المخلفات الحيوانية (مخلفات أبقار وأغنام ودواجن) بمستويات مختلفة (0 و 5 و 10 و 15 و 20 طن هكتار⁻¹) في صفة معدل القطر الموزون لنوعين من الترب (رملية مزيج وطينية) ولاحظ أن معدل القطر الموزون ازداد بزيادة مستوى الإضافة للمخلفات الحيوانية إذ تفوق معدل الإضافة 20 طن هكتار⁻¹ في تسجيل أعلى متوسط للصفة وفي كلا التربتين وعزا سبب تفوق معاملات إضافة المخلفات الحيوانية إلى زيادة المادة العضوية ودورها في تكوين مواد لاحمة عند تحللها بفعل النشاط الميكروبي وإطلاق حوامض عضوية تساعد على زيادة ثباتية التجمعات.

بين (Ouyang وآخرون 2013) عند إضافة الفحم النباتي بنسبة 2% في نوعين من الترب طينية غرينية ومزيج رملية أن إضافة الفحم النباتي أدت إلى زيادة ثباتية التجمعات ولكلا نوعي التربة بعد 60 يوم من الإضافة قياساً بمعاملة المقارنة وبتفوق التربة المزيج الرملية على الطينية الغرينية، وعزوا سبب ذلك إلى دور الفحم النباتي ذو المساحة السطحية العالية الذي يعمل على ربط دقائق التربة مع بعضها مكوناً تجمعات التربة كما أن التربة الطينية الغرينية تكون ذات تهوية أقل من المزيج الرملية مما يؤثر على التحلل الميكروبي للفحم النباتي، كما لاحظوا انخفاض ثباتية التجمعات بعد 90 يوم من الإضافة وقد عزوا سبب ذلك إلى انخفاض نسبة المادة العضوية واستهلاكها في التربة. كما لاحظ (Sun و Lu 2014) أن إضافة الفحم النباتي بأربع مستويات (0 و 20 و 40 و 60 غم كغم⁻¹) إلى تربة طينية أدى إلى زيادة معدل القطر الموزون مع زيادة مستوى الإضافة إذ

حقق المستوى 60 غم كغم⁻¹ اعلى نسبة زيادة بلغت 21.28% قياساً مع معاملة المقارنة. بين Burrell وآخرون (2016) في دراسة تضمنت استخدام ثلاث أنواع من الفحم (نشارة الخشب وقش القمح وأغصان العنب) بمستوى إضافة 3% في ثلاث أنواع من الترب (مزيج رملي ومزيج غرينيه ومزيج طينية) أن ثباتية التجمعات للتربة ازدادت مع معاملات الإضافة لجميع أنواع الترب قياساً بمعاملة المقارنة وسجلت اعلى نسبة في التربة المزيجية الرملية عند إضافة فحم قش القمح بلغت 92% قياساً مع معاملة المقارنة. كما درس Gamage وآخرون (2016) تأثير إضافة الفحم النباتي بمستويات مختلفة (0 و 0.1 و 0.5 و 1%) في معدل القطر الموزون لنوعين من الترب (رملي ورملي مزيج) ولاحظوا أن معدل القطر الموزون للتربة الرملية ازداد معنوياً عند مستوى الإضافة 1% قياساً مع المستويات الأخرى في حين لم يكن للمستويات 0.1 و 0.5% تأثير معنوي قياساً مع معاملة المقارنة، اما في التربة الرملية المزيجية فقد ازداد معدل القطر الموزون وبفارق معنوي مع زيادة مستويات الإضافة. لاحظ Wang وآخرون (2017) في تجربة تضمنت استخدام نوعين من الفحم النباتي تم حرقهما في ظروف لاهوائية (قشور الجوز على درجة حرارة 900°م والأخر من الصنوبر على درجة حرارة 600-700°م) في نوعين من الترب (مزيج غرينيه ومزيج رملي) وبثلاثة مستويات إضافة (0 و 0.5 و 1% من الوزن الجاف للتربة) أن إضافة الفحم النباتي أدى إلى زيادة معنوية في متوسط صفة معدل القطر الموزون للتربة وبنسبة زيادة بلغت 217 و 126% لفحم الصنوبر وقشور الجوز على التوالي وعزوا سبب ذلك إلى دور الفحم النباتي في توفير الكربون العضوي في التربة الذي يعمل على مسك دقائق التربة مع بعضها مما يزيد من ثباتية التجمعات.

2-5-2- الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية للتربة Bulk density and total porosity :

وجد Mosaddeghi وآخرون (2000) عند إضافة سماد حيواني بثلاثة مستويات (0 و 50 و 100 ميكا غرام هكتار⁻¹) وخطه على عمق 20 سم في تربة ذات نسجه مزيج طينية غرينيه أن الكثافة الظاهرية تنخفض بزيادة مستوى الإضافة للسماد إذ بلغت 1.53 و 1.47 و 1.41 غم سم⁻³ على التوالي. وجد الدلفي (2013) في دراسة تضمنت إضافة مخلفات الأبقار بمستوى 0 و 10 و 20 و 40 طن هكتار⁻¹ خلطاً مع التربة في تربة مزيج غرينيه أن الكثافة الظاهرية للتربة انخفضت معنوياً عند العمق 0-20 سم عند نهاية موسم الذرة الصفراء مع إضافة المخلفات إذ بلغت قيم الكثافة الظاهرية 1.35 و 1.27 و 1.25 و 1.21 ميكا غرام م⁻³ على التوالي، وعلل سبب ذلك إلى تأثير المخلفات الحيوانية من خلال زيادة معدل القطر الموزون وتجمعات التربة الأكبر من 1 ملم وانخفاض كثافة المادة العضوية قياساً بالكثافة الظاهرية للتربة مما أدى إلى خفض قيم الكثافة الظاهرية كما تعد

المخلفات الحيوانية مصدراً غذائياً للأحياء المجهرية للتربة التي تعمل على تحسين بناء التربة من خلال ربط دقائق التربة بواسطة الهيافات والإفرازات الناتجة من التحلل وتكوين تجمعات التربة وبالتالي تنخفض الكثافة الظاهرية لها. كما لاحظ Guo وآخرون (2016) أن إضافة سماد مخلفات أبقار بمقدار 17.77 طن هكتار⁻¹ عند العمق 0-10 سم أن الكثافة الظاهرية للتربة انخفضت إلى 1.33 ميكا غرام م⁻³ قياساً بمعاملة المقارنة التي أعطت كثافة ظاهرية بلغت 1.41 ميكا غرام م⁻³ في نهاية موسم زراعة الذرة الصفراء وعزا سبب ذلك إلى انخفاض الكثافة الظاهرية للمادة العضوية المضافة للتربة قياساً بالكثافة الظاهرية للجزء المعدني للتربة.

لاحظ Barnes وآخرون (2014) في دراسة لتأثير إضافة الفحم النباتي بنسبة 10% في ثلاثة أنواع من الترب (رملية ومزيج رملية ومزيج طينية) أن الكثافة الظاهرية للتربة انخفضت عند إضافة الفحم النباتي بنسبة 21.58 و 24.63% للتربة الرملية والمزيج الطينية على التوالي قياساً مع معاملة المقارنة (عدم الإضافة). كما وجد Lim وآخرون (2016) أن استخدام الفحم النباتي من خشب البندق وخشب الصنوبر ونشارة الخشب وبقايا الشوفان في تربة مزيج طينية ورملية ومزيجه غرينيه بالمستويات 1 و 2 و 5% أدى إلى خفض الكثافة الظاهرية للتربة بنسبة 14-20% و 1-16% و 2-6% لأنواع الترب على التوالي قياساً مع معاملة المقارنة (0%)، وعزوا ذلك إلى دور الفحم النباتي في زيادة حجم المسام الكلي للتربة مما قلل ذلك من الكثافة الظاهرية للتربة. درس Obia وآخرون (2018) استخدام الفحم النباتي في الحقل بنسب إضافة 0 و 2.5 و 5% وفي المختبر بنسب إضافة 2.5 و 5 و 10% في تربة طينية ثقيلة ولاحظوا أن الفحم النباتي أدى إلى خفض الكثافة الظاهرية للتربة وكان الانخفاض خطياً مع زيادة مستوى الإضافة. كما لاحظ Trifunovic وآخرون (2018) في تجربة باستخدام الفحم النباتي في تربة رملية وبتلاتة مستويات 5 و 10 و 20% أن الكثافة الظاهرية للتربة انخفضت مع إضافة الفحم النباتي إذ بلغت 1.57 و 1.58 و 1.26 غم سم⁻³ لمستويات الإضافة على التوالي، بينما أعطت معاملة المقارنة أعلى كثافة ظاهرية بلغت 1.72 غم سم⁻³.

2-5-3- المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content:

تعد رطوبة التربة ذات أهمية كبيرة في تحديد معظم العمليات الحيوية داخل التربة فضلاً عن تأثيرها في امتصاص النبات للعناصر الغذائية من التربة وتتأثر قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة بعدة عوامل منها الصفات الفيزيائية للتربة ومحتواها من المادة العضوية (Dridi و Toumi، 1999). بين الشامي (2013) في دراسة تضمنت إضافة مخلفات الأبقار بنسبة 2% خطأً مع الطبقة السطحية في

تربة طينية أن المحتوى الرطوبي للتربة ازداد من 27.51% عند معاملة المقارنة إلى 29.76% عند معاملة مخلفات الأبقار وعزا سبب ذلك إلى دور المادة العضوية في زيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء نتيجة لامتلاكها مساحة سطحية عالية، كما لاحظ زيادة المحتوى الرطوبي للتربة بزيادة عمق التربة وعزا سبب ذلك إلى زيادة عملية التبخر من سطح التربة نتيجة تعرضها المباشر لأشعة الشمس وحركة الرياح قياساً مع الأعماق تحت السطحية للتربة. ولاحظ Ibrahim و Fadni (2013) أن إضافة مخلفات الأبقار بالمستوى 0 و 10 طن هكتار⁻¹ في تربة رملية أدت إلى زيادة المحتوى الرطوبي للتربة بزيادة مستوى الإضافة وسجل عمق 0-20 سم محتوى رطوبي بلغ 4.81 و 7.12% وسجل العمق 20-40 سم محتوى رطوبي بلغ 5.35 و 7.74% للمستويين على التوالي. وفي دراسة أجراها Guo وآخرون (2016) لإضافة مخلفات الأبقار بمستوى 17.77 طن هكتار⁻¹ لاحظوا أن رطوبة التربة ازدادت مع إضافة مخلفات الأبقار كما ازدادت مع زيادة عمق التربة إذ بلغت رطوبة التربة عند العمق 0-10 سم 14.57 و 17.72% وعند العمق 10-20 سم 15.72 و 18.36% لمعاملة المقارنة ومخلفات الأبقار على التوالي في نهاية موسم زراعة الذرة الصفراء.

لاحظ Herath وآخرون (2013) أن أضافه الفحم النباتي المعامل حرارياً على درجتين من الحرارة (350 و 550°م) في تربة مزيجه غرينيه حقق زيادة في المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة بنسبة 13 و 10% لدرجتي الحرارة على التوالي عند شد 15 بار قياساً مع معاملة المقارنة. كما درس Burrell وآخرون (2016) تأثير استخدام ثلاثة أنواع من الفحم من نشارة الخشب وقش القمح وأغصان العنب بمستوى إضافة 3% إلى تربة مزيجه رملية ومزيجه غرينيه ومزيجه طينية أن المحتوى الرطوبي للتربة ازداد مع إضافة الفحم لجميع أنواع الترب قياساً بمعاملة المقارنة إذ بلغت نسبة الزيادة 38% لفحم القش و 25% لفحم أغصان العنب بينما لم يظهر فحم نشارة الخشب أي تأثير معنوي قياساً بمعاملة المقارنة. لاحظ Günal وآخرون (2018) عند استخدام ثلاثة أنواع من الفحم النباتي (قشور الرز وبقايا فول الصويا ومخلفات الذرة) بخمس مستويات إضافة (0 و 0.5 و 1 و 2 و 3%) في نوعين من الترب (مزيجه رملية ومزيجه) أن إضافة الفحم النباتي كان له تأثير معنوي على المحتوى الرطوبي للتربة إذ ازداد المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية والماء الجاهز زيادة خطية مع زيادة مستوى الإضافة. كما لاحظوا أن إضافة الفحم للتربة المزيجية كانت ذات تأثير أعلى من التربة الرملية المزيجية في إعطاء أعلى محتوى رطوبي للتربة. كما لاحظ Rahim وآخرون (2019) أن إضافة الفحم النباتي بمستوى 0 و 5 و 10 طن هكتار⁻¹ أدى إلى زيادة سعة مسك الماء للتربة بزيادة مستوى الإضافة إذ بلغت 9.10 و 10.70 و 13.60% لمستويات الإضافة على التوالي.

2-5-4- مقاومة التربة للاختراق Soil penetration resistance:

وجد العطار (2009) في دراسة لإضافة المخلفات الحيوانية بمستوى 12 طن هكتار¹ أن مقاومة التربة للاختراق انخفضت قياساً بمعاملة المقارنة من 290 إلى 166 كيلو نيوتن م² وعزا سبب ذلك إلى دور المخلفات العضوية في تحسين بناء التربة وزيادة ثباتية تجمعاتها وتحسن صفاتها الميكانيكية. كما بين Mosaddeghi وآخرون (2009) أن إضافة السماد الحيواني في تربة مزيج رملية بثلاث مستويات (0 و 30 و 60 ميكا غرام هكتار¹) أدى إلى انخفاض مقاومة التربة للاختراق مع زيادة مستوى الإضافة في حين ازدادت مع زيادة عمق التربة. ولاحظ الحديثي وعبد الحمزة (2010) في دراسة لتأثير إضافة مخلفات الأبقار والأغنام وألجت المجفف بمستوى 8 و 16 و 24 و 32 طن هكتار¹ انخفاض مقاومة التربة للاختراق من 191 كيلو نيوتن م² عند معاملة المقارنة إلى 155 و 150 و 141 و 134 كيلو نيوتن م² عند مستويات الإضافة على التوالي، وعزى سبب ذلك إلى دور المادة العضوية في تحسين بناء التربة وانخفاض الكثافة الظاهرية مما قلل ذلك من مقاومة التربة للاختراق.

أظهرت النتائج التي توصل إليها اسود (2011) أن إضافة مخلفات الأغنام بمستوى 10 طن هكتار¹ في تربة مزيج أدت إلى خفض مقاومة التربة للاختراق بنسبة 44.87% قياساً مع معاملة المقارنة. كما درس عبد وآخرون (2011) تأثير إضافة مخلفات نباتية وحيوانية (مخلفات حنطة ومخلفات أغنام) بنسبة 0.6% في تربة مزيج طينية غرينية ولاحظوا حصول انخفاض في معدل مقاومة التربة للاختراق مع إضافة المخلفات النباتية والحيوانية إذ سجلت المخلفات النباتية معدل لمقاومة الاختراق بلغ 226.50 كيلو نيوتن م² والمخلفات الحيوانية 104.50 كيلو نيوتن م² في حين حققت معاملة المقارنة 260.50 كيلو نيوتن م²، وعللوا ذلك إلى دور المخلفات العضوية في انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة التي بدورها قللت من مقاومة التربة للاختراق.

2-5-5- الإيصالية المائية المشبعة Saturated hydraulic conductivity:

بين Mosaddeghi وآخرون (2000) أن إضافة المخلفات الحيوانية لتربة ذات نسجة مزيج رملية تزيد من الإيصالية المائية للتربة نتيجة زيادة المادة العضوية ودورها في زيادة قابلية التربة على التوصيل المائي. درس الحديثي وعبد الحمزة (2010) تأثير أضافه مخلفات الأبقار والأغنام وألجت المجفف بالمستويات 8 و 16 و 24 و 32 طن هكتار¹ في تربة مزيج طينية غرينية في الإيصالية المائية المشبعة للتربة ووجدا أن إضافة المخلفات العضوية أدت إلى زيادة الإيصالية المائية من 1.42 سم ساعة¹ عند معاملة المقارنة إلى 2.15 و 2.56 و 2.84 و 2.34 سم ساعة¹ لمستويات

الإضافة على التوالي، وعزياً ذلك إلى دور المادة العضوية في زيادة المسامية الكلية وخفض الكثافة الظاهرية للتربة وزيادة محتوى التربة من الكربون العضوي وتحسين بناء التربة من خلال زيادة معدل القطر الموزون وهذا بدوره انعكس في زيادة الإيصالية المائية المشبعة للتربة. وهذا ما أكده الولي وآخرون (2012) من أن للمخلفات العضوية تأثير إيجابي في زيادة الإيصالية المائية المشبعة للتربة نتيجة تحللها وزيادة المادة العضوية في التربة ذات قابلية العالية في ربط دقائق التربة مما يحسن ذلك من بناء التربة وزيادة توزيع حجم المسامات الكلية وخفض الكثافة الظاهرية وبالتالي زيادة الإيصالية المائية للتربة.

بين Asai وآخرون (2009) أن إضافة الفحم النباتي بمستوى 4 و 8 و 16 طن هكتار⁻¹ في نوعين من الترب (طينية مزيجيه ومزيجيه غرينيه) أدت إلى زيادة الإيصالية المائية المشبعة مع زيادة مستوى الإضافة قياساً مع معاملة المقارنة وبكلا التربتين إذ بلغت نسبة الزيادة عند مستوى الإضافة 16 طن هكتار⁻¹ 24.55 و 176.27% في التربتين على التوالي قياساً مع معاملة المقارنة. وجد Ouyang وآخرون (2013) في دراسة لإضافة الفحم النباتي في تربة طينية غرينيه ومزيجيه رملية بنسبة 2% أن الإيصالية المائية ازدادت بنسبة 12.69 و 23.31% للتربتين على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة (بدون إضافة) بعد 60 يوم من الإضافة، في حين ازدادت بنسبة 8.19 و 5.32% للتربتين على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة بعد 90 يوم، وعزوا سبب زيادة الإيصالية المائية إلى نسبة الفحم العالية المضافة للتربة التي تقلل من الكثافة الظاهرية للتربة وتزيد مساميتها. كما بينت النتائج التي توصل إليها Barnes وآخرون (2014) أن إضافة الفحم النباتي بمستوى 10% إلى ترب مختلفة النسجه (مزيجيه رملية ومزيجيه رملية عضوية ومزيجيه طينية) أدى إلى زيادة الإيصالية المائية بنسبة 328% في التربة المزيجية الطينية بينما انخفضت بنسبة 92 و 67% في التربة المزيجية الرملية والتربة المزيجية الرملية العضوية على التوالي قياساً مع معاملة المقارنة. ووجد Omondi وآخرون (2016) أن إضافة الفحم النباتي حقق زيادة في معدل قيم الإيصالية المائية للتربة في الترب الخشنة بنسبة 36.5% وفي الترب المتوسطة بنسبة 27.3% وفي الترب الناعمة بنسبة زيادة مقدارها 17.8% قياساً مع معاملة المقارنة. كما لاحظ Dokoochaki وآخرون (2017) أن أضافه الفحم النباتي من مخلفات البلوط الأحمر بمستوى 6% في تربة مزيجيه رملية أدى إلى زيادة الإيصالية المائية للتربة بنسبة 8.40% قياساً مع معاملة المقارنة (0%)، وعزوا سبب ذلك إلى زيادة مسامية التربة وبالتالي زيادة الإيصالية المائية.

6-5-2- الإيصالية الكهربائية للتربة **Electrical conductivity**:

لاحظ Mahdy (2011) أن الإيصالية الكهربائية للتربة انخفضت إلى أكثر من 50% وازدادت بالمقابل الإيصالية الكهربائية لمحلول الغسل عند إضافة السماد المخمر أو مسحوق الفحم أو راسب تصفية المياه إلى التربة وعزا سبب ذلك إلى دور هذه المخلفات في خفض الكثافة الظاهرية للتربة وزيادة مساميتها مما حسن من ظروف غسل الأملاح والصوديوم وبالتالي انخفاض ملوحة التربة. كما أشار محمود والزيدي (2011) أن أضافه مخلفات الأغنام بمستوى 20 طن هكتار⁻¹ في تربة مزيجه غرينيه طينية أدى إلى خفض الإيصالية الكهربائية للتربة عند العمق 0-30 سم إذ بلغت 6.79 ديسيمنز م⁻¹ قياساً بمعامله المقارنة التي سجلت إيصالية كهربائية بلغت 7.62 ديسيمنز م⁻¹ وعللا سبب ذلك إلى دور المخلفات العضوية في تحسين بناء التربة وزيادة مساميتها وزيادة ثباتية التجمعات وانخفاض الكثافة الظاهرية للتربة مما يزيد من بزل التربة وسرعة غسل الأملاح إلى الأسفل ومنع حركة الأملاح إلى الأعلى. كما لاحظ الدلبي (2013) أن إضافة المخلفات العضوية خلطاً مع الطبقة السطحية للتربة بمستويات 10 و20 و40 طن هكتار⁻¹ في تربة مزيجه غرينيه أدت إلى انخفاض الإيصالية الكهربائية بزيادة مستوى الإضافة قياساً مع معامله المقارنة (دون تسميد) إذ بلغت الإيصالية الكهربائية للتربة عند نهاية موسم زراعة الذرة الصفراء عند العمق 0-20 سم 5.57 و5.38 و4.99 ديسيمنز م⁻¹ لمستويات الإضافة على التوالي قياساً بمعامله المقارنة التي سجلت معدل إيصالية كهربائية بلغ 6.37 ديسيمنز م⁻¹ وعزا سبب ذلك إلى دور المخلفات العضوية في تحسين بناء التربة وخفض كثافتها الظاهرية مما ساعد في زيادة غسل الأملاح إلى الأسفل.

وجد Abrishamkesh وآخرون (2015) أن أضافه الفحم النباتي من قشور الرز في تربة مزيجه طينية بخمس مستويات إضافة (0.4 و0.8 و1.6 و2.4 و3.3%) حصول انخفاض في قيم الإيصالية الكهربائية عند المستويات 0.4 و0.8 و1.6% بنسبة 9.78 و16.02 و8.43% على التوالي قياساً مع معامله المقارنة، بينما سجلت المستويات 2.4 و3.3% زيادة في قيم الإيصالية الكهربائية للتربة قياساً مع معامله المقارنة بنسبة 4.55 و17.20% على التوالي، وعزوا سبب زيادة الإيصالية الكهربائية للتربة عند المستويات العالية إلى احتواء الفحم على نسبة عالية من الرماد الذي يكون عالي الإيصالية الكهربائية. وفي دراسة أجراها Wang وآخرون (2017) تضمنت استخدام نوعين من الفحم النباتي، الأول من قشور الجوز على درجة حرارة 900م[°] والأخر من الصنوبر على درجة حرارة 600-700م[°] في نوعين من الترب (مزيجه غرينيه ومزيجه رملية) وبمستوى إضافة 0.5 و1% من الوزن الجاف للتربة لاحظوا أن فحم مخلفات الصنوبر كان له تأثير معنوي في خفض الإيصالية الكهربائية إذ سجل نسبة انخفاض في معدل قيم الإيصالية الكهربائية بلغت

38.08 و 2.80% للتربتين على التوالي قياساً مع معاملة المقارنة، في حين أن فحم قشور الجوز أعطى زيادة في معدل قيم الإيصالية الكهربائية لكلا النوعين من الترب قياساً مع معاملة المقارنة، وعزوا سبب ذلك إلى طبيعة ومكونات المادة المصنعة منها الفحم ونسبة الكربون فضلاً عن الأيونات السالبة والموجبة الشحنة إذ يحتوي فحم الصنوبر على أيون Fe^{+3} الذي يعمل على جذب معادن الطين وبالتالي تكوين تجمعات التربة وزيادة المسامية وبالتالي زيادة غسل الأملاح مقارنة بفحم قشور الجوز، في حين لم يكن هناك فرق معنوي لمستوى الإضافة على الإيصالية الكهربائية. كما لاحظ Tang وآخرون (2019) في دراسة تضمنت استخدام أربع معاملات a تربة دون إضافة و b تربة + فحم نباتي و c تربة + كمبوست و d تربة + فحم نباتي + كمبوست وتم إضافة التربة 5 كغم والفحم النباتي والكمبوست 0.25 كغم، أن لإضافة الفحم النباتي والسماد تأثير معنوي في الإيصالية الكهربائية للتربة إذ سجلت المعاملة b أقل إيصالية كهربائية للتربة ثم تليها a و d و c على التوالي بعد 30 يوم من الإضافة وعزوا سبب زيادة الإيصالية عند معاملات الخلط إلى ملوحة كل من الفحم النباتي والكمبوست (0.16 و 7.99 ديسيمنز م⁻¹ على التوالي) قياساً بمعاملة المقارنة (0.21 ديسيمنز م⁻¹).⁽¹⁾

6-2- تأثير المحسنات العضوية في صفات النبات:

The effect of organic improvers on plant characteristics:

6-2-1- ارتفاع النبات Plant height:

لاحظ الهادي والقناص (2002) أن إضافة المخلفات العضوية أدت إلى زيادة ارتفاع نبات الشعير مقارنة مع عدم الإضافة وعزوا سبب ذلك إلى دور المخلفات العضوية في تحسين الخصائص الفيزيائية والخصوبية للتربة. لاحظ العلوي والبنداوي (2017) أن إضافة السماد العضوي بمستويين (2 و 4 طن هكتار⁻¹) في تربة مزيج طينية رملية أدت إلى زيادة معنوية في معدل ارتفاع نبات الحنطة ويتفوق المستوى الثاني إذ بلغ 57.97 و 65.2 سم لمستويات الإضافة على التوالي، وعزوا ذلك إلى دور السماد العضوي في تحسين صفات التربة وزيادة العناصر الغذائية للنبات. ووجد أبو الميخ وآخرون (2018) في دراسة تضمنت إضافة أربع مستويات من السماد العضوي (مخلفات أبقار) 0 و 5 و 10 و 20 طن هكتار⁻¹ في تربة مزيج أن ارتفاع محصول الحنطة يزداد بزيادة مستوى الإضافة إذ بلغ ارتفاع النبات 73.50 و 79.13 و 88.00 و 89.85 سم لمستويات الإضافة على التوالي.

لاحظ Devereux وآخرون (2012) انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لمستويات إضافة الفحم النباتي (0 و 1.5 و 2.5 و 5%) في تربة مزيجه رملية على ارتفاع نبات الحنطة بالرغم من تسجيل معاملة الإضافة 2.5% اعلى ارتفاع للنبات. وتوصل Rahim وآخرون (2019) أن إضافة الفحم النباتي للتربة أدى إلى زيادة ارتفاع محصول الحنطة بزيادة مستوى الإضافة إذ بلغ ارتفاع النبات 95.2 و 97.9 و 98.3 سم لمستويات الإضافة 0 و 5 و 10 طن هكتار⁻¹. وفي دراسة أجراها Barman وآخرون (2019) استخدم فيها المعاملات (T1) 100% من RDF و (T2) 3% فحم نباتي + 50% RDF و (T3) 3% فحم نباتي + 75% RDF و (T4) 3% فحم نباتي + 100% RDF و (T5) 5% فحم نباتي + 50% RDF و (T6) 5% فحم نباتي + 75% RDF و (T7) 5% فحم نباتي + 100% RDF وجدوا أن المعاملة T3 أعطت اعلى ارتفاع لمحصول الحنطة بعد 60 يوم من الزراعة بلغ 68.10 سم وبنسبة زيادة 45.32% قياساً بمعاملة المقارنة بينما أعطت المعاملة T2 اعلى ارتفاع للنبات بلغ 95.86 سم بعد 90 يوم وبنسبة زيادة 20.38% قياساً بمعاملة المقارنة وبدون فرق معنوي مع المعاملة T3.

2-6-2- الوزن الجاف Dry weight:

لاحظ الهادي والمراد (2000) في دراسة تضمنت أضافه المخلفات العضوية بنسبة 1% و 2% أن الوزن الجاف لمحصول الشعير ازداد بنسبة 33 و 63% لمستويات الإضافة على التوالي. كما وجد عاكول (2012) أن إضافة مخلفات الدواجن بمستوى (1 و 2 و 3 طن دونم⁻¹) ومخلفات الأبقار بمستوى (2 و 4 و 6 طن دونم⁻¹) في تربة مزيجه طينية رملية أن الوزن الكلي لنبات الحنطة يزداد بزيادة مستوى الإضافة لكل من إضافة مخلفات الدواجن والأبقار إذ أعطت مخلفات الدواجن عند 3 طن دونم⁻¹ وزن كلي بلغ 428.18 كغم دونم⁻¹ ومخلفات الأبقار 6 طن دونم⁻¹ أعطت وزن كلي بلغ 413.34 كغم دونم⁻¹ قياساً بمعاملة المقارنة (297.15 كغم دونم⁻¹). كما لاحظ حسن وآخرون (2014) أن إضافة المخلفات العضوية الحيوانية بمستوى 1% إلى تربة طينية غرينيه أدى إلى زيادة الوزن الجاف للجزء الخضري لمحصول الشعير بنسبة 14.57% قياساً بعدم الإضافة، وعزوا سبب ذلك إلى دور المخلفات العضوية في تحسين بناء التربة مما أدى ذلك إلى تهينة وسط رطوبي وهوائي ملائمين لنمو الجذور وانتشارها على مساحة أكبر، فضلاً عن دور المخلفات العضوية في زيادة خصوبة التربة إذ تعتبر خزين سهل الانطلاق لكثير من العناصر الغذائية الرئيسة التي يحتاجها النبات. وبين العلوي والبنداوي (2017) أن إضافة السماد الحيواني (سماد الماشية) بمستويين 2 و 4 طن هكتار⁻¹ في تربة مزيجه طينية رملية أدى إلى زيادة معنوية في الوزن الجاف لنبات الحنطة

بنسبة 28.8% قياساً بعدم الإضافة وعزياً ذلك إلى دور السماد الحيواني في تحسن صفات التربة وزيادة العناصر الغذائية للنبات مما انعكس ذلك على زيادة نمو النبات. لاحظ أبو الميخ وآخرون (2018) أن إضافة مخلفات الأبقار بأربع مستويات 0 و 5 و 10 و 20 طن هكتار⁻¹ في تربة مزيجه أدت إلى زيادة الوزن الجاف لمحصول الحنطة بزيادة مستوى الإضافة إذ بلغ الوزن الجاف للنبات الواحد 14.03 و 14.61 و 15.64 و 16.95 غم لمستويات الإضافة على التوالي.

لاحظ Vaccari وآخرون (2011) أن إضافة الفحم النباتي بمستوى 30 و 60 طن هكتار⁻¹ في تربة مزيجه غرينيه أدت إلى زيادة الوزن الجاف لمحصول الحنطة للموسم الأول بنسبة 28.07 و 28.50% لمستويات الإضافة على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة وازدادت في الموسم الثاني بنسبة 32.91 و 39.16% لمستويات الإضافة على التوالي. كما لاحظ Obia وآخرون (2018) أن إضافة الفحم النباتي في تربة طينية بمستوى 0 و 2.5 و 5% أدى إلى زيادة الوزن الجاف لمحصول الذرة الصفراء قياساً مع عدم الإضافة، وعزوا ذلك إلى دور الفحم النباتي في خفض الكثافة الظاهرية وزيادة الإيصالية المائية للتربة مما انعكس ذلك في توفير ظروف ملائمة لنمو النبات.

2-6-3- حاصل الحبوب Grain yield:

للمخلفات العضوية دورٌ كبيرٌ في زيادة نمو وحاصل النبات من خلال توفير العناصر الغذائية الرئيسية مثل النايتروجين والبوتاسيوم والفسفور وبعض العناصر الصغرى فضلاً عن دور المخلفات في تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والخصوبية مما ينعكس ذلك في زيادة نمو وحاصل النبات (Dahama، 1999). ففي دراسة أجراها عاكول (2012) تضمنت إضافة مخلفات الدواجن بمستوى (1 و 2 و 3 طن دونم⁻¹) ومخلفات الأبقار بمستوى (2 و 4 و 6 طن دونم⁻¹) في تربة مزيجه طينية رملية لاحظ أن حاصل حبوب الحنطة يزداد مع إضافة المخلفات الحيوانية قياساً مع عدم الإضافة. كما وجد حسن وآخرون (2014) في دراسة تضمنت إضافة المخلفات الحيوانية بمستوى إضافة 1% إلى تربة ذات نسجه طينية غرينيه أن المخلفات أدت إلى زيادة وزن حبوب الشعير بنسبة 13.05% قياساً بعدم الإضافة، وعزوا سبب ذلك إلى تحسين بناء التربة مما يسهل حركة الماء والهواء وانتشار الجذور كما تعتبر خزيرين لإطلاق العناصر التي يحتاجها النبات مما انعكس ذلك في زيادة الحاصل. وفي دراسة أجراها بلدية (2014) تضمنت دراسة إضافة بعض المحسنات العضوية في التربة الطينية باستخدام الكمبوست والسماد البلدي والحماة وجد أن إضافة المحسنات العضوية أدت إلى زيادة الحاصل الكلي لحبوب الحنطة قياساً بمعاملة المقارنة وبنسب زيادة بلغت 27 و 23 و 29% للسنة الأولى 26 و 21 و 29% للسنة الثانية لأنواع المحسنات العضوية على التوالي وعزا

سبب هذا الاختلاف إلى اختلاف محتوى المخلفات من N و C وكذلك نسبة C/N وهذا يؤثر على سرعة تحلل المواد العضوية وفقدانها من التربة.

بين العلوي والبنداوي (2017) أن إضافة السماد الحيواني بمستويين 2 و 4 طن هكتار⁻¹ في تربة مزيج طينية رملية أدى إلى زيادة معنوية في معدل وزن 100 حبة لنبات الحنطة بنسبة 32.6% وعزياً ذلك إلى تحسن صفات التربة وزيادة العناصر الغذائية في التربة الأمر الذي انعكس في زيادة نمو النبات وبالتالي وزن الحبوب. ولاحظ الحلفي وفليح (2017) أن متوسط حاصل الحبوب للحنطة ازداد من 4.76 لمعاملة المقارنة إلى 5.65 طن هكتار⁻¹ لمعاملة إضافة مخلفات الأبقار بمستوى 5 طن هكتار⁻¹. كما وجد أبو الميخ وآخرون (2018) أن حاصل الحبوب لمحصول الحنطة يزداد بزيادة مستوى الإضافة لمخلفات الأبقار في تربة مزيج إذ بلغ 2.09 و 2.71 و 3.42 و 4.31 طن هكتار⁻¹ لمستويات الإضافة 0 و 5 و 10 و 20 طن هكتار⁻¹. كما بين سرهيد (2018) أن إضافة السماد العضوي بمستويين 10 و 20 طن هكتار⁻¹ أدى إلى زيادة حاصل الحنطة إذ بلغ معدل حاصل الحبوب 5.591 و 5.921 طن هكتار⁻¹ لمستويات الإضافة على التوالي.

أوضح كل من Sohi وآخرون (2009) و Hossain وآخرون (2010) أن تأثير الفحم النباتي في زيادة إنتاجية المحاصيل يعود إلى دوره في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة مما ينعكس ذلك إيجاباً على زيادة نمو وانتشار الجذور فضلاً عن زيادة امتصاص الماء والعناصر الغذائية وزيادة جاهزيتها للنبات، كذلك وجود التجمعات الفعالة على سطح الفحم النباتي التي تساعد على زيادة مسك العناصر الغذائية والحفاظ عليها. وجد Vaccari وآخرون (2011) في دراسة لإضافة الفحم النباتي بمستوى 30 و 60 طن هكتار⁻¹ في تربة مزيج غرينيه أن حاصل الحبوب لمحصول الحنطة ازداد بنسبة 28.42 و 38.52% لمستويات الإضافة على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة للموسم الأول، بينما ازداد حاصل الحبوب في الموسم الثاني بنسبة 28.96 و 33.55% لمستويات الإضافة على التوالي. ووجد Saleem وآخرون (2016) أن إضافة الفحم النباتي للتربة أدى إلى زيادة إنتاج الحبوب لمحصول الحنطة بنسبة 23% مقارنة بمعاملة المقارنة.

3- المواد وطرائق العمل Materials and methods:**3-1- موقع التجربة Experiment location:**

أجريت التجارب الحقلية (الزراعية والميكانيكية) شمال محافظة البصرة في قضاء القرنة في منطقة الغميح والتي تقع جغرافيا عند خط طول 24.8 ' 56 ° 30 شمالا وخط عرض 47° 27 ' 52.0 شرقا، في تربة ذات نسجه مزيج طينية.

3-2- الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية الأولية للتربة المستخدمة في التجارب:

تم قياس الخصائص الفيزيائية والكيميائية الأولية لتربة الحقل المستخدمة في الدراسة وبثلاث مكررات ولأعماق 0-15 و 15-30 و 30-45 سم وفق الطرق المبينة أدناه والنتائج موضحة في جدول (1).

3-2-1- توزيع حجوم دقائق التربة Soil particles size distribution :

تم قياس حجوم دقائق التربة بطريقة الماصة (Pipette method) وحسب الطريقة الموصوفة في Black وآخرون (1965).

3-2-2- الكثافة الظاهرية للتربة Dry bulk density (ρ_b):

قيست الكثافة الظاهرية للتربة بطريقة الأسطوانة (Core sampler) وحسبت من المعادلة (1) بعد تجفيف عينات التربة في الفرن على درجة حرارة 105° م ولحين ثبوت الوزن وحسب الطريقة الموصوفة من قبل Black وآخرون (1965).

$$\rho_b = \frac{M_s}{V} \quad \dots\dots\dots (1)$$

إذ أن:

$$\rho_b = \text{الكثافة الظاهرية للتربة (غم سم}^{-3}\text{)}$$

$$M_s = \text{كتلة الدقائق الصلبة (غم)}$$

$$V = \text{الحجم الكلي للتربة ويمثل حجم الاسطوانة (سم}^3\text{)}$$

3-2-3- الكثافة الحقيقية (ρs) Particle density:

قيست الكثافة الحقيقية للتربة من المعادلة (2) باستخدام طريقة قنينة الكثافة (Pycnometer Method) المقترحة من قبل Barsher والمذكورة في Black وآخرون (1965).

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \quad \dots\dots\dots (2)$$

إذ أن:

$$\rho_s = \text{الكثافة الحقيقية للتربة (غم سم}^{-3}\text{)}$$

$$M_s = \text{كتلة الدقائق الجافة (غم)}$$

$$V_s = \text{حجم الدقائق الجافة (سم}^3\text{)}$$

3-2-4- المسامية الكلية (f) Total porosity:

حُسبت المسامية الكلية للتربة من المعادلة (3) وحسب الطريقة الواردة في Black وآخرون (1965).

$$f = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right) \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

إذ أن:

$$f = \text{المسامية الكلية \%}$$

$$\rho_b = \text{الكثافة الظاهرية للتربة (غم سم}^{-3}\text{)}$$

$$\rho_s = \text{الكثافة الحقيقية للتربة (غم سم}^{-3}\text{)}$$

3-2-5- المحتوى الرطوبي للتربة (Pw) Soil moisture content:

قيسَ المحتوى الرطوبي للتربة بالطريقة الوزنية وذلك بأخذ عينات التربة من الحقل بواسطة أسطوانة (Core sampler) ووزنت ثم جففت بالفرن على درجة حرارة 105 °م لحين ثبوت الوزن، حسب

النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف من المعادلة (4) وحسب الطريقة الموصوفة في Black وآخرون (1965).

$$P_w = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

إذ أن:

P_w = النسبة المئوية لرطوبة التربة على أساس الوزن الجاف (%)

M_w = وزن الرطوبة في التربة (غم)

M_s = وزن الدقائق الصلبة الجافة (غم)

3-2-6- مقاومة التربة للاختراق (CI) Soil penetration resistance:

تم قياس مقاومة التربة للاختراق (CI) باستخدام جهاز (Cone Penetrometer) الحقلي والموصوف في الملحق (1) وذلك بتسليط ضغط مستمر على الجهاز باتجاه عمودي لدفع المخروط داخل التربة للأعماق (0-15) و(15-30) و(30-45) سم وبثلاث مكررات مع تسجيل قراءة الجهاز من المؤشر وثم حساب دليل المخروط (CI) بوحدته كيلو نيوتن م⁻² من المعادلة (5) المذكورة في (Gill و Vandenberg، 1968).

$$Cone\ Index(CI) = \frac{Penetration\ Force}{Cone\ base\ area} \dots\dots\dots (5)$$

إذ أن:

Cone Index(CI) = دليل المخروط (كيلو نيوتن م⁻²).

Penetration Force = قوة الاختراق (كيلو نيوتن).

Cone Base Area = مساحة قاعدة المخروط (م²).

3-2-7- الإيصالية المائية المشبعة (Ks) Saturated hydraulic conductivity:

قيست الإيصالية المائية المشبعة للتربة بإتباع طريقة عمود الماء الثابت المقترحة من قبل Klute والموصوفة في Black وآخرون (1965) وذلك بتهيئة عمود ماء ارتفاعه 4 سم فوق عمود التربة ثم حسبت كمية الماء المارة من خلال العمود لفترات زمنية محددة لحين ثبوت القيم مع الزمن. تم حساب قيم الإيصالية المائية المشبعة للتربة من خلال تطبيق المعادلة (6).

$$Ks = \frac{Q}{At} \cdot \frac{L}{h} \quad \dots\dots\dots(6)$$

إذ أن:

Ks : الإيصالية المائية المشبعة للتربة (سم ساعة⁻¹)

Q : حجم الماء المار خلال عمود التربة (سم³)

L : طول عمود التربة (سم).

A : المساحة السطحية لمقطع التربة (سم²)

t : الزمن (ساعة)

h : طول عمود التربة + ارتفاع عمود الماء فوق عمود التربة (سم).

3-2-8- معدل القطر الموزون (MWD) Mean weight diameter:

قيس معدل القطر الموزون باستخدام طريقة النخل الرطب، وذلك بإمرار نماذج التربة المجففة هوائياً من منخل قطر فتحاته 8 ملم وتم استقبالها على منخل قطر فتحاته 4 ملم بعد ذلك اخذ وزن 25 غم من نموذج التربة فوق منخل 4 ملم ورطبت بالخاصية الشعرية لمدة ست دقائق ثم نقلت إلى مجموعة مناخل ذات أقطار 0.25 و 0.5 و 1.0 و 2.0 و 4.0 ملم. تمت عملية النخل بطريقة النخل الرطب لمدة ست دقائق باستخدام جهاز النخل الرطب بالاهتزاز المائي نوع Retsch As200 (2009) وبسرعة اهتزاز 60 دورة دقيقة⁻¹ وتصريف الماء خلال الجهاز 200 مل دقيقة⁻¹. بعد انتهاء عملية النخل فصلت المناخل ونقل المتبقي من التربة على كل منخل الى بيكر زجاجي وجفف في الفرن على درجة حرارة 105°م لغرض حساب وزنها الجاف ثم حسبت قيم معدل القطر الموزون (MWD) من المعادلة (7) والمذكورة في Black وآخرون (1965).

$$MWD = \sum_{i=1}^n xiWi \quad \dots\dots\dots(7)$$

إذ أن:

MWD : معدل القطر الموزون (ملم).

Xi : معدل القطر لأي مدى حجمي للتجمعات المفصولة (ملم).

Wi : وزن التجمعات المتبقية ضمن المدى الحجمي الواحد كنسبة إلى الوزن الجاف الكلي لنموذج التربة.

3-2-9- المادة العضوية Organic matter:

قيست المادة العضوية بطريقة Walkley- Black المذكورة في Page وآخرون (1982) وذلك بالأكسدة بواسطة $1N K_2Cr_2O_7$ ثم التسحيح بكبريتات الحديدوز الأمونياكية للحصول على الكربون العضوي وتم حساب المادة العضوية بضرب قيمة الكربون العضوي في 1.724.

3-2-10- الكربونات الكلية Total carbonate:

قيست الكربونات الكلية بالتسحيح مع $0.5N NaOH$ بعد إضافة $1N HCL$ واستخدام دليل الفينولفثالين وحسب الطريقة الموصوفة في Jackson (1958).

3-2-11- الكاتيونات والانيونات الذائبة Soluble cations and anions:

قيست الكاتيونات والانيونات الذائبة في مستخلص راشح تربة (1:1) إذ تم تقدير الكالسيوم Ca^{+2} والمغنيسيوم Mg^{+2} بطريقة التسحيح مع $0.01N Na_2-EDTA$ حسب طريقة Jackson (1958). وقدر البوتاسيوم K^{+} والصوديوم Na^{+} باستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) حسب ما وصفها Jackson (1958). والتي أوردتها Page وآخرون (1982). وقدرت الكربونات $CO_3^{=}$ والبيكاربونات HCO_3^{-} بطريقة التسحيح مع $0.01N$ من حامض الكبريتيك وكما وصفها Richards (1954). وقدرت الكلوريدات Cl^{-} بالتسحيح مع $0.05N$ من نترات الفضة $AgNO_3$ حسب طريقة Jackson (1958). كما قدرت الكبريتات SO_4^{-2} بطريقة العكارة باستخدام جهاز (Spectro photometer) وحسب الطريقة الموصوفة في Page وآخرون (1982).

3-2-12- درجة التفاعل (pH):

قيست درجة التفاعل للتربة (في معلق التربة 1:1 (تربة: ماء)) باستخدام جهاز pH-Meter نوع WTW حسب الطريقة الموصوفة من قبل Jackson (1958).

3-2-13- الإيصالية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity:

قيست الإيصالية الكهربائية (ديسيمنز م⁻¹) للتربة في راشح تربة (1:1) باستخدام جهاز EC-Meter نوع WTW حسب الطريقة المذكورة في Page وآخرون (1982).

3-2-14- النيتروجين الجاهز Available nitrogen:

استخلص بمحلول 2M KCl حسب ما جاء في Bremner وKeeney (1966) وقدر بالتقطير بالبخار حسب طريقة Bremner وEdwards (1965).

3-2-15- الفسفور الجاهز Available phosphorous:

استخلص بمحلول 0.5M NaHCO₃ بحسب طريقة Murphy وRiley (1962) وتم تقديره بطريقة اللون الأزرق باستخدام جهاز Spectrophotometer عند طول موجي 700 نانو متر كما ورد في Page وآخرون (1982).

3-2-16- قياس التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلية للتربة:**Measurement of soil Cohesion and angle of internal friction**

تم قياس التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلية للتربة باستخدام جهاز Annuals Ring والموصوف في الملحق (2). يتكون الجهاز من قرص معدني قطره 22 سم مزود من الأسفل بزوائد شعاعية ارتفاعها 1 سم متساوية الأبعاد، الجهاز مزود بمقياس عزم الدوران المطلوب لقص التربة (Torquemeter). أجريت عملية القياس بدفع القرص المعدني باتجاه سطح التربة بصوره عمودية لغرض غرز الزوائد الشعاعية فيها، دور القرص بواسطة ذراع مقياس العزم (Torquemeter) حتى انهيار التربة بين الزوائد، وعند لحظة الانهيار تم قياس العزم المطلوب لقص التربة. أجريت التجارب باستخدام أوزان مختلفة وهي (2.5 و 5 و 7.5 و 10 و 12.5 و 15) كغم، وضعت الأوزان على القرص المعدني وكررت العملية ثلاث مرات للأعماق المدروسة. حُسب أجهاد قص التربة من المعادلة (8) والمأخوذة من Gill و Vandenberg (1968).

$$\tau = \frac{3m}{2\pi r^2} \dots\dots\dots(8)$$

إذ أن:

$$\tau = \text{إجهاد قص التربة (كيلو نيوتن م}^{-2}\text{)}$$

$$m = \text{عزم قص التربة (كيلو نيوتن م)}$$

$$r = \text{نصف قطر القرص المعدني (م)}$$

كما حُسب الإجهاد العمودي المسلط على التربة من المعادلة (9).

$$\sigma = \frac{Q}{A_1} \quad \dots\dots\dots(9)$$

إذ أن:

$$\sigma = \text{الاجهاد العمودي (كيلو نيوتن م}^{-2}\text{)}$$

$$Q = \text{القوة العمودية المسلطة على التربة (وزن الجهاز + الوزن المضاف) (كيلو نيوتن)}$$

$$A_1 = \text{مساحة القرص المعدني (م}^2\text{)}$$

رسمت العلاقة بين إجهاد قص التربة والإجهاد العمودي والموضحة في الملحق (3) لحساب التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلية والنتائج موضحة في جدول (1).

3-2-17- قياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن:

Measurement of soil adhesion and metal- soil friction angle

تم قياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن باستخدام جهاز Sled test والموصوف في الملحق (4). يتكون الجهاز من قطعه معدنية طولها 21 سم وعرضها 14 سم وسمكها 1 سم مساحة تلامس سطحها من الأسفل المستوي مع التربة 294 سم². وزنها 2 كغم ومقدمتها مرتفعة عن سطح التربة بشكل منحنى لمنع تجمع التربة أمامها أثناء سحبها. نفذت التجربة بسحب القطعة المعدنية على سطح التربة وباستخدام أوزان مختلفة وهي (2.5 و 5 و 7.5 و 10 و 12.5 و 15) كغم بواسطة جهاز قياس قوة السحب الذي هو عبارة عن ميزان ذو نابض حلزوني يحتوي على مقياس مدرج، كررت عملية القياس ثلاث مرات لكل وزن.

تم حساب الإجهاد الأفقي المطلوب لسحب القطعة المعدنية من المعادلة (10) والمأخوذة من قبل Gill و Vandenberg (1968).

$$\tau_{\alpha} = \frac{F_1}{A_2} \dots \dots \dots (10)$$

إذ أن:

$$\tau_{\alpha} = \text{الاجهاد الأفقي (كيلو نيوتن م}^{-2}\text{)}$$

$$F_1 = \text{قوة سحب القطعة المعدنية مع الأوزان (كيلو نيوتن)}$$

$$A_2 = \text{مساحة تلامس القطعة المعدنية مع التربة (م}^2\text{)}$$

كما حسب الإجهاد العمودي المسلط على التربة من المعادلة (11).

$$\sigma_a = \frac{Q_1}{A_2} \dots \dots \dots (11)$$

إذ أن:

$$\sigma_a = \text{الاجهاد العمودي (كيلو نيوتن م}^{-2}\text{)}$$

$$Q_1 = \text{الوزن المسلط على التربة (وزن الجهاز + الوزن المضاف) (كيلو نيوتن)}$$

$$A_2 = \text{مساحة تلامس القطعة المعدنية مع التربة (م}^2\text{)}$$

رسمت العلاقة بين الإجهاد الأفقي والإجهاد العمودي وكما مبينه في الملحق (5) وحُسب الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن.

جدول (1): الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية الأولية للتربة المستخدمة في التجارب

عمق التربة (سم)			الخصائص	
30-45	15-30	0-15		
255.0	264.7	295.2	gm kg ⁻¹	sand
343.3	335.9	312.3		silt
401.7	399.4	392.5		clay
طينية	مزيجه طينية	مزيجه طينية		النسجة
1.42	1.35	1.31	Mg m ⁻³	الكثافة الظاهرية
2.65	2.58	2.68		الكثافة الحقيقية
46.42	47.67	51.12	%	المسامية
17.01	19.62	23.22	%	المحتوى الرطوبي
0.31	0.24	0.26	mm	معدل القطر الموزون
5000	3850	3300	kN m ⁻²	مقاومة التربة للاختراق
0.21	0.26	0.51	cm h ⁻¹	الإيصالية المائية المشبعة
15.652	13.853	9.666	kN m ⁻²	التماسك
°10	°10	°12	زاوية الاحتكاك الداخلية	
0.4778			kN m ⁻²	الالتصاق
°20			زاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن	
6.25	7.45	9.12	gm kg ⁻¹	المادة العضوية
132.19	150.23	245.32	gm kg ⁻¹	الكاربونات الكلية
7.61	7.58	7.42	pH	
6.44	7.69	8.52	dS m ⁻¹	EC _e
5.26	6.03	8.93	mmole L ⁻¹	Ca ⁺⁺
4.86	5.93	6.73		Mg ⁺⁺
0	0	0		CO ₃ ⁻²
2.26	2.53	2.93		HCO ₃ ⁻
4.62	5.08	7.26		SO ₄ ⁻²
22.66	25.33	32.36		Cl ⁻
13.75	14.54	17.49		Na ⁺
0.27	0.35	0.4		K ⁺
12.31	15.37	18.93	mg kg ⁻¹	N
1.69	2.01	2.53	mg kg ⁻¹	P

3-3- التجربة الميكانيكية Mechanical experiment:

تضمنت التجربة الميكانيكية المعاملات التالية:

- 1- حراثة تقليدية باستخدام المحراث المطرحي القلاب (T1) على عمق 30 سم.
- 2- حراثة تقليدية باستخدام المحراث الحفار (T2) على عمق 30 سم.
- 3- حراثة دنيا باستخدام الأمشاط القرصية (T3) على عمق 15 سم.

4-3- الأجهزة والآلات المستخدمة في التجربة الميكانيكية:**Devices and machines used in the mechanical experiment:****3-4-1- الجرار MF 285 G:**

الجرار MF285G إيراني الصنع مزود بمحرك سداسي الأسطوانات رباعي الأشواط يعمل بوقود الديزل يولد دفع بإطاراته الخلفية والأمامية (4WD) قدرته التصميمية 56 كيلو واط، استخدم الجرار لشبك آلة الحراثة من خلال الجهاز الهيدروليكي للتحكم بعمق الآلة. وضع صندوق سرع الجرار على الحياض وترك محركه يعمل لغرض تشغيل الجهاز الهيدروليكي دون أن يكون للجرار أي دور في عملية سحب آلة الحراثة.

3-4-2- الجرار CASE JX75T:

الجرار CASE JX75T أمريكي الصنع مزود بمحرك سداسي الأسطوانات رباعي الأشواط يعمل بوقود الديزل يولد دفع بإطاراته الخلفية والأمامية (4WD) قدرته التصميمية 55 كيلو واط. استخدم الجرار CASE JX75T لسحب الجرار MF285G والآلة المربوطة عليه بواسطة حبل سميكة. تم تثبيت سرعة محركه على 1500 دورة دقيقة¹ أما سرعته الأمامية فكانت 0.37 م ثا⁻¹ أثناء تنفيذ التجارب.

3-4-3- المحراث المطرحي القلاب Moldboard plow:

يتكون المحراث المطرحي القلاب من ثلاثة ابدان (أسلحة) مطارحه من النوع المهذبة، عراقي المنشأ من تصنيع الشركة العامة للصناعات الميكانيكية، عرض القطع للسلاح الواحد 45 سم والعرض الشغال التصميمي الكلي للمحراث 135 سم وزور المحراث 55 سم.

3-4-4- المحراث الحفار Chisel plow:

يتكون المحراث الحفار من 7 أسلحة من نوع لسان العصفور ذو نهاية مدببة من الجهتين، عراقي المنشأ مصنع من قبل الشركة العامة للصناعات الميكانيكية، يحتوي على صفيين من الأسلحة (ثلاثة

أسلحة في الصف الأول وأربعة أسلحة في الصف الثاني)، المسافة بين صف وآخر 30 سم، العرض الشغال التصميمي الكلي للمحراث 180 سم، زور المحراث 40 سم.

3-4-5- المشط القرصي Disk harrow:

يتكون المشط القرصي من 20 قرص، عراقي المنشأ مصنع من قبل الشركة العامة للصناعات الميكانيكية، يتكون من بطاريتين من الأقراص موضوعة في صفين الواحدة خلف الأخرى، بطارية الصف الأمامي تحتوي على 9 أقراص والبطارية الخلفية تحتوي على 11 قرص، قطر القرص الواحد 40 سم والعرض الشغال التصميمي الكلي للمشط 180 سم.

3-4-6- جهاز قياس قوة السحب (الخلية الوزنية) Load cell:

استخدم جهاز الخلية الوزنية الإلكتروني (Load cell) والموصوف في الملحق (6) لقياس متطلبات قوة السحب لآلة الحراثة المستخدمة في التجارب الحقلية. الجهاز من نوع Cylindrical . S – Beam وموديل LSB 600 مصنع سنة 2009 في الولايات المتحدة الأمريكية من قبل شركة Futek. يربط مع الخلية الوزنية جهاز كمبيوتر محمول (Laptop) بواسطة سلك توصيل البيانات USB لتسجيل وخرن البيانات المقاسة وفق برنامج الكتروني مخصص لهذا الغرض.

3-5- قياس مؤشرات الأداء الميكانيكي

Measurement of mechanical performance indicators:

3-5-1- قوة السحب (F) Draft force:

قيست قوة السحب الكلية لآلة الحراثة باستخدام جهاز الخلية الوزنية (Load cell). ثبت الجهاز على مؤخرة الجرار Case JX75T وربطت مقدمة الجرار MF285G وآلة الحراثة المربوطة عليه مع الطرف الآخر للخلية الوزنية بواسطة حبل سميك، ثبتت سرعة محرك الجرار Case JX75T على 1500 دورة دقيقة¹ وسرعته الأمامية على 0.37 م¹-ثا¹، سحب الجرار MF285G والآلة المربوطة عليه بواسطة الجرار Case JX75T، قيست قوة السحب الكلية أثناء عملية السحب وخلال مسافة طولية مقدارها 10م، ثبت العمق مسبقاً بواسطة الجهاز الهيدروليكي للساحبة MF285G وحسب آلة الحراثة المستخدمة. سجلت قيم قوة السحب بواسطة حاسوب محمول (Laptop) متصل مع جهاز الخلية الوزنية، كررت عملية القياس ثلاث مرات لجميع آلات الحراثة المستخدمة في التجربة، وحسبت قوة السحب من المعادلة (12) والمأخوذة من Mckyes (1985).

$$F = F_t - R \quad \dots\dots\dots (12)$$

إذ أن:

$$F = \text{قوة السحب لآلة الحراثة (كيلو نيوتن)}$$

$$F_t = \text{قوة السحب الكلية (كيلو نيوتن)}$$

$R =$ مقاومة التدرج للجرار MF285G (كيلو نيوتن) ، تم قياسها وفق نفس الطريقة اعلاه ولكن مع رفع آلة الحراثة عن الجرار.

3-5-2- Specific resistance (SR) المقاومة النوعية

حُسبت المقاومة النوعية من المعادلة (13) والمأخوذة من Mckyes (1985).

$$SR = F/A \quad \dots\dots\dots (13)$$

إذ أن:

$$SR = \text{المقاومة النوعية (كيلو نيوتن م}^{-2}\text{)}$$

$$F = \text{قوة السحب (كيلو نيوتن)}$$

$$A = \text{مساحة التربة المحروثة (العرض الشغال لآلة الحراثة X عمق الحراثة الفعلي) (م}^2\text{)}$$

3-5-3- كفاءة استخدام الطاقة (η) Energy utilization efficiency

حُسبت كفاءة استخدام الطاقة من المعادلة (14) والمأخوذة من Mckyes (1985).

$$\eta = \frac{1000}{SR} \quad \dots\dots\dots(14)$$

إذ أن:

$$\eta = \text{كفاءة استخدام الطاقة (م}^3\text{ ميكاجول}^{-1}\text{)}$$

$$SR = \text{المقاومة النوعية (كيلو نيوتن م}^{-2}\text{)}$$

3-5-4- النسبة المئوية للانزلاق (S) Slipping percentage:

حُسبت النسبة المئوية لانزلاق عجلات الجرار Case JX75T خلال عملية الحراثة ولمسافة 10 م من المعادلة (15) والمذكورة في Zoz و Grisso (2003) ، وذلك من خلال قياس السرعة العملية للجرار (الزمن المستغرق لقطع الجرار مسافة 10 م أثناء عملية الحراثة). والسرعة النظرية للجرار (الزمن المستغرق لقطع الجرار مسافة 10 م على ارض معبدة و آلة الحراثة مرفوعة عن السطح)، كررت عملية القياس ثلاث مرات ولجميع آلات الحراثة المستخدمة في التجربة.

$$S = 1 - \frac{V_a}{V_t} \times 100 \dots \dots (15)$$

إذ أن:

$$S = \text{النسبة المئوية للانزلاق (\%)}$$

$$V_a = \text{السرعة العملية (كم ساعة}^{-1}\text{)}$$

$$V_t = \text{السرعة النظرية (كم ساعة}^{-1}\text{)}$$

3-5-5- القدرة المفقودة (PL) power losses:

حُسبت القدرة المفقودة من المعادلة (16) والمأخوذة من Muhsin (2010).

$$PL = P_d - P_f \dots \dots (16)$$

إذ أن:

$$PL = \text{القدرة المفقودة (كيلو واط)}$$

$$P_d = \text{القدرة عند العجلات (كيلو واط) ، حسب من المعادلة (17):}$$

$$P_d = (F+R) \times V_t \dots \dots (17)$$

$$P_f = \text{قدرة السحب (كيلو واط) ، تم حسابها من المعادلة (18).}$$

$$P_f = F \times V_a \dots \dots (18)$$

3-5-6- معدل حجم التربة المثار (S.V.D) Soil Volume Disturbed:

حُسب حجم التربة المثار لآلات الحراثة من المعادلة (19) وحسب ما مذكور في Mari وآخرون (2011).

$$S.V.D = Bp \times Va \times D \quad \dots\dots\dots (19)$$

إذ أن:

$$S.V.D = \text{حجم التربة المثار (م}^3 \text{ ساعة}^{-1}\text{)}$$

$$Bp = \text{العرض الشغال الفعلي لآلة الحراثة (م)}$$

$$Va = \text{السرعة العملية (م ساعة}^{-1}\text{)}$$

$$D = \text{عمق الحراثة الفعلي (م)}$$

3-5-7- الكفاءة الحقلية (Fe) Field Efficiency:

حُسبت الكفاءة الحقلية لجميع آلات الحراثة من المعادلة (20) وفق الطريقة المذكورة في Joseph (1990).

$$Fe = (Bp \times Va / B \times Vt) \times 100 \quad \dots\dots\dots (20)$$

إذ أن:

$$Fe = \text{الكفاءة الحقلية (\%)}$$

$$B = \text{العرض الشغال التصميمي لآلة الحراثة (م)}$$

$$Vt = \text{السرعة النظرية (م ساعة}^{-1}\text{)}$$

3-5-8- معدل استهلاك الوقود (Fcr) Fuel consumption rate:

حُسب معدل استهلاك الوقود من المعادلة (21) وفق الطريقة المقترحة من قبل Almaliki وآخرون (2016).

$$Fcr = \frac{10 * TFC}{Bp * Va} \quad \dots\dots\dots (21)$$

إذ أن:

$$Fcr = \text{معدل استهلاك الوقود (لتر هكتار}^{-1}\text{)}$$

TFC = كمية الوقود المستهلك (لتر ساعة⁻¹)

Bp = العرض الشغال لالة الحراثة (م)

Va = السرعة العملية (م ثانية⁻¹)

3-6- الخصاص الأولية للمحسنات العضوية المستخدمة في التجربة الزراعية:

The primary characteristics of the organic improvers used in the agricultural experiment:

3-6-1- الفحم النباتي Biochar:

تم اخذ عينة مركبة من الفحم النباتي من قصب السكر والذي تم جلبه من الجمهورية الإسلامية الإيرانية والمعامل حرارياً في ظروف لاهوائية على درجة حرارة 250 - 300°م لمدة 4 ساعات. وقد ر فيها بعض الخصاص الكيميائية والفيزيائية للفحم النباتي وكما مبين ادناه والنتائج موضحة في الجدول (2).

3-6-1-1- الإيصالية الكهربائية Electrical conductivity:

قيست الإيصالية الكهربائية في مستخلص راشح الفحم النباتي 5:1 (فحم : ماء) وحسب الطريقة المذكورة في الفقرة (3-2-13).

3-6-1-2- درجة التفاعل pH:

قيست درجة التفاعل في معلق الفحم النباتي 5:1 (فحم : ماء) وحسب الطريقة المذكورة في الفقرة (3-2-12).

3-6-1-3- النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم NPK:

هُضم الفحم النباتي بطريقة Parsons و Cresser (1979) إذ اخذ 0.2 غم من الفحم النباتي وهضمه بحامض الكبريتيك المركز وتركه لليوم التالي ثم يسخن لمدة 30 دقيقة ويبرد ويضاف له خليط من (4% HClO₄ + H₂SO₄) وتم تسخينه مره أخرى للحصول على محلول رائق وُبُرِّدَ واكمل الى 50 مل بالماء المقطر وقد ر فيه النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم كالتالي:
النيتروجين N: تم تقديره بمحلول الهضم بالتقطير بالبخار وحسب ما جاء في Bremner (1970).

الفسفور P: تم تقديره بمحلول الهضم باستخدام جهاز Spectrophotometer بعد استخلاصه بمحلول $0.5 M NaHCO_3$ وتقديره بطريقة اللون الأزرق عند طول موجي 700 نانومتر كما ورد في Page وآخرون (1982).

البوتاسيوم K: تم تقديره بمحلول الهضم باستخدام جهاز اللهب وكما موصوف في Page آخرون (1982).

3-6-1-4- المادة العضوية Organic Matter:

قدرت المادة العضوية O.M حسب ما مذكور في الفقرة (3-2-9)

3-6-1-5- نسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N ratio):

تم حسابها بقسمة الكربون العضوي على النيتروجين الكلي.

3-6-1-6- الكثافة الظاهرية Bulk density:

قيست الكثافة الظاهرية للفحم النباتي بوزن عينة مركبة من الفحم بعد تجفيفه هوائياً ثم وضعت في أسطوانة حجمية مدرجة ثم حسبت الكثافة بقسمة وزن العينة على حجمها.

3-6-1-7- نسبة الرطوبة Moisture ratio:

قيست نسبة الرطوبة للفحم النباتي بأخذ وزن معين من الفحم النباتي ووزنه قبل وبعد التجفيف بالفرن على درجة حرارة $70^{\circ}C$ وتم حساب النسبة المئوية للرطوبة.

3-6-1-8- نسبة الإشباع Saturation percentage:

تم قياس سعة الفحم للتشبع (قابليته العظمى على مسك الماء) وذلك بتشبع الفحم بالماء بالخاصية الشعرية ثم اخذ وزن من الفحم النباتي ووزنه قبل وبعد التجفيف بالفرن على درجة حرارة $70^{\circ}C$ لحين ثبوت الوزن وتم حساب النسبة المئوية للرطوبة.

3-6-2- المخلفات العضوية (مخلفات أبقار) Organic residue:

أخذت عينة مركبة من مخلفات الأبقار بعد إتمام عملية التخمير والتجفيف الهوائي وأجريت عليها القياسات والتحليلات المخبرية لتقدير الصفات الكيميائية والفيزيائية الأولية المبينة أعلاه في الفقرة (3-6-1) والنتائج موضحة في جدول (2).

جدول (2): الخصائص الكيميائية والفيزيائية الأولية للفحم النباتي والمخلفات العضوية المستخدمة في التجربة

القيمة		الوحدة	الصفة
السماذ الحيواني	الفحم النباتي		
14.76	2.87	ds m ⁻¹	EC
7.65	7.47		pH
18.65	3.2	gm kg ⁻¹	T.N
6.42	4.9	gm kg ⁻¹	T.P
8.94	5.3	gm kg ⁻¹	K
214.34	708	gm kg ⁻¹	O.C
11.49	221.25	--	C/N
369.52	1220.59	gm kg ⁻¹	O.M
0.52	0.35	Mg m ⁻³	الكثافة الظاهرية
28.74	2.39	%	نسبة الرطوبة
172.28	646.03	%	قابلية مسك الماء

7-3- تجربة الاصص للفحم النباتي pots experiment for Biochar

أجريت التجربة الزراعية بالأصص في الظلة النباتية التابعة لقسم علوم التربة والموارد المائية في كلية الزراعة - جامعة البصرة، تضمنت معاملات التجربة إضافة مستويات مختلفة من الفحم النباتي خلطاً مع التربة في أصص بهدف اختيار أفضل مستوى إضافة للفحم النباتي يحسن من صفات التربة ونمو النبات واستخدامه في التجربة الزراعية الحقلية. تمثلت معاملات الإضافة للفحم النباتي المستويات 0% (B0) و 1% (B1) و 1.5% (B2) و 2% (B3) و 2.5% (B4) و 3% (B5) من وزن التربة الجاف. تم اخذ نماذج تربة من حقل التجربة الزراعية الحقلية لعمق 0 - 30 سم ومررت من منخل قطر فتحاته 4 ملم وأضيفت للأصص، واستخدمت أصص ذات سعة 3 كغم، خلط الفحم مع التربة وأضيف لكل اصيص بواقع ثلاث مكررات لكل مستوى ليصبح عدد الاصص 18 اصيص. زرع محصول الشوفان *Avena sativa* L. صنف Pumula بواقع 10 بذرات لكل اصيص بتاريخ 2018/10/1 وتم إضافة الأسمدة الكيميائية حسب التوصية السمادية بواقع 120 كغم N هكتار⁻¹ و 30 كغم P هكتار⁻¹ و 40 كغم K هكتار⁻¹ (محمد، 2017)، وبعد أسبوعين من الزراعة حُفّت النباتات الى 5 نباتات لكل اصيص، وكان ري النباتات على أساس السعة الحقلية، وبعد 50 يوم من الزراعة تم اخذ عينات للتربة لقياس الصفات الفيزيائية والكيميائية المطلوبة، كما تم حساب ارتفاع النبات والوزن الجاف للنبات في نهاية التجربة.

3-8-8- قياس الخصائص المدروسة في تجربة الاصص:**Measurement of properties studied in the pots experiment**

تم قياس صفات التربة والنبات المدروسة في تجربة الاصص وكما مبينه أدناه بعد 50 يوم من الزراعة بمحصول الشوفان (نهاية فترة التجربة) لجميع الوحدات التجريبية وبثلاث مكررات.

3-8-3-1- الكثافة الظاهرية الجافة:

تم قياس كثافة التربة الظاهرية حسب الطريقة المذكورة في الفقرة (3-2-2).

3-8-3-2- المسامية الكلية:

تم حساب المسامية الكلية وفق الطريقة المذكورة في الفقرة (3-2-4).

3-8-3-3- المحتوى الرطوبي للتربة:

تم قياس رطوبة التربة في السنادين وفق الطريقة المذكورة في الفقرة (3-2-5).

3-8-3-4- مقاومة التربة للاختراق:

قيست مقاومة الاختراق لتربة الاصص باستخدام جهاز المخراق (Penetrometer) المختبري (ملحق 1) وذلك بتسليط ضغط مستمر على الجهاز باتجاه عمودي على التربة مع تسجيل القراءة مباشرة من مؤشر الجهاز وحسب الطريقة الموصوفة في Gill و Vandenberg (1968) وحُسبت مقاومة التربة للاختراق كما في الفقرة (3-2-6).

3-8-3-5- معدل القطر الموزون:

تم قياس معدل القطر الموزون للتربة حسب ما ذكر في الفقرة (3-2-8).

3-8-3-6- الإيصالية المائية المشبعة:

تم قياس الإيصالية المائية المشبعة للتربة حسب ما ذكر في الفقرة (3-2-7).

3-8-3-7- الإيصالية الكهربائية:

قيست الإيصالية الكهربائية للتربة وفق الطريقة المذكورة في الفقرة (3-2-13).

3-8-3-8- ارتفاع النبات Plant height:

تم قياس معدل ارتفاع خمسة نباتات من كل وحدة تجريبية بوحدة (سم) من سطح التربة إلى أعلى قمة في النبات وذلك بعد 50 يوم من زراعة الاصص.

9-8-3- الوزن الجاف Dry weight:

قطعت النباتات في الاصح بأكملها من مستوى سطح التربة في نهاية التجربة ثم غسلت بالماء المقطر وجففت بالفرن على درجة 65°م ولمدة يومين للتأكد من جفاف النباتات تماما ثم حسب الوزن الجاف للنبات بوحدة (غرام اصيص¹).

9-3- التجربة الزراعية الحقلية: Field agricultural experiment

تضمنت التجربة الزراعية الحقلية المعاملات التالية:

1-9-3- نظم الحراثة Tillage systems:

تمثلت بالآتي:

- 1- حراثة تقليدية باستخدام المحراث المطرحي القلاب على عمق 30 سم، رمز لها (T1).
- 2- حراثة تقليدية باستخدام المحراث الحفار على عمق 30 سم، رمز لها (T2).
- 3- حراثة دنيا باستخدام الأمشاط القرصية على عمق 15 سم، رمز لها (T3).

2-9-3- المحسنات العضوية Organic improvers:

تمثلت بالآتي:

- 1- بدون إضافة محسنات (معاملة المقارنة)، رمز لها (M0).
 - 2- أضافه فحم نباتي (Biochar) بنسبة 1.5% على أساس الوزن الجاف للتربة خلطاً مع التربة المحروثة لعمق 15 سم بواسطة الأمشاط القرصية وتم اعتماد هذه النسبة اعتماداً على نتائج التجربة المختبرية للفحم النباتي، رمز لها (M1).
 - 3- أضافه مخلفات حيوانية (مخلفات أبقار) بنسبة 2% على أساس الوزن الجاف للتربة خلطاً مع التربة المحروثة لعمق 15 سم بواسطة الأمشاط القرصية، رمز لها (M2).
 - 4- أضافه (1% مخلفات أبقار + 0.75% فحم نباتي) على أساس الوزن الجاف للتربة وخطهما مع التربة المحروثة على عمق 15 سم بواسطة الأمشاط القرصية، رمز لها (M3).
- وتم إضافة المحسنات على أساس الوزن الجاف وذلك بمعرفة الوزن الجاف للتربة للهكتار وبنسبة وتناسب يحسب الوزن الجاف لمساحة الوحدة التجريبية (5 م²).

10-3- تهيئة التربة وأجراء العمليات الحقلية:**Preparing the soil and performing field operations**

قُسمت الأرض إلى ثلاثة قطاعات وحُرثت التربة باستخدام معاملات نظم الحراثة المتمثلة بالمحراث المطرحي والمحراث الحفار على عمق 30 سم والأمشاط القرصية على عمق 15 سم في كل قطاع بواقع خط لكل آلة حراثة، تم ترك مسافة متر واحد بين خط وآخر في نفس القطاع ومترين بين قطاع وآخر. وزعت معاملات المحسن على معاملات الحراثة عشوائيا داخل كل قطاع وخُطت المحسنات مع التربة بواسطة الأمشاط القرصية لعمق 0-15 سم، تم تحديد الوحدات التجريبية بمساحة 5 م² لكل وحدة تجريبية (1*5 م).

زرعت حبوب الحنطة (*Triticum aestivum* L.) صنف بحوث 22 بتاريخ 2018/11/29 بمعدل بذار 120 كغم هكتار⁻¹ (نشرة إرشادية، 2012) في خطوط المسافة بين خط وآخر 15 سم بواقع 6 خطوط في كل وحدة تجريبية وبطول 5 م لكل خط وأجريت عملية الخف للنباتات بعد الإنبات وظهور البادرات. تم إضافة السماد الكيميائي لجميع الوحدات التجريبية بالتساوي وحسب التوصية السمادية المتبعة إذ أضيف السماد النيتروجيني على شكل يوريا (46% N) بمقدار 120 كغم N هكتار⁻¹ (العبد الله، 2015) وبثلاث دفعات متساوية عند الزراعة والإنبات والتزهير وأضيف سماد السوبر فوسفات الثلاثي بمقدار 100 كغم P₂O₅ هكتار⁻¹ والبوتاسيوم بمقدار 120 كغم K هكتار⁻¹ دفعة واحدة عند الزراعة (جدوع وصالح، 2013). أجريت عملية الري بطريقة الري السحي (معدل قيم الإيصالية الكهربائية و pH لمياه الري 2.54 ديسيمنز م⁻¹ و 6.9 على التوالي) وتم تحديد كميات مياه الري لجميع الوحدات التجريبية اعتماداً على عداد الري الميكانيكي وحوض التبخر الأمريكي، كما تم أضافه 20% كمياه إضافية لمتطلبات الغسل وحتى نهاية التجربة والحصاد بتاريخ 2019/4/12.

11-3- قياسات التجربة الزراعية الحقلية :Field experiment measurements**1-11-3- خصائص التربة :Soil properties**

تم قياس خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية المدروسة (الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية والمحتوى الرطوبي للتربة ومقاومة التربة للاختراق ومعدل القطر الموزون والإيصالية المائية المشبعة والإيصالية الكهربائية) لثلاثة أعماق للتربة وهي (0-15) و (15-30) و (30-45) سم لكل وحدة تجريبية وخلال فترتين الأولى بداية موسم النمو (بعد شهر من الزراعة) والثانية نهاية موسم النمو قبل الحصاد بأسبوع وكما موضحة في الطرق المبينة تحت الفقرة (2-3).

3-11-2-Plant properties صفات النبات**3-11-2-1-Plant height ارتفاع النبات**

تم قياس معدل ارتفاع خمسة نباتات من كل وحدة تجريبية بوحدة (سم) من سطح التربة إلى أعلى قمة في النبات وذلك في نهاية الموسم.

3-11-2-2-Dry weight الوزن الجاف

حصدت النباتات من مستوى سطح التربة ولمساحة قدرها 1م² لكل وحدة تجريبية وبشكل عشوائي في نهاية موسم النمو ثم غسلت بالماء المقطر وجففت بالفرن على درجة 65°م لحين ثبوت الوزن للتأكد من جفاف النباتات تماماً ثم تم حساب الوزن الجاف للنبات بوحدة (طن هكتار⁻¹).

3-11-2-3-Grain yield حاصل الحبوب

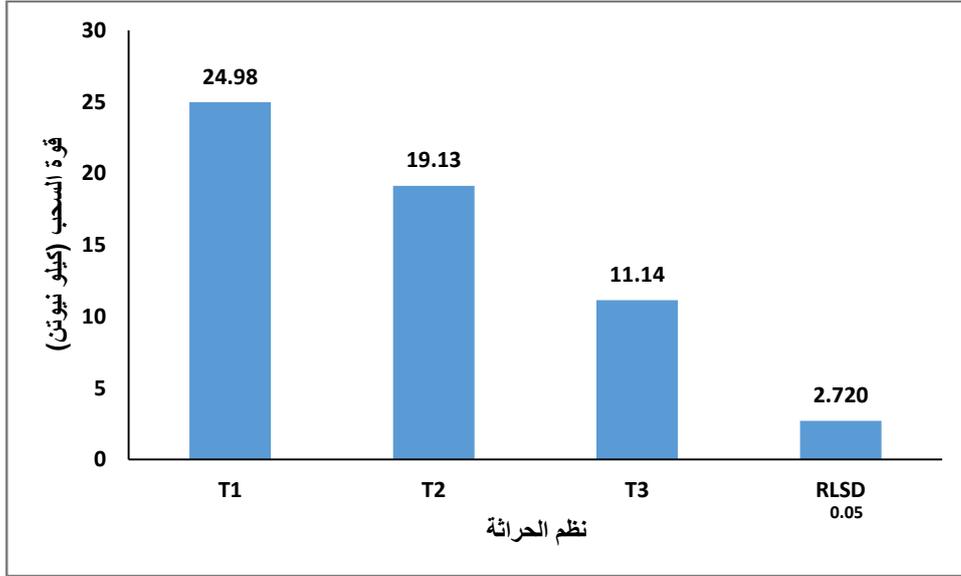
أخذت حزمة النباتات المحصودة من مساحة 1 م² من كل وحدة تجريبية وتم فصل الحبوب عن القش ثم وزنت الحبوب التي جمعت بعد تجفيفها وحُسب حاصل الحبوب بوحدة (طن هكتار⁻¹).

3-12-3- تصميم التجارب والتحليل الإحصائي:**Design of experiments and statistical analysis:**

خُللت نتائج الخصائص المدروسة في كل من التجربة الزراعية المختبرية والتجربة الميكانيكية باستخدام التصميم العشوائي الكامل (C.R.D) لمعاملات مستويات الفحم النباتي في التجربة المختبرية ومعاملات نظم الحراثة في التجربة الميكانيكية. وحللت النتائج التي تم الحصول عليها لجميع الصفات المدروسة في التجربة الزراعية الحقلية إحصائياً تبعاً لطريقة تحليل التباين باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأسلوب القطع المنشقة في تجربة عامليه بعاملين (3 X 4) (نظم الحراثة x المحسنات العضوية) وبثلاثة مكررات، وضعت نظم الحراثة في القطع الرئيسية والمحسنات العضوية في القطع الثانوية، وزعت المعاملات بصوره عشوائية في القطع. خُللت البيانات لجميع التجارب إحصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي GenStat وقورنت متوسطات المعاملات باختبار اقل فرق معنوي المعدل (R.L.S.D) عند مستوى احتمال (0.05) حسب الراوي وخلف الله (1980).

4- النتائج والمناقشة Results and discussion:**1-4- تأثير نظم الحراثة في المؤشرات الميكانيكية:****The effect of tillage systems on mechanical indicators:****1-1-4- قوة السحب Draft force:**

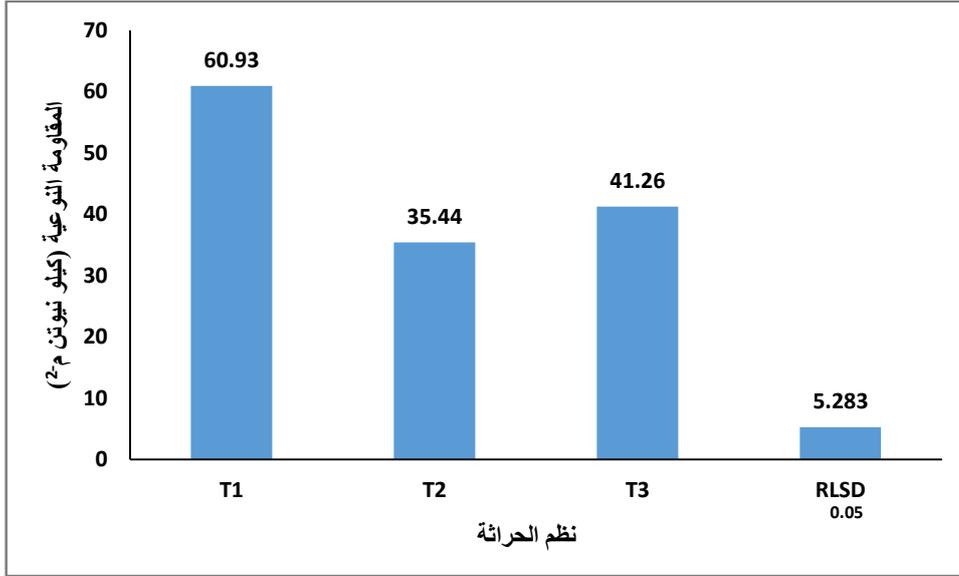
تبين النتائج في الملحق (7) ان تأثير آلات نظم الحراثة في متطلباتها من قوة السحب كان عالي المعنوية، اذ يوضح الشكل (1) وجود اختلافات معنوية بين آلات نظم الحراثة في قوة السحب إذ تفوقت الأمشاط القرصية (T3) معنوياً في تسجيلها اقل قوة سحب بلغت 11.14 كيلو نيوتن في حين سجل المحراث المطرحي القلاب اعلى قوة سحب بلغت 24.98 كيلو نيوتن وبنسبة زيادة قدرها 30.58 و 124.24% قياساً مع المحراث الحفار والأمشاط القرصية على التوالي، ويرجع سبب تسجيل المحراث المطرحي اعلى قوة سحب إلى دوره في عملية قطع وفصل وقلب شرائح التربة فضلاً عن المساحة السطحية الكبيرة لسلاح المحراث الملامس للتربة مما يزيد ذلك من القوة المطلوبة للتغلب على مقاومة التربة للحراثة وهذا بدوره يزيد من قوة السحب، في حين يعمل المحراث الحفار على شق وتفكيك التربة دون قلبها فضلاً عن انخفاض المساحة السطحية لسلاح المحراث الملامس للتربة وهذا يقلل من القوة المطلوبة للمحراث للتغلب على مقاومة التربة للتفكيك والحراثة قياساً مع المحراث المطرحي، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه الطائي وآخرون (2013) الذين اكدوا أن المحراث المطرحي يحتاج إلى قوة سحب اعلى من المحراث الحفار في عمليات الحراثة. كما أن انخفاض متطلبات الأمشاط القرصية من قوة السحب قياساً مع آلات الحراثة الأخرى قد يعود إلى انخفاض عمق الحراثة الفعلي (15 سم) للأمشاط القرصية قياساً مع عمق الحراثة (30 سم) لكل من المحراث الحفار والمحراث المطرحي مما ينتج عن ذلك انخفاض في حجم التربة المفككة بواسطة الأمشاط القرصية فضلاً عن انخفاض قوة التربة بسبب انخفاض تماسكها وكثافتها الظاهرية مع قلة العمق وهذا بدوره يقلل من القوة المطلوبة للتغلب على مقاومة التربة للتفكيك والحراثة، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه Muhsin (2017 b) إذ وجد أن المحراث المطرحي يحتاج إلى قوة سحب اعلى من الأمشاط القرصية بنسبة 106.37% في الترب الطينية، كما أشار ناصر (2014) أن متطلبات الأمشاط القرصية من قوة السحب تتناسب طردياً مع عمق الحراثة وعلل زيادة قوة السحب مع زيادة عمق الحراثة إلى زيادة قوة التربة وزيادة حجم التربة المحروثة مع العمق.



شكل (1): تأثير نظم الحراثة في قوة السحب

4-1-2- المقاومة النوعية Specific resistance:

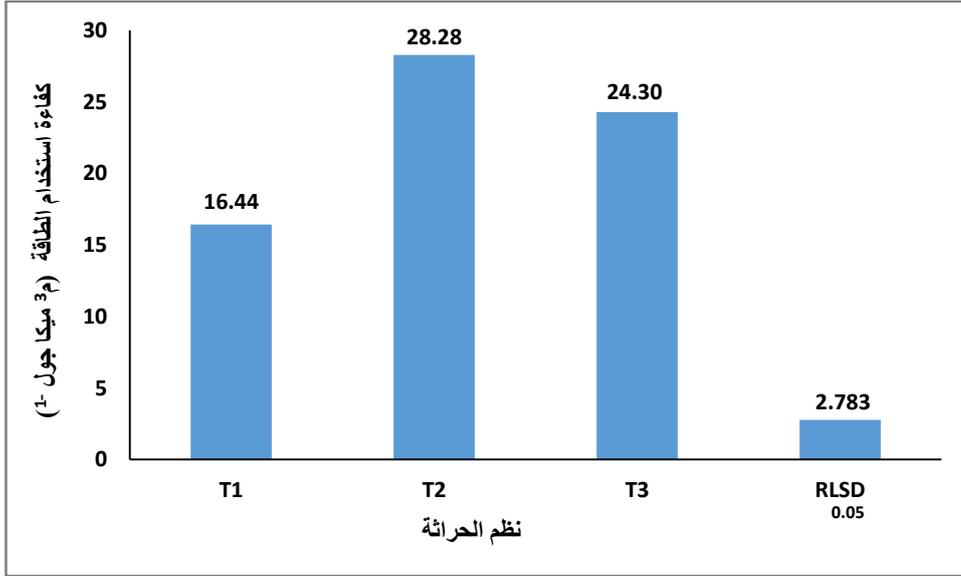
أظهرت النتائج المبينة في الملحق (7) وجود تأثيراً عالي المعنوية بين أنواع آلات الحراثة في صفة المقاومة النوعية، إذ نلاحظ من الشكل (2) أن المحراث المطرحي القلاب سجل أعلى مقاومة نوعية بلغت 60.93 كيلو نيوتن م⁻² في حين سجل المحراث الحفار أقل القيم بلغت 35.44 كيلو نيوتن م⁻² أما الأمشاط القرصية فقد حققت مقاومة نوعية بلغت 41.26 كيلو نيوتن م⁻²، أن الاختلاف في قيم المقاومة النوعية يرجع إلى الاختلاف في نسبة الزيادة أو النقصان لكل من قوة السحب والمساحة المفككة بين آلات الحراثة، أن سبب تسجيل المحراث الحفار أقل مقاومة نوعية مقارنة مع المحراث المطرحي والأمشاط القرصية يرجع إلى تحقيق المحراث الحفار مساحة مفككة أكبر وقوة سحب أقل قياساً مع المحراث المطرحي مما يقلل ذلك من قيم المقاومة النوعية نتيجة تناسب المقاومة النوعية طردياً مع قوة السحب وعكسياً مع المساحة المفككة، كما أن نسبة الزيادة بالمساحة المفككة أكبر من نسبة الزيادة بقوة السحب للمحراث الحفار قياساً مع الأمشاط القرصية مما انعكس ذلك في انخفاض المقاومة النوعية للمحراث الحفار. وهذا يتفق مع ناصر وآخرون (2016) عند دراستهم لبعض المؤشرات الميكانيكية للمحراث الحفار إذ أشاروا إلى أن المقاومة النوعية للمحراث الحفار تنخفض مع زيادة المساحة المفككة بواسطة المحراث بمقدار أكبر من الزيادة بمتطلبات المحراث من قوة السحب.



شكل (2): تأثير نظم الحراثة في المقاومة النوعية

3-1-4- كفاءة استخدام الطاقة Energy utilization efficiency:

تبين النتائج في الملحق (7) ان تأثير آلات نظم الحراثة في كفاءة استخدام الطاقة عالي المعنوية، اذ يوضح الشكل (3) تفوق المحراث الحفار (T2) معنوياً في تسجيله اعلى كفاءة لاستخدام الطاقة اذ بلغت 28.28 م³ ميكا جول⁻¹ مقارنة مع الأمشاط القرصية (T3) التي حققت 24.30 م³ ميكا جول⁻¹ والمحراث المطرحي (T1) الذي سجل اقل قيمة للصفة بلغت 16.44 م³ ميكا جول⁻¹ ويعزى سبب ذلك إلى تفوق المحراث الحفار في تسجيله اقل مقاومة نوعية مقارنة مع المحراث المطرحي والأمشاط القرصية (شكل 2) مما انعكس ذلك في زيادة كفاءة استخدام الطاقة نتيجة العلاقة العكسية بين المقاومة النوعية وكفاءة استخدام الطاقة (المعادلة 13 و 14) إذ أن زيادة العرض الشغال للمحراث الحفار قياساً مع المحراث المطرحي وزيادة عمق الحراثة إلى الضعف قياساً مع الأمشاط القرصية زاد من قابلية المحراث الحفار على تفكيك وحراثة حجم اكبر من التربة وبنسبة زيادة اعلى من نسبة الزيادة بالطاقة المستخدمة في تفكيك ذلك الحجم قياساً مع كل من المحراث المطرحي والأمشاط القرصية وهذا بدوره زاد من كفاءة المحراث الحفار في استخدام الطاقة، وهذا ما وجده Muhsin (2017b) من أن زيادة حجم التربة المفككة بواسطة المحراث الحفار تحقق زيادة في كفاءة المحراث في استخدام الطاقة، كما اكد محسن (2017) أن كفاءة استخدام الطاقة تزداد مع زيادة حجم التربة المفككة بمقدار اكبر من الزيادة بالطاقة المطلوبة لتفكيك التربة.

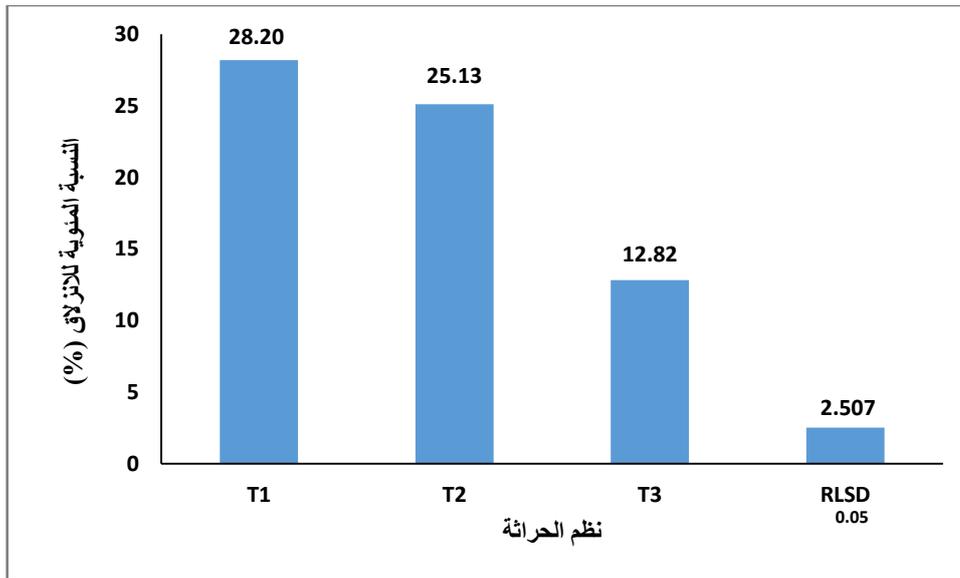


شكل (3): تأثير نظم الحراثة في كفاءة استخدام الطاقة

4-1-4- النسبة المئوية للانزلاق Slipping percentage:

أظهرت النتائج في الملحق (7) وجود فروق عالية المعنوية بين آلات نظم الحراثة في النسبة المئوية للانزلاق، إذ يبين الشكل (4) تأثير آلات نظم الحراثة في النسبة المئوية للانزلاق، إذ تفوقت الأمشاط القرصية (T3) معنوياً في تسجيلها أقل نسبة مئوية للانزلاق بلغت 12.82% في حين سجل المحراث المطرحي القلاب (T1) أعلى نسبة انزلاق بلغت 28.20% بينما أعطى المحراث الحفار (T2) نسبة انزلاق بلغت 25.13%، ويعود سبب تفوق الأمشاط القرصية في تسجيلها أقل نسبة انزلاق قياساً مع آلات الحراثة الأخرى إلى عمق الحراثة القليل للأمشاط القرصية مما ينتج عن ذلك انخفاض في قوة السحب المطلوبة للتغلب على مقاومة التربة للحراثة (شكل 1) بسبب انخفاض حجم التربة المفككة وانخفاض قوة التربة مع انخفاض العمق وهذا بدوره يقلل من القوة المطلوبة لتفكيك التربة وبالتالي انخفاض النسبة المئوية للانزلاق، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه عبد الرحمن وآخرون (2009) إذ لاحظوا تفوق الأمشاط القرصية على المحراث المطرحي في تسجيلها أقل نسبة مئوية للانزلاق، كما أشارت الطالبياني (2010) أن زيادة عمق الحراثة تزيد من النسبة المئوية للانزلاق والعكس صحيح وعللت ذلك إلى زيادة الحمل الواقع على المحراث مع زيادة العمق نتيجة زيادة سمك طبقة التربة المحروثة فضلاً عن زيادة الكثافة الظاهرية للتربة مما يؤدي ذلك إلى زيادة مقاومة سحب المحراث وبالتالي زيادة نسبة الانزلاق. كما تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي القلاب في تسجيله نسبة انزلاق أقل قد يرجع إلى الاختلاف في طبيعة عمل المحراثين في التربة إذ يعمل المحراث الحفار على شق وتفكيك التربة دون قلبها في حين يعمل المحراث المطرحي

على شق وقطع وقلب التربة الأمر الذي يزيد من مقاومة التربة للحرارة أمام المحراث المطرحي قياساً بالمحراث الحفار مما ينتج عن ذلك زيادة القوة المطلوبة للتغلب على مقاومة التربة للحرارة وبالتالي انخفاض السرعة العملية بالمحراث المطرحي وزيادة النسبة المئوية للانزلاق مقارنة بالمحراث الحفار، وقد اتفقت هذه النتيجة مع مامكغ (2009) إذ وجد أن المحراث المطرحي حقق زيادة كبيرة في النسبة المئوية للانزلاق وبنسبة زيادة مقدارها 44.44% قياساً مع المحراث الحفار وعلل ذلك إلى أن مقاومة التربة للحرارة تكون أكبر عند الحرارة بالمحراث المطرحي مقارنة مع المحراث الحفار مما ينتج ذلك زيادة في النسبة المئوية للانزلاق.

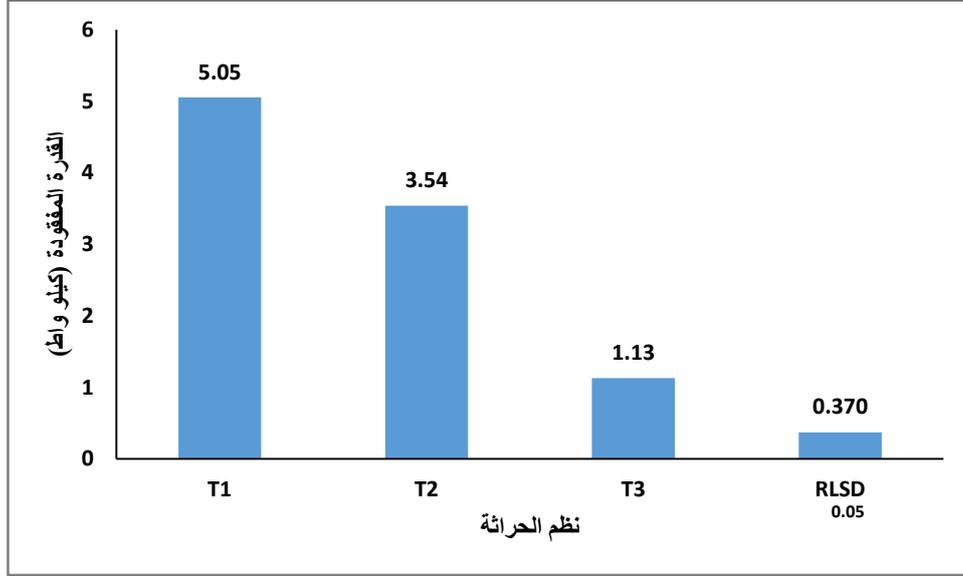


شكل (4): تأثير نظم الحرارة في النسبة المئوية للانزلاق

4-1-5- القدرة المفقودة Power losses:

توضح النتائج المبينة الملحق (7) وجود تأثيراً عالي المعنوية لآلات نظم الحرارة في القدرة المفقودة، إذ نلاحظ من الشكل (5) أن المحراث المطرحي القلاب (T1) سجل أعلى قدرة مفقودة بلغت 5.05 كيلو واط في حين سجل كل من المحراث الحفار (T2) والأمشاط القرصية (T3) قدرة مفقودة أقل بلغت 3.54 و1.13 كيلو واط على التوالي، ويعود سبب ذلك إلى زيادة متطلبات المحراث المطرحي من قوة السحب والمطلوبة لحرارة التربة (شكل 1) مما ينتج عن ذلك انخفاض في السرعة العملية للحرارة وزيادة في النسبة المئوية للانزلاق (شكل 4) مقارنة مع المحراث الحفار والأمشاط القرصية وهذا بدوره يؤدي إلى حصول انخفاض في قدرة السحب للجرار ومن ثم زيادة القدرة المفقودة (معادلة 16). وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه عبد الكريم (2017) إذ لاحظ أن المحراث

المطرحي حقق أعلى قدرة مفقودة مقارنة مع المحراث الحفار وعزا سبب ذلك إلى انخفاض السرعة العملية للمحراث المطرحي مقارنة بالحفار. كما وجد (Muhsin 2010) أن القدرة المفقودة ازدادت بمقدار 10.5 كيلو واط عند زيادة قوة السحب للمحراث تحت سطح التربة من 10 إلى 30 كيلو نيوتن.

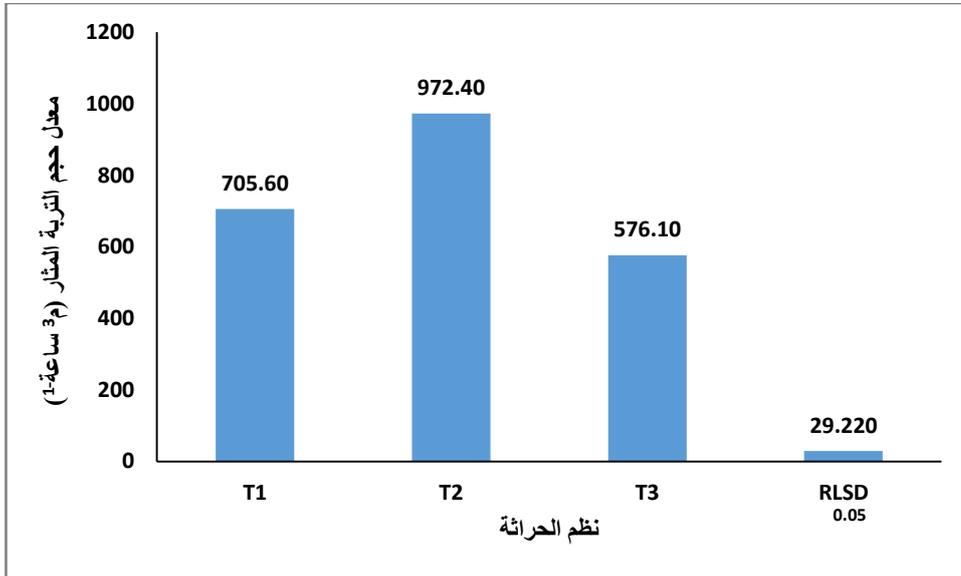


شكل (5): تأثير نظم الحراثة في القدرة المفقودة

4-1-6- معدل حجم التربة المثار Soil volume disturbed:

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (7) وجود تأثيراً عالي المعنوية لآلات نظم الحراثة في معدل حجم التربة المثار إذ يلاحظ من الشكل (6) تفوق المحراث الحفار (T2) معنوياً في تسجيله أعلى معدل لحجم التربة المثار بلغ 972.40 م³ ساعة⁻¹ مقارنة مع المحراث المطرحي القلاب (T1) الذي حقق معدل للصفة بلغ 705.60 م³ ساعة⁻¹ والأمشاط القرصية (T3) التي سجلت أقل معدل حجم تربة مثار بلغ و 576.10 م³ ساعة⁻¹، ويرجع سبب تفوق المحراث الحفار في تسجيله أعلى معدل لحجم التربة المثار إلى كبر العرض الشغال للمحراث وزيادة السرعة العملية للحراثة مقارنة مع المحراث المطرحي وإلى زيادة عمق الحراثة إلى الضعف مقارنة مع الأمشاط القرصية وهذا بدوره ينعكس في زيادة الإنتاجية العملية للمحراث الحفار ومن ثم زيادة معدل حجم التربة المثار. وقد اتفقت هذه النتيجة مع ما توصلت إليه الطالباني (2010) إذ لاحظت تفوق المحراث الحفار في صفة معدل حجم التربة المثار بنسبة 65.56% مقارنة مع المحراث المطرحي القلاب، وهذا ما أكدته الجبوري (2011) إذ علل سبب تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي في صفة معدل حجم التربة

المثار إلى زيادة الإنتاجية العملية للمحراث الحفار وذلك لان الإنتاجية العملية هي احدى مركبات معدل حجم التربة المثار وتتناسب معها طردياً.

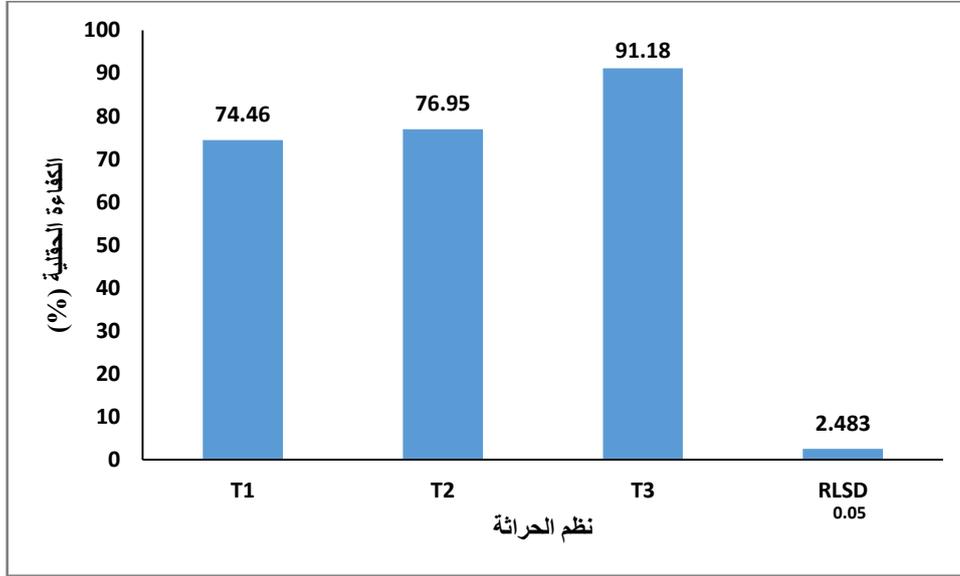


شكل (6): تأثير نظم الحراثة في معدل حجم التربة المثار

7-1-4- الكفاءة الحقلية Field efficiency:

توضح النتائج المبينة في الملحق (7) وجود تأثيراً عالي المعنوية لآلات نظم الحراثة في الكفاءة الحقلية، إذ نلاحظ من الشكل (7) ان الأمشاط القرصية (T3) تفوقت معنوياً في تسجيلها اعلى كفاءة حقلية بلغت 91.18% بينما أعطى كل من المحراث المطرحي (T1) والمحراث الحفار (T2) كفاءة حقلية اقل بلغت 74.46 و 76.95% على التوالي، ويعود سبب تفوق الأمشاط القرصية في الكفاءة الحقلية إلى زيادة الفرق بين الإنتاجية العملية المتأتية من حاصل ضرب السرعة العملية في العرض الشغال الفعلي والإنتاجية النظرية المتأتية من حاصل ضرب السرعة النظرية في العرض الشغال التصميمي مقارنة مع المحراث الحفار والمحراث المطرحي وهذا الفرق حصل بسبب انخفاض النسبة المئوية للانزلاق عند الحراثة بالأمشاط القرصية مقارنة مع المحاريت الأخرى (شكل 4) مما أدى ذلك إلى انخفاض الوقت المطلوب للأمشاط القرصية لإنجاز عملية الحراثة نتيجة زيادة السرعة العملية وهذا بدوره انعكس إيجاباً في زيادة الإنتاجية العملية ومن ثم زيادة الكفاءة الحقلية. وقد اتفقت هذه النتيجة مع ما توصل اليه Muhsin (2017b) إذ لاحظ تفوق الأمشاط القرصية في صفة الكفاءة الحقلية مقارنة بالمحراث المطرحي القلاب، كما أن تسجل المحراث المطرحي القلاب اعلى نسبة مئوية للانزلاق وكما مبين في النتائج الموضحة في الشكل (4) أثر ذلك سلباً في انخفاض الإنتاجية

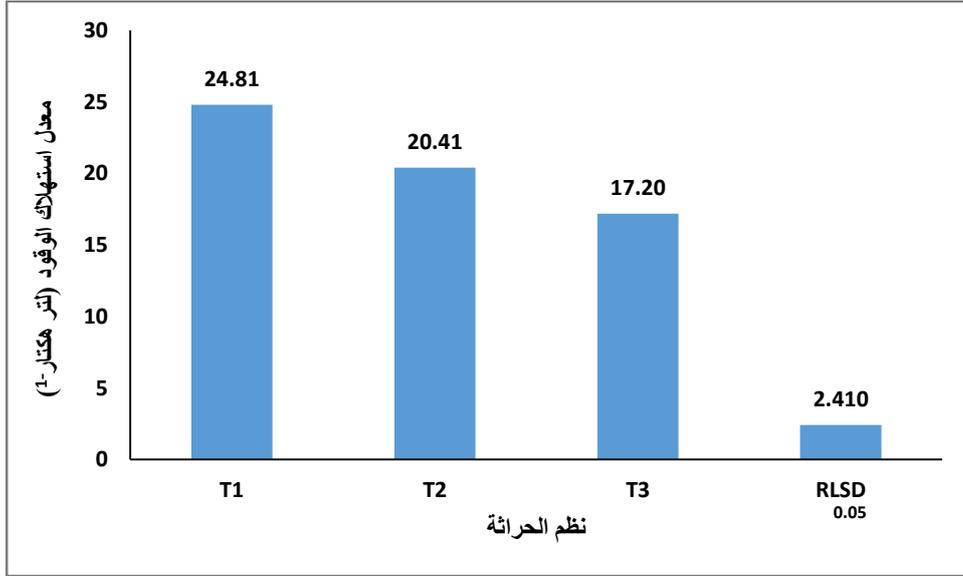
العملية وبالتالي تحقيقه اقل كفاءة حقلية قياساً مع المحارث الأخرى وقد تماثلت هذه النتائج مع Ati وآخرون (2015) الذين بينوا أن المحرث المطرحي يحقق إنتاجية عملية اقل من المحرث الحفار مما ينعكس ذلك في انخفاض كفاءته الحقلية.



شكل (7): تأثير نظم الحراثة في الكفاءة الحقلية

4-1-8- معدل استهلاك الوقود Fuel consumption rate:

توضح النتائج المبينة في الملحق (7) وجود تأثيراً عالي المعنوية لآلات نظم الحراثة في معدل استهلاك الوقود إذ أظهرت النتائج الموضحة في الشكل (8) تسجيل المحرث المطرحي القلاب (T1) أعلى معدل لاستهلاك الوقود بلغ 24.81 لتر هكتار⁻¹ مقارنة مع المحرث الحفار (T2) الذي حقق معدل لاستهلاك الوقود بلغ 20.41 لتر هكتار⁻¹ والأمشاط القرصية (T3) التي سجلت أقل معدل للصفة بلغ 17.20 لتر هكتار⁻¹، ويعزى سبب ذلك إلى قلة العرض الشغال للمحراث المطرحي بالإضافة إلى احتياجه إلى طاقة أعلى لقطع وفصل وقلب التربة أثناء عملية الحراثة وهذا بدوره يزيد من معدل استهلاك الوقود، في حين أن الطاقة المطلوبة لكل من المحرث الحفار والأمشاط القرصية للتغلب على مقاومة التربة للحراثة تكون أقل من المحرث المطرحي بالإضافة إلى كبر العرض الشغال لهما وزيادة السرعة العملية للحراثة وهذا بدوره يزيد من المساحة المحروثة لوحدة حجم الوقود المستهلكة مقارنة بالمحراث المطرحي. انفقنا هذه النتيجة مع ما توصل إليه Ati وآخرون (2015) إذ وجدوا أن معدل استهلاك الوقود انخفض بنسبة 22.50% عند الحراثة بالمحراث الحفار مقارنة مع المحرث المطرحي.



شكل (8): تأثير نظم الحراثة في معدل استهلاك الوقود

2-4- نتائج تجربة الاخصد للفحم النباتي:

The results of pots experiment for Biochar

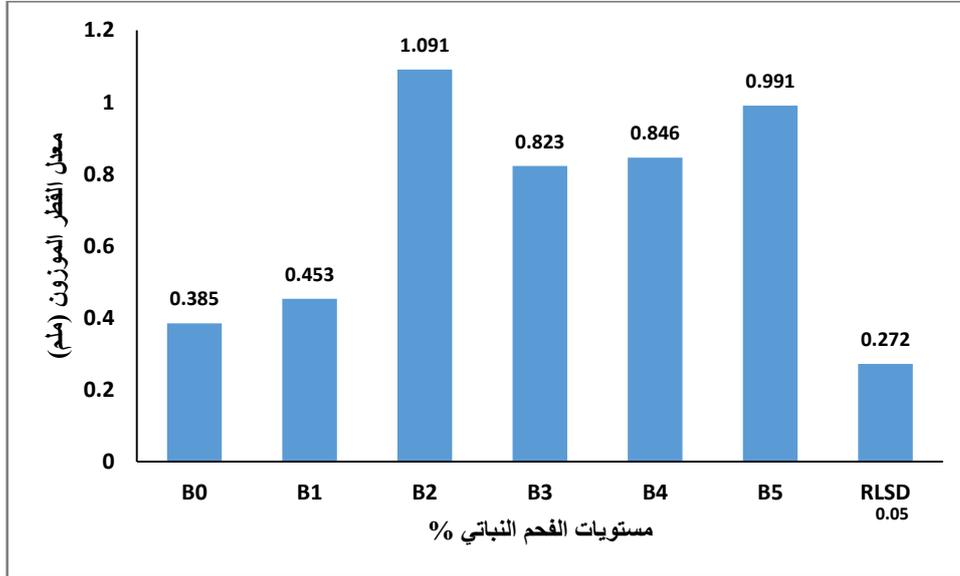
1-2-4- تأثير إضافة الفحم النباتي في بعض خصائص التربة:

The effect of adding biochar to some soil properties

1-1-2-4- معدل القطر الموزون Mean weight diameter:

أظهرت النتائج في الملحق (8) وجود تأثيراً عالياً المعنوية لمستويات إضافة الفحم النباتي في صفة معدل القطر الموزون للتربة. اذ نلاحظ من الشكل (9) ان اقل قيمة لمعدل القطر الموزون سجلت عند معاملة المقارنة (B0) بلغت 0.385 ملم وبفارق معنوي مع معاملات الإضافة الأخرى عدا المعاملة B1 التي لم تختلف معنوياً رغم زيادتها بمقدار 17.66% مقارنةً بمعاملة المقارنة B0، في حين حققت معاملة الإضافة B2 اعلى معدل قطر موزون للتربة بلغ 1.091 ملم وبنسبة زيادة مقدارها 183.38% قياساً مع معاملة المقارنة (B0)، كما بينت النتائج عدم وجود تأثيراً معنوياً بين معاملة الإضافة B2 والمعاملات B3 وB4 وB5 في معدل القطر الموزون، وقد يعود سبب زيادة معدل القطر الموزون مع إضافة الفحم النباتي خاصة عند المعاملة B2 إلى دور الفحم النباتي في تحسن بناء التربة ومسك المواد العضوية وإفرازات النبات فضلاً عن انتشار الجذور في التربة التي بدورها تساعد على ربط دقائق التربة ببعضها وهذا بدوره يحسن من ثباتيتها، وهذا ما أكدته Omondi وآخرون (2016) الذين بينوا أن إضافة الفحم النباتي يحسن من ثباتية تجمعات التربة

بنسبة 8.2%، كما يعمل الكربون العضوي في الفحم النباتي على زيادة ربط دقائق التربة مع بعضها من خلال بناء جسور بين دقائق التربة والمواد الدبالية في التربة مما يؤدي إلى تكوين تجمعات أكبر من خلال ربط التجمعات الصغيرة في وحدات أكثر تعقيداً (Kelly وآخرون، 2017).

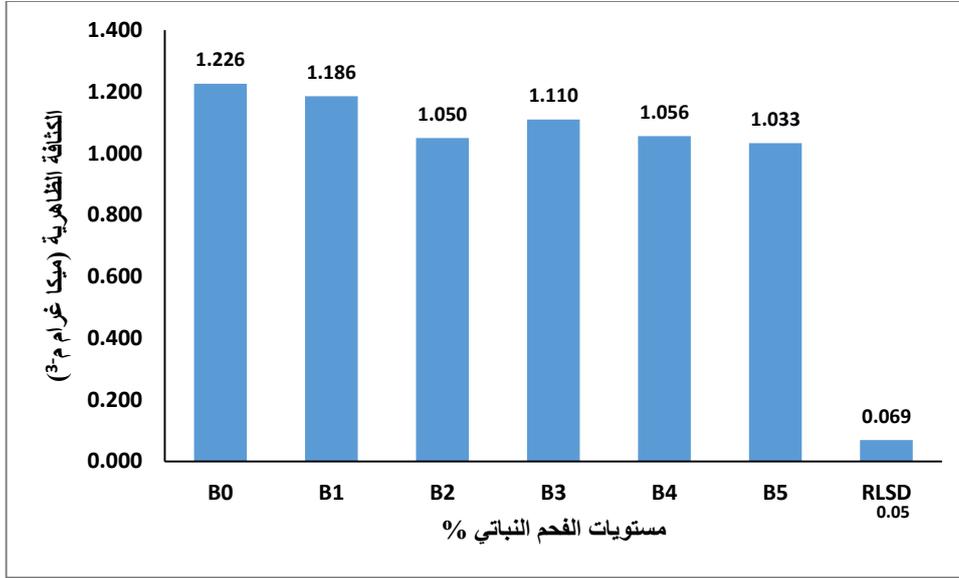


شكل (9): تأثير إضافة الفحم النباتي في معدل القطر الموزون

4-2-1-2- الكثافة الظاهرية للتربة Bulk density of soil

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (8) وجود تأثيراً عالي المعنوية لمستويات إضافة الفحم النباتي في الكثافة الظاهرية للتربة، اذ نلاحظ من الشكل (10) ان معاملة الإضافة B5 (3%) سجلت اقل كثافة ظاهرية بلغت 1.033 ميكا غرام م⁻³ مع عدم وجود تأثيراً معنوياً بينها وبين المعاملات B2 وB4 بينما اختلفت معنوياً مع المعاملات B0 و B1 و B3، بينما سجلت معاملة المقارنة (B0) اعلى كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.226 ميكا غرام م⁻³، كما بينت النتائج عدم وجود فرق معنوي بين المعاملات B0 و B1 في تأثيرها على الكثافة الظاهرية للتربة، كما نلاحظ أن المعاملة B3 لم تختلف معنوياً عن المعاملتين B2 وB4 في خفض الكثافة الظاهرية، وقد يرجع سبب انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة مع إضافة الفحم النباتي قياساً مع معاملة المقارنة (B0) إلى انخفاض كثافة الفحم النباتي وزيادة مساميته قياساً مع كثافة معادن التربة وهذا بدوره يزيد من مسامية التربة ويقلل من كثافتها الظاهرية، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه كل من Dokoohaki وآخرون (2017) و Lim وآخرون (2016) الذين بينوا انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة المعاملة بالفحم النباتي مقارنة مع معاملة عدم الإضافة، فضلاً عن ذلك أن إضافة الفحم النباتي للتربة يعد مصدراً للأحياء المجهرية

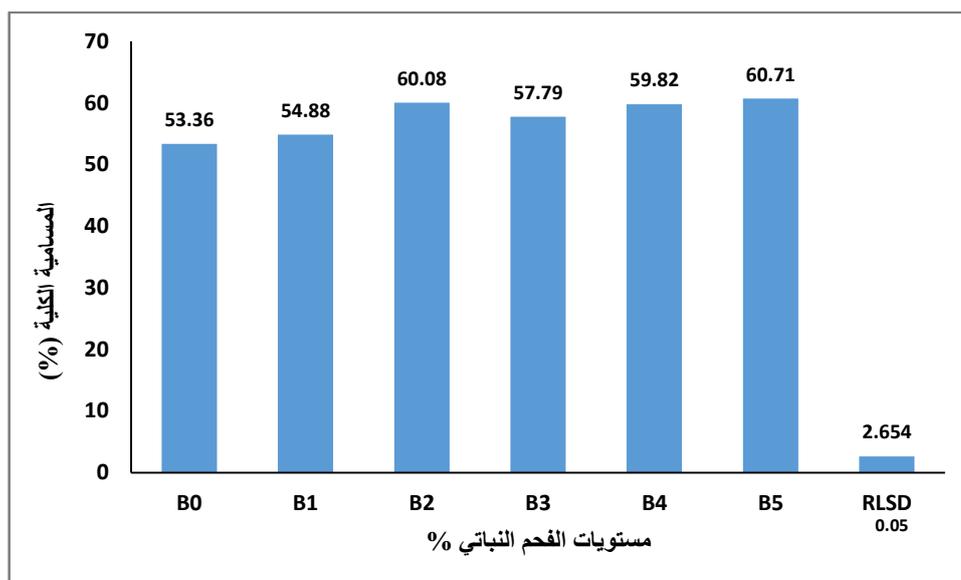
التي بدورها تساعد على ربط دقائق التربة من خلال الإفرازات الناتجة من عمليات التحلل التي تساعد على تحسين بناء التربة.



شكل (10): تأثير إضافة الفحم النباتي في الكثافة الظاهرية للتربة

3-1-2-4- المسامية الكلية Total porosity:

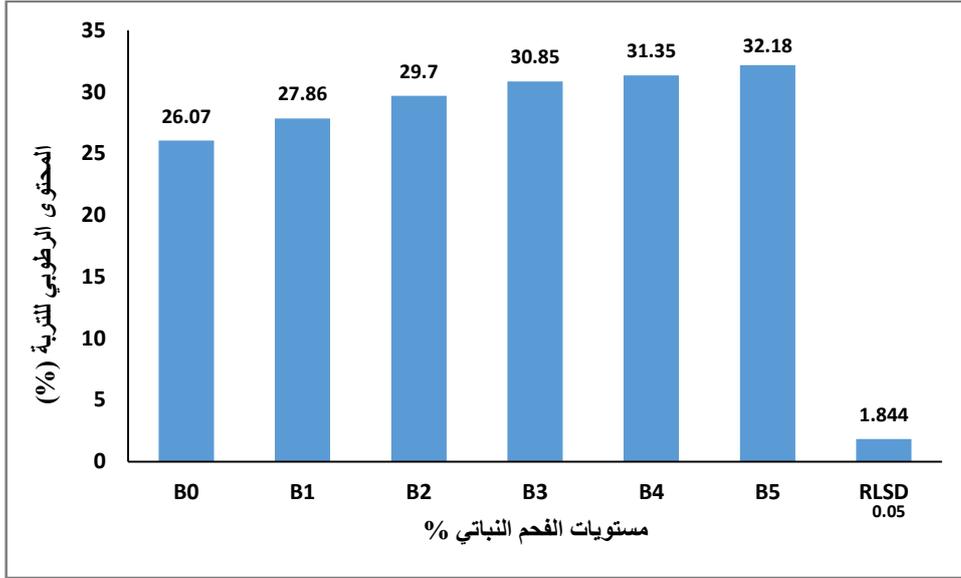
يبين الملحق (8) وجود تأثيراً عالي المعنوية لمستويات إضافة الفحم النباتي في المسامية الكلية للتربة، إذ نلاحظ من الشكل (11) تفوق المعاملة B5 معنوياً في تسجيلها أعلى نسبة مئوية للمسامية الكلية للتربة (60.71%) وبفارق معنوي مع معاملات الإضافة الأخرى عدا المعاملتين B2 و B4، بينما أعطت معاملة المقارنة B0 أقل نسبة مئوية للمسامية الكلية بلغت 53.36% وبدون فرق معنوي مع المعاملة B1، ويرجع سبب ذلك إلى انخفاض الكثافة الظاهرية لمعاملات إضافة الفحم النباتي (شكل 10) قياساً مع معاملة المقارنة إذ تتناسب المسامية الكلية عكسياً مع الكثافة الظاهرية فضلاً عن المسامية العالية للفحم النباتي وانخفاض كثافته الظاهرية قياساً مع معادن الطين وهذا بدوره يزيد من مسامية التربة، وهذا ما أكده كل من Tammeorg وآخرون (2014) و Gamage وآخرون (2016) من أن إضافة الفحم النباتي للتربة يزيد من المسامية الكلية للتربة نتيجة لانخفاض كثافتها الظاهرية. كما أن انتشار المجموع الجذري للنبات عند نهاية التجربة وتغلغلها في التربة قد يؤدي إلى زيادة تفكك التربة وبالتالي زيادة حجمها وانخفاض كثافتها الظاهرية مما يساعد ذلك على زيادة المسامية الكلية للتربة (شبيب، 2010).



شكل (11): تأثير إضافة الفم النباتي في المسامية الكلية للتربة

4-1-2-4- المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content :

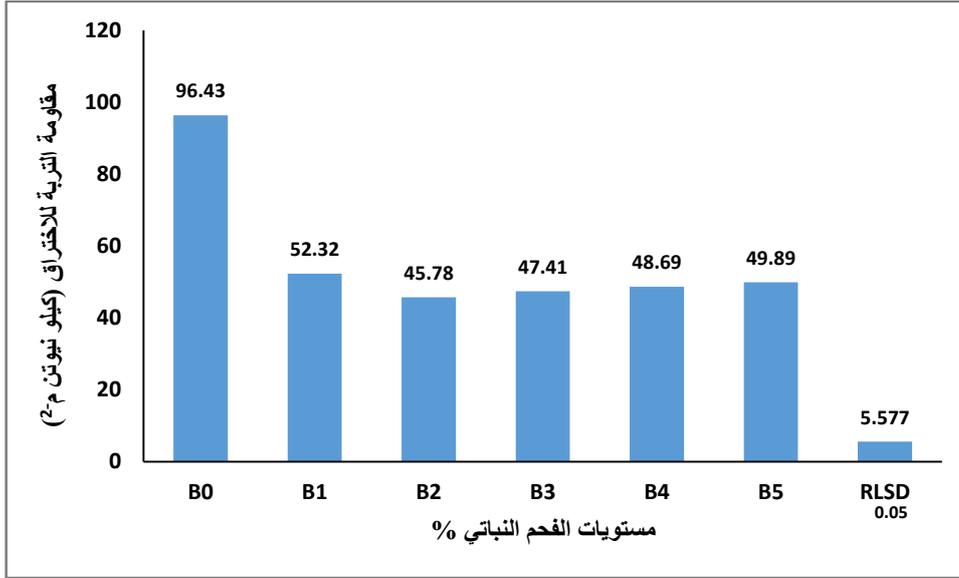
توضح النتائج المبينة في الملحق (8) وجود تأثيراً عالي المعنوية لمستويات إضافة الفم النباتي في المحتوى الرطوبي للتربة إذ نلاحظ من الشكل (12) زيادة المحتوى الرطوبي للتربة معنوياً مع زيادة مستوى أضافه الفم النباتي، فقد سجلت أعلى محتوى رطوبي للتربة بلغت 32.18% عند معاملة الإضافة العالية (B5) وبفارق معنوي مع معاملات الإضافة الأخرى عدا المعاملتين B3 وB4، في حين سجلت معاملة المقارنة (B0) أقل محتوى رطوبي للتربة بلغت 26.07% والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة الإضافة B1، كما أظهرت النتائج عدم وجود فرق معنوي بين المعاملات B2 وB3 وB4، وقد يرجع سبب زيادة المحتوى الرطوبي للتربة مع إضافة الفم النباتي إلى دور الفم النباتي في زيادة قابلية التربة على مسك الماء وزيادة محتواها من الرطوبة فضلاً عن مساميته وقابليته الامتصاصية العالية للماء واتفقت هذه النتيجة مع Dokoochaki وآخرون (2017)، بالإضافة إلى ذلك فإن إضافة الفم النباتي للتربة حسن من الكثافة الظاهرية ومسامية التربة قياساً مع معاملة المقارنة (B0) (شكل 10 و11) وهذا بدوره يزيد من قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء والتقليل من فقدته بالتبخر خاصة عند مستويات الإضافة العالية، وقد توافقت هذه النتيجة مع ما توصل إليه Dugan وآخرون (2010) الذين بينوا زيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالرطوبة مع إضافة الفم النباتي.



شكل (12): تأثير إضافة الفحم النباتي في المحتوى الرطوبي للتربة

4-2-1-5- مقاومة التربة للاختراق Soil penetration resistance

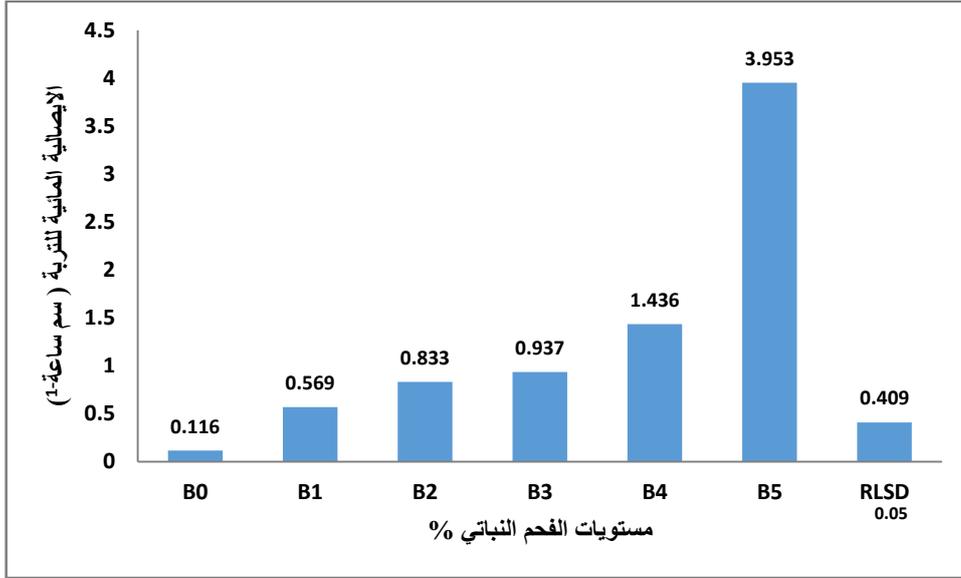
من الملحق (8) نجد أن هنالك تأثيراً عالي المعنوية للفحم النباتي في مقاومة التربة للاختراق إذ نلاحظ من الشكل (13) ان الفحم النباتي خفض من مقاومة التربة للاختراق لجميع مستويات الإضافة مقارنةً بمعاملة المقارنة، إذ تفوقت المعاملة B2 في تسجيلها اقل مقاومة اختراق بلغت 45.78 كيلو نيوتن م² وبدون فارق معنوي مع مستويات الإضافة B3 و B4 و B5، وتلتها المعاملة B1 في خفض مقاومة التربة للاختراق والتي تفوقت معنوياً على معاملة المقارنة (B0) التي أعطت أعلى مقاومة اختراق بلغت 96.43 كيلو نيوتن م². ويعود سبب انخفاض مقاومة الاختراق مع معاملات الإضافة إلى تحسن بناء التربة وانخفاض كثافتها الظاهرية وزيادة رطوبتها قياساً مع معاملة المقارنة (شكل 9 و 10 و 12) مما انعكس ذلك في انخفاض مقاومة التربة للاختراق، كما أن تفوق معاملة الإضافة B2 في تسجيلها اقل مقاومة اختراق قد يعود إلى دورها في تحسين بناء التربة وتسجيلها أعلى القيم لمعدل القطر الموزون فضلاً عن تأثيرها الكبير في زيادة المسامية الكلية وانخفاض الكثافة الظاهرية للتربة مما انعكس ذلك في خفض مقاومة التربة للاختراق وقد اتفقت هذه النتيجة مع كل من الحديثي وعبد الحمزة (2010) و صالح وآخرون (2005) الذين بينوا انخفاض مقاومة التربة للاختراق مع إضافة المحسنات العضوية للتربة.



شكل (13): تأثير إضافة الفحم النباتي في مقاومة التربة للاختراق

6-1-2-4- الإيصالية المائية المشبعة Saturated hydraulic conductivity:

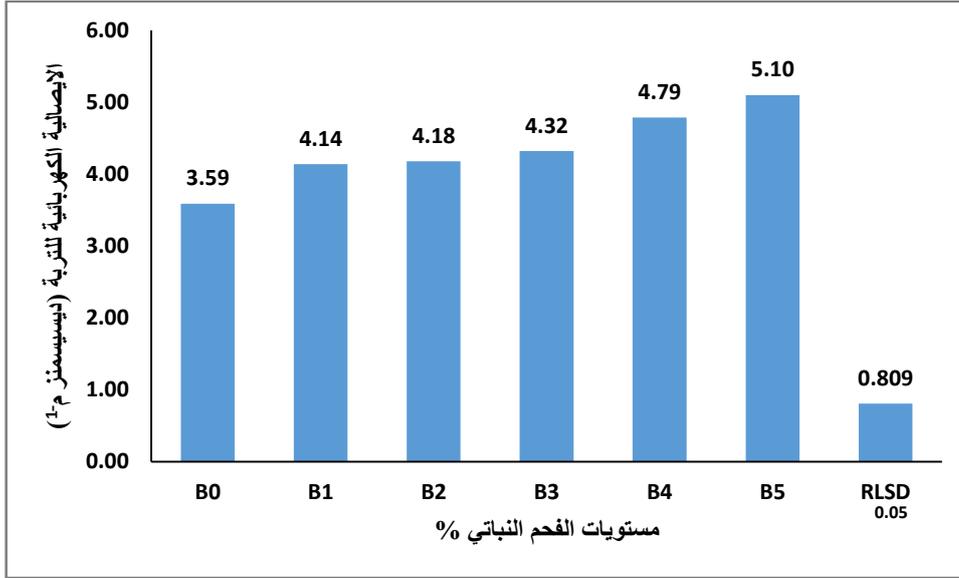
يبين الملحق (8) ان هنالك تأثيراً عالي المعنوية لإضافة مستويات مختلفة من الفحم النباتي في الإيصالية المائية المشبعة. اذ نلاحظ من الشكل (14) ازدياد الإيصالية المائية المشبعة معنوياً مع زيادة مستويات إضافة الفحم النباتي، إذ تفوقت معاملة الإضافة B5 معنوياً على جميع المعاملات في تسجيلها أعلى إيصالية مائية بلغت 3.953 سم ساعة⁻¹ تلتها المعاملة B4 في زيادة الإيصالية المائية المشبعة، بينما أعطت معاملة المقارنة B0 أقل إيصالية مائية بلغت 0.116 سم ساعة⁻¹، في حين لم يكن هناك فرق معنوي بين المعاملات B1 و B2 و B3 في الإيصالية المائية مع تحقيقها زيادة في الإيصالية المائية بنسبة بلغت 390.51 و 618.10 و 707.75% على التوالي قياساً مع معاملة المقارنة B0، ويعود سبب زيادة الإيصالية المائية المشبعة مع إضافة الفحم النباتي قياساً مع معاملة المقارنة إلى دور الفحم النباتي في تحسين بناء التربة نتيجة تحسن معدل القطر الموزون (شكل 9) وزيادة مسامات التربة الكبيرة خاصة عند المستويات العالية من الفحم النباتي. كما أظهرت عدة دراسات أن الإيصالية المائية المشبعة للتربة تزداد بزيادة مستوى الإضافة للفحم النباتي خاصة عند مستويات الإضافة العالية نتيجة تحسن التوزيع الحجمي للمسامات وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه Dokoohaki وآخرون (2017) و Barnes وآخرون (2014).



شكل (14): تأثير إضافة الفحم النباتي في الإيصالية المائية المشبعة

4-2-1-7- Electrical conductivity: الكهربية للتربة

يبين الملحق (8) وجود تأثيراً عالي المعنوية لإضافة الفحم النباتي في الإيصالية الكهربية للتربة. أظهرت النتائج المبينة في الشكل (15) زيادة الإيصالية الكهربية معنوياً بزيادة مستوى الإضافة للفحم النباتي، إذ أعطت المعاملة B5 أعلى إيصالية كهربية للتربة بلغت 5.10 ديسيمنز م⁻¹ وبدون فروق معنوية مع B3 و B4، بينما أعطت معاملة المقارنة أقل إيصالية كهربية بلغت 3.59 ديسيمنز م⁻¹، وبالرغم من انخفاض الإيصالية الكهربية لمعاملة المقارنة إلا أنها لم تختلف معنوياً عن المعاملات B1 و B2 و B3 كما لم تختلف المعاملة B4 معنوياً عن المعاملات B1 و B2 و B3 في زيادة الإيصالية الكهربية. وقد يرجع سبب زيادة الإيصالية الكهربية مع إضافة الفحم النباتي خاصة عند المستويات العالية إلى الأملاح المتأتية من الفحم النباتي (معدل الإيصالية الكهربية للفحم النباتي 2.87 ديسيمنز م⁻¹) فضلاً عن مسك الأملاح من قبل الفحم النباتي على الرغم من تحسن بناء التربة وزيادة مساميتها مع إضافة الفحم النباتي. وهذا ما أكدته كل من Molnar وآخرون (2016) و Wang وآخرون (2017) من أن إضافة الفحم للتربة تزيد من الإيصالية الكهربية للتربة وتزداد مع زيادة مستوى الإضافة نتيجة لاحتوائه على الأملاح التي تعمل على زيادة الإيصالية الكهربية للتربة.



شكل (15): تأثير إضافة الفحم النباتي في الإيصالية الكهربائية

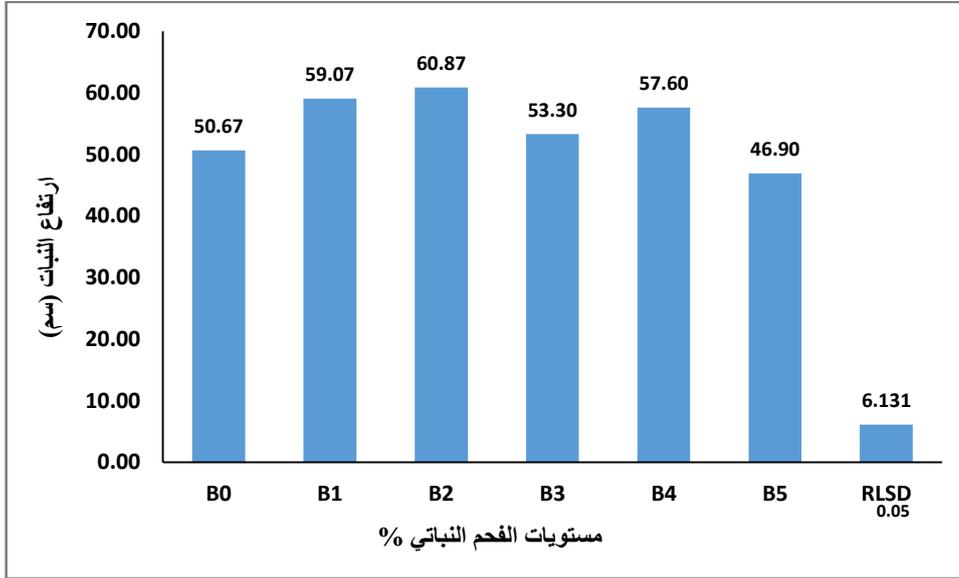
4-2-2-2- تأثير إضافة مستويات الفحم النباتي في مؤشرات نمو نبات الشوفان:

The effect of adding biochar levels on oat growth indicators:

4-2-2-1- ارتفاع النبات Plant height:

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (8) وجود تأثيراً عالية المعنوية لمستويات إضافة الفحم النباتي في ارتفاع نبات الشوفان، إذ نلاحظ من الشكل (16) ان معاملة الإضافة B2 سجلت اعلى ارتفاع لمحصول الشوفان بلغ 60.87 سم وبدون فروق معنوية مع B1 و B4 وبنسبة زيادة 20.13% عن معاملة المقارنة (B0) التي سجلت ارتفاع للنبات بلغ 50.67 سم والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة B3، في حين أعطت المعاملة B5 اقل ارتفاع للنبات بلغ 46.90 سم بدون فارق معنوي مع B0، وقد يعزى سبب تفوق معاملة الإضافة B2 في زيادة ارتفاع النبات قياساً مع معاملة المقارنة (B0) ومعاملات الإضافة العالية إلى تفوق معاملة الإضافة B2 في تحسين معظم صفات التربة مثل انخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية ومعدل القطر الموزون (شكل 9 و 10 و 11) مما حسن ذلك من الظروف الملائمة لنمو النبات من خلال الموازنة بين تهوية التربة ورطوبتها وهذا بدوره انعكس إيجاباً في زيادة ارتفاع النبات، كما أن انخفاض ارتفاع النبات عند المعاملة B5 قياساً مع المعاملات الأخرى قد يرجع لزيادة المحتوى الرطوبي للتربة بصورة كبيرة تفوق حدود السعة الحقلية (شكل 12) مما قد يؤثر ذلك في التوازن الهوائي والمائي وهذا بدوره انعكس سلباً على نمو النبات

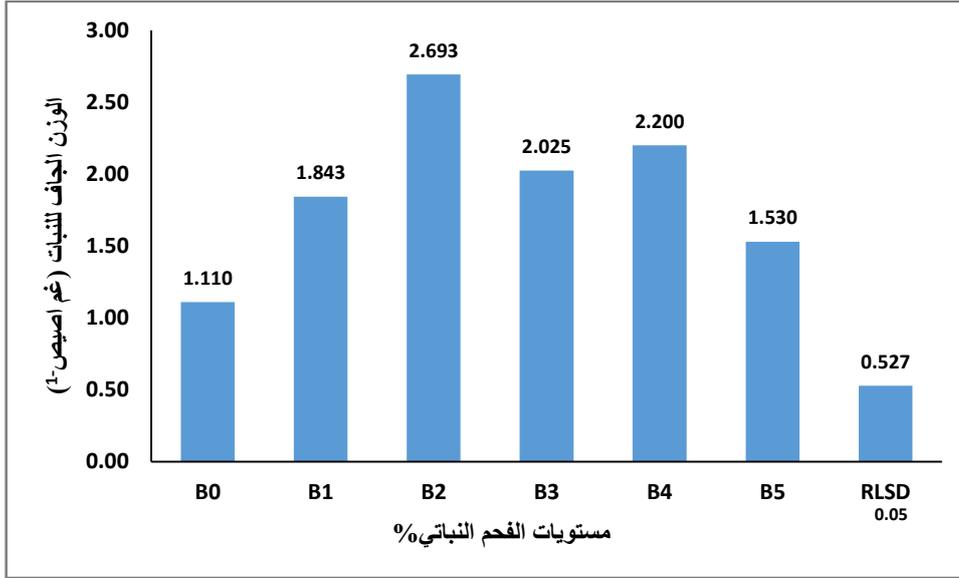
وارتفاعه، وقد اتفقت هذه النتائج مع كل من Devereux وآخرون (2012) و Haider وآخرون (2017).



شكل (16): تأثير إضافة الفحم النباتي في ارتفاع نبات الشوفان

4-2-2-2- الوزن الجاف Dry weight:

يبين الملحق (8) وجود تأثيراً عالي المعنوية لمستويات إضافة الفحم النباتي في الوزن الجاف إذ أظهرت النتائج المبينة في الشكل (17) تفوق المعاملة B2 معنوياً في تسجيلها أعلى وزن جاف بلغ 2.693 غم اصيص¹ وبفارق معنوي مع جميع المعاملات عدا معاملة الإضافة B4، التي بدورها لم تختلف معنوياً مع B1 و B3 في حين سجلت أقل القيم لصفة الوزن الجاف عند معاملة المقارنة (B0) بلغت 1.110 غم اصيص¹ والتي لم تختلف معنوياً مع B5، كما لم يكن هنالك فرق معنوي بين المعاملات B1 و B3 و B5. وقد يعزى سبب تفوق المعاملة B2 إلى دورها في تحسين الصفات الفيزيائية للتربة (شكل 9 و 10 و 11) فضلاً عن زيادة ارتفاع النبات (شكل 16) مما انعكس ذلك في توفير الظروف الملائمة لنمو النبات وزيادة انتشار الجذور وزيادة امتصاص الماء والعناصر الغذائية من قبل النبات مقارنةً بالمعاملات الأخرى، فضلاً عن دور الفحم النباتي في زيادة العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات وهذا بدوره يزيد من النمو الخضري للنبات ومن ثم زيادة الوزن الجاف. وقد توافقت هذه النتائج مع عدة دراسات بينت أن إضافة الفحم النباتي يؤدي إلى زيادة الوزن الجاف للنبات بسبب فعاليته على توفير ظروف ملائمة لنمو النبات من تهويه وماء وزيادة انتشار الجذور (Jeffery وآخرون، 2011 و Obia وآخرون، 2018).



شكل (17): تأثير إضافة الفحم النباتي في الوزن الجاف لنبات الشوفان

3-4- التجربة الحقلية Field experience:

1-3-4- الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة:

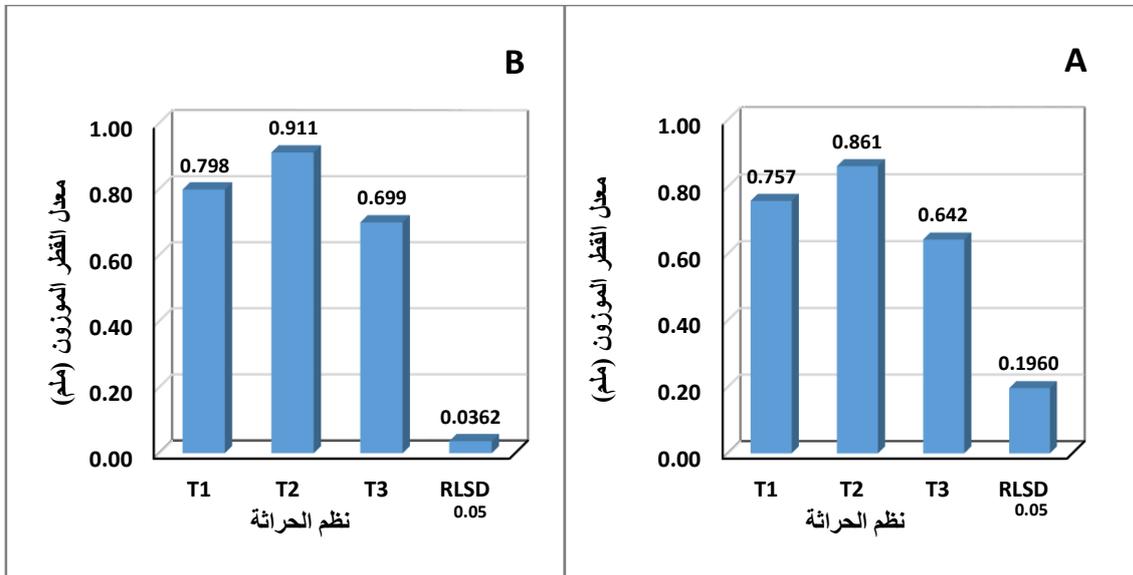
Soil physical and chemical properties:

1-1-3-4- معدل القطر الموزون Mean weight diameter:

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لنظم الحراثة في صفة معدل القطر الموزون للفترتين بداية ونهاية موسم نمو النبات، إذ نلاحظ من الشكل (18) تفوق نظام الحراثة باستخدام المحراث الحفار (T2) معنوياً في تسجيله اعلى متوسط لمعدل القطر الموزون للتربة عند بداية الموسم ونهايته بلغ 0.861 و 0.911 ملم على التوالي، في حين سجل المحراث المطرحي القلاب (T1) معدل للصفة بلغ 0.757 و 0.798 ملم تلتها الأمشاط القرصية التي حققت معدل قطر موزون اقل بلغ 0.699 و 0.642 ملم للفترتين على التوالي، ويعزى سبب تفوق المحراث الحفار في تحقيقه اعلى متوسط لمعدل القطر الموزون إلى كونه من المحارث التي تعمل على شق وتفكيك التربة دون قلبها فضلاً عن قلة تأثيره في رص التربة مما يترك تربة رخوة ومفككة ذات مسامية عالية وهذا بدوره يحافظ على تجمعات التربة ويحسن البناء مما ينعكس ايجاباً في زيادة معدل القطر الموزون. في حين أن المحراث المطرحي يعمل على قطع وقلب الطبقات التحتية للتربة عند السطح بالإضافة إلى تأثيره في زيادة رص التربة مما يترك نسبة عالية من الكتل الترابية الكبيرة فضلاً عن إظهار مكونات الطبقة التحتية للتربة ذات الكثافة والصلابة العالية مما يقلل ذلك من

المحافظة على تجمعات التربة مقارنة مع المحراث الحفار. وهذا يتفق مع Crittenden وآخرون (2015) إذ لاحظوا تفوق المحراث الحفار في زيادة معدل القطر الموزون للتربة مقارنة مع المحراث المطرحي القلاب.

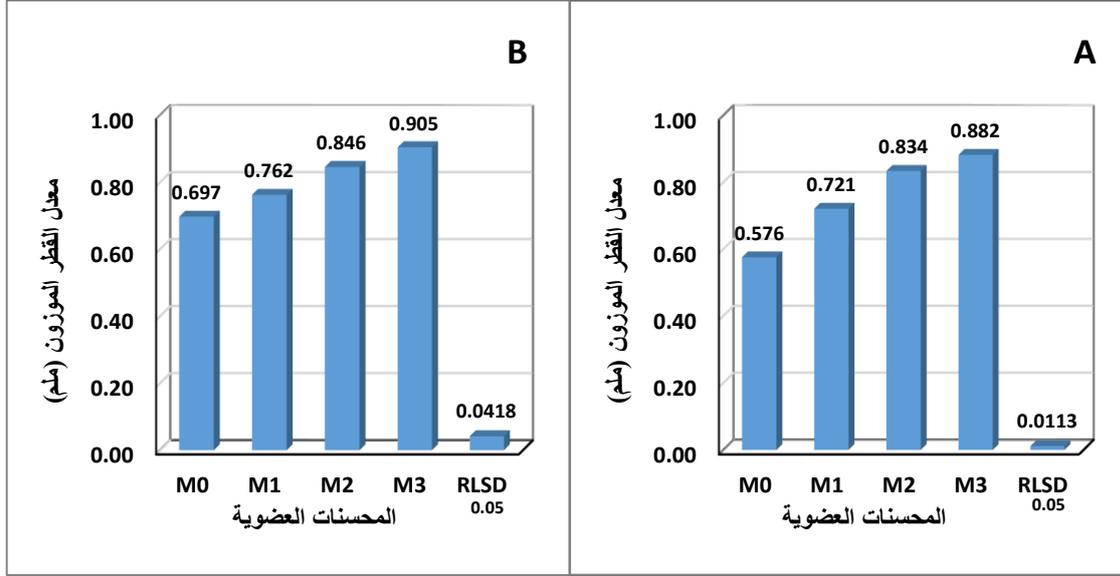
كما يلاحظ من النتائج أن أقل متوسط لمعدل القطر الموزون تم تسجيله مع استخدام معاملة الحراثة بالأمشاط القرصية (T3) ويرجع ذلك إلى انخفاض عمق الحراثة (15 سم) باستخدام الأمشاط القرصية مما يزيد ذلك من سمك طبقة التربة غير المفككة تحت عمق الحراثة مقارنة مع معاملات الحراثة T1 و T2 وهذا بدوره ينعكس سلباً في تحسين بناء التربة نتيجة زيادة التماسك والكثافة الظاهرية للتربة غير المحروثة وبالتالي انخفاض متوسط قيم معدل القطر الموزون. فقد أشار ناصر (2014) أن معدل القطر الموزون للتربة ينخفض معنوياً مع انخفاض عمق التربة باستخدام الأمشاط القرصية إذ لاحظ عند استخدام الأمشاط القرصية بعمق 10 سم فإن معدل القطر الموزون انخفض بنسبة 7% عند عمق التربة 20 سم مقارنة مع 10 سم. كما علل النصار (2015) زيادة معدل القطر الموزون مع زيادة عمق الحراثة إلى زيادة حجم التربة المفككة وأثر ذلك في تحسين بناء التربة وزيادة فعالية ونشاط الأحياء المجهرية التي تعمل على ربط دقائق التربة مع بعضها البعض مما ينعكس ذلك في زيادة ثباتية التجمعات.



شكل (18): تأثير نظم الحراثة في معدل القطر الموزون (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

توضح بيانات التحليل الإحصائي في الملحق (9 و10) وجود تأثيراً عالي المعنوية للمحسنات العضوية في صفة معدل القطر الموزون للتربة وللفترتين بداية موسم النمو ونهايته، أظهرت النتائج المبينة في الشكل (19) تفوق معاملة خلط الفحم النباتي والسماذ الحيواني (M3) معنوياً في تسجيلها أعلى متوسط لمعدل القطر الموزون ولكلا فترتي موسم النمو تلتها معاملة السماذ الحيواني (M2) ثم الفحم النباتي (M1) في حين سجلت معاملة المقارنة (M0) أقل معدل للصفة ولكلا فترتي الموسم إذ بلغت متوسطات قيم معدل القطر الموزون 0.882 و0.834 و0.721 و0.576 ملم للمعاملات M3 و M2 و M1 و M0 على التوالي عند بداية موسم النمو، في حين ازدادت في نهاية موسم النمو بنسبة 2.60 و 1.43 و 5.68 و 21.00% للمعاملات على التوالي مقارنة مع بداية الموسم. ويعزى ذلك إلى دور كل من الفحم النباتي والسماذ الحيواني في زيادة ثباتية تجمعات التربة وتحسين البناء مما يعكس ذلك في زيادة معدل القطر الموزون للتربة. إذ يعمل الفحم النباتي على زيادة المادة العضوية التي بدورها تزيد من نشاط الأحياء المجهرية وإفرازاتها مما يحسن ذلك من ربط دقائق التربة مع بعضها البعض وبالتالي زيادة ثباتية التجمعات. واتفقت هذه النتائج مع عدة دراسات توصلت إلى أن إضافة المحسنات العضوية للتربة تزيد من معدل القطر الموزون مقارنة مع التربة غير المعاملة (الحديثي وعبد الحمزة، 2010 وصادق وعاكول، 2013). فضلاً عن زيادة المادة العضوية من إضافة السماذ الحيواني ودورها في تكوين مواد لاحمة عند تحللها وإطلاق حوامض عضوية تساعد في زيادة ربط دقائق التربة وتحسن من ثباتيتها وهذا بدوره يزيد من معدل القطر الموزون. كما قد يرجع سبب دور معاملة الخلط (M3) في تحقيقها أعلى معدل للقطر الموزون إلى التأثير الإيجابي المشترك للمحسنين معاً (الفحم النباتي والسماذ الحيواني) في زيادة تحسين ثباتية التجمعات بمقدار أكبر مقارنة مع معاملات الإضافة الأخرى فضلاً عن معاملة المقارنة. أشار Herath وآخرون (2013) أن دور الفحم النباتي في زيادة معدل القطر الموزون للتربة يعزى إلى زيادة المادة العضوية وفعالية الأحياء المجهرية وخصوصاً الفطريات التي تضيف السكريات وكذلك هايفاتها والتي بدورها تعمل على ربط دقائق التربة مع بعضها مما ينتج عن ذلك زيادة في ثباتية تجمعات التربة. كما اعزى Tejada وآخرون (2006) دور المخلفات العضوية في زيادة معدل القطر الموزون للتربة إلى أن المادة العضوية الناتجة من التحلل تخثر معلقات الطين مما يؤدي إلى ربط دقائق التربة بتجمعات. بينما ذكر مجيد (2008) أن إضافة المخلفات العضوية تزيد من المادة العضوية في التربة وعند تحللها مع وجود ايون الكالسيوم تتكون مادة (Ca-humate) وهذا المركب له تأثير كبير في زيادة ثباتية تجمعات التربة وبالتالي زيادة معدل القطر الموزون.

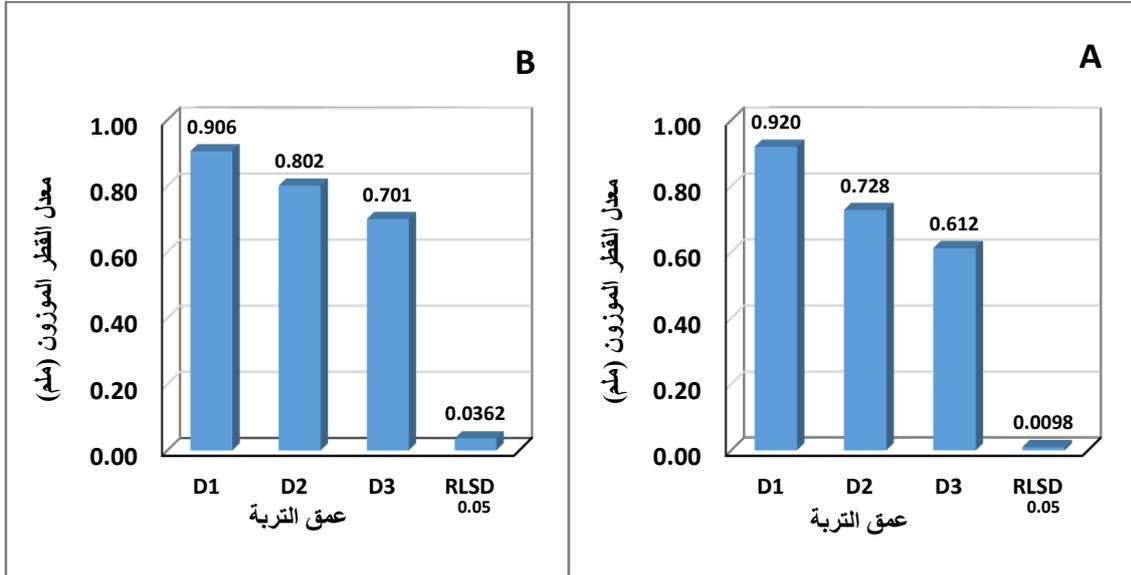
أن التأثير المتباين بين معاملات إضافة المحسنات (M1 و M2 و M3) في معدل القطر الموزون يرجع إلى الاختلاف في تركيز المادة العضوية المضافة للتربة مع اختلاف نوع المحسنات المضافة واختلاف نواتج تحليلها مما يؤثر ذلك في ربط الدقائق وحجم التجمعات، وهذا ما أشار إليه كل من Puget وآخرون (2000) والدلفي (2013).



شكل (19): تأثير المحسنات العضوية في معدل القطر الموزون (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

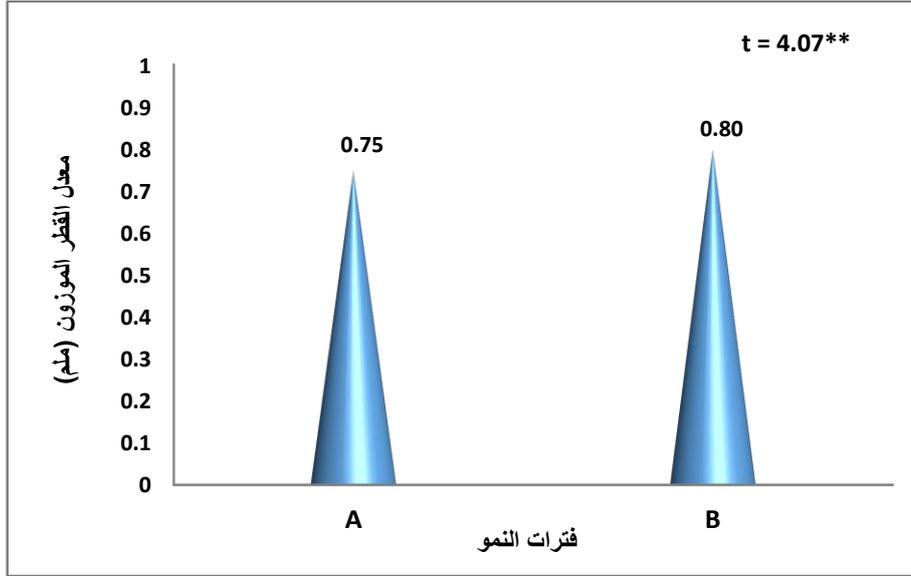
توضح النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لزيادة عمق التربة في انخفاض متوسطات قيم معدل القطر الموزون ولكلا الفترتين بداية موسم النمو ونهايته، إذ نلاحظ من الشكل (20) تفوق العمق السطحي (D1) معنوياً في تسجيله أعلى معدل قطر موزون ولكلا فترتي النمو مقارنة مع الأعماق D2 و D3 إذ بلغت متوسطات القيم 0.906 و 0.728 و 0.612 ملم للأعماق D1 و D2 و D3 على التوالي في بداية موسم النمو بينما بلغت في نهاية الموسم 0.906 و 0.802 و 0.701 ملم للأعماق على التوالي، ويعزى سبب ذلك إلى وجود المحسنات وزيادة المادة العضوية عند العمق السطحي (D1) ودورها في ربط دقائق التربة وزيادة ثباتية التجمعات مقارنة مع الأعماق السفلية الأخرى التي تخلو من المحسنات المضافة وتقل فيها نسبة المادة العضوية الأمر الذي ينعكس في انخفاض معدل القطر الموزون مع العمق، واتفقت هذه النتائج مع كل من Ngetich وآخرون (2008) والشامي (2013) إذ لاحظوا انخفاضاً في معدل القطر الموزون للتربة مع زيادة العمق. كما قد يرجع السبب أيضاً إلى تأثير نمو وكثافة الجذور في الطبقات السطحية للتربة مع

وجود المادة العضوية مما يساعد ذلك في زيادة معدل القطر الموزون عن طريق إفرازات الجذور ودورها في زيادة ربط دقائق التربة وتحسين ثباتيتها (النصار، 2015).



شكل (20): تأثير عمق التربة في معدل القطر الموزون
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

أظهرت النتائج المبينة في اختبار t في الملحق (11) وجود تأثيراً عالي المعنوية لفترة موسم النمو لنبات الحنطة في معدل القطر الموزون، إذ نلاحظ من الشكل (21) ان فترة بداية موسم النمو حققت اقل متوسط لمعدل القطر الموزون بلغت 0.75 ملم في حين ازدادت لتصل إلى 0.80 ملم عند فترة نهاية موسم النمو، ويعزى سبب ذلك إلى زيادة انتشار وكثافة جذور نبات الحنطة مع تقدم موسم النمو والتي تعمل على ربط دقائق التربة مع بعضها عن طريق إفرازاتها الصمغية فضلاً عن التأثيرات الميكانيكية التي تسببها الشعيرات الجذرية مما يساعد ذلك في تقارب دقائق التربة وزيادة ارتباطها مع بعضها بشكل تجمعات تربة ثابتة، كذلك زيادة تحلل المحسنات العضوية مع تقدم الموسم وزيادة نشاط الأحياء المجهرية في التربة والتي بدورها تساهم في تحسن بناء التربة، وقد اتفقت هذه النتائج مع النصار (2015) الذي بين أن معدل القطر الموزون للتربة يزداد مع تقدم موسم نمو النبات. كما أن زيادة الغطاء النباتي فوق سطح التربة نهاية موسم النمو قد يحمي التربة من المؤثرات الخارجية مما يساعد ذلك في الحفاظ على تجمعات التربة وزيادة ثباتيتها (الموسوي والولي، 2011). أشار Liu وآخرون (2005) إلى أن الشعيرات الجذرية للنبات لها دور مهم في زيادة ربط دقائق التربة فهي تحاط بالدقائق فضلاً عن إفرازاتها الصمغية المشجعة لالتحام الدقائق أثناء اختراقها للمسامات البينية الصغيرة في التربة.



شكل (21) تأثير فترات النمو في معدل القطر الموزون
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

تشير النتائج في الملحق (9 و 10) إلى وجود تأثيراً عالي المعنوية للتداخل الثنائي بين نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في صفة معدل القطر الموزون في بداية موسم النمو ومعنوي عند نهايته. إذ نلاحظ من الجدول (3) تفوق معاملة المحراث الحفار مع خلط المحسّنات (T2 X M3) معنوياً في تسجيلها أعلى معدل للقطر الموزون بلغ 1.017 و 1.052 ملم عند بداية موسم النمو ونهايته على التوالي، في حين سجلت معاملة الأمشاط القرصية مع المقارنة (T3 X M0) أقل معدل للصفة بلغ 0.446 و 0.608 ملم للفترتين بداية الموسم ونهايته على التوالي، ويعزى سبب تفوق معاملة التداخل (T2 X M3) في تحقيقها أعلى معدل للقطر الموزون إلى التأثير الإيجابي المشترك لكل من المحراث الحفار (T2) والمحسّنات العضوية لمعاملة الخلط (M3) في تحسين بناء التربة وزيادة ثباتيتها من خلال دور المحراث الحفار في تفكيك التربة دون قلبها وانخفاض تأثيره في رص التربة مما يحافظ ذلك على ثباتية تجمعات التربة ويحسن البناء بالإضافة إلى دور المحسّنات العضوية في زيادة المادة العضوية ودورها في تكوين مواد رابطة ومركبات عضوية تساعد على ربط دقائق التربة مع بعضها وتزيد من ثباتية التجمعات وهذا بدوره يزيد من معدل القطر الموزون، في حين أن انخفاض معدل القطر الموزون إلى أقل قيمة عند المعاملة (T3 X M0) يعود إلى خلط معاملة المقارنة من المحسّنات العضوية المضافة وانخفاض المادة العضوية فضلاً عن زيادة عمق طبقة التربة المتصلبة وغير المفككة بالحراثة نتيجة انخفاض عمق الحراثة بالأمشاط القرصية الأمر الذي ينعكس سلباً على ثباتية تجمعات التربة وتحسين البناء وبالتالي انخفاض معدل القطر الموزون.

جدول (3) تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في معدل القطر الموزون (ملم) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم				بداية الموسم				المحسّنات نظم الحراثة
M3	M2	M1	M0	M3	M2	M1	M0	
0.869	0.824	0.773	0.727	0.853	0.805	0.784	0.586	T1
1.052	0.991	0.843	0.757	1.017	0.967	0.765	0.695	T2
0.793	0.723	0.671	0.608	0.777	0.730	0.614	0.446	T3
0.0724				0.0196				RLSD _{0.05}

يوضح الملحق (9 و 10) أن للتداخل الثنائي بين نظم الحراثة وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في معدل القطر الموزون في بداية موسم النمو بينما لم يكن هنالك تأثيراً معنوياً عند نهاية موسم النمو. إذ تبين النتائج في الجدول (4) تفوق معاملة المحراث الحفار مع العمق الأول (T2 X D1) في تسجيلها أعلى معدل قطر موزون بلغ 1.007 ملم في بداية موسم النمو في حين حققت معاملة الأمشاط القرصية والعمق الثالث (T3 X D3) أقل معدل للصفة بلغ 0.497 ملم عند بداية موسم النمو، ويعزى ذلك إلى دور المحراث الحفار (T2) في الحفاظ على ثباتية تجمعات التربة وتحسينها فضلاً عن زيادة المادة العضوية في العمق الأول وما لها من دور في زيادة ربط دقائق التربة وزيادة ثباتية التجمعات وهذا بدوره يزيد من معدل القطر الموزون في حين أن العمق الثالث (D3) لم يتعرض إلى الحراثة والتفكيك الميكانيكي ويخلوا من المحسّنات العضوية فضلاً عن انخفاض المادة العضوية مع العمق الأمر الذي ينعكس سلباً في تحسين بناء التربة ويقلل من ثباتية التجمعات.

جدول (4): تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في معدل القطر الموزون (ملم) في بداية موسم النمو

بداية الموسم			عمق التربة نظم الحراثة
D3	D2	D1	
0.592	0.734	0.945	T1
0.749	0.829	1.007	T2
0.497	0.622	0.807	T3
0.0170			RLSD _{0.05}

يلاحظ من النتائج المبينة في وبيانات التحليل الإحصائي في الملحق (9 و10) وجود تأثيراً عالي المعنوية للتداخل الثنائي بين المحسنات العضوية وعمق التربة في معدل القطر الموزون ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (5) تفوق معاملة السماد الحيواني مع العمق الأول (M2 X D1) معنوياً في تحقيقها أعلى معدل للقطر الموزون بلغ 1.056 والتي لم تختلف معنوياً مع معاملة الخلط والعمق الأول (M3 X D1) بداية موسم النمو بينما أعطت معاملة المقارنة مع العمق الثالث (M0 X D3) أقل قيمة لمعدل القطر الموزون إذ بلغت 0.469 ملم، في حين حققت معاملة خلط المحسنات مع العمق الأول (M3 X D1) أعلى معدل للصفة نهاية موسم النمو بلغ 1.096 ملم، وأخذت نفس السياق معاملة المقارنة مع العمق الثالث (M0 X D3) في تحقيقها أقل معدل للصفة بلغ 0.612 ملم، ويعزى ذلك إلى دور إضافة كل من المحسنات العضوية وكذلك معاملة الخلط إلى العمق السطحي (D1) في زيادة المادة العضوية ودورها في زيادة نشاط الأحياء المجهرية وإطلاق حوامض ومركبات عضوية تزيد من ربط دقائق التربة مع بعضها وتحسن من ثباتية التجمعات مما ينعكس ذلك في تحسين بناء التربة وزيادة معدل القطر الموزون، في حين تخلوا معاملة المقارنة من المحسنات العضوية المضافة فضلاً عن عدم تفكيك العمق الثالث (D3) بالحرارة وخلوه من المادة العضوية الأمر الذي ينعكس سلباً في تحسين بناء التربة ويقلل من ثباتية تجمعات التربة مما ينتج عن ذلك انخفاض في معدل القطر الموزون.

جدول (5): تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في معدل القطر الموزون (ملم) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			عمق التربة المحسنات
D3	D2	D1	D3	D2	D1	
0.612	0.689	0.791	0.469	0.535	0.723	M0
0.721	0.759	0.808	0.613	0.702	0.848	M1
0.740	0.870	0.928	0.651	0.796	1.056	M2
0.729	0.889	1.096	0.717	0.879	1.051	M3
0.0724			0.0196			RLSD _{0.05}

يلاحظ من الملحق (9 و10) أن للتداخل الثلاثي بين معاملات الدراسة تأثيراً عالي المعنوية في صفة معدل القطر الموزون عند بداية موسم النمو في حين لم يكن هناك تأثيراً معنوياً للتداخل الثلاثي في نهاية موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (6) أن معاملة المحراث الحفار مع السماد الحيواني والعمق الأول (T2 X M2 X D1) حققت أعلى معدل للقطر الموزون عند بداية موسم النمو بلغ

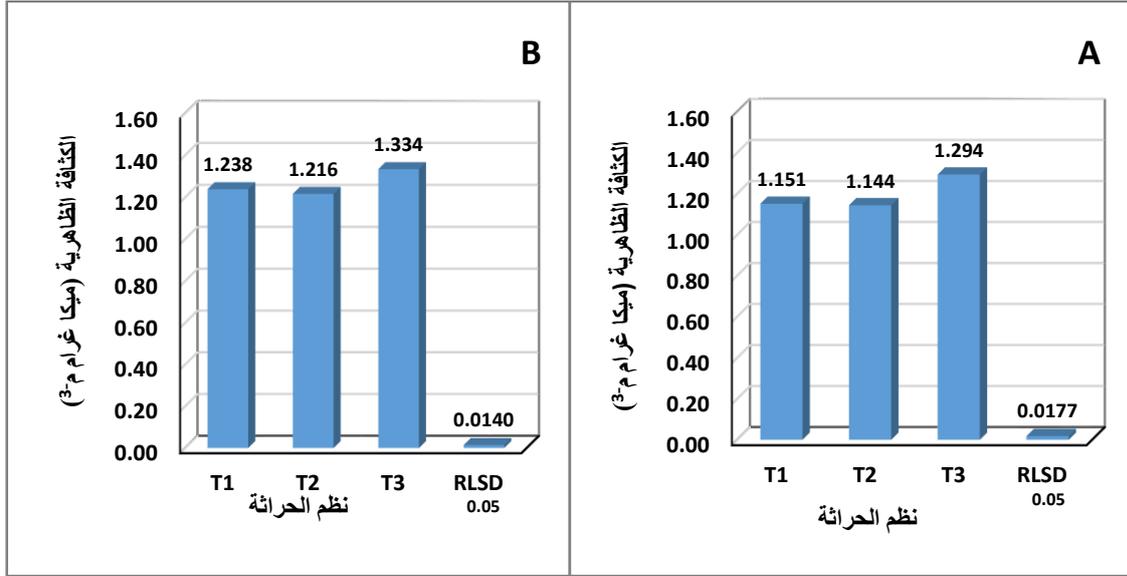
1.254 ملم، في حين سجلت معاملة الأمشاط القرصية مع المقارنة والعمق الثالث (T3 X M0 X D3) أقل معدل للقطر الموزون بلغ 0.305 ملم عند بداية موسم النمو، ويرجع سبب ذلك إلى دور المحراث الحفار في تحسين بناء التربة من خلال تفكيكه الموضعي للتربة دون قلبها بالإضافة إلى التأثير الإيجابي للمحسنات العضوية المضافة في زيادة المادة العضوية في الطبقة السطحية عند العمق D1 مما ينعكس ذلك إيجاباً في زيادة ربط دقائق التربة مع بعضها ويحسن من ثباتية التجمعات وبالتالي زيادة معدل القطر الموزون بالمقارنة مع معاملة (T3 X M0 X D3) التي تخلوا من المحسنات العضوية بالإضافة إلى ارتفاع الكثافة الظاهرية لطبقة التربة عند العمق D3 نتيجة عدم تفكيكها بالحرارة وهذا بدوره ينعكس سلباً في تحسين بناء التربة وثباتية التجمعات مما يقلل ذلك من معدل القطر الموزون.

جدول (6): تأثير نظم الحرارة والمحسنات العضوية وعمق التربة في معدل القطر الموزون (ملم) في بداية موسم النمو

بداية الموسم			المحسنات	نظم الحرارة
أعماق التربة				
D3	D2	D1		
0.488	0.592	0.677	M0	T1
0.670	0.732	0.951	M1	
0.630	0.693	1.092	M2	
0.581	0.918	1.061	M3	
0.614	0.678	0.793	M0	T2
0.713	0.740	0.843	M1	
0.729	0.919	1.254	M2	
0.938	0.977	1.136	M3	
0.305	0.336	0.698	M0	T3
0.456	0.635	0.751	M1	
0.594	0.776	0.821	M2	
0.631	0.742	0.957	M3	
0.0340			RLSD _{0.05}	

4-3-1-2- الكثافة الظاهرية Bulk density:

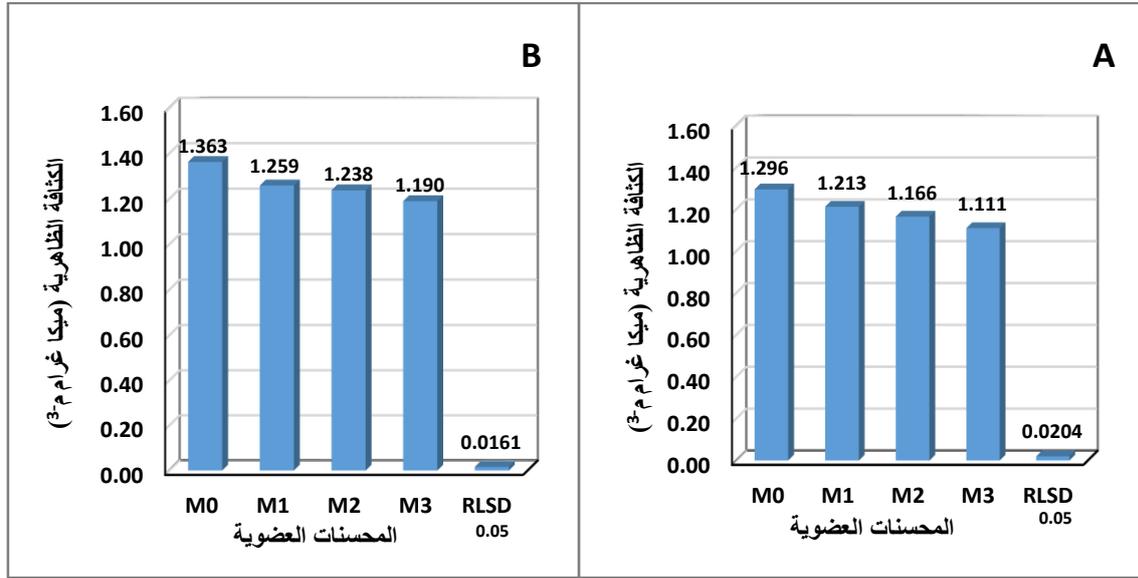
أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لنظم الحراثة في الكثافة الظاهرية للتربة ولكلا الفترتين بداية ونهاية موسم النمو، إذ نلاحظ من الشكل (22) تفوق معاملة المحراث الحفار (T2) معنوياً في تسجيلها اقل معدل للكثافة الظاهرية وبدون فارق معنوي مع المحراث المطرحي القلاب (T1) عند بداية موسم النمو بينما أعطت معاملة الأمشاط القرصية (T3) أعلى معدل للكثافة الظاهرية للتربة إذ بلغ معدل قيم الكثافة الظاهرية 1.151 و 1.144 و 1.294 ميكا غرام م⁻³ للمعاملات T1 و T2 و T3 على التوالي. كما تفوق المحراث الحفار على كل من المحراث المطرحي والأمشاط القرصية معنوياً في نهاية موسم النمو إذ بلغ معدل الكثافة الظاهرية 1.238 و 1.216 و 1.334 ميكا غرام م⁻³ للمعاملات T1 و T2 و T3 على التوالي. ويرجع سبب ذلك إلى دور المحراث الحفار في تفكيك التربة دون قلبها وتحسين مسامية التربة وتقليل تأثيره في رص التربة أثناء الحراثة فضلاً عن دوره في المحافظة على تجمعات التربة وتحسين بنائها (الشكل 18) مقارنة بالمحراث المطرحي القلاب مما ينعكس ذلك في انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة، وقد اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من القزاز ومحمود (2010) و Mikha وآخرون (2011) إذ لاحظوا تفوق المحراث الحفار في تسجيله اقل كثافة ظاهرية للتربة مقارنة مع المحراث المطرحي القلاب. في حين أن تسجيل معاملة الحراثة بالأمشاط القرصية (T3) أعلى معدل للكثافة الظاهرية يعود إلى كونها تعمل على عمق حراثة ضحل (15 سم) تاركة طبقات من التربة غير مفككة وبمقدار أكبر من معاملات الحراثة الأخرى الأمر الذي يقلل من المسامية نتيجة زيادة قوة وتماسك الطبقات السفلى للتربة وهذا ينعكس في زيادة الكثافة الظاهرية، فقد أشار النصار (2015) أن زيادة عمق الحراثة يزيد من حجم التربة المفككة مما يزيد ذلك من الفراغات المسامية ويحسن بناء التربة مما يقلل ذلك من معدل الكثافة الظاهرية للتربة. كما أشار الدلعي (2013) أن زيادة معدل القطر الموزون للتربة من خلال زيادة وتحسن ثباتية التجمعات يحسن من بناء التربة ويقلل من الكثافة الظاهرية. وفي هذه الدراسة لوحظ أن انخفاض الكثافة الظاهرية إلى اقل معدل مع استخدام معاملة المحراث الحفار (شكل 22) رافقها زيادة في معدل القطر الموزون (شكل 18) ليؤكد ذلك دور المحراث الحفار في تحسين بناء التربة وانخفاض الكثافة الظاهرية مقارنة مع معاملات الحراثة الأخرى.



شكل (22): تأثير نظم الحراثة في الكثافة الظاهرية للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

أظهرت بيانات التحليل الإحصائي في الملحق (9 و 10) أن لإضافة المحسنات العضوية تأثيراً عالي المعنوية في الكثافة الظاهرية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ بينت النتائج في الشكل (23) تفوق معاملة خلط الفحم النباتي مع السماد الحيواني (M3) معنوياً في تسجيلها أقل معدل للكثافة الظاهرية ولكلا فترتي موسم النمو مقارنة بمعاملة السماد الحيواني (M2) والفحم النباتي (M1) فضلاً عن معاملة المقارنة (M0) التي حققت أعلى معدل للصفة إذ بلغ معدل القيم للكثافة الظاهرية 1.111 و 1.166 و 1.213 و 1.296 ميكا غرام م⁻³ بداية موسم النمو في حين بلغت عند نهاية موسم النمو 1.190 و 1.238 و 1.260 و 1.363 ميكا غرام م⁻³ للمعاملات M3 و M2 و M1 و M0 على التوالي، ويعزى سبب تفوق معاملة الخلط (M3) في تسجيلها أقل معدل للكثافة الظاهرية إلى الدور المشترك للمحسنين معاً (الفحم النباتي والسماد الحيواني) في تحسين بناء التربة وزيادة ثباتيتها من خلال زيادة المادة العضوية في التربة واثراً في زيادة ربط دقائق التربة مع بعضها وتحسين ثباتيتها فضلاً عن زيادة المساحة السطحية لكل منهما الأمر الذي يؤدي إلى خفض الكثافة الظاهرية للتربة، فضلاً عن انخفاض الكثافة الظاهرية للسماد الحيواني والفحم النباتي مقارنة مع كثافة معادن التربة وهذا بدوره يزيد من مسام التربة وينعكس في تقليل الكثافة الظاهرية للتربة. وقد اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من الحساني والمعاضيدي (2017) و Dokoochaki وآخرون (2017) الذين لاحظوا حصول انخفاض في الكثافة الظاهرية للتربة مع إضافة المحسنات العضوية قياساً مع تربة المقارنة. وقد أكد Gtab وآخرون (2018) ذلك إذ حصلوا على انخفاض في الكثافة الظاهرية

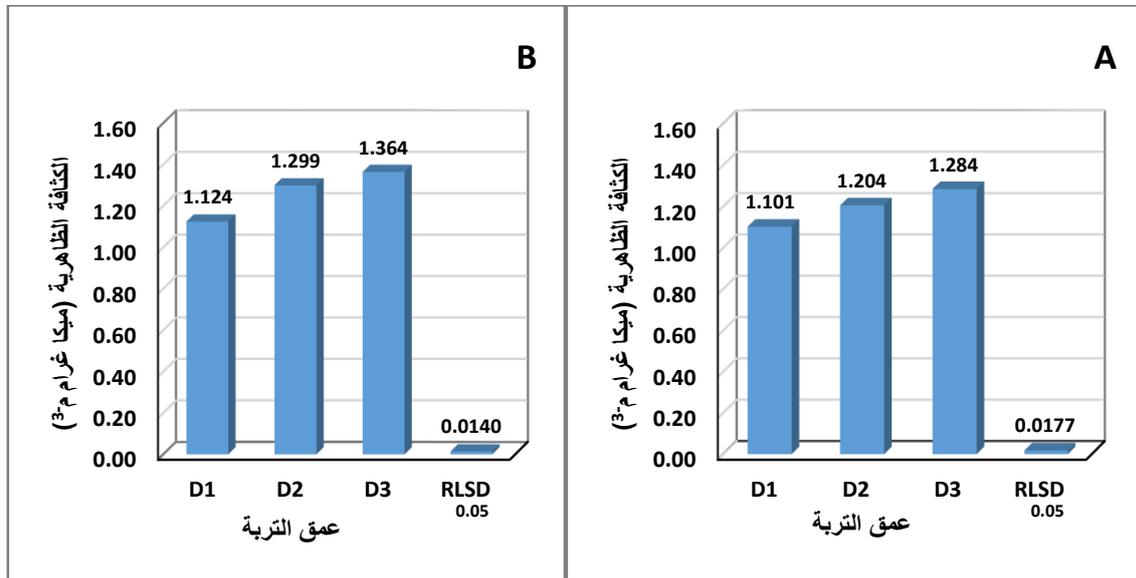
بنسبة 10.73% عند إضافة الفحم النباتي مع المخلفات العضوية بنسبة 4% وعزوا ذلك إلى دور المحسنات المضافة في تحسين بناء التربة وانعكاس ذلك في انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة، وهذا ما أشارت إليه الولي (1994) من أن تأثير المحسنات في الكثافة الظاهرية هو تأثير غير مباشر من خلال زيادة معدل القطر الموزون والمجاميع الجافة الأكبر من 1 ملم وتحسن بناء التربة مما قلل ذلك من قيم الكثافة الظاهرية للتربة. وفي الدراسة الحالية يلاحظ أن التأثير الإيجابي لإضافة المحسنات العضوية في زيادة معدل القطر الموزون للتربة (شكل 19) يؤكد دور المحسنات المضافة وخاصة المعاملة M3 في تحسين بناء التربة وانخفاض كثافتها الظاهرية.



شكل (23): تأثير المحسنات العضوية في الكثافة الظاهرية للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

توضح النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) حصول زيادة عالية المعنوية في معدل قيم الكثافة الظاهرية مع زيادة عمق التربة ولكلا فترتي موسم النمو إذ نلاحظ من الشكل (24) ان الأعماق D1 و D2 و D3 أعطت معدلاً للكثافة الظاهرية بلغ 1.101 و 1.204 و 1.284 ميكا غرام م⁻³ عند بداية موسم النمو في حين بلغت عند نهاية موسم النمو 1.124 و 1.299 و 1.364 ميكا غرام م⁻³ للأعماق على التوالي، ويعود سبب زيادة الكثافة الظاهرية بزيادة عمق التربة إلى دور الحراثة في خلخلة وتفكيك التربة عند العمق الأول والثاني في حين لم يصل تأثير الحراثة إلى العمق الثالث مما أدى إلى بقاء التربة غير مثارة فضلاً عن زيادة قوة وتماسك التربة مع العمق الأمر الذي يزيد من الكثافة الظاهرية، وتتشابه هذه النتائج مع ما توصل إليه Babalola وآخرون (2012) والطائي وآخرون (2015) الذين أشاروا إلى زيادة الكثافة الظاهرية مع زيادة عمق التربة. كما أن زيادة قيم معدل

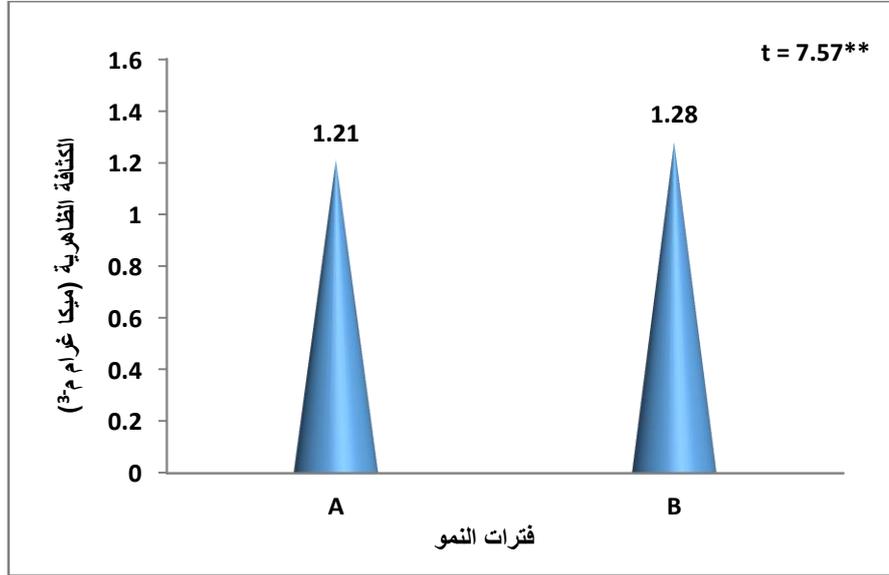
القطر الموزون مع انخفاض عمق التربة (شكل 20) والتي عزيت أساساً إلى وجود المحسنات العضوية وانتشار جذور النباتات عند العمق السطحي (D1) ينعكس إيجاباً في تحسن بناء التربة وانخفاض كثافتها الظاهرية عند الأعماق السطحية، في حين أن الأعماق التي لم يضاف لها المحسنات العضوية قد يحدث فيها إعادة تنظيم وتوزيع لأحجام الفراغات المسامية للتربة وزيادة مساحة التلامس بين الدقائق مما يؤدي إلى قلة حجم التربة وبالتالي ارتفاع كثافتها الظاهرية. بالإضافة إلى ذلك فإن الضغط المسلط على الطبقات السفلى للتربة من الطبقات العليا تسبب زيادة في رص التربة خاصة مع العمق الثالث (D3) الذي لم يتعرض للتفكيك بالحرارة وهذا بدوره يزيد من كثافتها الظاهرية وهذا ما أشار إليه كل من إبراهيم ومهيب (2001) و Manuwa و Ademosun (2007).



شكل (24): تأثير أعماق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

أظهرت نتائج اختبار t في الملحق (11) وجود تأثيراً عالياً المعنوية لفترة موسم نمو النبات في الكثافة الظاهرية للتربة، إذ نلاحظ من الشكل (25) أن بداية موسم النمو حققت أقل معدل للكثافة الظاهرية بلغ 1.21 ميكا غرام م⁻³ في حين ازدادت الكثافة الظاهرية عند فترة نهاية موسم النمو لتصل 1.28 ميكا غرام م⁻³، ويعزى سبب ذلك إلى حركة الدقائق الناعمة للتربة مع تقدم موسم النمو نتيجة تحطم الكتل الترابية أثناء عمليات الري وترسيبها في المسامات الكبيرة وتغيير التوزيع الحجمي للمسامات مما يقلل ذلك من المسامية الكلية للتربة وبالتالي زيادة الكثافة الظاهرية، وقد تشابهت هذه النتيجة مع ما توصل إليه النصار (2015) إذ وجد أن معدل الكثافة الظاهرية ازداد بنسبة 10.62% في نهاية موسم نمو النبات مقارنة مع بداية الموسم. كما حصل الطائي وآخرون (2015) على زيادة

في الكثافة الظاهرية بنسبة 7.20% نهاية موسم النمو مقارنة مع بداية الموسم وقد عللوا ذلك إلى ثبات واستقرار التربة مع مرور الوقت وتأثير عمليات الري في انسداد بعض مسامات التربة بواسطة دقائق التربة الناعمة.



شكل (25) تأثير فترات النمو في الكثافة الظاهرية للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

يشير الملحق (9 و 10) الى وجود تأثيراً عالي المعنوية للتداخل الثنائي بين نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في الكثافة الظاهرية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو إذ نلاحظ من الجدول (7) تفوق معاملة المحراث الحفار مع معاملة خلط المحسّنات (T2 X M3) في تسجيلها اقل كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.050 ميكا غرام م⁻³ والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة المحراث المطرحي مع معاملة خلط المحسّنات (T1 X M3) التي بلغت 1.054 ميكا غرام م⁻³ في بداية موسم النمو، ونلاحظ تفوق معاملة (T2 X M3) في خفض الكثافة الظاهرية على بقية المعاملات عند نهاية موسم النمو إذ بلغت 1.132 ميكا غرام م⁻³، في حين سجلت الأمشاط القرصية مع المقارنة (T3 X M0) اعلى كثافة ظاهرية بلغت 1.383 و 1.470 ميكا غرام م⁻³ في بداية ونهاية موسم النمو على التوالي، ويعود ذلك إلى التأثير الإيجابي المشترك للمحراث الحفار والمحسّنات العضوية لمعاملة الخلط في تحسين بناء التربة وزيادة معدل القطر الموزون (جدول 3) الأمر الذي ينعكس ايجاباً في خفض الكثافة الظاهرية فضلاً عن زيادة المسامية الكلية لكل من السماد الحيواني والفحم النباتي وزيادة مساحتهما السطحية الأمر الذي يؤدي إلى زيادة مسامية التربة وخفض كثافتها الظاهرية على العكس من معاملة المقارنة التي تخلوا من المحسّنات العضوية فضلاً عن انخفاض عمق الحراثة بالأمشاط القرصية مما انعكس

ذلك سلباً في تحسين بناء التربة وقلل من معدل القطر الموزون للتربة وبالتالي زاد من قيم الكثافة الظاهرية عند المعاملة (T3 X M0). أشار Gtab وآخرون (2018) أن للمحسنات العضوية دور كبير في تحسين بناء التربة وزيادة ثباتية التجمعات وهذا بدوره يقلل من الكثافة الظاهرية للتربة، كما علل جاسم وسعدون (2016) انخفاض الكثافة الظاهرية عند استخدام المحراث الحفار إلى دوره في الحفاظ على ثباتية التجمعات وتحسين البناء وقلة تأثيره في رص التربة الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة.

جدول (7): تأثير نظم الحراثة والمحسنات العضوية في الكثافة الظاهرية (ميكا غرام م⁻³) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم				بداية الموسم				المحسنات نظم الحراثة
M3	M2	M1	M0	M3	M2	M1	M0	
1.174	1.238	1.251	1.288	1.054	1.124	1.146	1.280	T1
1.132	1.189	1.212	1.330	1.050	1.116	1.186	1.223	T2
1.263	1.287	1.314	1.470	1.228	1.258	1.306	1.383	T3
0.0280				0.0353				RLSD _{0.05}

يلاحظ من الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية للتداخل بين نظم الحراثة وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة في نهاية موسم النمو في حين لم يكن هنالك فرق معنوي للتداخل في بداية موسم النمو. أظهرت النتائج في الجدول (8) تفوق معاملة المحراث الحفار والعمق الأول (T2 X D1) معنوياً في تسجيلها أقل كثافة ظاهرية في نهاية موسم النمو بلغت 1.096 ميكا غرام م⁻³ وبدون فارق معنوي مع المعاملة (T1 X D1)، في حين سجلت أعلى كثافة ظاهرية عند معاملة الأمشاط القرصية مع العمق الثالث (T3 X D3) بلغت 1.431 ميكا غرام م⁻³ نهاية موسم النمو. ويعود سبب ذلك إلى دور كل من المحراث الحفار والمطرحي في تفكيك التربة وتحسين مساميتها مقارنة مع الأمشاط القرصية فضلاً عن وجود المحسنات العضوية في العمق الأول (D1) ودورها في زيادة المادة العضوية مما يحسن ذلك من بناء التربة ويزيد من معدل القطر الموزون (جدول 4) وهذا بدوره يقلل من الكثافة الظاهرية، على العكس من العمق الثالث (D3) الذي سجل أقل معدل للقطر الموزون للتربة (جدول 4) نتيجة خلوه من المحسنات العضوية فضلاً عن عدم تفكيكه بالحراثة وهذا بدوره ينعكس سلباً في تحسين بناء التربة ويزيد من الكثافة الظاهرية، كما أن الأمشاط القرصية

قد تزيد من تنعيم التربة بدرجة كبيرة مما يسبب ذلك انسداد المسامات البينية للتربة وهذا بدوره يزيد من الكثافة الظاهرية.

جدول (8): تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م⁻³) في نهاية موسم النمو

نهاية الموسم			عمق التربة
D3	D2	D1	نظم الحراثة
1.350	1.260	1.103	T1
1.312	1.240	1.096	T2
1.431	1.397	1.173	T3
0.0242			RLSD _{0.05}

يوضح الملحق (9 و 10) أن للتداخل بين المحسنات العضوية وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في الكثافة الظاهرية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (9) ان معاملة خلط المحسنات مع العمق الأول (M3 X D1) حققت اقل كثافة ظاهرية بلغت 1.035 ميكا غرام م⁻³ وبدون فارق معنوي مع معاملة السماد الحيواني مع العمق الأول (M2 X D1) في بداية موسم النمو، كما حققت المعاملة (M3 X D1) اقل كثافة ظاهرية للتربة في نهاية موسم النمو إذ بلغت 0.977 ميكا غرام م⁻³، بينما سجلت معاملة المقارنة مع العمق الثالث (M0 X D3) اعلى كثافة ظاهرية بلغت 1.391 و 1.416 ميكا غرام م⁻³ للفترتين على التوالي، ويرجع ذلك إلى دور المحسنات العضوية عند الطبقة السطحية للتربة مما يحسن ذلك من بناء التربة ويزيد من معدل القطر الموزون (جدول 5) الأمر الذي ينعكس ايجاباً في خفض الكثافة الظاهرية في حين تخلوا معاملة المقارنة والعمق الثالث (M0 X D3) من المحسنات العضوية المضافة الأمر الذي انعكس سلباً في تحسين بناء التربة وقلل من معدل القطر الموزون وهذا بدوره انعكس في زيادة الكثافة الظاهرية للتربة.

جدول (9): تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في الكثافة الظاهرية (ميكا غرام م⁻³) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			عمق التربة المحسنات
D3	D2	D1	D3	D2	D1	
1.416	1.360	1.312	1.391	1.263	1.233	M0
1.389	1.282	1.107	1.298	1.257	1.083	M1
1.336	1.277	1.101	1.245	1.199	1.053	M2
1.317	1.277	0.977	1.200	1.097	1.035	M3
0.0280			0.0353			RLSD _{0.05}

تُظهر النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) أن للتداخل الثلاثي بين معاملات الدراسة تأثيراً عالي المعنوية في الكثافة الظاهرية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (10) ان معاملة التداخل بين المحراث المطرحي والسماذ الحيواني والعمق الأول (T1 X M2 X D1) أعطت اقل كثافة ظاهرية بلغت 0.950 ميكا غرام م⁻³ مع عدم اختلافها معنويًا مع المعاملات (T1 X M3 X D1) و (T1 X M1 X D1) و (T2 X M3 X D1) في بداية موسم النمو والتي أعطت كثافة ظاهرية بلغت 0.972 و 0.990 و 0.967 ميكا غرام م⁻³ على التوالي، بينما أعطت معاملة التداخل بين المحراث الحفار وخط المحسنات والعمق الأول (T2 X M3 X D1) اقل كثافة ظاهرية في نهاية موسم النمو بلغت 0.877 ميكا غرام م⁻³ وبفارق معنوي مع المعاملات الأخرى. كما سجلت معاملة التداخل بين الأمشاط القرصية مع المقارنة والعمق الثالث (T3 X M0 X D3) اعلى كثافة ظاهرية وبفارق معنوي مع جميع المعاملات إذ بلغت 1.533 و 1.500 ميكا غرام م⁻³ للفترتين على التوالي، ويعود سبب ذلك إلى التأثير المشترك للمحراث الحفار والمحسنات العضوية في تحسين بناء التربة عند الطبقة السطحية (D1) وتحقيقها اعلى معدل قطر موزون (جدول 6) وهذا بدوره يقلل من الكثافة الظاهرية في حين أن التوليفة (T3 X M0 X D3) تخلوا من الإضافات العضوية وتقل عندها عمق الحراثة بالأمشاط القرصية مما ينعكس ذلك سلباً في بناء التربة فضلاً عن انخفاض معدل القطر الموزون الذي بدوره ينعكس في ارتفاع الكثافة الظاهرية، وهذا ما لوحظ من نتائج الجدول (6) التي تؤكد دور التوليفة (T2 X M3 X D1) في خفض الكثافة الظاهرية للتربة نتيجة تحقيقها اعلى معدل قطر موزون مقارنة مع معاملات التداخل الأخرى.

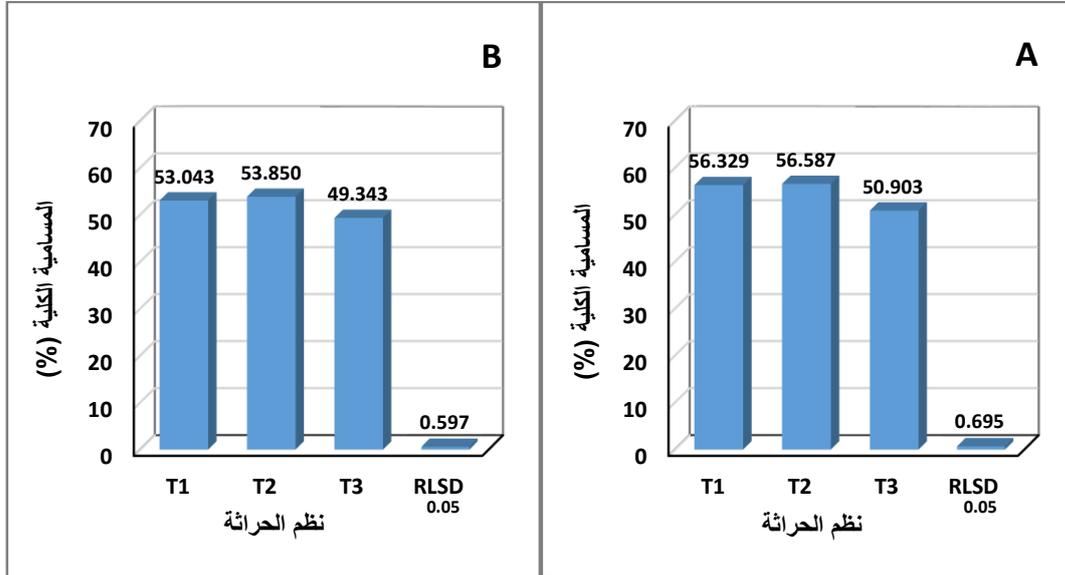
جدول (10): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في الكثافة الظاهرية (ميكا غرام م⁻³) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			المحسّنات	نظم الحراثة
أعماق التربة			أعماق التربة				
D3	D2	D1	D3	D2	D1		
1.337	1.293	1.233	1.358	1.256	1.227	M0	T1
1.413	1.263	1.077	1.248	1.200	0.990	M1	
1.400	1.263	1.050	1.224	1.197	0.950	M2	
1.250	1.220	1.053	1.148	1.043	0.972	M3	
1.410	1.297	1.283	1.281	1.200	1.189	M0	T2
1.290	1.183	1.163	1.280	1.225	1.054	M1	
1.267	1.240	1.060	1.189	1.113	1.045	M2	
1.280	1.240	0.877	1.169	1.015	0.967	M3	
1.500	1.490	1.420	1.533	1.334	1.283	M0	T3
1.463	1.400	1.080	1.367	1.346	1.206	M1	
1.340	1.327	1.193	1.321	1.287	1.165	M2	
1.420	1.370	1.000	1.284	1.234	1.165	M3	
0.0484			0.0612			RLSD _{0.05}	

3-1-3-4- المسامية الكلية Total porosity:

توضح النتائج المبينة في الملحق (9 و10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لنظم الحراثة في المسامية الكلية للتربة بداية ونهاية موسم النمو. أظهرت النتائج المبينة في الشكل (26) تفوق المحرّات الحفار (T2) معنوياً في تحقيقه أعلى معدل للمسامية الكلية مقارنة مع معاملات الحراثة الأخرى ولكلا فترتي موسم النمو مع عدم اختلافه معنوياً مع المحرّات المطرّحي (T1) عند بداية موسم النمو، إذ بلغ معدل قيم المسامية الكلية بداية موسم النمو 56.329 و56.587 و50.903% لمعاملات الحراثة T1 وT2 وT3 على التوالي، بينما انخفضت نهاية موسم النمو لتصل إلى 53.043 و53.850 و49.343% للمعاملات على التوالي. ويعود سبب تفوق المحرّات الحفار في تحقيقه أعلى مسامية كلية للتربة مقارنة مع معاملات الحراثة الأخرى إلى تحقيقه أقل كثافة ظاهرية للتربة (شكل 22) مما انعكس ذلك في زيادة المسامية إذ تتناسب المسامية الكلية تناسباً عكسياً مع الكثافة الظاهرية للتربة. وقد اتفقت هذه النتائج مع ما وجدته القزاز ومحمود (2010) إذ لاحظنا تفوق المحرّات الحفار في زيادة المسامية الكلية للتربة بنسبة 8.08% مقارنة مع المحرّات المطرّحي، وهذا ما أكدّه

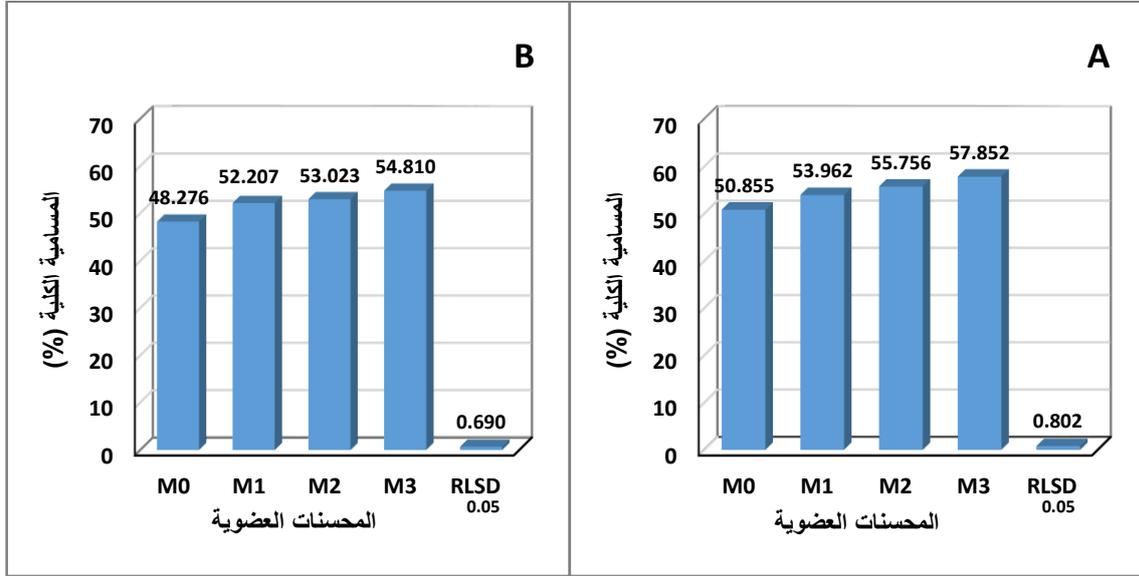
Mikha وآخرون (2011) الذين عللوا زيادة المسامية الكلية مع استخدام المحراث الحفار إلى دوره في خفض الكثافة الظاهرية وتحسين بناء التربة.



شكل (26): تأثير نظم الحراثة في المسامية الكلية للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

يلاحظ من نتائج الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية للمحسنات العضوية في المسامية الكلية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو. اذ تبين النتائج في الشكل (27) تفوق معاملة خلط الفحم النباتي مع السماد الحيواني (M3) في تسجيلها اعلى معدل للمسامية الكلية تلتها معاملة السماد الحيواني (M2) ثم الفحم النباتي (M1) في حين سجلت معاملة المقارنة (M0) اقل مسامية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ بلغ معدل قيم المسامية الكلية عند بداية موسم النمو للمعاملات M1 و M0 و M2 و M3 50.855 و 53.962 و 55.756 و 57.852% على التوالي، بينما انخفضت نهاية موسم النمو لتبلغ 48.276 و 52.207 و 53.023 و 54.810% على التوالي. ويعود سبب ذلك إلى دور كل من الفحم النباتي والسماد الحيواني في تحسين بناء التربة (شكل 19) وخفض الكثافة الظاهرية للتربة (شكل 23) الأمر الذي ينعكس في زيادة المسامية الكلية للتربة قياساً مع معاملة المقارنة. اتفقت هذه النتائج مع كل من الحساني والمعاضبي (2017) و Gunal وآخرون (2018) الذين بينوا أن إضافة المحسنات العضوية تزيد من المسامية الكلية للتربة. أن تأثير كلا المحسنين معاً ساعد في زيادة المسامية بمقدار أكبر عند معاملة الخلط (M3) وهذا ما لوحظ من النتائج المبينة في الأشكال (19 و 23) من تفوق معاملة الخلط في تحقيقها اقل كثافة ظاهرية واعلى معدل قطر موزون للتربة

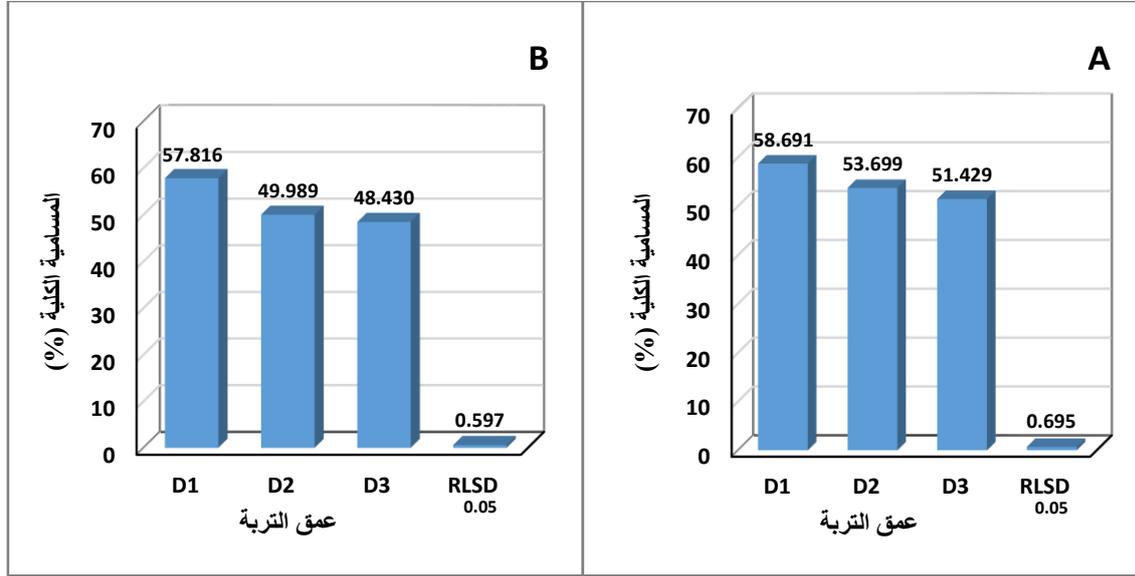
ليؤكد دورها في تحسين بناء التربة وزيادة المسامية الكلية بمقدار أكبر قياساً مع معاملات المحسنات الأخرى فضلاً عن معاملة المقارنة. ويعود سبب الاختلاف بين المحسنات إلى اختلاف قابليتها على سرعة التحلل إذ أن الفحم النباتي بطيء التحلل كذلك دور الأحياء المجهرية في التأثير على المادة العضوية.



شكل (27): تأثير المحسنات العضوية في المسامية الكلية للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

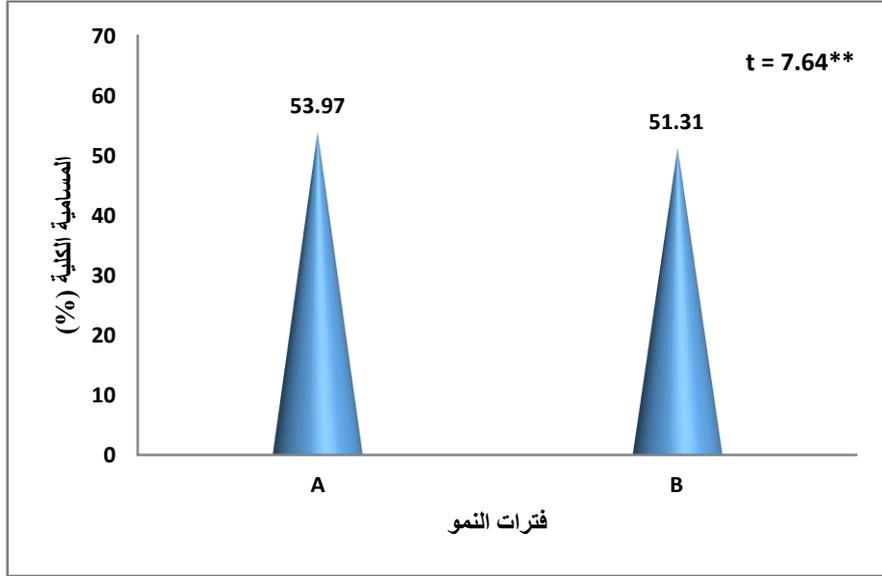
يبين الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لعمق التربة في المسامية الكلية ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الشكل (28) حصول انخفاض معنوي للمسامية الكلية مع زيادة عمق التربة إذ أعطى العمق السطحي (D1) أعلى معدل للمسامية الكلية بلغ 57.816% و 58.691% عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي، بينما انخفضت قيم المسامية عند الأعماق D2 و D3 بنسبة 8.51 و 12.37% بداية موسم النمو وبنسبة 13.54 و 16.15% نهاية موسم النمو قياساً مع العمق السطحي على التوالي. ويعود سبب ذلك إلى انخفاض نسبة المادة العضوية مع العمق نتيجة إضافة المحسنات العضوية في الطبقة السطحية للتربة وما لها من دور كبير في تحسين بناء التربة وخفض كثافتها الظاهرية كما أن زيادة ثقل التربة في الطبقات العليا يؤدي إلى رص التربة وارتفاع كثافتها الظاهرية عند الطبقات السفلى وهذا بدوره يقلل من مسامية التربة مع العمق. وقد اتفقت هذه النتائج مع المياحي (2014) والنصار (2015) الذين بينوا أن المسامية الكلية للتربة تنخفض مع العمق. وفي الدراسة الحالية يلاحظ أن انخفاض المسامية الكلية مع زيادة عمق التربة رافقها زيادة في الكثافة

الظاهرية للتربة (شكل 24) ليؤكد ذلك دور المحسنات العضوية في تحسين بناء التربة وزيادة مساميتها عند الطبقة السطحية للتربة مقارنة مع الطبقات السفلى التي تخلوا من الإضافات العضوية.



شكل (28): تأثير عمق التربة في المسامية الكلية للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

تظهر النتائج المبينة في اختبار t في الملحق (11) وجود تأثيراً عالي المعنوية لفترتي موسم النمو في المسامية الكلية إذ نلاحظ من الشكل (29) حصول انخفاض معنوي في معدل المسامية الكلية للتربة عند نهاية فترة النمو بنسبة 4.93% مقارنة مع بداية الموسم. ويعود ذلك إلى زيادة الكثافة الظاهرية للتربة نهاية موسم النمو (شكل 25) نتيجة حركة دقائق التربة الناعمة أثناء الري وزيادة ترسيبها في مسامات التربة مع تقدم موسم النمو مما يقلل ذلك من المسامية الكلية للتربة. وقد اتفقت هذه النتائج مع كل من نديوي والمعروف (2002) وداود (2011) الذين أشاروا إلى انخفاض المسامية الكلية للتربة مع زيادة فترة نمو النبات.



شكل (29): تأثير فترات النمو في المسامية الكلية للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

تظهر بيانات التحليل الإحصائي في الملحق (9 و 10) أن للتداخل بين نظم الحراثة والمحسّنات العضوية تأثيراً عالي المعنوية في المسامية الكلية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (11) تفوق معاملة المحراث الحفار مع خلط المحسّنات (T2 X M3) في تحقيقها أعلى مسامية للتربة عند بداية موسم النمو مع عدم اختلافها معنوياً عن معاملة المحراث المطرحي مع خلط المحسّنات (T1 X M3) إذ بلغت 60.147 و 59.993% للمعاملتين على التوالي، كما تفوقت المعاملة (T2 X M3) في إعطاء أعلى مسامية للتربة عند نهاية موسم النمو بلغت 56.977%. في حين سجلت معاملة الأمشاط القرصية مع المقارنة (T3 X M0) أقل مسامية بلغت 47.533 و 44.137% للفترتين على التوالي. ويعود ذلك إلى الدور المشترك لكل من المحراث الحفار والمحسّنات العضوية لمعاملة الخلط في تحسين بناء التربة (جدول 3) وخفض كثافتها الظاهرية (جدول 7) من خلال دور المحراث الحفار في التقليل من رص التربة والحفاظ على ثباتية التجمعات فضلاً عن تأثير المحراث المطرحي في تفكيك وقلب مقطع التربة ووجود المحسّنات العضوية التي تعمل على زيادة ربط دقائق التربة وتكوين التجمعات وتشجيع الأحياء المجهرية وإفرازاتها في تحسين ثباتية تجمعات التربة وتحسين البناء الأمر الذي ينعكس إيجاباً في زيادة المسامية الكلية للتربة على العكس من معاملة المقارنة التي تخلوا من الإضافات العضوية فضلاً عن انخفاض عمق الحراثة بالأمشاط القرصية الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الكثافة الظاهرية للتربة وبالتالي انخفاض مساميتها الكلية.

جدول (11): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في المسامية الكلية للتربة (%) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم				بداية الموسم				المحسّنات نظم الحراثة
M3	M2	M1	M0	M3	M2	M1	M0	
55.449	53.045	52.534	51.144	59.993	57.344	56.529	51.449	T1
56.977	54.863	54.013	49.547	60.147	57.670	54.947	53.583	T2
52.003	51.160	50.073	44.137	53.417	52.253	50.410	47.533	T3
1.1940				1.3890				RLSD _{0.05}

يلاحظ من النتائج المبينة في الملحق (9) عدم وجود تأثيراً معنوياً للتداخل بين نظم الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة في بداية موسم النمو، في حين أظهرت النتائج وجود تأثيراً عالي المعنوية للتداخل بين نظم الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة في نهاية موسم النمو (ملحق 10)، إذ نلاحظ من الجدول (12) تفوق معاملة المحراث الحفار والعمق الأول (T2 X D1) معنوياً في تسجيل أعلى مسامية كلية نهاية الموسم بلغت 59.110% والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة المحراث المطرحي والعمق الأول (T1 X D1) التي أعطت مساميه بلغت 58.151%، بينما سجلت معاملة الأمشاط القرصية والعمق الثاني (T3 X D2) أقل مسامية بلغت 45.835% وبدون فرق معنوي مع معاملة الأمشاط القرصية والعمق الثالث (T3 X D3) التي بلغت 46.008% عند نهاية موسم النمو. ويعود ذلك إلى دور الحراثة التقليدية خاصة مع المحراث الحفار في تفكيك التربة وخفض كثافتها الظاهرية مقارنة مع الأمشاط القرصية مما انعكس ذلك في زيادة المسامية الكلية للتربة فضلاً عن وجود المحسّنات العضوية في العمق الأول (D1) ودورها في تحسين بناء التربة وتقليل كثافتها الظاهرية مقارنة مع العمق D3 ذات الكثافة الظاهرية العالية الأمر الذي انعكس في زيادة المسامية الكلية عند العمق السطحي قياساً مع العمق D3، وهذا ما تم ملاحظته من خلال التأثير العكسي لتداخل نظم الحراثة وعمق التربة في كل من الكثافة الظاهرية (جدول 8) والمسامية الكلية للتربة (جدول 12).

جدول (12): تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%) في نهاية موسم النمو

نهاية الموسم			عمق التربة نظم الحراثة
D3	D2	D1	
48.781	52.196	58.151	T1
50.503	51.938	59.110	T2
46.008	45.835	56.188	T3
1.0340			RLSD _{0.05}

يبين الملحق (9 و 10) أن للتداخل بين المحسنات العضوية وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في المسامية الكلية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو إذ نلاحظ من الجدول (13) ان معاملة خلط المحسنات والعمق الأول (M3 X D1) حققت اعلى مسامية كلية والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة السماد الحيواني والعمق الأول (M2 X D1) إذ بلغت 61.191 و 60.484% على التوالي في بداية موسم النمو في حين تفوقت المعاملة (M3 X D1) في نهاية موسم النمو وأعطت مسامية بلغت 63.350%، بينما أعطت معاملة المقارنة والعمق الثالث (M0 X D3) اقل مسامية كلية في بداية موسم النمو بلغت 47.437% . كما سجلت المعاملة (M0 X D3) اقل مسامية كلية في نهاية موسم النمو وبدون فارق معنوي مع المعاملات (M0 X D2) و (M1 X D3) إذ بلغت قيم المسامية 46.497 و 47.597 و 47.492% للمعاملات على التوالي. ويعزى ذلك إلى وجود المحسنات العضوية لمعاملة الخلط في الطبقة السطحية للتربة (D1) ودورها في زيادة المادة العضوية التي تعمل على تحسين بناء التربة وزيادة رطوبتها ووجود الفحم النباتي في معاملة الخلط ذو المسامية والمساحة السطحية العالية مما يزيد من مسامات التربة فضلاً عن زيادة نمو وتشعب الجذور والتي لها دور فعال في تحسين صفات التربة من خلال ربط دقائقها مما ينعكس ذلك في خفض الكثافة الظاهرية للتربة وبالتالي زيادة مساميتها الكلية في حين أن معاملة المقارنة والعمق D3 تخلوا من المحسنات العضوية مما انعكس ذلك في زيادة الكثافة الظاهرية للتربة وانخفاض مساميتها. وفي الدراسة الحالية يلاحظ تفوق معاملة التداخل بين خلط المحسنات والعمق الأول في تحقيقها اعلى معدل قطر موزون (جدول 5) واقل كثافة ظاهرية (جدول 9) مما يدل ذلك على دور المحسنات العضوية في تحسين بناء التربة عند الطبقة السطحية وزيادة مساميتها.

جدول (13): تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			عمق التربة المحسنات
D3	D2	D1	D3	D2	D1	
46.497	47.597	50.734	47.437	51.385	53.743	M0
47.492	50.646	58.483	50.729	51.812	59.346	M1
49.503	50.866	58.699	52.926	53.856	60.484	M2
50.230	50.849	63.350	54.622	57.743	61.191	M3
1.1940			1.3890			RLSD _{0.05}

يوضح الملحق (9 و10) أن للتداخل الثلاثي بين معاملات الدراسة تأثيراً عالي المعنوية في المسامية الكلية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ يلاحظ من الجدول (14) تفوق معاملة التداخل بين المحراث الحفار وخط المحسنات والعمق الأول (T2 X M3 X D1) في تسجيلها أعلى مسامية كلية للتربة وبدون فارق معنوي مع المعاملات (T1 X M1 X D1) و (T1 X M2 X D1) و (T1 X T3 X D1) إذ بلغت 63.930 و 62.397 و 63.892 و 63.113% للمعاملات على التوالي عند بداية موسم النمو، كما أعطت المعاملة (T2 X M3 X D1) أعلى مسامية كلية للتربة في نهاية موسم النمو بلغت 67.290%، في حين حققت معاملة الأمشاط القرصية والمقارنة والعمق الثالث (T3 X M0 X D3) أقل مسامية كلية في بداية موسم النمو بلغت 42.170% بينما سجلت المعاملة (T3 X M0 X D2) أقل مسامية كلية وبدون فارق معنوي مع المعاملة (T3 X M0 X D3) في نهاية موسم النمو إذ بلغت 42.120 و 43.400% للمعاملتين على التوالي. ويعود ذلك إلى دور الحرارة التقليدية المتمثلة بالمحراث الحفار والمحراث المطرحي القلاب والمحسنات العضوية في تحسين بناء التربة وانخفاض الكثافة الظاهرية عند العمق الأول للتربة مما انعكس ذلك في زيادة المسامية الكلية.

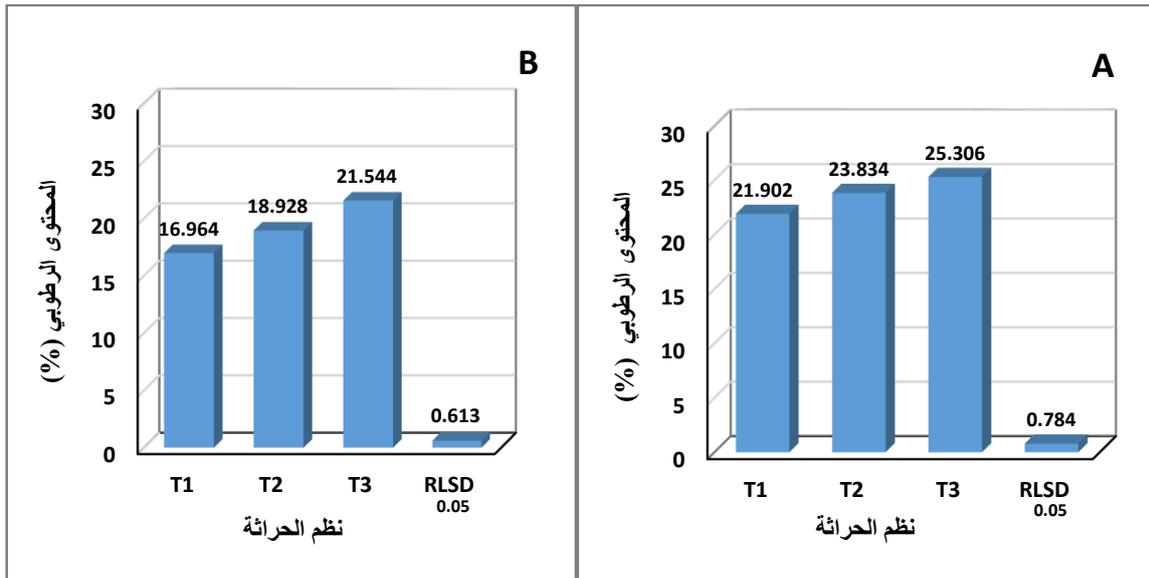
جدول (14): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			المحسّنات	نظم الحراثة
أعماق التربة			أعماق التربة				
D3	D2	D1	D3	D2	D1		
49.301	50.930	53.201	48.512	52.356	53.478	M0	T1
46.377	52.068	59.159	52.666	54.525	62.397	M1	
46.879	52.079	60.177	53.549	54.589	63.892	M2	
52.569	53.707	60.069	56.436	60.430	63.113	M3	
46.790	49.740	52.110	51.630	53.490	55.630	M0	T2
51.320	54.130	56.590	51.680	52.510	60.650	M1	
52.200	51.940	60.450	55.130	56.850	61.030	M2	
51.700	51.940	67.290	55.870	60.640	63.930	M3	T3
43.400	42.120	46.890	42.170	48.310	52.120	M0	
44.780	45.740	59.700	47.840	48.400	54.990	M1	
49.430	48.580	55.470	50.100	50.130	56.530	M2	
46.420	46.900	62.690	51.560	52.160	56.530	M3	
2.0690			2.4060			RLSD _{0.05}	

4-1-3-4- المحتوى الرطوبي Soil moisture content:

يلاحظ من النتائج المبينة في بيانات التحليل الإحصائي في الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لنظم الحراثة في المحتوى الرطوبي للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الشكل (30) تفوق نظام الحراثة الدنيا باستخدام الأمشاط القرصية (T3) معنوياً في تحقيقه أعلى محتوى رطوبي للتربة بلغت 25.306 و 21.544% عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي تلتها معاملة الحراثة التقليدية بالمحراث الحفار (T2) الذي أعطى معدل للمحتوى الرطوبي بلغ 23.834 و 18.928% للفترتين على التوالي في حين سجل المحراث المطرحي القلاب (T1) أقل معدل للصفة بلغ 21.902 و 16.964% للفترتين على التوالي. ويعود هذا التباين في المحتوى الرطوبي للتربة إلى الاختلاف في طبيعة عمل المحارث في التربة إذ تعمل الأمشاط القرصية على أعماق حراثة قليلة مما يقلل ذلك من حجم التربة المفككة وبالتالي انخفاض غيض الماء إلى الأسفل في جسم التربة مما يزيد ذلك من قابلية التربة للاحتفاظ بالماء مقارنة مع الحراثة التقليدية بالمحراث الحفار والمطرحي التي تعمل على عمق حراثة أكبر وبالتالي تغيير توزيع حجوم المسامات للتربة فضلاً عن دور الحراثة التقليدية خاصة مع المحراث المطرحي في زيادة حجم التربة المفككة المعرضة للظروف الجوية والتي بدورها تزيد من معدلات تبخر الرطوبة من السطح مما يقلل ذلك من قابلية

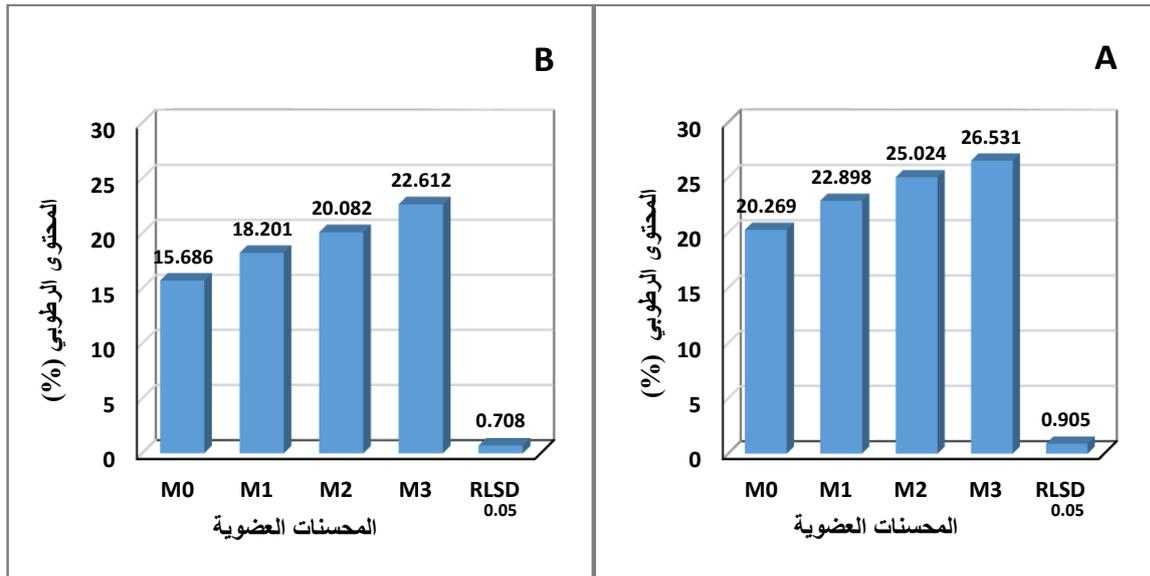
التربة للاحتفاظ بالرطوبة. وهذا ما وجده شاكر وعبد الله (2014) إذ عزيا سبب تفوق الأمشاط القرصية في زيادة قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة مقارنة بالمحراث المطرحي إلى زيادة معدلات الرشح ونفاذ الماء إلى المناطق السفلى في التربة مع الحرثة التقليدية مقارنة بالحرثة الدنيا باستخدام الأمشاط القرصية. أما سبب تفوق المحراث الحفار في زيادة المحتوى الرطوبي للتربة مقارنة بالمحراث المطرحي القلاب فقد يرجع إلى دور المحراث الحفار في تحسين بناء التربة (شكل 18) وتفكيك التربة دون قلبها الأمر الذي يقلل من حجم التربة المفككة المعرضة لأشعة الشمس والرياح فيقل بذلك معدلات التبخر، بالإضافة إلى دور المحراث الحفار في تحسين صفات التربة مثل انخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية وهذا بدوره يزيد من قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة على العكس من المحراث المطرحي الذي يعمل على قلب مقطع التربة وتعريضها للظروف الجوية من أشعة الشمس والرياح التي تساعد على زيادة سرعة التبخر. وقد اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من Boydas و Turqut (2007) والطائي وآخرون (2015) الذين أشاروا إلى تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي القلاب في زيادة قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة.



شكل (30): تأثير نظم الحرثة في المحتوى الرطوبي للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) أن لأضافه المحسنات العضوية تأثيراً عالي المعنوية في زيادة المحتوى الرطوبي للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الشكل (31) ان معاملة خط الفحم النباتي مع السماد الحيواني (M3) أعطت اعلى معدل للمحتوى الرطوبي تلتها معاملة السماد الحيواني (M2) ثم الفحم النباتي (M1) بينما أعطت معاملة المقارنة (M0) اقل معدل

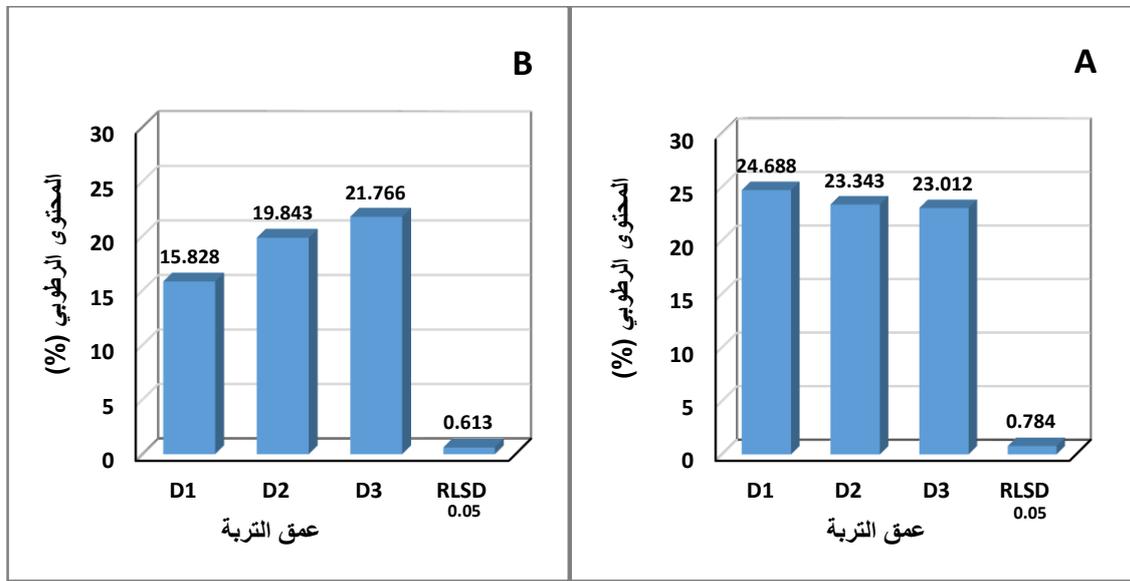
للرطوبة، إذ بلغ معدل القيم عند بداية موسم النمو 26.531 و 25.024 و 22.898 و 20.269% لمعاملات المحسنات M3 و M2 و M1 و M0 على التوالي، بينما بلغت في نهاية موسم النمو 22.612 و 20.082 و 18.201 و 15.686% للمعاملات على التوالي. ويعود ذلك إلى دور كل من السماد الحيواني والفحم النباتي في زيادة محتوى التربة من المادة العضوية التي تملك مساحة سطحية عالية تؤدي إلى زيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالرطوبة بالإضافة إلى قابلية الفحم العالية على مسك الماء. فضلاً عن دور المحسنات العضوية في تحسين بناء التربة (شكل 19) وانخفاض كثافتها الظاهرية (شكل 23) وزيادة مساميتها (شكل 27) مما يزيد ذلك من قابلية التربة على مسك الماء وزيادة محتواها من الرطوبة. وبالتالي فإن التأثير المشترك للمحسنين معاً لمعاملة الخط (M3) في تحسين بناء التربة وصفاتها الفيزيائية ساعد على زيادة قابليتها للاحتفاظ بالرطوبة بمقدار أكبر قياساً مع معاملات المحسنات الأخرى فضلاً عن المقارنة. وقد اتفقت هذه النتائج مع Guo وآخرون (2016) و Rahim وآخرون (2019) الذين أشاروا إلى زيادة المحتوى الرطوبي للتربة مع إضافة المحسنات العضوية.



شكل (31): تأثير المحسنات العضوية في المحتوى الرطوبي للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

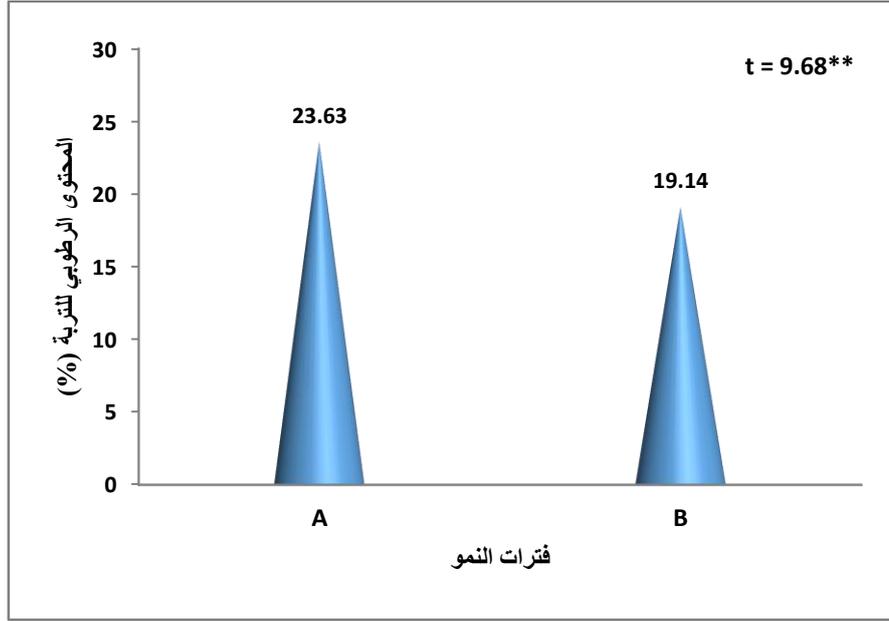
يوضح الملحق (9 و 10) أن لعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في المحتوى الرطوبي للتربة ولكلا فترتي موسم النمو. إذ يلاحظ من الشكل (32) حصول انخفاض في المحتوى الرطوبي مع زيادة العمق عند بداية موسم النمو إذ تفوق العمق D1 معنوياً في زيادة نسبة الرطوبة على الأعماق D2 و D3 وبدون فارق معنوي بين الأعماق D2 و D3 إذ بلغت 24.688 و 23.343 و 23.012%

للأعماق D1 و D2 و D3 على التوالي، في حين ازدادت مع العمق عند نهاية الموسم لتبلغ 15.828 و 19.843 و 21.766% للأعماق D1 و D2 و D3 على التوالي. ويعزى سبب انخفاض رطوبة التربة مع العمق عند بداية موسم النمو إلى انخفاض درجات الحرارة فضلاً عن سقوط الأمطار وعمليات الري عند فترة بداية موسم النمو بالإضافة إلى وجود المحسنات العضوية عند الطبقة السطحية للتربة الأمر الذي قلل من معدلات تبخر الماء من سطح التربة وزاد من قابلية الطبقة السطحية على الاحتفاظ بالرطوبة على العكس من فترة نهاية موسم النمو التي تميزت بارتفاع درجات الحرارة ودورها في زيادة معدلات التبخر من سطح التربة مما أدى ذلك إلى زيادة رطوبة التربة مع العمق نتيجة بعد الطبقات السفلى للتربة عن الظروف الجوية، وقد اتفقت هذه النتيجة مع ما توصل إليه جاسم (2015).



شكل (32): تأثير عمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

يلاحظ من نتائج اختبار t في الملحق (11) أن لفترة نمو النبات تأثيراً عالي المعنوية في المحتوى الرطوبي للتربة، إذ نلاحظ من الشكل (33) ان رطوبة التربة انخفضت عند نهاية موسم النمو بنسبة 19% مقارنة مع بداية فترة النمو. ويعزى ذلك إلى زيادة الاستهلاك المائي للنبات نتيجة زيادة امتصاص جذور النبات للماء مع تقدم موسم النمو فضلاً عن زيادة التبخر من سطح التربة نتيجة ارتفاع درجات الحرارة خلال فترة نهاية موسم النمو (شهر نيسان) مقارنة مع فترة بداية الموسم. وهذا يتفق مع ما توصل إليه كل من الشامي (2013) وجاسم (2015) الذين أشاروا إلى انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة مع تقدم موسم نمو النبات.



شكل (33): تأثير فترات النمو على المحتوى الرطوبي
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

تشير النتائج المبينة في الملحق (9 و10) إلى وجود تأثيراً عالي المعنوية للتداخل بين نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في المحتوى الرطوبي للتربة في بداية موسم النمو ومعنوي عند نهايته، إذ يبين الجدول (15) تسجيل معاملي الأمشاط القرصية مع خلط المحسّنات والأمشاط القرصية مع السماد الحيواني (T3 X M2 و T3 X M3) أعلى محتوى رطوبي للتربة إذ بلغت 28.383 و 27.210% عند بداية موسم النمو على التوالي مع عدم وجود فرق معنوي بينهما، في حين سجلت المعاملة (T3 X M3) أعلى نسبة رطوبة بلغت 25.250% في نهاية موسم النمو. بينما سجلت معاملة المحراث المطرحي والمقارنة (T1 X M0) أقل رطوبة للتربة بلغت 18.873 و 13.200% للفترتين على التوالي. ويعود ذلك إلى التأثير المشترك للأمشاط القرصية والمحسّنات العضوية لمعاملة الخلط في زيادة قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة إذ تعمل المحسّنات العضوية على تحسين بناء التربة وزيادة المسامات داخل التجمعات فضلاً عن انخفاض حجم التربة المفككة المعرضة للظروف الجوية مع استخدام الأمشاط القرصية وهذا بدوره يقلل من فقد الرطوبة ويزيد من قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة على العكس من المحراث المطرحي الذي يعمل على زيادة حجم التربة المفككة والمعرضة لأشعة الشمس والرياح فيزداد بذلك معدلات التبخر من السطح فضلاً عن خلط معاملة المقارنة من المحسّنات العضوية الأمر الذي ينعكس في انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة.

جدول (15): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في المحتوى الرطوبي للتربة (%) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم				بداية الموسم				المحسّنات نظم الحراثة
M3	M2	M1	M0	M3	M2	M1	M0	
21.153	17.450	16.053	13.200	24.380	23.690	20.663	18.873	T1
21.430	20.420	17.653	16.207	26.830	24.173	22.620	21.713	T2
25.250	22.380	20.900	17.650	28.380	27.210	25.410	20.220	T3
1.2270				1.5680				RLSD _{0.05}

يوضح الملحق (10) وجود تأثيراً معنوياً للتداخل بين نظم الحراثة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة عند نهاية موسم النمو في حين لم يكن هناك فرق معنوي للتداخل في بداية موسم النمو (ملحق 9). إذ نلاحظ من الجدول (16) ان معاملة الأمشاط القرصية والعمق الثالث (T3 X D3) حققت عند نهاية موسم النمو اعلى رطوبة للتربة بلغت 23.643%، أما اقل محتوى رطوبي فقد سجلت لمعاملة المحراث المطرحي والعمق الأول عند نهاية الموسم بلغت 12.880%. ويعود سبب ذلك لانخفاض حجم التربة المفككة وقلة تعرضها للظروف الجوية عند الحراثة بالأمشاط القرصية فضلاً عن بعد العمق الثالث عن المؤثرات الخارجية مما قلل ذلك من معدلات التبخر على العكس من الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب الذي يعمل على زيادة حجم التربة المفككة المعرضة للظروف الجوية وبالتالي زيادة معدلات التبخر من سطح التربة.

جدول (16): تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة (%) في نهاية موسم النمو

نهاية الموسم			عمق التربة نظم الحراثة
D3	D2	D1	
20.025	17.988	12.880	T1
21.630	19.573	15.580	T2
23.643	21.968	19.023	T3
1.0630			RLSD _{0.05}

تشير النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) إلى وجود تأثيراً عالي المعنوية للتداخل بين المحسّنات العضوية وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة ولكلا فترتي نمو النبات، إذ نلاحظ من الجدول (17) ان معاملة خلط المحسّنات والعمق الأول (M3 X D1) حققت عند بداية موسم النمو اعلى

محتوى رطوبي بلغ 30.823%، ويعود ذلك إلى دور المحسنات العضوية لمعاملة الخلط في تحسين بناء التربة وصفاتها الفيزيائية فضلاً عن قابلية هذه المحسنات على تحسين قابلية التربة على مسك الماء وزيادة سعة التربة الامتصاصية نتيجة لامتلاكها مساحة سطحية عالية مما يزيد ذلك من قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة. بينما سجلت معاملة المقارنة والعمق الأول (M0 X D1) اقل محتوى رطوبي في بداية موسم النمو بلغ 17.210%، ويعود ذلك إلى خلو معاملة المقارنة من المحسنات العضوية وانخفاض المادة العضوية فيها مما ينعكس ذلك في تدهور بناء التربة وانخفاض قابلية التربة على مسك الماء.

كما بينت النتائج المبينة في الجدول (17) تحقيق معاملة الخلط والعمق الثالث (M3 X D3) اعلى محتوى رطوبي في نهاية موسم النمو بلغ 25.747%، وهذا يعود الى دور المحسنات العضوية المضافة للتربة التي تحسن من بناء التربة وتزيد من قابليتها على الاحتفاظ بالرطوبة فضلاً عن بعد العمق الثالث (D3) عن الظروف الجوية مما يقلل من التبخر من سطح التربة. بينما سجلت معاملة المقارنة والعمق الأول (M0 X D1) اقل محتوى رطوبي عند نهاية موسم النمو بلغ 12.913%، ويعود ذلك الى خلو معاملة المقارنة من المحسنات العضوية وانخفاض المادة العضوية فيها مما ينعكس ذلك في تدهور بناء التربة وانخفاض قابلية التربة على مسك الماء فضلاً عن التبخر من الطبقة السطحية للتربة (D1) نتيجة تعرضها المباشر للظروف الجوية خاصة مع ارتفاع درجات الحرارة نهاية موسم نمو النبات وهذا بدوره يقلل من قابلية التربة على الاحتفاظ بالرطوبة.

جدول (17): تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			عمق التربة المحسنات
D3	D2	D1	D3	D2	D1	
17.703	16.440	12.913	23.120	20.477	17.210	M0
19.667	18.233	16.703	20.830	23.203	24.660	M1
23.947	21.147	15.153	24.527	24.490	26.057	M2
25.747	23.550	18.540	23.570	25.200	30.823	M3
1.2270			1.5680			RLSD _{0.05}

توضح بيانات التحليل الإحصائي في الملحق (9 و10) أن للتداخل الثلاثي لمعاملات الدراسة تأثيراً عالي المعنوية في المحتوى الرطوبي للتربة ولكلا فترتي نمو النبات. إذ تشير النتائج في

الجدول (18) تفوق معاملة التداخل بين الأمشاط القرصية وخط المحسنات والعمق الأول (T3 X M3 X D1) في تحقيقها أعلى محتوى رطوبي للتربة عند بداية موسم النمو بلغت 35.430%. ويعزى ذلك إلى دور المحسنات العضوية لمعاملة الخلط عند الطبقة السطحية للتربة (D1) في تحسين بناء التربة وزيادة قابليتها على الاحتفاظ بالرطوبة بالإضافة إلى انخفاض عمق التربة المفككة مع استخدام الأمشاط القرصية الأمر الذي يقلل من تصريف الماء إلى الأسفل ويقلل من حجم التربة المعرضة للتبخر خاصة مع اعتدال الظروف الجوية بداية فترة النمو وهذا بدوره يقلل من فقد الرطوبة ويزيد من قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة. أما عند نهاية فترة النمو فإن أعلى محتوى رطوبي للتربة تم تحقيقه عند معاملة التداخل بين الأمشاط القرصية وخط المحسنات والعمق الثالث (T3 X M3 X D3) بلغت 28.270% ويعود ذلك إلى ما تم الإشارة إليه من دور المحسنات العضوية لمعاملة الخلط والأمشاط القرصية في زيادة قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة ودورها في تحسين بناء التربة وعند تحللها في نهاية الموسم تعمل على تغليف تجمعات التربة عند الأعماق D1 و D2 مما يحسن من توزيع حجوم المسامات وبالتالي تمنع صعود الماء بالخاصية الشعرية من العمق D3 وبهذا يحتفظ العمق D3 بالرطوبة فضلاً عن انخفاض معدلات التبخر من العمق الثالث (D3) نتيجة بعده عن الظروف الجوية الحارة خلال فترة نهاية موسم النمو وهذا بدوره ساعد في تفوق معاملة التداخل هذه في زيادة المحتوى الرطوبي للتربة.

كما أظهرت النتائج أن أقل محتوى رطوبي للتربة تم تسجيله عند معاملة التداخل بين المحراث المطرحي والمقارنة والعمق الأول (T1 X M0 X D1) وبدون فارق معنوي مع المعاملة (T1 X M1 X D3) إذ بلغت 16.610 و 16.960% على التوالي في بداية موسم النمو، بينما سجلت المعاملات (T1 X M0 X D1) و (T1 X M2 X D1) و (T2 X M0 X D1) أقل محتوى رطوبي في نهاية موسم النمو وبدون فارق معنوي إذ بلغ 10.750 و 12.690 و 12.610% للمعاملات على التوالي. ويعود ذلك إلى تدهور بناء التربة عند معاملة المقارنة نتيجة عدم احتوائها على المحسنات العضوية عند بداية موسم النمو فضلاً عن دور المحراث المطرحي والحفار في زيادة مسامية التربة مما يزيد ذلك من حركة الماء إلى الأسفل بعيداً عن الطبقة السطحية للتربة (D1) بالإضافة إلى زيادة معدلات التبخر من السطح نتيجة تعرض التربة المفككة عند السطح إلى الظروف الجوية المختلفة خاصة في نهاية موسم النمو الأمر الذي انعكس في انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة تحت تأثير تلك المعاملات.

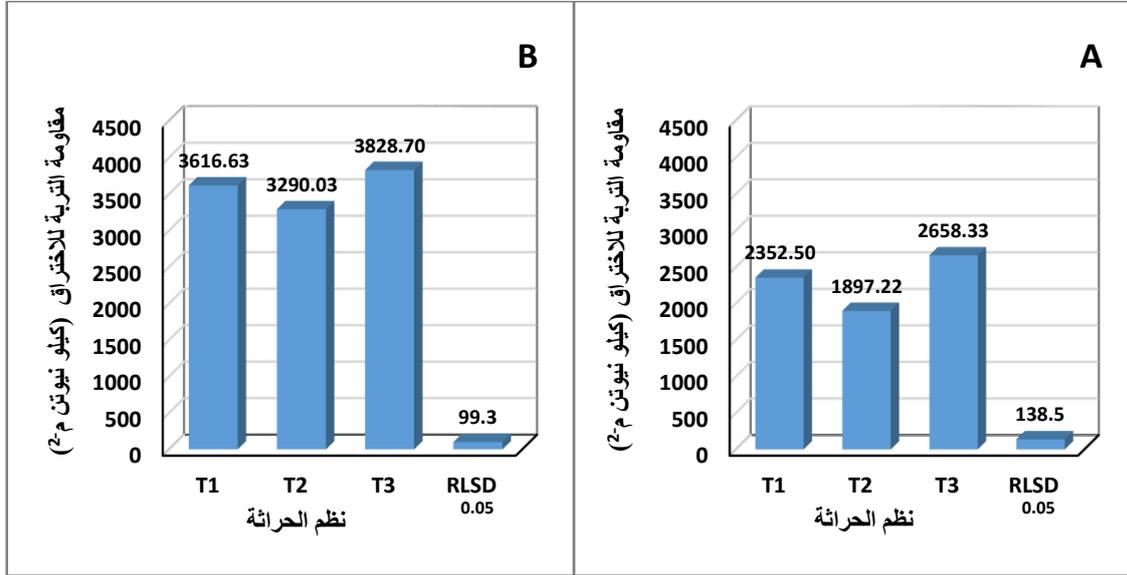
جدول (18): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة (%) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			المحسّنات	نظم الحراثة
أعماق التربة			أعماق التربة				
D3	D2	D1	D3	D2	D1		
15.320	13.530	10.750	21.160	18.850	16.610	M0	T1
17.760	16.100	14.300	16.960	21.450	23.580	M1	
21.410	18.250	12.690	22.500	23.310	25.260	M2	
25.610	24.070	13.780	21.180	25.330	26.630	M3	
18.450	17.560	12.610	24.360	20.550	20.230	M0	T2
18.420	17.450	17.090	20.580	22.560	24.720	M1	
26.290	21.440	13.530	23.640	24.390	24.490	M2	
23.360	21.840	19.090	24.830	25.250	30.410	M3	
19.340	18.230	15.380	23.840	22.030	14.790	M0	T3
22.820	21.150	18.720	24.950	25.600	25.680	M1	
24.140	23.750	19.240	27.440	25.770	28.420	M2	
28.270	24.740	22.750	24.700	25.020	35.430	M3	
2.1250			2.7160			RLSD _{0.05}	

4-3-1-5- مقاومة التربة للاختراق Soil penetration resistance:

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لنظم الحراثة في مقاومة التربة للاختراق ولكلا فترتي موسم النمو ، إذ نلاحظ من الشكل (34) تفوق المحراث الحفار (T2) في تسجيله اقل معدل لمقاومة الاختراق عند بداية ونهاية موسم النمو بلغ 1897.22 و 3290.02 كيلو نيوتن م⁻² على التوالي في حين سجلت الأمشاط القرصية (T3) أعلى معدل للصفة بلغ 2658.33 و 3828.70 كيلو نيوتن م⁻² للفترتين على التوالي، أما المحراث المطرحي (T1) فقد حقق قيمة وسطية للصفة ولكلا فترتي النمو بلغت 2352.50 و 3616.63 كيلو نيوتن م⁻² على التوالي. ويرجع سبب تفوق المحراث الحفار في خفض مقاومة التربة للاختراق إلى دوره في التقليل من رص التربة وزيادة مساميتها (شكل 26) وخفض كثافتها الظاهرية (شكل 22) وبالتالي انخفاض مقاومتها للاختراق. وهذا ما وجدته Mikha وآخرون (2011) إذ حصلوا على انخفاض في مقاومة التربة للاختراق بنسبة 48.77% مع استخدام المحراث الحفار مقارنة بالمحراث المطرحي القلاب. في حين أن ارتفاع قيم مقاومة الاختراق لمعاملة الأمشاط القرصية قد يعود إلى انخفاض عمق التربة المفككة بالأمشاط القرصية الأمر الذي ينعكس في زيادة طبقات التربة المرصوة وارتفاع كثافتها

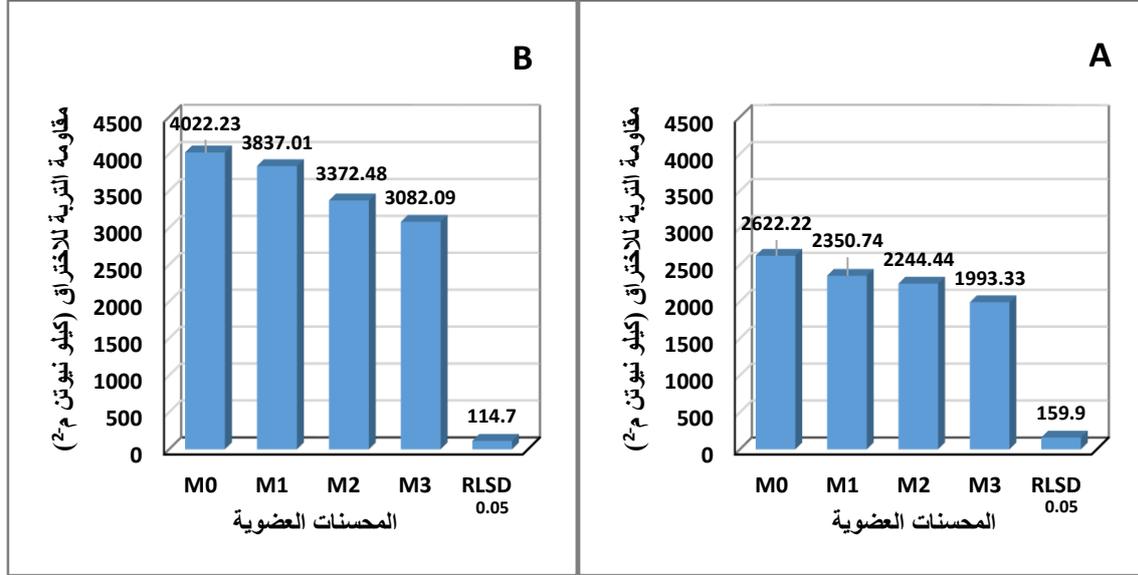
الظاهرة تحت عمق الحراثة مما يزيد ذلك من معدل قيم مقاومة الاختراق وهذا ما أشار إليه Ghazavi (2007) وأكدته النصار (2015) من أن مقاومة الاختراق لطبقات التربة غير المحروثة أعلى مقارنة مع التربة المحروثة.



شكل (34): تأثير نظم الحراثة في مقاومة التربة للاختراق (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

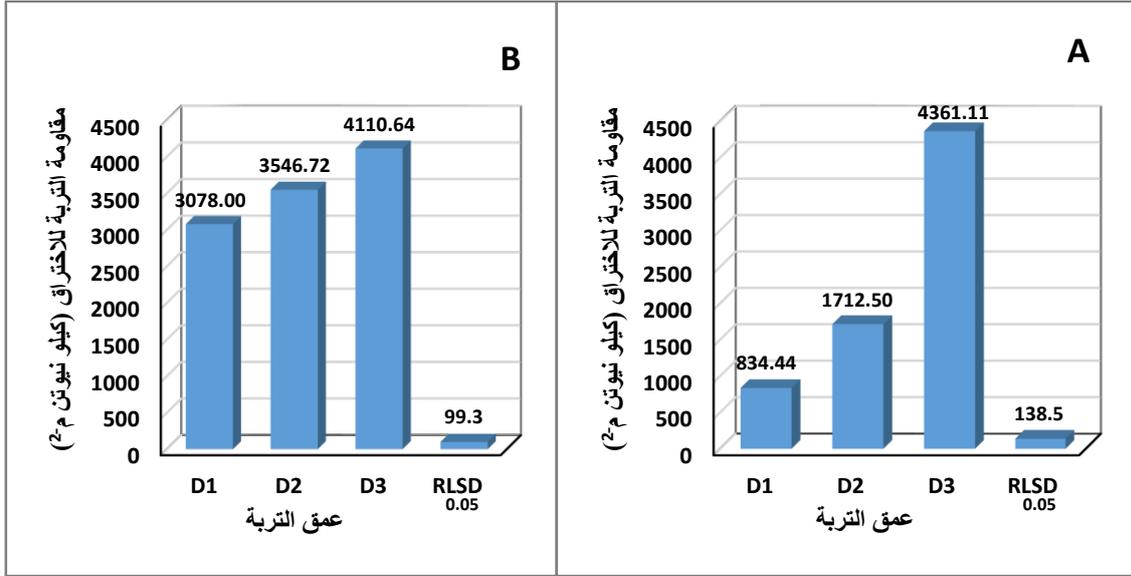
يلاحظ من النتائج المبينة في الملحق (9 و10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لإضافة المحسنات العضوية في خفض مقاومة التربة للاختراق ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الشكل (35) تفوق معاملة خلط المحسنات العضوية (M3) معنوياً في تحقيقها أقل معدل لمقاومة التربة للاختراق ولكلا فترتي موسم النمو بلغت 1993.33 و3082.08 كيلو نيوتن م⁻² على التوالي، تلتها معاملة السماد الحيواني (M2) التي حققت معدل للصفة بلغ 2244.44 و3372.48 كيلو نيوتن م⁻² ثم الفحم النباتي (M1) التي سجلت 2350.74 و3837.01 كيلو نيوتن م⁻² عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي، في حين سجلت معاملة المقارنة (M0) أعلى معدل لمقاومة التربة للاختراق بلغ 2622.22 و4022.23 كيلو نيوتن م⁻² للفترتين على التوالي. ويعود ذلك إلى التأثير المشترك لكل من السماد الحيواني والفحم النباتي لمعاملة الخلط في زيادة المادة العضوية في التربة ودورها في تحسين بناء التربة وزيادة ثباتيتها فضلاً عن تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة مثل انخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية الكلية والمحتوى الرطوبي مما يؤدي ذلك إلى انخفاض مقاومة التربة للاختراق. وهذا ما بينته النتائج السابقة من تفوق معاملة خلط المحسنات في تحسين ثباتية التربة (شكل 19) وخفض كثافتها الظاهرية (شكل 23) وزيادة مساميتها (شكل 27) ورطوبتها (شكل 31) مقارنة مع

معاملات المحسنات الأخرى فضلاً عن معاملة المقارنة مما يؤكد دور معاملة الخلط في تحسين بناء التربة وانخفاض مقاومة التربة للاختراق. أشار القناص (2001) إلى أن انخفاض مقاومة التربة للاختراق عند إضافة المحسنات العضوية يرجع إلى دورها في زيادة مسامية التربة وخفض كثافتها الظاهرية.



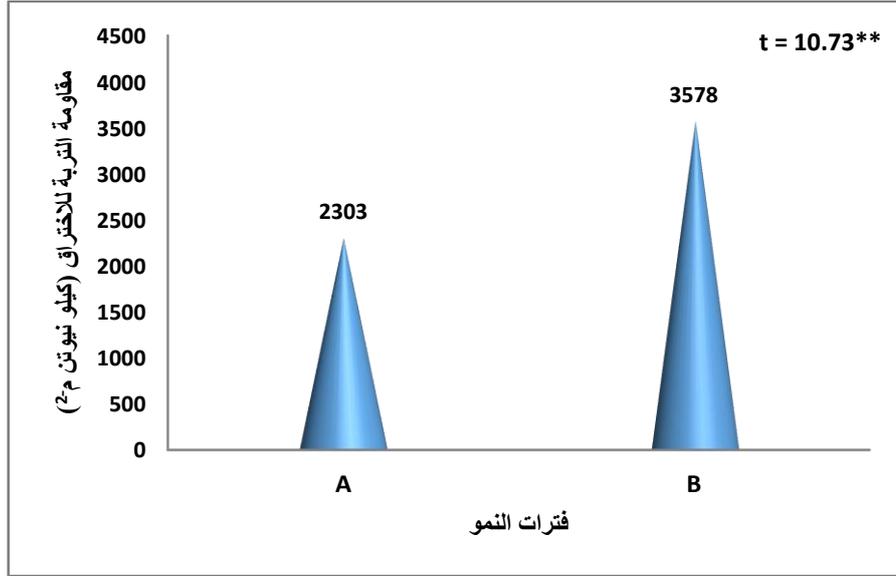
شكل (35): تأثير المحسنات العضوية في مقاومة التربة للاختراق (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

يلاحظ من النتائج المبينة في الملحق (9 و10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق ولكلا فترتي موسم النمو، إذ يوضح الشكل (36) أن مقاومة التربة للاختراق تزداد مع زيادة عمق التربة ولكلا فترتي نمو النبات إذ بلغت عند بداية موسم النمو 834.44 و1712.50 و4361.11 كيلو نيوتن م⁻² للأعماق D1 وD2 وD3 على التوالي في حين ازدادت عند نهاية الموسم لتبلغ 3078.00 و3546.72 و4110.63 كيلو نيوتن م⁻² لأعماق التربة على التوالي. ويعود ذلك إلى زيادة تماسك التربة وصلابتها وزيادة كثافتها الظاهرية (شكل 24) وانخفاض مساميتها (شكل 28) مع زيادة العمق نتيجة الضغط المسلط على الطبقات السفلى من الطبقات العليا للتربة فضلاً عن انخفاض المادة العضوية في الأعماق السفلى وزيادتها عند الطبقة السطحية للتربة مما أدى ذلك إلى زيادة مقاومة التربة للاختراق مع العمق. وقد اتفقت هذه النتائج مع كل من Mosaddeghi وآخرون (2009) والنصار (2015) الذين أشاروا إلى زيادة مقاومة التربة للاختراق مع زيادة عمق التربة.



شكل (36): تأثير عمق التربة في مقاومة التربة للاختراق (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

تبين نتائج اختبار t في الملحق (11) ان لفترتي موسم النمو تأثيراً عالي المعنوية في مقاومة التربة للاختراق، اذ نلاحظ من الشكل (37) أن مقاومة التربة للاختراق تزداد معنوياً عند نهاية موسم النمو وبنسبة زيادة قدرها 55.36% مقارنة مع بداية موسم النمو. ويعزى ذلك إلى زيادة الكثافة الظاهرية (شكل 25) وانخفاض المسامية الكلية للتربة (شكل 29) مع تقدم موسم النمو للنبات نتيجة عمليات الري التي تسبب حركة دقائق الطين وترسيبها في الفراغات المسامية للتربة. كما أن انخفاض رطوبة التربة (شكل 33) نهاية الموسم تزيد من تماسك التربة وصلابتها وهذا بدوره يزيد من مقاومة التربة للاختراق. وقد اتفقت هذه النتائج مع الطحان وعبد القادر (2010) والموسوي والتميمي (2011) الذين أشاروا إلى زيادة قيم مقاومة التربة للاختراق مع تقدم فترة نمو النبات.



شكل (37): تأثير فترات النمو في مقاومة التربة للاختراق
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

تشير النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) الى أن للتداخل بين نظم الحراثة والمحسّنات العضوية تأثيراً عالى المعنوية في مقاومة التربة للاختراق ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (19) ان معاملة المحراث الحفار وخط المحسّنات (T2 X M3) أعطت اقل مقاومة اختراق للتربة وبدون فارق معنوي مع المعاملة (T2 X M2) إذ بلغت 1400.00 و 1500.78 كيلو نيوتن م⁻² في بداية موسم النمو على التوالي، بينما سجلت المعاملة (T2 X M3) اقل مقاومة اختراق للتربة في نهاية موسم النمو بلغت 2457.41 كيلو نيوتن م⁻². في حين حققت معاملة الأمشاط القرصية والمقارنة (T3 X M0) اعلى مقاومة اختراق وبدون فارق معنوي مع المعاملة (T3 X M2) إذ بلغت 2822.22 و 2805.56 كيلو نيوتن م⁻² في بداية موسم النمو على التوالي، بينما سجلت المعاملة (T3 X M0) اعلى مقاومة اختراق في نهاية موسم النمو بلغت 4301.85 كيلو نيوتن م⁻². ويعود ذلك للدور المشترك لكل من المحراث الحفار والمحسّنات العضوية لمعاملة الخلط في تحسين ثباتية تجمعات التربة (جدول 3) وزيادة المسامية الكلية للتربة (جدول 11) وانخفاض كثافتها الظاهرية (جدول 7) وزيادة رطوبتها (جدول 15) مما انعكس ذلك في انخفاض مقاومة التربة للاختراق، على العكس من معاملة الأمشاط القرصية والمقارنة التي تخلوا من الإضافات العضوية مما أدى إلى تدهور الصفات الفيزيائية للتربة مثل انخفاض مساميتها وارتفاع كثافتها الظاهرية وهذا بدوره زاد من مقاومة التربة للاختراق.

جدول (19): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م⁻²) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم				بداية الموسم				المحسّنات نظم الحراثة
M3	M2	M1	M0	M3	M2	M1	M0	
3390.74	3566.56	3659.19	3850.04	2130.00	2350.00	2246.67	2683.33	T1
2457.41	2984.22	3803.67	3914.81	1400.00	1577.78	2250.00	2361.11	T2
3398.11	3566.67	4048.19	4301.85	2450.00	2805.56	2555.56	2822.22	T3
198.70				276.90				RLSD _{0.05}

يوضح الملحق (9 و 10) أن للتداخل بين نظم الحراثة وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في مقاومة التربة للاختراق ولكلا فترتي موسم النمو، إذ يبين الجدول (20) ان معاملة المحراث الحفار والعمق الأول (T2 X D1) حققت اقل مقاومة اختراق وبدون فارق معنوي مع معاملة المحراث المطرحي والعمق الأول (T1 X D1) في بداية موسم النمو إذ بلغت 683.33 و 765.83 كيلو نيوتن م⁻² للمعاملتين على التوالي، كما سجلت المعاملة (T2 X D1) اقل مقاومة اختراق في نهاية موسم النمو بلغت 2756.19 كيلو نيوتن م⁻²، بينما سجلت اعلى مقاومة اختراق للتربة عند معاملة الأمشاط القرصية والعمق الثالث (T3 X D3) بداية موسم النمو بلغت 4762.500 كيلو نيوتن م⁻²، في حين سجلت معاملة المحراث المطرحي والعمق الثالث (T1 X D3) اعلى مقاومة اختراق للتربة في نهاية الموسم والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة الأمشاط القرصية والعمق الثالث (T3 X D3) إذ بلغت 4348.556 و 4297.25 كيلو نيوتن م⁻² للمعاملتين على التوالي. ويعود ذلك إلى دور المحراث الحفار والمطرحي في تحسين صفات التربة الفيزيائية فضلاً عن وجود المحسّنات العضوية في العمق الأول للتربة ودورها في تحسين بناء التربة وخصائصها الفيزيائية مثل انخفاض الكثافة الظاهرية (جدول 8) وزيادة مساميتها الكلية (جدول 12) مما ينعكس ذلك في انخفاض مقاومتها للاختراق مقارنة مع الطبقة التحتية للتربة (D3) ذات الكثافة الظاهرية العالية والمسامية المنخفضة فضلاً عن انخفاض نسبة المادة العضوية فيها فتزداد تبعاً لذلك قيم مقاومة التربة للاختراق.

جدول (20): تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م⁻²) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			عمق التربة / نظم الحراثة
D3	D2	D1	D3	D2	D1	
4348.56	3426.28	3075.06	4516.67	1775.00	765.83	T1
3686.11	3427.78	2756.19	3804.17	1204.17	683.33	T2
4297.25	3786.11	3402.75	4762.50	2158.33	1054.17	T3
172.00			239.80			RLSD _{0.05}

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) أن للتداخل بين المحسنات العضوية وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في مقاومة التربة للاختراق ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (21) أن أقل مقاومة اختراق للتربة سجلت لمعاملة السماد الحيواني مع العمق الأول (M2 X D1) في بداية موسم النمو والتي لم تختلف معنوياً مع المعاملات (M3 X D1) و (M1 X D1) و (M0 X D1) إذ بلغت 772.22 و 774.44 و 785.56 و 1005.55 كيلو نيوتن م⁻² للمعاملات على التوالي، كما سجلت معاملة خلط المحسنات والعمق الأول (M3 X D1) أقل القيم في نهاية الموسم وبدون فارق معنوي مع المعاملة (M2 X D1) إذ بلغت 2794.40 و 2975.00 كيلو نيوتن م⁻² للمعاملتين على التوالي. ويعود ذلك إلى وجود المحسنات العضوية في الطبقة السطحية للتربة (D1) ودورها في تحسين الصفات الفيزيائية للتربة كإنخفاض الكثافة الظاهرية (جدول 9) وارتفاع المسامية الكلية (جدول 13) فضلاً عن زيادة الرطوبة في الطبقة السطحية للتربة بداية الموسم مما ينعكس ذلك في انخفاض مقاومة التربة للاختراق. كما تبين النتائج تسجيل أعلى مقاومة اختراق للتربة عند معاملة الفحم النباتي والعمق الثالث (M1 X D3) في بداية موسم النمو وبدون فارق معنوي مع المعاملة (M0 X D3) إذ بلغت 4711.11 و 4683.33 كيلو نيوتن م⁻² على التوالي، ومعاملة المقارنة والعمق الثالث (M0 X D3) عند نهاية الموسم والتي لم تختلف معنوياً مع المعاملة (M1 X D3) إذ بلغت 4700.00 و 4620.41 كيلو نيوتن م⁻² على التوالي. ويعزى ذلك إلى ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية للتربة عند العمق D3 نتيجة عدم تفككه بالحراثة فضلاً عن خلوه من المحسنات العضوية الأمر الذي انعكس في ارتفاع قيم مقاومة الاختراق للتربة.

جدول (21): تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م⁻²) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			عمق التربة المحسنات
D3	D2	D1	D3	D2	D1	
4700.00	4035.19	3331.52	4683.33	2177.78	1005.55	M0
4620.41	3679.56	3211.07	4711.11	1555.56	785.56	M1
3801.78	3340.67	2975.00	4205.56	1755.56	772.22	M2
3320.37	3131.48	2794.41	3844.44	1361.11	774.44	M3
198.70			276.90			RLSD _{0.05}

يوضح الملحق (9 و 10) أن للتداخل الثلاثي لمعاملات الدراسة تأثيراً عالي المعنوية في مقاومة التربة للاختراق في بداية موسم النمو ومعنوي عند نهايته، إذ يلاحظ من الجدول (22) ان اقل مقاومة اختراق سجلت في بداية موسم النمو عند معاملة التداخل بين المحراث الحفار والسماد الحيواني والعمق الأول (T2 X M2 X D1) بلغت 516.66 كيلو نيوتن م⁻²، والتي لم تختلف معنويًا مع المعاملات (T1 X M1 X D1) و (T1 X M2 X D1) و (T1 X M3 X D1) و (T2 X M0 X D1) و (T2 X M1 X D1) و (T2 X M3 X D1) و (T3 X M1 X D1)، بينما سجلت معاملة التداخل بين المحراث الحفار وخط المحسنات والعمق الأول (T2 X M3 X D1) اقل مقاومة اختراق في نهاية الموسم بلغت 2183.33 كيلو نيوتن م⁻². ويعزى هذا إلى الدور المشترك لكل من المحراث الحفار والمطرحي في بداية موسم النمو والمحراث الحفار في نهاية موسم النمو مع المحسنات العضوية المضافة للطبقة السطحية للتربة (D1) في تحسين بناء التربة وخفض كثافتها الظاهرية (جدول 10) فضلاً عن زيادة مساميتها (جدول 14) الأمر الذي أدى إلى خفض مقاومة التربة للاختراق. بينما سجلت اعلى قيمة للصفة عند معاملة التداخل بين المحراث الحفار والفحم النباتي والعمق الثالث (T2 X M1 X D3) بداية الموسم بلغت 4933.33 كيلو نيوتن م⁻²، والتي لم تختلف معنويًا عن المعاملات (T1 X M0 X D3) و (T1 X M1 X D3) و (T1 X M2 X D3) و (T2 X M0 X D3) و (T3 X M0 X D3) و (T3 X M1 X D3) و (T3 X M2 X D3) و (T3 X M3 X D3)، في حين سجلت اعلى قيمة للصفة عند نهاية موسم النمو لمعاملة التداخل بين الأمشاط القرصية والمقارنة والعمق الثالث (T3 X M0 X D3) بلغت 4938.88 كيلو نيوتن م⁻²، والتي لم تختلف معنويًا مع المعاملات (T1 X M0 X D3) و (T1 X M1 X D3) و (T3 X M1 X D3). ويعود ذلك إلى زيادة تماسك التربة ورسها عند العمق D3 نتيجة عدم تفكيكه بالحرارة بالإضافة إلى خلوه من الإضافات العضوية فضلاً

عن المقارنة الأمر الذي أدى إلى زيادة الكثافة الظاهرية للتربة وقلل من المسامية الكلية بصورة كبيرة مما انعكس ذلك في ارتفاع قيم مقاومة الاختراق لمعاملات التداخل تلك ولكلا فترتي موسم النمو.

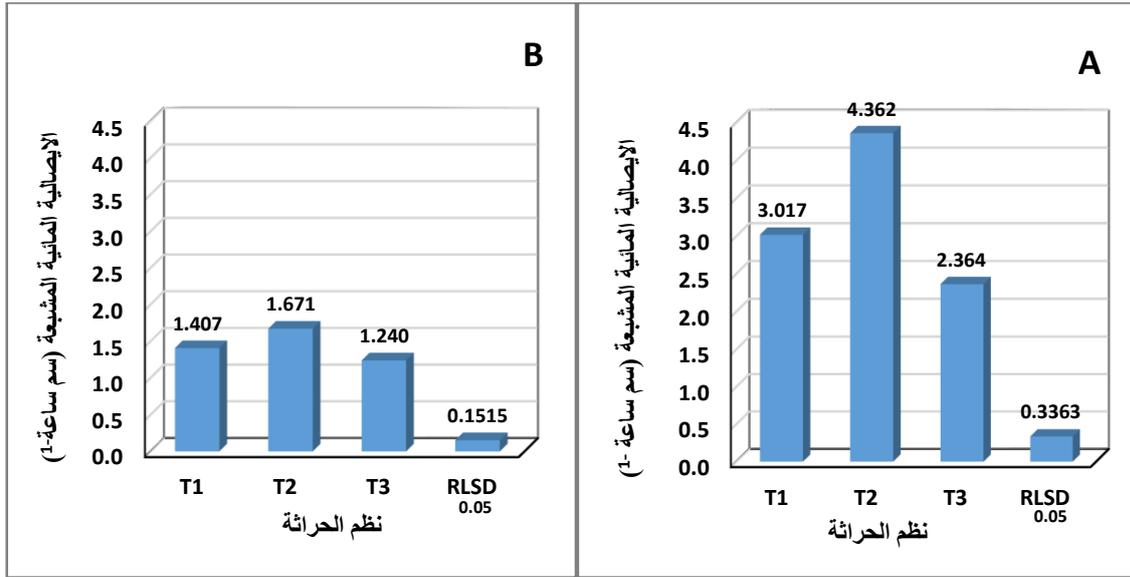
جدول (22): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م⁻²) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			المحسّنات	نظم الحراثة
أعماق التربة			أعماق التربة				
D3	D2	D1	D3	D2	D1		
4766.67	3533.33	3250.11	4516.67	2450.00	1083.33	M0	T1
4644.44	3266.44	3066.67	4516.67	1566.67	656.67	M1	
4266.44	3449.78	2983.44	4583.33	1716.67	750.00	M2	
3716.67	3455.56	3000.00	4450.00	1366.67	573.33	M3	
4394.44	4283.33	3066.67	4866.67	1416.67	800.00	M0	T2
4283.33	3961.11	3166.56	4933.33	1083.33	733.33	M1	
3394.44	2950.00	2608.22	3133.33	1083.33	516.67	M2	
2672.22	2516.67	2183.33	2283.33	1233.33	683.33	M3	
4938.89	4288.89	3677.78	4666.67	2666.67	1133.33	M0	T3
4933.44	3811.11	3400.00	4683.33	2016.67	966.67	M1	
3744.44	3622.22	3333.33	4900.00	2466.67	1050.00	M2	
3572.22	3422.22	3199.89	4800.00	1483.33	1066.67	M3	
344.10			479.70			RLSD _{0.05}	

4-3-1-6- الإيصالية المائية المشبعة Saturated hydraulic conductivity:

يوضح الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لنظم الحراثة في الإيصالية المائية المشبعة للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ يبين الشكل (38) ان المحراث الحفار (T2) حقق اعلى معدل للإيصالية المائية بلغ 4.362 و 1.671 سم ساعة⁻¹ عند بداية موسم النمو ونهايته على التوالي، في حين أعطت الأمشاط القرصية (T3) اقل معدل للصفة ولكلا فترتي موسم النمو بلغ 2.364 و 1.240 سم ساعة⁻¹، أما المحراث المطرحي (T1) فقد سجل قيماً وسطية للصفة بلغت 3.017 و 1.407 سم ساعة⁻¹ للفترتين على التوالي. ويعود سبب تفوق المحراث الحفار في زيادة الإيصالية المائية للتربة إلى تفوقه في خفض الكثافة الظاهرية (شكل 22) وزيادة المسامية الكلية للتربة (شكل 26) مما يسهل ذلك من سرعة حركة الماء إلى الأسفل، فضلاً عن دور انتشار وتغلغل الجذور في التربة في تفكك التربة وزيادة مساميتها الأمر الذي يساعد على زيادة الإيصالية المائية المشبعة. في حين أن ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية وانخفاض المسامية الكلية للتربة مع استخدام الأمشاط القرصية يعود نتيجة

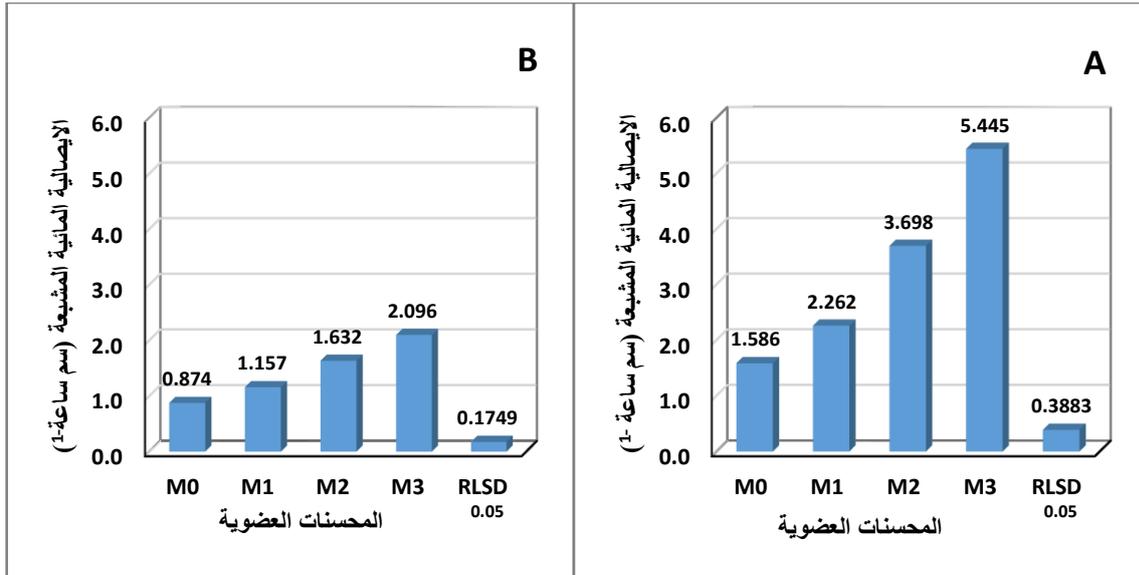
انخفاض عمق التربة المفككة بالحرارة وزيادة عمق التربة المرصوصة تحت الحرارة مما ينعكس سلباً في خفض الإيصالية المائية المشبعة بمقدار أكبر من نظم الحرارة الأخرى وهذا يتفق مع ما وجدته Jabro وآخرون (2010) إذ حصلوا على انخفاض في قيم الإيصالية المائية المشبعة بنسبة 26.75% عند استخدام الأمشاط القرصية مقارنة بالمحراث الحفار وعزوا ذلك إلى انخفاض المسامية الكلية للتربة وارتفاع كثافتها الظاهرية مع الحرارة الدنيا باستخدام الأمشاط القرصية مقارنة بالحرارة التقليدية بالمحراث الحفار.



شكل (38): تأثير نظم الحرارة في الإيصالية المائية المشبعة للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و10) أن لإضافة المحسنات العضوية تأثيراً عالي المعنوية في زيادة الإيصالية المائية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الشكل (39) ان معاملة خلط المحسنات (M3) حققت أعلى معدل للإيصالية المائية المشبعة ولكلا فترتي موسم النمو تلتها معاملة السماد الحيواني (M2) ثم الفحم النباتي (M1) في حين سجلت معاملة المقارنة (M0) أقل معدل للصفة إذ بلغت قيم الإيصالية المائية عند بداية الموسم 5.445 و3.698 و2.262 و1.586 سم ساعة⁻¹ على التوالي، أما في نهاية موسم النمو فأخذت المعاملات نفس السياق إذ تفوقت المعاملة (M3) على بقية المعاملات وبفرق عالي المعنوية تلتها المعاملة (M2) ومن ثم (M1) والتي اختلفت معنوياً عن المعاملة (M0) إذ بلغت قيم الإيصالية 2.096 و1.632 و1.157 و0.874 سم ساعة⁻¹ للمعاملات على التوالي. ويرجع سبب زيادة الإيصالية المائية مع إضافة المحسنات العضوية قياساً بمعاملة المقارنة إلى دور كل من السماد الحيواني والفحم النباتي وتأثيرهما المشترك في زيادة المادة

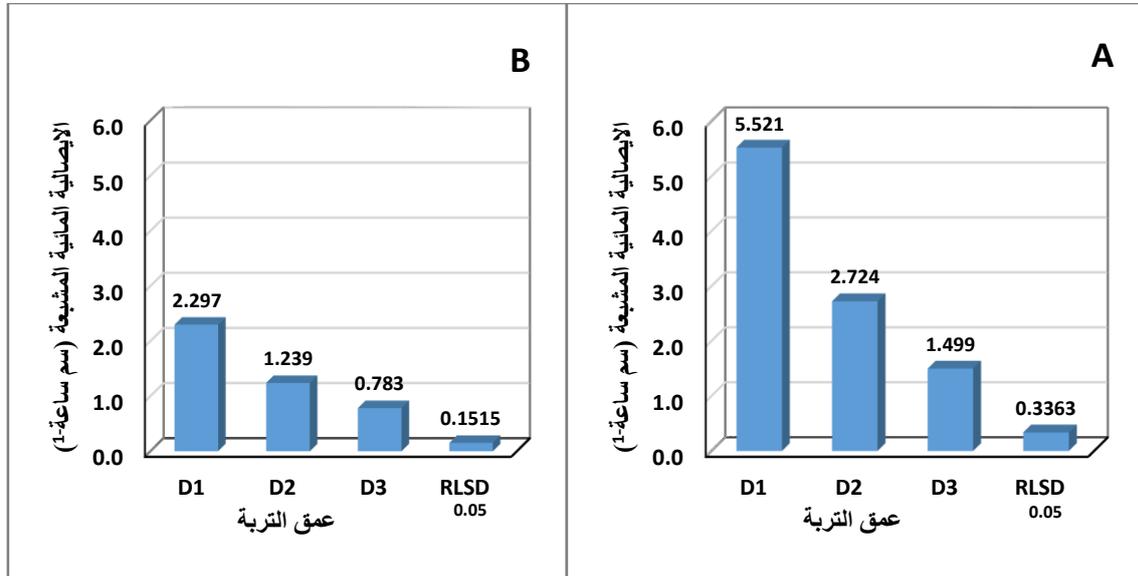
العضوية في التربة وأثرها في زيادة المسامية الكلية (شكل 27) وخفض الكثافة الظاهرية للتربة (شكل 23) وتحسين بناء التربة من خلال زيادة معدل القطر الموزون (شكل 19) وهذا بدوره ينعكس في زيادة الإيصالية المائية المشبعة. واتفقت هذه النتائج مع عدة دراسات بينت أن إضافة الفحم النباتي والسماذ الحيواني للتربة تزيد من الإيصالية المائية المشبعة (Barnes وآخرون، 2014 والولي وآخرون، 2012).



شكل (39): تأثير المحسنة العضوية في الإيصالية المائية المشبعة للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

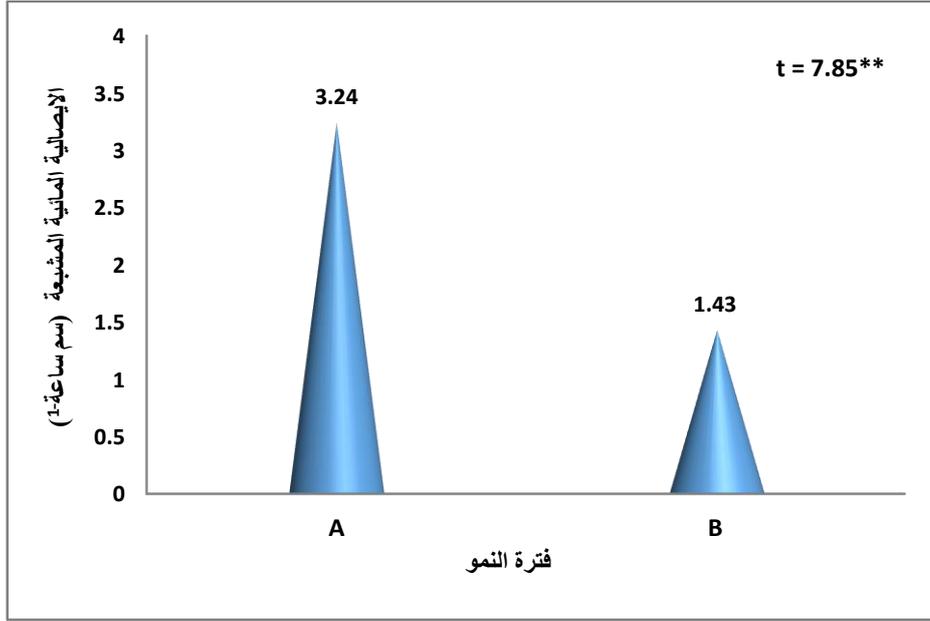
يلاحظ من النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) ان لعمق التربة تأثيراً عالياً المعنوية في الإيصالية المائية المشبعة اذ نلاحظ من الشكل (40) أن قيم الإيصالية المائية المشبعة تنخفض مع زيادة عمق التربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ تفوق العمق D1 معنوياً في زيادة الإيصالية المائية في حين تنخفض الإيصالية المائية عند العمقين D2 و D3 بنسبة 50.66 و 72.85% وبنسبة 46.06 و 65.91% عند بداية موسم النمو ونهايته على التوالي مقارنة مع العمق السطحي (D1). ويعزى ذلك إلى وجود المحسنة العضوية في العمق D1 ودورها في تحسين بناء التربة وزيادة مساميتها الكلية وهذا بدوره يزيد من الإيصالية المائية عند العمق السطحي مقارنة مع الأعماق السفلية التي تنخفض فيها المادة العضوية فضلاً عن تأثير الحرارة الأمر الذي يزيد من تماسك التربة ويرفع من كثافتها الظاهرية خاصة عند العمق D3 نتيجة عدم تفككه بالحرارة مما ينتج عن ذلك انخفاض مسامية التربة مع العمق وبالتالي انخفاض الإيصالية المائية المشبعة. وقد اتفقت هذه النتائج مع كل من Grace وآخرون (2006) والنصار (2015) الذين لاحظوا انخفاض الإيصالية المائية المشبعة مع

زيادة عمق التربة وعزوا ذلك إلى ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية وانخفاض المسامية الكلية للتربة مع العمق.



شكل (40): تأثير عمق التربة في الإيصالية المائية المشبعة للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

توضح نتائج اختبار t في الملحق (11) وجود تأثيراً عالي المعنوية لفترة نمو النبات في الإيصالية المائية المشبعة، إذ يلاحظ من الشكل (41) انخفاض قيم الإيصالية المائية المشبعة عند فترة نهاية موسم نمو النبات مقارنة مع بداية الموسم وبنسبة انخفاض مقدارها 55.86%. ويعود سبب ذلك إلى ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية (شكل 25) وانخفاض المسامية الكلية للتربة (شكل 29) عند فترة نهاية موسم النمو نتيجة حركة دقائق التربة الناعمة أثناء الري وترسيبها في مسامات التربة مسببة غلق المسامات الكبيرة والمتوسطة مع تقدم موسم النمو وهذا بدوره يقلل من الإيصالية المائية المشبعة. وهذا يتفق مع ما توصل إليه كل من النصار (2015) والشامي (2013) إذ لاحظا حصول انخفاض في قيم الإيصالية المائية المشبعة للتربة مع تقدم فترة نمو النبات.



شكل (41): تأثير فترات النمو في الإيصالية المائية المشبعة للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) أن للتداخل بين نظم الحراثة والمحسّنات العضوية تأثيراً عالياً المعنوية في الإيصالية المائية المشبعة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (23) أن معاملة المحراث الحفار وخط المحسّنات (T2 X M3) حققت أعلى إيصالية مائية بلغت 6.223 و 2.602 سم ساعة⁻¹ لبداية موسم النمو ونهايته على التوالي، بينما سجلت معاملة الأمشاط القرصية والمقارنة (T3 X M0) أقل إيصالية مائية والتي لم تختلف معنوياً مع معاملة المحراث المطرحي والمقارنة (T1 X M0) ولكلا فترتي موسم النمو إذ بلغت 1.181 و 1.338 سم ساعة⁻¹ في بداية موسم النمو و 0.578 و 0.864 سم ساعة⁻¹ في نهاية موسم النمو للمعاملتين على التوالي. ويعود سبب ذلك إلى الدور المشترك لكل من المحراث الحفار والمحسّنات العضوية لمعاملة الخاط في خفض الكثافة الظاهرية (جدول 7) وزيادة المسامية الكلية للتربة (جدول 11) مما ينعكس ذلك في زيادة الإيصالية المائية المشبعة على العكس من معاملة المقارنة التي تنخفض فيها المسامية الكلية للتربة فضلاً عن ارتفاع كثافتها الظاهرية نتيجة خلوها من المحسّنات العضوية الأمر الذي أدى إلى انخفاض الإيصالية المائية المشبعة فيها.

جدول (23): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في الإيصالية المائية للتربة (سم ساعة⁻¹) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم				بداية الموسم				المحسّنات نظم الحراثة
M3	M2	M1	M0	M3	M2	M1	M0	
2.003	1.660	1.103	0.864	5.385	3.129	2.217	1.338	T1
2.602	1.679	1.223	1.180	6.223	5.930	3.055	2.239	T2
1.683	1.556	1.144	0.578	4.727	2.035	1.514	1.181	T3
0.3029				0.6725				RLSD _{0.05}

يلاحظ من الملحق (9) أن للتداخل بين نظم الحراثة وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في الإيصالية المائية المشبعة عند فترة بداية موسم النمو في حين لم يكن للتداخل تأثيراً معنوياً في نهاية الموسم (ملحق 10). إذ يلاحظ من الجدول (24) أن معاملة المحراث الحفار والعمق الأول (T2 X D1) أعطت أعلى إيصالية مائية مشبعة بداية موسم النمو بلغت 8.357 سم ساعة⁻¹. ويعود ذلك لدور المحراث الحفار في تحسين بناء التربة وخفض مساميتها الكلية فضلاً عن وجود المحسّنات العضوية في العمق الأول ودورها في زيادة مسامية التربة الكلية الأمر الذي انعكس في زيادة الإيصالية المائية المشبعة لتلك المعاملة. كما أظهرت النتائج أن أقل إيصالية مائية للتربة سجلت لمعاملة المحراث المطرحي والعمق الثالث (T1 X D3) والتي لم تختلف معنوياً مع معاملة المحراث الحفار والعمق الثالث (T2 X D3) ومعاملة الأمشاط القرصية والعمق الثالث (T3 X D3) عند بداية موسم النمو إذ بلغت 1.363 و 1.533 و 1.601 سم ساعة⁻¹ للمعاملات على التوالي، وهذا يعود إلى ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية وانخفاض المسامية الكلية للتربة مع تلك المعاملات خاصة في العمق D3 الذي يخلو من المحسّنات العضوية المضافة فضلاً عن عدم تفككه بالحراثة مما يزيد من رص التربة عند العمق D3 ويقلل من مساميتها الكلية وبالتالي انخفاض سرعة نفوذ الماء داخل التربة الأمر الذي يقلل من الإيصالية المائية المشبعة.

جدول (24): تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الإيصالية المائية للتربة (سم ساعة⁻¹) في بداية موسم النمو

بداية الموسم			عمق التربة نظم الحراثة
D3	D2	D1	
1.363	2.647	5.042	T1
1.533	3.196	8.357	T2
1.601	2.329	3.163	T3
0.5824			RLSD _{0.05}

توضح النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) أن للتداخل بين المحسنات العضوية وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في الإيصالية المائية المشبعة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ بين الجدول (25) أن أعلى إيصالية مائية مشبعة للتربة سجلت عند معاملة خلط المحسنات والعمق الأول (M3 X D1) عند بداية الموسم ومعاملة السماد الحيواني والعمق الأول (M2 X D1) عند نهاية موسم النمو والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة خلط المحسنات والعمق الأول (M3 X D1)، إذ بلغت 9.676 و 3.291 و 3.105 سم ساعة⁻¹ للمعاملات على التوالي. ويعود سبب ذلك إلى دور المحسنات العضوية في العمق الأول في تحسين بناء التربة وخفض كثافتها الظاهرية وزيادة المسامية الكلية للتربة الأمر الذي انعكس في زيادة الإيصالية المائية المشبعة. في حين سجلت أقل إيصالية مائية للتربة عند بداية موسم النمو لمعاملة التداخل بين المقارنة والعمق الثالث (M0 X D3) بلغت 0.498 سم ساعة⁻¹. ويرجع ذلك لخلو تلك المعاملات من المادة العضوية الأمر الذي أدى إلى تدهور الصفات الفيزيائية للتربة مثل انخفاض المسامية الكلية وارتفاع قيم الكثافة الظاهرية للتربة وهذا بدوره قلل من الإيصالية المائية المشبعة. أما أقل إيصالية مائية مشبعة للتربة عند نهاية الموسم فقد سجلت لمعاملة السماد الحيواني والعمق الثالث (M2 X D3) والتي سجلت 0.447 سم ساعة⁻¹ وبدون فارق معنوي مع معاملي المقارنة والعمق الثالث (M0 X D3) والفحم النباتي والعمق الثالث (M1 X D3) إذ بلغت 0.682 و 0.734 سم ساعة⁻¹ للمعاملتين على التوالي. ويعود ذلك إلى ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية للعمق D3 وخلوه من المحسنات العضوية الأمر الذي قلل من مسامية التربة وبالتالي أدى إلى انخفاض الإيصالية المشبعة.

جدول (25): تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في الإيصالية المائية للتربة (سم ساعة⁻¹) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			عمق التربة المحسنات
D3	D2	D1	D3	D2	D1	
0.682	0.816	1.123	0.498	1.249	3.011	M0
0.734	1.067	1.669	1.117	2.289	3.381	M1
0.447	1.156	3.291	1.541	3.539	6.014	M2
1.267	1.915	3.105	2.841	3.818	9.676	M3
0.3029			0.6725			RLSD _{0.05}

يوضح الملحق (9 و10) أن للتداخل الثلاثي لمعاملات الدراسة تأثيراً عالي المعنوية في الإيصالية المائية المشبعة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (26) ان معاملة التداخل بين المحراث الحفار و خلط المحسنات والعمق الأول (T2 X M3 X D1) أعطت اعلى إيصالية مائية مشبعة للتربة عند بداية موسم النمو بلغت 13.775 سم ساعة⁻¹، في حين سجلت معاملة التداخل بين المحراث المطرحي والسماد الحيواني والعمق الأول (T1 X M2 X D1) اعلى إيصالية مائية عند نهاية موسم النمو بلغت 4.410 سم ساعة⁻¹. ويعود سبب ذلك إلى دور الحرارة التقليدية ووجود المحسنات العضوية في العمق الأول في تحسين بناء التربة وصفاتها الفيزيائية مثل انخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية الكلية في الطبقة السطحية للتربة (D1) الأمر الذي انعكس ايجاباً في زيادة الإيصالية المائية المشبعة لتلك المعاملات. بينما أعطت معاملة التداخل بين الأمشاط القرصية والمقارنة والعمق الثالث (T3 X M0 X D3) اقل إيصالية مائية عند بداية موسم النمو بلغت 0.216 سم ساعة⁻¹ والتي لم تختلف معنوياً مع المعاملات (T3 X M1 X D3) و (T2 X M0 X D3) و (T1 X M0 X D3)، في حين سجلت اقل قيمه للإيصالية المائية في نهاية موسم النمو عند المعاملة (T1 X M2 X D3) إذ بلغت 0.178 سم ساعة⁻¹ مع عدم اختلافها معنوياً مع المعاملات (T1 X M0 X D3) و (T2 X M2 X D3) و (T3 X M0 X D3) و (T3 X M1 X D3) و (T3 X M2 X D3). ويعود ذلك إلى تدهور بناء التربة وارتفاع كثافتها الظاهرية وانخفاض مساميتها الكلية لمعاملة المقارنة والتي عزيت أساساً إلى عدم وجود المحسنات العضوية فيها ودورها في تحسين البناء فضلاً عن زيادة كبس التربة عند العمق الثالث (D3) الأمر الذي انعكس سلباً في انخفاض الإيصالية المائية المشبعة.

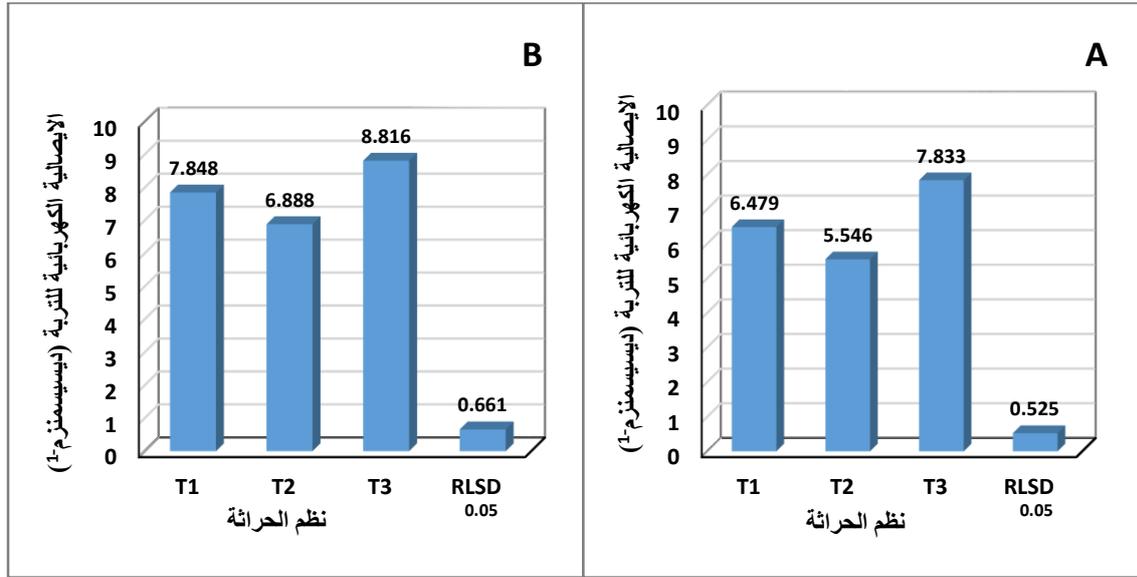
جدول (26): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في الإيصالية المائية للتربة (سم ساعة⁻¹) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم			بداية الموسم			المحسّنات	نظم الحراثة
أعماق التربة			أعماق التربة				
D3	D2	D1	D3	D2	D1		
0.576	0.769	1.246	0.698	1.486	1.831	M0	T1
0.802	1.169	1.338	1.094	2.694	2.863	M1	
0.178	0.392	4.410	1.714	2.514	5.160	M2	
1.369	1.991	2.648	1.947	3.895	10.313	M3	
1.014	1.175	1.352	0.581	1.697	4.440	M0	T2
0.727	0.796	2.145	1.809	2.380	4.977	M1	
0.635	1.714	2.687	1.663	5.890	10.237	M2	
1.435	2.548	3.823	2.080	2.815	13.775	M3	
0.457	0.505	0.772	0.216	0.565	2.762	M0	T3
0.672	1.237	1.524	0.447	1.793	2.303	M1	
0.529	1.363	2.776	1.246	2.213	2.646	M2	
0.998	1.206	2.844	4.495	4.744	4.941	M3	
0.5247			1.1648			RLSD _{0.05}	

4-3-1-7- الإيصالية الكهربائية للتربة Electrical conductivity:

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و10) وجود تأثيراً عالي المعنوية لنظم الحراثة في الإيصالية الكهربائية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الشكل (42) ان معاملة الحراثة بالمحراث الحفار (T2) أعطت اقل معدل للإيصالية الكهربائية للتربة والتي تختلف معنوياً عن بقية المعاملات تلتها معاملة المحراث المطرحي القلاب (T1) في حين سجلت معاملة الأمشاط القرصية (T3) اعلى معدل للصفة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ بلغت قيم الإيصالية الكهربائية 5.546 و6.479 و7.833 ديسيمنز م⁻¹ خلال فترة بداية موسم النمو للمعاملات T2 و T1 و T3 على التوالي، بينما بلغت عند نهاية موسم النمو 6.888 و7.848 و8.816 ديسيمنز م⁻¹ على التوالي. ويعود سبب ذلك إلى تفوق المحراث الحفار في تحسين بناء التربة وصفاتها الفيزيائية كانهخفاض كثافتها الظاهرية (شكل 22) وزيادة مساميتها الكلية (شكل 26) وزيادة الإيصالية المائية المشبعة (شكل 38) الأمر الذي زاد من قابلية التربة على بزل الأملاح وانخفاض الإيصالية الكهربائية للتربة مقارنة مع معاملات الحراثة الأخرى، كما أن طبيعة عمل المحراث المطرحي في قلب مقطع التربة قد يزيد من سرعة انتقال وانتشار الأملاح في المنطقة الجذرية الأمر الذي يساعد في زيادة تملح التربة مقارنة مع المحراث الحفار. أما سبب تسجيل الحراثة الدنيا بالأمشاط القرصية اعلى معدل لقيم الإيصالية الكهربائية فيعود

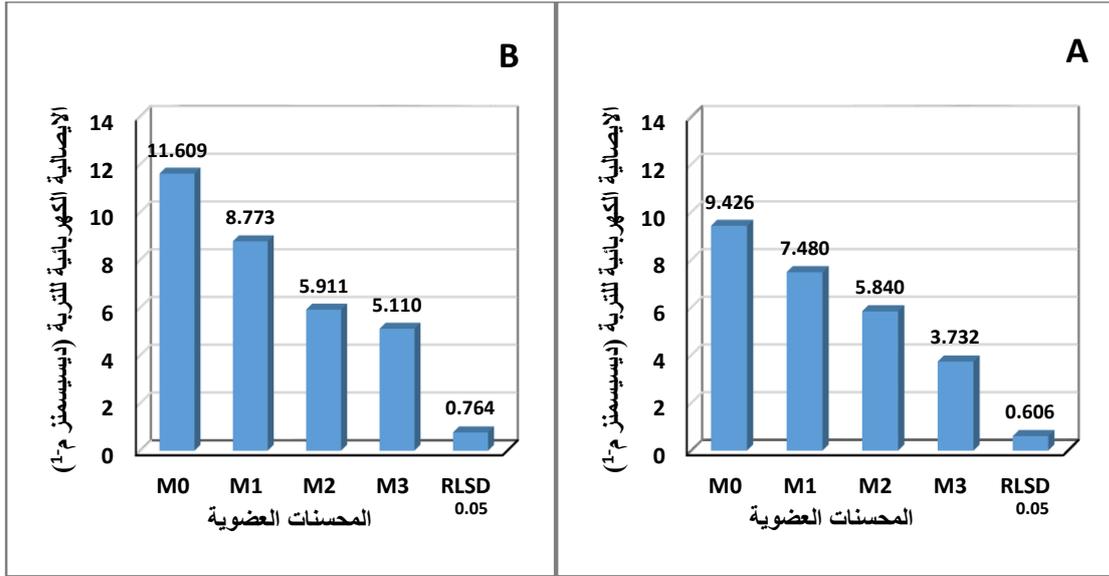
إلى انخفاض المسامية الكلية للتربة نتيجة زيادة طبقات التربة المرصوفة التي لم تصلها الحرارة بالأمشاط القرصية وانخفاض الإيصالية المائية المشبعة لها الأمر الذي يزيد من تجمع الأملاح فيها ويقلل من قابلية التربة على بزلهما إلى الأسفل بعيداً عن المنطقة الجذرية وهذا بدوره يزيد من الإيصالية الكهربائية للتربة بمقدار أكبر مقارنة مع معاملات الحرارة الأخرى. وهذا ما وجدته Gholami وآخرون (2014) من زيادة قيم الإيصالية الكهربائية للتربة بنسبة 35.29% مع استخدام نظام الحرارة الدنيا مقارنة بالحرارة التقليدية.



شكل (42): تأثير نظم الحرارة في الإيصالية الكهربائية للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

يبين الملحق (9 و 10) وجود تأثيراً عالي المعنوية للمحسنات العضوية في الإيصالية الكهربائية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ يلاحظ من الشكل (43) تفوق معاملة خلط المحسنات (M3) معنوياً في إعطاءها أقل معدل للإيصالية الكهربائية للتربة تلتها معاملة السماد الحيواني (M2) ثم معاملة الفحم النباتي (M1) في حين سجلت معاملة المقارنة أعلى معدل للصفة ولكلا الفترتين إذ بلغ معدل الإيصالية الكهربائية للمعاملات عند بداية موسم النمو 3.732 و 5.840 و 7.480 و 9.426 ديسيمنز م⁻¹ لمعاملات المحسنات والمقارنة على التوالي، في حين بلغت عند نهاية الموسم 5.110 و 5.911 و 8.773 و 11.609 ديسيمنز م⁻¹ على التوالي. ويعزى ذلك إلى دور كل من السماد الحيواني والفحم النباتي وتأثيرهما المشترك في تحسين الصفات الفيزيائية للتربة كإعطاء الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية الكلية فضلاً عن زيادة رطوبة التربة والإيصالية المائية المشبعة (شكل 23 و 27 و 31 و 39) مما حسن ذلك من ظروف غسل الأملاح إلى الأسفل وقلل من الإيصالية

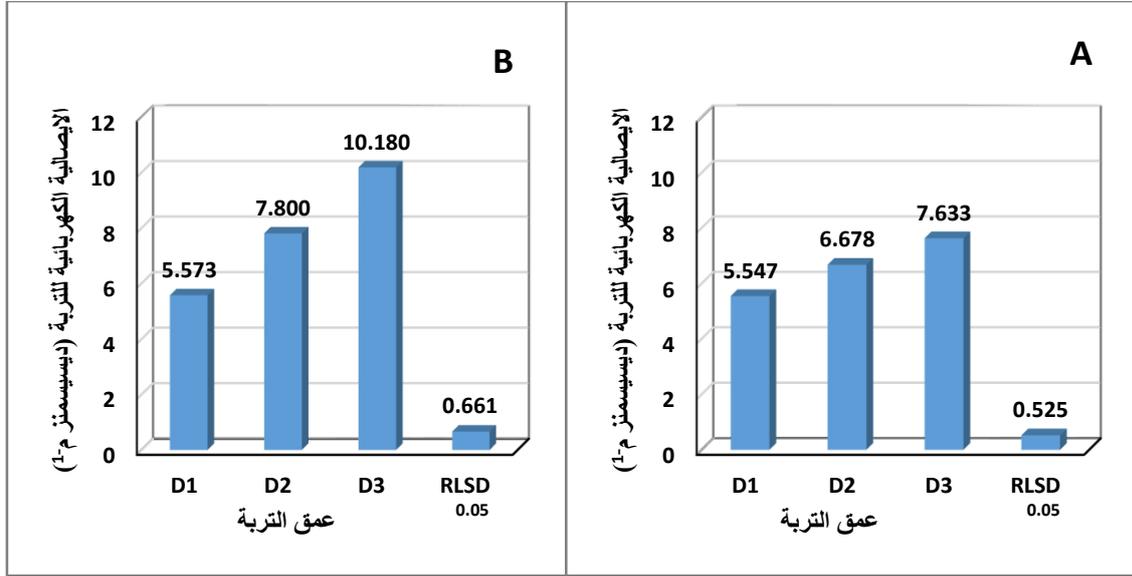
الكهربائية للتربة قياساً مع معاملة المقارنة. وقد اتفقت هذه النتائج مع Mahdy (2011) إذ حصل على انخفاض في الإيصالية الكهربائية للتربة بنسبة أكثر من 50% مع إضافة المحسنات العضوية قياساً بمعاملة المقارنة وعزا ذلك إلى انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة وتحسين ظروف غسل الأملاح من التربة، كما أشار Wang وآخرون (2017) إلى أن إضافة الفحم النباتي للتربة له تأثيراً معنوياً في خفض الإيصالية الكهربائية قياساً بالمقارنة.



شكل (43): تأثير المحسنات العضوية في الإيصالية الكهربائية للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

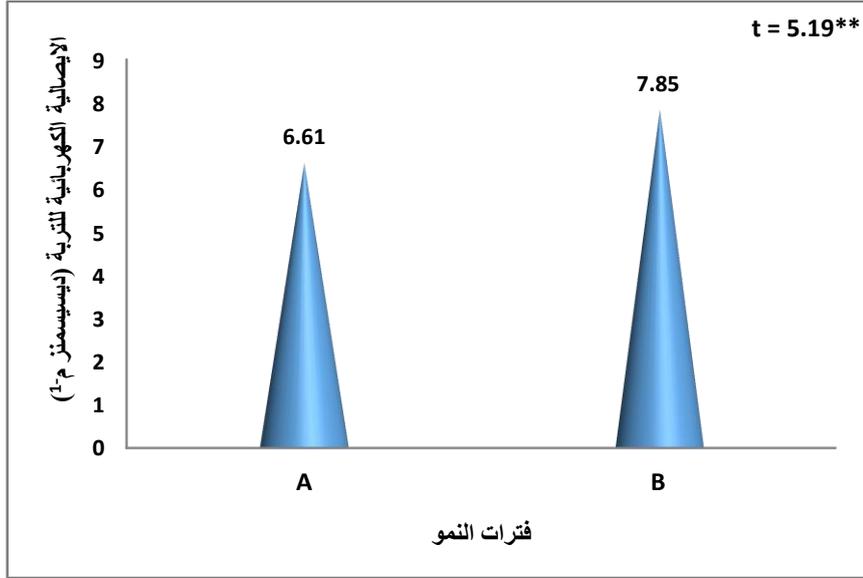
توضح النتائج المبينة في الملحق (9 و10) أن لعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في الإيصالية الكهربائية للتربة، إذ نلاحظ من الشكل (44) أن الإيصالية الكهربائية للتربة تزداد مع زيادة عمق التربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ بلغت قيم الإيصالية الكهربائية عند بداية موسم النمو 5.547 و6.678 و7.633 ديسيمنز م⁻¹ للأعماق D1 وD2 وD3 على التوالي، في حين ازدادت عند نهاية الموسم بنسبة 0.47 و16.80 و33.36% للأعماق D1 وD2 وD3 على التوالي مقارنة مع بداية الموسم. ويعود سبب زيادة الإيصالية الكهربائية مع زيادة عمق التربة إلى ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية وانخفاض مسامية التربة مع العمق نتيجة تأثير الحراثة ووجود المحسنات العضوية في الطبقة السطحية للتربة وزيادة رص التربة في الطبقات السفلية خاصة عند العمق D3 مما ينتج عن ذلك غسل الأملاح من السطح وتجمعها في الطبقات السفلى للتربة. وقد اتفقت هذه النتائج مع كل من الجنابي والشيخلي (2012) والنصار (2015) الذين بينوا أن الإيصالية الكهربائية تزداد مع زيادة

عمق التربة. كما أن استخدام متطلبات الغسل مع ماء الري خلال فترة تنفيذ التجربة قد تساهم في زيادة غسل الأملاح من الأعماق السطحية للتربة وتجمعها في الأعماق تحت السطحية.



شكل (44): تأثير عمق التربة في الإيصالية الكهربائية للتربة (A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

يلاحظ من نتائج اختبار t في الملحق (11) أن لفترة نمو النبات تأثيراً عالي المعنوية في الإيصالية الكهربائية للتربة، إذ يبين الشكل (45) ان الإيصالية الكهربائية للتربة ازدادت خلال فترة نهاية موسم النمو بنسبة 18.76% مقارنة مع فترة بداية موسم النمو. ويعود سبب ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر من سطح التربة نهاية موسم النمو الأمر الذي يزيد من تجمع الأملاح في سطح التربة فضلاً عن ارتفاع الكثافة الظاهرية للتربة وانخفاض مساميتها الكلية والإيصالية المائية المشبعة في نهاية الموسم مما قلل ذلك من غسل الأملاح وزاد من الإيصالية الكهربائية للتربة.



شكل (45): تأثير فترات النمو في الإيصالية الكهربائية للتربة
(A) بداية موسم النمو (B) نهاية موسم النمو

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) أن للتداخل بين نظم الحراثة والمحسّنات العضوية تأثيراً عالياً المعنوية في الإيصالية الكهربائية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ نلاحظ من الجدول (27) ان معاملة المحراث الحفار وخط المحسّنات (T2 X M3) حققت اقل إيصالية كهربائية للتربة بلغت 3.387 ديسيمنز م⁻¹ عند بداية موسم النمو والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملتين (T1 X M3) و (T3 X M3) إذ بلغت 3.400 و 4.410 ديسيمنز م⁻¹ على التوالي، بينما سجلت اقل إيصالية كهربائية عند المعاملة (T2 X M3) في نهاية موسم النمو وبدون فارق معنوي مع المعاملة (T1 X M3) إذ بلغت 4.400 و 4.607 ديسيمنز م⁻¹ للمعاملتين على التوالي. ويعود ذلك إلى التأثير المشترك لكل من الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار والمحسّنات العضوية لمعاملة الخلط في تحسين بناء التربة وخفض كثافتها الظاهرية وزيادة مساميتها الأمر الذي زاد من قابلية التربة على غسل الأملاح إلى الأسفل وبالتالي انخفاض الإيصالية الكهربائية. كما سجلت اعلى إيصالية كهربائية للتربة لمعاملة الأمشاط القرصية والمقارنة (T3 X M0) عند بداية موسم النمو والتي لم تختلف معنوياً مع المعاملة (T1 X M0) إذ بلغت 10.227 و 9.800 ديسيمنز م⁻¹ للمعاملتين على التوالي، بينما أعطت معاملة المحراث المطرحي والمقارنة (T1 X M0) اعلى إيصالية كهربائية عند نهاية موسم النمو بلغت 11.827 ديسيمنز م⁻¹ وبدون فرق معنوي مع المعاملتين (T2 X M0) و (T3 X M0)، يعود ذلك الى تدهور بناء التربة وزيادة الكثافة الظاهرية لمعاملة المقارنة نتيجة خلوها من المحسّنات العضوية المضافة مما قلل ذلك من سرعة غسل الأملاح وبزلها إلى الأسفل وبالتالي زاد

ذلك من ملوحة التربة فضلاً عن طبيعة عمل الأمشاط القرصية والمحراث المطرحي إذ تعمل الأمشاط القرصية في أعماق حراثة ضحلة وهذا بدوره يزيد من حجم التربة المرصوفة ذات الكثافة الظاهرية العالية تحت عمق الحراثة، أما المحراث المطرحي فيعمل على قلب التربة ونقل الأملاح الموجودة فيها ضمن المنطقة الجذرية وهذا بدوره يزيد من تملح التربة ويرفع من قيم الإيصالية الكهربائية للتربة مقارنة مع المحراث الحفار.

جدول (27): تأثير نظم الحراثة والمحسنات العضوية في الإيصالية الكهربائية للتربة (ديسيسمنز م⁻¹) في بداية ونهاية موسم النمو

نهاية الموسم				بداية الموسم				المحسنات نظم الحراثة
M3	M2	M1	M0	M3	M2	M1	M0	
4.607	5.830	9.130	11.827	3.400	4.653	8.063	9.800	T1
4.400	5.167	6.463	11.523	3.387	4.993	5.553	8.250	T2
6.323	6.737	10.727	11.477	4.410	7.873	8.823	10.227	T3
1.3220				1.0500				RLSD _{0.05}

توضح النتائج المبينة في الملحق (9 و10) أن للتداخل بين نظم الحراثة وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في الإيصالية الكهربائية للتربة عند نهاية موسم النمو في حين لم يكن هناك تأثيراً معنوياً للتداخل في بداية موسم النمو، فقد بين الجدول (28) ان معاملة التداخل بين المحراث المطرحي والعمق الأول (T1 X D1) سجلت اقل إيصالية كهربائية نهاية موسم النمو وبدون فارق معنوي مع المعاملتين (T2 X D1) و (T3 X D1) إذ بلغت 4.968 و 5.745 و 6.005 ديسيسمنز م⁻¹ للمعاملات على التوالي. ويعود ذلك إلى التأثير المشترك لكل من الحراثة التقليدية ووجود المحسنات العضوية في العمق الأول (D1) في تحسين بناء التربة وزيادة مساميتها وإصالتها المائية عند الطبقة السطحية وهذا بدوره حسن من ظروف غسل الأملاح بعيداً عن الطبقة السطحية للتربة (D1) وقلل من الإيصالية الكهربائية للتربة تحت تأثير تلك المعاملات، في حين أعطت معاملة التداخل بين الأمشاط القرصية والعمق الثالث (T3 X D3) أعلى إيصالية كهربائية للتربة نهاية موسم النمو بلغت 12.288 ديسيسمنز م⁻¹. وهذا يعود إلى تدهور الخواص الفيزيائية للتربة خاصة عند العمق السفلي D3 نتيجة خلوه من المحسنات العضوية فضلاً عن زيادة كثافته الظاهرية بسبب عدم تفككه بالحراثة الأمر الذي انعكس في انخفاض المسامية الكلية للتربة وقلل من قابلية التربة في غسل الأملاح بعيداً عن العمق D3 وهذا بدوره زاد من قيم الإيصالية الكهربائية تحت تأثير تلك المعاملات.

جدول (28): تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الإيصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م⁻¹) في نهاية موسم النمو

نهاية الموسم			عمق التربة / نظم الحراثة
D3	D2	D1	
10.003	8.575	4.968	T1
8.250	6.670	5.745	T2
12.288	8.155	6.005	T3
1.1450			RLSD _{0.05}

تشير النتائج المبينة في الملحق (9 و10) أن للتداخل بين المحسنات العضوية وعمق التربة تأثيراً عالي المعنوية في الإيصالية الكهربائية للتربة عند نهاية موسم النمو في حين لم يكن هناك فرق معنوي للتداخل عند بداية موسم النمو، إذ يلاحظ من الجدول (29) ان معاملة خلط المحسنات والعمق الأول (M3 X D1) حققت اقل إيصالية كهربائية عند نهاية موسم النمو بلغت 4.323 ديسيمنز م⁻¹، ويعود ذلك إلى دور المحسنات العضوية لمعاملة الخلط وتأثير الحراثة في خفض الكثافة الظاهرية وزيادة مسامية التربة عند الطبقة السطحية للتربة (D1) مما زاد ذلك من قابلية التربة على غسل الأملاح إلى الأسفل بعيداً عن الطبقة السطحية وهذا بدوره قلل من قيم الإيصالية الكهربائية للتربة تحت تأثير تلك المعاملة، بينما أعطت معاملة المقارنة والعمق الثالث (M0 X D3) اعلى إيصالية كهربائية بلغت 15.477 ديسيمنز م⁻¹ نهاية موسم النمو، ويعود سبب ذلك إلى ما تم الإشارة اليه سابقاً من تدهور الصفات الفيزيائية للتربة عند معاملة المقارنة نتيجة خلوها من المحسنات العضوية فضلاً عن زيادة كبس التربة عند العمق الثالث (D3) الأمر الذي سبب زيادة في قيم الكثافة الظاهرية وقلل من المسامية الكلية للتربة تحت تأثير تلك المعاملة مما انعكس ذلك في انخفاض قابلية التربة على غسل الأملاح بعيداً عن الطبقة السفلية للتربة (D3).

جدول (29): تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في الإيصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م⁻¹) في نهاية موسم النمو

نهاية الموسم			عمق التربة المحسنات
D3	D2	D1	
15.477	11.330	8.020	M0
11.667	9.217	5.437	M1
7.287	5.937	4.510	M2
6.290	4.717	4.323	M3
1.3220			RLSD _{0.05}

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (9 و 10) أن للتداخل الثلاثي لمعاملات الدراسة تأثيراً عالياً المعنوية في الإيصالية الكهربائية للتربة ولكلا فترتي موسم النمو، إذ يلاحظ من الجدول (30) أن أقل إيصالية كهربائية للتربة سجلت عند معاملة التداخل بين المحراث المطرحي وخط المحسنات والعمق الأول (T1 X M3 X D1) عند بداية موسم النمو إذ بلغت 2.970 ديسيمنز م⁻¹ والتي لم تختلف معنوياً مع المعاملتين (T2 X M3 X D1) و (T3 X M3 X D1) إذ بلغت 3.170 و 3.760 ديسيمنز م⁻¹ للمعاملتين على التوالي، بينما سجلت معاملة التداخل بين المحراث المطرحي والسماذ الحيواني والعمق الأول (T1 X M2 X D1) أقل إيصالية كهربائية للتربة عند نهاية موسم النمو إذ بلغت 3.490 ديسيمنز م⁻¹، والتي لم تختلف معنوياً مع المعاملات (T1 X M1 X D1) و (T1 X M3 X D1) و (T2 X M1 X D1) و (T2 X M2 X D1) و (T2 X M3 X D1) و (T3 X M2 X D1) و (T3 X M3 X D1)، ويعود ذلك إلى دور الحراثة ووجود المحسنات العضوية في تحسين بناء التربة عند الطبقة السطحية (D1) كإخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية الكلية مما زاد ذلك من قابلية التربة في بزل وغسل الأملاح إلى الأسفل بعيداً عن الطبقة السطحية للتربة (D1)، بينما أعطى التداخل بين معاملة المحراث المطرحي والمقارنة والعمق الثالث (T1 X M0 X D3) عند بداية موسم النمو أعلى القيم للإيصالية الكهربائية للتربة بلغت 10.960 ديسيمنز م⁻¹، والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملات (T1 X M1 X D3) و (T3 X M0 X D3) و (T3 X M2 X D3)، كما سجل التداخل بين المحراث الحفار والمقارنة والعمق الثالث (T2 X M0 X D3) أعلى القيم للإيصالية الكهربائية للتربة عند نهاية موسم النمو بلغت 15.840 ديسيمنز م⁻¹، والتي لم تختلف معنوياً مع (T1 X M0 X D3) و (T3 X M0 X D3) و (T3 X M1 X D3)، ويعود ذلك إلى ما تم الإشارة إليه سابقاً من انخفاض المسامية الكلية للتربة وارتفاع كثافتها الظاهرية لمعاملة المقارنة فضلاً عن العمق D3 الذي

تقل فيه المادة العضوية الأمر الذي يزيد من قابلية التربة في غسل الأملاح بعيداً عن الطبقات العليا للتربة نتيجة تحسن خصائصها الفيزيائية وتجمعها عند الأعماق السفلى للتربة (D3).

جدول (30): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في الإيصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م⁻¹) في بداية ونهاية موسم النمو

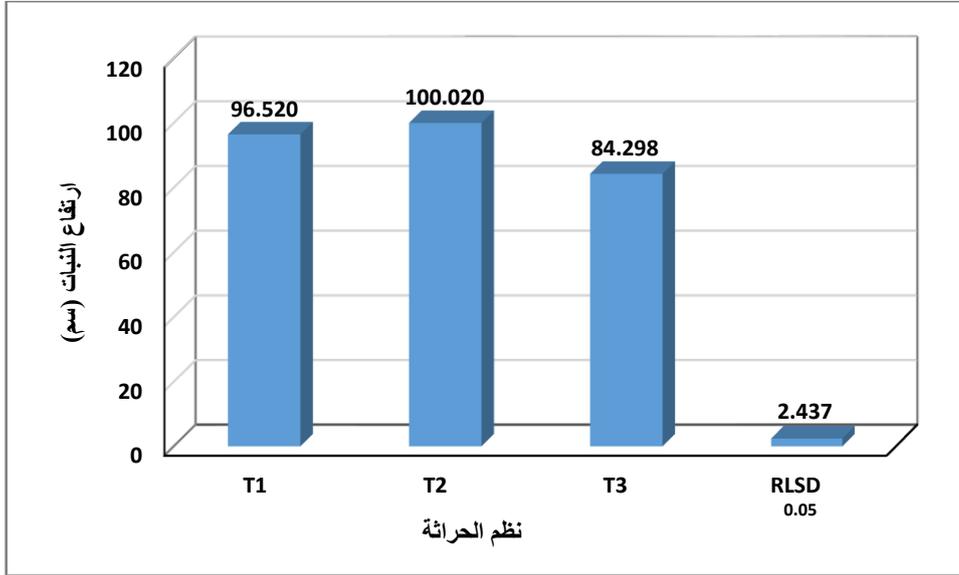
نهاية الموسم			بداية الموسم			المحسّنات	نظم الحراثة
أعماق التربة			أعماق التربة				
D3	D2	D1	D3	D2	D1		
15.520	13.240	6.720	10.960	9.750	8.690	M0	T1
12.320	9.980	5.090	10.630	8.190	5.370	M1	
7.530	6.470	3.490	5.000	4.690	4.270	M2	
4.640	4.610	4.570	4.120	3.110	2.970	M3	
15.840	10.320	8.410	9.730	8.690	6.330	M0	T2
7.140	6.900	5.350	6.130	5.620	4.910	M1	
5.570	5.040	4.890	5.330	5.060	4.590	M2	
4.450	4.420	4.330	3.650	3.340	3.170	M3	
15.070	10.430	8.930	10.420	10.330	9.930	M0	T3
15.540	10.770	5.870	9.960	9.140	7.370	M1	
8.760	6.300	5.150	10.610	7.810	5.200	M2	
9.780	5.120	4.070	5.060	4.410	3.760	M3	
2.2910			1.8190			RLSD _{0.05}	

4-3-2- صفات محصول الحنطة : properties of wheat

4-3-2-1- ارتفاع النبات : Plant height

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (12) وجود تأثيراً عالي المعنوية لنظم الحراثة في ارتفاع النبات، إذ يلاحظ من الشكل (46) ان معاملة المحراث الحفار (T2) تفوقت في تسجيلها اعلى معدل لارتفاع النبات بلغ 100.020 سم، تلتها معاملة المحراث المطرحي (T1) بارتفاع نبات بلغ 96.520 سم في حين سجلت معاملة الأمشاط القرصية اقل ارتفاع للنبات بلغ 84.298 سم. ويعود سبب تفوق المحراث الحفار في تحقيقه اعلى ارتفاع للنبات إلى دوره في تحسين معظم الصفات الفيزيائية للتربة مقارنة مع معاملات الحراثة الأخرى كزيادة معدل القطر الموزون (شكل 18) وانخفاض الكثافة الظاهرية (شكل 22) وزيادة المسامية (شكل 26) فضلاً عن انخفاض الإيصالية الكهربائية للتربة (شكل 42) مما انعكس ذلك في توفير ظروف ملائمة لنمو النبات وزيادة انتشار الجذور فضلاً عن تحسن جاهزية العناصر الغذائية والرطوبة التي تمتصها الجذور الأمر الذي ساعد في زيادة نمو

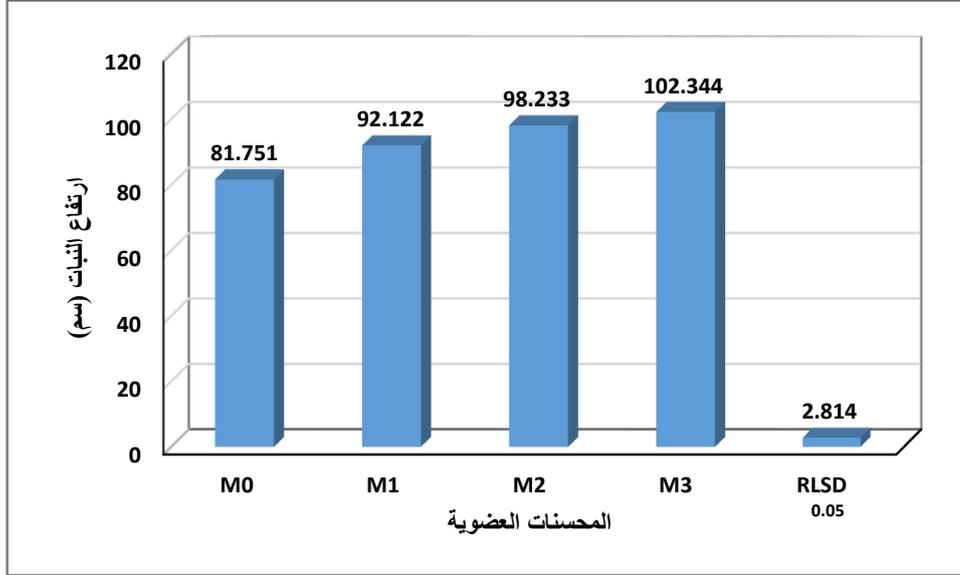
النبات وبالتالي زيادة ارتفاعه. وهذا يتفق مع ما أشار اليه الجبوري (2012) من دور المحراث الحفار في زيادة ارتفاع النبات نتيجة تأثيره الإيجابي في تقليل الكثافة الظاهرية ومقاومة الاختراق الأمر الذي يحسن من الظروف الملائمة لانتشار الجذور ونمو النبات.



شكل (46): تأثير نظم الحراثة في ارتفاع نبات الحنطة

يوضح الملحق (12) أن لمعاملة المحسنات العضوية تأثيراً عالياً المعنوية في صفة ارتفاع النبات، ويلاحظ من النتائج الموضحة في الشكل (47) تفوق معاملة خلط المحسنات (M3) في تحقيقها أعلى متوسط لارتفاع النبات تلتها معاملة السماد الحيواني (M2) ثم الفحم النباتي (M1) في حين سجلت معاملة المقارنة (M0) أقل معدل للصفة إذ بلغت قيم ارتفاع النبات 102.344 و 98.233 و 92.122 و 81.751 سم للمعاملات أعلاه على التوالي. ويعود سبب ذلك إلى دور المحسنات العضوية المضافة في تحسين صفات التربة الفيزيائية وخفض الإيصالية الكهربائية فضلاً عن دورها في توفير العناصر الغذائية وجاهزيتها للامتصاص من قبل الجذور الأمر الذي ينعكس إيجاباً في زيادة انتشار الجذور ونمو النبات وبالتالي زيادة ارتفاع النبات قياساً بمعاملة المقارنة. أما سبب تفوق معاملة الخلط (M3) في تسجيلها أعلى ارتفاع للنبات فيرجع إلى التأثير الإيجابي المشترك للمحسنين معاً وتفوقهما في تحسين معدل القطر الموزون والكثافة الظاهرية والمسامية الكلية والإيصالية الكهربائية للتربة (الأشكال 19 و 23 و 27 و 43) مقارنة مع المعاملات الأخرى وهذا بدوره يحسن من الظروف الملائمة لنمو النبات فضلاً عن دور المحسنين معاً في توفير الرطوبة اللازمة لنقل العناصر الغذائية المذابة وزيادة جاهزيتها للنبات الأمر الذي انعكس إيجاباً في زيادة نمو النبات

وزيادة ارتفاعه بمقدار اكبر مقارنة مع المعاملات الأخرى. وهذا يتفق مع ما توصل اليه كل من العلوي والبنداوي (2017) و Rahim وآخرون (2019) من أن دور الأسمدة العضوية والفحم النباتي في زيادة ارتفاع النبات يرجع إلى تأثير المادة العضوية في تحسين رطوبة التربة وخفض الكثافة الظاهرية وتوفير العناصر الغذائية لنمو النبات.



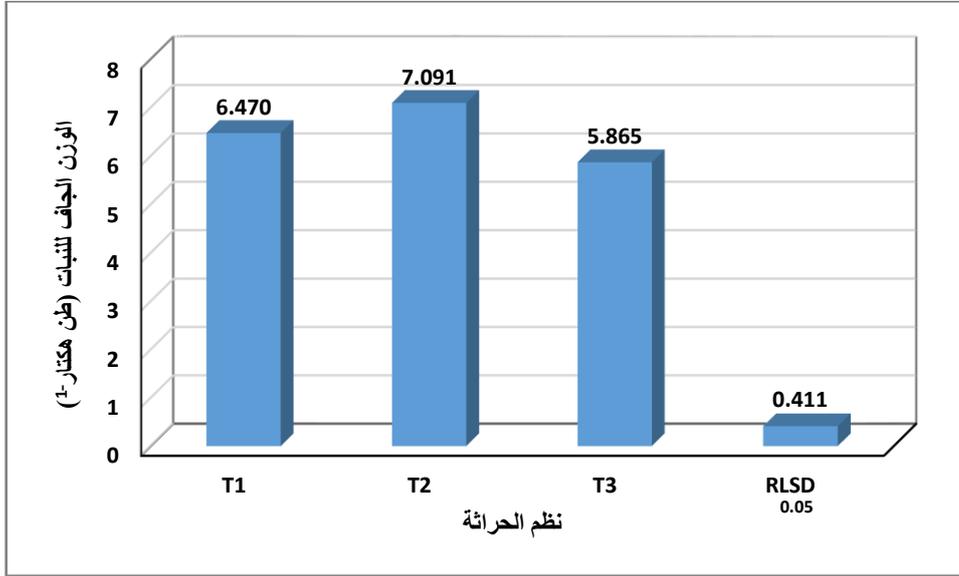
شكل (47): تأثير المحسنات العضوية في ارتفاع نبات الحنطة

أظهرت بيانات التحليل الإحصائي في الملحق (12) عدم وجود تأثيراً معنوياً للتداخل بين نظم الحراثة والمحسنات العضوية في ارتفاع نبات الحنطة.

4-2-3-2- الوزن الجاف Dry weight:

توضح النتائج في الملحق (12) أن لنظم الحراثة تأثيراً عالي المعنوية في الوزن الجاف لنبات الحنطة، إذ يلاحظ من الشكل (48) تفوق معاملة المحراث الحفار (T2) في تسجيلها أعلى معدل للوزن الجاف لنبات الحنطة بلغ 7.091 طن هكتار⁻¹ تلتها معاملة المحراث المطرحي القلاب (T1) التي أعطت وزن جاف بلغ 6.470 طن هكتار⁻¹ في حين سجلت معاملة الأمشاط القرصية (T3) أقل معدل للوزن الجاف للنبات بلغ 5.865 طن هكتار⁻¹. ويعود سبب ذلك إلى دور المحراث الحفار وتفوقه في تحسين الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة (الأشكال 18 و 22 و 26 و 42) وهذا بدوره يحسن من بناء التربة وتهيئة وسط مناسب لحركة الجذور وانتشارها وزيادة قابليتها على امتصاص الماء والعناصر الغذائية الأمر الذي ينعكس في زيادة النمو الخضري للنبات وبالتالي زيادة الوزن الجاف. كما أن زيادة ارتفاع النبات (شكل 46) تحت تأثير معاملة المحراث الحفار مقارنة بمعاملات

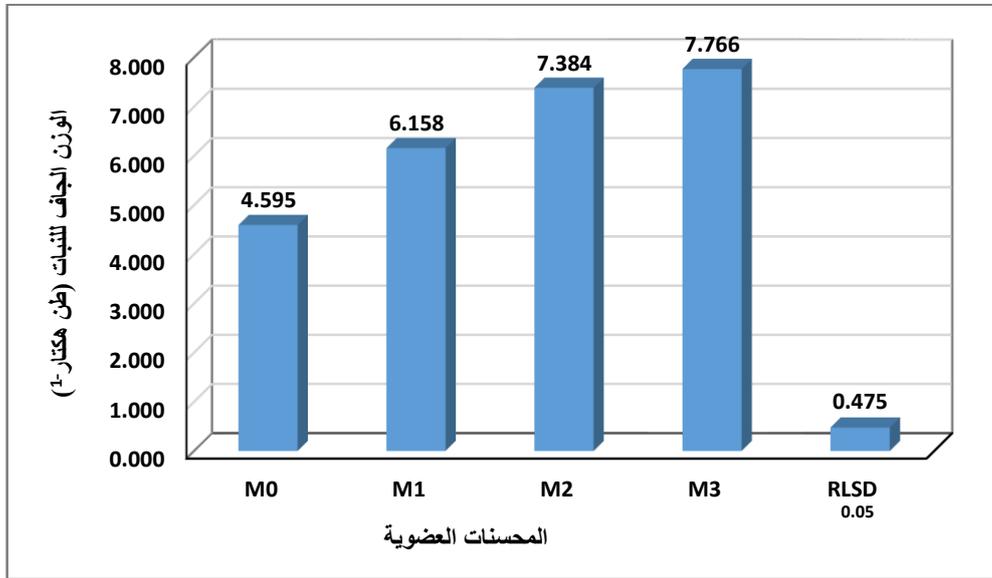
الحراثة الأخرى يعود بالنتيجة في زيادة الوزن الجاف للنبات. وقد اتفقت هذه النتائج مع Tabatabaeefar وآخرون (2009) الذين حصلوا على زيادة في الوزن الجاف لنبات الحنطة بنسبة 10.66% مع استخدام نظام الحراثة بالمحراث الحفار مقارنة بالمحراث المطرحي القلاب.



شكل (48): تأثير نظم الحراثة في الوزن الجاف للحنطة

أظهرت النتائج المبينة في الملحق (12) وجود تأثيراً عالياً المعنوية للمحسنات العضوية في الوزن الجاف، فقد بينت النتائج في الشكل (49) ان معاملة خلط المحسنات (M3) أعطت اعلى وزن جاف للنبات بلغ 7.766 طن هكتار⁻¹ وبدون فارق معنوي مع معاملة السماد الحيواني (M2)، في حين أعطت معاملة المقارنة (M0) اقل وزن جاف للنبات بلغ 4.595 طن هكتار⁻¹ وبفارق معنوي مع جميع المعاملات، بينما سجلت كل من معاملة الفحم النباتي (M1) والسماد الحيواني (M2) وزن جاف للنبات بلغ 6.158 و 7.384 طن هكتار⁻¹ على التوالي. ويعود سبب زيادة الوزن الجاف للنبات مع إضافة المحسنات العضوية قياساً بالمقارنة إلى دور كل من السماد الحيواني والفحم النباتي في تحسين نمو وارتفاع النبات من خلال توفيرها العناصر الغذائية اللازمة للنمو فضلاً عن دورها في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة الأمر الذي يحسن من نمو وانتشار الجذور وزيادة قابليتها في امتصاص الماء والعناصر الغذائية مما ينعكس ذلك في زيادة النمو الخضري للنبات. كما أن تفوق معاملة الخلط (M3) في زيادة ارتفاع النبات وتحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة فضلاً عن مساهمتها في توفير العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات يعود بالنتيجة في زيادة النمو الخضري للنبات ومن ثم زيادة الوزن الجاف للنبات مقارنة مع المعاملات الأخرى وهذا ما تم ملاحظته من النتائج السابقة التي بينت تفوق معاملة خلط المحسنات في تحسين جميع الخواص الفيزيائية والكيميائية

للتربة (الأشكال 19 و 23 و 27 و 43) فضلاً عن ارتفاع النبات (شكل 47) الأمر الذي يؤكد الدور الإيجابي المشترك للمحسنين معاً في زيادة نمو النبات وبالتالي زيادة الوزن الجاف، فقد أشار Obia وآخرون (2018) أن للفحم النباتي تأثير إيجابي في زيادة الوزن الجاف للنبات من خلال دوره في تحسين بناء التربة وزيادة قابليته على مسك الماء فضلاً عن تحسين ظروف امتصاص الماء والعناصر الغذائية من قبل النبات، كما علل محسن (2017) التأثير الإيجابي للسماد الحيواني في الوزن الجاف للنبات إلى دوره في تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية وتجهيز التربة بالعناصر الغذائية المهمة وامتصاصها من قبل النبات وما يمكن أن تساهم به من دور في تصنيع الغذاء داخل النبات مما يعود بالنتيجة في تحسين نمو الجذور والمجموع الخضري للنبات وهذا بدوره يزيد من الوزن الجاف للنبات.



شكل (49): تأثير المحسنات العضوية في الوزن الجاف للحنطة

يلاحظ من بيانات التحليل الإحصائي في الملحق (12) أن للتداخل بين نظم الحراثة والمحسنات العضوية تأثيراً عالياً المعنوية في الوزن الجاف للنبات، إذ يلاحظ من الجدول (31) ان معاملة المحراث الحفار وخط المحسنات (T2 X M3) أعطت اعلى وزن جاف للنبات بلغ 8.806 طن هكتار-1، والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة (T1 X M2) التي سجلت وزن جاف بلغ 8.112 طن هكتار-1، بينما سجلت معاملة الأمشاط القرصية والمقارنة (T3 X M0) اقل وزن جاف بلغ 3.615 طن هكتار-1. ويعود سبب ذلك إلى التأثير المشترك لكل من المحراث الحفار والمطرحي والمحسنات العضوية (السماد الحيواني والفحم النباتي) في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة والتي بدورها تساهم في تحسين نمو الجذور وانتشارها وزيادة قابليتها على امتصاص الماء والعناصر

الغذائية فضلاً عن مساهمة المحسنات العضوية في تجهيز التربة بالعناصر الغذائية الضرورية وامتصاصها من قبل النبات الأمر الذي ينعكس إيجاباً في زيادة النمو الخضري للنبات وبالتالي زيادة الوزن الجاف على العكس من معاملة الأمشاط القرصية والمقارنة التي تدهورت فيها معظم الخواص الفيزيائية للتربة فضلاً عن انخفاض المادة العضوية نتيجة خلوها من المحسنات العضوية واثراً في انخفاض العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات الأمر الذي ينعكس سلباً في انخفاض النمو الخضري للنبات وبالتالي انخفاض الوزن الجاف للنبات. وهذا يتفق مع ما توصل إليه كل من الشامي (2013) و Obia وآخرون (2018) الذين بينوا أن زيادة الوزن الجاف للنبات تحت تأثير إضافة المحسنات العضوية يعود إلى دور المحسنات في تحسين الخصائص الفيزيائية والخصوبية والرطوبة للتربة وزيادة المادة العضوية ونشاط الأحياء الدقيقة مما ينتج عن ذلك زيادة النمو الخضري للنبات بالمقارنة مع التربة غير المعاملة بالمحسنات العضوية التي تتدهور فيها معظم الخواص الفيزيائية والخصوبية.

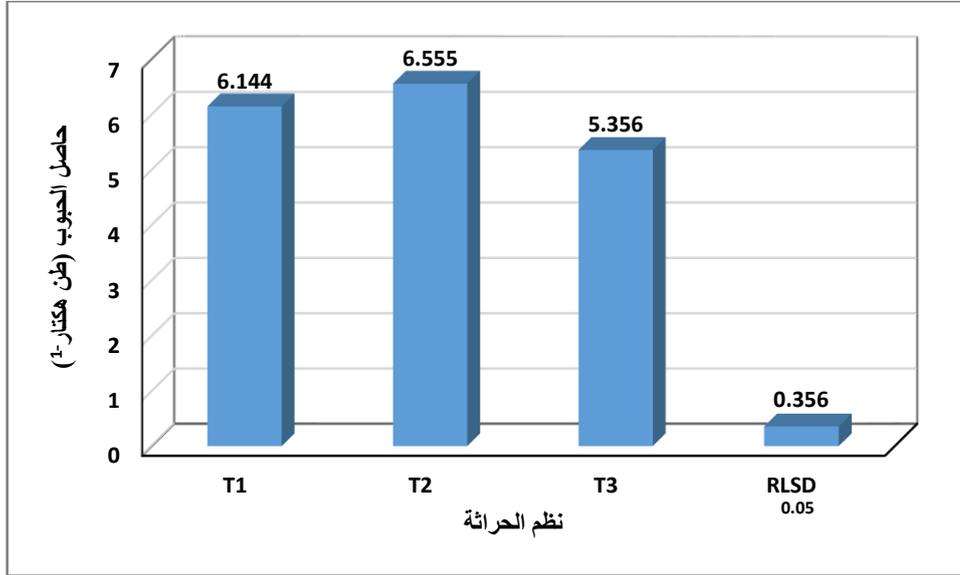
جدول (31): تأثير نظم الحراثة والمحسنات في الوزن الجاف للحنطة (طن هكتار⁻¹)

T3	T2	T1	نظم الحراثة المحسنات
3.615	5.180	4.991	M0
5.953	6.988	5.533	M1
6.648	7.391	8.112	M2
7.245	8.806	7.245	M3
0.822			RLSD _{0.05}

4-3-2-3- حاصل الحبوب Grain yield:

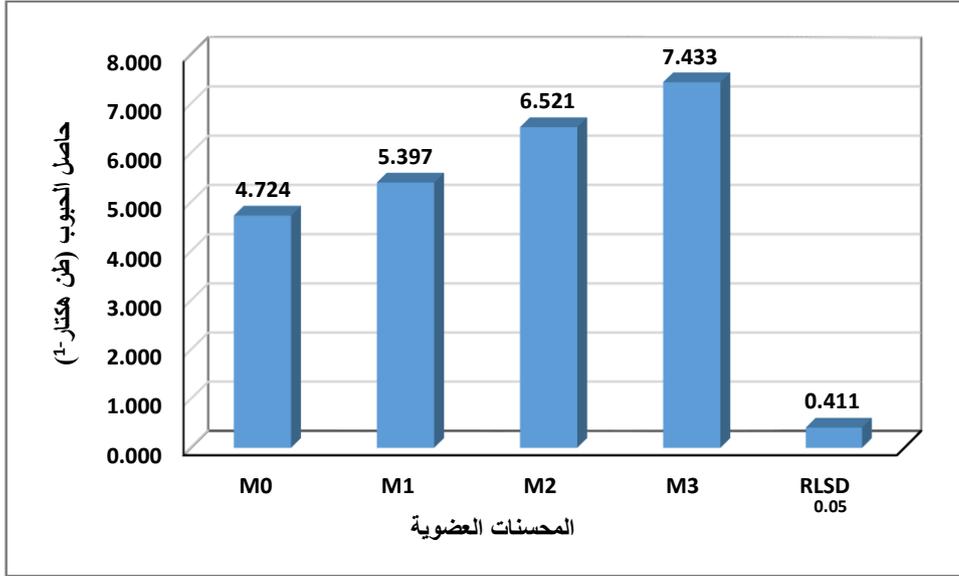
يوضح الملحق (12) أن لنظم الحراثة تأثيراً عالياً المعنوية في صفة حاصل الحبوب، إذ نلاحظ من الشكل (50) تفوق معاملة المحراث الحفار (T2) في تحقيقها أعلى حاصل للحبوب بلغ 6.555 طن هكتار⁻¹، تلتها معاملة المحراث المطرحي (T1) التي أعطت حاصل حبوب مقداره 6.144 طن هكتار⁻¹ في حين سجلت معاملة الأمشاط القرصية (T3) أقل حاصل حبوب بلغ 5.356 طن هكتار⁻¹. أن زيادة حاصل الحبوب مع استخدام معاملة المحراث الحفار هي نتيجة نهائية لتحسن نمو النبات نتيجة دوره في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة مقارنة مع معاملات الحراثة الأخرى، إذ يلاحظ أن التغيرات في حاصل الحبوب جاءت مماثلة مع التغيرات في ارتفاع النبات (شكل 46) والوزن الجاف للنبات (شكل 48) تحت تأثير نظم الحراثة ليعزز ذلك دور المحراث

الحفار وتفوقه في زيادة حاصل الحبوب، فقد أشار الجبوري (2012) إلى دور المحراث الحفار في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة وزيادة انتشار الجذور وامتصاصها للعناصر الغذائية الأمر الذي يؤدي إلى زيادة نمو وإنتاج النبات.



شكل (50): تأثير نظم الحراثة في حاصل الحبوب للحنطة

تظهر النتائج المبينة في الملحق (12) أن لإضافة المحسنات العضوية تأثيراً عالي المعنوية في صفة حاصل الحبوب، إذ نلاحظ من الشكل (51) تفوق معاملة خلط المحسنات (M3) معنوياً في إعطاءها أعلى حاصل حبوب بلغ 7.433 طن هكتار⁻¹، في حين سجلت معاملة المقارنة (M0) أقل حاصل حبوب بلغ 4.724 طن هكتار⁻¹، بينما حققت كل من معاملة الفحم النباتي (M1) والسماذ الحيواني (M2) حاصل حبوب بلغ 5.397 و6.521 طن هكتار⁻¹ على التوالي. ويعود سبب تفوق معاملة خلط المحسنات (M3) في تحقيقها أعلى حاصل حبوب إلى الدور المشترك لكل من السماذ الحيواني والفحم النباتي في زيادة نمو وارتفاع النبات (شكل 47) وزيادة الوزن الجاف الخضري (شكل 49) نتيجة دورهما معاً في تحسين الخصائص الفيزيائية والرطوبة والكيميائية للتربة فضلاً عن خفض الإيصالية الكهربائية للتربة وزيادة العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات الأمر الذي انعكس إيجاباً في زيادة حاصل الحبوب. وهذا يتفق مع ما توصل إليه المحمدي (2009) الذي بين أن دور المحسنات العضوية في زيادة حاصل النبات يعود إلى دورها في تجهيز النبات بالعناصر الغذائية وخصوصاً النتروجين والفسفور والبوتاسيوم وتحسين الصفات الفيزيائية للتربة مما ينعكس ذلك في زيادة النمو الخضري للنبات وبالتالي زيادة الحاصل الكلي للحبوب.



شكل (51): تأثير المحسّنات العضوية في حاصل الحبوب للحنطة

تشير النتائج المبينة في الملحق (12) وجود تأثيراً معنوياً للتداخل بين نظم الحراثة والمحسّنات العضوية في صفة حاصل الحبوب للنبات، إذ نلاحظ من الجدول (32) تفوق معاملة المحراث الحفار وخط المحسّنات (T2 X M3) في تحقيقها أعلى حاصل حبوب بلغ 7.894 طن هكتار⁻¹، والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة (T1 X M3) التي سجلت حاصل حبوب بلغ 7.520 طن هكتار⁻¹، بينما سجلت معاملة الأمشاط القرصية والمقارنة (T3 X M0) أقل حاصل حبوب بلغ 3.531 طن هكتار⁻¹. ويعزى ذلك إلى ما تم الإشارة إليه من الدور المشترك لكل من المحراث الحفار والمحسّنات العضوية معاً في زيادة النمو الخضري للنبات نتيجة تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة ومساهمة المحسّنات العضوية في زيادة العناصر الغذائية وجاهزيتها للنبات الأمر الذي ينعكس إيجاباً في زيادة حاصل الحبوب على العكس من معاملة الأمشاط القرصية والمقارنة التي تخلو فيها المحسّنات العضوية وتندهور فيها معظم الصفات الفيزيائية فضلاً عن انخفاض العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض إنتاجية وحاصل النبات، وهذا ما بينته نتائج الوزن الجاف (جدول 31) من تفوق معاملة التداخل بين المحراث الحفار وخط المحسّنات في تحقيقها أعلى وزن جاف للنبات ليؤكد ذلك دور تلك المعاملة في تحسين بناء التربة وزيادة نمو النبات وبالتالي زيادة الحاصل الكلي للحبوب.

جدول (32): تأثير نظم الحراثة والمحسّنات في حاصل الحبوب للحنطة (طن هكتار⁻¹)

T3	T2	T1	نظم الحراثة
			المحسّنات
3.531	5.380	5.261	M0
4.792	5.767	5.631	M1
6.216	7.181	6.166	M2
6.884	7.894	7.520	M3
0.712			RLSD_{0.05}

5-الاستنتاجات والتوصيات: Conclusions and recommendations

5-1- الاستنتاجات: Conclusions

من خلال نتائج التجارب التي أجريت نستنتج ما يلي:

1- يتفوق نظام الحراثة الدنيا باستخدام الأمشاط القرصية في متطلباته من قوة السحب ونسبة الانزلاق والقدرة المفقودة واستهلاك الوقود فضلاً عن الكفاءة الحقلية مقارنة بالحراثة التقليدية باستخدام المحراث الحفار والمحراث المطرحي القلاب في حين يحقق نظام الحراثة التقليدية باستخدام المحراث الحفار اعلى معدل لحجم التربة المثار واعلى كفاءة في استخدام الطاقة تحت ظروف الدراسة.

2- يتفوق نظام الحراثة التقليدية باستخدام المحراث الحفار في جميع مؤشرات الأداء الميكانيكي (قوة السحب والمقاومة النوعية وكفاءة استخدام الطاقة والنسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة ومعدل حجم التربة المثار والكفاءة الحقلية ومعدل استهلاك الوقود) بالمقارنة مع الحراثة باستخدام المحراث المطرحي القلاب مما يعود بالنتيجة في تحسين الجانب الاقتصادي من خلال تقليل مصروفات الوقود ووقت عمليات الحراثة التقليدية المتبعة.

3- أن إضافة الفحم النباتي بمستوى 1.5% يعد مناسباً في تحسين معظم الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة (معدل القطر الموزون والكثافة الظاهرية والمسامية الكلية والمحتوى الرطوبي للتربة ومقاومة التربة للاختراق والإيصالية المائية المشبعة والإيصالية الكهربائية) مما يعود بالنتيجة في تحسين نمو النبات (ارتفاع النبات والوزن الجاف) مقارنة بالمستويات الأخرى المستخدمة تحت ظروف التجربة المختبرية.

4- أن استخدام نظام الحراثة التقليدية بالمحراث الحفار يحسن معظم صفات التربة إذ يقلل من الكثافة الظاهرية ومقاومة التربة للاختراق والإيصالية الكهربائية للتربة ويزيد من معدل القطر الموزون والمسامية الكلية والإيصالية المائية المشبعة مما ينعكس ذلك ايجاباً في تحسين نمو وحاصل الحنطة مقارنةً بالحراثة الدنيا بالأمشاط القرصية والحراثة التقليدية باستخدام المحراث المطرحي تحت ظروف التجربة الحقلية.

5- أن الإضافة المشتركة لكل من الفحم النباتي (0.75%) والسماذ الحيواني (1%) تحسن من الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة ويعود بالنتيجة في زيادة نمو وحاصل الحنطة مقارنةً مع إضافة الفحم النباتي (1.5%) والسماذ الحيواني (2%) كلاً على حده تحت ظروف الدراسة.

6- ان خلط الفحم النباتي والسماذ الحيواني معاً في التربة المحروثة بالمحراث الحفار تعطي أفضل النتائج لصفات التربة المدروسة فضلاً عن نمو وحاصل الحنطة تحت ظروف الدراسة الحقلية.

2-5- التوصيات Recommendations:

1- يوصى باستخدام المحراث الحفار تحت ظروف التربة قيد الدراسة نتيجة تحسينه معظم الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وزيادة نمو وحاصل الحنطة فضلاً عن تفوقه على المحراث المطرحي القلاب في نظام الحراثة التقليدية في معظم الصفات الميكانيكية وخاصة متطلباته من استهلاك الوقود وكفاءة استخدام الطاقة والكفاءة الحقلية.

2- يوصى بإضافة الفحم النباتي والسماذ الحيواني معاً وخطهما في التربة لتحسين صفات التربة المختلفة وزيادة نمو وحاصل الحنطة تحت ظروف الدراسة.

3- تعزيزاً لنتائج الدراسة يفضل إجراء المزيد من التجارب الحقلية باستخدام محسنات تربة أخرى تحت أنظمة حراثة مختلفة لمعالجة تدهور خصائص الترب الطينية السائدة في محافظة البصرة بهدف الوصول إلى أعلى إنتاج للنبات.

6- المصادر: Reference

1-6- المصادر العربية:

إبراهيم، جهاد وعلي ميهوب (2001). دراسة تغيرات بعض الخصائص الفيزيائية للتربة عند اتباع الحراثة المطرحية على أعماق مختلفة ونظام اللاحراثة وأثرهما على إنتاجية القمح البعل لموسمين متتاليين. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية، 23(11): 25-39.

أبو الميخ، محمد طرخان وصباح لطيف عاصي وحמיד كاظم عبد الأمير (2018). تأثير التسميد العضوي الفوسفاتي في نمو وحاصل الحنطة *Triticum aestivum* L. مجلة جامعة كربلاء العلمية، 16(4): 268 - 276.

اسود، حسن بردان (2011). تأثير السماد العضوي والمعدني على بعض خصائص التربة ونمو حاصل البصل (*Allium cepa* L.) (Onion). مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، 9(2).

البكري، كريم هواء واحمد مدلول عبود (2013). أثر الأسمدة وموقع أضافتها في تغلغل الجذور وتأثير ذلك في ثباتيه مجاميع التربة وتشنت موادها الناعمة. مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 5(3): 203-216.

بلدية، رياض (2014). تحسين الخواص الفيزيائية للتربة باستخدام بعض المحسنات العضوية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 30(4): 27-39.

البناء، عزيز رمو (1990). معدات تهيئة تربة، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، جمهورية العراق.

جاسم، عبد الرزاق عبد اللطيف وحسين عباس جبر (2015). تأثير نظم الحراثة الأولية في استهلاك الوقود والتكاليف الإدارية والكلية للجرار. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 46(1): 31-35.

جاسم، عبد الرزاق عبد اللطيف وسلام فواز سعدون (2016). تأثير بعض نظم تهيئة التربة في مظهر الحراثة وبعض المؤشرات الفنية للوحدة المكنية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 47(5): 1196-1201.

- جاسم، عبد الرزاق عبد اللطيف ونعمة هادي عذاب وأياد محمد (2000). دراسة التأثير السلبي لأنواع مختلفة من المحارِيث المعدلة على بعض صفات التربة وإنتاج زهرة الشمس مجلة التقني 61:65-73.
- جاسم، علي حسين محمد (2015). تأثير مغنطة نوعيات مختلفة من المياه في بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة طينية مزيجة والنمو والاستهلاك المائي لمحصول الشعير *Hordeum vulgare L.* رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة البصرة – العراق.
- الجبوري، موسى عبد شوجة (2011). تأثير نوعين من المحارِيث ورطوبة التربة والسرعة العملية للوحدة المكنية في بعض مؤشرات الأداء وصفات التربة الفيزيائية. مجلة التقني، 24(5): A1-A18.
- الجبوري، موسى عبد شوجة (2012). دراسة تأثير الوحدة المكنية ومسافة الزراعة في بعض مؤشرات الأداء وصفات التربة الفيزيائية وحاصل الذرة (الشامية) *Zea mays var. everta.* مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 4(1): 148-163.
- جدوع، خضير عباس وحمد محمد صالح (2013). تسميد محصول الحنطة. وزارة الزراعة. البرنامج الوطني لتنمية زراعة الحنطة في العراق. نشرة إرشادية، رقم: 2.
- الجنابي، محمد علي عبود وعبد الله حسين الشبخلي (2012). تأثير الأسمدة العضوية والتغطية في التوزيعات الملحية في التربة تحت نظام الري بالتنقيط الناقص للبطاطا. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 4 (1): 152 - 165.
- الحديثي، جابر إسماعيل وجبار سلال عبد الحمزة (2010). تأثير مصادر ومستويات المادة العضوية في بعض صفات التربة الفيزيائية وحاصل الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) مجلة القادسية للعلوم الصرفة، 15(3): 59-76.
- الحديثي، هاني اسماعيل وسامر بدري البدري (2011). دراسة بعض المؤشرات الفنية ومتطلبات القدرة للوحدة الميكنية للساحبة ماسي فيركسن (MF-650) مع المحراث المطرحي الثلاثي القلاب. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 42(1): 118-124.
- الحديثي، هاني اسماعيل وسامر بدري البدري (2012). تحديد كفاءة أداء المحراث الحفار والعازقة النابضية. مجلة العلوم الزراعية العراقية: 43(4): 93-101.

- الحساني، ليث نعيم حسوني وعمار دحام المعاضيدي (2017). تأثير مدد الري والتسميد العضوي في الصفات الفيزيائية للتربة تحت نظام التكتيف للرز (SRI). مجلة العلوم الزراعية العراقية، 48(3): 841-850.
- حسن، وسام بشير وصباح شافي الهادي وعبد الجبار جلوب حسن (2014). تأثير إضافة المخلفات العضوية في معدل القطر الموزون لتربة الاهور ونمو وإنتاج الشعير (*Hordeum vulgare L.*). مجلة الكوفة للعلوم الزراعية، 4(2): 88-100.
- الحلبي، انتصار هادي حميدي ومخلد إبراهيم فليح (2017). استجابة حاصل صنفين من حنطة الخبز للأسمدة المعدنية والحيوية والعضوية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 48(6): 1661-1671.
- الخفاجي، أياد جميل (2009). تأثير عمق الحراثة بالمحراث تحت التربة في كفاءة التخلص من الطبقة الصلبة Hardpan وحاصل الذرة الصفراء. مجلة الكوفة للعلوم الزراعية، 1(2): 21-29.
- داود، شيماء سامي (2011). اثر نظم الحراثة المختلفة في بعض الصفات الفيزيائية للتربة واثار ذلك في نمو وحاصل الحنطة *Triticum aestivum L.* مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 3(2): 363-357.
- الدلبي، حسين فنجان خضير (2013). دور المخلفات العضوية في خفض تأثير ملوحة ماء الري على خصائص التربة ونمو نبات الذرة الصفراء. رسالة ماجستير. كلية الزراعة – جامعة البصرة.
- الراوي، خاشع محمود وعبد العزيز محمد خلف الله (1980). تصميم وتحليل التجارب الزراعية، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
- الرجبو، سعد عبد الجبار ومثنى عبد المالك الجراح وعادل عبد الوهاب (2005). تأثير سرعة وعمق الحراثة على بعض الصفات الميكانيكية وصفة الحاصل وبعض مكوناته لمحصول الشعير. مجلة زراعة الرافدين، 33(1).
- الرجبو، سعد عبد الجبار ومحمود إلياس احمد الطائي (2013). تأثير أعماق الحراثة وشكل السلاح للمحراث الحفار في أداء الساحة وبعض الصفات الفيزيائية للتربة. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية، 4(2): 65-80.
- سرهيد، عبد الله فاضل (2018). دراسة المعالم الوراثية لبعض صفات الحنطة باستعمال مستويين من الأسمدة العضوية. مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية والعلوم الهندسية، 26(1): 241-252.

- شاكر، اياد طلعت وآراز صدقي عبد الله (2014). تأثير نظم الحراثة وتغطية التربة في صفات نمو ومكونات حاصل صنفين من السلجم (*Brassica napas L.*) تحت الظروف الديمية. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 6(1):215-225.
- الشامي، يحيى عجب عوده (2013). تأثير اضافة المحسنات والمستويات الرطوبة في الخصائص الفيزيائية للتربة الطينية وكفاءة استعمال الماء لمحصول الذرة الصفراء تحت نظامي الري بالتنقيط والسيحي. رسالة ماجستير. كلية الزراعة – جامعة البصرة.
- شبيب، يحيى جهاد (2010). تأثير التناوب بطريقتي الري السطحي والتنقيط وملوحة ماء الري على خصائص التربة ونمو النبات بالتربة الطينية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامع البصرة.
- الشجيري، تحسين علاوي وعبد الرزاق عبد اللطيف جاسم (2010). تأثير الاوزان المضافة للاطارات الخلفية للساحبة ونوع المحراث في بعض مؤشرات الاداء للوحدة الميكانيكية. مجلة التقني: 23(2):228-220.
- الشريفي، صالح كاظم علوان (2009). تأثير نوعين من المحاريت باعماق وسرع مختلفة في اداء الوحدة الميكانيكية وبعض صفات التربة الفيزيائية. مجلة جامعة بابل، 17(1):182-205.
- صادق، منير هاشم وعلاء مهدي عاكول (2013). تأثير إضافة بعض المخلفات العضوية في بناء التربة. مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 5(4):188-198.
- صافي، حسين عبد الكريم (2013). تأثير نوع المحراث وسرع الجرار الامامية وكميات البذار في مكونات الحاصل وحاصل الحبوب لمحصولي الحنطة والشعير. مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 26(1):410-423.
- صالح، عبد الامير ثجيل والاء صالح عاتي وعبدالله نجم العاني (2005). تأثير إضافة كوالح الذرة المجروشة والتحضين في بعض الصفات الفيزيائية لتربة مزيجة رملية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 36(4):1-8.
- الطالباني، جنان حكمت نامق (2010). الانزلاق وبعض المؤشرات الفنية لنوعين من المحاريت. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 41(3):117-123.
- الطائي، ياسر فزع محمود وياسين هاشم الطحان وصلاح الدين عبد العزيز (2013). تأثير بعض أنواع المحاريت وعمق الحراثة في بعض المؤشرات الميكانيكية للوحدة الميكانيكية تحت سرع مختلفة. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية، 4(1):151-169.

- الطائي، ياسر فزع محمود وياسين هاشم الطحان وصلاح الدين عبد العزيز (2015). بعض الخواص الفيزيائية للتربة تحت تأثير محارِيث مختلفة. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية، 6(1): 166-181.
- الطحان، ياسين هاشم واحمد محمد امين ال علي خان (2007). تأثير بعض أنواع المحارِيث على بعض الصفات الفيزيائية للتربة تحت أنظمة الري بالرش. مجلة زراعة الراءدين، 35(3).
- الطحان، ياسين هاشم يونس وحسين ظاهر ظاهر وصباح محمد جميل ملا علي (2008). مقارنة اداء المحراث المطرحي المصمم (بالقاطع الجانبي) مع المحراث المطرحي المحلي في صفات متطلبات القدرة. مجلة هندسة الراءدين، 16(2): 14-20.
- الطحان، ياسين هاشم يونس ومحمود ناطق عبد القادر (2010). تصنيع اشكال مختلفة لسلاح المحراث تحت سطح التربة وتأثيرها حقلياً في الصفات الفيزيائية للتربة. مجلة زراعة الراءدين العراقية، 38(38): 162-173.
- عاتي، الاء صالح (2004). تأثير اضافة كوالح الذرة الصفراء في بعض خصائص التربة. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة – جامعة بغداد.
- عاتي، الاء صالح وفاضل حسين الصحاف وسعاد محمد خلف (2011). تأثير اضافة عرق السوس *Glycyrrhiza glabra* في ثباتية تجمعات التربة وبعض خصائصها المائية ونمو وحاصل الثوم *Allium sativum* L. مجلة التقني، 24(1): 53-65.
- عاكول، سلمان شبيب (2012). تأثير نوعين من الأسمدة العضوية في إنتاجية صنفين من نبات الحنطة. مجلة جامعة كربلاء، 10(4): 251-257.
- عامر، خالد زمام (2017). تأثير سرع مختلفة لنوعين من المحارِيث في بعض مؤشرات الاداء للوحدة الميكنية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 48(4): 1141-1147.
- عبد الرحمن، جمال ناصر وياس خضير حمزة وناظم شمخي رهل (2009). دراسة تأثير بعض أنواع الآلات المحملة على الساحة عنتر 71 على نسبة الانزلاق الحاصلة في ترب مختلفة النسجة. مجلة التقني، 22(1): 246-253.
- عبد الكريم، ثائر تركي (2017). دراسة بعض المؤشرات الميكانيكية للمجموعات الميكنية لأنظمة حراثة مختلفة تحت ظروف التربة الجبسية. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية. 17(2): 202-213.

- العبد الله، سندس عبد الكريم محمد (2015). تأثير إضافة النيتروجين في امتصاص N و P و K وتوزيعها في أجزاء النبات ونمو وحاصل ثلاثة أصناف من الحنطة *Triticum aestivum* L. أطروحة دكتوراه - كلية الزراعة - جامعة البصرة.
- عبد علي، قاسم محمد ومناهل عباس ظاهر وحמיד كاظم عبد الامير (2011). تأثير نوع المحراث وأنظمة الحراثة على حاصل الذرة الصفراء وبعض صفات التربة. مجلة التقني، 24(1): 260-268.
- عبد، فريد مجيد وعبد الله حسين الشبخلي وعبد الرزاق عبد اللطيف جاسم (2011). تأثير إضافة بعض المحسنات في تكوين القشرة السطحية لتربتين مختلفتين في نسبة الصوديوم المتبادل. مجلة التقني، 24(1): 193-204.
- العجيلي، شيماء سامي داود وعبد الرزاق عبد اللطيف جاسم الزبيدي (2010). تأثير المحراث المطرحي القلاب والمحراث الحفار وسرعة الساحة في اداء الوحدة المكنية وثبات تجمعات التربة. مجلة التقني، 23(2): 229-235.
- الطار، فريد مجيد عبد محمد (2009). تأثير نظم حراثة مختلفة وإضافة بعض محسنات التربة في تكوين القشرة السطحية. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة – جامعة بغداد.
- العلوي، حسن هادي وباسم رحيم البنداوي (2017). تأثير السماد العضوي والنتروجيني في نمو نبات الحنطة المزروعة في تربة ملحية. مجلة القادسية للعلوم الزراعية، 7(1): 136-142.
- الغزاز، كمال محسن وحيدر فوزي محمود (2010). تأثير المخلفات النباتية والسرعة العملية لأنواع مختلفة من المعدات في بعض الصفات الفيزيائية للتربة. مجلة الكوفة للعلوم الزراعية، 2(2): 89-98.
- القنص، ايمن عبد اللطيف (2001). تأثير التعميم وإضافة المحسنات على الصفات الفيزيائية للتربة والاستهلاك المائي ونمو محصول الشعير *Hordeum Volgare* L. رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة البصرة.
- الكرخي، فراس نيباب عبد وايباد حسين علي المعيني (2014). تأثير نظم الحراثة والزراعة في نمو وحاصل الذرة البيضاء *Sorghum bicolor* L. والماش *Vigna radiate* L. مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 6(1): 135-143.

- مامكغ، عامر محمد علي (2009). بعض العوامل المؤثرة في انزلاق عجلات الجرار الزراعي عند الدفع الثنائي للعجلات. المجلة الأردنية في العلوم الزراعية، 5(4): 519-525.
- المتيوتي، ممتاز أسحق حمود وأحمد محمد أمين سعيد (2009). تأثير نوعي محاربيث وسرع حراثة مختلفة في بعض الصفات الفيزيائية للتربة وبعض المؤشرات الفنية الحقلية. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية: 9(1): 357-366.
- مجيد، شذى سالم (2008). العلاقة بين معايير ثباتية تجمعات التربة والمسامية في بعض الخصائص المائية لترب مختلفة النسجة والاستخدام. رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة بغداد.
- محسن، صادق جبار (2017). تصميم وتصنيع وتقييم الأداء الميكانيكي لآلة زراعية من خلال وضع السماد العضوي في خنادق تحت سطح التربة وتأثيره في بعض خصائصها ونمو وحاصل الذرة الصفراء (*Zea mays L.*). أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة – جامعة البصرة.
- محمد، احمد عبد الكاظم (2017). تأثير معدلات البذار ومعاملات سمادية في نمو وحاصل محصول الشوفان *Avena sativa L.* رسالة ماجستير – كلية الزراعة – جامعة البصرة.
- المحمدي، شكر محمود (2013). تأثير عمق الحراثة وتنعيم التربة في بعض صفاتها الفيزيائية ونمو وحاصل البطاطا. مجلة الانبار للعلوم الزراعية. 11(2): 241-252.
- المحمدي، عمر هاشم مصلح (2009). استخدام الاسمدة الحيوانية والشرش كأسلوب للزراعة العضوية وتأثيرها في نمو وانتاج البطاطا. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة – جامعة بغداد.
- محمود، يوسف احمد وحاتم سلوم الزيدي (2011). تأثير نوعية مياه الري والمادة العضوية في بعض خصائص التربة الكيميائية وحاصل القرناييط. مجلة العلوم الزراعية. (عدد خاص): 42 - 54.
- محيميد، نوفل عيسى (2017). تأثير أعداد ومواعيد الحراثة بنوعين من آلات الحراثة في حاصل الحنطة (*TRITICUM DURUM*) في محافظة نينوى. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية، 8(2): 61-70.
- مديرية الإحصاء الزراعي (2019). جمهورية العراق. وزارة التخطيط. الجهاز المركزي للإحصاء. العراق.

- الموسوي، كوثر عزيز حميد وضياء عبد محمد التميمي (2011). تأثير الحراثة والزراعة في بعض الخصائص الميكانيكية للتربة 2، مقاومة التربة للاختراق. مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 24(1): 143-153.
- الموسوي، كوثر عزيز حميد ونهاد شاكر الولي (2011). تأثير التغطية بنباتات مختلفة في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية، 2(1): 37-45.
- المياحي، حسين عبد النبي جويد (2014). تأثير الحراثة العميقة في تكسير وتفكيك الطبقة الصماء وملوحة التربة وغيض الماء التجميعي ومعدل الغيض في التربة الطينية. مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 27(2): 125-147.
- ناصر، عقيل جوني (2014). متطلبات طاقة تفتيت المشط القرصي المزدوج عند سرع أمامية وأعماق تنعيم مختلفة. مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 27(1): 275-289.
- ناصر، عقيل جوني ومروان نوري رمضان وصادق جبار محسن (2016). دراسة متطلبات السحب وصفات الحراثة للمحراث الحفار في تربة طينية غرينية. مجلة المثنى للعلوم الزراعية، 4(1): 100-119.
- نديوي، داخل ارضي وعبد الكريم فاضل حميد المعروف (2002). تأثير عمق الحارثة وطول اللوح الشريطي على بعض الخصائص الفيزيائية للترب الطينية ونتاجية محصول الشعير. مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 15(3): 261-283.
- نشرة ارشادية (2012). دائرة الارشاد الزراعي. ع ص 36. بغداد - العراق.
- النصار، بهاء عيد الجليل عبد الكريم (2015). تأثير المحراث تحت سطح التربة الاعتيادي والمطور وعمق الحراثة في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الطينية ونمو ونتاجية زهرة الشمس (*Helianthus annus L.*). رسالة ماجستير، كلية الزراعة - جامعة البصرة - العراق.
- الهادي، صباح الشافي وايمن عبد اللطيف القناص (2002). أثر التنعيم والمحسنتات في الصفات الفيزيائية للتربة ونمو محصول الشعير. مجلة الزراعة العراقية، 7(4): 172-181.
- الهادي، صباح الشافي وحسين علي شهاب المراد (2000). الاستهلاك المائي لمحصول الشعير تحت تأثير نقص رطوبة التربة وازدانة المخلفات العضوية. مجلة الزراعة العراقية، 5(2): 37-56.

- الهادي، صباح شافي ووسام بشير حسن وعبد الجبار جلوب المالكي. (2012). تأثير الحراثة العميقة في مقاومة التربة للاختراق والايصالية المائية المشبعة ونمو الشعير (*Hordeum vulgare* L). مجلة جامعة كربلاء، (المؤتمر العلمي الثاني لكلية الزراعة)، 762-772.
- الولي، نهاد شاكر سلطان (1994). تقييم كفاءة بعض مصلحات التربة في تثبيت الكثبان الرملية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة البصرة.
- الولي، نهاد شاكر وعبد الجبار جلوب حسن وداخل راضي نديوي (2012). تأثير إضافة محسنات التربة في بعض الصفات المائية للتربة الرملية. مجلة الكوفة للعلوم الزراعية، 4(2): 370-382.

2-6- المصادر الأجنبية:

- Abrishamkesh, S.; M. Gorji; H. Asadi; G. H. Bagheri-Marandi and A. A. Pourbabaee (2015).** Effects of rice husk biochar application on the properties of alkaline soil and lentil growth. *Plant, Soil and Environment*, 61(11): 475-482.
- Akbarnia, A. and F. Farhani (2014).** Study of fuel consumption in three tillage methods. *Research in Agricultural Engineering*, 60(4): 142-147.
- Akbarnia, A.; R. Alimardani and S. Baharloeyan (2010).** Performance comparison of three tillage systems in wheat farms. *Australian Journal of crop science*, 4(8): 586.
- Al-Hadi, S.S. (2006).** Effect of Moisture Incubation and Manure Applications on Mechanism of Soil Aggregates Stability. *Journal of Basrah Researches (Sciences)*, 32(1A): 7-16.
- Almaliki, S.; R. Alimardani and M. Omid (2016).** Fuel consumption models of MF285 tractor under various field conditions. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 18(3): 147-158.
- Antal, M.J. and M. Grønli (2003).** The art, science, and technology of charcoal production. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 42(8): 1619-1640.

- Arif, M.; K.B. Marwat and M.A. Khan (2007).** Effect of tillage and zinc application methods on weeds and yield of maize. *Pak. J. Bot*, 39(5): 1583-1591.
- Asai, H.; B.K. Samson; H.M. Stephan; K. Songyikhangsuthor; K. Homma; Y. Kiyono and T. Horie (2009).** Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research*, 111(1-2): 81-84.
- Askari, M. and S. Khalifahamzehghasem (2013).** Draft force inputs for primary and secondary tillage implements in a clay loam soil. *World Applied Sciences Journal*, 21(12): 1789-1794.
- Ati, A. S.; S.A. Rawdhan and S.S. Dawod (2015).** Effect of tillage system on some machinery and soil physical properties, growth and yield of potato *Solanum tuberosum* L. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 8(4): 63-65.
- Atkinson, C.J.; J.D. Fitzgerald and N.A. Hipps (2010).** Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant and Soil* 337: 1-18.
- Babalola, O.A.; J.K. Adesodun; F.O. Olasantan and A.F. Adekunle (2012).** Responses of some soil biological, chemical and physical properties to short-term compost amendment. *Inter. J. Soil SCI*. 7: 28-38.
- Barman, R.; S. R. Dey and G. Kandpal (2019).** Impact of rice husk biochar and inorganic amendments on growth attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3): 185-188.
- Barnes, R.T.; M.E. Gallagher; C.A. Masiello; Z. Liu and B. Dugan (2014).** Biochar-induced changes in soil hydraulic conductivity and dissolved nutrient fluxes constrained by laboratory experiments. *PLoS One*, 9(9): e108340.
- Black, C.A.; D.D. Evans; L.L. White; L.E. Ensminger and F.E. Clark (1965).** Method of soil analysis, Am. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, USA. No. 9 part I and II.
- Boydış, M.G. and N. Turgut (2007).** Effect of tillage implements and operating speeds on soil physical properties and wheat emergence. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 31(6): 399-412.

- Bremner, J. M. (1970).** Regular Kjeldahl methods. In: A.L. Page; R.H. Miller and D.R. Keeney (1982) (eds.) Methods of soil analysis. Part 2, 2nd ed. ASA. Inc. inadison, Wisconsin, U.S.A.
- Bremner, J.M. and A.P. Edwards (1965).** Determination and Isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. I-Apparatus and procedure for distillation and determination of ammonium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 504-507.
- Bremner, J. M. and D. R. Keeney (1966).** Determination and Isotope – ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. 3– Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction – distillation methods. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 30: 577 – 582.
- Burrell, L.D.; F. Zehetner; N. Rampazzo; B. Wimmer and G. Soja (2016).** Long-term effects of biochar on soil physical properties. Geoderma, 282: 96-102.
- Cresser, M.S. and J. W. Parsons (1979).** Sulphuric perchloric and digestion of plant material for the determination of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. Anal. Chem. Acta. 109: 431-436.
- Crittenden, S.J.; N. Poot; M.D.J.M. Heinen; D.J.M. Van Balen and M.M. Pulleman (2015).** Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. Soil and Tillage Research, 154: 136-144.
- Czyż, E.A. and A.R. Dexter (2008).** Soil physical properties under winter wheat grown with different tillage systems at selected locations. Int. Agrophysics, 22(3): 191-201.
- Dahama, A.K. (1999).** Organic farming for sustainable agriculture. Agro Balonice. Daryagun. New Delhi 110002.
- Devereux, R.C.; C.J. Sturrock and S.J. Mooney (2012).** The effects of biochar on soil physical properties and winter wheat growth. Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 103(1): 13-18.
- Dokoohaki, H.; F.E. Miguez; D. Laird; R. Horton and A.S. Basso (2017).** Assessing the Biochar Effects on Selected Physical Properties of a Sandy Soil: An Analytical Approach. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 48(12): 1387-1398.

- Downie, A.; A. Crosky and P. Munroe (2009).** Physical properties of biochar. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management: science and technology'. Earthscan, London, pp 13–32.
- Dridi, B. and C. Toumi (1999).** Effect of several organic amenedments on physical properties of a cultivar soil. Etude et gestation, Des. Sols. 6: 7-14.
- Dugan, E.; A. Verhoef; S. Robinson and S. Sohi (2010).** Bio-char from sawdust, maize stover and charcoal: Impact on water holding capacities (WHC) of three soils from Ghana. In 19th World Congress of Soil Science, Symposium. 4(2): 9-12.
- El-Tarhuny, M.; T. Fouda and A. Billaid (2005).** Effect of reduced tillage systems on sorghum yield under soil Libyan conditions. In The 13th annual conference of the Misr J. of Ag. Eng .22(4) : 610-623.
- FAO (2020).** Crop Prospects and Food Situation - Quarterly Global Report, (1): 1-46.
- Gamage, D.V.; R.B. Mapa; R.S. Dharmakeerthi and A. Biswas (2016).** Effect of rice-husk biochar on selected soil properties in tropical Alfisols. Soil Research, 54(3): 302-310.
- Gholami, A.; H.R. Asgari and Z. Saeidifar (2014).** Short-term effect of different tillage systems on soil salinity, density and nutrients in irrigated wheat. Case study: agricultural land, city of Chenaran-Khorasan Razavi. Int. J. Adv. Biol. Biom. Res., 2(5):1513-1524.
- Ghazavi, M.A. (2007).** Evaluation of a new tillage tool; considering soil physical property, energy requirement and potato yield. Pak.J.Biol. Sci.,10(22): 4050-4056.
- Gill, W.R. and G.E. Vandenberg (1968).** Soil dynamics in tillage and traction. Agriculturl research service United state Department of Agriculture.
- Głąb, T.; A. Żabiński; U. Sadowska; K. Gondek; M. Kopec; M. Mierzwa-Hersztek and S. Tabor (2018).** Effects of co-composted maize, sewage sludge, and biochar mixtures on hydrological and physical qualities of sandy soil. Geoderma, 315: 27-35.
- Grace, J. M.; R.W. Skaggs and D.K. Cassel (2006).** Soil physical changes associated with forest harvesting operations on an organic soil. Soil Sci. Soc. Am.J.,70: 503-509.

- Günel, E.; H. Erdem and I. Çelik (2018).** Effects of three different biochars amendment on water retention of silty loam and loamy soils. *Agricultural Water Management*, 208: 232-244.
- Guo, L.; G. Wu; Y. Li; C. Li; W. Liu; J. Meng; H. Liu; X. Yu and G. Jiang (2016).** Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter , bulk density and earthworm activity in a wheat – maize rotation system in Eastern China . *Soil and Till. Res.*156: 140 – 147.
- Haider, G.; D. Steffens; G. Moser; C. Müller and C.I. Kammann (2017).** Biochar reduced nitrate leaching and improved soil moisture content without yield improvements in a four-year field study. *Agriculture, ecosystems & environment*, 237: 80-94.
- Hardie, M.; B. Clothier; S. Bound; G. Oliver and D. Close (2014).** Does biochar influence soil physical properties and soil water availability?. *Plant and Soil*, 376(1-2): 347-361.
- Herath, H.M.S.K.; M. Camps-Arbestain and M. Hedley (2013).** Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an Alfisol and an Andisol. *Geoderma*, 209: 188-197.
- Hillel, D. (1980).** *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press Inc. New York, U.K.
- Hossain, M.K.; V. Strezov; K.Y. Chan and P. F. Nelson (2010).** Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Chemosphere*, 78(9): 1167-1171.
- Ibrahim, K.H. M. and O.A.S. Fadni (2013).** Effect of organic fertilizers application on growth, yield and quality of tomatoes in North Kordofan (sandy soil) Western Sudan. *Greener J. of Agric. Sci.* 3(4): 299 – 304.
- Jabro, J. D.; W.B. Stevens; W.M. Iversen and R.G. Evans (2010).** Tillage depth effects on soil physical properties, sugarbeet yield, and sugarbeet quality. *Communications in soil science and plant analysis*, 41(7): 908-916.
- Jackson, M.L. (1958).** *Soil Chemical Analysis*. hall, Inc. Engle Wood Cliffs, N. J. USA.
- Jeffery, S.; F.G. Verheijen; M. Vandervelde and A.C. Bastos (2011).** A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop

- productivity using meta-analysis. *Agriculture, ecosystems and environment*, 144(1): 175-187.
- Joseph, K.C. (1990).** *Machines in crop production*. Cornell University, New York USA.
- Kelly, C.N.; J. Benjamin; F.C. CALDERÓN; M.M. Mikha; D.W. Rutherford and C.E. Rostad (2017).** Incorporation of Biochar Carbon into Stable Soil Aggregates: The Role of Clay Mineralogy and Other Soil Characteristics. *Pedosphere*, 27(4): 694-704.
- Khan, S.; A. Shah; M. Nawaz and M. Khan (2017).** Impact of different tillage practices on soil physical properties, nitrate leaching and yield attributes of maize (*Zea mays L.*). *Journal of soil science and plant nutrition*, 17(1): 240-252.
- Kuroyanagi, N.; A. Kaneko; T. Watanabe; A. Fujita and K. Odahara (1997).** Effect of long- term application of organic matters on upland field. (2) yield of upland crop and physical properties of soil. (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818 Japan) *Bull. Fukuoka Agriculture Research Center* 16: 63-66.
- Lal, R. (1999).** Soil compaction and tillage effects on soil physical properties of a mollic ochraqualf in Northwest Ohio. *Journal of sustainable agriculture*, 14(4): 53-65.
- Lehmann, J. and S. Joseph (2009).** *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*. Routledge.
- Lehmann, J. and S. Joseph (2015).** Biochar for environmental management: an introduction. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*, 2nd ed. Earthscan from Routledge, London, pp.1-1214.
- Li, F.; X. Cao; L. Zhao; J. Wang and Z. Ding (2014).** Effects of mineral additives on biochar formation: carbon retention, stability, and properties. *Environmental science and technology*, 48(19): 11211-11217.
- Lim, T.J.; K.A. Spokas; G. Feyereisen and J.M. Novak (2016).** Predicting the impact of biochar additions on soil hydraulic properties. *Chemosphere*, 142: 136-144.

- Liu, A.; B.L. Ma and A.A. Bomke (2005).** Effects of cover crops on soil aggregate stability, Total organic carbon and polysaccharides. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69: 2041-2048.
- Mahdy, A.M. (2011).** Comparative effects of different soil amendments on amelioration of saline-sodic soils. *Soil and Water Res.* 6 (4): 205-216.
- Manuwa, S.I. and O.C. Ademosun (2007).** Draught and soil disturbance of model tillage tine under varying soil parameters. *Agric.Eng. Int.:The CIGREJ .IX.* 1-18.
- Mari, G.R.; F.A. Chandio; N. Leghari; A.R. Rajper and A.R. Shah (2011).** Performance Evaluation of Selected Tillage Implements under Saline-Sodic Soils, *Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.*, 10(1):42-48.
- Mckyes, E. (1985).** Soil cutting and tillage. 1st ed. Elsevier Science Publishers.
- Mikha, R.G.; Z.A. Amin and A.F. Younis (2011).** Effect of different Tillage Systems on some Physical Properties of soil and Barley Growth. *Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences*, 2(2): 1-9.
- Molnár, M.; E. Vaszita; É. Farkas; É. Ujaczki; I. Fekete-Kertész; M. Tolner and V. Feigl (2016).** Acidic sandy soil improvement with biochar a microcosm study. *Science of the Total Environment*, 563: 855-865.
- Mosaddeghi, M.R.; A.A. Mahboubi and A. Safadoust (2009).** Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. *Soil and tillage research*, 104(1): 173-179.
- Mosaddeghi, M.R.; M.A. Hajabbasi; A. Hemmat and M. Afyuni (2000).** Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 55(1-2): 87-97.
- Muhsin, S.J. (2010).** Studying the power losses of two and four wheel drive tractors (2WD and 4WD) of massy ferguson (2680). *Journal of Basrah Researches (Sciences)*, 36(6): 59-66.
- Muhsin, S.J. (2017a).** Determination of energy requirements, plowed soil volume rate and soil pulverization ratio of chisel plow under various operating conditions. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 30(1): 73-84.

- Muhsin, S.J. (2017b).** Performance Study of Moldboard Plow with Two Types of Disc Harrows and Their Effect on Some Soil Properties Under Different Operating Conditions. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 30(2): 1-15.
- Murphy, T. and J.R. Riley (1962).** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 27: 31-36.
- Naderloo, L.; R. Alimadani; A. Akram; P. Javadikia and H.Z. Khanghah (2009).** Tillage depth and forward speed effects on draft of three primary tillage implements in clay loam soil. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 76(3): 382-385.
- Ngetich, F.K.; P. Wandahwa and I.I.C. Wakindiki (2008).** Long-term effects of tillage, sub-soiling, and profile strata on properties of a Vitric Andosol in Kenyan highlands. *Journal of Tropical Agriculture* ,46(1-2):13-20.
- Obia, A.; J. Mulder; S.E. Hale; N.L. Nurida and G. Cornelissen (2018).** The potential of biochar in improving drainage, aeration and maize yields in heavy clay soils. *PloS one*, 13(5): e0196794.
- Omondi, M.O.; X. Xia; A. Nahayo; X. Liu; P.K. Korai and G. Pan (2016).** Quantification of biochar effects on soil hydrological properties using meta-analysis of literature data. *Geoderma*, 274: 28-34.
- Ouyang, L.; F. Wang; J. Tang; L. Yu and R. Zhang (2013).** Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties. *Journal of soil science and plant nutrition*, 13(4): 991-1002.
- Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (1982).** Methods of soil analysis. Part (2) 2nd Agronomy 9. Petroleum Industry. Washington, D.C, American Chemical Society.
- Puget, P.; C. Chenu and J. Balas dent. (2000).** Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *Eur. J. Soil Sci.* 51; 595-605.
- Rahim, H.U.; I.A. Mian; M. Arif; Z.U. Rahim; S. Ahmad; Z. Khan; L. Zada1; M.A. Khan and M. Haris (2019).** 3. Residual effect of biochar and summer legumes on soil physical properties and wheat growth. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 8(1): 16-26.

- Rajkovich, S.; A. Enders; K. Hanley; C. Hyland; A.R. Zimmerman and J. Lehmann, (2012).** Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biol. Fertil. Soils* 48: 271–284.
- Ramadhan, M.N. (2013).** Tillage systems and seeding rates effect on yield components, seed yield and biological yield of barley cultivars. *J. of Basrah researches*, 39(1):33-46.
- Richards, L.A. (1954).** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agric. Handbook No 60*. U.S. Dept. Agric., Washington D.C.
- Rusu, T. (2014).** Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(4): 42-49.
- Saleem, A.; S. Parveen and M.J. Khan (2016).** Effect of Biochar, Farmyard Manure and Poultry Manure on Zn Adsorption in Calcareous Alkaline Soil. *Sarhad Journal of Agriculture*, 32(4).
- Sohi S. P.; E. Krull; E. Lopez-Capel; R. Bol and L.S. Donald (2010).** Chapter 2 - A Review of Biochar and Its Use and Function in Soil. *Advances in Agronomy*. Academic Press
- Sohi, S.; E. Lopez-Capel; E. Krull and R. Bol (2009).** Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. *CSIRO Land and Water Science Report*, 5(9): 17-31.
- Solaiman, Z.M.; D.V. Murphy and L.K. Abbott (2012).** Biochars influence seed germination and early growth of seedlings. *Plant and Soil*, 353(1-2): 273-287.
- Sornpoon, W. and H.P.W. Jayasuriya (2013).** Effect of different tillage and residue management practices on growth and yield of corn cultivation in Thailand. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 15 (3):86-94.
- Sun, F. and S. Lu (2014).** Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore-space properties of clayey soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(1): 26-33.
- Tabatabaeefar, A.; H. Emamzadeh; M.G. Varnamkhasti; R. Rahimizadeh and M. Karimi (2009).** Comparison of energy of tillage systems in wheat production. *Energy*, 34(1): 41-45.
- Tammeorg, P.; A. Simojoki; P. Mäkelä; F.L. Stoddard; L. Alakukku and J. Helenius (2014).** Short-term effects of biochar on soil properties and

- wheat yield formation with meat bone meal and inorganic fertiliser on a boreal loamy sand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 191: 108-116.
- Tang, J.; L. Zhang; J. Zhang; L. Ren; Y. Zhou; Y. Zheng; L. Luo; Y. Yang; H. Huang and A. Chen (2019).** Physicochemical features, metal availability and enzyme activity in heavy metal-polluted soil remediated by biochar and compost. *Science of The Total Environment*, 701: 134751.
- Tejada, M.; C. Garcia; J.L. Gonzalez and M.T. Hernandez (2006).** Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Bio. and Biochem.* 38 (6): 1413–1421.
- Trifunovic, B.; H.B. Gonzales; S. Ravi; B.S. Sharratt and S.K. Mohanty (2018).** Dynamic effects of biochar concentration and particle size on hydraulic properties of sand. *Land Degradation & Development*, 29(4): 884-893.
- Uras, Ü.; M. Carrier; A.G. Hardie and J.H. Knoetze (2012).** Physico-chemical characterization of biochars from vacuum pyrolysis of South African agricultural wastes for application as soil amendments. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 98: 207-213.
- Vaccari, F.P.; S. Baronti; E. Lugato; L. Genesio; S. Castaldi; F. Fornasier and F. Miglietta (2011).** Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. *European Journal of Agronomy*, 34(4): 231-238.
- Wang, D.; S.J. Fonte; S.J. Parikh; J. Six and K.M. Scow (2017).** Biochar additions can enhance soil structure and the physical stabilization of C in aggregates. *Geoderma*, 303: 110-117.
- Wang, Q.; C. Lu; H. Li; J. He; K.K. Sarker; R.G. Rasaily and A.D.J. Mchugh (2014).** The effects of no-tillage with subsoiling on soil properties and maize yield: 12-Year experiment on alkaline soils of Northeast China. *Soil and Tillage Research*, 137: 43-49.
- Waters, D.; L. Van Zwieten; B.P. Singh; A. Downie; A.L. Cowie and J. Lehmann (2011).** Biochar in soil for climate change mitigation and adaptation. In: *Soil Health and Climate Change*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 345-368.

Zoz, F.M. and R.D. Grisso (2003). Traction and Tractor Performance, ASAE Distinguished Lecture Series, Tractor Design No.27 USA
www.asae.org.

7- الملاحق: Appendixes



المخروط



مقياس مقاومة الاختراق



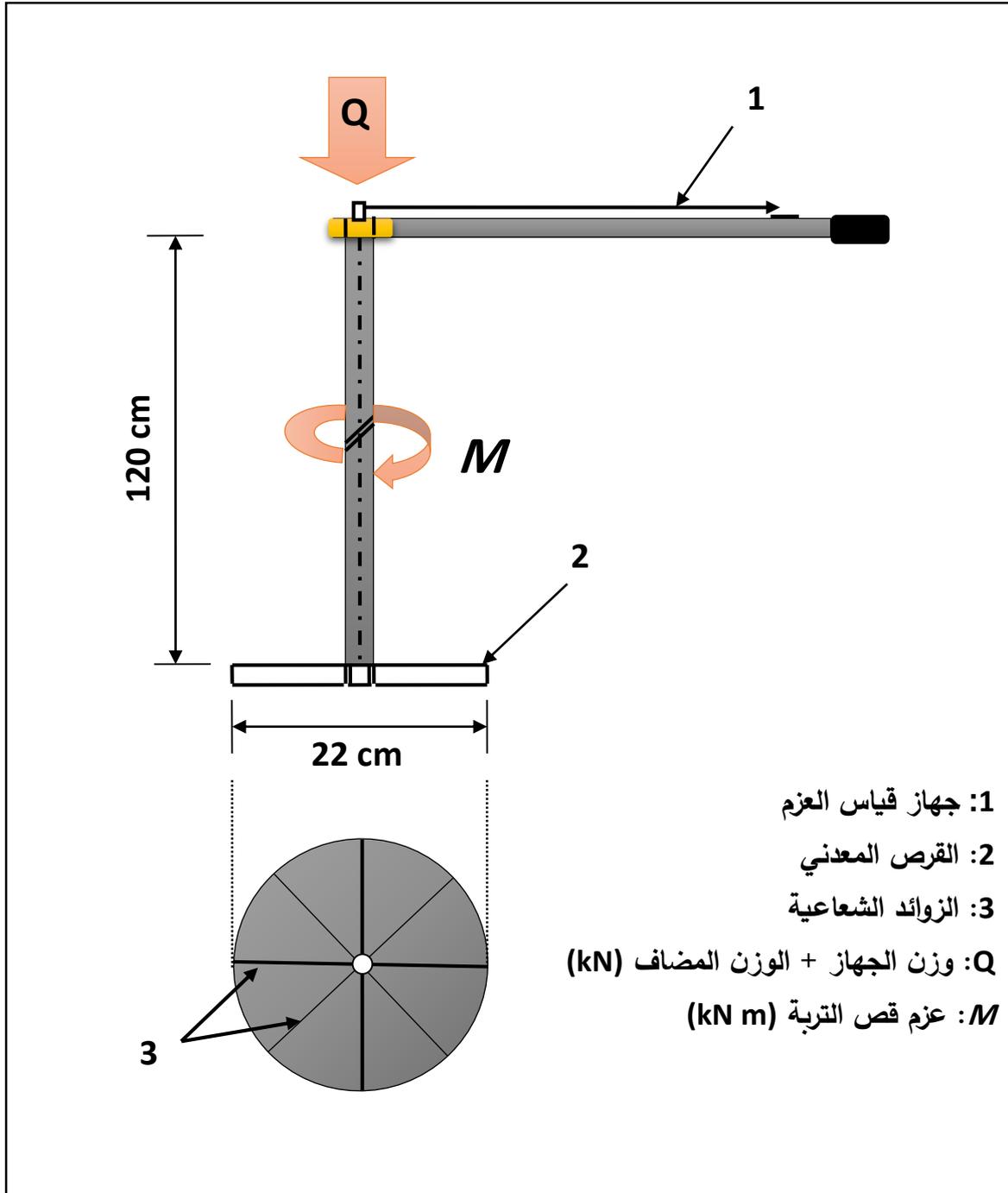
ساق الاختراق

(جهاز قياس مقاومة التربة للاختراق الحقلية)

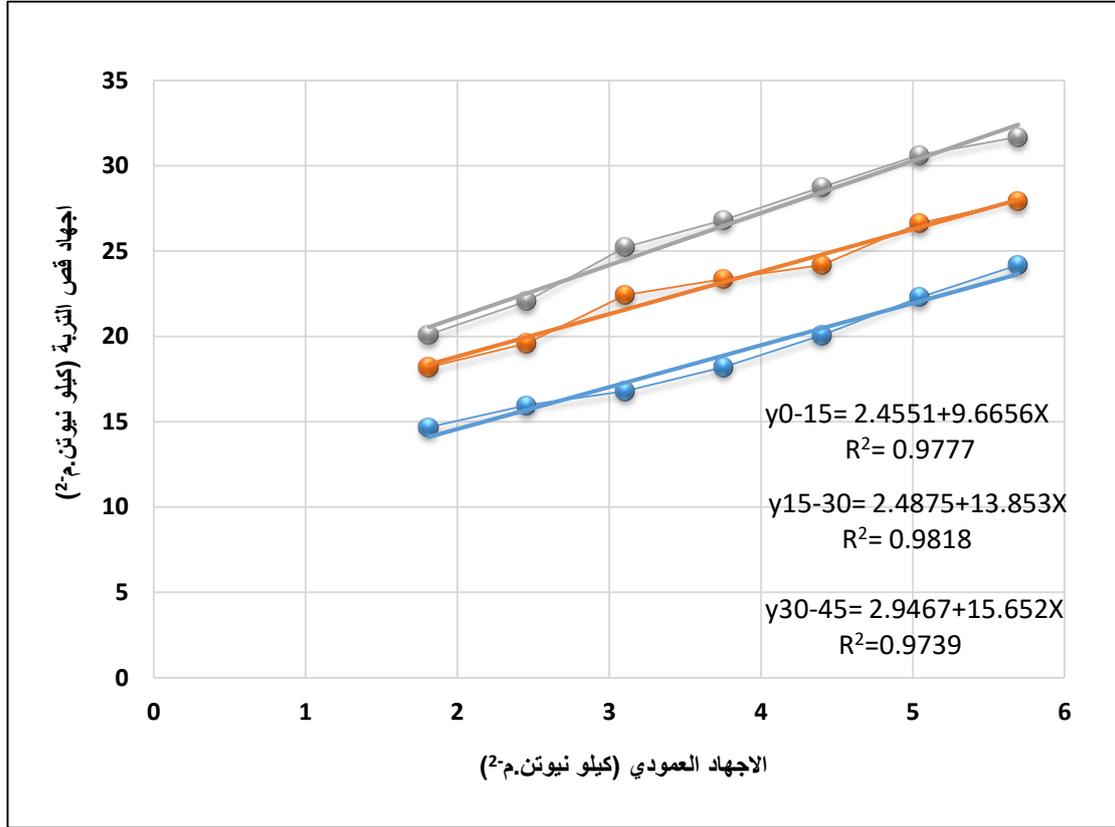


(جهاز قياس مقاومة التربة للاختراق المختبرية)

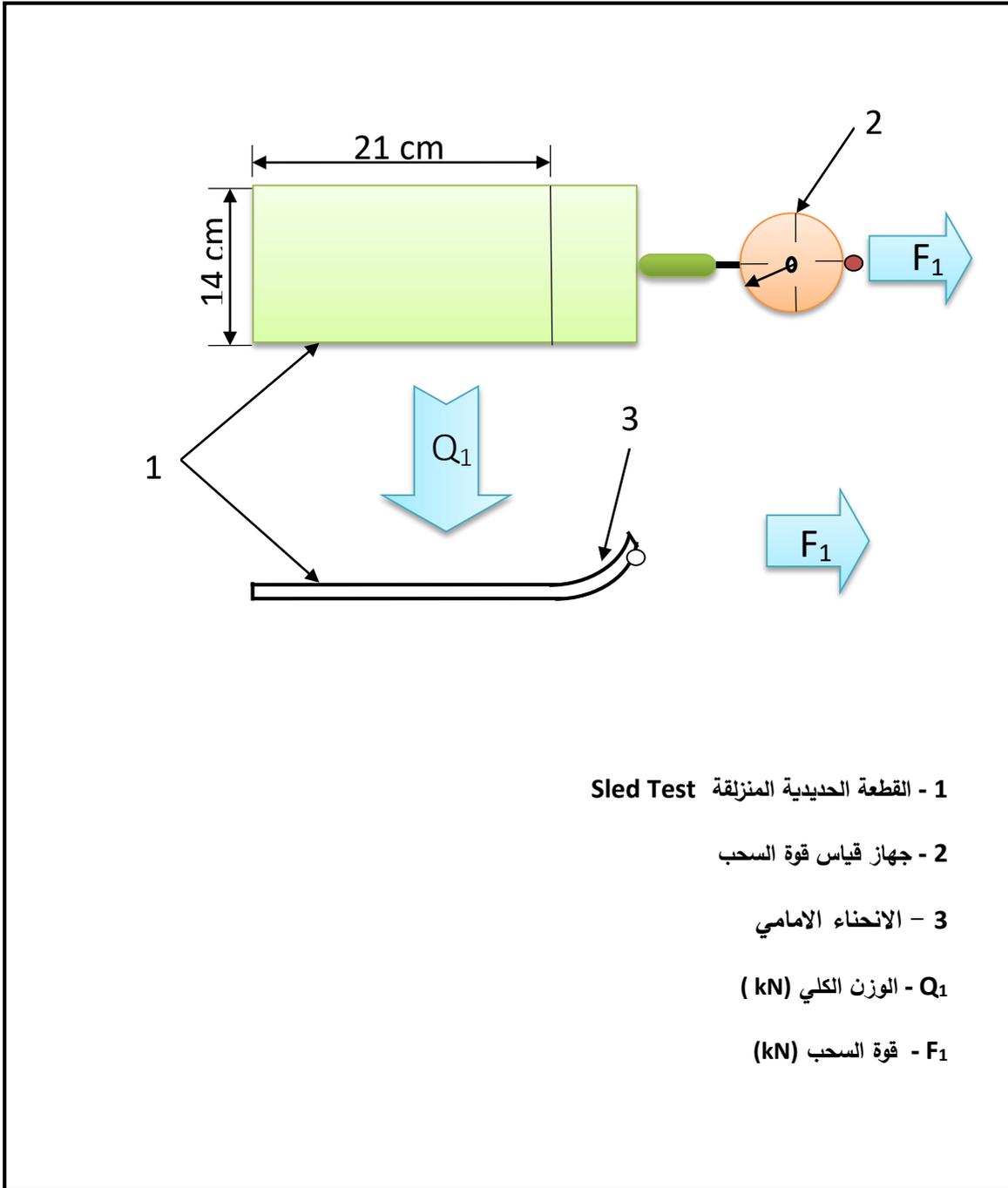
ملحق (1): صور لجهاز قياس مقاومة التربة للاختراق (Penetrometer)



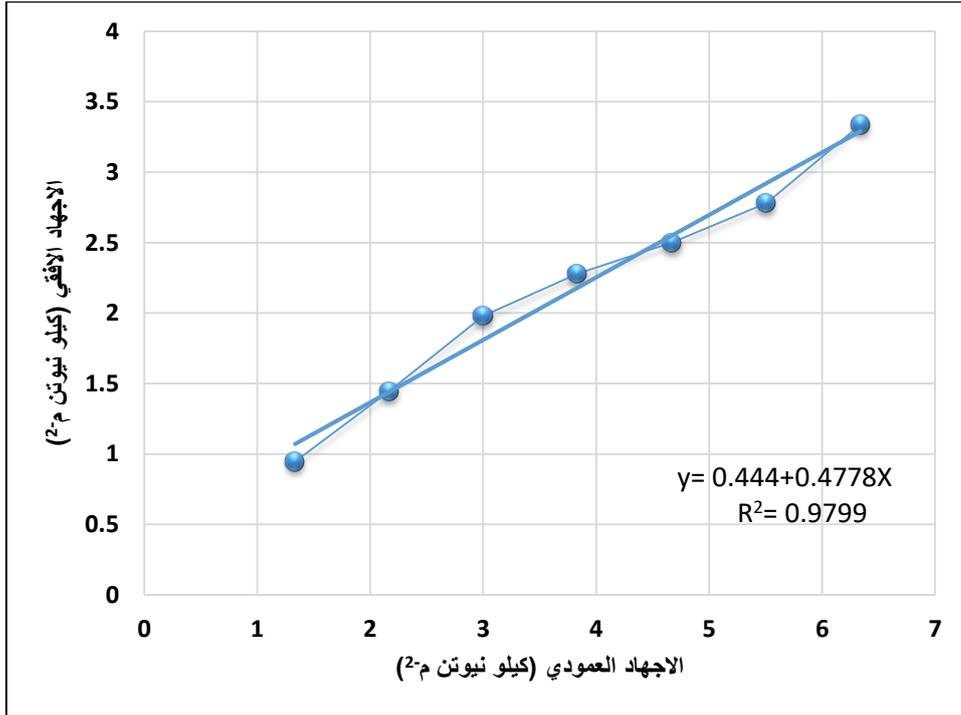
ملحق (2): مخطط لجهاز قياس التماسك والاحتكاك الداخلي للتربة



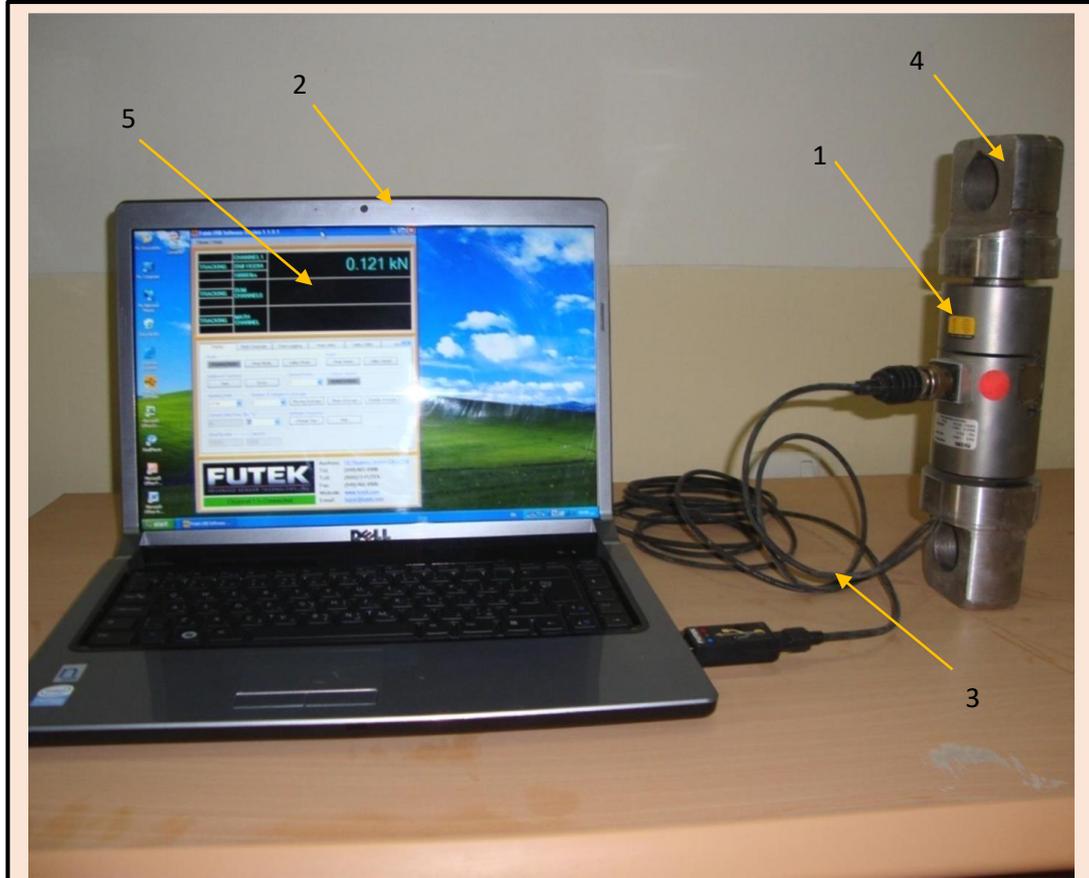
ملحق (3): العلاقة بين اجهاد قص التربة والاجهاد العمودي لحساب التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلية



ملحق (4): مخطط لجهاز قياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن



ملحق (5): العلاقة بين الاجهاد الافقي والاجهاد العمودي لقياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن



- 1- جهاز الخلية الوزنية
- 2- جهاز الكمبيوتر المحمول
- 3- سلك توصيل البيانات USB بين الخلية الوزنية والكمبيوتر
- 4- نقاط تثبيت الجهاز على مصدر السحب ومصدر الحمل.
- 5- برنامج تسجيل وحفظ البيانات في الكمبيوتر.

ملحق (6): جهاز قياس قوة السحب (جهاز الخلية الوزنية Load cell)

ملحق (7): قيم F من جدول تحليل التباين للصفات الميكانيكية لنظم الحراثة

QF	Fe	S.V.D	PL	S	η	SR	F	d.f	مصادر الاختلاف
30.09**	146.14**	572.58**	341.93**	126.21**	56.10**	76.53**	66.89**	2	نظم الحراثة

n.s = غير معنوي * = معنوي ** = عالي المعنوية

ملحق (8): قيم F من جدول تحليل التباين لتجربة الاصل

الوزن الجاف للنبات	ارتفاع النبات	EC	Ks	PR	pw	f	pb	MWD	d.f	مصادر الاختلاف
10.25**	7.30**	4.11**	105.66**	116.85**	14.97**	12.4**	12.4**	10.47**	5	مستويات الإضافة

n.s = غير معنوي * = معنوي ** = عالي المعنوية

ملحق (9): قيم F من جدول تحليل التباين لصفات التربة في بداية الموسم

EC	Ks	PR	pw	f	pb	MWD	d.f	مصادر الاختلاف
38.20**	73.03**	60.87**	34.39**	169.73**	182.16**	249.50**	2	T
126.68**	154.15**	21.11**	69.96**	108.64**	117.13**	288.82**	3	M
31.46**	298.99**	1398.62**	11.77**	227.66**	213.48**	497.92**	2	D
5.30**	8.03**	6.07**	3.77**	3.14**	3.35**	10.09**	6	TX M
0.77 ^{ns}	47.05**	5.27**	1.38 ^{ns}	0.72 ^{ns}	2.46 ^{ns}	4.19**	4	T X D
1.39 ^{ns}	27.19**	5.40**	26.57**	6.54**	7.46**	9.04**	6	M X D
2.59**	13.90**	9.14**	3.93**	2.88**	3.17**	14.80**	12	T x M x D

n.s = غير معنوي * = معنوي ** = عالي المعنوية

ملحق (10): قيم F من جدول تحليل التباين لصفات التربة في نهاية الموسم

EC	Ks	PR	pw	f	pb	MWD	d.f	مصادر الاختلاف
16.89**	16.35**	59.38**	112.76**	128.90**	161.31**	68.31**	2	T
119.44**	75.20**	111.40**	134.83**	127.25**	163.29**	37.97**	3	M
96.61**	209.31**	215.58**	192.54**	564.41**	625.69**	63.84**	2	D
4.08**	3.70**	14.08**	2.57*	7.94**	10.24**	2.41*	6	TX M
7.91**	2.08 ^{ns}	8.39**	3.19*	11.16**	7.01**	0.34 ^{ns}	4	T X D
8.45**	26.61**	10.53**	9.53**	28.05**	36.82**	5.55**	6	M X D
2.59**	8.74**	2.37*	5.51**	11.83**	15.32**	1.40 ^{ns}	12	T x M x D

ملحق (11): تحليل اختبار t لصفات التربة المدروسة للتجربة الحقلية لبداية الموسم ونهايته

EC	Ks	PR	pw	f	ρb	MWD	مصادر الاختلاف
5.19**	7.85**	10.73**	9.68**	7.64**	7.57**	4.07**	قيم t

ملحق (12): قيم F من جدول تحليل التباين لصفات النمو والحاصل للحنطة

مصادر الاختلاف	d.f	ارتفاع النبات	الوزن الجاف	حاصل الحبوب
T	2	98.7**	19.12**	25.25**
M	3	87.09**	77.91**	73.31**
T X M	6	1.95 ^{n.s}	4.82**	2.55*

n.s = غير معنوي * = معنوي ** = عالي المعنوية

ملحق (13) جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في معدل القطر الموزون (ملم) في نهاية موسم النمو

نهاية الموسم			عمق التربة / نظم الحراثة
D3	D2	D1	
0.711	0.790	0.895	T1
0.794	0.915	1.023	T2
0.597	0.700	0.799	T3
0.0627			RLSD _{0.05}

ملحق (14) جدول تأثير نظم الحراثة والمحسّنات العضوية وعمق التربة في معدل القطر الموزون (ملم) في نهاية موسم النمو

نهاية الموسم			المحسّنات	نظم الحراثة
أعماق التربة				
D3	D2	D1		
0.630	0.707	0.845	M0	T1
0.728	0.758	0.834	M1	
0.742	0.833	0.896	M2	
0.744	0.860	1.003	M3	
0.709	0.723	0.838	M0	T2
0.814	0.846	0.868	M1	
0.796	1.073	1.105	M2	
0.857	1.017	1.281	M3	
0.496	0.637	0.690	M0	T3
0.621	0.672	0.721	M1	
0.683	0.703	0.782	M2	
0.587	0.789	1.004	M3	
0.1253			RLSD _{0.05}	

ملحق (15) جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م⁻³) في بداية موسم النمو

بداية الموسم			عمق التربة
D3	D2	D1	نظم الحراثة
1.245	1.174	1.035	T1
1.230	1.138	1.064	T2
1.376	1.300	1.205	T3
0.0306			RLSD _{0.05}

ملحق (16) جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%) في بداية موسم النمو

بداية الموسم			عمق التربة نظم الحراثة
D3	D2	D1	
52.791	55.475	60.720	T1
53.578	55.873	60.310	T2
47.918	49.750	55.043	T3
1.2030			RLSD _{0.05}

ملحق (17) جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة (%) في بداية موسم النمو

بداية الموسم			عمق التربة نظم الحراثة
D3	D2	D1	
20.450	22.235	23.020	T1
23.353	23.188	24.963	T2
25.233	24.605	26.080	T3
1.3580			RLSD _{0.05}

ملحق (18) جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الإيصالية المائية للتربة (سم ساعة⁻¹) في نهاية موسم النمو

نهاية الموسم			عمق التربة نظم الحراثة
D3	D2	D1	
0.731	1.080	2.411	T1
0.953	1.558	2.502	T2
0.664	1.078	1.979	T3
0.2624			RLSD _{0.05}

ملحق (19) جدول تأثير نظم الحراثة وعمق التربة في الإيصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م⁻¹) في بداية موسم النمو

بداية الموسم			عمق التربة
D3	D2	D1	نظم الحراثة
7.678	6.435	5.325	T1
6.210	5.678	4.750	T2
9.013	7.923	6.565	T3
0.9090			RLSD _{0.05}

ملحق (20) جدول تأثير المحسنات العضوية وعمق التربة في الإيصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م⁻¹) في بداية موسم النمو

بداية الموسم			عمق التربة
D3	D2	D1	المحسنات
10.370	9.590	8.317	M0
8.907	7.650	5.883	M1
6.980	5.853	4.687	M2
4.277	3.620	3.300	M3
1.0500			RLSD _{0.05}

ملحق (21) جدول تأثير نظم الحراثة والمحسنات العضوية في ارتفاع نبات الحنطة (سم)

			نظم الحراثة
T3	T2	T1	المحسنات
75.270	85.714	84.270	M0
84.270	98.270	93.825	M1
86.492	106.270	101.937	M2
91.159	109.825	106.048	M3
4.874			RLSD _{0.05}

ABSTRACT

Many experiments were conducted on clay loam soil during the growing season of 2018-2019. The study included three experiments as followed:

1- A field experiment was conducted at Qurna district to study the effect of the three tillage systems using different plows (Moldboard plow at 30 cm plow depth (T1), Chisel plow at 30 cm plow depth (T2) and Disk harrow at 15 cm plow depth (T3)) on performance of mechanical indicator (draft force, specific resistance, energy utilization efficiency, slipping percentage, power losses, soil volume disturbed, field efficiency and fuel consumption rate). The experiment was arranged as complete randomized design with three replicates.

The results showed that the minimum tillage system using the disk harrow (T3) enhanced the mechanical indicators as compared with other tillage treatments with lowest draft force, slipping percentage, power losses and fuel consumption rate and highest field efficiency. On the other hand, the conventional tillage using the chisel plow (T2) gave the lowest specific resistance and the highest energy utilization efficiency and rate soil volume disturbed. Also, all mechanical indicators were enhanced with using chisel plow (T2) as compared with moldboard plow (T1).

2- Pots experiment was conducted in green house at Department of soil, College of Agriculture, University of Basrah to study the effect of biochar levels [0% (B0), 1% (B1), 1.5% (B2), 2% (B3), 2.5% (B4) and 3% (B5)] on some physical and chemical properties of soil as well as Oat (*Avena sativa* L., Var. Pumula) growth parameters. The experiment was laid out for 50 days under complete randomized design with three replicates in order to choose the more effective biochar level for using in the field trial.

The results showed that addition of biochar at level of 1.5% (B2) caused highest mean weight diameter and lowest soil penetration resistance. However, addition of biochar at level of 3% (B5) caused highest total porosity and lowest soil bulk density without significant difference of B2 and B4 levels. Increasing biochar levels increased soil moisture content, saturated hydraulic conductivity and electrical conductivity. As well as, highest growth parameters of Oat were obtained at biochar level of 1.5% (B2) with values of 60.87 cm plant high and 2.693 g pot⁻¹ shoot dry weight.

3- A field trial was carried out at Al-Gmajj Qurna district, North of Basrah, during the growth season of 2018-2019 to investigate the effect of different tillage systems in combination with addition of organic soil amendments on some soil physical and chemical properties (mean weight diameter, bulk density, total porosity, moisture content, penetration resistance, saturated hydraulic conductivity and electrical conductivity) and some wheat growth parameters (plant high, shoot dry weight and seeds yield). The trial was conducted under randomized complete block design using split-plot method with three replicates.

In this trial, three types of plow were used included: Moldboard plow at 30 cm plow depth (T1); Chisel plow at 30 cm plow depth (T2) (Conventional tillage) and Disk harrow at 15 cm plow depth (T3) (minimum tillage) The organic amendment were biochar at level of 1.5% (M1), manure (cow residue) at level of 2% (M2) and mixture of 0.75% biochar and 1% manure (M3), as well as control treatment without any addition (M0). The organic amendments were mixed with plow depth by using Disk harrow. Wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) (Vr. Bohoth 22) were sowing in 29 Nov. 2018 and plants were harvested in 12 Apr. 2019. All standard local practices were followed all over the season. Soil sample at depths of 0-15

cm (D1), 15-30 cm (D2) and 30-45 cm (D3) were collected at 30 days after sowing (A) and one week prior to harvesting (B). Wheat growth parameters were assayed at the end of season.

The results showed that the most of soil chemical and physical properties and growth parameters were enhanced at using of chisel plow (T2) at the two periods, followed by Moldboard plow (T1) then Disk harrow (T3). The Chisel plow gave the highest mean weight diameter, total porosity and saturated hydraulic conductivity and lowest bulk density, penetration resistance and electrical conductivity. However, the Disk harrow gave the highest moisture content. Also, the chisel plow registered the highest plant high, shoot dry weight and seed yield of 100.020 cm, 7.091ton ha⁻¹ and 6.555 ton ha⁻¹, respectively.

M3 treatment gave the highest values of men weight diameter, total porosity, saturated hydraulic conductivity and moisture content and the lowest values of bulk density, penetration resistance and electrical conductivity. Furthermore, M3 treatment caused highest plant high (102.344 cm), shoot dry weight (7.766 ton ha⁻¹) and seed yield (7.433 ton ha⁻¹). Best values of soil properties were associated with upper layer of soil (0-15 cm) except that of moisture content.



**Effect of Tillage Systems and Application of soil Amendments on Some
Soil Properties, Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.)
and Mechanical Indicators in Clay Soil**

**A Thesis Submitted to
The College of Agriculture -University of Basrah
In Partial Fulfillment of the Requirements for the Master Degree
In Agriculture Science in Soil Sciences and Water Resources**

By

Mustafa Fadel Hussein AL-Moosa

B.Sc. Agricultural Machines and Equipment

2013

Supervised by

**Ass. Prof.
Dr. Nuhad S. AL-Wally
Soil Sciences and Water
Resources**

**Ass. Prof.
Dr. Sadiq J. Muhsin
Agricultural Machines
and Equipment**

2020 A. D.

1442 A. H.